



ΔΙΑΔΙΚΤΥΩΣΗ - INTERNET

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα έχετε γνωρίσει:

- Τις βασικές αρχές της τεχνολογίας TCP/IP.
- Τα βασικά πρωτόκολλα της τεχνολογίας TCP/IP και τις λειτουργίες που εκτελούν.
- Τον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα, που ανταλλάσσουν οι εφαρμογές, μεταδίδονται στο δίκτυο.
- Τον τρόπο με τον οποίο τα πακέτα δεδομένων συσχετίζονται με τις εφαρμογές, στις οποίες ανήκουν, και πως γίνεται η μεταφορά των δεδομένων από την πηγή στον προορισμό τους.
- Πως γίνεται ο προσδιορισμός των τερματικών συσκευών με βάση το όνομα ή τη διεύθυνσή τους.
- Τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η ανάθεση των ονομάτων και διευθύνσεων στις τερματικές συσκευές.
- Τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επιλογή της διαδρομής, που ακολουθούν τα πακέτα μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους.
- Τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των δρομολογητών.
- Τις σημαντικότερες εφαρμογές της τεχνολογίας TCP/IP και του Διαδικτύου.

Εισαγωγή

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η επικοινωνία σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Παρόλο που το κεφάλαιο εστιάζεται κυρίως σε θέματα του επιπέδου δικτύου, γίνεται επίσης αναφορά και στα ανώτερα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (Open Systems Interconnection, OSI), έτσι ώστε να δοθεί μία συνολική εικόνα και να γίνει κατανοητό πως δύο εφαρμογές μπορούν να επικοινωνήσουν μέσω ενός δικτύου. Για την καλύτερη κατανόηση των βασικών αρχών επικοινωνίας, η παρουσίασή τους γίνεται χρησιμοποιώντας για παράδειγμα την τεχνολογία των πρωτοκόλλων **Ελέγχου Μετάδοσης και Διαδικτύου (Transmission Control Protocol / Internet Protocol, TCP/IP)** και το παγκόσμιο **Διαδίκτυο (Internet)**.

Θα μπορούσαμε να πούμε, ότι οι βασικές έννοιες του έβδομου κεφαλαίου είναι η διεύθυνση ενός υπολογιστή, το όνομά του, η διαδρομή, που ακολουθούν τα δεδομένα μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους και ο τρόπος, που αυτές οι έννοιες σχετίζονται μεταξύ τους.

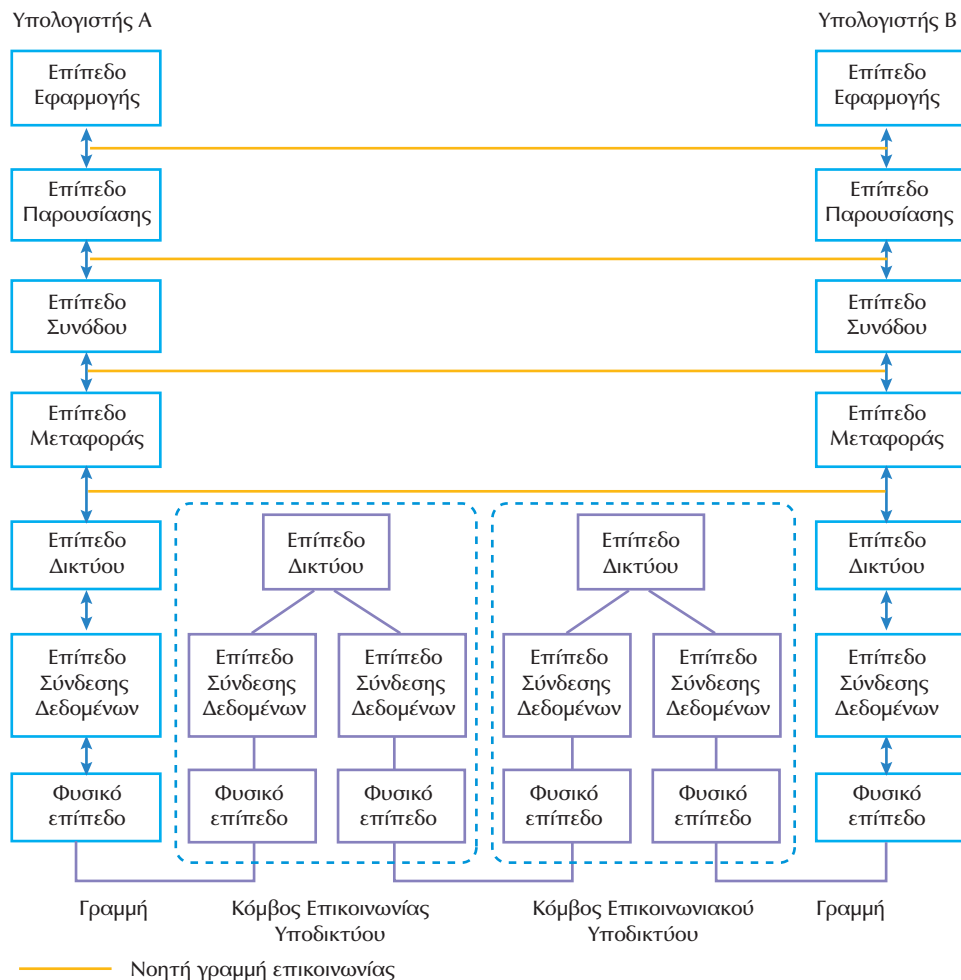
7.1 Επίπεδο δικτύου

7.1.1 Γενικές Αρχές

Το επίπεδο δικτύου ασχολείται με τη μεταφορά των πακέτων και καθορίζει τη διαδρομή, που θα ακολουθήσουν. Μέχρι τα πακέτα να φτάσουν στο προορισμό τους διέρχονται από διάφορα δίκτυα, με αποτέλεσμα μία σειρά από ενδιάμεσους κόμβους να συμμετέχουν στη διαδικασία παράδοσης ενός πακέτου στο τελικό του προορισμό (Σχήμα 7-1). Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7-1, το επίπεδο δικτύου είναι το χαμηλότερο επίπεδο της αρχιτεκτονικής OSI, που ασχολείται με την από άκρο σε άκρο επικοινωνία. Μπορούμε να θεωρήσουμε, δηλαδή, ότι παρέχει μια νοητή γραμμή επικοινωνίας μεταξύ δύο υπολογιστών, που συνδέονται μέσω ενός δικτύου.

Για να μπορέσει το επίπεδο δικτύου να παραδώσει ένα πακέτο στον προορισμό του, απαιτείται η συνεργασία όλων των οντοτήτων επιπέδου δικτύου των κόμβων, που παρεμβάλλονται μεταξύ της πηγής και του προορισμού. Η ανάγκη αυτής της συνεργασίας συνεπάγεται, ότι η λειτουργικότητα των ενδιάμεσων κόμβων (Σχήμα 7.2) θα πρέπει να φτάνει τουλάχιστον μέχρι και το επίπεδο δικτύου. Το σύνολο όλων των ενδιάμεσων κόμβων, που εξασφαλίζουν την επικοινωνία μεταξύ των τελικών υπολογιστών ονομάζεται **επικοινωνιακό υποδίκτυο**. Το έργο του επικοινωνιακού υποδικτύου είναι η μεταφορά των πακέτων από την πηγή στον προορισμό τους. Με το τρόπο αυτό γίνεται λογικός διαχωρισμός μεταξύ των καθαρά επικοινωνιακών θεμάτων, τα οποία είναι αρμοδιότητα του επικοινωνιακού υποδικτύου και των εφαρμογών, που είναι αρμοδιότητα των τελικών υπολογιστών.

Το επίπεδο δικτύου κάθε κόμβου αποφασίζει για τη διαδρομή, που θα ακολουθήσει ένα πακέτο μέχρι να φτάσει στο επόμενο κόμβο. Η απόφαση αυτή βασίζεται

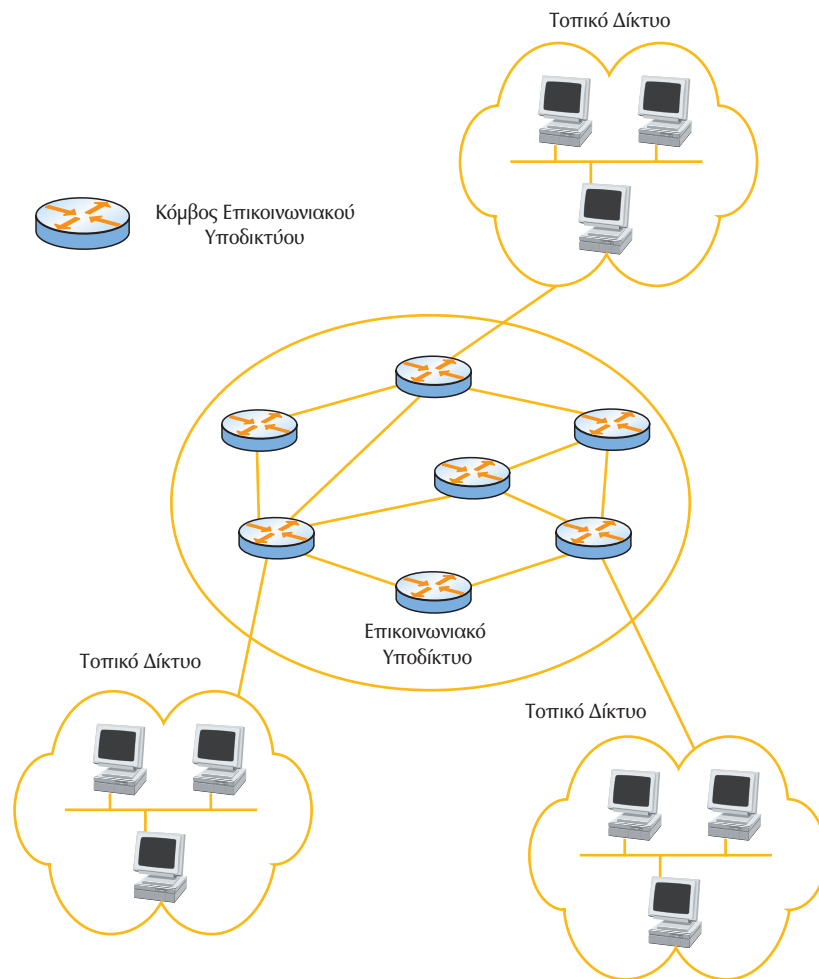


Σχήμα 7-1 Αρχιτεκτονική του μοντέλου του OSI

στα στοιχεία, που διαθέτει ο κόμβος για την τοπολογία του δικτύου και την κατάσταση των γραμμών του. Το επιδιωκόμενο είναι να επιλέγεται κάθε φορά η καλύτερη διαδρομή. Μία διαδρομή μπορεί να θεωρηθεί, ότι είναι η καλύτερη είτε εάν είναι η συντομότερη, είτε εάν εξασφαλίζει ομοιόμορφη φόρτιση των γραμμών του επικοινωνιακού υποδικτύου (δεν πρέπει να παρατηρείται το φαινόμενο ορισμένες γραμμές του επικοινωνιακού υποδικτύου να είναι υπερφορτωμένες και άλλες άδειες).

Οι υπηρεσίες, που προσφέρει το επίπεδο δικτύου στο επίπεδο μεταφοράς, κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: **υπηρεσίες χωρίς σύνδεση** και **υπηρεσίες προσανατολισμένες σε σύνδεση**.

Ανεξάρτητα από το τύπο υπηρεσιών, που υποστηρίζει το επίπεδο δικτύου, η εσωτερική οργάνωση του επικοινωνιακού υποδικτύου μπορεί να ακολουθεί δύο



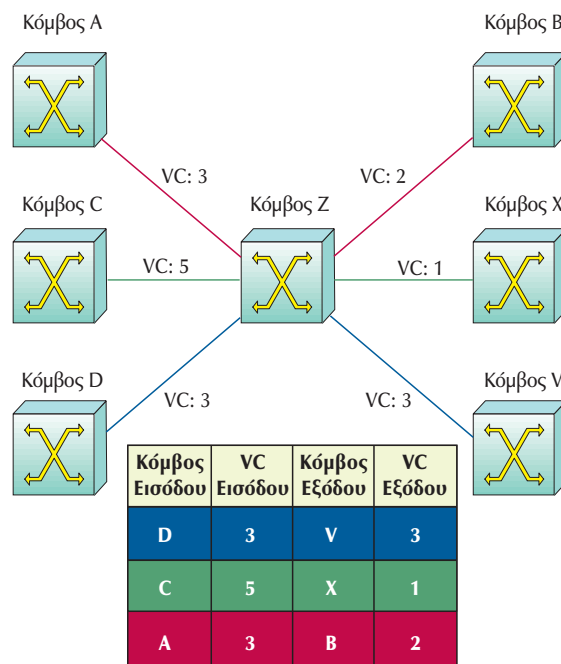
Σχήμα 7-2 Γενική εικόνα δικτύου υπολογιστών

διαφορετικές φιλοσοφίες. Η πρώτη βασίζεται στις συνδέσεις, τις οποίες ονομάζει **νοητά κυκλώματα (Virtual Circuits, VCs)**, ενώ η δεύτερη στα **αυτοδύναμα πακέτα (datagrams)**. Τα νοητά κυκλώματα χρησιμοποιούνται, κυρίως, για υπηρεσίες με σύνδεση. Η βασική ιδέα είναι, ότι όλες οι αποφάσεις, που αφορούν τη διαδρομή, που θα ακολουθήσουν τα πακέτα μιας σύνδεσης, λαμβάνονται πριν την εγκατάσταση της και, επομένως, όλα τα πακέτα ακολουθούν τον ίδιο δρόμο. Αυτό συνεπάγεται, ότι οι κόμβοι του επικοινωνιακού υποδικτύου πρέπει να θυμούνται σε ποιο κόμβο θα προωθήσουν τα πακέτα της ίδιας σύνδεσης, προκειμένου να ακολουθήσουν το ίδιο νοητό κύκλωμα. Για το σκοπό αυτό, κάθε κόμβος του επικοινωνιακού υποδικτύου διατηρεί ένα πίνακα με μία καταχώρηση για κάθε νοητό κύκλωμα. Τα στοιχεία, που περιλαμβάνει κάθε καταχώρηση, είναι: αριθμός εισερχόμενου νοητού κυκλώματος, γραμμή εισόδου, αριθμός εξερχόμενου νοητού κυκλώ-

ματος και γραμμή εξόδου. Όταν γίνεται η εγκατάσταση μιας σύνδεσης δικτύου, ανατίθεται σε αυτήν ένας αναγνωριστικός αριθμός, ο αριθμός νοητού κυκλώματος. Ο αριθμός αυτός επιλέγεται τοπικά από τη συσκευή του αποστολέα και δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται από κάποια άλλη σύνδεση στην ίδια συσκευή. Αυτό βέβαια δεν εξασφαλίζει, ότι και στους υπόλοιπους κόμβους, από τους οποίους θα περάσει το πακέτο, ο συγκεκριμένος αριθμός νοητού κυκλώματος θα είναι ελεύθερος. Για το λόγο αυτό, οι κόμβοι έχουν τη δυνατότητα να τροποποιούν τον αριθμό νοητού κυκλώματος των εισερχόμενων πακέτων, εάν αυτός χρησιμοποιείται ήδη από κάποια άλλη σύνδεση. Προκειμένου οι κόμβοι να θυμούνται, ποιος αριθμός νοητού κυκλώματος έχει τροποποιηθεί και πως έχει τροποποιηθεί, η πληροφορία καταχωρείται στους πίνακες των κόμβων.

Παράδειγμα

Στο Σχήμα 7-3 παρουσιάζονται τα νοητά κυκλώματα, που υποστηρίζει ο κόμβος Z. Από το Σχήμα βλέπουμε, ότι τα πακέτα με αριθμό νοητού κυκλώματος 3, που φθάνουν από τον κόμβο A, πρέπει να μεταδοθούν στον κόμβο B με αριθμό νοητού κυκλώματος 2, γιατί ο αριθμός νοητού κυκλώματος 3 χρησιμοποιείται από ήδη εγκατεστημένη σύνδεση προς τον κόμβο V.



Πίνακας Νοητών Κυκλωμάτων Κόμβου Z

Σχήμα 7-3 Λειτουργία νοητών κυκλωμάτων

Στα υποδίκτυα αυτοδύναμων πακέτων δεν επιλέγεται διαδρομή, την οποία πρέπει να ακολουθήσουν όλα τα πακέτα, ούτε καν στην περίπτωση, που έχουμε υπηρεσίες με σύνδεση. Αντίθετα, κάθε πακέτο ακολουθεί τη δική του διαδρομή. Στην περίπτωση αυτή, οι κόμβοι διατηρούν πίνακες, που προσδιορίζουν σε ποια γραμμή (κόμβο) πρέπει να σταλεί ένα πακέτο για κάθε πιθανό προορισμό.

Τελειώνοντας, πρέπει να επαναλάβουμε, ότι ανεξάρτητα από τον τρόπο οργάνωσης του επικοινωνιακού υποδικτύου (με νοητά κυκλώματα ή αυτοδύναμα πακέτα), αυτό μπορεί να προσφέρει και τα δύο είδη υπηρεσιών: με σύνδεση και χωρίς σύνδεση.

7.2 Τεχνολογία TCP/IP

7.2.1 Εισαγωγή στη τεχνολογία TCP/IP

Ο όρος TCP/IP χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα για να περιγράψει ένα σύνολο από διαφορετικές έννοιες. Η περισσότερο διαδεδομένη χρήση του όρου αναφέρεται σε ένα επικοινωνιακό πρωτόκολλο για τη μεταφορά δεδομένων. Συνήθως, χρησιμοποιείται, για να περιγράψει ο,τιδήποτε σχετίζεται με τα πρωτόκολλα **Ελέγχου Μετάδοσης (Transmission Control Protocol, TCP)** και **Διαδικτύου (Internet Protocol, IP)**. Παρόλο που θα μπορούσαμε να υποθέσουμε, ότι περιγράφει το συνδυασμό των δύο ανωτέρω πρωτοκόλλων, εντούτοις δεν αναφέρεται σε μία μόνο οντότητα, αλλά σε δύο διαφορετικά πρωτόκολλα. Συχνά, όμως, ο όρος TCP/IP δεν περιορίζεται μόνο στα πρωτόκολλα TCP και IP, αλλά χρησιμοποιείται για αναφορά σε ομάδα ομοειδών πρωτοκόλλων, που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των δικτύων υπολογιστών. Η ονομασία TCP/IP έχει επικρατήσει για όλη την ομάδα, επειδή τα πρωτόκολλα TCP και IP είναι τα περισσότερο γνωστά.

Η τεχνολογία TCP/IP προέκυψε από την ανάγκη ανάπτυξης μιας προτυποποιημένης διαδικασίας επικοινωνίας, η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από μεγάλη ποικιλία συστημάτων. Η ανάγκη για την επικράτηση ενός μόνο προτύπου και το γεγονός, ότι τα πρωτόκολλα TCP/IP ήταν εύκολα διαθέσιμα στον καθένα ήταν οι σημαντικότεροι παράγοντες, που συνέβαλλαν στην επιτυχία τους. Έτσι, τα πρωτόκολλα TCP/IP χρησιμοποιήθηκαν από διάφορους κατασκευαστές ως πρότυπα για την επικοινωνία των συστημάτων, που κατασκευάζαν. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει, ότι τα πρωτόκολλα TCP/IP είναι ίδια σε όλα τα υπολογιστικά συστήματα, ανεξάρτητα του κατασκευαστή.

Σημαντική Παρατήρηση

Το σημαντικό πλεονέκτημα των πρωτοκόλλων TCP/IP, είναι ότι δύο υπολογιστές διαφορετικών χαρακτηριστικών, που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές μπορούν να επικοινωνήσουν κατευθείαν ο ένας με τον άλλο,

χωρίς να είναι απαραίτητες λειτουργίες μετατροπής δεδομένων από ένα πρωτόκολλο σε άλλο. Έτσι, ένα ολόκληρο δίκτυο, που αποτελείται από υλικό (hardware) ποικίλων χαρακτηριστικών και διαφορετικών κατασκευαστών με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, μπορεί να λειτουργήσει με τα ίδια πρωτόκολλα δικτύου.

Για να έχουμε κοινή γλώσσα και να αποφύγουμε τυχόν συγχύσεις, που πιθανόν να προκληθούν από την ευρεία χρήση του όρου TCP/IP και τις διαφορετικές έννοιες, που περιγράφει, θα δώσουμε κάποιους ορισμούς, οι οποίοι και θα ακολουθηθούν σε όλο το κεφάλαιο: Από εδώ και στο εξής με τον όρο TCP/IP θα αναφερόμαστε μόνο στα πρωτόκολλα TCP και IP. Όταν θέλουμε να αναφερθούμε στο σύνολο των πρωτοκόλλων της τεχνολογίας TCP/IP, θα τα ονομάζουμε **πρωτόκολλα TCP/IP**, ή καλύτερα **τεχνολογία TCP/IP** ή **τεχνολογία Διαδικτύου (Internet)**.

Τα δίκτυα, που χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα TCP/IP, ονομάζονται TCP/IP διαδικτυα (TCP/IP internets). Εδώ, θα πρέπει να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των TCP/IP διαδικτύων και του **παγκόσμιου Διαδικτύου (Internet)**. Ένα TCP/IP διαδίκτυο μπορεί να είναι οποιοδήποτε δίκτυο, που χρησιμοποιεί τεχνολογία TCP/IP. Το Διαδίκτυο (Internet), όμως, είναι το μεγαλύτερο δίκτυο στον κόσμο με εκατομμύρια υπολογιστές συνδεδεμένους, που εκτείνεται σε όλες τις ηπείρους και η λειτουργία του βασίζεται στη τεχνολογία TCP/IP. Όταν μία επιχείρηση χρησιμοποιεί υπηρεσίες Διαδικτύου και ειδικότερα την υπηρεσία Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web, WWW), στο δικό της ιδιωτικό δίκτυο, το TCP/IP διαδίκτυο ονομάζεται **εσωτερικό ιδιωτικό δίκτυο τεχνολογίας TCP/IP (intranet)**.

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Η ιστορία του Διαδικτύου ξεκινά στα μέσα της δεκαετίας του 1960 και δημιουργήθηκε από την Υπηρεσία Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων του Υπουργείου Αμύνης των Η.Π.Α (Advanced Research Projects Agency - ARPA, η οποία αργότερα μετονομάστηκε σε Defense Advanced Research Projects Agency - DARPA). Στα μέσα της δεκαετίας του 1960, η ARPA παρατήρησε ότι υπήρχε ραγδαία εξάπλωση των υπολογιστών στις στρατιωτικές επικοινωνίες. Υπήρχε, όμως πρόβλημα στην μεταξύ τους επικοινωνία. Οι υπολογιστές αυτοί προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και ήταν σχεδιασμένοι να συνεργάζονται με υπολογιστές μόνο του ίδιου κατασκευαστή. Μέχρι τότε οι κατασκευάστριες εταιρίες χρησιμοποιούσαν πρωτόκολλα, των οποίων είχαν την αποκλειστική χρήση για την επικοινωνία των προϊόντων τους. Έτσι, ο στρατός είχε δίκτυα διάφορων κατασκευαστών αλλά δεν υπήρχε κάποιο κοινό πρωτόκολλο, για να υποστηρίξει την επικοινωνία των ετερογενών αυτών συστημάτων.

Προκειμένου να αντιμετωπισθούν όλα αυτά τα προβλήματα, σε συνδυασμό με την ανάγκη δημιουργίας συστήματος στρατιωτικών επικοινωνιών, που θα συνέχιζε να λειτουργεί κάτω από συνθήκες πολέμου, όταν το μεγαλύτερο μέρος των τηλεπικοινωνιακών γραμμών θα είχε αχρηστευτεί, προτάθηκε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου, που στηρίζονταν στην υπόθεση, ότι οι συνδέσεις του δικτύου μεταξύ των πόλεων είναι εντελώς αναξιόπιστες. Το δίκτυο αυτό, ονομάστηκε ARPANET και αποτελούνταν από μισθωμένες γραμμές, που συνδέονταν σε κόμβους μεταγωγής.

Το ARPANET τέθηκε σε επίσημη λειτουργία το 1971 και οι πρώτες υπηρεσίες, που πρόσφερε, ήταν η μεταφορά αρχείων και η απομακρυσμένη σύνδεση. Αργότερα στις υπηρεσίες αυτές προστέθηκε και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

Προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι αυξημένες ανάγκες του ARPANET, το 1974 παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά τα πρωτόκολλα TCP/IP αλλά και η αρχιτεκτονική των δρομολογητών. Η καινοτομία του νέου πρωτοκόλλου βρισκόταν στο ότι ήταν ανεξάρτητο από τα χαμηλότερου επιπέδου λογισμικό και υλικό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι μέσω του νέου πρωτοκόλλου προτάθηκε η παγκόσμια διασύνδεση. Αυτές οι δύο ιδέες ήταν πολύ προοδευτικές, ιδιαίτερα για τον κόσμο των κατασκευαστών υλικού και λογισμικού, διότι επέτρεπαν σε κάθε τύπο πλατφόρμας να συμμετέχει στο δίκτυο, καταργώντας τους προηγούμενους περιορισμούς, που επιβάλλονταν από τους κατασκευαστές.

Το 1982 το TCP/IP καθιερώθηκε ως το βασικό πρωτόκολλο του αναπτυσσόμενου δικτύου, το οποίο συνέδεε πλέον συστήματα σε όλη την ήπειρο. Υπολογίστηκε ότι την πρώτη δεκαετία παρουσίας του TCP/IP ένας νέος υπολογιστής συνδέονταν στο ARPANET κάθε είκοσι μέρες.

Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του ARPANET έγινε προφανές, ότι και ερευνητές μη στρατιωτικών εφαρμογών μπορούσαν να κάνουν χρήση και να αξιοποιήσουν τα πλεονεκτήματα του νέου δικτύου. Έτσι, δημιουργήθηκε το MILNET για καθαρά στρατιωτικές εφαρμογές, ενώ το ARPANET παρέμεινε για ερευνητικές και άλλες μη στρατιωτικού χαρακτήρα δραστηριότητες. Καθώς το ARPANET ξεπέρασε τα όρια του στρατιωτικού δικτύου και προστέθηκαν σε αυτό δίκτυα πανεπιστημίων, εταιριών, και κοινότητες χρηστών έγινε γνωστό ως Διαδίκτυο (Internet).

7.2.2 Σχέση OSI και TCP/IP

Η υιοθέτηση της τεχνολογίας και αρχιτεκτονικής TCP/IP δεν έρχεται σε σύγκρουση με το μοντέλο του OSI και αυτό γιατί και τα δύο συστήματα αναπτύχθηκαν συγχρόνως. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ορισμένες ουσιώδεις διαφορές από το μοντέλο OSI.

Στο 1ο Κεφάλαιο είπαμε, ότι το μοντέλο αναφοράς OSI ακολουθεί την αρχιτεκτονική διαίρεσης της λειτουργίας των δικτύων σε επίπεδα. Το μοντέλο TCP/IP

χρησιμοποιεί, επίσης, την ίδια αρχιτεκτονική και αποτελείται και αυτό από επίπεδα, τα οποία, όμως, δεν αντιστοιχούν ένα προς ένα με τα επίπεδα του OSI. Στο Σχήμα 7-4 δίνουμε τη σχέση μεταξύ των επιπέδων του OSI και του TCP/IP.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7-4, στο μοντέλο OSI υπάρχουν επτά επίπεδα ενώ στο μοντέλο TCP/IP μόνο τέσσερα. Πλήρης αντιστοιχία μεταξύ των επιπέδων των δύο μοντέλων υπάρχει μόνο για τα επίπεδα δικτύου και μεταφοράς. Στο Σχήμα 7-4 βλέπουμε, ότι τα επίπεδα εφαρμογής, συνόδου και παρουσίασης του OSI αντιστοιχούν στο επίπεδο εφαρμογής του TCP/IP, ενώ τα επίπεδα σύνδεσης δεδομένων και το φυσικό του μοντέλου OSI αντιστοιχούν στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου του TCP/IP. Ο συνδυασμός των επιπέδων σύνδεσης δεδομένων και φυσικού στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου επιβάλλεται από τη βασική αρχή της τεχνολογίας TCP/IP για την υλοποίηση ενός πρωτοκόλλου χωρίς σύνδεση.

Μοντέλο OSI	Μοντέλο TCP/IP (Internet)
Επίπεδο Εφαρμογής	Επίπεδο Εφαρμογής
Επίπεδο Παρουσίασης	
Επίπεδο Συνόδου	
Επίπεδο Μεταφοράς	Επίπεδο Μεταφοράς
Επίπεδο Δικτύου	Επίπεδο Δικτύου
Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων	Επίπεδο Πρόσβασης Δικτύου (Φυσικές Συνδέσεις)
Φυσικό Επίπεδο	

Σχήμα 7-4 Μοντέλα OSI και TCP/IP

Όπως προαναφέραμε, η τεχνολογία TCP/IP συνδυάζει το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων σε ένα. Αυτή η διαφορά της με το μοντέλο OSI είναι περισσότερο ακαδημαϊκή, γιατί στην πραγματικότητα και στις περισσότερες υλοποιήσεις του OSI το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων συνδυάζονται σε ένα ευφυή ελεγκτή (κάρτα δικτύου).

Στο Σχήμα 7-5, παρουσιάζονται τα επίπεδα του προτύπου TCP/IP σε σχέση με τα επίπεδα του OSI και παράλληλα παρουσιάζονται και τα πρωτοκόλλα που χρησιμοποιούν για την υλοποίηση κάθε επιπέδου. Στο επίπεδο εφαρμογής, πάνω από τα πρωτόκολλα TCP και IP βρίσκονται οι υπηρεσίες και τα πρωτόκολλα εφαρμογής. Αυτά είναι χτισμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να χρησιμοποιούν για την επικοινωνία τους τα πρωτόκολλα **Ελέγχου Μετάδοσης (TCP)** ή **Αυτοδύναμων Πακέτων Χρήστη (User Datagram Protocol, UDP)** στο επίπεδο μεταφοράς και τα πρωτόκολλα **Διαδικτύου (IP)** και **Μηνύματος Ελέγχου Διαδικτύου (Internet Control**

Message Protocol, ICMP) στο επίπεδο δικτύου. Τα πρωτόκολλα αυτά υλοποιούνται με λογισμικό και, έτσι, το Σχήμα 7-5 εκτός από την λογική συσχέτιση τους, αντιπροσωπεύει και τη σχέση των τμημάτων λογισμικού, που τα υλοποιούν.

	Εφαρμογές	Εφαρμογές
Επίπεδο Εφαρμογής	(Telnet, FTP, SMTP)	(TFTP)
Επίπεδο Μεταφοράς	TCP	UDP
Επίπεδο Δικτύου	IP / ICMP	

Σχήμα 7-5 Στοιβά πρωτοκόλλων του μοντέλου TCP/IP

Στο Σχήμα 7-5 βλέπουμε, ότι μερικά από τα πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου, όπως τα **Απομακρυσμένης Σύνδεσης (Telecommunications Network, Telnet)**, **Μεταφοράς Αρχείων (File Transfer Protocol, FTP)** και **Μεταφοράς Απλού Ταχυδρομείου (Simple Mail Transfer Protocol, SMTP)** χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP, ενώ άλλα, όπως η **Απλή Μεταφορά Αρχείων (Trivial File Transfer Protocol, TFTP)** το UDP.

Ας δούμε, όμως, εν συντομία τις βασικές λειτουργίες, που εκτελεί κάθε ένα από τα επίπεδα του προτύπου TCP/IP.

Το επίπεδο πρόσβασης δικτύου παρέχει την πρόσβαση στο φυσικό μέσο, στο οποίο μεταδίδεται η πληροφορία με τη μορφή πακέτων και αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο λογικό επίπεδο λειτουργικότητας, που απαιτείται από ένα δίκτυο. Το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει τα στοιχεία των φυσικών συνδέσεων, όπως: καλώδια, αναμεταδότες, κάρτες δικτύου, πρωτόκολλα πρόσβασης τοπικών δικτύων και προσφέρει τις υπηρεσίες του στο ανώτερο επίπεδο, το επίπεδο δικτύου. Στην τεχνολογία TCP/IP, τα χαμηλότερα επίπεδα του επιπέδου δικτύου δεν προδιαγράφονται και έτσι αυτά μπορούν να ακολουθούν τελείως διαφορετικές τεχνολογίες.

Το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση στο φυσικό δίκτυο των πακέτων, που δημιουργούνται από τα πρωτόκολλα TCP ή UDP. Το πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου ονομάζεται πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) και είναι αυτό, που εξασφαλίζει στο σύστημα την παγκόσμια διασυνδεσιμότητα. Το πρωτόκολλο IP φροντίζει για την παροχή λογικών διευθύνσεων στα σημεία διεπαφής του με το φυσικό δίκτυο, καθώς επίσης και για την αντιστοίχιση των λογικών διευθύνσεων με τις φυσικές διευθύνσεις, που παρέχονται από το επίπεδο πρόσβασης δικτύου (ή από το υπο-επίπεδο ελέγχου προσπέλασης μέσου, Media Access Control - MAC, του μοντέλου OSI), χρησιμοποιώντας τα **πρωτόκολλα Μετατροπής Διευθύνσεων (Address Resolution Protocol, ARP)** και **Ανάστροφης Μετατροπής Διευθύνσεων (Reverse Address Resolution Protocol, RARP)**. Προβλήματα και ασυνήθιστες καταστάσεις, που σχετίζονται με το πρωτόκολλο IP, αναφέρονται από ένα ξεχω-

ριστό πρωτόκολλο το **πρωτόκολλο Μηνύματος Ελέγχου Διαδικτύου (Internet Control Message Protocol, ICMP)**, το οποίο επίσης λειτουργεί στο επίπεδο δικτύου.

Το πρωτόκολλο Μηνύματος Ελέγχου Διαδικτύου (ICMP) είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και τη δημιουργία μηνυμάτων, που δηλώνουν την κατάσταση των συσκευών σε ένα δίκτυο. Χρησιμοποιείται, συνήθως, για τη μεταφορά μηνυμάτων, που προορίζονται για ιδία χρήση από τα πρωτόκολλα TCP/IP και όχι από κάποιο συγκεκριμένο πρόγραμμα του χρήστη (όπως μηνύματα ασφαλιμάτων). Για παράδειγμα, εάν προσπαθεί κάποιος να συνδεθεί σε ένα υπολογιστή, ο οποίος δεν είναι διαθέσιμος, το σύστημά του μπορεί να λάβει μήνυμα πρωτοκόλλου ICMP, που να λέει: «απρόσιτος υπολογιστής».

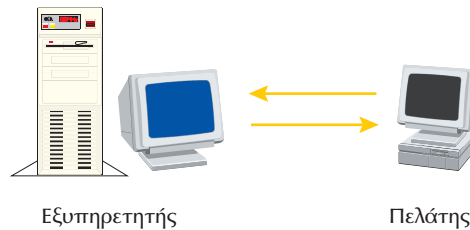
Το επίπεδο μεταφοράς υλοποιεί τις συνδέσεις μεταξύ των υπολογιστών ενός δικτύου. Το βασικό πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς είναι το πρωτόκολλο TCP, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και κάποια παραλλαγή του, όπως το UDP. Το πρωτόκολλο TCP είναι υπεύθυνο για την εγκατάσταση αξιόπιστων ταυτόχρονων δι-κατευθυντήριων συνδέσεων. Ο όρος αξιόπιστες αναφέρεται στο ότι το TCP φροντίζει για την αποκατάσταση πιθανόν ασφαλιμάτων μετάδοσης, που παρουσιάστηκαν. Έτσι, τα επίπεδα εφαρμογής, που κάνουν χρήση των υπηρεσιών, που προσφέρει το πρωτόκολλο TCP, θεωρούν, ότι το TCP παρέχει αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων και δεν ασχολούνται καθόλου με ανάλογα ζητήματα. Ο όρος ταυτόχρονες σημαίνει, ότι αρκετές TCP συνδέσεις μπορούν να εγκατασταθούν ταυτόχρονα από έναν υπολογιστή και τα δεδομένα κάθε σύνδεσης μπορούν να στέλνονται ταυτόχρονα, αλλά ανεξάρτητα από τα δεδομένα των άλλων συνδέσεων. Ο όρος δι-κατευθυντήριες σημαίνει, ότι μία σύνδεση μπορεί να στέλνει αλλά και να λαμβάνει δεδομένα.

Το πρωτόκολλο αυτοδύναμων πακέτων χρήστη (UDP) είναι πρωτόκολλο χωρίς σύνδεση. Δεν είναι πολύ αξιόπιστο, αλλά χρησιμοποιείται για ειδικούς σκοπούς και από εφαρμογές, που δεν απαιτούν την αξιοπιστία, που προσφέρει το πρωτόκολλο TCP στο επίπεδο μεταφοράς.

Το επίπεδο εφαρμογής παρέχει εφαρμογές, που χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα του επιπέδου μεταφοράς. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτών των εφαρμογών είναι η μεταφορά αρχείων, η απομακρυσμένη σύνδεση και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Το επίπεδο εφαρμογής αντιπροσωπεύει το σημείο επαφής του χρήστη με τη στοίβα πρωτοκόλλων της τεχνολογίας TCP/IP.

Το τυπικό μοντέλο, που ακολουθείται (Σχήμα 7-6) από τις εφαρμογές TCP/IP, είναι το **μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή (client-server)**. Ο εξυπηρετητής είναι διεργασία, η οποία περιμένει να λάβει αίτηση από τη διεργασία πελάτη, προκειμένου να την εξυπηρετήσει. Συνήθως, η διεργασία εξυπηρετητή είναι ενεργοποιημένη σε κάποιο υπολογιστή και ελέγχει τις εισερχόμενες αιτήσεις πελατών για να δει, εάν κάποια απευθύνεται σε αυτήν. Όταν κάποιο πρόγραμμα χρειάζεται να πάρει πληροφορία από τον εξυπηρετητή, το πρόγραμμα λειτουργεί ως πελάτης και στέλνει αίτηση στη διεργασία εξυπηρετητή. Όταν η αίτηση του πε-

λάτη εξυπηρετηθεί, ο εξυπηρετητής επιστρέφει στην κατάσταση αναμονής και περιμένει να λάβει και να εξυπηρετήσει νέες αιτήσεις.



Σχήμα 7-6 Πρότυπο Πελάτη – Εξυπηρετητή

7.2.3 Βασικές αρχές Επικοινωνίας στην τεχνολογία TCP/IP και στο Διαδίκτυο

Αν θέλουμε να περιγράψουμε, εν συντομία, την επικοινωνία σύμφωνα με το μοντέλο TCP/IP, μπορούμε να πούμε, ότι στο υψηλότερο επίπεδο έχουμε τις εφαρμογές, οι οποίες χρησιμοποιούν τα επίπεδα δικτύου και μεταφοράς για την επικοινωνία τους με εφαρμογές, που τρέχουν σε άλλα συστήματα του δικτύου, ενώ για τη μετάδοση των δεδομένων χρησιμοποιούν το φυσικό μέσο.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη στρωματική διάσταση των πρωτοκόλλων TCP/IP, ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα, που παρουσιάζει μία απλή εφαρμογή, όπως η αποστολή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στην παράγραφο 7.11.2). Εδώ αρκεί να αναφέρουμε μόνο, ότι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο είναι εφαρμογή, που επιτρέπει να στέλνουμε μηνύματα σε ηλεκτρονική μορφή από έναν υπολογιστή σε κάποιον άλλο.

Στο επίπεδο εφαρμογής υπάρχει πρωτόκολλο, που υποστηρίζει την εφαρμογή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Το πρωτόκολλο αυτό ορίζει σειρά μηνυμάτων / εντολών, που ο ένας υπολογιστής στέλνει στον άλλο. Τέτοιες εντολές προσδιορίζουν ποιος στέλνει το μήνυμα, σε ποιον απευθύνεται και ποιο είναι το περιεχόμενο του μηνύματος. Το πρωτόκολλο αυτό λειτουργεί στο επίπεδο εφαρμογής και θεωρεί, ότι υπάρχει αξιόπιστος τρόπος μετάδοσης των μηνυμάτων μεταξύ των υπολογιστών. Το πρωτόκολλο ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, όπως κάθε άλλο πρωτόκολλο εφαρμογής, ορίζει απλά ένα σύνολο εντολών και μηνυμάτων, που πρέπει να σταλούν και είναι σχεδιασμένο, για να λειτουργεί σε συνδυασμό με τα πρωτόκολλα TCP και IP. Τα πρωτόκολλα TCP και IP αναλαμβάνουν να μεταφέρουν τα δεδομένα και είναι υπεύθυνα για τη δρομολόγηση και παράδοσή τους στον υπολογιστή προορισμού.

Επισήμανση

Γενικά, οι εφαρμογές, που βασίζονται στα πρωτόκολλα TCP/IP, χρησιμοποιούν τέσσερα επίπεδα:

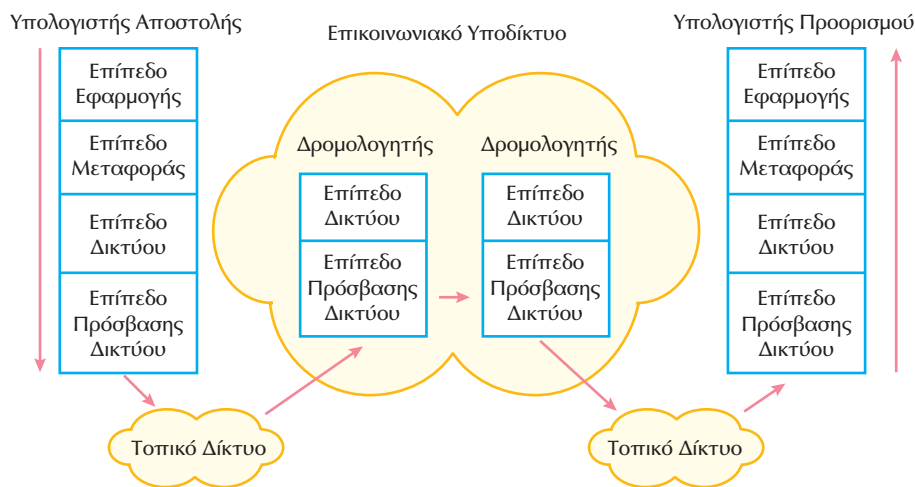
- Πρωτόκολλο εφαρμογής (όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο)
- Πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς, όπως το TCP, που παρέχει υπηρεσίες στα διάφορα πρωτόκολλα εφαρμογών
- Πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου, όπως το IP, που παρέχει τις βασικές υπηρεσίες για τη μεταφορά των πακέτων στον προορισμό τους.
- Τα πρωτόκολλα, που είναι απαραίτητα για τη διαχείριση του φυσικού μέσου (όπως για παράδειγμα το Ethernet).

Η τεχνολογία TCP/IP βασίζεται σε μοντέλο, που θεωρεί, ότι μεγάλος αριθμός δικτύων διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω δρομολογητών. Ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε υπολογιστές ή πόρους σε οποιοδήποτε από αυτά τα δίκτυα. Προκειμένου τα πακέτα να φτάσουν στο δίκτυο προορισμού, μπορεί να περάσουν μέσα από πολύ μεγάλο αριθμό δικτύων. Η αποστολή των πακέτων στο προορισμό τους γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην γίνεται αντιληπτή από το χρήστη. Το μόνο, που θα πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης, για να έχει πρόσβαση σε άλλον υπολογιστή, είναι η διεύθυνση του στο Διαδίκτυο (Internet ή IP, διεύθυνση). Γενικά, η δομή της διεύθυνσης δίνει πληροφορίες, για το πως θα φθάσει το πακέτο στο σύστημα προορισμού. Συνήθως, για λόγους ευκολίας αναφερόμαστε στα συστήματα με το όνομά τους παρά με την IP διεύθυνση τους. Όταν προσδιορίσουμε ένα όνομα, το λογισμικό του δικτύου το αναζητεί σε μία βάση δεδομένων και από εκεί παίρνει την αντίστοιχη IP διεύθυνση. Τα πρωτόκολλα TCP/IP έχουν χτισθεί με βάση τη τεχνολογία χωρίς σύνδεση. Η πληροφορία μεταφέρεται στο δίκτυο με τη μορφή πακέτων, που το καθένα μεταδίδεται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα και ακολουθεί το δικό του μονοπάτι μέχρι να φτάσει στον προορισμό του.

Παράδειγμα

Ας υποθέσουμε, ότι θέλουμε να μεταδώσουμε αρχείο 15.000 οκτάδων (bytes). Τα περισσότερα δίκτυα δεν μπορούν να υποστηρίξουν πακέτα τέτοιου μεγέθους. Έτσι, τα πρωτόκολλα σπάνε το αρχείο, για παράδειγμα σε 30 πακέτα των 500 οκτάδων. Καθένα από αυτά τα πακέτα θα σταλεί στον προορισμό του και εκεί θα τοποθετηθούν πάλι μαζί, ώστε να σχηματίσουν το αρχικό πακέτο των 15.000 οκτάδων. Κατά τη μεταφορά των πακέτων το δίκτυο δεν γνωρίζει, ότι υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ τους. Έτσι, είναι πολύ πιθανό το πακέτο με αύξοντα αριθμό 14 να φθάσει στον προορισμό, πριν από το πακέτο με αύξοντα αριθμό 13. Επίσης, είναι πολύ πιθανό κάπου στο δίκτυο να συμβεί κάποιο σφάλμα και κάποια πακέτα να μην φθάσουν ποτέ στον προορισμό τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα πακέτα πρέπει να ξανασταλούν. Οι ενέργειες αυτές αποτελούν διεργασίες του πρωτοκόλλου TCP.

Ας δούμε τώρα, πως μέσω της τεχνολογίας TCP/IP πραγματοποιείται η επικοινωνία στο Διαδίκτυο. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το Διαδίκτυο δεν είναι ένα μοναδικό δίκτυο, αλλά αποτελείται από πολλά διαφορετικά δίκτυα, τα οποία διασυνδέονται μεταξύ τους με ειδικές συσκευές που ονομάζονται **δρομολογητές**. Τα δίκτυα αυτά, παρόλο που αποτελούν τμήματα ενός μεγαλύτερου δικτύου, είναι ολοκληρωμένα, ανεξάρτητα δίκτυα, η επικοινωνία των οποίων βασίζεται στα πρωτόκολλα TCP/IP. Προκειμένου να κατανοήσουμε καλύτερα τον τρόπο λειτουργίας του Διαδικτύου ακολουθεί χαρακτηριστικό παράδειγμα.



Σχήμα 7-7 Επικοινωνία στο Διαδίκτυο

Παράδειγμα

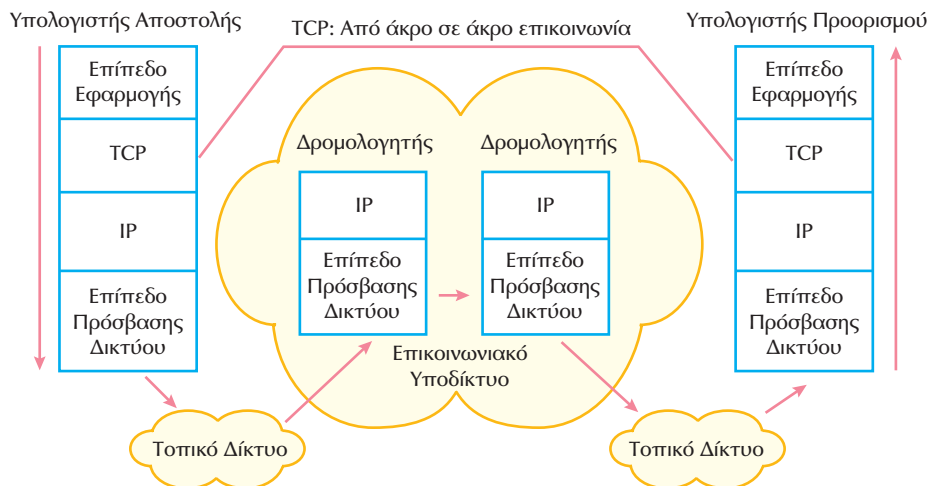
Ας θεωρήσουμε, ότι έχουμε δύο υπολογιστές συνδεδεμένους στο Διαδίκτυο, οι οποίοι ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα και ότι μία εφαρμογή, που εκτελείται στον έναν υπολογιστή, πρέπει να μεταφέρει ένα πακέτο στην αντίστοιχη εφαρμογή, που εκτελείται στον άλλο. Μία απλοποιημένη διαδικασία δίνεται στο Σχήμα 7-7.

Τα δεδομένα κατεβαίνουν τα πρωτόκολλα του υπολογιστή αποστολής και καθώς φθάνουν στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου σχηματίζουν το προς μετάδοση πακέτο. Από το επίπεδο πρόσβασης δικτύου το πακέτο μεταβιβάζεται στο τοπικό δίκτυο. Το τοπικό δίκτυο δρομολογεί το πακέτο στον δρομολογητή και από εκεί το πακέτο μεταφέρεται από δρομολογητή σε δρομολογητή, μέσω του επικοινωνιακού υποδικτύου, στο Διαδίκτυο, μέχρι να φτάσει στο δίκτυο προορισμού. Σε κάθε

βήμα ο εκάστοτε δρομολογητής αναλύει την επικεφαλίδα του πακέτου, για να καθορίσει, εάν το πακέτο απευθύνεται στο δικό του τοπικό δίκτυο. Όταν τελικά το πακέτο φτάσει στον δρομολογητή του δικτύου προορισμού, ο δρομολογητής αναγνωρίζει, ότι το πακέτο απευθύνεται στο δικό του δίκτυο, το οδηγεί σε αυτό και, τέλος, το τοπικό δίκτυο προωθεί το πακέτο στον υπολογιστή προορισμού. Όταν το πακέτο φτάσει στον υπολογιστή προορισμού περνά τα επίπεδα προς τα επάνω, μέχρι να φτάσει στο επίπεδο εφαρμογής. Το επίπεδο εφαρμογής παραδίδει το πακέτο στην κατάλληλη εφαρμογή, και, έτσι η μεταφορά του από την πηγή στον προορισμό έχει ολοκληρωθεί.

7.3 Πρωτόκολλο TCP

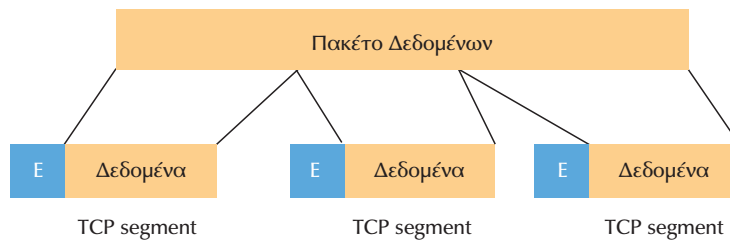
Το πρωτόκολλο **Ελέγχου Μετάδοσης (Transmission Control Protocol, TCP)** είναι το βασικό πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς της τεχνολογίας TCP/IP. Παρέχει υπηρεσίες προσανατολισμένες σε σύνδεση και εξασφαλίζει την αξιοπίστη μεταφορά δεδομένων και την από άκρο σε άκρο επικοινωνία (Σχήμα 7-8).



Σχήμα 7-8 Επικοινωνία στο επίπεδο δικτύου

Το πρωτόκολλο TCP λαμβάνει από τα πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου τα προς μετάδοση δεδομένα και τα μεταδίδει, μόνο όταν συμπληρωθεί πακέτο με μέγεθος ίσο με αυτό, που έχει συμφωνηθεί κατά την εγκατάσταση της σύνδεσης. Αντίστοιχα όταν το TCP λαμβάνει μηνύματα με μέγεθος μεγαλύτερο από το μέγεθος του συμφωνημένου πακέτου, τα σπάει σε μικρότερα. Καθένα από αυτά τα πακέτα, τα οποία αποτελούν τη μονάδα μεταφοράς στο πρωτόκολλο TCP, ονο-

μάζεται **τμήμα (segment)**. Κάθε τμήμα (Σχήμα 7-9) αποτελείται από την επικεφαλίδα (E), την οποία δημιουργεί το πρωτόκολλο TCP και τα προς μετάδοση δεδομένα, που ήρθαν από το ανώτερο επίπεδο. Τα πεδία της επικεφαλίδας βοηθούν το πρωτόκολλο TCP να διαχειρισθεί τα διάφορα τμήματα, που λαμβάνει.



Σχήμα 7-9 Διάσπαση δεδομένων σε TCP τμήματα

Όταν τα TCP τμήματα φθάσουν στον προορισμό τους, το πρωτόκολλο TCP είναι υπεύθυνο να τα τοποθετήσει στη σωστή σειρά και να τα επανασυνθέσει, έτσι ώστε να σχηματίσουν και πάλι το αρχικό μήνυμα. Ο προσδιορισμός της σειράς των τμημάτων γίνεται με βάση το πεδίο της επικεφαλίδας, το οποίο ονομάζεται **Αριθμός Σειράς** και προσδιορίζει τη θέση του τμήματος στο αρχικό πακέτο. Για παράδειγμα, εάν το πεδίο έχει τιμή 3, αυτό σημαίνει, ότι το τμήμα είναι το τρίτο σε σειρά από αυτά στα οποία διασπάσθηκε το αρχικό πακέτο.

Σε περίπτωση που συμβεί κάποιο σφάλμα μετάδοσης και ένα τμήμα δεν φθάσει στον προορισμό του, το πρωτόκολλο TCP είναι υπεύθυνο για την επαναμετάδοσή του. Για να πραγματοποιηθεί η μετάδοση των τμημάτων, το TCP τα διαβιβάζει στο πρωτόκολλο IP, που είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση και την παράδοσή τους στον τελικό προορισμό. Το πρωτόκολλο IP δεν γνωρίζει και δεν χρειάζεται να γνωρίζει, πως κάποιο τμήμα σχετίζεται με κάποιο άλλο, που προηγήθηκε ή έρχεται μετά από αυτό.

Προκειμένου να εξασφαλίσουμε, ότι ένα τμήμα έφθασε στον προορισμό του, ο παραλήπτης πρέπει να στείλει πίσω επιβεβαίωση. Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται ως εξής: όταν ο παραλήπτης πρέπει να στείλει ένα τμήμα στον αποστολέα, τοποθετεί σε ένα πεδίο της επικεφαλίδας του τμήματος έναν αριθμό, που δηλώνει, ότι όλα τα δεδομένα μέχρι και αυτόν τον αριθμό οκτάδας, έχουν φθάσει σωστά στον παραλήπτη. Το πεδίο, που χρησιμοποιείται, ονομάζεται **Αριθμός Επιβεβαίωσης**. Για παράδειγμα, στέλνοντας ένα τμήμα με αριθμό επιβεβαίωσης 1.500 σημαίνει, ότι έχουμε λάβει όλα τα δεδομένα μέχρι τον αριθμό οκτάδας 1.500. Εάν ο αποστολέας δεν λάβει επιβεβαίωση εντός λογικού χρονικού ορίου στέλνει τα δεδομένα ξανά.

Άλλη λειτουργία, που εκτελεί το πρωτόκολλο TCP, είναι ο έλεγχος της ποσότητας δεδομένων, που μπορούν να μεταδίδονται κάθε φορά. Η λειτουργία αυτή

είναι γνωστή ως **έλεγχος ροής** και πραγματοποιείται μέσω πεδίου, που βρίσκεται στην επικεφαλίδα του τμήματος και ονομάζεται **Παράθυρο**. Προφανώς, δεν είναι λογικό, να περιμένουμε, να επιβεβαιωθεί ένα τμήμα, προκειμένου να σταλεί το αμέσως επόμενο. Αυτό θα οδηγούσε στην αδικαιολόγητη μείωση του ρυθμού μετάδοσης. Από την άλλη πλευρά, όμως, δεν μπορεί κανείς να στέλνει συνεχώς δεδομένα, χωρίς να γνωρίζει, εάν ο υπολογιστής προορισμού είναι σε θέση να τα δεχθεί. Για παράδειγμα, εάν η ταχύτητα αποστολής δεδομένων είναι πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα απορρόφησής τους στον υπολογιστή προορισμού, τότε είναι δυνατό να γεμίσει η περιοχή προσωρινής αποθήκευσης εισερχόμενων δεδομένων και να οδηγηθούμε σε αναγκαστική απόρριψή τους από τον υπολογιστή προορισμού. Έτσι και τα δύο άκρα κάθε σύνδεσης πρέπει να υποδεικνύουν πόσα νέα δεδομένα μπορούν να δεχθούν βάζοντας τον αντίστοιχο αριθμό οκτάδων στο κατάλληλο πεδίο της επικεφαλίδας του τμήματος.

Παράδειγμα

Εάν το πεδίο Παράθυρο έχει τεθεί σε 1.000 και το πεδίο Επιβεβαίωση σε 12.000, σημαίνει, ότι το άκρο, που έχει δηλώσει αυτές τις τιμές είναι σε θέση να δεχθεί δεδομένα, που βρίσκονται στην περιοχή από 12.000 οκτάδες έως $12.000 + 1.000 = 13.000$ οκτάδες.

Μέχρι τώρα είπαμε, ότι το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο, για να προωθήσει ένα πακέτο στον υπολογιστή προορισμού. Δεν έχουμε αναφέρει όμως τίποτε για το πως το TCP παραδίδει τα πακέτα στις εφαρμογές, στις οποίες κατευθύνονται.

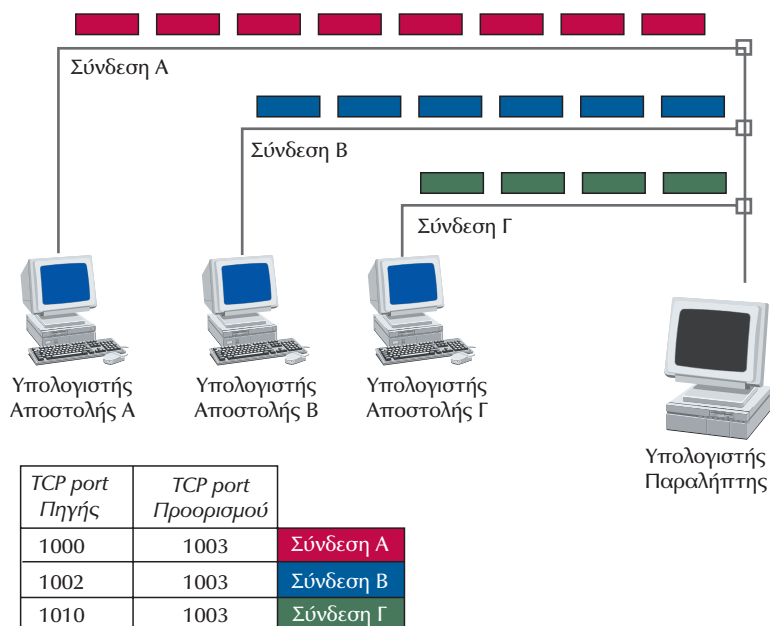
Είναι φανερό, ότι δεν είναι αρκετό να μεταφέρουμε απλά ένα τμήμα στο σωστό προορισμό. Το TCP πρέπει να γνωρίζει επίσης, σε ποια σύνδεση ανήκει κάθε τμήμα. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως αποπολύπλεξη. Η πληροφορία, που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί η αποπολύπλεξη των τμημάτων, βρίσκεται στην επικεφαλίδα τους. Πιο συγκεκριμένα, για να μπορέσει το TCP να συσχετίσει τα διάφορα τμήματα με τις συνδέσεις, στις οποίες ανήκουν χρησιμοποιεί τις **TCP θύρες (TCP ports)**. Τα TCP ports είναι αφηρημένα σημεία επικοινωνίας, που το καθένα είναι ένας θετικός ακέραιος αριθμός των 16 bits και αποτελούν πεδία της επικεφαλίδα των TCP τμημάτων.

Παράδειγμα

Για να κατανοήσουμε καλύτερα, πως δουλεύουν τα TCP ports, ας δούμε το ακόλουθο παράδειγμα. Φανταστείτε ότι τρεις διαφορετικοί άνθρωποι μεταφέρουν αρχεία στον ίδιο προορισμό, για παράδειγμα μία εταιρία. Οι άνθρωποι αυτοί έχουν υποχρέωση να παραδώσουν τα αρχεία στο προσωπικό υποδοχής της

εταιρείας και, στη συνέχεια, το προσωπικό υποδοχής είναι υπεύθυνο να τα προωθήσει στα τμήματα, στα οποία προορίζονται.

Για να μπορέσει ο παραλήπτης να προσδιορίσει ποιος έστειλε τι, θα πρέπει να υπάρχει ένας κωδικός, που να δηλώνει από που ήρθε κάθε αρχείο. Το ρόλο αυτό παίζει το TCP port πηγής, το οποίο καθορίζεται από τον αποστολέα. Έτσι, για παράδειγμα, τα αρχεία, που παραδίδει καθένας από τους τρεις μεταφορείς, θα πρέπει να έχουν κοινό TCP port πηγής. Για το προσωπικό υποδοχής, όμως, δεν έχει καμία σημασία ποιος έστειλε τα αρχεία. Αυτό που τους ενδιαφέρει είναι που κατευθύνονται, ώστε να τα παραδώσουν στα σωστά τμήματα. Χρειάζεται, επομένως, να υπάρχει άλλος κωδικός, που να προσδιορίζει τον παραλήπτη. Το ρόλο αυτό παίζει το TCP port προορισμού. Όταν τα αρχεία φθάσουν τελικά στον προορισμό τους, είναι απαραίτητοι και οι δύο προηγούμενοι κωδικοί, προκειμένου να προσδιορισθεί ποια αρχεία πραγματεύονται το ίδιο θέμα. Έτσι, για παράδειγμα, το τμήμα με TCP port 1003, το οποίο, όπως είναι επόμενο, λαμβάνει όλα τα αρχεία, που φέρουν ως TCP port προορισμού το 1003, γνωρίζει ότι όλα τα αρχεία με TCP port πηγής 1000 πραγματεύονται το ίδιο θέμα, ενώ αυτά με TCP port πηγής 1002 πραγματεύονται κάποιο άλλο θέμα (Σχήμα 7-10).

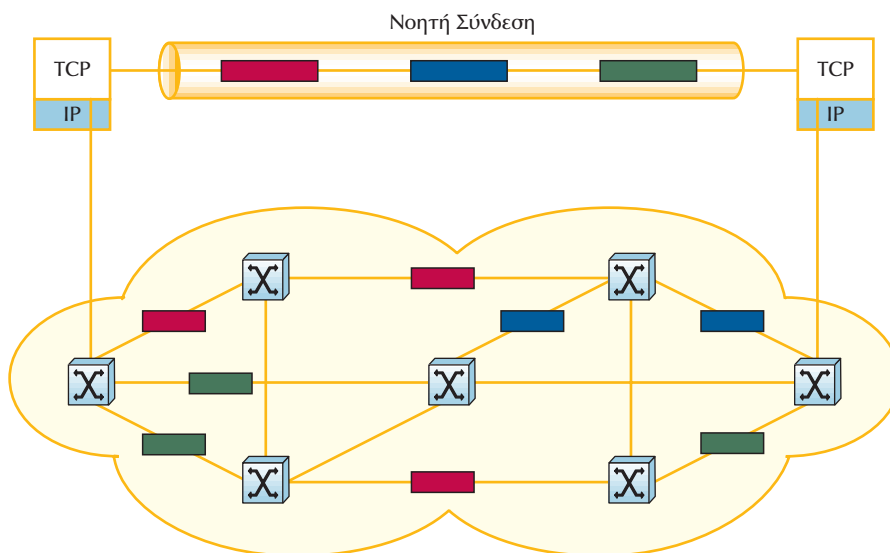


Σχήμα 7-10 Συσχέτιση εισερχομένων τμημάτων και συνδέσεων με βάση τα TCP ports

Σε αναλογία με το παραπάνω παράδειγμα κάθε φορά, που εγκαθίσταται μία νέα σύνδεση, προσδιορίζονται τα TCP ports πηγής και προορισμού, τα οποία γίνονται γνωστά και στα δύο άκρα της σύνδεσης. Η συνήθης πρακτική είναι τα προγράμματα χρηστών, να χρησιμοποιούν τυχαία TCP ports, που ανατίθενται δυναμικά κάθε φορά, που απαιτείται η εγκατάσταση νέας σύνδεσης. Παρόλα αυτά υπάρχουν ορισμένες εφαρμογές, που χρησιμοποιούν συγκεκριμένα TCP ports, τα οποία τους έχουν επίσημα ανατεθεί. Η επικοινωνία των χρηστών με αυτές τις εφαρμογές γίνεται μέσω των προκαθορισμένων TCP ports με βάση την εξής σύμβαση: οποιαδήποτε αίτηση χρήστη χρησιμοποιεί αυτά τα TCP ports απευθύνεται στις αντίστοιχες εφαρμογές. Έτσι, για παράδειγμα, η εφαρμογή μεταφοράς αρχείων (File Transfer Protocol, FTP) χρησιμοποιεί πάντα το TCP port 21. Κάθε φορά, που θέλουμε να επικοινωνήσουμε με αυτή την εφαρμογή, θέτουμε σαν TCP port προορισμού το 21. Ο εξυπηρετητής της εφαρμογής FTP γνωρίζει, ότι όλα τα τμήματα με TCP port προορισμού 21 απευθύνονται σε αυτόν και προχωρά στην επεξεργασία τους.

7.3.1 TCP συνδέσεις

Στην παρουσίαση του πρωτοκόλλου TCP είπαμε, ότι πρόκειται για πρωτόκολλο προσανατολισμένο σε **σύνδεση**. Τι είναι όμως η TCP σύνδεση και πως το πρωτόκολλο συσχετίζει τα TCP τμήματα με τη σύνδεση, στην οποία, ανήκουν; Τα ερωτήματα αυτά θα απαντηθούν στην παρούσα παράγραφο.



Σχήμα 7-11 TCP Σύνδεση

Ο όρος σύνδεση στο πρωτόκολλο TCP έχει την έννοια νοητής σύνδεσης, που εγκαθίσταται από το πρωτόκολλο TCP και χρησιμοποιείται για να συνδέσει δύο τελικά σημεία. Φανταστείτε την σύνδεση αυτή σαν νοητό σωλήνα, που συνδέει τα δύο άκρα και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα δεδομένα από το ένα άκρο στο άλλο (Σχήμα 7-11). Η σύνδεση είναι νοητή, γιατί δεν υπάρχει συγκεκριμένος δρόμος, τον οποίο ακολουθούν όλα τα τμήματα, προκειμένου να φτάσουν από την πηγή στο προορισμό. Αντίθετα, κάθε τμήμα (ή καλύτερα τα κομμάτια, στα οποία διασπάται κάθε τμήμα καθώς διέρχεται από το πρωτόκολλο IP και μεταδίδεται στο φυσικό μέσο) ακολουθεί τη δική του διαδρομή, με αποτέλεσμα τα τμήματα της σύνδεσης να φτάνουν στον προορισμό μπερδεμένα τόσο μεταξύ τους όσο και με τμήματα άλλων συνδέσεων. Το πρωτόκολλο TCP αναλαμβάνει με βάση ορισμένα αναγνωριστικά στοιχεία να προσδιορίσει, ποια τμήματα ανήκουν σε κάθε σύνδεση και τα να παραδώσει στην ανάλογη εφαρμογή.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τον τρόπο, που δουλεύουν οι TCP συνδέσεις και πως αυτές προσδιορίζονται από το πρωτόκολλο TCP είναι καλύτερα να τις εξετάσουμε μέσα από παράδειγμα.

Παράδειγμα

Ας υποθέσουμε ότι μέσω της εφαρμογής μεταφοράς αρχείων (*File Transfer Protocol, FTP*) θέλουμε να στείλουμε αρχείο σε έναν άλλο υπολογιστή. Για να μπορέσει να ξεκινήσει η διαδικασία αποστολής του αρχείου δεν είναι αρκετή μόνο η γνώση της IP διεύθυνσης προορισμού. Αρχικά, θα πρέπει να αποκαταστήσουμε μία σύνδεση με τον FTP εξυπηρετητή στο απέναντι άκρο. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει, όταν συνδεθούμε με τον υπολογιστή προορισμού, να δηλώσουμε, ότι θέλουμε να μιλήσουμε με τον FTP εξυπηρετητή. Η επικοινωνία με τον FTP εξυπηρετητή γίνεται μέσω του TCP port.

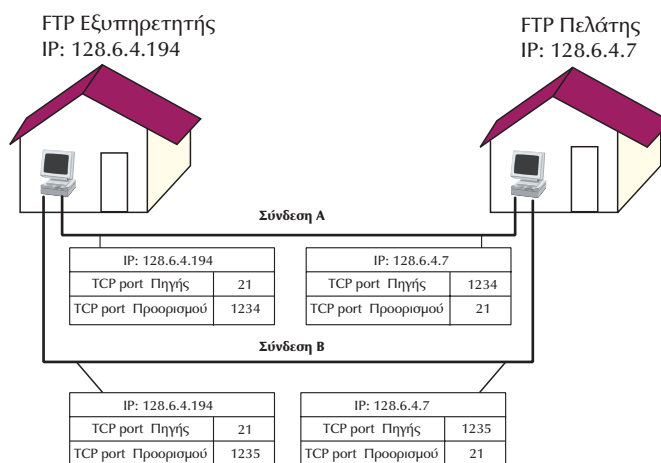
Έτσι, για την μεταφορά αρχείου η τυπική σειρά των διαδικασιών, που εκτελούνται, είναι η ακόλουθη: Πρώτα, τρέχει η εφαρμογή FTP στην πλευρά αυτού, που θέλει να μεταφέρει το αρχείο. Αυτή θα ανοίξει μία σύνδεση με τον FTP εξυπηρετητή του απέναντι άκρου χρησιμοποιώντας για το δικό της άκρο κάποιο τυχαίο TCP port, ας πούμε το 1234. Αντίθετα, θα προσδιορίσει σαν TCP port προορισμού το 21, γιατί αυτό είναι, που έχει ανατεθεί στον FTP εξυπηρετητή. Για την πραγματοποίηση της επικοινωνίας, συμμετέχουν δύο διαφορετικά προγράμματα. Το πρόγραμμα FTP, που τρέχει στην πλευρά του αποστολέα και η εκτέλεσή του ξεκίνησε από το χρήστη και το πρόγραμμα, που εκτελείται στο απέναντι άκρο από τον FTP εξυπηρετητή. Το πρόγραμμα FTP, που εκτελείται από τον αποστολέα (διεργασία πελάτη του μοντέλου πελάτη – εξυπηρετητή), είναι πρόγραμμα, που έχει σχεδιαστεί να δέχεται εντολές από το τερματικό του χρήστη και έχει σαν έργο να τις περνά στο άλλο άκρο. Το πρόγραμμα, που εκτελεί ο FTP εξυπηρετητής (διεργασία εξυπηρετητή του μοντέλου πελάτη – εξυπηρετητή), έχει σχεδιαστεί να δέχεται εντολές μέσω σύνδεσης δικτύου με

TCP port 21. Για το πρόγραμμα, που τρέχει στον υπολογιστή του αποστολέα, δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί κάποιο συγκεκριμένο TCP port, γιατί κανείς δεν πρόκειται να το αναζητήσει. Όμως, για το πρόγραμμα, που εκτελείται από τον FTP εξυπηρετητή, πρέπει να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο TCP port (21), έτσι ώστε ο FTP εξυπηρετητής να αναγνωρίσει, ότι τα εισερχόμενα τμήματα απευθύνονται σε αυτόν.

Κάθε σύνδεση περιγράφεται πλήρως από τέσσερις αριθμούς: Τις IP διευθύνσεις της πηγής και του προορισμού και τα TCP ports κάθε άκρου. Οι αριθμοί αυτοί προσδιορίζουν με μοναδικό τρόπο μία TCP σύνδεση και είναι αυτοί, που χρησιμοποιούνται, προκειμένου το πρωτόκολλο TCP να προσδιορίσει ποια τμήματα ανήκουν σε κάθε σύνδεση. Επομένως, όλα τα πακέτα, που φέρουν την ίδια τετράδα αριθμών ανήκουν στην ίδια σύνδεση. Αυτό σημαίνει, ότι η ίδια τετράδα αριθμών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από δύο διαφορετικές συνδέσεις. Προκειμένου να αποφευχθούν σφάλματα, θα πρέπει τουλάχιστον ένας από τους τέσσερις αριθμούς των δύο συνδέσεων να είναι διαφορετικός. Αυτό μπορεί να συμβεί στην περίπτωση, που δύο διαφορετικοί χρήστες, που χρησιμοποιούν τον ίδιο υπολογιστή, στέλνουν αρχεία στον ίδιο υπολογιστή προορισμού. Το σενάριο αυτό (Σχήμα 7-12) μπορεί να οδηγήσει σε συνδέσεις με τα χαρακτηριστικά που δίνονται στον Πίνακα 7-1.

	Internet διευθύνσεις πηγής και προορισμού	TCP ports πηγής και προορισμού
Σύνδεση A	128.6.4.7, 128.6.4.194	1234, 21
Σύνδεση B	128.6.4.7, 128.6.4.194	1235, 21

Πίνακας 7.1. Internet διευθύνσεις και TCP ports.



Σχήμα 7-12 TCP Συνδέσεις

Δεδομένου ότι και στις δύο συνδέσεις ο υπολογιστής πηγής και ο υπολογιστής προορισμού είναι ίδιοι, οι IP διευθύνσεις πηγής και προορισμού θα είναι ίδιες. Επιπρόσθετα, επειδή και στις δύο συνδέσεις εκτελείται η ίδια λειτουργία, μεταφορά αρχείου, στο ένα άκρο και των δύο συνδέσεων πρέπει να έχει ανατεθεί το TCP port της εφαρμογής FTP. Η μόνη διαφορά, που παρουσιάζεται στις δύο συνδέσεις είναι το TCP port, που έχει ανατεθεί στο άκρο του προγράμματος, που εκτελείται από το χρήστη.

7.4 Πρωτόκολλο UDP

Μέχρι τώρα περιγράψαμε συνδέσεις, που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP. Θυμηθείτε, ότι το TCP είναι υπεύθυνο για το τεμαχισμό των μηνυμάτων σε τμήματα και την επανασύνδεσή τους στον προορισμό. Εντούτοις, σε πολλές εφαρμογές έχουμε μηνύματα, που χωρούν σε ένα τμήμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων μηνυμάτων αποτελούν οι ερωτήσεις, που στέλνει ένα σύστημα, προκειμένου να προσδιορίσει μία άγνωστη διεύθυνση προορισμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις μοιάζει ανόητο να χρησιμοποιούμε το πρωτόκολλο TCP. Φυσικά, το TCP κάνει πολύ περισσότερα από το να σπάει τα μηνύματα σε τμήματα. Στην περίπτωση, όμως μίας ερώτησης, που χωρά σε ένα τμήμα, δεν χρειαζόμαστε όλη την πολυπλοκότητα, που εισάγει το πρωτόκολλο TCP, προκειμένου να εξασφαλίσουμε την αξιόπιστη μετάδοση της. Για τέτοιες εφαρμογές, που δεν χρειάζονται όλη την πολυπλοκότητα του πρωτοκόλλου TCP, έχει σχεδιαστεί ένα εναλλακτικό πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς, το οποίο ονομάζεται **Πρωτόκολλο Αυτοδύναμων Πακέτων Χρήστη (User Datagram Protocol, UDP)**. Το UDP είναι πρωτόκολλο, που παρέχει υπηρεσίες αυτοδύναμου πακέτου.

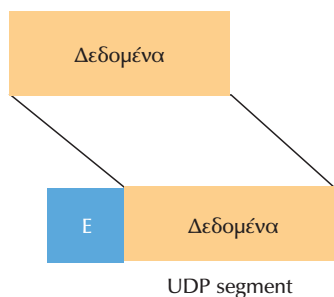
Το UDP χρησιμοποιείται, κυρίως, από εφαρμογές, στις οποίες ο κρίσιμος παράγοντας είναι η ταχύτητα και στις οποίες δεν έχει νόημα η επαναμετάδοση των δεδομένων για την αποκατάσταση τυχόν σφαλμάτων, που συνέβησαν κατά την μετάδοση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων εφαρμογών είναι η μετάδοση φωνής. Στην μετάδοση φωνής δεν έχει νόημα η επαναμετάδοση πακέτων (λέξεων), ενώ θα πρέπει να μειωθεί στο ελάχιστο η καθυστέρηση, που εισάγει το πρωτόκολλο έτσι, ώστε να μην παρατηρούνται μεγάλες καθυστερήσεις, διαφορετικά ο παραλήπτης θα αντιλαμβάνεται ομιλία πολύ κακής ποιότητας.

Η διαφορά του UDP από το TCP είναι, ότι το UDP δεν εκτελεί τόσες λειτουργίες όσες το TCP. Δεν τεμαχίζει τα δεδομένα σε πολλαπλά τμήματα. Δεν κρατά αντίγραφα από τα δεδομένα, που έχουν σταλεί, ώστε σε περίπτωση, που δεν φτάσουν έγκαιρα στον προορισμό ή συμβούν σφάλματα μετάδοσης, να γίνει επαναμετάδοσή τους. Δεν εξασφαλίζει, ότι τα τμήματα θα παραδοθούν στον προορισμό τους με τη σειρά, που στάλθηκαν από τον αποστολέα. Επομένως, στην περίπτωση, που χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο UDP, καταστάσεις, όπως: απώλεια μηνύματος, πολλαπλά αντίγραφα, μεγάλες καθυστερήσεις, λήψη μηνυμάτων εκτός σειράς, έλεγχος ροής, διακοπή της επικοινωνίας πρέπει να τις χειρίζονται οι εφαρμογές.

Η επικοινωνία του πρωτοκόλλου UDP με τα προγράμματα εφαρμογής γίνεται μέσω αφηρημένων σημείων επικοινωνίας, που ονομάζονται **UDP θύρες (UDP ports)**. Κάθε UDP port προσδιορίζεται από ένα θετικό ακέραιο αριθμό των 16 bits, ο οποίος βρίσκεται στην επικεφαλίδα του UDP τμήματος. Εάν κάποια εφαρμογή θέλει να χρησιμοποιήσει το πρωτόκολλο UDP, πρέπει να συσχετισθεί με κάποιο UDP port. Η ανάθεση των UDP port στις εφαρμογές γίνεται από το λειτουργικό σύστημα. Τα UDP ports παρέχουν τη δυνατότητα στο λογισμικό του πρωτοκόλλου UDP να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα από διαφορετικές εφαρμογές και χρησιμοποιούνται, όπως ακριβώς και τα αντίστοιχα TCP ports.

Ας δούμε, όμως, πιο αναλυτικά, πως μία εφαρμογή μπορεί να επικοινωνήσει με κάποια άλλη μέσω του πρωτοκόλλου UDP. Το μονοπάτι επικοινωνίας μεταξύ της εφαρμογής και του πρωτοκόλλου UDP πραγματοποιείται μέσω των UDP ports. Όπως και στο πρωτόκολλο TCP, έτσι και στο UDP για ορισμένες εφαρμογές έχουν καθορισθεί συγκεκριμένα ports, που είναι ευρέως γνωστά και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για την επικοινωνία με τους εξυπηρετητές αυτών των εφαρμογών. Οποιοδήποτε τμήμα φέρει στην επικεφαλίδα του τον αριθμό του UDP port, που έχει ανατεθεί σε συγκεκριμένη εφαρμογή, αναγνωρίζεται από τον εξυπηρετητή της εφαρμογής, ο οποίος, στη συνέχεια, προχωρά στην επεξεργασία του τμήματος. Για παράδειγμα, ο εξυπηρετητής του **Απλού Πρωτοκόλλου Διαχείρισης Δικτύου (Simple Network Management Protocol, SNMP)**, περιμένει και λαμβάνει μηνύματα, που φέρουν σαν UDP port τον αριθμό 161. Για την εφαρμογή αυτή θα μιλήσουμε στο 8ο Κεφάλαιο.

Κάθε UDP τμήμα, όπως και το TCP τμήμα, αποτελείται από δύο μέρη, την επικεφαλίδα και τα προς μετάδοση δεδομένα (Σχήμα 7-13).



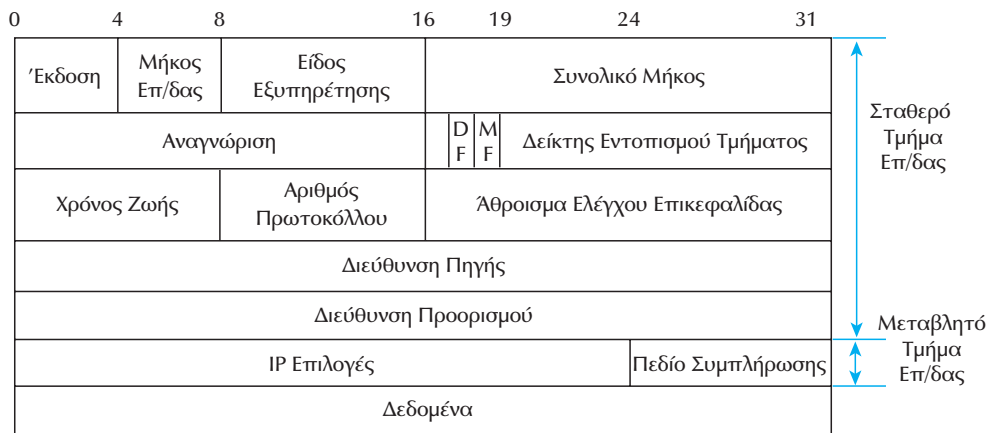
Σχήμα 7-13 Δημιουργία UDP τμήματος

Κάθε εισερχόμενο IP αυτοδύναμο πακέτο, που στην IP επικεφαλίδα του έχει την ένδειξη UDP διαβιβάζεται από το πρωτόκολλο IP στο πρωτόκολλο UDP. Η βασική λειτουργικότητα, που προσθέτει το πρωτόκολλο UDP σε αυτές του πρωτοκόλλου IP, είναι η πολυπλεξία της πληροφορίας διαφορετικών εφαρμογών με βάση τα UDP ports.

7.5 Πρωτόκολλο IP

Το πρωτόκολλο **Διαδικτύου (Internet Protocol, IP)** είναι το βασικό πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου της τεχνολογίας TCP/IP. Η λειτουργία του βασίζεται στην ιδέα των **αυτοδύναμων πακέτων (datagrams)**, τα οποία μεταφέρονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο από την πηγή στον προορισμό, χωρίς να εξασφαλίζεται η αξιόπιστη μετάδοσή τους. Όλοι οι έλεγχοι αξιόπιστης μετάδοσης δεδομένων έχουν τοποθετηθεί στο επίπεδο μεταφοράς και πραγματοποιούνται από το πρωτόκολλο TCP.

Κάθε φορά, που το πρωτόκολλο TCP (ή UDP) θέλει να μεταδώσει ένα τμήμα, το προωθεί στο πρωτόκολλο IP προσδιορίζοντας τη διεύθυνση του υπολογιστή προορισμού. Αυτή η διεύθυνση αποτελεί και το μόνο στοιχείο, το οποίο έχει ενδιαφέρον για το πρωτόκολλο IP. Έτσι, το IP δεν ενδιαφέρεται καθόλου για το τι περιέχει το τμήμα ή πως αυτό συσχετίζεται με προηγούμενα ή επόμενα τμήματα, που λαμβάνει από το πρωτόκολλο TCP (ή UDP) και τα οποία πρέπει να προωθήσει στον προορισμό τους. Κάθε φορά, που το IP λαμβάνει ένα TCP (ή UDP) τμήμα, προσθέτει σε αυτό τη δική του επικεφαλίδα και σχηματίζει με αυτό το τρόπο ένα IP αυτοδύναμο πακέτο, του οποίου το μέγιστο μήκος έχει καθορισθεί στα 64 Kbytes. Από τη στιγμή, που το πρωτόκολλο IP έχει σχηματίσει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο, ο ρόλος του περιορίζεται στο να βρει την κατάλληλη διαδρομή, που θα το οδηγήσει και θα το παραδώσει στον προορισμό του. Η μορφή του IP αυτοδύναμου πακέτου δίνεται στο Σχήμα 7-14.



Σχήμα 7-14 IP αυτοδύναμο πακέτο

Από τη στιγμή, που έχει προσδιορισθεί η διαδρομή ενός αυτοδύναμου πακέτου και προκειμένου να φθάσει στον προορισμό του, μεταδίδεται μέσω των φυσικών δικτύων, τα οποία περιγράφονται στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου του

μοντέλου TCP/IP ή στα δύο χαμηλότερα επίπεδα του μοντέλου του OSI. Τα φυσικά δίκτυα, ανάλογα με τη τεχνολογία, που ακολουθούν, ενδέχεται να χρησιμοποιούν μέγιστο μήκος μονάδας μεταφοράς διαφορετικό από αυτό των IP αυτοδύναμων πακέτων (64 Kbytes). Για να αντιμετωπιστεί ένα τέτοιο ενδεχόμενο, το πρωτόκολλο IP έχει τη δυνατότητα διάσπασης των αυτοδύναμων πακέτων σε μικρότερα τμήματα, που ονομάζονται **κομμάτια (fragments)**. Τα κομμάτια αυτά, όταν φθάσουν στον τελικό προορισμό τους, ανασυντίθενται και σχηματίζουν το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο. Η διάσπαση των αυτοδύναμων πακέτων πραγματοποιείται στον πρώτο δρομολογητή, ο οποίος, στην προσπάθειά του να μεταδώσει το αυτοδύναμο πακέτο μέσω φυσικού δικτύου, διαπιστώνει, ότι το φυσικό δίκτυο, στο οποίο πρέπει να σταλεί, χρησιμοποιεί μέγιστο μήκος πακέτου μικρότερο από το μήκος του αυτοδύναμου πακέτου. Τα κομμάτια, που δημιουργούνται από τη διάσπαση ενός αυτοδύναμου πακέτου, αποτελούν νέα εντελώς ανεξάρτητα αυτοδύναμα πακέτα, που το καθένα ακολουθεί δική του διαδρομή. Προκειμένου το πρωτόκολλο IP του υπολογιστή προορισμού να προσδιορίσει σε ποιο αυτοδύναμο πακέτο ανήκει το κάθε κομμάτι, που λαμβάνει, χρησιμοποιεί το πεδίο **Αναγνώριση** της IP επικεφαλίδας. Όλα τα κομμάτια, που έχουν την ίδια τιμή σε αυτό το πεδίο, ανήκουν στο ίδιο αυτοδύναμο πακέτο.

Μέχρι τώρα είδαμε, πως με τη βοήθεια του πεδίου Αναγνώριση, το πρωτόκολλο IP συσχετίζει τα κομμάτια που λαμβάνει με το αυτοδύναμο πακέτο, στο οποίο ανήκουν. Πως όμως το IP, όταν λαμβάνει ένα πακέτο γνωρίζει, ότι αυτό είναι ξεχωριστό αυτοδύναμο πακέτο και όχι κομμάτι ενός μεγαλύτερου αυτοδύναμου πακέτου; Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται το πεδίο **ένδειξης ύπαρξης περισσότερων κομματιών (More Fragments, MF)**. Εάν το πεδίο MF έχει τεθεί σε 1, σημαίνει, ότι το αυτοδύναμο πακέτο έχει διασπασθεί σε περισσότερα κομμάτια. Όλα τα κομμάτια, στα οποία έχει διασπασθεί το αυτοδύναμο πακέτο, εκτός από το τελευταίο, θέτουν το πεδίο MF σε 1. Εάν ο υπολογιστής προορισμού, για κάποιο λόγο, δεν έχει την δυνατότητα να συναρμολογήσει ένα αυτοδύναμο πακέτο, εάν αυτό διασπασθεί σε κομμάτια, θέτει το πεδίο **ένδειξης απαγόρευσης διάσπασης αυτοδύναμου πακέτου (Don't Fragment, DF)** σε 1. Η τιμή 1 στο πεδίο DF σημαίνει, ότι απαγορεύεται η διάσπαση του αυτοδύναμου πακέτου σε μικρότερα κομμάτια. Στην περίπτωση που, ενώ απαγορεύεται η διάσπαση του αυτοδύναμου πακέτου, αυτό πρέπει να μεταδοθεί μέσω δικτύου που υποστηρίζει πακέτα μικρότερου μήκους, εάν υπάρχει εναλλακτική διαδρομή, το δίκτυο παρακάμπτεται. Διαφορετικά, το αυτοδύναμο πακέτο απορρίπτεται.

Άλλη σημαντική ερώτηση, που προκύπτει, είναι με ποιο τρόπο το πρωτόκολλο IP προσδιορίζει τη θέση κάθε κομματιού μέσα στο αυτοδύναμο πακέτο, ώστε να τοποθετήσει τα κομμάτια, που λαμβάνει, στη σωστή σειρά, προκειμένου να συναρμολογήσει το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο. Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται μέσω του πεδίου **Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος**. Ο Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος προσδιορίζει σε ποιο σημείο του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου ανήκει το συγκεκριμένο κομμάτι και μετρείται σε οκτάδες οκτάδων (οκτάδες bytes).

Πέρα από τα πεδία της IP επικεφαλίδας, στα οποία έχουμε ήδη αναφερθεί, πολύ σημαντικά πεδία για τις λειτουργίες του IP είναι οι **Internet διευθύνσεις πηγής** και **προορισμού**, ο **Αριθμός Πρωτοκόλλου** και το **Άθροισμα Ελέγχου**. Η διεύθυνση πηγής προσδιορίζει την IP διεύθυνση του υπολογιστή, που στέλνει το αυτοδύναμο πακέτο (το πεδίο αυτό είναι απαραίτητο, ώστε το απέναντι άκρο να γνωρίζει ποιος έστειλε το αυτοδύναμο πακέτο). Η διεύθυνση προορισμού είναι η IP διεύθυνση του υπολογιστή, στον οποίο πρέπει να παραδοθεί το αυτοδύναμο πακέτο. Η διεύθυνση αυτή ενημερώνει τους δρομολογητές ή τα άλλα ενδιαμέσα συστήματα δικτύου, από τα οποία περνά το αυτοδύναμο πακέτο κατά την περιπλάνησή του στο Διαδίκτυο, για το ποιος είναι ο προορισμός του, ώστε να το προωθήσουν σε αυτόν. Το πεδίο Αριθμός Πρωτοκόλλου πληροφορεί το πρωτόκολλο IP στο απέναντι άκρο, σε ποιο πρωτόκολλο ανωτέρου επιπέδου πρέπει να παραδώσει το αυτοδύναμο πακέτο (για παράδειγμα στο TCP ή στο UDP). Ο Αριθμός Πρωτοκόλλου λαμβάνει τη τιμή, που αντιστοιχεί στο πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς, το οποίο έστειλε στο πρωτόκολλο IP το τμήμα, από το οποίο δημιουργήθηκε το αυτοδύναμο πακέτο. Το πεδίο Άθροισμα Ελέγχου επιτρέπει στο πρωτόκολλο IP στο απέναντι άκρο να ελέγξει την ορθότητα της επικεφαλίδας του αυτοδύναμου πακέτου. Ο έλεγχος αυτός είναι επιβεβλημένος, γιατί, καθώς το αυτοδύναμο πακέτο περνά από δρομολογητή σε δρομολογητή, η επικεφαλίδα του συνεχώς τροποποιείται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα να συμβεί κάποιο σφάλμα.

Το πεδίο **Έκδοση** χρησιμοποιείται, για να προσδιορίσει την έκδοση του πρωτοκόλλου IP, στην οποία ανήκει το αυτοδύναμο πακέτο. Είναι σημαντικό, όλοι όσοι εμπλέκονται στη διαχείριση ενός αυτοδύναμου πακέτου να ακολουθούν την ίδια έκδοση πρωτοκόλλου.

Το πεδίο **Μήκος Επικεφαλίδας** δηλώνει το μήκος της επικεφαλίδας σε λέξεις των 32-bits. Η μικρότερη τιμή, που μπορεί να πάρει, είναι 5. Το μήκος αυτό προσδιορίζει το μήκος του σταθερού τμήματος της επικεφαλίδας (Σχήμα 7-14). Επειδή το μεταβλητό μήκος της επικεφαλίδας δεν έχει απαραίτητα μήκος πολλαπλάσιο των 32 bits, χρησιμοποιείται το πεδίο **Συμπλήρωσης**, ώστε το συνολικό μήκος της επικεφαλίδας να είναι πάντα πολλαπλάσιο των 32 bits. Το πεδίο **IP Επιλογές** χρησιμοποιείται για ειδικές λειτουργίες του πρωτοκόλλου. Το πεδίο **Συνολικό Μήκος** δίνει το μήκος όλου του αυτοδύναμου πακέτου (επικεφαλίδας και δεδομένων). Το μέγιστο μήκος του είναι 65.536 bytes ($64 \text{ Kbytes} = 64 * 1.024 \text{ bytes} = 65.536 \text{ bytes}$). Στην περίπτωση, που ένα αυτοδύναμο πακέτο έχει διασπασθεί σε κομμάτια, το πεδίο δίνει το μήκος του συγκεκριμένου κομματιού και όχι ολόκληρου του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου.

Το πεδίο **Είδος Εξυπηρέτησης** χρησιμοποιείται, για να δηλώσει ο υπολογιστής, τι είδους εξυπηρέτηση ζητάει από το επικοινωνιακό υποδίκτυο. Τα χαρακτηριστικά, που προσδιορίζουν την υπηρεσία, που προσφέρει το υποδίκτυο και που χρησιμοποιούνται από το IP, για να περιγράψουν τις απαιτήσεις του είναι: η ρυθμοαπόδοση, η αξιοπιστία και η καθυστέρηση.

Το πεδίο **Χρόνος Ζωής** είναι μετρητής, που χρησιμοποιείται, για να προσδιορίσει το χρόνο ζωής των αυτοδύναμων πακέτων. Κάθε φορά που ένα αυτοδύναμο πακέτο διέρχεται από δρομολογητή, το πεδίο μειώνεται τουλάχιστον κατά ένα. Όταν το πεδίο πάρει την τιμή μηδέν, το αυτοδύναμο πακέτο απορρίπτεται. Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται, για να καταστρέφονται αυτοδύναμα πακέτα, τα οποία είτε έχουν χάσει το δρόμο τους και έχουν καθυστερήσει πολύ να φτάσουν στον προορισμό τους είτε έχει συμβεί κάποιο σφάλμα στη διεύθυνση προορισμού, με αποτέλεσμα να περιφέρονται άσκοπα στο δίκτυο ή να έχουν κλειδωθεί σε ατέρμονο βρόχο.

Στην συνέχεια, ακολουθεί παράδειγμα, για να καταλάβουμε καλύτερα το τρόπο, με τον οποίο γίνεται η διάσπαση των αυτοδύναμων πακέτων σε κομμάτια, αλλά και πως χρησιμοποιούνται τα πεδία της IP επικεφαλίδας.

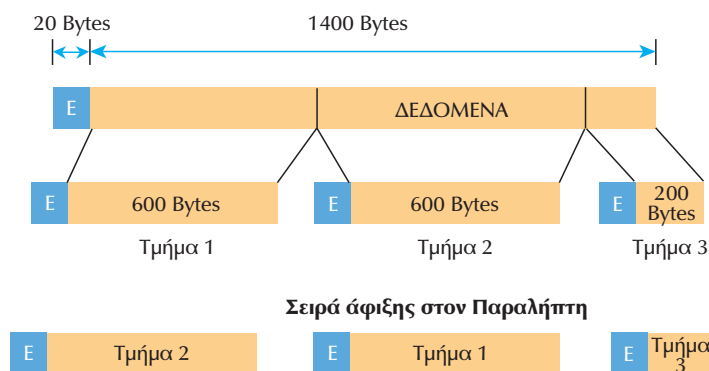
Παράδειγμα

Ας υποθέσουμε, ότι έχουμε ένα αυτοδύναμο πακέτο 1.400 bytes δεδομένων, με επικεφαλίδα των 20 bytes, το οποίο πρέπει να μεταδοθεί μέσω φυσικού δικτύου, που υποστηρίζει πακέτα συνολικού μήκους 620 bytes.

Για να μεταδοθεί αυτό το αυτοδύναμο πακέτο, πρέπει να διασπασθεί σε τρία κομμάτια τα δύο εκ των οποίων έχουν μήκος 620 bytes (20 bytes επικεφαλίδα και 600 bytes δεδομένα) και το τρίτο 220 bytes (20 bytes επικεφαλίδα και 200 bytes δεδομένα). Έτσι, το πεδίο Συνολικό Μήκος για τα δύο πρώτα κομμάτια είναι 620 bytes, ενώ για το τρίτο 220 bytes. Στα δύο πρώτα κομμάτια το πεδίο MF έχει την τιμή 1, που δηλώνει, ότι δεν είναι τα τελευταία κομμάτια του αυτοδύναμου πακέτου, ενώ στο τρίτο κομμάτι το MF έχει τεθεί σε 0. Το πεδίο Αναγνώρισης έχει σε όλα τα κομμάτια την ίδια τιμή, π.χ. 100, δηλώνοντας, έτσι, ότι και τα τρία κομμάτια ανήκουν στο ίδιο αυτοδύναμο πακέτο. Το πεδίο Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος για το πρώτο κομμάτι παίρνει τη τιμή 0, για το δεύτερο τη τιμή 75 (600 bytes / 8) και για το τρίτο τη τιμή 150 (1200 / 8). Σε αντιστοιχία με την υπόθεση, που έγινε για την επικεφαλίδα του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου, ότι έχει μήκος 20 bytes, αποτελείται δηλαδή μόνο από το σταθερό της τμήμα, το ίδιο θεωρούμε, ότι ισχύει και για τα τρία νέα κομμάτια, που προκύπτουν. Επομένως, τα σχηματιζόμενα κομμάτια δεν έχουν πεδία IP Επιλογών και Συμπλήρωσης στην επικεφαλίδα τους, ενώ το πεδίο Μήκος Επικεφαλίδας έχει τη τιμή 5 (τα 20 bytes αντιστοιχούν σε 5 λέξεις των 32 bits). Το πεδίο DF έχει τη τιμή 0, αφού δεν υπάρχει απαγόρευση διάσπασης του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου. Το πεδίο Χρόνος Ζωής είναι πιθανό να έχει διαφορετική τιμή για καθένα ένα από τα νεο-σχηματιζόμενα κομμάτια κατά την άφιξη τους στον προορισμό τους, αφού το πεδίο αυτό μεταβάλλεται, καθώς τα κομμάτια διέρχονται μέσω του επικοινωνιακού υποδικτύου και κατευθύνονται προς το τελικό προορισμό τους. Επίσης, το πεδίο Άθροισμα Ελέγχου διαφέρει για καθένα από τα νεο-σχη-

ματιζόμενα κομμάτια. Τέλος, τα πεδία Έκδοση, Είδος Εξυπηρέτησης, Αριθμός Πρωτοκόλλου και Διευθύνσεις Πηγής και Προορισμού είναι ίδια για όλα τα κομμάτια και προκύπτουν από απλή μεταφορά των αντίστοιχων πεδίων του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου.

Ας δούμε τώρα, πως ο υπολογιστής προορισμού συναρμολογεί το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο από τα κομμάτια, που λαμβάνει, εξετάζοντας τα πεδία Αναγνώρισης, MF και Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος της επικεφαλίδας τους. Ας υποθέσουμε, ότι τα κομμάτια φθάνουν με την εξής σειρά: πρώτα το δεύτερο μετά το τρίτο και τελευταίο το πρώτο. Το πρωτόκολλο IP, μόλις λάβει το δεύτερο κομμάτι από το πεδίο MF (1), καταλαβαίνει ότι δεν αποτελεί ξεχωριστό αυτοδύναμο πακέτο, ενώ από το πεδίο Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος (65) καταλαβαίνει, ότι το κομμάτι αυτό δεν είναι το πρώτο του αυτοδύναμου πακέτου. Έτσι, το κομμάτι τοποθετείται σε χώρο αναμονής, μέχρι να φθάσουν και τα υπόλοιπα κομμάτια, για να μπορέσει να σχηματισθεί το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο. Με την άφιξη του τρίτου κομματιού από το πεδίο Αναγνώρισης (100) το πρωτόκολλο IP αντιλαμβάνεται, ότι το κομμάτι ανήκει στο ίδιο αυτοδύναμο πακέτο με το προηγούμενο, ενώ από το πεδίο MF (0) βλέπει, ότι πρόκειται για το τελευταίο κομμάτι του αυτοδύναμου πακέτου. Με την άφιξη του πρώτου κομματιού από το πεδίο Αναγνώρισης (100) αντιλαμβάνεται, ότι και αυτό ανήκει στο ίδιο αυτοδύναμο πακέτο, ενώ από το πεδίο Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος (0) καταλαβαίνει, ότι είναι το πρώτο κομμάτι του αυτοδύναμου πακέτου. Εξετάζοντας τα πεδία Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος όλων των κομματιών, διαπιστώνει, ότι όλα τα κομμάτια του αυτοδύναμου πακέτου έχουν φθάσει και είναι έτοιμο να προχωρήσει στη συναρμολόγηση του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου.



Σχήμα 7-15 Αυτοδύναμο πακέτο 1.400 bytes δεδομένων, διάσπασή του σε τμήματα και σειρά άφιξης των τμημάτων στο προορισμό τους

7.6 Διευθυνσιοδότηση

Είδαμε, ότι η IP διεύθυνση προορισμού είναι αυτή, που υποδεικνύει σε ένα σύστημα, που να παραδώσει ένα αυτοδύναμο πακέτο. Συχνά, στη τεχνολογία TCP/IP ο όρος διεύθυνση χρησιμοποιείται μαζί με τους όρους όνομα και διαδρομή, οι οποίοι και αυτοί σχετίζονται με την παράδοση ενός αυτοδύναμου πακέτου στον προορισμό του.

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση των IP διευθύνσεων, ας δούμε, πως η διεύθυνση, το όνομα και η διαδρομή σχετίζονται μεταξύ τους. Η διεύθυνση προσδιορίζει, που βρίσκεται μία συσκευή, συνήθως τη φυσική ή τη λογική της θέση στο δίκτυο. Το όνομα είναι ένας ιδιαίτερος προσδιορισμός για μία συσκευή ή ακόμη και για ένα ολόκληρο δίκτυο. Τέλος, η διαδρομή είναι το μονοπάτι, που πρέπει να ακολουθήσει ένα αυτοδύναμο πακέτο, για να φτάσει στη διεύθυνση προορισμού. Συνήθως, για λόγους ευκολίας, προσδιορίζουμε τον παραλήπτη με ένα συμβολικό όνομα, που του έχει ανατεθεί, στη συνέχεια, το όνομα αυτό μετατρέπεται από το σύστημα στην αντίστοιχη διεύθυνση προορισμού, και, τέλος, καθορίζεται το μονοπάτι, που πρέπει να ακολουθήσει ένα πακέτο, για να φτάσει στον προορισμό του.

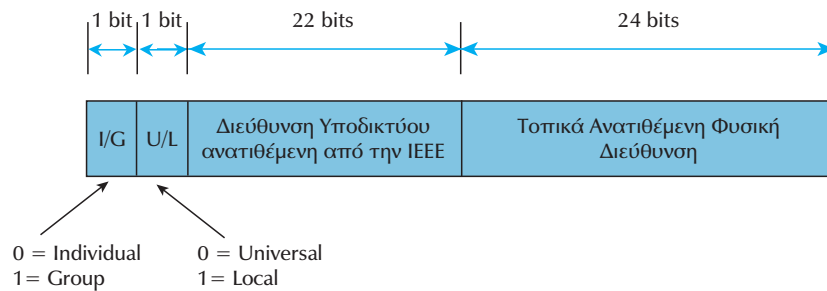
7.6.1 Διεύθυνση Ελέγχου Προσπέλασης στο Μέσο (Media Access Control, MAC Διεύθυνση)

Κάθε συσκευή σε ένα δίκτυο, η οποία επικοινωνεί με άλλες, εκτός από τη **διεύθυνση επιπέδου IP**, διαθέτει και μία **φυσική διεύθυνση**, η οποία ονομάζεται και **διεύθυνση υλικού (hardware address)**. Οι φυσικές διευθύνσεις είναι μοναδικές, διαφορετικά δεν θα υπήρχε τρόπος προσδιορισμού των συσκευών στο δίκτυο και είναι συνήθως ενσωματωμένες στην κάρτα δικτύου από τον κατασκευαστή. Σύμφωνα με το μοντέλο OSI, αυτές οι διευθύνσεις αναφέρονται στο υποεπίπεδο **Ελέγχου Προσπέλασης στο Μέσο (Media Access Control – MAC)**, γι' αυτό ονομάζονται και MAC διευθύνσεις.

Στο υπο-επίπεδο ελέγχου προσπέλασης στο μέσο εκτελείται ανάλυση των εισερχομένων πακέτων και ελέγχεται η MAC διεύθυνση προορισμού τους. Εάν η διεύθυνση προορισμού αντιστοιχεί στη MAC διεύθυνση της συσκευής, τότε το αυτοδύναμο πακέτο περνά στα ανώτερα επίπεδα, διαφορετικά αγνοείται. Διατηρώντας αυτή την ανάλυση στο χαμηλότερο επίπεδο του OSI αποτρέπονται αδικαιολόγητες καθυστερήσεις, που θα εισήγαγε το πέρασμα όλων των πακέτων στα ανώτερα επίπεδα, προκειμένου να γίνει εκεί η ανάλυση και ο έλεγχος της διεύθυνσης προορισμού.

Το μήκος της MAC διεύθυνσης ποικίλει ανάλογα με το σύστημα, αν και τα περισσότερα συστήματα, μεταξύ των οποίων και το Ethernet, χρησιμοποιούν διευθύνσεις 48 bits. Όπως είναι φυσικό, για να επιτευχθεί η επικοινωνία, σε κάθε πακέτο αναγράφονται δύο διευθύνσεις: του παραλήπτη και του αποστολέα.

Σήμερα, το **Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE)** έχει αναλάβει το έργο ανάθεσης φυσικών διευθύνσεων σε παγκόσμιο επίπεδο. Σε κάθε οργανισμό ή εταιρία η IEEE αναθέτει μία μοναδική **ταυτότητα οργανισμού (Organization Unique Identifier – OUI)**, η οποία έχει μήκος 24 bits, επιτρέποντας στον οργανισμό να χρησιμοποιήσει και διανείμει τα άλλα 24 bits της φυσικής διεύθυνσης, όπως αυτός θέλει (Σχήμα 7-16).



Σχήμα 7-16 Δομή φυσικής διεύθυνσης

Η μορφή της φυσικής διεύθυνσης δίνεται στο Σχήμα 7-16, όπου τα πρώτα 24 bits αποτελούν την OUI: Το λιγότερο σημαντικό bit της διεύθυνσης προσδιορίζει, αν η διεύθυνση είναι ατομική ή ομαδική. Εάν το bit είναι 0, η διεύθυνση αναφέρεται σε ατομική διεύθυνση. Αν είναι 1 τότε το υπόλοιπο τμήμα της διεύθυνσης προσδιορίζει σύνολο διευθύνσεων, για το οποίο απαιτείται περαιτέρω ανάλυση. Αν όλα τα bit της OUI έχουν τεθεί σε 1, η διεύθυνση έχει ιδιαίτερη σημασία, σύμφωνα με την οποία όλοι οι υπολογιστές του συστήματος γίνονται αποδέκτες του μηνύματος.

Το επόμενο bit προσδιορίζει ποια αρχή έχει κάνει την ανάθεση της διεύθυνσης. Αν είναι 0, τότε η διεύθυνση έχει δοθεί σε παγκόσμιο επίπεδο από την IEEE, ενώ αν είναι 1, έχει ανατεθεί τοπικά. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται, γιατί, αν μία διεύθυνση που έχει ανατεθεί τοπικά, αποκωδικοποιηθεί σε διεύθυνση, που έχει ανατεθεί από την IEEE, θα προέκυπταν σημαντικά προβλήματα διευθυνσιοδότησης. Κάτι τέτοιο θα καταργούσε αυτόματα τη μοναδικότητα των φυσικών διευθύνσεων, αφού μία διεύθυνση, που ανατίθεται τοπικά, δεν αποκλείεται να είναι ίδια με κάποια άλλη διεύθυνση, που ανατίθεται από την IEEE.

Τα επόμενα 22 bits συνθέτουν τη φυσική διεύθυνση υποδικτύου, που ανατέθηκε από την IEEE στον συγκεκριμένο οργανισμό. Το επόμενο σύνολο των 24 bits προσδιορίζει διευθύνσεις, η διαχείριση των οποίων γίνεται τοπικά από τον οργανισμό. Οργανισμοί, στους οποίους ανατίθενται διευθύνσεις υποδικτύου (OUI) από την IEEE, είναι οι εταιρίες κατασκευής καρτών δικτύου, για παράδειγμα Ethernet, οι οποίες

επιλέγουν τις διευθύνσεις των καρτών, που κατασκευάζουν, από την περιοχή διευθύνσεων (24 bits τοπικά ανατιθέμενης φυσικής διεύθυνσης) που τους έχει ανατεθεί. Αν κάποιος οργανισμός εξαντλήσει την περιοχή διευθύνσεων, που του έχει αναθέσει η ΙΕΕΕ, μπορεί να ζητήσει και δεύτερη διεύθυνση υποδικτύου (ΟUI).

7.6.2 IP διευθύνσεις

Η τεχνολογία TCP/IP χρησιμοποιεί διευθύνσεις 32 bits, προκειμένου να προσδιορίσει ένα υπολογιστή σε ένα δίκτυο αλλά και το ίδιο το δίκτυο. Η IP διεύθυνση προσδιορίζει τη σύνδεση μιας συσκευής στο δίκτυο και όχι την ίδια την συσκευή. Έτσι, όταν η θέση μιας συσκευής στο δίκτυο αλλάζει, τότε πρέπει να αλλάξει και η IP διεύθυνση της. Επίσης, μία συσκευή μπορεί να έχει περισσότερες από μία IP διευθύνσεις, στην περίπτωση που είναι συνδεδεμένη σε περισσότερα από ένα δίκτυα (κάθε διεύθυνση προσδιορίζει τη σύνδεση μίας συσκευής σε ένα δίκτυο). Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση των δρομολογητών, όπου έχουν μία διεύθυνση για κάθε δίκτυο, στο οποίο συνδέονται.

Οι IP διευθύνσεις ακολουθούν ιεραρχική αρχιτεκτονική και αντανακλούν την εσωτερική, ιεραρχική διαίρεση του δικτύου σε υποδίκτυα. Η διαίρεση δικτύου σε υποδίκτυα παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-17, όπου έχουμε ιεραρχία τριών επιπέδων (ο αστερίσκος αντιστοιχεί στον τέταρτο αριθμό κάθε διεύθυνσης, ο οποίος προσδιορίζει τον υπολογιστή). Από το Σχήμα 7-17 βλέπουμε, ότι έχουμε το δίκτυο 22, το οποίο έχει διαιρεθεί σε τρία υποδίκτυα: τα 35, 45 και 55. Επιπλέον, κάθε ένα από αυτά τα υποδίκτυα διαιρείται επίσης σε μικρότερα υποδίκτυα, που προσδιορίζονται από το τρίτο αριθμό της διεύθυνσης.



Σχήμα 7-17 Ιεραρχική διαίρεση δικτύου σε υποδίκτυα και χωρισμός διευθύνσεων σε υποδιευθύνσεις

Η γενική μορφή μιας IP διεύθυνσης δίνεται στο Σχήμα 7-18, όπου το πεδίο Δίκτυο προσδιορίζει το δίκτυο, με το οποίο είναι συνδεδεμένος ο υπολογιστής και το πεδίο Υπολογιστής το συγκεκριμένο υπολογιστή.



Σχήμα 7-18 Δομή διεύθυνσης IP

Η διαχείριση του αριθμητικού χώρου των IP διευθύνσεων γίνεται από το **Κέντρο Πληροφορίας Δικτύου (Network Information Center, NIC)**. Όλα τα TCP/IP διαδίκτυα, που είναι συνδεδεμένα στο παγκόσμιο Διαδίκτυο, πρέπει να χρησιμοποιούν αριθμούς δικτύου, που τους ανατίθενται από το NIC. Διαφορετικά, αν ο καθένας επιλέγει αυτόνομα τις δικές του διευθύνσεις, τότε αναλαμβάνει το ρίσκο της δημιουργίας σύγχυσης και χάους, όταν το δίκτυο του συνδεθεί στο Διαδίκτυο.

Αρχικά, όταν σχεδιάστηκε το Διαδίκτυο, υπήρχε η αίσθηση, ότι τελικά θα υπάρξουν πάρα πολλά δίκτυα. Αυτό οδήγησε στη σκέψη να δεσμευτούν για το τμήμα Δικτύου (Σχήμα 7-18) της IP διεύθυνσης 24 bits, ώστε να υπάρξουν διαθέσιμες διευθύνσεις για όλα τα πιθανά δίκτυα, που θα δημιουργηθούν. Παρόλο που τα περισσότερα από αυτά τα δίκτυα προβλέπονταν να είναι μικρά, εντούτοις υπήρχε η αντίληψη, ότι θα υπάρξουν και μερικά πολύ μεγάλα δίκτυα, τα οποία πιθανόν να απαιτούσαν 24 bits για το τμήμα Υπολογιστή της IP διευθύνσεις, προκειμένου να απεικονίσουν όλους τους υπολογιστές, που περιλαμβάνουν.

Οι δύο αυτές σκέψεις οδηγούσαν σε IP διευθύνσεις 48 bits. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν ήταν επιθυμητό από τους σχεδιαστές του δικτύου, οι οποίοι σκόπευαν να χρησιμοποιήσουν διευθύνσεις 32 bits. Για να το επιτύχουν αυτό, έκαναν την υπόθεση, ότι τα περισσότερα δίκτυα θα είναι μικρά. Έτσι, δημιούργησαν τέσσερις διαφορετικές δομές διευθύνσεων (μία πέμπτη είναι δεσμευμένη για μελλοντική χρήση), οι οποίες χρησιμοποιούνται ανάλογα με το μέγεθος του δικτύων. Οι δομές αυτές (Σχήμα 7-19) κατατάσσουν τις διευθύνσεις σε τέσσερις κλάσεις τις: A, B, C και D.

Η κλάση της διεύθυνσης καθορίζεται από τα πρώτα τέσσερα πιο σημαντικά bits της διεύθυνσης. Έτσι, όπως φαίνεται και από το Σχήμα 7-19, οι διευθύνσεις της κλάσης A αρχίζουν με 0, της κλάσης B με 10, της κλάσης C με 110 της κλάσης D με 1110, ενώ διευθύνσεις, που αρχίζουν με 1111 κρατούνται για μελλοντική χρήση.

Class A	0	Δίκτυο (7 bits)	Υπολογιστής (24 bits)
Class B	10	Δίκτυο (14 bits)	Υπολογιστής (16 bits)
Class C	110	Δίκτυο (21 bits)	Υπολογιστής (8 bits)
Class D	1110	Ομαδική Διεύθυνση (28 bits)	

Σχήμα 7-19 Κλάσεις IP Διευθύνσεων

Η **κλάση A** είναι για μεγάλα δίκτυα με πολλούς υπολογιστές. Για το λόγο αυτό, δεσμεύονται 24 bits για το τμήμα Υπολογιστή και 7 bits για το τμήμα Δικτύου. Έτσι, η κλάση A επιτρέπει την ύπαρξη 128 δικτύων με 16 εκατομμύρια υπολογιστές το καθένα.

Η **κλάση B** είναι για μεσαία δίκτυα. Για το τμήμα Υπολογιστή της διεύθυνσης χρησιμοποιούνται 16 bits, ενώ για το τμήμα Δικτύου 14 bits επιτρέποντας έτσι την ύπαρξη 16.384 δικτύων με 65.536 υπολογιστές το καθένα.

Για τα δίκτυα **κλάσης C** χρησιμοποιούνται μόνο 8 bits από το τμήμα Υπολογιστή, ενώ τα άλλα 21 χρησιμοποιούνται από το τμήμα Δικτύου. Έτσι, ο αριθμός των συσκευών, που μπορεί να είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, περιορίζεται στις 256, ενώ ο αριθμός των δικτύων φθάνει τα 2 εκατομμύρια.

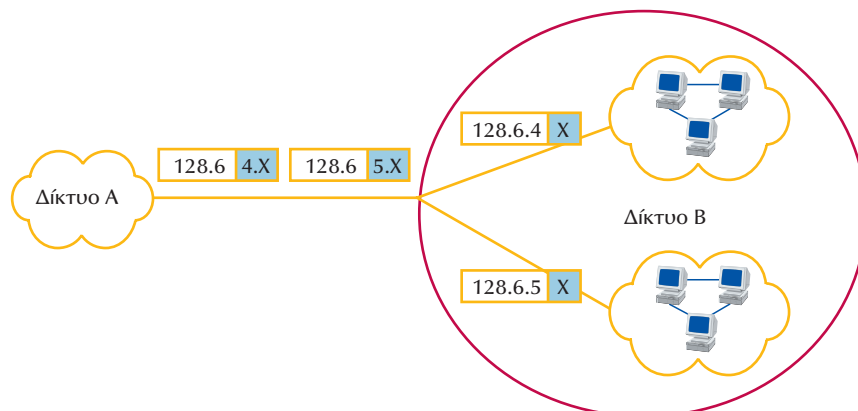
Οι διευθύνσεις της **κλάσης D** επιτρέπουν την ύπαρξη ομαδικών διευθύνσεων (multicast), διευθύνσεων δηλαδή, που απευθύνονται σε ομάδα υπολογιστών.

Οι IP διευθύνσεις συνηθίζεται να παρουσιάζονται σαν τέσσερα σύνολα των 8 bits, που διαχωρίζονται μεταξύ τους από τελεία. Έτσι, οι IP διευθύνσεις παίρνουν την μορφή *δίκτυο.υπολογιστής.υπολογιστής.υπολογιστής* για την κλάση A ή *δίκτυο.δίκτυο.δίκτυο.υπολογιστής* για την κλάση C (ανάλογα σε ποιο τμήμα της διεύθυνσης, Δικτύου ή Υπολογιστή, ανήκει η κάθε οκτάδα). Συνήθως, οι IP διευθύνσεις γράφονται στη δεκαδική τους μορφή, όπως για παράδειγμα 147.10.13.28, η οποία, εάν πρόκειται για διεύθυνση κλάσης B, δηλώνει ότι η διεύθυνση του δικτύου είναι 147.10 και η τοπική του υπολογιστή 13.28.

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι από μία διεύθυνση μπορούν εύκολα να εξαχθούν τα τμήματα, που αφορούν το δίκτυο και τον υπολογιστή. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία και διευκολύνει την αποτελεσματική δρομολόγηση των αυτοδύναμων πακέτων.

7.6.3 Υποδίκτυα και Μάσκα Υποδικτύου

Πολλοί μεγάλοι οργανισμοί συνηθίζουν να διαιρούν τα δίκτυά τους σε επιμέρους υποδίκτυα, αφήνοντας ένα μικρό αριθμό bits για τον προσδιορισμό των τελικών υπολογιστών.



Σχήμα 7-20 Εσωτερική οργάνωση δικτύου οργανισμού σε υποδίκτυα

Παράδειγμα

Ας υποθέσουμε, ότι σε ένα μεγάλο οργανισμό έχει ανατεθεί η διεύθυνση δικτύου 128.6.X.X κλάσης B. Ο οργανισμός αυτός μπορεί να χρησιμοποιήσει τη τρίτη οκτάδα της διεύθυνσης, για να προσδιορίσει σε ποιο τοπικό δίκτυο, π.χ. Ethernet, ανήκει ένας υπολογιστής. Αυτή η διαίρεση δεν έχει καμία σημασία έξω από το δίκτυο του οργανισμού, με αποτέλεσμα οποιοσδήποτε υπολογιστής κάποιου άλλου οργανισμού να χειρίζεται όλα τα αυτοδύναμα πακέτα που απευθύνονται στη διεύθυνση 128.6.X.X με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, χωρίς να εξετάζει καθόλου τη τρίτη οκτάδα της διεύθυνσης. Έτσι, οι υπολογιστές, που δεν ανήκουν στον οργανισμό, δρομολογούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο μέσω του ίδιου δρομολογητή αυτοδύναμα πακέτα, που απευθύνονται στις διευθύνσεις 128.6.4.X και 128.6.5.X. Σε αντίθεση στο εσωτερικό του οργανισμού, τα αυτοδύναμα πακέτα, που προορίζονται για το δίκτυο 128.6.4, τα διαχειριζόμαστε με διαφορετικό τρόπο από αυτό των αυτοδύναμων πακέτων, που έχουν ως τελικό προορισμό το δίκτυο 128.6.5. Οι δρομολογητές, δηλαδή του οργανισμού έχουν ξεχωριστές εγγραφές για καθένα από τα δίκτυα 128.6.4 και 128.6.5 (Σχήμα 7-20). Αντίθετα, οι δρομολογητές, που βρίσκονται έξω από τον οργανισμό, έχουν κοινή εγγραφή για όλες τις διευθύνσεις 128.6.X.X.

Ο διαχωρισμός του δικτύου του οργανισμού του προηγούμενου παραδείγματος μπορεί να γίνει επίσης, εάν αντί της διεύθυνσης κλάσης B, χρησιμοποιηθούν ξεχωριστές διευθύνσεις κλάσης C για κάθε υποδίκτυο. Η χρήση διευθύνσεων κλάσης C μπορεί να είναι επίσης αξιόπιστη για τον οργανισμό, αλλά δυσκολεύει τα

πράγματα για τον υπόλοιπο κόσμο, αφού οι δρομολογητές θα πρέπει να έχουν μία εγγραφή για κάθε υποδίκτυο του οργανισμού και όχι μία για όλα τα υποδίκτυα, όπως στην περίπτωση των διευθύνσεων κλάσης Β. Εάν κάθε ινστιτούτο ή οργανισμός χρησιμοποιούσε διευθύνσεις κλάσης C, τότε θα υπήρχε ένας πολύ μεγάλος αριθμός δικτύων, για τα οποία οι δρομολογητές θα έπρεπε να διατηρούν εγγραφές. Αντίθετα, με τη χρήση διευθύνσεων κλάσης Β και την υποδιαίρεση τους σε υποδίκτυα εσωτερικά στον οργανισμό, κρύβουμε την εσωτερική δομή του δικτύου του οργανισμού και κάνουμε τα πράγματα πιο εύκολα για τον υπόλοιπο κόσμο.

Ο διαχωρισμός των διευθύνσεων στα τμήματα Δικτύου και Υπολογιστή γίνεται πολύ εύκολα με εξαιρετικά ευέλικτο τρόπο, που επιτρέπει στο σχεδιαστή του δικτύου, να καθορίζει ποια bits της διεύθυνσης προσδιορίζουν το δίκτυο ή το υποδίκτυο, στο οποίο ανήκει ο υπολογιστής προορισμού. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται με τη χρήση μάσκας 32 bits, όπου τα bits που έχουν τεθεί 1 προσδιορίζουν τα bits, που απαρτίζουν τη διεύθυνση δικτύου ή υποδικτύου. Η πράξη AND μεταξύ της μάσκας και της IP διεύθυνσης θα μας δώσει τη διεύθυνση δικτύου ή υποδικτύου.

Παράδειγμα

Στο Σχήμα 7-21 βλέπουμε μάσκα, στην οποία τα πρώτα 18 bits έχουν τεθεί σε 1. Στην περίπτωση αυτή αντιλαμβάνεται κάποιος, ότι για τη διεύθυνση υποδικτύου χρησιμοποιούνται τα πρώτα 18 bits.

11111111	11111111	11000000	00000000	Μάσκα Υποδικτύου AND
11010000	01010101	01011010	10101100	IP Διεύθυνση
<hr/>				
11010000	01010101	01000000	00000000	Διεύθυνση Υποδικτύου

Σχήμα 7-21 Εξαγωγή διεύθυνσης υποδικτύου με χρήση Μάσκας υποδικτύου

Όπως και στην περίπτωση των φυσικών διευθύνσεων, εάν όλα τα bits της IP διεύθυνσης τεθούν σε 1, τότε η διεύθυνση αποτελεί την ομαδική διεύθυνση του τρέχοντος δικτύου, δηλαδή, το μήνυμα απευθύνεται σε όλα τα δίκτυα χαμηλότερης ιεραρχίας στο τρέχον δίκτυο. Εάν θέλουμε να στείλουμε μήνυμα σε όλους τους υπολογιστές ενός μόνο υποδικτύου, αρκεί να θέσουμε σε 1 όλα τα bits του τμήματος Υπολογιστή και να θέσουμε τη διεύθυνση του υποδικτύου στο τμήμα Δικτύου

της διεύθυνσης. Έτσι, η διεύθυνση 255.255.255.255 (το 255 είναι η δεκαδική μορφή του οκταψήφιου δυαδικού αριθμού, του οποίου όλα τα ψηφία είναι 1) δηλώνει, ότι το μήνυμα προορίζεται για όλους τους υπολογιστές του δικτύου (ανεξάρτητα από το υποδίκτυο στο οποίο βρίσκονται). Αντίθετα, η διεύθυνση 147.10.255.255 δηλώνει, ότι το μήνυμα απευθύνεται σε όλους τους υπολογιστές του υποδικτύου 147.10.

Η εντυπωσιακή ανάπτυξη του Διαδικτύου, που σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια, είχε ως αποτέλεσμα να εμφανιστούν τα πρώτα προβλήματα λόγω του πεπερασμένου χώρου διευθύνσεων. Η εκθετική αύξηση των διασυνδεδεμένων δικτύων στο Διαδίκτυο συνετέλεσε, αφενός, στη μείωση του ελεύθερου διαθέσιμου χώρου διευθύνσεων και, αφετέρου, στην αύξηση του μεγέθους των πινάκων δρομολόγησης. Αυτοί οι δύο παράγοντες σε συνδυασμό με το γεγονός, ότι οι περισσότεροι από τους οργανισμούς, στους οποίους είχαν ανατεθεί διευθύνσεις κλάσεων A, B και C δεν έκαναν ουσιαστική χρήση όλου του εκχωρημένου χώρου διευθύνσεων, δημιούργησαν την ανάγκη εμφάνισης αποδοτικότερων σχημάτων διαχείρισης των διευθύνσεων. Αξίζει εδώ να αναφέρουμε, ότι, αν κάποιος χρειαζόταν περισσότερες από 256 διευθύνσεις, έπρεπε να πάρει διεύθυνση κλάσης B, που υποστηρίζει 65.536 διευθύνσεις. Προκειμένου να αντιμετωπισθούν αυτά τα προβλήματα, προτάθηκε η **Ανεξαρτήτου Κλάσεων Δρομολόγηση Υπερ-περιοχών (Classless InterDomain Routing -CIDR)**. Το σύστημα CIDR καταργεί τις κλάσεις διευθύνσεων, με αποτέλεσμα τα τμήματα Δικτύου και Υπολογιστή κάθε διεύθυνσης να καθορίζονται κατά περίπτωση με βάση τις ανάγκες κάθε οργανισμού. Το μέγεθος των τμημάτων Δικτύου και Υπολογιστή προσδιορίζονται από έναν αριθμό, που συνοδεύει τις διευθύνσεις και δηλώνει το μέγεθος της μάσκας δικτύου (τμήμα Δικτύου) κάθε διεύθυνσης. Ο αριθμός αυτός ονομάζεται πρόθεμα. Για παράδειγμα, στη διεύθυνση 207.13.01.48/25 το /25 είναι το πρόθεμα δικτύου και σημαίνει, ότι τα πρώτα 25 bits της διεύθυνσης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του δικτύου και τα υπόλοιπα 7 για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου υπολογιστή.

Το σύστημα CIDR επιτρέπει την ανάθεση μεγάλων συνεχόμενων περιοχών αριθμών σε αυτούς που παρέχουν υπηρεσίες Διαδικτύου (Internet Service Providers – ISPs), οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την ανάθεση μικρότερων υποσυνόλων αριθμών στους πελάτες τους, ανάλογα με τις ανάγκες του καθενός. Με αυτό το τρόπο, επιτυγχάνεται η ομαδοποίηση των διευθύνσεων, που εξυπηρετούνται από τον ίδιο ISP. Η ομαδοποίηση αυτή επιτρέπει τη δρομολόγηση της κίνησης προς το σωστό προορισμό, διατηρώντας μόνο μία εγγραφή για όλους τους προορισμούς / διευθύνσεις, που εξυπηρετούνται από τον ίδιο ISP.

7.7 Πρωτόκολλο ARP

Μέχρι τώρα έχουμε αναφέρει, ότι, για να μεταδοθούν τα IP αυτοδύναμα πακέτα στο φυσικό μέσο, πρέπει αυτά να μετατραπούν σε πακέτα φυσικού δι-

κτύου (π.χ. Ethernet). Όμως, δεν έχει ειπωθεί τίποτε για το πως η IP διεύθυνση αντιστοιχίζεται στην Ethernet διεύθυνση, στην οποία πρέπει να στείλουμε τα δεδομένα. Για να είναι δυνατή η αποστολή δεδομένων μεταξύ συστημάτων, τα οποία δεν γνωρίζουν το ένα την φυσική διεύθυνση του άλλου, θα πρέπει να παρεμβάλλεται ένα σύστημα μετατροπής των IP διευθύνσεων στις αντίστοιχες φυσικές διευθύνσεις. Στην πράξη το έργο αυτό αναλαμβάνεται από ξεχωριστό πρωτόκολλο, το οποίο ονομάζεται **Πρωτόκολλο Μετατροπής Διεύθυνσης (Address Resolution Protocol – ARP)**.

Ένας τρόπος για να πραγματοποιηθεί η μετατροπή των IP διευθύνσεων στις αντίστοιχες φυσικές διευθύνσεις, θα μπορούσε να ήταν η διατήρηση πινάκων σε κάθε υπολογιστή. Οι πίνακες αυτοί θα αντιστοιχούσαν κάθε IP διεύθυνση στην κατάλληλη φυσική. Το πρόβλημα, που προκύπτει στην περίπτωση αυτή, είναι τόσο το μέγεθος των αρχείων, όσο και η ανάγκη για τη συνεχή ενημέρωσή τους, η οποία θα αποτελούσε πραγματικό εφιάλτη για το διαχειριστή του συστήματος.

Το πρωτόκολλο ARP με τη δυναμική μετατροπή των διευθύνσεων, που εισάγει, συντελεί στην επίλυση αυτών των προβλημάτων. Σκοπός του είναι να μετατρέπει τις IP διευθύνσεις στις αντίστοιχες φυσικές, έτσι ώστε οι εφαρμογές να απαλλαγούν από αυτό το έργο. Κεντρικό στοιχείο του πρωτοκόλλου ARP είναι ένας πίνακας, σε μια στήλη του οποίου είναι καταχωρημένες οι IP διευθύνσεις, ενώ σε μια άλλη στήλη υπάρχουν οι αντίστοιχες φυσικές διευθύνσεις. Κάθε εγγραφή του πίνακα αντιστοιχεί σε μία συσκευή. Ο Πίνακας 7-2 αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ARP πίνακα.

IP διεύθυνση	Ethernet διεύθυνση
223.1.2.1	08-00-39-00-2F-C3
223.1.2.3	08-00-5A-21-A7-22
223.1.2.4	08-00-10-99-AC-54

Πίνακας 7-2 ARP Πίνακας

Όταν το πρωτόκολλο ARP λαμβάνει την IP διεύθυνση μιας συσκευής, διερευνά τον ARP πίνακα, για να δει, εάν υπάρχει η αντίστοιχη εγγραφή. Εάν βρει εγγραφή, που αντιστοιχεί σε αυτήν τη διεύθυνση, τότε επιστρέφει την αντίστοιχη φυσική διεύθυνση. Διαφορετικά, εάν δεν βρει ανάλογη εγγραφή, στέλνει ένα μήνυμα στο δίκτυο, το οποίο ονομάζεται ARP αίτηση. Η ARP αίτηση περιέχει την IP διεύθυνση του υπολογιστή προορισμού και απευθύνεται σε όλες τις συσκευές του τοπικού δικτύου. Εάν μία συσκευή αναγνωρίσει στην IP διεύθυνση προορισμού της αίτησης την δική της IP διεύθυνση στέλνει απάντηση στη συσκευή, που δημιούργησε την ARP αίτηση. Η απάντηση περιέχει τη φυσική της διεύθυνση. Η συσκευή, που δημιούργησε την ARP αίτηση, δημιουργεί μια νέα εγγραφή στον ARP πίνακα και καταχωρεί σε αυτήν τη φυσική διεύθυνση, που μόλις έλαβε. Με

αυτόν το τρόπο, το πρωτόκολλο προσδιορίζει τη φυσική διεύθυνση οποιασδήποτε συσκευής με βάση την IP διεύθυνσή της και ταυτόχρονα ενημερώνεται ο πίνακας ARP.

Κάθε φορά που η ARP μονάδα λαμβάνει μία ARP αίτηση, χρησιμοποιεί την πληροφορία, που μεταφέρει η αίτηση, για να ενημερώσει τον ARP πίνακα της. Με αυτόν το τρόπο επιτυγχάνεται η δυναμική προσαρμογή του συστήματος στις αλλαγές των φυσικών διευθύνσεων ή στις προσθήκες νέων συσκευών στο δίκτυο. Χωρίς τη χρήση του ARP πίνακα θα απαιτούνταν η συνεχής αποστολή ARP αιτήσεων, αφού δεν θα υπήρχε μηχανισμός αποθήκευσης των φυσικών διευθύνσεων για μελλοντική χρήση. Κάτι τέτοιο θα είχε επιπτώσεις και στην επίδοση του δικτύου, αφού θα αύξανε σημαντικά την εισερχόμενη κίνηση στο δίκτυο. Παρόλα αυτά μερικά απλά σχήματα δικτύων εγκαταλείπουν τη χρήση του πίνακα και χρησιμοποιούν για κάθε φυσική διεύθυνση, που πρέπει να προσδιοριστεί, την αποστολή νέας ερώτησης. Αυτό είναι εφικτό μόνο σε μικρά δίκτυα, όπου ο αριθμός των υπολογιστών είναι μικρός, ώστε να αποφεύγονται προβλήματα υπερφόρτισης του δικτύου.

Ένα προφανές ελάττωμα του πρωτοκόλλου ARP είναι ότι, εάν μία συσκευή δεν γνωρίζει την IP διεύθυνσή της, δεν υπάρχει τρόπος να δημιουργήσει αίτηση, για να την προσδιορίσει. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί όταν μία νέα συσκευή εισάγεται στο δίκτυο. Στην περίπτωση αυτή, η μόνη διεύθυνση, την οποία γνωρίζει η συσκευή είναι η φυσική της διεύθυνση. Απλή λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνει το **Πρωτόκολλο Αντίστροφης Μετατροπής Διεύθυνσης (Reserve Address Resolution Protocol – RARP)**, το οποίο κάνει την αντίστροφη δουλειά από το πρωτόκολλο ARP. Ενσωματώνει, δηλαδή, σε μία ερώτηση μία φυσική διεύθυνση και περιμένει σαν απάντηση την αντίστοιχη IP διεύθυνση. Αν και οι ερωτήσεις του πρωτοκόλλου RARP απευθύνονται σε όλες τις συσκευές του δικτύου, εντούτοις σύμφωνα με τους κανόνες του πρωτοκόλλου μπορούν να απαντήσουν μόνο ειδικές συσκευές, που ονομάζονται RARP εξυπηρετητές.

Παράδειγμα

Για να κατανοήσουμε, πως δουλεύει το ARP πρωτόκολλο, ας δούμε το ακόλουθο παράδειγμα. Ας υποθέσουμε, ότι βρισκόμαστε στο σύστημα 128.6.4.194 και θέλουμε να συνδεθούμε με το σύστημα 128.6.4.7. Το σύστημα, πρώτα, θα ελέγξει, εάν το 128.6.4.7 βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με το 128.6.4.194, οπότε μπορεί να μιλήσει κατευθείαν μέσω του φυσικού δικτύου (π.χ. Ethernet). Στην συνέχεια, θα ψάξει στον ARP πίνακα διευθύνσεων να δει, εάν υπάρχει καταχωρημένη η διεύθυνση 128.6.4.7, ώστε να πάρει κατευθείαν την αντίστοιχη Ethernet διεύθυνση. Εάν ναι, τότε θα τοποθετήσει την Ethernet διεύθυνση στην Ethernet επικεφαλίδα και θα στείλει το πακέτο. Αν δεν υπάρχει καταχώρηση για το σύστημα 128.6.4.7 στον ARP πίνακα τότε, πρέπει πρώτα να προσδιορισθεί η Ethernet διεύθυνση του συστήματος 128.6.4.7 και στη συνέχεια να σταλεί το πακέτο. Για το λόγο αυ-

τό, χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ARP, το οποίο στέλνει μία ARP ερώτηση. Ουσιαστικά η ARP ερώτηση λέει: «Χρειάζομαι την Ethernet διεύθυνση του 128.6.4.7». Όλες οι συσκευές, που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, βλέπουν την ARP ερώτηση. Όταν μία συσκευή αναγνωρίσει την IP διεύθυνσή της, πρέπει να απαντήσει. Έτσι, η συσκευή 128.6.4.7 βλέπει την ερώτηση, αναγνωρίζει την IP διεύθυνσή της και απαντά με μία ARP απάντηση λέγοντας: «Η φυσική διεύθυνση του 128.6.4.7 είναι 8:0:20:1:56:34». (Θυμίζουμε, ότι οι Ethernet διευθύνσεις είναι 48 bits, δηλαδή 6 οκτάδες).

Το σύστημα, που γεννά ARP ερώτηση, καταχωρεί την πληροφορία, που λαμβάνει ως απάντηση στον ARP πίνακα, έτσι ώστε τα επόμενα πακέτα, που κατευθύνονται στον ίδιο προορισμό να δρομολογηθούν κατευθείαν. Τα περισσότερα συστήματα χειρίζονται τους ARP πίνακες με τέτοιο τρόπο, ώστε να διαγράφουν εγγραφές, που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για ορισμένο χρονικό διάστημα.

Ο ARP πίνακας είναι αναγκαίος, γιατί οι IP και οι φυσικές (π.χ. Ethernet) διευθύνσεις είναι εντελώς ασυσχέτιστες μεταξύ τους και δεν υπάρχει αλγόριθμος, με τον οποίο θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε τη μία από την άλλη. Ας ξαναθυμηθούμε, ότι η IP διεύθυνση επιλέγεται από το διαχειριστή του δικτύου με βάση την περιοχή αριθμών / διευθύνσεων, που του έχει παραχωρήσει το NIC, ενώ η φυσική (π.χ. Ethernet) διεύθυνση επιλέγεται από τον κατασκευαστή των καρτών δικτύου με βάση την περιοχή διευθύνσεων, που του έχει ανατεθεί από την IEEE.

Ένα δεύτερο παράδειγμα μετατροπής διευθύνσεων θα βοηθήσει να κατανοήσουμε ακόμη καλύτερα το τρόπο λειτουργίας του ARP.

Παράδειγμα

Σε φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας μία εφαρμογή δικτύου, όπως η απομακρυσμένη σύνδεση (TELNET), στέλνει ένα μήνυμα εφαρμογής στο πρωτόκολλο TCP, το οποίο με τη σειρά του στέλνει το αντίστοιχο TCP μήνυμα στο πρωτόκολλο IP. Η IP διεύθυνση προορισμού είναι γνωστή τόσο στην εφαρμογή όσο και στα πρωτόκολλα TCP και IP. Καθώς το TCP μήνυμα έχει σταλεί στο IP επίπεδο, το πρωτόκολλο IP δημιουργεί ένα IP αυτοδύναμο πακέτο, που είναι έτοιμο να δοθεί στον οδηγό Ethernet, για να σταλεί στο δίκτυο. Για να γίνει όμως αυτό, πρέπει πρώτα να βρεθεί η Ethernet διεύθυνση προορισμού. Η εύρεση της Ethernet διεύθυνσης γίνεται μέσω του ARP πίνακα. Εάν ο πίνακας δεν έχει την πληροφορία διαθέσιμη, τότε το πρωτόκολλο ARP στέλνει αίτηση και το προς μετάδοση IP αυτοδύναμο πακέτο τοποθετείται σε ουρά αναμονής. Ουσιαστικά η ARP αίτηση (Σχήμα 7-22) μεταφέρει το εξής μήνυμα: «Εάν η IP διεύθυνσή σου αντιστοιχεί στην 223.1.2.2. IP διεύθυνση προορισμού, τότε πες μου την Ethernet διεύθυνσή σου».

Όλοι οι υπολογιστές του δικτύου λαμβάνουν την ARP ερώτηση και κάθε ARP μο-

νάδα εξετάζει την IP διεύθυνση προορισμού. Εάν η διεύθυνση προορισμού ταιριάζει με την δική της IP διεύθυνση, στέλνει απάντηση κατευθείαν στην Ethernet διεύθυνση αποστολέα. Η ARP απάντηση μεταφέρει το εξής μήνυμα: «Ναι αυτή είναι η δική μου IP διεύθυνση, επέτρεψέ μου να σου δώσω την Ethernet διεύθυνσή μου». Η ARP απάντηση (Σχήμα 7-22) έχει τα πεδία αποστολέα και προορισμού αντεστραμμένα σε σχέση με την ARP αίτηση.

Η απάντηση λαμβάνεται από τον υπολογιστή, που έστειλε την αίτηση. Η ARP μονάδα του εξετάζει την απάντηση και προσθέτει τις IP και Ethernet διευθύνσεις του αποστολέα στον ARP πίνακα. Με αυτό το τρόπο μία νέα εγγραφή καταχωρείται δυναμικά στον ARP πίνακα. Όπως είπαμε πριν, το IP αυτοδύναμο πακέτο, που πρέπει να μεταδοθεί, περιμένει σε ουρά αναμονής. Το πακέτο αυτό απομακρύνεται από την ουρά αναμονής και αφού γίνει η μετατροπή της IP διεύθυνσής του στην Ethernet διεύθυνση με βάση τον ενημερωμένο πλέον ARP πίνακα, σχηματίζεται το Ethernet πακέτο και διαβιβάζεται στο δίκτυο.

IP διεύθυνση αποστολέα	223.1.2.1
Ethernet διεύθυνση αποστολέα	08-00-39-00-2F-C3
IP διεύθυνση προορισμού	223.1.2.2
Ethernet διεύθυνση προορισμού	<Κενό>

ARP Αίτηση

IP διεύθυνση αποστολέα	223.1.2.2
Ethernet διεύθυνση αποστολέα	08-00-28-00-38-A9
IP διεύθυνση προορισμού	223.1.2.1
Ethernet διεύθυνση προορισμού	08-00-39-00-2F-C3

ARP Απάντηση

Σχήμα 7-22 ARP Αίτηση και Απάντηση

Συνοψίζοντας, λοιπόν, το σενάριο των διεργασιών, που λαμβάνουν χώρα στον υπολογιστή του αποστολέα, έχουμε την παρακάτω ακολουθία ενεργειών:

- Δημιουργείται η ARP ερώτηση.
- Το IP αυτοδύναμο πακέτο μπαίνει σε ουρά αναμονής.
- Λαμβάνεται η ARP απάντηση και μία νέα εγγραφή καταχωρείται στον ARP πίνακα.
- Μετατρέπεται η IP διεύθυνση στην αντίστοιχη Ethernet με βάση τον ενημερωμένο ARP πίνακα.
- Το IP αυτοδύναμο πακέτο βγαίνει από την ουρά αναμονής, σχηματίζεται ένα Ethernet πακέτο και μεταδίδεται στο δίκτυο.

Στην περίπτωση που κανένας υπολογιστής στο δίκτυο δεν απαντήσει σε μία ARP αίτηση, τότε, ακολούθως, δεν θα υπάρξει εγγραφή στον ARP πίνακα και το πρωτόκολλο IP θα απορρίψει το IP αυτοδύναμο πακέτο, που περιμένει σε αναμονή.

7.8 Σύστημα Ονομάτων Περιοχών (Domain Name System, DNS)

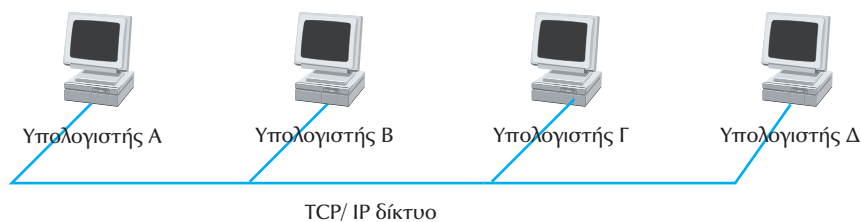
Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, τα δίκτυα τεχνολογίας TCP/IP χρησιμοποιούν διεύθυνση 32 bits, προκειμένου να δρομολογήσουν ένα αυτοδύναμο πακέτο στο προορισμό του. Κατά σύμβαση έχει επικρατήσει οι IP διευθύνσεις να παριστάνονται με τη μορφή τεσσάρων δεκαδικών αριθμών, που χωρίζονται μεταξύ τους με τελεία (π.χ. 128.174.5.50). Επειδή όμως οι χρήστες βρίσκουν αρκετά δύσκολο να θυμούνται διευθύνσεις αυτής της μορφής, χρησιμοποιούν αντί αυτών των διευθύνσεων συμβολικά ονόματα, με τα οποία αναφέρονται στους υπολογιστές και στα δίκτυα.

Ας εξετάσουμε, όμως, πιο προσεκτικά, τι είναι το όνομα, τι ακριβώς προσδιορίζει και ποια η διαφορά του από τη διεύθυνση. Όπως είναι γνωστό η διεύθυνση προσδιορίζει συγκεκριμένη σύνδεση σε ένα δίκτυο, με αποτέλεσμα, εάν ένας υπολογιστής μετακινηθεί και τοποθετηθεί σε κάποια άλλη θέση του δικτύου, να αλλάζει και η διεύθυνση του. Σε αντίθεση με τη διεύθυνσή του, το όνομα ενός υπολογιστή χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τον ίδιο τον υπολογιστή προσφέροντάς του ένα αναγνωριστικό στοιχείο, που θα τον διακρίνει από τους άλλους υπολογιστές του δικτύου. Επομένως, εύκολα αντιλαμβανόμαστε, ότι το όνομα ενός υπολογιστή, που μετακινείται σε μια νέα θέση του δικτύου, μπορεί να παραμείνει το ίδιο. Το όνομα, δηλαδή αναφέρεται στον συγκεκριμένο υπολογιστή, ενώ η διεύθυνση σε σημείο επαφής με το δίκτυο. Από τη στιγμή που ένας υπολογιστής μπορεί να έχει μία ή περισσότερες διευθύνσεις, επειδή έχει μία ή περισσότερες συνδέσεις σε διαφορετικά δίκτυα, κατά τον ίδιο τρόπο μπορεί να έχει ένα ή περισσότερα ονόματα. Στην περίπτωση που ένας υπολογιστής δεν αλλάξει απλά θέση σε ένα δίκτυο, αλλά μετακινηθεί σε διαφορετικό δίκτυο τότε, όπως είναι προφανές, το όνομα του και πάλι μπορεί να παραμείνει το ίδιο, ενώ η διεύθυνση του πρέπει να αλλάξει.

Αρχικά είπαμε, ότι οι χρήστες αναφέρονται με ονόματα όχι μόνο σε συγκεκριμένες συσκευές (υπολογιστές), αλλά και σε ολόκληρα δίκτυα. Ενώ τα ονόματα των ατομικών υπολογιστών είναι, συνήθως, περιγραφικά, ώστε ο συγκεκριμένος υπολογιστής να είναι εύκολα αναγνωρίσιμος μέσα στο δίκτυο, τα ονόματα των δικτύων αντικατοπτρίζουν, συνήθως, το όνομα του οργανισμού, στον οποίο ανήκουν. Σε μεγάλα δίκτυα, τα ονόματα των ατομικών υπολογιστών είναι, συνήθως, συμβολικά και προκύπτουν από κωδικοποίηση, που αντικατοπτρίζει το τύπο της συσκευής, το χώρο, στον οποίο βρίσκεται, ή ακόμη και την ιδιαίτερη εργασία την οποία εκτελεί ή και τον χρήστη της. Τα ονόματα αυτά είναι εύκολα κατανοητά από τους ανθρώπους, που χρησιμοποιούν καθημερινά το δίκτυο, αλλά δύσκολα θα σήμαιναν κάτι για κάποιον άλλο.

Όταν θέλουμε να επικοινωνήσουμε με μία απομακρυσμένη συσκευή, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την IP διεύθυνσή της, προκειμένου να την προσδιορίσουμε στο Διαδίκτυο και να κάνουμε δυνατή την εγκατάσταση επικοινωνίας μαζί της. Αντί, λοιπόν, να απαιτούμε από τους χρήστες να απομνημονεύουν τις διευθύνσεις των συσκευών, είναι σύνηθες να χρησιμοποιούνται τα συμβολικά ονόματα, που τους έχουν ανατεθεί.

Η μετατροπή από το συμβολικό όνομα στην πραγματική IP διεύθυνση της συσκευής προορισμού πραγματοποιείται, από τον υπολογιστή του αποστολέα. Κάθε υπολογιστής διατηρεί ένα αρχείο, όπου σε κάθε συμβολικό όνομα μιας συσκευής αντιστοιχεί μία IP διεύθυνση. Έτσι, κάθε φορά που ένα μήνυμα πρέπει να σταλεί σε κάποιον υπολογιστή, το λογισμικό του IP πρωτοκόλλου του αποστολέα ανατρέχει στο αρχείο διευθύνσεων και αναζητά τη διεύθυνση προορισμού, χρησιμοποιώντας ως κλειδί αναζήτησης το όνομα του υπολογιστή προορισμού.



Σχήμα 7-23 TCP/IP δίκτυο αποτελούμενο από τέσσερις υπολογιστές

Στην συνέχεια, δίνουμε παράδειγμα, για να κατανοήσουμε καλύτερα, πως ένα όνομα υπολογιστή αντιστοιχεί σε μία διεύθυνση δικτύου. Ας θεωρήσουμε το TCP/IP δίκτυο του Σχήματος 7-23, το οποίο αποτελείται από τέσσερις υπολογιστές.

Μερικές γραμμές από το αρχείο IP διευθύνσεων και συμβολικών ονομάτων, για το παραπάνω δίκτυο, δίνονται στον Πίνακα 7-3.

IP διεύθυνση	Όνομα
223.1.2.1	Α
223.1.2.2	Β
223.1.2.3	Γ
223.1.3.2	Δ

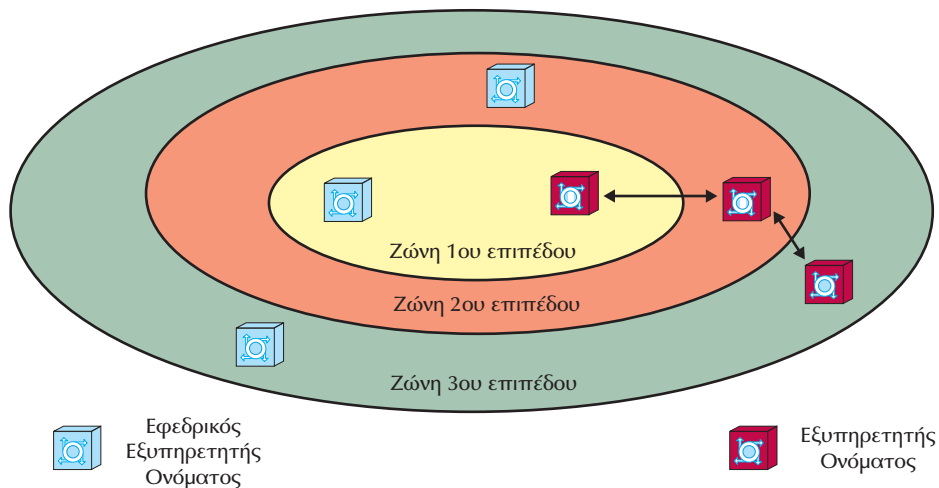
Πίνακας 7-3 Τμήμα αρχείου διευθύνσεων και συμβολικών ονομάτων

Στον παραπάνω πίνακα στην πρώτη στήλη δίνεται η IP διεύθυνση και στη δεύτερη το όνομα, που χρησιμοποιείται για τον υπολογιστή.

Όπως είναι λογικό αυτή η προσέγγιση (αρχεία διευθύνσεων – συμβολικών ονομάτων σε κάθε υπολογιστή) δουλεύει καλά σε μικρά δίκτυα, όπου ο αριθμός των συσκευών προορισμού είναι μικρός. Όταν, όμως, έχουμε συναλλαγές με ολόκληρο το Διαδίκτυο, είναι αδιανόητο να περιμένουμε, ότι όλα τα συμβολικά ονόματα και οι αντίστοιχες διευθύνσεις θα χωρέσουν σε ένα ASCII αρχείο. Το μέγεθος του αρχείου δεν είναι, όμως, το μόνο πρόβλημα. Το γεγονός, ότι τα μεγάλα δίκτυα τροποποιούνται συνεχώς, οδηγεί στην ανάγκη να εκτελούνται καθημερινά εκατοντάδες τροποποιήσεις και νέες εγγραφές στα αρχεία ονομάτων και διευθύνσεων. Ο χρόνος, που θα απαιτούνταν, για να ενημερωθούν τα αρχεία κάθε υπολογιστή (ή έστω τα αρχεία επιλεγμένων δρομολογητών των αυτόνομων συστημάτων) θα ήταν υπερβολικά μεγάλος και, επομένως, απαγορευτικός.

Η λύση του προβλήματος δόθηκε με την ανάπτυξη του **Συστήματος Ονομάτων Περιοχής (Domain Name System - DNS)**. Το DNS είναι μηχανισμός απεικόνισης των διευθύνσεων σε ονόματα και το αντίστροφο. Το DNS περιέχει ένα χώρο ονομάτων **ιεραρχικά οργανωμένο** και η λειτουργία του στηρίζεται σε μία κατανεμημένη βάση δεδομένων. Η ιεραρχική δομή του χώρου ονομάτων είναι αυτή, που εξασφαλίζει και την επεκτασιμότητά του, αφού δεν υπάρχει περιορισμός στο βάθος της ιεραρχίας. Η ύπαρξη της κατανεμημένης βάσης δεδομένων επιβάλλεται από τον όγκο των δεδομένων, που πρέπει να τηρούνται και τη συχνότητα των υποβληθέντων ερωτήσεων. Εάν στη θέση της κατανεμημένης βάσης δεδομένων υπήρχε μία κεντρική βάση, θα υπήρχαν σημαντικά προβλήματα επικοινωνίας από το μεγάλο αριθμό ερωτήσεων, που θα δέχονταν καθημερινά από εκατομμύρια υπολογιστών, που είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο.

Για τη λειτουργία του, το σύστημα DNS χρησιμοποιεί τους **εξυπηρετητές ονό-**

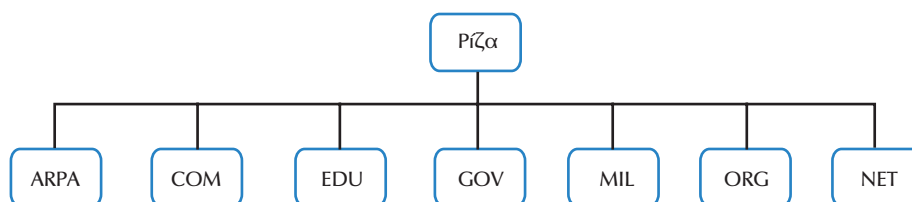


Σχήμα 7-24 Οργάνωση δικτύου σε ζώνες

ματος (name servers), οι οποίοι βρίσκονται σε διάφορα σημεία στο δίκτυο, παρέχουν πληροφορία απεικόνισης των ονομάτων σε διευθύνσεις και συνεργάζονται μεταξύ τους. Κάθε εξυπηρετητής ονόματος εξυπηρετεί συγκεκριμένο τμήμα περιοχής (δικτύου) ή όλη την περιοχή, εάν το δίκτυο είναι μικρό. Το τμήμα αυτό ονομάζεται **ζώνη** (Σχήμα 7-24). Με αυτό το τρόπο, η βάση δεδομένων διαιρείται σε μη επικαλυπτόμενα τμήματα (ζώνες). Οι εξυπηρετητές ονόματος κάθε ζώνης (βασικοί και εφεδρικοί) δεν βρίσκονται όλοι στην ίδια τοποθεσία. Αυτό συμβαίνει, για να αποκλειστεί το ενδεχόμενο μία κεντρική διακοπή στην παροχή ρεύματος ή μία φυσική καταστροφή να θέσει εκτός λειτουργίας όλους τους εξυπηρετητές της ίδιας ζώνης. Με την οργάνωση των εξυπηρετητών κατά ζώνες, που συνδέονται ιεραρχικά μεταξύ τους, η ιεραρχική οργάνωση των ονομάτων ακολουθείται και από τους εξυπηρετητές. Έτσι, το σύστημα DNS λειτουργεί με τη μορφή συνόλου φωλιασμένων ζωνών (Σχήμα 7-24). Κάθε εξυπηρετητής ονόματος επικοινωνεί με τους εξυπηρετητές της αμέσως υψηλότερης και χαμηλότερης (εάν υπάρχει) ιεραρχικά ζώνης.

7.8.1 Χώρος Ονομάτων του DNS

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ο χώρος ονομάτων του συστήματος DNS χρησιμοποιεί ιεραρχική αρχιτεκτονική, που διαιρεί το χώρο σε σύνολο περιοχών, οι οποίες περαιτέρω μπορούν να διαιρεθούν σε άλλες υποπεριοχές. Η δομή αυτή οδηγεί σε δέντρο, όπως δείχνει και το Σχήμα 7-25, στο οποίο έχουν επιλεγεί αυθαίρετα κάποιες πρώτες κατηγορίες περιοχών.



Σχήμα 7-25 Βασικές περιοχές χώρου ονομάτων DNS

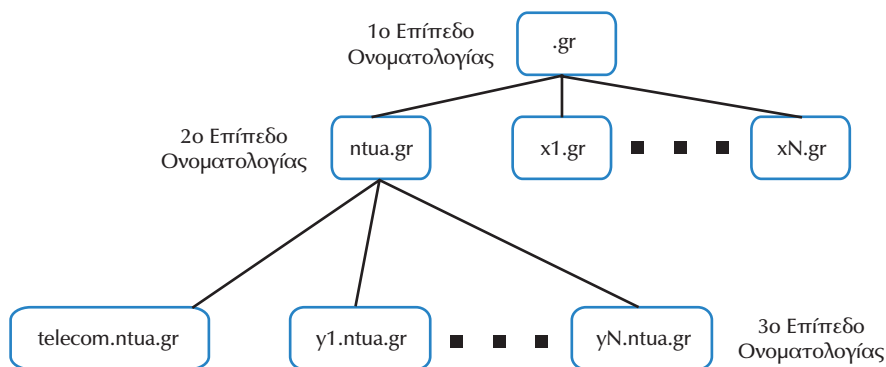
Το **πρώτο επίπεδο περιοχών** ονομάζονται **βασικές περιοχές** και βρίσκονται στα δεξιά του ονόματος. Στις ΗΠΑ, υπάρχουν επτά τέτοιες περιοχές, στις οποίες κατατάσσονται τα δίκτυα ανάλογα με τις δραστηριότητές τους, και είναι οι ακόλουθες:

- .arpa: Ειδικοί οργανισμοί Διαδικτύου
- .com: Εταιρίες
- .edu: Εκπαιδευτικά ιδρύματα
- .gov: Κυβερνητικοί οργανισμοί
- .mil: Στρατιωτικοί οργανισμοί
- .net: Κέντρα διοίκησης δικτύου
- .org: Ο,τιδήποτε δεν μπορεί να καταταγεί σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες

Εκτός από τις παραπάνω βασικές περιοχές, που αναφέρονται στις ΗΠΑ, υπάρχει επίσης μία βασική περιοχή για κάθε χώρα. Οι περιοχές αυτές, συνήθως, προσδιορίζονται από μικρό τμήμα του ονόματος της χώρας στην οποία απευθύνονται. Για παράδειγμα ο κωδικός της Ελλάδας είναι .gr και του Καναδά .ca.

Κάτω από κάθε βασική περιοχή υπάρχει δεύτερο επίπεδο περιοχών, που προσδιορίζει συνήθως τον οργανισμό, στον οποίο ανήκει το δίκτυο. Οι **περιοχές δευτέρου επιπέδου** ονομάζονται **domains** και καθεμία είναι μοναδική. Συνήθως, τα **ονόματα (domain names)**, που τους εκχωρούνται, είναι αντιπροσωπευτικά και αντικατοπτρίζουν την εταιρία ή τον οργανισμού, στον οποίο ανήκουν. Τα domain names βρίσκονται αριστερά των ονομάτων των βασικών περιοχών και διαχωρίζονται από αυτά με τελεία. Για παράδειγμα, το σύστημα *ntua.gr* ανήκει στη βασική περιοχή της Ελλάδας και το domain name *ntua* αναφέρεται στην περιοχή, που έχει παραχωρηθεί στο Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο Ε.Μ.Π. (National Technical University of Athens – NTUA).

Ο οργανισμός ή η εταιρία, στην οποία έχει παραχωρηθεί ένα domain name, είναι ο αποκλειστικός υπεύθυνος για τη διαχείρισή του. Έτσι, εάν ο διαχειριστής του συστήματος διαιρέσει το δίκτυο σε μικρότερα υποδίκτυα, η διαίρεση αυτή μπορεί να επεκταθεί και στην περιοχή ονομάτων του οργανισμού. Κάθε νέο υποδίκτυο αντιστοιχεί σε **περιοχή ονομάτων τρίτου επιπέδου**, που ονομάζεται **subdomain**. Στην ονοματολογία του χώρου ονομάτων, βρίσκεται στα αριστερά των domain names και διαχωρίζεται από αυτά με τελεία. Για παράδειγμα, το σύστημα *telecom.ntua.gr* (Σχήμα 7-26) ανήκει στη βασική περιοχή της Ελλάδας .gr, στο domain name του Ε.Μ.Π. *ntua.gr*, του οποίου αποτελεί ένα subdomain. Το σύστημα *telecom.ntua.gr* αντικατοπτρίζει την περιοχή ονομάτων, που έχει παραχωρηθεί σε ένα από τα πολλά εργαστήρια του Ε.Μ.Π., στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών, προκειμένου να απεικονίσει το δικό του δίκτυο.



Σχήμα 7-26 Ιεραρχική οργάνωση χώρου ονομάτων DNS

Ας δούμε όμως ένα παράδειγμα, για να κατανοήσουμε καλύτερα την λειτουργία του χώρου ονομάτων του συστήματος DNS.

Παράδειγμα

Όπως είδαμε παραπάνω τα ονόματα, που χρησιμοποιούνται, για να περιγράψουν υπολογιστές και δίκτυα είναι δεντρικές δομές ονομάτων, όπου η ρίζα του δέντρου βρίσκεται στα δεξιά. Για παράδειγμα το όνομα:

`ektor.telecom.ntua.gr`

προσδιορίζει το μηχάνημα “ektor”, που βρίσκεται στην περιοχή “telecom”, που δηλώνει τις μηχανές του Εργαστηρίου Τηλεπικοινωνιών, το οποίο ανήκει στην περιοχή “ntua” του Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου και έχει καταχωρηθεί στη βασική περιοχή .gr της Ελλάδας.

7.9 Δρομολόγηση

Ο αλγόριθμος δρομολόγησης αποτελεί τμήμα του επιπέδου δικτύου και έχει σκοπό να κατευθύνει ένα πακέτο από την πηγή στον προορισμό του. Έτσι, εάν θέλουμε να δώσουμε τον ορισμό του όρου δρομολόγηση, μπορούμε να πούμε, ότι δρομολόγηση ονομάζεται το έργο εύρεσης του πως θα φτάσει ένα πακέτο στο προορισμό του. Για να προσεγγίσουμε το πρόβλημα, ας φανταστούμε ένα μικρό παιδί, που προσπαθεί να βρει το τραπέζι των γονέων του σε ένα εστιατόριο. Για έναν ενήλικα το πρόβλημα είναι πολύ απλό, αφού για αυτόν είναι ορατή η πλήρης εικόνα της δομής του εστιατορίου και, επομένως, εύκολα μπορεί να επιλέξει την καλύτερη διαδρομή. Όμως, το παιδί βλέπει ένα σύνολο από μονοπάτια μεταξύ των τραπεζιών, από τα οποία δυσκολεύεται να επιλέξει όχι μόνο το καλύτερο αλλά και το σωστό.

Η χρονική στιγμή, στην οποία λαμβάνονται οι αποφάσεις δρομολόγησης, εξαρτάται από το δίκτυο και, ειδικότερα, από το αν αυτό χρησιμοποιεί αυτοδύναμα πακέτα ή νοητά κυκλώματα. Στην περίπτωση που το δίκτυο χρησιμοποιεί νοητά κυκλώματα, τότε η επιλογή της διαδρομής, που θα ακολουθήσουν τα πακέτα, λαμβάνεται κατά την εγκατάσταση του νοητού κυκλώματος και όλα τα δεδομένα της ίδιας σύνδεσης ακολουθούν τον ίδιο δρόμο (νοητό κύκλωμα). Εάν το δίκτυο χρησιμοποιεί αυτοδύναμα πακέτα, τότε τα πακέτα της ίδιας σύνδεσης δεν είναι απαραίτητο να ακολουθούν την ίδια διαδρομή. Η απόφαση για τη διαδρομή, που θα ακολουθήσει κάθε πακέτο, λαμβάνεται για καθένα ξεχωριστά.

Ανεξάρτητα από το αν οι διαδρομές επιλέγονται ανεξάρτητα για κάθε αυτοδύναμο πακέτο ή για κάθε νοητό κύκλωμα, υπάρχουν ορισμένες ιδιότητες, που είναι επιθυμητές για κάθε αλγόριθμο δρομολόγησης. Αυτές είναι οι εξής: ορθότητα, απλότητα, ανθεκτικότητα, δικαιοσύνη και βελτιστοποίηση. Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά, η ορθότητα, η απλότητα και η δικαιοσύνη δεν χρειάζονται

περισσότερη ανάλυση. Η ανθεκτικότητα αναφέρεται στο γεγονός, ότι ο αλγόριθμος πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίζει αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση, που κάποιος κόμβος ή γραμμή τεθεί εκτός λειτουργίας. Η βελτιστοποίηση στοχεύει στην καλύτερη δυνατή χρησιμοποίηση των πόρων του δικτύου όπως για παράδειγμα, στην μεγιστοποίηση της συνολικής κίνησης, που εξυπηρετείται από το δίκτυο.

Το έργο της δρομολόγησης σε ένα δίκτυο είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι χρειάζεται συντονισμός και συνεργασία μεταξύ όλων των κόμβων του δικτύου και όχι μόνο μεταξύ των γειτονικών, όπως απαιτείται από τα πρωτόκολλα των χαμηλότερων επιπέδων της αρχιτεκτονικής OSI ή TCP/IP (όπως στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων). Έτσι, για τη δρομολόγηση σε ένα δίκτυο συνεργάζονται πολλοί αλγόριθμοι, οι οποίοι δουλεύουν λιγότερο ή περισσότερο ανεξάρτητα μεταξύ τους. Οι βασικές λειτουργίες του αλγόριθμου δρομολόγησης είναι πρώτον η επιλογή της διαδρομής για τη μεταφορά των δεδομένων από την πηγή στον προορισμό και δεύτερο η παράδοση των πακέτων στον προορισμό τους, όταν οι διαδρομές έχουν καθορισθεί. Η παράδοση των πακέτων στον προορισμό επιτυγχάνεται με τη χρήση των πινάκων δρομολόγησης. Η επιλογή της διαδρομής, όπως και η ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης, αποτελεί δύσκολο πρόβλημα, το οποίο επηρεάζει την επίδοση του δικτύου. Τα βασικά μέτρα επίδοσης, που επηρεάζονται από τον αλγόριθμο δρομολόγησης, είναι η ρυθμοαπόδοση και η μέση καθυστέρηση.

Ας δούμε όμως, πως ο αλγόριθμος δρομολόγησης επηρεάζει την ρυθμοαπόδοση και τη μέση καθυστέρηση. Τα πακέτα, που μεταφέρονται μέσω του δικτύου, υφίστανται μέση καθυστέρηση, που εξαρτάται από τις διαδρομές, που ακολουθούν. Οι διαδρομές αυτές επιλέγονται από τον αλγόριθμο δρομολόγησης. Επομένως, οι αποφάσεις του αλγόριθμου δρομολόγησης επηρεάζουν άμεσα τη μέση καθυστέρηση, που υφίσταται η κίνηση σε ένα δίκτυο. Επιπρόσθετα, όταν η καθυστέρηση σε ένα δίκτυο αυξάνει, αυτό σημαίνει ότι η εισερχόμενη κίνηση δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί. Φανταστείτε τις γραμμές του δικτύου σαν μία μεγάλη οδική αρτηρία. Όταν η κίνηση είναι αυξημένη, η ροή των αυτοκινήτων γίνεται με μικρή ταχύτητα. Εάν η κίνηση ξεπεράσει κάποια ανώτατα όρια, τότε δημιουργείται κυκλοφοριακή συμφόρηση και τα αυτοκίνητα κινούνται με μεγάλη δυσκολία. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στο δίκτυο.

Στην περίπτωση που η μέση καθυστέρηση της κίνησης αυξάνει επικίνδυνα, ενεργοποιείται ένας μηχανισμός προστασίας, ο οποίος ονομάζεται έλεγχος ροής και εμποδίζει την είσοδο νέου φορτίου στο δίκτυο. Ο έλεγχος ροής επιδιώκει την εξισορρόπηση της ρυθμοαπόδοσης με την καθυστέρηση. Έτσι, όσο αποτελεσματικότερος είναι ο αλγόριθμος δρομολόγησης στο να διατηρεί χαμηλά την καθυστέρηση, τόσο περισσότερη κίνηση μπορεί να δεχθεί το δίκτυο και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερη είναι η ρυθμοαπόδοση, που επιτυγχάνεται.

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης διακρίνονται, πρώτον, σε **κατανεμημένους** και **συγκεντρωτικούς** και δεύτερο, σε **στατικούς** και **προσαρμοζόμενης δρομολόγησης**.

Στους συγκεντρωτικούς αλγόριθμους οι αποφάσεις δρομολόγησης λαμβάνονται από έναν κεντρικό κόμβο. Ο κόμβος αυτός πρέπει να έχει πλήρη γνώση της κατάστασης του δικτύου, με αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους των πινάκων δρομολόγησης. Αυτό συνεπάγεται, ότι ο κόμβος πρέπει να έχει μεγάλες δυνατότητες τοπικής αποθήκευσης και απαιτείται περισσότερος χρόνος από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit, CPU), για να σαρώνει τους μεγάλους πίνακες δρομολόγησης σε μικρό χρόνο. Αντίθετα, στους κατανεμημένους αλγόριθμους, οι αποφάσεις δρομολόγησης λαμβάνονται κατανεμημένα (μεταξύ των κόμβων του δικτύου) και οι κόμβοι ανταλλάσσουν πληροφορίες, όταν απαιτείται.

Οι στατικοί αλγόριθμοι δρομολόγησης χρησιμοποιούν σταθερές διαδρομές για τη μεταφορά δεδομένων, ανεξάρτητα από τις συνθήκες κίνησης, που επικρατούν στο δίκτυο. Αλλαγές στις διαδρομές γίνονται μόνο όταν μία γραμμή ή ένας κόμβος τεθούν εκτός λειτουργίας. Οι αλγόριθμοι αυτοί δεν επιτυγχάνουν υψηλές ρυθμοαποδόσεις και χρησιμοποιούνται κυρίως σε πολύ απλά δίκτυα. Σε αντίθεση, στους αλγόριθμους προσαρμοζόμενης δρομολόγησης οι διαδρομές τροποποιούνται ανάλογα με τις συνθήκες φόρτισης των γραμμών του δικτύου. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην αρχή, ότι, όταν κάποιο τμήμα του δικτύου υποστεί συμφόρηση λόγω αυξημένης εισερχόμενης κίνησης, τότε ο αλγόριθμος δρομολόγησης τροποποιεί τις διαδρομές και οδηγεί την κίνηση εκτός των τμημάτων, που έχουν υποστεί την συμφόρηση. Οι αποφάσεις τους βασίζονται σε μετρήσεις ή εκτιμήσεις της τρέχουσας τοπολογίας του δικτύου.

Σημαντική Παρατήρηση

Τα κριτήρια, με βάση τα οποία οι αλγόριθμοι δρομολόγησης λαμβάνουν τις αποφάσεις τους, είναι τα ακόλουθα:

- Συντομότερη διαδρομή, η οποία καθορίζεται με βάση:
 - είτε τον αριθμό τμημάτων (γραμμών), που την αποτελούν,
 - είτε την μέση καθυστέρηση (ουράς και μετάδοσης), που εισάγει
 - είτε τη χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης
- Αριθμός πακέτων, που περιμένουν προς μετάδοση στην ουρά εξόδου
- Κόστος γραμμής. Το κόστος γραμμής είναι συνάρτηση, στην οποία συμμετέχουν με διαφορετική βαρύτητα οι ακόλουθοι παράγοντες: μέση καθυστέρηση, μέσο μήκος ουράς, χρήση εύρους ζώνης.

7.9.1 Δρομολόγηση σε δίκτυα TCP/IP

Η μέχρι τώρα περιγραφή των πρωτοκόλλων TCP/IP αποδεικνύει, ότι το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά των αυτοδύναμων πακέτων στον προορισμό, που δηλώνεται από τη διεύθυνση προορισμού, αλλά δεν έχει ειπωθεί ακόμη τίποτε για το πως αυτό πραγματοποιείται.

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση του πως πραγματοποιείται η δρομολόγηση στα δίκτυα TCP/IP, πρέπει πρώτα να σημειώσουμε τη διαφορά μεταξύ τελικών υπολογιστών (hosts) και συσκευών δρομολόγησης (δρομολογητών). Οι τελικοί υπολογιστές παίρνουν αποφάσεις δρομολόγησης μόνο για τα δικά τους αυτοδύναμα πακέτα και δεν προωθούν παραπέρα τυχόν αυτοδύναμα πακέτα, που λαμβάνουν και που δεν απευθύνονται σε αυτούς. Αντίθετα, οι δρομολογητές παίρνουν αποφάσεις δρομολόγησης για όλα τα αυτοδύναμα πακέτα, που λαμβάνουν και τα προωθούν στον προορισμό τους. Η διάκριση των συσκευών σε τελικούς υπολογιστές και δρομολογητές είναι περισσότερο λογική και όχι φυσική, αφού σα δρομολογητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ειδικές συσκευές (η συνήθης περίπτωση) είτε απλοί υπολογιστές γενικού σκοπού. Στην δεύτερη περίπτωση, μία συσκευή αναλαμβάνει το διπλό έργο του δρομολογητή και του τελικού υπολογιστή. Αυτό συμβαίνει συνήθως σε μικρά δίκτυα.

Βασικό στοιχείο του πρωτοκόλλου IP, το οποίο συμμετέχει ενεργά στη διαδικασία δρομολόγησης, είναι ο πίνακας δρομολόγησης. Το πρωτόκολλο IP χρησιμοποιεί αυτόν τον πίνακα, για να πάρει όλες τις αποφάσεις, που σχετίζονται με τη δρομολόγηση των IP αυτοδύναμων πακέτων στον προορισμό τους.

Συνήθως, τα μεγάλα επικοινωνιακά κέντρα έχουν δρομολογητές, που διασυνδέουν πολλά δίκτυα μεταξύ τους. Η δρομολόγηση στο IP βασίζεται, κυρίως, στη διεύθυνση του δικτύου προορισμού. Κάθε υπολογιστής έχει πίνακα με διευθύνσεις δικτύων, σε καθεμία από τις οποίες αντιστοιχεί ένας δρομολογητής. Στον δρομολογητή αυτό πρέπει να σταλούν τα δεδομένα, προκειμένου να προωθηθούν στο δίκτυο προορισμού. Σημειώστε, ότι ο δρομολογητής δεν χρειάζεται να είναι απευθείας συνδεδεμένος με το δίκτυο προορισμού, απλά να αποτελεί την καλύτερη επιλογή μεταξύ των δρομολογητών, που μπορούν να οδηγήσουν στο δίκτυο προορισμού.

Ο αλγόριθμος δρομολόγησης, που χρησιμοποιείται από το πρωτόκολλο IP για τη δρομολόγηση των αυτοδύναμων πακέτων, διακρίνει δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση της **άμεσης δρομολόγησης**, ο υπολογιστής αποστολέας βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με τον υπολογιστή προορισμού και, επομένως, τα αυτοδύναμα πακέτα παραδίδονται αμέσως. Στην δεύτερη περίπτωση της **έμμεσης δρομολόγησης**, ο υπολογιστής αποστολέας βρίσκεται σε διαφορετικό δίκτυο από τον υπολογιστή προορισμού.

Όταν ένας υπολογιστής πρέπει να στείλει ένα αυτοδύναμο πακέτο, ελέγχει πρώτα, εάν η διεύθυνση προορισμού ανήκει στο δικό του τοπικό δίκτυο. Εάν ναι, τότε το αυτοδύναμο πακέτο στέλνεται κατευθείαν. Διαφορετικά, το σύστημα αναμένει να βρει εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης για το δίκτυο, στο οποίο ανήκει η διεύθυνση προορισμού. Όταν βρεθεί η αντίστοιχη εγγραφή, το αυτοδύναμο πακέτο στέλνεται στο δρομολογητή, που προσδιορίζεται από αυτήν. Με την ανάπτυξη του Διαδικτύου, το οποίο σήμερα διασυνδέει εκατομμύρια υπολογιστές, το μέγεθος του πίνακα δρομολόγησης αυξάνει επικίνδυνα, σε σημείο που να γίνεται προβληματική η διαχείρισή του. Για αυτό το λόγο, αναπτύχθηκαν διάφορες στρατηγικές με στόχο να μειώσουν το μέγεθος των πινάκων δρομολόγησης.

Μία στρατηγική είναι η χρησιμοποίηση ενός ορισμένου από πριν (προεπιλεγμένου) δρομολογητή. Σε πολλά δίκτυα, συνήθως, υπάρχει ένας μόνο δρομολογητής, που οδηγεί έξω από αυτά. Ένας τέτοιος δρομολογητής μπορεί να συνδέει ένα τοπικό δίκτυο στο δίκτυο κορμού. Σε αυτή την περίπτωση, δεν χρειάζεται να έχουμε στον πίνακα δρομολόγησης ξεχωριστή εγγραφή για κάθε δίκτυο, που υπάρχει στον κόσμο. Απλά, ορίζουμε τον δρομολογητή ως προεπιλεγμένο και γνωρίζουμε εκ των προτέρων, ότι όλη η εξερχόμενη κίνηση του δικτύου, ανεξάρτητα από τον προορισμό της, διεκπεραιώνεται από αυτόν. Προεπιλεγμένος δρομολογητής μπορεί να χρησιμοποιείται ακόμη και στην περίπτωση, που το δίκτυο διαθέτει περισσότερους από έναν δρομολογητές. Σε αυτή την περίπτωση, κάθε εξερχόμενο από το δίκτυο αυτοδύναμο πακέτο, στην επικεφαλίδα του οποίου δεν καθορίζεται κάποια ειδική διαδρομή (δρομολογητής), προωθείται προς τον προεπιλεγμένο δρομολογητή. Εάν ο προεπιλεγμένος δρομολογητής δεν μπορεί να προωθήσει κάποιο αυτοδύναμο πακέτο στον προορισμό του, υπάρχει η πρόβλεψη, ώστε οι δρομολογητές να στέλνουν μήνυμα, που να αναφέρει: «Δεν είμαι η καλύτερη επιλογή δρομολογητή - χρησιμοποίησε τον δρομολογητή Χ». Το μήνυμα αυτό στέλνεται μέσω του πρωτοκόλλου ICMP. Τα μηνύματα αυτά χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα λογισμικά επιπέδου δικτύου, για να εισάγουν νέες εγγραφές και να ενημερώνουν τους πίνακες δρομολόγησης.

Παράδειγμα

Αν υποθέσουμε, ότι το δίκτυο με διεύθυνση 128.6.4, το οποίο βρίσκεται στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, έχει δύο δρομολογητές: τον 128.6.4.59 και τον 128.6.4.1. Ο δρομολογητής 128.6.4.59 συνδέει το δίκτυο με μεγάλο αριθμό δικτύων, που και αυτά βρίσκονται στο Πανεπιστήμιο Αθηνών ενώ ο δρομολογητής 128.6.4.1 οδηγεί κατευθείαν στο Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Αν υποθέσουμε επίσης, ότι έχουμε θέσει το δρομολογητή 128.6.4.59 σαν προεπιλεγμένο και δεν έχουμε άλλες εγγραφές στον πίνακα δρομολόγησης. Τι θα συμβεί, εάν θέλουμε να στείλουμε ένα αυτοδύναμο πακέτο στο Πανεπιστήμιο Πειραιά; Επειδή δεν υπάρχει εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης για το δίκτυο του Πανεπιστημίου Πειραιά, το αυτοδύναμο πακέτο θα σταλεί στον προεπιλεγμένο δρομολογητή 128.6.4.59. Αυτός όμως δεν είναι ο σωστός δρομολογητής, οπότε προωθεί το αυτοδύναμο πακέτο στο δρομολογητή 128.6.4.1 και παράλληλα στέλνει πίσω στο σύστημα, από το οποίο προήλθε το αυτοδύναμο πακέτο, μήνυμα λάθους λέγοντας «για να πας στο δίκτυο του Πανεπιστημίου Πειραιά χρησιμοποίησε το δρομολογητή 128.6.4.1» Το λογισμικό επιπέδου IP θα προσθέσει μία νέα εγγραφή στο πίνακα δρομολόγησης και κάθε επόμενο αυτοδύναμο πακέτο, που προορίζεται για το Πανεπιστήμιο Πειραιά, θα πηγαίνει κατευθείαν στο δρομολογητή 128.6.4.1. Το μήνυμα λάθους θα σταλεί με το πρωτόκολλο ICMP.

Ο αλγόριθμος δρομολόγησης μπορεί να προσδιορίζει το επόμενο βήμα του στη διαδρομή όχι με βάση τη διεύθυνση δικτύου προορισμού αλλά με βάση τον υπολογιστή προορισμού.

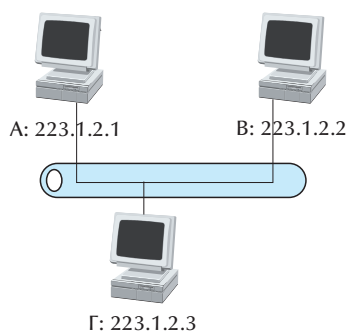
Παρακάτω δίνεται συνοπτικά ο αλγόριθμος δρομολόγησης, που χρησιμοποιεί το IP.

Ξεχώρισε τη διεύθυνση προορισμού (ΔΠ) από το αυτοδύναμο πακέτο
Υπολόγισε τη διεύθυνση δικτύου προορισμού (ΔΔΠ) από τη ΔΠ
(Αν) η ΔΔΠ είναι διεύθυνση δικτύου, με το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένος ο δρομολογητής,
προώθησε το αυτοδύναμο πακέτο προς τον προορισμό του από το δίκτυο με διεύθυνση ΔΔΠ.
(**Διαφορετικά**) αν η ΔΠ υπάρχει στον πίνακα δρομολόγησης με βάση τον υπολογιστή προορισμού,
δρομολόγησε το αυτοδύναμο πακέτο, όπως ορίζεται στον πίνακα
(**Διαφορετικά**) αν η ΔΔΠ υπάρχει στον πίνακα δρομολόγησης,
δρομολόγησε το αυτοδύναμο πακέτο, όπως ορίζεται στον πίνακα
(**Διαφορετικά**) αν έχει προσδιορισθεί πρότυπη διαδρομή,
δρομολόγησε το αυτοδύναμο πακέτο προς τον υπεύθυνο δρομολογητή
διαφορετικά σημείωσε λάθος στη δρομολόγηση

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε με περισσότερη λεπτομέρεια την άμεση και έμμεση δρομολόγηση και τους πίνακες δρομολόγησης στο TCP/IP.

7.9.2 Άμεση δρομολόγηση

Ας θεωρήσουμε το TCP/IP δίκτυο του Σχήματος 7-27 και ας δούμε πως πραγματοποιείται η δρομολόγηση σε αυτό. Κάθε ένας από τους τρεις υπολογιστές, Α, Β και Γ, από τους οποίους αποτελείται το δίκτυο, έχει ένα Ethernet σημείο διεπαφής με τη δική του Ethernet διεύθυνση, καθώς και μία IP διεύθυνση.



Σχήμα 7-27 TCP/IP δίκτυο αποτελούμενο από τρεις υπολογιστές

Όταν ο υπολογιστής A στέλνει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο στο B, στην επικεφαλίδα του ορίζονται σαν IP διευθύνσεις πηγής και προορισμού οι IP διευθύνσεις των υπολογιστών A και B αντίστοιχα. Ομοίως στην επικεφαλίδα του Ethernet πακέτου, που σχηματίζεται κατά τη μετάδοση του αυτοδύναμου πακέτου στο φυσικό δίκτυο, ορίζονται σαν Ethernet διευθύνσεις πηγής και προορισμού οι Ethernet διευθύνσεις των υπολογιστών A και B αντίστοιχα (Πίνακας 7-4).

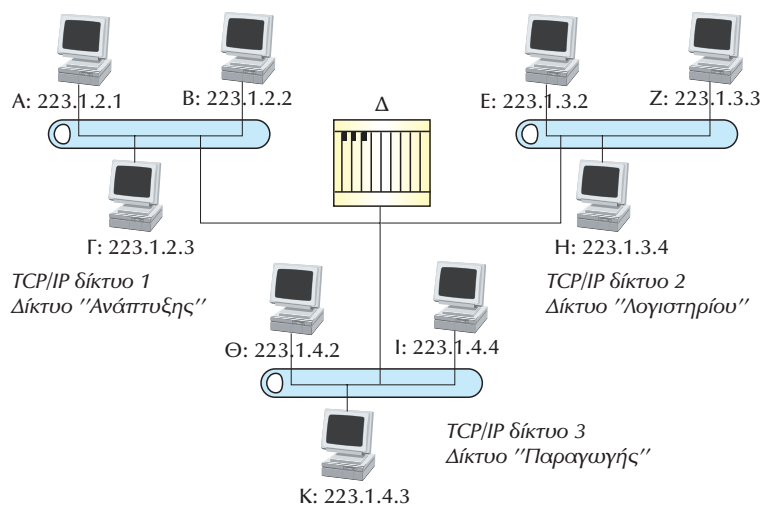
	Διεύθυνση Πηγής	Διεύθυνση Προορισμού
IP επικεφαλίδα	Διεύθυνση A	Διεύθυνση B
Ethernet επικεφαλίδα	Διεύθυνση A	Διεύθυνση B

Πίνακας 7-4 Διευθύνσεις του Ethernet πακέτου ενός IP αυτοδύναμου πακέτου, που πηγαίνει από τον A στο B

Για αυτή την απλή περίπτωση μεταφοράς δεδομένων από τον A στο B, το πρωτόκολλο IP δεν προσφέρει κάποια επιπλέον υπηρεσία σε σχέση με αυτές, που ήδη παρέχονται από το φυσικό δίκτυο Ethernet. Αντίθετα, οι λειτουργίες του πρωτοκόλλου IP επιβαρύνουν το δίκτυο αφού, απαιτείται επιπλέον επεξεργασία για τη δημιουργία, μετάδοση και ανάλυση της IP επικεφαλίδας.

Όταν το πρωτόκολλο IP του B λάβει το IP αυτοδύναμο πακέτο από τον A, ελέγχει την IP διεύθυνση προορισμού και εξετάζει, εάν είναι ίδια με τη δική του. Αν ναι, τότε περνά το αυτοδύναμο πακέτο στα ανώτερα επίπεδα. Η επικοινωνία αυτή του A με το B χρησιμοποιεί άμεση δρομολόγηση.

7.9.3 Έμμεση Δρομολόγηση



Σχήμα 7-28 TCP/IP διαδίκτυο αποτελούμενο από τρία TCP/IP δίκτυα

Ας θεωρήσουμε το δίκτυο του Σχήματος 7-28 το οποίο αποτελείται από τρία (3) TCP/IP δίκτυα και το οποίο δίνει μια πιο ρεαλιστική εικόνα ενός TCP/IP διαδίκτυου από ό,τι το δίκτυο του Σχήματος 7-27. Τα τρία TCP/IP δίκτυα συνδέονται μέσω του δρομολογητή (Δ), χρησιμοποιούν ως φυσικό δίκτυο ένα Ethernet δίκτυο και το καθένα αποτελείται από τρεις υπολογιστές.

Ο υπολογιστής Δ είναι ένας IP δρομολογητής, που συνδέει τα τρία TCP/IP δίκτυα και, επομένως, έχει τρεις (3) IP και τρεις (3) Ethernet διευθύνσεις (μία για κάθε δίκτυο). Όταν ο υπολογιστής Α στέλνει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο στον υπολογιστή Β, η διαδικασία που ακολουθείται, είναι ακριβώς ίδια με αυτήν, που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Γενικότερα, κάθε επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών, που βρίσκονται στο ίδιο TCP/IP δίκτυο, γίνεται σύμφωνα με την άμεση δρομολόγηση και ακολουθεί τη διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου. Εξετάζοντας το Σχήμα 7-28 βλέπουμε, ότι ο υπολογιστής Δ είναι συνδεδεμένος και στα τρία δίκτυα. Επομένως, η επικοινωνία του Δ με τους υπολογιστές Α, Ε και Θ πραγματοποιείται σύμφωνα με την άμεση δρομολόγηση. Αυτό συμβαίνει γιατί καθένα από τα παραπάνω ζευγάρια υπολογιστών βρίσκονται στο ίδιο TCP/IP δίκτυο.

Όταν, όμως, ο υπολογιστής Α επικοινωνεί με υπολογιστή, που βρίσκεται στην άλλη πλευρά του δρομολογητή (για παράδειγμα τον Ε), η επικοινωνία δεν είναι πια άμεση. Αυτή η επικοινωνία ονομάζεται έμμεση. Εάν ο Α στείλει IP αυτοδύναμο πακέτο στον Ε, το προς μετάδοση πακέτο φέρει ως IP και Ethernet διευθύνσεις πηγής τις αντίστοιχες διευθύνσεις του Α, ως IP διεύθυνση προορισμού την αντίστοιχη διεύθυνση του Ε, ενώ ως Ethernet διεύθυνση προορισμού την Ethernet διεύθυνση του Δ (Πίνακας 7-5). Αυτό συμβαίνει, επειδή ο Α δεν στέλνει το πακέτο κατευθείαν στον Ε. Το πακέτο πηγαίνει πρώτα στον Δ, ο οποίος θα το προωθήσει στη συνέχεια στον Ε.

	Διεύθυνση Προέλευσης	Διεύθυνση Προορισμού
IP επικεφαλίδα	A	E
Ethernet επικεφαλίδα	A	Δ

Πίνακας 7-5 Διευθύνσεις του Ethernet πακέτου ενός IP αυτοδύναμου πακέτου, που πηγαίνει από τον Α στον Ε

Το πρωτόκολλο IP του Δ λαμβάνει το αυτοδύναμο πακέτο, και αφού εξετάσει την IP διεύθυνση προορισμού, λέει: «Αυτή δεν είναι η δική μου διεύθυνση» και στέλνει το αυτοδύναμο πακέτο κατευθείαν στον Ε θέτοντας ως Ethernet διεύθυνση προορισμού την Ethernet διεύθυνση του Ε.

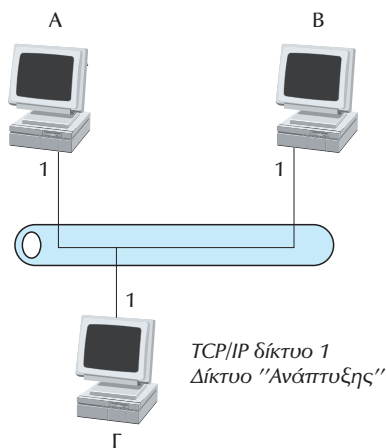
	Διεύθυνση Προέλευσης	Διεύθυνση Προορισμού
IP επικεφαλίδα	A	E
Ethernet επικεφαλίδα	Δ	E

Πίνακας 7-6 Διευθύνσεις του Ethernet πακέτου ενός IP αυτοδύναμου πακέτου, που πηγαίνει από τον Α στο Ε (αφού περάσει από το Δ)

7.9.4 Πίνακας Δρομολόγησης

Στις προηγούμενες παραγράφους εξετάσαμε τι γίνεται κατά τη δρομολόγηση στο Διαδίκτυο, εδώ θα μελετήσουμε το πως γίνεται.

Ένα ερώτημα, που δημιουργείται, είναι πως το πρωτόκολλο IP προσδιορίζει το σημείο διεπαφής δικτύου, που πρέπει να χρησιμοποιήσει, προκειμένου να δρομολογήσει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο στο προορισμό του. Η απάντηση δίνεται με τη βοήθεια του πίνακα δρομολόγησης. Το πρωτόκολλο IP βρίσκει το σημείο διεπαφής δικτύου από τον πίνακα δρομολόγησης, χρησιμοποιώντας ως κλειδί αναζήτησης τη διεύθυνση δικτύου προορισμού. Η διεύθυνση δικτύου προορισμού, όπως έχουμε ήδη περιγράψει, προκύπτει από την IP διεύθυνση προορισμού. Ο πίνακας δρομολόγησης έχει μία εγγραφή για κάθε διαδρομή. Οι βασικές στήλες του πίνακα δρομολόγησης είναι οι εξής: αριθμός δικτύου IP, αναγνωριστικό άμεσης ή έμμεσης δρομολόγησης, IP διεύθυνση δρομολογητή και αριθμός διεπαφής δικτύου. Τον πίνακα αυτόν συμβουλευεται το πρωτόκολλο IP για κάθε εξερχόμενο αυτοδύναμο πακέτο. Οι αποφάσεις, που λαμβάνει το πρωτόκολλο IP συμβουλευόμενο τον πίνακα δρομολόγησης, αφορούν το εάν θα στείλει το αυτοδύναμο πακέτο με άμεση ή έμμεση δρομολόγηση και την επιλογή του σημείου διεπαφής δικτύου χαμηλότερου επιπέδου, στο οποίο θα προωθήσει το αυτοδύναμο πακέτο.

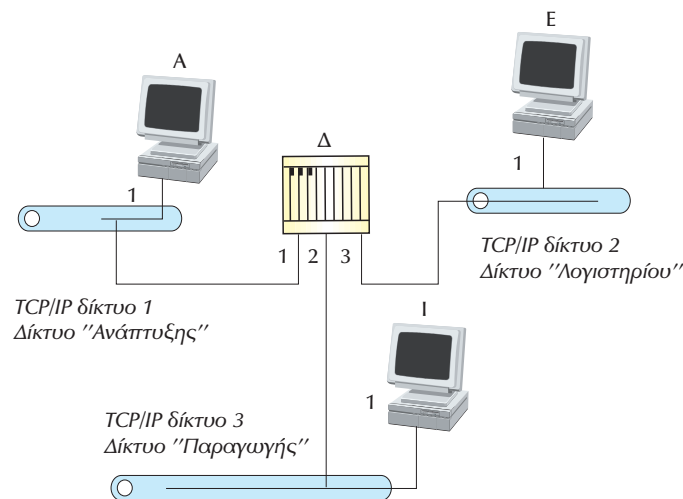


Σχήμα 7-29 Διεπαφές των υπολογιστών A, B και Γ του TCP/IP δικτύου, που παρουσιάστηκε στο Σχήμα 7-27

Δίκτυο	Αναγνωριστικό Άμεσης/ Έμμεσης Δρομολόγησης	Δρομολογητής	Αριθμός Διεπαφής
Ανάπτυξης (223.1.2)	Άμεση	<κενό>	1

Πίνακας 7-7 Πίνακας δρομολόγησης του υπολογιστή A

Όταν ο υπολογιστής A στέλνει ένα αυτοδύναμο πακέτο στο B, προσδιορίζει σαν IP διεύθυνση προορισμού την IP διεύθυνση του B (223.1.2.2). Το πρωτόκολλο IP από την IP διεύθυνση του B παίρνει τη διεύθυνση του δικτύου, στο οποίο ανήκει ο B (223.1.2) με τη χρήση κατάλληλης μάσκας. Στη συνέχεια, διερευνά την πρώτη στήλη του πίνακα δρομολόγησης, για να δει, εάν υπάρχει εγγραφή με την ίδια καταχώρηση στη στήλη Δίκτυο. Στον πίνακα του παραδείγματός μας υπάρχει ίδια διεύθυνση στην πρώτη καταχώρηση του πίνακα. Οι άλλες πληροφορίες της καταχώρησης υποδεικνύουν, ότι οι υπολογιστές σε αυτό το δίκτυο μπορεί να προσπελασθούν άμεσα μέσω του σημείου διεπαφής ένα. Στην συνέχεια, με τη βοήθεια ενός ARP πίνακα από την IP διεύθυνση του υπολογιστή B προκύπτει και η Ethernet διεύθυνση του, και το Ethernet πακέτο διαβιβάζεται κατευθείαν στον υπολογιστή B μέσω του σημείου επαφής ένα.



Σχήμα 7-30 Διεπαφές των υπολογιστών A, Δ, E και I του TCP/IP δικτύου, που παρουσιάστηκε στο Σχήμα 7-28

Ας δούμε τώρα, τι γίνεται στην περίπτωση της έμμεσης δρομολόγησης. Όπως προαναφέραμε ο δρομολογητής Δ είναι συνδεδεμένος και στα τρία δίκτυα του Σχήματος 7-28. Έχει, επομένως, τρία σημεία διεπαφής δικτύου (Σχήμα 7-30), στα οποία δρομολογεί τα εισερχόμενα αυτοδύναμα πακέτα ανάλογα με το δίκτυο, στο οποίο κατευθύνονται.

Δίκτυο	Αναγνωριστικό Άμεσης/ Έμμεσης Δρομολόγησης	Δρομολογητής	Αριθμός Διεπαφής
Ανάπτυξης (223.1.2)	Άμεση	<κενό>	1
Λογιστηρίου (223.1.3)	Έμμεση	Δ	1
Παραγωγής (223.1.4)	Έμμεση	Δ	1

Πίνακας 7-8 Πίνακας δρομολόγησης του υπολογιστή Α

Όταν ο Α στέλνει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο στον Ε, προσδιορίζει ως IP διεύθυνση προορισμού την αντίστοιχη διεύθυνση του Ε (223.1.3.2). Το πρωτόκολλο IP από την IP διεύθυνση του Ε λαμβάνει τη διεύθυνση του δικτύου στο οποίο ανήκει ο Ε (223.1.3). Στη συνέχεια, διερευνά την πρώτη στήλη του πίνακα δρομολόγησης, για να δει, εάν υπάρχει εγγραφή με την ίδια καταχώρηση στη στήλη Δίκτυο. Στον πίνακα του παραδείγματός μας υπάρχει ίδια διεύθυνση στη δεύτερη καταχώρηση του πίνακα. Η καταχώρηση αυτή υποδεικνύει, ότι οι υπολογιστές του δικτύου 223.1.3 μπορούν να προσπελαθούν με έμμεση δρομολόγηση μέσω του δρομολογητή Δ. Στην συνέχεια, με τη βοήθεια ARP πίνακα, από την IP διεύθυνση του υπολογιστή Δ προκύπτει η Ethernet διεύθυνση του, και το Ethernet πακέτο διαβιβάζεται κατευθείαν στον υπολογιστή Δ μέσω του σημείου επαφής ένα. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε, ότι στο IP αυτοδύναμο πακέτο παραμένει ακόμη ως IP διεύθυνση προορισμού η IP διεύθυνση του υπολογιστή Ε. Όταν το Ethernet πακέτο φθάσει στο σημείο διεπαφής 1 (διεπαφή του υπολογιστή Δ με το δίκτυο Ανάπτυξης) περνά στο IP πρωτόκολλο του υπολογιστή Δ. Το πρωτόκολλο IP ελέγχει την IP διεύθυνση προορισμού και, αφού διαπιστώσει, ότι δεν αντιστοιχεί στην IP διεύθυνση του Δ, αποφασίζει να το προωθήσει στον προορισμό του.

Το πρωτόκολλο IP του υπολογιστή Δ από την IP διεύθυνση προορισμού του αυτοδύναμου πακέτου (διεύθυνση του υπολογιστή Ε) παίρνει τη διεύθυνση του δικτύου, στο οποίο ανήκει ο Ε (223.1.3) και διερευνά την πρώτη στήλη του πίνακα δρομολόγησης (Πίνακας 7-9) για να δει, εάν υπάρχει κάποια εγγραφή με την ίδια καταχώρηση στη στήλη Δίκτυο.

Δίκτυο	Αναγνωριστικό Άμεσης/ Έμμεσης Δρομολόγησης	Δρομολογητής	Αριθμός Διεπαφής
Ανάπτυξης (223.1.2)	Άμεση	<κενό>	1
Λογιστηρίου (223.1.3)	Άμεση	<κενό>	3
Παραγωγής (223.1.4)	Άμεση	<κενό>	2

Πίνακας 7-9 Πίνακας δρομολόγησης του Δ

Η διεύθυνση, εντοπίζεται στη δεύτερη εγγραφή του πίνακα. Τότε, το πρωτόκολλο IP στέλνει το IP αυτοδύναμο πακέτο κατευθείαν στον υπολογιστή E μέσω του σημείου διεπαφής 3. Στο αυτοδύναμο πακέτο, που κατευθύνεται στον υπολογιστή E, η IP διεύθυνση προορισμού, είναι η αντίστοιχη του E. Το ίδιο ισχύει και για την Ethernet διεύθυνση προορισμού. Όταν το Ethernet πακέτο φθάσει στον υπολογιστή E μέσω του σημείου διεπαφής 3, διαβιβάζεται στο πρωτόκολλο IP του υπολογιστή E. Το πρωτόκολλο IP ελέγχει την IP διεύθυνση προορισμού, αναγνωρίζει, ότι είναι η δικιά του και περνά το αυτοδύναμο πακέτο στα πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου.

7.10 Πρωτόκολλα δρομολόγησης

Από τη μέχρι τώρα περιγραφή της δρομολόγησης στα TCP/IP δίκτυα βλέπουμε, ότι ένα IP αυτοδύναμο πακέτο, που ταξιδεύει στο Διαδίκτυο, μπορεί να περάσει από πολλούς δρομολογητές και δίκτυα μέχρι τελικά να φθάσει στον προορισμό του. Το μονοπάτι, που ακολουθεί, δεν καθορίζεται από μία κεντρική αρχή, αλλά είναι αποτέλεσμα των οδηγιών, που παίρνει από τους πίνακες δρομολόγησης, που συναντά στο ταξίδι του. Κάθε δρομολογητής καθορίζει μόνο τον επόμενο σταθμό του αυτοδύναμου πακέτου και βασίζεται σε αυτόν, προκειμένου το αυτοδύναμο πακέτο να οδηγηθεί στον προορισμό του.

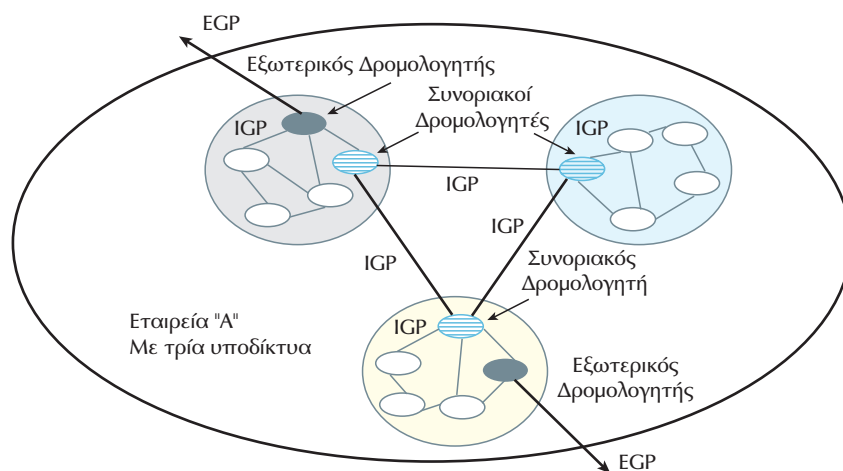
Η ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης ενός δικτύου είναι πολύ κρίσιμο έργο, ο βαθμός δυσκολίας του οποίου εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του δικτύου. Είναι προφανές, ότι πιθανά λάθη στους πίνακες δρομολόγησης μπορούν να οδηγήσουν σε επικοινωνιακά σφάλματα, τα οποία είναι εξαιρετικά δύσκολο να διαγνωσθούν και να διορθωθούν. Επιπρόσθετα, η συνεχής μεταβολή της διάρθρωσης των δικτύων, που επιβάλλεται από την εξυπηρέτηση νέων αναγκών και απαιτήσεων, δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο το έργο της διαχείρισης των πινάκων δρομολόγησης.

Σε μικρά δίκτυα, οι πίνακες δρομολόγησης γεμίζουν χειροκίνητα από το διαχειριστή του δικτύου, ενώ σε μεγαλύτερα, το έργο αυτό έχει αυτοματοποιηθεί και πραγματοποιείται από το πρωτόκολλο δρομολόγησης, το οποίο μεταφέρει και κατανέμει την απαιτούμενη πληροφορία σε όλο το δίκτυο. Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι τεχνικές, που χρησιμοποιούνται από τους δρομολογητές, για να επικοινωνήσουν ο ένας με τον άλλο και να ενημερώνονται για τις αλλαγές, που σημειώνονται στις διαδρομές και στον τρόπο προσέγγισης των διαφόρων δικτύων.

Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης, που χρησιμοποιούνται, για τον καθορισμό των διαδρομών, για τη συμπλήρωση, δηλαδή, των πινάκων δρομολόγησης, ποικίλουν και εξαρτώνται από τη δόμηση των δικτύων και τη σχέση που έχουν μεταξύ τους τα προς διασύνδεση δίκτυα.

Με την ανάπτυξη του Διαδικτύου, κατέστη αδύνατο κάθε δρομολογητής να διατηρεί πίνακες δρομολόγησης με στοιχεία για ολόκληρο το δίκτυο. Αυτό οδήγησε στη τμηματοποίηση των δικτύων, όπου κάθε δρομολογητής είναι υπεύθυνος

για τη δρομολόγηση σε συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου. Η ιδέα αυτή προϋποθέτει την ύπαρξη συνεργασίας μεταξύ γειτονικών δρομολογητών, όπου ο καθένας παρέχει στους άλλους πληροφορίες για τα τοπικά δίκτυα, που είναι συνδεδεμένα με αυτόν. Με αυτό τον τρόπο, το δίκτυο διαιρείται σε μικρότερα υποδίκτυα, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να αποτελούνται από περισσότερα του ενός φυσικά δίκτυα (Σχήμα 7-31). Στην περίπτωση που ένα υποδίκτυο έχει περισσότερους από ένα δρομολογητές, οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους, ένας από αυτούς ορίζεται ως **συνοριακός δρομολογητής (boundary router)** και είναι υπεύθυνος για τη διεκπεραίωση της επικοινωνίας με τα γειτονικά υποδίκτυα.



Σχήμα 7-31 Διαίρεση δικτύου σε μικρότερα υποδίκτυα

Η επικοινωνία του δικτύου με τα άλλα δίκτυα γίνεται μέσω συγκεκριμένων δρομολογητών, που ονομάζονται **εξωτερικοί δρομολογητές** και χειρίζονται όλη την εισερχόμενη και εξερχόμενη κίνηση του δικτύου. Με αυτό τον τρόπο, η εσωτερική δομή του δικτύου και των υποδικτύων του δεν είναι ορατή από τα υπόλοιπα δίκτυα, που είναι διασυνδεδεμένα με αυτό. Τα δίκτυα, η εσωτερική δομή των οποίων δεν είναι ορατή από τον υπόλοιπο κόσμο, ονομάζονται **αυτόνομα συστήματα**.

Επισήμανση

Οι εξωτερικοί δρομολογητές αναλαμβάνουν τη διεκπεραίωση της επικοινωνίας μεταξύ αυτόνομων συστημάτων, ενώ οι συνοριακοί χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά μηνυμάτων μεταξύ υποδικτύων του ίδιου αυτόνομου συστήματος.

Τα πρωτόκολλα, που χρησιμοποιούνται για την εσωτερική επικοινωνία στα αυτόνομα συστήματα, ονομάζονται **Εσωτερικά Πρωτόκολλα Πύλης (Interior Gateway Protocols – IGP)**. Τυπικά πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας είναι το **Πρωτόκολλο Πληροφορίας Δρομολόγησης (Routing Information Protocol – RIP)** και το **Πρωτόκολλο Βραχύτερου Μονοπατιού (Open Shortest Path First – OSPF)**. Τα πρωτόκολλα, που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ αυτόνομων συστημάτων, ονομάζονται **Εξωτερικά Πρωτόκολλα Πύλης (Exterior Gateway Protocols – EGP)**. Όλα τα πρωτόκολλα βασίζονται στη συχνή μεταφορά πληροφορίας μεταξύ των δρομολογητών για την ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης.

Στην συνέχεια, παρουσιάζουμε σε συντομία το πρωτόκολλο RIP, που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία εντός των αυτόνομων συστημάτων και το πρωτόκολλο EGP, που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ αυτόνομων συστημάτων.

7.10.1 Πρωτόκολλο Πληροφορίας Δρομολόγησης (Routing Information Protocol, RIP)

Το πρωτόκολλο RIP δουλεύει καλύτερα σε μικρά δίκτυα, όπου οι ζεύξεις είναι ίσης ταχύτητας. Ο λόγος είναι, ότι το μέτρο που χρησιμοποιείται, για να προσδιορίσει το καλύτερο μονοπάτι, είναι η απόσταση από τον προορισμό σε βήματα (hops). Με τον όρο βήμα, εννοούμε το πέρασμα μέσω ενός δρομολογητή. Ως μέγιστη απόσταση έχει ορισθεί αυτή των 16 βημάτων. Έτσι, όλοι οι υπολογιστές, που είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο φυσικό δίκτυο (π.χ. Ethernet), απέχουν μεταξύ τους μηδέν βήματα. Στην περίπτωση που ένας δρομολογητής συνδέει απευθείας δύο δίκτυα, οι υπολογιστές του ενός δικτύου απέχουν από τους υπολογιστές του άλλου δικτύου ένα βήμα. Καθώς η πληροφορία δρομολόγησης περνά από ένα δρομολογητή, ο δρομολογητής αυξάνει κατά ένα τον αριθμό των βημάτων. Ως διάμετρος δικτύου ορίζεται ο μεγαλύτερος αριθμός βημάτων μέσα στο δίκτυο. Δεδομένου ότι σα μέγιστη απόσταση έχουν ορισθεί τα 16 βήματα (όταν η απόσταση πάρει τη τιμή 16 το πακέτο απορρίπτεται), το πρωτόκολλο RIP δεν επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών, που απέχουν πάνω από 15 βήματα, όταν δηλαδή παρεμβάλλονται μεταξύ τους περισσότεροι από 15 δρομολογητές. Από την παρουσίαση του πρωτοκόλλου είναι φανερό, ότι αυτό δεν λαμβάνει υπόψη του την ταχύτητα των ζεύξεων. Έτσι, εάν οι ζεύξεις έχουν διαφορετική ταχύτητα, αυτή η διαφορά δεν αντικατοπτρίζεται στη μονάδα μέτρησης της απόστασης. Για παράδειγμα, μεταξύ μίας σύνδεσης 56 kbps, που προσδιορίστηκε ότι είναι ενός βήματος και μίας 2 Mbps δύο βημάτων θα επιλέγονταν η πρώτη, παρόλο που η καθυστέρηση μετάδοσης, που εισάγει, είναι πολύ μεγαλύτερη. Επιπλέον, ο αλγόριθμος δεν λαμβάνει υπόψη του την κίνηση, που διεκπεραιώνει κάθε ζεύξη. Έτσι, ακόμη και εάν η ζεύξη έφτανε στα όρια της χωρητικότητάς της όσο αφορά την κίνηση, που μεταφέρει, ο αλγόριθμος θα συνέχιζε να την επιλέγει σαν την καλύτερη διαδρομή. Φανταστείτε το σαν δύο οδικές διαδρομές, που οδηγούν από την περιοχή Α στην

περιοχή Β. Η μία διαδρομή είναι 5 χιλιομέτρων και η άλλη 8. Άρα, με βάση το πρωτόκολλο RIP, η καλύτερη είναι η πρώτη. Όταν, όμως, η κίνηση στην πρώτη διαδρομή είναι μεγάλη και η κυκλοφορία πραγματοποιείται με δυσκολία, τότε καλύτερη διαδρομή είναι η Β, η οποία θα μας οδηγήσει γρηγορότερα και χωρίς καθυστερήσεις στον προορισμό μας. Με βάση όμως τον αλγόριθμο RIP, ένας οδηγός, ο οποίος δεν γνωρίζει την κατάσταση των δύο δρόμων, θα κατευθυνθεί στην πρώτη διαδρομή, η οποία θα προταθεί από τον αλγόριθμο ως η καλύτερη.

7.10.2 Εξωτερικό Πρωτόκολλο Πύλης (Exterior Gateway Protocol, EGP)

Το πρωτόκολλο EGP αφορά δρομολογητές διαφορετικών αυτόνομων συστημάτων και προσδιορίζει τον τρόπο, με τον οποίο αυτοί συνεργάζονται για την ανταλλαγή πληροφορίας δρομολόγησης. Το EGP προσδιορίζει σε ποια δίκτυα μπορούμε να φθάσουμε μέσω ενός δρομολογητή, δεν μας ενημερώνει, όμως, για το κόστος (την απόστασή τους) και για το πόσο καλή είναι η σύνδεση. Αυτό συμβαίνει, γιατί το κόστος στα διάφορα αυτόνομα συστήματα μπορεί να προσδιορίζεται με βάση διαφορετικά κριτήρια ή ακόμη και διαφορετικά πρωτόκολλα. Αποτέλεσμα είναι να μην υπάρχει ενιαία μονάδα μέτρησης.

Επίσης το γεγονός, ότι η δρομολόγηση γίνεται με βάση την ύπαρξη ή μη κάποιας διαδρομής προς το δίκτυο προορισμού, συνεπάγεται, ότι η τοπολογία του τελικού διασυνδεδεμένου δικτύου πρέπει να είναι τοπολογία δέντρου. Διαφορετικά, εάν υπάρχουν βρόχοι, είναι μεγάλη η πιθανότητα ένα πακέτο να κλειδώσει σε ένα βρόχο.

Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει τρεις διαδικασίες:

- Τη διερεύνηση της επιθυμίας γειτονικών δρομολογητών για συνεργασία μεταξύ τους.
- Τον έλεγχο της δυνατότητας επικοινωνίας ενός δρομολογητή με τους γειτονικούς δρομολογητές.
- Τη γνώση των δικτύων, με τα οποία μπορεί να επικοινωνήσει ένας δρομολογητής μέσω κάθε γειτονικού δρομολογητή.

Η πρώτη διαδικασία χρησιμοποιείται, για να ρωτήσουν οι δρομολογητές τους γειτονικούς τους, που ανήκουν σε διαφορετικά συστήματα, εάν επιθυμούν την ανταλλαγή πληροφορίας δρομολόγησης. Οι δρομολογητές αυτοί μπορεί να δεχθούν ή να απορρίψουν την πρόταση συνεργασίας.

Η δεύτερη διαδικασία έχει σχέση με τη διατήρηση της ήδη υπάρχουσας σχέσης συνεργασίας με γειτονικό δρομολογητή. Στα πλαίσια της διαδικασίας αυτής, ο δρομολογητής στέλνει περιοδικά μηνύματα στο γειτονικό δρομολογητή και περιμένει την απάντησή του, για να βεβαιωθεί, ότι συνεχίζεται η επικοινωνία μεταξύ τους.

Η τρίτη διαδικασία σχετίζεται με την απόκτηση πληροφορίας δρομολόγησης. Κατά τη διαδικασία αυτή, ο ένας δρομολογητής στέλνει ερώτηση και ο άλλος σε απάντηση του επιστρέφει τη λίστα δικτύων, με τα οποία έχει διαδρομές, καθώς και εκτίμηση του κόστους καθεμίας, το οποίο όμως έχει τοπική σημασία για το αυτόνομο σύστημα.

7.11 Πρωτόκολλα εφαρμογής

7.11.1 Γενικές αρχές

Μέχρι τώρα περιγράψαμε, πως η ροή δεδομένων διασπάται σε αυτοδύναμα πακέτα, πως αυτά μεταφέρονται από έναν υπολογιστή σε άλλο και πως, τελικά, αυτά συναρμολογούνται στον υπολογιστή προορισμού. Παρόλα αυτά, για να είναι δυνατή η επικοινωνία σε επίπεδο εφαρμογών, χρειάζεται κάτι περισσότερο. Για παράδειγμα, για τη μεταφορά ενός αρχείου πρέπει να υπάρχει τρόπος να ανοίξουμε μία σύνδεση με συγκεκριμένο υπολογιστή, να αποκτήσουμε πρόσβαση σε αυτόν, να ζητήσουμε το αρχείο, που επιθυμούμε και στη συνέχεια να ξεκινήσει η μετάδοση του αρχείου. Όλες αυτές οι ενέργειες γίνονται από τα πρωτόκολλα εφαρμογής, τα οποία τρέχουν πάνω από τα πρωτόκολλα TCP/IP. Τα πρωτόκολλα εφαρμογής χειρίζονται τις σύνδεσης δικτύου σαν απλή ροή οκτάδων (bytes), σαν να ήταν δηλαδή απλές τηλεφωνικές γραμμές μέσα από τις οποίες πραγματοποιείται η μεταφορά δεδομένων.

Από τη στιγμή που το πρωτόκολλο TCP ανοίγει μία σύνδεση, τα πρωτόκολλα εφαρμογής τη χειρίζονται σαν να ήταν απλό σύρμα, που συνδέει την πηγή με τον προορισμό. Τα πρωτόκολλα εφαρμογής καθορίζουν τι πρέπει να στέλνουμε μέσα από αυτή τη σύνδεση. Προσδιορίζουν, δηλαδή, το σύνολο των εντολών, που καταλαβαίνει η εφαρμογή και τη δομή, στην οποία πρέπει να σταλούν. Γενικά, αυτό που αποστέλλεται από τις διάφορες εφαρμογές είναι συνδυασμός δεδομένων και εντολών. Επειδή, δυστυχώς, δεν συμφωνούν όλοι οι υπολογιστές μεταξύ τους στο πως θα παρουσιάζονται τα δεδομένα, τα πρωτόκολλα εφαρμογής είναι υπεύθυνα για τη συμφωνία κοινού τρόπου παρουσίασης. Μεταξύ των διαφορετικών τύπων υπολογιστών παρατηρούνται διαφορές στους κωδικούς χαρακτήρων (ASCII, EBCDIC), στη σύμβαση τέλους γραμμής και στο εάν τα τερματικά περιμένουν οι χαρακτήρες να στέλνονται ένας κάθε φορά ή ανά γραμμή. Προκειμένου να επιτρέψουμε σε υπολογιστές διαφορετικών τύπων να επικοινωνούν μεταξύ τους, κάθε πρωτόκολλο εφαρμογής ορίζει συγκεκριμένο τρόπο παρουσίασης των δεδομένων. Σημειώστε ότι τα πρωτόκολλα TCP και IP δεν ενδιαφέρονται καθόλου για την παρουσίαση των δεδομένων.

7.11.2 Βασικές και προηγμένες υπηρεσίες Διαδικτύου

Στην συνέχεια, γίνεται σύντομη αναφορά στις πιο χαρακτηριστικές εφαρμογές, που υποστηρίζει η τεχνολογία TCP/IP και είναι διαθέσιμες στο Διαδίκτυο.

Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο

Το **ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail)** είναι εφαρμογή, που επιτρέπει την αποστολή μηνυμάτων / επιστολών μεταξύ δύο ή περισσότερων χρηστών με ηλεκτρονικό τρόπο. Τα πλεονεκτήματα, που προσφέρει το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο σε σχέση με το συμβατικό, σχετίζονται με το κόστος, τη ταχύτητα παράδοσης και τη φιλικότητα προς το χρήστη. Έτσι, ο χρήστης απολαμβάνει υπη-

ρεσίες με μικρότερο κόστος και μεγαλύτερη ταχύτητα παράδοσης, χωρίς να χρειάζεται να μετακινείται σε ταχυδρομικά γραφεία και να περιμένει σε ουρές αναμονής μέχρι να εξυπηρετηθεί.

Τα τελευταία χρόνια, με την εξάπλωση και την ευρεία χρήση του Διαδικτύου μεγάλο τμήμα των εγγράφων, που ανταλλάσσονται μεταξύ υπηρεσιών και εταιρειών διακινούνται μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, ενώ έχουν αναπτυχθεί και ειδικά προγράμματα εφαρμογών πολύ φιλικά προς το χρήστη, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από μη εξειδικευμένο προσωπικό. Τα προγράμματα αυτά υποστηρίζουν παράδοση του ίδιου μηνύματος σε πολλούς χρήστες, ενημέρωση του αποστολέα, ότι το μήνυμα έχει φθάσει στον προορισμό του και αυτόματη διαχείριση της αλληλογραφίας, ώστε, σε περιπτώσεις απουσίας των χρηστών, αυτή να μη χάνεται. Τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου είναι τα ακόλουθα:

Πλεονεκτήματα

- Είναι πολύ γρήγορο. Για παράδειγμα, για να φτάσει ένα μικρό γράμμα από την Ελλάδα στο Los Angeles κάνει περίπου δύο λεπτά. Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι ο χρόνος παράδοσης ενός μηνύματος εξαρτάται από τη ταχύτητα των συνδέσεων του δικτύου και είναι ανεξάρτητος από τη φυσική γεωγραφική θέση του παραλήπτη. Έτσι, για παράδειγμα ένα μήνυμα μπορεί να χρειάζεται λιγότερο χρόνο για να φτάσει στο Los Angeles από ότι σε κάποια πόλη της Πορτογαλίας, λόγω του ότι η επικοινωνία με Los Angeles γίνεται μέσω ταχύτερων συνδέσεων.
- Ο χρήστης δεν χρειάζεται να παρακολουθεί τη μεταφορά του μηνύματος μέσω του ταχυδρομείου, σε αντίθεση με την αποστολή FAX ή την απλή τηλεφωνική κλήση. Το μήνυμα, από την στιγμή που σταλεί, είναι στη διάθεση του παραλήπτη, μόλις ο τελευταίος μπει στον υπολογιστή του και ενεργοποιήσει το πρόγραμμα διαχείρισης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
- Είναι πιο οικονομικό από το συμβατικό ταχυδρομείο. Μέσα από μία απλή τηλεφωνική γραμμή μπορεί να μεταδοθεί μεγάλος αριθμός μηνυμάτων και επιστολών, στις οποίες μπορούν (αν υπάρχει το κατάλληλο λογισμικό) να ενσωματωθούν και αρχεία εικόνας και ήχου.
- Μπορεί να προσδιορισθεί μεγάλος αριθμός αποδεκτών, χωρίς να χρειάζεται να γίνει καμία παρέμβαση από τον αποστολέα.
- Το κόστος της υπηρεσίας είναι χαμηλό.

Μειονεκτήματα:

- Δεν υπάρχει απόλυτη εγγύηση, ότι το μήνυμα έφτασε στον προορισμό του.

Το σύστημα του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου αποτελείται από κειμενογράφο, που χρησιμοποιείται για τη σύνταξη του μηνύματος και σύστημα μεταφοράς αρχείων για τη μεταφορά των μηνυμάτων στους παραλήπτες τους.

Στην τεχνολογία TCP/IP για τη μεταφορά του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου χρησιμοποιείται το **Πρωτόκολλο Μεταφοράς Απλού Ταχυδρομείου (Simple**

Mail Transfer Protocol, SMTP). Στη συνέχεια, δίνεται συνοπτική παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του πρωτοκόλλου SMTP.

Αρχικά, το SMTP θέτει στον εξυπηρετητή ονόματος αρκετές ερωτήσεις, προκειμένου να προσδιορίσει, που θα στείλει το μήνυμα. Από τη στιγμή που έχει προσδιορίσει τη διεύθυνση προορισμού, είναι έτοιμο να ανοίξει μία TCP σύνδεση χρησιμοποιώντας σαν TCP port προορισμού το 25. Το TCP port 25 είναι αυτό, που χρησιμοποιείται από τον εξυπηρετητή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Ο υπολογιστής, που στέλνει το μήνυμα είναι ο SMTP πελάτης, ενώ ο υπολογιστής προορισμού είναι ο SMTP εξυπηρετητής. Με την εγκατάσταση αυτής της σύνδεσης το πρόγραμμα ξεκινά να στέλνει στοιχεία εντολών, όπως το όνομα του αποστολέα και τους αποδέκτες, που πρέπει να λάβουν το μήνυμα. Στη συνέχεια, στέλνει εντολή, που προσδιορίζει, ότι αρχίζει το μήνυμα. Σε αυτό το σημείο, το άλλο άκρο σταματά να χειρίζεται αυτά, που λαμβάνει, σαν εντολές και είναι έτοιμο να λάβει το μήνυμα. Με το τέλος της αποστολής του μηνύματος, το πρόγραμμα στέλνει ειδικό χαρακτήρα, που ειδοποιεί και τα δύο άκρα, ότι το πρόγραμμα αρχίζει να στέλνει και πάλι εντολές.

Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων (File Transfer Protocol, FTP)

Το **Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων (File Transfer Protocol, FTP)** επιτρέπει τη μεταφορά αρχείων μεταξύ υπολογιστών, που χρησιμοποιούν τεχνολογία TCP/IP. Η λειτουργία του βασίζεται στην αρχιτεκτονική πελάτη - εξυπηρετητή, που παρουσιάστηκε στην Παράγραφο 7.2.2 και χρησιμοποιεί την αξιόπιστη από άκρο σε άκρο υπηρεσία, που προσφέρει το πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς TCP. Στην πράξη, το πρωτόκολλο FTP επιτρέπει τη δημιουργία ενός αντιγράφου από αρχείο κάποιου συστήματος σε άλλο. Έτσι, ο χρήστης, που εργάζεται στον προσωπικό του υπολογιστή, μπορεί να πάρει ή να στείλει αρχεία σε άλλο υπολογιστή. Η ασφάλεια του συστήματος εξασφαλίζεται με την υλοποίηση ελέγχου εξουσιοδότησης για κάθε χρήστη, που ζητά πρόσβαση στο σύστημα. Ο έλεγχος εξουσιοδότησης πραγματοποιείται με τη χρήση του ονόματος χρήστη και του κωδικού πρόσβασης. Το όνομα χρήστη και ο κωδικός πρόσβασης εκχωρούνται από το διαχειριστή του συστήματος και ελέγχονται κάθε φορά, που ο χρήστης ζητά πρόσβαση στο σύστημα. Μέσω του πρωτοκόλλου FTP ο χρήστης δεν έχει πλήρη πρόσβαση στο σύστημα, αλλά μονάχα δικαίωμα αντιγραφής αρχείων.

Όταν η σύνδεση με το απομακρυσμένο σύστημα αποκατασταθεί, το πρωτόκολλο FTP μας επιτρέπει να αντιγράψουμε ένα ή περισσότερα αρχεία στον υπολογιστή μας. Ο όρος μεταφορά υποδηλώνει, ότι το αρχείο μεταφέρεται από το ένα σύστημα στο άλλο, αλλά το πρωτότυπο αρχείο δεν επηρεάζεται.

Η λειτουργία της υπηρεσίας μεταφοράς αρχείου είναι περισσότερο πολύπλοκη από αυτή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείου συνδυάζει δύο διαφορετικές συνδέσεις. Αρχικά, ξεκινά όπως και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Το πρόγραμμα του χρήστη στέλνει εντολές, όπως, «δώσε μου πρόσβαση σαν X

χρήστης», «ο κωδικός μου είναι ΧΧ», «στείλε μου το αρχείο με το όνομα Ζ». Αφού οι εντολές για αποστολή δεδομένων έχουν σταλεί, ξεκινά η δεύτερη σύνδεση για τη μετάδοση των δεδομένων. Φυσικά θα ήταν δυνατό να στέλνονταν και τα δεδομένα από την ίδια σύνδεση, όπως κάνει το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Επειδή, η μεταφορά αρχείων συχνά απαιτεί πολύ χρόνο, οι σχεδιαστές του πρωτοκόλλου ήθελαν να επιτρέψουν στους χρήστες να μπορούν να συνεχίζουν την αποστολή εντολών, ενώ η μεταφορά του αρχείου βρίσκεται σε εξέλιξη. Για παράδειγμα, μπορεί ο χρήστης να θέλει να υποβάλλει μία ερώτηση ή ακόμη και να εγκαταλείψει τη μεταφορά του αρχείου. Για την επικοινωνία με τον FTP εξυπηρετητή, η σύνδεση για την αποστολή των εντολών γίνεται μέσω του TCP port 21, ενώ για την αποστολή των δεδομένων μέσω του TCP port 20. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε, ότι αυτός που ζητά το αρχείο, είναι ο FTP πελάτης, ενώ το απομακρυσμένο σύστημα, στο οποίο ζητάμε πρόσβαση, είναι ο FTP εξυπηρετητής.

Για τη μεταφορά αρχείων, εκτός από το πρωτόκολλο FTP, χρησιμοποιείται και το **Πρωτόκολλο Απλής Μεταφοράς Αρχείων (Trivial File Transfer Protocol, TFTP)**. Είναι πολύ απλό πρωτόκολλο, το οποίο στερείται ασφάλειας, δεν εκτελεί έλεγχο εξουσιοδότησης και βασίζεται στο πρωτόκολλο (επιπέδου μεταφοράς) UDP.

Απομακρυσμένη Σύνδεση (Telecommunications Network, Telnet)

Το πρόγραμμα **Απομακρυσμένης Σύνδεσης (Telecommunications Network, Telnet)** επιτρέπει, την προσπέλαση σε προγράμματα εφαρμογών, που υπάρχουν σε διάφορους υπολογιστές του δικτύου, από οποιοδήποτε υπολογιστή του δικτύου ή άλλου διασυνδεδεμένου με αυτό δίκτυο. Με αυτόν το τρόπο, ένας χρήστης, που εργάζεται στον υπολογιστή του μπορεί να συνδεθεί με έναν απομακρυσμένο υπολογιστή και να εκτελεί προγράμματα εφαρμογών στο δεύτερο μέσα από το τερματικό του. Οι εντολές, που πληκτρολογεί στο τερματικό του, μεταφέρονται μέσω της σύνδεσης στο απομακρυσμένο υπολογιστή και ο χρήστης εργάζεται σαν να βρίσκονταν εμπρός από τον απομακρυσμένο υπολογιστή. Ο απομακρυσμένος υπολογιστής μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε. Είτε να ανήκει στο ίδιο τοπικό δίκτυο με τον πρώτο, είτε σε κάποιο άλλο δίκτυο της ίδιας εταιρίας, είτε σε οποιοδήποτε σημείο του Διαδικτύου. Η μόνη προϋπόθεση είναι ο χρήστης να έχει άδεια πρόσβασης στο απομακρυσμένο σύστημα.

Επειδή οι εφαρμογές, που εκτελούνται σε κάθε υπολογιστή, είναι μέχρις ένα βαθμό εξαρτημένες από τον τύπο του υπολογιστή, θα πρέπει, για να είναι δυνατή η πραγματοποίηση της απομακρυσμένης σύνδεσης, να υπάρχει πρωτόκολλο, που θα εξασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ του τερματικού, που χρησιμοποιεί ο χρήστης και του τερματικού, στο οποίο είναι γραμμένη η εφαρμογή. Το έργο αυτό έχει αναλάβει το **πρωτόκολλο Telnet**, με το οποίο υλοποιείται η ιδέα του εικονικού τερματικού στην τεχνολογία TCP/IP. Με τον όρο εικονικό τερματικό, εννοούμε μία αφηρημένη δομή, η οποία αποτελεί τον ενδιάμεσο μεταξύ των τερματικών του χρήστη και της εφαρμογής. Και τα δύο προαναφερθέντα τερματικά

εκτελούν τις απαιτούμενες μετατροπές για την αντιστοίχιση των καταστάσεων τους σε αυτές του εικονικού τερματικού, ώστε να υπάρχει κοινή γλώσσα επικοινωνίας. Έτσι, μέσω του πρωτοκόλλου Telnet καθορίζονται οι παράμετροι επικοινωνίας και τα χαρακτηριστικά τερματικού, που πρέπει να χρησιμοποιούνται και από τα δύο μέρη κατά τη διάρκεια της σύνδεσης.

Το πρωτόκολλο Telnet, όπως και τα FTP και SMTP, ακολουθεί το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή, όπου ο υπολογιστής του χρήστη έχει τον Telnet πελάτη και ο απομακρυσμένος υπολογιστής, στον οποίο βρίσκεται η εφαρμογή, τον εξυπηρετητή. Η επικοινωνία με τον Telnet εξυπηρετητή γίνεται μέσω του TCP port 23.

Όταν ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος, ο χρήστης δηλώνει το όνομα ή τη διεύθυνση του υπολογιστή, με τον οποίο θέλει να συνδεθεί. Από τη στιγμή, που έχει εγκατασταθεί η απομακρυσμένη σύνδεση, ο,τιδήποτε γράφει ο χρήστης στην οθόνη του υπολογιστή του, μεταφέρεται στο απομακρυσμένο σύστημα. Μεταξύ των δύο συστημάτων υπάρχει μόνο μία σύνδεση, από την οποία μεταφέρονται εντολές και δεδομένα. Όταν ο χρήστης χρειάζεται να στείλει εντολή (π.χ. να στείλει το τύπο του τερματικού ή να αλλάξει κάποια επιλογή λειτουργίας) χρησιμοποιείται ένας ειδικός χαρακτήρας για να δείξει, ότι ο επόμενος χαρακτήρας είναι εντολή. Όπως και το πρωτόκολλο FTP έτσι και το Telnet εκτελεί έλεγχο εξουσιοδότησης, προκειμένου να εξασφαλίσει την ασφάλεια του συστήματος. Ο έλεγχος εξουσιοδότησης βασίζεται στο όνομα χρήστη και στο κωδικό πρόσβασης, που εκχωρεί ο διαχειριστής του απομακρυσμένου συστήματος στους χρήστες με δικαιώματα πρόσβασης.

Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web, WWW)

Ο **Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web, WWW ή Web)** είναι ένα σύστημα, που δημιουργήθηκε, αρχικά, για τη διακίνηση ακαδημαϊκών πληροφοριών μεταξύ ομάδων, που βρίσκονταν σε γεωγραφικά διασκορπισμένες περιοχές. Το σύστημα, που δημιουργήθηκε, συνδύασε τις τεχνικές ανάκλησης πληροφοριών με τη τεχνολογία υπερκειμένων, σχηματίζοντας έτσι ένα εύκολο στη χρήση παγκόσμιο σύστημα πληροφοριών. Στον Παγκόσμιο Ιστό η πληροφορία είναι δομημένη με τη μορφή **υπερμέσων (hypermedia)**, περιλαμβάνει, δηλαδή, εκτός από κείμενα και εικόνες, αρχεία ήχου, αρχεία κινούμενης εικόνας (video) και γενικά οποιοδήποτε είδος πολυμέσων. Θα μπορούσαμε να πούμε, ότι ο Παγκόσμιος Ιστός είναι μία πλατφόρμα, που υποστηρίζει την επικοινωνία πολυμέσων μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος επικοινωνίας με το χρήστη. Με άλλα λόγια, ο Παγκόσμιος Ιστός αποτελεί ένα γραφικό τρόπο απεικόνισης και μετάδοσης των πληροφοριών. Το περιβάλλον αυτό παρέχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης διαφόρων **δεσμών (links)**, οι οποίοι οδηγούν σε πληροφορίες, οπουδήποτε κι αν αυτές βρίσκονται μέσα στο Διαδίκτυο.

Το υπερκείμενο είναι μορφή παρουσίασης γραπτού κειμένου, στην οποία η διαδοχή των τμημάτων του δεν ακολουθεί κατά ανάγκη τη φυσική σειρά παρουσίασης, που επιβάλλεται από τη σελιδοποίηση του κειμένου. Οι αυτοτελείς ενότητες

υπερκειμένου, που προβάλλονται στην οθόνη του υπολογιστή, ονομάζονται **Ιστοσελίδες**. Σε μία Ιστοσελίδα κάποια τμήματα μπορεί να αποτελούνται από μία μόνο λέξη ή ακόμη και από ολόκληρο το κείμενο. Τμήματα, τα οποία παραπέμπουν σε άλλα τμήματα τη ίδιας ή άλλων Ιστοσελίδων ονομάζονται κόμβοι. Οι αναφορές ή παραπομπές ενός τμήματος σε ένα άλλο ονομάζονται σύνδεσμοι (links).

Με τη χρήση των συνδέσμων ο αναγνώστης ενός υπερκειμένου δεν διαβάζει απλά κείμενο, αλλά έχει τη δυνατότητα να κινείται μέσα σε αυτό. Θα λέγαμε, ότι «περιηγείται» ανάμεσα στους κόμβους της Ιστοσελίδας, αλλά και όλων των άλλων Ιστοσελίδων, στις οποίες αυτή οδηγεί. Το γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας επιτρέπει στο χρήστη να επιλέγει με το ποντίκι του έντονα φωτιζόμενες (highlighted) λέξεις, οι οποίες μπορεί να τον οδηγήσουν είτε σε κάποιο άλλο τμήμα της Ιστοσελίδας είτε σε κάποια άλλη Ιστοσελίδα. Μέσω των έντονα φωτιζόμενων (highlighted) λέξεων πραγματοποιούνται οι μεταβάσεις (συνδέσεις) μεταξύ των τμημάτων των διαφόρων Ιστοσελίδων. Τα εργαλεία, με τα οποία διεκπεραιώνεται η ανάγνωση ενός υπερκειμένου ονομάζονται «**όργανα πλοήγησης – περιήγησης**» (**browsers**). Ο όρος περιήγηση εκφράζει τη δυνατότητα του αναγνώστη να διαβάζει το κείμενο με τη σειρά, που αυτός θεωρεί καλύτερη, κινούμενος μέσω των διαθέσιμων συνδέσμων μεταξύ των διαφόρων τμημάτων των Ιστοσελίδων.

Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη των πληροφοριακών συστημάτων δόθηκε η δυνατότητα το υπερκείμενο να μην περιλαμβάνει μόνο κείμενο αλλά και άλλες μορφές μέσων, όπως: ήχο, εικόνα, γραφικά, κινούμενα σχέδια ή κινούμενες εικόνες. Τα συστήματα υπερκειμένου, που περιλαμβάνουν και άλλες μορφές μέσων πλην του κειμένου, ονομάζονται υπερμέσα (hypermedia).

Αν και μέσω του WWW υπάρχει πρόσβαση σε όλα σχεδόν τα πρωτόκολλα τεχνολογίας Διαδικτύου (για παράδειγμα FTP, Telnet), το πρωτόκολλο, που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά υπερκειμένου, είναι το **Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol, HTTP)**, το οποίο και αυτό βασίζεται στο μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή. Οι εξυπηρετητές παγκόσμιου ιστού (Web servers) είναι συστήματα μόνιμα συνδεδεμένα στο Διαδίκτυο, τα οποία φιλοξενούν τις Ιστοσελίδες, που είναι διαθέσιμες προς πρόσβαση. Μέσω των Ιστοσελίδων παρέχεται ένα σημείο παρουσίας στο παγκόσμιο ιστό τόσο για επιχειρήσεις και οργανισμούς όσο και για ιδιώτες, εξυπηρετώντας βασικά σκοπούς πληροφόρησης αλλά και προβολής. Πελάτες παγκόσμιου ιστού (Web clients), μέσω των οποίων γίνεται η πρόσβαση στους εξυπηρετητές και η ανάγνωση των Ιστοσελίδων, έχουν αναπτυχθεί για όλες σχεδόν τις πλατφόρμες και τα λειτουργικά συστήματα υπολογιστών μέσω προγραμμάτων πλοήγησης (browsers). Από τα περισσότερο δημοφιλή προγράμματα πλοήγησης είναι τα: Netscape Navigator, Netscape Communicator και Microsoft Internet Explorer.

Οργανισμοί αλλά και ιδιώτες μπορούν να κατασκευάσουν τη δική τους θέση στον παγκόσμιο ιστό (Web site), η οποία αποτελείται από έναν εξυπηρετητή συνδεδεμένο στο Διαδίκτυο σε μόνιμη βάση, ο οποίος φιλοξενεί τις Ιστοσελίδες του οργανισμού. Αν και συνήθως οι μεγάλες επιχειρήσεις και οργανισμοί έχουν τους

δικούς τους εξυπηρετητές, οι μικρότεροι χρήστες μπορούν να φιλοξενηθούν από τους εξυπηρετητές των εταιριών παροχής υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Providers, ISPs). Οι τελευταίοι οργανώνουν λογικά τους εξυπηρετητές τους κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν πολλούς διαφορετικούς χρήστες και πολλές Ιστοσελίδες.

Σήμερα, μέσω του παγκόσμιου ιστού (WWW) μπορεί κάποιος να έχει πρόσβαση σε πληροφορίες από διάφορες πηγές σε διάφορα σημεία της γης. Η πρόσβαση στην πληροφορία γίνεται μέσω της διεύθυνσης παγκοσμίου ιστού (WWW διεύθυνση). Σε κάθε θέση παγκοσμίου ιστού (Web site) και Κεντρική Ιστοσελίδα εταιρίας ή οργανισμού (Home page) ανατίθεται μία μοναδική διεύθυνση παγκόσμιου ιστού (WWW διεύθυνση). Είναι αυτονόητο, ότι λόγω του μεγάλου αριθμού Κεντρικών Ιστοσελίδων (Home pages) και, επομένως, διευθύνσεων είναι πολύ δύσκολο κάποιος να τις θυμάται όλες. Έτσι, ακόμη και στην περίπτωση, που οι διευθύνσεις παγκόσμιου ιστού μας είναι άγνωστες, μπορούμε να κινηθούμε και να αναζητήσουμε πληροφορία στο παγκόσμιο ιστό είτε μέσω των συνδέσμων, που παρέχουν οι Ιστοσελίδες προς άλλες με σχετικό (ή όχι) περιεχόμενο είτε, μέσω ειδικών μηχανών αναζήτησης.

Για την αναζήτηση πληροφορίας στο παγκόσμιο ιστό έχουν αναπτυχθεί ειδικά εργαλεία αναζήτησης. Οι μηχανές αυτές συμβουλευόμενες τις βάσεις δεδομένων, που διαθέτουν, μας οδηγούν στην πληροφορία, που ζητήσαμε. Χαρακτηριστικά παραδείγματα μηχανών αναζήτησης είναι οι: Aliweb, Alta Vista, Lycos, Excite, Infoseek, In, thea κ.λπ.

Η δημοτικότητα του παγκόσμιου ιστού είναι καταπληκτική. Από 130 Web sites που υπήρχαν το 1993, το 1994 ξεπέρασαν τις 10.000, το 1996 τις 100.000 και το 1997 υπολογίζεται ότι ξεπέρασαν τις 650.000. Το 1994 μέσω του παγκόσμιου ιστού διακινούνταν περίπου το 6 % της συνολικής κίνησης του Διαδικτύου, ενώ το 1995 το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 24 %. Ο αριθμός χρηστών του παγκόσμιου ιστού ήταν περίπου 5 εκατομμύρια το 1996 και αναμένεται να φτάσει τα 22 εκατομμύρια το 2000.

Ασύρματο Διαδίκτυο

Η ανάπτυξη του **Ασύρματου Πρωτοκόλλου Εφαρμογής (Wireless Application Protocol, WAP)**, καθώς επίσης και η παρουσίαση των πρώτων κινητών συσκευών προηγμένης τεχνολογίας που υποστηρίζουν αυτό το πρωτόκολλο, δίνουν πλέον την δυνατότητα στους χρήστες για ασύρματη πρόσβαση στο Διαδίκτυο.

Έτσι σήμερα μπορεί κανείς χρησιμοποιώντας το κινητό του τηλέφωνο να:

- Περιπλανηθεί και να πραγματοποιεί συναλλαγές στο Διαδίκτυο.
- Να αναζητά πληροφορίες από βάσεις δεδομένων.
- Να στέλνει και να δέχεται ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail).
- Να κάνει κρατήσεις εισιτηρίων.
- Να ενημερώνεται για τους τραπεζικούς του λογαριασμούς, να πληρώνει λογαριασμούς και να μεταφέρει χρήματα.
- Να ενημερώνεται για τις τιμές στο χρηματιστήριο.

Ιδιωτικά εσωτερικά δίκτυα τεχνολογίας TCP/IP (Intranets)

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει η ανάπτυξη δικτύων οργανισμών ή επιχειρήσεων, τα οποία χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα επικοινωνίας του Διαδικτύου και τα πρότυπα περιεχομένων του Παγκόσμιου Ιστού. Αυτά τα δίκτυα ονομάζονται ιδιωτικά εσωτερικά δίκτυα τεχνολογίας TCP/IP (intranets) και, συνήθως, χρησιμοποιούνται από οργανισμούς ή επιχειρήσεις, που επιθυμούν να έχουν πρόσβαση στο δίκτυό τους μόνο μέλη του προσωπικού τους.

Το intranet είναι, δηλαδή, πολύ απλά ένα δίκτυο Internet στο εσωτερικό μιας επιχείρησης. Με το τρόπο αυτό, οι υπολογιστές της επιχείρησης επικοινωνούν μεταξύ τους, όπως ακριβώς επικοινωνούν οι υπολογιστές στο Διαδίκτυο. Ένα δίκτυο intranet δεν περιορίζεται σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, αντίθετα μπορεί να εκτείνεται σε διάφορες περιοχές, όπου βρίσκονται γραφεία ή εγκαταστάσεις του οργανισμού, επιτρέποντας, όμως, πρόσβαση μόνο εσωτερικά στον οργανισμό.

Χαρακτηριστικές υπηρεσίες, που μπορεί να προσφέρει ένα intranet είναι:

- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.
- Πρόσβαση στο Διαδίκτυο και αναζήτηση πληροφοριών με χρήση εργαλείων Web.
- Ηλεκτρονική διακίνηση εγγράφων.

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά των intranets, είναι ότι είναι εύκολα επεκτάσιμα, παρέχουν στους χρήστες τη δυνατότητα εύκολης αναζήτησης, ανεύρεσης και πρόσβασης πληροφοριών (χρησιμοποιούν WWW clients, browsers), είναι συμβατά με τις περισσότερες υπολογιστικές πλατφόρμες και μπορούν να ενσωματώσουν εύκολα τις ήδη υπάρχουσες πηγές πληροφοριών του οργανισμού.

Τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου

Το Διαδίκτυο παρέχει επίσης τη δυνατότητα μετάδοσης φωνής, παρακάμπτοντας το σταθερό τηλεφωνικό δίκτυο. Η τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου πραγματοποιείται με τη χρήση ειδικού λογισμικού, που είναι εγκατεστημένο σε προσωπικό υπολογιστή πολυμέσων: διαθέτει, δηλαδή, κάρτα ήχου, μικρόφωνο, ηχεία και προφανώς σύνδεση στο Διαδίκτυο. Τα διάφορα είδη λογισμικού, που έχουν αναπτυχθεί, είναι φιλικά προς το χρήστη. Τα περισσότερα από αυτά υποστηρίζουν επικοινωνία μονής εναλλακτικής κατεύθυνσης (half duplex). Μπορεί, δηλαδή, να μιλά ένας κάθε φορά και όχι και οι δύο ταυτόχρονα. Όμως με τη χρήση κατάλληλων modem και λογισμικού τελευταίας τεχνολογίας είναι δυνατή και η επικοινωνία διπλής κατεύθυνσης (full duplex). Σε όλες, όμως, τις περιπτώσεις θα πρέπει να υπάρχει συμβατό λογισμικό και στα δύο μέρη.

Ανεξάρτητα από το εάν η επικοινωνία είναι διπλής ή μονής εναλλακτικής κατεύθυνσης (full ή half duplex), η μετάδοση φωνής στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου παρουσιάζει κάποια προβλήματα. Το γεγονός, ότι δεν υπάρχει σταθερή σύνδεση, από την οποία να διέρχονται τα δεδομένα (όπως στο τηλεφωνικό δίκτυο), σε συνδυασμό με τις υψηλές απαιτήσεις της φωνής σε θέματα συγχρονισμού και καθυστέρησης δημιουργούν προβλήματα στην επικοινωνία. Έτσι, πιθανή απώλεια πακέτων, που μεταφέρουν δεδομένα φωνής, ή τυχόν μεγάλες κα-

θυστερήσεις, που μπορούν να παρατηρηθούν, έχουν σαν αποτέλεσμα την παροχή φωνητικής τηλεφωνίας χαμηλής ποιότητας.

Άλλο σημαντικό μειονέκτημα είναι, ότι και τα δύο μέρη πρέπει να έχουν προγραμματίσει την κλήση εκ των προτέρων, είτε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, είτε μέσω σύντομης τηλεφωνικής κλήσης. Αυτό συμβαίνει γιατί το υπάρχον λογισμικό δεν επιτρέπει σε αυτόν που καλεί να ειδοποιεί τον καλούμενο μέσω σήματος κουδουνίσματος.

Μετάδοση εικόνας και ήχου μέσω του Διαδικτύου

Η μετάδοση αρχείων video μέσω του Διαδικτύου αρχικά παρουσίαζε κάποιες δυσκολίες, λόγω των αυξημένων τους απαιτήσεων σε χώρο αποθήκευσης και σε συνδέσεις υψηλών ταχυτήτων (ώστε να είναι δυνατή η ικανοποιητική προβολή των αρχείων). Οι χρήστες δυσκολεύονταν να χειριστούν αρχεία γραφικών, ήχου και video μέσω του Διαδικτύου λόγω του μεγάλου τους μεγέθους και, επομένως, του μεγάλου εύρους ζώνης, που απαιτούνταν κατά την μετάδοσή τους. Προκειμένου να γίνει δυνατή η μετάδοση video μέσω του Διαδικτύου, αναπτύχθηκαν ειδικές τεχνικές συμπίεσης και πρωτόκολλα, που μεταφέρουν συμπιεσμένο σήμα. Η συμπίεση είναι τεχνική, που προσφέρει τη δυνατότητα μεταφοράς σήματος με εύρος ζώνης μεγαλύτερο από αυτό, που επιτρέπει το κανάλι. Επιτυγχάνει, δηλαδή, την ελαχιστοποίηση της μεταδιδόμενης πληροφορίας, διατηρώντας, όμως, την ποιότητά της. Για τις τεχνικές συμπίεσης αναπτύχθηκαν τα συστήματα MPEG1 και MPEG2, ενώ για τη μετάδοση εικόνας και ήχου στο Διαδίκτυο αναπτύχθηκε το πρωτόκολλο H.323. Η ποιότητα της μεταδιδόμενης εικόνας φθάνει τα 12-15 καρέ το δευτερόλεπτο, αλλά δεν έχει φθάσει ακόμη στα επιθυμητά επίπεδα.

Η συμπίεση των αρχείων σε συνδυασμό με την εμφάνιση νέων τεχνικών μετάδοσης, με τις οποίες επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες και η δυνατότητα μεγάλων χώρων αποθήκευσης στους τελικούς χρήστες συντέλεσαν στο να ξεπεραστούν τα όποια προβλήματα μετάδοσης. Δίνεται, έτσι, στους χρήστες η δυνατότητα να επικοινωνούν σε πραγματικό χρόνο και να ανταλλάσσουν μεταξύ τους αρχεία πολυμέσων. Ο χρήστης μπορεί, σήμερα, να μεταφέρει σε πραγματικό χρόνο εικόνα από κάμερα, που είναι συνδεδεμένη στον υπολογιστή του και να συμμετέχει με αυτόν το τρόπο από το γραφείο του σε τηλεδιάσκεψη μέσω του Διαδικτύου. Για να μπορέσει να λειτουργήσει ένα σύστημα, που μεταφέρει σήμα ήχου και video μέσω του Διαδικτύου σε πραγματικό χρόνο, θα πρέπει να έχει σύνδεση τουλάχιστον στα 64 Kbps.

Παράδειγμα εφαρμογής ομαδικής επικοινωνίας μέσω του Διαδικτύου αποτελεί η εφαρμογή CU-SeeMe, που δημιουργήθηκε από ερευνητές του Cornell University και επιτρέπει την επικοινωνία μέχρι οκτώ ή δώδεκα ατόμων ταυτόχρονα. Με το πρόγραμμα CU-SeeMe δεν μεταδίδεται συνεχής εικόνα, αλλά η μετάδοση της εικόνας γίνεται κάθε φορά, που αυτή αλλάζει. Αυτή η τεχνική υστερεί όσον αφορά τη φυσικότητα της εικόνας, παρόλα αυτά, όμως, επιτρέπει την επικοινωνία (φωνή και εικόνα) σε πραγματικό χρόνο μεταξύ δύο ατόμων ή μικρών ομάδων μέσω δικτύου, που βασίζεται στην τεχνολογία TCP/IP.

Για να πραγματοποιηθεί η τηλεδιάσκεψη μέσω του Διαδικτύου απαιτείται υπολογιστής, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με κάρτα ήχου διπλής κατεύθυνσης (full duplex), κάρτα video και κάμερα. Χρειαζόμαστε, επίσης, μικρόφωνο, ηχεία, ακουστικά και modem για τη σύνδεση στο Διαδίκτυο. Φυσικά, δεν πρέπει να παραλείψουμε το κατάλληλο λογισμικό, το οποίο πρέπει να είναι διαθέσιμο (το ίδιο ή συμβατό) σε όλους τους χρήστες.

Συνομιλία πραγματικού χρόνου στο Διαδίκτυο με την μορφή κειμένου

Μέσω του Διαδικτύου μπορούμε να συζητάμε με τους φίλους μας, ανταλλάσσοντας μηνύματα σε μορφή κειμένου σε πραγματικό χρόνο. Τα μηνύματα και οι απαντήσεις, που πληκτρολογούμε στον υπολογιστή μας, εμφανίζονται την ίδια ακριβώς στιγμή στις οθόνες όλων όσων συμμετέχουν στην συζήτησή μας.

Δίνεται, έτσι η δυνατότητα να δημιουργούνται ομάδες χρηστών, οι οποίοι συζητούν για συγκεκριμένα θέματα ειδικού ενδιαφέροντος. Με αυτό το τρόπο ορίζονται περιοχές (χώροι) συζητήσεων, όπου μπορεί ο καθένας να πάρει μέρος ανάλογα με τα ενδιαφέροντα του. Τα προγράμματα, που υποστηρίζουν τέτοιες εφαρμογές χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα TCP/IP και δεν χρειάζεται να αναπτυχθεί κάποιο ειδικό πρωτόκολλο, όπως στην περίπτωση της μεταφοράς εικόνας και ήχου. Για να συμμετάσχουμε σε τέτοια συζήτηση, πρέπει να κάνουμε τα εξής βήματα:

- Αρχικά, να έχουμε εγκαταστήσει στον υπολογιστή μας το κατάλληλο λογισμικό.
- Αφού συνδεθούμε στο Διαδίκτυο, εκτελούμε το λογισμικό και δίνουμε την διεύθυνση του χρήστη ή του εξυπηρετητή, που φιλοξενεί το χώρο συζητήσεων, στον οποίο θέλουμε να συνδεθούμε.
- Περιμένουμε μέχρι να μας απαντήσει είτε ο συγκεκριμένος χρήστης, με τον οποίο συνδεθήκαμε, είτε ένας οποιοσδήποτε χρήστης από αυτούς που συμμετέχουν στο χώρο, που θέλουμε να συνδεθούμε.
- Μόλις ο χρήστης ή κάποιος από την ομάδα, που καλέσαμε, απαντήσει, είμαστε έτοιμοι να ξεκινήσουμε την επικοινωνία μας. Στην οθόνη του υπολογιστή μας αρχίζουν και εμφανίζονται σε ένα τμήμα αυτά, που πληκτρολογεί ο χρήστης με τον οποίο συνδεθήκαμε και σε ένα άλλο τμήμα, αυτά που πληκτρολογούμε εμείς.

Προγράμματα που υποστηρίζουν γραπτή επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, είναι πολλά, από τα οποία τα πιο χαρακτηριστικά τα: Talk, WinTalk, Chat, IRC (Internet Relay Chat), IRCII For Windows.

Ηλεκτρονικό Εμπόριο

Με τον όρο ηλεκτρονικό εμπόριο εννοούμε κάθε είδος εμπορικής δραστηριότητας, που πραγματοποιείται με τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων. Η χρησιμοποίηση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, προσφέρει τη δυνατότητα διεκπεραίωσης εμπορικών συναλλαγών από απόσταση, χωρίς να απαιτείται η φυσική παρουσία των ατόμων, που λαμβάνουν μέρος στην συναλλαγή. Με το τρόπο αυτό, οι συναλλαγές πραγματοποιούνται αυτόματα, ηλεκτρονικά και από απόσταση, χωρίς

να απαιτείται ούτε καν η χρήση χαρτιού ή fax. Οι συναλλαγές γίνονται μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών, που είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο και για την επικοινωνία τους χρησιμοποιούν συνήθως τηλεφωνικές γραμμές.

Το ηλεκτρονικό εμπόριο δεν αναφέρεται σε κάποια συγκεκριμένη τεχνολογία. Αντίθετα, συμπεριλαμβάνει όλους τους μηχανισμούς και τεχνολογίες, που συμμετέχουν στην ολοκλήρωση μιας εμπορικής συναλλαγής μέσω υπολογιστή. Παραδείγματα τέτοιων μηχανισμών είναι η **Ηλεκτρονική Ανταλλαγή Δεδομένων (Electronic Data Interchange – EDI)**, που ορίζει μία τυποποιημένη μορφή ανταλλαγής πληροφοριών και το e-mail.

Η πρακτική, που συνήθως ακολουθείται από τις επιχειρήσεις που υποστηρίζουν το ηλεκτρονικό εμπόριο, είναι η ακόλουθη:

- Αρχικά δημιουργείται μία θέση (Web Site) στο Διαδίκτυο, στο οποίο υπάρχουν κατάλογοι και διαφήμιση των προϊόντων τους.
- Μέσα από τις ιστοσελίδες τους, παρέχουν στους καταναλωτές τη δυνατότητα επικοινωνίας μαζί τους είτε με την αποστολή γραπτών μηνυμάτων (e-mail), είτε με κλήση (συνήθως ατελώς) στο τηλεφωνικό τους κέντρο.
- Για την εξυπηρέτηση των πελατών υπάρχουν ειδικά εκπαιδευμένοι αντιπρόσωποι, που απαντούν στις κλήσεις, που δέχεται το τηλεφωνικό κέντρο και καλύπτουν τις ανάγκες των καταναλωτών.
- Δίνεται η δυνατότητα στους καταναλωτές να δώσουν παραγγελίες προϊόντων μέσω του Διαδικτύου, συνήθως με χρέωση της πιστωτικής τους κάρτας, αλλά ακόμη και με εξόφληση του τιμολογίου κατά την παραλαβή της παραγγελίας.
- Τα προϊόντα αποστέλλονται είτε ηλεκτρονικά είτε φυσικά και παραλαμβάνονται από τον πελάτη στη διεύθυνση, που επιθυμεί.

Παρόλο που, αρχικά, υπήρχε η αντίληψη ότι το ηλεκτρονικό εμπόριο είναι κατάλληλο για συγκεκριμένα μόνο προϊόντα, όπως βιβλία, περιοδικά, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, λογισμικό και CDs, σήμερα βλέπουμε ότι έχει επεκταθεί και σε άλλους τομείς όπως έπιπλα, τρόφιμα, παιχνίδια, λουλούδια κ.α. Αν και τα τελευταία χρόνια με τη ραγδαία εξάπλωση και χρήση του Διαδικτύου έχει αρχίσει να αναπτύσσεται σημαντικά, εντούτοις για να μπορέσει να φτάσει στο βαθμό ανάπτυξης που όλοι θα επιθυμούσαν χρειάζεται να λυθεί ένας αριθμός σημαντικών ζητημάτων όπως: η προστασία, η ασφάλεια και η νομική κάλυψη των εμπλεκόμενων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Επικοινωνιακό υποδίκτυο ονομάζεται το σύνολο των κόμβων που παρεμβάλλονται κατά την αποστολή ενός πακέτου από τη πηγή στο προορισμό. Το επικοινωνιακό υποδίκτυο μπορεί να βασίζεται είτε στη φιλοσοφία των νοητών κυκλωμάτων, είτε στην αντίστοιχη των αυτοδύναμων πακέτων. Η τεχνολογία TCP/IP χρησιμοποιεί τα αυτοδύναμα πακέτα και αποτελεί πρότυπο, παγκόσμια

αποδεκτό, για τη διασύνδεση των δικτύων υπολογιστών. Το Διαδίκτυο, το οποίο βασίζεται στη τεχνολογία TCP/IP, είναι το μεγαλύτερο δίκτυο στον κόσμο με εκατομμύρια μικρότερα δίκτυα συνδεδεμένα σε αυτό.

Τα βασικότερα πρωτόκολλα, που χρησιμοποιούνται από την τεχνολογία TCP/IP, είναι τα IP και ICMP στο επίπεδο Δικτύου, τα TCP και UDP στο επίπεδο Μεταφοράς και ένα σύνολο πρωτοκόλλων Εφαρμογής. Για τη δρομολόγηση των πακέτων από την πηγή στο προορισμό χρησιμοποιούνται οι IP διευθύνσεις, οι οποίες αντιστοιχίζονται στις φυσικές από το πρωτόκολλο ARP. Επειδή είναι αρκετά δύσκολο οι χρήστες να θυμούνται τις IP διευθύνσεις, χρησιμοποιούν αντί αυτών συμβολικά ονόματα. Η μετατροπή των ονομάτων στις αντίστοιχες IP διευθύνσεις γίνεται από το σύστημα Ονομάτων Περιοχών (DNS). Οι αποφάσεις για τη δρομολόγηση των πακέτων λαμβάνονται από τον αλγόριθμο δρομολόγησης με την βοήθεια του πίνακα δρομολόγησης. Η επικοινωνία των δρομολογητών και η ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης πραγματοποιείται από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης.

Οι κυριότερες εφαρμογές της τεχνολογίας TCP/IP και Διαδικτύου είναι οι εξής: Telnet, FTP, e-mail, συνομιλία πραγματικού χρόνου στο Διαδίκτυο, WWW, ασύρματο Internet, τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου, Intranets και ηλεκτρονικό εμπόριο.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Για να διεκπεραιωθεί η μεταφορά των πακέτων από την πηγή στο προορισμό μεταξύ των κόμβων του επικοινωνιακού υποδικτύου απαιτείται η συνεργασία οντοτήτων επιπέδου:
 - α. Συνόδου
 - β. Μεταφοράς
 - γ. Δικτύου
 - δ. Διασύνδεσης δεδομένων
 - ε. Φυσικού Επιπέδου
2. Αντιστοιχήστε τα παρακάτω:

Νοητά κυκλώματα	•	• Τα πακέτα ακολουθούν τον ίδιο δρόμο
Αυτοδύναμα πακέτα	•	• Κάθε πακέτο ακολουθεί την δική του διαδρομή
3. Αντιστοιχήστε τα παρακάτω:

TCP/IP internet	•	• Παγκόσμιο δίκτυο, που χρησιμοποιεί τη τεχνολογία TCP/IP
Internet	•	• Κάθε TCP/IP δίκτυο
Intranet	•	• Κάθε ιδιωτικό δίκτυο, που χρησιμοποιεί τα πρωτόκολλα επικοινωνίας του Internet και τα πρότυπα περιεχομένων του WWW

4. Σχεδιάστε τη στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική των μοντέλων OSI και TCP/IP και δείξτε την αντιστοιχία μεταξύ των επιπέδων.
5. Ποιες από τις παρακάτω λειτουργίες αντιστοιχούν στο επίπεδο μεταφοράς, ποιες στο επίπεδο δικτύου, ποιες και στα δύο:
 - α. Διασπά τα προς μετάδοση πακέτα σε μικρότερα
 - β. Παρέχει τις λογικές διευθύνσεις
 - γ. Είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των πακέτων
 - δ. Παρέχει από άκρο σε άκρο επικοινωνία
6. Τι είναι τα TCP port και τι εξυπηρετούν;
7. Τι είναι ο έλεγχος ροής και πως εκτελείται από το πρωτόκολλο TCP;
8. Εξηγείστε με ποιο τρόπο μπορούν να πολυπλεχθούν τα δεδομένα τριών συσκευών, που κατευθύνονται στον ίδιο προορισμό και δώστε σχηματικό διάγραμμα με τα αντίστοιχα TCP port.
9. Αντιστοιχείστε τις παρακάτω λειτουργίες του πρωτοκόλλου TCP με τα αντίστοιχα πεδία της TCP επικεφαλίδας, που χρησιμοποιούνται για την υλοποίησή τους:

Έλεγχος ροής	•	• Αριθμός Σειράς
Επιβεβαίωση λήψης δεδομένων	•	• Παράθυρο
Θέση τμήματος στο αρχικό πακέτο	•	• Επιβεβαίωση
10. Τι είναι η TCP σύνδεση και πως προσδιορίζεται;
11. Τι είναι τα UDP port και τι εξυπηρετούν;
12. Ποια από τα παρακάτω είναι αληθή:
 - α. Το UDP δεν τεμαχίζει τα δεδομένα
 - β. Το UDP εκτελεί περισσότερες λειτουργίες από το TCP
 - γ. Το UDP είναι απλούστερο από το TCP
 - δ. Το UDP εξασφαλίζει αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, ενώ το TCP όχι
13. Ποια είναι η καταλληλότερη λέξη, για να περιγράψει τις διαφορές μεταξύ UDP, TCP;
14. Ποιο είναι το μέγιστο μήκος πακέτου, που υποστηρίζει το IP:
 - α. 64 bytes
 - β. 64 Kbytes
 - γ. 64 Mbytes
 - δ. 128 Kbytes
15. Δώστε τη δομή του IP αυτοδύναμου πακέτου και εξηγείστε την λειτουργία των πεδίων της επικεφαλίδας του;

16. Δώστε τις τιμές των πεδίων Μήκος επικεφαλίδας, Συνολικό Μήκος, DF, MF και Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος για ένα αυτοδύναμο πακέτο μήκους δεδομένων 5.000 bytes και επικεφαλίδας 20 bytes, το οποίο πρέπει να μεταδοθεί μέσω δικτύου που υποστηρίζει πακέτα συνολικού μήκους 820 bytes. Θεωρείστε ότι η επικεφαλίδα των αυτοδύναμων πακέτων, που προκύπτουν, αποτελείται μόνο από το σταθερό τμήμα της.
17. Εάν σε IP αυτοδύναμο πακέτο έχει τεθεί το πεδίο DF σε 1 και ένας δρομολογητής βρει, ότι είναι αδύνατο να το προωθήσει επειδή το δίκτυο υποστηρίζει μικρότερου μεγέθους πακέτα τι θα συμβεί;
18. Ποιες είναι οι τιμές των πεδίων DF και MF για ένα μη τεμαχισμένο αυτοδύναμο πακέτο;
19. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο λαμβάνεται με πεδία Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος 0 και MF 1. Σε ποιο συμπέρασμα οδηγείστε;
20. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο λαμβάνεται με πεδία Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος 200 και MF 1. Σε ποιο συμπέρασμα οδηγείστε;
21. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο με μέγεθος 1.500 οκτάδες στέλνεται με DF 1 σε δίκτυο με μέγεθος πακέτου 1.500 οκτάδες. Το μονοπάτι προς τον προορισμό γίνεται διαμέσου δικτύων που υποστηρίζουν πακέτα με μέγιστο μέγεθος 2.000 και 4.470 οκτάδες. Θα πραγματοποιηθεί διάσπαση του πακέτου σε μικρότερα;
22. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο με μέγεθος 1.500 οκτάδες και Πεδίο Αναγνώρισης 100 στέλνεται με DF 0 σε δίκτυο με μέγεθος πακέτου 1.500 οκτάδες. Το μονοπάτι προς τον προορισμό γίνεται διαμέσου δικτύου που υποστηρίζει πακέτα με μέγιστο μέγεθος 2.000 οκτάδες. Το δίκτυο προορισμού υποστηρίζει πακέτα των 1.500 οκτάδων. Θα πραγματοποιηθεί διάσπαση του πακέτου σε μικρότερα; εάν ναι, κάντε λίστα των πακέτων, που θα προκύψουν αναφέροντας τις τιμές των πεδίων: Αναγνώριση, MF, DF και Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος.
23. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο με μέγεθος 1.500 οκτάδες και Πεδίο Αναγνώρισης 100 στέλνεται με DF 0 σε δίκτυο με μέγεθος πακέτου 1.500 οκτάδες. Το μονοπάτι προς τον προορισμό γίνεται διαμέσου δικτύου που υποστηρίζει πακέτα με μέγιστο μέγεθος 625 οκτάδες. Το δίκτυο προορισμού υποστηρίζει πακέτα των 1.500 οκτάδων. Θα πραγματοποιηθεί διάσπαση του πακέτου σε μικρότερα; εάν ναι, κάντε λίστα των πακέτων, που θα προκύψουν αναφέροντας τις τιμές των πεδίων: Αναγνώριση, MF, DF και Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος.

24. Δώστε τη δομή της MAC διεύθυνσης και εξηγήστε τη λειτουργία κάθε πεδίου;
25. Δώστε τη γενική μορφή των IP διευθύνσεων και εξηγήστε τη λειτουργία κάθε πεδίου;
26. Πόσες κλάσεις IP διευθύνσεων γνωρίζετε και ποιος ήταν ο λόγος, που οδήγησε στη δημιουργία τους;
27. Εξηγήστε πως με διεύθυνση κλάσης A μπορεί να γίνει διαίρεση ενός δικτύου σε υποδίκτυα εσωτερικά από έναν οργανισμό.
28. Εξηγήστε, πως με μία μάσκα υποδικτύου μπορούμε να πάρουμε τη διεύθυνση υποδικτύου, γνωρίζοντας την IP διεύθυνση υπολογιστή. Δώστε παράδειγμα.
29. Δώστε την έννοια των διευθύνσεων 255.255.255.255 και 124.56.255.255.
30. Πως προσδιορίζονται τα τμήματα Δικτύου και Υπολογιστή διεύθυνσης IP στο σύστημα Ανεξαρτήτου Κλάσεων Δρομολόγησης Υπερ-περιοχών (CIDR);
31. Ποια είναι η βασική λειτουργία του πρωτοκόλλου ARP:
 - α. Η μετατροπή των ονομάτων σε IP διευθύνσεων
 - β. Η μετατροπή των IP διευθύνσεων σε MAC διευθύνσεις
 - γ. Ο καθορισμός των διαδρομών, που θα ακολουθήσουν τα πακέτα
32. Δώστε με μία φράση τη διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ARP και RARP.
33. Γιατί χρειάζεται το πρωτόκολλο ARP;
34. Η IP διεύθυνση προσδιορίζει:
 - α. Μία συγκεκριμένη σύνδεση στο δίκτυο
 - β. Μία συσκευή του δικτύου
 - γ. Μία διαδρομή
35. Εξηγήστε με μία φράση, γιατί η διατήρηση αρχείων σε κάθε υπολογιστή δεν αποτελεί καλή λύση ούτε για τη μετατροπή των IP σε MAC διευθύνσεις ούτε για τη μετατροπή των συμβολικών ονομάτων σε IP διευθύνσεις.
36. Δώστε τους βασικούς κανόνες ονοματολογίας του χώρου ονομάτων DNS καθώς και ένα παράδειγμα εφαρμογής τους.
37. Ποιος είναι ο ρόλος ενός DNS εξυπηρετητή;
38. Εξηγήστε, πως ο αλγόριθμος δρομολόγησης επηρεάζει τη ρυθμοαπόδοση και τη μέση καθυστέρηση ενός δικτύου.
39. Δώστε τα κριτήρια, με βάση τα οποία οι αλγόριθμοι δρομολόγησης λαμβάνουν τις αποφάσεις τους.

40. Αντιστοιχήστε τους παρακάτω αλγόριθμους δρομολόγησης με την κατάλληλη μέθοδο λήψης αποφάσεων:
- | | | |
|---|---|--|
| Συγκεντρωτικός αλγόριθμος δρομολόγησης | • | Χρησιμοποιούνται σταθερές διαδρομές |
| Κατανεμημένος αλγόριθμος δρομολόγησης | • | Οι αποφάσεις λαμβάνονται από κεντρικό κόμβο |
| Στατικός αλγόριθμος δρομολόγησης | • | Οι αποφάσεις λαμβάνονται κατανεμημένα (μεταξύ των κόμβων του δικτύου) |
| Αλγόριθμος Προσαρμοζόμενης δρομολόγησης | • | Οι αποφάσεις βασίζονται σε εκτιμήσεις ή μετρήσεις της τρέχουσας τοπολογίας του δικτύου |
41. Πως λειτουργεί η χρήση ενός προεπιλεγμένου δρομολογητή;
42. Δώστε τον αλγόριθμο δρομολόγησης, που χρησιμοποιεί το IP.
43. Θεωρήστε, ότι τέσσερα δίκτυα (α,β,γ,δ) αποτελούμενα από πέντε υπολογιστές το καθένα, συνδέονται μέσω δρομολογητή. Για πακέτο με πηγή υπολογιστή του δικτύου α και προορισμό υπολογιστή του δικτύου β, δώστε τις IP και Ethernet διευθύνσεις (εικονικές), σημειώνοντας τους ενδιάμεσους σταθμούς, από τους οποίους θα περάσει και τις τροποποιήσεις που θα υποστεί.
44. Δώστε με μία φράση το ρόλο των πρωτοκόλλων δρομολόγησης.
45. Δώστε τις κατηγορίες, στις οποίες διακρίνονται τα πρωτόκολλα δρομολόγησης.
46. Ποιο είναι το βασικό μειονέκτημα του πρωτοκόλλου RIP (το οποίο ισχύει για όλα τα πρωτόκολλα δρομολόγησης απόστασης δικτύου);
47. Αναφέρατε τις διαδικασίες του πρωτοκόλλου EGP.
48. Τι πλεονεκτήματα προσφέρει το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο σε σχέση με το συμβατικό;
49. Ποια η κυριότερη διαφορά του πρωτοκόλλου FTP από το πρωτόκολλο Telnet και SMTP;
50. Περιγράψτε με μία φράση τον Παγκόσμιο Ιστό.
51. Τι είναι το υπερκείμενο και τι τα υπερμέσα;
52. Τι είναι το intranet και ποια τα πλεονεκτήματα που προσφέρει;
53. Ποια προβλήματα παρουσιάζονται κατά τη μετάδοση φωνητικής τηλεφωνίας μέσω του Internet;

54. Ποια ήταν τα σημαντικότερα προβλήματα, που έπρεπε να ξεπεραστούν για τη μετάδοση εικόνας και ήχου μέσω του Διαδικτύου;
55. Περιγράψτε σε βήματα, πως επιτυγχάνεται η συνομιλία σε πραγματικό χρόνο με τη μορφή κειμένου στο Διαδίκτυο.
56. Ποια είναι η συνήθης πρακτική που ακολουθείται από τις επιχειρήσεις που υποστηρίζουν το ηλεκτρονικό εμπόριο;

Βιβλιογραφία

1. Θ. Αποστολόπουλος, *Δίκτυα Υπολογιστών*, Αθήνα 1994.
2. Θ. Αποστολόπουλος, *Ανώτερα επίπεδα σε δίκτυα υπολογιστών*, Αθήνα 1995.
3. Μωυσή Α. Μπουντουρίδη, *Μία Γενική Παρουσίαση του Internet και του Παγκόσμιου Ιστού*, 1996, <http://www.math.upatras.gr/~mboundour>.
4. Μωυσή Α. Μπουντουρίδη, *Τηλεματική και Εκπαίδευση από Απόσταση*, <http://www.math.upatras.gr/~mboundour>.
5. Comer D., *Internetworking with TCP/IP, Vol. 1: Principles, Protocols and Architecture*, 3rd Ed., Prentice Hall, 1995.
6. Hedrick C. L., *Introduction to the Internet protocols*, Computer Science Facilities Group, Rutgers University, July 1987.
7. Karanjit Siyan, *Inside TCP/IP*, Third Edition, Macmillan Computer Publishing, ISBN 156-205-714-6.
8. Leiner, Cerf, Clark, Kahn, Kleinrock, Lynch, Postel, Roberts and Wolff, *Brief History of the Internet*, Internet Society (ISOC) 1998.
9. Ramteke T., *Networks*, Prentice Hall, 1994.
10. *RFC 768: User datagram Protocol*, Editor: J. Postel, USC/Information Sciences Institute, September 1981.
11. *RFC 791: Internet Protocol*, Editor: J. Postel, USC/Information Sciences Institute, September 1981.
12. *RFC 792: Internet Control Message Protocol*, Editor: J. Postel, USC/Information Science Institute, September 1981.
13. *RFC 793: Transmission Control Protocol*, Editor: J. Postel, USC/Information Science Institute, September 1981.
14. *RFC 1180: TCP/IP tutorial*, Editors: T.J Socolofsky, C.J. Kale, Spider System Ltd., January 1991.
15. *RFC 1518: An Architecture for IP Address Allocation with CIDR*, Editors: Y. Rekhter, T.J. Watson Research Center, IBM Corp.; T. Li, Cisco Systems, Inc. September 1993.
16. *RFC 1519: Classless interdomain Routing (CIDR): An Address Assignment and Aggregation Strategy*, V. Fuller, BARRNet, T. Li, Cisco Systems, Inc.; J. Yu, MERIT; K. Varadhan, OARnet. September 1993.

17. *RFC 1520: Exchanging Routing Information across Provider Boundaries in the CIDR Environment*, Y. Rekhter, T.J. Watson Research Center, IBM Corp.; C. Topolcic, CNRI. September 1993.
18. *RFC 2151: Internet and TCP/IP Tools and Utilities*, Editors: G. Kessler, S. Shephard, Hill Associates, June 1997.
19. Stallings W., *Data & Computer Communications*, 6th ed., Prentice Hall, 2000.
20. Tanenbaum A., *Δίκτυα Υπολογιστών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1992.