

Κεφάλαιο 7

Διαδικτύωση – Internet

Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο τρόπος επικοινωνίας σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Το κεφάλαιο εστιάζεται στο *Επίπεδο Δικτύου* του OSI (το οποίο είδατε στο μάθημα της Β' Τάξης). Γίνεται ωστόσο αναφορά και στα ανώτερα επίπεδα του OSI για να γίνουν καλύτερα κατανοητές οι διαδικασίες επικοινωνίας των εφαρμογών μέσω δικτύου. Οι βασικές αρχές επικοινωνίας εξηγούνται με τη βοήθεια του πρωτοκόλλου *TCP/IP* (Transmission Control Protocol / Internet Protocol, Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης και Διαδικτύου) και με την εφαρμογή του στο *Παγκόσμιο Διαδίκτυο* (Internet).

Οι βασικές έννοιες του κεφαλαίου είναι:

- Η διεύθυνση ενός υπολογιστή
- Το όνομα ενός υπολογιστή
- Η διαδρομή που ακολουθούν τα πακέτα μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους

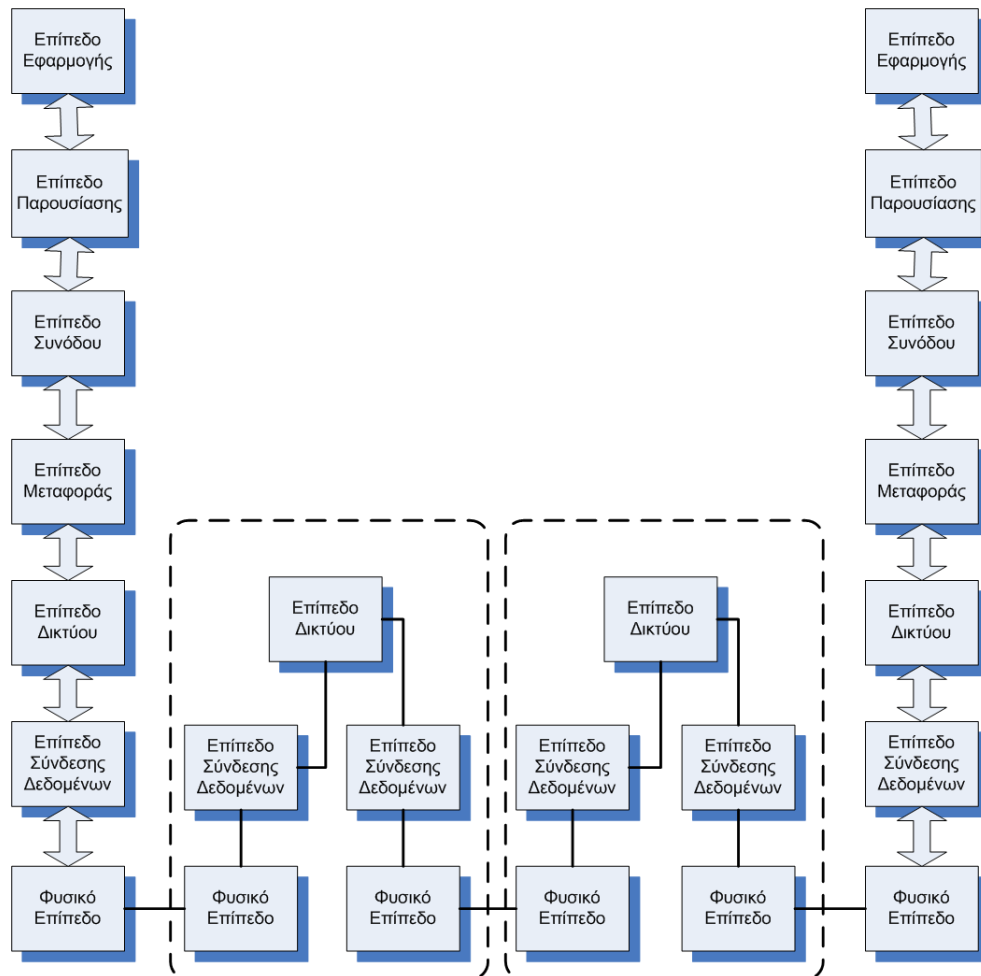
και φυσικά πως όλα τα παραπάνω συσχετίζονται μεταξύ τους.

7.1 Επίπεδο Δικτύου

7.1.1 Γενικές Αρχές

Το επίπεδο δικτύου ασχολείται με τη μεταφορά των πακέτων από την αφετηρία στον προορισμό τους και καθορίζει τη διαδρομή που θα ακολουθήσουν. Στα δίκτυα ευ-

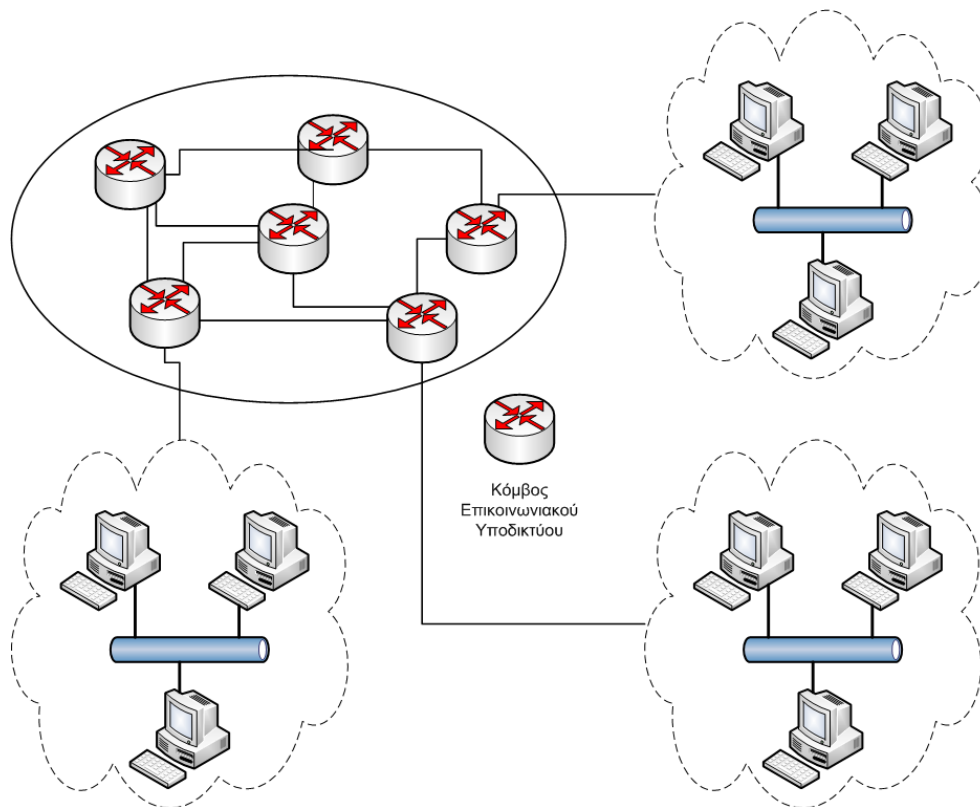
ρείας περιοχής που εξετάζουμε, τα πακέτα για να φτάσουν στον προορισμό τους χρειάζεται να περάσουν από ένα αριθμό ενδιάμεσων κόμβων. Οι κόμβοι αυτοί συμμετέχουν στη διαδικασία παράδοσης. Στο σχήμα 7.1 φαίνεται ότι το επίπεδο δικτύου είναι το χαμηλότερο από τα επίπεδα του OSI που ασχολείται με την επικοινωνία από άκρο σε άκρο. Το επίπεδο δικτύου παρέχει μια *νοητή γραμμή επικοινωνίας* μεταξύ δύο υπολογιστών ενός δικτύου. Το σημαντικό σημείο είναι ότι το επίπεδο δικτύου



Σχήμα 7.1: Αρχιτεκτονική Μοντέλου OSI

δεν χρησιμοποιείται μόνο στους κόμβους πηγής και προορισμού αλλά και σε όλους τους ενδιάμεσους κόμβους που συμμετέχουν στην επικοινωνία. Για να μπορέσει λοιπόν να παραδοθεί ένα πακέτο θα πρέπει να συνεργαστούν μεταξύ τους όλα τα επίπεδα δικτύου των ενδιάμεσων και των αρχικών κόμβων (πηγής και προορισμού). Αυτό σημαίνει ότι οι ενδιάμεσοι κόμβοι (Σχήμα 7.2 θα πρέπει να διαθέτουν και να μπορούν να χρησιμοποιήσουν όλα τα κατώτερα επίπεδα του OSI, τουλάχιστον μέχρι

το επίπεδο δικτύου (Δηλ. το φυσικό, το σύνδεσης δεδομένων και το δικτύου). Το σύνολο των ενδιάμεσων κόμβων που εξασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ των τελικών υπολογιστών ονομάζεται **επικοινωνιακό υποδίκτυο**. Σκοπός του υποδικτύου αυτού είναι η μεταφορά των πακέτων από την πηγή στον προορισμό. Με τον τρόπο αυτό γίνεται λογικός διαχωρισμός μεταξύ των θεμάτων επικοινωνίας (που αναλαμβάνει το επικοινωνιακό υποδίκτυο) και των θεμάτων των εφαρμογών (που είναι αρμοδιότητα των τελικών υπολογιστών και των οποίων ο χειρισμός γίνεται συνήθως σε ανώτερα επίπεδα του OSI). Το επίπεδο δικτύου σε κάθε κόμβο αποφασίζει για τη



Σχήμα 7.2: Γενική εικόνα δικτύου υπολογιστών

διαδρομή που θα ακολουθήσει κάθε πακέτο μέχρι να φτάσει στον επόμενο κόμβο. Η διαδρομή αυτή βασίζεται στα στοιχεία που έχει ο κόμβος στη διάθεση του και τα οποία αφορούν συνήθως την τοπολογία του δικτύου καθώς και την κατάσταση των γραμμών επικοινωνίας. Γίνεται πάντοτε προσπάθεια να επιλεγεί η καλύτερη δυνατή διαδρομή: Για παράδειγμα καλύτερη μπορεί να είναι η συντομότερη (αυτή που περνάει από τον μικρότερο δυνατό αριθμό ενδιάμεσων κόμβων) ή αυτή που τη δεδομένη στιγμή χρησιμοποιεί τους κόμβους που έχουν τη μικρότερη κίνηση (εξασφαλίζοντας έτσι ότι η κατανομή του φορτίου στο δίκτυο είναι ομοιόμορφη, και δεν

υπάρχουν υπερφορτωμένες και άδειες γραμμές).

Το επίπεδο δικτύου προσφέρει γενικά δύο κατηγορίες υπηρεσιών:

- Υπηρεσίες χωρίς σύνδεση
- Υπηρεσίες προσανατολισμένες σε σύνδεση

Ανεξάρτητα από τον τύπο υπηρεσιών που υποστηρίζει το επίπεδο δικτύου, το επικοινωνιακό υποδίκτυο μπορεί να βασίζεται σε δύο διαφορετικές φιλοσοφίες:

- Νοητού Κυκλώματος (Virtual Circuit, VC)
- Αυτοδύναμων πακέτων (datagrams)

Σημείωση: Έχετε συναντήσει τις παραπάνω έννοιες στις τεχνικές μεταγωγής στο μάθημα της Β' τάξης.

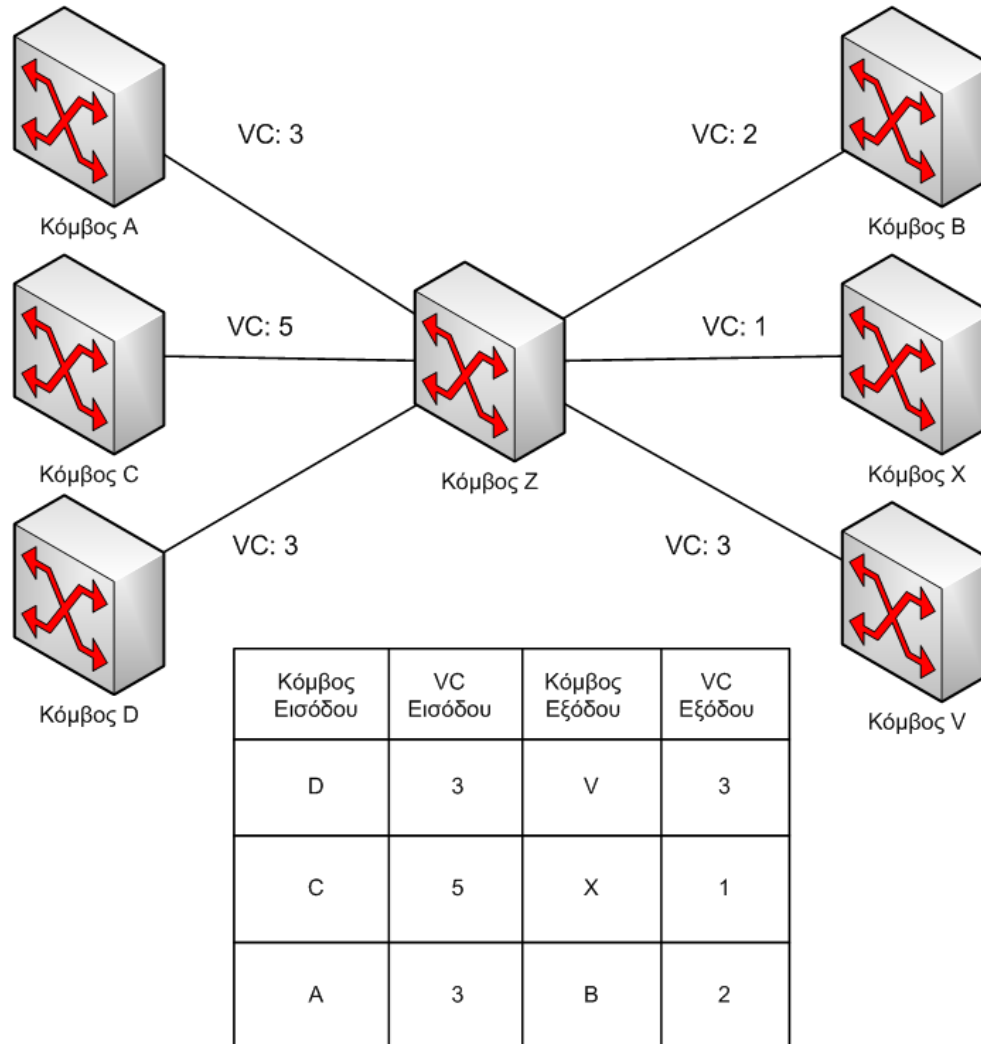
Τα νοητά κυκλώματα χρησιμοποιούνται κυρίως για υπηρεσίες με σύνδεση. Στην περίπτωση αυτή, όλες οι αποφάσεις που αφορούν τη διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα πακέτα μέσα από το επικοινωνιακό δίκτυο λαμβάνονται από την αρχή, και πριν ξεκινήσει η κανονική μετάδοση των δεδομένων. Όλα τα πακέτα που ανήκουν στην ίδια επικοινωνία θα ακολουθήσουν την ίδια διαδρομή. Φαίνεται έτσι σαν να υπάρχει ένα συγκεκριμένο μονοπάτι μέσα από τους κόμβους, το οποίο όμως δεν έχει δημιουργηθεί από πραγματικές φυσικές γραμμές αλλά από συμφωνία των κόμβων μεταξύ τους.

Τι μεταγωγή θα είχαμε αν το μονοπάτι δημιουργούνταν με απευθείας φυσικές συνδέσεις;

Φυσικά, αυτό σημαίνει ότι για μια συγκεκριμένη σύνδεση κάθε κόμβος που μετέχει θα πρέπει να μπορεί να αναγνωρίσει ότι το εισερχόμενο πακέτο ανήκει σε αυτήν και να θυμάται σε ποιο επόμενο κόμβο πρέπει να το στείλει (καθώς όλα τα πακέτα μιας τέτοιας σύνδεσης πρέπει να ακολουθούν την ίδια διαδρομή). Για να γίνει αυτό, κάθε κόμβος του επικοινωνιακού υποδικτύου διαθέτει ένα πίνακα με μια καταχώριση για κάθε νοητό κύκλωμα στο οποίο μετέχει (ένας κόμβος μπορεί κάθε φορά να μετέχει σε ένα αριθμό από νοητά κυκλώματα και πρέπει να αναγνωρίζει ποιο πακέτο ανήκει σε ποιο κύκλωμα). Τα στοιχεία που περιλαμβάνει μια τέτοια καταχώριση είναι:

- Αριθμός εισερχόμενου νοητού κυκλώματος
- Γραμμή εισόδου
- Αριθμός εξερχόμενου νοητού κυκλώματος

- Γραμμή εξόδου



Σχήμα 7.3: Λειτουργία Νοητών Κυκλωμάτων

Σε κάθε περίπτωση, όταν γίνεται εγκατάσταση μιας σύνδεσης δικτύου ανατίθεται σε αυτήν ένας μοναδικός αναγνωριστικός αριθμός, ο **αριθμός νοητού κυκλώματος**. Ο αριθμός αυτός παράγεται τοπικά από τον κόμβο που ξεκινάει την αποστολή και δεν μπορεί να είναι ίδιος με κανένα άλλο που χρησιμοποιείται τη δεδομένη στιγμή από τον ίδιο κόμβο για κάποια άλλη σύνδεση. Ο αναγνωριστικός αριθμός γίνεται γνωστός και αποθηκεύεται στους πίνακες κατάστασης όλων των ενδιαμέσων κόμβων που μετέχουν στη συγκεκριμένη επικοινωνία. Βέβαια, μπορεί σε κάποιο ενδιάμεσο κόμβο ο αριθμός αυτός να χρησιμοποιείται ήδη από μια άλλη σύνδεση και να μην είναι ελεύθερος. Για αυτό το λόγο οι κόμβοι αυτοί έχουν την δυνατότητα να τροπο-

ποιούν τον αριθμό νοητού κυκλώματος των εισερχόμενων πακέτων και αποθηκεύουν την πληροφορία αυτή (ποιος αριθμός έχει τροποποιηθεί και με ποιο τρόπο) στον πίνακα κατάστασης τους.

Στο σχήμα 7.3 φαίνεται μια τέτοια περίπτωση: Τα πακέτα από τον κόμβο A με αναγνωριστικό αριθμό νοητού κυκλώματος 3, μεταδίδονται στο B με αναγνωριστικό αριθμό 2, καθώς το 3 χρησιμοποιείται ήδη για την επικοινωνία D και V.

Στα υποδίκτυα αυτοδύναμων πακέτων δεν επιλέγεται διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσουν όλα τα πακέτα μιας επικοινωνίας, ακόμα και αν χρησιμοποιούμε υπηρεσίες με σύνδεση. Κάθε πακέτο μπορεί να ακολουθήσει διαφορετική διαδρομή για να φτάσει στον προορισμό του. Στην περίπτωση αυτή, οι πίνακες των κόμβων περιέχουν στοιχεία που προσδιορίζουν σε ποια γραμμή (κόμβο) πρέπει να σταλεί κάθε εισερχόμενο πακέτο ώστε να φτάσει στον προορισμό του.

Τόσο στην περίπτωση που ένα δίκτυο χρησιμοποιεί αυτοδύναμα πακέτα όσο και στη περίπτωση που χρησιμοποιεί νοητά κυκλώματα, μπορούμε να έχουμε υπηρεσίες με σύνδεση και υπηρεσίες χωρίς σύνδεση.

7.2 Τεχνολογία TCP/IP

7.2.1 Εισαγωγή στην Τεχνολογία TCP/IP

Αν και στις μέρες μας ο όρος TCP/IP χρησιμοποιείται για να περιγράψει πολλές διαφορετικές έννοιες, η ερμηνεία που έχει επικρατήσει περισσότερο αναφέρεται σε ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας για μεταφορά δεδομένων.

Σημείωση κατανόησης: Πρωτόκολλο γενικά στις επικοινωνίες ονομάζουμε ένα σύνολο κανόνων οι οποίοι ορίζουν μια γλώσσα επικοινωνίας. Σκοπός του πρωτοκόλλου είναι να δίνεται η δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ συσκευών διαφορετικού τύπου και κατασκευαστών μεταξύ τους. Για παράδειγμα, θα μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους υπολογιστές με διαφορετικά λειτουργικά (π.χ. Windows και UNIX) ή ακόμα και διαφορετικές συσκευές (υπολογιστής με κινητό τηλέφωνο).

Το TCP/IP σημαίνει *Transmission Control Protocol / Internet Protocol* και θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι πρόκειται για συνδυασμό αυτών των δύο πρωτοκόλλων. Στην πραγματικότητα ωστόσο, το TCP και το IP είναι δύο χωριστά πρωτόκολλα (χρησιμοποιούνται όμως πάρα πολύ συχνά σε συνδυασμό όπως θα δούμε, καθώς το ένα χρειάζεται για να μεταφέρει τα δεδομένα που δημιουργεί το άλλο).

Ακόμα το TCP/IP αποτελεί στην πραγματικότητα μια *τεχνολογία επικοινωνίας* η οποία περιλαμβάνει και πλήθος άλλων πρωτοκόλλων που δεν περιέχονται στο όνομα του.

Σημείωση κατανόησης: Μπορεί να έχετε ακούσει μερικά από αυτά: Πρόκειται για πρωτόκολλα όπως το FTP (File Transfer Protocol, πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol, απλό πρωτόκολλο μεταφοράς ταχυδρομείου) κλπ.

Το όνομα TCP/IP έχει επικρατήσει επειδή πρόκειται για τα δύο πιο γνωστά πρωτόκολλα της ομάδας. Η ελληνική απόδοση των όρων είναι *Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης / Πρωτόκολλο Διαδικτύου*. Η ανάγκη για τη δημιουργία του TCP/IP προέκυψε από το γεγονός ότι πριν από αυτό, συσκευές διαφορετικών κατασκευαστών ή με διαφορετικά λειτουργικά δεν μπορούσαν (εύκολα) να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Η επικράτηση του TCP/IP οφείλεται στους παρακάτω λόγους:

- Είναι πρωτόκολλο ανοικτό και διαθέσιμο σε όλους
- Υπήρχε ανάγκη για ένα μόνο κοινό πρότυπο

Το πρωτόκολλο TCP/IP έχει σήμερα καθολική αναγνώριση και λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο στις συσκευές όλων των κατασκευαστών εξασφαλίζοντας έτσι εύκολη επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών υπολογιστικών συστημάτων. Μάλιστα όταν χρησιμοποιείται TCP/IP, δεν χρειάζεται καμιά διαδικασία μετατροπής δεδομένων για τη μεταφορά από ένα σύστημα σε ένα άλλο (ακόμα και αν αυτά είναι διαφορετικών κατασκευαστών, αποτελούνται από διαφορετικό υλικό (hardware) ή χρησιμοποιούν διαφορετικά λειτουργικά συστήματα).

Σημείωση: Όταν χρησιμοποιούμε τον όρο TCP/IP θα εννοούμε από εδώ και μπρος μόνο το πρωτόκολλο TCP και το πρωτόκολλο IP. Όταν θέλουμε να αναφερθούμε σε όλη την οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP θα τα αναφέρουμε ως **πρωτόκολλα TCP/IP** ή ως **τεχνολογία TCP/IP** ή **τεχνολογία Διαδικτύου (Internet)**.

Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα TCP/IP, αναφέρονται και ως διαδίκτυα TCP/IP (TCP/IP internets). Δεν θα πρέπει ωστόσο να μπερδεύουμε την έννοια των TCP/IP διαδικτύων με το **Παγκόσμιο Διαδίκτυο (Internet)**.

Παρατηρήστε ότι όταν αναφερόμαστε στο Παγκόσμιο Διαδίκτυο γράφουμε τη λέξη Internet με κεφαλαίο “I” ενώ για ένα δικό μας διαδίκτυο TCP/IP, χρησιμοποιούμε τη λέξη internet με μικρό γράμμα.

Ένα διαδίκτυο TCP/IP μπορεί να είναι ένα οποιοδήποτε δίκτυο βασίζεται στην τεχνολογία TCP/IP. Το Διαδίκτυο (Internet) όμως είναι το μεγαλύτερο παγκόσμιο δίκτυο υπολογιστών το οποίο εκτείνεται σε όλες τις ηπείρους και συνδέει μεταξύ τους εκατομμύρια υπολογιστών. Η τεχνολογία του βασίζεται φυσικά στα πρωτόκολλα TCP/IP (στην πραγματικότητα δημιουργείται ενώνοντας μεταξύ τους πολλά μικρότερα δίκτυα υπολογιστών).

Είναι επίσης δυνατόν να σχεδιάσουμε το εσωτερικό (τοπικό) δίκτυο μιας εταιρίας ώστε να λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με το Internet. Θα μπορούσαμε π.χ. να δημιουργήσουμε τις εφαρμογές της εταιρίας μας με τέτοιο τρόπο ώστε ο χειρισμός τους να γίνεται μέσω ιστοσελίδων Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web, WWW). Ένα τέτοιο ιδιωτικό δίκτυο που μοιάζει στη λειτουργία του με το Internet, ονομάζεται *εσωτερικό ιδιωτικό δίκτυο τεχνολογίας TCP ή intranet*. Θα το ακούσετε ακόμα και με τον όρο *ενδοδίκτυο*.

Ιστορικό Σημείωμα: Οι βάσεις του Διαδικτύου τέθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960 από την Υπηρεσία Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων του Υπουργείου Αμύνης των ΗΠΑ (ARPA, Advanced Research Projects Agency). Η υπηρεσία αυτή μετονομάστηκε αργότερα σε DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). Στα μέσα της δεκαετίας του 1960, υπήρχε ήδη μεγάλη εξάπλωση των υπολογιστών στις στρατιωτικές επικοινωνίες, αλλά και ένα μεγάλο πρόβλημα. Οι υπολογιστές αυτοί προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και δεν μπορούσαν να συνεργαστούν μεταξύ τους. Οι κατασκευαστές έντεχνα φρόντιζαν να φτιάχνουν πρωτόκολλα με τα οποία μπορούσαν να επικοινωνήσουν μόνο τα δικά τους προϊόντα μεταξύ τους. Έτσι ο στρατός είχε ετερογενή δίκτυα (υπολογιστές διάφορων κατασκευαστών) τα οποία όμως δεν μπορούσαν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, αλλά και με τη σκέψη ότι σε περίπτωση πολέμου θα έπρεπε να υπάρχει κάποιο σύστημα τηλεπικοινωνιών το οποίο να λειτουργεί ακόμα και αν έχει καταστραφεί μεγάλο μέρος των γραμμών επικοινωνίας, δημιουργήθηκε ένα δίκτυο βασισμένο στην τεχνική μεταγωγής πακέτων. Η βασική υπόθεση (παραδοχή) για τη σχεδίαση και δημιουργία του ήταν ότι οι συνδέσεις μεταξύ των πόλεων θα πρέπει να θεωρούνται εντελώς αναξίπιστες. Το αρχικό αυτό δίκτυο ονομάστηκε ARPANET και αποτελούνταν από μισθωμένες γραμμές που συνδέονταν σε κόμβους μεταγωγής.

Το ARPANET άρχισε να λειτουργεί επίσημα το 1971, και οι πρώτες υπηρεσίες που παρείχε ήταν η μεταφορά αρχείων και η απομακρυσμένη σύνδεση (Σημείωση: Πρόκειται για τις υπηρεσίες FTP και telnet). Αργότερα προστέθηκε και η υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Καθώς οι ανάγκες επικοινωνίας του ARPANET αυξάνονταν, χρησιμοποιήθηκαν το 1974 τα πρωτόκολλα TCP/IP και η αρχιτεκτονική των δρομολογητών για την εξυ-

πηρέτησή τους. Το νέο πρωτόκολλο ήταν ανεξάρτητο από το υλικό και το λογισμικό χαμηλότερου επιπέδου: μπορούσε να λειτουργήσει με τον ίδιο τρόπο σε συσκευές οποιουδήποτε κατασκευαστή και καταργούσε τους περιορισμούς επικοινωνίας που επέβαλλαν οι διάφοροι κατασκευαστές. Λόγω και αυτής της καινοτομίας του, το νέο πρωτόκολλο προτάθηκε και για παγκόσμια διασύνδεση (μια ιδέα αρκετά πρωτοποριακή για την εποχή).

Το 1982 το TCP/IP καθιερώθηκε ως το βασικό πρωτόκολλο του δικτύου που αναπτύσσονταν και το οποίο συνέδεε πλέον συστήματα σε όλη την ήπειρο. Υπολογίζεται ότι την πρώτη δεκαετία λειτουργίας του TCP/IP συνδέονταν στο ARPANET ένας νέος υπολογιστής κάθε είκοσι μέρες.

Με την εξέλιξη του ARPANET έγινε φανερό ότι το νέο δίκτυο θα μπορούσε να αξιοποιηθεί και από ερευνητές μη στρατιωτικών εφαρμογών. Δημιουργήθηκε έτσι το MILNET ως δίκτυο στρατιωτικών εφαρμογών ενώ το ARPANET παρέμεινε για ερευνητικές και άλλες δραστηριότητες που δεν σχετίζονταν με το στρατό. Με την πάροδο του χρόνου, το ARPANET ξεπέρασε τα όρια του στρατιωτικού δικτύου και άρχισαν να προστίθενται σε αυτό τα δίκτυα πανεπιστημίων, κοινωφελών οργανισμών καθώς και εταιριών. Το δίκτυο αυτό εξελίχθηκε στο γνωστό μας σήμερα Internet.
