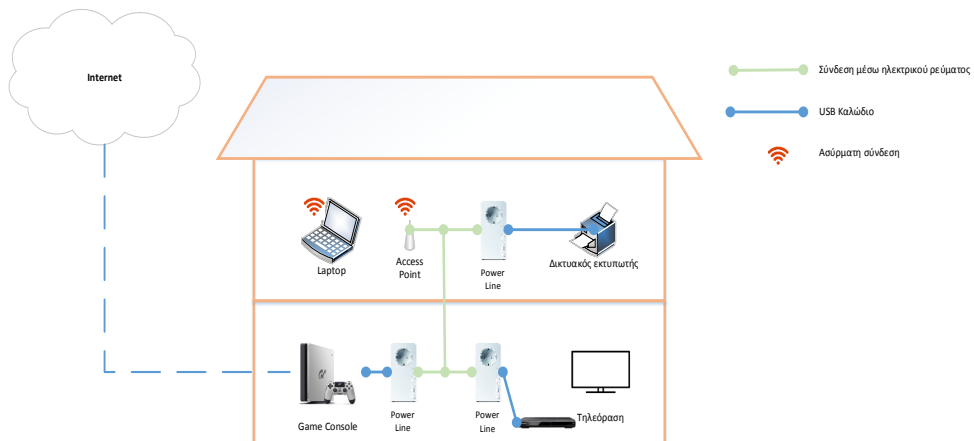


Κεφάλαιο 1ο

Εισαγωγή στις Τεχνολογίες Διαδικτύου

Καθημερινά κάθε άνθρωπος, άλλος λιγότερο άλλος περισσότερο, χρησιμοποιεί ένα σύνολο Δικτύων προκειμένου να εξυπηρετήσει τις ανάγκες του. Μπορεί να κάνει μια τηλεφωνική κλήση, να ακούσει μουσική, να δει τηλεόραση, να πλοηγηθεί στο Διαδίκτυο. Σήμερα, υπάρχει ένα σύνολο δικτύων γύρω μας, τα οποία δεν γνωρίζουμε πού βρίσκονται ή πώς λειτουργούν. Ένα απλό δίκτυο παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.1. Το δίκτυο αυτό αποτελεί παράδειγμα ενός οικιακού δικτύου. Η απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρήση των δικτύων είναι η αξιοπιστία τους, προκειμένου ο εκάστοτε χρήστης τους να μπορεί να βασιστεί στην σωστή και αδιάλειπτη λειτουργία τους και η παροχή προηγμένων υπηρεσιών τις οποίες ο χρήστης μπορεί να απολαμβάνει οπουδήποτε και εάν βρίσκεται.



Εικόνα 1.1 – Παράδειγμα Οικιακού Δικτύου

Το πεδίο των δικτύων υπολογιστών είναι αρκετά ευρύ, με την έννοια ότι καλύπτει πολλά και ετερογενή είδη δικτύων. Άλλα μεγαλύτερα και αλλά μικρότερα σε μέγεθος δίκτυα χρησιμοποιούν πρωτόκολλα ευρέως γνωστά αλλά και πρωτόκολλα που

έχουν πολύ ειδικές χρήσεις. Τα δίκτυα αυτά διαφοροποιούνται, επίσης, και ως προς τον σκοπό που καλούνται να επιτελέσουν, την κλίμακα αλλά και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν.

Η σημερινή εποχή καθιστά ολοένα και πιο επιτακτική την ανάγκη δικτύωσης όχι μόνον μεταξύ συσκευών που ανήκουν σε ένα δίκτυο, αλλά και μεταξύ δικτύων, ώστε να κατασκευαστεί ένα διαδίκτυο (internetwork ή internet). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται συσκευές διασύνδεσης, οι οποίες ανάλογα επιτελούν μια σειρά από λειτουργίες, επιτρέποντας είτε την απλή μεταφορά δεδομένων είτε τη μετατροπή των δεδομένων από ένα πρωτόκολλο σε κάποιο άλλο.

Στη σημερινή εποχή, ο όρος Διαδίκτυο (Internet)¹ αναφέρεται σε ένα σύνολο από πολλά ομογενή και ετερογενή δίκτυα (τοπικά (Local Area Networks – LAN), μητροπολιτικά (Metropolitan Area Networks – MAN), ευρύτερης περιοχής (Wide Area Networks -WAN)) που συνδέονται μεταξύ τους με μια μεγάλη ποικιλία συσκευών διασύνδεσης (π.χ. με δρομολογητές, μεταγωγείς, γέφυρες) και το οποίο στηρίζεται στη σουίτα πρωτοκόλλων TCP/IP. Το Διαδίκτυο αποτελεί ένα πλέγμα από δισεκατομμύρια διασυνδεδεμένους υπολογιστές, εκτεινόμενο σε κάθε γωνιά του πλανήτη και όχι μόνο. Αποτελεί ένα «Παγκόσμιο Ηλεκτρονικό Χωρίο», οι «κάτοικοι» του οποίου, ανεξάρτητα από υπηκοότητα, ηλικία, θρήσκευμα και χρώμα, μοιράζονται πληροφορίες και ανταλλάσσουν ελεύθερα απόψεις πέρα από γεωγραφικά και κοινωνικά σύνορα. Σύμφωνα με τις σχετικές εκτιμήσεις, αυτός ο παγκόσμιος ιστός υπολογιστών αριθμεί σήμερα αρκετά δισεκατομμύρια δικτυακές συσκευές, όπως και δισεκατομμύρια χρήστες παγκοσμίως, με το μέγεθός του να αυξάνεται χρόνο με τον χρόνο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι ένα από τα δημοφιλέστερα κοινωνικά δίκτυα, το Facebook, είχε φτάσει τους 2 δισεκατομμύρια ενεργούς χρήστες το έτος 2017.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του Διαδικτύου είναι ότι μπορεί να συνδέει υπολογιστές διαφορετικού τύπου, δηλ. υπολογιστές που μπορεί να διαφέρουν όσον αφορά την αρχιτεκτονική του υλικού (hardware), το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιούν (software) και το πρωτόκολλο δικτύωσης που εφαρμόζεται στο τοπικό τους δίκτυο. Ακριβώς εξαιτίας αυτής της ευελιξίας του, εξαπλώθηκε σε ολόκληρο τον πλανήτη κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών. Ένα άλλο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό του Διαδικτύου είναι ότι είναι αποκεντρωμένο και αυτοδιαχειριζόμενο. Δεν υπάρχει δηλαδή κάποιος κεντρικός οργανισμός που να το διευθύνει και να παίρνει συνολικά αποφάσεις σχετικά με το είδος των πληροφοριών που διακινούνται, τις υπηρεσίες που παρέχονται από τους διάφορους υπολογιστές του ή τη διαχείρισή του. Καθένα από τα μικρότερα δίκτυα που το αποτελούν διατηρεί την αυτονομία του και

¹ Για την αποφυγή σύγχυσης όπου απαιτείται διαφοροποίηση μεταξύ των δύο όρων θα χρησιμοποιείται με κεφαλαίο γράμμα ο όρος για την αναφορά στο συγκεκριμένο διαδίκτυο.

είναι το ίδιο υπεύθυνο για το είδος των πληροφοριών που διακινεί, τις υπηρεσίες που προσφέρουν οι υπολογιστές του και τη διαχείρισή του.

Οι περισσότεροι άνθρωποι χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο για ποικίλες δραστηριότητες στη ζωή τους με βασικές τις ακόλουθες τρεις:

- α. για να αντλήσουν πληροφορίες και δεδομένα,
- β. για να επικοινωνήσουν με άλλους ανθρώπους που είναι και αυτοί χρήστες του, και
- γ. για να πραγματοποιήσουν οικονομικές συναλλαγές.

Μπορούμε να θεωρήσουμε το Διαδίκτυο σαν μια τεράστια αποθήκη πληροφορίας, μια παγκόσμια βιβλιοθήκη. Στους υπολογιστές του βρίσκονται αποθηκευμένα εκατομμύρια Gigabytes πληροφορίας, αρκετά από τα οποία διατίθενται ελεύθερα στους χρήστες του. Έτσι, λοιπόν, έχουμε την δυνατότητα να χρησιμοποιούμε απομακρυσμένες βάσεις δεδομένων, να ανακτάμε αρχεία με προγράμματα, εικόνες και κείμενα, να έχουμε πρόσβαση σε βιβλιοθήκες, να διαβάζουμε ηλεκτρονικές εφημερίδες και περιοδικά, ακόμα και να παρακολουθούμε ραδιοφωνικά και τηλεοπτικά προγράμματα.

Το Διαδίκτυο είναι, επίσης, ένα μέσο που μας επιτρέπει να ερχόμαστε σε επαφή με άλλους ανθρώπους γρήγορα και εύκολα. Μπορούμε λοιπόν να ανταλλάξουμε ηλεκτρονικά μηνύματα ή να μιλήσουμε «ζωντανά» με ένα φίλο μας που βρίσκεται π.χ. στις ΗΠΑ, στην Κίνα ή σε κάποιο άλλο μέρος του κόσμου, να γνωρίσουμε καινούριους ανθρώπους, να εγγραφούμε σε λίστες συζητήσεων εάν μας ενδιαφέρουν οι απόψεις των άλλων γύρω από κάποιο θέμα ή ακόμα να παίξουμε μια σειρά από παιχνίδια με πολλούς αντιπάλους ταυτόχρονα που μπορεί να βρίσκονται διασκορπισμένοι σε διάφορα μέρη της γης.

Με το Διαδίκτυο λοιπόν μπορούμε να κάνουμε τον γύρο του κόσμου χωρίς να χρειαστεί να μετακινηθούμε από τον υπολογιστή μας ή την ταμπλέτα μας ή ακόμα και από το κινητό μας τηλέφωνο! Τις τελευταίες δεκαετίες το διαδίκτυο και η διακυβέρνησή του αποτελούν το κύριο θέμα μεγάλων συζητήσεων, διαφωνιών και αντιπαράθεσεων.

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μια σύντομη αναφορά στην ιστορική εξέλιξη του Διαδικτύου. Επίσης, παρουσιάζεται μια ανασκόπηση στα τρία βασικά μοντέλα επικοινωνίας δικτύων (πελάτη-εξυπηρετητή, ομότιμων συνδέσεων, υπολογιστικής νέφους). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στα 3 κατώτερα στρώματα της TCP/IP στοίβας πρωτοκόλλων. Στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο αναλύονται οι βασικές υπηρεσίες τις οποίες παρέχει το Διαδίκτυο, με έμφαση στον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web).

1.1. Σύντομη ιστορία του Διαδικτύου

1.1.1. Βασικοί Πρόδρομοι του Διαδικτύου

Στην ενότητα αυτή, θα πραγματοποιηθεί μια ιστορική αναδρομή της εξελικτικής πορείας προς το Διαδίκτυο, μέσω της παρουσίας μιας σειράς από τα πιο αντιπροσωπευτικά και πλέον σημαντικά δίκτυα που αναπτύχθηκαν και υλοποιήθηκαν στο παρελθόν, τα οποία αποτέλεσαν τους προδρόμους του σημερινού Διαδικτύου.

ARPANET

Το 1957, η κυβέρνηση των Η.Π.Α. ίδρυσε ένα ερευνητικό τμήμα στο Υπουργείο Άμυνας με τον τίτλο **ARPA (Advanced Research Project Agency)**. Το 1969 και κατά την περίοδο του Ψυχρού Πολέμου, το ARPA ανέπτυξε το ARPANET, ένα ερευνητικό δίκτυο μεταφοράς δεδομένων με κατακεκομμένη λειτουργία, που είχε ως στόχο την ανταλλαγή πληροφοριών ακόμη και στη περίπτωση καταστροφής μεγάλου μέρους του δικτύου, από επίθεση με πυρηνικά όπλα.

Το ARPA αποφάσισε ότι το δίκτυο που χρειαζόταν το Υπουργείο έπρεπε να ήταν ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, αποτελούμενο από υποδίκτυα και εξυπηρετητές. Στο ARPANET, που στη αρχή συνέδεε μεγάλους υπολογιστές σε 4 πανεπιστήμια των Η.Π.Α. (University of California at Los Angeles, University of California at Santa Barbara, Stanford Research Institute, και University of Utah) προσχώρησαν μέσα σε λίγα χρόνια και διάφορα άλλα εκπαιδευτικά και ερευνητικά ιδρύματα. Παρατηρώντας την ολοένα και μεγαλύτερη πανεπιστημιακή χρήση του παραπάνω δικτύου, το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ αποφάσισε να αφαιρέσει τους δικούς του κόμβους από το παραπάνω δίκτυο και να δημιουργήσει το MILNET, ένα δίκτυο για καθαρά στρατιωτικές εφαρμογές.

Η αρχική ανάπτυξη παρείχε ένα άμεσο κανάλι για υπηρεσίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες για πανεπιστήμια και κυβερνητικούς οργανισμούς. Οι χρήστες μπορούσαν να εκτελέσουν ελέγχους για την ακεραιότητα αυτού του δικτύου, κάτι που ήταν ζητούμενο και από την κυβέρνηση των Η.Π.Α. Έτσι το δίκτυο αυτό ήταν ικανό να παρέχει ένα χρήσιμο μέσο για την ανταλλαγή δεδομένων.

Στο ARPANET οφείλεται και η ανάπτυξη του πρωτοκόλλου μεταφοράς TCP (Transport Control Protocol) και του πρωτοκόλλου δικτύου IP (Internetwork or Internet Protocol). Για το λόγο αυτό, θεωρείται ως ο κατεξοχήν πρόδρομος του σημερινού Internet. Το ARPANET δεν χρησιμοποιούσε πρωτόκολλα συνόδου και παρουσίας και οι κυριότερες υπηρεσίες που προσέφερε ήταν το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η μεταφορά αρχείων και η απομακρυσμένη σύνδεση.

USENET

Το USENET δημιουργήθηκε από τα πανεπιστήμια Duke και North Carolina των ΗΠΑ. Όπως και το ARPANET, το USENET ξεκίνησε ως ένα δίκτυο για την επικοινωνία των πανεπιστημιακών και αργότερα επεκτάθηκε και σε εμπορικές υπηρεσίες. Στα πρώιμα στάδια του, παρείχε μία υπηρεσία ειδήσεων σε ένα παγκόσμιας κλίμακας δίκτυο από μηχανές UNIX. Το δίκτυο αυτό δημιουργήθηκε παράλληλα με το UUCP (Unix – to – Unix Copy), που στην Ευρωπαϊκή εκδοχή του ονομάστηκε EUnet, και παρείχε μόνο υπηρεσίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Σήμερα, το ολικό δίκτυο των συσκευών UNIX, που παρέχει και τις δύο υπηρεσίες, επικράτησε με το όνομα USENET. Στην κάθε χώρα που είναι συνδεδεμένη στο USENET, υπάρχει μια κεντρική Πύλη (Gateway), όπου φθάνουν οι πληροφορίες. Αυτές διανέμονται στη συνέχεια διαμέσου των εθνικών δικτύων.

BITNET

Το δίκτυο BITNET ήταν επίσης πανεπιστημιακό και πρωτοαναπτύχθηκε από τα πανεπιστήμια της Νέας Υόρκης και του Yale, το 1981. Σύντομα εξαπλώθηκε σε πάνω από 400 πανεπιστήμια στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ. Το Ευρωπαϊκό τμήμα του δικτύου είναι γνωστό με την ονομασία EARN (European Academic Research Network – Ευρωπαϊκό Ακαδημαϊκό Ερευνητικό Κέντρο). Η διαφορά του από τα άλλα δίκτυα που αναπτύχθηκαν παράλληλα, όπως το CSNET, έγκειται στο ότι το BITNET κάλυπτε κυρίως ακαδημαϊκά θέματα για διάφορους επιστημονικούς κλάδους και όχι αποκλειστικά για τον κλάδο των υπολογιστών.

Την προσπάθεια του Υπουργείου Άμυνας των Ηνωμένων με το ARPANET υποστήριξε το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α, η NASA και ο οργανισμός NSF (National Science Foundation). Στα μέσα του 1980 η κυβερνητική πολιτική των Η.Π.Α που αφορούσε στην έρευνα στο Διαδίκτυο, αναπτύχθηκε από την Ομοσπονδιακή Επιτροπή Ερευνών Συντονισμού Διαδικτύου (Federal Research Internet Coordinating Committee), που αργότερα ύστερα από αρκετές μετεξελίξεις οδήγησε στον σχηματισμό του Διεθνούς Συμβουλίου Επιστήμης και Τεχνολογίας (NSTC – National Science and Technology Council). Στο NSTC υπάγεται η Επιτροπή Τεχνολογίας στην οποία περιλαμβάνεται η Εθνική Υποεπιτροπή Πληροφορίας, Τεχνολογίας, Έρευνας και Ανάπτυξης (National Information Technology and Research and Development) που διευθύνεται από το Εθνικό Γραφείο Συντονισμού (NCO – National Coordination Office). Μια σχετική συμβουλευτική επιτροπή η οποία ονομαζόταν Προεδρική Συμβουλευτική Επιτροπή Πληροφορίας και Τεχνολογίας (President's Information Technology Advisory Committee) σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια της θητείας του προέδρου Κλίντον που αργότερα μετασηματίστηκε στην Προεδρική Επιτροπή Συμβούλων για την Επιστήμη και την Τεχνολογία (Committee of Advisors on Science and Technology).

Ένα μεγάλο κομμάτι έρευνας που αφορούσε στην ανάπτυξη των επιχειρησιακών λειτουργιών που σχετίζονταν τόσο με τα δίκτυα όσο και με το Διαδίκτυο ξεκίνησε από σχετικές ερευνητικές συμβάσεις που συντάχθηκαν με τα Υπουργεία των Η.Π.Α και με άλλες Κυβερνήσεις σε όλο το κόσμο. Με την πάροδο των χρόνων, τα Υπουργεία έριξαν τις ευθύνες για τη δημόσια πολιτική που ασκούσαν στον τομέα του Διαδικτύου η οποία τάσσονταν υπέρ ακαδημαϊκών οργανώσεων ή οργανώσεων του ιδιωτικού τομέα, οι οποίες προέκυψαν ή δημιουργήθηκαν για να εκπληρώσουν συγκεκριμένες λειτουργίες. Έτσι δημιουργήθηκε το Συμβούλιο Δραστηριοτήτων του Διαδικτύου (IAB - Internet Activities Board) στις ΗΠΑ με σκοπό να επιβλέψει την έρευνα που οδηγούσε στην τεχνική εξέλιξη του Διαδικτύου και το οποίο στη συνέχεια μετονομάστηκε σε Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής του Διαδικτύου (IAB – Internet Architecture Board). Το IAB, όπως και η Κοινωνία του Διαδικτύου (Internet Society), δημιουργήθηκε για να παρέχει ένα θεσμικό πλαίσιο αλλά και οικονομική υποστήριξη στους οργανισμούς που ασχολούνται με τα πρότυπα και την εξέλιξή τους (IETF, IRTF – Internet Engineering and Research Task Forces).

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν τα περιφερειακά μητρώα του Διαδικτύου (RIR – Regional Internet Registry) με σκοπό να βοηθήσουν στη διαχείριση του χώρου των διευθύνσεων που χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο. Τέτοια μητρώα δημιουργήθηκαν ανά τον κόσμο, όπως για παράδειγμα το αφρικανικό κεντρικό δίκτυο πληροφοριών, το αντίστοιχο κέντρο Ασίας / Ειρηνικού αλλά και το αμερικανικό μητρώο αριθμών Διαδικτύου και τα αντίστοιχα κέντρα στη Λατινική Αμερική, στην Καραϊβική και στην Ευρώπη.

Το 2003, η Παγκόσμια Σύνοδος Κορυφής για την Κοινωνία της Πληροφορίας (WSIS – World Summit on the Information Society), συγκλήθηκε στη Γενεύη. Αν και δεν ήταν ιδιαίτερα ξεκάθαρο το τι ήταν η κοινωνία των πληροφοριών, πολλοί θεώρησαν ότι το Διαδίκτυο ήταν ένα πρότυπο λόγω της υποδομής που αυτό παρείχε. Το ερώτημα, λοιπόν, το οποίο ετέθη ήταν το ποιος θα ήταν υπεύθυνος για το Διαδίκτυο. Για τους διπλωμάτες που παρίσταντο στη σύνοδο αυτή, ήταν δύσκολο να αποδεχθούν την ιδέα ότι το Διαδίκτυο παρείχε μια υποδομή που ήταν εξαιρετικά συνεργατική και ταυτόχρονα αποκεντρωμένη. Έτσι επικεντρώθηκαν στην ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) η οποία δημιουργήθηκε με πρωτοβουλία του Λευκού Οίκου ως μια οντότητα που ανήκε στον ιδιωτικό τομέα για τη διαχείριση του μοναδικού χώρου των διευθύνσεων του Διαδικτύου.

Η Υπηρεσία Εκχώρησης Αριθμών (IANA -Internet Assigned Numbers Authority) ήταν ενσωματωμένη στην ICANN, την οποία είχε υπό την ευθύνη της το ARPANET, διοικούνταν για χρόνια από ένα και μόνο πρόσωπο. Η IANA διαχειριζόταν σε υψηλό επίπεδο την κατανομή του χώρου των διευθύνσεων του Διαδικτύου, το ανώτερο επίπεδο του Domain Name System (DNS), καθώς και την καταγραφή των βασικών παραμέτρων των πρωτοκόλλων του Διαδικτύου όπως αυτά καθορίστηκαν από την IETF. Η σύνοδος αυτή ακόμη συγκάλεσε μια Ομάδα Εργασίας για τη

Διακυβέρνηση του Διαδικτύου έτσι ώστε να αναπτύξει έναν ορισμό για τη διακυβέρνηση του Διαδικτύου, να καθορίσει θέματα δημόσιας πολιτικής που αφορούσαν το Διαδίκτυο και να αναπτύξει μια κοινή αντίληψη για τον ρόλο των κυβερνήσεων, των υφιστάμενων διεθνών οργανισμών και άλλων φορέων, καθώς και του ιδιωτικού τομέα και της κοινωνίας των πολιτών τόσο στις αναπτυσσόμενες όσο και στις αναπτυγμένες χώρες.

Η ηλεκτρονική Διακυβέρνηση του Διαδικτύου αποτέλεσε κομβικό σημείο στην αντίστοιχη σύνοδο του έτους 2005 κατά την οποία δημιουργήθηκε το φόρουμ Διακυβέρνησης του Διαδικτύου (Internet Governance Forum - IGF). Η πρώτη συνάντηση της ομάδας εργασίας αυτής πραγματοποιήθηκε το 2006. Η ομάδα αυτή συνεδριάζει μία φορά κάθε χρόνο. Ο Πρόεδρος της ICANN καθιέρωσε τέσσερις στρατηγικές συμβουλευτικές επιτροπές με απώτερο στόχο να διευθετηθούν θέματα πρωτοπορίας του Διαδικτύου αλλά και ένα πλαίσιο δημόσιας ευθύνης καθώς επίσης και ο ρόλος της υπηρεσίας αυτής στο συνολικό οικοδόμημα της ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης. Την ίδια στιγμή συγκλήθηκε και μια ομάδα υψηλού επιπέδου η οποία θα ασχολούνταν με την ανάπτυξη αρχών που θα αφορούσαν τη διακυβέρνηση του Διαδικτύου.

Άλλες πρωτοβουλίες όπως αυτή του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ μαζί με το Chatham House του Ηνωμένου Βασιλείου και το Κέντρο του Καναδά για τη Διεθνή Διακυβέρνηση, αφορούσαν μια διετή έρευνα στον τρόπο που οι κυβερνήσεις χρησιμοποιούν τα δεδομένα, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων που έχουν δημοσιευθεί στο Διαδίκτυο.

Το τελικό σχέδιο της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης του Διαδικτύου παρέχει ένα προσαρμόσιμο και εξελίξιμο πλαίσιο, το οποίο όμως είναι αμφίβολο αν είναι δυνατόν να υλοποιηθεί πλήρως. Βέβαια, αυτή η συνεταιριστική και συνεργατική φύση του Διαδικτύου αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της αντοχής και της ικανότητάς του να ενσωματώνει νέες εφαρμογές ακόμα και 40 χρόνια μετά την αρχική σύλληψή του και τα οποία αποτελούν τη βάση για τη μελλοντική εξέλιξή του.

1.1.2. Το Διαδίκτυο (Internet)

Με τον όρο Διαδίκτυο ορίζεται ένα παγκόσμιο πληροφοριακό σύστημα που:

- α. είναι λογικά διασυνδεδεμένο μέσω ενός μοναδικού παγκόσμιου χώρου διευθύνσεων βασισμένο στο πρωτόκολλο διαδικτύου ή των διαδόχων του.
- β. είναι ικανό να υποστηρίζει επικοινωνίες χρησιμοποιώντας τη σουίτα πρωτοκόλλων TCP/IP ή των διαδόχων του ή / και άλλα πρωτόκολλα συμβατά με το IP.
- γ. παρέχει, χρησιμοποιεί ή καθιστά προσπελάσιμες, είτε δημόσια είτε ιδιωτικά, υπηρεσίες υψηλού επιπέδου βασιζόμενες στις επικοινωνίες.

Το 1986, ιδρύθηκε το NSFNET (National Science Foundation Network), που επέφερε αλλαγές στην τεχνολογία των υπολογιστών και των δικτύων μέσα από στοχευμένες ερευνητικές δράσεις και υλοποιήσεις διαφόρων εφαρμογών και πρωτοκόλλων. Το NSFNET σύνδεσε χρήστες με πέντε εθνικά κέντρα υπερ-υπολογιστών (national supercomputer centers).

Αργότερα, όταν συνδέθηκαν το NSFNET και το ARPANET, η αύξηση στον αριθμό των δικτύων, των μηχανών και των χρηστών που συνδέθηκαν αυξήθηκε εκθετικά. Πολλά περιφερειακά δίκτυα προσχώρησαν και αποκαταστάθηκαν συνδέσεις με τον Καναδά, την Ευρώπη και τον Ειρηνικό.

Δώδεκα χρόνια μετά τη δημιουργία του, το 1981, υπήρχαν 213 υπολογιστές καταχωρημένοι στο Διαδίκτυο. Το 1980 ερευνητές δημιούργησαν επίσης μηχανές εντοπισμού και αναζήτησης πληροφορίας, όπως το Archie και το Wide Area Information Services (WAIS), για να ελέγχουν την πληροφορία που διακινούνταν μέσω του Διαδικτύου. Στα επόμενα δέκα χρόνια συνεχίστηκε με σημαντικούς ρυθμούς η ανάπτυξή του για να δοθεί στους χρήστες του ένα εύχρηστο περιβάλλον και μέσω διεπαφής, αναπτύχθηκε το 1991 από το πανεπιστήμιο της Μινεσότα (University of Minnesota) ένα απλό σύστημα αναζήτησης αρχείων, το λεγόμενο Gopher. Τα πράγματα άλλαξαν ξαφνικά, ένα χρόνο αργότερα, το 1992 με τον διπλασιασμό του αριθμού των συνδεδεμένων υπολογιστών (περίπου 1.000.000) και την εισαγωγή της υπηρεσίας του παγκοσμίου ιστού (World Wide Web: WWW) η οποία βασίζεται στο μοντέλο της παρουσίασης κειμένων με υπερ-συνδέσμους (hyperlinked documents) που αναπτύχθηκε στο CERN (κέντρο Πυρηνικής Έρευνας της Ελβετίας) από τον Tim Berners-Lee. Η καινοτομία του παγκοσμίου ιστού είναι ότι αποτελείται από σελίδες που μπορούν να μεταφέρουν και να συνδέονται δυναμικά με πληροφορίες οποιασδήποτε φύσεως (δεδομένα, εικόνα, βίντεο, ήχος).

Όπως και το ARPANET, το Διαδίκτυο χρησιμοποιεί κυρίως την τεχνική μεταγωγής πακέτων για την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων τερματικών συστημάτων. Η τοπολογία του είναι δεντρικά ιεραρχημένη σε διάφορα επίπεδα. Στο κατώτερο επίπεδο βρίσκονται τα τερματικά και οι τοπικοί πάροχοι υπηρεσιών Διαδικτύου (Local ISPs – Internet Service Providers), που είναι γνωστοί και ως δίκτυα πρόσβασης. Αυτοί οι τοπικοί σταθμοί μπορεί να είναι τοπικά δίκτυα ή δίκτυα οποιασδήποτε άλλης φύσεως, ή ακόμα και τηλεφωνικές γραμμές που χρησιμοποιούν τις τελευταίες τεχνολογίες για να έρθουν σε επαφή με κάποια άλλη συσκευή. Οι τοπικοί πάροχοι Διαδικτύου (Internet Service Providers - ISPs) συνδέονται με τον περιφερειακό πάροχο, οι οποίοι βρίσκονται σε ανώτερο επίπεδο της δεντρικής τοπολογίας του Διαδικτύου. Τέλος, οι περιφερειακοί ISPs συνδέονται, με τη σειρά τους, με τους εθνικούς ή τους διεθνείς ISPs που βρίσκονται στο ανώτατο επίπεδο της ιεραρχίας.

Στην ουσία, λοιπόν, το Διαδίκτυο είναι ένα δημόσιο διαδίκτυο (όπως φανερώνει άλλωστε και το όνομά του) με δεντρική τοπολογία, στα “κλαδιά” του οποίου μπορούν να συνδεθούν οποιασδήποτε μορφής δίκτυα, δημόσια ή ιδιωτικά. Τα διάφορα δίκτυα

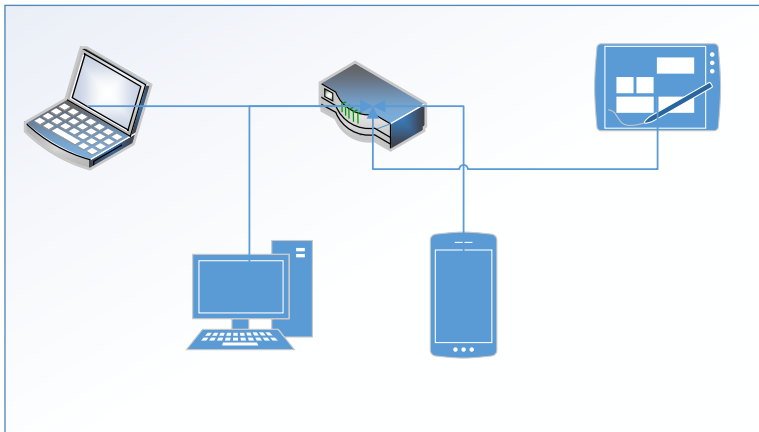
κλαδιά μπορούν να είναι οποιασδήποτε μορφής, χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα πρωτόκολλα.

Το 1995, υπήρχαν πολλά δίκτυα κορμού, εκατοντάδες δίκτυα μεσαίου μεγέθους (περιφερειακά δίκτυα), δεκάδες χιλιάδες τοπικά δίκτυα (LAN), εκατομμύρια κόμβοι (hosts) και δεκάδες εκατομμύρια χρήστες. Οι αριθμοί αυτοί σήμερα είναι πολλαπλάσιοι. Έχει υπολογιστεί ότι το μέγεθος του Διαδικτύου διπλασιάζεται κάθε χρόνο περίπου.

1.2 Σύνδεση στο Διαδίκτυο μέσω Παρόχου (ISP)

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, κάθε μέρα δισεκατομμύρια ανθρώπων συνδέονται στην κοινότητα του Internet ανταλλάσσοντας πληροφορίες, επιχειρούν και ψυχαγωγούνται.

*Το **Internet** είναι το Δίκτυο των Δικτύων υπολογιστών, που ενώνει τους χρήστες του σε όλες τις χώρες του κόσμου.*

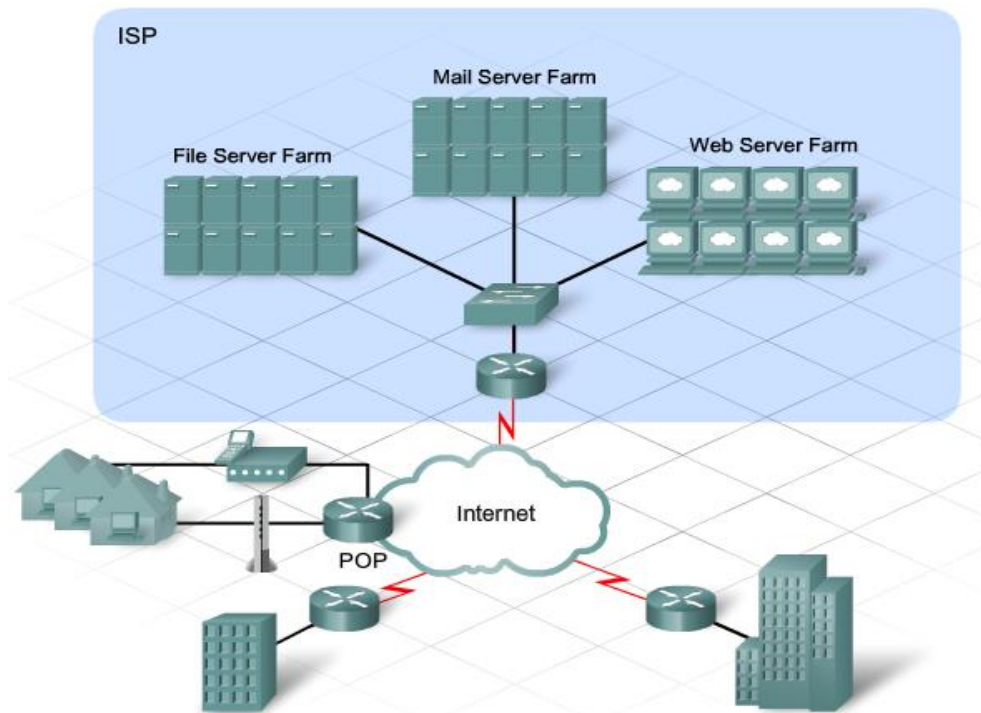


Εικόνα 1.2 – Διασύνδεση διαφόρων συσκευών στο Διαδίκτυο

Με άλλα λόγια, μια παγκόσμια συλλογή δικτύων υπολογιστών που συνεργάζονται μεταξύ τους και ανταλλάσσουν πληροφορίες χρησιμοποιώντας κοινούς τρόπους επικοινωνίας. Δεν υπάρχει ένας συγκεκριμένος οργανισμός που ευθύνεται για την οργάνωση αυτή. Υπάρχουν όμως ένα σύνολο διεθνών οργανισμών που αναλαμβάνουν την διαχείριση των κοινών κανόνων λειτουργίας του Internet – μερικούς από τους οποίους τους αναφέραμε παραπάνω.

Όλοι οι χρήστες που επιθυμούν να συνδεθούν στο Διαδίκτυο πρέπει να χρησιμοποιήσουν έναν Πάροχο Υπηρεσιών Διαδικτύου (**Internet Service Provider-ISP**). Ένας ISP, είναι μια εταιρία που παρέχει συνδέσεις και παρέχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Επίσης, μπορεί να παρέχει επιπλέον υπηρεσίες όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και

φιλοξενία ιστοσελίδων. Παραδείγματα παρόχων συνδέσεων Internet στην Ελλάδα είναι η Cosmote, η Vodafone και η Wind αλλά και σε παγκόσμια κλίμακα άλλοι γνωστοί οργανισμοί είναι η AT&T, η Verizon, η AOL κ.α.



Εικόνα 1.3 – Παράδειγμα διασύνδεσης στο Internet

Πού συνδέουν οι ISPs τους υπολογιστές στο Διαδίκτυο;

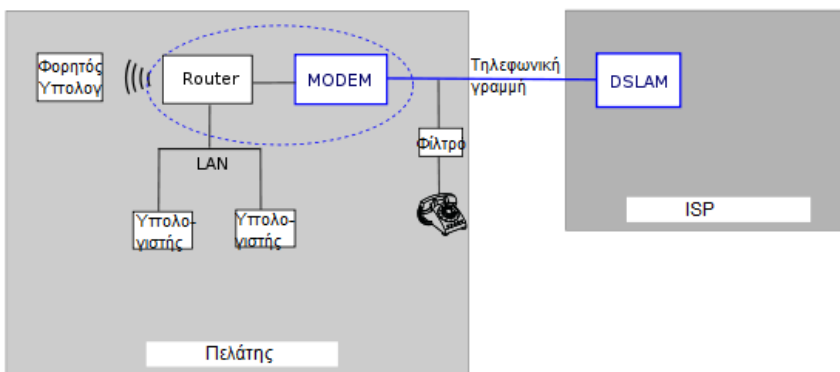
Ο κάθε υπολογιστής αλλά και τα δίκτυα υπολογιστών είναι αναγκασμένοι να συνδέονται στον ISP που τους δίνει πρόσβαση στο Internet σε ένα σημείο παρουσίας (POP - Point Of Presence). Το POP είναι το σημείο σύνδεσης μεταξύ του ISP και της συγκεκριμένης περιοχής που εξυπηρετεί ο POP. Παράδειγμα τέτοιου σημείου παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.2, όπου το σημείο POP ενός ISP δίνει την δυνατότητα σύνδεσης σπιτιών αλλά και εταιριών στο Διαδίκτυο. Κάθε ISP μπορεί να έχει πολλά σημεία POP ανάλογα το μέγεθός του και την περιοχή που εξυπηρετεί. Εντός του ISP, ένα δίκτυο πολλών εξυπηρετητών / διακομιστών (routers) και μεταγωγέων (switches) μετακινούν τα δεδομένα μεταξύ διαφορετικών POPs. Οι ISPs συνδέονται με άλλους ISPs προκειμένου να στείλουν δεδομένα πέρα από τα όρια του δικού τους δικτύου (Εικόνα 1.4). Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η μεταφορά δεδομένων και επεκτείνεται παγκόσμια σε αυτό που ονομάζουμε Internet.



Εικόνα 1.4 – Παγκόσμια διασύνδεση μέσω του Internet

Τυπική εγκατάσταση και σύνδεση ενός πελάτη στο Διαδίκτυο

Για να επιτευχθεί η σύνδεση του πελάτη στο Διαδίκτυο προϋποτίθεται η ύπαρξη μιας τηλεπικοινωνιακής διασύνδεσης – συνήθως μιας μορφής τηλεφωνικής γραμμής. Έπειτα, ο ISP που αναλαμβάνει την υλοποίηση της σύνδεσης παρέχει μια συσκευή, γνωστή ως Modem-Router, η οποία πρέπει να συνδεθεί στην τηλεφωνική γραμμή από την πλευρά του πελάτη, ενώ ο ίδιος ο ISP αναλαμβάνει να συνδέσει το άλλο άκρο της γραμμής σε ένα σημείο διασύνδεσης, γνωστό σε πολλές εγκαταστάσεις ως DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), του παρόχου.



Εικόνα 1.5 – Τυπική ενσύρματη εγκατάσταση για σύνδεση στο Internet

Το DSLAM συνήθως δεν απέχει μακριά από τον πελάτη, ενώ το ίδιο DSLAM δέχεται γραμμές μερικών οικοδομικών τετραγώνων. Στην Εικόνα 1.5, στην μπλε γραμμή φαίνεται η σύνδεση μεταξύ του πελάτη και της σύνδεσης του ISP στο Διαδίκτυο. Το υπόλοιπο δίκτυο απεικονίζει το Τοπικό Δίκτυο (LAN) του πελάτη στο οποίο συνδέονται ενσύρματα δύο υπολογιστές και με ασύρματη σύνδεση ένας φορητός υπολογιστής.

Ποιες τεχνικές και τεχνολογίες χρησιμοποιούν οι ISPs για να συνδέσουν τους υπολογιστές στο Διαδίκτυο;

Οι τεχνικές που διαθέτουν οι ISPs για να συνδέσουν έναν πελάτη στο Διαδίκτυο είναι ουσιαστικά δύο, η ενσύρματη και η ασύρματη. Καθεμία από αυτές μπορεί να επιτευχθεί με διάφορες τεχνολογίες μερικές από τις οποίες απαριθμούνται παρακάτω. Για παράδειγμα, η ενσύρματη σύνδεση ενός πελάτη, ανάλογα πάντα την γεωγραφική περιοχή που βρίσκεται, μπορεί να επιτευχθεί με τις τεχνολογίες όπως:

- Τηλεφωνική διεπιλογική (Dial-up) σύνδεση
- Τηλεφωνική σύνδεση ISDN (Integrated Services Digital Network)
- Μισθωμένη γραμμή (Leased line)
- Καλωδιακή σύνδεση (Cable Internet access)
- Τηλεφωνική DSL σύνδεση (xDSL - Digital subscriber line)
- Σύνδεση Οπτικής ίνας (Fiber to the home)
- Σύνδεση μέσω δικτύων (π.χ., μέσω ATM ή Frame Relay)

Από την άλλη μεριά, για την ασύρματη σύνδεση στο Διαδίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες όπως:

- Δορυφορική σύνδεση (Satellite broadband)
- Κινητή σύνδεση (Mobile broadband)
- Τεχνολογία WiMAX
- Τεχνολογία Wifi

Είναι προφανές από τις δύο προηγούμενες λίστες, ότι ένας χρήστης μπορεί να συνδεθεί στο Διαδίκτυο με πολλούς διαφορετικούς τρόπους οι οποίοι ποικίλουν από τηλεφωνικές συνδέσεις και τοπικά δίκτυα ως συνδέσεις που εκμεταλλεύονται την υποδομή της καλωδιακής τηλεόρασης. Αν ένας χρήστης είναι συνδεδεμένος σε ένα δίκτυο της επιχείρησης που εργάζεται ή του Πανεπιστημίου που φοιτά ή στο σπίτι του, μπορεί να είναι ήδη συνδεδεμένος στο Internet. Αν το εν λόγω δίκτυο είναι συνδεδεμένο στο Internet μέσω ενός δρομολογητή (router) ή μιας γέφυρας (bridge)

τότε και ο υπολογιστής / δικτυακή συσκευή του χρήστη είναι συνδεδεμένος/η στο Internet..

Ένα συνηθισμένο ζήτημα που εγείροταν σχετικά με το Internet ήταν ότι οι συνήθεις τηλεφωνικές συνδέσεις ήταν πολύ αργές. Ακόμα και τα ταχύτερα modems φαινόταν αργά σε σύγκριση με πλούσια γραφικά που ήταν διαθέσιμα στο Δίκτυο. Το Internet ήταν και είναι γεμάτο από γραφικά, videos, ήχους και άλλα πολυμεσικά αρχεία τα οποία είναι πολύ μεγάλα σε μέγεθος (αρκετές εκατοντάδες MB) και χρειάζονταν πολύ χρόνο να σταλούν μέσω του Internet στον υπολογιστή

Συγκριτικά, με τις σύνδεσεις με απλές διεπιλογικές γραμμές (έως 56Kbps), οι γραμμές ISDN (Integrated Services Digital Network) παρείχαν συνδέσεις υψηλότερης ταχύτητας στο Internet. Τυπικά η ταχύτητα σύνδεσης κυμαίνονταν από 64 έως 128 Kbps. Στην περίπτωση αυτή ήταν απαραίτητο ένα ειδικό ISDN modem και ένας ISP ο οποίος προσέφερε ISDN πρόσβαση.

Σημείωση: Παλαιότερα, ένας προσιτός τρόπος απόκτησης μιας ταχύτερης σύνδεσης ήταν η χρήση του ISDN (Integrated Services Digital Network), η οποία αναφέρθηκε παραπάνω. Πρόκειται για μια τεχνολογία η οποία είχε αναπτυχθεί λίγα χρόνια νωρίτερα αλλά η εξάπλωση του Internet και η ανάγκη για συνδέσεις υψηλής ταχύτητας την εποχή εκείνη την έκαναν ιδιαίτερα δημοφιλή. Το ISDN επέτρεπε την επίτευξη υψηλής ταχύτητας συνδέσεων στο Internet χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα χάλκινα καλώδια του τηλεφωνικού δικτύου. Για να γινόταν εφικτή η χρήση της τεχνολογίας ISDN έπρεπε να την υποστηρίξει και η εταιρεία τηλεφωνίας η οποία έπρεπε να διαθέτει ειδικό ISDN digital-switching εξοπλισμό.

Το κόστος χρήσης του ISDN συνήθως υπερέβαινε το κόστος μιας συνηθισμένης τηλεφωνικής γραμμής. Για να μπορούσε κάποιος να χρησιμοποιήσει το ISDN στο Internet έπρεπε ο αριθμός που καλούσε να υποστήριζε την ISDN σύνδεση. Πάντως οι περισσότερες εταιρείες παροχής υπηρεσιών Internet επέτρεπαν την ISDN πρόσβαση. Η χρήση του ISDN προϋπόθετε επίσης ότι υπάρχει ένα ISDN modem. Η εν λόγω συσκευή αν και έμοιαζε με modem δεν ήταν κάτι τέτοιο στην πραγματικότητα. Αντιθέτως αποτελούσε ένα προσαρμογέα τερματικού ο οποίος επέτρεπε να στέλνονταν και να λαμβάνονταν ψηφιακά σήματα σε ISDN τηλεφωνικές γραμμές. Τα συνήθη modems μετέτρεπαν ψηφιακά σήματα από τον υπολογιστή του χρήστη σε αναλογικά σήματα τα οποία μπορούσαν να σταλούν σε συνήθεις αναλογικές τηλεφωνικές γραμμές. Επειδή το ISDN αποτελούσε μια ψηφιακή τεχνολογία, μόνο ψηφιακά δεδομένα στέλνονταν από τον ISDN adapter. Ορισμένες ISDN συσκευές μπορούσαν να λειτουργήσουν και ως συνήθη modems. Η δυνατότητα αυτή ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη επειδή δεν ήταν από οποιαδήποτε μέρος εφικτή η χρήση του ISDN.

Υπήρχαν αρκετά είδη ISDN πρόσβασης αλλά ο πιο συνηθισμένος ονομαζόταν Basic Rate Interface (BRI). Το BRI διαιρούσε την τηλεφωνική γραμμή σε τρία λογικά κανάλια. Τα λογικά κανάλια δεν ήταν ξεχωριστά σύρματα αλλά αντιθέτως τρόποι με τους

οποίους τα δεδομένα στέλνονταν και λαμβάνονταν μέσω των τηλεφωνικών γραμμών. Το BRI διαθέτει δύο κανάλια των 64 Kbps B (bearer) και ένα κανάλι των 16 Kbps D (data) -τα οποία συνήθως αναφέρονταν ως 2B+D. Το κανάλι D έστειλε πληροφορίες δρομολόγησης ενώ τα δύο κανάλια B απέστειλαν δεδομένα. Κατά αυτό τον τρόπο κάποιος μπορούσε να μιλάει σε ένα B κανάλι ενώ αναζητούσε πληροφορίες στο Internet στο άλλο. Επίσης, αν το hardware που διαθέτετε και ο ISP ή η online υπηρεσία που ήταν κάποιος συνδεδεμένος το επέτρεπε μπορούσε να συνδυάσει τα δύο κανάλια B σε ένα απλό υψηλής ταχύτητας κανάλι στα 128 Kbps.

Μια άλλη επιλογή ήταν ένα ειδικό καλωδιακό modem το οποίο επέτρεπε να χρησιμοποιείται το ομοαξονικό τηλεοπτικό καλώδιο για να υπάρχει πρόσβαση στο Internet. Αυτό ήταν εφικτό όταν η τοπική καλωδιακή εταιρεία υποστήριζε την συγκεκριμένη υπηρεσία. Η ταχύτητα μπορούσε να φτάνει και στο 100πλάσιο της ταχύτητας που προσέφεραν τα συνήθη modems. Στην Ελλάδα κάτι τέτοιο μπορούσε να το κάνει για παράδειγμα η εταιρεία που διαθέτετε και το FilmNet (νυν NOVA).

Η ασύμμετρη ψηφιακή συνδρομητική γραμμή (Asymmetric Digital Subscriber Line-ADSL) αποτελεί μια νεότερη τεχνολογία η οποία υποστηρίζει συνδέσεις πολύ υψηλής ταχύτητας στις υπάρχουσες τηλεφωνικές.

Σημείωση Η μεγάλη χωρητικότητα που προσφέρει ο χαλκός ως μέσο μετάδοσης για τη μεταφορά φωνής και δεδομένων δεν αξιοποιείται στο έπακρο. Ο ήχος της ανθρώπινης φωνής αποτελείται από συχνότητες που κυμαίνονται σε εύρος μεταξύ 100Hz και 16.000Hz. Όλες αυτές οι συχνότητες, όμως, δεν είναι απαραίτητες για να γίνει καταληπτή η φωνή και η χροιά του συνομιλητή και έτσι με ειδικά φίλτρα αποκόπτονται οι υψηλές συχνότητες πάνω από τα 4.000 Hz, αφού όχι μόνο δεν χρειάζονται αλλά μπορεί και να δημιουργήσουν παρεμβολές ή και παράσιτα. Όπως αναφέρθηκε, όμως, το εύρος ζώνης του χαλκού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές με κατάλληλους τρόπους, όπως στην περίπτωση των τεχνολογιών DSL.

Το DSL (Digital Subscriber Line) αποτελεί μια τεχνολογία που μετατρέπει το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε έναν διάυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης με τη χρήση ειδικών modems, τα οποία τοποθετούνται στις δύο άκρες της γραμμής. Οι τεχνολογίες xDSL μετατρέπουν τις υπάρχουσες τηλεφωνικές γραμμές σε μονοπάτια διέλευσης δεδομένων υψηλής ταχύτητας και επιτρέπουν την ταυτόχρονη χρήση της τηλεφωνικής συσκευής και του Διαδικτύου, με υψηλές ταχύτητες για τη λήψη δεδομένων. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι το γεγονός ότι η σύνδεση με τον πάροχο διαδικτύου (Internet Service Provider - ISP) είναι μονίμως διαθέσιμη, παρέχοντας την ονομαζόμενη ευρυζωνικότητα. Ο τηλεπικοινωνιακός εξοπλισμός που απαιτείται είναι προσιτός και συνήθως παρέχεται δωρεάν από τον εκάστοτε πάροχο. Λόγω των υψηλών ταχυτήτων που προσφέρονται, μπορεί να υποστηριχθούν υπηρεσίες πολυμέσων, όπως τηλεοπτικό σήμα υψηλής ευκρίνειας επίσης υψηλής ευκρίνειας τηλεδιάσκεψη, τηλεργασία και τηλεϊατρική.

Ποιες τεχνολογίες χρησιμοποιούν σήμερα οι ISPs στην Ελλάδα, για να συνδέσουν τους υπολογιστές στο Διαδίκτυο;

Η εξάπλωση του Διαδικτύου και η ανάγκη απόκτησης ταχύτερων συνδέσεων οδήγησαν πολλές εταιρίες παροχής υπηρεσιών διαδικτύου να επενδύσουν πολλά χρήματα για την παροχή γρήγορων συνδέσεων και καλύτερων παροχών υπηρεσιών. Σήμερα η Ελλάδα βρίσκεται σε πολύ καλό επίπεδο ταχυτήτων Διαδικτύου, αν και ακόμα υστερεί από τις τεχνολογικά πιο αναπτυγμένες χώρες όπως για παράδειγμα τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, την Αγγλία ή την Ιαπωνία. Οι τεχνολογίες που παρέχονται είναι η ADSL2+ (Asymmetric Digital Subscriber Line 2 plus), που φτάνει ταχύτητες “μεταφόρτωσης”/ “κατεβάσματος” δεδομένων (downstreaming) έως 24 Mbit/s και “ανάρτησης”/ “ανεβάσματος” (upstreaming) έως 3.5 Mbit/s. Η τεχνολογία όμως, που έχει κερδίσει την αγορά και προσφέρει τις μέγιστες ταχύτητες σύνδεσης είναι η VDSL (Very-high-bit-rate digital subscriber line), με την οποία μπορεί να επιτευχθούν ταχύτητες έως 52 Mbit/s για downstreaming και έως 16 Mbit/s για upstreaming. Επίσης, η επόμενη γενιά της τεχνολογίας αυτής, η VDSL2, είναι ήδη σε πρώιμο στάδιο και υπόσχεται ταχύτητες έως 100 Mbit/s και για τις δύο πλευρές, τόσο στην ανοδική όσο και στην καθοδική ζεύξη. Μιλάμε δηλαδή για μια νέα εποχή στο επίπεδο ταχυτήτων μετάδοσης δεδομένων.

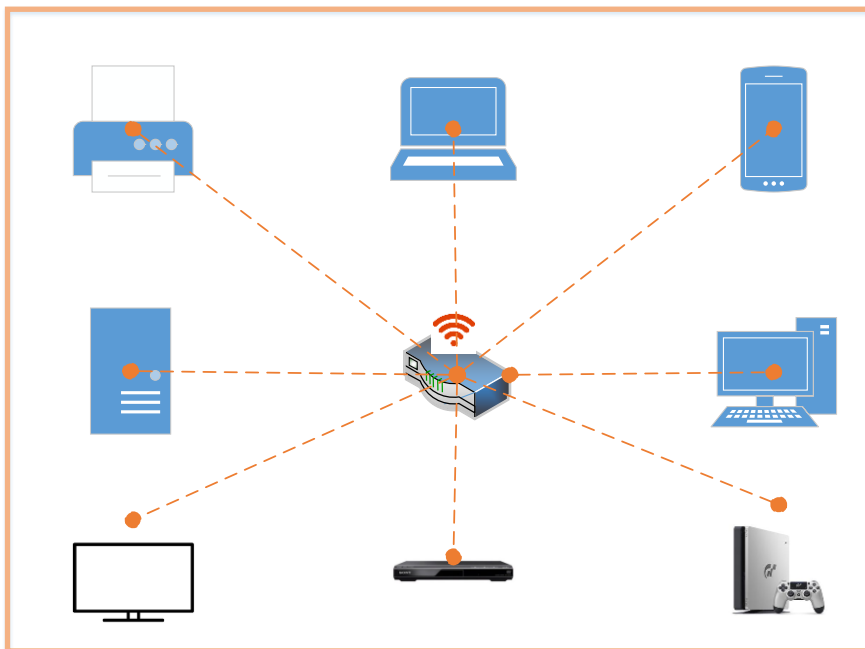
1.2.1. Σύνδεση στο διαδίκτυο με Wi-fi

Πολλές συσκευές μπορούν να συνδεθούν στο διαδίκτυο μέσω της ασύρματης τεχνολογίας του Wi-Fi. Τέτοιες συσκευές είναι οι υπολογιστές, οι κινητές έξυπνες συσκευές (smart phones, tablets), οι έξυπνες τηλεοράσεις (smart TVs), οι προσωπικοί ηλεκτρονικοί βοηθοί (PDA), οι συναγερμοί, ψηφιακές οι φωτογραφικές μηχανές, τα κλιματιστικά, τα ψυγεία, τα αυτοκίνητα (είτε αυτόνομα είτε όχι), κ.α. Όλες αυτές οι συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του Wi-Fi και να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Ο πρόδρομος του Wi-Fi εφευρέθηκε στην Ολλανδία το 1991. Τα προϊόντα που αρχικά κυκλοφόρησαν, ονομαζόντουσαν WaveLAN και οι ταχύτητές τους ήταν της τάξης των 1Mbit/s έως 2Mbit/s. Αρχικά, όταν εμφανίστηκε η τεχνολογία της ασύρματης δικτύωσης, υπήρχαν πολλά προβλήματα συμβατότητας με τα προϊόντα των διαφόρων κατασκευαστών. Τότε, δημιουργήθηκε μία κοινότητα με την ονομασία Wi-Fi Alliance με στόχο να λύσει αυτά τα ζητήματα. Η κοινότητα αυτή είναι που θέσπισε το πρότυπο Wi-Fi certified και με αυτό τον τρόπο διασφάλισε την αποτελεσματική λειτουργικότητα των ποικίλων προϊόντων.

Για την ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο απαιτείται ο χρήστης να έχει στην κατοχή του δρομολογητή ο οποίος ενσωματώνει την τεχνολογία DSL και τη δυνατότητα πρόσβασης στην τεχνολογία Wi-Fi. Με τη χρήση της ανωτέρω συσκευής, παρέχεται

ασύρματη πρόσβαση στο διαδίκτυο και υπάρχει η δυνατότητα της επικοινωνίας μεταξύ των διαφορετικών συσκευών. Μετά την ευρέως διάθεση και χρήση του Wi-Fi, αναπτύχθηκαν πολλές υπηρεσίες βασισμένες σε αυτό. Ακόμη, η χρήση του Wi-Fi είναι αυξημένη σε χώρες όπου λόγω δυσμορφιών των εδαφών τους είναι δύσκολη η εγκατάσταση υποδομής δικτύωσης.



Εικόνα 1.6. Συνδεδεμένες συσκευές σε ένα δίκτυο Wi-Fi

1.2.2. Σύνδεση στο διαδίκτυο με χρήση δεδομένων κινητής τηλεφωνίας

Στην σημερινή εποχή είναι δυνατή η σύνδεση στο Διαδίκτυο μέσω της χρήσης δεδομένων της κινητής τηλεφωνίας. Γενικά, ένα κινητό τηλέφωνο συνδέεται στο διαδίκτυο με το ίδιο ασύρματο σήμα που χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση μιας τηλεφωνικής κλήσης. Το κινητό τηλέφωνο συνδέεται με ένα κοντινό πύργο κυψέλης της περιοχής, ο οποίος στη συνέχεια το συνδέει με το Διαδίκτυο. Επειδή τα δεδομένα που μεταφέρονται μεταξύ των κινητών συσκευών και του Διαδικτύου ενδέχεται να είναι ακριβά, οι πάροχοι υπηρεσιών χρεώνουν για τα προγράμματα δεδομένων σύμφωνα με διαφοροποιημένες τιμολογήσεις/πακέτα.

Η χρήση των δεδομένων της κινητής τηλεφωνίας διαφοροποιείται σε διαφορετικές γενιές βάσει της εξέλιξης των δικτύων ασύρματων κινητών επικοινωνιών με τη χρήση διαφορετικών προτύπων – πρωτοκόλλων, τον αριθμό των χρηστών που εξυ-

πηρετούνταν, την κινητικότητα των χρηστών και τους ρυθμούς αποστολής και λήψης δεδομένων. Έτσι, έχουμε την εξέλιξη των δικτύων από την 1η γενιά (1G) έως την 5η (5G).

Τα δίκτυα 1ης γενιάς (1G) ασύρματων κινητών τηλεπικοινωνιών εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1980, ήταν αναλογικά συστήματα τα οποία για πρώτη φορά προσέφεραν στον χρήστη υπηρεσίες φωνής. Σε αυτή τη πρώιμη γενιά υπήρχαν πολλά διαφορετικά αναλογικά πρότυπα με αποτέλεσμα την ασυμβατότητα μεταξύ των προτύπων αυτών, το οποίο είχε ως συνέπεια τον κατακερματισμό της αγοράς των κινητών τηλεπικοινωνιών.

Τα δίκτυα ασύρματων κινητών τηλεπικοινωνιών 2ης γενιάς (2G) άρχισαν να χρησιμοποιούνται το 1991 στη Φιλανδία με το πρότυπο GSM. Τα δίκτυα αυτά παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με αυτά της 1ης γενιάς. Πρώτα από όλα, τα δίκτυα αυτά είναι πλέον ψηφιακά και έτσι μπορούν να παρέχουν αποδοτικότερη χρήση του φάσματος συχνοτήτων όπως και χαμηλής ταχύτητας δεδομένα (της τάξης των 9,6 kbps έως 19,2 kbps). Στα δίκτυα αυτά προστέθηκε και η δυνατότητα της χρήσης της υπηρεσίας αποστολής και λήψης μηνυμάτων (SMS), πέραν της υπηρεσίας φωνής. Αυτά τα δίκτυα έκαναν την επανάσταση στην αγορά και έτσι αυξήθηκε με απίστευτο τρόπο η χρήση των δικτύων αυτών. Αιτία της αύξησης αυτής ήταν η αποδοτική και σταθερή χρήση των υπηρεσιών των δικτύων της 2ης γενιάς. Η χρήση των δικτύων αυτών είναι μέχρι και σήμερα ευρέως διαδεδομένη σε όλο τον κόσμο.

Στο τέλος του 20ου αιώνα δημιουργήθηκαν τα δίκτυα της 2,5ης γενιάς (GPRS). Ουσιαστικά, τα δίκτυα αυτά είναι επέκταση των δικτύων της 2ης γενιάς. Η διαφορά μεταξύ των δύο αυτών γενιών έγκειται στο ότι πλέον χρησιμοποιείται μεταγωγή πακέτου για την αποστολή και λήψη δεδομένων. Ακόμη, σε αυτή τη γενιά για πρώτη φορά προστέθηκαν υπηρεσίες διαδικτύου.

Η επόμενη γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας, η 3η (3G), εμφανίζεται στις αρχές του 21ου αιώνα. Ο διεθνής οργανισμός International Telecommunication Union (ITU) έθεσε τους κανόνες με τους οποίους επιλύθηκαν τα προβλήματα της 2ης και της 2,5ης γενιάς δικτύων με τη δημοσίευση του προτύπου IMT-2000. Βάσει του προτύπου αυτού αυξήθηκαν οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων σε 128kbps για κινητούς σταθμούς, ενώ για τις σταθερές εφαρμογές 2Mbps. Σε αυτή τη γενιά προστέθηκε και η υπηρεσία των βιντεοκλήσεων, η οποία όμως δεν γνώρισε τόση μεγάλη επιτυχία από τους χρήστες.

Περίπου το 2005 κάνει την εμφάνισή της ή 3,5 γενιά (3,5G) δικτύων κινητής τηλεφωνίας, η οποία είναι η εξέλιξη – επέκταση της 3ης γενιάς, και στην οποία πλέον έγινε δυνατή η χρήση υπηρεσιών δεδομένων που απαιτούσαν υψηλή ταχύτητα.

Λίγο μετά το 2010 εμφανίζονται τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 4ης γενιάς (4G). Αν και είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο, ο στόχος αυτών των δικτύων είναι ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις που θέσπισε η ITU με το πρότυπο IMT-advanced. Ουσιαστικά, αυτό

το πρότυπο γίνεται αντιληπτό ότι τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεν παρέχουν απλά υπηρεσίες φωνής, αλλά και υπηρεσίες διαδικτύου. Τα δίκτυα 4ης γενιάς παρέχουν στις ποικίλες τεχνολογίες τη δυνατότητα χρήσης υπερυψηλών ταχυτήτων (από 20 Mb/s έως 150 Mb/s).

Η επόμενη γενιά δικτύων που εμφανίζεται σιγά σιγά είναι η 5η γενιά (5G). Τα δίκτυα αυτά θα τεθούν σε εμπορική λειτουργία περίπου το 2020 και θα παρέχουν τη δυνατότητα χρήσης πολύ υψηλότερων ταχυτήτων, της τάξης των 10 Gbps.

1.3 Μοντέλα Επικοινωνίας

Οι τρόποι που επικοινωνούν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές μεταξύ τους χωρίζονται σε τρία μοντέλα επικοινωνίας. Αυτά επιγραμματικά είναι το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή, το μοντέλο ομότιμων συνδέσεων, και το κεντρικοποιημένο μοντέλο το οποίο πλέον έχει εξελιχθεί και είναι γνωστό ως υπολογιστικό νέφος. Σε κάθε ένα από αυτά χρησιμοποιείται διαφορετική τεχνική σύνδεσης και μετάδοσης δεδομένων. Επίσης, οι υπηρεσίες που προσφέρονται σε κάθε ένα έχουν διαφορετική χρησιμότητα. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται τα μοντέλα, από το πιο απλό (μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή) προς το πιο σύνθετο (κεντρικοποιημένο μοντέλο), με απώτερο σκοπό να διακριθούν τα βασικά τους χαρακτηριστικά, ενώ παράλληλα δίνονται και παραδείγματα κατανόησης.

1.3.1. Το Μοντέλο Πελάτη - Εξυπηρετητή (Client-Server)

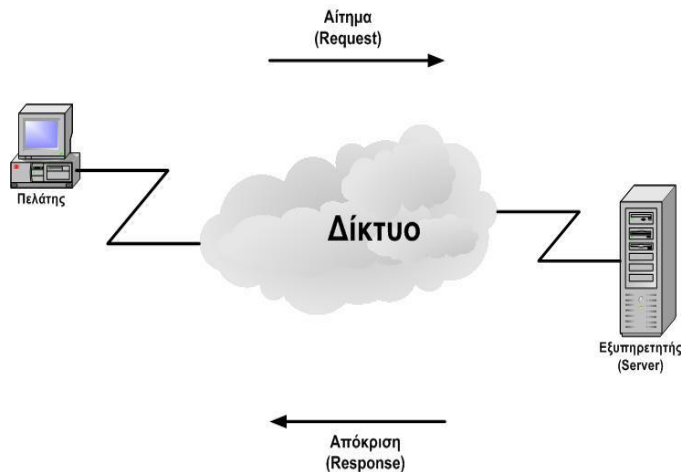
Το μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή (client-server) καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας και γενικά, περιγράφει τον τρόπο που εκτελούνται οι υπηρεσίες (π.χ. FTP, HTTP, SMTP, TELNET) στο Διαδίκτυο. Όλοι οι υπολογιστές στο Διαδίκτυο που ζητάνε τις υπηρεσίες άλλων αποτελούν τους πελάτες (clients), ενώ αυτές που προσφέρουν τις υπηρεσίες τους στους πελάτες είναι οι εξυπηρετητές (servers). Είναι δυνατόν ένας πελάτης να λειτουργεί ως εξυπηρετητής για κάποιους άλλους υπολογιστές και αντίστροφα.

Πιο συγκεκριμένα, και απλοποιώντας περαιτέρω τις ορολογίες του μοντέλου πελάτη – εξυπηρετητή, οι χρήστες αποκαλούνται πελάτες (clients) και χρησιμοποιούν ένα λογισμικό (software), που τους δίνει την δυνατότητα να διαβάσουν τις πληροφορίες που αναζητούν στο διαδίκτυο. Το λογισμικό αυτό μπορεί να είναι ένας φυλλομετρητής (browser) που δίνει μορφή στα δεδομένα τα οποία ανακτώνται. Από την άλλη μεριά, οι προσφερόμενες υπηρεσίες παρέχονται μέσω ενός ή περισσότερων κεντρικών συστημάτων, τα οποία τρέχουν αντίστοιχο λογισμικό και τα οποία ονομάζονται εξυπηρετητές (servers). Το πιο γνωστό παράδειγμα εξυπηρετητών στο Διαδίκτυο είναι οι εξυπηρετητές ιστοτόπων (web servers). Οι χρήστες μπορεί να έχουν μικρούς

σε ισχύ προσωπικούς υπολογιστές, ενώ οι εξυπηρετητές είναι συνήθως πιο ισχυρά υπολογιστικά συστήματα.

Σύμφωνα με το μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή, η επικοινωνία έχει τη μορφή μηνυμάτων αίτησης (requests) από τον πελάτη προς τον εξυπηρετητή, που ζητά να γίνει κάποια εργασία (π.χ. μεταφορά αρχείου, σύνδεση με απομακρυσμένη συσκευή). Ο εξυπηρετητής διεκπεραιώνει την εργασία και στέλνει πίσω την απάντηση (response).

Ο παραπάνω τρόπος επικοινωνίας είναι ο κυρίαρχος στις δικτυακές εφαρμογές της σημερινής εποχής. Σε αυτό το μοντέλο στηρίχθηκε και η ανάπτυξη του Διαδικτύου και του Παγκόσμιου Ιστού. Η Εικόνα 1.7 απεικονίζει το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή καθώς επίσης αναπαριστά τα συμβαλλόμενα μέρη, όπως λειτουργούν, κατά την διάρκεια έναρξης της επικοινωνίας τους. Είναι χαρακτηριστικό ότι πριν ξεκινήσει η οποιαδήποτε ανταλλαγή δεδομένων, το πρώτο πράγμα που συμβαίνει είναι η αίτηση από τον πελάτη για έναρξη επικοινωνίας, κάτι που το επιτυγχάνει στέλνοντας ένα μήνυμα αίτησης (request message) για έναρξη σύνδεσης. Από την πλευρά του ο εξυπηρετητής, εφόσον, είναι διαθέσιμος απαντά με ένα μήνυμα ανταπόκρισης (response message), με το οποίο δηλώνει την διαθεσιμότητά του για έναρξη επικοινωνίας.



Εικόνα 1.7 – Το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή

Χαρακτηριστικά των πελατών και των εξυπηρετητών

Το λογισμικό του πελάτη:

- Είναι ένα πρόγραμμα εφαρμογής (browser), το οποίο γίνεται πελάτης μόνο περιστασιακά όταν απαιτείται απομακρυσμένη πρόσβαση. Ταυτόχρονα μπορεί να κάνει και άλλους υπολογισμούς τοπικά.

- Καλείται απ' ευθείας από τον χρήστη και τρέχει μόνο για μία σύνοδο.
- Τρέχει τοπικά στον υπολογιστή του χρήστη.
- Ενεργεί για την επικοινωνία με τον εξυπηρετητή.
- Μπορεί να έχει πρόσβαση σε πολλαπλούς εξυπηρετητές, αλλά επικοινωνεί μόνο με ένα κάθε φορά.
- Δεν απαιτεί εξειδικευμένο υλικό ή κάποιο περίπλοκο λειτουργικό σύστημα.

Σε αντίθεση, το λογισμικό του εξυπηρετητή:

- Είναι ένα πρόγραμμα ειδικού σκοπού αφιερωμένο στο να παρέχει μία υπηρεσία. Μπορεί, όμως, να χειρίζεται πολλαπλούς απομακρυσμένους πελάτες την ίδια στιγμή.
- Ξεκινάει αυτόματα κάθε φορά που το σύστημα επαναλειτουργεί και συνεχίζει να λειτουργεί χωρίς να σταματάει όταν τελειώνει κάποια σύνοδος.
- Τρέχει σε ένα διαμοιραζόμενο υπολογιστή (συνήθως όχι στον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη).
- Περιμένει παθητικά την επικοινωνία από τυχαίους απομακρυσμένους πελάτες.
- Δέχεται αιτήσεις από πολλούς τυχαίους απομακρυσμένους πελάτες.
- Απαιτεί συνήθως ισχυρό υλικό και περίπλοκο λειτουργικό σύστημα.

Λόγω της τελευταίας ιδιότητας πολλές φορές συγχέεται η λέξη εξυπηρετητής (server) με υπολογιστές που έχουν ισχυρό υλικό, αντέχουν σε δύσκολες συνθήκες ή έχουν μεγάλη αξιοπιστία.

Λίγα λόγια για τις θύρες επικοινωνίας

Στον εξυπηρετητή όλες οι εφαρμογές – υπηρεσίες που μπορεί να προσφερθούν υλοποιούνται από ένα διαφορετικό τμήμα εξυπηρέτησης, το οποίο διακρίνεται από τα άλλα με τη βοήθεια των αριθμών θυρών (Port Numbers). Υπάρχει, δηλαδή, ένας διαφορετικός αριθμός θύρας εξυπηρέτησης για κάθε εφαρμογή (π.χ. η θύρα με αριθμό 8080 του εξυπηρετητή στο Πανεπιστήμιο Πειραιά προσφέρει υπηρεσίες HTTP).

Με παρόμοιο τρόπο σε κάποιον πελάτη, η κάθε ανάγκη για εξυπηρέτηση που γεννιέται, δημιουργεί και έναν διαφορετικό αριθμό θύρας επιτρέποντας έτσι σε έναν πελάτη να ασχολείται με πολλές και διαφορετικές εφαρμογές.

Έτσι, σε επίπεδο εφαρμογής υπάρχει επικοινωνία μεταξύ ενός αριθμού θύρας στον πελάτη και ενός αριθμού θύρας στον εξυπηρετητή. Η διάκριση αυτή των υπηρεσιών

με τη χρήση θυρών επιτρέπει ορολογίες της μορφής όπως πελάτης FTP, πελάτης HTTP από την πλευρά του πελάτη και εξυπηρετητής FTP, εξυπηρετητής HTTP από την πλευρά του εξυπηρετητή αντιστοίχως.

Σημείωση: Περισσότερα για τις θύρες πορτών εξυπηρέτησης υπηρεσιών (Port Numbers) καθώς και για τα πρωτόκολλα που αναφέρονται θα βρείτε στη συνέχεια του Κεφαλαίου αυτού και στο Κεφάλαιο 2 του παρόντος βιβλίου.

Σημείωση: Για τον όρο server, χρησιμοποιούμε τους όρους εξυπηρετής, εξυπηρετητής και διακομιστής.

Παραδείγματα εξυπηρετητών και περιγραφή των υπηρεσιών που υποστηρίζουν παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1.

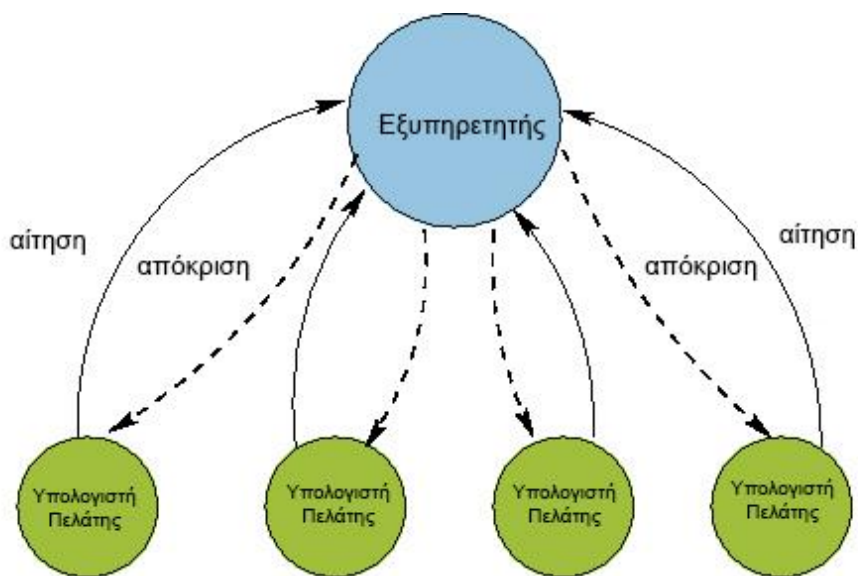
Πίνακας 1.1 Λίστα εξυπηρετητών και περιγραφή των υπηρεσιών που υποστηρίζουν.

Εξυπηρετητές Εφαρμογών (Applications Servers)	Οι εξυπηρετητές αυτοί κατέχουν ένα μεγάλο μέρος της περιοχής υπολογισμού μεταξύ εξυπηρετητών βάσεων δεδομένων και του τελικού χρήστη και πολλές φορές τους συνδέουν. Είναι οι λεγόμενοι application servers και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι κυρίως στις επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς υπολογιστές
Εξυπηρετητές Ονοματολογίας (DNS Servers)	Οι DNS Servers αποτελούν αυτούς τους εξυπηρετητές, οι οποίοι παρέχουν την διεύθυνση IP σε κάθε ιστοσελίδα, δίνοντας την δυνατότητα σε έναν χρήστη του διαδικτύου να μπορεί να συνδεθεί σε αυτή.
Εξυπηρετητές FTP (FTP Servers)	Ως μια από τις παλαιότερες υπηρεσίες διαδικτύου, το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (File Transfer Protocol-FTP) καθιστά δυνατή την ασφαλή μεταφορά ενός ή περισσότερων αρχείων μεταξύ υπολογιστών, παρέχοντας ασφάλεια και οργάνωση αρχείων, καθώς και έλεγχο μεταφοράς.
Εξυπηρετητές IRC	Μια επιλογή για αυτούς που αναζητούν δυνατότητα συνομιλίας σε πραγματικό χρόνο. Το Internet Relay Chat αποτελείται από διάφορα ξεχωριστά δίκτυα εξυπηρετητών, που επιτρέπουν στους χρήστες να συνδεθούν διαμέσου δικτύου IRC.
Εξυπηρετητές Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου (Email Servers)	Σχεδόν τόσο διαδεδομένοι όσο οι εξυπηρετητές / διακομιστές ιστοτόπων (Web servers). Οι διακομιστές ταχυδρομείου (mail servers) διαχειρίζονται τα μηνύματα του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
Εξυπηρετητές Telnet (Telnet Servers)	Ένας εξυπηρετητής Telnet καθιστά ικανούς τους χρήστες να συνδεθούν σε έναν υπολογιστή που είναι host και να εργαστούν όπως θα εργάζονταν αν κάθονταν στον ίδιο τον απομακρυσμένο υπολογιστή.
Εξυπηρετητές Proxy (Proxy Servers)	Οι Proxy server παρεμβάλλονται μεταξύ του πελάτη υπηρεσίας Web (Web browser) και του εξυπηρετητή (Web Server) και φιλτράρουν αιτήσεις, αποθηκεύουν τοπικά σελίδες με μεγάλη ζήτηση και βελτιώνουν γενικότερα την απόδοση της υπηρεσίας του Παγκόσμιου Ιστού.

Εξυπηρετητές Ιστού (Web Servers)	Ένας εξυπηρετητής Ιστού (Web server) προωθεί στατικό περιεχόμενο σε έναν φυλλομετρητή (Web Browser), φορτώνοντας ένα αρχείο από το σκληρό δίσκο του και προωθώντας το διαμέσου δικτύου στον φυλλομετρητή ενός χρήστη. Αυτή η επικοινωνία μεταξύ φυλλομετρητή και εξυπηρετητή γίνεται χρησιμοποιώντας τα πρωτόκολλα HTTP και HTTPS.
Εξυπηρετητές Δυναμικών Ρυθμίσεων Κόμβων (DHCP Servers)	Πρόκειται για τον εξυπηρετητή ενός δικτυακού συστήματος που αναλαμβάνει να αναθέσει τις απαραίτητες δικτυακές ρυθμίσεις στους πελάτες του, δηλαδή, κάθε μηχανήμα του δικτύου (όπως την IP διεύθυνση, την μάσκα υποδικτύου, την καθορισμένη Πύλη κ.α.) προκειμένου να έχουν πρόσβαση στο δίκτυό του αλλά για στο Internet.

Παραδείγματα επικοινωνίας μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή

Η επικοινωνία μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρετητή αποτελείται από μία σειρά προκαθορισμένα βήματα κατά τα οποία ο πελάτης στέλνει μία αίτηση στον εξυπηρετητή και ο εξυπηρετητής μία απάντηση στον πελάτη (βλέπε Εικόνα 1.8).

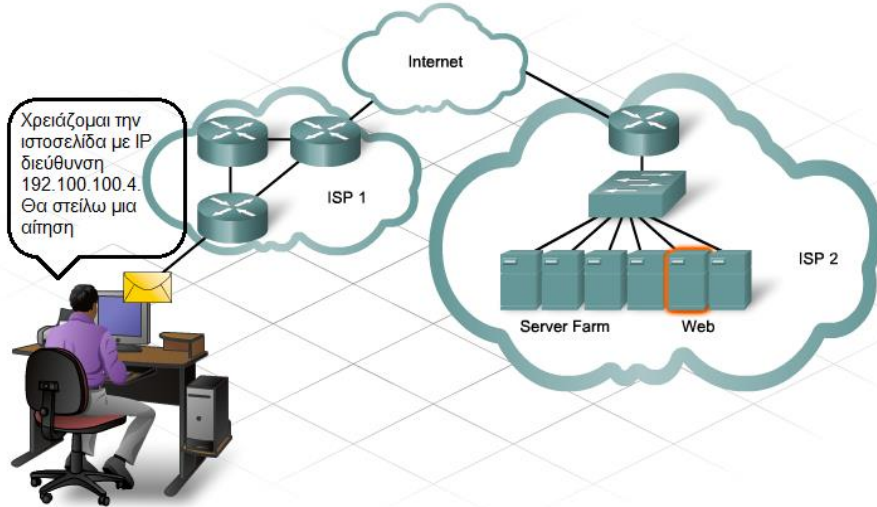


Εικόνα 1.8 – Διάγραμμα που απεικονίζει την επικοινωνία μεταξύ πελάτη-εξυπηρετητή

Μερικές φορές υπάρχει περίπτωση να σταλούν περισσότερες αιτήσεις λόγω του ότι ο εξυπηρετητής αργεί να απαντήσει ή και ακόμα ο εξυπηρετητής να στείλει μια σειρά απαντήσεων πολλές φορές χωρίς και να έχει προηγηθεί κάποια αίτηση από πελάτες, λόγω προβλημάτων επικοινωνίας (βλέπε Εικόνα 1.8).

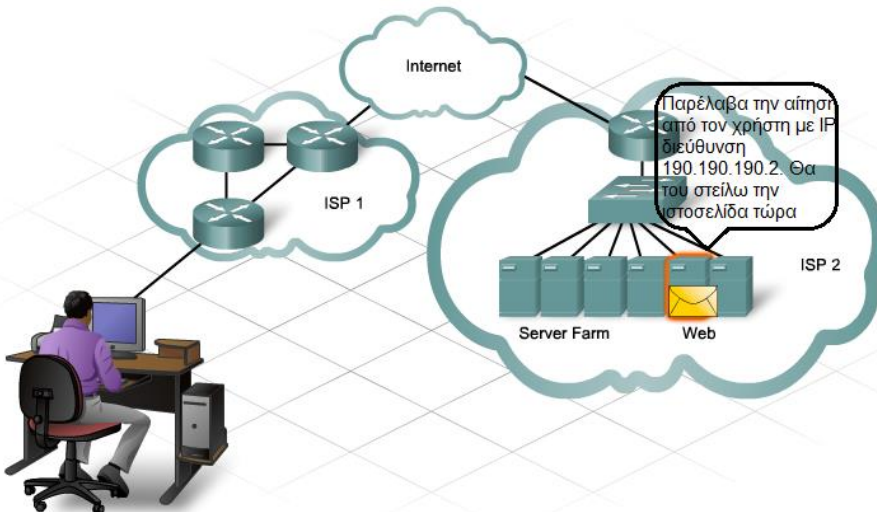
Παρόλα αυτά, ο συνήθης τρόπος επικοινωνίας σε ένα μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράδειγμα των Εικόνων 1.9 έως 1.11. Σε αυτές αποτυπώνεται η διαδικασία σύνδεσης με έναν εξυπηρετητή μιας ιστοσελίδας. Η αίτηση

κάνει το ταξίδι της, ώσπου να φτάσει στον προορισμό της. Στο συγκεκριμένο σημείο του κεφαλαίου δεν μας ενδιαφέρει ποια διαδρομή θα ακολουθήσει το πακέτο αίτησης (Εικόνα 1.9).



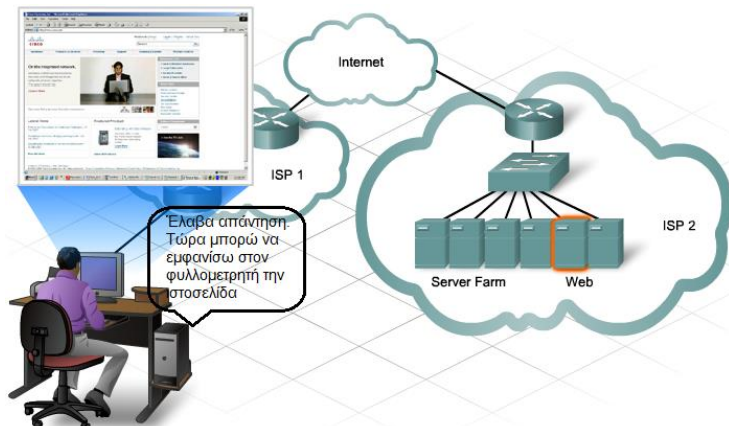
Εικόνα 1.9 – Αίτηση σύνδεσης ενός χρήστη του Διαδικτύου

Μόλις το πακέτο φτάσει στο προορισμό του, ο εξυπηρετητής ιστοσελίδων αναλαμβάνει να απαντήσει στον αποστολέα με το περιεχόμενα της ιστοσελίδας που ζητήθηκε (Εικόνα 1.10).



Εικόνα 1.10 – Απόκριση του εξυπηρετητή ιστοσελίδων

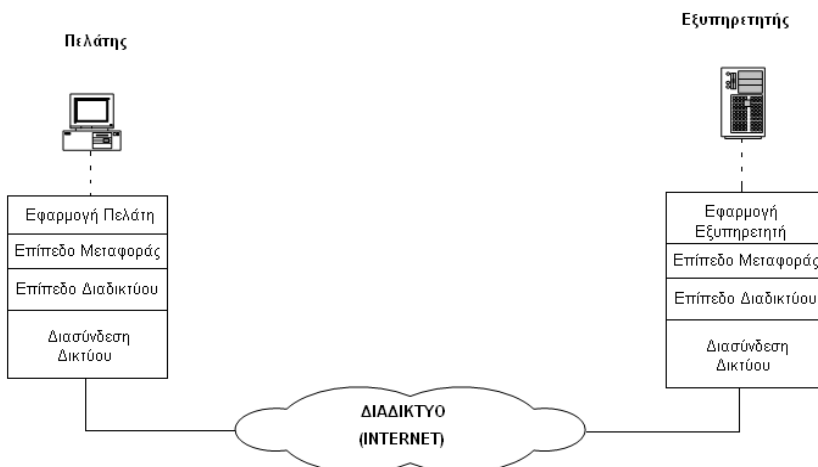
Όταν πάλι η ιστοσελίδα παραληφθεί από τον παραλήπτη, ο φυλλομετρητής αναλαμβάνει να την οπτικοποιήσει προκειμένου να είναι κατανοητή στον άνθρωπο-πελάτη (Εικόνα 1.11).



Εικόνα 1.11 – Παραλαβή ιστοσελίδας εμφάνισή της στον φυλλομετρητή

Άλλοι τύποι μηνυμάτων που μπορεί να σταλούν είναι οι επιβεβαιώσεις, οι αιτήσεις υπαρξης του εξυπηρετητή και οι απαντήσεις μη ορθής αίτησης.

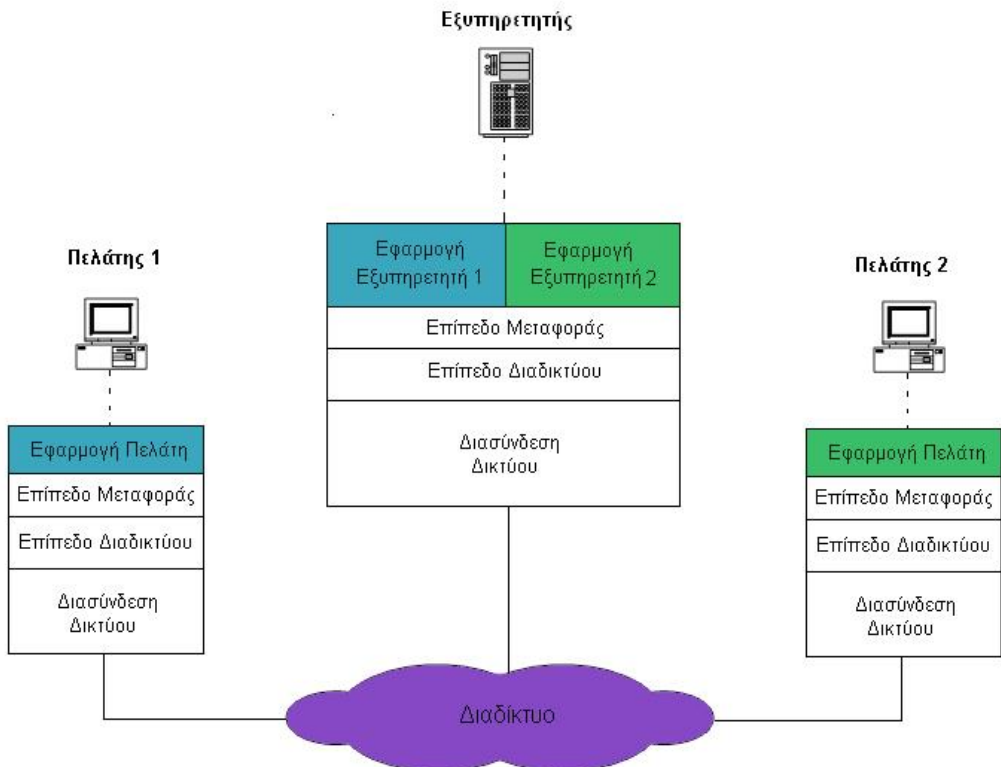
Η επικοινωνία μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή γίνεται μέσω ενός πρωτοκόλλου μεταφοράς, όπως το πρωτόκολλο TCP (βλέπε Εικόνα 1.12), το οποίο επιτυγχάνει την ασφαλή σύνδεση μεταξύ των δύο πλευρών. Απαιτείται μια στοίβα πρωτοκόλλων για να γίνει η επικοινωνία ανάμεσα στην εφαρμογή του πελάτη και στην αντίστοιχη του εξυπηρετητή. Για την στοίβα αυτή θα μιλήσουμε αργότερα στο ίδιο κεφάλαιο.



Εικόνα 1.12 - Χρήση της στοίβας πρωτοκόλλων TCP/IP για την επικοινωνία πελάτη – εξυπηρετητή

Υπάρχει η δυνατότητα ένας υπολογιστής να είναι ταυτόχρονα πελάτης και εξυπηρετητής ή ένας υπολογιστής να έχει πολλαπλούς εξυπηρετητές, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.13. Η διεύθυνση TCP αρκεί για να ξεχωρίζουν οι διάφορες υπηρεσίες εξυπηρέτησης που προσφέρονται. Αυτή είναι η διεύθυνση θύρας των 16 bit στο TCP. Το ζευγάρι διευθύνσεων (IP address, TCP port) προσδιορίζει μοναδικά κάθε αίτηση και την απάντηση στην αίτηση αυτή.

Ένας εξυπηρετητής λειτουργεί με τη μέθοδο του ταυτοχρονισμού (concurrency) δηλαδή μπορεί να εξυπηρετεί πολλαπλές αιτήσεις την ίδια χρονική στιγμή. Για να γίνει αυτό μετά από μια αίτηση δημιουργεί ένα νήμα (thread), δηλαδή μια διεργασία που κάνει τους απαραίτητους υπολογισμούς, ενώ ο ίδιος είναι ελεύθερος να υποδεχτεί παραπέρα αιτήσεις. Για να γίνει αυτό ο εξυπηρετητής πρέπει να λειτουργεί με ένα δυναμικό τρόπο, ο οποίος του επιτρέπει να δημιουργεί τα νήματα και μετά να δέχεται αιτήσεις. Η υπηρεσία μπορεί να προσφέρεται με σύνδεση ή χωρίς σύνδεση, να απαιτείται δηλαδή η εγκατάσταση (έναρξη και παύση) σύνδεσης πριν τη μεταφορά των δεδομένων ή να μεταφέρονται τα δεδομένα χωρίς την προηγούμενη έναρξη και αποδοχή μιας σύνδεσης.



Εικόνα 1.13 – Υπολογιστής με πολλαπλούς εξυπηρετητές

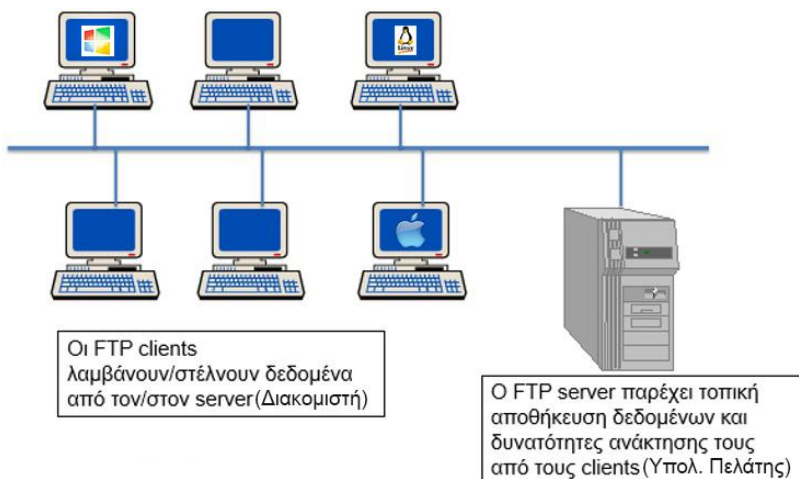
Μια εφαρμογή πελάτη δεν είναι απαραίτητο να προσπελαύνει μια μοναδική υπηρεσία. Μια εφαρμογή μπορεί να γίνει πρώτα πελάτης μιας υπηρεσίας και μετά πελάτης μιας άλλης. Ο πελάτης μπορεί να καλέσει διαφορετικούς εξυπηρετητές για κάθε υπηρεσία.

Μια εφαρμογή πελάτη δεν εμποδίζεται από το να καλέσει ένα μοναδικό εξυπηρετητή για μια συγκεκριμένη υπηρεσία. Μπορεί να καλεί διαφορετικούς εξυπηρετητές για λόγους αξιοπιστίας, γρήγορης απάντησης, ή για να πάρει κάποιο συγκεκριμένο είδος απάντησης.

Ένας εξυπηρετητής μπορεί να γίνει πελάτης μιας άλλης εφαρμογής για να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του. Για παράδειγμα, ένας εξυπηρετητής αρχείων μπορεί να είναι πελάτης μιας εφαρμογής ημερομηνιών για να παρακολουθεί τότε γίνονται οι αλλαγές σε ένα αρχείο (βλέπε εικόνα 1.14).

Το τελευταίο μπορεί να δημιουργήσει κάποιες αλληλεξαρτήσεις που να έχουν σαν αποτέλεσμα το κλείσιμο ενός κύκλου. Δηλαδή για να δοθεί μια απάντηση να πρέπει να απαντήσει ο ίδιος ο πελάτης. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με προσεκτικό προγραμματισμό όταν είμαστε στον ίδιο εξυπηρετητή, αλλά είναι πολύ δυσδιάκριτο όταν εμπλέκονται πολλοί εξυπηρετητές.

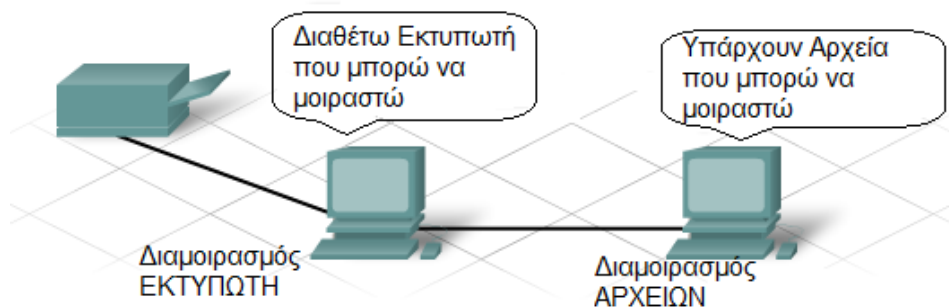
Τα δίκτυα πελάτη - εξυπηρετητή προτιμώνται για λόγους εξειδίκευσης και διαμοιρασμού. Όσον αφορά στην εξειδίκευση, οι πελάτες εξειδικεύονται στη διεπαφή που αλληλεπιδρά με τους χρήστες, ενώ οι εξυπηρετητές εξειδικεύονται στο να διαχειρίζονται δεδομένα και εφαρμογές. Όσον αφορά στον διαμοιρασμό, με την αρχιτεκτονική αυτή πολλοί πελάτες μπορεί να υποστηριχθούν από λίγους εξυπηρετητές καθώς τις περισσότερες φορές τα ίδια δεδομένα και οι εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιηθούν από πολλούς διαφορετικούς χρήστες.



Εικόνα 1.14 – Η Υπηρεσία FTP σε αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή

1.3.2. Το μοντέλο ομότιμων συνδέσεων (peer-to-peer, P2P)

Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν τη λογική του μοντέλου ομότιμων συνδέσεων ή αλλιώς ομότιμα δίκτυα (peer - to - peer networks) έκαναν την εμφάνισή τους το 1999 και αποτέλεσαν μια εναλλακτική λύση, που συνεισέφερε στην παροχή και ανταλλαγή τεράστιων ποσοτήτων περιεχομένου στο Διαδίκτυο. Η αρχιτεκτονική αυτή ήταν η αρχική αρχιτεκτονική για δικτύωση στα τοπικά δίκτυα πριν την έλευση του μοντέλου πελάτη-εξυπηρετητή. Σε αντίθεση με την αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή, δεν υπάρχει εξυπηρετητής στα ομότιμα δίκτυα αλλά κάθε πελάτης διαμοιράζει τους πόρους του στους υπολοίπους. Όλοι οι υπολογιστές είναι ομότιμοι συνδρομητές (peers) και έχουν ταυτόχρονα ρόλο και σαν πελάτες και σαν εξυπηρετητές. Τα δίκτυα αυτά μπορούν να υποστηρίξουν βασικές λειτουργίες κοινής χρήσης, όπως: κοινή χρήση αρχείων και εκτυπωτών (Εικόνα 1.15).



Εικόνα 1.15 – Ομότιμα Δίκτυα

Σε αντίθεση με τα δίκτυα πελάτη-εξυπηρετητή, όπου η πληροφορία βρίσκεται σε κάποιον εξυπηρετητή και μπορεί να διατεθεί σε μεγάλο αριθμό πελατών, στα ομότιμα δίκτυα η πληροφορία μπορεί να βρίσκεται σε όλους τους υπολογιστές. Επειδή, όμως κάθε ένας από τους υπολογιστές που συμμετέχουν στο δίκτυο έχει περιορισμένο αποθηκευτικό χώρο, μπορεί να λειτουργήσει ως πελάτης ζητώντας πληροφορία ή σαν εξυπηρετητής παρέχοντας πληροφορία. Ένα από τα πλεονεκτήματα των δικτύων αυτών είναι ότι έχουν μικρό κόστος εγκατάστασης και είναι εύκολο να συντηρηθούν. Απλά, από την άλλη πλευρά, το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι ότι απαιτούνται πόροι του συστήματος για να λειτουργήσει ένας υπολογιστής τόσο ως πελάτης όσο και ως εξυπηρετητής, με αποτέλεσμα την *καθυστέρηση* απόκρισης στις εντολές λειτουργίας των υπολογιστών που συμμετέχουν σε ένα ομότιμο δίκτυο.

Συνοπτικά, τα πλεονεκτήματα των ομότιμων δικτύων:

- Εύκολα στην εγκατάσταση και έχουν λιγότερη περιπλοκότητα στη δομή τους,

- Μικρότερο κόστος εγκατάστασης, καθώς δεν απαιτούνται δικτυακές συσκευές (μεταγωγείς, δρομολογητές κ.α.) ή και συσκευές που λειτουργούν ως εξυπηρετητές,
- Είναι ιδανικά δίκτυα όταν πρόκειται να υλοποιήσουμε μικρά δίκτυα, κυρίως δίκτυα δύο υπολογιστών, που θα λειτουργούν μόνο για διαμοιρασμό εκτυπωτών ή διαμοιρασμών αρχείων σε ένα περιορισμένο εύρος συσκευών.

Μειονεκτήματα των ομότιμων δικτύων:

- Μη κεντρικοποιημένη διαχείριση,
- Μη ασφαλής μεταφορά δεδομένων και πληροφοριών,
- Όχι τόσο ευέλικτα δίκτυα,
- Όλες οι συσκευές μπορεί να λειτουργούν τόσο ως πελάτες όσο και ως εξυπηρετητές με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση του δικτύου.

Η πρώτη μεγάλη και ευρέως διαδεδομένη εφαρμογή των ομότιμων δικτύων ήταν το Napster, το οποίο αποτέλεσε αντικείμενο μεγάλης διαμάχης μέχρι και τον τερματισμό του, μέσω της νομικής οδού, λόγω του ότι οι εκατομμύρια χρήστες του Napster αντάλλαζαν προστατευμένης ιδιοκτησίας τραγούδια, χωρίς να έχουν τα αντίστοιχα δικαιώματα από τους ιδιοκτήτες αυτών. Όμως, η τεχνολογία ομότιμων συνδέσεων έχει πολλές ενδιαφέρουσες νόμιμες χρήσεις. Πλέον, υπάρχουν και άλλα συστήματα που συνεχίζουν την ανάπτυξη των ομότιμων δικτύων, λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος που υπάρχει από τους χρήστες του Διαδικτύου.

Σήμερα, το BitTorrent είναι το πιο γνωστό πρωτόκολλο που ακολουθεί το μοντέλο ομότιμων συνδέσεων. Χρησιμοποιείται ευρέως ώστε να διαμοιράζει βίντεο, καθώς και άλλο υλικό, και συνεισφέρει κατά ένα μεγάλο ποσοστό στη συνολική κίνηση του Διαδικτύου. Η βασική ιδέα του δικτύου ομότιμων συνδέσεων ανταλλαγής αρχείων είναι ότι πολλοί υπολογιστές έρχονται μαζί και συνενώνουν τους πόρους τους για να σχηματίσουν ένα σύστημα διανομής περιεχομένου. Οι υπολογιστές είναι κατά βάση απλοί οικιακοί υπολογιστές και δεν χρειάζεται να είναι μηχανήματα σε κέντρα που διαχειρίζονται διαδικτυακά δεδομένα. Οι υπολογιστές, ονομάζονται ομότιμοι γιατί ο καθένας από αυτούς μπορεί να δρα ως πελάτης σε έναν άλλον ομότιμο, φέρνοντας δεδομένα, και ως εξυπηρετητής, παρέχοντας περιεχόμενο σε άλλους υπολογιστές που ανήκουν στο ίδιο δίκτυο. Αυτό που χαρακτηρίζει τα συστήματα ομότιμων συνδέσεων είναι ότι δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη υποδομή. Καθένας από τους ομότιμους συνδρομητές συμμετέχει στο έργο διανομής περιεχομένου, και συχνά δεν υπάρχει ένα συγκεκριμένο σημείο ελέγχου. Τα ομότιμα δίκτυα έχουν μεγάλη χωρητικότητα, ώστε να διαμοιράζουν το περιεχόμενό τους, γεγονός το οποίο τα κάνει ανταγωνιστικά απέναντι σε μεγαλύτερους ιστότοπους.

Για παράδειγμα, έστω ένα ομότιμο δίκτυο με N χρήστες με τον καθέναν από αυτούς να έχει ταχύτητα δικτύου 1 Mbps. Η συνολική χωρητικότητα του ομότιμου δικτύου είναι N Mbps το ίδιο και η ταχύτητα μεταφόρτωσης. Κάθε χρήστης μπορεί να αναρτήσει ή να μεταφορτώσει την ίδια στιγμή γιατί η ζεύξη είναι 1 Mbps προς κάθε κατεύθυνση. Στα ομότιμα δίκτυα δεν μπορεί να υπάρχει ένας πάροχος, ο οποίος να παρακολουθεί ολόκληρο το σύστημα. Αυτό, δεν σημαίνει ότι τα ομότιμα δίκτυα δεν παρέχουν προστασία της ιδιωτικής ζωής, καθώς οι χρήστες εμπιστεύονται ο ένας τον άλλον σε ένα βαθμό. Τα συστήματα που βασίζονται σε ομότιμα δίκτυα, αυτή τη στιγμή χρησιμοποιούνται και για υπηρεσίες πέρα από τον διαμοιρασμό αρχείων.

Η τεχνολογία ομότιμων συνδέσεων έχει ακολουθήσει δύο διαφορετικές διαδρομές κατά την ανάπτυξή της. Στην πιο πρακτική του μεριά, υπάρχουν συστήματα, όπως αυτό που βασίζεται στο πρωτόκολλο του BitTorrent, τα οποία χρησιμοποιούνται καθημερινά. Όμως, στην πιο ακαδημαϊκή του πλευρά, υπάρχει ένα αυξημένο ενδιαφέρον στους DHT (Distributed Hash Table) αλγόριθμους οι οποίοι επιτρέπουν στα συστήματα ομότιμων συνδέσεων να αποδίδουν καλά ως σύνολο. Το πρωτόκολλο BitTorrent αναπτύχθηκε από τον Brahm Cohen το 2001 και επέτρεψε σε ένα σύνολο από peers να διαμοιράζονται αρχεία εύκολα και γρήγορα. Υπάρχουν δεκάδες ελεύθεροι διαθέσιμοι πελάτες που εναρμονίζονται με αυτό το πρωτόκολλο. Το πρωτόκολλο είναι διαθέσιμο ως ένα ανοιχτό πρότυπο στο www.bittorrent.org. Σε ένα τυπικό σύστημα ομότιμων συνδέσεων, όπως το BitTorrent, ο καθένας από τους χρήστες έχει ορισμένες πληροφορίες που προσελκύουν το ενδιαφέρον άλλων χρηστών. Αυτές οι πληροφορίες μπορεί να είναι: ελεύθερα λογισμικά, μουσική, βίντεο, φωτογραφίες ή οτιδήποτε άλλο.

Τα τρία βασικά χαρακτηριστικά του διαμοιρασμού περιεχομένου είναι:

- Ένας υπολογιστής μπορεί να βρει έναν άλλον, ο οποίος να περιέχει το περιεχόμενο που επιθυμεί να κατεβάσει,
- Ένα περιεχόμενο, το οποίο έχει αναπαραχθεί από πολλούς υπολογιστές, μπορεί να παρέχει μεγάλες ταχύτητες κατεβάσματος σε όλους,
- Οι υπολογιστές ενθαρρύνουν ο ένας τον άλλον ώστε να μεταφορτώνουν περιεχόμενο σε άλλους καθώς και να κατεβάζουν περιεχόμενο και από τους ίδιους.

Η προσέγγιση που ακολουθείται στο BitTorrent είναι ότι το για κάθε πάροχο περιεχομένου δημιουργείται μια περιγραφή για το περιεχόμενο αυτό που ονομάζεται “torrent”. Το “torrent” αυτό είναι πολύ μικρότερο από το περιεχόμενο, και χρησιμοποιείται από έναν “peer” του για να επαληθεύσει την ακεραιότητα των δεδομένων που μεταφορτώνει από άλλους υπολογιστές. Άλλοι χρήστες που θέλουν να μεταφορτώσουν το περιεχόμενο πρέπει πρώτα να αποκτήσουν το “torrent”, το οποίο βρίσκεται σε μια ιστοσελίδα. Αυτό το “torrent” είναι απλά ένα αρχείο, σε μια συγκεκριμένη μορφή, που περιέχει δύο βασικά είδη πληροφοριών:

- Το όνομα ενός “ιχνηλάτη” (tracker), το οποίο είναι ένας διακομιστής που οδηγεί τους υπολογιστές στο περιεχόμενο του “torrent”.
- Μια λίστα από ισομεγέθη κομμάτια ή πακέτα, που συνθέτουν το περιεχόμενο.

Λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος των τμημάτων, τα αρχεία “torrent” είναι τουλάχιστον τρεις τάξεις μεγέθους μικρότερα από το περιεχόμενο, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να μεταφερθούν γρήγορα. Για να ληφθεί το περιεχόμενο που περιγράφεται σε ένα “torrent”, ένας “peer” έρχεται σε επαφή με τον “ιχνηλάτη” (tracker) για το επιθυμητό “torrent”. Ο “ιχνηλάτης” είναι ένας εξυπηρετητής που διατηρεί μια λίστα με όλους τους υπολογιστές που είναι ενεργοί για κατέβαση και ανέβαση του περιεχομένου. Αυτό το σύνολο των υπολογιστών ονομάζεται σμήνος - “swarm”. Τα μέλη του “swarm” επικοινωνούν με τον «ιχνηλάτη» τακτικά για να αναφέρουν ότι είναι ακόμα ενεργά, καθώς και όταν φεύγουν από το swarm. Όταν ένας νέος “peer” έρχεται σε επαφή με τον «ιχνηλάτη» για να ενταχθεί στο πλήθος (swarm), ο “ιχνηλάτης” τον ενημερώνει για τους άλλους “peers” που βρίσκονται στο “swarm”.

1.3.3 Το κεντρικοποιημένο μοντέλο και η εξέλιξή του

Ιστορική Αναδρομή

Η ιδέα του υπολογιστικού νέφους (cloud computing) χρονολογείται από τη δεκαετία του 1950, όταν κεντρικοί υπολογιστές έγιναν προσβάσιμοι μέσω πελατών και τερματικών στα πανεπιστήμια και στις επιχειρήσεις. Είναι τα λεγόμενα στατικά τερματικά τα οποία χρησιμοποιούνταν για επικοινωνία αλλά δεν είχαν εσωτερικές δυνατότητες επεξεργασίας. Με τον τρόπο αυτό επιτεύχθηκε αποτελεσματική χρήση της παραπάνω τεχνικής, επιτρέποντας σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται την πρόσβαση σε έναν υπολογιστή από πολλαπλά τερματικά, καθώς επίσης και τον χρόνο της CPU. Η εν λόγω πρακτική, έγινε ευρέως γνωστή με την ονομασία χρονοδιαμοιρασμός (time-sharing), κοινή χρήση δηλαδή χρόνου CPU σε ένα υπολογιστή. Τα μέσα της δεκαετίας του 1970, διαδόθηκε ως RJE (Remote Job Entry), διαδικασία όπου κατά κόρον συνδεόταν με τους κεντρικούς υπολογιστές της IBM και της DEC.

Το 1960 ο John McCarthy ισχυρίστηκε πως είναι εφικτή η δημιουργία υπολογιστών κοινής ωφέλειας, με χαρακτηριστικά ελαστικής διάταξης και απευθείας σύνδεσης. Άλλοι μελετητές απέδειξαν πως οι ρίζες του υπολογιστικού νέφους, οδηγούνται πίσω στο 1950 αφότου ο επιστήμονας Herb Grosch υπέθεσε πως ολόκληρος ο κόσμος θα ήταν εφικτό να λειτουργήσει, με την παρουσία μόνο δεκαπέντε κέντρων δεδομένων. Λόγω του ότι ήταν κοστοβόρα τα εν λόγω υπολογιστικά κέντρα, πολλές εταιρείες και νομικά πρόσωπα θα μπορούσαν να επωφεληθούν σε υπολογιστική ικανότητα, μέσω συστημάτων κοινής χρήσης του χρόνου της CPU. Πολλές εταιρείες και οργανώσεις όπως για παράδειγμα οι GE, GEISCO (θυγατρική της IBM), το

Service Bureau Corporation (SBC, 1957), η Tymshare (1966), η Εθνική CSS (1967) και Bolt, Beranek και Newman (BBN), προώθησαν την αγορά χρόνου ως μια επιχειρηματική και εμπορική ενέργεια.

Κατά τη δεκαετία του 1990 υιοθετήθηκε η υπηρεσία των εικονικών ιδιωτικών δικτύων (Virtual Private Networks - VPN) με αρτιότερες παροχές και συνάμα χαμηλό κόστος. Με την εξισορρόπηση του εκάστοτε εξυπηρετητή, επιτυγχάνεται η χρησιμοποίηση του συνολικού εύρους του δικτύου στο μέγιστο βαθμό. Υιοθετήθηκε η χρήση του συμβόλου του νέφους έτσι ώστε να υποδηλωθεί το σημείο οριοθέτησης μεταξύ παρόχου και χρήστη. Το υπολογιστικό νέφος επεκτείνει το όριο αυτό και ωθεί τους επιστήμονες στο να παρέχουν μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ στους χρήστες. Ως γνώμονα, έχουν την αξιοποίηση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας, όπου μέσω αλγορίθμων καταλήγουν στη βελτιστοποίηση και αποτελεσματικότητα των δικαιωμάτων του χρήστη.

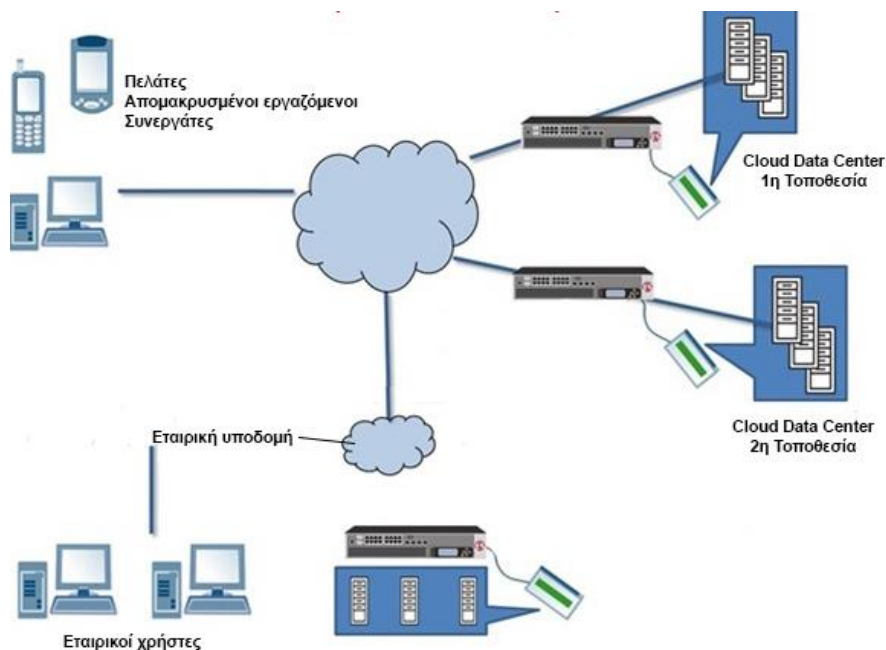
Τη δεκαετία του 2000 λαμβάνει χώρα ο εκσυγχρονισμός των κέντρων δεδομένων, οπότε το 2006 ξεκινάει μια απόπειρα η εταιρεία Amazon στο να παρέχει υπολογιστικά νέφη σε εξωτερικούς πελάτες (Amazon Web Services - AWS), βάσει της χρησιμότητας και των απαιτήσεων όπου επικρατούσαν εκείνη την χρονική στιγμή. Στις αρχές του 2008 δημιουργείται η πλατφόρμα (Eucalyptus) για την αξιοποίηση και ανάπτυξη των ιδιωτικών νεφών. Παράλληλα, δημιουργείται το πρώτο λογισμικό ανοικτού κώδικα (OpenNebula) όπου αναπτύσσει τα ιδιωτικά και υβριδικά νέφη. Επιπροσθέτως, καταβάλλεται προσπάθεια για εγγυημένη παροχή υπηρεσιών, όπως επιτάσσεται από τις διαδραστικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου, σε θεμέλια και βάσεις του νέφους ουσιαστικά σε πραγματικό χρόνο. Το έργο στηρίχθηκε εμπράκτως από την Ευρωπαϊκή επιτροπή (IRMOS). Στις αρχές του 2011 παρατηρείται αξιοπρόσεκτη εφαρμογή και ταύτιση με το IBM Smart Cloud ολοένα και περισσότερων χρηστών. Διασφαλίζεται πλήρης υποδομή, εξοπλισμός, διαχείριση και ασφάλεια.

Εταιρείες όπως η IBM, η Google και η Yahoo έχουν επενδύσει τεράστια κεφάλαια στην νέα αυτή τεχνολογική δομή ενώ εστιάζουν όλο και περισσότερο τις υπηρεσίες τους έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται τις επαναστατικές δυνατότητες του υπολογιστικού νέφους στο έπακρο. Η αγορά υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους εκτιμάται σήμερα σε περίπου 50 δις δολάρια, ενώ σύμφωνα με την Merrill Lynch (οικονομική και συμβουλευτική εταιρεία), την επόμενη 5ετία αναμένεται να ξεπεράσει τα 100 δις δολάρια. Η εφαρμογή της δομής του υπολογιστικού νέφους στην κινητή τηλεφωνία αποτελεί ένα επιχειρηματικό πεδίο με τεράστια περιθώρια ανάπτυξης.

Λειτουργία

Το υπολογιστικό νέφος αποτελεί έναν βασικό πυλώνα της κοινωνίας μας σήμερα και η χρήση του γίνεται καθημερινά από δεκάδες οργανισμούς αλλά και πάρα πολλούς ιδιώτες χρήστες. Μεγάλες εταιρίες το έχουν ως βασικό εργαλείο στις υπηρεσίες

που παρέχουν αλλά και στα μελλοντικά τους σχέδια. Το υπολογιστικό νέφος είναι ένας τρόπος με τον οποίο οι υπολογιστές, τα κινητά και οποιαδήποτε άλλη συσκευή μπορεί να έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο, αξιοποιώντας ταυτόχρονα τις δυνατότητες του υπολογιστικού νέφους, όπως την παροχή “ασφαλούς” αποθηκευτικού χώρου στο διαδίκτυο τον οποίο κάθε χρήστης μπορεί να εκμεταλλευτεί όπως ακριβώς επιθυμεί. Ο χώρος αυτός δεν είναι απεριόριστος αλλά είναι προκαθορισμένος και ανάλογος με τη χωρητικότητα που διαθέτει κάθε πάροχος αλλά και τις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη. Λόγω της μεγάλης ανταγωνιστικότητας, ένα μέρος του αποθηκευτικού χώρου διατίθεται δωρεάν και για το υπόλοιπο υπάρχει ανάλογη συνδρομή. Στην εικόνα 1.16 δίνεται ένα σχεδιάγραμμα που απεικονίζει τη δομή του υπολογιστικού νέφους.



Εικόνα 1.16– Δομή του Υπολογιστικού Νέφους

Μέσω του υπολογιστικού νέφους παρέχεται και το αντίστοιχο λογισμικό ως υπηρεσία (on-demand software) ή προϊόν ως υπηρεσία (software as a service). Το προϊόν ως υπηρεσία δίνει τη δυνατότητα πρόσβασης στο νέφος από διαφορετικές συσκευές ανεξαρτήτως λογισμικού. Αυτό είναι εφικτό διότι η επεξεργασία των δεδομένων δεν γίνεται στην συσκευή που έχει ο κάθε χρήστης αλλά στον εξυπηρετητή του παρόχου έχοντας σαν αποτέλεσμα την χαμηλή κατανάλωση ισχύος σε όλους τους τομείς (μπαταρία, επεξεργαστή και αποθηκευτικού χώρου).

Το Dropbox αποτελεί ένα από τα γνωστότερα νέφη. Παρέχει ένα συγκεκριμένο μέγεθος αποθηκευτικού χώρου εάν κάποιος είναι απλός χρήστης (η υπηρεσία παρέχεται δωρεάν), το οποίο όμως μπορεί να αυξηθεί όσο ο εκάστοτε χρήστης προσκαλεί και άλλους χρήστες να χρησιμοποιήσουν την υπηρεσία. Ακόμα, παρέχει και ετήσιες συνδρομές για εταιρικά και άλλα προγράμματα. Το iCloud της Apple αποτελεί ένα διαδεδομένο νέφος για τις συσκευές της ίδιας εταιρίας το οποίο παρέχει και αυτό ένα συγκεκριμένο χώρο στους δωρεάν χρήστες αλλά και το αντίστοιχο συνδρομητικό πακέτο. Επίσης, μέσω του iCloud δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας κειμένου (word) αλλά και άλλων αρχείων όπως υπολογιστικών εγγράφων (excel) και παρουσιάσεων (power point). Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα προβολής των προσωπικών ηλεκτρονικών μηνυμάτων του εκάστοτε χρήστη. Ένα ανερχόμενο και πολλά υποσχόμενο νέφος είναι το Skydrive, το οποίο σε συνδυασμό με τα Office 365 παρέχει την αυθεντική επεξεργασία κειμένου και άλλων εγγράφων από τη Microsoft. Τέλος, η λίστα με τα πλέον γνωστά νέφη κλείνει με το GoogleDrive, το οποίο παρέχει ένα σεβαστό χώρο δωρεάν αλλά και τη δυνατότητα επεξεργασίας διαφόρων εγγράφων GoogleDocs. Σημαντική περίπτωση υλοποίησης αποτελεί η υπηρεσία «Pithos+», η οποία παρέχεται από το Εθνικό Δίκτυο Έρευνας & Τεχνολογίας (ΕΔΕΤ) προς την ακαδημαϊκή κοινότητα των ελληνικών πανεπιστημίων (ΑΕΙ) και τεχνολογικών ιδρυμάτων (ΤΕΙ). Οι φοιτητές, διδάσκοντες και εργαζόμενοι έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης στην υπηρεσία μέσω πιστοποίησης και αυθεντικοποίησης (authorization/authentication) που τους παρέχουν τα κεντρικά συστήματα LDAP των Ιδρυμάτων.

Αρχιτεκτονική

Μια βασική απαίτηση που οδήγησε στην ανάπτυξη του υπολογιστικού νέφους κυρίως είναι ότι κατά τη διαδικασία επεξεργασίας δεδομένων που αφορούν μια συγκεκριμένη εφαρμογή είναι δύσκολο να υπάρχουν διαθέσιμα όλα τα μηχανήματα που μπορεί αυτή να χρειάζεται. Επίσης, είναι δύσκολο να συντονιστεί μια μεγάλη σε κλίμακα εργασία, εάν είναι κατανεμημένη σε διαφορετικά μηχανήματα και να υπάρχει και πρόβλεψη έτσι ώστε αν αποτύχει κάποιο μηχανήμα να υπάρξει επαναφορά από κάποιο άλλο.

Η αρχιτεκτονική του υπολογιστικού νέφους βασίζεται στο ότι έχει τη δυνατότητα να λύνει κάποιο από τα παραπάνω προβλήματα. Οι εφαρμογές σχεδιάζονται πάνω στην αρχιτεκτονική αυτή και εκτελούνται μέσα στο υπολογιστικό νέφος, όπου η τοποθεσία της υποδομής του είναι προκαθορισμένη από τον πάροχο. Οι πάροχοι μπορούν να επωφεληθούν τη διεπαφή (Application Programming Interface - APIs) της διαδικτυακά προσβάσιμης υπηρεσίας καθώς η αξιοπιστία και η λογική των σχετικών υπηρεσιών παραμένει κρυμμένη μέσα στο υπολογιστικό νέφος. Η βέλτιστη χρήση των πόρων στην αρχιτεκτονική αυτή είναι βασική απαίτηση διότι έτσι υπάρχει καλύτερη επίδοση και μεγαλύτερη αξιοπιστία. Για τη δημιουργία ενός μεγάλου σε κλίμακα συστήματος, η αρχική επένδυση σε υποδομή είναι σχεδόν μηδενική. Με κάθε

άλλη προσέγγιση η αρχική επένδυση θα απαιτούσε μεγάλο χρηματικό ποσό που θα έπρεπε να επενδυθεί σε ακίνητα, υλικό καθώς επίσης και στη διαχείριση του υλικού και του επιχειρησιακού προσωπικού.

Στη συγκεκριμένη χρονική περίοδο δεν υπάρχει σταθερό κόστος ή κόστος εκκίνησης. Η υποδομή είναι διαθέσιμη διαρκώς λόγω της δυναμικής διαχείρισης του όγκου (χώρου) που υπάρχει, και έτσι διαχειριστές του λογισμικού δεν χρειάζεται να ασχολούνται με την προμήθεια όγκου (χώρου) για μεγάλα σε κλίμακα συστήματα. Οι διαχειριστές αυτών των συστημάτων συνήθως ασχολούνται με την προμήθεια υλικού και καλύτερη χρησιμότητα υποδομής. Οι τελευταίοι μπορούν να διαχειρίζονται πόρους πιο αποτελεσματικά διεκπεραιώνοντας αιτήματα εφαρμογών και απελευθερώνοντας πόρους όταν χρειάζεται.

Ανάλογα με τη χρήση γίνεται και η κοστολόγηση, κάτι που σημαίνει ότι η εφαρμογή κοστολόγησης χρεώνει τον εκάστοτε πελάτη μόνο για την υποδομή την οποία χρησιμοποιήσει. Ο πελάτης δεν είναι υπεύθυνος για ολόκληρη την υποδομή την οποία έχει παραλάβει. Αυτή είναι και η βασική διαφορά ανάμεσα σε διαδικτυακές εφαρμογές και εφαρμογές οι οποίες προέρχονται από ένα λογισμικό. Για παράδειγμα, εάν μια απαιτητική σε υπολογιστικούς πόρους ή σε όγκο (χώρο) διαδικασία χρειάζεται 500 ώρες για την ολοκλήρωσή της από ένα μηχάνημα τότε είναι δυνατόν με τη χρήση της υποδομής νέφους να διεκπεραιωθεί σε 1 ώρα, εάν χωριστεί σε 500 τμήματα και η επεξεργασία αυτών γίνει παράλληλα. Η δυνατότητα μιας ελαστικής υποδομής παρέχει στην εφαρμογή την ικανότητα να εκμεταλλευτεί την παραλληλοποίηση σε έναν οικονομικά αποδοτικό τρόπο μειώνοντας τον συνολικό χρόνο που χρειάζεται η διαδικασία.

Είδη υπηρεσιών

Ξεκινώντας από τα είδη υπηρεσιών, οι κατηγορίες του cloud computing μπορεί να συνοψιστούν ως εξής:

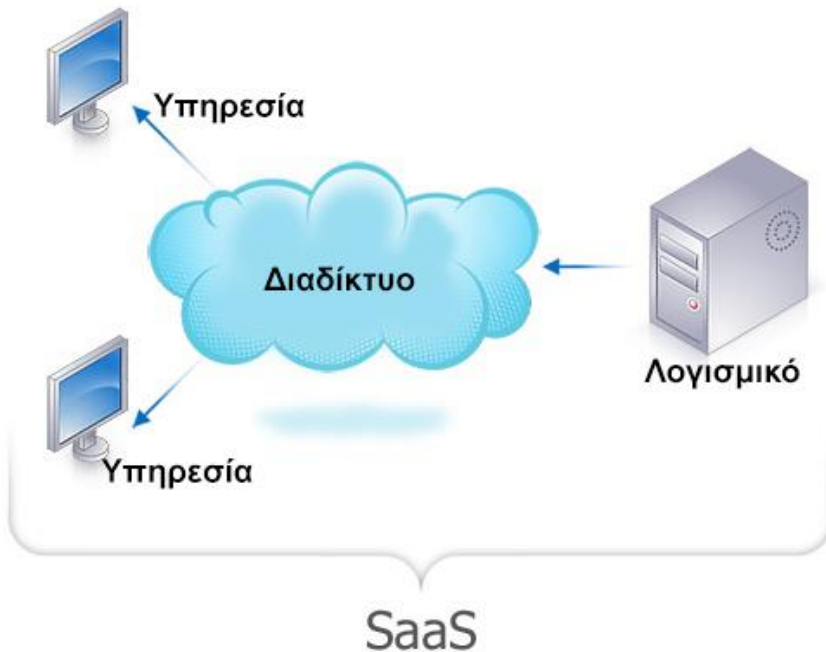
- Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software as a Service - SaaS)
- Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (Platform as a Service - PaaS)
- Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS)
- Αποθηκευτικός Χώρος ως Υπηρεσία (Storage as a Service - StaaS)
- Υλικό ως Υπηρεσία (Hardware as a Service - Haas)
- Βάση Δεδομένων ως Υπηρεσία (Database as a Service - DaaS)

Software as a Service (SaaS)

Το Software as a Service είναι μια υπηρεσία η οποία βασίζεται στην “ενοικίαση” λογισμικού από έναν πάροχο υπηρεσιών έναντι μιας τιμής (βλέπε εικόνα 1.17). Το

συγκεκριμένο λογισμικό υπάρχει σε ένα κεντρικό εξυπηρετητή, το οποίο διατίθεται ως υπηρεσία μέσω του Διαδικτύου. Η συγκεκριμένη υπηρεσία είναι γνωστή και ως λογισμικό κατ' απαίτηση 'software on demand' και, πλέον, αποτελεί έναν από τους πιο γνωστούς τύπους υπολογιστικού νέφους λόγω, όχι μόνο της ποιότητας υπηρεσιών που διαθέτει αλλά και της μεγάλης ευελιξίας, υψηλής σταθερότητας και ελάχιστης δυνατής συντήρησης που απαιτεί. Μερικά παραδείγματα υπηρεσιών SaaS είναι τα ακόλουθα:

- Online Exchange (Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο)
- SharePoint Online (Σύστημα διαχείρισης κειμένων)
- Office Live Meeting (Ηλεκτρονικός χώρος συναντήσεων)
- Office Communications Online (Instant Messaging)

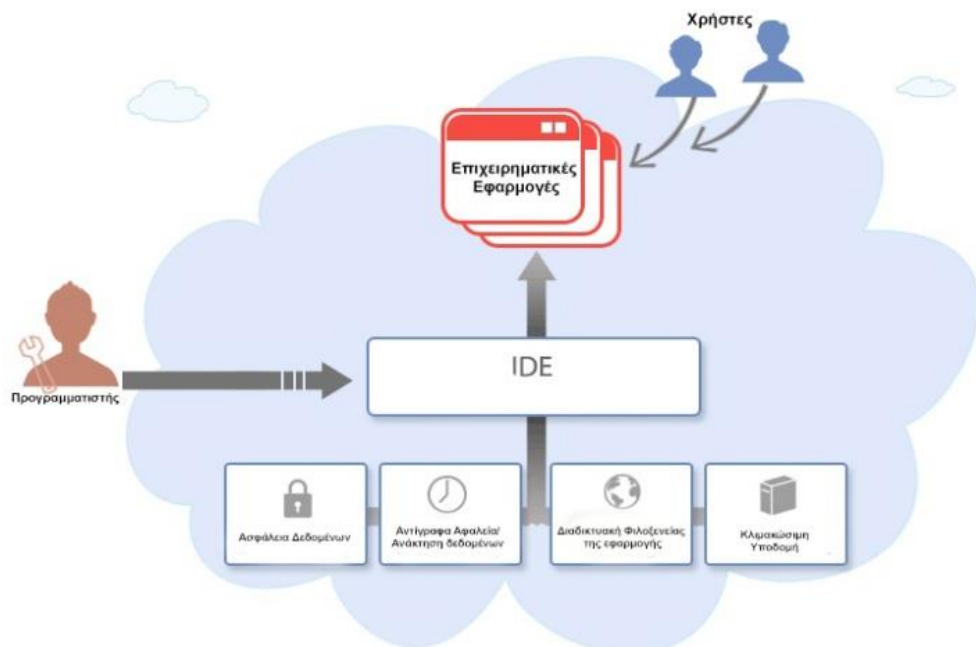


Εικόνα 1.17 – Υπηρεσίες Υπολογιστικού Νέφους – Software as a Service (SaaS)

Platform as Service (PaaS)

Στη συγκεκριμένη υπηρεσία ο καταναλωτής είναι διαθέσιμος να αναπτύξει εφαρμογές τις οποίες έχει δημιουργήσει, είτε έχει αποκτήσει από κάποιον τρίτο (βλέπε ει-

κόνα 1.18). Οι συγκεκριμένες εφαρμογές είναι δημιουργημένες με την χρήση γλωσσών προγραμματισμού ή ακόμα και μέσω εργαλείων που υποστηρίζονται από τον πάροχο του νέφους. Ο καταναλωτής δεν έχει πρόσβαση στην υποδομή, που περιλαμβάνει τους εξυπηρετητές, τα δίκτυα, και τα αποθηκευτικά μέσα άλλα έχει τον έλεγχο των εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί. Ένα βασικό μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι πως οι εφαρμογές οι οποίες έχουν δημιουργηθεί, είναι βασισμένες σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο (framework) (που χρησιμοποιεί ο εκάστοτε πάροχος) και υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να δημιουργηθεί πρόβλημα αν θελήσουμε να τις μεταφέρουμε σε ένα διαφορετικό πάροχο υπηρεσιών.



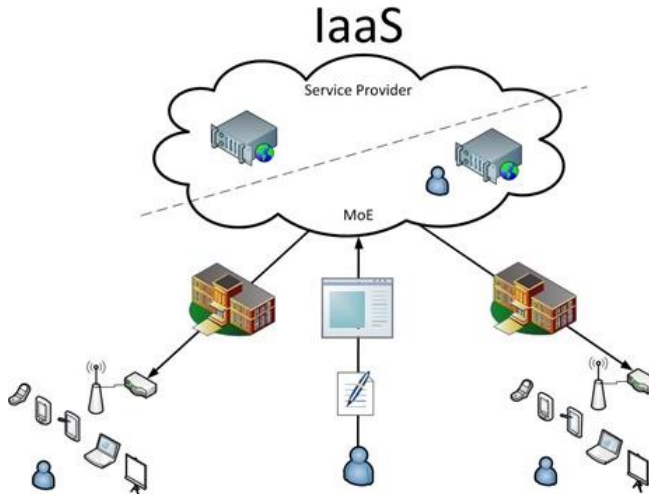
Εικόνα 1.18 –Υπηρεσίες Υπολογιστικού Νέφους – Platform as a Service (PaaS)

Στην κατηγορία των βάσεων δεδομένων διατίθεται η υπηρεσία Database as Service (DaaS). Στη συγκεκριμένη κατηγορία ο πάροχος προσφέρει μια διαδικτυακή βάση δεδομένων η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιαδήποτε διαδικτυακή εφαρμογή.

Infrastructure as a Service (IaaS)

Είναι η δυνατότητα που παρέχεται στον καταναλωτή να δεσμεύσει προς χρήση επεξεργαστική ισχύ, αποθηκευτικά μέσα, δίκτυα, και άλλους θεμελιώδεις υπολογιστικούς πόρους (βλέπε εικόνα 1.19). Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο καταναλωτής δεν έχει τον έλεγχο της χρησιμοποιούμενης υποδομής, αλλά του δίνεται η πρόσβαση σε

λειτουργικά συστήματα, αποθηκευτικά μέσα και εφαρμογές οι οποίες έχουν αναπτυχθεί.



Εικόνα 1.19 –Υπηρεσίες Υπολογιστικού Νέφους–Infrastructure as a Service (IaaS)

Το “Storage as a Service” (StaaS) αποτελεί ένα υποσύνολο του Infrastructure as a Service. Στο συγκεκριμένο μοντέλο υπηρεσιών κάποιος πάροχος προσφέρει στους καταναλωτές αποθηκευτικούς εξυπηρετητές (βλέπε εικόνα 1.20). Συνήθως, ένας μικρός αποθηκευτικός χώρος προσφέρεται δωρεάν στο χρήστη και στη συνέχεια μπορεί να αυξηθεί ο χώρος έναντι ενός ποσού. Ένα παράδειγμα που έχει αναλυθεί και σε προηγούμενη παράγραφο είναι το Dropbox.



Εικόνα 1.20 –Υπηρεσίες Υπολογιστικού Νέφους – Storage as a Service (StaaS)

Στο Hardware as Service (HaaS) ο προμηθευτής στη συγκεκριμένη υπηρεσία νέφους μέσω ενοικίου έχει τη δυνατότητα να παρέχει στον καταναλωτή το υλικό (hardware) που χρειάζεται για παράδειγμα, μνήμη, επεξεργαστή (CPU), διακομιστές ιστοτόπων (web servers), αποθηκευτικό χώρο και εν συντομία ότι περιέχεται στην κατηγορία του υλικού. Τέλος, η πληρωμή αντιστοιχεί πλήρως στη διανομή πόρων που χρησιμοποιήθηκαν όπως και στις υπόλοιπες υπηρεσίες νέφους.

1.4 Βασικές Αρχές Επικοινωνιών

Η επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών, και ειδικότερα η αξιόπιστη επικοινωνία, είναι η εμπροσσία των Δικτύων υπολογιστών. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο όμως, οι υπολογιστές, όπως άλλωστε και ο ίδιος ο άνθρωπος, χρησιμοποιεί κάποιους κανόνες. Στην γλώσσα των υπολογιστών, οι κανόνες αυτοί έχουν την ονομασία πρωτόκολλα!

Πριν όμως μιλήσουμε για την σημασία της βασικής αρχής επικοινωνιών, των πρωτοκόλλων, πρώτα θα αναφέρουμε μερικές βασικές ορολογίες επικοινωνίας του κόσμου των υπολογιστών.

Πηγή, Κανάλι, Προορισμός

Σε όλους τους τρόπους επικοινωνίας, υπάρχουν πάντα 3 στοιχεία τα οποία λαμβάνουν μέρος. Το πρώτο από αυτά τα στοιχεία είναι η πηγή (source) του μηνύματος ή αλλιώς ο **Αποστολέας** (sender). Αυτός μπορεί να είναι είτε άνθρωπος είτε μια ηλεκτρονική συσκευή, που επιθυμεί να στείλει ένα μήνυμα σε έναν άλλο άνθρωπο ή συσκευή. Το δεύτερο στοιχείο είναι ο προορισμός ή **Αποδέκτης** (receiver) του μηνύματος. Αποστολέας και προορισμός είναι η προϋποθέσεις για να γίνει μια επικοινωνία. Το τρίτο απαραίτητο στοιχείο είναι το μέσο ή **Κανάλι** (channel) από όπου θα γίνει η μετάδοση των μηνυμάτων. Αυτό αποτελεί τον δρόμο-μονοπάτι, το οποίο ακολουθεί το μήνυμα του αποστολέα προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του.

Όπως τίθενται κάποιοι κανόνες στην επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων, το ίδιο ισχύει και για την επικοινωνία των υπολογιστών. Για παράδειγμα, δύο άνθρωποι για να καταφέρουν να επικοινωνήσουν θα πρέπει να συμφωνήσουν σε κάποιους κανόνες-πρωτόκολλα, διαφορετικά, δεν επικοινωνούν.

Αυτοί οι κανόνες μπορεί να είναι:

- Το ποιοι άνθρωποι θα επικοινωνήσουν (αποστολέας και αποδέκτης)
- Το μέσο με το οποίο θα επικοινωνήσουν (προσωπικά, τηλεφωνικά, δια μέσου ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή άλλου τρόπου)
- Τον τρόπο επικοινωνίας (με ομιλία, γραπτά, με εικόνες)

- Την γλώσσα επικοινωνίας (ελληνική γλώσσα, αγγλική γλώσσα)
- Την γραμματική και δομή προτάσεων (κανόνες γραμματικής)
- Ταχύτητα και σωστό χρόνο επικοινωνίας (πόσο γρήγορα να μιλάνε και να περιμένουν την ολοκλήρωση της σκέψης)

Αντίστοιχα, στην γλώσσα των υπολογιστών υπάρχουν κάποιοι κανόνες-πρωτόκολλα, τα οποία είναι απαραίτητα προκειμένου να υπάρξει επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών. Αυτά τα πρωτόκολλα καθορίζουν τις λεπτομέρειες για το πώς ένα μήνυμα θα μεταδοθεί και θα παραδοθεί στον προορισμό του.

Οι λεπτομέρειες αυτές περιλαμβάνουν τις έννοιες:

- Δομή του μηνύματος (message format)
- Μέγεθος (message size)
- Χρόνος παράδοσης (message timing)
- Ενθυλάκωση (message encapsulation)
- Κωδικοποίηση μηνύματος (message encoding)
- Πρότυπο μηνύματος (message pattern)

Ακολουθούν λίγα λόγια για κάθε έναν από τους παραπάνω κανόνες (πρωτόκολλα) που πρέπει να τηρούνται για την επίτευξη επικοινωνίας.

Κωδικοποίηση μηνύματος (encoding)

Λέγοντας κωδικοποίηση μηνύματος εννοούμε την κατάλληλη μορφή που πρέπει να πάρει ένα μήνυμα προκειμένου να ταξιδέψει στο μέσο-κανάλι. Το μήνυμα πρέπει να μετατραπεί από τον αποστολέα σε ηλεκτρονικά-ψηφιακά κομμάτια (bits). Αντίστοιχα ο παραλήπτης θα πρέπει να τα αποκωδικοποιήσει προκειμένου να τα ανακτήσει.

Δομή του μηνύματος (message format)

Όπως όταν στέλνεται ένα γράμμα, πρέπει να αναφέρονται η διεύθυνση του αποστολέα και του παραλήπτη, έτσι και στους υπολογιστές όταν στέλνεται ένα μήνυμα, τότε σε αυτό αναφέρονται το ποιος το στέλνει και που προορίζεται να πάει. Η μορφή που αποκτά το μήνυμα όταν ετοιμάζεται να σταλεί ονομάζεται πλαίσιο (frame). Το πλαίσιο αυτό ενεργεί σαν φάκελος, που αναγράφει την διεύθυνση του προορισμού (IP διεύθυνση) και την διεύθυνση του αποστολέα (IP διεύθυνση). Στον Πίνακα 1.2 παρουσιάζεται η δομή ενός μηνύματος πλαισίου το οποίο περιλαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες προκειμένου ένα μήνυμα να φτάσει στον προορισμό του.

Πίνακας 1.2 – Δομή ενός πλαισίου για ψηφιακή μετάδοση μηνύματος

Διεύθυνση προορισμού	Διεύθυνση αποστολέα	Σημαία έναρξης	Κωδικός παραλήπτη	Κωδικός αποστολέα	Κωδικοποιημένα δεδομένα (bits)	Τέλος πλαισίου
Διεύθυνση πλαισίου		Κωδικοποιημένο Μήνυμα				

Μέγεθος του μηνύματος (message size)

Όπως στην επικοινωνία μεταξύ δύο ανθρώπων δεν μπορεί να μονολογεί ο ένας από τους δύο χωρίς ο άλλος να αντιδρά για να υπάρχει διάλογος, έτσι και στους υπολογιστές πρέπει ένα μήνυμα πρέπει να σπάει σε πολλά κομμάτια μικρότερου μεγέθους (πακέτα). Όταν το μέγεθος ενός μηνύματος-πακέτου ξεπερνά το συμφωνημένο μέγεθος, τότε αυτό το μήνυμα-πακέτο δεν μπορεί να παραδοθεί. Το μέγεθος ενός πακέτου δεν μπορεί να ξεπερνάει κάποια συμφωνημένα bytes.

Χρόνος παράδοσης (message timing)

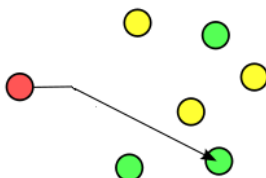
Δύο άνθρωποι καθορίζουν τον χρόνο που θα περιμένουν έως ότου συνομιλήσουν, πόσο γρήγορα ή αργά θα συνομιλήσουν ή ακόμα και πόση ώρα θα περιμένουν για να πάρουν απάντηση. Με την ίδια λογική λειτουργούν και οι υπολογιστές, οι οποίοι μέσω μηνυμάτων καθορίζεται πότε θα αρχίσουν την επικοινωνία τους ή πόσο γρήγορα θα ταξιδέψουν τα μεταξύ τους μηνύματα ή ακόμα και πόση ώρα θα περιμένει ο ένας το μήνυμα του άλλου εωσότου αποφασίσουν να απορρίψει ένα μήνυμα.

Πρότυπο μηνύματος (message pattern)

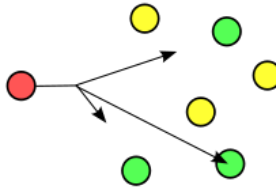
Όταν οι άνθρωποι βρίσκονται σε μια ομάδα, τότε υπάρχουν διάφορα πρότυπα επικοινωνίας. Μπορεί ένας άνθρωπος να επικοινωνεί μόνο με έναν άλλο, μπορεί ένας άνθρωπος να επικοινωνεί με 2 ή 3 ταυτόχρονα, και μπορεί να επικοινωνεί με όλους την ίδια στιγμή.

Οι χρήστες σε ένα δίκτυο χρησιμοποιούν τα ίδια πρότυπα επικοινωνίας.

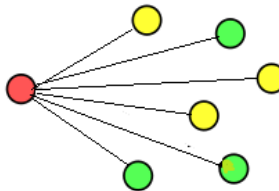
Όταν υπάρχει ένας μόνο προορισμός ενός μηνύματος τότε λέμε το πρότυπο μονοεκπομπής (unicast).



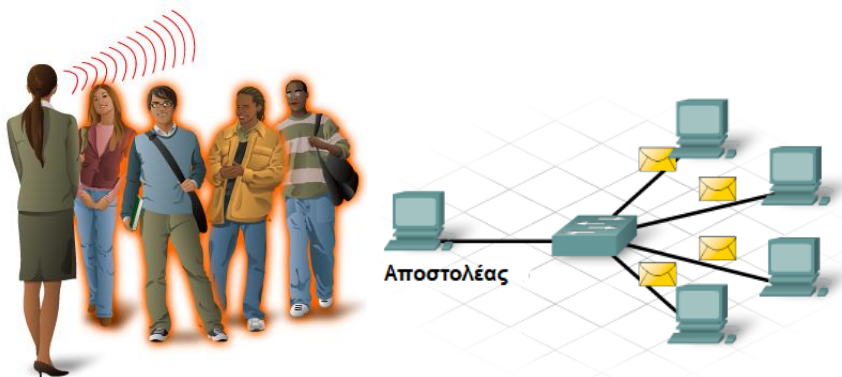
Όταν υπάρχουν περισσότεροι από ένας προορισμός, τότε το πρότυπο ονομάζεται πολυεκπομπής (multicast).



Τέλος, όταν το μήνυμα προορίζεται για όλους του χρήστες του δικτύου τότε το μήνυμα ονομάζεται αναμετάδοση (broadcast).



Η Εικόνα 1.21 που παρουσιάζει ένα μήνυμα (broadcasting) τόσο στον κόσμο των ανθρώπων όσο και στον κόσμο των υπολογιστών.



Εικόνα 1.21 – Πρότυπο μήνυμα τύπου broadcasting

Ενθυλάκωση μηνύματος (message encapsulation)

Λέγοντας ενθυλάκωση ενός μηνύματος-πακέτου στην γλώσσα της επικοινωνίας των υπολογιστών, εννοούμε την ενσωμάτωση πληροφοριών επικοινωνίας στα δεδομένα που αποστέλλονται για μετάδοση. Το ταξίδι που κάνουν τα δεδομένα από την στοίβα του TCP/IP πρωτοκόλλου και πριν δρομολογηθούν στο μέσο μετάδοσης (από την ανώτερη στοίβα ως την κατώτερη) αποτελούν μια πολύ σημαντικότερη διαδικασία.

Οι υπολογιστές σε αντίθεση με τους ανθρώπους δεν έχουν “κρίση”. Αν δεν τους δώσουμε τις σωστές πληροφορίες για τον αποστολέα, τον προορισμό των δεδομένων, το μέσο που θα χρησιμοποιήσουν, το μέγεθος τους, τότε αποτελούν απλά “χαζές” συσκευές. Η σημαντικότητα της ενθυλάκωσης αναλύεται διεξοδικότερα σε επόμενη ενότητα (βλέπε ενότητα 1.4.4).

- Συνοψίζοντας, αλλά και πηγαίνοντας ένα βήμα παραπέρα, θα λέγαμε ότι υπάρχουν δύο μεγάλα πλεονεκτήματα που έχουν οι υπολογιστές στο Διαδίκτυο, όσον αφορά την επικοινωνία, έναντι της επικοινωνίας που έχουν άτομα διαφορετικών πολιτισμών και εθνικοτήτων: Το πρώτο είναι ότι οι υπολογιστές στο Διαδίκτυο βρίσκονται σε σταθερή επαφή / επικοινωνία μεταξύ τους με μια σειρά από τηλεφωνικές γραμμές, καλώδια, δορυφορικά συστήματα κλπ. που επιτρέπουν την αστραπιαία μεταφορά ηλεκτρονικής πληροφορίας.
- Το δεύτερο είναι, ότι οι υπολογιστές στο διαδίκτυο έχουν συμφωνήσει σε ένα κοινό τρόπο επικοινωνίας, με την χρήση **πρωτοκόλλων**. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουν να ανταλλάσσουν τεράστιες ποσότητες πληροφορίας ακόμα και αν το καθένα εσωτερικά μιλάει διαφορετική γλώσσα υπολογιστών.

Τα δύο σημαντικότερα πρωτόκολλα που επιτρέπουν σε διαφορετικά δίκτυα να επικοινωνούν με αξιοπιστία και να ανταλλάσσουν πληροφορία, είναι το TCP (Transmission Control Protocol) και το IP (Internet Protocol). Περισσότερα για τα συγκεκριμένα πρωτόκολλα θα πούμε στην επόμενη ενότητα (ενότητα 1.4.2). Επίσης, σημαντικό πρωτόκολλο επικοινωνίας για ένα τοπικό δίκτυο (LAN network) είναι το πρωτόκολλο Ethernet.

1.4.1. Σημασία των πρωτοκόλλων

Όμως τι εννοούμε λέγοντας ότι οι υπολογιστές επικοινωνούν με την κοινώς συμφωνημένη χρήση πρωτοκόλλων; Τι ακριβώς είναι το πρωτόκολλο;

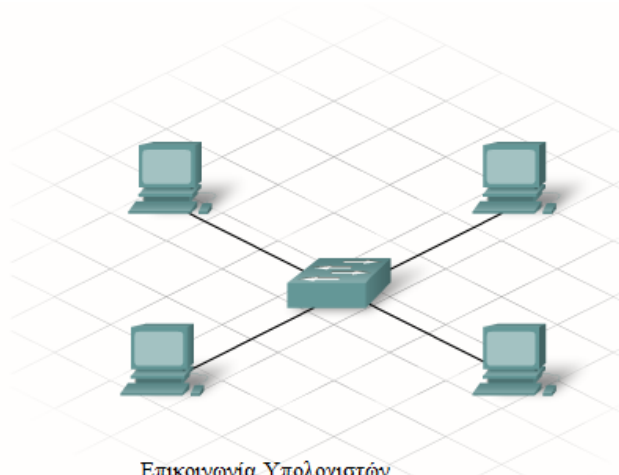
*Η λέξη **πρωτόκολλα** αναφέρεται στους **από κοινού συμφωνημένους κανόνες**, για το πώς ακριβώς θα μεταφέρεται η πληροφορία από υπολογιστή σε υπολογιστή στο τοπικό δίκτυο ή ακόμα και σε όλο το διαδίκτυο.*

Πρωτόκολλο Ethernet

Έχουμε ήδη αναφέρει, οι υπολογιστές, όπως ακριβώς και οι άνθρωποι, χρησιμοποιούν κανόνες προκειμένου να επικοινωνήσουν. Οι κανόνες αυτοί ονομάζονται πρωτόκολλα. Σε ένα Τοπικό Δίκτυο (LAN) ενσύρματης δικτύωσης είναι σημαντικό όλοι οι υπολογιστές να μιλάνε την ίδια γλώσσα χρησιμοποιώντας κοινά πρωτόκολλα. Όπως οι άνθρωποι σε ένα δωμάτιο για να επικοινωνήσουν θα πρέπει να μιλάνε τουλάχιστον μια κοινή γλώσσα, έτσι και οι υπολογιστές χρησιμοποιούν το ίδιο πρωτόκολλο για να επικοινωνήσουν (βλέπε Εικόνα 1.22).



Επικοινωνία Ανθρώπων
Μέσα σε ένα δωμάτιο
Γλώσσα: Ελληνικά



Επικοινωνία Υπολογιστών
Μέσα σε ένα τοπικό δίκτυο (LAN)
Γλώσσα: Ethernet

Εικόνα 1.22 – Γλώσσα επικοινωνίας για Ανθρώπους και Υπολογιστές

Το πιο γνωστό πρωτόκολλο επικοινωνίας σε ένα τοπικό δίκτυο είναι το Ethernet.

Το βασικό χαρακτηριστικό του Ethernet (όπως και όλων των αποδεκτών πρωτοκόλλων επικοινωνίας), είναι ότι θέτει κάποιους κοινούς κανόνες επικοινωνίας, βάζοντας κάποιους αποδεκτά κριτήρια που σέβονται τις Αρχές Επικοινωνίας που αναλύσαμε παραπάνω (Κωδικοποίηση μηνύματος, Δομή του μηνύματος, Χρόνος παράδοσης, Πρότυπο μηνύματος, Ενθυλάκωση μηνύματος).

Η επίσημη ονομασία του Ethernet πρωτοκόλλου είναι το IEEE 802.3. Από την πρώτη έκδοσή του το 1973 μέχρι σήμερα, το Ethernet δεν έχει σταματήσει να εξελίσσεται. Ακολουθούν οι βασικότερες εκδόσεις:

- **Ethernet (10Mbps)**,
- **Fast Ethernet (100 Mbps)**, όπου για τις συνδέσεις με χαλκό έχει επικρατήσει το πρότυπο 100BASE-TX. Χρησιμοποιεί καλώδια UTP κατηγορίας 5e (CAT-5e) με 2 ζεύγη αγωγών (ένα για αποστολή και ένα για λήψη δεδομένων), σε μήκη μέχρι 100μ. Πρακτικά, χρησιμοποιούνται καλώδια 4 ζευγών, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση με ή η αναβάθμιση σε Gigabit Ethernet (1000BASE-TX).
- **Gigabit Ethernet (1 Gbps)**, όπου για τις συνδέσεις με χαλκό έχει επικρατήσει το πρότυπο 1000BASE-T. Το 1000BASE-T χρησιμοποιεί καλώδια UTP

κατηγορίας 5e (CAT-5e) με 4 ζεύγη αγωγών. Κάθε ζεύγος μεταφέρει δεδομένα προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων προς κάθε κατεύθυνση.

- **10 Gigabit Ethernet (10Gbps).**

1.4.2. Το μοντέλο αναφοράς στρωμάτων TCP/IP

Τα δύο σημαντικότερα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν οι υπολογιστές προκειμένου να επικοινωνήσουν με αξιοπιστία μέσω του Διαδικτύου είναι τα γνωστά στους περισσότερους πρωτόκολλα TCP και IP. Για αυτό άλλωστε το μοντέλο αναφοράς όλων των πρωτοκόλλων πήρε την ονομασία TCP/IP.

Το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης TCP (Transmission Control Protocol- Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης) είναι το πρωτόκολλο επιπέδου Μεταφοράς και αποτελεί τον μηχανισμό που εξασφαλίζει την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων στο Διαδίκτυο. Έχει σχεδιαστεί για λειτουργία πάνω από το πρωτόκολλο IP (Internet Protocol- Πρωτόκολλο Διαδικτύου), το οποίο ευθύνεται για την δρομολόγηση των δεδομένων και βρίσκεται στο στρώμα του δικτύου στο μοντέλο αναφοράς TCP/IP (Πίνακας 1.3). Το TCP/IP επισημοποιήθηκε την 1η Ιανουαρίου 1983 κι ενώ χρησιμοποιήθηκε από τον πρόγονο όλων των δικτύων υπολογιστών, το ARPANET, είναι ακόμα και σήμερα το βασικό μοντέλο (μαζί με το OSI) του παγκόσμιου Διαδικτύου.

1.4.3. Στρώματα της στοίβας TCP/IP

Αυτή η συλλογή πρωτοκόλλων TCP/IP, όπως και πολλές άλλες άλλωστε, είναι οργανωμένη σε στρώματα ή επίπεδα (layers). Το καθένα τους απαντά σε συγκεκριμένα προβλήματα μεταφοράς δεδομένων και παρέχει μια καθορισμένη υπηρεσία στα υψηλότερα στρώματα. Τα ανώτερα επίπεδα είναι πιο κοντά στην λογική του χρήστη και εξετάζουν πιο αφηρημένα δεδομένα, στηριζόμενα σε πρωτόκολλα χαμηλότερων στρωμάτων για να μεταφράσουν δεδομένα σε μορφές που μπορούν να διαβαστούν με φυσικά μέσα.

Αναλυτικά από κάτω προς τα πάνω συναντάμε τα ακόλουθα 4 επίπεδα (στρώματα):

- **Στρώμα ή επίπεδο Πρόσβασης Δικτύου**
- **Στρώμα ή επίπεδο Δικτύου**
- **Στρώμα ή επίπεδο Μεταφοράς**
- **Στρώμα ή επίπεδο Εφαρμογής**

Πίνακας 1.3 – Μοντέλο αναφοράς TCP/IP

4	Εφαρμογής
3	Μεταφοράς
2	Δικτύου
1	Πρόσβασης Δικτύου

Το μοντέλο αυτό δεν είναι το μοναδικό στο χώρο των δικτύων. Πολύ γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο πάνω στο οποίο στηρίχτηκε και το μοντέλο TCP/IP είναι το μοντέλο OSI (Open Systems Interconnection), το οποίο προτείνει την κατάταξη των πρωτοκόλλων δικτύων σε ένα οργανωμένο σωρό 7 στρωμάτων. Οι διαφορές του με το μοντέλο TCP/IP έγκεινται στην ανάλυση των επιπέδων που τοποθετούνται τα πρωτόκολλα, καθώς το μοντέλο OSI περιλαμβάνει 7 στρώματα ενώ το TCP/IP μοντέλο αναφοράς περιλαμβάνει 4 στρώματα. Συγκρίσεις ανάμεσα στο μοντέλο OSI και στο μοντέλο TCP/IP ακολουθούν στον Πίνακα 1.4.

Πίνακας 1.4 – Σύγκριση των μοντέλων αναφοράς OSI και TCP/IP

Μοντέλο OSI	Μοντέλο TCP/IP (Internet)
Επίπεδο Εφαρμογής (Application)	
Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation)	Επίπεδο Εφαρμογής
Επίπεδο Συνεδρίας (Session)	
Επίπεδο Μεταφοράς (Transport)	Επίπεδο Μεταφοράς
Επίπεδο Δικτύου (Network)	Επίπεδο Δικτύου
Επίπεδο Συνδέσμου (Link)	Επίπεδο Συνδέσμου / Πρόσβασης
Φυσικό Επίπεδο (Physical)	Δικτύου (Φυσικές Συνδέσεις)

Πριν γίνει μια εισαγωγική περιγραφή των στρωμάτων της TCP/IP στοίβας ή αλλιώς TCP/IP σουίτας, ακολουθούν πίνακες οι οποίοι τοποθετούν τα περισσότερα πρωτόκολλα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν στο Διαδίκτυο με βάση το μοντέλο TCP/IP (Πίνακας 1.5) και το μοντέλο OSI (Πίνακας 1.6) αντίστοιχα. Με αυτό τον τρόπο γίνεται ξεκάθαρο σε ποιο στρώμα δρα κάθε ένα πρωτόκολλο, με σκοπό να γίνει αντιληπτό ο λόγος της χρήσης του καθενός. Επίσης, φανερώνεται ότι τα μοντέλα TCP/IP και OSI δεν έχουν κάποια ανομοιομορφία ως προς τα πρωτόκολλα που υποστηρίζουν παρά μόνο στο πλήθος των στρωμάτων που χρησιμοποιούν.

Πίνακας 1.5 – Πρωτόκολλα στο μοντέλο TCP/IP

4 Εφαρμογής	HTTP, HTTPS, FTP, TFTP, TELNET, POP, IMAP, SMTP, RIP, DNS, Traceroot, DHCP
3 Μεταφοράς	TCP, UDP
2 Δικτύου	IP, NAT, ARP, ICMP
1 Διασύνδεσης	Ethernet, PPP, Token Ring, FDDI, Οπτική Ίνα

Το 1^ο (Φυσικό) και 2^ο (Συνδέσμου) στρώμα ενώνονται σαν ένα στο μοντέλο TCP/IP με την ονομασία στρώμα Διασύνδεσης. Το 3^ο (Δικτύου) και το 4^ο (Μεταφοράς) στρώμα και στα 2 μοντέλα είναι κοινά. Τα τρία ανώτερα στρώματα του μοντέλου OSI (εφαρμογής, παρουσίασης και συνεδρίας) αποτελούν στην ουσία ένα ενιαίο στρώμα στο TCP/IP, το στρώμα Εφαρμογής. Τα χαρακτηριστικά του στρώματος συνεδρίας αναλαμβάνονται από τις ίδιες εφαρμογές ή απλά αγνοούνται στο μοντέλο TCP/IP.

Πίνακας 1.6 – Πρωτόκολλα στο μοντέλο OSI

7 Εφαρμογής (Application)	HTTP, HTTPS, SMTP, POP, IMAP, SNMP, FTP, TELNET, NFS
6 Παρουσίασης (Presentation)	XDR, ASN.1, SMB, AFP
5 Συνεδρίας (Session)	ISO 8327/CCITT X.225, RPC, Netbios, ASP
4 Μεταφοράς (Transport)	TCP, UDP, RTP, SPX, ATP
3 Δικτύου (Network)	IP (IPv4 ή IPv6), ICMP, IGMP, X.25, CLNP, ARP, OSPF, RIP, IPX, DDP
2 Συνδέσμου (Link)	Ethernet, Token Ring, PPP, HDLC, Frame Relay, ATM
1 Φυσικό (Physical)	Ραδιοφωνικό σήμα, Λείζερ, Οπτική Ίνα

Σύντομη ανάλυση των στρωμάτων TCP/IP

Η μελέτη των στρωμάτων του μοντέλου TCP/IP που ακολουθεί έχει την κατεύθυνση, από τα κάτω προς τα πάνω, της στοίβας TCP/IP (δηλαδή από το 1^ο στρώμα προς το 4^ο).

- **Στρώμα ή Επίπεδο Διασύνδεσης / Πρόσβασης Δικτύου - Network Access Layer (1^ο στρώμα):**

Το στρώμα αυτό, ο ρόλος του οποίου είναι η διακίνηση πακέτων του επιπέδου δικτύου μεταξύ δυο υπολογιστών, δεν είναι στην ακρίβεια μέρος της σουίτας πρωτοκόλλων Διαδικτύου, διότι το πακέτο IP (που βρίσκεται στο 2^ο στρώμα) λειτουργεί με διάφορα στρώματα διασύνδεσης. Η διαδικασία διαβίβασης-μεταφοράς των πακέτων σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο συνδέσμου μπορεί να ελέγχεται, από τον οδηγό της διεπαφής της συσκευής, από το firmware, από ένα σύνολο εξειδικευμένων κυκλωμάτων (chipssets), ή τέλος από ένα συνδυασμό των προαναφερθέντων. Αυτά θα εκτελέσουν τις λειτουργίες σύνδεσης δεδομένων (data link), όπως π.χ. την πρόσθεση επικεφαλίδας (packet header) πριν την αποστολή.

- **Στρώμα ή Επίπεδο Δικτύου - Network Layer (2^ο στρώμα):**

Ο σκοπός του στρώματος Δικτύου είχε αρχικά καθοριστεί ως η μεταφορά πακέτων μέσω ενός ενιαίου δικτύου. Με την εμφάνιση πιο σύνθετων μορφών δικτύων, προστέθηκαν επιπλέον χαρακτηριστικά στο στρώμα αυτό, έτσι ώστε ο ρόλος του να είναι πια η διακίνηση δεδομένων από το δίκτυο πηγή στο δίκτυο προορισμού. Αυτό προϋποθέτει συνήθως την δρομολόγηση πακέτων μέσω ενός δικτύου δικτύων (internetwork) ή ενός διαδικτύου (με μικρά γράμματα). Στην σουίτα πρωτοκόλλων Δικτύου, το IP μεταφέρει τα πακέτα δεδομένων από την πηγή στον προορισμό. Το IP μπορεί να εξυπηρετήσει διάφορα πρωτόκολλα ανώτερων επιπέδων (upper layer protocols). Μερικά πρωτόκολλα που στηρίζονται στο IP, π.χ. το ICMP (χρησιμοποιείται για την διάδοση διαγνωστικών πληροφοριών σχετικά με την μεταφορά πακέτων μέσω IP) παρουσιάζονται πάνω από το IP αλλά παρέχουν υπηρεσίες επιπέδου Δικτύου.

- **Στρώμα ή Επίπεδο Μεταφοράς - Transport layer (3^ο στρώμα):**

Το στρώμα μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την μεταφορά μηνυμάτων ανεξαρτήτως του υποκείμενου δικτύου, με έλεγχο σφαλμάτων (error control), κατάτμηση (fragmentation) και ρύθμιση ροής (flow control). Η μετάδοση μηνυμάτων μεταξύ δυο οντοτήτων-υπολογιστών μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως εξής:

1. Ασφαλούς μετάδοσης, (υπηρεσία με σύνδεση (connection-oriented) του TCP)
2. Μη ασφαλούς μετάδοσης (υπηρεσία χωρίς σύνδεση (connectionless) του UDP)

Η λειτουργία του στρώματος αυτού μπορεί να συγκριθεί με αυτή οποιουδήποτε μηχανισμού / μέσου μεταφοράς, π.χ. ένα όχημα που πρέπει να εξασφαλίζει την πλήρη και ασφαλή διακίνηση του φορτίου του. Το στρώμα μεταφοράς παρέχει αυτή την υπηρεσία σύνδεσης εφαρμογών μεταξύ τους, κάνοντας χρήση θυρών (ports). Καθώς το IP προσφέρει μόνο παράδοση καλύτερης προσπάθειας (best effort delivery), το στρώμα μεταφοράς είναι το πρώτο επίπεδο όπου λαμβάνεται υπόψη το θέμα της αξιοπιστίας. Παραδείγματος χάρη, σε μια προσπάθεια αξιόπιστης μετακίνησης δεδομένων, το TCP που είναι ένα πρωτόκολλο με σύνδεση έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- ✓ Τα δεδομένα έρχονται στην ίδια σειρά με την οποία στάλθηκαν,
- ✓ Γίνεται ένας ελάχιστος έλεγχος σφαλμάτων,
- ✓ Απορρίπτονται ανεπιθύμητα αντίγραφα,
- ✓ Ξαναστέλνονται χαμένα / απορριφθέντα πακέτα,
- ✓ Πραγματοποιείται έλεγχος κυκλοφοριακής συμφόρησης (congestion control).

Τα πρωτόκολλα δυναμικής δρομολόγησης (dynamic routing), που κανονικά θα έπρεπε να βρίσκονται σε αυτό το στρώμα του TCP/IP (αφού λειτουργούν πάνω από το IP) αντιμετωπίζονται συχνά ως τμήματα του επιπέδου δικτύου (π.χ. το OSPF).

Από την άλλη πλευρά, το UDP είναι ένα πρωτόκολλο χωρίς σύνδεση. Όπως, και το IP είναι ένα πρωτόκολλο καλύτερης προσπάθειας, δηλαδή δίνει προτεραιότητα στην αποστολή των πακέτων και όχι τόσο στην αξιοπιστία αποστολής των πακέτων, γεγονός που το καθιστά “αναξιόπιστο” πρωτόκολλο. Ο μηχανισμός που χρησιμοποιεί για μεταφορά των πακέτων IP δεν περιλαμβάνει έλεγχο σφαλμάτων (απλό checksum). Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές streaming μέσω (ήχος, βίντεο κλπ.), όπου η έγκαιρη άφιξη των δεδομένων είναι πιο σημαντική από την ακεραιότητά τους. Ο χρόνος που κερδίζεται σε σχέση με τα πρωτόκολλα με σύνδεση, που πρέπει να εγκαταστήσουν μια αξιόπιστη σύνδεση, το καθιστά ικανό για απλές ερώτημα/απάντηση εφαρμογές (π.χ. για υπηρεσίες DNS).

Το TCP και το UDP χρησιμοποιούνται από εφαρμογές που διακρίνονται στο ανώτερο στρώμα (στρώμα εφαρμογής) και ανάλογα με τη θύρα που χρησιμοποιούν (θύρα TCP ή UDP) καθορίζουν την αξιοπιστία μετάδοσης ή την ταχύτητά τους. Ορισμένοι αριθμοί θυρών είναι “κλειστοί” (δεσμευμένοι) και αναφέρονται σε πολύ

συγκεκριμένες εφαρμογές (π.χ. η θύρα 80 για το HTTP πρωτόκολλο, η θύρα 25 για το SMTP).

- **Στρώμα ή Επίπεδο Εφαρμογής - Application layer (4^ο στρώμα):**

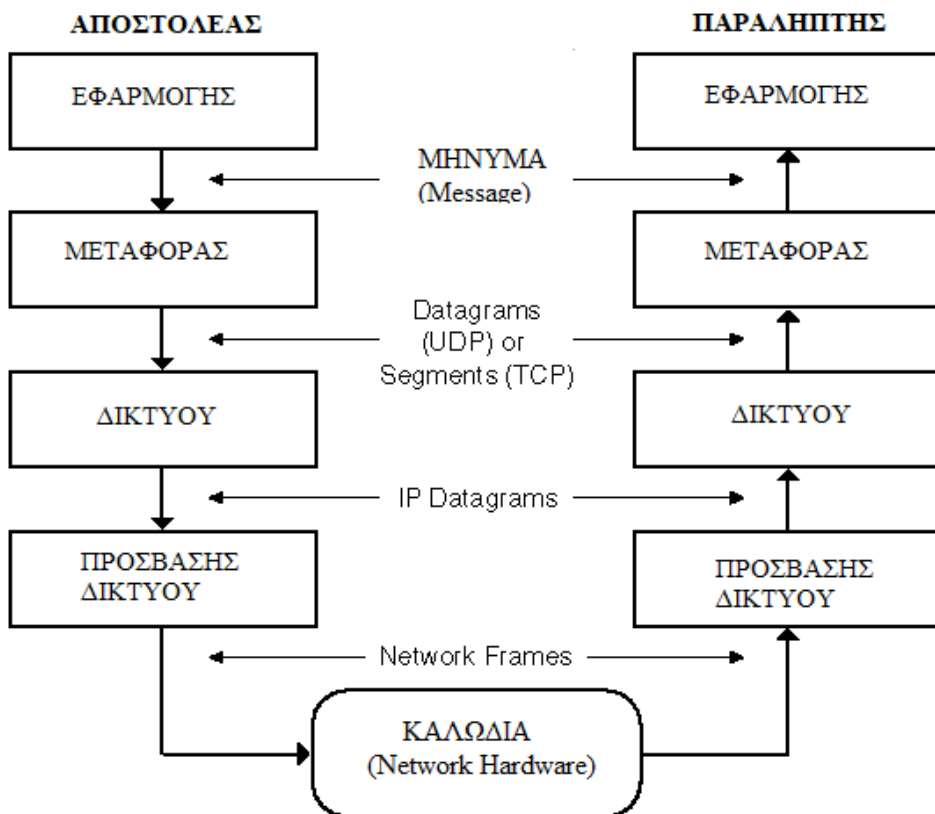
Το στρώμα εφαρμογής χρησιμοποιείται από την πλειοψηφία των δικτυωμένων προγραμμάτων. Το πρόγραμμα παραδίδει τα δεδομένα σε μια μορφή που ορίζει το ίδιο. Στην ουσία εδώ δημιουργούνται τα πραγματικά δεδομένα που είναι προς αποστολή. Π.χ. ένα πρόγραμμα αποστολής ηλεκτρονικού ταχυδρομείου εκκινεί την αποστολή ενός κειμένου με την μορφή του email. Εφόσον το TCP/IP δεν παρέχει στρώματα μεταξύ των στρωμάτων εφαρμογής και μεταφοράς, όλες οι λειτουργίες παρουσίασης και συνεδρίας του μοντέλου OSI πρέπει να υλοποιηθούν σε αυτό το επίπεδο. Αυτή η διαδικασία διευκολύνεται με την χρήση βιβλιοθηκών.

1.4.4. Ανάλυση Ενθυλάκωσης και Αποθυλάκωσης μηνυμάτων στην σουίτα TCP/IP

Η διαδικασία της ενθυλάκωσης και της αποθυλάκωσης των δεδομένων αποτελεί την απαραίτητη διαδικασία που χρειάζονται όλα τα ψηφιακά δεδομένα να ακολουθήσουν, εντός των υπολογιστών, προκειμένου να διαθέτουν τις απαραίτητες πληροφορίες για να αποσταλθούν και να ανακτηθούν επιτυχώς. Τα πρωτόκολλα του Διαδικτύου κάνουν χρήση της ενθυλάκωσης (encapsulation) για να παρέχουν γενικά πρωτόκολλα και υπηρεσίες. Ένα πρωτόκολλο χαμηλού στρώματος, παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες προκειμένου ένα πρωτόκολλο υψηλότερου στρώματος (π.χ. HTTP) να φτάσει στον προορισμό του και να εκτελέσει το σκοπό του.

Αντίθετα, για την αποθυλάκωση (decapsulation) των δεδομένων ακολουθείται η ακριβώς αντίθετη πορεία. Θα μπορούσαμε να πούμε λοιπόν, ότι ένα πρωτόκολλο υψηλού στρώματος χρησιμοποιεί τα πρωτόκολλα των κατώτερων για να λειτουργήσει.

Στην Εικόνα 1.23 παρουσιάζεται η πορεία που ακολουθούν τα μηνύματα προκειμένου να σταλούν μέσω του διαδικτύου.



Εικόνα 1.23 - Ενθυλάκωση και αποθυλάκωση

Είναι σημαντικό να προσεχθεί η διαφορετική ονομασία που παίρνουν τα δεδομένα καθώς γίνεται η ενθυλάκωση.

Παράδειγμα για την Ενθυλάκωση (encapsulation)

Στο μοντέλο TCP/IP, όπως και στο OSI, όταν στέλνεται ένα οποιοδήποτε μήνυμα στο Διαδίκτυο, η στοίβα πρωτοκόλλων λειτουργεί από πάνω προς τα κάτω (από την 4^η στοίβα προς την 1^η). Από την πλευρά του αποστολέα, πραγματοποιείται η σταδιακή πρόσθεση της πληροφορίας του επιπέδου Εφαρμογής, καθώς αυτή διαβιβάζεται στα κατώτερα επίπεδα επεξεργασίας του μοντέλου (βλέπε εικόνα 1.24). Το κάθε επίπεδο προσαρτά στα επιμέρους πακέτα που δημιουργεί μία επικεφαλίδα με πληροφορίες ελέγχου που βοηθούν στην επικοινωνία με το ομόλογο επίπεδο του δέκτη.

4. Τέλος, τα δεδομένα (το Frame) μεταφέρονται στο μέσο, όπου θα δρομολογηθούν τα δεδομένα στο διαδίκτυο π.χ. καλώδιο δικτύου ή οπτική ίνα (μέσω της κάρτας δικτύου)

Στο κατώτατο επίπεδο, το φυσικό επίπεδο, η πληροφορία μετατρέπεται σε μια ακολουθία από bit, τα οποία διαβιβάζονται στο δίκτυο, το ένα μετά από το άλλο, με μορφή ηλεκτρικών σημάτων. Εξαιτίας της ύπαρξης θορύβου, για να αποφευχθούν οι συνέπειες από την αλλοίωση των σημάτων, μαζί με τα bit της μεταφέρονται και τα bit ελέγχου, που δημιουργήθηκαν από τα ανώτερα επίπεδα.

Ο παραλήπτης από την άλλη μεριά, ακολουθεί την αντίστροφη διαδικασία από αυτή του αποστολέα, διασπώντας από στρώμα σε στρώμα σταδιακά την αρχική πληροφορία (από το 1^ο στρώμα προς το 4^ο). Η αντίθετη αυτή διαδικασία ονομάζεται, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, αποθυλάκωση (decapsulation) και έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση της ιστοσελίδας στον φυλλομετρητή.

1.5 Ανάλυση της σουίτας TCP/IP

Νωρίτερα, αναλύσαμε εν συντομία τα 4 στρώματα της σουίτας TCP/IP (βλέπε 1.4.3). Στην παρακάτω ενότητα, θα δούμε τα κυριότερα πρωτόκολλα και ποιες τεχνολογίες χρησιμοποιεί το κάθε στρώμα για να καταλάβουμε την σημασία και τι περιλαμβάνεται στην TCP/IP σουίτα.

1.5.1. Στρώμα Διασύνδεσης/Πρόσβασης Δικτύου

1.5.1.1 Βασικές υπηρεσίες και πρωτόκολλα στρώματος Διασύνδεσης Δικτύου

Το στρώμα αυτό, αποτελεί το χαμηλότερο στρώμα της στοίβας πρωτοκόλλων αν και δεν είναι στην ακρίβεια μέρος της σουίτας πρωτοκόλλων Διαδικτύου, διότι το IP λειτουργεί με διάφορα στρώματα Διασύνδεσης Δικτύου. Για αυτό αποτελεί και την λιγότερη σημαντική για ανάλυση στοίβα, καθώς ο κύριος ρόλος του είναι η διακίνηση πλαισίων (frames) της στοίβας Διαδικτύου μεταξύ δυο υπολογιστών.

Στην ουσία, εδώ, συγκαταλέγονται όλα εκείνα τα μέσα (καλώδια, τεχνικές επικοινωνίας, τεχνικές ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών), που χρειάζεται η πληροφορία για να κάνει την φυσική μεταφορά της από έναν πελάτη σε έναν εξυπηρετητή και το αντίθετο.

Μερικά από τα πράγματα που χρειάζεται να ξέρουμε και λαμβάνουν χώρα στο Στρώμα Διασύνδεσης είναι τα παρακάτω:

- Η διαδικασία διαβίβασης πακέτων (πλαισίων) σε ένα συγκεκριμένο στρώμα Διασύνδεσης ελέγχεται από την Κάρτα Δικτύου (NIC) του εκάστοτε υπολογιστή (χωρίς κάρτα δικτύου δεν μπορεί να υπάρξει σύνδεση σε ένα δίκτυο), και

πιο συγκεκριμένα είτε από το firmware της κάρτας είτε από το σύνολο εξειδικευμένων κυκλωμάτων (chipsets), είτε τέλος από ένα συνδυασμό των προαναφερθέντων. Αυτά θα εκτελέσουν τις λειτουργίες σύνδεσης δεδομένων (data link), όπως π.χ. την πρόσθεση επικεφαλίδας (frame header) πριν την αποστολή και την ίδια την διαβίβαση του πλαισίου (frame) με την χρήση ενός φυσικού μέσου.

- Για συνδέσεις μέσω μόντεμ (σε γραμμή τηλεφώνου), τα πακέτα IP μεταφέρονται συνήθως χρησιμοποιώντας το PPP (point-to-point protocol). Σε ευρυζωνικές συνδέσεις που χρησιμοποιούν την τεχνολογία Ethernet (π.χ. ADSL) συναντάμε το PPPoE (point-to-point protocol over Ethernet). Σε τοπικά δίκτυα τα πρωτόκολλα Ethernet 802.3 ή IEEE 802.11 (για ενσύρματα ή ασύρματα δίκτυα αντίστοιχα) είναι πιο κοινά. Για δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) χρησιμοποιούνται συχνά το PPP πάνω σε γραμμές T-carrier ή E-carrier, το Frame Relay, το ATM ή το Packet over SONET/SDH (POS).
- Το στρώμα Διασύνδεσης δικτύου, είναι επίσης το επίπεδο όπου τα πακέτα μπορούν να αναχαιτιστούν για να σταλθούν σε ένα εικονικό ιδιωτικό δίκτυο (Virtual Private Network - VPN). Σε αυτή την περίπτωση τα δεδομένα του επιπέδου αυτού αντιμετωπίζονται ως δεδομένα εφαρμογής και «ξανακατεβαίνουν» την στοίβα πρωτοκόλλων Διαδικτύου για να σταλθούν. Στην λαμβάνουσα πλευρά τα δεδομένα ανεβαίνουν δυο φορές την στοίβα (μια για το VPN και μια δεύτερη για την δρομολόγηση).
- Το φυσικό επίπεδο, που αποτελείται από τα φυσικά στοιχεία του δικτύου (π.χ. hubs, repeaters, καλώδια δικτύου, οπτικές ίνες, ομοαξονικά καλώδια, κάρτες δικτύων) και τις προδιαγραφές χαμηλού επιπέδου των σημάτων (τάση, συχνότητα κλπ.), θεωρείται συχνά ως μέρος του στρώματος Διασύνδεσης.
- Τέλος, υπηρεσίες που διατίθενται σε αυτό το στρώμα είναι: το MAC πρωτόκολλο (medium access control), που καθορίζει τους κανόνες μεταφοράς του πλαισίου στο δίκτυο, ο έλεγχος ροής (flow control) που εξασφαλίζει ότι τα πλαίσια που παραλαμβάνονται δεν θα χαθούν λόγω υπερχειλίσισης της μνήμης αποθήκευσης, έλεγχος λαθών (error detection) για την απομόνωση πλαισίων παραλαμβάνονται με λάθη και διόρθωση λαθών (error correction) για τα πλαίσια που έχουν σφάλματα.

1.5.2 Στρώμα Διαδικτύου

1.5.2.1 Βασικές υπηρεσίες και πρωτόκολλα στρώματος Διαδικτύου

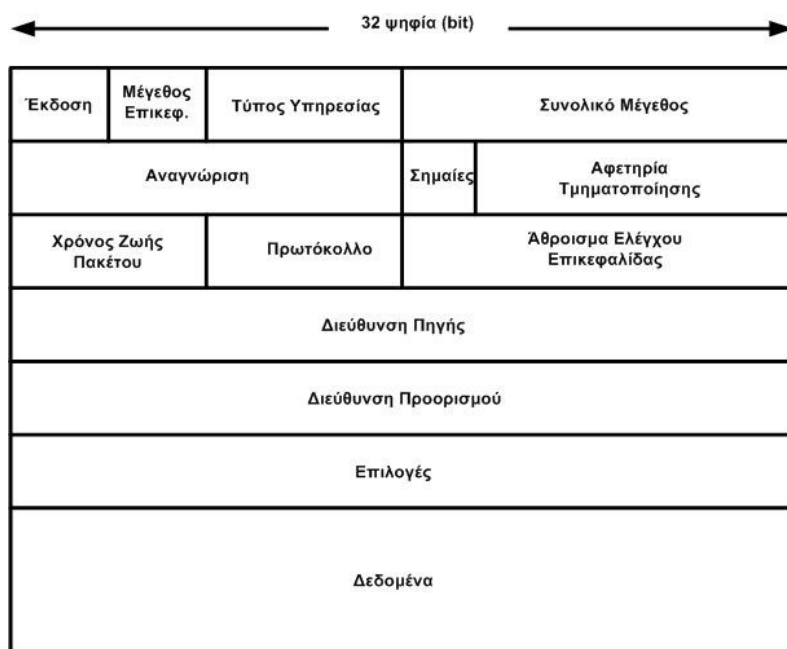
Αποτελεί ένα από τα βασικότερα στρώματα της TCP/IP Στοίβας, καθώς σε αυτό το στρώμα χρησιμοποιείται το IP (Internet Protocol) που είναι υπεύθυνο για την σωστή

δρομολόγηση των πακέτων. Στην ουσία χρησιμοποιείται η διεύθυνση IP του κάθε χρήστη, η οποία ξεχωρίζει μοναδικά τον κάθε υπολογιστή στην παγκόσμια κοινότητα του Διαδικτύου. Άλλη υπηρεσία που λαμβάνει χώρα στο στρώμα αυτό, είναι ο έλεγχος της συμφόρησης των δικτύων, που έχει σαν συνέπεια την αναδρομολόγηση των πακέτων σε περίπτωση υπερφόρτωσης ενός δικτύου που χρησιμοποιείται, προκειμένου να φτάσουν από εναλλακτική διαδρομή τα πακέτα στον προορισμό τους.

Επικεφαλίδα IP

Το πρωτόκολλο IP προσφέρει μια υπηρεσία χωρίς σύνδεση στη μεταφορά των δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι, τα αυτοδύναμα πακέτα IP (IP Datagrams) μεταφέρονται προς τον προορισμό, χωρίς ο δέκτης να είναι προετοιμασμένος να τα δεχτεί. Αυτό έχει ως συνέπεια, το πρωτόκολλο IP να μην μπορεί να προσφέρει αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων με έλεγχο σφαλμάτων, Έλεγχο Ροής και Έλεγχο Συμφόρησης.

Το κάθε πακέτο IP δρομολογείται ανεξάρτητα από τα άλλα. Αυτός είναι και ο λόγος που τα πακέτα αυτά καλούνται αυτοδύναμα. Αυτού του είδους η υπηρεσία που προσφέρει το IP, η οποία αποσκοπεί στην καλύτερη δυνατή δρομολόγηση από την πηγή στον προορισμό, χωρίς εγγυήσεις για ασφαλή μεταφορά, είναι γνωστή και με τον όρο 'best – effort' service (υπηρεσία καλύτερης – προσπάθειας).



Εικόνα 1.28 – Το Αυτοδύναμο πακέτο δεδομένων IPv4.

Το αυτοδύναμο πακέτο του IPv4 έχει μέγεθος που φθάνει έως και 65.536 bytes με μια επικεφαλίδα (Header) που κυμαίνεται από 20 έως 60 bytes. Τα κυριότερα πεδία του πακέτου IPv4 είναι τα ακόλουθα:

- Έκδοση (Version – 4 bits): Προσδιορίζει την έκδοση του πρωτοκόλλου IP (0100 για τοIPv4). Έτσι, ένας δρομολογητής ξέρει πώς να διαβάσει ένα πακέτο IP.
- Μέγεθος Επικεφαλίδας (Header Length – 4 bits): Κωδικοποιεί το πραγματικό μήκος της επικεφαλίδας. Για να υπολογιστεί το πραγματικό μήκος, πολλαπλασιάζεται το κωδικοποιημένο επί 4.
- Τύπος Υπηρεσίας (Service Type – 8 bits): Τα bits του πεδίου αυτού προσδιορίζουν τον τρόπο με τον οποίο το δίκτυο πρέπει να αντιμετωπίζει και να διαχειρίζεται το πακέτο IP. Κωδικοποιούν στοιχεία σχετικά με την ποιότητα υπηρεσίας, όπως ο ρυθμός εξυπηρέτησης (Throughput), η αξιοπιστία (Reliability), η προτεραιότητα του πακέτου (Packet Priority), και άλλα.
- Συνολικό Μέγεθος (Total Length – 16 bits): Προσδιορίζει το συνολικό μέγεθος του πακέτου IP. Τα 16 bits μπορούν να κρατήσουν μέγιστο μέγεθος έως και 65.536 bytes.
- Αναγνώριση (Identification – 16 bits): Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις τμηματοποίησης του πακέτου IP, σε πακέτα των διαφόρων δικτύων πρόσβασης (π.χ. σε ATM cells). Έτσι, αναγνωρίζεται ποιο frame αντιστοιχεί σε ποιο IP Datagram.
- Σημαίες (flags – 3 bits): Τα ψηφία αυτά χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά σε περιπτώσεις τμηματοποίησης.
- Αφετηρία Τμηματοποίησης (Fragmentation Offset – 13 bits): Χρησιμοποιείται ως δείκτης της αφετηρίας των δεδομένων στο πακέτο IP, εάν αυτό είναι τεμαχισμένο.
- Χρόνος Ζωής Πακέτου (Time to Live – 8 bits): Η πηγή τοποθετεί στο πεδίο αυτό το μέγιστο αριθμό βημάτων (hops) του πακέτου IP στο δίκτυο. Ο κάθε δρομολογητής αφαιρεί από μια μονάδα. Έτσι, αν ο μετρητής αυτός μηδενιστεί σε κάποιο δρομολογητή (προτού δηλαδή το πακέτο φθάσει στον προορισμό), ο δρομολογητής το απορρίπτει θεωρώντας το χαμένο.
- Πρωτόκολλο (Protocol – 8 bits): Προσδιορίζει το πρωτόκολλο του ανωτέρου επιπέδου μεταφοράς (π.χ. TCP, UDP, κτλ.).
- Άθροισμα Ελέγχου Επικεφαλίδας (Header Checksum – 16 bits): Χρησιμοποιείται στον έλεγχο της ακεραιότητας της επικεφαλίδας (όχι του υπόλοιπου πακέτου).

- Διεύθυνση Πηγής (Source Address – 32 bits): Προσδιορίζει την αρχική πηγή του πακέτου.
- Διεύθυνση Προορισμού (Destination Address – 32 bits): Προσδιορίζει τον προορισμό του πακέτου. Χρησιμεύει στη δρομολόγηση.
- Επιλογές (Options): Προαιρετικό πεδίο.
- Δεδομένα (Data): Μεταβλητού μεγέθους πεδίο, το οποίο, συνήθως, περιέχει το πακέτο του ανωτέρου επιπέδου (π.χ. TCP Segment).

Σημείωση: Το πρωτόκολλο IP αφήνει όλους τους ελέγχους (ροής, συμφόρησης, σφαλμάτων, κτλ.) στο πρωτόκολλο του ανωτέρου επιπέδου μεταφοράς, δηλαδή στο πρωτόκολλο TCP.

1.5.2.2 Διευθυνσιοδότηση – IP Addressing

Κάθε υπολογιστής, και γενικότερα κάθε συσκευή, που μπορεί να έχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο πρέπει να έχει μια μοναδική IP διεύθυνση. Αυτή πρέπει να είναι σωστά ρυθμισμένη προκειμένου να μπορεί να επικοινωνεί σωστά με άλλες δικτυακές συσκευές. Η IP διεύθυνση δηλώνεται στη δικτυακή διεπαφή της εκάστοτε δικτυακής συσκευής και κάθε πακέτο που διασχίζει το Internet έχει μία διεύθυνση IP πηγής και τουλάχιστον μια διεύθυνση IP αποστολής. Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν τις δικτυακές συσκευές να στέλνουν δεδομένα στον σωστό προορισμό και να λαμβάνουν τα πακέτα που προορίζονται για αυτές.

1.5.2.3 Διευθύνσεις IP

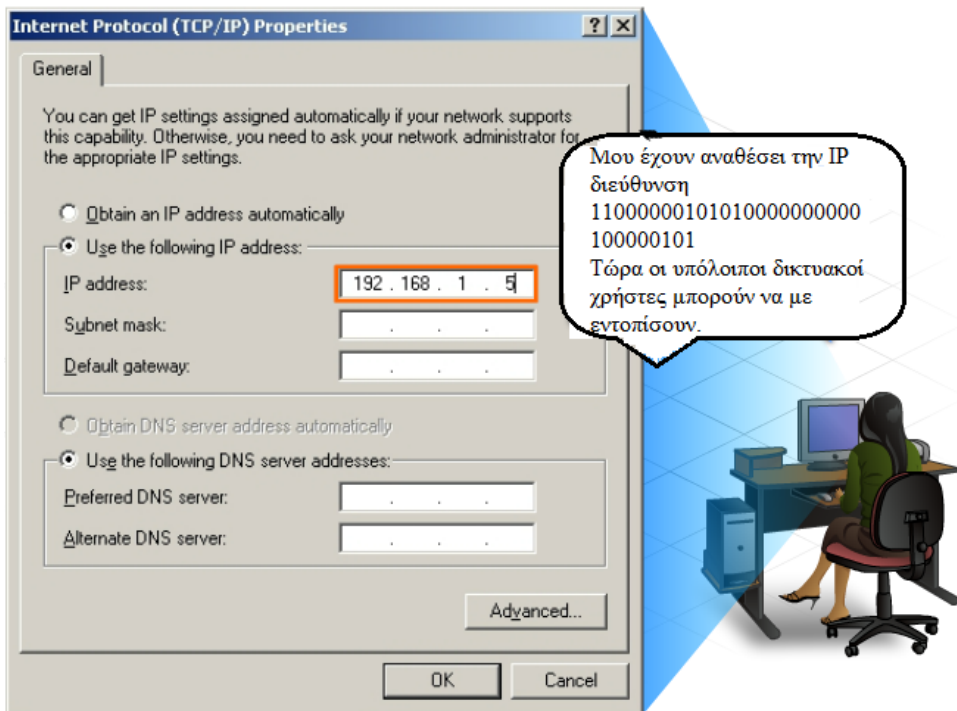
Η λογική δημιουργία των διευθύνσεων IP μπορεί να παραλληλισθεί με την χρήση των τηλεφωνικών αριθμών. Όπως κάθε τηλεφωνική συσκευή στον κόσμο έχει μία μοναδική “διεύθυνση”, τον τηλεφωνικό αριθμό του χρήστη (π.χ. 302104850505) έτσι και η διεύθυνση IP ξεχωρίζει μοναδικά κάθε δικτυακή συσκευή. Όπως, ο τηλεφωνικός αριθμός έχει μια λογική ανάθεση (30:κωδικός Ελλάδας, 210: κωδικός Αθήνας, 48: κωδικός Πειραιά), έτσι υπάρχει κάποια αντίστοιχη λογική ανάθεση μιας IP διεύθυνσης.

Σε ένα διαδίκτυο οι αριθμοί δικτύου και υπολογιστή υποδοχής είναι μοναδικοί. Στο Διαδίκτυο για να αποφευχθεί το φαινόμενο του ορισμού του ίδιου IP σε διαφορετικά μηχανήματα, τους αριθμούς αυτούς τους μοιράζει μία κεντρική παγκόσμια αρχή: IANA (Internet Assigned Number Authority). Η IANA (Internet Assigned Number Authority) κάνει την κεντρική διαχείριση των αριθμών προς τους ISP και τις άλλες αρχές. Κάθε υπολογιστής ή ομάδα υπολογιστών ή κάθε Πάροχος Υπηρεσιών Διαδικτύου που επιθυμεί να πάρει μία διεύθυνση IP πρέπει να απευθυνθεί στο IANA ή

στις αντίστοιχες κατά τόπους υπηρεσίες. Ένας οργανισμός παίρνει τη διεύθυνση δικτύου ή μια ομάδα δυνατών διευθύνσεων και μετά μπορεί να τις αναθέσει στους υπολογιστές που διαχειρίζεται..

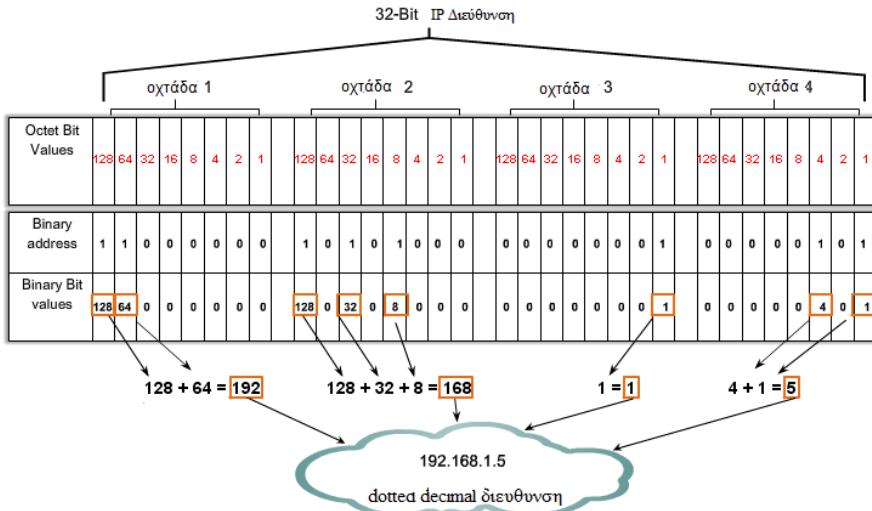
Είναι γνωστό ότι υπολογιστές καταλαβαίνουν μόνο 0 και 1 (bit). Η διεύθυνση IP είναι απλά μια σειρά από 32 bits, που χωρίζονται σε 4 οχτάδες ($4*8=32$). Για να είναι ευκολότερο στον άνθρωπο να θυμάται αυτά τα νούμερα κάθε οκτάδα μετατρέπεται σε ένα δεκαδικό αριθμό που χωρίζεται με τελείες (dotted decimal notation). Έτσι λοιπόν όταν λέμε ότι η διεύθυνση IP μιας δικτυακής συσκευής είναι 192.168.1.5 στην ουσία αναφερόμαστε στην IP διεύθυνση:

110000001010100000000 00100000101 (βλέπε Εικόνα 1.25).



Εικόνα 1.25 – Πως καταλαβαίνουν οι υπολογιστές την IP διεύθυνση

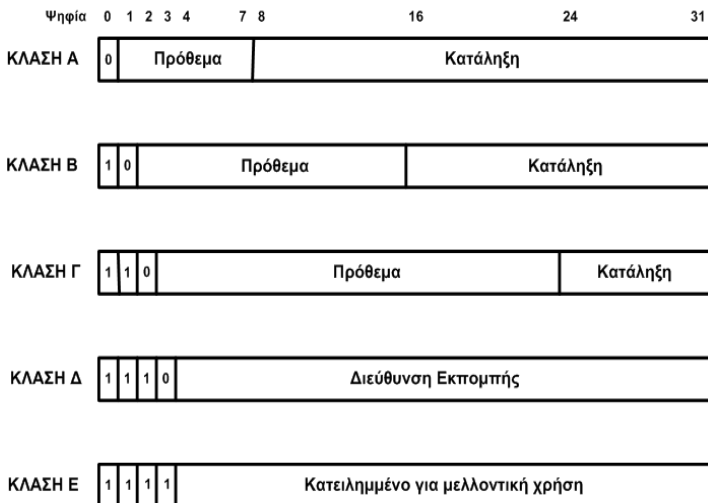
Έτσι, η διεύθυνση IP μιας δικτυακής διεπαφής μιας δικτυακής συσκευής (όπως η κάρτα δικτύου ενός υπολογιστή) μπορεί να γραφεί ως ένας αριθμός που αποτελείται από 4 ομάδες δεκαδικών ψηφίων και είναι της μορφής: **xxx.xxx.xxx.xxx**, όπου κάθε ομάδα “xxx” παίρνει αριθμούς από το 0 έως το 255. Η κατώτατη διεύθυνση είναι η 0.0.0.0 και η ανώτατη είναι η 255.255.255.255.



Εικόνα 1.26 – Πώς προκύπτει η διεύθυνση IP

Στην Εικόνα 1.26 αναπαρίστανται αναλυτικά ο τρόπος που οι οχτάδες 2δικών ψηφίων παίρνουν μια μορφή πιο κατανοητή για τον άνθρωπο.

Αρχικά αυτές οι 32-bit IP διευθύνσεις είχαν οριστεί σε τέσσερις κατηγορίες – κλάσεις: Κλάση Α, Κλάση Β, Κλάση Γ και Κλάση Δ, καθώς και μια πέμπτη (Κλάση Ε) για μελλοντική χρήση, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.27. Οι διευθύνσεις είχαν δύο τμήματα, ένα τμήμα πεδίου δικτύου και ένα τμήμα πεδίου υπολογιστή υποδοχής (host).



Εικόνα 1.27– Οι Κατηγορίες – Κλάσεις των διευθύνσεων IP

Από την Εικόνα 1.27, φαίνεται ότι τα 4 πρώτα bits είναι αρκετά για να προσδιοριστεί η κλάση του δικτύου και οι δρομολογητές ή οι άλλες δικτυακές συσκευές να αποφασίσουν ποιο τμήμα της διεύθυνσης ανήκει στο πεδίο του δικτύου και ποιο στο πεδίο του υπολογιστή υποδοχής. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται σε ένα δρομολογητή κάθε φορά που λαμβάνει ένα πακέτο. Λόγω της συχνότητας του υπολογισμού αυτού, πρέπει να γίνεται από το λογισμικό του IP γρήγορα και με αποτελεσματικό τρόπο. Έτσι με τη χρήση ενός απλού πίνακα, όπως είναι ο πίνακας 1.7, μπορεί εύκολα και γρήγορα να γίνει ο υπολογισμός της κλάσης, χωρίς τη χρήση συγκρίσεων και άλλων πράξεων που είναι περίπλοκες.

Πίνακας 1.7 – Εύρεση της κλάσης με χρήση των 4 πρώτων bits, μιας διεύθυνσης IP

4 πρώτα ψηφία της Διεύθυνσης	Πίνακας Δεικτών (σε Δεκαδική Μορφή)	Κλάση της Διεύθυνσης
0000	0	A
0001	1	A
0010	2	A
0011	3	A
0100	4	A
0101	5	A
0110	6	A
0111	7	A
1000	8	B
1001	9	B
1010	10	B
1011	11	B
1100	12	Γ
1101	13	Γ
1110	14	Δ
1111	15	E

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1.7, οι οκτώ συνδυασμοί που αρχίζουν με 0 αντιστοιχούν σε κλάση A. 4 συνδυασμοί που αρχίζουν με 10 αντιστοιχούν σε κλάση B, και 2 συνδυασμοί που αρχίζουν με 110 αντιστοιχούν σε κλάση Γ. Μία διεύθυνση που αρχίζει με 111 αντιστοιχεί σε κλάση Δ. Μια διεύθυνση που αρχίζει με 1111 αντιστοιχεί σε μια κλάση που δεν χρησιμοποιείται.

Πίνακας 1.8 – Η αντιστοιχία των δυαδικών διευθύνσεων IP σε δεκαδικές

<u>Δυαδικός Αριθμός 32 ψηφίων</u>	<u>Ισοδύναμο σε μορφή δεκαδικού με τελείες (dotted decimal)</u>
00110111 11001110 00010111 01110101	55.206.23.117
10000110 00101100 11111010 01001101	134.44.250.77
11011010 00111010 00001001 10001000	218.58.9.136
10011110 10000011 00010110 00000100	158.131.22.4

Όπως είπαμε και παραπάνω, οι διευθύνσεις των 32 bits είναι πολύ δύσκολο να απομνημονευθούν από τους χρήστες. Για το λόγο αυτό κάθε ομάδα των 8 bits αντιστοιχίζεται στον ισοδύναμο δεκαδικό της αριθμό και οι τέσσερις αριθμοί που προκύπτουν χωρίζονται με μία τελεία. Στον πίνακα 1.8 φαίνονται τέτοιες αντιστοιχίσεις, ενώ στον πίνακα 1.9 φαίνεται το εύρος της κάθε κλάσης. Δηλαδή, από τον πρώτο δεκαδικό αριθμό μπορούμε να βρούμε την κλάση του δικτύου.

Πίνακας 1.9 – Το Εύρος της κάθε κλάσης με βάση τον πρώτο δεκαδικό αριθμό

<u>Κλάση</u>	<u>1^{ος} Δεκαδικός Αριθμός</u>	<u>Εύρος Τιμών</u>
A	0 έως και 127	1.xxx.xxx.xxx - 127.xxx.xxx.xxx
B	128 έως και 191	128.0.xxx.xxx - 191.255.xxx.xxx
Γ	192 έως και 223	192.0.0.xxx - 223.255.255.xxx
Δ	224 έως και 239	224.0.0.0 – 239.255.255.255
E	240 έως και 255	240.0.0.0 – 255.255.255.255

Με βάση το χωρισμό των δικτύων σε κλάσεις με τον παραπάνω τρόπο, μπορούμε να υπολογίσουμε τον μέγιστο αριθμό δικτύων και υπολογιστών υποδοχής που έχει η κάθε κλάση (βλέπε πίνακα 1.10).

Πίνακας 1.10 – Μέγιστος αριθμών δικτύων και υπολογιστών υποδοχής (Hosts) για την κάθε κλάση.

<u>Κλάση Διεύθυνσης</u>	<u>Ψηφία Προθέματος</u>	<u>Μέγιστος Αριθμός Δικτύων</u>	<u>Ψηφία Κατάληξης</u>	<u>Μέγιστος Αριθμός Υπολογιστών ανά Δίκτυο</u>
A	7	128	24	16777216
B	14	16384	16	65536
Γ	21	2097152	8	256

Έτσι, στην Κλάση A ανήκουν IP διευθύνσεις που τα πρώτα 8 bits περιγράφουν το πεδίο δικτύου και τα υπόλοιπα 24-bits προσδιορίζουν τον υπολογιστή υποδοχής (συγκεκριμένα την δικτυακή διεπαφή του). Ειδικότερα, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1.9 μία IP που ανήκει στο εύρος 1.0.0.0 – 126.255.255.255 (και όχι 0.0.0.0 –

127.255.255.255 λόγω εξαιρέσεων κάποιων IP εκτός του σκοπού αυτού του κεφαλαίου) ανήκει στην κλάση A.

Στη Κλάση B τα πρώτα 16-bits είναι τα bits δικτύου και τα άλλα 16-bits είναι bits προσδιορίζουν τον υπολογιστή υποδοχής. Έτσι μία IP διεύθυνση που ανήκει στο εύρος 128.0.0.0 – 191.255.255.255 ανήκει στην Κλάση B. Με παρόμοιο τρόπο έχουμε IP κλάσης Γ από 192.0.0.0 – 223.255.255.255.

Έτσι, μια η διεύθυνση όπως η 193.183.10.11 είναι προφανές ότι είναι κλάσης Γ, το τμήμα πεδίου δικτύου είναι το 193.183.10 και το τμήμα πεδίου υπολογιστή υποδοχής είναι το 11. Αλλιώς μπορεί να ειπωθεί ότι ο υπολογιστής με IP διεύθυνση 193.183.10.11 ανήκει στο IP δίκτυο με διεύθυνση 193.183.10.x (ή πιο σωστά 193.183.10.0) το οποίο μπορεί να έχει μέχρι περίπου 256 υπολογιστές².

Σημείωση: Δύο υπολογιστές, που είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο φυσικό δίκτυο και χρησιμοποιούν το IP ως πρωτόκολλο επικοινωνίας, για να μπορούν να επικοινωνήσουν πρέπει οι IP διευθύνσεις τους να ανήκουν στο ίδιο IP δίκτυο.

Ο τύπος IP διεύθυνσης, διεύθυνση IP 32 bits, που περιγράφηκε μέχρι αυτό το σημείο καλείται IPv4 και είναι προς το παρόν η πιο γνωστή μορφή IP διεύθυνσης στο Internet. Τα τελευταία χρόνια, το Διαδίκτυο έχει αντιμετωπίσει σημαντικά προβλήματα κλιμάκωσης. Το πρώτο πρόβλημα που είχε να αντιμετωπίσει είναι η μελλοντική εξάντληση του πεδίου των IPv4 διευθύνσεων. Το δεύτερο πρόβλημα που έπρεπε να ξεπεράσει ήταν να αποκτήσει την ικανότητα να μπορεί να δρομολογήσει την κίνηση μέσα από ένα συνεχώς αυξανόμενο αριθμό δικτύων που αποτελούν το Διαδίκτυο.

Το πρώτο πρόβλημα αναφέρεται στην αναπόφευκτη μείωση του χώρου διευθύνσεων IP. Όπως αναφέρθηκε, η έκδοση 4 των IP διευθύνσεων (IPv4) καθορίζει μια διεύθυνση που αποτελείται από 32-bit κάτι που σημαίνει ότι υπάρχουν διαθέσιμες μόνο 2^{32} (4.294.967.296) IPv4 διευθύνσεις διαθέσιμες. Αυτός ο αριθμός μπορεί να φαίνεται μεγάλος, αλλά καθώς υπάρχει αύξηση της αγοράς και ένα σημαντικό ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού είναι υπονήφιοι αγοραστές IP διευθύνσεων, ο τελικός αριθμός των IP διευθύνσεων είναι σίγουρο πως σιγά σιγά θα εξαντληθεί.

Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, ορίστηκε και ήδη έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται και η επόμενη γενιά IP διευθύνσεων (IPv6), η οποία ακόμα θέλει κάποια χρόνια προσαρμογής ώσπου να εδραιωθεί. Το IPv6 (Internet Protocol version 6) που είναι η πιο πρόσφατη αναθεώρηση του πρωτοκόλλου IP αναπτύχθηκε από την IETF (Internet Engineering Task Force). Έτσι πιθανότατα, θα αποτελέσει το επόμενο ευρέως διαδεδομένο πρωτόκολλο Internet. Το IPv6, χρησιμοποιεί ένα σύστημα 128 bit

² 254 για την ακρίβεια, αλλά για τις ανάγκες των ασκήσεων του κεφαλαίου να αγνοηθεί.

που μπορεί να δώσει 340 ενδεκάκις εκατομμύρια [undecillion] ($3,4 \times 10^{38}$) διευθύνσεις.

Ένα παράδειγμα μιας διεύθυνσης IPv6 αποτυπωμένης όπως μια διεύθυνση IPv4 είναι η:

207.142.131.235.207.142.131.235.207.142.131.235.207.142.131.235

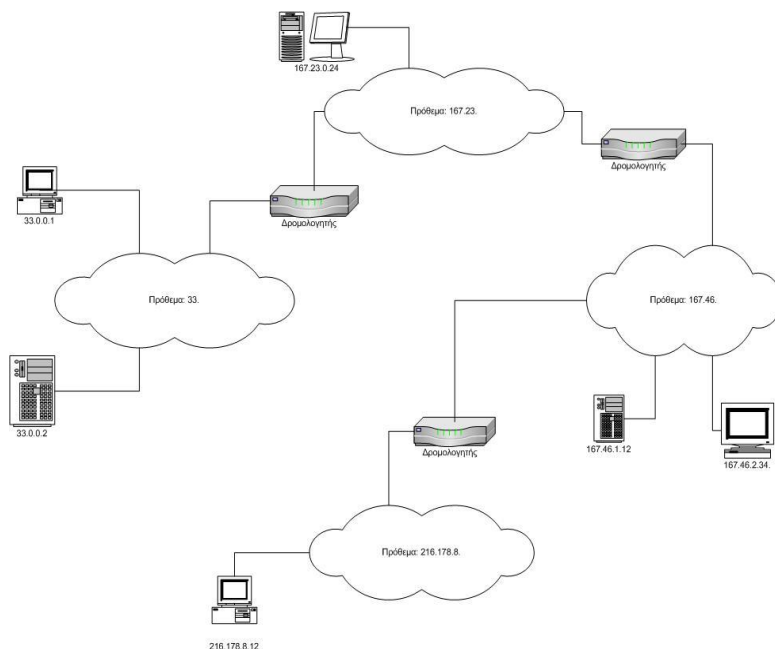
Ο παραπάνω τρόπος όμως δεν είναι ο ενδεδειγμένος τρόπος γραφής μιας διεύθυνσης IPv6. Για την γραφή μιας διεύθυνσης IPv6 γίνεται χρήση ψηφίων του 16δικού συστήματος και έχει την μορφή που φαίνεται παρακάτω, όπου κάθε byte αντιστοιχεί σε δύο 16δικά ψηφία:

2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334

Ένα παράδειγμα διευθυνσιοδότησης

Στην Εικόνα 1.29 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός διαδικτύου που αποτελείται από πολλά δίκτυα, σταθμούς υποδοχής και συσκευές δικτύου. Βλέπουμε ότι υπάρχει ένα δίκτυο κλάσης A (πρόθεμα 33), δύο δίκτυα κλάσης B (προθέματα 167.23, 167.46) και ένα δίκτυο κλάσης Γ (πρόθεμα 216.178.8).

Κάθε υπολογιστής υποδοχής έχει υποχρεωτικά το πρόθεμα του δικτύου στο οποίο ανήκει.



Εικόνα 1.29 – Παράδειγμα Δρομολόγησης

1.5.2.4 Μάσκα Υποδικτύου (Subnet Mask)

Στο πλαίσιο μιας μεταβατικής φάσης και πριν την καθιέρωση της IPv6 διευθυνσιοδότησης, για την επίλυση προσωρινά των προβλημάτων που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, έννοιες όπως υποδίκτυο, υπερδίκτυο, μάσκα υποδικτύου, αταξική δρομολόγηση (CIDR) και πρόθεμα CIDR (κ.α. εκτός των στόχων του κεφαλαίου) εμφανίστηκαν και αξιοποιήθηκαν.

Η μάσκα υποδικτύου είναι μια σειρά από 32 bits, που χωρίζονται σε 4 οχτάδες ($4 \cdot 8 = 32$). Η μάσκα υποδικτύου γράφεται και σε δεκαδική μορφή, όπως και η IP διεύθυνση, ως ένας αριθμός που αποτελείται από 4 ομάδες δεκαδικών ψηφίων και είναι της μορφής **xxx.xxx.xxx.xxx**, όπου κάθε ομάδα “xxx” παίρνει αριθμούς από το 0 έως το 255. Η μορφή μιας μάσκας υποδικτύου φαίνεται παρακάτω:

11111111.11111111.11111111.00000000 ή 255.255.255.0

Η χρησιμότητα της μάσκας υποδικτύου είναι ο καθορισμός του αριθμού των bits μιας IP διεύθυνσης που αποτελούν το πεδίο δικτύου στο οποίο ανήκει αυτή η διεύθυνση. Αλλιώς, μπορεί να ειπωθεί ότι χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει σε ποιο IP υποδίκτυο ανήκει μια IP διεύθυνση. Αυτό γίνεται με την εκτέλεση μιας λογικής AND ανάμεσα στην IP διεύθυνση και την μάσκα υποδικτύου.

Πίνακας 1.11 – Οι δυνατές τιμές της μάσκας υποδικτύου και τα αντίστοιχα δίκτυα που δημιουργούνται

Network Bits	Subnet Mask	Bits Borrowed	Subnets	Hosts / Subnet
8	255.0.0.0	0	1	4194304
9	255.128.0.0	1	2	2097152
10	255.192.0.0	2	4	1048576
11	255.224.0.0	3	8	524288
12	255.240.0.0	4	16	262144
13	255.248.0.0	5	32	131072
14	255.252.0.0	6	64	65536
15	255.254.0.0	7	128	32768
16	255.255.0.0	8	256	16384
17	255.255.128.0	9	512	8192
18	255.255.192.0	10	1024	4096

19	255.255.224.0	11	2048	2048
20	255.255.240.0	12	4096	1024
21	255.255.248.0	13	8192	512
22	255.255.252.0	14	16384	256
23	255.255.254.0	15	32768	128
24	255.255.255.0	16	65536	64
25	255.255.255.128	17	131072	32
26	255.255.255.192	18	262144	16
27	255.255.255.224	19	524288	8
28	255.255.255.240	20	1048576	4
29	255.255.255.248	21	2097152	2
30	255.255.255.252	22	4194304	1

Έτσι, εάν ένας υπολογιστής έχει μια IP διεύθυνση 192.168.10.32 με μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0, μπορεί να βρεθεί σε ποιο IP υποδίκτυο ανήκει με την πράξη που φαίνεται παρακάτω:

Η διεύθυνση του υπολογιστή αναλύεται σε:

11000000 10101000 00001010 00100000, με μάσκα σε δυαδική μορφή ,
11111111 11111111 11111111 00000000, μετά από λογικό AND γίνεται,

11000000 10101000 00001010 00000000

Μετά την παραπάνω διαδικασία υπολογίστηκε το δικτύου που ανήκει ο υπολογιστής και είναι το 192.168.10.0 με μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0

Μια μάσκα υποδικτύου δεν μπορεί να πάρει οποιοσδήποτε τιμές Οι τιμές που μπορεί να πάρει μια μάσκα υποδικτύου φαίνονται στον Πίνακα:1.11.

1.5.2.5 CIDR – Classless Inter - Domain Routing

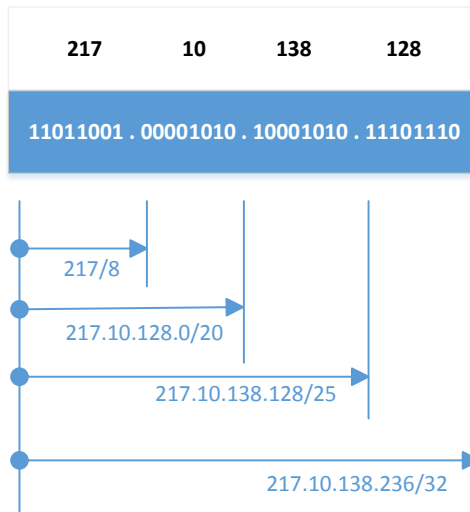
Όπως είδαμε παραπάνω, ο τρόπος ανάθεσης σύμφωνα με τις κλάσεις των διευθύνσεων IP δημιούργησε πολλά προβλήματα στην IANA. Συγκεκριμένα:

- Η κλάση B ήταν πολύ μεγάλη για να καλύψει τις ανάγκες εταιρικών δικτύων ενώ η κλάση C ήταν πολύ μικρή για να καλύψει τις ανάγκες μεγάλων οργανισμών
- Η αριθμός των μη κατοχυρωμένων ομάδων IP διευθύνσεων άρχισε να μειώνεται δραματικά

Στο πλαίσιο αντιμετώπισης αυτών των προβλημάτων της IPv4 διευθυνσιοδότησης, στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκαν κάποιες έννοιες που αξιοποιήθηκαν. Μία πολύ βασική έννοια είναι η Αταξική Δρομολόγηση Δικτυακών Περιοχών (CIDR). Το CIDR είναι ένα σχήμα, όπου επιτρέπεται η πιο ευέλικτη κατανομή διευθύνσεων IP από ό, τι ήταν δυνατό με το αρχικό σύστημα κλάσεων των διευθύνσεων IP. Ουσιαστικά αυτό επιτεύχθηκε, με το τον καθορισμό από το CIDR ενός νέου τρόπου περιγραφής διευθύνσεων δικτύων στους δρομολογητές. Αυτό συνέβη, παρέχοντας την δυνατότητα ορισμού διαδρομών και προς αταξικά δίκτυα, με συνέπεια την δυνατότητα προώθησης πακέτων μεταξύ δικτύων ορισμένων σύμφωνα με το CIDR. Αυτό μοιάζει πολύ με το πώς το δημόσιο τηλεφωνικό σύστημα χρησιμοποιεί κωδικούς περιοχής για να διοχετεύσει κλήσεις προς ένα συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου.

Σημείωση: Παλαιότερα τα πρώτα πρωτόκολλα δρομολόγησης καταλάβαιναν και καταχωρούσαν στους πίνακες δρομολόγησής τους μόνο διαδρομές προς δίκτυα ορισμένα σύμφωνα με τις κλάσεις των διευθύνσεων IP.

Ως αποτέλεσμα, ο αριθμός των διαθέσιμων διευθύνσεων στο Διαδίκτυο αυξήθηκε σημαντικά, γεγονός που, παράλληλα με την ευρεία χρήση της μετάφρασης διευθύνσεων δικτύου (NAT), έχει επεκτείνει σημαντικά την ωφέλιμη ζωή του IPv4.



Εικόνα 1.30 – Διεύθυνση δικτύου CIDR

Το CIDR είναι τώρα το σύστημα δρομολόγησης που χρησιμοποιείται από σχεδόν όλους τους δρομολογητές πύλης στο δίκτυο ραχοκοκαλιάς του Internet. Οι ρυθμιστικές αρχές του Internet αναμένουν από κάθε πάροχο υπηρεσιών Internet (ISP) να το χρησιμοποιήσει για δρομολογήσεις. Το CIDR υποστηρίζεται από όλα τα σύγχρονα πρωτόκολλα δρομολόγησης.

Παραδείγματα Ανάθεσης Διευθύνσεων με το CIDR

- Ένα πανεπιστήμιο χρειάζεται 2048 διευθύνσεις και κατοχυρώνει το εύρος 194.24.0.0 έως 194.24.7.255 με μάσκα 255.255.248.0
- Ένα πανεπιστήμιο χρειάζεται 4096 διευθύνσεις και κατοχυρώνει το εύρος 194.24.16.0 έως 194.24.31.255 με μάσκα 255.255.240.0
- Ένα πανεπιστήμιο χρειάζεται 1024 διευθύνσεις και κατοχυρώνει το εύρος 194.24.8.0 έως 194.24.11.255 με μάσκα 255.255.252.0

Σημείωση: Η IANA αναγκάστηκε να καταφύγει στην ανάθεση διευθύνσεων, παραβλέποντας τις προηγούμενες ορισμένες κλάσεις, συνθέτοντας δίκτυα από μικρότερα Class C που δεν είχαν κατοχυρωθεί. Τα δίκτυα αυτά ορίζονται σαφώς με τη χρήση μιας μάσκας υποδικτύου και συγκεντρώνονται σε ομάδες ανάλογα με τη γεωγραφική θέση των εν λόγω κόμβων. Δηλ.

194.0.0.0 – 195.255.255.255 για δίκτυα στην Ευρώπη

196.0.0.0 – 197.255.255.255 για τον υπόλοιπο κόσμο

198.0.0.0 – 199.255.255.255 για τη βόρεια Αμερική

200.0.0.0 – 201.255.255.255 για την κεντρική και νότια Αμερική

202.0.0.0 – 203.255.255.255 για την Ασία και τα νησιά στον Ειρηνικό Ωκεανό

204.0.0.0 – 207.255.255.255 για τον υπόλοιπο κόσμο

208.0.0.0 – 223.255.255.255 δεσμευμένα για μελλοντική χρήση

Στην συνέχεια αναφέρονται αναλυτικά πιο ευέλικτοι τρόποι απόδοσης IP διευθύνσεων και γενικότερα IP δικτύων. Αυτή η πιο αποδοτική κατανομή IP μαζί με την αταξική δρομολόγηση – προώθηση πακέτων αποτελούν έναν από τους βασικότερους λόγους που ακόμα το IPv4 δεν αντικατασταθεί από το IPv6.

Διαίρεση ενός δικτύου IP κάποιας κλάσης σε υποδίκτυα

Με χρήση IPv4 διευθυνσιοδότησης και όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.10 σε μια εταιρεία με απαιτήσεις για 40 υπολογιστές υποδοχής θα αποδίδονταν IP διευθύνσεις κλάσης Γ. Έτσι, αυτός ο οργανισμός θα είχε στη διάθεσή του για απόδοση σε υπολογιστές ή γενικότερα δικτυακές συσκευές του δικτύου του 256 IP διευθύνσεις³. Από τις 256 συνολικά αποδιδόμενες στην εταιρεία IP διευθύνσεις θα χρησιμοποιούνταν μόνο οι 40. Η σπατάλη των αποδιδόμενων διευθύνσεων θα ήταν ακόμα πιο σημαντική αν στο προηγούμενο παράδειγμα οι ανάγκες της εταιρείας ήταν λίγο πάνω από 256, όπου θα αποδίδονταν υποχρεωτικά κλάσης Β.

Έτσι, όπως είναι προφανές, μια διαίρεση με κάποιο τρόπο των κλάσεων των αποδιδόμενων, μέχρι τότε, IP δικτύων θα μείωνε την κατασπατάληση των IP διευθύνσεων. Στην περίπτωση, παραδείγματος χάριν ενός πανεπιστημιακού δικτύου Κλάσης B, είναι αναγκαία η υποδιαίρεση ενός δικτύου σε μικρότερα δίκτυα που αντιστοιχούν στις διάφορες σχολές. Τα υποδίκτυα μοιράζονται την ίδια διεύθυνση δικτύου με το αρχικό δίκτυο όμως χρησιμοποιούν λίγα παραπάνω bits για να επεκτείνουν και να οριοθετήσουν τη δική τους ιδιαίτερη διεύθυνση δικτύου.

Όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα, αυτή η οριοθέτηση λαμβάνει χώρα με το ορισμό της κατάλληλης μάσκας υποδικτύου. Ειδικότερα, με την μάσκα υποδικτύου ορίζεται ο συνολικός αριθμός bits (μήκος) που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της διεύθυνσης ενός υποδικτύου.

Πίνακας 1.12 – Οι μάσκες υποδικτύου των κλάσεων IP δικτύων A, B, Γ

<u>Κλάση</u>	<u>Εύρος Τιμών</u>	<u>Μάσκα Υποδικτύου</u>
A	1.xxx.xxx.xxx - 127.xxx.xxx.xxx	255.0.0.0
B	128.0.xxx.xxx - 191.255.xxx.xxx	255.255.0.0
Γ	192.0.0.xxx - 223.255.255.xxx	255.255.255.0

Π.χ., Ένα πανεπιστήμιο κατέχει το Κλάσης B δίκτυο 160.0.0.0 και χρειάζεται να δημιουργήσει 8 (2^3) υποδίκτυα για τις επιμέρους σχολές του. Προκειμένου να το πετύχει αυτό θα χρησιμοποιήσει μέρος του πεδίου ορισμού υπολογιστών υποδοχής της IP διεύθυνσης (16 τελευταία bits) που αντιστοιχεί στις διευθύνσεις των μηχανημάτων για να διαιρέσει περαιτέρω το εύρος διευθύνσεων που του αποδόθηκε και να ορίσει τις διευθύνσεις των υποδικτύων. Συγκεκριμένα εφόσον θέλουμε 2^3 υποδίκτυα, χρειαζόμαστε τουλάχιστον 3 bits για να τα περιγράψουμε (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111). Άρα, θα γίνει «δανεισμός» 3 bits από το πεδίο ορισμού υπολογιστών υποδοχής (16 τελευταία bits) της IP διεύθυνσης και η μάσκα δικτύου θα αποτελείται από 19 bits (16 bits πεδίου δικτύου του αρχικού Κλάσης B δικτύου συν 3 επιπλέον bits από το πεδίο υπολογιστών υποδοχής) τα οποία θα έχουν τιμή 1, με τα υπόλοιπα να έχουν τιμή 0.

Πίνακας 1.13 – Οι μάσκες υποδικτύου των κλάσεων IP δικτύων σε δυαδική μορφή

<u>Κλάση</u>	<u>Μάσκα Υποδικτύου</u>	<u>Μάσκα Υποδικτύου (Δυαδική Μορφή)</u>	<u>Αριθμός bits</u>
A	255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000	8
B	255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000	16
Γ	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000	24

Έτσι, το αρχικό δίκτυο 160.0.0.0 και μάσκα υποδικτύου κλάσης B ή αλλιώς:

10100000.00000000. 00000000.00000000, με μάσκα υποδικτύου

11111111.11111111. 00000000.00000000 (255.255.0.0)

μας δίνει ένα δίκτυο με 65536 (2^{16}) IP διευθύνσεις.

Για την διαίρεση του αρχικού δικτύου σε 8 ανεξάρτητα υποδίκτυα γίνεται χρήση της παρακάτω μάσκας:

10100000.00000000.**000** 00000.00000000, με μάσκα υποδικτύου

11111111.11111111.**111** 00000.00000000 (255.255.224.0)

η οποία μας δίνει 8 υποδίκτυα με δυνατότητα 8192 (2^{13}) IP διευθύνσεων το καθένα. Όπου το 13 στον προηγούμενο εκθέτη είναι τα εναπομείναντα τελευταία 13 bits (32-19bits) στο τμήμα του πεδίου ορισμού υπολογιστών υποδοχής.

10100000.00000000.000	00000.00000000	160.0.0.0
10100000.00000000.001	00000.00000000	160.0.32.0
10100000.00000000.010	00000.00000000	160.0.64.0
10100000.00000000.011	00000.00000000	160.0.96.0
10100000.00000000.100	00000.00000000	160.0.128.0
10100000.00000000.101	00000.00000000	160.0.160.0
10100000.00000000.110	00000.00000000	160.0.192.0
10100000.00000000.111	00000.00000000	160.0.224.0

Για να γραφούνε τα παραπάνω υποδίκτυα που δημιουργήθηκαν από το αρχικό κλάσης B δίκτυο πλέον είναι απαραίτητη και η πληροφορία της μάσκας υποδικτύου. Έτσι για παράδειγμα το πρώτο, δεύτερο κ.ο.κ. υποδίκτυο περιγράφονται ως εξής:

160.0.0.0 με μάσκα υποδικτύου 255.255.224.0

160.0.32.0 με μάσκα υποδικτύου 255.255.224.0

κ.ο.κ.

Ένας άλλος πιο βολικός τρόπος γραφής των παραπάνω δικτύων ονομάζεται μέθοδος προθέματος Αταξικής Δρομολόγησης Δικτυακών Περιοχών (Classless Interdomain Routing prefix – CIDR prefix). Αυτός ο τρόπος περιγραφής των παραπάνω υποδικτύων φαίνεται παρακάτω:

160.0.0.0/19

160.0.32.0/19

κ.ο.κ.

Ένας υπολογιστής (ή μία δικτυακή συσκευή) με IP 160.0.193.5 και μάσκα υποδικτύου 255.255.224.0 για να διαπιστωθεί σε ποιο IP υποδίκτυο ανήκει, εκτελείται η λογική πράξη AND ανάμεσα στην IP διεύθυνση και την μάσκα υποδικτύου όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα:

Π.χ., σε ποιο από τα παραπάνω δίκτυα ανήκει ο υπολογιστής με διεύθυνση 160.0.193.5 και μάσκα 255.255.224.0;

Η διεύθυνση του υπολογιστή αναλύεται σε:

10100000 00000000 11000001 00000101, με μάσκα σε δυαδική μορφή ,

11111111 11111111 11100000 00000000, μετά από λογικό AND γίνεται,

10100000 00000000 11000000 00000000

Άρα η διεύθυνση δικτύου που ανήκει ο υπολογιστής είναι η 160.0.192.0/19

Σύνδεση πολλών δικτύων IP κάποιας κλάσης σε υπερδίκτυα

Επίσης, εκτός από την διαίρεση κάποιου δικτύου μιας κλάσης IP για την αποφυγή της σπατάλης των IP διευθύνσεων, υπάρχει πλέον και η δυνατότητα σύνθεσης πολλαπλών δικτύων κάποιας IP κλάσης σε ένα υπερδίκτυο για την κάλυψη των απαιτούμενων IP διευθύνσεων.

Π.χ., Έστω ό,τι μια οργάνωση χρειάζεται λίγες περισσότερες από 300 IP διευθύνσεις για τους υπολογιστές της.

- Με την ταξική απόδοση ομάδων διευθύνσεων IP θα της αποδοθεί δίκτυο Β κλάσης, παρόλο που έχει πολύ λιγότερους από 65536 υπολογιστές. Για παράδειγμα θα της αποδίδονταν το κλάσης Β δίκτυο 180.10.0.0/16 δηλ. από 180.10.0.0 έως 180.10.255.255 (65536 διευθύνσεις). Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος των διευθύνσεων που της διατέθηκαν να μην χρησιμοποιηθεί (65536-300 δηλ. 65236).
- Με την αταξική απόδοση ομάδων διευθύνσεων IP θα μπορούσε να της αποδοθεί το δίκτυο 198.10.0.0/23 δηλ. 198.10.0.0 έως 198.10.1.255 (512 διευθύνσεις). Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα λιγότερες διευθύνσεις αχρησιμοποίητες (512-300 δηλ.212) και ένα κλάσης Β δίκτυο με 65536 διαθέσιμες ελεύθερο προς διάθεση .

Στην προηγούμενη περίπτωση γίνεται «δανεισμός» ενός bit από το τμήμα πεδίου δικτύου

α. 11000110.00001000.00000000.00000000

198.10.0.0/24 (δίκτυο κλάσης Γ)

β. 11000110.00001000.00000001.00000000 198.10.1.0/24 (δίκτυο κλάσης Γ)
 11111111.11111111.11111111.00000000 μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0

Με χρήση της μάσκας δικτύων κλάσης Γ υπάρχουν δύο ανεξάρτητα δίκτυα με IP διευθύνσεις από α) 198.10.0.0 έως 198.10.0.255 και 256 διαθέσιμες IP διευθύνσεις και β) από 198.10.1.0 έως 198.10.1.255 με 256 διαθέσιμες IP διευθύνσεις.

α. 11000110.00001010.00000000.00000000 198.10.0.0/24 (δίκτυο κλάσης Γ)

β. 11000110.00001010.00000001.00000000 198.10.1.0/24 (δίκτυο κλάσης Γ)
 11111111.11111111.11111110.00000000 μάσκα υποδικτύου 255.255.254.0

Με χρήση της μάσκας υποδικτύου 255.255.224 δημιουργείται ένα ενιαίο υπερδίκτυο με IP διευθύνσεις από 198.10.0.0 έως 198.10.1.255 με 512 διαθέσιμες IP διευθύνσεις.

11000110.00001010.00000000 0.00000000 198.10.0.0/23 (αταξικό δίκτυο)

Το δίκτυο 198.10.0.0/23 λέγεται «υπερδίκτυο» γιατί αποτελείται από δύο δίκτυα κλάσης Γ το 198.10.0.0/24 και το 198.10.1.0/24.

Έτσι σε αυτή την περίπτωση, ένας υπολογιστής (ή μία δικτυακή συσκευή) με IP 198.10.1.25 και μάσκα υποδικτύου 255.255.224.0 για να διαπιστωθεί σε ποιο IP υποδίκτυο ανήκει, εκτελείται η λογική πράξη AND ανάμεσα στην IP διεύθυνση και την μάσκα υποδικτύου όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα:

Π.χ., σε ποιο από τα παραπάνω δίκτυα ανήκει ο υπολογιστής με διεύθυνση 198.10.1.25;

Η διεύθυνση του υπολογιστή αναλύεται σε:

11000110 00001010 00000001 00011001, με μάσκα σε δυαδική μορφή ,

11111111 11111111 11111110 00000000, μετά από λογικό AND γίνεται,

 11000110 00001010 00000000 00000000

Άρα η διεύθυνση δικτύου που ανήκει ο υπολογιστής είναι η **198.10.0.0/23**

1.5.2.6 Ειδικές Διευθύνσεις IP

- Το IP χρησιμοποιεί τη διεύθυνση 0 στο πεδίο του υπολογιστή υποδοχής για να προσδιορίσει ολόκληρο το δίκτυο. Η διεύθυνση 128.211.0.0 αναφέρεται στο δίκτυο κλάσης B με πρόθεμα 128.211. Είναι προφανές ότι η διεύθυνση αυτή δεν μπορεί να είναι διεύθυνση προορισμού ενός πακέτου.

- Εάν στο πεδίο του υπολογιστή υποδοχής υπάρχει μια σειρά από 1 τότε αναφερόμαστε σε όλους τους υπολογιστές του δικτύου. Όταν φτάσει ένα τέτοιο πακέτο στο δίκτυο μεταφέρεται σε όλους τους υπολογιστές στο δίκτυο αυτό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη δυνατότητα που έχουν πολλά δίκτυα για ανοικτή εκπομπή (broadcast) ή μέσω της δημιουργίας αντιγράφων από το δίκτυο.
- Εάν η διεύθυνση αποτελείται από μια σειρά από 1 τότε έχουμε περιορισμένη εκπομπή, δηλαδή εκπομπή τοπικά μόνο σε ένα δίκτυο.
- Εάν η διεύθυνση αποτελείται από μια σειρά από 0 εννοείται ο ίδιος υπολογιστής. Η διεύθυνση αυτή χρησιμοποιείται συνήθως κατά την εκκίνηση ενός υπολογιστή.
- Υπάρχει επίσης και η διεύθυνση που αρχίζει από 127, η οποία αντιστοιχεί σε μια διεύθυνση βρόχου (loopback address). Χρησιμοποιείται όταν δεν θέλουμε ένα πακέτο να φύγει έξω από το δίκτυο, κυρίως για μηνύματα ελέγχου. Ένα τέτοιο πακέτο δεν πρέπει ποτέ να κυκλοφορεί στο δίκτυο.

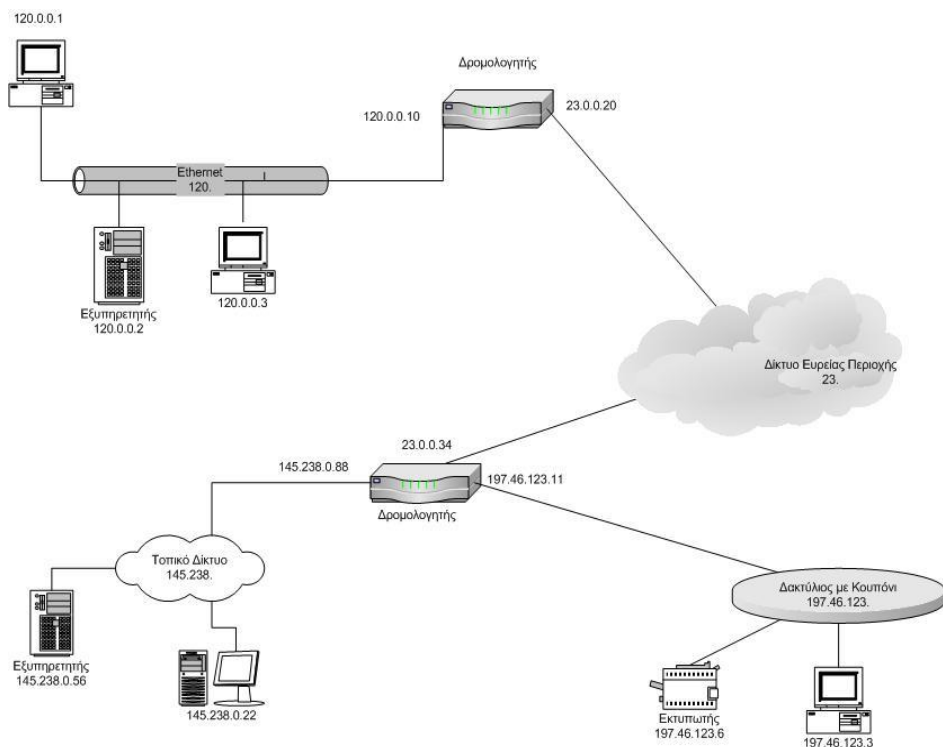
Στον πίνακα 1.14, φαίνονται σε περίληψη τα προθέματα των διευθύνσεων, ο τύπος της διεύθυνσης και ο σκοπός για τον οποίο χρησιμοποιούνται.

Πίνακας 1.14 – Οι ειδικές διευθύνσεις IP και ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούνται

Πρόθεμα	Κατάληξη	Τύπος Διεύθυνσης	Σκοπός
Όλα '0'	Όλα '0'	Τοπικός Η/Υ	Χρησιμοποιείται κατά την αυτοδύναμη εκκίνηση του Η/Υ
Δίκτυο	Όλα '0'	Δίκτυο	Προσδιορίζει ένα Δίκτυο
Δίκτυο	Όλα '1'	Κατευθυνόμενη Εκπομπή	Εκπομπή σε συγκεκριμένο δίκτυο
Όλα '1'	Όλα '1'	Περιορισμένη Εκπομπή	Εκπομπή στο τοπικό δίκτυο
127	Οτιδήποτε	Διεύθυνση Βρόχου	Έλεγχος

1.5.2.7 Δρομολογητές και Διευθύνσεις IP

Οι δρομολογητές μπορεί να έχουν παραπάνω από μία διεύθυνση IP γιατί μπορεί να συνδέονται με πολλαπλά φυσικά δίκτυα, και θα πρέπει να αναγνωρίζονται σαν μέρη όλων των δικτύων με τα οποία συνδέονται. Μια τέτοια συνδεσμολογία φαίνεται στην Εικόνα 1.31



Εικόνα 1.31 – Δρομολογητές με πολλαπλές διευθύνσεις IP, ανάλογα με τα δίκτυα που συνδέουν

Εκτός από τους δρομολογητές υπάρχουν και υπολογιστές που μπορεί να έχουν πολλαπλές διευθύνσεις IP, για να μπορούν να συνδέονται με περισσότερα του ενός δίκτυα για λόγους αξιοπιστίας και αύξησης της απόδοσης.

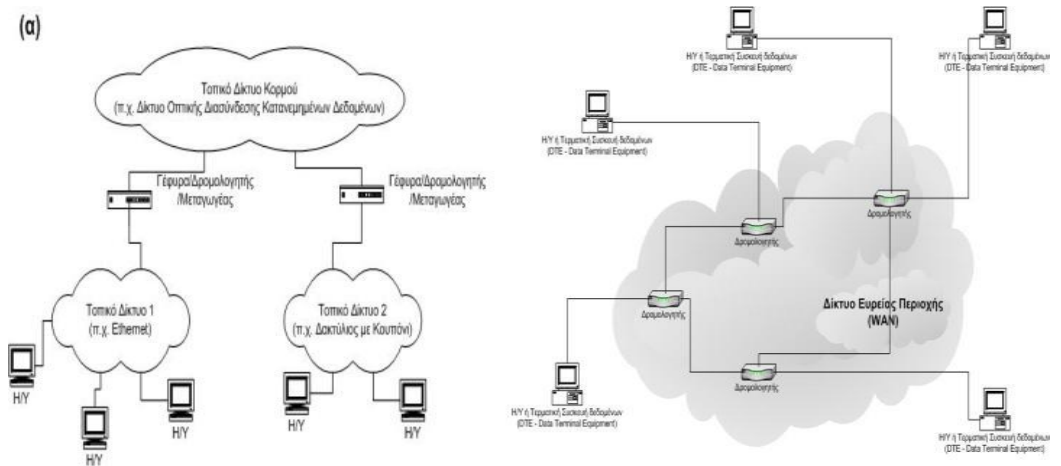
1.5.2.8 Θέματα Διαδικτύωσης και Δρομολόγησης

Η χρήση της διεύθυνσης IP είναι βασική στη διασύνδεση δικτύων τα οποία μπορεί να λειτουργούν με διαφορετικά πρωτόκολλα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.32

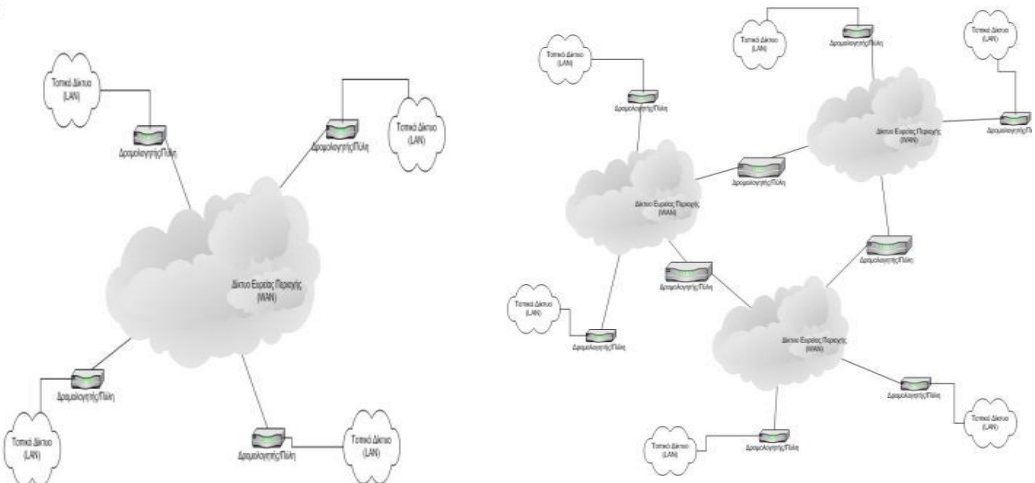
Η διαδικασία εύρεσης της διεύθυνσης IP αποτελείται από τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο ο υπολογιστής αντιστοιχίζει τη διεύθυνση του κατασκευαστή του με μια διεύθυνση IP με χρήση του πρωτοκόλλου ARP (Address Resolution Protocol), το οποίο λειτουργεί στο χώρο του τοπικού δικτύου. Μετά το δίκτυο χωρίζεται μέσω εσωτερικών και εξωτερικών πυλών σε δύο διακριτές ιεραρχίες (βλέπε εικόνα 1.33) όπου με χρήση κατάλληλων αλγορίθμων οι δρομολογητές μαθαίνουν ποια δίκτυα είναι κοντά τους και σε ποια απόσταση.

Η λειτουργία ενός τέτοιου αλγόριθμου φαίνεται στην Εικόνα 1.34. Κάθε δρομολογητής ή πύλη ή γενικά συσκευή δικτύου κρατάει ένα πίνακα με αποστάσεις σε όσα δίκτυα γνωρίζει και μέσω ποιας διεπαφής μπορεί να επιτευχθεί η σύνδεση αυτή. Στην αρχή μαθαίνει από τους γείτονές της τις αποστάσεις προς αυτούς και μετά ενημερώνει τους πίνακές της και κατόπιν τους γείτονές της για τις κοντινότερες αποστάσεις που έχει προς κάθε προορισμό. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να συγκλίνει. Σε ένα δίκτυο οι αποστάσεις μπορεί να είναι χρόνοι πρόσβασης, κόστος κ.λπ. και η ενημέρωση είναι μια διαρκής διαδικασία.

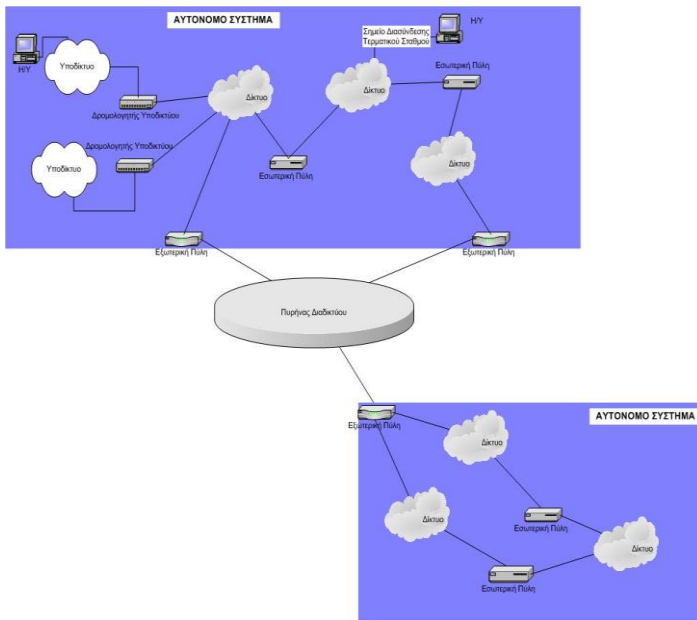
(α)



(β)



Εικόνα 1.32 – Αρχιτεκτονικές Δικτύων. (α) Απλό Τοπικό δίκτυο (LAN) και δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN), αντίστοιχα. (β) Παραδείγματα διασύνδεσης τοπικών δικτύων και δικτύων ευρείας περιοχής

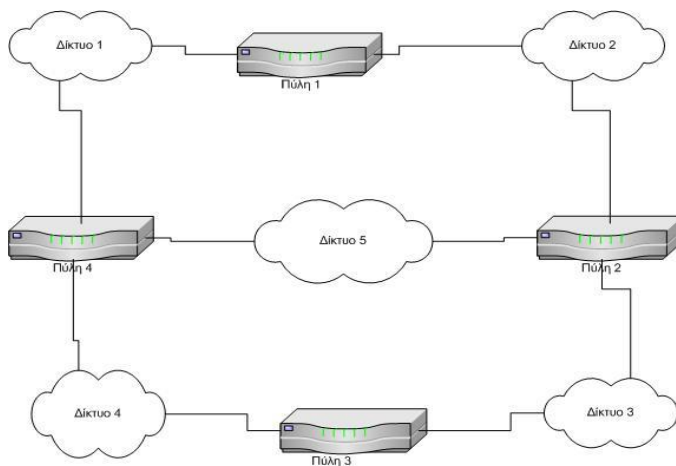


Εικόνα 1.33– Η αρχιτεκτονική και η ορολογία του Διαδικτύου

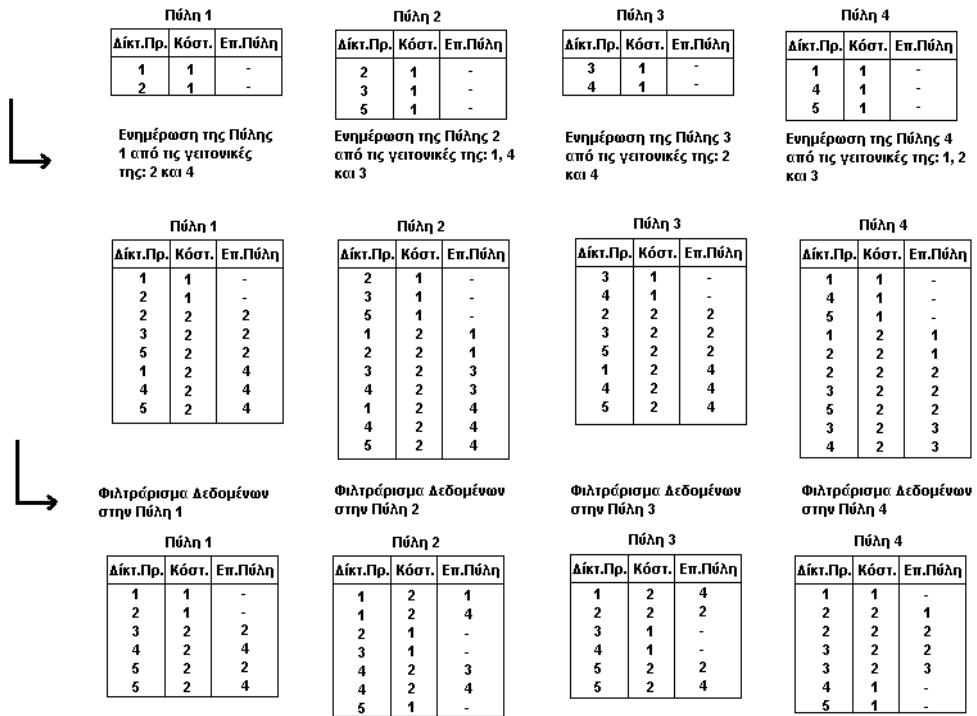
(α)

Ταυτότητα Δικτύου Προορισμού	Κόστος	Επόμενη Πύλη (ή Δρομολογητής)
33.0.0.0/8	5456541	11.10.09.1
174.16.32.0/22	21224	11.10.11.2
195.160.15.0/24	1655582	11.10.10.2

(β)



(γ)



Εικόνα 1.34 – (α) Παράδειγμα πίνακα δρομολόγησης μιας πύλης. (β) Παράδειγμα διασύνδεσης δικτύων, για το οποίο αναλύεται η δρομολόγηση διανύσματος αποστάσεων. (γ) Η διαδικασία διαμόρφωσης των πινάκων δρομολόγησης, στις πύλες του ανωτέρω διαδικτύου

1.5.3 Στρώμα Μεταφοράς

1.5.3.1 Βασικές υπηρεσίες και πρωτόκολλα στρώματος Διαδικτύου

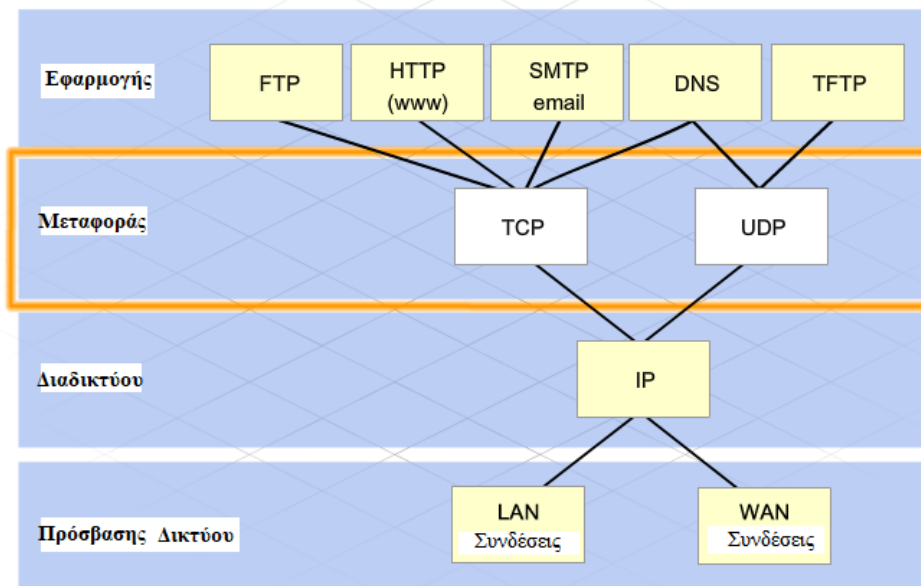
Το στρώμα Μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων από μια δικτυακή συσκευή σε μια άλλη. Τα κυρίαρχα πρωτόκολλα στο στρώμα αυτό είναι το UDP και το TCP. Πότε χρησιμοποιείται το ένα όμως και πότε το άλλο; Αυτό είναι ένα ερώτημα που η απάντησή του εξαρτάται από το τύπο του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται στο ανώτερο στρώμα (στρώμα Εφαρμογής) και στο κατά πόσο υπάρχει ανάγκη για αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων.

Αναλυτικότερα, θα λέγαμε ότι διαφορετικοί τύποι δεδομένων έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά. Ορισμένες εφαρμογές (π.χ. φυλλομετρητής: HTTP, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο: SMTP), προκειμένου να λειτουργήσουν σωστά, προϋποθέτουν ότι τα

πακέτα που στέλνουν προς μετάδοση θα πρέπει να παραληφθούν με μια συγκεκριμένη σειρά για να μπορούν να είναι λειτουργικά.

Σε άλλες περιπτώσεις, οι εφαρμογές (π.χ. DNS) είτε δεν προϋποθέτουν την ακριβή παραλαβή της σειράς των πακέτων που τους αποστέλλονται είτε μπορούν να διαχειριστούν την μικρή απώλεια πακέτων. Στην Εικόνα 1.35, παρουσιάζεται η αλληλοσύνδεση των πρωτοκόλλων του ανώτερου στρώματος (στρώμα Εφαρμογής) με τα πρωτόκολλα των υπολοίπων στρωμάτων.

Επιπλέον, πρέπει να είναι ξεκάθαρο ότι στα χαμηλότερα στρώματα του TCP/IP (στρώματα 2^ο και 1^ο), δεν λαμβάνονται υπόψη οι ταυτόχρονες αποστολές πακέτων από διαφορετικές εφαρμογές. Η μοναδική τους ευθύνη είναι να αποστείλουν/παραλάβουν τα δεδομένα στην δικτυακή συσκευή όπου ενεργούν. Είναι ευθύνη του στρώματος Μεταφοράς (στρώμα 3) να παραδώσει τα δεδομένα στην σωστή εφαρμογή. Και τα 2 πρωτόκολλα που ενεργούν για αυτό είναι το TCP και το UDP.



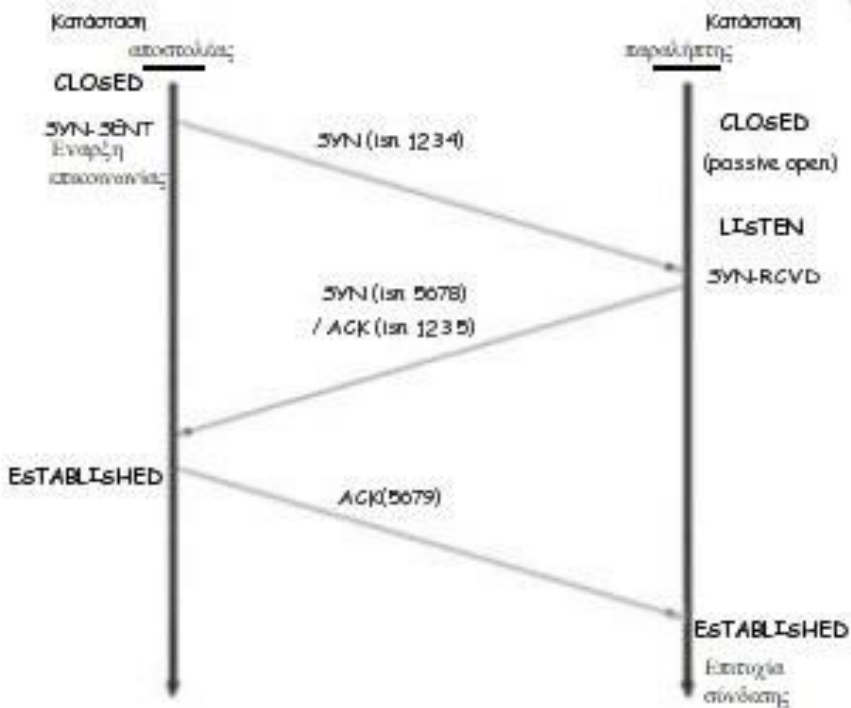
Εικόνα 1.35 – Αλληλοσύνδεση πρωτοκόλλων στην στοίβα TCP/IP

1.5.3.2 Το Πρωτόκολλο TCP

Το TCP είναι το ευρέως χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο του στρώματος μεταφοράς καθώς εγγυάται την σωστή μετάδοση των πακέτων από ένα αποστολέα σε έναν αποδέκτη.

Μια σημαντική διαδικασία που λαμβάνει χώρα κατά την έναρξη – εδραίωση της επικοινωνίας μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη είναι η τριμερής χειραψία (3-way

handshake). Στην Εικόνα 1.36, παρουσιάζεται η ανταλλαγή μηνυμάτων για την έναρξη της σύνδεσης για την μετέπειτα ανταλλαγή πακέτων επικοινωνίας.



Εικόνα 1.36 – Τριμερής χειραψία του TCP

Όπως, είπαμε και παραπάνω το TCP είναι ένα αξιόπιστο πρωτόκολλο, καθώς σιγουρεύει, ότι τα δεδομένα που στέλνονται θα φτάσουν οπωσδήποτε. Μια από τις βασικότερες υπηρεσίες που προσφέρει το TCP, είναι ότι οι παραλήπτες των μηνυμάτων στέλνουν μια επιβεβαίωση (Acknowledgement) ότι έλαβαν επιτυχώς κάθε πακέτο που τους αποστέλλεται, ενώ ζητούν την επανάληψη της αποστολής για τα πακέτα που δεν επιβεβαιώθηκαν ότι παραλήφθηκαν. Για την επιτυχία αυτής της υπηρεσίας λαμβάνουν χώρα οι διαδικασίες του ελέγχου ροής (flow control) και του ελέγχου συμφόρησης (congestion avoidance), οι οποίες δεν αποτελούν αντικείμενο μελέτης του συγκεκριμένου βιβλίου.

Στα μειονεκτήματα που προκύπτουν εξαιτίας της αξιοπιστίας μετάδοσης δεδομένων είναι ότι το TCP έχει κάποια επιπλέον καθυστέρηση μετάδοσης των πακέτων επικοινωνίας καθώς απαιτούνται περισσότερη υπολογιστική ισχύς αλλά και περισσότερο εύρος ζώνης (bandwidth).

Επικεφαλίδα TCP

Κάθε κεφαλίδα TCP έχει δέκα υποχρεωτικά πεδία συνολικού μεγέθους 20 byte (160 bits). Μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν προαιρετικά ένα πρόσθετο τμήμα δεδομένων έως 40 bytes σε μέγεθος. Αυτή είναι η διάταξη των κεφαλίδων TCP:



Εικόνα 1.37 – Το πακέτο TCP (Επικεφαλίδα και δεδομένα).

- Θύρα Πηγής (Source Port – 16 bit): Προσδιορίζει τη διεύθυνση της εφαρμογής του αποστολέα.
- Θύρα Προορισμού (Destination Port – 16 bit): Προσδιορίζει τη διεύθυνση της εφαρμογής του παραλήπτη.

- Αριθμός Ακολουθίας (Sequence Number – 32 bit): Καθορίζει τη θέση μέσα του πρώτου byte δεδομένων του εκάστοτε πακέτου, κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του ως ακολουθία από bytes. Αν, π.χ. ο αριθμός αλληλουχίας ενός πακέτου είναι 100 και στο κάθε πακέτο περιέχονται 5 bytes δεδομένων, τότε ο αριθμός αλληλουχίας του επόμενου πακέτου θα είναι 105.
- Αριθμός Επιβεβαίωσης (Acknowledgement Number – 32 bit): Εκφράζει του επόμενου byte δεδομένων, που περιμένει να λάβει ο δέκτης. Επίσης, δηλώνει ότι, ο παραλήπτης έχει λάβει όλα τα προηγούμενα bytes δεδομένων.
- Μήκος Επικεφαλίδας (Header Length – 4 bit): Δηλώνει το μέγεθος της επικεφαλίδας, ώστε να το γνωρίζει ο παραλήπτης, δεδομένου ότι το πεδίο ‘Επιλογές’ είναι μεταβλητού μεγέθους.
- Ψηφία Κράτησης (Reserved – 6 bit): Αυτά τα bit είναι δεσμευμένα για μελλοντική χρήση.
- Ψηφία Κώδικα (Code bit – 6 bit): Το κάθε ένα από τα ψηφία αυτά έχει λειτουργική σημασία για το πακέτο. Συγκεκριμένα:
 1. URG: Δηλώνει αν είναι έγκυρος ο δείκτης επείγουσας προτεραιότητας.
 2. ACK: Δηλώνει αν είναι έγκυρος ο αριθμός επιβεβαίωσης.
 3. PSH: Δηλώνει στην οντότητα TCP αν πρέπει να περάσει τα δεδομένα απευθείας στο επίπεδο εφαρμογής, ή αν μπορεί να τα αποθηκεύσει σε κάποιον ενταμιευτή, περιμένοντας να συσσωρευτούν πολλά.
 4. RST: Δηλώνει στην οντότητα TCP του παραλήπτη ότι πρέπει να τερματιστεί η σύνδεση, λόγω ανωμαλιών λειτουργίας.
 5. SYN: Ζητάει τη δημιουργία σύνδεσης.
 6. FIN: Ειδοποιεί τον παραλήπτη ότι ο αποστολέας δεν έχει άλλα στοιχεία να αποστείλει.
- Μέγεθος Παραθύρου (Window Size – 16 bit): Δηλώνει τον αριθμό των πακέτων που επιθυμεί να λάβει ο αποστολέας. Αυτό το πεδίο βοηθάει στη ρύθμιση του κυκλοφοριακού και εμποδίζει τη δημιουργία συμφόρησης.
- Άθροισμα Ελέγχου (Checksum – 16 bit): Ανιχνεύει τα σφάλματα στο πακέτο TCP.
- Δείκτης Επείγουσας Προτεραιότητας (Urgent Pointer – 16 bit): Αυτός ο δείκτης δηλώνει αν κάποια δεδομένα πρέπει να παραδοθούν άμεσα.
- Μαξιλάρι (Padding – 8 bit): Διαχωρίζει την επικεφαλίδα από τα δεδομένα.

- Επιλογές (Options – 24 bit): Καλύπτει κάποιες επιπλέον λειτουργίες. Η πιο σημαντική επιλογή είναι το Μέγιστο Μέγεθος Πακέτου (MSS – Maximum Segment Size) μπορεί να λάβει ο αποστολέας. Μια άλλη επιλογή είναι ο χρόνος επιβίωσης του κάθε πακέτου (TTL) που δηλώνει πόσο μπορεί το πακέτο να παραμείνει στο Διαδίκτυο, χωρίς να φθάσει στον προορισμό του.
- Δεδομένα (Data): Πρόκειται για το πακέτο του παραπάνω επιπέδου (της εφαρμογής).

1.5.3.3 Το Πρωτόκολλο Μεταφοράς UDP

Το UDP από την άλλη μεριά, πρόκειται για ένα δευτερεύον και πιο απλοποιημένο πρωτόκολλο μεταφοράς, συγκριτικά με το TCP. Θεωρείται ως μη-αξιόπιστο πρωτόκολλο καθώς δεν παρέχει μηχανισμούς όπως έλεγχο λαθών μετάδοσης (error checking), έλεγχο ροής (flow control) και εξασφάλιση παράδοσης δεδομένων. Παρέχει μια πιο απλουστευμένη υπηρεσία στο επίπεδο εφαρμογής και χρησιμοποιείται από εφαρμογές που έχουν ανοχή στην αγνόηση μιας ποσότητας πακέτων. Παράδειγμα χρήσης του UDP είναι το DNS αλλά και το Διαδικτυακό ραδιόφωνο (Internet radio). Τα πλεονεκτήματά του είναι η ταχύτητα μετάδοσης των πακέτων, καθώς έχει μικρότερο μέγεθος πακέτου και δεν απαιτεί διαδικασίες εγγυημένης μετάδοσης. Για αυτό και χρησιμοποιείται από συγκεκριμένου τύπου εφαρμογών.

Συνοπτικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Στέλνει τμήματα πληροφορίας από τον έναν υπολογιστή στον άλλο, χωρίς να εγγυάται την ασφαλή και σίγουρη παράδοσή τους (μη αξιόπιστο). Η λειτουργία του, δηλαδή, είναι παρόμοια με αυτή του IP.
- Υποχρεώνει το στρώμα Εφαρμογής να επιφορτιστεί το έργο της αξιόπιστης μεταφοράς.
- Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές βίντεο, ήχου, ηλεκτρονικών παιχνιδιών αλλά και υπηρεσιών όπως DHCP και DNS.

Επικεφαλίδα UDP

Επειδή το UDP είναι σημαντικά πιο περιορισμένο στην ικανότητα από το TCP, οι κεφαλίδες του είναι πολύ μικρότερες.

Μια κεφαλίδα UDP περιέχει 8 byte, χωρισμένα στα ακόλουθα τέσσερα υποχρεωτικά πεδία:



Εικόνα 1.38 – Αυτοδύναμο Πακέτο UDP.

- Θύρα Πηγής (Source Port – 16 bits): Προσδιορίζει τη διεύθυνση της εφαρμογής του αποστολέα.
- Θύρα Προορισμού (Destination Port – 16 bits): Προσδιορίζει τη διεύθυνση της εφαρμογής του παραλήπτη.
- Μήκος δεδομένων (UDP length – 16 bits): Αντιπροσωπεύει το συνολικό μέγεθος κάθε datagram που περιλαμβάνει τόσο την κεφαλίδα όσο και τα δεδομένα. Αυτό το πεδίο κυμαίνεται σε μια τιμή από τουλάχιστον 8 bytes (το απαιτούμενο μέγεθος κεφαλίδας) σε μεγέθη άνω των 65.000 bytes
- Έλεγχος UDP (UDP checksum – 16 bits): Παρόμοια με το TCP, ένα άθροισμα ελέγχου UDP επιτρέπει στους δέκτες να διασταυρώνουν τα εισερχόμενα δεδομένα για τυχόν κατεστραμμένα κομμάτια του μηνύματος.

1.5.3.4 Σύγκριση Πρωτοκόλλων TCP και UDP

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται εν συντομία (Πίνακας 1.15) οι βασικές διαφορές μεταξύ των Πρωτοκόλλων TCP και UDP και παρουσιάζονται παραδείγματα με πρωτόκολλα ανωτέρων στρωμάτων τα οποία χρησιμοποιούν τα δύο αυτά πρωτόκολλα του στρώματος μεταφοράς.

Πίνακας 1.15 – Πίνακας σύγκρισης πρωτοκόλλων TCP και UDP

	TCP	UDP
Ακρωνύμιο	Transmission Control Protocol	User Datagram Protocol ή Universal Datagram Protocol
Σύνδεση	Το TCP είναι ένα πρωτόκολλο προσανατολισμένο για σύνδεση	Το UDP δεν είναι πρωτόκολλο προσανατολισμένο στη σύνδεση.
Λειτουργία	Ως μήνυμα διατρέχει το διαδίκτυο από τον έναν υπολογιστή στον άλλον. Είναι βασισμένο στη σύνδεση.	Το UDP είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά μηνυμάτων. Δεν είναι βασισμένο στη σύνδεση.
Χρήση	Το TCP απευθύνεται σε εφαρμογές.	Το UDP απευθύνεται σε εφαρμογές που απαιτούν ταχύτητα και αποτελεσματική μετάδοση.
Χρήση από ανώτερα πρωτόκολλα	HTTP, HTTPS, FTP, SMTP, Telnet	DNS, DHCP, TFTP, SNMP, RIP, VOIP.
Ταξινόμηση πακέτων δεδομένων	Το TCP ανακατανέμει τα πακέτα βάσει σειράς.	Το UDP δεν ανακατανέμει τα πακέτα βάσει σειράς, καθώς κάθε πακέτο είναι αυτόνομο.
Μέγεθος επικεφαλίδας	Η TCP επικεφαλίδα έχει μέγεθος 20 bytes	Η UDP επικεφαλίδα έχει μέγεθος 8 bytes.
Έλεγχος σφαλμάτων	Το TCP πραγματοποιεί έλεγχο σφαλμάτων και ανάκαμψη αυτών.	UDP πραγματοποιεί έλεγχο σφαλμάτων αλλά αγνοεί τα λανθασμένα πακέτα.
Επιβεβαίωση λήψης πακέτου (Acknowledgement)	Πραγματοποιείται	Δεν πραγματοποιείται
Τριμερής χειραψία (Handshake)	SYN, SYN-ACK, ACK	Δεν πραγματοποιείται τριμερής χειραψία

Οι διαφορές των δύο πρωτοκόλλων του στρώματος μεταφοράς φανερώνονται καθαρά και στις επικεφαλίδες που προσθέτουν κατά την διαδικασία της ενθυλάκωσης. Οι πληροφορίες που περιέχονται στην επικεφαλίδα του TCP (Εικόνα 1.39) είναι πολύ περισσότερες από τις πληροφορίες της επικεφαλίδας του UDP (Εικόνα 1.40) και φανερώνουν την διαφορά στο μέγεθος της καθεμίας, καθώς και στους ελέγχους που πραγματοποιούν. Είναι χαρακτηριστικό ότι η επικεφαλίδα TCP έχει μέγεθος 20 bytes ενώ η επικεφαλίδα UDP 8 bytes.

TCP Επικεφαλίδα (TCP Header)

+	Bits 0 - 3	4 - 9	10 - 15	16 - 31
0	Source Port Θύρα Προέλευσης		Destination Port Θύρα Προορισμού	
32	Sequence Number Αριθμός ακολουθίας			
64	Acknowledgment Number Αριθμός επιβεβαίωσης			
96	Data Offset	Reserved	Flags Σημαίες	Window Παράθυρο
128	Checksum Άθροισμα ελέγχου		Urgent Pointer Επείγοντα δεδομένα	
160	Options Επιλογές (προαιρετικές)			
160/192+	Data Δεδομένα			

Εικόνα 1.39 – Δομή της Επικεφαλίδας TCP

UDP Επικεφαλίδα (UDP Header)

32 Bit	
Θύρα πηγής	Θύρα προορισμού
Μήκος UDP	Άθροισμα ελέγχου UDP
Δεδομένα (DATA)	

Εικόνα 1.40 - Δομή της Επικεφαλίδας UDP

1.6 Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Θέματα για ανάπτυξη

1.6.1. Ερωτήσεις

Υπάρχουν και άλλα διαδίκτυα εκτός από το Διαδίκτυο (Internet)	Σωστό Λάθος
Πριν την έλευση του WWW δεν υπήρχε τρόπος αναζήτησης στο Διαδίκτυο	Σωστό Λάθος
Πριν την έλευση του WWW δεν υπήρχε η δυνατότητα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στο Διαδίκτυο	Σωστό Λάθος
Το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή είναι αποκλειστικό χαρακτηριστικό του Διαδικτύου	Σωστό Λάθος
Τα δίκτυα ISDN διατίθενται σε ταχύτητες	128 kbps 1,55 Mbps 2,0 Mbps 196 Kbps
Στο μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή	<p>Ο εξυπηρετητής αναφέρεται σε συγκεκριμένο υπολογιστή με μεγάλη υπολογιστική ισχύ</p> <p>Ο εξυπηρετητής αναφέρεται σε ένα λογισμικό</p> <p>Ο υπολογιστής του πελάτη και του εξυπηρετητή είναι διαφορετικοί</p> <p>Ο πελάτης χρεώνεται για τις υπηρεσίες που του προσφέρονται</p>

Το πρωτόκολλο IP υπάρχει πάντα σε μία σύνδεση με αρχιτεκτονική TCP/IP	Σωστό Λάθος
Το πρωτόκολλο TCP/IP υπάρχει πάντα σε μία σύνδεση με αρχιτεκτονική TCP/IP	Σωστό Λάθος
Οι διευθύνσεις στο Διαδίκτυο	Έχουν σταθερό μήκος Το μήκος τους εξαρτάται από το μέγεθος του δικτύου Έχουν μόνο τοπική σημασία Αντιστοιχούν απόλυτα στις αντίστοιχες τηλεφωνικές ενός οργανισμού
Οι πίνακες δρομολόγησης παραμένουν σταθεροί κατά τη διάρκεια μιας συνδιάλεξης (κλήσης)	Σωστό Λάθος

1.6.2. Δραστηριότητες

1. Επισκεφτείτε τους δικτυακούς τόπους εφημερίδων και τηλεοπτικών σταθμών και συζητήστε τις καινούριες δυνατότητες που προσφέρει το Διαδίκτυο.
2. Βρείτε την ιστορική εξέλιξη της τοπολογίας του Διαδικτύου. Παρουσιάστε το δίκτυο κορμού και τα διασυνδεδεμένα σε αυτό δίκτυα.
3. Βρείτε τη διαδικασία έγκρισης προτύπων από το IETF.
- ~~4. Αναφέρατε τα κυριότερα χαρακτηριστικά των μηχανών Archie και WAIS. Να τα συγκρίνετε με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του παγκόσμιου ιστού.~~
- 5.4. Επισκεφτείτε την ιστοσελίδα του IETF και της IANA και αναφέρατε ποια είναι τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τη σημερινή εποχή.

~~6.5.~~ Δημιουργήστε ένα πίνακα με τους παροχείς υπηρεσιών Διαδικτύου στην Ελλάδα, τις υπηρεσίες που προσφέρουν και τις τιμολογιακές τους πολιτικές.

~~7.~~ Δώστε σύνθετες εξαρτήσεις σε περιβάλλοντα πελάτη εξυπηρετητή που οδηγούν σε προβληματικές επικοινωνίες.

~~8.~~ Δώστε σε σχεδιαγράμματα το ρυθμό ανάπτυξης του Διαδικτύου και του παγκοσμίου ιστού (αριθμός χρηστών, αριθμός υπολογιστών υποδοχής, αριθμός ιστοσελίδων κ.λπ.)

~~9.~~ Αναπτύξτε τα χαρακτηριστικά των εξυπηρετητών που αναφέρονται στο κεφάλαιο αυτό. Δώστε παραδείγματα προϊόντων που προσφέρουν τις υπηρεσίες αυτές.

~~10.6.~~ Ποια είναι τα τελευταία πρότυπα για του IETF για το επίπεδο μεταφοράς;

~~11.7.~~ Δώστε διαφορές της διευθυνσιοδότησης στο τηλεφωνικό σύστημα με τη διευθυνσιοδότηση στο Διαδίκτυο.

~~12.8.~~ Βρείτε τη λίστα με όλες τις επιτρεπόμενες καταλήξεις στις διευθύνσεις στο Διαδίκτυο.

1.6.4.1.6.3. Προβλήματα

1. Ένα μηχάνημα είναι συνδεδεμένο σε δύο δίκτυα. Γιατί χρειάζεται διαφορετική διεύθυνση IP για κάθε σύνδεση.

~~2.~~ Υποθέστε ότι χρησιμοποιείται κάποιον φυλλομετρητή και επισκέπτεστε κάποιον δικτυακό τόπο (Site). Στη συνέχεια, επιλέγεται με το 'ποντίκι' μία παραπομπή (Hyperlink) προς κάποια ιστοσελίδα. Περιγράψτε τη διαδικασία που ακολουθεί μέχρι να φορτωθεί η ιστοσελίδα στον φυλλομετρητή σας. Τι γίνεται στην περίπτωση όπου η ιστοσελίδα περιέχει κάποιες εικόνες ή κάποια Java Applets;

3.2. Φανταστείτε ότι δουλεύετε σε μια εταιρεία που παράγει και τυποποιεί πολυμεσικές εφαρμογές. Να εξηγήσετε, λαμβάνοντας υπόψη τη λειτουργία των πρωτοκόλλων TCP και UDP, ποιο από τα δύο πρωτόκολλα μεταφοράς θα επιλέγατε για την υποστήριξη των πολυμεσικών εφαρμογών (π.χ. μεταφορά αρχείων βίντεο, διαμέσου του Διαδικτύου) και για ποιο λόγο.

4.3. Να εντοπιστούν τα κυριότερα μειονεκτήματα του πρωτοκόλλου IP, όσο αφορά την χρήση του σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

5.4. Να συμπληρώσετε τα κενά στον παρακάτω πίνακα:

Διεύθυνση IP σε δυαδικό σύστημα	Διεύθυνση IP σε δεκαδικό σύστημα	Κλάση διεύθυνσης IP
	133.88.4.66	
11100011 11100110 01000100 00000111		
01000001 10001000 00011001 00011101		
	231.17.22.3	
10000100 00001100 11100010 00100111		
01100110 00111001 00011001 10010111		
	34.89.245.30	
11001100 00111000 10101101 11001010		
	128.17.222.72	
11111111 11111111 11111111 11111111		
	127.0.0.1	
01001100 10111000 00101101 11000010		
	192.168.10.105	

00000100 00000100 01100010 00100101		
	11.12.13.14	

6-5. Να μετατρέψετε σε δυαδική μορφή τις ακόλουθες διευθύνσεις:

197.228.72.0	195.251.230.15
127.34.140.1	161.0.10.32
178.18.23.255	10.232.0.0
10.2.0.37	

- Ποιες από τις παραπάνω διευθύνσεις είναι διευθύνσεις εκπομπής, ποιες διευθύνσεις δικτύου και ποιες διευθύνσεις υπολογιστών;
- Μπορεί η διεύθυνση 255.255.184.0 να είναι μία μάσκα δικτύου; Δικαιολογήστε

7-6. Ένα δίκτυο κλάσης B έχει μάσκα υποδικτύου 255.255.224.0. Πόσα διαφορετικά υποδίκτυα και πόσους δυνατούς hosts μπορούμε να έχουμε.

8-7. Έστω ότι έχουμε ένα δίκτυο κλάσης B με διεύθυνση 170.228.0.0 και θέλουμε να δημιουργήσουμε 8 υποδίκτυα.

- Πόσα επιπλέον bits πρέπει να χρησιμοποιήσουμε, από την υπάρχουσα μάσκα δικτύου, για τη δημιουργία αυτών των υποδικτύων;
- Ποια θα είναι η μάσκα των υποδικτύων και ποια τα υποδίκτυα αυτά;
- Βρείτε σε ποια υποδίκτυα ανήκουν οι υπολογιστές με διευθύνσεις 170.228.40.10 και 170.228.200.4;

9-8. Σε ένα δίκτυο κλάσης Γ με διεύθυνση 195.230.251.0 ορίζουμε 4 υποδίκτυα. Πόσους υπολογιστές μπορούμε να έχουμε σε κάθε υποδίκτυο. Για κάθε υποδίκτυο γράψτε 2 παραδείγματα IP διευθύνσεων υπολογιστών που ανήκουν σ' αυτό.

~~10. Ανατρέξτε στο Διαδίκτυο που εμφανίζεται στην εικόνα 2.4.6. Φανταστείτε και σχεδιάστε τον πίνακα δρομολόγησης των δύο δρομολογητών της εικόνας.~~

~~11.9.~~ Γράψτε ένα πρόγραμμα που να διαβάζει μια διεύθυνση IP σε δεκαδική μορφή και να δίνει το ισοδύναμό της σε δυαδική μορφή, να αποφασίζει την κλάση, το υποδίκτυο και τον υπολογιστή υποδοχής.

~~12.10.~~ Γιατί κάθε δρομολογητής πρέπει να έχει τη δική του διεύθυνση; Γιατί έχει περισσότερες από μία διευθύνσεις; Θα μπορούσε κάθε υπολογιστής και όχι κάθε δικτυακή σύνδεση να έχει τη δική της διεύθυνση;

~~13.11.~~ Αν ένα αυτοδύναμο πακέτο για να φτάσει στον προορισμό του περνάει μέσα από N δρομολογητές πόσες φορές θα κομματιαστεί στην χειρότερη περίπτωση;

~~14.12.~~ Εξηγήστε πώς μπορεί μια εφαρμογή πελάτη να αιτείται υπηρεσίες από περισσότερους από έναν εξυπηρετητές.

~~15.13.~~ Δώστε ένα παράδειγμα όπου ένας εξυπηρετητής για να ολοκληρώσει μια εργασία γίνεται πελάτης ενός άλλου εξυπηρετητή.

~~16.14.~~ Σε κάποιον δρομολογητή, φθάνει ένα αυτοδύναμο πακέτο IP το οποίο φέρει διεύθυνση προορισμού 135.43.56.218.

- i. Σε ποια κλάση ανήκει η παραπάνω διεύθυνση;
- ii. Να γράψετε ποια θα είναι η διεύθυνση του δικτύου η του υποδικτύου που θα προκύψει, αν ο δρομολογητής φιλτράρει το πακέτο με βάση τις εξής μάσκες:
 - α) 255.255.0.0,
 - β) 255.255.255.0,
 - γ) 255.255.134.0,
 - δ) 255.236.0.0 και
 - ε) 255.124.54.0.

- iii. Ποιες από τις παραπάνω περιπτώσεις масκών αφορούν υποδίκτυα και ποιες αφορούν υποδίκτυα.
- iv. Φτιάξτε ένα σχεδιάγραμμα της επιλογής σας, το οποίο να αντιστοιχεί στην περίπτωση της μάσκας 255.255.134.0. Προφανώς, στο σχεδιάγραμμα θα απεικονίζονται κάποια δίκτυα ή υποδίκτυα με τις διευθύνσεις τους. Θα πρέπει επίσης να φαίνεται το δίκτυο ή υποδίκτυο στο οποίο τελικά θα παραδοθεί το αυτοδύναμο πακέτο IP.

~~17-15.~~ Σε έναν δρομολογητή καταφθάνουν αυτοδύναμα πακέτα IP με διευθύνσεις προορισμού που ανήκουν στη δεύτερη κλάση. Ο δρομολογητής τα φιλτράρει κάνοντας χρήση της μάσκας 255.255.107.0.

- i. Υποστηρίζει η μάσκα αυτή υποδίκτυα;
- ii. Αν η μάσκα, υποστηρίζει υποδίκτυα, ποιος είναι ο μέγιστος αριθμός υποδικτύων που μπορεί να εξυπηρετεί ο δρομολογητής χρησιμοποιώντας αυτή τη μάσκα;
- iii. Πόσα, το πολύ, τελικά συστήματα μπορούν να είναι συνδεδεμένα στο κάθε υποδίκτυο;

~~18-16.~~ Έστω ένα εύρος διευθύνσεων από 191.1.1.128 έως 191.1.1.255. Σε ποιο IP υποδίκτυο ανήκουν οι IP διευθύνσεις που αναφέρθηκαν;

~~19-17.~~ Έστω IP υποδίκτυο 200.10.10.0/25. Ποιο είναι το εύρος και ποιο είναι το σύνολο των IP διευθύνσεων αυτού του υποδικτύου;

~~20-18.~~ Έστω δίκτυο (υπερδίκτυο σύμφωνα με CIDR) 196.10.128.0/23 ή αλλιώς 196.10.128.0 με μάσκα υποδικτύου 255.255.254.0. Ποιο είναι το εύρος των διευθύνσεων IP που ανήκουν σε αυτό το δίκτυο;

~~21-19.~~ Έστω τράπεζα μεσαίου μεγέθους με ανάγκη για συνολικά 988 IP διευθύνσεις.

- i. Σύμφωνα με τον πίνακα των κλάσεων των IP διευθύνσεων τι κλάσης διευθύνσεις πρέπει να αποδοθούν στην τράπεζα;

- ii. Μετά από το αίτημα της για διευθύνσεις της αποδίδονται οι διευθύνσεις από 200.100.0.0 έως 200.100.3.255 (σύμφωνα με CIDR). Ποιο είναι το δίκτυο (υπερδίκτυο) στο οποίο ανήκουν αυτές οι διευθύνσεις;