

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού e-class  
για την ανάπτυξη ψηφιακού εκπαιδευτικού  
υλικού για εξ αποστάσεως διδασκαλία στην  
θεματική ενότητα: «Εισαγωγή στα Δίκτυα  
Υπολογιστών»**



Αποστόλου Ειρήνη

Εποπτεύων καθηγητής: Στάμος Κωνσταντίνος

ΠΑΤΡΑ 2013

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πατρών, στο τμήμα Επιχειρηματικού Σχεδιασμού και Πληροφοριακών Συστημάτων.

Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου κ. Στάμο Κωνσταντίνο, για την πολύτιμη βοήθειά του και την αμέριστη συμπαράσταση που μου πρόσφερε, στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, αναπτύχθηκε μαθησιακό υλικό για εξ αποστάσεως εκπαίδευση πάνω στη θεματική ενότητα: «Εισαγωγή στα δίκτυα υπολογιστών». Το υλικό αυτό βρίσκεται αναρτημένο στην ηλεκτρονική πλατφόρμα e-class του ΤΕΙ Πατρών. Στόχος της εργασίας ήταν να αναπτυχθεί μαθησιακό υλικό που να καλύπτει τα βασικά κεφάλαια της ενότητας: Εισαγωγή στα δίκτυα των υπολογιστών. Το υλικό είναι διαμορφωμένο κατάλληλα για εξ αποστάσεως εκπαίδευση και οργανωμένο με βάση την ηλεκτρονική πλατφόρμα του e-class.

Με βάση αυτή την ηλεκτρονική πλατφόρμα, οι εκπαιδευόμενοι ολοκληρώνουν τη μελέτη της θεωρίας του κάθε κεφαλαίου και απαντούν στις ερωτήσεις εμπέδωσης της θεωρίας. Παράλληλα μπορούν να χρησιμοποιήσουν την περιοχή συζητήσεων και το chat για να συνεργαστούν μεταξύ τους ή για να θέσουν κάποια ερώτηση στον καθηγητή τους. Η οργάνωση του υλικού έχει στόχο να ολοκληρώσουν οι φοιτητές τη μελέτη του κάθε κεφαλαίου, να ενισχύσει τη μεταξύ τους συνεργασία και γενικά να αντιμετωπίσουν θετικά την παρακολούθηση ενός μαθήματος εξ αποστάσεως.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 1. Γενικά για τα δίκτυα .....	8
1.1 Υλικό δικτύων.....	10
1.2 Ταξινόμηση των Δικτύων .....	11
1.2.1 Ως προς τη Γεωγραφική Κάλυψη .....	11
1.2.2 Ως προς το Μέσο Μετάδοσης .....	12
1.2.3 Ως προς το Είδος Τοπολογίας.....	13
1.3 Διαδίκτυα .....	16
1.4 Λογισμικό δικτύων.....	16
1.5 Η προτυποποίηση OSI.....	18
1.6 Το Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP .....	24
1.7 Ασκήσεις.....	27
Κεφάλαιο 2: Τρόπος διευθυνσιοδότησης στο διαδίκτυο .....	31
2.1 Δρομολόγηση IP.....	31
2.2 Το πρωτόκολλο IP .....	32
2.3 Διευθύνσεις IP.....	34
2.4 Μάσκες δικτύου και υποδικτύωση .....	36
2.5 Ασκήσεις.....	40
Κεφάλαιο 3: Τρόπος λειτουργίας του στρώματος διασύνδεσης δεδομένων .....	43
3.1 Υπηρεσίες που παρέχονται στο στρώμα διασύνδεσης δεδομένων .....	43
3.2 Βασικά πρωτόκολλα .....	44
3.2.1 HDLC (High level Data Link Control).....	45
3.2.2 PPP (Point-to-Point Protocol) .....	47
3.2.3 ALOHA.....	49
3.2.4 CSMA.....	50
3.2.5 Ο μηχανισμός CSMA/CA .....	51
3.2.6 Πρωτόκολλα χωρίς συγκρούσεις.....	52
3.3 Ασκήσεις.....	55
Κεφάλαιο 4: Τρόπος λειτουργίας στρώματος μεταφοράς.....	58
4.1 Υπηρεσίες που παρέχονται στο στρώμα μεταφοράς .....	58
4.2 Στοιχεία υπηρεσίας μεταφοράς.....	59

4.3 Στοιχεία των πρωτοκόλλων μεταφοράς.....	61
4.4 Πρωτόκολλα μεταφοράς .....	65
4.5 Ασκήσεις.....	69
Κεφάλαιο 5: Τρόπος λειτουργίας εφαρμογών .....	72
5.1 Το πρωτόκολλο DNS.....	72
5.2 Η εφαρμογή FTP .....	76
5.3 Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο.....	77
5.4 Η εφαρμογή WWW .....	80
5.5 Ασκήσεις.....	84
Σχολιασμός - προτάσεις.....	86
Βιβλιογραφία .....	88
Παράρτημα .....	91

## Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται πολλά *εξ αποστάσεως εκπαιδευτικά συστήματα* είτε για να πλαισιώσουν την παραδοσιακή διδασκαλία είτε για να αποτελέσουν ένα αποκλειστικά *εξ αποστάσεως μαθησιακό περιβάλλον*. Η εκπαίδευση από απόσταση είναι μία μέθοδος εκπαίδευσης που υλοποιείται μέσω internet, χωρίς να υπάρχει φυσική παρουσία εκπαιδευτή και εκπαιδευόμενου, αλλά η επικοινωνία μεταξύ τους πραγματοποιείται ηλεκτρονικά. Τα *εξ αποστάσεως μαθήματα* οργανώνονται σε ηλεκτρονικές πλατφόρμες και έχουν συγκεκριμένη δομή έτσι ώστε να καθοδηγούν τη μελέτη του εκπαιδευόμενου, να τον υποστηρίζουν και να τον ενθαρρύνουν να τα ολοκληρώσει.

Η εκπαίδευση από απόσταση έχει εισέλθει σε όλα τα εκπαιδευτικά ιδρύματα της χώρας μας, είτε συμπληρωματικά με την παραδοσιακή διδασκαλία είτε αποκλειστικά για την παρακολούθηση μαθημάτων από απόσταση. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες πλατφόρμες για να υποστηρίξουν την *εξ αποστάσεως διδασκαλία*, οι οποίες προσφέρουν ποικίλες δυνατότητες στους εκπαιδευτές και τους εκπαιδευόμενους.

Στο πλαίσιο της παρούσης εργασίας, αναπτύχθηκε μαθησιακό υλικό για *εξ αποστάσεως διδασκαλία* της θεματικής ενότητας: «**Εισαγωγή στα δίκτυα υπολογιστών**». Το υλικό αυτό σχεδιάστηκε με βάση τους κανόνες οργάνωσης της ηλεκτρονικής πλατφόρμας **e-class** του ΤΕΙ Πατρών και παρουσιάζεται στα ακόλουθα πέντε κεφάλαια:

Στο *πρώτο κεφάλαιο* παρατίθεται το θεωρητικό πλαίσιο που αφορά τα δίκτυα. Παρουσιάζονται πληροφορίες για την ταξινόμηση των δικτύων και βασικές αρχές του τρόπου λειτουργίας τους. Επίσης, παρουσιάζονται συνοπτικά τα δύο μοντέλα αναφοράς των δικτύων, η προτυποποίηση OSI και το μοντέλο TCP/IP.

Στο *δεύτερο κεφάλαιο* περιγράφεται ο τρόπος διευθυνσιοδότησης στο διαδίκτυο, στο *τρίτο* ο τρόπος λειτουργίας του στρώματος διασύνδεσης δεδομένων, στο *τέταρτο* ο τρόπος λειτουργίας του στρώματος μεταφοράς και στο *πέμπτο κεφάλαιο* ο τρόπος λειτουργίας εφαρμογών.

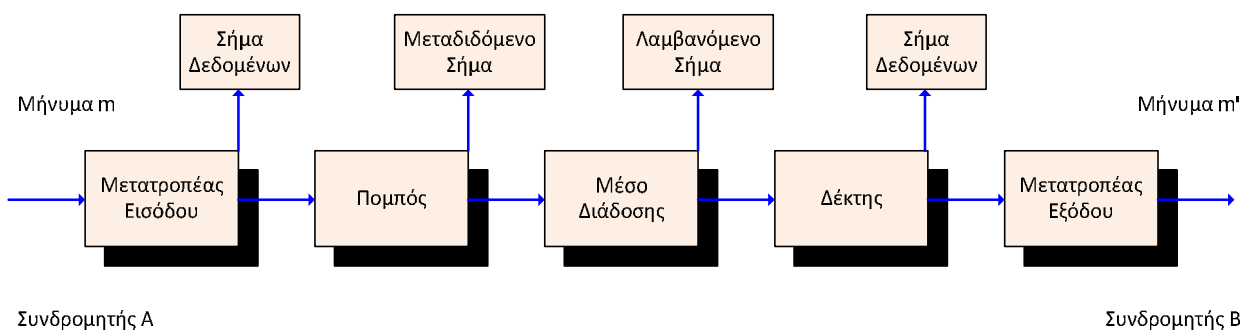
Τέλος, στο κεφάλαιο *σχολιασμός - προτάσεις* αναφέρονται κάποια σχόλια και προτάσεις σχετικά με το υλικό που αναπτύχθηκε.

Το υλικό, όπως παρουσιάζεται παρακάτω, βρίσκεται αναρτημένο στον φάκελο *Έγγραφα* του αντίστοιχου μαθήματος στην πλατφόρμα του e-class. Κάθε κεφάλαιο συνοδεύεται από τις ασκήσεις που θα πρέπει να υλοποιήσουν οι φοιτητές όταν παρακολουθήσουν το μάθημα, οι οποίες βρίσκονται στο φάκελο *Ασκήσεις* του e-class.

## Κεφάλαιο 1. Γενικά για τα δίκτυα

Ένα **Δίκτυο υπολογιστών** αποτελείται από πολλούς υπολογιστές συνδεδεμένους μεταξύ τους, οι οποίοι είναι σε θέση να ανταλλάξουν πληροφορίες.

Σύμφωνα με τον Χ. Μπούρα (2008), «σκοπός ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος είναι η μεταβίβαση πληροφοριών από το σημείο του πομπού στο άλλο σημείο του δέκτη με τη βοήθεια της διάδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας ή του ηλεκτρικού ρεύματος». Η δομή ενός τυπικού τηλεπικοινωνιακού συστήματος παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Μπούρας, 2008):



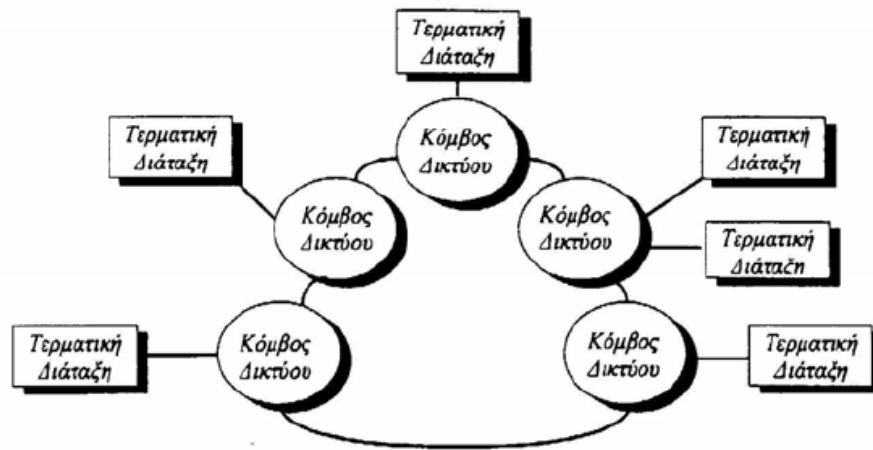
**Εικόνα 1.1: Δομή τηλεπικοινωνιακού συστήματος**

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, ο Συνδρομητής Α επιθυμεί να στείλει ένα μήνυμα  $m$  στον Συνδρομητή Β. Ο μετατροπέας εισόδου μεταφράζει το μήνυμα σε μορφή κατάλληλη (σήμα δεδομένων) ώστε να μπορεί αυτό να ταξιδέψει μέσα από το φυσικό μέσο (μέσο διάδοσης) που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο δίκτυο. Ο πομπός αναλαμβάνει να χωρίσει το σήμα δεδομένων σε μικρότερα κομμάτια (πακέτα), να προσθέσει σε αυτά κατάλληλες πληροφορίες και τελικά να μεταδώσει το μήνυμα (μεταδιδόμενο σήμα) μέσω της γραμμής επικοινωνίας των δύο υπολογιστών. Το μήνυμα φτάνει στο δέκτη, ο οποίος με τη σειρά του συνδέει τα πακέτα στο αρχικό μήνυμα και το παραδίδει στον μετατροπέα εξόδου, ο οποίος με τη σειρά του, μετατρέπει το μήνυμα σε μορφή κατάλληλη για τον υπολογιστή του Συνδρομητή Β.

Το παραπάνω μοντέλο, όμως, αναφέρεται στην επικοινωνία μεταξύ δύο μόνο υπολογιστών. Για να πραγματοποιηθεί η δυνατότητα επικοινωνίας περισσότερων



από δύο υπολογιστών είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός δικτύου, όπου δεν υπάρχουν άπειρες πολλαπλές συνδέσεις από σημείο σε σημείο αλλά γίνεται κοινή χρήση του εξοπλισμού και των επικοινωνιακών γραμμών, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Μπούρας, 2008):



Εικόνα 1.2: Γενική δομή δικτύου

Οι κόμβοι δικτύου είναι διασυνδεδεμένοι με γραμμές επικοινωνίας. Οι μεμονωμένοι υπολογιστές (τερματικές διατάξεις) παράγουν ή καταναλώνουν την πληροφορία που μεταφέρεται στο δίκτυο, ενώ οι κόμβοι απλώς μεταφέρουν την πληροφορία. Βασική ιδιότητα του κάθε δικτύου είναι η παροχή ικανοποιητικής επικοινωνίας με τον ελάχιστο δυνατό αριθμό συνδέσεων μεταξύ των κόμβων του.

Τα δίκτυα αρχικά δημιουργήθηκαν για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες εταιρειών αλλά σιγά σιγά άρχισαν να χρησιμοποιούνται και από μεμονωμένους χρήστες με αποτέλεσμα στις μέρες μας να έχουν αναπτυχθεί χιλιάδες εφαρμογές με χρήση δικτύων.

Μια από τις σημαντικότερες χρήσεις των δικτύων είναι ο **διαμοιρασμός πόρων**. Να μπορούν δηλαδή οι χρήστες του δικτύου να χρησιμοποιούν εξοπλισμό και λογισμικό αλλά και να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα ανεξάρτητα από τη φυσική θέση του πόρου και του χρήστη.

Η κυριότερη αιτία για τη διάδοση των δικτύων, από τις εταιρείες στους ιδιώτες, είναι η ιδιαίτερα χρήσιμη υπηρεσία που προσφέρουν, η **πρόσβαση σε απομακρυσμένες πληροφορίες**. Κάθε χρήστης μπορεί να βρει πληροφορίες σε

οτιδήποτε τον ενδιαφέρει: άρθρα σε ηλεκτρονικές εφημερίδες, περιοδικά, ηλεκτρονικά βιβλία, πληροφορίες σχετικά με τις τέχνες, τις επιχειρήσεις, την υγεία και πολλά άλλα.

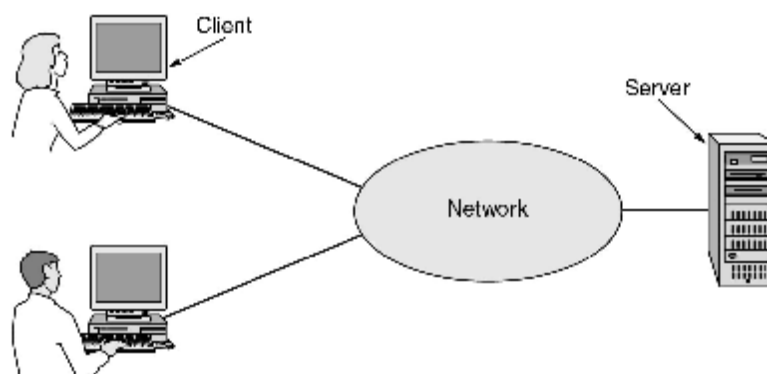
Η τρίτη ευρεία κατηγορία χρήσης των δικτύων είναι η **επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων**. Έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλές εφαρμογές με κυριότερη το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (email) αλλά και τη συνομιλία σε πραγματικό χρόνο (chat), τις τηλεδιασκέψεις (video-conferences), τα forum, τα blogs κ.α.

Τέλος, σημαντικές εφαρμογές των δικτύων είναι η **διαδραστική διασκέδαση**, π.χ. βίντεο-ζήτηση (video-on-demand), παιχνίδια και το **ηλεκτρονικό εμπόριο**, το οποίο έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

### 1.1 Υλικό δικτύων

Υπάρχουν δύο τύποι τεχνολογίας μετάδοσης:

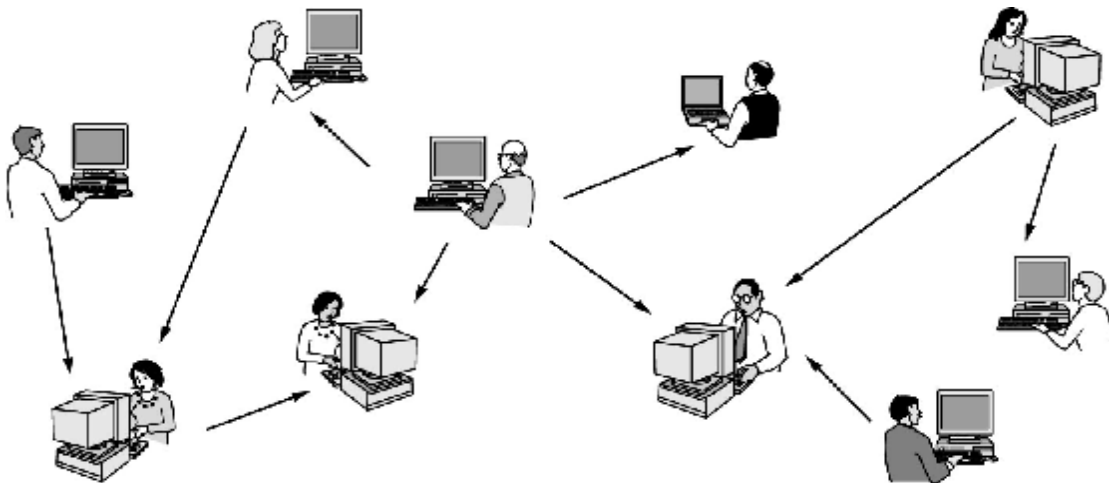
1. **δίκτυα εκπομπής** (broadcast): έχουν ένα μοναδικό δίαυλο με τον οποίο επικοινωνούν όλες οι μηχανές. Οι πληροφορίες διασπóνται από τη μία μηχανή, η οποία συνήθως ονομάζεται εξυπηρετητής (server), σε μικρά κομμάτια (πακέτα) και διαμέσου του διαύλου λαμβάνονται από τη μηχανή στην οποία προορίζονται, η οποία ονομάζεται πελάτης (client), όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3. Στα δίκτυα αυτά όλες οι μηχανές ελέγχουν αν τα πακέτα προορίζονται για αυτές. Αν ναι, τότε τα λαμβάνουν, αν όχι, τότε απλά τα αγνοούν.



Εικόνα 1.3: Ένα δίκτυο με έναν εξυπηρετητή (server) και δύο χρήστες (clients)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Πηγή: <http://www.gocomputertraining.com/network-fundamentals.html>

2. **δίκτυα σημείου προς σημείο** (point-to-point): αποτελούνται από πολλές συνδέσεις μεταξύ συγκεκριμένων ζευγών μηχανών. Εδώ τα πακέτα επισκέπτονται διάφορες ενδιάμεσες μηχανές μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους και συνήθως υπάρχουν πολλές διαφορετικές διαδρομές που μπορούν να ακολουθήσουν (εικόνα 1.4).



Εικόνα 1.4: Σε peer – to – peer συστήματα δεν υπάρχουν προκαθορισμένοι εξυπηρετητές και χρήστες<sup>2</sup>

## 1.2 Ταξινόμηση των Δικτύων

Τα δίκτυα υπολογιστών διαχωρίζονται σε πολλές κατηγορίες με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά τους. Γενικά, τα δίκτυα μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τα ακόλουθα κριτήρια :

### 1.2.1 Ως προς τη Γεωγραφική Κάλυψη

Με βάση την έκταση που καταλαμβάνουν τα δίκτυα υπολογιστών μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- **Τα τοπικά δίκτυα (Local Area Networks, LANs)**, τα οποία εκτείνονται συνήθως σε ένα κτίριο ή σε εγκαταστάσεις ακτίνας 0 – 100 Km και λειτουργούν σε ταχύτητες των 2Gbps – 12Gbps.

<sup>2</sup> Πηγή: <http://www.gocomputertraining.com/network-fundamentals.html>

- **Τα μητροπολιτικά δίκτυα (Metropolitan Area Networks, MANs)**, τα οποία εκτείνονται γεωγραφικά σε απόσταση λίγο μεγαλύτερη από αυτή των τοπικών δικτύων, περίπου 100 – 200 Km και λειτουργούν με ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 150 Mbps.
- **Τα δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks, WANs)**, με γεωγραφική κάλυψη μεγαλύτερη από 200 Km και ρυθμό μεταφοράς δεδομένων που σε ορισμένες περιπτώσεις φτάνει και το 20 Gbps. Τα δίκτυα αυτά καλύπτουν μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή, όπως μια χώρα ή μια ήπειρο. Στα δίκτυα αυτά περιλαμβάνονται μηχανές (host) που προορίζονται μόνο για να τρέχουν εφαρμογές χρηστών. Οι μηχανές αυτές συνδέονται μέσω του υποδικτύου (subnet), δηλαδή το σύνολο των τηλεφωνικών γραμμών και του εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση (Tanenbaum, 2000).

### 1.2.2 Ως προς το Μέσο Μετάδοσης

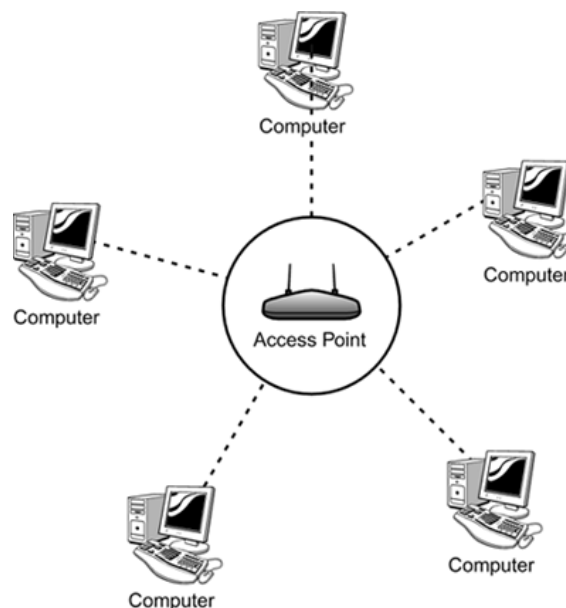
Η ταξινόμηση των δικτύων υπολογιστών με κριτήριο το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιούν περιλαμβάνει δύο κατηγορίες:

- **Τα ενσύρματα δίκτυα (wire networks)**, σε αυτά δηλαδή που χρησιμοποιούνται καλώδια για να συνδεθούν οι υπολογιστές μεταξύ τους, όπως είναι τα συνεστραμμένα καλώδια (twisted pairs), τα ομοαξονικά καλώδια (coaxial cables) και οι οπτικές ίνες (fiber optics). Οι ενσύρματες συνδέσεις έχουν υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης το οποίο αυξάνει ανάλογα με την απόσταση.
- **Τα ασύρματα δίκτυα (wireless networks)**, όπου οι πληροφορίες μεταδίδονται με τη χρήση κεραιών και δορυφόρων μέσω της ατμόσφαιρας της γης και του διαστήματος. Στις ασύρματες επικοινωνίες επιτυγχάνονται μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης από ότι στα ενσύρματα δίκτυα και επίσης το κόστος είναι χαμηλότερο. Αλλά το μειονέκτημα τους είναι η χαμηλή αξιοπιστία τους εφόσον το σήμα επηρεάζεται από τον αέρα και τις καιρικές συνθήκες καθώς και η δυσκολία υλοποίησης πρωτοκόλλων ασφαλούς μετάδοσης δεδομένων πάνω σε ένα μέσο μετάδοσης όπως είναι ο αέρας. Εντούτοις, τα ασύρματα δίκτυα είναι απαραίτητα σε περιπτώσεις όπως η ναυτιλία, η αεροπορία και οι διαστημικές επιχειρήσεις.

### 1.2.3 Ως προς το Είδος Τοπολογίας

Με τον όρο "τοπολογία" εννοούμε τον τρόπο με τον οποίο δύο ή περισσότεροι υπολογιστές συνδέονται μεταξύ τους σε ένα τοπικό δίκτυο. Τα κυριότερα είδη τοπολογίας είναι:

- **Η τοπολογία αστέρα (star):** στην τοπολογία αστέρα (star) ο κάθε υπολογιστής συνδέεται σε ένα κεντρικό κόμβο ή ομφαλό (hub), ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη διατήρηση και τον έλεγχο της επικοινωνίας μεταξύ των σταθμών. Σε ένα δίκτυο αστέρα οι μεταδόσεις ενός υπολογιστή μεταδίδονται μέσω του ομφαλού μόνο στον υπολογιστή - παραλήπτη και όχι σε κάθε υπολογιστή του δικτύου, όπως συμβαίνει στα δίκτυα διαύλου. Αν δημιουργηθεί πρόβλημα σ' ένα σταθμό εργασίας, το υπόλοιπο δίκτυο λειτουργεί κανονικά. Βλάβη όμως του κεντρικού κόμβου ή hub, προκαλεί διακοπή της λειτουργίας όλου του δικτύου. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα τοπικό δίκτυο τοπολογίας αστέρα:

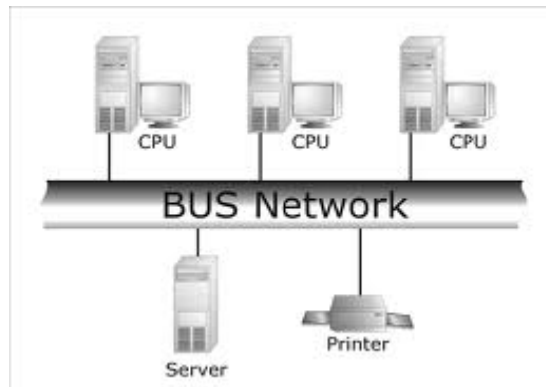


Εικόνα 1.5: Δίκτυο τοπολογίας αστέρα<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Πηγή: etutorials.org

- **Η τοπολογία αρτηρίας ή διαύλου (bus):** εδώ οι υπολογιστές ενώνονται μεταξύ τους σε σειρά, μέσω ενός και μόνο καλωδίου. Αν δημιουργηθεί πρόβλημα στο κεντρικό καλώδιο, τότε όλο το δίκτυο δεν μπορεί να λειτουργήσει. Το μικρό κόστος και η ευκολία εγκατάστασης καθιέρωσαν την τοπολογία αυτή στα μικρά δίκτυα. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα τοπικό δίκτυο τοπολογίας αρτηρίας:

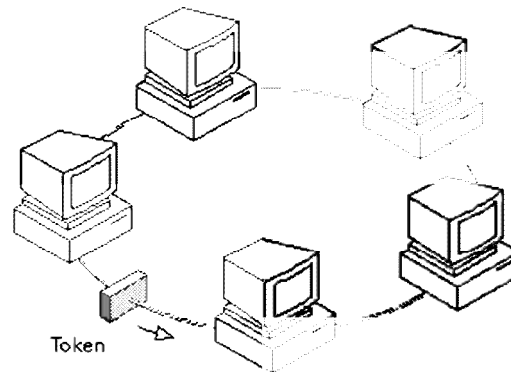


Εικόνα 1.6: Δίκτυο τοπολογίας αρτηρίας<sup>4</sup>

- **Η τοπολογία δακτυλίου (Ring):** Συνδέει όλους τους υπολογιστές σε ένα κλειστό κύκλο - δακτύλιο, με κάθε υπολογιστή να συνδέεται με τον επόμενο. Τα μηνύματα περνάνε από τον ένα υπολογιστή στον άλλο, προς τη μία μόνο κατεύθυνση. Κάθε υπολογιστής στο κύκλωμα έχει μια μοναδική διεύθυνση. Καθώς τα μηνύματα "ταξιδεύουν" μέσα στο κύκλωμα, οι υπολογιστές ελέγχουν την διεύθυνση του εισερχόμενου μηνύματος. Αν το μήνυμα δεν προορίζεται για αυτά τότε το αναμεταδίδουν στον επόμενο υπολογιστή. Όταν το μήνυμα φτάσει στον προορισμό του, ο υπολογιστής-παραλήπτης στέλνει στον αποστολέα επιβεβαίωση ότι έλαβε το μήνυμα και αναμεταδίδει το μήνυμα στον επόμενο υπολογιστή. Η απώλεια ενός υπολογιστή δεν παρεμποδίζει την λειτουργία του δικτύου, ενώ στην περίπτωση που κοπεί το καλώδιο "πέφτει" το δίκτυο. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα τοπικό δίκτυο τοπολογίας δακτυλίου:

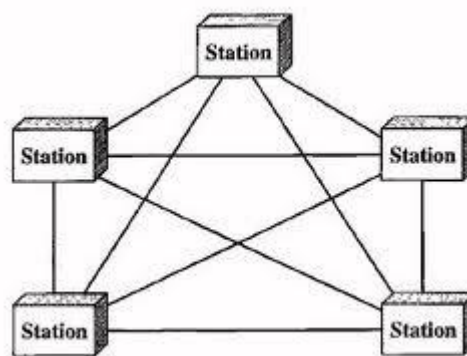
---

<sup>4</sup> Πηγή: [www.certiguide.com](http://www.certiguide.com)



Εικόνα 1.7: Δίκτυο τοπολογίας δακτυλίου<sup>5</sup>

- **Η τοπολογία βρόχου (mesh):** Κάθε υπολογιστής είναι συνδεδεμένος σε κάθε άλλο υπολογιστή με το δικό του κύκλωμα σημείου-σημείου, αλλά αυτό γίνεται σπάνια λόγω του υψηλού κόστους. Αντί αυτού ένας ή περισσότεροι υπολογιστές παίζουν τον ρόλο διακοπών, αλληλοσυνδέοντας τους υπολογιστές. Το κατά πόσο θα επηρεάσει η απώλεια ενός υπολογιστή ή το σπάσιμο του κυκλώματος εξαρτάται από τις απομείναντες διαδρομές που υπάρχουν στο δίκτυο. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται ένα τοπικό δίκτυο τοπολογίας βρόχου:



Εικόνα 1.8: Δίκτυο τοπολογίας βρόγχου<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Πηγή: [www.webopedia.com](http://www.webopedia.com)

<sup>6</sup> Πηγή: [www.engineersblogsite.com](http://www.engineersblogsite.com)

### 1.3 Διαδίκτυα

Η σύνδεση μεταξύ πολλών διαφορετικών δικτύων ονομάζεται **διαδίκτυο** (internet). Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας κάποιες μηχανές, οι οποίες ονομάζονται *πύλες* (gateways). Οι πύλες αναλαμβάνουν τη μετάφραση σε επίπεδο υλικού και λογισμικού ανάμεσα στα διαφορετικά δίκτυα.

Το πιο διαδεδομένο διαδίκτυο είναι ο **Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web)** στο οποίο είναι συνδεδεμένα χιλιάδες δίκτυα και μηχανήματα από όλο τον κόσμο. Στην αρχή, ο Παγκόσμιος Ιστός δημιουργήθηκε για να ικανοποιήσει τις ανάγκες ακαδημαϊκών, κυβερνητικών και βιομηχανικών ερευνητών αλλά σιγά σιγά διαδόθηκε και σε μη επιστημονικούς χρήστες με αποτέλεσμα να μπορεί σήμερα να συνδεθεί σε αυτόν οποιοσδήποτε διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό.

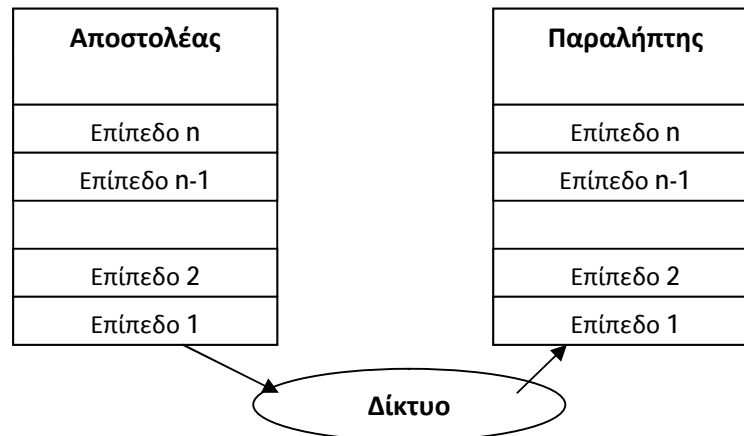
### 1.4 Λογισμικό δικτύων

Φυσικά, για να μπορέσουν να μεταδοθούν πληροφορίες μέσα από τα δίκτυα χρησιμοποιείται και το κατάλληλο λογισμικό. Τα δίκτυα οργανώνονται σε **επίπεδα** (levels) προκειμένου να μειωθεί η πολυπλοκότητά τους. Το κάθε επίπεδο χτίζεται πάνω στο κατώτερό του και σκοπός του ανώτερου επιπέδου είναι να προσφέρει πληροφορίες στο αμέσως κατώτερο. Η επικοινωνία μεταξύ των επιπέδων πραγματοποιείται με συγκεκριμένους κανόνες οι οποίοι ονομάζονται **πρωτόκολλα** (protocols). Πρωτόκολλο, δηλαδή, είναι μία συμφωνία μεταξύ δύο μερών που επικοινωνούν, ως προς τον τρόπο με τον οποίο θα προχωρήσει η επικοινωνία (Tanenbaum, 2000).

Στην εικόνα 1.9 παρουσιάζονται τα επίπεδα ενός δικτύου. Στην πραγματικότητα, η αποστολή ενός μηνύματος από ένα πρόγραμμα εφαρμογής της μιας μηχανής στο πρόγραμμα εφαρμογής μίας άλλης συνεπάγεται:

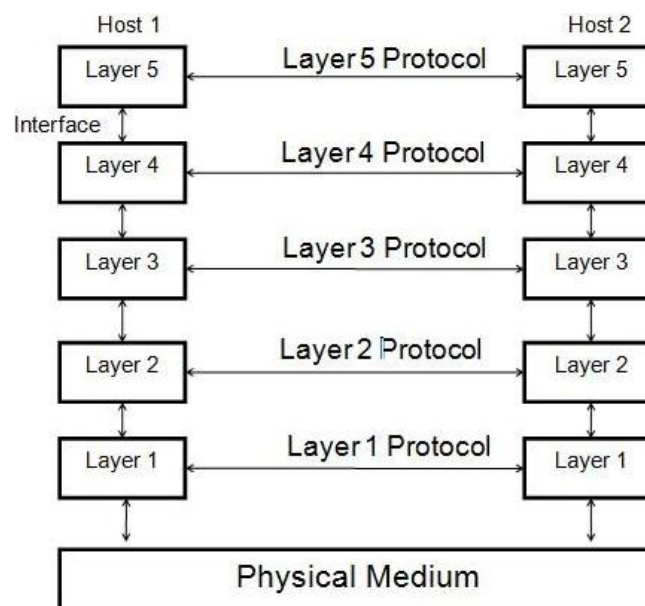
1. τη μεταφορά του μηνύματος μέσα από τα διαδοχικά επίπεδα στη μηχανή του αποστολέα,
2. την προώθηση του μηνύματος στο δίκτυο (φυσικό μέσο)
3. και τη μεταφορά του μέσα από τα διαδοχικά επίπεδα στη μηχανή του παραλήπτη.





**Εικόνα 1.9:** Η αρχή της οργάνωσης του λογισμικού πρωτοκόλλων σε επίπεδα

Ένα παράδειγμα για το πώς πραγματοποιείται η επικοινωνία ανάμεσα στα επίπεδα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Tanenbaum, 2000).



**Εικόνα 1.10:** Παράδειγμα της ροής πληροφορίας σε ένα δίκτυο 5 επιπέδων

Μία εφαρμογή της μηχανής αφετηρίας (Host 1) θέλει να μεταδώσει ένα μήνυμα στη μηχανή προορισμού (Host 2). Η εφαρμογή τρέχει στο στρώμα 5 και έτσι το μήνυμα αρχικά δίνεται στο στρώμα 4 της μηχανής αφετηρίας. Το στρώμα 4 προσθέτει μια επικεφαλίδα στο μήνυμα για να το ονοματίσει και το περνά στο στρώμα 3. Οι πληροφορίες που περιέχονται στην επικεφαλίδα καθορίζονται από το πρωτόκολλο του στρώματος 4.

Το στρώμα 3 πρέπει να τεμαχίσει τις πληροφορίες σε πακέτα. Σε κάθε ένα τοποθετεί μια επικεφαλίδα χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Η επικεφαλίδα που προσθέτει το στρώμα 3 περιέχει κατάλληλες πληροφορίες, συνήθως για το ποια διαδρομή θα ακολουθήσουν τα πακέτα. Το στρώμα 3 περνά τα πακέτα στο στρώμα 2.

Το στρώμα 2 προσθέτει σε κάθε πακέτο μια επικεφαλίδα και μια ουρά και τα δίνει στο στρώμα 1, το οποίο αποτελεί το φυσικό μέσο (Physical Medium), για μετάδοση στη μηχανή προορισμού. Στη μηχανή προορισμού τα πακέτα ανέρχονται από στρώμα σε στρώμα αφαιρώντας κάθε φορά τις επικεφαλίδες και ενώνοντας τα στο τελικό μήνυμα.

Η μετάδοση πληροφοριών μέσω ενός δικτύου αποτελεί ένα περίπλοκο πρόβλημα. Η διαίρεση λοιπόν της μετάδοσης ενός μηνύματος σε πολλά επίπεδα, όπου το καθένα εκτελεί και μία λειτουργία, καθιστά εφικτή και πιο απλή τη μετάδοση μηνυμάτων μέσω δικτύων.

Τα επίπεδα των δικτύων μπορούν να προσφέρουν δύο τύπους υπηρεσιών προς τα υψηλότερά τους στρώματα: με σύνδεση και χωρίς σύνδεση.

Σε μια υπηρεσία **με σύνδεση**, ο χρήστης πρώτα εγκαθιστά μια σύνδεση, τη χρησιμοποιεί και μετά την τερματίζει. Η σύνδεση αυτή λειτουργεί σαν ένας σωλήνας μέσα από τον οποίο ο πομπός μεταδίδει δεδομένα από το ένα άκρο και ο δέκτης τα βγάζει από το σωλήνα, με την ίδια σειρά, στο άλλο άκρο (Tanenbaum, 2000).

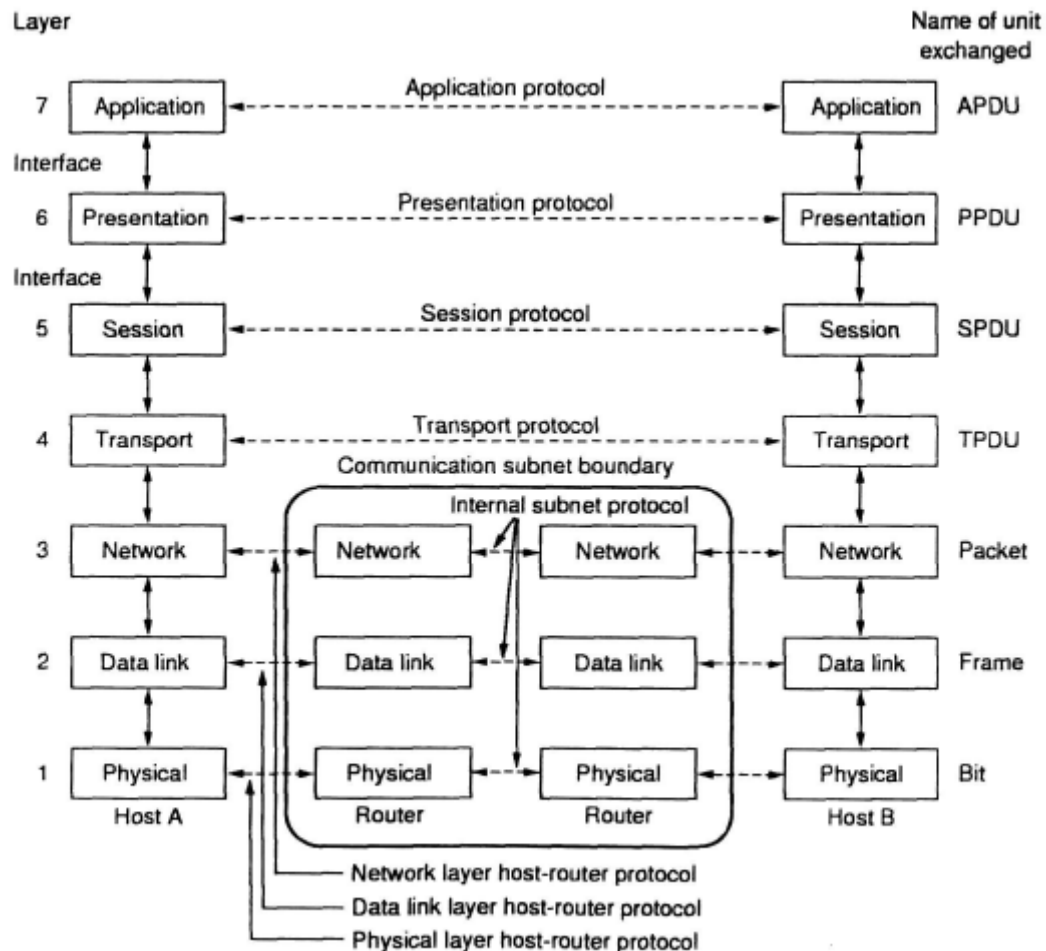
Στην υπηρεσία **χωρίς σύνδεση**, κάθε μήνυμα δρομολογείται μέσα στο δίκτυο ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα. Όταν στέλνονται δύο μηνύματα προς τον ίδιο προορισμό είναι πιθανό να καθυστερήσει το πρώτο και έτσι να φτάσει πρώτα το μήνυμα που στάλθηκε δεύτερο. Κάτι τέτοιο είναι αδύνατο να συμβεί στην υπηρεσία με σύνδεση (Tanenbaum, 2000).

Στις επόμενες δύο ενότητες, παρουσιάζονται δύο σημαντικές αρχιτεκτονικές δικτύων, η κατηγοριοποίηση κατά OSI και η κατηγοριοποίηση κατά TCP.

### **1.5 Η προτυποποίηση OSI**

Το πρώτο μοντέλο διαστρωματωμένου δικτύου αναπτύχθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Standards Organisation, ISO) και ονομάζεται

**μοντέλο αναφοράς OSI (Open System Interconnection)** επειδή αφορά συνδέσεις ανοιχτών (προς τις διάφορες εταιρείες) συστημάτων. Το μοντέλο χρησιμοποιεί επτά επίπεδα και είναι οργανωμένο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Tanenbaum, 2000):



Εικόνα 1.11: Το μοντέλο αναφοράς OSI

### Φυσικό επίπεδο (Physical)

Το φυσικό επίπεδο (physical layer) ασχολείται με τη μετάδοση ακατέργαστων bit σε ένα κανάλι επικοινωνίας. Φροντίζει, δηλαδή, τα μηχανικά και ηλεκτρικά θέματα, όπως με πόσα volt θα αναπαρασταθεί το κάθε bit, πόσες ακίδες θα έχει ο ακροδέκτης του δικτύου, το φυσικό μέσο που θα χρησιμοποιηθεί κ.α.

### **Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (Data link)**

Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (data link layer) αναλαμβάνει να μεταδώσει στο ανώτερό του επίπεδο ένα μήνυμα χωρίς σφάλματα, τα οποία μπορεί να προέκυψαν κατά τη μετάδοσή του από το φυσικό μέσο. Αυτό επιτυγχάνεται με την διάσπαση των πακέτων εισόδου του αποστολέα σε πλαίσια δεδομένων (data frames, με μέγεθος συνήθως μερικές εκατοντάδες ή χιλιάδες bit), τη μετάδοση τους με τη σειρά και την επεξεργασία των πλαισίων επαλήθευσης (acknowledgement frames), που επιστρέφονται από τον δέκτη.

Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων καλείται να επιλύσει διάφορα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν στη μετάδοση των πλαισίων όπως:

- η καταστροφή πλαισίων από θόρυβο στη γραμμή. Στην περίπτωση αυτή το λογισμικό του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων του πομπού πρέπει να επαναμεταδώσει το πλαίσιο. Ωστόσο οι πολλαπλές μεταδόσεις του ίδιου πλαισίου δημιουργούν τη δυνατότητα να ληφθεί δύο φορές. Ένα αντίγραφο πλαισίου, θα μπορούσε για παράδειγμα, να σταλεί, εάν καταστραφεί ένα πλαίσιο επιβεβαίωσης λήψης που επιστρέφει ο δέκτης στον πομπό.
- να συγκρατήσει την μετάδοση πλαισίων από έναν γρήγορο πομπό, ώστε ένας αργός δέκτης να μην πλημμυρίζει από δεδομένα. Αυτή η διαδικασία καλείται *έλεγχος ροής* και αυτό που εφαρμόζεται είναι ένας μηχανισμός ρύθμισης της κίνησης ώστε να μπορεί ο πομπός να γνωρίζει αν ο δέκτης έχει χώρο στην προσωρινή μνήμη (buffer) του.
- επειδή η γραμμή χρησιμοποιείται για αμφίδρομη μετάδοση δεδομένων, δημιουργείται το πρόβλημα ότι τα πλαίσια επιβεβαίωσης λήψης από τη μηχανή A στη μηχανή B ανταγωνίζονται με τα πλαίσια δεδομένων από τη μηχανή B στη μηχανή A. Λύση σε αυτό το πρόβλημα αποτελεί η εμβόλιμη επαλήθευση (piggyback acknowledgement) κατά την οποία η επιβεβαίωση λήψης έχει ενσωματωθεί σε ένα πλαίσιο μετάδοσης δεδομένων που μεταδίδεται με τη φορά μετάδοσης της επιβεβαίωσης (B-A).

### **Επίπεδο δικτύου (Network)**

Το επίπεδο δικτύου (network layer) ασχολείται με τον έλεγχο της λειτουργίας του υποδικτύου. Κύριο μέλημα των πρωτοκόλλων που ανήκουν σε αυτό το επίπεδο

είναι ο καθορισμός του τρόπου δρομολόγησης των πακέτων από την αφετηρία στον προορισμό τους.

Η διαδρομή που θα επιλεγεί κάθε φορά για να ταξιδέψει ένα πακέτο μπορεί να αποφασιστεί:

- από στατικούς πίνακες, οι οποίοι ενσωματώνονται στο δίκτυο και σπάνια θα τροποποιούνται,
- ή θα ορίζεται στην αρχή κάθε συνομιλίας,
- ή θα παράγεται δυναμικά για κάθε πακέτο.

Επίσης, το επίπεδο δικτύου ελέγχει τον αριθμό των πακέτων που κυκλοφορούν στο υποδίκτυο έτσι ώστε να μην δημιουργηθούν σημεία συνωστισμού. Όταν μεταδίδονται πολλά πακέτα την ίδια χρονική στιγμή, θα εμπλακεί το ένα στη διαδρομή του άλλου δημιουργώντας *συμφόρηση* (congestion).

Πολλοί πάροχοι του δικτύου χρεώνουν τους πελάτες τους ανάλογα με τα bits των δεδομένων που κατεβάζουν στους υπολογιστές τους. Το στρώμα δικτύου αναλαμβάνει να μετρά τα bits για κάθε πελάτη και να παράγει πληροφορίες για την αντίστοιχη χρέωση.

Τέλος, αναλαμβάνει να επιλύσει προβλήματα που προκύπτουν από τους διαφορετικούς τρόπους διευθυνσιοδότησης που υπάρχουν μεταξύ των διαφορετικών δικτύων.

### **Επίπεδο μεταφοράς (Transport)**

Το επίπεδο μεταφοράς (transport layer) λαμβάνει τα δεδομένα από το επίπεδο συνόδου και τα διασπά σε μικρότερες μονάδες. Επίσης, πρέπει να διασφαλίσει ότι όλα τα τμήματα θα φτάσουν σωστά στην άλλη πλευρά. Για κάθε μήνυμα που λαμβάνει από το επίπεδο συνόδου, το επίπεδο μεταφοράς δημιουργεί μία σύνδεση δικτύου. Δηλαδή μια συγκεκριμένη διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα πακέτα για να φτάσουν στον προορισμό τους.

Πολλές φορές, το επίπεδο μεταφοράς μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλές συνδέσεις δικτύου και να μοιράσει τα δεδομένα ανάμεσα σε αυτές για να μεγαλώσει τον βαθμό εξυπηρέτησης. Άλλες φορές μπορεί να πολυπλέκει πολλές συνδέσεις μεταφοράς (πολλά μηνύματα) στην ίδια σύνδεση δικτύου για να ελαττώσει το κόστος.

Το επίπεδο μεταφοράς διαθέτει ένα χαρακτηριστικό που το ξεχωρίζει από τα κατώτερα επίπεδα. Επικοινωνεί «κατευθείαν» με το αντίστοιχο επίπεδο του προορισμού μέσω των επικεφαλίδων του μηνύματος και των μηνυμάτων ελέγχου ενώ τα κατώτερα στρώματα επικοινωνούν μόνο με τις γειτονικές τους μηχανές.

Η ύπαρξη του στρώματος μεταφοράς καθιστά την υπηρεσία μεταφοράς των πακέτων περισσότερο αξιόπιστη, καθώς αν το επίπεδο αυτό πληροφορηθεί ότι η σύνδεση δικτύου διακόπηκε, μπορεί να εγκαταστήσει μια νέα σύνδεση με το αντίστοιχο επίπεδο του προορισμού, να ρωτήσει ποια δεδομένα έφτασαν και ποια όχι και να συνεχίσει από εκεί που σταμάτησε.

Μία ακόμη υπηρεσία που αναλαμβάνει το επίπεδο αυτό είναι να καθορίσει τα μηνύματα σε ποια σύνδεση ανήκουν, στην περίπτωση που κάποιος host είναι πολυπρογραμματιζόμενος, πράγμα που σημαίνει ότι καθένας θα έχει πολλαπλές εισερχόμενες και εξερχόμενες συνδέσεις. Η πληροφορία αυτή τοποθετείται στην επικεφαλίδα μεταφοράς.

Τέλος, καλείται να ελέγχει τη ροή των πληροφοριών, έτσι ώστε ένας γρήγορος κόμβος να μην υπερφορτώνει έναν αργό.

### **Επίπεδο συνόδου (Session)**

Το επίπεδο συνόδου (session layer) προσθέτει στα μηνύματα πληροφορίες που είναι απαραίτητες για να μπορέσουν χρήστες διαφορετικών μηχανημάτων να χρησιμοποιήσουν συγκεκριμένες εφαρμογές.

Μία ακόμη υπηρεσία του στρώματος συνόδου είναι η διαχείριση του ελέγχου διαλόγου. Ανάλογα με το πώς διεξάγεται η μεταφορά των πακέτων, δηλαδή αν η κίνηση κατευθύνεται μόνο προς τη μία πλευρά, το στρώμα συνόδου φροντίζει για την τήρηση της σωστής σειράς. Αν η κίνηση πραγματοποιείται και προς τις δύο πλευρές τότε το στρώμα συνόδου εφαρμόζει μία υπηρεσία διαχείρισης της κίνησης. Για παράδειγμα μια υπηρεσία είναι η διαχείριση σκυτάλης, όπου μόνο η πλευρά που έχει τη σκυτάλη μπορεί να εκτελέσει τη λειτουργία που επιθυμεί.

Τέλος, μια ακόμη υπηρεσία συνόδου είναι ο *συγχρονισμός* (synchronization). Λόγω προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν στο δίκτυο, μια μεταφορά μπορεί να διακοπεί και έτσι θα πρέπει αυτή να ξαναρχίσει ολόκληρη από την αρχή. Το επίπεδο συνόδου προσθέτει στα δεδομένα κάποια σημεία ελέγχου έτσι ώστε μετά την

κατάρρευση μόνο τα δεδομένα που ακολουθούν το τελευταίο σημείο ελέγχου να μεταδοθούν.

### **Επίπεδο παρουσίασης (Presentation)**

Το επίπεδο παρουσίασης (presentation layer) ενδιαφέρεται για τη σύνταξη και τη σημασιολογία των πληροφοριών που μεταδίδονται. Η κωδικοποίηση χαρακτήρων, αριθμών και συμβόλων γίνεται με διαφορετικό τρόπο σε κάθε υπολογιστή, έτσι το επίπεδο παρουσίασης αναλαμβάνει να μετατρέψει αυτές τις πληροφορίες σε μια τυποποιημένη κωδικοποίηση που θα χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση των δεδομένων μέσα από τη γραμμή του δικτύου.

Το επίπεδο παρουσίασης προσφέρει και άλλες υπηρεσίες, για παράδειγμα συμπίεση δεδομένων και κρυπτογράφηση για ασφαλή μεταφορά της πληροφορίας.

### **Επίπεδο εφαρμογής (Application)**

Το επίπεδο εφαρμογής (application layer) περιέχει μια ποικιλία πρωτοκόλλων που επιτρέπει τη μία εφαρμογή να επικοινωνεί με την άλλη. Για παράδειγμα, όταν μια εφαρμογή πλήρους οθόνης εργάζεται σε ένα δίκτυο με πολλούς διαφορετικούς τύπους τερματικών, το καθένα με διαφορετική παρουσίαση οθόνης και άλλων χαρακτηριστικών. Τότε το επίπεδο εφαρμογής καθορίζει ένα αφηρημένο νοητό τερματικό δίκτυο (network virtual terminal) με το οποίο μπορεί να τρέχει η συγκεκριμένη εφαρμογή και άλλα προγράμματα που να συνεργάζονται μεταξύ τους. Για το χειρισμό κάθε τύπου τερματικού, πρέπει να γραφεί ένα πρόγραμμα αντιστοίχισης των λειτουργιών του νοητού τερματικού του δικτύου επάνω στο πραγματικό τερματικό.

Επιπρόσθετες λειτουργίες του επιπέδου εφαρμογής είναι:

- η μεταφορά αρχείων με διαφορετικά χαρακτηριστικά,
- το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο,
- η εισαγωγή εργασιών από απόσταση,
- η εμφάνιση καταλόγων (directory) αρχείων και
- διάφορες άλλες ειδικού και γενικού σκοπού εφαρμογές.

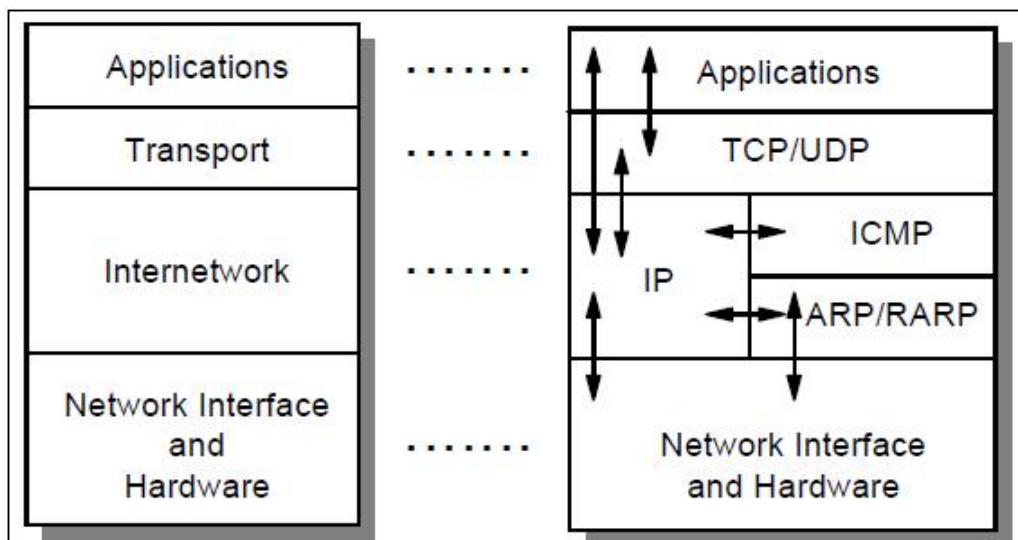
Οι λειτουργίες του επιπέδου αυτού καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το χρήστη γι' αυτό και είναι λιγότερο τυποποιημένες από αυτές των χαμηλότερων

επιπέδων. Γενικά τα τρία χαμηλότερα επίπεδα αναφέρονται καθαρά στην επικοινωνία μεταξύ των μηχανών γι' αυτό και υλοποιούνται στις μηχανές του δικτύου, όπως host, modem κ.α. Τα ανώτερα επίπεδα σχετίζονται με λειτουργίες που αφορούν τις εφαρμογές και υλοποιούνται κυρίως στους μεμονωμένους υπολογιστές (Μπούρας, 2008).

### 1.6 Το Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP

Το δεύτερο βασικό μοντέλο διαστρωμάτωσης χρησιμοποιείται από το Παγκόσμιο Διαδίκτυο (Internet) και δημιουργήθηκε αρχικά με σκοπό να συνδέσει πανεπιστήμια και κυβερνητικές εγκαταστάσεις των ΗΠΑ. Η ανάγκη για τη δημιουργία του μοντέλου αναφοράς TCP/IP ξεκίνησε όταν το γνωστό δίκτυο *ARPANET* (ερευνητικό δίκτυο που χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ) χρειάστηκε μια καινούρια αρχιτεκτονική αναφοράς προκειμένου να ενσωματώσει στα ήδη υπάρχοντα ενσύρματα δίκτυα, ασύρματες και δορυφορικές επικοινωνίες.

Το **μοντέλο αναφοράς TCP/IP**, το οποίο πήρε το όνομά του από τα δύο πρωτόκολλα που χρησιμοποιεί, το TCP και το IP, αποτελείται από τέσσερα επίπεδα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Parziale et al, 2006):



Εικόνα 1.12: Τα 4 επίπεδα του λογισμικού TCP/IP και πως αντιστοιχίζονται σε αυτά τα κυριότερα πρωτόκολλα που το απαρτίζουν



### **Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer)**

Το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει πρωτόκολλα που είναι απαραίτητα για την επικοινωνία των εφαρμογών οι οποίες είναι διαθέσιμες σε ένα διαδίκτυο TCP/IP. Παραδείγματα πρωτοκόλλων που ανήκουν σε αυτό το επίπεδο είναι το πρωτόκολλο TELNET, το FTP, το SMTP κ.α. Μια πιο αναλυτική παρουσίαση κάποιων από αυτών των πρωτοκόλλων πραγματοποιείται στο πέμπτο κεφάλαιο.

### **Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer)**

Το επίπεδο μεταφοράς έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει δυνατότητες επικοινωνίας μεταξύ εφαρμογών, που βρίσκονται στους host της πηγής και του προορισμού, όπως ακριβώς γίνεται και στο στρώμα μεταφοράς του μοντέλου OSI. Δύο πρωτόκολλα έχουν καθοριστεί εδώ:

- Το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης **TCP (Transmission Control Protocol)**, το οποίο τεμαχίζει το εισερχόμενο μήνυμα σε πακέτα και τα προωθεί στο στρώμα διαδικτύου. Φροντίζει ώστε τα πακέτα να παραδίδονται χωρίς λάθη στον προορισμό τους και ελέγχει, επίσης, τη ροή των δεδομένων έτσι ώστε να αποτρέψει κάποια συμφόρηση στο δίκτυο.
- Το πρωτόκολλο δεδομηχανογραφημάτων χρήστη **UDP (User Datagram Protocol)**, το οποίο είναι ένα μη αξιόπιστο, χωρίς σύνδεση πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές όπου η άμεση παράδοση είναι σπουδαιότερη από τη σωστή παράδοση, όπως η μετάδοση φωνής και βίντεο (Tanenbaum, 2000).

### **Επίπεδο Διαδικτύου (Internetwork Layer)**

Το επίπεδο διαδικτύου αναλαμβάνει τη δρομολόγηση των πακέτων. Το πρωτόκολλο διαδικτύου **IP (Internet Protocol)** αποτελεί το σημαντικότερο πρωτόκολλο σε αυτό το επίπεδο. Βασική του λειτουργία είναι να παραδώσει τα πακέτα στον προορισμό τους επιλέγοντας κάθε φορά την κατάλληλη διαδρομή, χωρίς όμως να φροντίζει να φτάσουν με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν. Τα ανώτερα στρώματα του αποδέκτη θα φροντίσουν ώστε να τα επαναδιατάξουν στη σωστή σειρά.

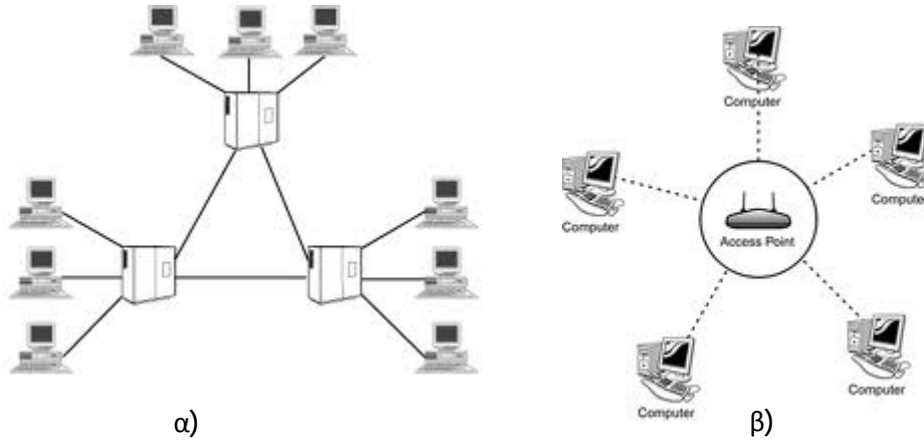
### **Επίπεδο Διασύνδεσης Δικτύου και Υλικού (Network Interface Layer and Hardware)**

Το επίπεδο διασύνδεσης δικτύου και υλικού, ή όπως ονομάζεται διαφορετικά επίπεδο διασύνδεσης (link layer) ή επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων (data-link layer), αποτελεί τη σύνδεση με το υλικό των δικτύων και αντιστοιχίζεται με το φυσικό επίπεδο του μοντέλου OSI. Στο επίπεδο αυτό δεν χρησιμοποιείται συγκεκριμένο πρωτόκολλο αποστολής των πακέτων αλλά αυτό που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το είδος του host ή του δικτύου. Παραδείγματα δικτύων αποτελούν: το IEEE 802.2, X.25, ATM, FDDI κ.ά (Parziale et al, 2006).

## 1.7 Ασκήσεις

### Άσκηση 1<sup>η</sup>

Ποιο από τα παρακάτω δίκτυα είναι σημείου προς σημείο και ποιο εκπομπής:

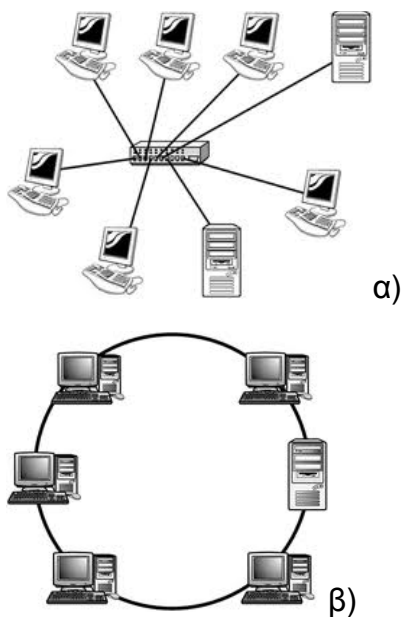


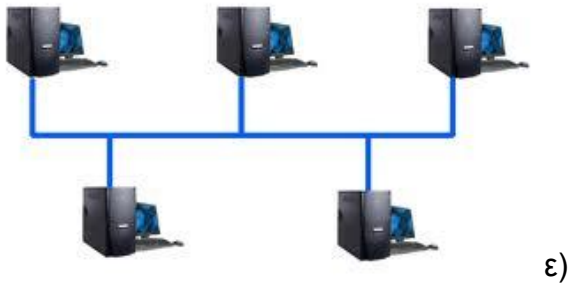
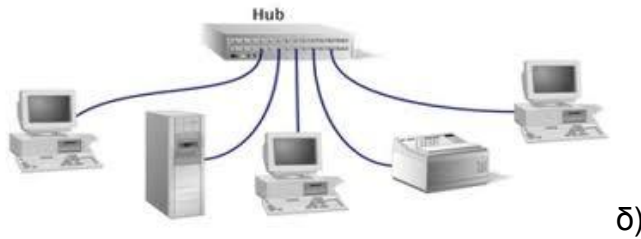
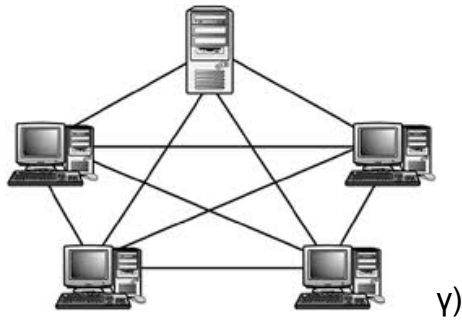
### Απάντηση

Το δίκτυο α είναι σημείου προς σημείο και το β είναι εκπομπής

### Άσκηση 2<sup>η</sup>

Να χαρακτηρίσετε τα παρακάτω δίκτυα ως προς το είδος της τοπολογίας.





### Απάντηση

Τα δίκτυα α και δ είναι τοπολογίας αστέρα, το β είναι τοπολογία δακτυλίου, το γ είναι τοπολογία βρόχου και το ε είναι τοπολογία αρτηρίας.

### Άσκηση 3<sup>η</sup>

Να συμπληρώσετε τα παρακάτω κενά:

Το ..... αναφέρεται στο σύνολο των δρομολογητών και των γραμμών επικοινωνίας, ενώ το ..... αποτελεί το συνδυασμό ενός υποδικτύου μαζί με τους υπολογιστές που ανήκουν σε αυτό. Το ..... σχηματίζεται όταν διασυνδέονται ξεχωριστά δίκτυα.

### Απάντηση

υποδίκτυο, δίκτυο, διαδίκτυο.

## Άσκηση 4<sup>η</sup>

Αντιστοιχίστε τα στοιχεία αριστερά με τα στοιχεία δεξιά:

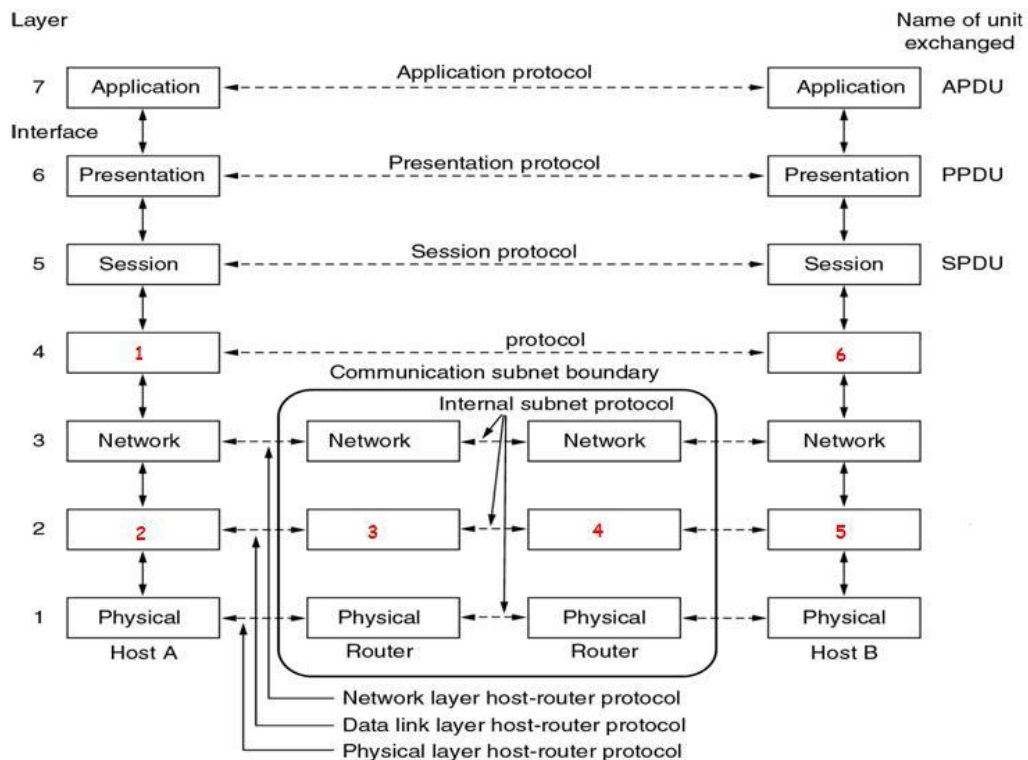
- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1. Επίπεδο μεταφοράς             | A. Φροντίζει για την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων, για τον έλεγχο λαθών και τον έλεγχο ροής   |
| 2. Επίπεδο συνόδου               | B. Φροντίζει για την κατάλληλη αναπαράσταση των δεδομένων   |
| 3. Επίπεδο παρουσίας             | Γ. Ελέγχει την επικοινωνία, εγκαθιστά, διαχειρίζεται και τερματίζει συνδέσεις   |
| 4. Επίπεδο εφαρμογής             | Δ. Ασχολείται με θέματα καλωδίωσης και μετάδοσης των bits   |
| 5. Φυσικό επίπεδο                | E. Απομονώνει τα υψηλότερα επίπεδα από τις τεχνολογίες μετάδοσης και μεταγωγής. Φροντίζει για τη μεταφορά των δεδομένων μέσω της κατάλληλης διαδρομής |
| 6. Επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων | ΣΤ. Εξασφαλίζει την αξιόπιστη μεταφορά πληροφορίας και μεταδίδει πλαίσια με τον κατάλληλο συγχρονισμό, έλεγχο λαθών και έλεγχο ροής                   |
| 7. Επίπεδο δικτύου               | Z. Παρέχει πρόσβαση στις υπηρεσίες δικτύων  |

## Απάντηση

1 -> A, 2-> Γ, 3->B, 4->Z, 5->Δ, 6->ΣΤ, 7->E

## Άσκηση 5<sup>η</sup>

Συμπληρώστε τα κενά στις θέσεις 1 ÷ 6, στο παρακάτω σχήμα:



**Απάντηση**

1. Transport
2. Data link
3. Data link
4. Data link
5. Data link
6. Transport

**Άσκηση 6<sup>η</sup>**

Ποιο από τα στρώματα OSI χειρίζεται το καθένα από τα ακόλουθα:

- α) τον τεμαχισμό του μεταδιδόμενου συρμού bit σε πλαίσια,
- β) τον καθορισμό της διαδρομής που θα χρησιμοποιηθεί μέσω του υποδικτύου.

**Απάντηση**

- α) Το στρώμα ζεύξης δεδομένων (Data link)
- β) Το στρώμα δικτύου (Network layer)

**Άσκηση 7<sup>η</sup>**

Ποια από τα παρακάτω αποτελούν χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου TCP και ποια του UDP:

1. Έλεγχος σφαλμάτων μετάδοσης
2. Πρωτόκολλο χωρίς σύνδεση
3. Μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης
4. Μεγαλύτερη αξιοπιστία

**Απάντηση**

Τα 1 και 4 αποτελούν χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου TCP και τα 2 και 3 χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου UDP.

## Κεφάλαιο 2: Τρόπος διευθυνσιοδότησης στο διαδίκτυο

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο η επικοινωνία στο διαδίκτυο πραγματοποιείται ως εξής: το στρώμα μεταφοράς λαμβάνει τα μηνύματα και τα τεμαχίζει σε πακέτα. Τα πακέτα μεταδίδονται μέσω του φυσικού στρώματος ακολουθώντας διάφορες διαδρομές. Όταν φτάσουν στον προορισμό τους, συναρμολογούνται από το στρώμα δικτύου και παραδίδονται στο στρώμα μεταφοράς, το οποίο με τη σειρά του, παραδίδει το τελικό μήνυμα στην αντίστοιχη διαδικασία.

Κάθε υπολογιστής που συνδέεται στο διαδίκτυο αποκτά μια μοναδική διεύθυνση. Η διεύθυνση αυτή χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μέσα στο δίκτυο. Στο Internet, κάθε δίκτυο που βασίζεται στο μοντέλο αναφοράς TCP/IP, έχει μια διεύθυνση IP και τη δυνατότητα να στέλνει πακέτα σε όλες τις υπόλοιπες μηχανές του δικτύου.

Το πρωτόκολλο IP του επιπέδου δικτύου ορίζει τη βασική μονάδα μεταφοράς των δεδομένων και την ακριβή μορφή (format) των δεδομένων αυτών καθώς μεταδίδονται μέσα στο Internet. Επιπλέον, το IP περιλαμβάνει και ένα σύνολο κανόνων που ορίζουν τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να επεξεργάζονται τα πακέτα και τον τρόπο διαχείρισης λαθών (Μπούρας, 2008).

### 2.1 Δρομολόγηση IP

Το πρωτόκολλο IP σχεδιάστηκε με σκοπό να προσδιορίζει τα μονοπάτια για τη μεταφορά των δεδομένων από την πηγή στον προορισμό σε ένα δίκτυο TCP/IP, μαζί με το ποια δεδομένα θα αποσταλούν. Η δρομολόγηση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ένα σύνολο *πινάκων δρομολόγησης* ο οποίος περιέχει διαφορετικές διαδρομές προώθησης των πακέτων από την πηγή στον προορισμό. Υπάρχουν δύο κύριες μορφές δρομολόγησης IP: η *Στατική Δρομολόγηση* και η *Δυναμική Δρομολόγηση*.

Η **Στατική Δρομολόγηση** περιλαμβάνει έναν σταθερό πίνακα δρομολόγησης και η πρόσθεση νέων διαδρομών γίνεται χειροκίνητα με κατάλληλες εντολές.

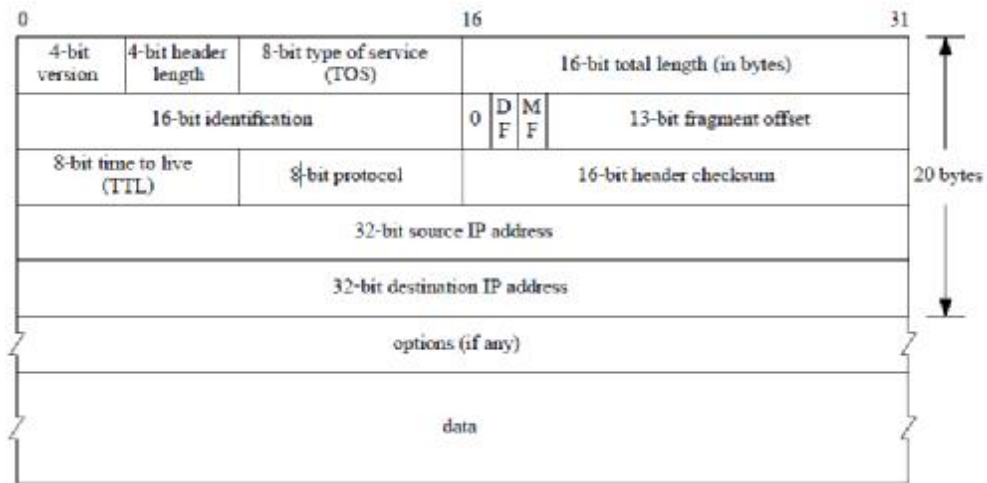
Πλεονεκτήματα της στατικής δρομολόγησης είναι η εύκολη υλοποίησή της για μικρά δίκτυα, η προβλεψιμότητα (ο πίνακας δρομολόγησης υπολογίζεται εκ των προτέρων και έτσι η διαδρομή είναι ακριβώς η ίδια κάθε φορά που χρησιμοποιείται) και η χαμηλή επιβάρυνση στον εξοπλισμό του δικτύου λόγω της έλλειψης μιας δυναμικής δρομολόγησης του πρωτοκόλλου. Ωστόσο, τα μειονεκτήματα της στατικής δρομολόγησης είναι ότι περιορίζεται σε μικρά δίκτυα και αποτυγχάνει να προσαρμοστεί στις διακοπές του δικτύου και τις αποτυχίες κατά μήκος της διαδρομής, εφόσον αυτή παραμένει σταθερή.

Η **Δυναμική Δρομολόγηση** εφαρμόζεται κυρίως σε μεγάλα δίκτυα με πολλές πιθανές διαδρομές IP από μια πηγή σε έναν προορισμό, χρησιμοποιώντας ειδικά πρωτοκόλλα, όπως το *Πρωτόκολλο Πληροφορίας Δρομολόγησης (RIP)*, το οποίο διαχειρίζεται αναπροσαρμογές στους πίνακες δρομολόγησης έτσι ώστε κάθε πακέτο να ακολουθεί διαφορετική διαδρομή. Πλεονεκτήματα της δυναμικής δρομολόγησης αποτελούν η επεκτασιμότητα και η ικανότητα προσαρμογής στις αποτυχίες και διακοπές κατά μήκος των διαδρομών του δικτύου, η λιγότερη χειρωνακτική διαμόρφωση των πινάκων δρομολόγησης και η αποφυγή λαθών στους πίνακες δρομολόγησης από ανθρώπινο λάθος. Η δυναμική δρομολόγηση παρουσιάζει και μειονεκτήματα, όπως η αυξημένη πολυπλοκότητα και η πρόσθετη επιβάρυνση του δικτύου από επικοινωνίες δρομολογητών που εξακολουθούν να καταναλώνουν εύρος ζώνης δικτύου, ενώ οι χρήστες δεν πραγματοποιούν κάποια διαδικτυακή συναλλαγή.

## **2.2 Το πρωτόκολλο IP**

Τα δεδομένα ενός πρωτοκόλλου IP χωρίζονται σε δύο τμήματα: την επικεφαλίδα και το κείμενο. Η δομή της επικεφαλίδας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Wright & Stevens, 1995):





**Εικόνα 2.1: Η επικεφαλίδα IP**

Το πεδίο **Έκδοση (version)** δείχνει την έκδοση του πρωτοκόλλου των δεδομένων. Κάθε μηχανή τρέχει και τη δική της έκδοση πρωτοκόλλου.

Το πεδίο **header length** δείχνει πόσο μεγάλη είναι η επικεφαλίδα. Η επικεφαλίδα δεν έχει σταθερό μήκος, μπορεί να είναι από 20 έως και 60 byte και αποτελείται από λέξεις των 32 bit. Η συνήθης τιμή αυτού του πεδίου είναι 5, όταν δεν υπάρχουν επιπλέον επιλογές (any options).

Το πεδίο **Τύπος υπηρεσίας (Type of service)** δηλώνει το είδος της υπηρεσίας που πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Π.χ. ελάχιστη καθυστέρηση, γρήγορη παράδοση, μέγιστη αξιοπιστία. Για παράδειγμα για τη μεταφορά αρχείου μέσω της υπηρεσίας FTP πρέπει να χρησιμοποιηθεί η γρήγορη παράδοση.

Το πεδίο **Συνολικό μήκος (Total length)** περιλαμβάνει ότι περιέχει η επικεφαλίδα και τα δεδομένα μαζί.

Το πεδίο **Ταυτότητα (Identification)** δείχνει στη μηχανή προορισμού σε ποιο μήνυμα ανήκει το τεμάχιο που φτάνει κάθε στιγμή.

Το πεδίο **DF (Don't Fragment)** σημαίνει μην τεμαχίζεις, δηλαδή δεν επιτρέπεται να τεμαχιστεί το μήνυμα κατά τη διάρκεια μετάδοσής του. Ενώ, το **MF (More Fragments)** επιτρέπει στο δίκτυο να τεμαχίσει επιπλέον το μήνυμα προκειμένου να φθάσει πιο γρήγορα στον προορισμό του.

Το πεδίο **Θέση τεμαχίου (Fragment offset)** πληροφορεί για το σε ποιο σημείο του τρέχοντος μηνύματος ανήκει το συγκεκριμένο τεμάχιο.

Το πεδίο **Χρόνος ζωής (Time to live)** διατηρεί κάποια δευτερόλεπτα ζωής για κάθε πακέτο. Ο χρόνος αυτός μειώνεται σιγά σιγά. Εάν μηδενιστεί και το πακέτο δεν έχει καταφέρει να φτάσει στον προορισμό του, τότε στέλνεται ένα προειδοποιητικό πακέτο πίσω στην πηγή.

Το πεδίο **Πρωτόκολλο (Protocol)** ενημερώνει το επίπεδο μεταφοράς σε ποια διαδικασία να δώσει το μήνυμα που μόλις συναρμολογήθηκε από το επίπεδο δικτύου.

Το πεδίο **Άθροισμα ελέγχου επικεφαλίδας (Header checksum)** ελέγχει το μήκος της επικεφαλίδας προκειμένου να ανιχνεύσει λάθη που δημιουργούνται κατά τη μετάδοση.

Το πεδίο **Διεύθυνση πηγής (Source address)** περιέχει τη διεύθυνση IP του αποστολέα και το πεδίο **Διεύθυνση προορισμού (Destination address)** την διεύθυνση IP του δέκτη.

Το πεδίο **Προαιρετικές επιλογές (Options)** σχεδιάστηκαν με σκοπό να συμπεριληφθούν πληροφορίες οι οποίες δεν είχαν συμπεριληφθεί στην αρχική έκδοση του πρωτοκόλλου.

### 2.3 Διευθύνσεις IP

Μία IP διεύθυνση αποτελείται από έναν δυαδικό αριθμό των 32-bit. Για να γίνει περισσότερο κατανοητός στους ανθρώπους, χωρίζεται σε 4 ομάδες των 8 bit (1 byte) και κατόπιν κάθε ομάδα μεταφράζεται στον αντίστοιχο δεκαδικό αριθμό.

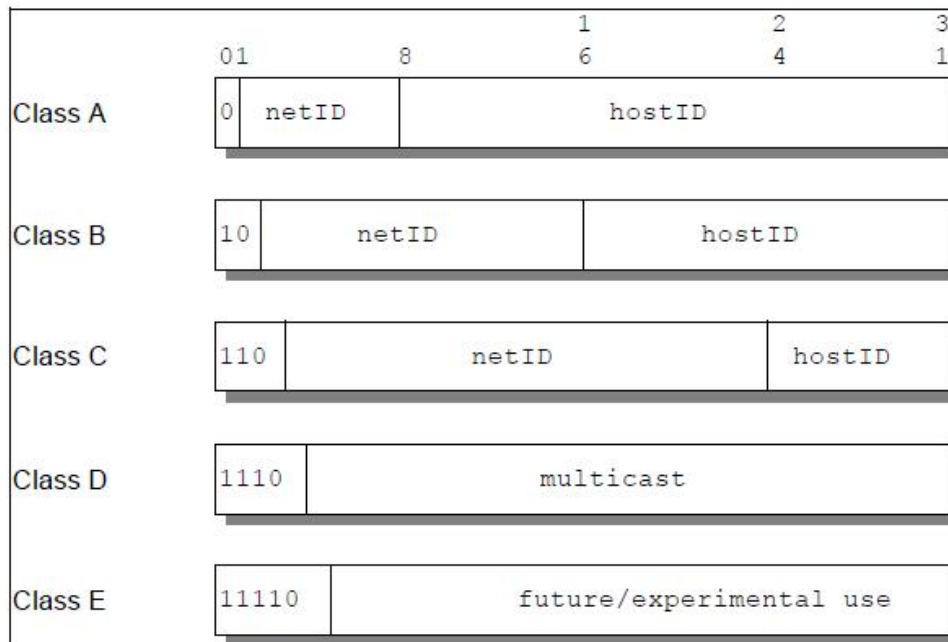
Με άλλα λόγια, μια IP διεύθυνση έχει τη γενική μορφή X.Y.Z.W όπου τα X, Y, Z, W είναι αριθμοί που παίρνουν τιμές από 0 έως 255. Για παράδειγμα, μια διεύθυνση θα μπορούσε να είναι η εξής: 150.23.9.36, όπου οι δεκαδικοί αυτοί αριθμοί, στην πραγματικότητα είναι μια σειρά από 1 και 0.

Οι IP διευθύνσεις αποτελούνται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος προσδιορίζεται η διεύθυνση του δικτύου (**Network ID**), ενώ στο δεύτερο η διεύθυνση του Η/Υ μέσα στο δίκτυο (**Host ID**).

Αυτός ο διαχωρισμός γίνεται για να διευκολυνθεί η λειτουργία των routers (δρομολογητές) που δρομολογούν τα πακέτα IP βάσει της διεύθυνσης του δικτύου και μόνο, αγνοώντας την διεύθυνση του συγκεκριμένου υπολογιστή. Με τον τρόπο

αυτό απλοποιούνται εξαιρετικά οι πίνακες δρομολόγησης καθώς ένα ολόκληρο LAN με πολλούς υπολογιστές φαίνεται στους router με μια μόνο διεύθυνση.

Από τα 32 bit της διεύθυνσης, δεν είναι σταθερού μήκους ούτε το τμήμα της διεύθυνσης δικτύου ούτε το τμήμα της διεύθυνσης υπολογιστή. Ανάλογα με το πόσο μεγάλο είναι το τμήμα της IP διεύθυνσης που αφιερώνεται ως διεύθυνση δικτύου οι διευθύνσεις διακρίνονται σε πέντε κλάσεις, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Parziale et al, 2006):



**Εικόνα 2.2: Οι κλάσεις των διευθύνσεων IP**

Οι διευθύνσεις της **κλάσης A** αφιερώνουν τα 8 πρώτα bit για την διεύθυνση του δικτύου και τα υπόλοιπα 24 για την διεύθυνση του υπολογιστή. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να δημιουργηθούν 128 το πολύ δίκτυα και καθένα από αυτά μπορεί να διαθέτει  $2^{24}-2$  (16.777.214) υπολογιστές. Δηλαδή, συνολικά, μπορούν να δημιουργηθούν περισσότερες από δύο εκατομμύρια διευθύνσεις.

Οι διευθύνσεις της **κλάσης B** αφιερώνουν τα 16 πρώτα bit για την διεύθυνση του δικτύου και τα υπόλοιπα 16 για την διεύθυνση του υπολογιστή. Έτσι, έχουμε  $2^{16}-2$  (16382) δίκτυα όπου το καθένα μπορεί να έχει  $2^{16}-2$  (65534) υπολογιστές, δηλαδή, συνολικά πάνω από ένα εκατομμύριο διευθύνσεις.

Οι διευθύνσεις της **κλάσης C** αφιερώνουν τα 21 πρώτα bit για την διεύθυνση του δικτύου και τα υπόλοιπα 8 για την διεύθυνση του υπολογιστή. Έτσι, έχουμε  $2^{21}-2$

(2097150) δίκτυα όπου το καθένα μπορεί να έχει  $2^8-2$  (254) υπολογιστές, δηλαδή, συνολικά 500.000 διευθύνσεις.

Οι διευθύνσεις **κλάσης D** έχουν δεσμευτεί για δίκτυα πολλαπλής διανομής (multicast). Στα δίκτυα αυτά μία διεύθυνση αναφέρεται σε μια ομάδα υπολογιστών. Δηλαδή, όταν ένα πακέτο στέλνεται σε αυτή τη διεύθυνση τη λαμβάνουν οι υπολογιστές όλης της ομάδας.

Οι διευθύνσεις **κλάσης E** έχουν δεσμευτεί για πειραματικούς και μελλοντικούς σκοπούς.

Συμπερασματικά, οι διευθύνσεις της πρώτης κλάσης είναι κατάλληλες για δίκτυα που αποτελούνται από πολλούς υπολογιστές, οι διευθύνσεις της τρίτης κλάσης για δίκτυα με μικρό αριθμό υπολογιστών και οι διευθύνσεις της δεύτερης για δίκτυα που διαθέτουν πάνω από 254 υπολογιστές.

Τέλος, οι διευθύνσεις 0.0.0.0 και 255.255.255.255 έχουν ειδική σημασία και δεν αποδίδονται σε υπολογιστές. Η διεύθυνση 0.0.0.0 δηλώνει το ίδιο το δίκτυο. Για παράδειγμα, όταν ένας υπολογιστής θέλει να επικοινωνήσει με ένα δίκτυο αλλά δεν γνωρίζει την ακριβή διεύθυνση του υπολογιστή στέλνει πακέτα με τη συγκεκριμένη διεύθυνση, οι υπολογιστές του δικτύου ανταποκρίνονται στέλνοντας πακέτα με τις ακριβείς διευθύνσεις τους και ο αποστολέας τις αποθηκεύει για μελλοντική χρήση. Η διεύθυνση 255.255.255.255 χρησιμοποιείται όταν ένα μήνυμα πρέπει να σταλεί σε όλους τους υπολογιστές του δικτύου. Για παράδειγμα, η διεύθυνση 128.2.255.255, στέλνει το μήνυμα σε όλους τους υπολογιστές του δικτύου 128.2 (δίκτυο κλάσης B). Η διεύθυνση αυτή ονομάζεται **διεύθυνση εκπομπής** (broadcast address).

#### **2.4 Μάσκες δικτύου και υποδικτύωση**

Λόγω της μεγάλης αύξησης των χρηστών του Internet, που σημαίνει και αύξηση της ζήτησης διευθύνσεων IP, έχει επινοηθεί η τεχνική της **υποδικτύωσης (subnetting)**. Η εκχώρηση υποδικτύων γίνεται τοπικά, δηλαδή το αντίστοιχο τοπικό δίκτυο φαίνεται σαν να έχει τη δική του μοναδική διεύθυνση IP.

Η τεχνική της υποδικτύωσης υλοποιείται ως εξής:

Η διεύθυνση του Η/Υ (host id) υποδιαιρείται σε έναν δεύτερο αριθμό δικτύου (network number) και έναν αριθμό Η/Υ. Ο δεύτερος αυτός αριθμός δικτύου

ονομάζεται **μάσκα υποδικτύου (subnetwork)**. Επομένως η διεύθυνση IP με τη χρήση μάσκας αποτελείται από τρεις αριθμούς όπως φαίνεται παρακάτω (**Parziale et al**, 2006):

<network number><subnet number><host number>

Το διαχωρισμό των subnet number και host number αναλαμβάνει ο διαχειριστής του κάθε δικτύου.

Ο αριθμός της μάσκας υποδικτύου είναι μια σειρά από 32 bit, όπου τα bit της διεύθυνσης δικτύου έχουν τιμή 1 και τα bit της διεύθυνσης υπολογιστή τιμή 0. Η τιμή της μάσκας παριστάνεται επίσης σε δεκαδική μορφή με τον ίδιο τρόπο που γίνεται στις IP διευθύνσεις, για διευκόλυνση των ανθρώπων. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι εξ ορισμού (default) μάσκες για τις κλάσεις διευθύνσεων A, B και C:

**Πίνακας 2.1: Μάσκες υποδικτύων των τριών κλάσεων A, B και C**

Κλάση	Βασική Μάσκα (Δυαδικό)	Βασική Μάσκα (Δεκαδικό)
A	11111111.00000000.00000000.00000000	255.0.0.0
B	11111111.11111111.00000000.00000000	255.255.0.0
C	11111111.11111111.11111111.00000000	255.255.255.0

Μια εναλλακτική γραφή της IP διεύθυνσης μπορεί να συνδυάζει και την μάσκα. Για παράδειγμα, η 192.3.4.16/30 υποδηλώνει ότι στην διεύθυνση 192.3.4.16 έχει εφαρμοσθεί μάσκα υποδικτύου των 30 bit:

11111111.11111111.11111111.11111100

δηλαδή τα 30 πρώτα bit προσδιορίζουν το δίκτυο και τα δύο τελευταία τον υπολογιστή. Η μάσκα αυτή ισοδύναμα γράφεται 255.255.255.252.

Στον παρακάτω πίνακα (Kozierok, 2005) δίνονται οι συνηθέστερες μάσκες υποδικτύωσης κλάσης C.

**Πίνακας 2.2: Συνηθέστερες μάσκες υποδικτύωσης κλάσης C**

Bit που χρησιμοποιούνται για τη μάσκα	Δεκαδική τιμή Μάσκας	Δίκτυα	Χρήστες
24	255.255.255.0	1	254
25	255.255.255.128	2	126
26	255.255.255.192	4	62
27	255.255.255.224	8	30
28	255.255.255.240	16	14
29	255.255.255.248	32	6
30	255.255.255.252	64	2

Κάθε στήλη του πίνακα δείχνει το πόσα και ποια υποδίκτυα μπορούν να δημιουργηθούν καθώς και τους χρήστες με χρήση μάσκας από 24 έως 30 bit. Συγκεκριμένα, η πρώτη στήλη του πίνακα δείχνει πόσα bit χρησιμοποιούνται για τη μάσκα, η δεύτερη στήλη δείχνει την δεκαδική μορφή της μάσκας, η τρίτη τον αριθμό των δικτύων που δημιουργούνται και η τέταρτη τους χρήστες που μπορεί να έχει το κάθε υποδίκτυο. Για παράδειγμα, στην πρώτη γραμμή εφαρμόζεται η μάσκα 255.255.255.0 (24 bit μάσκα), με δυνατότητα ύπαρξης ενός μόνο δικτύου (π.χ 192.218.118.0) με 256 διαφορετικούς host. Από αυτούς τους χρήστες μόνο οι 254 είναι διαθέσιμοι μιας και η πρώτη και η τελευταία διεύθυνση σε κάθε δίκτυο δεσμεύεται για να χαρακτηρίσει το δίκτυο και τη broadcast address αντίστοιχα.

Υπάρχουν δύο τύποι υποδικτύωσης (**Parziale et al**, 2006):

1. η **στατική υποδικτύωση**: όπου όλα τα υποδίκτυα του ίδιου δικτύου χρησιμοποιούν την ίδια μάσκα. Ο τύπος αυτός υποδικτύωσης είναι πολύ απλός στην υλοποίηση αλλά το μειονέκτημα που έχει είναι ότι μπορεί να γίνεται σπατάλη διευθύνσεων IP. Για παράδειγμα, ένα υποδίκτυο που αποτελείται από 4 υπολογιστές και χρησιμοποιεί τη μάσκα 255.255.255.0, αφήνει αχρησιμοποίητες 250 διευθύνσεις.
2. η **δυναμική υποδικτύωση**: υποδίκτυα του ίδιου δικτύου μπορούν να χρησιμοποιούν διαφορετικές μάσκες. Η υποδικτύωση αυτή επιτρέπει σε ένα δίκτυο να διαιρεθεί σε υποδίκτυα που το καθένα να περιέχει τόσες διευθύνσεις όσες και οι ανάγκες του. Για παράδειγμα, έστω δίκτυο

κλάσης C με διεύθυνση 165.214.32.0, στο οποίο υπάρχει η ανάγκη να διαιρεθεί σε 5 υποδίκτυα ως εξής:

- a. υποδίκτυο 1: 50 υπολογιστές
- b. υποδίκτυο 2: 50 υπολογιστές
- c. υποδίκτυο 3: 50 υπολογιστές
- d. υποδίκτυο 4: 30 υπολογιστές
- e. υποδίκτυο 5: 30 υπολογιστές

αυτό θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση μιας μάσκας 255.255.255.192, η οποία θα χωρίσει το δίκτυο σε 4 υποδίκτυα, με 64 υπολογιστές το καθένα και το τέταρτο υποδίκτυο θα χωριστεί πάλι σε δύο υποδίκτυα των 32 υπολογιστών το καθένα με χρήση της μάσκας 255.255.255.224.

Έτσι το κάθε υποδίκτυο θα έχει στη διάθεσή του τις παρακάτω διευθύνσεις:

- υποδίκτυο 1: 165.214.32.0 - 165.214.32.63
- υποδίκτυο 2: 165.214.32.64 - 165.214.32.127
- υποδίκτυο 3: 165.214.32.128 - 165.214.32.191
- υποδίκτυο 4: 165.214.32.192 - 165.214.32.223
- υποδίκτυο 5: 165.214.32.224 - 165.214.32.255

## 2.5 Ασκήσεις

### Άσκηση 1<sup>η</sup>

Πόσοι υπολογιστές μπορούν να υπάρχουν σε ένα δίκτυο που έχει μάσκα 255.255.240.0;

#### Απάντηση

Μετατρέπουμε τη μάσκα υποδικτύου στο δυαδικό σύστημα:

255.255.240.0 → 11111111.11111111.11110000.00000000

Οι άσοι δηλώνουν το μέρος δικτύου και τα μηδενικά το μέρος υπολογιστή. Οπότε η συγκεκριμένη μάσκα αποτελείται από 20 άσους και 12 μηδενικά. Εφόσον τα bits που είναι διαθέσιμα για το μέρος υπολογιστή είναι 12, μπορούμε να έχουμε  $2^{12}=4096$  υπολογιστές. Δύο όμως διευθύνσεις δεσμεύονται για το δίκτυο και για τη διεύθυνση broadcast, άρα μπορούμε να έχουμε 4094 υπολογιστές σε αυτό το δίκτυο.

### Άσκηση 2<sup>η</sup>

Αν η IP διεύθυνση είναι 147.10.13.28. Τι κλάσης είναι; Ποια δεκαδικά ψηφία της διεύθυνσης αντιστοιχούν στο δίκτυο και ποια στον υπολογιστή;

#### Απάντηση

Για να βρω την κλάση πρέπει να μετατρέψω το πρώτο δεκαδικό της IP (δηλ.το 147) σε δυαδικό. Ο αριθμός 147 στο δυαδικό είναι τα ψηφία: 10010011.

Η κλάση A ξεκινάει με 0, η κλάση B ξεκινάει με 10 η κλάση C ξεκινάει με 110 και η κλάση D ξεκινάει με 1110.

Βλέπουμε, λοιπόν ότι η IP ξεκινάει με 10 άρα είναι κλάσης B. Η κλάση B δίνει τα δυο πρώτα δεκαδικά της IP στο δίκτυο και τα άλλα δυο στους υπολογιστές άρα το 147.10 είναι η διεύθυνση του δικτύου και η 13.28 είναι η διεύθυνση του υπολογιστή.

### Άσκηση 3<sup>η</sup>

Ένα δίκτυο έχει την IP διεύθυνση 201.122.40.0/25.

- Από πόσα bit αποτελείται το μέρος δικτύου και από πόσα του υπολογιστή;



- b. Ποια είναι η μάσκα υποδικτύου;
- c. Πόσοι το πολύ υπολογιστές μπορούν να συνδεθούν σε κάθε υποδίκτυο;

### **Απάντηση**

- a. Το μέρος του δικτύου αποτελείται από 25 bits. Άρα, τα υπόλοιπα  $32-25=7$  bits αποτελούν το μέρος του υπολογιστή.
- b. Στη μάσκα υποδικτύου οι άσοι δηλώνουν το μέρος δικτύου και τα μηδενικά το μέρος υπολογιστή. Οπότε η μάσκα αποτελείται από 25 άσους και 7 μηδενικά: 11111111.11111111.11111111.10000000. αν μετατρέψουμε στο δεκαδικό τους παραπάνω αριθμούς έχουμε: 255.255.255.128.
- c. Εφόσον τα bits που είναι διαθέσιμα για το μέρος υπολογιστή είναι 7, μπορούμε να έχουμε  $2^7=128$  υπολογιστές. Δύο όμως διευθύνσεις δεσμεύονται για το δίκτυο και για τη διεύθυνση broadcast, άρα μπορούμε να έχουμε 126 υπολογιστές σε αυτό το δίκτυο.

### **Άσκηση 4<sup>η</sup>**

Έστω δίκτυο κλάσης C με διεύθυνση 164.220.123.0, στο οποίο υπάρχει η ανάγκη να διαιρεθεί σε 4 υποδίκτυα ως εξής:

- a. υποδίκτυο 1: 50 υπολογιστές
- b. υποδίκτυο 2: 50 υπολογιστές
- c. υποδίκτυο 3: 50 υπολογιστές
- d. υποδίκτυο 4: 60 υπολογιστές

Πως θα πραγματοποιηθεί αυτό και ποιες διευθύνσεις θα είναι διαθέσιμες σε κάθε υποδίκτυο;

### **Απάντηση**

Αυτό θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση μιας μάσκας 255.255.255.192, η οποία θα χωρίσει το δίκτυο σε 4 υποδίκτυα, με 64 υπολογιστές το καθένα.

Έτσι το κάθε υποδίκτυο θα έχει στη διάθεσή του τις παρακάτω διευθύνσεις:

- υποδίκτυο 1: 164.220.123.0 - 164.220.123.63
- υποδίκτυο 2: 164.220.123.64 - 164.220.123.127
- υποδίκτυο 3: 164.220.123.128 - 164.220.123.191
- υποδίκτυο 4: 164.220.123.192 - 165.220.123.255

**Άσκηση 5<sup>η</sup>**

Έστω ότι ένα δίκτυο έχει τη διεύθυνση 211.35.0.0 με μέγιστο αριθμό υπολογιστών 1000 ανά υποδίκτυο. Ποια θα είναι η μάσκα υποδικτύου που θα χρησιμοποιηθεί σε αυτό το δίκτυο;

**Απάντηση**

Για 1000 υπολογιστές ανά υποδίκτυο χρειαζόμαστε  $2^{10}=1024$ , άρα 10 bit θα χρησιμοποιηθούν για το host number.

Επομένως, περισσεύουν 22 bits για το network number, δηλαδή έχουμε:

11111111.11111111.11111100.00000000

Σε δεκαδική μορφή η μάσκα υποδικτύου που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι η εξής:  
255.255.252.0.

Το δίκτυο είναι κλάσης B, άρα έχουμε 6 bits που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία  $2^6=64$  υποδικτύων με 1022 υπολογιστές το καθένα.

## Κεφάλαιο 3: Τρόπος λειτουργίας του στρώματος διασύνδεσης δεδομένων

Όπως αναφέραμε στο 1ο κεφάλαιο το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων αναλαμβάνει την επικοινωνία μεταξύ δύο γειτονικών μηχανών σε ένα δίκτυο. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια αναφορά στις βασικές υπηρεσίες που παρέχει αυτό το επίπεδο και θα παρουσιαστούν διάφορα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση αυτών των υπηρεσιών.

### 3.1 Υπηρεσίες που παρέχονται στο στρώμα διασύνδεσης δεδομένων

Οι υπηρεσίες που παρέχονται στο στρώμα διασύνδεσης δεδομένων είναι οι εξής:

- **πλαisiώση**, κάθε πακέτο ενθυλακώνεται σε ένα πλαίσιο. Δηλαδή, σε κάθε πακέτο προστίθεται μία κεφαλίδα (header) και μια ουρά (trailer), οι οποίες περιέχουν πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την ορθή μετάδοση του πακέτου,
- **σύνδεση με το φυσικό μέσο**, υπάρχουν τρεις τρόποι σύνδεσης με το φυσικό μέσο:
  - *χωρίς σύνδεση και χωρίς επαλήθευση*, δεν εγκαθίσταται καμία σύνδεση για τη μεταφορά των δεδομένων ούτε απολύεται μετά και επίσης, δεν απαιτείται επαλήθευση της παραλαβής των πακέτων από τη μηχανή προορισμού. Εάν χαθεί κάποιο πλαίσιο δεν γίνεται προσπάθεια ανάκτησής του. Αυτή η κατηγορία είναι κατάλληλη όταν ο ρυθμός σφαλμάτων είναι πολύ χαμηλός ή όταν τα καθυστερημένα δεδομένα είναι χειρότερα από τα λάθος δεδομένα.
  - *Χωρίς σύνδεση και με επαλήθευση*, δεν χρησιμοποιούνται συνδέσεις αλλά κάθε πλαίσιο επαληθεύεται ξεχωριστά. Αν ο πομπός δεν λάβει την επαλήθευση πρέπει να ξαναστείλει το πλαίσιο. Αυτή η υπηρεσία είναι κατάλληλη για μη αξιόπιστους διαύλους όπως είναι τα ασύρματα δίκτυα.

- *Με σύνδεση και με επαλήθευση*, οι μηχανές πηγής και προορισμού εγκαθιστούν μια σύνδεση και έπειτα μεταφέρουν δεδομένα. Κάθε πλαίσιο είναι αριθμημένο και επιβεβαιώνεται ότι λαμβάνεται. Επίσης, κάθε πλαίσιο λαμβάνεται μια φορά και όλα τα πλαίσια λαμβάνονται με τη σωστή σειρά. Η υπηρεσία αυτή είναι χρήσιμη σε αναξιόπιστες γραμμές επικοινωνίας όπως είναι οι ασύρματες ζεύξεις.
- **ανίχνευση και διόρθωση λαθών**, εφαρμογή διάφορων στρατηγικών για την ανίχνευση και τη διόρθωση λαθών που προκύπτουν κατά τη μετάδοση των πλαισίων.
- **Έλεγχος ροής**, περιορισμός του πομπού να μη στέλνει πακέτα ταχύτερα από όση κίνηση μπορεί να χειριστεί ο δέκτης.

### 3.2 Βασικά πρωτόκολλα

Όπως αναφέρθηκε στο 1ο κεφάλαιο υπάρχουν δύο τύποι δικτύων: τα **δίκτυα εκπομπής** και τα **δίκτυα σημείου προς σημείο**. Οι ζεύξεις σημείο προς σημείο αποτελούνται από ένα μοναδικό πομπό στη μία άκρη και ένα μοναδικό δέκτη στην άλλη. Τα δίκτυα εκπομπής μπορεί να έχουν πολλαπλούς κόμβους εκπομπής και λήψης που όλοι συνδέονται στο ίδιο, μοναδικό, διαμοιραζόμενο κανάλι ευρυεκπομπής. Ο όρος ευρυεκπομπή χρησιμοποιείται επειδή όταν ένας κόμβος μεταδίδει ένα πλαίσιο, το κανάλι το ευρυεκπέμπει, δηλαδή ένα αντίγραφο του παραλαμβάνεται από όλους τους δέκτες. Το πρόβλημα που ανακύπτει σε αυτό τον τύπο ζεύξης είναι ο συντονισμός των πολλαπλών κόμβων που μεταδίδουν και λαμβάνουν στο διαμοιραζόμενο κανάλι, το οποίο ονομάζεται πρόβλημα *ελέγχου πολλαπλής πρόσβασης* (Multiple Access Control).

Οι τρεις βασικές κατηγορίες στις οποίες μπορούν να καταταγούν οι τεχνολογίες πρόσβασης στο μέσο είναι:

- τα **πρωτόκολλα διαχωρισμού καναλιού**. Χωρίζουν το διαθέσιμο κανάλι σε διακριτά τμήματα για χρήση από διαφορετικούς πομπούς και δέκτες,
- τα **πρωτόκολλα τυχαίας πρόσβασης**. Οι πομποί μεταδίδουν στο κανάλι, και ελέγχουν για τυχόν σύγκρουση μεταξύ διαφορετικών πομπών. Αν έχει συμβεί

σύγκρουση, οι εμπλεκόμενοι πομποί επανεκπέμπουν μετά από τυχαίο χρόνο και

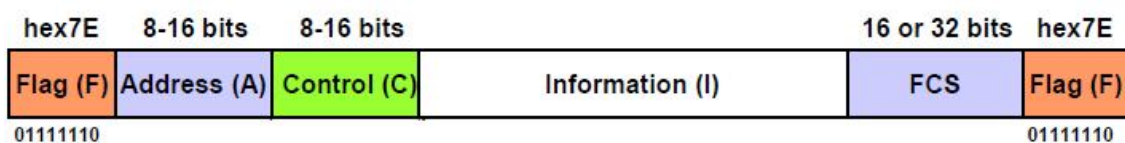
- τα **πρωτόκολλα διαδοχικής σειράς**. Οι πομποί εκπέμπουν στο ίδιο μέσο με κάποια σειρά. Η σειρά καθορίζεται είτε από ένα επιστάτη κόμβο (master node) είτε με τη μεταφορά σκυτάλης (token passing).

Ανάλογα με τον τύπο δικτύου έχουν δημιουργηθεί και διαφορετικά πρωτόκολλα στο επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων. Για παράδειγμα, πρωτόκολλα που εφαρμόζονται στα δίκτυα σημείου προς σημείο είναι τα HDLC (High level Data Link Control), SLIP (Serial Line IP) και PPP (Point-to-Point Protocol) και για δίκτυα εκπομπής είναι τα Aloha, CSMA και WDMA. Παρακάτω αναλύονται κάποια πρωτόκολλα από κάθε κατηγορία ως παραδείγματα.

### 3.2.1 HDLC (High level Data Link Control)

Χρησιμοποιείται ευρέως και είναι προτυποποιημένο από το 1979. Αποτελεί την συνήθη επιλογή για τις σειριακές γραμμές στους δρομολογητές της Cisco. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες εκδόσεις του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου αλλά όλες έχουν κοινά κάποια βασικά χαρακτηριστικά και διαφέρουν μόνο σε λεπτομέρειες. Όλα τα πρωτόκολλα είναι τύπου συρμού bit και χρησιμοποιούν παραγέμισμα bit ώστε τα δεδομένα να είναι διαφανή στο στρώμα δικτύου.

Όλα τα **πρωτόκολλα συρμού bit** χρησιμοποιούν τη δομή πλαισίου που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Lindner, 2006):



**Εικόνα 3.1: Μορφή πλαισίου για πρωτόκολλα συρμού bit**

Το πρώτο και τελευταίο πεδίο ονομάζεται **Flag** (01111110) και αποτελεί τον οριοθέτη αρχής και τέλους του πλαισίου.

Το δεύτερο πεδίο **Address** είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε γραμμές με πολλαπλά τερματικά, όπου χρησιμοποιείται ως διεύθυνση των τερματικών.

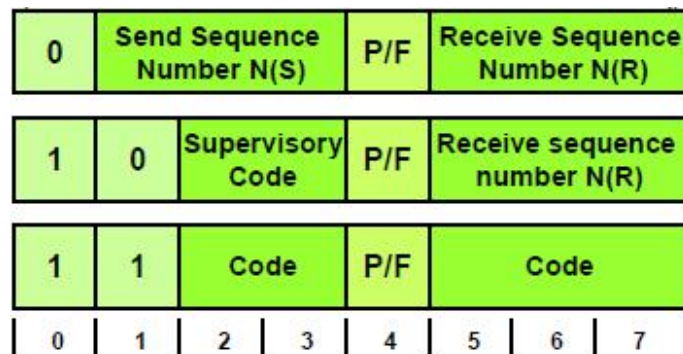
Το τρίτο πεδίο **Control** περιέχει τον τύπο του πλαισίου και αντιστοιχίζει κάποια στοιχεία του πρωτοκόλλου.

Το τέταρτο πεδίο **Information** περιέχει τα δεδομένα προς μετάδοση.

Και το πεδίο **FCS Frame Check Sequence** επιτρέπει την ανίχνευση λαθών κατά τη μετάδοση των δεδομένων.

Υπάρχουν 3 είδη πλαισίων τα οποία διακρίνονται από το πεδίο control, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.2 (Lindner, 2006):

1. **Πληροφορίας** (Information)
2. **Επίβλεψης** (Supervisory)
3. **Αναρίθμητα** (Unnumbered)



**Εικόνα 3.2:** Το πεδίο Control ενός α) πλαισίου πληροφορίας, β) πλαισίου επίβλεψης και γ) αναρίθμητου πλαισίου

Στην πρώτη περίπτωση των πλαισίων πληροφορίας το πεδίο *Send Sequence Number N(S)* είναι ο αύξων αριθμός του πλαισίου. Το πεδίο *Receive Sequence Number N(R)* περιέχει τον αριθμό του επόμενου αναμενόμενου πλαισίου. Το πεδίο *P/F (Poll / Final)*, όταν περιέχει την τιμή P καλεί το τερματικό να στείλει δεδομένα. Όλα τα πλαίσια έχουν την τιμή P και μόνο το τελευταίο έχει την τιμή F.

Τα διάφορα είδη πλαισίων επίβλεψης ξεχωρίζουν μεταξύ τους ανάλογα την τιμή που περιέχει το πεδίο *Supervisory Code*, η οποία μπορεί να είναι η εξής:

- 00: πλαίσιο επαλήθευσης, ονομάζεται RECEIVER READY (RR) και χρησιμοποιείται για να υποδεικνύει το επόμενο πλαίσιο που αναμένεται.
- 01: πλαίσιο αρνητικής επαλήθευσης, ονομάζεται REJECT και χρησιμοποιείται για να υποδεικνύει ότι έχει εντοπιστεί λάθος μετάδοσης. Το πεδίο N(R) δείχνει

το πρώτο πλαίσιο στη σειρά που δεν έχει ληφθεί σωστά. Έτσι, θα πρέπει να μεταδώσει ξανά όλα τα πλαίσια αρχίζοντας από το N(R).

- 10: επαληθεύει όλα τα πλαίσια μέχρι το N(R), αλλά λέει στον πομπό να σταματήσει να στέλνει (RECEIVER NOT READY, RNR) λόγω προσωρινών προβλημάτων στο δέκτη, π.χ. έλλειψη προσωρινής αποθήκευσης.
- 11: καλεί την επανεκπομπή μόνο του πλαισίου που καθορίζεται (SELECTIVE REJECT)

Τα αναρίθμητα πλαίσια χρησιμοποιούνται για λειτουργίες ελέγχου αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για τη μεταφορά δεδομένων, όταν ζητηθεί υπηρεσία χωρίς σύνδεση. Δεν έχουν αύξοντες αριθμούς και δεν αλλάζουν την αρίθμηση των πλαισίων πληροφορίας. Τα πεδία Code περιέχουν εντολές και απαντήσεις για:

- τον τρόπο επικοινωνίας,
- την μετάδοση πληροφορίας,
- την αποκατάσταση συνδέσεων και
- άλλες λειτουργίες.

### 3.2.2 PPP (Point-to-Point Protocol)

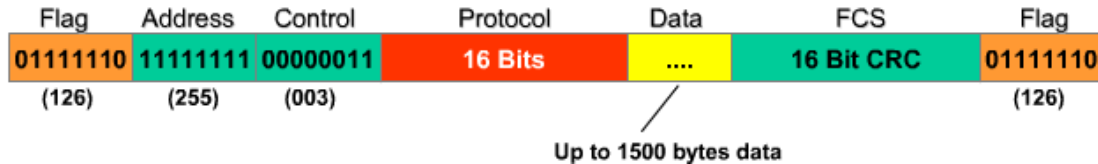
Το πρωτόκολλο PPP παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- **πλαισίωση** που διακρίνει το τέλος ενός πλαισίου από την αρχή του άλλου,
- **εγκατάσταση γραμμών δικτύων**, δοκιμή αυτών των γραμμών, διαπραγμάτευση των σχετικών επιλογών και απόλυση τους. Όλες αυτές οι διαδικασίες πραγματοποιούνται από ένα πρωτόκολλο που λέγεται **πρωτόκολλο ελέγχου ζεύξης LCP** (Link Control Protocol),
- **διαπραγμάτευση των επιλογών του στρώματος δικτύου**, όταν υποστηρίζονται πολλά πρωτόκολλα στρώματος δικτύου. Για κάθε στρώμα δικτύου που υποστηρίζεται έχει αναπτυχθεί και ένα διαφορετικό **πρωτόκολλο ελέγχου δικτύου NCP** (Network Control Protocol).

Για να γίνουν κατανοητές οι παραπάνω λειτουργίες ακολουθεί ένα παράδειγμα:

Έστω ότι ένας υπολογιστής θέλει να συνδεθεί στο internet. Εφόσον πραγματοποιηθεί η φυσική σύνδεση με τον παροχέα του δικτύου, ο υπολογιστής στέλνει στον δρομολογητή μια σειρά από πακέτα LCP μέσω ενός ή περισσότερων πλαισίων PPP. Τα πακέτα αυτά και οι απαντήσεις τους καθορίζουν τις παραμέτρους που θα χρησιμοποιηθούν. Έπειτα, στέλνεται μια σειρά από πακέτα NCP για να διευθετηθεί το στρώμα δικτύου. Συνήθως, ο υπολογιστής τρέχει το πρωτόκολλο TCP/IP, οπότε χρειάζεται μια διεύθυνση IP, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις παρέχεται δυναμικά από τον παροχέα. Το πρωτόκολλο NCP χρησιμοποιείται για την εκχώρηση διευθύνσεων IP. Στη συνέχεια, ο υπολογιστής ανταλλάσει πακέτα IP και μόλις τελειώσει το NCP χρησιμοποιείται για να διακόψει τη σύνδεση του στρώματος δικτύου και κατόπιν το LCP για να διακόψει τη σύνδεση του στρώματος διασύνδεσης δεδομένων (Tanenbaum, 2000).

Το πλαίσιο του PPP είναι παρόμοιο με του HDLC, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Haas, 2005):



**Εικόνα 3.3: Ένα πλαίσιο PPP**

Τα πεδία από τα οποία αποτελείται το πλαίσιο είναι τα εξής:

- *Flag*: οριοθέτης αρχής και τέλους.
- *Address*: λαμβάνει πάντα την ίδια τιμή 11111111 που δείχνει ότι όλοι οι σταθμοί πρέπει να δεχθούν το πλαίσιο.
- *Control*: λαμβάνει πάντα την ίδια τιμή 00000011, που σημαίνει αναρίθμητο πλαίσιο.
- *Protocol*: δείχνει το πρωτόκολλο του ανώτερου στρώματος στο οποίο παραδίδεται το πλαίσιο (π.χ., LCP, IP, IPCP, IPX, κλπ.).
- *Data*: μεταφερόμενα δεδομένα του ανώτερου στρώματος.
- *FCS*: επιτρέπει την ανίχνευση λαθών.



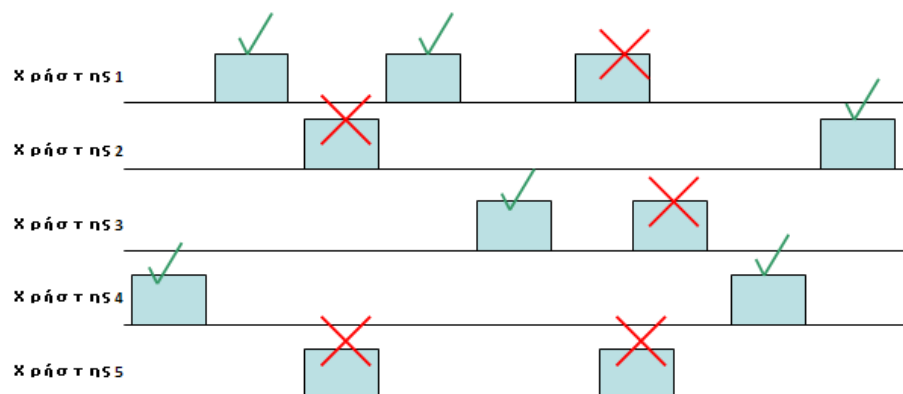
### 3.2.3 ALOHA

Το **πρωτόκολλο ALOHA** χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο ασύρματο δίκτυο μεταγωγής πακέτων, το ALOHAnet που αναπτύχθηκε από το πανεπιστήμιο της Χαβάης το 1970. Αποτελεί την απλούστερη και παλαιότερη μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης στο μέσο. Υπάρχουν δύο μορφές του πρωτοκόλλου ALOHA, το συγχρονισμένο και το ασυγχρόνιστο.

Στο **ασυγχρόνιστο ALOHA**, κάθε σταθμός στέλνει δεδομένα χωρίς προηγουμένως να ελέγξει εάν το κανάλι είναι άδειο ή εάν εκείνη τη χρονική στιγμή στέλνει κάποιος άλλος σταθμός. Στην περίπτωση που στέλνει άλλος κόμβος έχουμε σύγκρουση.

Ο κόμβος που έστειλε πακέτο, παρακολουθεί το κανάλι για χρονικό διάστημα που ισοδυναμεί με τον μέγιστο χρόνο μιας πλήρους περιφοράς του πακέτου στο δίκτυο. Αν ο κόμβος πάρει επιβεβαίωση μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα, θεωρεί ότι το πακέτο πήγε στον προορισμό του, διαφορετικά το επαναμεταδίδει μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Δεν υπάρχει περιορισμός στις επαναμεταδόσεις που μπορεί να κάνει ένας κόμβος.

Στην παρακάτω εικόνα τα πλαίσια που έχουν πάνω τους το κόκκινο x δεν θα φτάσουν ποτέ γιατί έχουν συγκρουστεί με κάποιο άλλο πλαίσιο:



**Εικόνα 3.4: Μετάδοση πακέτων στο ασυγχρόνιστο ALOHA<sup>7</sup>**

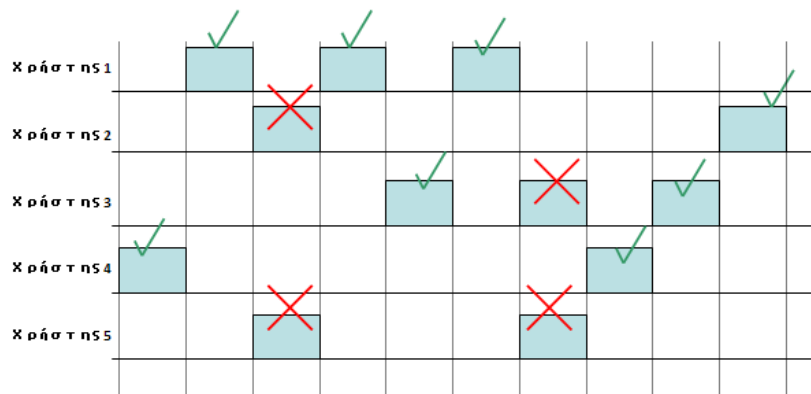
Το πακέτο που λαμβάνεται από τον δέκτη, ελέγχεται για την ορθότητά του και εάν είναι σωστό γίνεται αποδεκτό, οπότε αποστέλλεται και η επιβεβαίωση. Ο

<sup>7</sup> Πηγή: <http://www.eng.ucy.ac.cy/christos/courses/ECE360/Lectures/MediumAccessControlTemp.ppt>

μέγιστος ρυθμός διέλευσης που μπορούμε να πετύχουμε στο ασυγχρόνιστο ALOHA, είναι το 18% των επιχειρούμενων μεταδόσεων.

Στο **συγχρονισμένο ALOHA**, ο άξονας του χρόνου χωρίζεται σε καθορισμένα διαστήματα που λέγονται χρονοθυρίδες, διάρκειας ίσης με τον χρόνο μετάδοσης ενός πακέτου. Οι κόμβοι συγχρονίζονται μέσω ενός κοινού ρολογιού και ξεκινούν τις μεταδόσεις τους στην αρχή των χρονοθυρίδων. Με αυτό τον τρόπο αν έχουμε σύγκρουση θα είναι ολική.

Στην παρακάτω εικόνα τα πλαίσια που είναι σημαδεμένα με κόκκινο x συγκρούονται γιατί οι κόμβοι τους προσπάθησαν να ξεκινήσουν τη μετάδοσή τους ταυτόχρονα:



Εικόνα 3.5: Μετάδοση πακέτων στο συγχρονισμένο ALOHA<sup>8</sup>

Η τεχνική αυτή διπλασιάζει το ρυθμό διέλευσης του δικτύου, ο οποίος μπορεί να φτάσει στο 37% των επιχειρούμενων μεταδόσεων.

### 3.2.4 CSMA

Το πρότυπο **CSMA (Carrier Sense Multiple Access-Πολλαπλής Πρόσβαση με Ανίχνευση Φέροντος)** αποτελεί μία μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης στο μέσο. Υπάρχουν δύο παραλλαγές αυτού του πρωτοκόλλου. Το *1-επίμονο (1-persistent) CSMA* και το *μη επίμονο (non-persistent) CSMA*.

<sup>8</sup> Πηγή: <http://www.eng.ucy.ac.cy/christos/courses/ECE360/Lectures/MediumAccessControlTemp.ppt>

Στην πρώτη περίπτωση, ο κόμβος που πρόκειται να μεταδώσει, ανιχνεύει πρώτα το κανάλι. Αν διαπιστώσει ότι υπάρχει μετάδοση στο κανάλι, αναβάλλει την δική του μετάδοση, και συνεχίζει την ανίχνευση. Μόλις διαπιστώσει ότι το κανάλι είναι ελεύθερο μεταδίδει.

Το μειονέκτημα αυτού του προτύπου είναι ότι δεν αποκλείει τις συγκρούσεις αφού ενδέχεται περισσότεροι του ενός κόμβοι να επιχειρήσουν να μεταδώσουν το πακέτο τους όταν διαπιστώσουν ότι το κανάλι είναι ελεύθερο, οπότε η σύγκρουση είναι αναπόφευκτη.

Στην περίπτωση του μη επίμονου CSMA, ο κόμβος που επιθυμεί να στείλει δεδομένα αφουγκράζεται το κανάλι. Αν δεν στέλνει κανείς, τότε αρχίζει εκείνος. Αν, όμως το κανάλι είναι σε χρήση, ο κόμβος δεν τον ανιχνεύει συνέχεια αλλά περιμένει μια τυχαία χρονική περίοδο και κατόπιν επαναλαμβάνει τον έλεγχο.

### 3.2.5 Ο μηχανισμός CSMA/CA

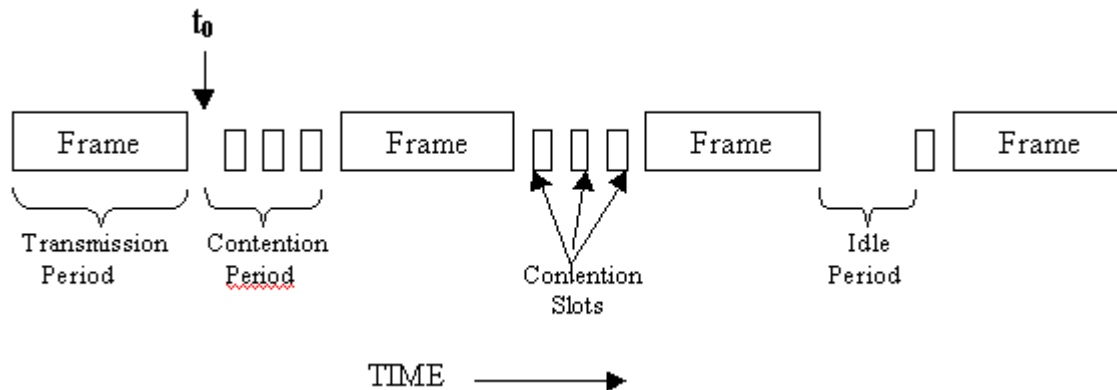
Ο μηχανισμός CSMA που μελετήθηκε στην προηγούμενη παράγραφο δεν μπορεί να υλοποιηθεί, όταν οι κόμβοι δεν έχουν τη δυνατότητα να μεταδίδουν και να ανιχνεύουν συγκρούσεις την ίδια χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, στα ασύρματα τοπικά δίκτυα, όταν ένα κόμβος μεταδίδει δεδομένα στο δίκτυο, το σήμα του «πνίγει», λόγω της ισχύος του, οποιοδήποτε άλλο σήμα φτάνει σ' αυτόν τον κόμβο. Έτσι, δεν μπορεί να ακούσει τους άλλους κόμβους του δικτύου, που ενδέχεται να μεταδίδουν την ίδια χρονική στιγμή και κατά συνέπεια δεν μπορεί να ανιχνεύσει τις συγκρούσεις.

Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μηχανισμός **Πολλαπλής Πρόσβασης με Ακρόαση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (CSMA/CA)**. Ένα βασικό χαρακτηριστικό αυτού του μηχανισμού είναι ότι απαιτεί την επιβεβαίωση λήψης ενός πλαισίου, υλοποιώντας ένα σχήμα παύσης και αναμονής.

Στα δίκτυα CSMA/CA, όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, ελέγχει αρχικά εάν το κανάλι είναι αδρανές. Εάν είναι, τότε μεταδίδει τα δεδομένα. Εάν δεν είναι, τότε επιλέγει με τυχαίο τρόπο ένα χρόνο αναμονής και καταχωρεί την τιμή του σ' έναν απαριθμητή υποχώρησης. Όσο χρόνο το κανάλι είναι αδρανές, ο απαριθμητής υποχώρησης μειώνεται. Όσο χρόνο το κανάλι είναι απασχολημένο, η τιμή του απαριθμητή υποχώρησης δε μεταβάλλεται. Όταν μηδενιστεί η τιμή αυτού του απαριθμητή, ο κόμβος επιχειρεί ξανά τη μετάδοση των δεδομένων του. Καθώς η

πιθανότητα να έχουν επιλέξει δύο διαφορετικοί κόμβοι την ίδια τιμή για τον απαριθμητή υποχώρησης είναι μικρή, η πιθανότητα εμφάνισης σύγκρουσης είναι επίσης μικρή. Όχι όμως και μηδενική.

Το πρωτόκολλο CSMA, το CSMA/CA και άλλα πρωτόκολλα χρησιμοποιούν ένα θεωρητικό μοντέλο για τη μετάδοση πλαισίων, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Tanenbaum, 2000):



**Εικόνα 3.6: Οι τρεις καταστάσεις: ανταγωνισμού (contention), μετάδοσης (transmission) ή σιωπής (idle), που μπορεί να βρίσκεται το πρωτόκολλο CSMA**

Στο σημείο  $t_0$ , ένας κόμβος έχει τελειώσει τη μετάδοση του πλαισίου του. Οποιοσδήποτε άλλος σταθμός έχει να στείλει πλαίσια, μπορεί τώρα να προσπαθήσει να στείλει ένα. Εάν δύο ή περισσότεροι σταθμοί αποφασίσουν να μεταδώσουν ταυτόχρονα, θα πραγματοποιηθεί σύγκρουση. Αφού κάποιος σταθμός ανιχνεύσει τη σύγκρουση, εγκαταλείπει τη μετάδοση και μετά από κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα ξαναπροσπαθεί, υποθέτοντας ότι κανείς άλλος σταθμός δεν μεταδίδει στο ενδιαμέσο χρονικό διάστημα. Επομένως, υπάρχουν εναλλασσόμενοι περίοδοι ανταγωνισμού (contention periods) και μετάδοσης (transmission periods) και όταν όλοι οι σταθμοί είναι σιωπηλοί, περίοδοι σιωπής (idle periods).

### 3.2.6 Πρωτόκολλα χωρίς συγκρούσεις

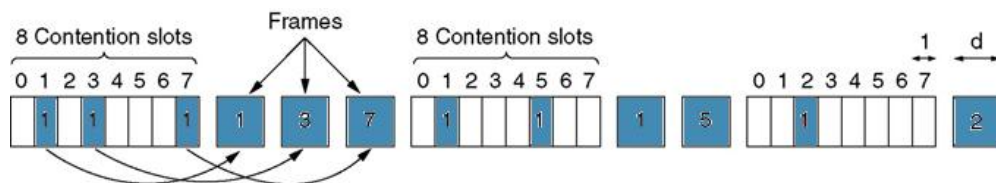
Παρακάτω θα μελετηθούν κάποια πρωτόκολλα που μπορούν να μεταδώσουν πλαίσια χωρίς να συμβούν συγκρούσεις ακόμη και στην περίοδο ανταγωνισμού.

#### 3.2.6.1 Βασική μέθοδος αντιστοιχιών bit (Basic bit-map method)

Στο πρωτόκολλο αυτό οι περίοδοι ανταγωνισμού χωρίζονται σε  $N$  σχισμές (slots), όπου  $N$  είναι το πλήθος των σταθμών. Εάν ένας σταθμός, έστω ο σταθμός 0,

έχει πλαίσιο προς μετάδοση, μεταδίδει το bit 1 κατά τη διάρκεια της μηδενικής σχισμής. Κανένας άλλος σταθμός δεν επιτρέπεται να μεταδώσει κατά τη διάρκεια αυτής της σχισμής. Αν ο σταθμός 1 θέλει να στείλει δεδομένα, τότε ξεκινά τη μετάδοση κατά τη διάρκεια της σχισμής 1 κ.ο.κ (εικόνα 3.6).

Γενικά ο  $i$ -οστος σταθμός ανακοινώνει στην  $i$ -οστή θέση ότι έχει πλαίσιο για μετάδοση και έτσι με το πέρας των  $N$  slots κάθε σταθμός γνωρίζει ποιοι σταθμοί θα μεταδώσουν (δημιουργείται δηλαδή ένας bit-map). Ακολουθεί η μετάδοση κάθε σταθμού με αριθμητική σειρά και με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται οι συγκρούσεις. Όταν ο τελευταίος (που είχε δηλωθεί για μετάδοση) σταθμός στείλει το πλαίσιό του, ξεκινά μια νέα περίοδος ανταγωνισμού. Εάν ένας σταθμός δεν είναι έτοιμος μετά το πέρας της σχισμής του, πρέπει να παραμείνει σιωπηλός μέχρις ότου όλοι οι σταθμοί έχουν αποκτήσει από μια ευκαιρία και η περίοδος δηλώσεων bit επανέλθει (Tanenbaum, 2000).



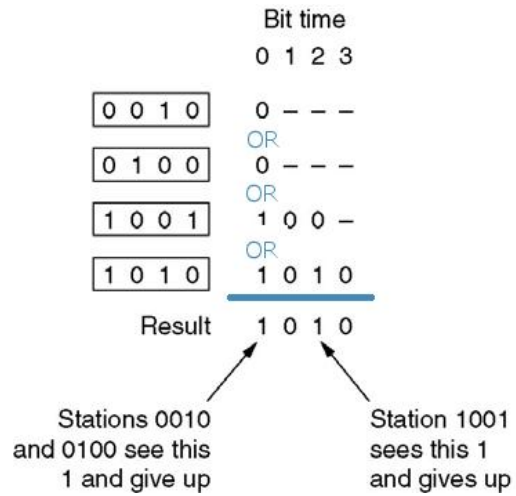
Εικόνα 3.7: Το βασικό πρωτόκολλο αντιστοίχισης bit

### 3.2.6.2 Δυαδική αντίστροφη μέτρηση (Binary countdown)

Το πρωτόκολλο αντιστοιχιών bit χάνει μέρος της απόδοσής του όταν χρειάζεται να συντονίσουμε χιλιάδες σταθμούς. Ο λόγος είναι ότι κάθε σταθμός επιβαρύνεται με ένα bit για τη δήλωση στο bit-map. Το **binary countdown** χρησιμοποιεί τις δυαδικές τιμές των διευθύνσεων των σταθμών. Κάθε σταθμός, που θέλει να χρησιμοποιήσει το κανάλι, εκπέμπει τη διεύθυνσή του ξεκινώντας από το σημαντικότερο bit. Κάθε bit συνδυάζεται σε κάθε θέση με τη λογική διάζευξη (OR).

Έστω ότι έχουμε τέσσερις σταθμούς, που θέλουν να μεταδώσουν ταυτόχρονα, με διευθύνσεις 0010, 0100, 1001, 1010. Την πρώτη φορά θα στείλουν αντίστοιχα τα σημαντικότερα bit της διεύθυνσής τους: 0, 0, 1, 1. Αυτά με την OR επιστρέφουν 1 και έτσι ο πρώτος κι ο δεύτερος σταθμός εγκαταλείπουν τον ανταγωνισμό. Στο δεύτερο γύρο θα στείλει ο τρίτος το bit 0 και το τέταρτος 0 με αποτέλεσμα 0, άρα οι δύο θα συνεχίσουν στον τρίτο γύρο. Τότε, ο τρίτος στέλνει 0 και τέταρτος 1 και με την OR να επιστρέφει 1, νικητής είναι ο τέταρτος. Ο τέταρτος μεταδίδει το πλαίσιό του και μετά

ξεκινάει ένα άλλος κύκλος ανταγωνισμού. Το παράδειγμα αυτό φαίνεται καλύτερα στην παρακάτω εικόνα (Tanenbaum, 2000):



**Εικόνα 3.8: Το πρωτόκολλο δυαδικής αντίστροφης μέτρησης (Binary countdown)**

### 3.3 Ασκήσεις

#### Άσκηση 1<sup>η</sup>

Ποια από τα παρακάτω αποτελούν υπηρεσίες που παρέχονται στο στρώμα διασύνδεσης δεδομένων.

1. Πλαισίωση
2. Μετασχηματισμό των δεδομένων σε μορφή κατάλληλη για τη μεταφορά τους μέσω του δικτύου
3. Σύνδεση με το φυσικό μέσο
4. Ανίχνευση και διόρθωση λαθών
5. Ελέγχει τις συνόδους μεταξύ δύο υπολογιστών
6. Έλεγχο ροής δεδομένων

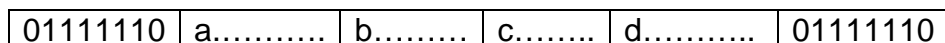
#### Απάντηση

Οι υπηρεσίες που προσφέρει το στρώμα διασύνδεσης δεδομένων είναι οι: 1, 3, 4 και 6.

#### Άσκηση 2<sup>η</sup>

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η δομή ενός πλαισίου για πρωτόκολλα συρμού bit. Συμπληρώστε τις λέξεις που λείπουν:

Bit            8            8            8             $\geq 0$             16            8



#### Απάντηση

Οι λέξεις που λείπουν με τη σειρά είναι οι εξής:

- a. Address
- b. Control
- c. Information
- d. FCS**

**Άσκηση 3<sup>η</sup>**

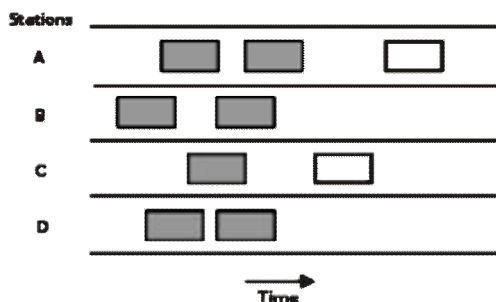
Έστω ότι ένας σταθμός θέλει να μεταδώσει τα εξής δεδομένα: 1101011011. Ο τύπος δικτύου που χρησιμοποιεί είναι TCP/IP, οπότε το πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί για μετάδοση είναι το IP. Χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο αλγόριθμο το άθροισμα ελέγχου (FCS) που προκύπτει είναι το εξής: 11010110111110. Τι μορφή θα έχει το πλαίσιο μετάδοσης, αν το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται είναι το PPP;

**Απάντηση**

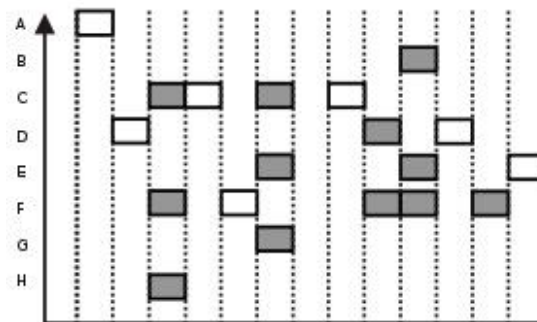
Flag 01111110	Address 11111111	Control 00000011	IP	1101011011	11010110111110	Flag 01111110
------------------	---------------------	---------------------	----	------------	----------------	------------------

**Άσκηση 4<sup>η</sup>**

Σε ποια από τις παρακάτω εικόνες αναπαρίστανται το συγχρονισμένο και σε ποια το ασυγχρόνιστο ALOHA;



α)



β)

**Απάντηση**

Στην εικόνα α αναπαρίστανται το ασυγχρόνιστο ALOHA και στην β το συγχρονισμένο ALOHA.

**Άσκηση 5<sup>η</sup>**

Να περιγράψετε τις φάσεις που μπορεί να βρίσκεται το πρωτόκολλο CSMA.

**Απάντηση**

Οι τρεις φάσεις που μπορεί να βρίσκεται το πρωτόκολλο CSMA είναι οι εξής:



- **ανταγωνισμού** (contention), η διάρκεια κατά την οποία πολλοί σταθμοί αρχίζουν να μεταδίδουν δεδομένα,
- **μετάδοσης** (transmission), η διάρκεια κατά την οποία ένας σταθμός μεταδίδει ένα πλαίσιο και
- **σιωπής** (idle), όταν όλοι οι σταθμοί είναι σιωπηλοί, δηλαδή κανένας σταθμός δεν μεταδίδει δεδομένα.

### Άσκηση 6<sup>η</sup>

Έστω ότι έχουμε πέντε σταθμούς, που θέλουν να μεταδώσουν δεδομένα ταυτόχρονα, με διευθύνσεις 0100, 0101, 1011, 1100, 1000. Ποιος σταθμός θα μεταδώσει πρώτος αν εφαρμόζεται το πρωτόκολλο της δυαδικής αντίστροφης μέτρησης;

### Απάντηση

Την πρώτη φορά θα στείλουν αντίστοιχα τα σημαντικότερα bit της διεύθυνσής τους: 0, 0, 1, 1, 1. Αυτά με την OR επιστρέφουν 1 και έτσι ο πρώτος κι ο δεύτερος σταθμός εγκαταλείπουν τον ανταγωνισμό. Στο δεύτερο γύρο θα στείλει ο τρίτος το bit 0, ο τέταρτος 1 και ο πέμπτος 0, με αποτέλεσμα 1, άρα ο τρίτος και ο πέμπτος εγκαταλείπουν και νικητής είναι ο τέταρτος. Ο τέταρτος μεταδίδει το πλαίσιό του και μετά ξεκινάει ένα άλλος κύκλος ανταγωνισμού.

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
0100	0			
0101	0			
1011	1	0		
1100	1	1	0	0
1000	1	0		
<b>Αποτ. 1</b>	<b>1</b>			

## Κεφάλαιο 4: Τρόπος λειτουργίας στρώματος μεταφοράς

Το επίπεδο μεταφοράς, όπως αναφέρθηκε και στο 1ο κεφάλαιο, είναι υπεύθυνο για την αποδοτική μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο υπολογιστών ανεξάρτητα από το φυσικό δίκτυο. Καθορίζει τους κανόνες βάσει των οποίων εξασφαλίζεται η ορθή λήψη δεδομένων ενώ στον παραλήπτη, είναι υπεύθυνο για τη προώθηση των εισερχόμενων δεδομένων στην κατάλληλη διεργασία. Εκτελείται στους τερματικούς κόμβους και όχι μεταξύ γειτονικών μηχανών, όπως γίνεται στα κατώτερα στρώματα.

Στο κεφάλαιο αυτό, θα μελετηθούν οι υπηρεσίες που παρέχονται στο επίπεδο μεταφοράς, κάποια γενικά στοιχεία των πρωτοκόλλων αυτού του επιπέδου και τα βασικότερα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο αντίστοιχο επίπεδο του Internet, το πρωτόκολλο TCP και το πρωτόκολλο UDP.

### 4.1 Υπηρεσίες που παρέχονται στο στρώμα μεταφοράς

Οι υπηρεσίες που παρέχονται στο στρώμα μεταφοράς είναι οι εξής:

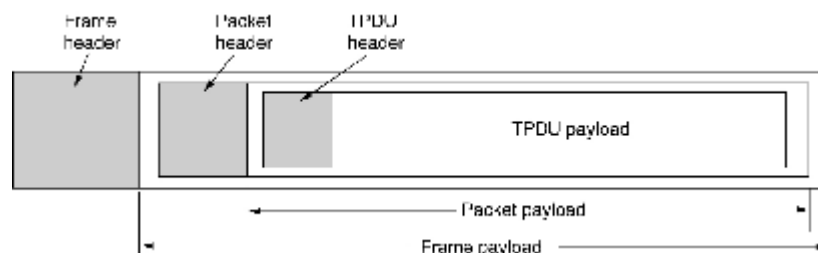
- *Μεταφορά μηνυμάτων μεταξύ των τερματικών κόμβων.* Στον αποστολέα κόμβο τα μηνύματα που εισέρχονται από το ανώτερο επίπεδο διασπώνται σε πακέτα, τα οποία αριθμούνται και προωθούνται για μετάδοση στο χαμηλότερο επίπεδο δικτύου. Αντίστοιχα, στον παραλήπτη κόμβο, τα αρχικά μηνύματα επανασυνθέτονται από τα εισερχόμενα πακέτα και προωθούνται προς επεξεργασία στο ανώτερο επίπεδο. Επίσης, συμπεριλαμβάνεται και ένα σχήμα επιβεβαίωσης, το οποίο χρησιμοποιείται για την επαλήθευση της ορθής παράδοσης των πακέτων στον προορισμό τους.
- *Εγκαθίδρυση, συντήρηση και τερματισμό των καναλιών επικοινωνίας μεταξύ των τερματικών κόμβων.*
- *Έλεγχος της ροής των δεδομένων μεταξύ των τερματικών κόμβων, έτσι ώστε να μη λαμβάνει ο παραλήπτης κόμβος περισσότερα δεδομένα από όσα μπορεί να εξυπηρετήσει.*

Γενικά, οι υπηρεσίες του επιπέδου μεταφοράς είναι σχεδόν ίδιες με τις υπηρεσίες που προσφέρουν τα κατώτερα στρώματα του δικτύου (επίπεδο διαδικτύου και επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων). Εντούτοις, το επίπεδο μεταφοράς χρειάζεται κυρίως για να παρέχει μια πιο αξιόπιστη μετάδοση των δεδομένων. Για παράδειγμα, εάν το επίπεδο μεταφοράς πληροφορηθεί, ενώ μεταδίδει δεδομένα, ότι η σύνδεση δικτύου διακόπηκε απότομα, χωρίς καμία ένδειξη για την τύχη των υπό μετάδοση δεδομένων, τότε μπορεί να εγκαταστήσει μια νέα σύνδεση με το αντίστοιχο επίπεδο της μηχανής προορισμού και μέσω αυτής να ρωτήσει για το ποια δεδομένα έφθασαν και ποια όχι με αποτέλεσμα να συνεχίσει τη μετάδοση από εκεί που σταμάτησε (Tanenbaum, 2000).

#### 4.2 Στοιχεία υπηρεσίας μεταφοράς

Τα στοιχεία υπηρεσίας μεταφοράς επιτρέπουν στο επίπεδο μεταφοράς να πραγματοποιεί συνδέσεις, να μεταφέρει δεδομένα και να απολύει συνδέσεις. Παρακάτω αναφέρονται κάποια στοιχεία της υπηρεσίας μεταφοράς:

- **Μονάδα Δεδομένων Πρωτοκόλλου Μεταφοράς, TPDU** (Transport Protocol Data Unit), ονομάζονται τα δεδομένα που μεταφέρονται από το επίπεδο μεταφοράς. Τα δεδομένα αυτά, δηλαδή οι TPDU, εμπεριέχονται σε πακέτα του στρώματος δικτύου και αυτά με τη σειρά τους στα πλαίσια του στρώματος διασύνδεσης δεδομένων. Αυτό το φώλιασμα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Tanenbaum, 2000):



Εικόνα 4.1: Φώλιασμα των TPDU, πακέτων και πλαισίων

- Στοιχεία υπηρεσίας υποδοχών για το TCP, είναι τα **στοιχεία υποδοχών (socket)** που χρησιμοποιήθηκαν από το TCP στο Berkeley Unix (*Berkeley Sockets*). Τα στοιχεία αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 1.1 (Tanenbaum, 2000):

Πίνακας 1.1: Τα στοιχεία υπηρεσίας υποδοχών για το TCP

Στοιχείο υπηρεσίας	Σημασία
SOCKET	Δημιούργησε ένα τερματικό σημείο επικοινωνίας
BIND	Δέσμευσε μια τοπική διεύθυνση σε μια υποδοχή
LISTEN	Ανακοίνωσε την πρόθεση να δεχθείς συνδέσεις και δώσε το μέγεθος της ουράς
ACCEPT	Σταμάτα μέχρι να φθάσει μια προσπάθεια εγκατάστασης σύνδεσης
CONNECT	Προσπάθησε να εγκαταστήσεις μια σύνδεση
SEND	Στείλε δεδομένα μέσω της σύνδεσης
RECEIVE	Πάρε δεδομένα μέσω της σύνδεσης
CLOSE	Απόλυσε τη σύνδεση

Τα πρώτα τέσσερα στοιχεία εκτελούνται με τη συγκεκριμένη σειρά από τους εξυπηρετητές ενώ τα υπόλοιπα από τους πελάτες.

Το στοιχείο **SOCKET** δημιουργεί ένα νέο ακραίο σημείο επικοινωνίας. Στην ουσία εγκαθιστά μια σύνδεση και περιέχει πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την επικοινωνία, π.χ. τον τρόπο διευθυνσιοδότησης και το πρωτόκολλο που θα χρησιμοποιηθεί.

Το στοιχείο **BIND** εκχωρεί μία διεύθυνση στη συγκεκριμένη υποδοχή.

Η κλήση **LISTEN** αποδίδει χώρο για να τοποθετηθούν σε ουρά οι εισερχόμενες κλήσεις σε περίπτωση που αρκετοί πελάτες προσπαθούν να συνδεθούν την ίδια στιγμή.

Το στοιχείο **ACCEPT** χρησιμοποιείται από τον εξυπηρετητή για να μπλοκάρει και να αναμένει μια νέα εισερχόμενη σύνδεση. Όταν φτάσει μια TPDU που ζητά σύνδεση, το επίπεδο μεταφοράς δημιουργεί μια νέα υποδοχή με τις ίδιες ιδιότητες όπως η αρχική.

Το στοιχείο **CONNECT** χρησιμοποιείται από την πλευρά του πελάτη για να ξεκινήσει τη διαδικασία σύνδεσης με τον εξυπηρετητή.

Και οι δύο πλευρές χρησιμοποιούν τα στοιχεία **SEND** και **RECEIVE** για να μεταδώσουν και να λάβουν δεδομένα, αντίστοιχα.

Τέλος, και οι δύο πλευρές χρησιμοποιούν το στοιχείο **CLOSE** για να απολύσουν τη σύνδεση.

### 4.3 Στοιχεία των πρωτοκόλλων μεταφοράς

Τα πρωτόκολλα μεταφοράς μοιάζουν με τα πρωτόκολλα διασύνδεσης δεδομένων εφόσον και αυτά ασχολούνται με τον έλεγχο λαθών, τον έλεγχο της ροής, τη δημιουργία συνδέσεων κ.α. Υπάρχουν, όμως, σημαντικές διαφορές διότι στο επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων, δύο δρομολογητές επικοινωνούν απ' ευθείας μέσω του φυσικού καναλιού ενώ στο επίπεδο μεταφοράς, το φυσικό κανάλι αντικαθίσταται από ολόκληρο το υποδίκτυο.

#### 4.3.1 Διευθυνσιοδότηση

Στο επίπεδο μεταφοράς ορίζονται διευθύνσεις μεταφοράς για να μπορεί μια διεργασία να διευκρινίσει με ποιον επιθυμεί να συνεργαστεί. Στο επίπεδο αυτό, οι διευθύνσεις γενικά ονομάζονται **Σημεία Πρόσβασης Υπηρεσίας Μεταφοράς (TSAP, Transport Service Access Point)** και υπάρχουν δύο είδη:

Οι **σταθερές TSAP** αφορούν διευθύνσεις των πιο σημαντικών υπηρεσιών. Υπάρχει, δηλαδή, ένας πίνακας στον οποίο υπάρχουν καταχωρημένες οι διευθύνσεις των υπηρεσιών, έτσι κάθε υπολογιστής γνωρίζοντας κάθε υπηρεσία ποια διεύθυνση έχει, ζητά να επικοινωνήσει με τη συγκεκριμένη υπηρεσία. Π.χ. η υπηρεσία ftp (μεταφορά αρχείων) έχει μια συγκεκριμένη διεύθυνση.

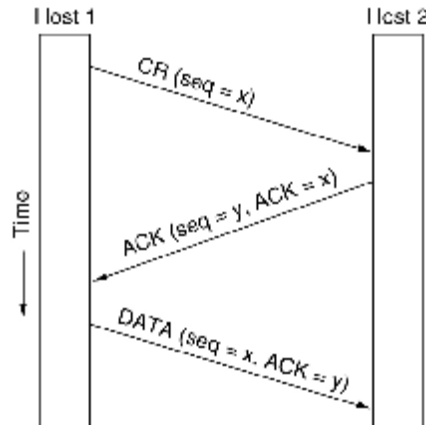
Οι **δυναμικές διευθύνσεις** χρησιμοποιούνται για πιο σπάνιες υπηρεσίες. Κάθε μηχανή διαθέτει έναν εξυπηρετητή διεργασιών, ο οποίος συνήθως ονομάζεται *εξυπηρετητής ονοματοδοσίας (name server)*. Όταν δημιουργείται μια νέα υπηρεσία, δίνει το όνομά της και την διεύθυνσή της στον name server. Οπότε, ο δέκτης για να βρει την αιτούμενη διεύθυνση εγκαθιστά μια σύνδεση με τον name server και αυτός με τη σειρά του, του επιστρέφει την συγκεκριμένη διεύθυνση. Έπειτα, ο δέκτης απολύει τη σύνδεση με τον name server και δημιουργεί μια νέα με την συγκεκριμένη υπηρεσία, επιστρέφοντας τα κατάλληλα δεδομένα στον αποστολέα.

#### 4.3.2 Δημιουργία και απόλυση συνδέσεων

Για να επιτευχθεί μια σύνδεση μεταξύ δύο υπολογιστών συμβαίνουν τα εξής:

- Ο υπολογιστής 1 στέλνει το μήνυμα ότι θέλει να δημιουργήσει μια σύνδεση (*connection request, CR ή SYN*).
- Ο υπολογιστής 2 απαντά με την επαλήθευση (*acknowledgement, ACK*).

- Ο υπολογιστής 1 αρχίζει να στέλνει τα πρώτα δεδομένα (*DATA*).  
Η παραπάνω διαδικασία φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Tanenbaum, 2000):



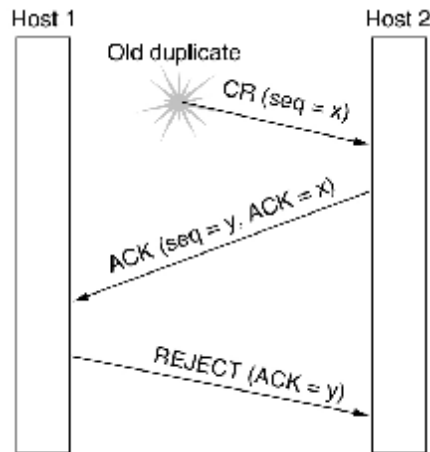
**Εικόνα 4.2: Επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών στο επίπεδο μεταφοράς**

Για να αποφευχθούν προβλήματα που μπορεί να συμβούν κατά τη μετάδοση αυτή, όπως αν κάποια μηνύματα χαθούν, καθυστερήσουν ή φτάσουν περισσότερες από μία φορές εφαρμόζεται η μέθοδος της τριμερούς χειραψίας (*three way handshake*). Τα χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι:

Σε κάθε CR αποδίδεται ένας τυχαίος αύξων αριθμός (*seq*). Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα 4.2 η αρχική CR έχει αύξων αριθμό  $seq=x$ .

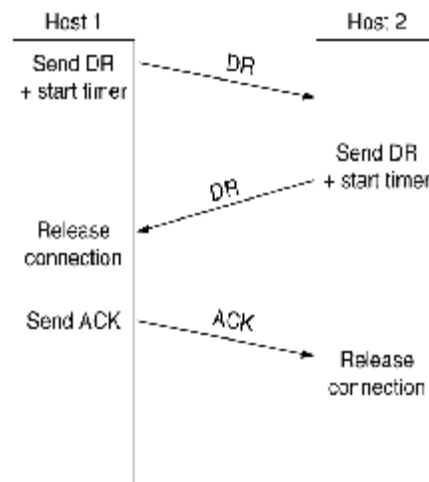
Ο παραλήπτης διατηρεί τον δικό του αύξων αριθμό (*ack*). Στο παραπάνω παράδειγμα είναι  $ack=y$ .

Έτσι, τα πακέτα έχουν τον δικό τους αριθμό *seq* και *ack*. Αν ένα παλιό αντίγραφο με  $seq=x$  φτάσει στον προορισμό τότε ο παραλήπτης θα στείλει μια επιβεβαίωση στον αποστολέα με  $ack=x$  και  $seq=y$ . Ο αποστολέας, όμως, θα δει ότι το συγκεκριμένο πακέτο το έχει στείλει και έτσι θα απαντήσει στον προορισμό με μία απόρριψη με  $ack=y$ , όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Tanenbaum, 2000):



**Εικόνα 4.3: Απόρριψη σε παλιό αντίγραφο**

Στην περίπτωση απόλυσης της σύνδεσης, ο υπολογιστής 1 στέλνει μια *DR* (*Disconnection Request*) στον υπολογιστή 2 και αυτός με τη σειρά του στέλνει επίσης μία *DR*. Τότε ο υπολογιστής 1 στέλνει μία *ack* στον 2 και απολύει τη σύνδεση. Μόλις ο 2 λάβει την *ack* από την 1 τότε απολύει και αυτός τη σύνδεση, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Tanenbaum, 2000):



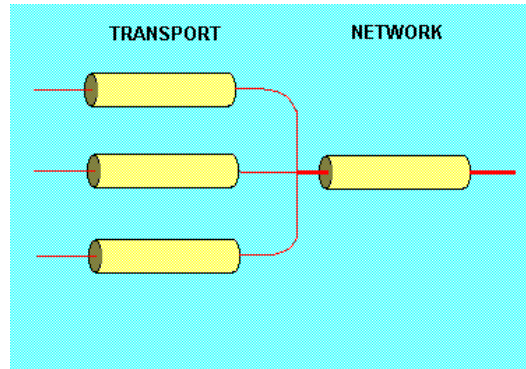
**Εικόνα 4.4: Απόλυση σύνδεσης**

### 4.3.3 Πολυπλεξία

Πολυπλεξία είναι ο μηχανισμός που εφαρμόζεται για να μπορέσουν να μεταδοθούν πολλές ροές δεδομένων μέσα από έναν κοινόχρηστο σύνδεσμο. Στο επίπεδο μεταφοράς η πολυπλεξία εφαρμόζεται είτε για να γίνει πιο αποδοτική και αξιόπιστη χρήση μιας σύνδεσης είτε σε περιπτώσεις όπου πολλαπλές συνδέσεις πρέπει να δοθούν σε ένα περιβάλλον που υπάρχει μία μόνο απλή σύνδεση.

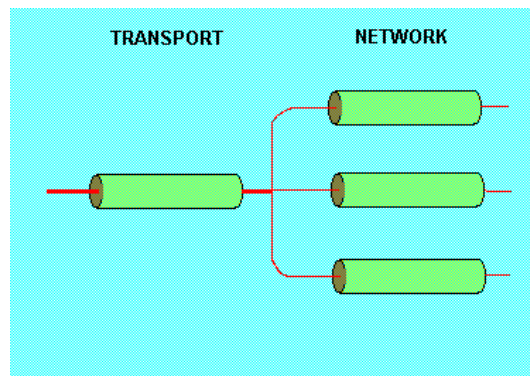
Υπάρχουν δύο είδη πολυπλεξίας που εφαρμόζονται στο επίπεδο μεταφοράς:

- **Πολυπλεξία προς τα πάνω** (Upward multiplexing), διαφορετικές συνδέσεις μεταφοράς χρησιμοποιούν την ίδια σύνδεση δικτύου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 4.5: Upward multiplexing<sup>9</sup>

- **Πολυπλεξία προς τα κάτω** (Downward multiplexing), το στρώμα μεταφοράς ανοίγει πολλές συνδέσεις δικτύου και κατανέμει την κίνηση σ' αυτές εκ περιτροπής, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 4.6: Downward multiplexing<sup>10</sup>

<sup>9</sup> <http://ntrg.cs.tcd.ie/undergrad/4ba2/transport/5.cd.02.html>

<sup>10</sup> <http://ntrg.cs.tcd.ie/undergrad/4ba2/transport/5.cd.02.html>



#### 4.4 Πρωτόκολλα μεταφοράς

Το Internet έχει δύο κύρια πρωτόκολλα μεταφοράς, ένα με σύνδεση και ένα χωρίς σύνδεση. Το πρωτόκολλο με σύνδεση είναι το TCP και χωρίς σύνδεση είναι το UDP. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά και των δύο.

##### 4.4.1 TCP

Το TCP σχεδιάστηκε με βασικό στόχο την υποστήριξη δυνατοτήτων αξιόπιστης επικοινωνίας μεταξύ ζευγαριών διαδικασιών σε υπολογιστές που βρίσκονται σε διαφορετικά αλλά διασυνδεδεμένα δίκτυα επικοινωνίας.

Το επίπεδο μεταφοράς δέχεται συρμούς δεδομένων από το χρήστη, αναλαμβάνει να τεμαχίσει αυτά τα δεδομένα σε κομμάτια και τα στείλει στον προορισμό τους ως ξεχωριστά πακέτα IP.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στο επίπεδο μεταφοράς, ο αποστολέας και ο παραλήπτης δημιουργούν ακραία σημεία (sockets) για να μπορέσουν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Κάθε σημείο έχει έναν αριθμό υποδοχής που αποτελείται από την IP διεύθυνση του υπολογιστή και από έναν τοπικό αριθμό 16 bit, ο οποίος ονομάζεται **θύρα (port)**. Οι θύρες με αριθμό κάτω από 1024 ονομάζονται *πασίγνωστες θύρες (well known ports)* και έχουν δεσμευτεί για συγκεκριμένες υπηρεσίες. Π.χ. η θύρα 21 έχει δεσμευτεί για την υπηρεσία FTP και η θύρα 23 για την υπηρεσία TELNET.

Στο επίπεδο μεταφοράς που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο TCP, τα δεδομένα ανταλλάσσονται με τη μορφή τεμαχίων. Κάθε **τεμάχιο (segment)** αποτελείται από μια σταθερή επικεφαλίδα των 20 byte και από μηδέν ή περισσότερα byte δεδομένων. Στην παρακάτω εικόνα 4.7 φαίνεται η μορφή της επικεφαλίδας TCP (**Parziale et al, 2006**):

0			1			2			3		
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9			0 1 2 3 4 5 6 7 8 9			0 1 2 3 4 5 6 7 8 9			0 1 2 3 4 5 6 7 8 9		
Source Port						Destination Port					
Sequence Number											
Acknowledgment Number											
Data Offset		Reserved		U R G	A C K	P S H	R S T	S Y N	F I N	Window	
Checksum						Urgent Pointer					
Options						... ...			Padding		
Data Bytes											

**Εικόνα 4.7: Η επικεφαλίδα TCP**

Τα πεδία της επικεφαλίδας TCP είναι τα εξής:

Το πεδίο **Θύρα αφετηρίας (Source Port)** περιέχει τον αριθμό της θύρας του αποστολέα και χρησιμοποιείται από τον δέκτη για τις απαντήσεις που θα στείλει.

Το πεδίο **Θύρα προορισμού (Destination Port)** περιέχει τον αριθμό της θύρας προορισμού.

Ο **αύξων αριθμός (Sequence Number)** είναι ο αύξων αριθμός του αρχικού byte δεδομένων του συγκριμένου τεμαχίου.

Ο **αριθμός επαλήθευσης (Acknowledgment Number)** είναι ο αριθμός του επόμενου αναμενόμενου πλαισίου.

Το πεδίο **Μήκος επικεφαλίδας TCP (Data Offset)** καθορίζει πόσες λέξεις των 32 bit περιέχονται στην επικεφαλίδα.

Στη συνέχεια υπάρχει ένα πεδίο 6 bit (**Reserved**) που έχει δεσμευτεί για μελλοντικούς σκοπούς.

Ακολουθούν **6 σημαίες** του ενός bit:

- Ενδείκτης επείγοντος, **URG** (Urgent pointer): τα δεδομένα χαρακτηρίζονται επείγοντα όταν στον Urgent Pointer δοθεί η τιμή 1.
- **ACK**: δηλώνει ότι η επαλήθευση είναι σημαντική σε αυτό το τεμάχιο.
- **PSH**: (push) άμεση παράδοση στον παραλήπτη και όχι τοποθέτηση σε κάποια περιοχή προσωρινής αποθήκευσης.
- **RST**: αρχικοποίηση της σύνδεσης λόγω κάποιου προβλήματος.
- **SYN**: αίτημα για δημιουργία νέας σύνδεσης.

- **FIN**: αίτημα για κλείσιμο της σύνδεσης.

Το πεδίο **Μέγεθος παραθύρου (Window)** καθορίζει το πόσα byte επιθυμεί ο δέκτης να δεχθεί.

Το πεδίο **Άθροισμα ελέγχου (Checksum)** χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των δεδομένων.

Στο πεδίο **Προαιρετικές επιλογές (Options)** μπορούν να προστεθούν επιπλέον δυνατότητες, π.χ. κάθε υπολογιστής μπορεί να ορίσει το μέγιστο αριθμό δεδομένων που μπορεί να δεχθεί.

Το πεδίο **Δεδομένα (Data Bytes)** περιέχει τα δεδομένα που θα μεταφερθούν τα οποία μπορεί να είναι 65535-20-20=65495 byte. Τα 20 πρώτα ανήκουν στην επικεφαλίδα IP και τα άλλα 20 στην επικεφαλίδα TCP.

Το λογισμικό του TCP αποφασίζει για το μέγεθος των τεμαχίων που θα μεταδοθούν. Μπορεί να συσσωρεύσει δεδομένα από πολλές διεργασίες σ' ένα τεμάχιο ή να διαχωρίσει δεδομένα σε πολλαπλά τεμάχια. Το κάθε τεμάχιο, μαζί με την επικεφαλίδα TCP, πρέπει να χωράει στο ωφέλιμο φορτίο των 65535 byte. Επίσης, κάθε δίκτυο έχει μια *μέγιστη μονάδα μεταφοράς MTU (Maximum Transfer Unit)* και κάθε τεμάχιο πρέπει να χωράει στην MTU. Εάν ένα τεμάχιο συναντήσει ένα δίκτυο με μικρότερη MTU από αυτό, ο δρομολογητής που βρίσκεται στο συγκεκριμένο δίκτυο κομματιάζει το τεμάχιο σε δύο ή περισσότερα τεμάχια. Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αλγόριθμοι που αναλαμβάνουν αυτόν τον τεμαχισμό με αποδοτικό τρόπο.

#### 4.4.2 UDP

Το πρωτόκολλο **Δεδομενογραφημάτων Χρήστη UDP (User Datagram Protocol)** αποτελεί ένα χωρίς σύνδεση πρωτόκολλο που προσφέρει ελάχιστες υπηρεσίες. Δεν υποστηρίζει έλεγχο ροής ή συμφόρησης, επαναμετάδοση σε περίπτωση σφαλμάτων και παραλαβή δεδομένων στην σωστή σειρά. Είναι απλό και χρησιμοποιείται κυρίως για μετάδοση μη «ευαίσθητων» πληροφοριών, π.χ. φωνή ή video ή για ανταλλαγή «μικρών» μηνυμάτων. Ένα τεμάχιο UDP αποτελείται από μια επικεφαλίδα των 8 byte και από τα δεδομένα. Η μορφή της επικεφαλίδας UDP φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Parziale et al, 2006):

Source Port	Destination Port
Length	Checksum
Data...	

**Εικόνα 4.8: Η επικεφαλίδα UDP**

Τα πεδία **Θύρα πηγής (Source port)** και **Θύρα προορισμού (Destination port)** περιέχουν τους αριθμούς των αντίστοιχων θυρών όπως και στην επικεφαλίδα TCP.

Το πεδίο **Μήκος (Length)** περιέχει το μέγεθος των δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων και των 8 bytes της επικεφαλίδας.

Το πεδίο **Άθροισμα ελέγχου (Checksum)** χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των δεδομένων.

## 4.5 Ασκήσεις

### Άσκηση 1<sup>η</sup>

Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:

Στοιχείο υπηρεσίας	Σημασία
SOCKET	
BIND	
LISTEN	
ACCEPT	
CONNECT	
SEND	
RECEIVE	
CLOSE	

### Απάντηση

Στοιχείο υπηρεσίας	Σημασία
SOCKET	Δημιούργησε ένα τερματικό σημείο επικοινωνίας
BIND	Δέσμευσε μια τοπική διεύθυνση σε μια υποδοχή
LISTEN	Ανακοίνωσε την πρόθεση να δεχθείς συνδέσεις και δώσε το μέγεθος της ουράς
ACCEPT	Σταμάτα μέχρι να φθάσει μια προσπάθεια εγκατάστασης σύνδεσης
CONNECT	Προσπάθησε να εγκαταστήσεις μια σύνδεση
SEND	Στείλε δεδομένα μέσω της σύνδεσης
RECEIVE	Πάρε δεδομένα μέσω της σύνδεσης
CLOSE	Απόλυσε τη σύνδεση

### Άσκηση 2<sup>η</sup>

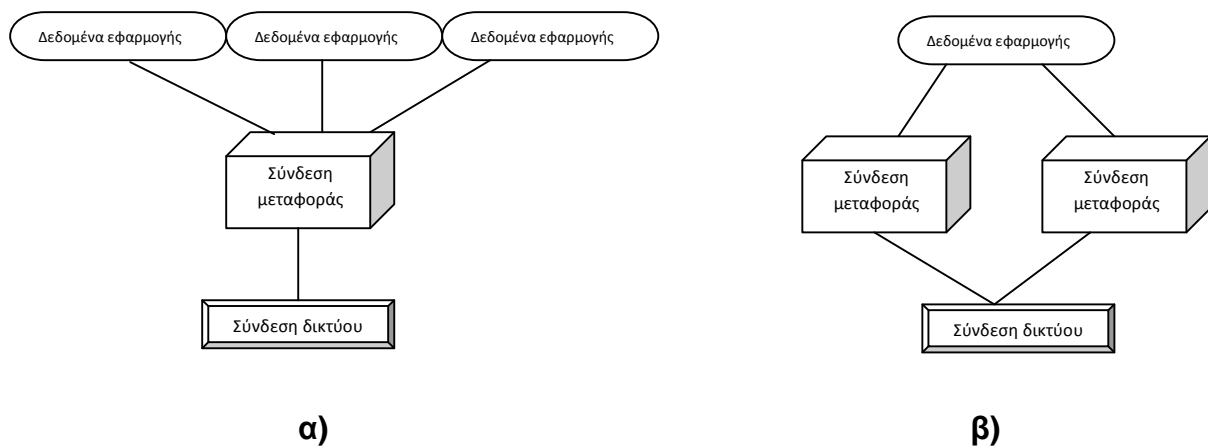
Να περιγράψετε τη διαδικασία μεταφοράς δεδομένων στο επίπεδο μεταφοράς.

### Απάντηση

Ο αποστολέας στέλνει το μήνυμα ότι θέλει να δημιουργήσει μια σύνδεση, στέλνει δηλαδή, ένα *CR*. Ο δέκτης μόλις λάβει το μήνυμα απαντά με μια επαλήθευση, *ACK*. Όταν ο αποστολέας λάβει την επιβεβαίωση αρχίζει να στέλνει τα δεδομένα (*DATA*). Μόλις ολοκληρωθεί η μετάδοση των δεδομένων, ο αποστολέας στέλνει μια *DR* προορισμό και αυτός με τη σειρά του στέλνει επίσης μία *DR*. Έπειτα ο αποστολέας στέλνει μια επιβεβαίωση στον δέκτη και απολύει τη σύνδεση. Μόλις ο δέκτης λάβει την επιβεβαίωση τότε απολύει και αυτός τη σύνδεση.

### Άσκηση 3<sup>η</sup>

Τι είδους πολυπλεξία εφαρμόζεται στις παρακάτω εικόνες;



### Απάντηση

Στην πρώτη εικόνα εφαρμόζεται πολυπλεξία προς τα πάνω (upward multiplexing) και στην δεύτερη πολυπλεξία προς τα κάτω (downward multiplexing).

### Άσκηση 4<sup>η</sup>

Οι θύρες: 18, 37, 42 και 53, σε ποιες υπηρεσίες αναφέρονται; Αναζητήστε τις απαντήσεις στο Internet.

**Απάντηση**

Θύρα	Υπηρεσία
18	Message Send Protocol
37	TIME Protocol
42	Windows Internet Name Service
53	Domain Name System (DNS)

**Άσκηση 5<sup>η</sup>**

Έστω τα δεδομένα που ο πομπός θέλει να στείλει στο δέκτη είναι 16384 bits. Από πόσα byte θα αποτελείται το τεμάχιο που θα διαμορφωθεί από το επίπεδο μεταφοράς;

**Απάντηση**

Τα 16384 bits είναι 2048 byte. Επιπλέον χρησιμοποιούνται 20 byte για την επικεφαλίδα TCP και 20 byte για την επικεφαλίδα IP. Άρα το τεμάχιο θα αποτελείται, συνολικά, από  $2048+20+20=2088$  byte.

## Κεφάλαιο 5: Τρόπος λειτουργίας εφαρμογών

Το επίπεδο εφαρμογής είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία όλων των εφαρμογών διαδικτύου που χρησιμοποιούν οι χρήστες του Internet. Διαθέτει διάφορα πρωτόκολλα για την ασφάλεια στη μετάδοση των πληροφοριών και τη διαχείριση του δικτύου. Επίσης, το επίπεδο εφαρμογής είναι υπεύθυνο και για την ονοματοδότηση εντός του δικτύου, την οποία χειρίζεται το πρωτόκολλο DNS. Στο παρόν κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με αυτό το πρωτόκολλο και θα αναλύσουμε τη λειτουργία κάποιων βασικών εφαρμογών του διαδικτύου.

### 5.1 Το πρωτόκολλο DNS

Όπως αναφέρθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο, κάθε μηχάνημα – host του Internet μπορεί να αναγνωριστεί από την IP διεύθυνσή του, που είναι ένας δυαδικός αριθμός των 32 bits. Το ίδιο το δίκτυο καταλαβαίνει μόνο τις IP διευθύνσεις. Οι άνθρωποι, όμως, μπορούν πιο εύκολα να θυμούνται ονόματα και όχι δυαδικά νούμερα. Για αυτό το λόγο, οι δυαδικές διευθύνσεις IP μετατρέπονται σε συμβολικά ονόματα, χρησιμοποιώντας την κωδικοποίηση χαρακτήρων ASCII. Για τη μετατροπή αυτή χρησιμοποιείται ένα πρωτόκολλο του στρώματος εφαρμογών, το **DNS (Domain Name System)**.

Το πρωτόκολλο DNS είναι μία βάση δεδομένων η οποία βρίσκεται αποθηκευμένη στους *εξυπηρετητές ονομάτων* (name servers). Είναι ένα πρωτόκολλο του στρώματος εφαρμογής που επιτρέπει στους host και στους εξυπηρετητές ονομάτων να επικοινωνούν μεταξύ τους με σκοπό τη μετάφραση των διαφορετικών μορφών διευθύνσεων. Το πρωτόκολλο DNS χρησιμοποιεί την θύρα 53 στο επίπεδο μεταφοράς.

Οι διευθύνσεις IP που χρησιμοποιούν οι χρήστες δεν είναι δυαδικοί αριθμοί αλλά προτάσεις με την ακόλουθη μορφή: [www.google.com](http://www.google.com). Οι διευθύνσεις σε αυτή τη μορφή είναι γνωστές ως **domain names** (ονόματα περιοχής ή ονόματα χώρου). Το DNS αναλαμβάνει τη μετάφραση αυτών των τύπων διευθύνσεων σε IP διευθύνσεις. Αυτό συμβαίνει ως εξής:

- το μηχάνημα του χρήστη, που λειτουργεί ως DNS πελάτης, στέλνει τη διεύθυνση [www.google.com](http://www.google.com) στον DNS εξυπηρετητή, από τον οποίο



λαμβάνει μία απάντηση (reply) που περιλαμβάνει την IP διεύθυνση του host που βρίσκεται η συγκεκριμένη διεύθυνση.

- Στη συνέχεια δημιουργείται μία σύνδεση TCP με τον εξυπηρετητή που βρίσκεται στην συγκεκριμένη διεύθυνση IP. Όλα τα πακέτα IP που στέλνονται από τον πελάτη προς τον εξυπηρετητή για την συγκεκριμένη σύνδεση έχουν ως διεύθυνση προορισμού αυτή την διεύθυνση IP.

Από το παράδειγμα αυτό γίνεται φανερό ότι το DNS εισάγει μία επιπλέον καθυστέρηση στις εφαρμογές του διαδικτύου που χρησιμοποιούν αυτό το πρωτόκολλο. Για τη μείωση της καθυστέρησης αυτής, η επιθυμητή διεύθυνση IP, συνήθως, αποθηκεύεται προσωρινά σε κάποιον κοντινό εξυπηρετητή ονομάτων, ο οποίος βοηθά στην μείωση του φορτίου στο ίδιο το διαδίκτυο αλλά και στην μείωση της μέσης καθυστέρησης.

Ένα όνομα περιοχής (DNS) αποτελείται από λέξεις που χωρίζονται μεταξύ τους με τελείες. Σε ένα πλήρες όνομα περιοχής το τμήμα προς τα δεξιά είναι η περιοχή ανωτέρου επιπέδου που παριστά ένα τύπο οργανισμού ή μια χώρα. Όπως διαβάζεται από τα δεξιά προς τα αριστερά το όνομα γίνεται σαφέστερο μέχρι να φθάσουμε στο όνομα του συγκεκριμένου υπολογιστή.

Π.χ. `ergastirio.teipat.gr`

Ο υπολογιστής *ergastirio* ανήκει στο domain *teipat.gr*

Η επέκταση (extension) ενός domain name είναι γνωστή ως **Top-Level Domain (TLD)** και οι επεκτάσεις αυτές διαιρούνται σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες (Κέντρο ΠΛΗ.ΝΕ.Τ Φλώρινας, 2012):

1. τα **generic top-level domains (gTLD)**,
2. τα **country code top-level domains (ccTLD)** και
3. τα **infrastructure top-level domains**.

Τα generic (γενικής χρήσης) top-level domains είναι αυτά που βλέπουμε πιο συχνά στο Web (Κέντρο ΠΛΗ.ΝΕ.Τ Φλώρινας, 2012):

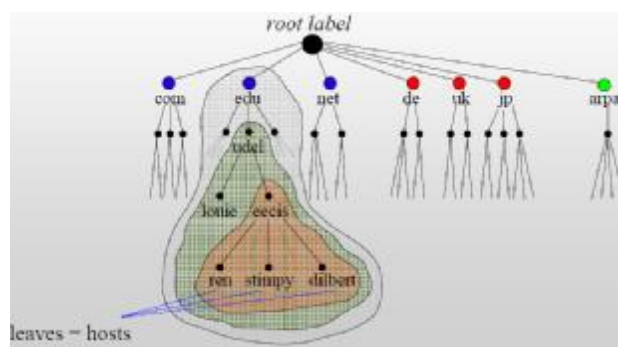
- .com (προορίζονται για από εμπορικούς οργανισμούς).
- .net (αρχικά προοριζόταν για χρήση από σελίδες που είχαν άμεση σχέση με το Internet αλλά σήμερα είναι διαθέσιμο στον οποιονδήποτε).
- .org (χρησιμοποιείται από μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς).
- .edu (χρησιμοποιείται από εκπαιδευτικούς οργανισμούς).

- .gov (είναι δεσμευμένο για υπηρεσίες κυβερνήσεων).
- .mil (είναι δεσμευμένο για τις στρατιωτικές υπηρεσίες).
- .int (είναι δεσμευμένο για διεθνείς οργανισμούς που έχουν ιδρυθεί βάσει συνθηκών, όπως η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών ITU, <http://www.itu.int>).
- .aero (είναι δεσμευμένο για τα μέλη της βιομηχανίας αερομεταφορών).
- .info (για επιχειρήσεις που παρέχουν πληροφορίες).
- .museum (είναι δεσμευμένο για μουσεία).
- .name (είναι δεσμευμένο για ανεξάρτητα άτομα).
- .pro (αναπτύσσεται για επαγγελματίες).

Τα country top-level domains είναι τα δύο γράμματα που ξεχωρίζουν μια χώρα ή μια εξαρτημένη περιοχή. Για παράδειγμα, στη διεύθυνση <http://www.mydomain.gr>, το .gr παριστάνει την Ελλάδα. Μπορούμε να βρούμε μια λίστα μ' όλους τους κωδικούς των κρατών του κόσμου στο Web site του οργανισμού IANA (<http://www.iana.org/cctld/cctld-whois.htm>).

Τέλος, το top-level domain infrastructure περιορίζεται μόνο στο extension .arpa και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για θέματα υποδομής του Internet.

Η αντιστοίχιση των δυαδικών διευθύνσεων με τα domain names γίνεται από τους authoritative servers που κάθε domain περιέχει, οι οποίοι παρέχουν ακριβείς πληροφορίες ονοματολογίας για το συγκεκριμένο domain, ή και για τα subdomains που μπορεί να υπάρχουν. Εναλλακτικά, ένα subdomain μπορεί να έχει τους δικούς του DNS servers για τους κόμβους που υπάγονται σε αυτό. Για παράδειγμα, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα 5.1, ο DNS server στο domain eecis.udel.edu είναι υπεύθυνος για την αντιστοίχιση των H/Y ren, stimpy και dilbert.



**Εικόνα 5.1: Domain Name System<sup>11</sup>**

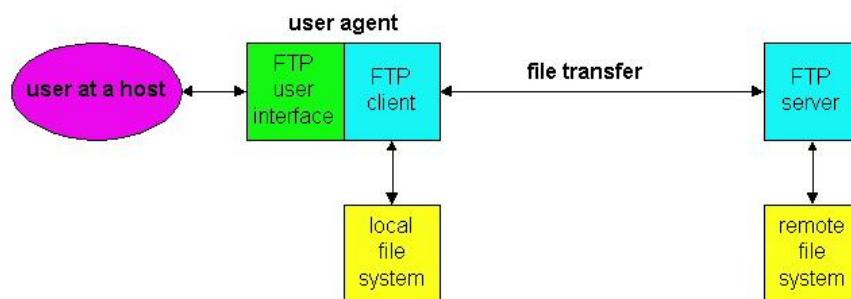
<sup>11</sup> Πηγή: [di.ionio.gr/~emagos/networks/msc/index.html](http://di.ionio.gr/~emagos/networks/msc/index.html)

Το DNS εκτός από τη μετάφραση των ονομάτων παρέχει και τις ακόλουθες σημαντικές υπηρεσίες (Βενιέρης, 2003):

- **Ψευδώνυμα (Alias) Host:** Ένας host με ένα πολύπλοκο όνομα μπορεί να έχει ένα ή περισσότερα εναλλακτικά ονόματα – ψευδώνυμα, τα οποία είναι συνήθως πιο εύκολα στην απομνημόνευση. Π.χ. ένας host με όνομα `hellas.core.teipat.gr` μπορεί να έχει ως ψευδώνυμα τα `www.teipat.gr` και `teipat.gr`. Το όνομα `hellas.core.teipat.gr` λέγεται κανονικό (canonical). Το DNS μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μία εφαρμογή για την εύρεση του κανονικού ονόματος ή της IP διεύθυνσης, ακόμη και αν δοθεί το ψευδώνυμο του υπολογιστή.
- **Ψευδώνυμα Εξυπηρετητών Ταχυδρομείου:** Συχνά και τα ονόματα των διευθύνσεων του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail) δίνονται σε μορφή εύκολη προς απομνημόνευση. Έστω ότι ο Nick έχει έναν λογαριασμό στο `yahoo.gr` και η e-mail διεύθυνσή του είναι `nick@yahoo.gr`. Παρόλα αυτά το όνομα του host του `yahoo.gr` είναι πιο πολύπλοκο από το απλό `yahoo.gr` (π.χ. μπορεί να είναι `hellas.core.yahoo.gr`). Το DNS στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται για την εύρεση του κανονικού ονόματος για το ψευδώνυμο του host αλλά και της IP διεύθυνσής του.
- **Κατανομή φορτίου:** Πολλές τοποθεσίες του διαδικτύου έχουν πολλούς εξυπηρετητές για τον ίδιο σκοπό, π.χ. την παροχή μίας ιστοσελίδας, εξαιτίας του μεγάλου όγκου της κίνησης από και προς αυτές. Στην περίπτωση αυτή, κάθε εξυπηρετητής βρίσκεται σε διαφορετικό μηχάνημα και έχει διαφορετική IP διεύθυνση. Για αυτές τις περιπτώσεις, στη βάση δεδομένων του DNS περιέχονται πολλές IP διευθύνσεις με το ίδιο κανονικό όνομα. Όταν κάποιος πελάτης DNS κάνει μία ερώτηση στον εξυπηρετητή για κάποιο όνομα με πολλές διευθύνσεις IP, ο DNS εξυπηρετητής ανταποκρίνεται με όλες τις διευθύνσεις IP, αλλά περιστρέφοντας κατά μία διεύθυνση για κάθε αίτηση που γίνεται για το συγκεκριμένο όνομα. Επειδή συνήθως οι host χρησιμοποιούν την πρώτη διεύθυνση IP που βρίσκουν στην απόκριση DNS, η περιστροφή αυτή κατανέμει το φορτίο μεταξύ των διάφορων εξυπηρετητών.

## 5.2 Η εφαρμογή FTP

Το πρωτόκολλο **FTP (File Transfer Protocol)** χρησιμοποιείται για την μεταφορά αρχείων από έναν υπολογιστή του διαδικτύου σε κάποιον άλλον. Για να μπορέσει ο χρήστης να έχει πρόσβαση στα αρχεία του απομακρυσμένου υπολογιστή, δηλαδή σε κάποιο λογαριασμό (account) του απομακρυσμένου υπολογιστή, πρέπει να δώσει ένα αναγνωριστικό όνομα χρήστη (*user name*) και έναν κωδικό (*password*). Μετά την παροχή των παραπάνω πληροφοριών πιστοποίησης (authentication), ο χρήστης μπορεί να μεταφέρει αρχεία από το σύστημα αρχείων του προς το απομακρυσμένο σύστημα αρχείων και αντιστρόφως, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Βενιέρης, 2003):

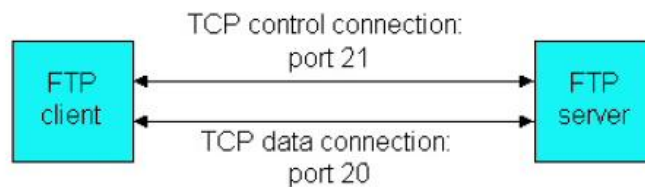


**Εικόνα 5.2: Μεταφορά αρχείων μέσω πρωτοκόλλου FTP**

Μόλις ο χρήστης πληκτρολογήσει το όνομα του απομακρυσμένου υπολογιστή (remote host name), η FTP διαδικασία πελάτη στον τοπικό υπολογιστή εγκαθιστά μία σύνδεση TCP με τον εξυπηρετητή FTP στον απομακρυσμένο υπολογιστή. Έπειτα, ο χρήστης παρέχει το user name και το password, τα οποία στέλνονται μέσω της σύνδεσης TCP ως μέρος εντολών FTP. Μετά την πιστοποίηση του χρήστη από τον εξυπηρετητή, ο χρήστης μπορεί να αντιγράψει ή να μετακινήσει αρχεία από το τοπικό του σύστημα αρχείων προς το απομακρυσμένο σύστημα αρχείων και αντιστρόφως.

Το FTP χρησιμοποιεί δύο παράλληλες συνδέσεις TCP για την μεταφορά ενός αρχείου: μία *σύνδεση ελέγχου (control connection)* στη θύρα 21 και μία *σύνδεση δεδομένων (data connection)* στην θύρα 20. Η σύνδεση ελέγχου χρησιμοποιείται για την μεταφορά πληροφοριών ελέγχου μεταξύ των δύο υπολογιστών, όπως είναι το όνομα χρήστη, ο κωδικός, πληροφορίες για αλλαγή του απομακρυσμένου καταλόγου και εντολές για την ανάκτηση (get) ή καταχώρηση (put) αρχείων. Η σύνδεση

δεδομένων χρησιμοποιείται για την πραγματική μεταφορά του αρχείου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Βενιέρης, 2003):



**Εικόνα 5.3: Οι δύο ξεχωριστές TCP συνδέσεις που χρησιμοποιεί το FTP**

Μέσω της σύνδεσης δεδομένων στέλνεται μόνο ένα αρχείο και στη συνέχεια η σύνδεση δεδομένων κλείνει. Αν κατά τη διάρκεια αυτής της συνόδου ο χρήστης θέλει να μεταφέρει και άλλα αρχεία τότε ανοίγονται ξεχωριστές συνδέσεις δεδομένων, μία για κάθε αρχείο ενώ η σύνδεση ελέγχου παραμένει για όλη τη διάρκεια της μεταφοράς αρχείων.

Σε όλη την διάρκεια της επικοινωνίας ο εξυπηρετητής κρατάει την κατάσταση (state) του χρήστη, επομένως δημιουργείται μείωση στον αριθμό των χρηστών που μπορεί να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα, σε σχέση με άλλα πρωτόκολλα που δεν κρατάνε την κατάσταση του χρήστη, όπως το HTTP.

### 5.3 Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο

Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή του Internet είναι το **ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (email)**. Το χρησιμοποιούν εκατομμύρια χρήστες σε όλο τον κόσμο για περισσότερο από δύο δεκαετίες. Τα πρωτόκολλα του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό ώστε τα μηνύματα να περιέχουν όχι μόνο απλό κείμενο αλλά και εικόνες, ήχους, βίντεο κ.ά. Όσοι χρήστες χρησιμοποιούν αυτή την υπηρεσία, επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω των διευθύνσεων του ηλεκτρονικού τους ταχυδρομείου, οι οποίες έχουν την εξής μορφή: `όνομα_χρήστη@τοποθεσία`. Π.χ. `myname@yahoo.gr`.

Τα συστήματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου υποστηρίζουν πέντε βασικές λειτουργίες:

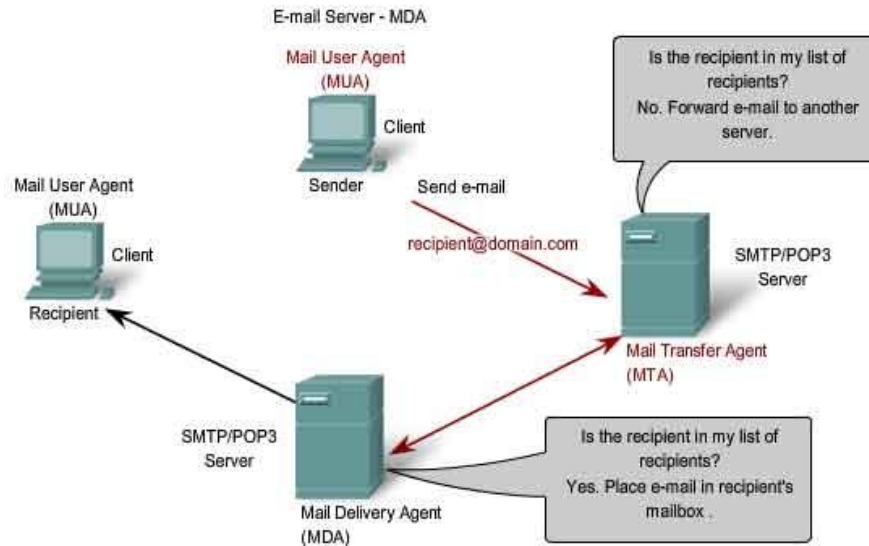
1. **Σύνθεση (Composition):** αναφέρεται στη λειτουργία δημιουργίας μηνυμάτων και απαντήσεων. Συγκεκριμένα, μπορεί το ίδιο το σύστημα να βοηθήσει στη διευθυνσιοδότηση και στα διάφορα πεδία επικεφαλίδας

του κάθε μηνύματος. Για παράδειγμα, στην περίπτωση απάντησης σε κάποιο μήνυμα το σύστημα μπορεί να συμπληρώσει αυτόματα τη διεύθυνση αποστολής της απάντησης.

2. **Μεταφορά (Transfer):** αναφέρεται στην μεταφορά των μηνυμάτων από την πηγή προς τον προορισμό. Όταν ο χρήστης δώσει την κατάλληλη εντολή εγκαθίσταται μία σύνδεση μεταξύ της πηγής και του προορισμού, συνήθως με χρήση και ενδιάμεσων κόμβων, μεταφέρεται το μήνυμα και τέλος, απολύεται η σύνδεση. Η ενέργεια αυτή εκτελείται αυτόματα από το σύστημα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
3. **Αναφορά (Reporting):** ο αποστολέας του μηνύματος ενημερώνεται για το αν το μήνυμα έφθασε στον τελικό του προορισμό, αν χάθηκε ή αν απορρίφθηκε από κάποιον ενδιάμεσο κόμβο. Σε περιπτώσεις που θέλουμε να βεβαιωθούμε ότι ο παραλήπτης έλαβε το μήνυμα, η λειτουργία αυτή είναι πολύ χρήσιμη.
4. **Παρουσίαση (Displaying):** αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο παρουσιάζονται τα περιεχόμενα του μηνύματος στον χρήστη. Για παράδειγμα, μερικές φορές το κείμενο μπορεί να μην εμφανίζεται σωστά, οπότε να χρειαστεί η εφαρμογή διαφορετικής κωδικοποίησης κειμένου.
5. **Διευθέτηση (Disposition):** αναφέρεται με το τι θα κάνει το μήνυμα ο παραλήπτης του, π.χ. μπορεί να το διαγράψει πριν ή μετά την ανάγνωσή του ή να το αποθηκεύσει.

Εκτός από τις πέντε αυτές βασικές λειτουργίες έχουν αναπτυχθεί και άλλες με πιο εξελιγμένα χαρακτηριστικά, π.χ. τα γραμματοκιβώτια (mailboxes), οι ταχυδρομικές λίστες (mailing list), η υψηλή προτεραιότητα κ.ά.

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η βασική αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται για την υπηρεσία του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου:



Εικόνα 5.4: Αρχιτεκτονική του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου<sup>12</sup>

Τα τρία βασικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου είναι οι **αντιπρόσωποι χρηστών (user agents)**, οι **εξυπηρετητές ταχυδρομείου (mail servers)** και το **πρωτόκολλο μεταφοράς των μηνυμάτων SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)**. Οι αντιπρόσωποι χρηστών επιτρέπουν στους διάφορους χρήστες να συνθέσουν, να διαβάσουν και να στείλουν e-mail.

Όταν ένας χρήστης στέλνει ένα e-mail, αυτό φθάνει πρώτα σε κάποιον εξυπηρετητή ταχυδρομείου, όπου και αποθηκεύεται σε μία *εξερχόμενη ουρά μηνυμάτων (outgoing message queue)*. Ο εξυπηρετητής εγκαθιστά μια σύνδεση TCP στη θύρα 25 και το πρωτόκολλο SMTP αναλαμβάνει να μεταφέρει τα μηνύματα στον εξυπηρετητή προορισμού. Αν ένα μήνυμα δεν παραδοθεί επιστρέφει στον αποστολέα με μία αναφορά λάθους. Αντίθετα, όταν ο χρήστης θέλει να διαβάσει κάποιο μήνυμα τότε αυτό μεταφέρεται από τον εξυπηρετητή μηνυμάτων στον υπολογιστή του χρήστη.

Οι αντιπρόσωποι χρήστη πρέπει να είναι συνεχώς συνδεδεμένοι με το Διαδίκτυο για να μπορούν να λαμβάνουν τα μηνύματα που μπορεί να φθάσουν οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Υπάρχουν, όμως, χρήστες που δεν έχουν τη δυνατότητα να είναι συνεχώς συνδεδεμένοι στο Internet. Για την αποφυγή του παραπάνω προβλήματος, κάθε χρήστης διατηρεί ένα γραμματοκιβώτιο (mailbox) σε

<sup>12</sup> [http://www.highteck.net/EN/Application/Application\\_Layer\\_Functionality\\_and\\_Protocols.html](http://www.highteck.net/EN/Application/Application_Layer_Functionality_and_Protocols.html)

κάποιον μοιραζόμενο (shared) εξυπηρετητή ταχυδρομείου, δηλαδή σε έναν εξυπηρετητή ταχυδρομείου που πάντα είναι ενεργός και συνδεδεμένος στο Διαδίκτυο, ώστε να λαμβάνει τα μηνύματα των διαφόρων χρηστών του.

Για την επικοινωνία των πρακτόρων χρήστη και των μοιραζόμενων εξυπηρετητών ταχυδρομείου χρειάζεται ένα νέο **πρωτόκολλο πρόσβασης ταχυδρομείου (mail access protocol)**. Τα πιο δημοφιλή πρωτόκολλα πρόσβασης ταχυδρομείου είναι το **Ταχυδρομικό Πρωτόκολλο POP3 (Post Office Protocol)**, το **Διαλογικό Πρωτόκολλο Ταχυδρομικής Πρόσβασης IMAP (Internet Mail Access Protocol)** και το **Πρωτόκολλο Κατανεμημένου Ταχυδρομικού Συστήματος DMSP (Distributed Mail System Protocol)**.

Το πρωτόκολλο **POP3** μεταφέρει τα μηνύματα από ένα μακρινό γραμματοκιβώτιο και το αποθηκεύει στον τοπικό υπολογιστή του χρήστη για να διαβασθεί αργότερα. Το πρωτόκολλο **IMAP** σχεδιάστηκε για χρήστες που χρησιμοποιούν πολλούς υπολογιστές, π.χ. έναν σταθερό υπολογιστή στο σπίτι και ένα laptop. Στο πρωτόκολλο αυτό ο εξυπηρετητής διατηρεί μια κεντρική αποθήκη, στην οποία έχει πρόσβαση οποιαδήποτε μηχανή. Το πρωτόκολλο **DMSP** επιτρέπει στους χρήστες να κατεβάσουν τα μηνύματα του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου τους σε σταθμός εργασίας, προσωπικό υπολογιστή ή φορητό και μετά να αποσυνδεθούν. Τα μηνύματα μπορούν να διαβασθούν και να απαντηθούν ενώ δεν υπάρχει σύνδεση. Μόλις αργότερα ο χρήστης επανασυνδεθεί με το internet τα μηνύματα αποστέλλονται και το σύστημα συγχρονίζεται ξανά.

#### **5.4 Η εφαρμογή WWW**

Στις αρχές τις δεκαετίας του 1980 το Διαδίκτυο χρησιμοποιούνταν κυρίως στην ακαδημαϊκή κοινότητα. Το 1989 στα εργαστήρια του Ευρωπαϊκού Κέντρου Πυρηνικών Ερευνών CERN προτάθηκε η ιδέα του **Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web – WWW)** ή απλά Ιστού (Web) από τον φυσικό Tim Berners – Lee ως μία αρχιτεκτονική για την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων διεθνώς διασκορπισμένων ερευνητικών ομάδων του CERN. Η βασική ιδέα της αρχιτεκτονικής αυτής ήταν η διασύνδεση των εγγράφων που ήταν διασκορπισμένα σε χιλιάδες μηχανήματα στο Διαδίκτυο. Γρήγορα έγινε ιδιαίτερα δημοφιλές και γύρω του αναπτύχθηκε μία

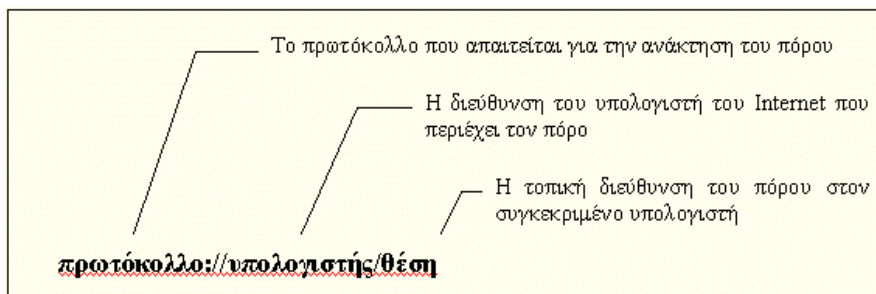


ολόκληρη βιομηχανία. Η δημοτικότητά του οφείλεται τόσο στο γραφικό περιβάλλον χρήσης του όσο και στην μεγάλη πληθώρα πληροφοριών που διαθέτει, με αποτέλεσμα ο κάθε χρήστης να μπορεί να βρει αυτό που τον ενδιαφέρει με ελάχιστο κόστος.

Το διαδίκτυο στην ουσία αποτελείται από μια παγκόσμια συλλογή εγγράφων, οι οποίες ονομάζονται **ιστοσελίδες (Web pages)**. Κάθε σελίδα μπορεί να περιέχει διάφορα αντικείμενα: κείμενο, ήχο, εικόνες, βίντεο κ.ά. Επίσης, περιέχει παραπομπές προς άλλες σελίδες, σχετικές με το θέμα που διαπραγματεύεται η συγκεκριμένη σελίδα. Η μορφή αυτή σύνδεσης των σελίδων μεταξύ τους ονομάζεται **υπερ-κείμενο (hypertext)**. Ένα σύνολο διασυνδεδεμένων σελίδων που αφορούν το ίδιο θέμα ονομάζεται **ιστότοπος (web site)**.

Κάθε ιστότοπος έχει τη δική του διεύθυνση, η οποία ονομάζεται **Ομοιόμορφος Εντοπιστής Πόρων URL (Uniform Resource Locator)**. Οι διευθύνσεις URL αποτελούνται από τρία μέρη (εικόνα 5.5):

1. το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των αρχείων, π.χ. το http,
2. το όνομα DNS της μηχανής που βρίσκεται η σελίδα και
3. το όνομα του αρχείου όπου βρίσκεται αποθηκευμένη η σελίδα.



Εικόνα 5.5: Τμήματα των διευθύνσεων URL<sup>13</sup>

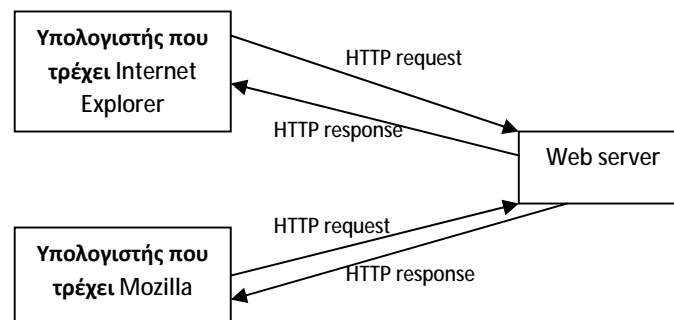
Για παράδειγμα, μια διεύθυνση URL είναι η εξής: <http://www.teipat.gr/internet.html>, με το http να είναι το πρωτόκολλο μεταφοράς, το [www.teipat.gr](http://www.teipat.gr) το όνομα DNS του υπολογιστή και το internet.html το αρχείο που βρίσκεται αποθηκευμένη η σελίδα.

<sup>13</sup> Πηγή: [www2.uth.gr/main/help/help-desk/www/www2.html](http://www2.uth.gr/main/help/help-desk/www/www2.html)

Οι χρήστες μπορούν να δουν τις ιστοσελίδες μέσω ειδικών προγραμμάτων που ονομάζονται **σελιδοποιητές (browsers)**. Μερικοί από τους πιο γνωστούς browsers είναι ο Internet Explorer, ο Mozilla και ο Google Chrome.

Το **Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου HTTP (HyperText Transfer Protocol)** αποτελεί το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται κυρίως στο Internet. Το HTTP υλοποιείται ως δύο προγράμματα: ένα πρόγραμμα πελάτη (*client program*) και ένα πρόγραμμα εξυπηρετητή (*server program*). Τα δύο αυτά προγράμματα εκτελούνται σε διαφορετικά μηχανήματα ανταλλάσσοντας μεταξύ τους HTTP μηνύματα. Συγκεκριμένα το HTTP ορίζει τη δομή των μηνυμάτων αυτών καθώς και τον τρόπο ανταλλαγής τους ανάμεσα στον πελάτη και στον εξυπηρετητή.

Το HTTP ορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι πελάτες του Ιστού (π.χ. οι browsers) ζητούν (*request*) ιστοσελίδες από τους εξυπηρετητές του Ιστού (π.χ. τους Web servers) και πως οι εξυπηρετητές μεταφέρουν τις ιστοσελίδες στους πελάτες, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



**Εικόνα 5.6: Επικοινωνία μέσω του πρωτοκόλλου HTTP**

Όταν ο χρήστης ζητά μία ιστοσελίδα, ο browser στέλνει μία αίτηση HTTP (*HTTP request*) στον εξυπηρετητή. Ο εξυπηρετητής όταν λάβει το μήνυμα αυτό ανταποκρίνεται με μηνύματα HTTP απόκρισης (*HTTP response*) στα οποία περιέχονται οι αιτούμενες σελίδες. Πιο συγκεκριμένα, ο πελάτης εγκαθιστά μία σύνδεση TCP με τον εξυπηρετητή και αρχίζει την αποστολή μηνυμάτων – αιτήσεων προς αυτόν και τη λήψη μηνυμάτων – αποκρίσεων από αυτόν. Λόγω της χρήσης του TCP, το HTTP δεν χρειάζεται να ασχοληθεί καθόλου με τη μεταφορά των δεδομένων. Το μόνο που πρέπει να κάνει είναι να στείλει τις αιτήσεις μέσω της TCP σύνδεσης και να περιμένει τις αποκρίσεις. Το TCP εγγυάται την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων καθώς και τον έλεγχο της συμφόρησης.

Οι εξυπηρετητές του HTTP δεν κρατάνε καθόλου στοιχεία για την κατάσταση του πελάτη. Επομένως, αν ένας πελάτης στείλει μία αίτηση για ένα αρχείο δύο φορές, ο εξυπηρετητής θα του στείλει το αρχείο αυτό δύο φορές.

## 5.5 Ασκήσεις

### Άσκηση 1<sup>η</sup>

Στην διεύθυνση entipa.yrerth.org ποια είναι η επέκταση και τι σημαίνει; Επίσης, ποιο τμήμα αποτελεί το domain name και ποιο το όνομα του υπολογιστή;

#### Απάντηση

Η επέκταση είναι η org και σημαίνει μη κερδοσκοπικός οργανισμός. Το domain είναι το yrerth.org και το όνομα του υπολογιστή είναι το entipa.

### Άσκηση 2<sup>η</sup>

Χρησιμοποιώντας τη μηχανή μετατροπής IP διευθύνσεων που βρίσκεται στην ακόλουθη ιστοσελίδα: [freelabs.info/UrlToIpOnline.aspx](http://freelabs.info/UrlToIpOnline.aspx), να σημειώσετε ποια είναι η IP διεύθυνση του ΤΕΙ Πατρών: [www.teipat.gr](http://www.teipat.gr).

#### Απάντηση

Η IP διεύθυνση του ΤΕΙ Πατρών είναι: 195.251.8.36

### Άσκηση 3<sup>η</sup>

Ποιες πληροφορίες χρειάζεται να πληκτρολογήσει ο χρήστης για να συνδεθεί με έναν απομακρυσμένο υπολογιστή μέσω του πρωτοκόλλου FTP;

#### Απάντηση

Το όνομα του απομακρυσμένου υπολογιστή, το αναγνωριστικό χρήστη (username) και τον κωδικό (password) του.

### Άσκηση 4<sup>η</sup>

Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία της στήλης α με τα στοιχεία της στήλης β:

α	β
Μεταφορά	Δημιουργία μηνύματος
Αναφορά	Βεβαίωση παραλαβής μηνύματος
Σύνθεση	Διαγραφή μηνύματος
Διευθέτηση	Αποστολή μηνύματος
Παρουσίαση	Κωδικοποίηση κειμένου μηνύματος

#### Απάντηση

Μεταφορά – Αποστολή μηνύματος  
Αναφορά – Βεβαίωση παραλαβής μηνύματος  
Σύνθεση – Δημιουργία μηνύματος  
Διευθέτηση – Διαγραφή μηνύματος  
Παρουσίαση – Κωδικοποίηση κειμένου μηνύματος

### **Άσκηση 5<sup>η</sup>**

Αναλύστε την παρακάτω διεύθυνση URL:

<http://www.sch.gr/mathimata/pliροφοriki.html>

#### **Απάντηση**

Το http είναι το πρωτόκολλο μεταφοράς, το [www.sch.gr](http://www.sch.gr) είναι το όνομα DNS του υπολογιστή και το pliροφοriki.html είναι το αρχείο που βρίσκεται αποθηκευμένη η σελίδα, το οποίο βρίσκεται μέσα στον φάκελο mathimata.

## Σχολιασμός - προτάσεις

Τα *εξ αποστάσεως εκπαιδευτικά συστήματα* αναπτύχθηκαν είτε για να πλαισιώσουν την παραδοσιακή διδασκαλία είτε για να αποτελέσουν ένα αποκλειστικά *εξ αποστάσεως* μαθησιακό περιβάλλον. Από έρευνες που έχουν διεξαχθεί (Martin-Blas & Serrano-Fernandez, 2008, Papanikolaou & Grigoriadou, 2009, Yam & Rossini, 2012), οι εκπαιδευόμενοι, οι οποίοι προέρχονται κυρίως από την Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, φαίνεται να διατηρούν μία θετική στάση απέναντι σε αυτά τα συστήματα.

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, αναπτύχθηκε μαθησιακό υλικό για την ηλεκτρονική πλατφόρμα του e – class του ΤΕΙ Πατρών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε παράλληλα με την παραδοσιακή διδασκαλία είτε για μια καθαρά *εξ αποστάσεως* εκπαίδευση.

Στο εκπαιδευτικό αυτό υλικό, το οποίο παρουσιάστηκε στα κεφάλαια 1- 5 της παρούσης εργασίας, αναλύθηκαν τα σημαντικότερα θεωρητικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας των διαφόρων επιπέδων/στρωμάτων των δικτύων και δημιουργήθηκαν κάποιες ασκήσεις για την εκμάθηση των βασικών εννοιών και ιδιοτήτων.

Η πλατφόρμα «e-Class» είναι σχεδιασμένη με προσανατολισμό την ενίσχυση και υποστήριξη της εκπαιδευτικής δραστηριότητας. Κεντρικός ρόλος είναι αυτός του καθηγητή στον οποίο δίνει τη δυνατότητα να οργανώνει εύχρηστα και λειτουργικά ηλεκτρονικά μαθήματα αλλά και να ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευόμενων, με χρήση των λειτουργιών επικοινωνίας που υποστηρίζει το σύστημα, όπως είναι η περιοχή συζητήσεων και η κουβέντα.

Προτείνεται ο καθηγητής που θα χρησιμοποιήσει το παρόν εκπαιδευτικό υλικό να εφαρμόσει πρακτικές που επιδιώκουν την ενεργή συμμετοχή των εκπαιδευόμενων στη μαθησιακή διαδικασία αλλά και την συνεργασία μεταξύ τους, έτσι ώστε οι γνώσεις που θα αποκομίσουν να αποκτηθούν από δικές τους ενέργειες και εργασίες αλλά και από τη συνεργασία και συζήτηση με τους συμμαθητές τους.

Η περιοχή συζητήσεων προσφέρεται για την ανάπτυξη τέτοιων πρακτικών. Μπορούν να πραγματοποιηθούν συζητήσεις μεταξύ συμμετεχόντων σε ένα

συγκεκριμένο θέμα. Ο καθηγητής ή ο κάθε εκπαιδευόμενος μπορεί να ξεκινήσει μια νέα συζήτηση και υπόλοιποι να απαντήσουν. Ο καθηγητής μπορεί να βοηθήσει κάνοντας διάφορες ανακοινώσεις μέσα από τις οποίες να δώσει οδηγίες για τη λύση κάποιας άσκησης ή να παροτρύνει τους εκπαιδευόμενους να συνεργαστούν και να συζητήσουν.

Η κουβέντα (chat) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συνομιλήσουν μεταξύ τους οι εκπαιδευόμενοι και να συνεργαστούν προκειμένου να λύσουν κάποια άσκηση ή να απαντήσουν σε κάποια απορία. Επίσης, μπορούν να συνομιλήσουν και με τον καθηγητή τους για να τους απαντήσει σε απορίες ή δυσκολίες που συναντούν.

Έχουν γίνει αρκετές έρευνες πάνω στην εφαρμογή αντίστοιχων μαθησιακών διαδικασιών, κυρίως σε φοιτητές της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Στην Ελλάδα, όμως είναι πολύ μικρός ο αριθμός αυτών των ερευνών, οπότε κάθε έρευνα στον τομέα αυτό κρίνεται σημαντική. Η εφαρμογή της εκπαιδευτικής διαδικασίας με χρήση του παρόντος υλικού σε φοιτητές του ΤΕΙ Πατρών και η καταγραφή των στάσεων και αντιλήψεων τους όσον αφορά το σύστημα του e-class, την εξ αποστάσεως εκπαίδευση, την μεταξύ τους συνεργασία και την επίτευξη των μαθησιακών στόχων, θα αποτελεί χρήσιμη πληροφόρηση για την εφαρμογή της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης είτε παράλληλα με την παραδοσιακή διδασκαλία είτε αποκλειστικά για την εξ αποστάσεως μάθηση.

## Βιβλιογραφία

Tanenbaum A. (2000), *Δίκτυα Υπολογιστών*, 3<sup>η</sup> Έκδοση, Αθήνα: Παπασωτηρίου

Right G, Stevens R. (1995), *TCP/IP Illustrated The Implementation*, Volume 2, Indianapolis: Pearson Education Corporate Sales Division, Διαθέσιμο online: [http://www.google.gr/books?hl=el&lr=&id=ESM3CWY5xRYC&oi=fnd&pg=PR19&dq=IP+stevens+1993&ots=b4sTZKuxzX&sig=0ivdylz1w5Rq9r17wZ8lveaNUPg&redir\\_esc=y#v=onepage&q=IP%20stevens%201993&f=false](http://www.google.gr/books?hl=el&lr=&id=ESM3CWY5xRYC&oi=fnd&pg=PR19&dq=IP+stevens+1993&ots=b4sTZKuxzX&sig=0ivdylz1w5Rq9r17wZ8lveaNUPg&redir_esc=y#v=onepage&q=IP%20stevens%201993&f=false). Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 20/02/2013

Haas H. (2005), *The point to point protocol*, Διαθέσιμο online: <http://www.docstoc.com/docs/53711089/PPP-The-point-to-point-protocol>. Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 20/02/2013

Βενιέρης Ι. Σ. (2007), *Σημειώσεις για τα πρωτόκολλα στρώματος εφαρμογής: HTTP, FTP, E-mail, DNS*, Αθήνα, Ιανουάριος 2007. Διαθέσιμο online: [http://www.semfe.gr/files/users/376/texnologies\\_diadiktyou-kefalaio10.pdf](http://www.semfe.gr/files/users/376/texnologies_diadiktyou-kefalaio10.pdf). Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 20/02/2013

Κέντρο ΠΛΗ.ΝΕ.Τ Φλώρινας (2012), *Domain Names – Εισαγωγή*, Διαθέσιμο online: [dide.flo.sch.gr/Plinet/Tutorials/Tutorials-DomainNames-Introduction.html](http://dide.flo.sch.gr/Plinet/Tutorials/Tutorials-DomainNames-Introduction.html). Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 20/02/2013

Charles K. (2005), *The TCP/IP Guide*, Διαθέσιμο online: [www.TCPIPGuide.com](http://www.TCPIPGuide.com). Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 20/02/2013

Lindner M. (2006), *HDLC (High level Data Link Control)*, Viena 2006, Διαθέσιμο online: [https://www.ict.tuwien.ac.at/lva/384.081/infobase/L03-HDLC\\_v4-4.pdf](https://www.ict.tuwien.ac.at/lva/384.081/infobase/L03-HDLC_v4-4.pdf). Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 20/02/2013

Parziale L., Britt D., Davis C., Forrester J., Liu W., Matthews C., Rosselot N. (2006), *TCP/IP Tutorial and Technical Overview*, Δεκέμβριος 2006. Διαθέσιμο online: <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/gg243376.pdf>. Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 20/02/2013



Μπούρας Ι. Χ. (2005), *Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πάτρα 2005. Διαθέσιμο online: [ru6.cti.gr/bouras/dialekseis/1/ddxddd2.pdf](http://ru6.cti.gr/bouras/dialekseis/1/ddxddd2.pdf). Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 20/02/2013

Martin-Blas T. & Serrano-Fernandez A. (2008), The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in Physics, *Computers and Education*, Vol. 52, pp. 35-44. Διαθέσιμο online: [http://bemafrau.blogs.uv.es/files/2010/12/articulo\\_1\\_moodle.pdf](http://bemafrau.blogs.uv.es/files/2010/12/articulo_1_moodle.pdf). Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 06/03/2013

Papanikolaou K. & Grigoriadou M. (2009), Combining Adaptive Hypermedia with Project and Case-Based Learning, *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 18(2), pp. 191-220

Yam S. & Rossini P. (2012), Online Learning and Blended Learning: experience from a first-year undergraduate property valuation course, *Pacific Rim Property Research Journal*, Vol. 18, Number 2, pp. 129-148, Διαθέσιμο online: [http://www.prres.net/Papers/PRPRJ\\_No\\_2\\_2012\\_Yam.pdf](http://www.prres.net/Papers/PRPRJ_No_2_2012_Yam.pdf). Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 06/03/2013

## Πηγές εικόνων

Εικόνες 1.3 και 1.4, *Network Fundamentals - What you Needs to Know Before you Setup a Network*, <http://www.gocomputertraining.com/network-fundamentals.html>, Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 28/02/2013

Εικόνα 1.5, *Advanced Networks: Topologies for Larger Networks*, <http://etutorials.org/Networking/beginners+guide+to+wi-fi+wireless+networking/Part+IV+Creating+a+Wi-Fi+Network/Chapter+15.+Configuring+Your+Wi-Fi+Network/Advanced+Networks+Topologies+for+Larger+Networks/>, Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 28/02/2013

Εικόνα 1.6, *Bus Topology*, [http://www.certiguide.com/aplush/cg\\_aph\\_BusTopology.htm](http://www.certiguide.com/aplush/cg_aph_BusTopology.htm), Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 28/02/2013

Εικόνα 1.7, *Token-ring network*, [http://www.webopedia.com/TERM/T/token\\_ring\\_network.html](http://www.webopedia.com/TERM/T/token_ring_network.html),  
Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 28/02/2013

Εικόνα 1.8, *Computer Network Topologies*, <http://www.engineersblogsite.com/star-topology-for-a-lan.html>, Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 28/02/2013

Εικόνες 3.4 και 3.5, Παναγιώτου Χρήστος, Πανεπιστήμιο Κύπρου, *Σημειώσεις για το μάθημα computer Networks*,  
<http://www.eng.ucy.ac.cy/christos/courses/ECE360/Lectures/MediumAccessControlTemp.ppt>,  
Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 28/02/2013

Εικόνες 4.5 και 4.6, *Multiplexing*, <http://ntrg.cs.tcd.ie/undergrad/4ba2/transport/5.cd.01.html> και  
<http://ntrg.cs.tcd.ie/undergrad/4ba2/transport/5.cd.02.html>, Ημερομηνία τελευταίας  
προσπέλασης: 28/02/2013

Εικόνα 5.1, Μάγκος Εμμανουήλ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, *Σημειώσεις για το μάθημα Συστήματα Επικοινωνίας και Δίκτυα*, <http://di.ionio.gr/~emagos/networks/msc/7/7-IP-%20sel.pdf>, Ημερομηνία  
τελευταίας προσπέλασης: 28/02/2013

Εικόνα 5.4, *E-mail Server Processes - MTA and MDA*,  
[http://www.highteck.net/EN/Application/Application\\_Layer\\_Functionality\\_and\\_Protocols.html](http://www.highteck.net/EN/Application/Application_Layer_Functionality_and_Protocols.html),  
Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 28/02/2013

Εικόνα 5.5, Η έννοια του Uniform Resource Locator (URL), <http://www2.uth.gr/main/help/help-desk/www/www2.html>, Ημερομηνία τελευταίας προσπέλασης: 28/02/2013

## Παράρτημα

### Σύντομη περιγραφή του e - class<sup>14</sup>

Η ηλεκτρονική πλατφόρμα «e-Class» αποτελεί την πρόταση του Ακαδημαϊκού Διαδικτύου GUnet για την υποστήριξη των Υπηρεσιών Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Στόχος της είναι η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών και η εποικοδομητική χρήση του Διαδικτύου στην Εκπαιδευτική Διαδικασία.

Η εισαγωγή της Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης δίνει νέες δυνατότητες στην εκπαίδευση, προσφέροντας ένα μέσο αλληλεπίδρασης και συνεχούς επικοινωνίας εκπαιδευτή-εκπαιδευόμενου. Παράλληλα, υποστηρίζει την ηλεκτρονική οργάνωση, αποθήκευση και παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού, ανεξάρτητα από τους περιοριστικούς παράγοντες του χώρου και του χρόνου της κλασσικής διδασκαλίας, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις ενός δυναμικού περιβάλλοντος εκπαίδευσης.

Η Πλατφόρμα «e-Class» βασίζεται στη φιλοσοφία του λογισμικού ανοικτού κώδικα και οι βασικοί άξονες στο σχεδιασμό της είναι η ευκολία χρήσης, η προσαρμοστικότητα στις απαιτήσεις καθώς και η ευκολία αναβάθμισης και επέκτασης.

Παρακάτω φαίνονται 2 ενδεικτικές εικόνες από το περιβάλλον του e – class.

---

<sup>14</sup> Πηγή για το Παράρτημα: *Σύντομη Περιγραφή Open eClass*, Διαθέσιμο online: [eclass.teipat.gr/eclass/manuals/OpeneClass25\\_short\\_el.pdf](http://eclass.teipat.gr/eclass/manuals/OpeneClass25_short_el.pdf).

**e-Class ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ** 

Πλατφόρμα Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης

Χρήστης: ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ Έξοδος

**BPIS-SDO215 - Δοκιμή Πτυχιακής**  
 Διδάσκων: Κωνσταντίνος Στάμος

ΤΕΙ Patras e-Class > Δοκιμή Πτυχιακής  
[Προσθήκη εισαγωγικού κειμένου](#)

 <a href="#">Ατζέντα</a> <small>απενεργοποίηση</small>	 <a href="#">Σύνδεσμοι</a> <small>απενεργοποίηση</small>
 <a href="#">Εγγραφα</a> <small>απενεργοποίηση</small>	 <a href="#">Βίντεο</a> <small>απενεργοποίηση</small>
 <a href="#">Εργασίες φοιτητών</a> <small>απενεργοποίηση</small>	 <a href="#">Βιντεοσκοπημένα μαθήματα</a> <small>απενεργοποίηση</small>
 <a href="#">Ανακοινώσεις</a> <small>απενεργοποίηση</small>	 <a href="#">Χρήστες</a> <small>απενεργοποίηση</small>
 <a href="#">Περιοχή συζητήσεων</a> <small>απενεργοποίηση</small>	 <a href="#">Ασκήσεις</a> <small>απενεργοποίηση</small>
 <a href="#">Ομάδες Χρηστών</a> <small>απενεργοποίηση</small>	 <a href="#">Χώρος Ανταλλαγής Αρχείων</a> <small>απενεργοποίηση</small>
 <a href="#">Κουβέντα</a> <small>απενεργοποίηση</small>	 <a href="#">Περιγραφή Μαθήματος</a> <small>απενεργοποίηση</small>

---


Μόνο για Διαχειριστές

 <a href="#">Στατιστικά</a>	 <a href="#">Ανέβασμα σελίδας και δημιουργία συνδέσμου στην αρχική σελίδα</a>
 <a href="#">Προσθήκη συνδέσμου στην αρχική σελίδα</a>	 <a href="#">Αλλαγή πληροφοριών μαθήματος</a>

---

Απενεργοποιημένοι σύνδεσμοι

Εικόνα 1: Περιβάλλον λειτουργίας e - class

**e-Class ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ** 




Πλατφόρμα Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης




Χρήστης : ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΤΕΙ Patras e-Class

<b>Τα μαθήματα που παρακολουθώ (Εγγεγραμμένος)</b>	<b>Μενού</b>
<a href="#">Marketing, Έλεγχος και Ειδικά Θέματα Ολικής Ποιότητας</a> ΜΠΕΤΤΥ ΠΕΠΠΑ BPIS-SDO140	<a href="#">Εγγραφή σε μάθημα</a>
<b>Τα μαθήματα που υποστηρίζω (Καθηγητής)</b>	<a href="#">Το Ημερολόγιό μου</a>
<a href="#">Δοκιμή Πτυχιακής</a> Κωνσταντίνος Στάμος BPIS-SDO215	<a href="#">Οι Ανακοινώσεις μου</a>
	<a href="#">Αλλαγή του προφίλ μου</a>
	<a href="#">Βοήθεια</a>
	<a href="#">Έξοδος</a>

---



 Διαχείριση : Ομάδα Ασύγχρονης Τηλεκπαίδευσης — Πληροφορίες Πνευματικών Δικαιωμάτων

 ΕΛΛΑΔΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ 2008 <small>Ανάπτυξη παναού. Ανάπτυξη για όλους.</small>	 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ	 <b>Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ</b> Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης και Αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης
---	--	--

Εικόνα 2: Περιβάλλον λειτουργίας e - class

## **Βασικά Χαρακτηριστικά**

Τα βασικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας είναι:

1. οι διακριτοί ρόλοι των χρηστών
2. οι κατηγορίες των μαθημάτων
3. η ευκολία χρήσης & δημιουργίας μαθήματος
4. η δομημένη παρουσίαση του μαθήματος

## **Ρόλοι Χρηστών**

Οι ρόλοι των χρηστών που υποστηρίζονται είναι ο καθηγητής, ο χρήστης-φοιτητής και ο διαχειριστής.

Κεντρικός ρόλος είναι αυτός του καθηγητή ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη δημιουργία και διαχείριση των ηλεκτρονικών μαθημάτων. Ο λογαριασμός του καθηγητή δημιουργείται από τους διαχειριστές της πλατφόρμας, κατόπιν αίτησης του ενδιαφερομένου. Ο καθηγητής μπορεί να δημιουργήσει όσα μαθήματα επιθυμεί, να εγγράφει/διαγράφει χρήστες-φοιτητές σε/από αυτά, να εισάγει το ψηφιακό υλικό του μαθήματος (κείμενα, εικόνες, παρουσιάσεις, video, κλπ), να δημιουργεί ομάδες συζητήσεων καθώς και ασκήσεις αυτοαξιολόγησης.

Ο χρήστης-φοιτητής μπορεί να εγγραφεί σε όσα μαθήματα του επιτρέπεται, να μελετήσει το ψηφιακό υλικό, να συμμετάσχει σε ομάδες συζητήσεων καθώς και σε ασκήσεις αυτοαξιολόγησης. Ο λογαριασμός του χρήστη δημιουργείται αυτόματα με την εγγραφή του στην πλατφόρμα.

Τέλος ο διαχειριστής είναι αυτός που έχει την εποπτεία όλης της πλατφόρμας, δημιουργεί τους λογαριασμούς των καθηγητών, διαχειρίζεται και ανανεώνει (για το νέο εξάμηνο) όλα τα μαθήματα, ελέγχει τους λογαριασμούς των χρηστών, καθώς επίσης παρακολουθεί και διαχειρίζεται τον εξυπηρετητή και τη βάση δεδομένων.

## **Κατηγορίες Μαθημάτων**

Οι κατηγορίες των μαθημάτων που υποστηρίζονται είναι τα ανοικτά, τα ανοικτά σε εγγραφή καθώς και τα κλειστά μαθήματα. Αναλυτικότερα:

- Ανοικτά μαθήματα είναι τα μαθήματα ελεύθερης πρόσβασης, στα οποία μπορεί να έχει πρόσβαση ένας χρήστης ακόμα κι αν δεν διαθέτει λογαριασμό.
- Ανοικτά σε εγγραφή είναι τα μαθήματα στα οποία μπορεί να έχει πρόσβαση ένας χρήστης μόνο αν έχει λογαριασμό στην πλατφόρμα και εγγραφεί σε αυτά.
- Τέλος, κλειστά μαθήματα θεωρούνται τα μαθήματα στα οποία μπορεί να εγγραφεί ένας χρήστης που έχει λογαριασμό στην πλατφόρμα μόνο αν του το επιτρέψει ο καθηγητής.

### **Λειτουργίες – Δυνατότητες**

Η πλατφόρμα «e-Class» αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα αποθήκευσης, οργάνωσης και παρουσίασης ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού. Ειδικότερα τα στοιχεία που συνθέτουν ένα ψηφιακό μάθημα και εισάγονται / ελέγχονται από τον καθηγητή είναι τα εξής:

1. **Ατζέντα** που παρουσιάζει χρονικά τα γεγονότα σταθμούς του μαθήματος (διαλέξεις, συναντήσεις, αξιολογήσεις, κλπ).
2. **Έγγραφα** που περιέχουν το εκπαιδευτικό υλικό του μαθήματος (κείμενα, παρουσιάσεις, κλπ).
3. **Ανακοινώσεις** που αφορούν το μάθημα και ενημερώνουν τους εκπαιδευόμενους.
4. **Περιοχές Συζητήσεων** για ανταλλαγή απόψεων και ιδεών σε θέματα σχετικά το μάθημα.
5. **Ομάδες Εργασίας** (ανοικτές ή κλειστές) που απαρτίζονται από εκπαιδευόμενους και καθηγητές
6. **Σύνδεσμοι** από το Διαδίκτυο που αφορούν το μάθημα.
7. **Εργασίες** Φοιτητών όπου οι εκπαιδευόμενοι «τοποθετούν» τις εργασίες τους.

8. **Λίστα με τους εγγεγραμμένους Χρήστες** του μαθήματος, το ρόλο τους (εκπαιδευόμενος, καθηγητής, διαχειριστής) και το email τους.

9. **Ασκήσεις αυτοαξιολόγησης** τις οποίες δημιουργεί ο καθηγητής του μαθήματος.

10. **Περιγραφή Μαθήματος** όπου δίνονται πληροφορίες που αφορούν τους στόχους, τη δομή του, τους καθηγητές που το υποστηρίζουν κ.λπ.

11. **Βίντεο** όπου υπάρχουν αρχεία βίντεο (τύπου mpeg, avi κ.λπ.) που έχει ανεβάσει στην πλατφόρμα ο διδάσκοντας.

12. **Βιντεοσκοπημένα μαθήματα** όπου υπάρχουν σύνδεσμοι ψηφιοποιημένων διαλέξεων του μαθήματος, ή άλλο οπτικοακουστικό υλικό.

13. **Κουβέντα** στην οποία μπορούν να πραγματοποιούνται συζητήσεις σε πραγματικό χρόνο ανάμεσα στον καθηγητή και στους χρήστες που είναι εγγεγραμμένοι στο μάθημα