

**Τμήμα  
Μηχανικών  
Πληροφορικής τ.ε.**

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα  
Δυτικής Ελλάδας

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Εισαγωγή στα δίκτυα Η/Υ : Μέσα από ασκήσεις και παραδείγματα**

**Γεώργιος - Παναγιώτης Τερζόπουλος**

**Επιβλέπων: Γιάννης Τζήμας, Επίκουρος Καθηγητής**

**ΑΝΤΙΠΡΙΟ 2015**

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Αντίρριο 2015

#### ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επ. Καθηγητής κ. Γιάννης Τζήμας
2. Καθηγητής Εφαρμογών κ. Σ. Χριστοδούλου
3. Επ. Καθηγητής κ. Π. Κίτσος

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γιάννη Τζήμα, Επίκουρο Καθηγητή για την πολύτιμη καθοδήγηση του στην ολοκλήρωση της εργασίας.

## Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία αποτελείται από δύο βασικά τμήματα, το θεωρητικό και το πρακτικό κομμάτι.

Στο θεωρητικό κομμάτι γίνεται μια εισαγωγή στα δίκτυα Η/Υ, όπου ο αναγνώστης μαθαίνει τι είναι ένα δίκτυο Η/Υ, πού χρησιμοποιείται, αλλά και ποιά είδη δικτύων υπάρχουν. Στην συνέχεια εξετάζονται τα δύο βασικά μοντέλα αναφοράς OSI και TCP/IP καθώς και τα δίκτυα X.25, Frame Relay και το ATM. Επιπλέον γίνεται μια πλήρης ανάλυση στην μετατροπή αριθμών σε διαφορετικά αριθμητικά συστήματα, ώστε να γίνει κατανοητή η υποδικτύωση μέσα από ασκήσεις. Ο αναγνώστης μπορεί να μάθει για τον πυρήνα του δικτύου, τις δικτυακές συσκευές και για τα μέσα μετάδοσης καθώς και για τα πρωτόκολλα, όπως το ARP, ICMP, κ.α.

Στο πρακτικό κομμάτι γίνεται η χρήση του προγράμματος Cisco packet tracer με σκοπό την κατανόηση της λειτουργίας ενός δικτύου και των πρωτοκόλλων του μέσα από την προσομοίωση. Εδώ ο αναγνώστης μπορεί να μάθει πως να δημιουργεί ένα δίκτυο, πως να ρυθμίζει τις δικτυακές συσκευές, πως να ρυθμίζει τα Vlans, τι είναι η στατική και η δυναμική δρομολόγηση και όλα αυτά διαμέσου παραδειγμάτων.

## Summary

The thesis consists of two main sections, the theoretical and the practical part. The theoretical part is an introduction to computer networks, where the reader learns what is a computer network, where it is used, and what types of networks exist. Then examined the two basic models of reference OSI and TCP/IP as well as the X.25, Frame Relay and ATM. In addition becomes a full analysis to convert numbers to different number systems, in order to understand the subnetting through exercises. The reader can learn for the core network, network devices and the means of transmission as well as for protocols such as ARP, ICMP, etc.

In the practical part is the use of Cisco packet tracer program aimed at understanding how a network and protocols through the simulation. Here the reader can learn how to create a network, how to regulate network devices, how to regulate what is Vlans, static and dynamic routing and all them through examples.

## Περιεχόμενα

<b>1. Εισαγωγή στα δίκτυα Η/Υ</b> .....	1
1.1 Τι είναι ένα δίκτυο Η/Υ .....	1
1.2 Χρήσεις των δικτύων Η/Υ .....	1
1.3 Υλικό δικτύων .....	6
1.4 Λογισμικό δικτύων .....	12
1.5 Μοντέλα αναφοράς .....	18
1.6 Παραδείγματα δικτύων .....	25
1.7 Τυποποίηση δικτύων .....	32
<b>2. Μετατροπές αριθμών μεταξύ αριθμητικών συστημάτων</b> .....	34
<b>3. Ο πυρήνας του δικτύου</b> .....	37
3.1 Μεταγωγή κυκλώματος, μεταγωγή πακέτων & μηνυμάτων .....	37
3.2 Μεταγωγή κυκλώματος .....	37
3.3 Μεταγωγή πακέτων .....	38
3.4 Συγκρίνοντας μεταγωγή πακέτων & μεταγωγή κυκλώματος .....	39
3.5 Μεταγωγή μηνυμάτων .....	39
<b>4. Δικτυακές συσκευές &amp; μέσα μετάδοσης</b> .....	41
4.1 Modem .....	41
4.2 Επαναλήπτης .....	41
4.3 Διανομέας – Hub .....	41
4.4 Γέφυρα – Bridge .....	41
4.5 Μεταγωγείς – Switches .....	41
4.6 Δρομολογητής – Router .....	42
4.7 Πύλη – Gateway .....	42
4.8 Τα τμήματα ενός δρομολογητή (Router) .....	42
4.9 Χαρακτηριστικά μέσων μετάδοσης .....	42
4.10 Συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων .....	43
4.11 Ομοαξονικό καλώδιο .....	43
4.12 Οπτικές ίνες .....	43
4.13 Τι είναι ένα collision domain .....	44
4.14 Τι είναι ένα broadcast domain .....	44
4.15 Τι είναι interfaces .....	44
4.16 Τι είναι τα εικονικά lan (VLAN) .....	44
<b>5. Το πρωτόκολλο ARP</b> .....	45
<b>6. Αυτοδύναμα πακέτα IP &amp; η προώθησή τους</b> .....	50
<b>7. Ενθυλάκωση, κατάτμηση &amp; ανασυναρμολόγηση στο IP</b> .....	53
<b>8. Μηχανισμός αναφοράς σφαλμάτων (ICMP)</b> .....	55
<b>9. Υπηρεσία μεταφοράς αυτοδύναμων πακέτων</b> .....	57
<b>10. TCP: Υπηρεσία αξιόπιστης μεταφοράς</b> .....	60
<b>11. IP: Διευθύνσεις του πρωτοκόλλου διαδικτύου</b> .....	63
<b>12. Το πρωτόκολλο διαδικτύου (IPv6)</b> .....	68
<b>13. Υποδικτύωση</b> .....	71
<b>14. Η δοκιμή ενός LAN</b> .....	76
<b>15. Αρχικές ρυθμίσεις δικτυακών συσκευών</b> .....	82
15.1 Διαμόρφωση ενός Router .....	82

15.2 Συντομεύσεις που μας διευκολύνουν .....	85
15.3 Προσθένοντας SSH.....	85
15.4 Η διαμόρφωση ενός Switch.....	86
15.5 Η χρήση των καλωδίων Crossover & Straight – Through .....	87
<b>16. Δρομολόγηση.....</b>	<b>89</b>
16.1 Στατική δρομολόγηση .....	89
16.2 Loopback Interfaces & Route Summarization .....	93
16.3 Δυναμική δρομολόγηση .....	95
16.4 Πρωτόκολλα εσωτερικών πυλών (IGP) .....	96
16.5 Μελέτη του πρωτοκόλλου OSPF .....	96
<b>17. Virtual LANS (VLANS).....</b>	<b>98</b>
17.1 Πως ρυθμίζουμε τα VLANS .....	98
17.2 Πως ρυθμίζουμε τα VLAN TRUNKS.....	100
17.3 Inter – Vlan Routing .....	101
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>104</b>

# 1. Εισαγωγή στα Δίκτυα Η/Υ

## 1.1 Τι είναι ένα Δίκτυο Η/Υ

Τον 18<sup>ο</sup> αιώνα ανακαλύφθηκαν τα μηχανικά συστήματα και αργότερα έγινε η Βιομηχανική Επανάσταση. Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα ανακαλύφθηκε η ατμομηχανή. Τον 20<sup>ο</sup> αιώνα γίνεται η συλλογή, η επεξεργασία, και η διανομή πληροφοριών. Αργότερα γίνεται η εγκαθίδρυση των παγκόσμιων τηλεφωνικών δικτύων και ανακαλύπτεται η τηλεόραση και το ραδιόφωνο. Σε μεγάλο βαθμό αναπτύσσεται η βιομηχανία των υπολογιστών καθώς επίσης και τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι.

Σε σύγκριση με άλλες βιομηχανίες, η βιομηχανία των υπολογιστών σημειώνει εντυπωσιακή πρόοδο σε σύντομο χρονικό διάστημα. Μέσα σε ένα μεγάλο δωμάτιο λειτουργούσαν υπολογιστικά συστήματα τις δύο πρώτες δεκαετίες, όπου αυτό το δωμάτιο πολλές φορές είχε γυάλινους τοίχους, όπου οι επισκέπτες έβλεπαν τα **υπολογιστικά συστήματα**. Αυτά αποτελούνταν από έναν ή δύο υπολογιστές και τα συναντάμε σε εταιρείες μεσαίου μεγέθους ή σε κάποιο πανεπιστήμιο, ενώ σε μεγάλα ιδρύματα ακόμα περισσότερα. Παλιότερα ένας υπολογιστής εξυπηρετούσε όλες τις υπολογιστικές ανάγκες ενός οργανισμού, ενώ τώρα η δουλεία γίνεται από ένα μεγάλο πλήθος αυτόνομων και διασυνδεδεμένων υπολογιστών. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται **δίκτυα υπολογιστών**, δηλαδή έχουμε ένα σύνολο αυτόνομων υπολογιστών που είναι διασυνδεδεμένοι με μια κοινή τεχνολογία. Δύο υπολογιστές λέμε ότι είναι διασυνδεδεμένοι αν είναι σε θέση να ανταλλάσσουν πληροφορίες. Η διασύνδεση γίνεται με χάλκινο σύρμα, οπτικές ίνες, μικροκύματα, υπέρυθρες ακτίνες και με τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους.

Το Internet και ο Παγκόσμιος Ιστός δεν είναι δίκτυα υπολογιστών. Το Internet αποτελείται από πολλά δίκτυα ενώ ο Ιστός είναι ένα **καταναμημένο σύστημα** που λειτουργεί πάνω από το Internet. Η βασική διαφορά είναι ότι σε ένα καταναμημένο σύστημα έχουμε ένα σύνολο από ανεξάρτητους υπολογιστές, το οποίο εμφανίζεται στους χρήστες του σαν να ήταν ένα μοναδικό συνεκτικό σύστημα. Αυτό έχει ένα μοντέλο ή υπόδειγμα που παρουσιάζει στους χρήστες του. Η υλοποίηση αυτού του μοντέλου γίνεται από ένα επίπεδο λογισμικού που βρίσκεται πάνω από το λειτουργικό σύστημα το οποίο ονομάζεται **ενδιάμεσο λογισμικό**. Ένα καταναμημένο σύστημα είναι ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web), όπου τα πάντα εμφανίζονται ως έγγραφα (ιστοσελίδες).

Η διάκριση ανάμεσα σε ένα δίκτυο και σε ένα καταναμημένο σύστημα βρίσκεται στο λογισμικό και όχι στο υλικό τους.

## 1.2 Χρήσεις των Δικτύων Η/Υ

### 1.2.1 Επιχειρηματικές εφαρμογές

Πολλές εταιρείες έχουν πολλούς υπολογιστές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς πχ για την έκδοση της μισθοδοσίας. Άλλοτε ο κάθε υπολογιστής λειτουργεί αυτόνομα και άλλοτε σε συνεργασία με άλλους υπολογιστές, όταν αυτό θεωρηθεί απαραίτητο από την διοίκηση της εταιρείας.

Ο σκοπός είναι η **κοινοχρησία πόρων ή μερισμός πόρων (resource sharing)**, με σκοπό ο κάθε χρήστης του δικτύου να έχει πρόσβαση στο λογισμικό ή στο υλικό που υπάρχει στην εταιρεία πχ η κοινή χρήση ενός εκτυπωτή από τους υπαλλήλους της εταιρείας.

Το πληροφοριακό σύστημα μιας εταιρείας αποτελείται από μία ή περισσότερες βάσεις δεδομένων και από μερικούς υπαλλήλους που έχουν πρόσβαση σ'αυτές. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε ισχυρούς υπολογιστές που ονομάζονται **διακομιστές (servers)** και βρίσκονται σ'ένα κεντρικό σημείο, όπου συντρύονται από τους διαχειριστές του συστήματος. Οι υπάλληλοι έχουν στα γραφεία τους πιο απλούς υπολογιστές που ονομάζονται **πελάτες (clients)**, όπου έχουν την δυνατότητα πρόσβασης στα απομακρυσμένα δεδομένα. Οι clients-servers συνδέονται με ένα δίκτυο όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.1.



Εικόνα 1.1 Ένα δίκτυο με δύο πελάτες και ένα διακομιστή.

Αυτή η διάταξη ονομάζεται **μοντέλο πελάτη – διακομιστή (client – server model)**. Σε αυτό το μοντέλο αν το εξετάσουμε έχουμε δύο διεργασίες, μία στην μηχανή του πελάτη και μία στην μηχανή του διακομιστή. Για να γίνει η επικοινωνία client – server, η διεργασία του client στέλνει ένα μήνυμα μέσω του δικτύου στην διεργασία του server. Μετά η διεργασία του client περιμένει ένα μήνυμα απάντησης. Όταν η διεργασία του server λάβει την αίτηση, τότε εκτελεί τη ζητούμενη εργασία ή αναζητεί τα επιθυμητά δεδομένα και στέλνει μια απάντηση. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στην εικόνα 1.2.

Το δίκτυο υπολογιστών είναι ένα ισχυρό **μέσο επικοινωνίας (communication medium)** για τους υπαλλήλους. Κάθε εταιρεία που έχει δύο ή περισσότερους υπολογιστές διαθέτει και **ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (electronic mail ή e-mail)** το οποίο, χρησιμοποιείται από τους υπαλλήλους καθημερινά.

**Η βιντεοδιάσκεψη (videoconferencing)** είναι μια μορφή επικοινωνίας, η οποία γίνεται διαμέσου του υπολογιστή και οι υπαλλήλοι που βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους και να ανταλλάξουν πληροφορίες, εξαιλείφοντας το κόστος των ταξιδιών.

Οι περισσότερες εταιρείες έχουν ως στόχο να συναλλάσσονται ηλεκτρονικά με άλλες εταιρείες πχ με προμηθευτές και πελάτες.

Επίσης ένας επιπλέον στόχος είναι να γίνονται συναλλαγές με τους καταναλωτές μέσω Internet πχ αγορά βιβλίων, κλείσιμο αεροπορικών εισιτηρίων κτλ και αυτό είναι το γνωστό **ηλεκτρονικό εμπόριο (electronic commerce ή e-commerce)**.



Εικόνα 1.2 Το μοντέλο πελάτη-διακομιστή.



## 1.2.2 Οικιακές εφαρμογές

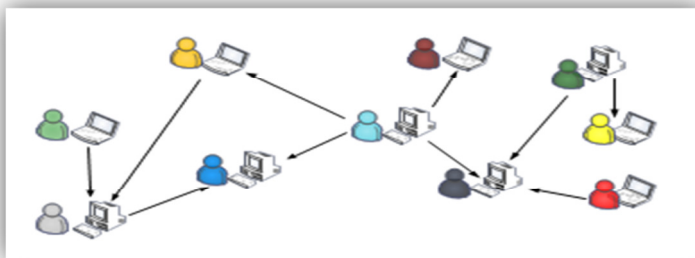
Το 1977 ο Ken Olsen ήταν πρόεδρος της Digital Equipment Corporation, τότε δεύτερης εταιρείας σε πωλήσεις υπολογιστών στον κόσμο (μετά από την IBM). Όταν ρωτήθηκε γιατί η Digital δεν έμπαινε δυναμικά στην αγορά των προσωπικών υπολογιστών δήλωσε: “Δεν υπάρχει κανένας λόγος για τον οποίο θα έπρεπε κανείς να έχει έναν υπολογιστή στο σπίτι του.” Δεν επικράτησε στον κόσμο αυτή η ιδέα, και η Digital δεν υπάρχει πια.

Σήμερα οι υπολογιστές για οικιακή χρήση χρησιμοποιούνται για την πρόσβαση στο Internet κυρίως, ενώ τα παλιά χρόνια στα σπίτια, χρησιμοποιούσαν τον υπολογιστή για παιχνίδια και για την επεξεργασία του κειμένου. Πλέον η χρησιμοποίηση του Internet γίνεται για τους εξής λόγους:

- **Πρόσβαση σε απομακρυσμένες πληροφορίες.**
- **Διαπροσωπική επικοινωνία.**
- **Αλληλεπιδραστική διασκέδαση.**
- **Ηλεκτρονικό Εμπόριο.**

**Η πρόσβαση σε απομακρυσμένες πληροφορίες** γίνεται με σκοπό την διασκέδαση ή την πληροφόρηση μέσω του Παγκόσμιου Ιστού για τα ταξίδια, τα σπορ, τα θέματα μαγειρικής, την επιστήμη και διάφορα άλλα.

**Η διαπροσωπική επικοινωνία (peer-to-peer)** αφορά το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο που περιέχει ήχο και βίντεο εκτός από το κείμενο και τις εικόνες. Επίσης παρέχει τα άμεσα μηνύματα (instant message) ανάμεσα σε δύο άτομα που μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο. Καθώς και την παραλλαγή αυτού, η οποία είναι το chat room όπου επικοινωνούν πολλά άτομα μεταξύ τους. Σ’ αυτήν την κατηγορία υπάρχει και η ομότιμη επικοινωνία (peer-to-peer), όπου μεμονωμένα άτομα δημιουργούν μια ομάδα ατόμων σε χαλαρά πλαίσια και μπορούν να επικοινωνήσουν με άλλα άτομα της ομάδας όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.3, τα οποία μπορεί να είναι από ένα ή και περισσότερα χωρίς να δημιουργούνται clients και servers.



Εικόνα 1.3 Στο ομότιμο σύστημα δεν υπάρχουν πελάτες-διακομιστές.

Στην συνέχεια έχουμε την **αλληλεπιδραστική διασκέδαση** όπου έχουμε το βίντεο κατόπιν αιτήσεως (video on demand), όπου οι ταινίες πλέον μπορούν να γίνουν αλληλεπιδραστικές και ο χρήστης να συμμετέχει στην ιστορία της ταινίας για το πως θα εξελιχθεί. Πέρα από αυτό υπάρχουν και τα παιχνίδια προσομοίωσης σε πραγματικό χρόνο όπου δημιουργούνται ομάδες ατόμων με ειδικό εξοπλισμό πχ ειδικά γυαλιά και συμμετέχουν στην εικονική πραγματικότητα.

Η τελευταία κατηγορία, **το ηλεκτρονικό εμπόριο** δίνει την δυνατότητα στους χρήστες για αγορές από το σπίτι μιας ποικιλίας προϊόντων στο οποίο το κάθε προϊόν θα έχει το αντίστοιχο video του με τις οδηγίες χρήσης του ή και διαμέσου της τεχνικής υποστήριξης που θα διαθέτει.

Μερικές μορφές ηλεκτρονικού εμπορίου έχουν συντομογραφίες όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.4 με βάση τη λέξη “to” (προς) και τον αριθμό “2” στα αγγλικά.

Ετικέτα	Πλήρες όνομα	Παράδειγμα
B2C	Επιχείρηση - προς - καταναλωτή	Παραγγελία βιβλίων μέσω δικτύου
B2B	Επιχείρηση - προς - επιχείρηση	Παραγγελία ελαστικών από μια αυτοκινητοβιομηχανία στον προμηθευτή
G2C	Κυβέρνηση - προς - καταναλωτή	Ηλεκτρονική διανομή εντύπων φορολογικών δηλώσεων από το κράτος
C2C	Καταναλωτής - προς - καταναλωτή	Δικτυακές δημοπρασίες μεταχειρισμένων προϊόντων
P2P	Ομότιμη	Κοινοχρησία αρχείων

Εικόνα 1.4 Μερικές μορφές ηλεκτρονικού εμπορίου.

### 1.2.3 Μετακινούμενοι χρήστες

Στην βιομηχανία των υπολογιστών υπάρχει ανάπτυξη σε φορητούς υπολογιστές, όπως **υπολογιστές - σημειωματάρια (notebooks)** και στους προσωπικούς ψηφιακούς βοηθούς (**personal digital assistants ή PDA**) γιατί οι χρήστες τους θέλουν να έχουν σύνδεση στο Internet, όπου και να βρίσκονται. Αυτή η δυνατότητα δίνεται από τα ασύρματα δίκτυα.

Ο λόγος που θέλει κάποιος ένα ασύρματο δίκτυο είναι το **φορητό γραφείο**. Με το φορητό γραφείο ο χρήστης θέλει να κάνει ότι έκανε και όταν είχε ενσύρματη σύνδεση, όπως περιήγηση στον Ιστό, φαξ, πρόσβαση σε απομακρυσμένα αρχεία κ.α σε οποιοδήποτε σημείο και αν βρίσκεται. Επιπλέον αυτά τα δίκτυα είναι αναγκαία για τα φορητά, τα ταξί, τα οχήματα διανομής κια για τους τεχνικούς επισκευών, επειδή είναι αναγκαίο να βρίσκεται σε διαρκή επικοινωνία με τη βάση τους.

Στην εικόνα 1.5 που ακολουθεί βλέπουμε την διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στα **σταθερά ασύρματα (fixed wireless)** δίκτυα και τα **κινητά ασύρματα (mobile wireless)** δίκτυα. Ένα παράδειγμα κινητού ασύρματου δικτύου είναι, όταν ένας επισκέπτης συνδέει το φορητό υπολογιστή του στην τηλεφωνική υποδοχή ενός δωματίου του ξενοδοχείου χωρίς να κάνει χρήση ασύρματου δικτύου.

**Όπως καταλαβαίνουμε η ασύρματη δικτύωση και η κινητή υπολογιστική (mobile computing) δεν είναι όμοιες έννοιες.**

Ένας άλλος τομέας εφαρμογής των ασύρματων δικτύων είναι η συγχώνευση των κινητών τηλεφώνων και των PDA σε μικροσκοπικούς ασύρματους υπολογιστές. Σκοπός ήταν οι μικροσκοπικές ασύρματες συσκευές PDA να εμφανίζουν ιστοσελίδες στις οθόνες τους. Αυτό το σύστημα ονομαζόταν **Πρωτόκολλο Ασύρματων Εφαρμογών 1.0 ή WAP 1.0 (Wireless Application Protocol)**, απέτυχε όμως εξαιτίας των μικροσκοπικών οθονών, του χαμηλού εύρους ζώνης, και των χαμηλών υπηρεσιών που διέθεται. Αυτές οι συσκευές θα μπορούσαν να διακριθούν σ'ένα τομέα γνωστό ως **κινητό εμπόριο (mobile-commerce ή m-commerce)**. Οι ασύρματες συσκευές PDA θα χρησιμοποιηθούν για αγορές και τραπεζικές συναλλαγές, με αποτέλεσμα τα μετρητά και οι πιστωτικές κάρτες θα δώσουν την θέση τους στα ηλεκτρονικά πορτοφόλια.

Ασύρματη	Κινητή	Εφαρμογές
Όχι	Όχι	Επιτραπέζιοι υπολογιστές σε γραφεία
Όχι	Ναι	Φορητός υπολογιστής σε ένα δωμάτιο ξενοδοχείου
Ναι	Όχι	Δίκτυα σε παλαιότερα κτίρια που δεν έχουν καλωδιώσεις
Ναι	Ναι	Φορητό γραφείο, PDA για απογραφή καταστήματος

Εικόνα 1.5 Συνδυασμοί ασύρματης δικτύωσης και κινήτης υπολογιστικής

#### 1.2.4 Κοινωνικά ζητήματα

Η ανάπτυξη της δικτύωσης δημιούργησε νέα κοινωνικά, ηθικά και πολιτικά προβλήματα. Σε πολλά δίκτυα δημιουργούνται ομάδες συζητήσεων (newsgroups), όπου ο κάθε χρήστης μπορεί να ανταλλάξει μηνύματα με άλλα άτομα για οποιοδήποτε κοινωνικό ή μη ζήτημα. Αν το θέμα της συζήτησης αφορά την πολιτική, την θρησκεία ή το σεξ, οι απόψεις μπορεί να είναι προσβλητικές για ορισμένα άτομα. Στις ομάδες συζητήσεων μπορεί να υπάρχει η ανταλλαγή εικόνων ή και βίντεο, με αποτέλεσμα να γίνεται δημοσίευση απαράδεκτων πραγμάτων πχ πορνογραφικό υλικό.

Ένα άλλο θέμα αφορά τα δικαιώματα των υπαλλήλων έναντι των δικαιωμάτων των εργοδοτών. Κατά την διάρκεια της εργασίας πολλά άτομα διαβάζουν και συντάσσουν ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, έτσι οι εργοδότες διεκδικούν το δικαίωμα να διαβάζουν ή και να λογοκρίνουν τα μηνύματα των υπαλλήλων τους ακόμα και μετά από την δουλειά που στέλνονται από ένα οικιακό υπολογιστή.

Υπάρχει και το ζήτημα μεταξύ κυβέρνησης με τον πολίτη. Το FBI έχει εγκαταστήσει σε αρκετούς φορείς παροχής υπηρεσιών Internet στις Η.Π.Α ένα σύστημα που κατασκοπεύει τα εισερχόμενα και εξερχόμενα e-mail. Αυτό ονομαζόταν **Carnivore (Σαρκοφάγος)**, αλλά εξαιτίας αντιδράσεων ονομάστηκε **DCS 1000** παρ'όλα αυτά συνεχίζει να επιτελεί το ίδιο έργο.

Εκτός από την κυβέρνηση και ο ιδιωτικός τομέας δημιουργεί θέματα. Υπάρχουν μικρά αρχεία, που ονομάζονται «μπισκότα» (**cookies**), αποθηκεύονται στους υπολογιστές των χρηστών από τους φυλλομετρητές και δίνουν την δυνατότητα στις εταιρείες να παρακολουθούν τις δραστηριότητες των χρηστών στο Internet ή και να υπάρχει διαρροή αριθμών πιστωτικών καρτών, αριθμών κοινωνικής ασφάλισης και άλλων ευπαθών πληροφοριών στο Internet.

Τα δίκτυα υπολογιστών δημιούργησαν νέα είδη αντικοινωνικής και εγκληματικής συμπεριφοράς. Όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή σκουπιδοταχυδρομείο (**junk mail ή spam**), όπου μηνύματα στέλνονται με διαφημιστικό περιεχόμενο ή μη, επειδή κάποιος συλλέξανε εκατομμύρια διευθύνσεις e-mail και τις πουλάνε σε τρίτους. Το περιεχόμενο των e-mail μπορεί να είναι ενεργό, να περιέχει ιούς και να δημιουργήσει πολλά προβλήματα. Έτσι έχει ως αποτέλεσμα κλέφτες να συλλέγουν πληροφορίες για το θύμα τους με σκοπό την απόκτηση πιστωτικών καρτών και άλλων προσωπικών εγγράφων.

### 1.3 Υλικό δικτύων

Η ταξινόμηση των δικτύων γίνεται με βάση την τεχνολογία μετάδοσης και την κλίμακα. Στην τεχνολογία μετάδοσης έχουμε δύο είδη:

- **Συνδέσεις εκπομπής.**
- **Συνδέσεις από σημείο σε σημείο.**

Στα **δίκτυα εκπομπής (broadcast networks)** υπάρχει ένα κανάλι επικοινωνίας που είναι κοινόχρηστο για όλους που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Τα μηνύματα που στέλνει η κάθε συσκευή στο δίκτυο ονομάζονται **πακέτα (packets)** και γίνεται η λήψη από όλες τις συσκευές στο δίκτυο. Η κάθε συσκευή όταν λάβει το πακέτο ελέγχει το **πεδίο διεύθυνσης**, το οποίο αφορά ποιός είναι ο παραλήπτης του πακέτου. Αν το πεδίο διεύθυνσης είναι το σωστό για τον παραλήπτη αυτός το εξετάζει το πακέτο αλλιώς το απορρίπτει.

Στα συστήματα εκπομπής υπάρχει η δυνατότητα ένα πακέτο να αφορά όλους τους παραλήπτες στο δίκτυο και αυτό γίνεται με ένα ειδικό κωδικό στο πεδίο διεύθυνσης του πακέτου και έτσι όλες οι συσκευές μπορούν να το επεξεργαστούν, αυτό ονομάζεται **εκπομπή ή ευρεία μετάδοση (broadcasting)**. Μερικά συστήματα εκπομπής έχουν την δυνατότητα που ονομάζεται **πολυδιανομή (multicasting)** με αυτήν την δυνατότητα η μετάδοση των πακέτων γίνεται προς ένα υποσύνολο των μηχανών του δικτύου.

Τα δίκτυα **από σημείο σε σημείο (point-to-point)** ανάμεσα σε ζεύγη μηχανών υπάρχουν πολλές συνδέσεις. Δηλαδή ένα πακέτο από την πηγή προς τον προορισμό θα πρέπει να περάσει από άλλες ενδιάμεσες συσκευές για να φθάσει στον προορισμό του. Η μετάδοση σε δίκτυο από σημείο σε σημείο με ένα αποστολέα και έναν παραλήπτη ονομάζεται **αποκλειστική διανομή (unicasting)**.

Τα δίκτυα ταξινομούνται και με βάση την κλίμακά τους. Η εικόνα 1.6 μας δείχνει την ταξινόμηση συστημάτων πολλών επεξεργαστών ανάλογα με το φυσικό τους μέγεθος. Στην συνέχεια βλέπουμε **τα δίκτυα προσωπικής περιοχής (personal area networks)** δηλαδή δίκτυα αφορούν ένα άτομο. Επιπλέον έχουμε τα Τοπικά δίκτυα, Μητροπολιτικά και δίκτυα Ευρείας περιοχής στα οποία η απόσταση ανάμεσα στους επεξεργαστές αυξάνεται σημαντικά και τέλος το γνωστό Internet.

**Τονίζουμε** ότι η απόσταση είναι σημαντική ως μέτρο ταξινόμησης, διότι στις διάφορες κλίμακες χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνολογίες.

Απόσταση ανάμεσα στους επεξεργαστές	Επεξεργαστές που βρίσκονται στο ίδιο	Παράδειγμα
1 μέτρο	Τετραγωνικό μέτρο	Δίκτυο προσωπικής περιοχής
10 μέτρα	Δωμάτιο	Τοπικό Δίκτυο
100 μέτρα	Κτίριο	
1 χιλιόμετρο	Πανεπιστημιούπολη	
10 χιλιόμετρα	Πόλη	Μητροπολιτικό Δίκτυο
100 χιλιόμετρα	Χώρα	Δίκτυο Ευρείας Περιοχής
1.000 χιλιόμετρα	Ήπειρο	
10.000 χιλιόμετρα	Πλανήτη	

Εικόνα 1.6 Ταξινόμηση συστημάτων πολλών επεξεργαστών ανάλογα με το φυσικό τους μέγεθος.

### 1.3.1 Τοπικά δίκτυα

Τα τοπικά δίκτυα ονομάζονται **δίκτυα LAN (local area network)** και είναι ιδιωτικά δίκτυα. Βρίσκονται μέσα σε ένα μόνο κτίριο ή συγκρότημα κτιριακό ή σε μία έκταση με μέγεθος μέχρι λίγα χιλιόμετρα. Η χρήση τους αφορά την διασύνδεση προσωπικών υπολογιστών και σταθμών εργασίας με σκοπό την κοινοχρησία πόρων και την ανταλλαγή πληροφοριών.

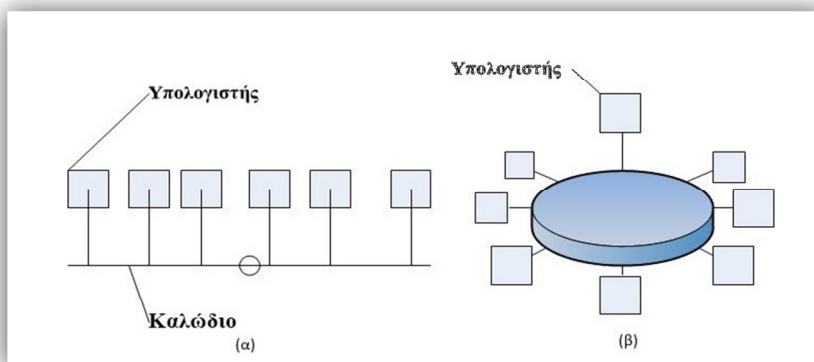
Τα **δίκτυα LAN** τα ξεχωρίζουμε απλο τα άλλα δίκτυα βάση των χαρακτηριστικών τους, όπως:

- Το μέγεθός τους,
- Την τεχνολογία μετάδοσή τους και
- Την τεχνολογία τους.

Στα **δίκτυα LAN**, επειδή έχουν περιορισμένο μέγεθος, ο χρόνος της μετάδοσή τους στην χειρότερη περίπτωση βρίσκεται εντός συγκεκριμένων ορίων, ο οποίος τον γνωρίζουμε εξαρχής. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα πιο εύκολης διαχείρισης του δικτύου αλλά και την δυνατότητα χρήσης μεθόδων σχεδίασης.

Τα τελευταία **δίκτυα LAN** λειτουργούν μέχρι 10 Gbps. Στην εικόνα 1.7 που ακολουθεί βλέπουμε δύο δίκτυα εκπομπής με διαφορετικές τοπολογίες. Σ' ένα δίκτυο **διάυλου** δηλαδή ενός ευθύγραμμου καλωδίου μία συσκευή είναι ο **κύριος (master)** του δικτύου και μεταδίδει δεδομένα ενώ οι άλλες δεν μεταδίδουν. Αν υπάρχει και άλλη συσκευή που θέλει να στείλει δεδομένα πρέπει να υπάρξει ένας μηχανισμός διαίτησίας με σκοπό την αποφυγή των συγκρούσεων.

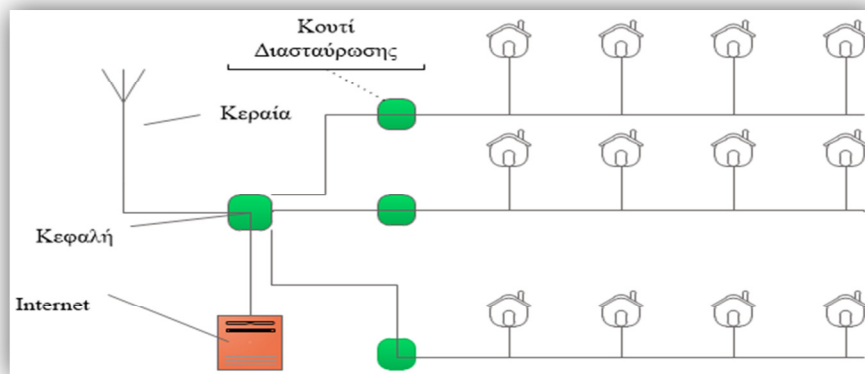
Μια άλλη τοπολογία είναι ο **δακτύλιος (ring)**. Εδώ το κάθε bit διαδίδεται μόνο του χωρίς να περιμένει το υπόλοιπο πακέτο που ανήκει. Πολλές φορές το bit μπορεί να καλύψει όλο το δακτύλιο πριν μεταδοθεί ολόκληρο το πακέτο, έτσι και εδώ υπάρχει ο **μηχανισμός της διαίτησίας**.



Εικόνα 1.7 Δύο δίκτυα εκπομπής (α) Δίαυλος (β) Δακτύλιος

### 1.3.2 Μητροπολιτικά δίκτυα

Το **μητροπολιτικό δίκτυο (metropolitan area network)** ονομάζεται **MAN** και καλύπτει μια πόλη. Στην εικόνα 1.8 που ακολουθεί βλέπουμε ένα δίκτυο **MAN** βασισμένο στην καλωδιακή τηλεόραση, όπου τα τηλεοπτικά σήματα και το Internet τροφοδοτούνται από μια κεντρική κεφαλή για να μεταδοθούν στα σπίτια.



Εικόνα 1.8 Μητροπολιτικό δίκτυο βασισμένο στην καλωδιακή τηλεόραση

### 1.3.3 Δίκτυα ευρείας περιοχής

Το δίκτυο ευρείας περιοχής ονομάζεται **WAN (wide area network)** και καλύπτει μεγάλη γεωγραφική περιοχή πχ μια χώρα ή μια ήπειρο.

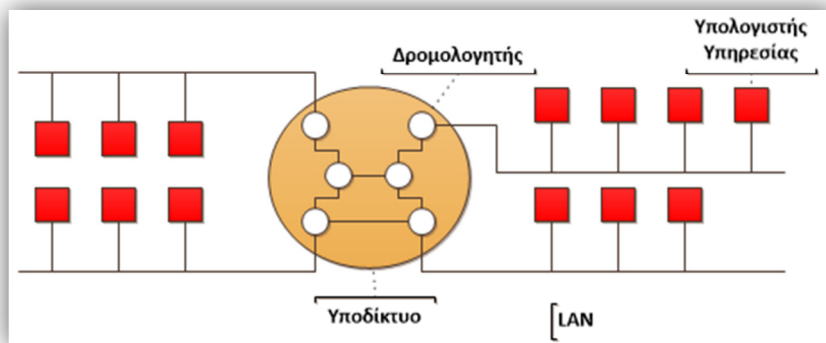
Στο δίκτυο **WAN** υπάρχουν ένα σύνολο από μηχανές με σκοπό την εκτέλεση των προγραμμάτων των χρηστών δηλαδή των εφαρμογών, αυτές οι μηχανές ονομάζονται **υπολογιστές υπηρεσίας (hosts)**. Οι hosts διασυνδέονται με ένα υποδίκτυο. Το υποδίκτυο συνήθως ανήκει σε μια τηλεφωνική εταιρεία ή ένα φορέα παροχής υπηρεσιών Internet, όπου και το διαχειρίζεται ενώ οι hosts ανήκουν στους πελάτες.

Στα περισσότερα δίκτυα ευρείας περιοχής, το υποδίκτυο αποτελείται από τα ακόλουθα:

- **Τις γραμμές μετάδοσης και**
- **Τα στοιχεία μεταγωγής.**

Οι γραμμές μετάδοσης (transmission lines) αυτό που κάνουν είναι να μετακινούν bit ανάμεσα στις μηχανές και οι οποίες μπορεί να είναι από οπτικές ίνες, χάλκινο σύρμα ή και ασύρματες. Τα στοιχεία μεταγωγής (switching elements) είναι εξειδικευμένοι υπολογιστές και συνδέουν τρεις ή περισσότερες γραμμές μετάδοσης και είναι γνωστοί με το όνομα **δρομολογητές (router)**. Η σχέση ανάμεσα στους υπολογιστές υπηρεσίας των LAN και στο υποδίκτυο φαίνεται στην εικόνα 1.9. Στην ουσία αυτό που κάνει ο δρομολογητής είναι τα δεδομένα που φθάνουν να τα προωθήσει στην κατάλληλη εξερχόμενη γραμμή.

Στα περισσότερα **WAN** υπάρχουν πολλές γραμμές μετάδοσης και κάθε γραμμή να συνδέει ένα ζεύγος δρομολογητών. Αν υπάρχουν δρομολογητές οι οποίοι δεν βρίσκονται στην ίδια γραμμή μπορούν να επικοινωνήσουν με την βοήθεια των άλλων δρομολογητών. Το πακέτο που στέλνει ένας δρομολογητής προς έναν άλλο δρομολογητή προορισμού διαμέσου άλλων ενδιάμεσων δρομολογητών, το πακέτο το λαμβάνει ο ενδιάμεσος δρομολογητής όπως του στάλθηκε. Το πακέτο αποθηκεύεται στον ενδιάμεσο δρομολογητή και αφού ελευθερωθεί η αναγκαία γραμμή εξόδου μετά προωθείται αυτά τα δίκτυα ονομάζονται **δίκτυα αποθήκευσης και προώθησης (store-and-forward)** ή **υποδίκτυα μεταγωγής πακέτων (packet-switched)**. Θα πρέπει να υπογραμμίσουμε και τι σημαίνει η έννοια **κελία (cells)**, κελία είναι τα μικρά πακέτα που όλα έχουν το ίδιο μέγεθος.

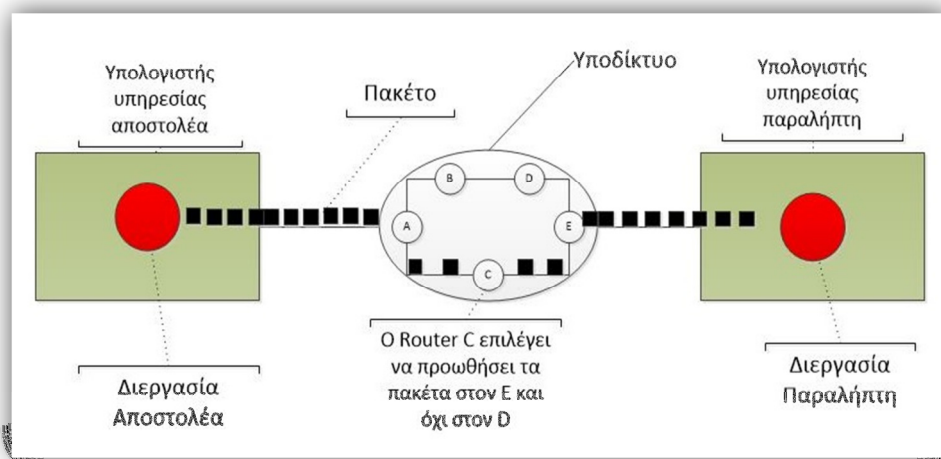


Εικόνα 1.9 Η σχέση ανάμεσα στους υπολογιστές υπηρεσίας των LAN και στο υποδίκτυο.

Στην συνέχεια ακολουθεί η εικόνα 1.10 που μας δείχνει την ροή πακέτων από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Εδώ θα αναφέρουμε πιο αναλυτικά πως γίνεται αυτή η διαδικασία. Όταν μια διεργασία ενός host θέλει να στείλει μήνυμα σε μια άλλη διεργασία ενός άλλου **host (προορισμού)**, ο **host (πηγή)** σπάει το μήνυμα σε πακέτα, όπου το κάθε πακέτο να σημειώνεται ποιά θέση έχει στην ακολουθία των πακέτων. Μετά τα πακέτα προωθούνται στο δίκτυο.

Ο **host** προορισμού λαμβάνει τα πακέτα και δημιουργεί το μήνυμα από την διεργασία της πηγής, το οποίο το λαμβάνει η διεργασία προορισμού. Στην εικόνα 1.10 βλέπουμε ότι τα πακέτα ακολουθούν την διαδρομή **ACE** επειδή είναι η καλύτερη διαδρομή. Αναφέρουμε ότι σε κάποια δίκτυα όλα τα πακέτα ενός μηνύματος ακολουθούν το ίδιο δρομολόγιο σε άλλα όμως το κάθε πακέτο δρομολογείται διαφορετικά αν όμως ξέρουμε οτι η διαδρομή **ACE** είναι η καλύτερη όλα θα ακολουθήσουν την ίδια διαδρομή ανεξαρτήτως το πως δρομολογήθηκαν όπως αναφέραμε πιο πάνω.

Το πως θα δρομολογηθούν τα πακέτα το **αποφασίζει ο κάθε δρομολογητής** και αυτή η απόφαση του γίνεται με βάση τον **αλγόριθμο δρομολόγησης (routing algorithm)**.



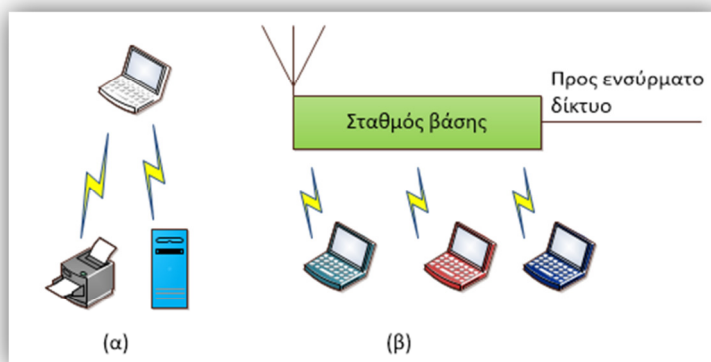
Εικόνα 1.10 Ροή πακέτων από τον αποστολέα στον παραλήπτη.

### 1.3.4 Ασύρματα Δίκτυα

Τα ασύρματα δίκτυα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Διασύνδεση συστήματος.
- Ασύρματα LAN.
- Ασύρματα WAN.

Η διασύνδεση συστήματος αφορά την διασύνδεση των εξαρτημάτων ενός υπολογιστή με χρησιμοποίηση των ραδιοκυμάτων μικρής εμβέλειας και αυτό είναι το γνωστό δίκτυο **Bluetooth**. Τα δίκτυα αυτά ακολουθούν το μοντέλο **master-slave** όπως βλέπουμε και στην εικόνα 1.11 (α), όπου ο **master** είναι συνήθως η κεντρική μονάδα και ο **slave** μπορεί να είναι πχ το πληκτρολόγιο.



Εικόνα 1.11 (α) Διάταξη δικτύου Bluetooth (β) Ασύρματο LAN

Στα ασύρματα **LAN** κάθε υπολογιστής έχει ένα ασύρματο μόντεμ και μια κεραία με τα οποία μπορεί να επικοινωνεί με άλλους. Συνήθως υπάρχει μια κεραία, όπου επικοινωνούν οι συσκευές όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.11 (β). Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι στα ασύρματα **LAN** υπάρχει ένα πρότυπο που ονομάζεται **IEEE 802.11**.

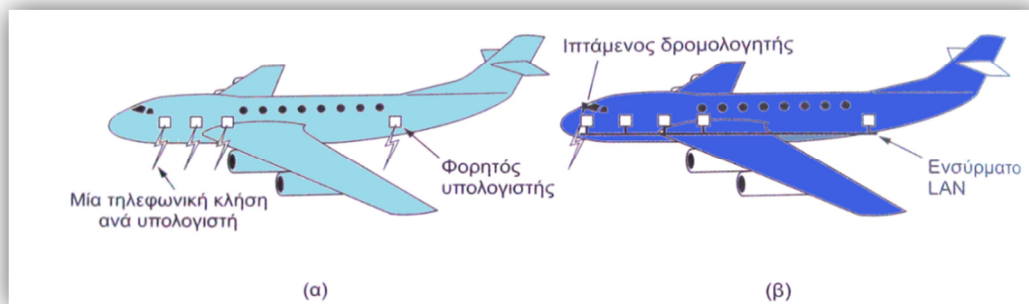
Τα ασύρματα **WAN** χρησιμοποιούνται στα συστήματα ευρείας περιοχής. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται στην κινητή τηλεφωνία και είναι παρόμοια με τα ασύρματα **LAN** με ταχύτητες μικρότερες **από 1 Mbps** αλλά σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Τα ασύρματα δίκτυα σχεδόν πάντα συνδέονται σε κάποιο σημείο με το ενσύρματο δίκτυο. Στην εικόνα 1.12 (α) βλέπουμε ένα αεροπλάνο, όπου τα άτομα κάνουν χρήση του μόντεμ και με συνδυασμό των τηλεφώνων που βρίσκονται στα καθίσματα μπορούν να συνδεθούν στο γραφείο τους.

Μια άλλη επιλογή είναι το ενσύρματο **LAN** όπως φαίνεται στην εικόνα 1.12 (β) όπου κάθε θέση έχει και μια πρίζα **Ethernet**, όπου συνδέονται οι υπολογιστές. Υπάρχει ένα Router στο αεροπλάνο, το οποίο έχει μια ασύρματη σύνδεση με ένα άλλο Router στο έδαφος.

Αρκετά άτομα έχουν αναφέρει, ότι τα ασύρματα δίκτυα είναι το μέλλον, όμως ο **Bob Metcalfe** ο εφευρέτης του **Ethernet** ανέφερε ότι: « Οι κινητοί ασύρματοι υπολογιστές είναι σαν τις φορητές τουαλέτες χωρίς αποχέτευση. »





Εικόνα 1.12 (α) Ανεξάρτητοι κινητοί υπολογιστές (β) Ένα ιπτάμενο LAN

### 1.3.5 Οικιακά δίκτυα

Η δικτύωση των σπιτιών έχει δρομολογηθεί. Τα περισσότερα σπίτια θα είναι κατασκευασμένα για δικτύωση με την δυνατότητα όλων των συσκευών να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να γίνεται η προσπελασή τους διαμέσου του Internet.

Οι συσκευές με δυνατότητα δικτύωσης είναι οι ακόλουθες:

- Υπολογιστές (επιτραπέζιος υπολογιστής, φορητός υπολογιστής, PDA, κονόχρηστα περιφερειακά).
- Διασκέδαση (τηλεόραση, DVD, βίντεο, βιντεοκάμερα, φωτογραφική μηχανή, στερεοφωνικό, MP3).
- Τηλεπικοινωνίες (τηλέφωνο, κινητό τηλέφωνο, ενδοσυννευμένη, φαξ).
- Οικιακές συσκευές (φούρνος μικροκυμάτων, ψυγείο, ρολόι, φούρνος, κλιματισμός, φώτα).
- Τηλεμετρία (μετρητές οργανισμών κοινής ωφελείας, συναγερμός φωτιάς ή διάρρηξης, θερμοστάτης, παρακολούθηση μωρού.)

Η οικιακή δικτύωση έχει διαφορές από τα άλλα είδη δικτύωσης. Στην οικιακή δικτύωση το δίκτυο και οι συσκευές θα πρέπει να είναι εύκολα για την εγκατάσταση και για την αναβάθμιση του υλικού οποιαδήποτε άλλη μορφή οδηγιών θα επιφέρει δυσκολίες στους χρήστες, οι οποίοι δεν θα το ανεκτούν. Επιπλέον το δίκτυο θα πρέπει να είναι αξιόπιστο και ασφαλές. Η αξιοπιστία και η ασφάλεια είναι σημαντικό κομμάτι για την διασύνδεση της συσκευής στο Internet, η οποία θα είναι πιο πολύπλοκη για την κατανόησή της από έναν απλό χρήστη διότι οι κίνδυνοι από έναν ιο ή από έναν διαρρήκτη θα είναι ένα σημαντικό πρόβλημα. Επειδή η οικιακή δικτύωση αφορά απλούς χρήστες το κόστος συσκευών πρέπει να είναι χαμηλό για να προσελκύσει τους χρήστες, ώστε και την πιο απλή συσκευή να την διασυνδέσουν στο Internet. Επίσης στα οικιακά δίκτυα θα υπάρχει η ανάγκη για υψηλές ταχύτητες με χαμηλό κόστος, επειδή η βασική εφαρμογή τους θα σχετίζεται με τα πολυμέσα.

Όπως καταλαβαίνουμε η οικιακή δικτύωση έχει πολλές θετικές και αρνητικές πτυχές. Έτσι θα πρέπει το δίκτυο να είναι εύκολο στη διαχείριση, αξιόπιστο και ασφαλές ακόμα και στους απλούς χρήστες του, όπου θα παρέχει υψηλές επιδόσεις με χαμηλό κόστος.

### 1.3.6 Διαδίκτυα

Υπάρχουν πολλά δίκτυα με διαφορετικό υλικό και λογισμικό. Υπάρχει η ανάγκη διαφορετικά δίκτυα να μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Αυτό πραγματοποιείται από

μηχανές που ονομάζονται **πύλες δικτύου (gateways)**, οι οποίες κάνουν την σύνδεση των διαφορετικών δικτύων και την μετατροπή του υλικού και του λογισμικού. Ένα σύνολο διασυνδεδεμένων δικτύων ονομάζεται **διαδίκτυο (internet ή internetwork)**. Ενώ το **παγκόσμιο Internet** είναι ένα συγκεκριμένο διαδίκτυο. Μια μορφή διαδικτύου είναι ένα σύνολο απο LAN τα οποία είναι συνδεδεμένα μέσω ενός WAN.

## 1.4 Λογισμικό δικτύων

### 1.4.1 Ιεραρχίες Πρωτοκόλλων

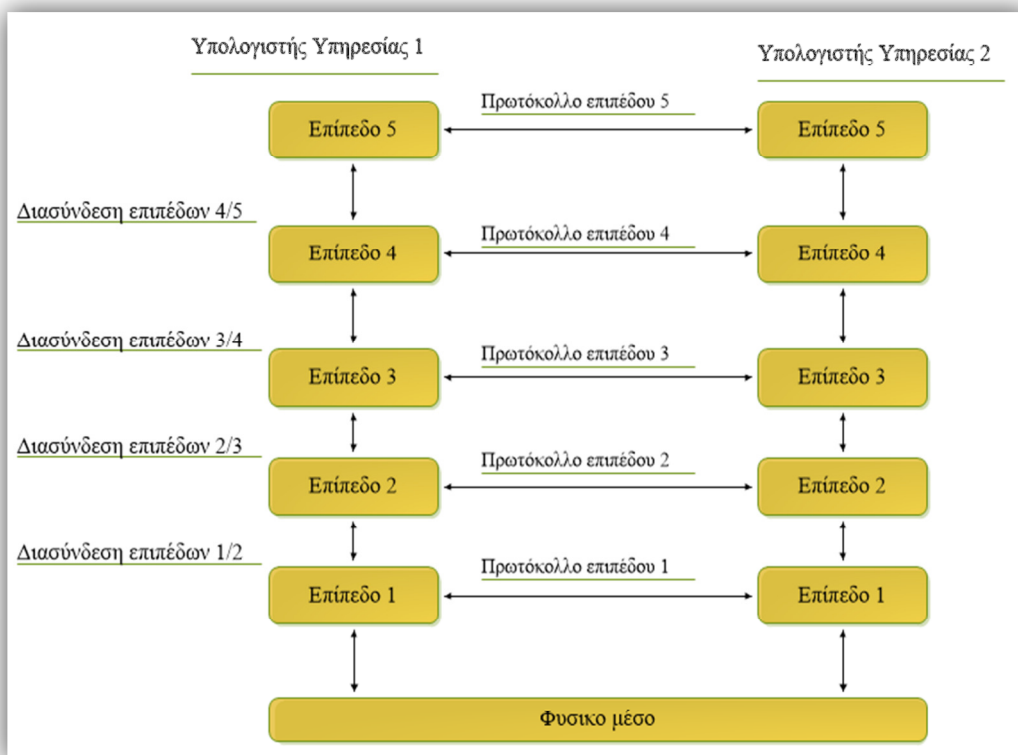
Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα της σχεδίασης τα δίκτυα οργανώνονται **σε στοίβα επιπέδων (layers ή levels)**, όπου το κάθε επίπεδο είναι το ένα πάνω στο άλλο. Σε κάθε δίκτυο ο αριθμός των επιπέδων, το όνομα κάθε επιπέδου, τα περιεχόμενα και η λειτουργία διαφέρουν. Το κάθε επίπεδο παρέχει υπηρεσίες στο ανώτερο επίπεδο.

Το επίπεδο n σε μια μηχανή πραγματοποιεί μια συνομιλία με το επίπεδο n σε κάποια άλλη μηχανή. Έτσι δημιουργείται η έννοια **πρωτόκολλο (protocol)** δηλαδή μια συμφωνία ανάμεσα σε επικοινωνούντα μέρη για το πώς πρέπει να διεξάγεται η επικοινωνία.

Στην εικόνα 1.13 έχουμε ένα δίκτυο πέντε επιπέδων. Οι οντότητες που υλοποιούν τα αντίστοιχα επίπεδα στις διαφορετικές μηχανές ονομάζονται **ομότιμες (peers)**. Οι ομότιμες οντότητες είναι διεργασίες, συσκευές του υλικού ή και άνθρωποι. Δηλαδή είναι αυτές που για να επικοινωνήσουν κάνουν χρήση του πρωτοκόλλου.

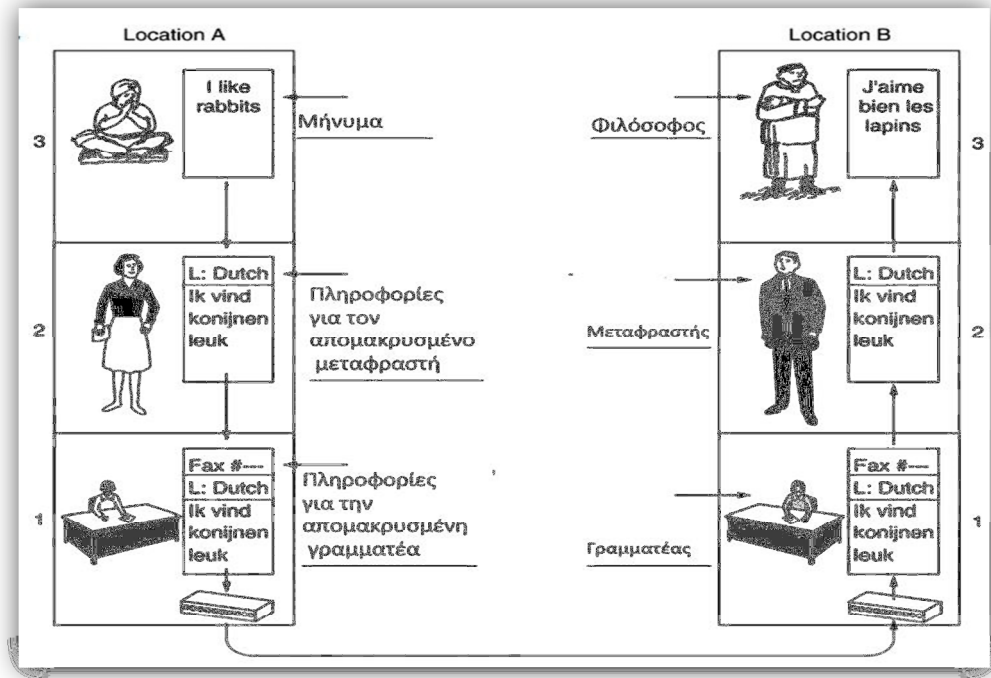
Η επικοινωνία δεν γίνεται άμεσα από το επίπεδο n της μιας μηχανής με το επίπεδο n της άλλης μηχανής. Αλλά το επίπεδο μεταβιβάζει τα δεδομένα και τις πληροφορίες ελέγχου στο επίπεδο που είναι ακριβώς κάτω από αυτό μέχρι να φθάσει στο κατώτερο επίπεδο. Κάτω από το επίπεδο 1 έχουμε το **φυσικό επίπεδο (physical medium)**, όπου εκεί είναι η πραγματική επικοινωνία. Στην εικόνα 1.13 βλέπουμε την εικονική επικοινωνία με συνεχείς γραμμές. Ανάμεσα σε κάθε ζεύγος γειτονικών επιπέδων υπάρχει μια **διασύνδεση (interface)** η οποία καθορίζει τις λειτουργίες και τις υπηρεσίες που παρέχει το κατώτερο επίπεδο προς το ανώτερο επίπεδο.

Το σύνολο των επιπέδων και πρωτοκόλλων ονομάζεται **αρχιτεκτονική δικτύου (network architecture)**. Η αρχιτεκτονική δικτύου δεν είναι υπεύθυνη για τις προδιαγραφές των διασυνδέσεων και για τις λεπτομέρειες της υλοποίησης, αφού είναι κρυμμένες μέσα σε κάθε μηχανή και δεν είναι φανερές στον έξω κόσμο. Το σύνολο των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο σύστημα, με ένα πρωτόκολλο ανά επίπεδο, ονομάζεται **στοίβα πρωτοκόλλων (protocol stack)**.



Εικόνα 1.13 Επίπεδα, πρωτόκολλα και διασυνδέσεις

Για να καταλάβουμε την επικοινωνία που γίνεται στα επίπεδα θα δώσουμε ένα παράδειγμα. Έστω ότι έχουμε δύο φιλοσόφους, δηλαδή ομότιμες διεργασίες στο επίπεδο 3. Ο ένας μιλάει Ουρντού και Αγγλικά ενώ ο άλλος μιλάει Κινέζικα και Γαλλικά. Επειδή δεν έχουν κοινή γλώσσα ο καθένας τους έχει και έναν μεταφραστή δηλαδή ομότιμες διεργασίες στο επίπεδο 2, οι οποίοι με την σειρά τους επικοινωνούν με μια γραμματέα δηλαδή ομότιμες διεργασίες στο επίπεδο 1. Ο φιλόσοφος 1 θέλει να μεταφέρει στον φιλόσοφο 2 τη συμπάθειά του για το είδος *oryctolagus cuniculus*. Για να γίνει αυτό στέλνει ένα μήνυμα στα Αγγλικά μέσω της διασύνδεσης 2/3 στον μεταφραστή του λέγοντας « I like rabbits » (αγαπώ τα κουνέλια), εικόνα 1.14. Οι μεταφραστές συμφώνησαν μεταξύ τους να χρησιμοποιούν την Ολλανδική γλώσσα και το μήνυμα γίνεται σε « Ik vind Konijnen leuk ». Η κοινή γλώσσα είναι στην ουσία το πρωτόκολλο του επιπέδου 2 μεταξύ των ομότιμων διεργασιών του επιπέδου αυτού. Στην συνέχεια ο μεταφραστής δίνει το μήνυμα σε μια γραμματέα για να το στείλει πχ μέσω φαξ (πρωτόκολλο επιπέδου 1). Όταν το μήνυμα φτάσει γίνεται η μετάφραση στα Γαλλικά και μεταβιβάζεται διαμέσου της διασύνδεσης 2/3 στο φιλόσοφο 2.

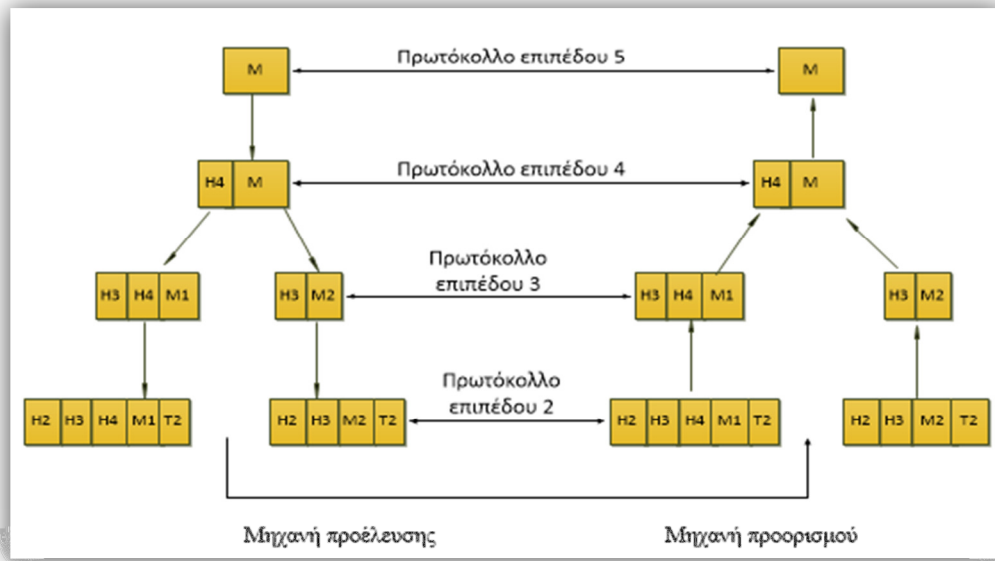


Εικόνα 1.14 Αρχιτεκτονική επικοινωνίας φιλοσόφων, μεταφραστών και γραμματέων

Θα εξετάσουμε ένα πιο τεχνικό παράδειγμα όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.15. Έχουμε ένα μήνυμα  $M$  που δημιουργείται από μια διεργασία εφαρμογής που εκτελείται στο επίπεδο 5 και μεταβιβάζεται στο επίπεδο 4 για μετάδοση. Το επίπεδο 4 βάζει μία **κεφαλίδα (header)** μπροστά από το μήνυμα με σκοπό να προσδιορίσει την ταυτότητα του μηνύματος και το στέλνει στο επίπεδο 3. Η κεφαλίδα έχει πληροφορίες ελέγχου, δηλαδή έναν αριθμό σειράς, ώστε το επίπεδο 4 να δώσει το μήνυμα με την σωστή σειρά εφόσον τα κατώτερα επίπεδα δεν διατηρήσουν την σωστή ακολουθία του μηνύματος. Σε άλλα επίπεδα η κεφαλίδα μπορεί να έχει και άλλες πληροφορίες ελέγχου πχ χρόνο κ.α

Στα περισσότερα δίκτυα δεν υπάρχει όριο μεγέθους του μηνύματος, όμως το πρωτόκολλο του επιπέδου 3 συνήθως βάζει ένα όριο, το οποίο σπάει τα μηνύματα σε μικρότερα κομμάτια δηλαδή πακέτα βάζοντας στο κάθε πακέτο την κεφαλίδα του επιπέδου 3. Έτσι και εδώ το  $M$  χωρίζεται σε  $M_1$  και  $M_2$ .

Το επίπεδο 3 αποφασίζει απόποιες εξερχόμενες γραμμές θα κάνει χρήση και στέλνει τα πακέτα στο επίπεδο 2. Στην συνέχεια το επίπεδο 2 βάζει και αυτό την δική του κεφαλίδα στα πακέτα αλλά και ένα **επίμετρο (trailer)** και τα στέλνει στο επίπεδο 1 για την φυσική μετάδοση. Στην μηχανή του παραλήπτη γίνεται το ανάποδο το μήνυμα ανεβαίνει επίπεδα και οι κεφαλίδες αφαιρούνται ανα επίπεδο.



Εικόνα 1.15 Παράδειγμα ροής πληροφοριών που υποστηρίζει την εικονική επικοινωνία στο επίπεδο 5

#### 1.4.2 Ζητήματα σχεδίασης των επιπέδων

Κάθε επίπεδο έχει ανάγκη από έναν μηχανισμό για να γνωρίζει ποιός είναι ο αποστολέας και ο παραλήπτης. Επειδή σ'ένα δίκτυο υπάρχουν πολλοί υπολογιστές, άρα πολλοί προορισμοί πρέπει να υπάρχει μια μορφή **διευθυνσιοδότησης (addressing)** για να προσδιοριστεί ένας συγκεκριμένος προσδιορισμός.

Επίσης πρέπει να υπάρχουν **κανόνες μεταφοράς δεδομένων**. Σε μερικά συστήματα τα δεδομένα ταξιδεύουν μόνο προς τη μία κατεύθυνση σε άλλα και στις δύο κατευθύνσεις. Έτσι το πρωτόκολλο πρέπει να καθορίζει πόσα θα είναι τα λογικά κανάλια που θα αντιστοιχεί η σύνδεση και ποιές οι προτεραιότητες.

Πρέπει να υπάρχει **έλεγχος σφαλμάτων (error control)**, διότι τα φυσικά κυκλώματα δεν είναι τέλεια. Υπάρχουν πολλοί κώδικες ανίχνευσης και διορθωσης σφαλμάτων και έτσι η πηγή και ο προορισμός θα πρέπει να συμφωνήσουν ποιόν θα κάνουν χρήση. Ο προορισμός πρέπει να έχει έναν μηχανισμό με τον οποίο θα ενημερώνει την πηγή για ποιά μηνύματα έλαβε σωστά και ποιά όχι. Τα κανάλια επικοινωνίας δεν διατηρούν την ακολουθία των μηνυμάτων έτσι το πρωτόκολλο πρέπει να επιτρέπει στον προορισμό να συναρμολογεί ορθά τα μηνύματα.

Ένα άλλο θέμα κάθε επιπέδου είναι πως γίνεται να σταματήσουμε έναν γρήγορο αποστολέα να στέλνει δεδομένα σ'έναν αργό προορισμό. Μιά λύση είναι να υπάρχει μια συμφωνία στο ρυθμό μετάδοσης του αποστολέα αυτό ονομάζεται **έλεγχος ροής (flow control)**.

Επιπλέον σε πολλά επίπεδα υπάρχει η αδυναμία των διεργασιών να λάβουν μεγάλα μηνύματα. Άρα πρέπει να υπάρχουν μηχανισμοί κατακερματισμού, μετάδοσης και ανασυναρμολόγησης των μηνυμάτων. Αυτή είναι η δουλειά των μηχανισμών πολυπλεξίας (multiplexing) και αποπολύπλεξης (demultiplexing). Δηλαδή γίνεται η συλλογή πολλών μικρών μηνυμάτων σε ένα μεγάλο μήνυμα προς ένα κοινό προορισμό και το μεγάλο μήνυμα αφού φθάσει να διαμελιστεί σε μικρότερα μέσα από την ίδια γραμμή επικοινωνίας.

Υπάρχουν πολλές διαδρομές ανάμεσα στην πηγή και στον προορισμό και θα πρέπει να γίνει επιλογή μιας διαδρομής και αυτό ονομάζεται **δρομολόγηση (routing)**.

### 1.4.3 Συνδεοστρεφείς και ασυνδεσμικές υπηρεσίες

Κάθε επίπεδο παρέχει στο ανώτερο επίπεδο του δύο υπηρεσίες:

- Συνδεοστρεφείς ή
- Ασυνδεσμικές

Η **συνδεοστρεφής υπηρεσία (connection-oriented service)** έχει ως βάση το τηλεφωνικό σύστημα. Δηλαδή ο χρήστης εγκαθιδρύει μια σύνδεση μετά κάνει χρήση της σύνδεσης και απελευθερώνει τη σύνδεση. Μερικές φορές, όταν εγκαθιδρύεται μια σύνδεση ο αποστολέας, ο παραλήπτης και το υποδίκτυο κάνουν **μια διαπραγμάτευση (negotiation)** όσο αφορά το μέγιστο μέγεθος μηνυμάτων, ποιότητα υπηρεσιών κ.α.

Η **ασυνδεσμική υπηρεσία (connectionless service)** έχει ως βάση το ταχυδρομικό σύστημα. Κάθε μήνυμα έχει μια πλήρη διεύθυνση προορισμού και δρομολογείται ανεξάρτητα από τα άλλα. Κάθε υπηρεσία χαρακτηρίζεται και από την **ποιότητα υπηρεσιών (quality of service)**. **Αξιόπιστες υπηρεσίες** είναι εκείνες που δεν χάνουν δεδομένα και αυτό γίνεται, όταν ο παραλήπτης στέλνει επιβεβαιώσεις για τα μηνύματα που έλαβε. Οι επιβεβαιώσεις οδηγούν σε επιβαρύνσεις και καθυστερήσεις στην επικοινωνία όπου άλλοτε αξίζει και άλλοτε όχι. Η **αξιόπιστη συνδεοστρεφής υπηρεσία** έχει δύο υποκατηγορίες :

1. Ακολουθίες μηνυμάτων και
2. Ροές byte.

Στις **ακολουθίες μηνυμάτων**, όταν στέλνονται δύο μηνύματα των 1024 byte αυτά φθάνουν στον προορισμό όπως στάλθηκαν ξεχωριστά. Ενώ στην δεύτερη περίπτωση αν σταλούν 2048 byte ο παραλήπτης δεν μπορεί να ξεχωρίσει τα μηνύματα γιατί δεν υπάρχουν όρια μηνυμάτων. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι για μερικές εφαρμογές η καθυστέρηση λόγω επιβεβαιώσεων δεν είναι αποδεκτή πχ η μετάδοση ψηφιοποιημένης φωνής.

Η **αναξιόπιστη ασυνδεσμική υπηρεσία ονομάζεται υπηρεσία αυτοδύναμων πακέτων (datagram service)**. Πολλές φορές είναι επιθυμητό να μην εγκαθιδρυθεί μια σύνδεση αλλά να υπάρχει αξιοπιστία αυτή είναι η **υπηρεσία αυτοδύναμων πακέτων με επιβεβαίωση (acknowledged datagram service)**. Επιπλέον υπάρχει και η **υπηρεσία αίτησης-απάντησης (request-reply service)** όπου ο αποστολέας στέλνει ένα μόνο αυτοδύναμο πακέτο που έχει την αίτηση και αυτό που θα λάβει θα έχει την απάντηση. Στην εικόνα 1.16 βλέπουμε αυτά που αναφέραμε πιο πάνω.

Κλείνοντας αναφέρουμε ότι κάποιος που προτιμάει την αναξιόπιστη επικοινωνία είναι ότι η αξιόπιστη επικοινωνία να μην είναι διαθέσιμη πχ Ethernet δεν παρέχει αξιοπιστία και διότι οι καθυστερήσεις να μην είναι αποδεκτές σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου.

	Υπηρεσία	Παράδειγμα
Συνδεοστρεφής	Αξιόπιστη ροή μηνυμάτων	Ακολουθία σελίδων
	Αξιόπιστη ροή byte	Απομακρυσμένη σύνδεση
	Αναξιόπιστη σύνδεση	Ψηφιοποιημένη φωνή
Ασυνδεσμική	Αναξιόπιστα αυτοδύναμα πακέτα	Μαζικό ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
	Επιβεβαιωμένα αυτοδύναμα πακέτα	Συστημένο ταχυδρομείο
	Αίτηση-απάντηση	Ερώτηση σε βάση δεδομένων

Εικόνα 1.16 Έξι διαφορετικοί τύποι υπηρεσιών

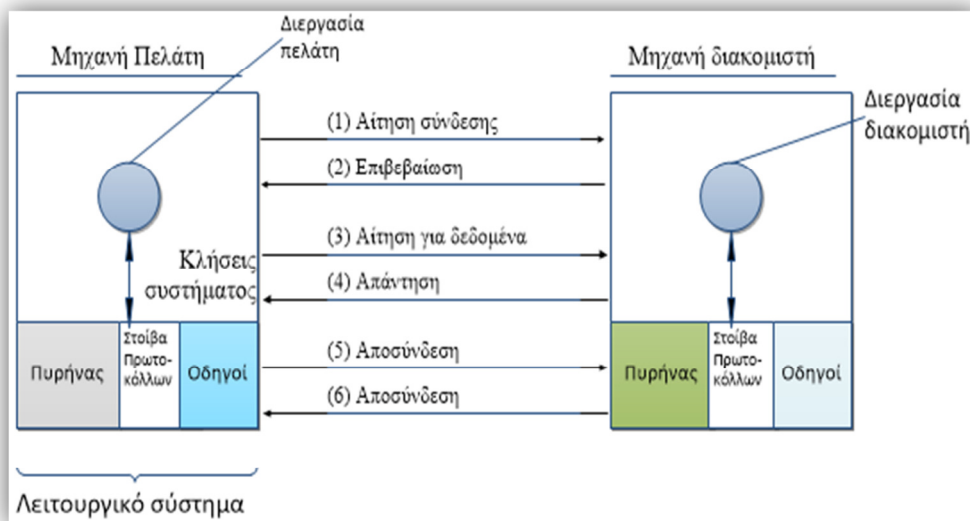
### 1.4.4 Θεμελιώδεις λειτουργίες υπηρεσιών

Η υπηρεσία αποτελείται στην ουσία από θεμελιώδεις λειτουργίες (primitives), οι οποίες οι διεργασίες των χρηστών μπορούν να προσπελάσουν την υπηρεσία. Τονίζουμε ότι οι θεμελιώδεις λειτουργίες είναι διαφορετικές στην ασυνδεσμική και συνδεμοστρεφή υπηρεσία. Στην εικόνα 1.17 που ακολουθεί βλέπουμε ποιές είναι οι θεμελιώδεις λειτουργίες για μια συνδεμοστρεφή υπηρεσία.

Θεμελιώδης λειτουργία	Σημασία
LISTEN	Μπλοκάρισμα για αναμονή μιας εισερχόμενης σύνδεσης
CONNECT	Εγκαθίδρυση σύνδεσης με ομότιμη οντότητα που βρίσκεται σε αναμονή
RECEIVE	Μπλοκάρισμα για αναμονή εισερχόμενου μηνύματος
SEND	Αποστολή μηνύματος στην ομότιμη οντότητα
DISCONNECT	Τερματισμός σύνδεσης

Εικόνα 1.17 Θεμελιώδεις λειτουργίες για μια συνδεμοστρεφούς υπηρεσίας

Στην επόμενη εικόνα 1.18 έχουμε τα πακέτα που στέλνονται σε μια απλή αλληλεπίδραση πελάτη-διακομιστή σ' ένα συνδεμοστρεφές δίκτυο.

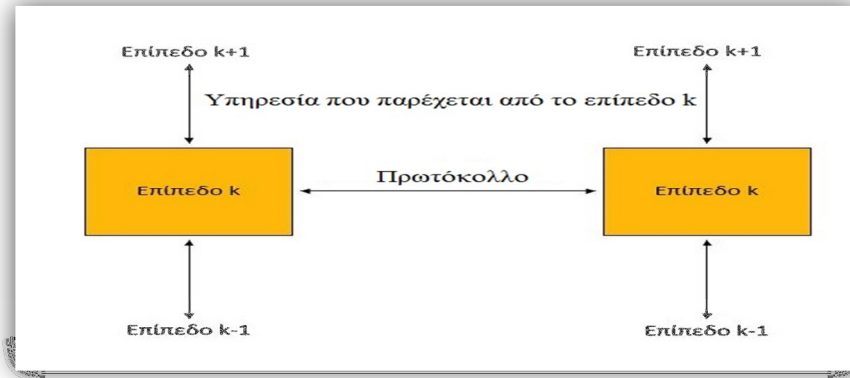


Εικόνα 1.18 Τα πακέτα που στέλνονται σε μια απλή αλληλεπίδραση πελάτη-διακομιστή σε ένα συνδεμοστρεφές δίκτυο

### 1.4.5 Η σχέση των υπηρεσιών με τα πρωτόκολλα

Οι υπηρεσίες και τα πρωτόκολλα είναι διαφορετικά. Η υπηρεσία (service) είναι ένα σύνολο λειτουργιών που δίνονται από το ένα επίπεδο στο άλλο ανώτερο επίπεδο. Η υπηρεσία

καθορίζει τις λειτουργίες που θα εκτελέσει το επίπεδο, αλλά δεν αναφέρει το πως υλοποιούνται. Στην ουσία η υπηρεσία αφορά την διασύνδεση ανάμεσα σε δύο επίπεδα όπου το κατώτερο επίπεδο να παρέχει την υπηρεσία στο ανώτερο επίπεδο για εκτέλεση. Ενώ το πρωτόκολλο είναι κανόνες για να καθοριστούν τα πακέτα ή μηνύματα όσο αφορά την μορφή τους και την σημασία τους, όπου ανταλλάσσονται ανάμεσα στις ομότιμες οντότητες ενός επιπέδου. Ακολουθεί η εικόνα 1.19 με αυτά που αναφέραμε πιο πάνω.



Εικόνα 1.19 Σχέση ανάμεσα σε μια υπηρεσία και ένα πρωτόκολλο

## 1.5 Μοντέλα αναφοράς

Δύο σημαντικές αρχιτεκτονικές δικτύου είναι **το μοντέλο αναφοράς OSI και το μοντέλο αναφοράς TCP/IP**. Τα πρωτόκολλα που αφορούν το μοντέλο OSI χρησιμοποιούνται σπάνια, αλλά το μοντέλο είναι γενικό και έγκυρο, παρ'όλα αυτά οι λειτουργίες σε κάθε επίπεδο του μοντέλου είναι σημαντικές. Αντιθέτως το μοντέλο TCP/IP δεν είναι τόσο χρήσιμο, αλλά τα πρωτόκολλα του είναι σημαντικά.

### 1.5.1 Το μοντέλο αναφοράς OSI

Το μοντέλο OSI το βλέπουμε στην Εικόνα 1.20. Το μοντέλο βασίζεται σε μια πρόταση που αναπτύχθηκε από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Standards Organization ή ISO). Αναθεωρήθηκε το 1995. Το μοντέλο ονομάζεται Μοντέλο Αναφοράς ISO OSI (ISO OSI Reference Model), δηλαδή OSI σημαίνει Διασύνδεση Ανοικτών Συστημάτων (Open Systems Interconnection), διότι ασχολείται με τη διασύνδεση ανοικτών συστημάτων, δηλαδή συστήματα που είναι ανοικτά στην επικοινωνία με άλλα συστήματα.

Το μοντέλο OSI έχει επτά επίπεδα. Οι βασικές αρχές που εφαρμόστηκαν για να έχουμε τα επίπεδα είναι οι ακόλουθες:

- Όπου χρειάζεται μια διαφορετική λογική αφαίρεση πρέπει να δημιουργείται ένα επίπεδο.
- Κάθε επίπεδο πρέπει να εκτελεί μια σαφώς καθορισμένη λειτουργία.
- Η λειτουργία κάθε επιπέδου πρέπει να επιλέγεται με στόχο τον καθορισμό διεθνώς τυποποιημένων πρωτοκόλλων.
- Τα σύνορα των επιπέδων πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ροή πληροφοριών μέσω της διασύνδεσης των επιπέδων.



- Το πλήθος των επιπέδων πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο έτσι ώστε να μην χρειάζεται να ανακατεύονται χωρίς λόγο διαφορετικές λειτουργίες στο ίδιο επίπεδο και ταυτόχρονα αρκετά μικρό έτσι ώστε η αρχιτεκτονική να μη γίνεται άβολη.

Το μοντέλο OSI δεν αποτελεί από μόνο του μια αρχιτεκτονική δικτύου, διότι δεν προσδιορίζει τις ακριβείς υπηρεσίες και τα πρωτόκολλα που πρέπει να χρησιμοποιούνται σε κάθε επίπεδο.

### Το φυσικό επίπεδο

Το **φυσικό επίπεδο (physical layer)** ασχολείται με τη μετάδοση ανεπεξέργαστων δυαδικών ψηφίων διαμέσου ενός καναλιού επικοινωνίας. Τα ζητήματα σχεδίασης αφορούν ότι θα εξασφαλίζεται όταν μια πλευρά στέλνει το bit 1 η άλλη πλευρά θα λαμβάνει bit 1 και όχι bit 0. Κάποια ερωτήματα στο επίπεδο αυτό είναι πόσα Volt θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση του 1 και πόσα για το 0, πόσα νανοδευτερόλεπτα διαρκεί ένα bit, μετάδοση ταυτόχρονη ή όχι στις δύο κατευθύνσεις, πως εγκαθιδρύεται ή τερματίζεται η σύνδεση, πόσους ακροδέκτες έχει ο connector του δικτύου και σε τι χρησιμεύει ο καθένας.

### Το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων

Το **επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων (data link layer)** μετασχηματίζει μια υπηρεσία μετάδοσης ανεπεξέργαστων δεδομένων σε μια γραμμή, η οποία να φαίνεται στο επίπεδο δικτύου ότι δεν υπάρχει κίνδυνος στο να μην εντοπιστούν σφάλματα μετάδοσης. Αυτό γίνεται, όταν ο αποστολέας τεμαχίζει τα δεδομένα εισόδου σε πλαίσια δεδομένων (**data frames**) με μέγεθος λίγες εκατοντάδες ή λίγες χιλιάδες byte και η μετάδοση των frames να γίνεται με τη σειρά. Αν η υπηρεσία είναι αξιόπιστη ο παραλήπτης στέλνει **πλαίσιο επιβεβαίωσης**.

Υπάρχει μηχανισμός ρύθμισης κυκλοφορίας, ώστε να μην μπορεί ένας γρήγορος αποστολέας να κατακλύσει με δεδομένα έναν αργό παραλήπτη. Για το πως θα ελέγχεται η πρόσβαση στο κοινόχρηστο κανάλι είναι θέμα για το ειδικό υποεπίπεδο του επιπέδου συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων που ονομάζεται **υποεπίπεδο ελέγχου προσπέλασης μέσων**.

### Το επίπεδο δικτύου

Το **επίπεδο δικτύου (network layer)** ελέγχει τη λειτουργία του υποδικτύου. Ένα βασικό θέμα σχεδίασης είναι το πως θα δρομολογούνται τα πακέτα από την προέλευση προς τον προορισμό τους. Τα δρομολόγια μπορούν να στηρίζονται σε στατικούς πίνακες και αλλάζουν σπάνια. Μπορεί να προσδιορίζονται στην αρχή κάθε συνομιλίας. Αλλιώς μπορεί να είναι δυναμικά και να καθορίζονται εκ νέου για κάθε πακέτο.

Πρέπει να υπάρχει έλεγχος συμφόρησης, όταν στο υποδίκτυο υπάρχουν πολλά πακέτα την ίδια χρονική στιγμή. Η παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών πχ καθυστέρηση, χρόνος διέλευσης κ.α είναι θέμα αυτού του επιπέδου. Για να ξεπεραστούν προβλήματα όπως ένα πακέτο να

πάει από ένα δίκτυο σε ένα άλλο με διαφορετική διευθυνσιοδότηση, μη αποδοχή πακέτων με διαφορετικό μέγεθος από αυτό που δέχεται είναι θέμα του επιπέδου δικτύου για τη διασύνδεση ετερογενών δικτύων.

Στα δίκτυα εκπομπής το πρόβλημα της δρομολόγησης είναι απλό και έτσι το επίπεδο δικτύου είναι υποτυπώδες ή και ανύπαρκτο.

### **Το επίπεδο μεταφοράς**

Η βασική λειτουργία του **επιπέδου μεταφοράς (transport layer)** είναι να δέχεται δεδομένα από το ανώτερο επίπεδο, να τα σπάει δε μικρότερες ομάδες αν είναι αναγκαίο, να τα μεταβιβάζει στο επίπεδο δικτύου, και να εξασφαλίζει ότι όλα φτάνουν σωστά στο άλλο άκρο. Πρέπει να γίνονται με αποδοτικό τρόπο και να είναι αδιαφανή από τα ανώτερα επίπεδα.

Το επίπεδο καθορίζει τον τύπο υπηρεσίας που θα παρέχεται στο επίπεδο συνδιάλεξης και στους χρήστες. Η σύνδεση στο επίπεδο μεταφοράς δίνει την δυνατότητα το κανάλι να μην έχει σφάλματα από σημείο σε σημείο και τα μηνύματα ή byte να παραδίδονται με τη σωστή σειρά που στάλθηκαν. Άλλη υπηρεσία είναι η μεταφορά μεμονωμένων μηνυμάτων χωρίς εγγύηση για την σειρά μετάδοσης και εκπομπή μηνυμάτων σε πολλούς προορισμούς. Ο τύπος της υπηρεσίας καθορίζεται, όταν εγκαθιδρύεται η σύνδεση.

Το επίπεδο μεταφοράς **είναι ένα πραγματικό επίπεδο end-to-end**, δηλαδή ένα πρόγραμμα στην μηχανή προέλυσης « συνομιλεί » με ένα παρόμοιο πρόγραμμα στη μηχανή προορισμού. Η διαφορά των επιπέδων 1 έως 3 είναι ότι η λειτουργούν αλυσιδωτά ενώ τα επίπεδα 4 έως 7 λειτουργούν από άκρο σε άκρο.

### **Το επίπεδο συνδιάλεξης**

**Το επίπεδο συνδιάλεξης ή επίπεδο περιόδου σύνδεσης (session layer)** δίνει την δυνατότητα σε χρήστες διαδορετικών μηχανών να εγκαθιδρύουν συνδιαλέξεις (**sessions**) μεταξύ τους. Οι συνδιαλέξεις προσφέρουν διάφορες υπηρεσίες **όπως έλεγχος διαλόγου**, ποιός έχει σειρά να μεταδώσει, **η διαχείριση σκυτάλη** δηλαδή αποτροπή στις δύο πλευρές να εκτελέσουν ταυτόχρονα την ίδια κρίσιμη υπηρεσία και **ο συγχρονισμός** δηλαδή να υπάρχουν σημεία ελέγχου σε μακρόχρονες μεταδόσεις για να μπορούν να συνεχιστούν από σημείο που σταμάτησαν μετά από μια κατάρρευση του συστήματος.

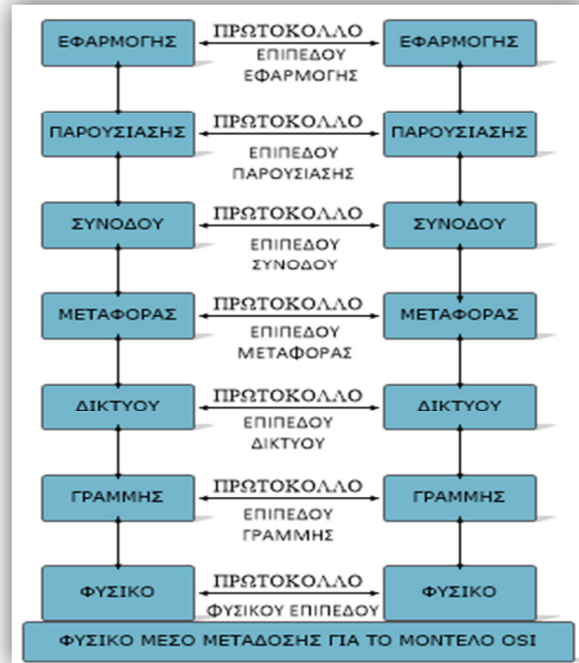
### **Το επίπεδο παρουσίασης**

**Το επίπεδο παρουσίασης (presentation layer)** ασχολείται με την σύνταξη και τη σημασιολογία των μεταδιδόμενων πληροφοριών. Κάνει εφικτή την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών που χρησιμοποιούν διαφορετικές αναπαραστάσεις δεδομένων. Καθώς επιτρέπει τον ορισμό και την ανταλλαγή δομών δεδομένων υψηλού επιπέδου (πχ τραπεζικά έγγραφα).

### **Το επίπεδο εφαρμογών**

**Το επίπεδο εφαρμογών (application layer)** παρέχει πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες όπως το **πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερ-κειμένου ή Http** όπου είναι η βάση του παγκόσμιου Ιστού.

Άλλα πρωτόκολλα εφαρμογών χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά αρχείων, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και τις ομάδες ειδήσεων δικτύου.



Εικόνα 1.20 Το μοντέλο αναφοράς OSI

### 1.5.2 Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP

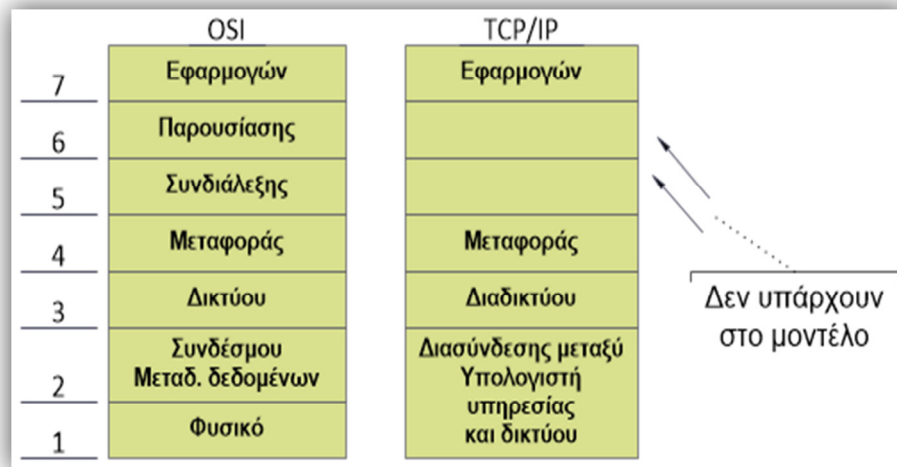
Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP χρησιμοποιήθηκε στο ARPANET και στο Internet. Η διασύνδεση πολλών δικτύων με διαφανή τρόπο ήταν ένας βασικός στόχος σχεδίασης, όπου αυτή η **αρχιτεκτονική έγινε γνωστή ως Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP**. Ένας άλλος στόχος ήταν η επιβίωση του δικτύου από απώλειες υλικού του υποδικτύου, χωρίς να τερματίζονται οι συνομιλίες, επίσης και μια ευέλικτη αρχιτεκτονική για τη χρήση εφαρμογών με διαφορετικές απαιτήσεις.

#### Το επίπεδο διαδικτύου

Όλες αυτές οι ανάγκες οδήγησαν στην επιλογή ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων με βάση ένα ασυνδεδασμένο επίπεδο διαδικτύου. Το επίπεδο αυτό ονομάζεται **επίπεδο διαδικτύου και είναι η βάση της αρχιτεκτονικής**. Σκοπός του είναι οι υπολογιστές υπηρεσίας να μπορούν να βάζουν τα πακέτα τους σε οποιοδήποτε δίκτυο και αυτά να ταξιδεύουν ανεξάρτητα προς τον προορισμό τους. Τα πακέτα μπορούν να φτάνουν και με διαφορετική σειρά από αυτή που στάλθηκαν κάτι ανάλογο με το ταχυδρομείο.

Το επίπεδο διαδικτύου ορίζει την μορφή για τα πακέτα και ένα επίσημο πρωτόκολλο που ονομάζεται, **Πρωτόκολλο Διαδικτύου ή IP (Internet Protocol)**. Σκοπός του επιπέδου

διαδικτύου είναι να παραδίδει τα πακέτα IP στον προορισμό τους. Έτσι τα βασικά θέματα είναι η δρομολόγηση των πακέτων και η αποφυγή συμφόρησης. Το επίπεδο διαδικτύου του TCP/IP είναι παρόμοιο σε θέμα λειτουργικότητας με το επίπεδο δικτύου του OSI στην εικόνα 1.21 βλέπουμε το μοντέλο TCP/IP.



Εικόνα 1.21 Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP

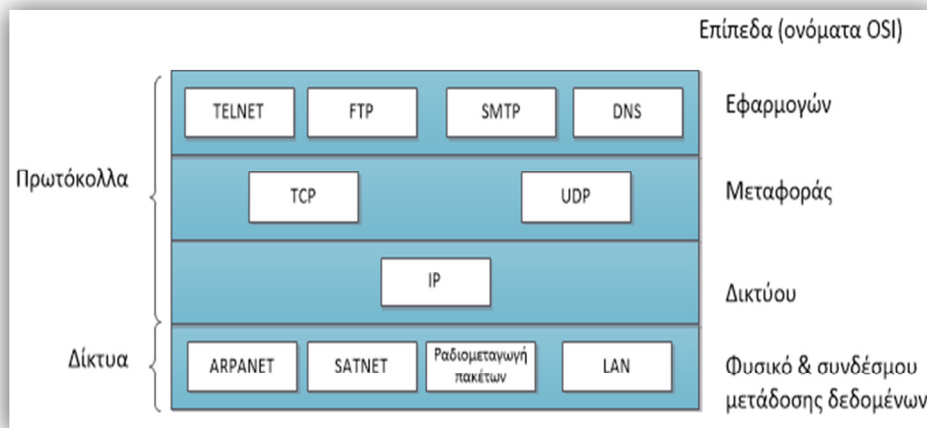
### Το επίπεδο μεταφοράς

Το **επίπεδο μεταφοράς (transport layer)** έχει σχεδιαστεί προκειμένου οι ομότιμες οντότητες στους υπολογιστές υπηρεσίας της πηγής και του παραλήπτη να επικοινωνούν. Έχουν οριστεί δύο πρωτόκολλα μεταφοράς από άκρο σε άκρο. Το **Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης ή TCP (Transmission Control Protocol)** το οποίο είναι ένα αξιόπιστο συνδεοστροφές και επιτρέπει σε μια ροή byte μιας μηχανής να παραδίδεται χωρίς σφάλματα σε άλλη μηχανή. Αυτό που κάνει είναι να σπάει τη ροή byte σε διακριτά μηνύματα και να τα μεταβιβάζει στο επίπεδο διαδικτύου. Η διεργασία του παραλήπτη του TCP επανασυναρμολογεί τα μηνύματα. Επίσης το πρωτόκολλο TCP είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο ροής των μηνυμάτων.

Το άλλο πρωτόκολλο ονομάζεται **Πρωτόκολλο Αυτοδύναμων Πακέτων Χρήστη ή UDP (User Datagram Protocol)** και είναι αναξιόπιστο ασυνδεσμικό. Η χρήση του είναι για μεμονωμένα μηνύματα τύπου αίτησης-απάντησης και για εφαρμογές για ταχύτητα παράδοσης και όχι ακρίβεια όπως ομιλία και βίντεο.

### Το επίπεδο εφαρμογών

Το επίπεδο εφαρμογών (application layer) περιέχει τα πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου όπως το εικονικό τερματικό (TELNET), η μεταφορά αρχείων (FTP), το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και αργότερα η ανάπτυξη του εξειδικευμένου πρωτοκόλλου (SMTP). Με τα χρόνια προστέθηκαν και άλλα όπως το HTTP, DNS (για την αντιστοίχιση των ονομάτων των υπολογιστών υπηρεσίας στις διευθύνσεις δικτύου τους) και πολλά άλλα. Στην εικόνα 1.22 βλέπουμε τα πρωτόκολλα και δίκτυα στο αρχικό μοντέλο TCP/IP.



Εικόνα 1.22 Πρωτόκολλα & δίκτυα στο αρχικό μοντέλο TCP/IP

### Το επίπεδο διασύνδεσης μεταξύ υπολογιστή υπηρεσίας και δικτύου

Κάτω από το επίπεδο δικτύου υπάρχει ένα μεγάλο κενό. Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP αναφέρει, ότι ο υπολογιστής υπηρεσίας πρέπει να συνδέεται με το δίκτυο κάνοντας χρήση κάποιου πρωτοκόλλου για να μπορεί να στέλνει πακέτα IP. Αυτό το πρωτόκολλο είναι αόριστο και διαφέρει από δίκτυο σε δίκτυο και από υπολογιστή.

### 1.5.3 Σύγκριση των μοντέλων αναφοράς OSI και TCP/IP

Τα μοντέλα αναφοράς OSI και TCP/IP έχουν πολλά κοινά σημεία. Βασίζονται σε στοίβες ανεξάρτητων πρωτοκόλλων. Η λειτουργία των επιπέδων είναι παρόμοια. Εκτός από τις ομοιότητες έχουν και σημαντικές διαφορές **στο μοντέλο OSI έχουμε τρεις βασικές έννοιες :**

- Υπηρεσίες
- Διασυνδέσεις
- Πρωτόκολλα

Αντιθέτως το TCP/IP δεν έκανε ξεκάθαρη διάκριση ανάμεσα στις υπηρεσίες, διασυνδέσεις και τα πρωτόκολλα με αποτέλεσμα τα πρωτόκολλα να είναι κρυμμένα και μπορούν να αντικατασταθούν πιο εύκολα, όταν αλλάζει η τεχνολογία.

Το μοντέλο αναφοράς ISO επινοήθηκε πριν σχεδιαστούν τα πρωτόκολλα έτσι δεν ήταν υπερ κάποιου πρωτοκόλλου, αλλά οι σχεδιαστές δεν είχαν πείρα σχετικά με τις λειτουργίες που θα είχε το κάθε επίπεδο. Αντιθέτως στο TCP/IP πρώτα εμφανίστηκαν τα πρωτόκολλα με αποτέλεσμα τέλειο ταίριασμα με το μοντέλο αλλά δεν ταίριαζε με άλλες στοίβες πρωτοκόλλων.

Μια άλλη ξεκάθαρη διαφορά ανάμεσα στα μοντέλα είναι ότι **το μοντέλο OSI έχει επτά επίπεδα, ενώ το TCP/IP έχει τέσσερα.** Το μοντέλο OSI υποστηρίζει ασυνδεδεσμένη και συνδεδεσμένη επικοινωνία στο επίπεδο δικτύου και μόνο συνδεδεσμένη επικοινωνία στο επίπεδο μεταφοράς ενώ το μοντέλο TCP/IP στο επίπεδο δικτύου υποστηρίζει ασυνδεδεσμένη επικοινωνία και στο επίπεδο μεταφοράς ασυνδεδεσμένη και συνδεδεσμένη επικοινωνία.

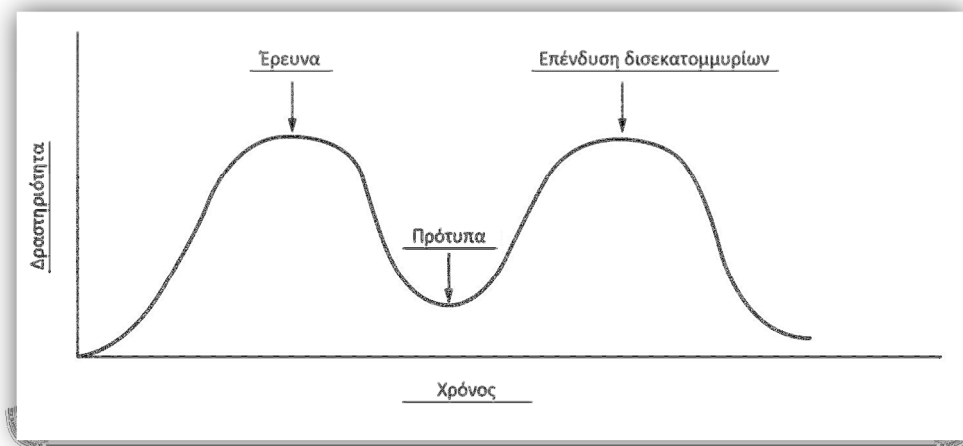
### 1.5.4 Κριτική του OSI και των πρωτοκόλλων

Το μοντέλο OSI και το μοντέλο TCP/IP με τα πρωτοκόλλά τους δεν είναι τέλεια. Η κριτική του μοντέλου OSI και των πρωτοκόλλων του αφορά τα ακόλουθα:

- Κακός χρονισμός,
- Κακή τεχνολογία,
- Κακές υλοποιήσεις και
- Κακή Πολιτική

#### Κακός χρονισμός

Ο David Clark του M.I.T έχει μια θεωρία για τα πρότυπα που ονομάζεται η **αποκάλυψη των δύο ελεφάντων** όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.23. Στην Εικόνα βλέπουμε την δραστηριότητα που υπάρχει σε ένα νέο αντικείμενο, δηλαδή η χρονική στιγμή που ορίζεται ένα πρότυπο είναι κρίσιμο, για την επιτυχία του. Όταν ανακαλύπτεται ένα αντικείμενο έχουμε και ερευνητική δραστηριότητα με την μορφή πχ άρθρα, συναντήσεις κ.τ.λ μετά η δραστηριότητα μειώνεται και οι εταιρείες ανακαλύπτουν το αντικείμενο και ξεκινάνε οι επενδύσεις. Έτσι τα πρότυπα πρέπει να γραφτούν στην « κοιλία » ανάμεσα στους δύο ελέφαντες για να υπάρχει επιτυχία. Γι' αυτό το λόγο και τα πρωτόκολλα OSI δεν είχαν επιτυχία, αφού τα πρωτόκολλα TCP/IP τα χρησιμοποιούσαν ήδη στα πανεπιστήμια όταν εμφανίστηκαν τα πρωτόκολλα OSI.



Εικόνα 1.23 Η αποκάλυψη των δύο ελεφάντων

#### Κακή τεχνολογία

Το μοντέλο OSI και τα πρωτόκολλα έχουν προβλήματα. **Το ότι υπάρχουν 7 επίπεδα ήταν θέμα πολιτικής παρά τεχνικών λόγων**, το ίδιο το μοντέλο με τις προδιαγραφές των υπηρεσιών και πρωτοκόλλων είναι περίπλοκο. Ένα άλλο πρόβλημα του μοντέλου OSI είναι ότι κάποιες λειτουργίες όπως η διευθυνσιοδότηση, έλεγχος ροής και έλεγχος σφαλμάτων τις συναντάμε σε κάθε επίπεδο.

## **Κακές υλοποιήσεις**

Η πολυπλοκότητα του μοντέλου και των πρωτοκόλλων του οδήγησαν να είναι οι πρώτες υλοποιήσεις πελώριες, δυσκίνητες και αργές ενώ **οι πρώτες υλοποιήσεις του TCP/IP ήταν μέρος του Berkeley UNIX και ήταν αρκετά καλή και δωρεάν.**

## **Κακή πολιτική**

Η αρχική υλοποίηση του TCP/IP ως μέρος του UNIX **θεωρήθηκε καλό από το ακαδημαϊκό χώρο ενώ το OSI θεωρήθηκε ως μέρος των γραφειοκρατών.**

### **1.5.5 Κριτική του μοντέλου αναφοράς TCP/IP**

**Το μοντέλο TCP/IP και τα πρωτόκολλα του έχουν και αυτά προβλήματα.** Δεν υπάρχει καλή διάκριση ανάμεσα στις έννοιες υπηρεσία, διασύνδεσης και πρωτοκόλλου. Το μοντέλο δεν είναι καλός οδηγός για τη σχεδίαση νέων δικτύων. Επιπλέον το μοντέλο TCP/IP δεν είναι γενικό με αποτέλεσμα να είναι ακατάλληλο για την περιγραφή άλλης στοίβας πρωτοκόλλων. Επίσης το επίπεδο διασύνδεσης μεταξύ υπολογιστή υπηρεσίας και δικτύου δεν είναι «πραγματικό επίπεδο» είναι μια διασύνδεση, έτσι η διαφορά διασύνδεσης - επίπεδο πρέπει να είναι ξεκάθαρη. Στην συνέχεια το μοντέλο TCP/IP δεν ξεχωρίζει το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων όπου το καθένα κάνει ξεχωριστή δουλειά ένα σωστό μοντέλο θα έπρεπε να κάνει τη διάκριση. Εκτός από αυτά που αναφέραμε κάποια πρωτόκολλα όπως το IP και TCP σχεδιάστηκαν σωστά αντιθέτως από πολλά άλλα όπως TELNET που δεν ακολούθησαν την ίδια διαδρομή.

Κλείνοντας παρά τα προβλήματα το μοντέλο OSI είναι χρήσιμο για την ανάλυση των δικτύων υπολογιστών σε αντίθεση με τα πρωτόκολλα του που δεν είναι γνωστά και το αντίστροφο γίνεται με το TCP/IP.

## **1.6 Παραδείγματα δικτύων**

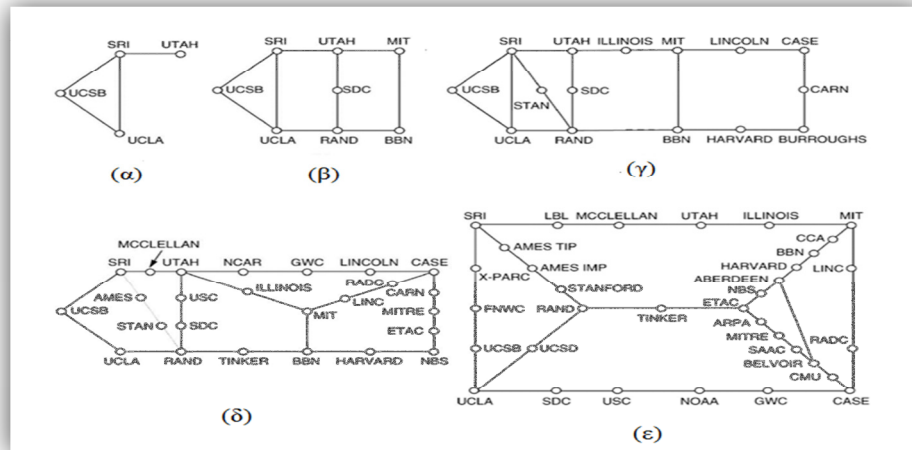
### **1.6.1 Το Internet**

**Το Internet δεν είναι ένα απλό δίκτυο, αλλά μια μεγάλη συλλογή από διαφορετικά δίκτυα που χρησιμοποιούν κάποια κοινά πρωτόκολλα και παρέχουν κάποιες κοινές υπηρεσίες.** Είναι ένα ασυνήθιστο σύστημα δηλαδή δεν σχεδιάστηκε από κανέναν και δεν ελέγχεται από κανέναν.

### **Το ARPANET**

Το ARPANET αναπτύχθηκε το 1969 από το υπουργείο άμυνας των ΗΠΑ και την υπηρεσία ARPA σήμερα είναι η γνωστή DARPA (Defence Advanced Research Project Agency). Στην αρχή ήταν μόνο 4 κόμβοι και στην συνέχεια έγινε ένα παγκόσμιας εμβέλειας δίκτυο, διότι συνδέθηκαν και άλλα δίκτυα όπως : SATNET, MILNET και διάφορα άλλα LANs στην εικόνα 1.24 βλέπουμε την ανάπτυξη του ARPANET.

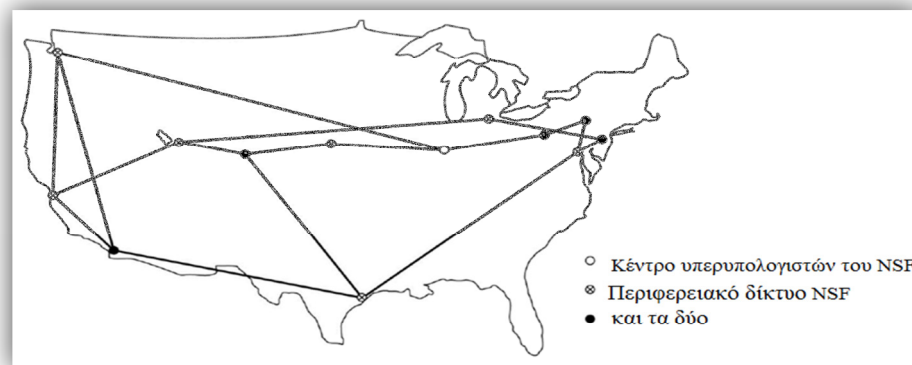
Η ανάπτυξη του πρωτοκόλλου μεταφοράς TCP και πρωτοκόλλου δικτύου IP έγιναν χάρις στο ARPANET. Το ARPANET δεν έκανε χρήση πρωτοκόλλων συνόδου και μεταφοράς και οι υπηρεσίες που προσέφερε ήταν το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μεταφορά αρχείων και απομακρυσμένη σύνδεση.



Εικόνα 1.24 Η ανάπτυξη του ARPANET

### Το NSFNET

Στα τέλη του 1970 το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών των ΗΠΑ ή NSF (National Science Foundation) βλέποντας την εξέλιξη του ARPANET σκέφτηκε να σχεδιάσει το διάδοχο του ARPANET όπου θα ήταν ανοιχτός στις ερευνητικές ομάδες όλων των πανεπιστημίων. Το NSF αποφάσισε να δημιουργήσει ένα δίκτυο σπονδυλικής στήλης ή κορμού που θα συνέδεε τα έξι κέντρα υπερυπολογιστών του. Κάθε υπερυπολογιστής είχε έναν μικρουπολογιστή και αυτοί σχημάτιζαν το υποδίκτυο κάνοντας χρήση της ίδιας της τεχνολογίας υλικού όπως το ARPANET ενώ από πλευράς υλικού οι μικρουπολογιστές χρησιμοποιούσαν το TCP/IP έτσι στην ουσία το NSFNET ήταν το πρώτο WAN με TCP/IP. Στην εικόνα 1.25 που ακολουθεί βλέπουμε το δίκτυο κορμού του NSFNET το 1988.



Εικόνα 1.25 Το δίκτυο κορμού του NSFNET το 1988



## Χρήση του Internet

Το βασικό μοντέλο αναφοράς του Internet είναι το TCP/IP μαζί με τα πρωτόκολλα του. **Για να είναι κάποιος συνδεδεμένος στο Internet πρέπει να εκτελεί τη στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP, να έχει μια διεύθυνση IP και να μπορεί να στέλνει πακέτα IP σε όλους τους άλλους που είναι συνδεδεμένοι στο Internet.**

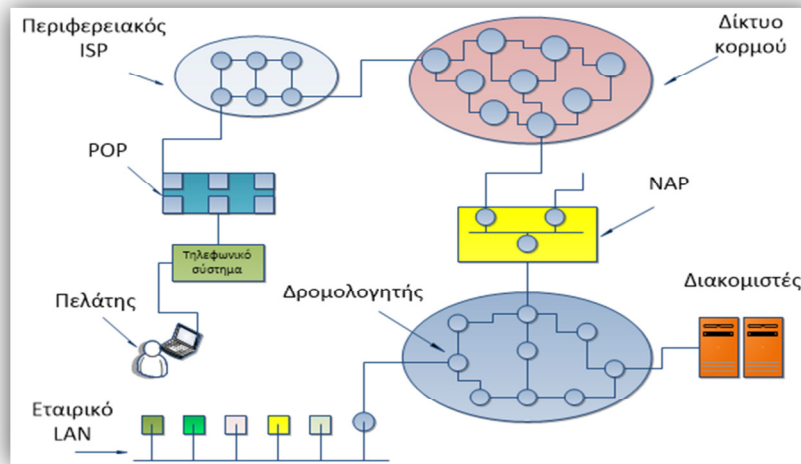
Οι βασικές υπηρεσίες στο Internet είναι **το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο**, όπου υπάρχει η δυνατότητα επικοινωνίας των χρηστών μεταξύ τους γράφοντας, αποστέλοντας και λαμβάνοντας μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Επίσης υπάρχουν και **οι συζητήσεις**, δηλαδή ομάδες χρηστών σε φόρουμ, όπου μπορούν να ανταλλάσσουν μηνύματα με κοινό ενδιαφέρον πάσης φύσεως. Υπάρχει και **η Τηλεσύνδεση**, δηλαδή κάνοντας χρήση κάποιων προγραμμάτων όπως telnet, rlogin και ssh οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν σε οποιαδήποτε μηχανή εφόσον έχουν κάποιο λογαριασμό. Επιπλέον υπάρχει και **η μεταφορά αρχείων**, όπου κάνοντας χρήση του προγράμματος FTP, οι χρήστες μπορούν να αντιγράψουν αρχεία από μια μηχανή του Internet σε μια άλλη.

Κλείνοντας η εφαρμογή **Παγκόσμιος Ιστός ή www (World Wide Web)** έφερε πάρα πολλούς χρήστες στο Internet πάσης φύσεως η οποία εφευρέθηκε **από το φυσικό Tim Berners – Lee του CERN.**

## Αρχιτεκτονική του Internet

Το πως είναι το σημερινό Internet το βλέπουμε στην εικόνα 1.26 και θα το περιγράψουμε όσο τον δυνατό με απλά και λίγα λόγια. Ο χρήστης καλεί τον ISP του διαμέσου της τηλεφωνικής γραμμής αυτό γίνεται με το μόντεμ, το οποίο μετατρέπει τα ψηφιακά σήματα του ηλεκτρονικού υπολογιστή σε αναλογικά για να περάσουν από το τηλεφωνικό σύστημα και να πάνε στο **Σημείο Παρουσίας ή POP (Point of Presence)** του ISP και μετά στο περιφερειακό ISP, όπου από εδώ και μετά το σύστημα είναι ψηφιακό και γίνεται η μεταγωγή πακέτων.

Ο περιφερειακός ISP και το δίκτυο κορμού αποτελούνται από δρομολογητές που συνδέονται μεταξύ τους. Κυρίως τα δίκτυα κορμού διαχειρίζονται από μεγάλες εταιρείες, όπου οι δρομολογητές διασυνδέονται με οπτικές ίνες υψηλού εύρους ζώνης. Επειδή υπάρχουν πολλά δίκτυα κορμού για να κινηθεί ένα πακέτο από το ένα δίκτυο κορμού σε άλλο γίνεται διαμέσου των NAP. Στην ουσία το NAP είναι ένα δωμάτιο με δρομολογητές όπου τουλάχιστον ένας δρομολογητής είναι για το δίκτυο κορμού. Υπάρχει **και η τεχνική ιδιωτική ομότιμη σύνδεση (private peering)** όπου υπάρχει η άμεση σύνδεση ανάμεσα στους δρομολογητές των δικτών κορμού.



Εικόνα 1.26 Επισκόπηση του Internet

## 1.6.2 Συνδεοστρεφή δίκτυα : X.25, Frame Relay & ATM

Υπάρχει ένας πόλεμος ανάμεσα σ' αυτούς που **υποστηρίζουν τα ασυνδεσμικά υποδίκτυα** και σ' αυτούς που **υποστηρίζουν τα συνδεοστρεφή υποδίκτυα**. Οι υποστηρικτές των ασυνδεσμικών δικτύων είναι από την κοινότητα ARPANET/Internet, διότι θέλουνε ένα δίκτυο που θα λειτουργεί ακόμα και αν έχει βλάβες ενώ η άλλη ομάδα προέρχεται από τον κόσμο των τηλεφωνικών εταιρειών, όπου μια γραμμή ή ένα κέντρο μεταγωγής «πέσει» η κλήση διακόπτεται. **Ο λόγος που το θέλανε αυτό οι τηλεφωνικές εταιρείες είναι η ποιότητα υπηρεσιών και η χρέωση.**

### X.25 και Frame Relay

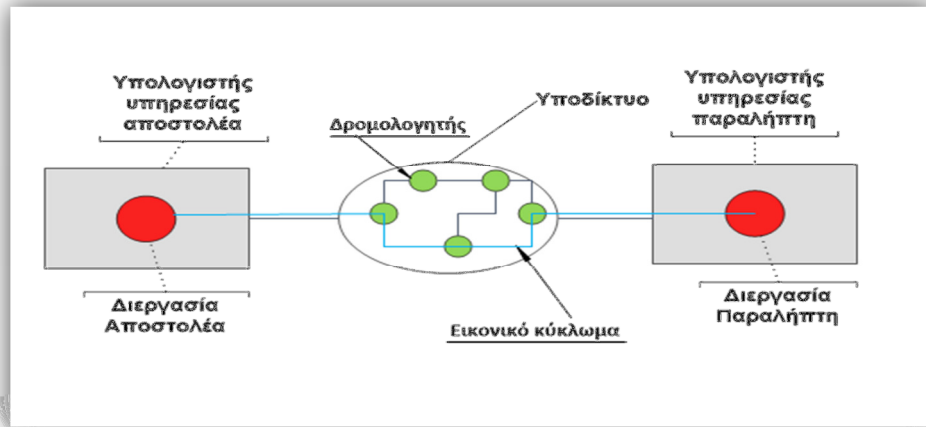
**Το πρώτο δημόσιο δίκτυο δεδομένων συνδεοστρεφούς δικτύου είναι το X.25.** Η λειτουργία του έγινε το 1970, όπου για να γίνει η χρήση του X.25 ο υπολογιστής εγκαθίδρυε μια σύνδεση με έναν απομακρυσμένο υπολογιστή μέσω τηλεφώνου. Η σύνδεση έπαιρνε έναν αριθμό σύνδεσης με σκοπό την χρήση του στα πακέτα μεταφοράς δεδομένων.

Το 1980 τα δίκτυα X.25 έδωσαν την θέση τους στο **δίκτυο Frame Relay**, δηλαδή ένα δίκτυο αναμετάδοσης πλαισίων, **συνδεοστρεφές χωρίς έλεγχο ροής και έλεγχο σφαλμάτων.**

### Κατάσταση ασύγχρονης μετάδοσης (ATM)

Ένα άλλο συνδεοστρεφές δίκτυο είναι το δίκτυο Κατάστασης Ασύγχρονης Μετάδοσης ή ATM (Asynchronous Transfer Mode). Το ATM σχεδιάστηκε το 1990 με σκοπό να λύσει όλα τα προβλήματα δικτύωσης και τηλεπικοινωνιών κάτι τέτοιο δεν έγινε επειδή υπήρχαν τα προβλήματα όπως **κακός χρονισμός, κακή τεχνολογία, κακή υλοποίηση και κακή πολιτική.** Παρ' όλα αυτά το ATM ήταν πιο επιτυχημένο από το OSI και χρησιμοποιείται στο τηλεφωνικό σύστημα για την μετάδοση πακέτων IP.

**Τα δίκτυα ATM είναι συνδεσμοστρεφή**, έτσι για να εγκαθιδρυθεί η σύνδεση πρέπει πρώτα η αποστολή αρχικού πακέτου. Το πακέτο κινείται στο υποδίκτυο και έτσι οι δρομολογητές της διαδρομής προσθέτουν μια καταχώριση στους πίνακες τους για να καταγράψουν την σύνδεση και να δεσμεύσουν πόρους όποιους χρειάζονται έτσι αυτές οι συνδέσεις ονομάζονται εικονικά κυκλώματα (virtual circuits). Επίσης τα περισσότερα ATM υποστηρίζουν μόνιμες συνδέσεις ανάμεσα σε δύο υπολογιστές υπηρεσίας και ονομάζονται μόνιμα κυκλώματα (permanent virtual circuits). Επιπλέον αν η σύνδεση είναι μόνιμη ή όχι έχει και ένα μοναδικό αναγνωριστικό σύνδεσης στην εικόνα 1.27 βλέπουμε ένα εικονικό κύκλωμα.



Εικόνα 1.27 Ένα εικονικό κύκλωμα

Η μετάδοση όλων των πληροφοριών στο ATM γίνεται σε μικρά πακέτα σταθερού μεγέθους που **ονομάζονται κελία (cells)**. Το μέγεθος τους είναι 53 byte, όπου τα 5 byte είναι η κεφαλίδα και τα 48 byte το ωφέλιμο φορτίο όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.28. **Τα πλεονεκτήματα** είναι ότι η δρομολόγηση των κελιών γίνεται στο υλικό με πολύ υψηλή ταχύτητα και το υλικό μπορεί να ρυθμιστεί, ώστε ένα εισερχόμενο κελί να αντιγραφεί σε πολλές γραμμές εξόδου. Επιπλέον τα μικρά κελία δεν απασχολούν τις γραμμές για πολύ χρόνο και έτσι υπάρχει η δυνατότητα εγγυήσεων για την ποιότητα των υπηρεσιών.

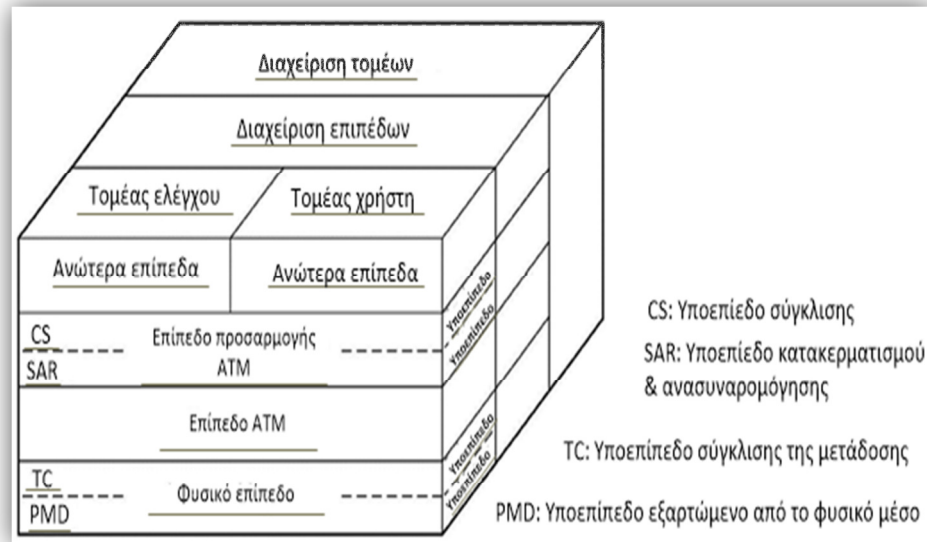


Εικόνα 1.28 Ένα κελί ATM

### Το μοντέλο αναφοράς ATM

Το ATM έχει το δικό του μοντέλο αναφοράς και διαφέρει από το μοντέλο OSI και από το TCP/IP. Στην εικόνα 1.29 βλέπουμε το μοντέλο ATM. **Τα επίπεδο του ATM είναι το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο ATM, το επίπεδο προσαρμογής ATM και οτιδήποτε άλλο θέλουν να βάλουν οι χρήστες πάνω από το επίπεδα αυτά.** Το φυσικό επίπεδο ασχολείται με το φυσικό μέσο. **Το επίπεδο ATM** ασχολείται με τα κελία και τη μεταφορά των κελιών καθώς με τη δομή των κελιών, την εγκαθίδρυση και τερματισμό των εικονικών κυκλωμάτων και με τον έλεγχο συμφόρησης. **Το επίπεδο προσαρμογής ATM ή AAL (ATM Adaptation Layer)** ο ρόλος του είναι να τεμαχίζει και να ανασυναρμολογεί τα πακέτα σε κελία.

Το μοντέλο ATM είναι σε τρεις διαστάσεις έτσι έχουμε τον τομέα χρήστη με σκοπό την μετάδοση δεδομένων, τον έλεγχο ροής, τη διόρθωση σφαλμάτων και άλλες λειτουργίες που αφορούν τον χρήστη. Ο τομέας ελέγχου είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση των συνδέσεων. Επιπλέον οι λειτουργίες διαχείρισης των επιπέδων και των τομέων ο σκοπός τους είναι η διαχείριση των πόρων και το συντονισμό μεταξύ των επιπέδων. Θα παραδέσουμε και την εικόνα 1.30 για να δώσουμε πιο συνοπτικά τα επίπεδα και τα υποεπίπεδα του ATM με τις λειτουργίες τους.



Εικόνα 1.29 Το μοντέλο αναφοράς ATM

Επίπεδο OSI	Επίπεδο ATM	Υποεπίπεδο ATM	Λειτουργικότητα
3/4	AAL	CS	Παροχή της τυποποιημένης διασύνδεσης (σύγκλιση)
		SAR	Κατάτμηση και ανασυναρμογή
2/3	ATM		Έλεγχος ροής Παραγωγή/εξαγωγή κεφαλίδων κελίων Διαχείριση εικονικών κυκλωμάτων/διαδρομών Πολύπλεξη/αποπολύπλεξη κελίων
2	ΦΥΣΙΚΟ	TC	Ανεξαρτοποίηση από το ρυθμό μετάδοσης των κελίων Παραγωγή & επαλήθευση αθροίσματος ελέγχου κεφαλίδων Παραγωγή κελίων Παραγωγή/ξεπακετάρισμα κελίων από το φάκελο όπου περικλείονται Παραγωγή πλαισίων
1		PMD	Χρονισμός Bit Φυσική πρόσβαση στο δίκτυο

Εικόνα 1.30 Τα επίπεδα & υποεπίπεδα του ATM & οι λειτουργίες τους

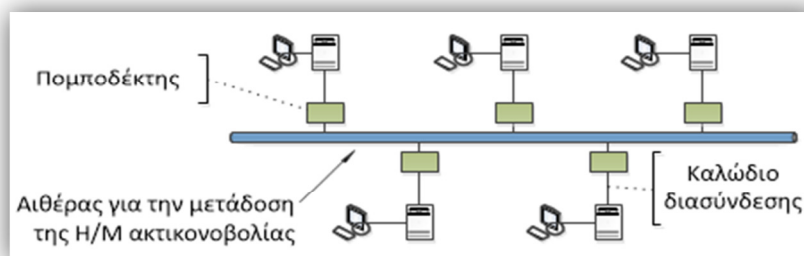
### 1.6.3 Ethernet

Η ανάγκη για να διασυνδεθούν ένα μεγάλο πλήθος υπολογιστών πχ πανεπιστήμια, εταιρείες κτλ οδήγησε στην εμφάνιση των τοπικών δικτύων (LAN). Το πιο δημοφιλές LAN είναι το **Ethernet**. Η ιστορία ξεκινάει με το σύστημα **ALOHANET** από το πανεπιστήμιο της Χαβάης, όπου γίνεται η χρήση ραδιοπομπών μικρής εμβέλειας, όπου κάθε τερματικό χρήστη

είχε ένα μικρό ραδιοπομπό με δύο συχνότητες μια ανερχόμενη (upstream) και μια κατερχόμενη (downstream) προς τον κεντρικό υπολογιστή. Αν ένας χρήστης ήθελε να επικοινωνήσει με τον κεντρικό υπολογιστή έστελνε ένα πακέτο με τα δεδομένα στο ανερχόμενο κανάλι, αν δεν μετάδιδε κανείς άλλος το πακέτο έφθανε συνήθως στον προορισμό και γινόταν η επιβεβαίωση του από το κατερχόμενο κανάλι. Αν γινόταν χρήση του ανερχόμενου καναλιού το τερματικό καταλάβαινε, ότι δεν υπήρχε επιβεβαίωση του πακέτου και ξανά έστελνε.

**Το Ethernet υλοποιήθηκε από τον Bob Metcalfe και τον David Boggs το 1976 στο Κέντρο Έρευνας του Πάλο Άλτο ή PARC (Palo Alto Research Center) της Xerox.** Την αρχιτεκτονική του αρχικού Ethernet την βλέπουμε στην εικόνα 1.31 όπου το σύστημα αποτελείται από το μέσο μετάδοσης που είναι ομοαξονικό καλώδιο με μήκος μέχρι 2.5 χιλιόμετρα και με αναμεταδότες κάθε 500 μέτρα. Στο σύστημα μέχρι 256 μηχανές μπορούσαν να συνδεθούν διαμέσου πομποδεκτών που ήταν βιδωμένες στο καλώδιο με ταχύτητα στα 2.94 Mbps. Η μετάδοση γινόταν με τον εξής τρόπο ο υπολογιστής «άκουγε» το κανάλι και μετά έστελνε δεδομένα ώστε να δει αν κάποιος άλλος υπολογιστής κάνει χρήση του μέσου μετάδοσης.

Στην συνέχεια θα πρέπει να αναφέρουμε η εταιρεία που αξιοποίησε το Ethernet ήταν η 3Com η οποία πουλούσε κάρτες Ethernet. **Το Ethernet (IEEE 802.3) συνεχίζει την ανάπτυξη του με διάφορες εκδόσεις στα 100 Mbps, 1000 Mbps κ.τ.λ. Πρέπει να τονίσουμε ότι το 802.3 δεν είναι το μοναδικό πρότυπο για LAN υπάρχει ο διάυλος με σκυτάλη (802.4) και ο δακτύλιος με σκυτάλη (802.5).** Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι στα τοπικά δίκτυα τύπου Ethernet χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης με εντοπισμό συγκρούσεων (CSMA/CD). Όταν ένας Η/Υ θέλει να στείλει ένα πλαίσιο, « ακούει » το κανάλι και αν είναι ελεύθερο στέλνει το πλαίσιο. Αν διαπιστωθεί, ότι το πλαίσιο του συγκρούεται με κάποιο άλλο πλαίσιο τότε και οι δύο υπολογιστές σταματάνε απότομα την μετάδοση.



Εικόνα 1.31 Αρχιτεκτονική του αρχικού Ethernet

#### 1.6.4 Ασύρματα LAN: 802.11

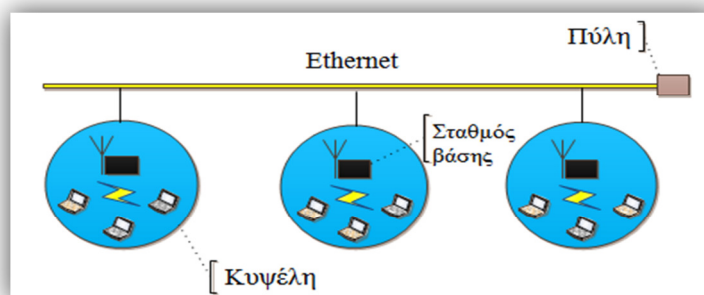
Η ανάγκη για σύνδεση των φορητών υπολογιστών στο Internet οδήγησε στο ασύρματο LAN. Το πρότυπο ονομάστηκε 802.11 με το εμπορικό του όνομα Wifi. Το πρότυπο λειτουργεί με δύο τρόπους με παρουσία ενός σταθμού βάσης οποίος ονομάζεται σημείο πρόσβασης (access point) και με απουσία σταθμού βάσης δηλαδή δικτύωση ad hoc, όπου οι υπολογιστές μεταδίδουν ο ένας στον άλλον. Η εικόνα 1.32 που ακολουθεί μας δείχνει τους δύο τρόπους. **Τονίζουμε ότι οι φορητοί υπολογιστές έχουν πομποδέκτες ραδιοκυμάτων μικρής εμβέλειας για την επικοινωνία.**



Εικόνα 1.32 (α) Ασύρματη δικτύωση με σταθμό βάσης (β) Δικτύωση ad hoc

Το Ethernet βρισκόταν ήδη στην τοπική δικτύωση έτσι το 802.11 έγινε συμβατό με το Ethernet για τα επίπεδα πάνω από το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων. Όμως στο 802.11 υπάρχουν προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν 1) Η μετάδοση μπορεί να μην είναι επιτυχής λόγω εμβέλειας ραδιοπομπού, 2) Το σήμα των ραδιοκυμάτων μπορεί να ληφθεί πολλές φορές λόγω ανακλάσεων έτσι έχουμε το φαινόμενο που ονομάζεται εξασθένηση πολλαπλών διαδρομών (**multipath fading**), 3) Προβλήματα λογισμικού – σύνδεσης περιφερειακών συσκευών και 4) Τι γίνεται όταν ο υπολογιστής βρεθεί στην εμβέλεια άλλου σταθμού βάσης. Έτσι οι σχεδιαστές ήθελαν ένα δίκτυο με πολλές κυψέλες (cells) και η κάθε μία με το δικό της σταθμό βάσης και οι σταθμοί να συνδέονται μέσω Ethernet και το 802.11 θα επικοινωνούσε με το έξω κόσμο διαμέσου πύλης όπως βλέπουμε στην εικόνα 1.33.

**Το 1997 βρέθηκε πρότυπο γι' αυτά τα προβλήματα**, όμως με χαμηλές ταχύτητες και το 1999 ξεκινάει μια νέα εποχή με διάφορα πρότυπα σε διαφορετικές ταχύτητες και με διαφορετικές τεχνικές το καθένα όπως τα : **802.11a, 802.11b, 802.11g κ.τ.λ.**



Εικόνα 1.33 Ένα δίκτυο 802.11 με πολλές κυψέλες

## 1.7 Τυποποίηση δικτύων

Για να υπάρχει οργάνωση στην αγορά και στην ανάπτυξη της τεχνολογίας των δικτύων ξεκίνησε η τυποποίηση τους. Τα πρότυπα δικτύων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες στα **εκ των πραγμάτων ή de facto**, τα οποία δημιουργήθηκαν χωρίς σχεδιασμό και **τα θεσμοθετημένα ή de jure**, τα οποία είναι νομικά επίσημα που καθιερώθηκαν από οργανισμό τυποποίησης.

Το 1865 αντιπρόσωποι από Ευρωπαϊκές κυβερνήσεις ίδρυσαν την **Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών ή ITU (International Telecommunication Union)** με σκοπό την τυποποίηση των διεθνών τηλεπικοινωνιών. Η ITU έχει τρεις τομείς **1) Τομέας Ραδιοεπικοινωνιών (ITU-R), 2) Τομέας Τυποποίησης Τηλεπικοινωνιών (ITU-T)** και

**Τομέας Ανάπτυξης (ITU-D).** Η ITU-T έχει τέσσερις κατηγορίες μελών **1) Κυβερνήσεις κρατών, 2) Κλαδικά μέλη, 3) Συνδεδεμένα μέλη και 4) Ρυθμιστικές αρχές.**

Τα διεθνή πρότυπα δημιουργούνται και δημοσιεύονται από το **Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης ή ISO (International Standards Organization)** οποίος είναι ένας εθελοντικός οργανισμός με έτος ίδρυσης το 1946 χωρίς κάποια συμφωνία. Ο μεγαλύτερος επαγγελματικός σύλλογος στον κόσμο που αναπτύσσει και πρότυπα είναι το **Ίδρυμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών ή IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)**. Η επιτροπή του **IEEE 802** έχει τυποήσει πολλά είδη LAN όπως βλέπουμε και στην εικόνα 1.34.

Αριθμός	Θέμα
802.1	Επισκόπηση και αρχιτεκτονική των LAN
802.2↓	Έλεγχος λογικού συνδέσμου
802.3*	Ethernet
802.4↓	Δίαυλος με σκυτάλη (χρησιμοποιήθηκε για λίγο καιρό στα εργοστάσια)
802.5	Δακτύλιος με σκυτάλη (η συνεισφορά της IBM στον κόσμο των LAN)
802.6↓	Διπλός διάυλος διπλής ουράς (πρώιμο δίκτυο μητροπολιτικής περιοχής)
802.7↓	Τεχνική συμβουλευτική ομάδα για ευρυζωνικές τεχνολογίες
802.8+	Τεχνική συμβουλευτική ομάδα για τεχνολογίες οπτικών ινών
802.9↓	Ισόχρονα LAN ( για εφαρμογές πραγματικού χρόνου)
802.10↓	Εικονικά LAN και ασφάλεια
802.11*	Ασύρματα LAN
802.12↓	Προτεραιότητα κατόπιν αιτήσεων (AnyLan της Hewlett-Packard)
802.13	Άτυχος αριθμός. Κναιείς δεν τον ήθελε
802.14↓	Καλωδιακά μόντεμ (απεβίωσε: το πρόλαβε μια βιομηχανική κοινοπραξία)
802.15*	Δίκτυα προσωπικής περιοχής (Bluetooth)
802.16*	Ευρυζωνικά ασύρματα δίκτυα
802.17	Ανθεκτικός δακτύλιος πακέτων

Εικόνα 1.34 IEEE 802 Standards. Τα σημαντικά σημειώνονται με \*. Αυτές με ↓ είναι σε χειμερία νάρκη και αυτές με + παρατήθηκαν ή διαλύθηκαν

## 2. Μετατροπές Αριθμών Μεταξύ Αριθμητικών Συστημάτων

Για να καταλάβουμε πως μπορούμε να κάνουμε μετατροπές αριθμών σε συστήματα από άλλη βάση θα το καταλάβουμε με παραδείγματα.

### Μετατροπή δυαδικού αριθμού σε δεκαδικό

Ο δυαδικός αριθμός **11010.11** έχει δεκαδικό ισοδύναμο τον **26.75** και αυτό γίνεται από τον πολλαπλασιασμό των συντελεστών με τις αντίστοιχες δυνάμεις του 2. Η βάση μας εδώ είναι το 2 γιατί έχουμε 0 και 1. Οπότε έχουμε  $1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 26.75$

### Μετατροπή αριθμού με βάση το 16 σε δεκαδικό

Ο αριθμός με βάση το 16, ο **(B65F)<sub>16</sub>** έχει δεκαδικό ισοδύναμο τον **(46.687)<sub>10</sub>**. Εδώ πρέπει να προσέξουμε ότι τα γράμματα A,B,C,D,E και F χρησιμοποιούνται για τα ψηφία 10,11,12,13,14,15 άρα βάση αυτόν έχουμε  $11 \times 16^3 + 6 \times 16^2 + 5 \times 16^1 + 15 \times 16^0 = (46.687)_{10}$

Για να μπορούμε ποιά εύκολο να κάνουμε τις μετατροπές παραθέτουμε τον πίνακα 2.1.

Δεκαδικό (βάση 10)	Δυαδικό (βάση 2)	Δεκαεξαδικό (βάση 16)
00	0000	0
01	0001	1
02	0010	2
03	0011	3
04	0100	4
05	0101	5
06	0110	6
07	0111	7
08	1000	8
09	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Πίνακας 2.1 Αριθμοί με διαφορετικές βάσεις

### Μετατροπή δεκαδικού αριθμού σε δυαδικό αριθμό

Η διαδικασία είναι ίδια μόνο που αντί για πολλαπλασιασμό κάνουμε διαίρεση με τη βάση μας. Ποιά είναι η βάση μας εδώ το 2, άρα αν έχουμε τον αριθμό 41 και τον διαιρούμε με τον



αριθμό 2 μέχρι το ακέραιο πηλίκο να γίνει 0. Εδώ έχουμε τους συντελεστές του δυαδικού αριθμού που βγαίνουν από τα υπόλοιπα της διαίρεσης. Παραθέτουμε τον πίνακα 2.2 με την διαδικασία.

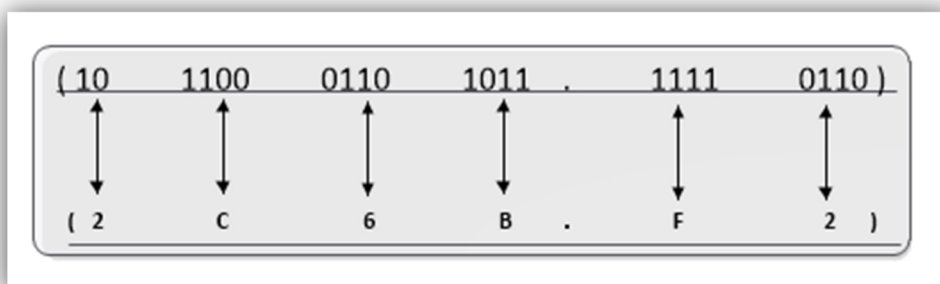
	<u>Ακέραιο Πηλίκο</u>		<u>Υπόλοιπο</u>	<u>Συντελεστής</u>
$41/2 =$	20	+	$\frac{1}{2}$	$\alpha_0=1$
$20/2 =$	10	+	0	$\alpha_1=0$
$10/2 =$	5	+	0	$\alpha_2=0$
$5/2 =$	2	+	$\frac{1}{2}$	$\alpha_3=1$
$2/2 =$	1	+	0	$\alpha_4=0$
$1/2 =$	0	+	$\frac{1}{2}$	$\alpha_5=1$

Πίνακας 2.2 Μετατροπή δεκαδικού αριθμού σε δυαδικό αριθμό

Άρα έχουμε  $(41)_{10} = (\alpha_5\alpha_4\alpha_3\alpha_2\alpha_1\alpha_0) = (101001)_2$

**Μετατροπή από δυαδικό σε δεκαεξαδικό σύστημα**

Για να μετατρέψουμε από το δυαδικό στο δεκαεξαδικό σύστημα ο δυαδικός αριθμός διαιρείται σε ομάδες των τεσσάρων ψηφίων. Ας δούμε ένα παράδειγμα ο αριθμός  $(10110001101011.11110110)_2 = (2C6BF2)_{16}$  για να το καταλάβουμε ας δούμε τον πίνακα 2.3



Πίνακας 2.3 Μετατροπή από δυαδικό σε δεκαεξαδικό σύστημα

**Μετατροπή από δεκαεξαδικό αριθμό σε δυαδικό αριθμό**

Η μετατροπή ακολουθεί την ίδια μεθοδολογία όπως είδαμε και στον πίνακα 2.3. Όποτε έχουμε  $(306.D)_{16} = (001100000110.1101)_2$  δηλαδή ο δεκαεξαδικός διαιρείται σε ομάδες των τεσσάρων ψηφίων.

**Μετατροπή ενός δεκαδικού κλασματικού μέρους σε δυαδικό**

Έστω ότι έχουμε τον αριθμό  $(0.6875)_{10}$  ο δυαδικός του είναι ο  $(0.1011)_2$  το αποτέλεσμα προκύπτει με βάση του πίνακα 2.4.

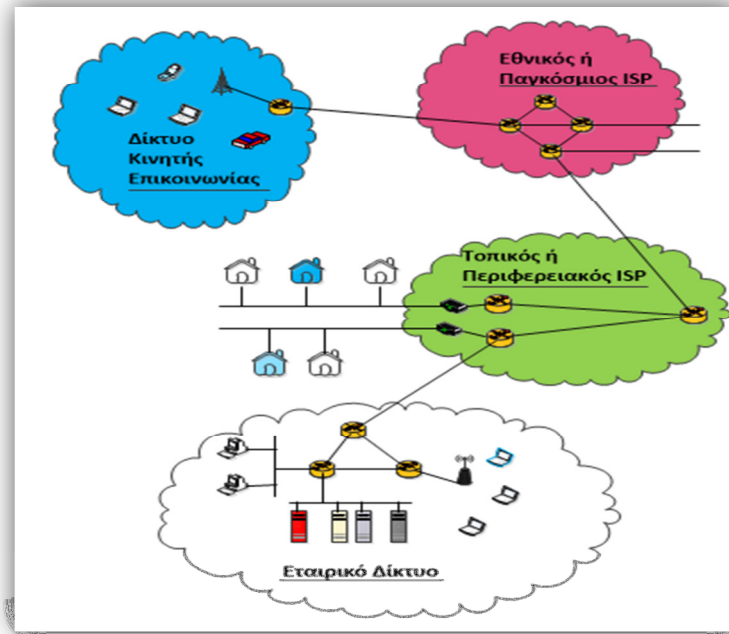
	Ακέραιο Μέρος		Κλασματικό Μέρος	Συντελεστής
$0.6875 \times 2 =$	1	+	0.3750	$\alpha_1=1$
$0.3750 \times 2 =$	0	+	0.7500	$\alpha_2=0$
$0.7500 \times 2 =$	1	+	0.5000	$\alpha_3=1$
$0.5000 \times 2 =$	1	+	0.0000	$\alpha_4=1$

Πίνακας 2.4 Μετατροπή δεκαδικού κλασματικού μέρους σε δυαδικό

Έτσι η μετατροπή δεκαδικών αριθμών που έχουν ακέραιο μέρος και κλασματικό μέρος γίνεται χωριστά για το καθένα μέρος και συνδυάζονται τα αποτελέσματα. Ακολουθώντας τις μεθοδολογίες που αναφέραμε έχουμε το παράδειγμα  $(41.6875)_{10} = (101001.1011)_2$

### 3. Ο Πυρήνας του δικτύου

Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε τον τρόπο που διασυνδέονται οι δρομολογητές για να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ τερματικών συσκευών. Στην εικόνα 3.1 βλέπουμε τον πυρήνα του δικτύου.



Εικόνα 3.1 Ο πυρήνας του δικτύου

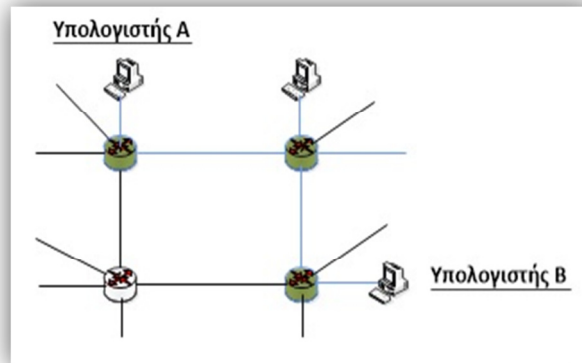
#### 3.1 Μεταγωγή κυκλώματος, μεταγωγή πακέτων & μεταγωγή μηνυμάτων

Για να φτιάξουμε τον πυρήνα μπορούμε με **μεταγωγή κυκλώματος (circuit switching)** και με **μεταγωγή πακέτων (packet switching)**. Στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος οι πόροι όπως το εύρος ζώνης γραμμής κ.τ.λ μεταξύ των δύο τερματικών συσκευών δεσμεύονται για όσο διαρκεί η επικοινωνία. Αντιθέτως στα δίκτυα μεταγωγής πακέτων οι πόροι δεν δεσμεύονται. Τα τηλεφωνικά δίκτυα είναι δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος. Όταν όμως έχουμε σύνδεση με χρήση TCP εκεί οι ενδιαμέσοι μεταγωγείς κρατάνε πληροφορία για την κατάσταση της σύνδεσης και έτσι η σύνδεση αυτή **ονομάζεται κύκλωμα (circuit)**. Έτσι το διαδίκτυο είναι ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων. Στα δίκτυα μεταγωγής πακέτων όμως **υπάρχει συμφόρηση**, γιατί στην ίδια γραμμή θα υπάρχουν και άλλα πακέτα που θα θέλουν να μεταθοδούν, τότε το πακέτο θα πρέπει να περιμένει την σειρά του για μετάδοση αποθηκευμένο σε κάπιο καταχωρητή. Έτσι **υπάρχει καθυστέρηση**, οπότε σωστά αναφέρουμε, ότι το διαδίκτυο κάνει ότι καλύτερο μπορεί για να μεταδώσει τα πακέτα αλλά δεν υπάρχει εγγύηση για το πότε θα παραδοθούν.

#### 3.2 Μεταγωγή κυκλώματος

Στην εικόνα 3.2 βλέπουμε ένα απλό δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος που αποτελείται από τέσσερις μεταγωγείς και τέσσερις ζεύξεις, όπου οι τερματικές συσκευές (πχ υπολογιστές) συνδέονται με κυκλώματα μεταγωγής.

Υπάρχουν πολλοί που υποστηρίζουν την μεταγωγή κυκλώματος και άλλοι την μεταγωγή πακέτων. Αυτοί που υποστηρίζουν την μεταγωγή πακέτων λένε ότι η μεταγωγή κυκλώματος οδηγεί σε σπατάλη των πόρων του δικτύου γιατί υπάρχουν δεσμευμένα κυκλώματα ανενεργά κατά τη διάρκεια που δεν χρησιμοποιείται η σύνδεση.



Εικόνα 3.2 Ένα απλό δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος

## Πολυπλεξία

Υπάρχει η **τεχνική FDM**, όπου το φάσμα συνοτήτων μιας γραμμής μοιράζεται στις συνδέσεις που υπάρχουν στην γραμμή. Δηλαδή η γραμμή προσφέρει μια μπάντα συχνοτήτων σε κάθε σύνδεση για όσο είναι ενεργή. Στην σύγχρονη τηλεφωνία την θέση της τεχνικής FDM παίρνει η τεχνική TDM, όπου αυτή την τεχνική οι αναπτυγμένες χώρες την χρησιμοποιούν. Με την τεχνική FDM ο χρόνος μοιράζεται σε πλαίσια (frames) σταθερού χρόνου και κάθε πλαίσιο μοιράζεται σε ένα σταθερό αριθμό χρονοθυρίδων (time slots). Όταν δημιουργείται μια σύνδεση το δίκτυο δεσμεύει μια χρονοθυρίδα σε κάθε πλαίσιο για την σύνδεση, όπου οι χρονοθυρίδες χρησιμοποιούνται για αυτή τη σύνδεση.

Υπάρχει και η **τεχνική WDM** που αφορά την οπτική ίνα και το φάσμα μετάδοσης της χωρίζεται σε συχνότητες (μήκοι κύματος) όπου το κάθε μήκος κύματος είναι και ένα κανάλι με ρυθμό μετάδοσης ίσο με αυτό του τερματικού εξοπλισμού.

Έχουμε και την **τεχνική Code Division Multiple Access** η οποία είναι πολυπλεξία με κώδικα και συνδυάζει τα άλλα δύο είδη που αναφέραμε.

## 3.3 Μεταγωγή πακέτων

Στα δίκτυα μεταγωγής η πηγή σπάει τα μεγάλα μηνύματα σε μικρότερα πακέτα. Από την πηγή μέχρι τον προορισμό κάθε πακέτο περνάει από γραμμές επικοινωνίας, οι οποίες διασυνδέονται με μεταγωγείς πακέτων και με τερματικές συσκευές. Η μετάδοση των πακέτων γίνεται με τον μέγιστο ρυθμό μετάδοσης που έχει η κάθε γραμμή επικοινωνίας. Αναφέρουμε ότι αρκετοί μεταγωγείς πακέτων χρησιμοποιούν την τεχνική της μετάδοσης με αποθήκευση και προώθηση. Δηλαδή ο μεταγωγέας, αφού πάρει όλο το πακέτο από τη γραμμή εισόδου μετα θα στείλει το πρώτο bit στη γραμμή εξόδου.

Σε κάθε δρομολογητή υπάρχουν και οι καταχωρητές (buffers) και ονομάζονται και ουρές. Έτσι για κάθε γραμμή υπάρχει ένας καταχωρητής εισόδου και ένας καταχωρητής εξόδου. Όπου στον καταχωρητή εισόδου αποθηκεύονται τα πακέτα που ήρθαν από τη γραμμή, ενώ ο καταχωρητής εξόδου έχει την δυνατότητα να αποθηκεύσει ένα πακέτο, το οποίο είναι να σταλθεί σε μια άλλη γραμμή η οποία είναι κατειλημμένη. Έτσι υπάρχει η καθυστέρηση στην ουρά εξόδου. Για αυτό το λέμε ότι η μεταγωγή πακέτων λειτουργεί **με στατιστική πολυπλεξία**, δηλαδή δεσμεύονται οι πόροι της γραμμής κατ'απαίτηση και όχι εκ των προτέρων.

### 3.4 Συγκρίνοντας μεταγωγή πακέτων & μεταγωγή κυκλώματος

Αυτοί που υποστηρίζουν την **μεταγωγή πακέτων** λένε ότι μοιράζεται καλύτερα το διαθέσιμο εύρος ζώνης του καναλιού και είναι πιο απλή, πιο αποδοτική και λιγότερο ακριβή να υλοποιηθεί σε σχέση με την **μεταγωγή κυκλώματος**, αυτοί που δεν την υποστηρίζουν λένε, ότι δεν είναι κατάλληλη για υπηρεσίες πραγματικού χρόνου λόγω των καθυστερήσεων.

### 3.5 Μεταγωγή μηνυμάτων

Ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων εκτελεί μεταγωγή μηνυμάτων, η πηγή δεν χωρίζει το μήνυμα σε μικρότερα πακέτα αλλά το στέλνει όπως είναι. Δηλαδή η μεταγωγή μηνυμάτων είναι μια ειδική περίπτωση της μεταγωγής πακέτων.

Το βασικό πλεονέκτημα της μεταγωγής πακέτων είναι, ότι υπάρχουν μικρότερες καθυστερήσεις σε σχέση με την μεταγωγή μηνυμάτων. Επιπλέον η βασική τους διαφορά είναι ότι η μεταγωγή πακέτων χρησιμοποιεί σειριακή μετάδοση ενώ η μεταγωγή πακέτων παράλληλη. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της μεταγωγής πακέτων είναι ότι στο δίκτυο υπάρχουν λάθη που αλλοιώνουν κάποια bits του πακέτου. Όταν εντοπιστεί το λάθος ο μεταγωγέας απορρίπτει όλο το πακέτο. Αν όμως όλο το μήνυμα είναι ένα πακέτο και ένα bit έχει σφάλμα όλο το μήνυμα απορρίπτεται. Αν το μήνυμα όμως χωριστεί σε μικρότερα πακέτα τότε θα απορριπτεί το πακέτο με το σφάλμα bit και θα ξανα σταλθεί.

Εκτός από αυτά που αναφέραμε η μεταγωγή πακέτων έχει και μειονεκτήματα. Κάθε πακέτο έχει και πληροφορίες ελέγχου που βρίσκονται στην κεφαλίδα με στοιχεία της ταυτότητας του αποστολέα και του παραλήπτη και με id του πακέτου, αυτό οδηγεί σε περισσότερη πλεονάζουσα πληροφορία σε σχέση με την μεταγωγή μηνυμάτων.

### 3.6 Δύο είδη μεταγωγής πακέτων

Για την μεταγωγή πακέτων έχουμε δύο μεθόδους την μέθοδο datagram και την μέθοδο virtual circuit (νοητό κύκλωμα). Η διαφορά τους αφορά το πως δρομολογούνται τα πακέτα βάση της διεύθυνσης προορισμού ή βάση των αριθμών των ιδεατών κυκλωμάτων. Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν νοητά κυκλώματα είναι τα X.25, Frame Relay και ATM.

#### 3.6.1 Virtual Circuits

**Το νοητό κύκλωμα** αποτελείται από ένα μονοπάτι δηλαδή από ένα σύνολο γραμμών και μεταγωγούς πακέτων ανάμεσα στην πηγή και τον προορισμό και από αριθμούς νοητών κυκλωμάτων όπου κάθε γραμμή έχει και έναν αριθμό. Σ' αυτή την τεχνική όλα τα πακέτα ακολουθούν την ίδια διαδρομή.

### 3.6.2 Datagrams

Αυτά τα δίκτυα μοιάζουν με την ταχυδρομική υπηρεσία δηλαδή κάθε πακέτο δρομολογείται ανεξάρτητα από τα άλλα. Κάποιες διαφορές στην τεχνική datagram και virtual circuits είναι τα datagrams δεν κρατάνε πληροφορίες για την κατάσταση της κάθε σύνδεσης στους μεταγωγούς με αποτέλεσμα η πολυπλοκότητα των μεταγωγών είναι μικρότερη. Επιπλέον στο δίκτυο datagram κάθε πακέτο έχει την κεφαλίδα του και τη διεύθυνση προορισμού του, όπου ο μεταγωγέας τα ελέγχει αυτός, αυτό όμως μπορεί να οδηγήσει το πακέτο να κάνει περισσότερα βήματα ή όχι για να φθάσει στον προορισμό του.

## 4. Δικτυακές συσκευές & Μέσα μετάδοσης

### 4.1 Modem

Για την σύνδεση των απομακρυσμένων υπολογιστών γίνεται η χρήση του τηλεφωνικού δικτύου. Η ψηφιακή πληροφορία των υπολογιστών είναι αδύνατη να μεταδοθεί από μόνη της στο τηλεφωνικό δίκτυο διότι τα σήματα ανήκουν σε μια ζώνη συχνοτήτων εύρους από 300 Hz έως 3100 Hz. Όμως ένα ειδικά διαμορφωμένο συνεχές σήμα στην περιοχή από 1000 Hz έως 2000 Hz μπορεί να μεταφέρει την ψηφιακή πληροφορία (κατάσταση 0 και 1). Αυτή η συσκευή που το κάνει είναι το **modem**.

### 4.2 Επαναλήπτης

Ο επαναλήπτης δουλεύει στο φυσικό επίπεδο. Η εγκατάστασή του αφορά το να καθαρίσει το σήμα από τους θορύβους προτού το αλλοιώσουν εντελώς. Δηλαδή δέχται στην είσοδο του το σήμα πριν αλλοιωθεί και το αναπαράγει στέλνοντας το αντίγραφο του στην έξοδο. Ενώ ο **ενισχυτής τι κάνει**, δεν μπορεί να κόψει το θόρυβο, αλλά το ενισχύει όλο το σήμα και μπορεί να υπάρχει και το αλλοιωμένο.

### 4.3 Διανομέας – Hub

**Ο διανομέας είναι σαν τον επαναλήπτη** δηλαδή λειτουργεί στο φυσικό επίπεδο και ενισχύει το σήμα. Η διαφορά του είναι ότι επιτρέπει στις συσκευές που συνδέει να είναι σε τοπολογία αστέρα , έτσι ο κεντρικός διανομέας ( Backbone Hub) μπορεί να απομονώσει οποιαδήποτε συσκευή / γραμμή υπάρχει πρόβλημα μέχρι να διορθωθεί η βλάβη. **Δεν μπορεί ο διανομέας και ο επαναλήπτης να συνδέσουν τοπικά δίκτυα με διαφορετική τεχνολογία.**

### 4.4 Γέφυρα – Bridge

**Οι γέφυρες δουλεύουν στο φυσικό επίπεδο και στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων.** Μπορούν να χωρίσουν ένα δίκτυο περιορισμένης έκτασης σε μικρότερα δίκτυα LAN και να χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα σύνδεσης δεδομένων. Δηλαδή έχουν ως σκοπό να επιλύσουν τα προβλήματα που δημιουργούνται από την διασύνδεση διαφορετικών τύπων τοπικών δικτύων.

### 4.5 Μεταγωγείς – Switches

**Ο μεταγωγέας είναι σαν την γέφυρα αλλά καλύτερος, διότι οι καθυστερήσεις είναι λιγότερες από την γέφυρα.** Λειτουργεί στο δεύτερο επίπεδο της TCP/IP στοίβας πρωτοκόλλων (Ζεύξης δεδομένων). Συνδυάζει όλα τα πλεονεκτήματα όλων των συσκευών που αναφέραμε, αλλά έχει και επιπλέον, όπως έχει περισσότερες υποδοχές και μπορεί να

δημιουργεί διασυνδέσεις με διαφορετικούς ρυθμούς πχ 10 Mbps, 100 Mbps κ.τ.λ. Επιτρέπει αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ πομπού και δέκτη δηλαδή κάθε συσκευή που είναι συνδεδεμένη με τον μεταγωγέα μπορεί να στέλνει και να λαμβανεί πλαίσια ταυτόχρονα.

#### 4.6 Δρομολογητής – Router

Είναι μια εξελιγμένη συσκευή που λειτουργεί σε φυσικό επίπεδο, επίπεδο σύνδεσης δεδομένων και επίπεδο δικτύου. Συνδέει τα δίκτυα ενός δικτύου σε μεγάλες κυρίως γεωγραφικές περιοχές. Αυτό που κάνει είναι να ανακατασκευάζει τα πακέτα δικτύου και να τα διαχειρίζεται από τα πλαίσια που λαμβάνει και μετά τα δρομολογεί στο δίκτυο για να φθάσουν στον προορισμό τους. Ο δρομολογητής μπορεί να δρομολογεί τα πακέτα να ακολουθήσουν το ίδιο μονοπάτι ή άλλο ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο. Επιπλέον ο κάθε δρομολογητής έχει ανάγκη έναν διαχειριστή συστήματος για την ενημέρωση του πίνακα δρομολόγησης του, αφού δεν διαθέτει το απαραίτητο λογισμικό.

#### 4.7 Πύλη – Gateway

Η πύλη λειτουργεί και στα 7 επίπεδα. Αυτό που κάνει είναι να ενώνει δίκτυα που λειτουργούν με διαφορετικές αρχιτεκτονικές ( αρχιτεκτονική TCP/IP, αρχιτεκτονική OSI).

#### 4.8 Τα τμήματα ενός δρομολογητή (Router)

Τα τμήματα ενός δρομολογητή είναι η **CPU, Memory** η οποία αποτελείται από τη **Ram** και αφορά τον πίνακα δρομολόγησης και **running – configuration, την Flash, την Nvram** για το **startup – configuration** και την **Rom**. Επιπλέον παρέχει **Interfaces** με τα οποία γίνεται η σύνδεση του Router με κάποιο LAN ή WAN, **Buses** για την επικοινωνία μεταξύ **cpu, interfaces** και **slots**. Επίσης υπάρχουν και οι **ασύγχρονες σειριακές συνδέσεις** για την διαχείριση του δρομολογητή και **Console και Auxiliary Ports**. Καθώς και **Power Supply** για την τροφοδοσία του δρομολογητή. Σ'ένα Router μπορούν να συνδεθούν διάφορα καλώδια όπως : **Rollover Cable (για Configuration), CAT-5 Cable, Serial to Usb Adaptor και V.35 Cable**.

#### 4.9 Χαρακτηριστικά μέσων μετάδοσης

Κάθε πηγή εκπέμπει σε ορισμένες συχνότητες, οι οποίες καθορίζουν την **ζώνη εκπομπής της**. Αυτές οι συχνότητες καθορίζονται από τη διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και στην ελάχιστη συχνότητα που μπορεί η πηγή να εκπέμψει και αυτό είναι **το εύρος ζώνης (bandwidth)**. Επιπλέον στην ψηφιακή μετάδοση η **χωρητικότητα (capacity)** ορίζεται ως το μέγιστο ρυθμό με τον οποίο μπορούμε να στείλουμε ή να πάρουμε χωρίς σφάλμα κάποια πληροφορία.



#### 4.10 Συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων

Το πιο συνιθισμένο μέσο μετάδοσης είναι το **συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων**. Αποτελείται από σύρματα με πυρήνα χαλκού και περιβάλλονται από μονωτικό υλικό. Αν δύο σύρματα συστραφούν το ένα γύρω από το άλλο δημιουργούν κύκλωμα και μπορεί να μεταφέρει δεδομένα. Ένα καλώδιο αποτελείται από ένα ή περισσότερα ζεύγη τα οποία έχουν μονωτικό υλικό γύρω τους. Έχουμε δύο τύπους καλωδίων το **αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (UTP)**, το οποίο συνήθως είναι για τηλεφωνικά δίκτυα και το **θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (STP)** που έχει προστασία από το θόρυβο ή τις παρεμβολές. **Το UTP χωρίζεται σε κατηγορίες από 1 έως 7** ανάλογα με το πόσο σφιχτό είναι το πλέξιμο των καλωδίων. **Κατηγορία 1:** Είναι το καλώδιο UTP και είναι κατάλληλο μόνο για φωνή. **Κατηγορία 2:** Είναι το αξιόπιστο UTP για μεταδόσεις έως 4 Mbps. **Κατηγορία 3:** Το καλώδιο UTP για ρυθμούς μετάδοσης έως 10 Mbps και χρησιμοποιείται κυρίως σε τοπικά δίκτυα υπολογιστών. **Κατηγορία 4:** Όμοια σαν την Κατηγορία 3 αλλά με ρυθμό μετάδοσης 16 Mbps. **Κατηγορία 5:** Είναι το καλώδιο UTP με ρυθμούς μετάδοσης έως 100 Mbps. **Κατηγορία 5e:** για μετάδοση έως 1 Gbps, για δίκτυα με συχνότητες έως 100 MHz. **Κατηγορία 6:** για δίκτυα με συχνότητες έως 200 MHz για μετάδοση έως 1 Gbps και η **Κατηγορία 7:** για μετάδοση έως 10 Gbps **Κλείνοντας αναφέρουμε ότι αρκετά κτίρια κατασκευάζονται με καλωδίωση UTP κατηγορίας 5e και άνω.**

#### 4.11 Ομοαξονικό καλώδιο

Το ομοαξονικό καλώδιο έχει ρυθμούς μετάδοσης όπως το UTP αλλά παρέχει καλύτερη θωράκιση από τα STP και καλύπτει μεγαλύτερες αποστάσεις. Τονίζουμε ότι οι νέες τυποποιήσεις συστημάτων δομημένης καλωδίωσης απαιτούν καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους ή οπτική ίνα για ψηφιακή μετάδοση γιατί μπορούν να μεταδίδουν σε ρυθμούς από 100 Mbps έως 1 Gbps πολύ περισσότερο από το ομοαξονικό καλώδιο.

#### 4.12 Οπτικές ίνες

Με την οπτική ίνα η μετάδοση των πληροφοριών γίνεται με παλμούς φωτός και όχι με ηλεκτρικά σήματα. Υπάρχει η συσκευή που **ονομάζεται συζεύκτης** όπου μετατρέπει τα ηλεκτρικά σήματα σε παλμούς φωτός και το ανάποδο. Το φως μεταδίδεται προς μία πάντα κατεύθυνση μέσα από τον πυρήνα της οπτικής ίνας και συνήθως είναι από γυαλί ή πλαστικό μορφής κυλίνδρου. **Ο πυρήνας περιβάλλεται από μια μονωτική επικάλυψη και αυτή από ένα περίβλημα.** Ο πυρήνας και η επικάλυψη έχουν διαφορετικό δείκτη διάθλασης με σκοπό τις ανακλάσεις του φωτός στον πυρήνα. Υπογραμμίζουμε για να εξασφαλιστεί η μετάδοση και από τα δύο άκρα το καλώδιο αποτελείται από περισσότερες ανεξάρτητες οπτικές ίνες επειδή ο αγωγός από γυαλί είναι μονόπλευρης κατεύθυνσης. Οι οπτικές ίνες χωρίζονται σε **μονότροπες** όπου μόνο μια ακτίνα φωτός μεταδίδεται στην ίνα και **πολύτροπη** όπου πολλές ακτίνες φωτός μεταδίδονται ταυτόχρονα. Η οπτική ίνα δεν παρουσιάζει παρεμβολές και έχει δυνατότητα για μεγάλες αποστάσεις να μεταδίδει σε υψηλούς ρυθμούς πχ 2 Gbps όπου γίνεται προσπάθεια να ξεπεραστεί και αυτός ο ρυθμός. Επίσης υπάρχουν και **οι Connectors (ST, SC, LC)** που τερματίζουν το τέλος μιας οπτικής ίνας.

#### **4.13 Τι είναι ένα collision domain**

Ένα collision domain αποτελεί τμήμα του δικτύου όπου πακέτα μπορούν να συγκρουστούν, όταν στέλνονται σε ένα μέσο μετάδοσης που στέλνουνε και άλλοι. Η κάθε θύρα ενός switch ορίζει ένα collision domain καθώς και το ίδιο το hub ορίζει.

#### **4.14 Τι είναι ένα broadcast domain**

Ένα broadcast domain είναι τμήμα ενός δικτύου και οι συσκευές του δικτύου μπορούν να επικοινωνήσουν μέσω Broadcast μηνυμάτων στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων. Οι δρομολογητές έχουν την ικανότητα να διαχωρίζουν το δίκτυο σε broadcast domain και ένα broadcast domain μπορεί να περιέχει collision domains, όπου αυτά είναι μικρότερα από τα broadcast domain.

#### **4.15 Τι είναι interfaces**

Είναι οι διεπαφές που έχει ο δρομολογητής ή επεκτάσεις που προσθέτονται στον δρομολογητή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι όπως : Serial, ATM, Ethernet κ.τ.λ και ακολουθούν την ονοματολογία: Interface\_Type Slot\_Number/Interface\_Number (πχ Serial 0/1).

#### **4.16 Τι είναι τα εικονικά lan (VLAN)**

Για να υπάρξει VLAN πρέπει οι δικτυακές συσκευές να έχουν την δυνατότητα να το υποστηρίξουν, τα οποία είναι μια ομάδα από συσκευές σε διαφορετικά LAN, οι οποίες επικοινωνούν σαν να βρίσκονται στο ίδιο broadcast domain. Το VLAN μας προσφέρει πλεονεκτήματα όπως μείωση στις απαιτήσεις hardware, αύξηση στην ασφάλεια του δικτύου και μείωση κίνησης.

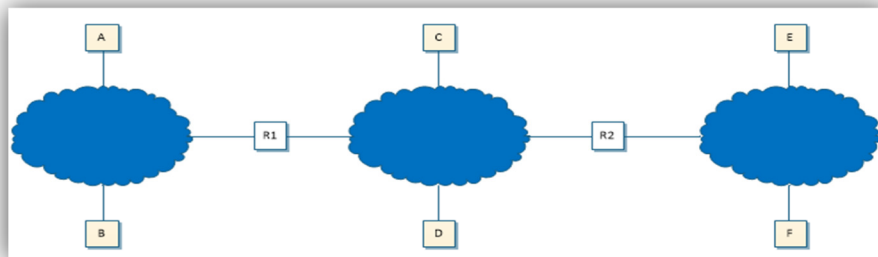
## 5. Το Πρωτόκολλο ARP

### 5.1 Διευθύνσεις πρωτοκόλλου και επίδοση πακέτων

Γνωρίζουμε, ότι ένα πρόγραμμα – εφαρμογή παράγει δεδομένα και για να σταλούν διαμέσου του διαδικτύου το λογισμικό τα βάζει σε ένα πακέτο μαζί με την διεύθυνση πρωτοκόλλου του προορισμού. Το λογισμικό με χρήση της διεύθυνσης πρωτοκόλλου του προορισμού επιλέγει το επόμενο άλμα του πακέτου. Η διεύθυνση πρωτοκόλλου και το επόμενο άλμα του πακέτου είναι διευθύνσεις IP. Όμως η μετάδοση γίνεται με την βοήθεια του υλικού, όπου το υλικό δεν καταλαβαίνει να εντοπίζει μια συσκευή από τη διεύθυνση του πρωτοκόλλου του οπότε η διεύθυνση πρωτοκόλλου του επόμενου άλματος θα πρέπει να μεταφράζεται σε μια ισοδύναμη διεύθυνση υλικού για να είναι εφικτή η αποστολή ενός πλαισίου.

### 5.2 Αναγωγή διευθύνσεων

Η μετάφραση μιας διεύθυνσης πρωτοκόλλου ενός υπολογιστή σε μια ισοδύναμη διεύθυνση υλικού ονομάζεται αναγωγή διεύθυνσης (**address resolution**) και λέμε, ότι μια διεύθυνση πρωτοκόλλου έχει αντιστοιχιστεί στην αντίστοιχη διεύθυνση υλικού. Η αναγωγή διευθύνσεων είναι τοπική σε ένα δίκτυο. Στην εικόνα 5.1 βλέπουμε ένα διαδίκτυο με δρομολογητές R1 και R2 και συνδέουν τρία φυσικά δίκτυα, όπου κάθε δίκτυο έχει συνδεδεμένους δύο υπολογιστές υπηρεσίας. Ένας υπολογιστής μπορεί να αντιστοιχεί μόνο τη διεύθυνση του υπολογιστή που βρίσκεται στο ίδιο φυσικό δίκτυο.



Εικόνα 5.1 Η αναγωγή διευθύνσεων είναι τοπική

### 5.3 Τεχνικές αναγωγής διευθύνσεων

Το λογισμικό για να μεταφράσει μια διεύθυνση πρωτοκόλλου σε διεύθυνση υλικού χρησιμοποιεί διαφορετικές μεθόδους πχ για να αντιστοιχιστεί μια διεύθυνση IP σε διεύθυνση Ethernet η μέθοδος διαφέρει από το να αντιστοιχιστεί η IP διεύθυνση σε διεύθυνση ATM. Ένας δρομολογητής ή πολυεστιακός υπολογιστής υπηρεσίας μπορεί να συνδέεται με πολλά διαφορετικά φυσικά δίκτυα, οπότε και να χρησιμοποιεί πολλές διαφορετικές τεχνικές αναγωγής διευθύνσεων. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την αναγωγή διευθύνσεων ανήκουν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Αναζήτηση σε πίνακα :** Το λογισμικό, όταν χρειάζεται να αντιστοιχίσει μια διεύθυνση, στην μνήμη υπάρχει ένας πίνακας με αποθηκευμένες αντιστοιχίες (bindings ή mappings) όπου μπορεί να ψάχνει.
- **Υπολογισμός κλειστής μορφής :** Η διεύθυνση πρωτοκόλλου που παίρνει ένας υπολογιστής γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η διεύθυνση υλικού του υπολογιστή να μπορεί να βρεθεί από τη διεύθυνση πρωτοκόλλου με την χρήση λογικών και αριθμητικών πράξεων.
- **Ανταλλαγή μηνυμάτων :** Για να γίνει η αναγωγή μιας διεύθυνσης οι υπολογιστές ανταλλάσσουν μηνύματα διαμέσου του δικτύου. Δηλαδή ο ένας υπολογιστής στέλνει ένα μήνυμα που ζητάει την αντίστοιχη διεύθυνση και ο άλλος στέλνει την απάντηση.

#### 5.4 Αναγωγή διευθύνσεων με αναζήτηση σε πίνακα

Η αναγωγή διευθύνσεων με αναζήτηση σε πίνακα χρειάζεται μια δομή δεδομένων όπου υπάρχουν πληροφορίες για τις αντίστοιχες διευθύνσεις. Κάθε καταχώριση του πίνακα έχει ένα ζεύγος τιμών έστω (P, H) όπου P είναι η διεύθυνση πρωτοκόλλου και H η ισοδύναμη διεύθυνση υλικού. Στην εικόνα 5.2 βλέπομε ένα παράδειγμα πίνακα αντιστοιχιών διευθύνσεων για το πρωτόκολλο διαδικτύου IP. Το κάθε φυσικό δίκτυο έχει και ένα ξεχωριστό πίνακα αντιστοιχιών διευθύνσεων, αυτό έχει ως αποτέλεσμα όλες οι διευθύνσεις IP ενός δεδομένου πίνακα να έχουν το ίδιο πρόθεμα. Παραδειγματός χάριν στην εικόνα 5.2 έχουμε το δίκτυο με πρόθεμα 197.15.3.0/24 και έτσι κάθε διεύθυνση IP θα αρχίζει με αυτό το πρόθεμα. Αυτό οδηγεί στο πλεονέκτημα εξοικονόμησης χώρου με παράλειψη του προθέματος στις καταχωρίσεις του πίνακα.

Διεύθυνση IP	Διεύθυνση υλικού
197.15.3.2	0A:07:4B:12:82:36
197.15.3.3	0A:9C:28:71:32:8D
197.15.3.4	0A:11:C3:68:01:99
197.15.3.5	0A:74:59:32:CC:1F
197.15.3.6	0A:04:BC:00:03:28
197.15.3.7	0A:77:81:0E:52:FA

Εικόνα 5.2 Ένα παράδειγμα αντιστοιχιών διευθύνσεων

Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η γενικότητα δηλαδή ένας πίνακας μπορεί να έχει αποθηκευμένες τις αντιστοιχίες διευθύνσεων για ένα οποιοδήποτε σύνολο υπολογιστών ενός δεδομένου δικτύου και με την χρήση του αλγορίθμου αναζήτησης ο οποίος είναι απλός και εύκολος στον προγραμματισμό να γίνει εύκολη η εύρεση της αντιστοιχίας. Σε μικρά δίκτυα η σειριακή αναζήτηση είναι κατάλληλη αλλά σε μεγάλα δίκτυα απαιτεί υπερβολικό χρόνο της CPU. Σ' αυτές τις περιπτώσεις το λογισμικό μπορεί να κάνει χρήση των τεχνικών κατακερματισμού (hashing) ή της άμεσης ευρετηρίασης (direct indexing) για να βελτιώσει την υπολογιστική απόδοση.

#### 5.5 Αναγωγή διευθύνσεων με υπολογισμό κλειστής μορφής

**Πολλές τεχνολογίες δικτύων χρησιμοποιούν στατικές φυσικές διευθύνσεις και άλλες διευθετήσιμη διευθυνσιοδότηση, δηλαδή σε μια διεύθυνση δικτύου να παίρνει μια συγκεκριμένη διεύθυνση υλικού. Σ' αυτά τα δίκτυα μπορεί να επιλεγθούν διευθύνσεις για την χρήση της αναγωγής διευθύνσεων που χρησιμοποιεί την αναγωγή διευθύνσεων με υπολογισμό κλειστής μορφής. Έτσι γίνεται ο υπολογισμός μιας μαθηματικής συνάρτησης, η οποία αντιστοιχίζει μια διεύθυνση IP σε μια διεύθυνση υλικού. Έχουμε τον ακόλουθο κανόνα  $διεύθυνση\_υλικού = διεύθυνση\_ip \& 0xfff$**

## 5.6 Αναγωγή διευθύνσεων με ανταλλαγή μηνυμάτων

Στην αναγωγή διευθύνσεων με ανταλλαγή μηνυμάτων ο υπολογιστής που πρέπει να αναγάγει μια διεύθυνση στέλνει ένα μήνυμα διαμέσου του δικτύου και λαμβάνει την απάντηση. Το μήνυμα έχει την διεύθυνση πρωτοκόλλου και η απάντηση έχει την αντίστοιχη διεύθυνση υλικού. **Υπάρχουν δύο σχεδιασμοί, όπου τα συστήματα πρωτοκόλλων επιλέγουν.** Στο πρώτο σχεδιασμό ένα δίκτυο έχει έναν ή παραπάνω servers, οι οποίοι έχουν την ευθύνη να απαντούν στις αιτήσεις, αυτοί είναι που λαμβάνουν το μήνυμα και απαντάνε. Στο δεύτερο σχεδιασμό δεν χρειάζονται οι servers, ο κάθε υπολογιστής είναι υπεύθυνος να απαντάει για την δική του διεύθυνση.

**Το πλεονέκτημα του πρώτου σχεδιασμού είναι, ότι υπάρχει κεντρικός έλεγχος και οδηγεί σε καλύτερο έλεγχο όλης της διαδικασίας και στον δεύτερο σχεδιασμό το πλεονέκτημα οφείλεται από τον κατακεκολλημένο υπολογισμό.**

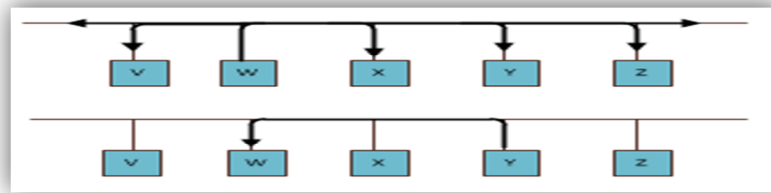
## 5.7 Πρωτόκολλο αναγωγής διευθύνσεων

**Το TCP/IP μπορεί να χρησιμοποιήσει και τις τρεις μεθόδους αναγωγής διευθύνσεων.** Η μέθοδος, που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το υλικό του κάθε δικτύου με βάση τη διευθυνσιοδότηση του. Η αναζήτηση σε πίνακα χρησιμοποιείται σε δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN), ο υπολογισμός κλειστής μορφής στα διευθετήσιμα δίκτυα και η ανταλλαγή μηνυμάτων στο τοπικό δίκτυο (LAN), το οποίο έχει στατική διευθυνσιοδότηση. **Η οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP έχει ένα πρωτόκολλο αναγωγής διευθύνσεων (Address Resolution Protocol, ARP).** Το ARP έχει δύο τύπους μηνυμάτων αίτησης και απάντησης. Το μήνυμα αίτησης έχει μια διεύθυνση IP και ζητά την αντίστοιχη διεύθυνση υλικού ενώ το μήνυμα απάντησης έχει την διεύθυνση IP που έλαβε και τη διεύθυνση υλικού. **Το ARP είναι πρότυπο για την αναγωγή διευθύνσεων.**

## 5.8 Επίδοση μηνυμάτων ARP

Το πρωτόκολλο ορίζει, ότι το μήνυμα αίτησης ARP θα πρέπει να είναι σε ένα πλαίσιο υλικού (hardware frame) και να στέλνεται σε όλους τους υπολογιστές στο δίκτυο. Ο υπολογιστής θα παίρνει το πλαίσιο και θα ελέγχει τη διεύθυνση IP. Ο υπολογιστής που θα είναι ο κάτοχος του μηνύματος θα στέλνει την απάντηση, οι άλλοι υπολογιστές που δεν τους αφορά το μήνυμα δεν θα στέλνουν απάντηση. Ο υπολογιστής που θα στέλνει την απάντηση ARP θα την τοποθετεί στο frame και θα την στέλνει στην πηγή και όχι σε όλους στο δίκτυο.

Στην εικόνα 5.3 που ακολουθεί βλέπουμε την ανταλλαγή μηνυμάτων ARP από τους υπολογιστές ενός δικτύου Ethernet.



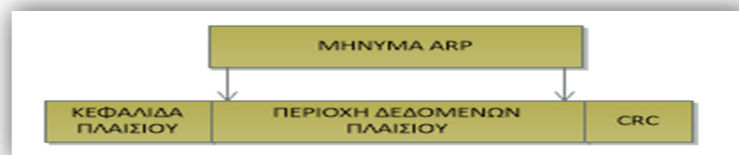
Εικόνα 5.3 Ανταλλαγή μηνυμάτων του πρωτοκόλλου ARP

## 5.9 Μορφή μηνυμάτων ARP

Στο πρωτόκολλο ARP, η μορφή των μηνυμάτων δεν είναι σταθερή με σκοπό να μπορεί να είναι κατάλληλο για οποιοδήποτε υλικό και για οποιοδήποτε διεύθυνση πρωτοκόλλου. Συνήθως το πρωτόκολλο ARP χρησιμοποιείται για την αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης IP (32 bit) σε μια διεύθυνση Ethernet (48 bit).

## 5.10 Αποστολή μηνύματος ARP

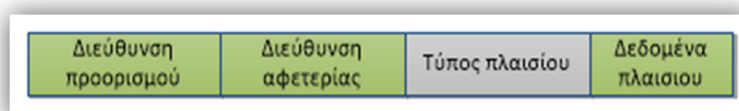
Το μήνυμα ARP βρίσκεται μέσα σ'ένα πλαίσιο αυτό ονομάζεται ενθυλάκωση (encapsulation). Το υλικό του δικτύου δεν ξέρει τίποτα για την μορφή των μηνυμάτων ARP, οπότε και δε το ελέγχει. Στην εικόνα 5.4 που ακολουθεί βλέπουμε το μήνυμα ARP ενθυλακωμένο σε πλαίσιο Ethernet.



Εικόνα 5.4 Ενθυλάκωση μηνύματος ARP σε frame Ethernet

## 5.11 Αναγνώριση πλαισίων ARP

Για να μπορεί ένας υπολογιστής να ξέρει, ότι ένα εισερχόμενο πλαίσιο έχει μήνυμα ARP γίνεται με το πεδίο « τύπος πλαισίου » στην κεφαλίδα του πλαισίου βάση της τιμής που έχει. Στην εικόνα 5.5 βλέπουμε ένα παράδειγμα αναγνώρισης πλαισίου ARP σε μια κεφαλίδα του Ethernet.



Εικόνα 5.5 Αναγνώριση πλαισίου ARP

## 5.12 Αποθήκευση αποκρίσεων ARP σε κρυφή μνήμη

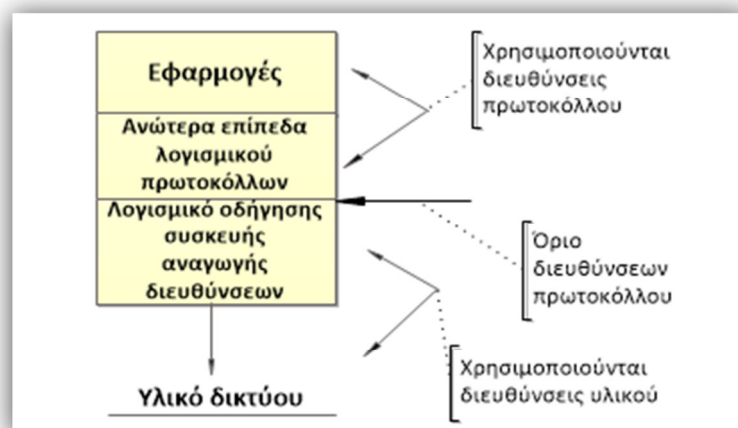
Για να υπάρχει μείωση κυκλοφορίας στο δίκτυο το ARP αποθηκεύει τις πληροφορίες από μια απάντηση για να τις χρησιμοποιήσουν τα άλλα πακέτα. Το ARP στην μνήμη έχει ένα πίνακα με αντιστοιχίες διεθύνσεων όπου τον διαχειρίζεται ως κρυφή μνήμη. Αυτό που κάνει είναι όταν παίρνει μια απάντηση να την προσθέτει στον πίνακα και τις παλιές καταχωρίσεις να τις αφαιρεί όταν δεν υπάρχει χώρος στον πίνακα ή δεν έχουν ενημερωθεί για κάποιο χρονικό διάστημα πχ 20 λεπτά.

## 5.13 Επεξεργασία εισερχόμενου μηνύματος ARP

Ο παραλήπτης που παίρνει ένα μήνυμα ARP βάση πρωτοκόλλου πρέπει να κάνει δύο βήματα. Ελέγχει από το μήνυμα την διεύθυνση του αποστολέα αν υπάρχει στην κρυφή μνήμη. Αν υπάρχει ο παραλήπτης αντικαθιστά την προηγούμενη αποθηκευμένη αντιστοιχία διεύθυνσης με την αντιστοιχία διεύθυνσης από το μήνυμα ARP. Μετά ελέγχει το πεδίο « Λειτουργία » του μηνύματος για να δει αν είναι το μήνυμα αίτησης ή απάντησης. Αν το μήνυμα είναι απάντηση σημαίνει ότι ο παραλήπτης έστειλε πριν μήνυμα αίτησης και περιμένει την αντιστοιχία. Αν είναι μήνυμα αίτησης ο παραλήπτης κάνει έλεγχο το πεδίο ΔΙΕΥ ΠΡΩΤ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ με την τοπική διεύθυνση πρωτοκόλλου και αν οι τιμές είναι ίδιες πρέπει να στείλει μια απάντηση ARP.

## 5.14 Διαστρωμάτωση, αναγωγή διεθύνσεων, διεθύνσεις πρωτοκόλλου

Η αντιστοίχιση διεθύνσεων είναι μια λειτουργία που αφορά το επίπεδο διασύνδεσης δικτύου. Αυτό οδηγεί στο να υπάρχει ένα όριο μεταξύ του επιπέδου διασύνδεσης δικτύου και των ανώτερων επιπέδων. Το λογισμικό πάνω από το όριο χρησιμοποιεί διεθύνσεις πρωτοκόλλου και το λογισμικό κάτω από το όριο αντιστοιχίζει τη διεύθυνση πρωτοκόλλου σε ισοδύναμη διεύθυνση υλικού. Στην εικόνα 5.6 βλέπουμε το όριο διευθυνσιοδότησης πρωτοκόλλου.



Εικόνα 5.6 Το όριο διευθυνσιοδότησης πρωτοκόλλου

## 6. Αυτοδύναμα πακέτα IP & η προώθησή τους

### 6.1 Ασυνδεδεσμένη υπηρεσία

Αυτοί που σχεδίασαν το TCP/IP αποφάσισαν να υπάρχουν πρωτόκολλα για ασυνδεδεσμένη και συνδεδεσμένη υπηρεσία. Η βασική υπηρεσία μετάδοσης πακέτων να είναι ασυνδεδεσμένη και να υπάρχει μια αξιόπιστη συνδεδεσμένη υπηρεσία η οποία θα χρησιμοποιεί την ασυνδεδεσμένη.

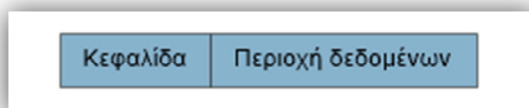
### 6.2 Εικονικά πακέτα

Η ασυνδεδεσμένη υπηρεσία βασίζεται στην μεταγωγή πακέτων, είναι μια εξέλιξη της. Με αυτή την υπηρεσία ο αποστολέας μεταδίδει τα πακέτα ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και έχουν πληροφορίες για τον παραλήπτη.

Τα δίκτυα που υπάρχουν διαφέρουν μεταξύ τους και γι'αυτό το λόγο το λογισμικό των πρωτοκόλλων διαδικτύου θέτει την μορφή των πακέτων διαδικτύου και η οποία δεν εξαρτάται από το υλικό, αυτά τα πακέτα παίρνουν την ονομασία οικουμενικά, εικονικά πακέτα. **Εικονικό (virtual)** ονομάζεται το πακέτο, γιατί το λογισμικό πρωτοκόλλων δημιουργεί και ελέγχει το πακέτο διαδικτύου και **οικουμενικό (universal)** επειδή κάθε υπολογιστής ή δρομολογητής σε ένα δίκτυο έχει το λογισμικό πρωτοκόλλων διαδικτύου και μπορεί να τα χειριστεί.

### 6.3 Αυτοδύναμο πακέτο

Τα πρωτόκολλα TCP/IP ορίζουν ως πακέτο διαδικτύου το αυτοδύναμο πακέτο IP (**IP datagram**). Αυτό έχει την ίδια μορφή με ένα πλαίσιο υλικού.. Στην εικόνα 6.1 βλέπουμε την μορφή ενός αυτοδύναμου πακέτου. Το μέγεθος του αυτοδύναμου πακέτου IP δεν είναι σταθερό εξαρτάται από την εφαρμογή που στέλνει τα δεδομένα και αυτό δίνει την δυνατότητα στο πρωτόκολλο IP να προσαρμόζεται σε πολλές εφαρμογές. **Στην κεφαλίδα του IP datagram έχουμε την διεύθυνση του αποστολέα και του παραλήπτη, αυτές είναι διευθύνσεις IP ενώ σε ένα πλαίσιο είναι διευθύνσεις υλικού.**

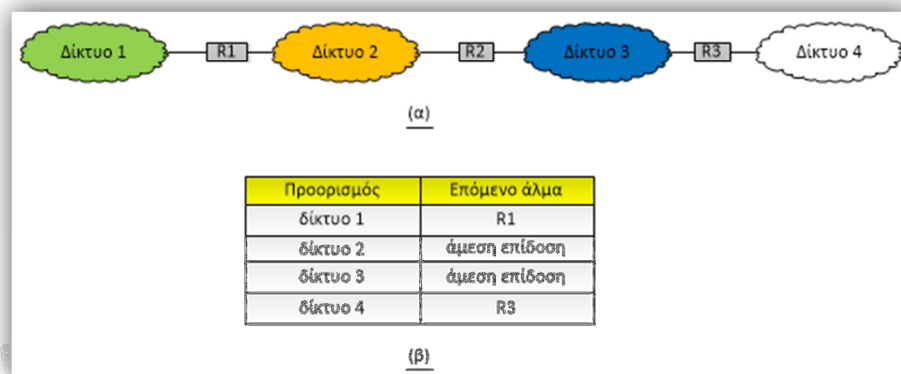


Εικόνα 6.1 IP datagram



## 6.4 Προώθηση αυτοδύναμου πακέτου IP

Τα αυτοδύναμα πακέτα στο διαδίκτυο ακολουθούν την διαδρομή από την πηγή σε δρομολογητές και μετά στον προορισμό. Ο κάθε δρομολογητής ελέγχει την διεύθυνση προορισμού από την κεφαλίδα του πακέτου και το προωθεί στο επόμενο άλμα (είτε είναι ο επόμενος δρομολογητής είτε ο προορισμός). **Για να υπάρχει απόδοση στην επιλογή του επόμενου hop ο κάθε δρομολογητής έχει έναν πίνακα δρομολόγησης (routing table), ο οποίος θα πρέπει να πάρει αρχικές τιμές στην λειτουργία του δρομολογητή και να ενημερώνεται αν γίνει κάτι πχ αλλαγή τοπολογίας, βλάβη κ.τ.λ. Ο πίνακας δρομολόγησης έχει ένα σύνολο απο καταχωρίσεις οι οποίες αφορούν τον προορισμό και το επόμενο hop προς τον προορισμό αυτόν, όπου ο κάθε προορισμός αφορά και ένα δίκτυο.** Στην Εικόνα 6.2 (β) βλέπουμε τα περιεχόμενα του πίνακα δρομολόγησης R2 και στην εικόνα 6.2 (α) το διαδίκτυο που μελετάμε.



Εικόνα 6.2 (α) Διαδίκτυο, (β) Περιεχόμενα routing table

## 6.5 Διευθύνσεις IP & καταχωρίσεις πίνακα δρομολόγησης

Ο πίνακας δρομολόγησης που αναφέραμε είναι πιο σύνθετος. Το πεδίο Προορισμός έχει το πρόθεμα δικτύου για το δίκτυο προορισμού. Επίσης υπάρχει ένα πεδίο για κάθε καταχώριση με τη μάσκα διεύθυνσης (address mask) η οποία καθορίζει ποιά bit του προορισμού αφορούν το πρόθεμα δικτύου. Επιπλέον υπάρχει και το πεδίο Επόμενο hop και αφορά μια διεύθυνση IP ενός δρομολογητή.

## 6.6 Πεδίο μάσκας και προώθηση αυτοδύναμου πακέτου

Η χρήση ενός πίνακα δρομολόγησης με σκοπό την επιλογή του next hop για ένα αυτοδύναμο πακέτο ονομάζεται δρομολόγηση (routing) ή προώθηση (forwarding). Το λογισμικό δρομολόγησης για να βρει την καταχώριση για το next hop του πακέτου γίνεται με τον έλεγχο του routing table βάση της εντολής:

αν  $[(Μάσκα[i] \& D == Προορισμός[i])] προώθηση στο Επόμενο \acute{\alpha}λμα[i];$  Όπου D η διεύθυνση προορισμού του πακέτου.

## 6.7 Διευθύνσεις προορισμού & επόμενου άλματος

Η διεύθυνση προορισμού στην κεφαλίδα του αυτοδύναμου πακέτου αφορά τον τελικό προορισμό. Η προώθηση του πακέτου από έναν δρομολογητή σε άλλον στην κεφαλίδα του πακέτου δεν υπάρχει η διεύθυνση του next hop. **Η δρομολόγηση γίνεται με διευθύνσεις IP. Αν η διεύθυνση next hop είναι η N το λογισμικό του πρωτοκόλλου IP κάνει χρήση της αντιστοίχισης των διευθύνσεων για να αντιστοιχίσει τη διεύθυνση N σε διεύθυνση υλικού για την μετάδοση του πακέτου.**

## 6.8 Επίδοση με τη βέλτιστη προσπάθεια

**Το πρωτόκολλο διαδικτύου (IP) έχει τον όρο βέλτιστη προσπάθεια (best-effort) για να περιγράψει την υπηρεσία που παρέχει. Το πρωτόκολλο κάνει την βέλτιστη προσπάθεια παράδοσης του πακέτου αλλά δεν υπάρχει εγγύηση αν υπάρξουν προβλήματα όπως: να γίνει επανάληψη του πακέτου, να γίνει παράδοση με καθυστέρηση ή εκτός σειράς, αλλοίωση των δεδομένων και απώλεια του πακέτου. Για την αντιμετώπιση αυτών των θεμάτων θα πρέπει να υπάρξει επιπλέον επίπεδα πρωτοκόλλων για να τα αντιμετωπίσουν.**

## 7. Ενθυλάκωση, κατάτμηση & ανασυναρμολόγηση IP

### 7.1 Μετάδοση αυτοδύναμου πακέτου & πλαίσια

Το υλικό του δικτύου δεν καταλαβαίνει τη μορφή των αυτοδύναμων πακέτων ή τη διευθυνσιοδότηση του Internet. Το κάθε υλικό ορίζει την δικιά του μορφή πλαισίων και τη φυσική διευθυνσιοδότηση βάση της τεχνολογίας που διαθέτει. Στο διαδίκτυο μπορούμε να συναντίσουμε διαφορετικές τεχνολογίες δικτύων και έτσι η μορφή των πλαισίων είναι διαφορετική από δίκτυο σε δίκτυο.

### 7.2 Ενθυλάκωση

Για την μετάδοση του αυτοδύναμου πακέτου στο φυσικό δίκτυο χρησιμοποιείται η τεχνική ενθυλάκωση (encapsulation). Το πλαίσιο αποτελείται από την κεφαλίδα του και τα δεδομένα του. Στα δεδομένα πλαισίου βάζουμε το αυτοδύναμο πακέτο IP το οποίο αποτελείται από την κεφαλίδα IP και την περιοχή δεδομένων IP. Έτσι με αυτό τον τρόπο γίνεται η μετάδοση χωρίς καμία τροποποίηση των δεδομένων πλαισίου από το υλικό. Για να ξέρει ο αποστολέας και ο παραλήπτης, ότι υπάρχει στο πλαίσιο αυτοδύναμο πακέτο IP συμφωνούν σε μια τιμή που έχει τοποθετηθεί στο πεδίο τύπος του πλαισίου και είναι καθορισμένη για το IP. Η διεύθυνση προορισμού στο πλαίσιο είναι η διεύθυνση του next hop, η οποία είναι η διεύθυνση προορισμού του αυτοδύναμου πακέτου με αντιστοιχία σε διεύθυνση υλικού.

### 7.3 Μετάδοση μέσω διαδικτύου

Το αυτοδύναμο πακέτο, όταν φθάσει στον παραλήπτη αυτός το βγάζει από την περιοχή δεδομένων του πλαισίου και αφαιρεί την κεφαλίδα του πλαισίου.

### 7.4 MTU, μέγεθος αυτοδύναμου πακέτου & ενθυλάκωση

Το κάθε υλικό βάσης της τεχνολογίας του θέτει ένα όριο μέγιστο για την ποσότητα δεδομένων που θα έχει το πλαίσιο. Αυτό ονομάζεται μέγιστη μονάδα μεταφοράς (maximum transmission unit, MTU). Αν έχουμε όμως διαφορετικά δίκτυα η τιμή MTU θα διαφέρει και δεν θα μπορεί ο δρομολογητής να κάνει μετάδοση από το ένα δίκτυο στο άλλο. Για να επιλυθεί το πρόβλημα ο δρομολογητής ελέγχει την MTU αν η MTU είναι μεγαλύτερη από αυτή που έχει το δίκτυο παραλαβής του, ο δρομολογητής σπάει το αυτοδύναμο πακέτο σε μικρότερα κομμάτια που λέγονται τμήματα (fragments) με την ίδια μορφή που έχει και το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο IP.

## 7.5 Ανασυναρμολόγηση

Η διαδικασία με την οποία από τα τμήματα του αυτοδύναμου πακέτου δημιουργείται το αντιγραφό του όπως ήταν αρχικά ονομάζεται **ανασυναρμολόγηση (reassemble)**. Το τελευταίο τμήμα στην κεφαλίδα του έχει ένα επιπλέον bit και έτσι ο παραλήπτης ξέρει αν όλα τα πακέτα φθάσανε για να γίνει η ανασυναρμολόγηση. Η ανασυναρμολόγηση βάση του πρωτοκόλλου IP πρέπει να γίνεται στον υπολογιστή υπηρεσίας του τελικού προορισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των πληροφοριών κατάστασης στους δρομολογητές και να υπάρχει δυναμική δρομολόγηση μέχρι τον τελικό προορισμό.

## 7.6 Αναγνώριση αυτοδύναμου πακέτου

Ο αποστολέας βάζει ένα μοναδικό id στο πεδίο ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ του κάθε πακέτου. Ο δρομολογητής, όταν κάνει κατάτμηση βάζει αυτό το μοναδικό id σε όλα τα τμήματα. Ο παραλήπτης χρησιμοποιεί αυτό τον αριθμό στο πεδίο ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ και τη διεύθυνση IP αφετερίας ενός τμήματος για να καταλάβει ποιο αυτοδύναμο πακέτο θα λάβει. Με το πεδίο ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ο παραλήπτης ξέρει τη σειρά των τμημάτων για να δημιουργηθεί το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο.

## 7.7 Απώλεια τμημάτων

Στο πρωτόκολλο IP υπάρχει ένας χρόνος στο να υπάρχουν τα τμήματα στον παραλήπτη. Ο λόγος είναι ότι τα τμήματα δεσμεύουν μνήμη, έτσι ξεκινάει ένα χρονόμετρο μόλις έρθει το πρώτο τμήμα, αν φθάσουν όλα τα τμήματα σταματάει το χρονόμετρο και γίνεται η ανασυναρμολόγηση αλλιώς τα τμήματα αποβάλλονται.

## 7.8 Κατάτμηση τμήματος

Με τον μηχανισμό κατάτμησης είναι εφικτή η επιπλέον κατάτμηση ενός τμήματος αν φθάσει το τμήμα σε ένα δίκτυο με μικρότερη μέγιστη μονάδα μεταφοράς. Αυτό δεν δημιουργεί πρόβλημα στον παραλήπτη και μπορεί να ανασυναρμολογήσει τα τμήματα.

## 8. Μηχανισμός αναφοράς σφαλμάτων (ICMP)

### 8.1 Η έννοια της βέλτιστης προσπάθειας & ανίχνευση σφαλμάτων

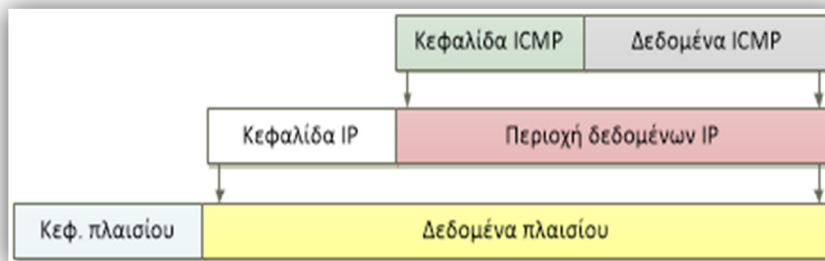
Το πρωτόκολλο IP είναι ένα **best-effort** πρωτόκολλο και έχει την ανάγκη για ανίχνευση σφαλμάτων. Ένας μηχανισμός που διαθέτει είναι το άθροισμα ελέγχου της κεφαλίδας (**checksum**) για την ανίχνευση σφαλμάτων μετάδοσης. Στο αυτοδύναμο πακέτο IP υπάρχει το checksum και όταν φθάσει το πακέτο IP στον προορισμό ελέγχεται ότι η κεφαλίδα είναι σωστή. Ο τρόπος είναι ο παραλήπτης να υπολογίσει το checksum ξανά μαζί με την τιμή που υπάρχει στο πεδίο αθροίσματος ελέγχου. Αν το άθροισμα ελέγχου είναι μηδέν είναι σωστό αλλιώς έχει σφάλμα το πακέτο IP.

### 8.2 Πρωτόκολλο μηνυμάτων ελέγχου διαδικτύου

Υπάρχει ένα πρωτόκολλο, το οποίο ανήκει στην οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP και κάνει χρήση του IP για αποστολή μηνυμάτων σφαλμάτων, όταν κάτι γίνεται στο δίκτυο πχ βλάβη και ονομάζεται **πρωτόκολλο μηνυμάτων ελέγχου διαδικτύου (Internet Control Message Protocol, ICMP)**. Το πρωτόκολλο ICMP αποτελείται από **τα μηνύματα σφαλμάτων και τα πληροφοριακά μηνύματα**.

### 8.3 Μεταφορά μηνυμάτων του ICMP

Όταν ένας δρομολογητής πρέπει να στείλει ένα μήνυμα του πρωτοκόλλου ICMP δημιουργεί ένα αυτοδύναμο πακέτο IP και ενθυλακώνεται το μήνυμα του ICMP στο αυτοδύναμο πακέτο IP και στην συνέχεια το αυτοδύναμο πακέτο ενθυλακώνεται σ' ένα πλαίσιο. Την διαδικασία την βλέπουμε στην εικόνα 8.1. Τα μηνύματα του ICMP δημιουργούνται πάντα ως απάντηση σε ένα αυτοδύναμο πακέτο.



Εικόνα 8.1 Η διαδικασία της ενθυλάκωσης του ICMP

#### 8.4 Χρήση μηνυμάτων του ICMP για δοκιμή της προσπελασιμότητας

Υπάρχει το ping που ελέγχει αν ένας προορισμός είναι προσπελάσιμος. Το ping κάνει χρήση των μηνυμάτων του ICMP **echo request** και **echo reply**. Για να γίνει έλεγχος αν είναι προσπελάσιμος ο προορισμός το ping στέλνει το echo request και περιμένει απάντηση για κάποιο χρόνο. Αν δε λάβει απάντηση ξανά στέλνει echo request και αν δεν λάβει πάλι τότε ο προορισμός είναι μη προσπελάσιμος. Ο προορισμός απαντάει με το μήνυμα echo reply του ICMP.

#### 8.5 Χρήση του ICMP για παρακολούθηση δρομολογίου

Υπάρχει ένα εργαλείο **traceroute** για να βρεθούν οι ενδιάμεσοι δρομολογητές προς έναν προορισμό. Το traceroute στέλνει αυτοδύναμα πακέτα και περιμένει μια απάντηση για το καθένα.

#### 8.6 Η τελευταία διεύθυνση που εμφανίζει το traceroute

Το πρόγραμμα traceroute χρησιμοποιεί τα μηνύματα σφαλμάτων του ICMP για την εύρεση των δρομολογητών μέχρι τον προορισμό. **Το traceroute έχει δύο τρόπους χρήσης** (α) με τα μηνύματα echo request και echo reply και (β) να στείλει ένα αυτοδύναμο πακέτο σε μια εφαρμογή που δεν υπάρχει και θα λάβει από τον προορισμό μήνυμα απροσπέλαστου προορισμού. Οι δύο αυτοί τρόποι μπορούν να δώσουν διαφορετικές διευθύνσεις για τον προορισμό αν έχει αυτός πολλές συνδέσεις δικτύου.

#### 8.7 Χρήση του ICMP για ανεύρεση MTU διαδρομής

Η κατάτμηση μπορεί να επιλύει το πρόβλημα με τα διαφορετικά δίκτυα οδηγεί όμως σε προβλήματα απόδοσης. Αν όμως μια εφαρμογή επιλέξει την σχέση : **το μέγεθος αυτοδύναμου πακέτου να είναι μικρότερο ή ίσο από τη μικρότερη τιμή MTU της διαδρομής από την πηγή στον προορισμό το οποίο ονομάζεται MTU διαδρομής (path MTU)** επιλύθηκε το θέμα της κατάτμησης. Για να βρεθεί η path MTU είναι με μήνυμα σφάλματος ICMP και με αυτοδύναμο πακέτο IP με τιμή 1 στο bit της κεφαλίδας που απαγορεύει την κατάτμηση.

## 9. Υπηρεσία μεταφοράς αυτοδύναμων πακέτων

### 9.1 Γιατί χρειάζονται τα πρωτόκολλα μεταφοράς από άκρο σε άκρο

Το πρωτόκολλο IP δεν μπορεί να υποστηρίξει πολλές εφαρμογές, επειδή το αυτοδύναμο πακέτο αφορά τον υπολογιστή και όχι τις εφαρμογές που υπάρχουν στον υπολογιστή. Το πρωτόκολλο που δίνει την δυνατότητα η εφαρμογή να είναι το ακραίο σημείο επικοινωνίας ονομάζεται **πρωτόκολλο από άκρο σε άκρο (end-to-end protocol)** ή **πρωτόκολλο μεταφοράς (transport protocol)**.

### 9.2 Πρωτόκολλο αυτοδύναμων πακέτων χρήστη (UDP)

Στο TCP/IP υπάρχουν δύο πρωτόκολλα μεταφοράς, **το πρωτόκολλο αυτοδύναμων πακέτων χρήστη (User Datagram Protocol, UDP)** και **το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (Transmission Control Protocol, TCP)**. Το UDP δεν παρέχει τις υπηρεσίες που θα ήθελε μια εφαρμογή. Το UDP χαρακτηρίζεται ως : (1) Από άκρο σε άκρο, (2) Ασυνδεσμικό, (3) Μηνυματοστρεφές (μεμονωμένα μηνύματα), (4) Πολυεπίπεδης αλληλεπίδρασης και (5) ανεξάρτητο λειτουργικό συστήματος.

### 9.3 Το ασυνδεσμικό πρότυπο επικοινωνίας

Το UDP χρησιμοποιεί ασυνδεσμική επικοινωνία δηλαδή **δεν υπάρχουν μηνύματα ελέγχου** με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μεγάλος φόρτος στο δίκτυο.

### 9.4 Μηνυματοστρεφές διασύνδεση

Το UDP παρέχει μηνυματοστρεφή διασύνδεση στα προγράμματα εφαρμογών δηλαδή το μήνυμα δε σπάει σε πακέτα και δεν δίνεται βάση στην επίδοση. Το πλεονέκτημα του UDP είναι το όριο των δεδομένων εξαρτάται από το πρωτόκολλο για μια εφαρμογή και το μειονεκτημά του είναι το μήνυμα UDP πρέπει να χωράει στο αυτοδύναμο πακέτο IP.

### 9.5 Σημσιολογία της επικοινωνίας UDP

Το UDP κάνει και αυτό την καλύτερη προσπάθεια για επίδοση όπως το IP δηλαδή τα μηνύματα UDP μπορούν να χαθούν, να αλλοιωθούν ή να μεταδοθούν πολλές φορές. Οπότε το UDP είναι κατάλληλο για εφαρμογές όπως μεταφορά φωνής και εικόνας.

## 9.6 Πολυεπίπεδη αλληλεπίδραση

Το UDP παρέχει στις εφαρμογές τις ακόλουθες επικοινωνίες : 1) αμφιμονοσήμαντη (1-προς-1), 2) μονοσήμαντη (1-προς-πολλά), 3) μονοσήμαντη (πολλά-προς-1), 4) πολυσήμαντη (πολλά-προς-πολλά).

## 9.7 Υποστήριξη για μονοεκπομπή, πολυεκπομπή & εκπομπή πρωτοκόλλου

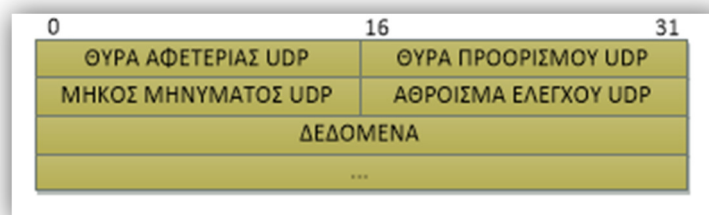
Υπάρχει η δυνατότητα να στέλνει μια εφαρμογή ένα μήνυμα σε πολλούς αποδέκτες μια φορά χωρίς να στέλνει το ίδιο μήνυμα ξεχωριστά στον καθένα. Οι μηχανισμοί που το επιτρέπουν είναι η **πολυεκπομπή (multicast)** ή **εκπομπή (broadcast) του IP**. Παράδειγμα με χρήση της IP 255.255.255.255 ως διεύθυνση προορισμού. Το Ethernet υποστηρίζει και τους δύο τύπους.

## 9.8 Προσδιορισμός ακραίων σημείων με χρήση αριθμών θυρών πρωτοκόλλου

Για να μπορεί το UDP να ξέρει ότι ένα πρόγραμμα εφαρμογής είναι ακραίο σημείο καθόρισε ένα σύνολο από αναγνωριστικά που ονομάζονται **αριθμοί θυρών πρωτοκόλλου (protocol port numbers)** και **δεν εξαρτώνται από το λειτουργικό του υπολογιστή**. Ο υπολογιστής που χρησιμοποιεί UDP πρέπει να καθορίσει τον αριθμό θύρας για κάθε εφαρμογή πχ εφαρμογή time server αριθμός θύρας το 3.

## 9.9 Μορφή αυτοδύναμου πακέτου UDP

Το μήνυμα UDP ονομάζεται αυτοδύναμο πακέτο χρήστη (**user datagram**) και αποτελείται από την **κεφαλίδα** και το **ωφέλιμο φορτίο**. Στην εικόνα 9.1 βλέπουμε την μορφή του αυτοδύναμου πακέτου UDP.



Εικόνα 9.1 Το αυτοδύναμο πακέτο UDP

## 9.10 Το άθροισμα ελέγχου του UDP & η ψευδοκεφαλίδα

Στην κεφαλίδα UDP υπάρχει το UDP checksum, το οποίο είναι μη-υποχρεωτικό. Η διεύθυνση πηγής και προορισμού υπάρχουν στο αυτοδύναμο πακέτο IP. Στην ουσία αυτό



κάνει το UDP μικρό και πιο αποδοτικό αλλά δίνει την δυνατότητα σφάλματος παράδοσης. Για να υπάρχει επιβεβαίωση παράδοσης γίνεται **επέκταση του checksum η οποία είναι μια ψευδοκεφαλίδα** όπου έχει τα πεδία του πακέτου IP και αφορούν την πηγή, προορισμό και τον τύπο.

### 9.11 Ενθυλάκωση του UDP

Στην εικόνα 9.2 βλέπουμε την ενθυλάκωση του UDP.



Εικόνα 9.2 Ενθυλάκωση του UDP

## 10. TCP: Υπηρεσία αξιόπιστης μεταφοράς

### 10.1 Γιατί χρειάζεται η αξιόπιστη μεταφορά

Η αξιοπιστία για τους προγραμματιστές είναι βασική να υπάρχει σ'ένα υπολογιστικό σύστημα. Διότι με αυτή, **τα δεδομένα δεν χάνονται**, **δεν υπάρχει επανάληψη των ίδιων δεδομένων και τα λαμβάνει ο προορισμός με την σωστή σειρά που τα έστειλε η πηγή**. Το ίδιο πρέπει να γίνεται στο δίκτυο ώστε το λογισμικό να παρέχει την αξιόπιστη και έγκυρη επικοινωνία στο δίκτυο.

### 10.2 Πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (TCP)

Η αξιοπιστία παρέχεται από τα πρωτόκολλα μεταφοράς και είναι βασική για τις εφαρμογές. **Το πρωτόκολλο, το οποίο προσφέρει αξιοπιστία είναι το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (Transmission Control Protocol, TCP) επιπέδου μεταφοράς του TCP/IP.**

### 10.3 Η υπηρεσία που παρέχει το TCP στις εφαρμογές

**Το πρωτόκολλο TCP παρέχει αξιόπιστη, συνδεσμική και πλήρως αμφίδρομη επικοινωνία stream interface.** Με την οποία δύο προγράμματα (εφαρμογές) δημιουργούν την σύνδεση, στέλνουν τα δεδομένα και προς τις δύο κατευθύνσεις και τερματίζουν την σύνδεση.

### 10.4 Υπηρεσία από άκρο σε άκρο & αυτοδύναμα πακέτα

**Το πρωτόκολλο TCP είναι ένα end-to-end**, διότι υπάρχει η σύνδεση από μια εφαρμογή A ενός υπολογιστή σε μια εφαρμογή B ενός άλλου υπολογιστή απευθείας. **Στο TCP οι συνδέσεις ονομάζονται εικονικές συνδέσεις (virtual connections)** γιατί γίνονται με το λογισμικό. **Για να γίνει η μεταφορά ενός μηνύματος TCP αυτό ενθυλακώνεται σε ένα αυτοδύναμο πακέτο IP για να γίνει η μεταφορά στο διαδίκτυο.**

### 10.5 Επίτευξη αξιοπιστίας

Το πρωτόκολλο μεταφοράς πχ TCP πρέπει να είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να προσφέρει την αξιοπιστία. **Τα δύο βασικά προβλήματα είναι αν το σύστημα επικοινωνίας είναι αναξιόπιστο και οι επανεκκινήσεις των Η/Υ.**

### 10.6 Απώλεια πακέτων & επαναμετάδοση

Για να υπάρχει η αξιοπιστία στο TCP αυτό χρησιμοποιεί κάποιες τεχνικές μια βασική τεχνική είναι η **επαναμετάδοση (retransmission)**. Με την επαναμετάδοση και η πηγή και ο προορισμός ακολουθούν την ίδια μεθοδολογία δηλαδή, όταν το TCP λαμβάνει δεδομένα στέλνει μια επιβεβαίωση λήψης στον αποστολέα (ack, acknowledgement). Με την αποστολή των δεδομένων ξεκινάει και ένα χρονόμετρο αν ο χρόνος λήξει και δεν έρθει το μήνυμα ack, ο αποστολέας ξαναστέλνει δεδομένα. Η κίνηση που υπάρχει στο διαδίκτυο αλλά και η απόσταση πηγής-προορισμού καθορίζουν τα μηνύματα του TCP και τις επαναμεταδόσεις του. Στο TCP υπάρχει η ταυτόχρονη επικοινωνία πολλών εφαρμογών και επειδή η καθυστέρηση εξαρτάται και από την κίνηση στο διαδίκτυο πρέπει να τις χειριστεί αναλόγως.

## 10.7 Προσαρμόσιμη επαναμετάδοση

Η **επαναμετάδοση στο TCP είναι προσαρμόσιμη (adaptive)** δηλαδή το TCP ελέγχει την καθυστέρηση που υπάρχει σε κάθε σύνδεση και αλλάζει το χρόνο της επαναμετάδοσης ανάλογα. Αυτό που κάνει το TCP είναι να μετρήσει το χρόνο που χρειάζεται να λάβει μια απόκριση δηλαδή κάνει μια **εκτίμηση στην καθυστέρηση μετάβασης και επιστροφής μιας σύνδεσης (round – trip delay)**.

## 10.8 Σύγκριση χρόνων επαναμετάδοσης

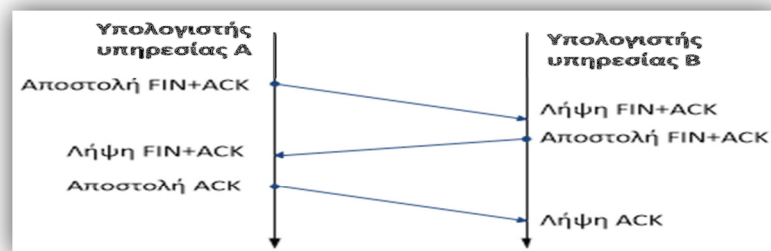
Για να καταλάβουμε πως βοηθάει η προσαρμόσιμη επαναμετάδοση το TCP θα εξετάσουμε ένα παράδειγμα. Έστω δύο συνδέσεις με διαφορετικές καθυστερήσεις μετάβασης και επιστροφής. Αν η καθυστέρηση είναι μεγάλη στην σύνδεση A το TCP έχει για την επαναμετάδοση ένα μεγάλο time-out (χρονικό διάστημα μέχρι να γίνει η επαναμετάδοση) ενώ αν η καθυστέρηση είναι μικρή έστω σύνδεση B έχει μικρό time-out με σκοπό να καταλάβει, ότι έχει χαθεί το πακέτο και θα κάνει την επαναμετάδοση.

## 10.9 Χώροι προσωρινής αποθήκευσης, έλεγχος ροής & παράθυρα

Για να υπάρχει έλεγχος στην ροή των δεδομένων το TCP έχει τον **μηχανισμό παραθύρου (window)**. Όταν δημιουργείται μια σύνδεση το κάθε άκρο της σύνδεσης δεσμεύει ένα **χώρο προσωρινής αποθήκευσης (buffer)** για να αποθηκεύσει τα εισερχόμενα δεδομένα και για αυτό το μέγεθος του buffer ενημερώνεται το άλλο άκρο. Όταν έρθουν τα δεδομένα ο παραλήπτης στέλνει επιβεβαιώσεις και ενημερώνουν πόσο χώρο έχει ο buffer. Η **ποσότητα του χώρου που υπάρχει ανα οποιοδήποτε χρονική στιγμή ως διαθέσιμη στο buffer ονομάζεται παράθυρο (window)** και η **ειδοποίηση που αφορά το διαθέσιμο μέγεθος ονομάζεται αναγγελία παραθύρου**. Για κάθε επιβεβαίωση στέλνεται και η αναγγελία παραθύρου. **Υπάρχει η αναγγελία θετικού παραθύρου**, όταν ο παραλήπτης (εφαρμογή) μπορεί να διαβάσει τα δεδομένα που έρχονται βάση της ταχύτητά τους και η **αναγγελία μηδενικού παραθύρου (zero window)** όπου ο buffer δεν έχει άλλο χώρο. Ο αποστολέας στέλνει δεδομένα μόνο, όταν λάβει αναγγελία θετικού παραθύρου.

## 10.10 Τριπλή χειραψία

Για να υπάρχει αξιοπιστία στην δημιουργία σύνδεσης και στον τερματισμό της το πρωτόκολλο TCP κάνει χρήση την τριπλή χειραψία (3-way handshake). Υπάρχει το τμήμα συγχρονισμού (synchronization segment) ή τμήμα SYN για τα μηνύματα της δημιουργίας της σύνδεσης και το τμήμα τέλους ή τμήμα FIN (finish) για τα μηνύματα τερματισμού της σύνδεσης. Τα τμήματα SYN, FIN αν χαθούν γίνεται η επαναμετάδοση τους από το TCP. Με την τριπλή χειραψία πρώτα αλληλεπιδρούν τα άκρα και μετά το TCP δημιουργεί και τερματίζει την σύνδεση. Το κάθε άκρο δημιουργεί ένα τυχαίο σειριακό αριθμό (32 bit) για την δημιουργία της σύνδεσης και έτσι δεν υπάρχουν παρεμβολές από διπλά ή καθυστερημένα πακέτα άλλης σύνδεσης. Στην εικόνα 10.1 βλέπουμε την τριπλή χειραψία που χρησιμοποιείται για το κλείσιμο μιας σύνδεσης.



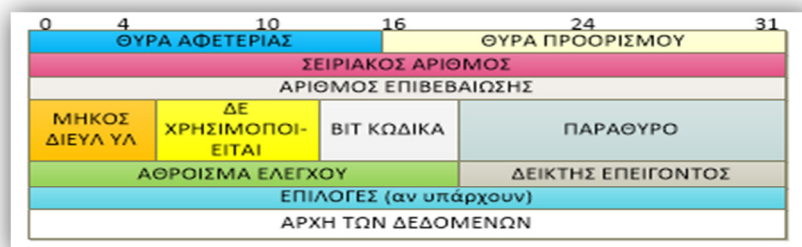
Εικόνα 10.1 Η τριπλή χειραψία για το κλείσιμο σύνδεσης

## 10.11 Έλεγχος συμφόρησης

Στο TCP υπάρχει ο μηχανισμός για τον έλεγχο της συμφόρησης (congestion control). Η απώλεια πακέτων ή η μεγάλη καθυστέρηση μπορεί να είναι λόγο συμφόρησης και όχι βλάβη υλικού. Οι υπερβολικές επαναμεταδόσεις μπορούν να οδηγήσουν το σύστημα σε κατάσταση συμφορητικής κατάρρευσης (congestion collapse). Το TCP για να επιλύσει το πρόβλημα της συμφόρησης μειώνει τον ρυθμό επαναμετάδοσης των δεδομένων ή και του ρυθμού μετάδοσης.

## 10.12 Μορφή τμήματος του TCP

Στο πρωτόκολλο TCP όλα τα μηνύματα του έχουν μια μορφή. Το μήνυμα στο TCP ονομάζεται τμήμα (segment). Στην εικόνα 10.2 βλέπουμε την μορφή ενός τμήματος του TCP.



Εικόνα 10.2 Η μορφή του τμήματος TCP

## 11. IP: Διευθύνσεις του πρωτοκόλλου διαδικτύου

### 11.1 Διευθύνσεις στο εικονικό διαδίκτυο

Η διαφορά μεταξύ διαδικτύου και φυσικού δικτύου είναι ότι **το διαδίκτυο είναι κάτι το «εικονικό» δηλαδή είναι στην φαντασία των σχεδιαστών, όπου η υλοποίηση του γίνεται από το λογισμικό.** Για να υπάρχει ομοιόμορφη διευθυνσιοδότηση στο διαδίκτυο το λογισμικό πρωτοκόλλων θέτει την διευθυνσιοδότηση, όπου ο κάθε υπολογιστής υπηρεσίας έχει μια μοναδική διεύθυνση πρωτοκόλλου. Με τις διευθύνσεις πρωτοκόλλου μπορούν να επικοινωνούν οι χρήστες, τα προγράμματα (εφαρμογές) και τα υψηλότερα επίπεδα λογισμικού πρωτοκόλλου.

### 11.2 Η μέθοδος διευθυνσιοδότησης του IP

Στο μοντέλο αναφοράς TCP/IP η διευθυνσιοδότηση γίνεται από το πρωτόκολλο διαδικτύου (**Internet Protocol, IP**). Μια διεύθυνση διαδικτύου (**διεύθυνση IP**) είναι ένας μοναδικός δυαδικός αριθμός των **32 bit** με τον οποίο ο υπολογιστής υπηρεσίας μπορεί και επικοινωνεί με άλλες συσκευές στο διαδίκτυο.

### 11.3 Η ιεραρχία των διευθύνσεων IP

Η διεύθυνση IP (32 bit) αποτελείται από δύο μέρη : Ένα πρόθεμα και ένα επίθεμα με σκοπό την η δρομολόγηση να είναι αποδοτική. Το πρόθεμα (πρώτο μέρος) της διεύθυνσης αφορά το φυσικό δίκτυο, όπου είναι συνδεδεμένος ο υπολογιστής και το επίθεμα (δεύτερο μέρος) αφορά τον υπολογιστή στο δίκτυο. Το κάθε φυσικό δίκτυο ενός διαδικτύου παίρνει μια μοναδική τιμή που ονομάζεται **αριθμός δικτύου (network number)**. Η ιεραρχία των διευθύνσεων IP μας εγγυάται δύο ιδιότητες: **1) Ο κάθε υπολογιστής έχει μια μοναδική διεύθυνση και 2) το κάθε φυσικό δίκτυο θέτει διαφορετικό πρόθεμα στις συσκευές ενώ οι συσκευές στο ίδιο φυσικό δίκτυο έχουν διευθύνσεις με διαφορετικό επίθεμα.**

### 11.4 Οι αρχικές κλάσεις διευθύνσεων IP

Οι σχεδιαστές επέλεξαν μια μέθοδο διευθυνσιοδότησης που ονομάζεται **διευθυνσιοδότηση IP με κλάσεις (classful IP addressing)**, επειδή το διαδίκτυο αποτελείται από μικρά και μεγάλα δίκτυα. Αυτή η μέθοδος χωρίζει τις διευθύνσεις IP σε τρεις πρωτεύουσες κλάσεις οι οποίες έχουν διαφορετικό μέγεθος προθέματος και επιθέματος. **Τα τέσσερα πρώτα bit της διεύθυνσης καθορίζουν την κλάση της διεύθυνσης. Οι κλάσεις A,B,C είναι οι πρωτεύουσες κλάσεις (primary class),** γιατί χρησιμοποιούνται για τους υπολογιστές υπηρεσίας. **Η κλάση D είναι για πολυεκπομπή (multicasting)** όπου ένα αντίγραφο ενός πακέτου όταν στέλνεται στην διεύθυνση multicasting θα το λαμβάνουν όλοι οι υπολογιστές.

## 11.5 Υπολογισμός της κλάσης μιας διεύθυνσης

Το λογισμικό του πρωτοκόλλου IP χωρίζει την διεύθυνση προορισμού ενός πακέτου σε πρόθεμα και επίθεμα. **Οι διευθύνσεις IP με κλάσεις ονομάζονται αυτοπροσδιοριζόμενες**, επειδή η κλάση της διεύθυνσης υπολογίζεται από την ίδια την διεύθυνση. Στην εικόνα 11.1 βλέπουμε τον πίνακα εύρεσης της κλάσης μιας διεύθυνσης.

Τα πρώτα τέσσερα Bit διεύθυνσης	Ευρετήριο πίνακα (στο δεκαδικό)	Κλάση διευθύνσεων
Από 0000 έως 0111	Από 0 έως 7	A
Από 1000 έως 1011	Από 8 έως 11	B
Από 1100 έως 1101	Από 12 έως 13	C
1110	14	D
1111	15	E

Εικόνα 11.1 Εύρεση κλάσης μιας διεύθυνσης IP

## 11.6 Συμβολισμός δεκαδικών με τελείες

**Ο συμβολισμός δεκαδικών με τελείες (dotted decimal) είναι μια μορφή σύνταξης**, η οποία την χρησιμοποιεί το λογισμικό του πρωτοκόλλου IP για να είναι κατανοητός ο δυαδικός αριθμός (32 bit) στον άνθρωπο. Η κάθε οκτάδα είναι σε δεκαδική μορφή, όπου η κάθε τελεία χωρίζει τις οκτάδες. **Οι διευθύνσεις σε συμβολισμό δεκαδικών με τελείες έχουν εύρος από 0.0.0.0 μέχρι 255.255.255.255**. Στην εικόνα 11.2 βλέπουμε παραδείγματα δυαδικών αριθμών σε συμβολισμό δεκαδικών με τελείες.

Δυαδικός αριθμός των 32 bit	Ισοδύναμος δεκαδικός με τελείες
10000001 00110100 00000110 00000000	129.52.6.0
11000000 00000101 00110000 00000011	192.5.48.3

Εικόνα 11.2 Παραδείγματα δυαδικών αριθμών σε συμβολισμό δεκαδικών με τελείες

## 11.7 Κλάσεις & συμβολισμός δεκαδικών με τελείες

Στην εικόνα 11.3 βλέπουμε την περιοχή δεκαδικών τιμών της κάθε κλάσης.

Κλάση	Περιοχή τιμών
A	0 έως 127
B	128 έως 191
C	192 έως 223
D	224 έως 239
E	240 έως 255

Εικόνα 11.3 Η περιοχή δεκαδικών τιμών της κάθε κλάσης

## 11.8 Διαίρεση του χώρου διευθύνσεων

Στην εικόνα 11.4 βλέπουμε **το μέγιστο αριθμό των δικτύων για κάθε κλάση και το μέγιστο αριθμό υπολογιστών υπηρεσίας ανα δίκτυο**. Ένα πρόθεμα των  $n$  bit επιτρέπει  $2^n$  μοναδικούς αριθμούς δικτύων και ένα επίθεμα των  $n$  bit επιτρέπει  $2^n$  υπολογιστές υπηρεσίας σε ένα δεδομένο δίκτυο.

Κλάση διευθύνσεων	Bit στο πρόθεμα	Μέγιστος αριθμός δικτύων	Bit στο επίθεμα	Μέγιστος αριθμός Η/Υ ανά δίκτυο
A	7	128	24	16777216
B	14	16384	16	65536
C	21	2097152	8	256

Εικόνα 11.4 Ο μέγιστος αριθμός δικτύων ανα κλάση και ο μέγιστος αριθμός υπολογιστών υπηρεσίας ανα δίκτυο

## 11.9 Αρμόδια αρχή για τις διευθύνσεις

Το πρόθεμα για κάθε δίκτυο στο διαδίκτυο είναι μοναδικό. **Οι εταιρείες που ονομάζονται παροχείς υπηρεσιών Internet (Internet Service Providers, ISP) παρέχουν στα δίκτυα που είναι συνδεδεμένα στο παγκόσμιο διαδίκτυο ότι το κάθε πρόθεμα δικτύου είναι μοναδικό σε ολόκληρο το Internet διαμέσου της Αρχής για την Εκχώρηση Αριθμών για το Internet (Internet Assigned Number Authority). Στο ιδιωτικό διαδίκτυο η επιλογή του προθέματος γίνεται από έναν διαχειριστή δικτύου.**

## 11.10 Διευθυνσιοδότηση υποδικτύου & διευθυνσιοδότηση χωρίς κλάσεις

Η ανάπτυξη του Internet οδήγησε την μέθοδο διευθυνσιοδότησης με κλάσεις να μην είναι τόσο αποτελεσματική, διότι ο χώρος των διευθύνσεων IP τελείωναν και πολλές διευθύνσεις δεν χρησιμοποιούνταν. Για την επίλυση του προβλήματος έγιναν δύο μηχανισμοί 1) **διευθυνσιοδότηση υποδικτύου (subnet addressing) και 2) διευθυνσιοδότηση χωρίς κλάσεις (classless addressing)**. Αυτοί οι δύο μηχανισμοί έχουν εν μέρη την ίδια έννοια. Ο σκοπός είναι αντι να έχουμε τρεις κλάσεις διευθύνσεων, η διαίρεση προθέματος-επιθέματος μπορεί να γίνεται σε οποιαδήποτε θέση bit.

## 11.11 Μάσκες διευθύνσεων

Για να μπορεί να γίνει η χρήση της διευθυνσιοδότησης χωρίς κλάσεις ή διευθυνσιοδότηση υποδικτύου πρέπει να υπάρχει μια τιμή των 32 bit, η οποία καθορίζει το όριο προθέματος και επιθέματος μιας διεύθυνσης IP. Αυτή ονομάζεται **μάσκα διεύθυνσης (address mask) ή μάσκα υποδικτύου (subnet mask)**. Τα bit με τιμή 1 καθορίζουν το πρόθεμα του δικτύου και τα bit με τιμή 0 καθορίζουν τον υπολογιστή υπηρεσίας.

## 11.12 Συμβολισμός CIDR

**Ο συμβολισμός CIDR (CIDR notation) είναι μια μορφή που μας λέει ποιά μάσκα αντιστοιχεί σε μια διεύθυνση IP με σύμβολο την κάθετο (/) σε δεκαδική μορφή. Για παράδειγμα έστω η διεύθυνση 128.10.0.0 έχουμε 16 bit για το πρόθεμα δικτύου και 16 bit για το επίθεμα για υπολογιστή υπηρεσίας. Σε συμβολισμό CIDR η διεύθυνση γίνεται 128.10.0.0/16.**

### 11.13 Παράδειγμα ενότητας διευθύνσεων CIDR

**Για να δούμε την διαφορά μεταξύ διευθύνσεων με κλάσεις και με διευθυνσιοδότηση CIDR θα δούμε ένα παράδειγμα.** Ξέρουμε στην διευθυνσιοδότηση με κλάσεις το πρόθεμα αφορά ένα μόνο δίκτυο και ο ISP μπορεί να δώσει την διεύθυνση πχ 128.211.0.0 σε ένα συνδρομητή. Αυτός με την σειρά του μπορεί να δώσει  $2^{16}$  διευθύνσεις υπολογιστών υπηρεσίας άρα ο ISP εξυπηρετεί έναν συνδρομητή με πολλούς υπολογιστές υπηρεσίας. Αν όμως ο ISP είχε δύο συνδρομητές με δώδεκα υπολογιστές ο καθένας η διευθυνσιοδότηση CIDR με την διεύθυνση 128.211.0.0/16 τον εξυπηρετή. Μπορεί να χωρίσει ο ISP τις διευθύνσεις σε τρία τμήματα τα δύο για έναν από τους συνδρομητές και το άλλο για μελλοντικούς συνδρομητές πχ ο πρώτος συνδρομητής να έχει την διεύθυνση 128.211.0.16/28 και στον δεύτερο 128.211.0.32/28. Η μάσκα για τους συνδρομητές είναι η 255.255.255.240. **Εδώ πρέπει να τονίσουμε κάποια προβλήματα του CIDR είναι ότι τα επιθέματα υπολογιστών υπηρεσίας με όλα τα bit μηδενικά ή με όλα τα bit μονάδα είναι δεσμευμένα και έτσι η τιμή από 1 έως 14 σε δεκαδική μορφή είναι τα επιθέματα υπολογιστών και δεύτερον επειδή το επίθεμα μπορεί να αρχίζει σε οποιαδήποτε θέση οι τιμές δεν είναι εύκολο να διαβάζονται σε μορφή δεκαδικών με τελείες.**

### 11.14 Ειδικές διευθύνσεις IP

**Στο πρωτόκολλο IP υπάρχει ένα σύνολο διευθύνσεων οι οποίες είναι δεσμευμένες. Αυτές οι ειδικές διευθύνσεις IP δεν δίνονται σε υπολογιστές υπηρεσίας.**

#### Διεύθυνση δικτύου

Το πρωτόκολλο IP έχει δεσμευμένη τη διεύθυνση υπολογιστή υπηρεσίας μηδέν, γιατί αφορά ένα δίκτυο. Πχ η διεύθυνση 128.211.0.0/16 μας λέει ότι έχουμε ένα δίκτυο με πρόθεμα 128.211

#### Διεύθυνση κατευθυνόμενης εκπομπής

**Το πρωτόκολλο IP ορίζει τη διεύθυνση κατευθυνόμενης εκπομπής (directed broadcast address) για κάθε φυσικό δίκτυο. Όταν ένα πακέτο στέλνεται στην διεύθυνση κατευθυνόμενης εκπομπής αυτό δίνεται σε όλους τους υπολογιστές υπηρεσίας αυτού του δικτύου. Η διεύθυνση κατευθυνόμενης εκπομπής γίνεται με το να γίνει προσθήκη στο πρόθεμα δικτύου ενός επιθέματος με όλα τα bit 1.**



## Διεύθυνση περιορισμένης εκπομπής

Η περιορισμένη εκπομπή αφορά ένα τοπικό φυσικό δίκτυο. Εδώ το πρόθεμα και το επίθεμα της διεύθυνσης έχουν bit 1.

## Διεύθυνση ιδίου υπολογιστή

Ο υπολογιστής πρέπει να ξέρει την δικιά του διεύθυνση IP για αποστολή ή λήψη των πακέτων όταν ξεκινάει. Αυτό γίνεται με την διεύθυνση IP με όλα τα bit 0 και σημαίνει αυτός ο υπολογιστής.

## Διεύθυνση βρόχου επαναφοράς

Το πρωτόκολλο IP ορίζει μια διεύθυνση βρόχου επαναφοράς (loopback address) πχ 127. και επίθεμα οτιδήποτε για δοκιμή εφαρμογών δικτύου όπου δεν στέλνονται πακέτα στο δίκτυο.

## 11.15 Δρομολογητές & η αρχή της διευθυνσιοδότησης του IP

Μια διεύθυνση IP δεν δείχνει στην ουσία ένα συγκεκριμένο υπολογιστή αλλά μας δείχνει μια σύνδεση μεταξύ ενός υπολογιστή και ενός δικτύου. Όταν έχουμε έναν υπολογιστή με πολλές συνδέσεις (πχ δρομολογητής) τότε για κάθε σύνδεση πρέπει να υπάρχει και μια διεύθυνση IP.

## 11.16 Πολυεστιακοί υπολογιστές

Ένας υπολογιστής υπηρεσίας που έχει συνδέσεις σε πολλά δίκτυα ονομάζεται πολυεστιακός (multihomed). Ο λόγος που χρησιμοποιείται είναι για βελτίωση της αξιοπιστίας (πχ μια σύνδεση έχει βλάβη θα κάνει χρήση άλλης σύνδεσης) και για βελτίωση της απόδοσης (πχ αποφυγή δρομολογίων που έχουν συμφόρηση – επιλογή δρομολογίου μέσω άλλης σύνδεσης).

## 11.17 Ιδιωτικές διευθύνσεις

Υπάρχουν και οι ιδιωτικές διευθύνσεις όπου χρησιμοποιούνται σε ιδιωτικά δίκτυα και δεν δρομολογούνται στο διαδίκτυο. Στην εικόνα 11.5 βλέπουμε τις ιδιωτικές διευθύνσεις.

Εύρος διευθύνσεων
10.0.0.0 – 10.255.255.255
172.16.0.0 – 172.31.255.255
192.168.0.0 – 192.168.255.255

Εικόνα 11.5 Οι ιδιωτικές διευθύνσεις

## 12. Το πρωτόκολλο διαδικτύου (IPv6)

### 12.1 Η επιτυχία του IP

Η έκδοση του πρωτοκόλλου IPv4 είναι πολύ επιτυχημένη. Σε διαφορετικά δίκτυα, σε διαφορετικές τεχνολογίες δικτύων, αλλά και σε μεγάλα μεγέθη δίκτυα ανταποκρίθηκε αποτελεσματικά αντιθέτος τι μέγεθος πλαισίων όριζε το κάθε δίκτυο.

### 12.2 Τα κίνητρα της αλλαγής

Η αλλαγή στην νέα έκδοση IPv6 οδήγησε ο περιορισμένος χώρος των διευθύνσεων εξαιτίας της ανάπτυξης του Internet. Ένας επιπλέον λόγος είναι οι νέες εφαρμογές του Internet, οι οποίες αφορούν ήχο και βίντεο και να μην γίνεται συνέχεια αλλαγή δρομολογίων. Επίσης υπάρχουν νέες υπηρεσίες που χρειάζονται πιο σύνθετη διευθυνσιοδότηση και δρομολόγηση πχ για μοίρασμα φόρτου.

### 12.3 Το όνομα & ο αριθμός έκδοσης

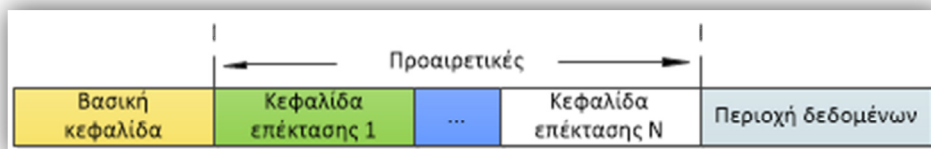
Οι ερευνητές έδωσαν στην αρχή το όνομα IPng (η επόμενη γενιά) στο πρωτόκολλο, αλλά δεν επικράτησε λόγω άλλων προτάσεων και τελικά κατέληξαν στο IPv6. Δεν έλαβε τηνονομασία IPv5, γιατί ο αριθμός της έκδοσης είχε δοθεί σε ένα πειραματικό πρωτόκολλο με ονομασία ST.

### 12.4 Χαρακτηριστικά του IPv6

Το IPv6 είναι ασυνδεδεστικό δηλαδή κάθε αυτοδύναμο πακέτο IPv6 έχει μια διεύθυνση προορισμού και δρομολογείται ανεξάρτητα. Στην κεφαλίδα του έχει το μέγιστο αριθμό των hop όπως και το IPv4 και διατηρεί τις περισσότερες γενικές λειτουργίες του. **Τα νέα χαρακτηριστικά του IPv6 είναι :** 1) **Μέγεθος διευθύνσεων.** Από 32 bit γίνεται 128 bit. 2) **Μορφή κεφαλίδας.** Διαφορετική από την IPv4 κεφαλίδα. 3) **Κεφαλίδες επέκτασης.** Υπάρχει η βασική του κεφαλίδα και μετά οι κεφαλίδες επέκτασης και τέλος τα δεδομένα. 4) **Υποστήριξη ήχου και βίντεο.** 5) **Επεκτάσιμο πρωτόκολλο.** Μπορεί ο αποστολέας να προσθέσει επιπλέον πληροφορίες στο αυτοδύναμο πακέτο.

### 12.5 Μορφή αυτοδύναμου πακέτου

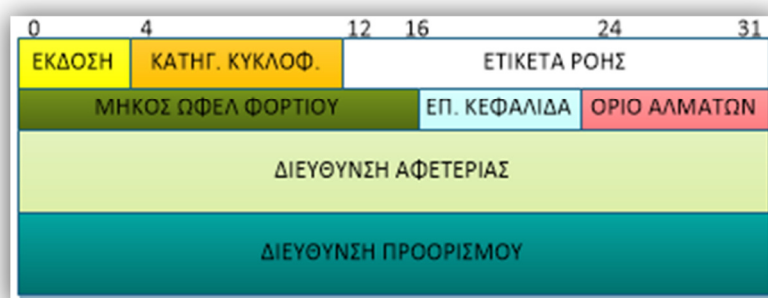
Στην εικόνα 12.1 βλέπουμε την γενική μορφή ενός αυτοδύναμου πακέτου IPv6. Το μέγεθος των πεδίων μπορεί να διαφέρει μεταξύ τους.



Εικόνα 12.1 Η γενική μορφή ενός αυτοδύναμου πακέτου IPv6

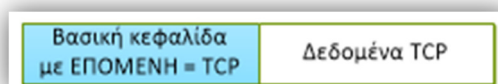
## 12.6 Μορφή βασικής κεφαλίδας του IPv6

Στην εικόνα 12.2 βλέπουμε την μορφή μιας βασικής κεφαλίδας του πρωτοκόλλου IPv6.

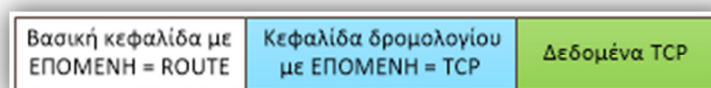


Εικόνα 12.2 Η μορφή μιας βασικής κεφαλίδας IPv6

Στην συνέχεια έχουμε την εικόνα 12.3 όπου έχουμε δύο αυτοδύναμα πακέτα IPv6 στο (α) έχουμε την βασική κεφαλίδα και τα δεδομένα και στην (β) την βασική κεφαλίδα, μια κεφαλίδα δρομολογίου και τα δεδομένα.



Εικόνα 12.3 (α) Η βασική κεφαλίδα και τα δεδομένα



Εικόνα 12.3 (β) Η βασική κεφαλίδα, κεφαλίδα δρομολογίου & τα δεδομένα

## 12.7 Πως χειρίζεται το IPv6 τις πολλές κεφαλίδες

Υπάρχει μοναδική τιμή για κάθε τύπο κεφαλίδας και μερικοί τύποι κεφαλίδων έχουν σταθερό μέγεθος άλλοι όμως δεν έχουν. Σ' αυτή την περίπτωση η κεφαλίδα έχει πληροφορίες που δείχνει που τελειώνει.

## 12.8 Κατάτμηση, ανασυναρμολόγηση & MTU διαδρομής

Στο IPv6 στην βασική του κεφαλίδα δεν υπάρχουν πεδία με πληροφορίες για την κατάτμηση αλλά αυτές οι πληροφορίες βρίσκονται στην κεφαλίδα επέκτασης τμήματος. Με την κεφαλίδα, το αυτοδύναμο πακέτο θεωρείται ως τμήμα. Το μέγεθος του τμήματος πρέπει να είναι ίσο με το μέγεθος της μέγιστης μονάδας μετάδοσης (MTU) του δικτύου που είναι να μεταθοδεί το τμήμα. Υπεύθυνος για την κατάτμηση είναι ο υπολογιστής (αποστολέας) ενώ στο IPv4 ήταν ο δρομολογητής.

## 12.9 Σκοπός των πολλών κεφαλίδων

Ο σκοπός των πολλών κεφαλίδων είναι η οικονομία και η επεκτασιμότητα. Οικονομία, διότι χρησιμοποιείται ένα υποσύνολο των λειτουργιών και κερδίζεται χώρος. Επεκτασιμότητα, διότι μπορεί να γίνει προσθήκη νέων χαρακτηριστικών.

## 12.10 Διευθυνσιοδότηση στο IPv6

Η διευθυνσιοδότηση στο IPv6 είναι όπως και στο IPv4 δηλαδή υπάρχει μια μοναδική διεύθυνση για κάθε σύνδεση υπολογιστή – φυσικού δικτύου, η διεύθυνση χωρίζεται στο πρόθεμα και επίθεμα όμοια όπως στο IPv4, με διεύθυνση CIDR ο χωρισμός προθέματος επιθέματος μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε σημείο. Το IPv6 έχει όμως και διαφορές όπως : έχει διευθύνσεις, οι οποίες ακολουθούν ιεραρχία πολλών επιπέδων. Επίσης το IPv6 έχει ειδικές διευθύνσεις διαφορετικές από το IPv4 δηλαδή δεν υπάρχει η διευθυνσιοδότηση (broadcasting) αλλά η κάθε διεύθυνση (IPv6) είναι μια από τις τρεις ακόλουθες κατηγορίες : 1) Μονοεκπομπή (Unicast) : Αφορά έναν συγκεκριμένο υπολογιστή για επικοινωνία. 2) Πολυεκπομπή (Multicast) : Ένα αντίγραφο του αυτοδύναμου πακέτου στέλνεται σε κάθε υπολογιστή ενός συνόλου. 3) Γενική εκπομπή (Anycast) : Η διεύθυνση αφορά ένα σύνολο υπολογιστών οι οποίοι έχουν κοινό πρόθεμα διεύθυνσης και στέλνεται σ'έναν συγκεκριμένο υπολογιστή από αυτούς. Η αρχική ονομασία της διευθυνσιοδότησης Anycast ήταν Cluster (Διευθυνσιοδότηση συστοιχίας) για την αναπαραγωγή των υπηρεσιών.

## 12.11 Συμβολισμός δεκαεξαδικών με άνω – κάτω τελείες στο IPv6

Η διεύθυνση IPv6 (32 bit) δεν βολεύει σε συμβολισμό δεκαδικών με τελείες γι'αυτό οι σχεδιαστές πρότειναν τον συμβολισμό δεκαεξαδικών με άνω – κάτω τελείες για καλύτερη σύνταξη της διεύθυνσης. Κάθε 16 bit γράφεται σε δεκαεξαδική μορφή και ο διαχωρισμός των 16 bit γίνεται με άνω – κάτω τελείες.

Παράδειγμα 69DC:8864:FFFF:FFFF:0:1280:8C0A:FFFF. Μια άλλη βελτίωση είναι η συμπίεση μηδενικών όπου ακολουθίες από μηδενικά αντικαθίστανται από δύο άνω – κάτω τελείες πχ FFOC:0:0:0:0:0:B1 γίνεται FFOC::B1.

## 13. Υποδικτύωση

### 13.1 Ασκήσεις

#### 1. Άσκηση

Έστω ότι το ΑΤΕΙ έχει το δίκτυο 160.0.0.0 κλάσης Β και χρειάζεται να δημιουργήσει 8 υποδίκτυα για τις σχολές του άρα έχουμε  $2^3 = 8$ . Δηλαδή θέλουμε τουλάχιστον 3 bit για να τα περιγράψουμε τα υποδίκτυα (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111). Ξέρουμε ότι η μάσκα της αρχικής κλάσης Β είναι η 255.255.0.0 ή αλλιώς /16. Στην εικόνα 13.1 βλέπουμε τα υποδίκτυα.

1° Υποδίκτυο	160.0.00000000.X = 160.0.0.0/19
2° Υποδίκτυο	160.0.00100000.X = 160.0.32.0/19
3° Υποδίκτυο	160.0.01000000.X = 160.0.64.0/19
4° Υποδίκτυο	160.0.01100000.X = 160.0.96.0/19
5° Υποδίκτυο	160.0.10000000.X = 160.0.128.0/19
6° Υποδίκτυο	160.0.10100000.X = 160.0.160.0/19
7° Υποδίκτυο	160.0.11000000.X = 160.0.192.0/19
8° Υποδίκτυο	160.0.11100000.X = 160.0.224.0/19

Εικόνα 13.1 Τα υποδίκτυα

Δανειστήκαμε 3 bit και η μάσκα έγινε /19. Άρα έχουμε την μάσκα 255.255.240.0 την μετατρέπουμε σε δυαδική μορφή με bit 1 να αφορά το υποδίκτυο. Δηλαδή έχουμε το ακόλουθο: 11111111.11111111.11100000.00000000

Ένας δρομολογητής με λογικό AND μάσκας και διεύθυνσης IP βρίσκει το δίκτυο που είναι ένας υπολογιστής. Έχουμε τα ακόλουθα βάση εικόνας 13.2.

IP	10100000 00000000 11000001 00000101
Μάσκα	11111111 11111111 11100000 00000000
AND	10100000 00000000 11000000 00000000

Εικόνα 13.2 Λογικό AND μάσκας & IP

Όποτε έχουμε το δίκτυο 160.0.192.0 το οποίο είναι το αποτέλεσμα την λογικής πράξης AND σε δεκαδική μορφή.

#### 2. Άσκηση

Έστω ότι έχουμε το δίκτυο 200.35.1.0/24. **1) Ποιά είναι η κλάση του δικτύου; 2) Ποιά είναι η μάσκα του δικτύου; Πόσα είναι τα bits της μάσκας;**

Ας δούμε το ερώτημα 1. Ελέγχουμε το πρώτο byte. Το πρώτο byte έχει τιμή 200 δηλαδή ανήκει στο εύρος από 192-223 άρα κλάση C.

Στο ερώτημα 2. Αφού έχουμε κλάση C η μάσκα είναι 255.255.255.0 αν την κάνουμε μετατοπή σε δυαδική μορφή έχουμε 11111111.11111111.11111111.0 άρα bits μάσκας 24.

**3) Ποιά είναι η διεύθυνση εκπομπής του δικτύου; 4) Πόσες και ποιές είναι οι διαθέσιμες διευθύνσεις Η/Υ;**

Στο ερώτημα 3 για να βρούμε την διεύθυνση εκπομπής του δικτύου είναι όλα τα Host bits να έχουν την τιμή 1, δηλαδή έχουμε 200.35.1.11111111 ή αλλιώς 200.35.1.255

Στο ερώτημα 4. Έχουμε 8 bits διαθέσιμα για διευθύνσεις Η/Υ άρα  $2^8 - 2 = 254$  διευθύνσεις για Η/Υ. Οπότε ξεκινάνε από 200.35.1.1 έως και 200.35.1.254.

**4) Ζητάνε να δημιουργήσουμε 8 τουλάχιστον υποδίκτυα και να βρούμε τα Subnet bits και την μάσκα.**

Ζητάνε 8 υποδίκτυα άρα  $2^3 = 8$  δηλαδή 3 subnet bits. (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111). Δανειστήκαμε 3 bits και η μάσκα μας είναι /27.

Δηλαδή 11111111.11111111.11111111.11100000 η οποία είναι η 255.255.255.224.

**5) Να προσδιορίσετε τα δίκτυα που προκύπτουν.** Στην εικόνα 13.3 βλέπουμε τα 8 υποδίκτυα.

Υποδίκτυο 1	200.35.1.00000000	200.35.1.0
Υποδίκτυο 2	200.35.1.00100000	200.35.1.32
Υποδίκτυο 3	200.35.1.01000000	200.35.1.64
Υποδίκτυο 4	200.35.1.01100000	200.35.1.96
Υποδίκτυο 5	200.35.1.10000000	200.35.1.128
Υποδίκτυο 6	200.35.1.10100000	200.35.1.160
Υποδίκτυο 7	200.35.1.11000000	200.35.1.192
Υποδίκτυο 8	200.35.1.11100000	200.35.1.224

Εικόνα 13.3 Τα 8 υποδίκτυα

**6) Βρείτε τις διευθύνσεις εκπομπής για κάθε υποδίκτυο.** Οι διευθύνσεις εκπομπής τις αναφέρουμε στην εικόνα 13.4.

Υποδίκτυο 1	200.35.1.00011111	200.35.1.31
Υποδίκτυο 2	200.35.1.00111111	200.35.1.63
Υποδίκτυο 3	200.35.1.01011111	200.35.1.95
Υποδίκτυο 4	200.35.1.01111111	200.35.1.127
Υποδίκτυο 5	200.35.1.10011111	200.35.1.159
Υποδίκτυο 6	200.35.1.10111111	200.35.1.191
Υποδίκτυο 7	200.35.1.11011111	200.35.1.223
Υποδίκτυο 8	200.35.1.11111111	200.35.1.255

Εικόνα 13.4 Οι διευθύνσεις εκπομπής

7) Προσδιορίστε το πλήθος & τις διαθέσιμες διευθύνσεις Η/Υ αναλυτικά για κάθε υποδίκτυο.

Έχουμε 5 host bits. Αριθμός των host είναι  $2^{32-27} - 2 = 30$  (/27 είναι η μάσκα μας, -2 είναι η διεύθυνση υποδικτύου και η διεύθυνση broadcast). Στην εικόνα 13.5 βλέπουμε αναλυτικά τις διευθύνσεις Η/Υ για κάθε υποδίκτυο.

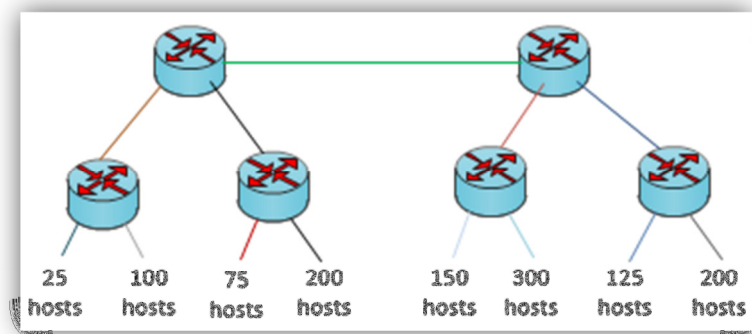
Υποδίκτυο 1	Από 200.35.1.1 έως 200.35.1.30
Υποδίκτυο 2	Από 200.35.1.33 έως 200.35.1.62
Υποδίκτυο 3	Από 200.35.1.65 έως 200.35.1.94
Υποδίκτυο 4	Από 200.35.1.97 έως 200.35.1.126
Υποδίκτυο 5	Από 200.35.1.129 έως 200.35.1.158
Υποδίκτυο 6	Από 200.35.1.161 έως 200.35.1.190
Υποδίκτυο 7	Από 200.35.1.193 έως 200.35.1.222
Υποδίκτυο 8	Από 200.35.1.225 έως 200.35.1.254

Εικόνα 13.5 Οι διευθύνσεις Η/Υ για κάθε υποδίκτυο

VLSM – (Υποδίκτυα με μάσκες μεταβλητού μήκους)

### 3. Άσκηση

Έστω ότι έχουμε ένα σενάριο βάση της εικόνας 13.6 που ακολουθεί.



Εικόνα 13.6 Ένα σενάριο

Στην εικόνα έχουμε 13 δίκτυα τα οποία τα ξεχωρίζουμε από τον διαφορετικό χρωματισμό στις συνδέσεις. Παρατηρούμε ότι έχουμε και ένα αριθμό από hosts. **Ζητάνε να κάνουμε υποδικτύωση με βάση των hosts άρα έχουμε VLSM και όχι με βάση του αριθμού των δικτύων.** Μας λένε ότι ο ISP μας παρέχει το ακόλουθο δίκτυο 10.0.48.0/21, 10.0.48.0 – 10.0.55.255. Παραθέτουμε και την εικόνα 13.7 ως βοήθεια για την επίλυση.

Bits	Δίκτυα (Networks)	Υπολογιστές Υπηρεσίας (Hosts)
0	1	-
1	2	-
2	4	2
3	8	6
4	16	14
5	32	30
6	64	62
7	128	126
8	256	254
9	512	510
10	1024	1022

Εικόνα 13.7 Bits – Δίκτυα – Hosts

Υπογραμμίζουμε ότι το κάθε δίκτυο έχει διαφορετικό αριθμό από hosts ή και ίδιο αριθμό. **Ξεκινάμε και επεξεργαζόμαστε το δίκτυο εκείνο με το μεγαλύτερο αριθμό των hosts προς το μικρότερο.**

**Το υποδίκτυο με 300 Hosts**

**Βήμα 1.** Μας λένε ότι θέλουμε το δίκτυο μας να έχει 300 hosts. Δηλαδή  $2^n - 2 = 300$ . Με  $n=9$  έχουμε  $2^9 - 2 = 510$  hosts. Δεν επιλέγουμε το  $n=8$  γιατί θά έχουμε 254 hosts εμείς θέλουμε 300 hosts.

**Βήμα 2.** Έχουμε το δίκτυο 10.0.48.0/21 δηλαδή μάσκα 255.255.248.0 , μετατρέπουμε σε δυαδική μορφή το δίκτυο και την μάσκα μας εικόνα 13.8 για να δούμε το τι γίνεται στην συνέχεια.

Δίκτυο	00001010 00000000 00110000 00000000
Μάσκα	11111111 11111111 11111000 00000000

Εικόνα 13.8 Το υποδίκτυο και η μάσκα

Η μάσκα μας θα αλλάξει γιατί θέλουμε  $n=9$  το τμήμα των hosts. Όποτε η νέα μάσκα μας θα είναι : 11111111.11111111.111110.00000000 και είναι η 255.255.254.0 αλλιώς /23. Άρα έχουμε το Δίκτυο 10.0.48.0/23. Προσοχή εδώ, ειπάμε ότι έχουμε 510 Hosts. Στην εικόνα 13.9 βλέπουμε το ποιά είναι το υποδίκτυο μας. Όποτε το νέο υποδίκτυο είναι : 10.0.50.0

Subnet IP	First Host	Last Host	Broadcast	Subnet Mask
10.0.48.0	10.0.48.1	10.0.49.254	10.0.49.255	255.255.254.0

Εικόνα 13.9 Το υποδίκτυο

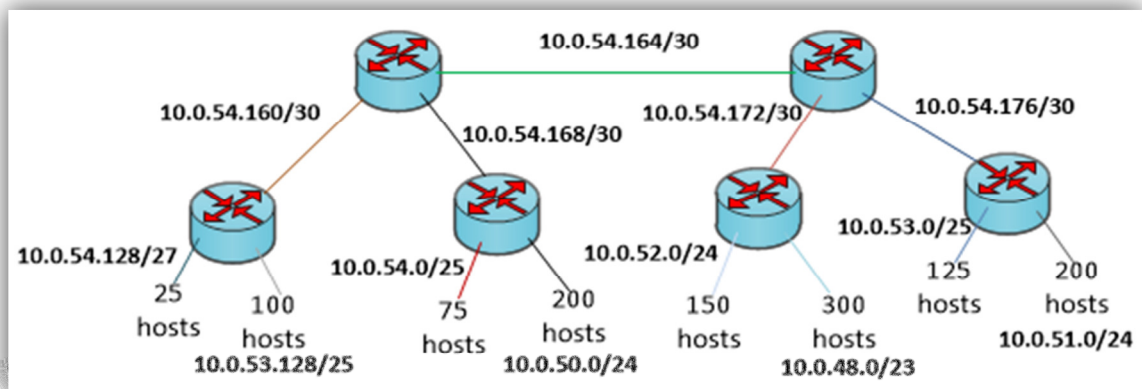


Ακολουθώντας ακριβώς την ίδια μεθοδολογία που δείξαμε μπορούμε να βρούμε τους υπόλοιπους Hosts. Στην εικόνα 13.10 βλέπουμε το πώς θα διαμορφωθεί το κάθε υποδίκτυο μας.

Hosts	Bits	Subnet IP	First Host IP	Last Host IP	Broadcast	Total Host
200	8	10.0.50.0/24	10.0.50.1	10.0.50.254	10.0.50.255	254
200	8	10.0.51.0/24	10.0.51.1	10.0.51.254	10.0.51.255	254
150	8	10.0.52.0/24	10.0.52.1	10.0.52.254	10.0.52.255	254
125	7	10.0.53.0/25	10.0.53.1	10.0.53.126	10.0.53.127	126
100	7	10.0.53.128/25	10.0.53.129	10.0.53.254	10.0.53.255	126
75	7	10.0.54.0/25	10.0.54.1	10.0.54.126	10.0.54.127	126
25	5	10.0.54.128/27	10.0.54.129	10.0.54.158	10.0.54.159	30
2	2	10.0.54.160/30	10.0.54.161	10.0.54.162	10.0.54.163	2
2	2	10.0.54.164/30	10.0.54.165	10.0.54.166	10.0.54.167	2
2	2	10.0.54.168/30	10.0.54.169	10.0.54.170	10.0.54.171	2
2	2	10.0.54.172/30	10.0.54.173	10.0.54.174	10.0.54.175	2
2	2	10.0.54.176/30	10.0.54.177	10.0.54.178	10.0.54.179	2

Εικόνα 13.10 Τα υποδίκτυα

**Προσοχή σε μια επισήμανση που θα κάνουμε**, η αρχική διεύθυνση είναι η 10.0.48.0/21. Με βάση αυτή την μάσκα /21 κάνουμε την τροποποίηση στο τμήμα των Hosts bits και αλλάζουμε τις μάσκες. Επίσης χρησιμοποιήσαμε τις διευθύνσεις από 10.0.48.0 έως 10.0.54.179 και δεν χρησιμοποιήθηκαν οι 10.0.54.180 έως 10.0.55.255 αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μελλοντική επέκταση του δικτύου, **το VLSM μας βοήθησε για την υποδικτύωση με βάση των αριθμό των Hosts**. Επιπλέον παραθέτουμε στην εικόνα 13.11 το πως διαμορφώθηκε το σενάριο.



Εικόνα 13.11 Η διαμόρφωση του σεναρίου

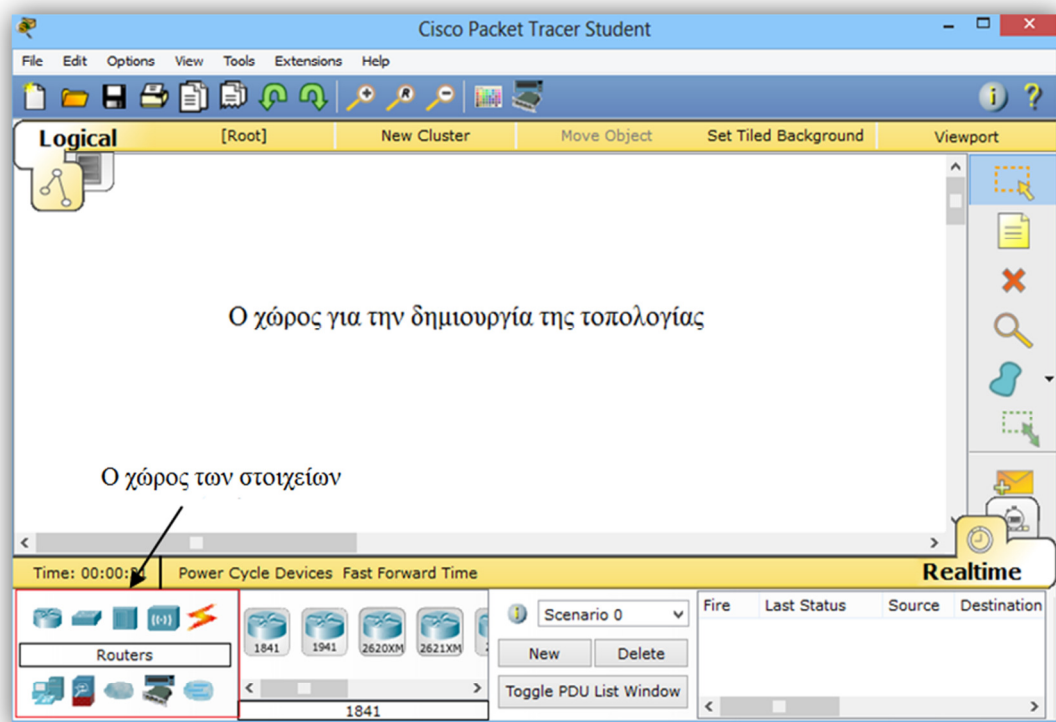
## 14. Η δοκιμή ενός LAN

### Το λογισμικό Cisco Packet Tracer

Το **Packet Tracer** είναι ένα πρόγραμμα που χρησιμοποιείται για την προσομοίωση της λειτουργίας ενός δικτύου και των πρωτοκόλλων του.

### Η δοκιμή ενός LAN

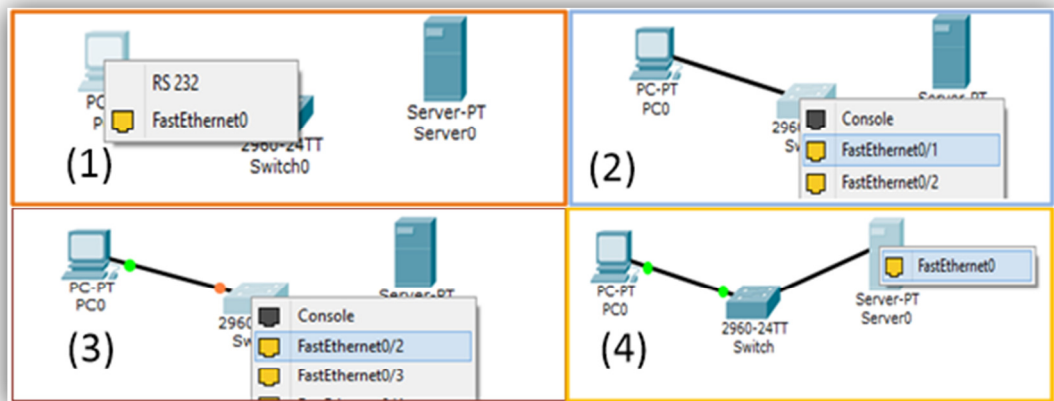
Εκτελώντας το πρόγραμμα Cisco Packet Tracer βλέπουμε **το χώρο για την δημιουργία της τοπολογίας και το χώρο των υλικών (εικόνα 14.1)**. Στο χώρο των στοιχείων μπορούμε να επιλέξουμε δρομολογητές, switches, hubs, ασύρματες συσκευές, συνδέσεις, κόμβους και άλλα υλικά ανάλογα με τις ανάγκες μας.



Εικόνα 14.1 Ο χώρος για την τοπολογία και ο χώρος των στοιχείων

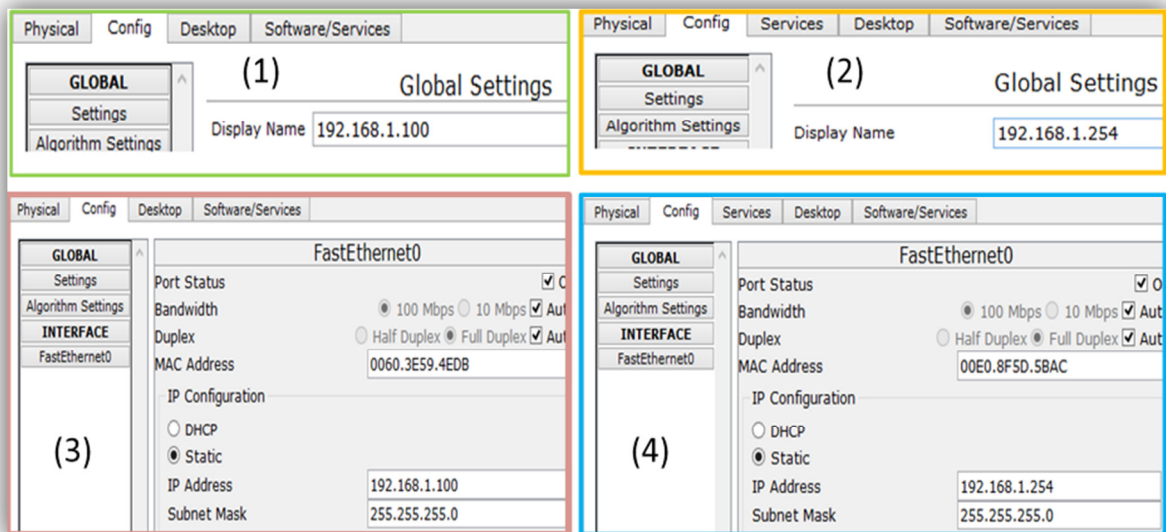
**Δημιουργούμε ένα σενάριο με ένα H/Y, ένα switch και ένα Server.** Πάμε στο χώρο των στοιχείων και επιλέγουμε. **Για τον H/Y : End Devices>Generic>PC-PT. Για το Switch : Switches>2960-24TT. Για τον Server : End Devices>Generic>Server-PT** και τα τοποθετούμε στο χώρο για την δημιουργία της τοπολογίας. **Επιλέγοντας Connections>Copper Straight-Through** και τοποθετώντας το καλώδιο πάνω στο H/Y, κάνουμε αριστερό click και επιλέγουμε FastEthernet0. Το μεταφέρουμε προς το Switch και πάλι αριστερό click πάνω στο Switch επιλέγουμε FastEthernet0/1. Όμοια και από το Switch

προς τον Server (FastEthernet0/2 – FastEthernet0). Η διαδικασία που περιγράψαμε την βλέπουμε στην εικόνα 14.2.



Εικόνα 14.2 Η διαδικασία της σύνδεσης Pc - Switch – Server

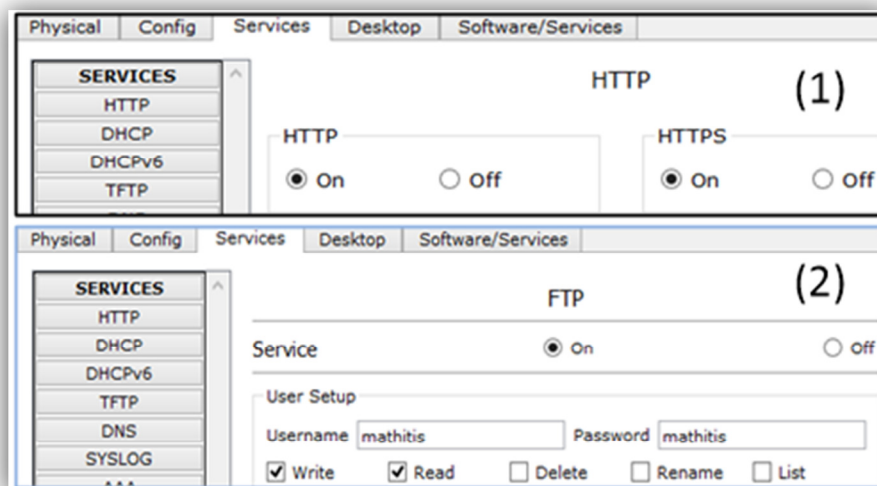
Στην συνέχεια θα ορίσουμε την IP 192.168.1.100 με μάσκα 255.255.255.0 για το PC. Για τον Server την IP 192.168.1.254 με μάσκα 255.255.255.0. Επιπλέον θα ορίσουμε όνομα PC το 192.168.1.100 και για τον Server το 192.168.1.254. Κάνοντας click στο PC και στον Server μπορούμε να ορίσουμε αυτά που αναφέραμε (εικόνα 14.3).



Εικόνα 14.3 (1) Ονοματοδοσία στο PC, (2) Ονοματοδοσία στον Server, (3) Ορισμός IP στο PC, (4) Ορισμός IP στον Server

## Υπηρεσίες στον Server

Ο Server θα μας παρέχει δύο υπηρεσίες http και ftp (εικόνα 14.4). Έχουμε ορίσει στο ftp, Write και Read με Username : mathitis και Password : mathitis.



Εικόνα 14.4 Οι υπηρεσίες στον Server

## Επικοινωνία & χρήση της υπηρεσίας Ftp του Server

Θα εξετάσουμε την επικοινωνία PC – Server. Πηγαίνοντας στο PC>Desktop>Command Prompt ή αλλιώς στην γραμμή εντολών του PC, εκτελούμε την εντολή ping 192.168.1.254 (Εικόνα 14.5). Βλέπουμε ότι στείλαμε 4 πακέτα στον Server και έλαβε και τα 4 πακέτα. Επιπλέον μπορούμε να κάνουμε έλεγχο στα πακέτα από τον ένα πόρο του δικτύου στον άλλο με αποστολή Simple PDU ή Complex PDU.

Χρησιμοποιούμε την εντολή ftp 192.168.1.254 και δίνουμε το Username και Password που είχαμε βάλει. Τερματίζουμε την σύνδεση με την εντολή quit (εικόνα 14.5).

```

Command Prompt
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.1.254

Pinging 192.168.1.254 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.254: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.1.254: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.1.254: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.1.254: bytes=32 time=0ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.254:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

PC>ftp 192.168.1.254
Trying to connect...192.168.1.254
Connected to 192.168.1.254
220- Welcome to PT Ftp server
Username:mathitis
331- Username ok, need password
Password:
230- Logged in
(passive mode On)
ftp>quit

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>221- Service closing control connection.
  
```

Εικόνα 14.5 Επικοινωνία με τον Server & χρήση της υπηρεσίας Ftp

## Έλεγχος της υπηρεσίας http

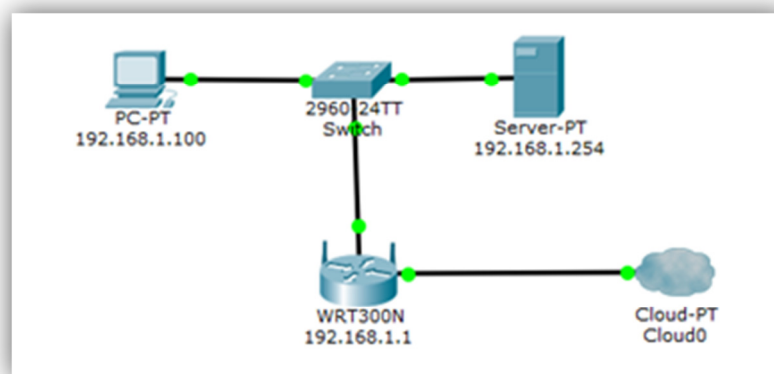
Για να δούμε αν είναι διαθέσιμη η υπηρεσία http του Server γίνεται διαμέσου της διεύθυνσης http://192.168.1.254 (εικόνα 14.6) από το Pc.



Εικόνα 14.6 Έλεγχος της υπηρεσίας http

## Επέκταση του LAN

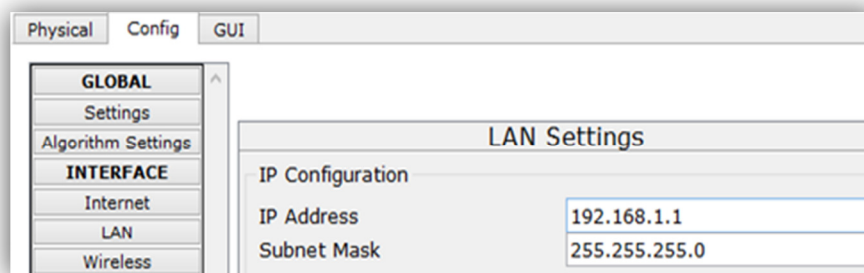
Για να επεκτήνουμε το LAN μας θα επιλέξουμε από τις Wireless Devices την συσκευή WRT300N με αλλαγή στο όνομα της σε 192.168.1.1. Επιλέγουμε από WAN Emulation >Cloud-PT για έξοδο στο Internet και τα τοποθετούμε στο χώρο για την δημιουργία της τοπολογίας. Από Connections επιλέγουμε το καλώδιο Straight – Through για την σύνδεση Switch-WRT300N (FastEthernet0/3–Ethernet1). Επιλέγουμε από Connections>Automatically choose Connection Type για την σύνδεση WRT300N – Cloud. Παραθέτουμε την εικόνα 14.7 με την επέκταση του LAN.



Εικόνα 14.7 Η επέκταση του LAN

## Ρύθμιση του Router

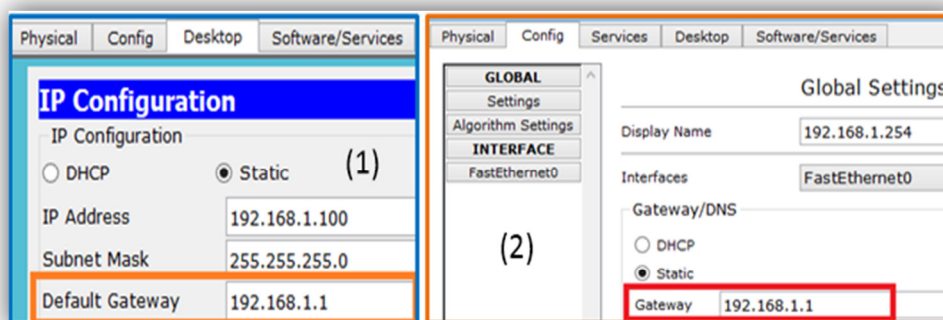
Ρυθμίζουμε το Router με IP 192.168.1.1 και με μάσκα 255.255.255.0 (εικόνα 14.8).



Εικόνα 14.8 Ρύθμιση του Router

### Ρύθμιση προεπιλεγμένης πύλης στο PC & στο Server

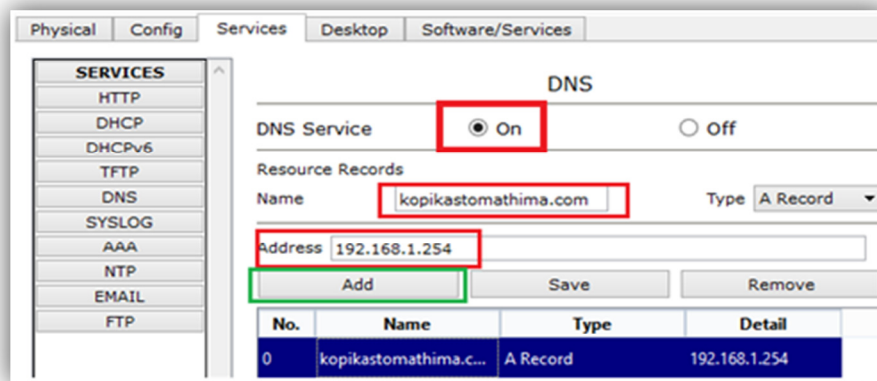
Θα ρυθμίσουμε την προεπιλεγμένη πύλη στο PC με την IP του Router 192.168.1.1. Όμοια και στον Server (εικόνα 14.9).



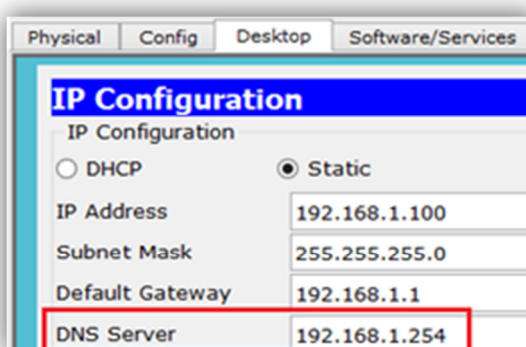
Εικόνα 14.9 (1) Ρύθμιση προεπιλεγμένης πύλης στο PC  
(2) Ρύθμιση προεπιλεγμένης πύλης στο Server

### Ρύθμιση DNS στο Server & στο PC

Το σύστημα DNS μας βοηθάει στο να αντιστοιχεί μια διεύθυνση IP σε κάποιο όνομα. Παραδείγματος χάριν αν στο PC βάλουμε την διεύθυνση <http://kopikastomathima.com> να μας εμφανίζει την αντίστοιχη ιστοσελίδα. Για να το πετύχουμε αυτό πρέπει να ρυθμίσουμε τον Server (εικόνα 14.10) αλλά και το PC (εικόνα 14.11).



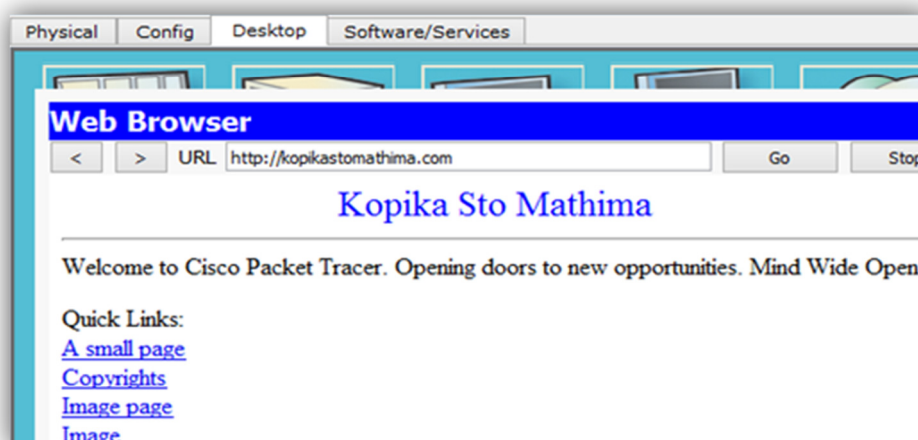
Εικόνα 14.10 Ρύθμιση DNS στο Server



Εικόνα 14.11 Ρύθμιση DNS στο PC

## Εμφάνιση της ιστοσελίδας

Στην εικόνα 14.12 βλέπουμε την ιστοσελίδα

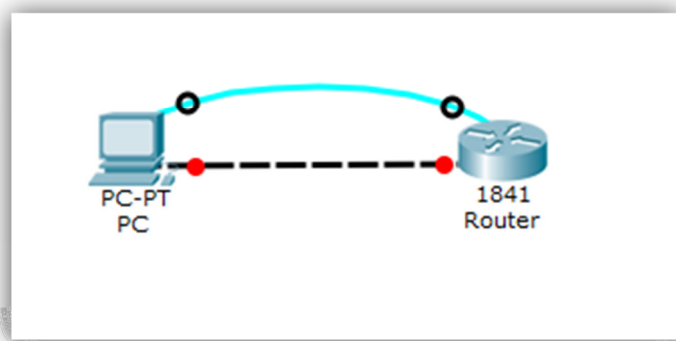


Εικόνα 14.12 Εμφάνιση ιστοσελίδας με την βοήθεια του DNS

## 15. Αρχικές ρυθμίσεις δικτυακών συσκευών

### 15.1 Διαμόρφωση ενός Router

Στο Packet Tracer θα δημιουργήσουμε μία σύνδεση ενός PC και ενός Router (εικόνα 15.1). Επιλέγουμε από **End Devices>Generic** και από **Routers>1841**. Για την σύνδεση θα επιλέξουμε από **Connections>Console** (RS 232 – Console, οι θύρες σύνδεσης PC – Router) με ένα Rollover Cable για Configuration. Επίσης θα υπάρχει και μια επιπλέον σύνδεση με καλώδιο **Crossover** (FastEthernet0 – FastEthernet0/0). Σε περίπτωση που είχαμε δυο PC θα μπορούσαμε να τα συνδέσουμε με ένα καλώδιο Crossover και να υπάρχει επικοινωνία, αρκεί να είχανε δικτυακές ρυθμίσεις για το ίδιο δίκτυο.



Εικόνα 15.1 Η σύνδεση PC – Router

Για να συνδεθούμε με το Router πάμε **PC>Desktop>Terminal** και θα εμφανίσει το **Terminal Configuration**, πατάμε ok. Μετά εμφανίζεται το Terminal και πατάμε Enter.

Υπάρχουν τρεις καταστάσεις 1) **User Mode (>)**, 2) **Privileged Mode (#)**, και 3) **Configuration Mode (Global & Sub Configuration)**. Αν είμαστε σε User Mode δεν μπορούμε να αλλάξουμε ρυθμίσεις. Με την εντολή **enable** μπορούμε να πάμε σε Privileged Mode. Για Configuration Mode πάμε με την εντολή **config terminal** και με την εντολή **exit** πάμε στην αρχική κατάσταση.

#### Κωδικό για ασφάλεια για User Mode, Auxiliary Port & Virtual Terminal lines

Στην συνέχεια παραθέτουμε τον κώδικα για το πώς βάζουμε κωδικό για User Mode, Auxiliary Port και για όλες τις Virtual Terminal lines. Αν εκτελέσουμε την εντολή **show running-config** ή **show run** βλέπουμε τι έχουμε ρυθμίσει.

**Τονίζουμε ότι στην Aux (Auxiliary port) θύρα** συνδέεις ένα modem και κάνοντας dial – up μέσω τηλεφωνικής σύνδεσης έχεις πρόσβαση στο Router και υποστηρίζει το πρωτόκολλο Point to Point (Επιπέδου Συνδέσμου).



```

Router>enable
Router#config terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#line console 0
Router(config-line)#
Router(config-line)#
Router(config-line)#password cisco
Router(config-line)#login
Router(config-line)#
Router(config-line)#end
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
User Access Verification

Password:

Router>enable
Router#config terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#line aux 0
Router(config-line)#password cisco
Router(config-line)#login
Router(config-line)#exit
Router(config)#line vty 0 4
Router(config-line)#password cisco
Router(config-line)#login
Router(config-line)#exit
Router(config)#

Password:

Router>enable
Router#show run
Building configuration...

line con 0
  password cisco
  login
  !
line aux 0
  password cisco
  login
  !
line vty 0 4
  password cisco
  login
  !
  !
--More--

```

## Κωδικό για ασφάλεια για το Privileged Mode

Παραθέτουμε τον κώδικα για το πώς βάζουμε κωδικό για το Privileged Mode.

Password:

```
Router>enable
Router#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#enable secret cisco
Router(config)#exit
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

## Πώς αλλάζουμε Host name και το μήνυμα (banner) της συσκευής

User Access Verification

Password:

```
Router>enable
Password:
Router#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname CIEDRouter
CIEDRouter(config)#banner login #This router is owned by CIED#
CIEDRouter(config)#exit
```

## Πώς βάζουμε IP διευθύνσεις στις διεπαφές (Interfaces) και αλλάζουμε την καταστασή τους (state).

Η κατάσταση που μπορεί να είναι μια διεπαφή είναι : **1) Administratively**, όπου είναι κλειστή η διεπαφή βάση εντολής, **2) Down** : Η διεπαφή είναι κάτω για άλλους λόγους και **3) Up**, Λειτουργεί κανονικά.

Ακολουθεί ο κώδικας για προσθήκη της IP διεύθυνσης στην διεπαφή FastEthernet 0/0 που έχουμε και αλλαγή της κατάστασή της. Πρέπει να ρυθμίσουμε και την διεπαφή FastEthernet0 του PC. Πάμε στο PC>Desktop>IP Configuration και του βάζουμε IP Address 10.0.0.10 και μάσκα 255.255.255.0 & Gateway 10.0.0.1

```
CIEDRouter>enable
Password:
CIEDRouter#config terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
CIEDRouter(config)#interface fastethernet 0/0
CIEDRouter(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
CIEDRouter(config-if)#end
CIEDRouter#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

CIEDRouter#show interface fastethernet 0/0
FastEthernet0/0 is administratively down, line protocol is down (disabled)
CIEDRouter#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
CIEDRouter(config)#interface fastethernet 0/0
CIEDRouter(config-if)#no shutdown

CIEDRouter(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state
to up
```

## Έλεγχος της σύνδεσης & σώσιμο της διαμόρφωσης (configuration)

```
PC>ping 10.0.0.1

Pinging 10.0.0.1 with 32 bytes of data:

Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time=0ms TTL=255
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time=0ms TTL=255
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time=0ms TTL=255
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time=0ms TTL=255

Ping statistics for 10.0.0.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

Εικόνα 15.2 Έλεγχος της σύνδεσης

```
PC>telnet 10.0.0.1
Trying 10.0.0.1 ...Open
This router is owned by CIED

User Access Verification

Password:
CIEDRouter>enable
Password:
CIEDRouter#copy running-config startup-config
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
CIEDRouter#show startup-config
```

Εικόνα 15.3 Σώσιμο διαμόρφωσης

### 15.2 Συντομεύσεις που μας διευκολύνουν

Στο Terminal αν βάλουμε **το χαρακτήρα ?** και χωρίς το πάτημα Enter μας εμφανίζει τις διαθέσιμες εντολές. Επίσης αν ξέρουμε τα πρώτα γράμματα της εντολής και βάλουμε μετά το χαρακτήρα **?** θα δούμε τις σχετικές διαθέσιμες εντολές. **Επιπλέον πατώντας tab** μπορούμε να συμπληρώσουμε την εντολή αυτόματα. **Σε περίπτωση που η εντολή μας δεν είναι πλήρης** πχ Router#conf, η εντολή αυτή μπορεί να τρέξει. Αν τώρα βάλουμε κάποια εντολή στο Terminal και ο Router δεν την ξέρει θα προσπαθήσει να την βρεί διαμέσου του DNS και θα φαίνεται ότι κόλλησε αλλά μετά από λίγο θα είναι πάλι διαθέσιμος. **Υπάρχει και η δυνατότητα Ctrl+c** και μπορούμε να διακόψουμε μια λειτουργία. Τέλος τονίζουμε ότι αν είμαστε **σε Configuration Mode μπορούμε να τρέξουμε σε Privileged Mode με την εντολή do** πχ Router(config)# do show running-config.

### 15.3 Προσθέτοντας SSH

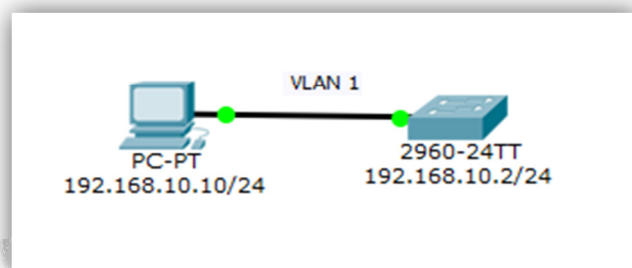
**Το SSH είναι ένα ασφαλές δικτυακό πρωτόκολλο** για την μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο υπολογιστών κρυπτογραφώντας τα δεδομένα. Για να ενεργοποιήσουμε το SSH

χρειαζόμαστε ένα domain name. Το domain name και το hostname χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του κλειδιού κρυπτογράφησης των δεδομένων μεταξύ Router και πελάτη. Ορίζουμε telnet να μην είναι ενεργό. Στην συνέχεια παραθέτουμε τον κώδικα για την ενεργοποίηση του ssh.

```
CIEDRouter(config)#ip domain-name cied.local
CIEDRouter(config)#username Giannis password cisco
CIEDRouter(config)#crypto key generate rsa
CIEDRouter(config)#ip ssh version 2
*?? 1 0:4:4.986: %SSH-5-ENABLED: SSH 1.99 has been enabled
CIEDRouter(config)#line vty 0 4
CIEDRouter(config-line)#transport input ssh
CIEDRouter(config-line)#exit
CIEDRouter(config)#exit
CIEDRouter(config-line)#line vty 0 4
CIEDRouter(config-line)#login local
CIEDRouter#copy running-config startup-config
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
```

## 15.4 Η διαμόρφωση ενός Switch

Στο Switch όλα τα Interfaces (switch ports) είναι σε κατάσταση up (no shutdown state). Οι βασικές καταστάσεις εντολών (Command Modes) και διαμορφώσεων (Configuration Modes) είναι ακριβώς ίδιες όπως δείξαμε στο Router.



Εικόνα 15.4 Σύνδεση Pc – Switch

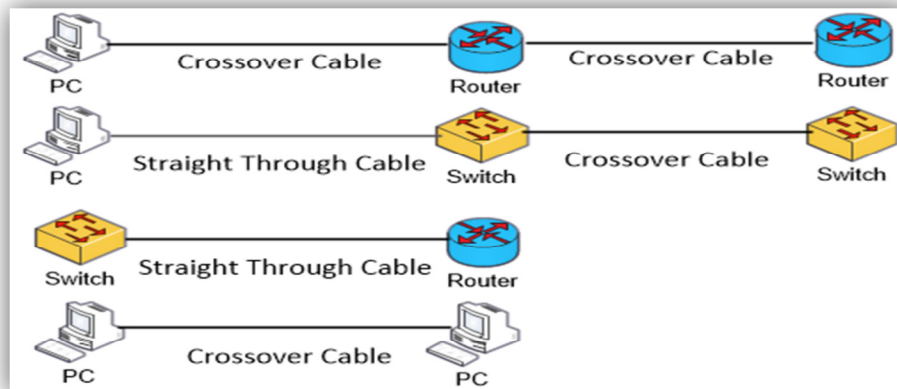
Επίσης οι εντολές για να βάλουμε κωδικό ασφαλείας για User Mode, Virtual Terminal Lines, Privileged Mode αλλά και πώς αλλάζουμε Host name και το μήνυμα banner της συσκευής είναι όμοια με αυτές στο Router. Αυτό που πρέπει να υπογραμμίσουμε είναι, ότι δεν έχουμε Auxiliary port.

Στο switch μπορούμε να ενεργοποιήσουμε Telnet, μπορούμε να βάλουμε IP διεύθυνση, διότι το switch παρέχει Interfaces επιπέδου 3. Οι διεπαφές επιπέδου 2 ονομάζονται switch ports ενώ του επιπέδου 3 Interfaces. Έτσι οι διεπαφές επιπέδου 3 δημιουργούνται σε εικονικό επίπεδο και έτσι έχουμε το VLAN Interface. Όταν ανοίγουμε το switch όλα τα switch ports ανήκουν στο VLAN 1 και έτσι όλα τα ports μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Στην ουσία το VLAN είναι ένα broadcast domain. Στην συνέχεια παραθέτουμε τον κώδικα για το πώς ένα switch έχει μια IP διεύθυνση.

```
Switch(config)#interface Vlan 1
Switch(config-if)#ip address 192.168.10.2 255.255.255.0
Switch(config-if)#no shutdown
```

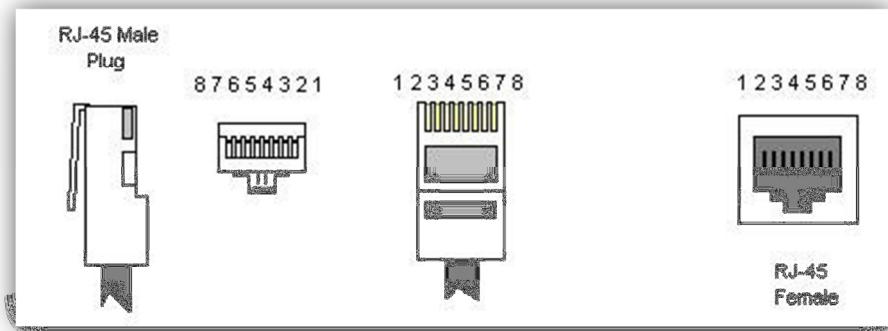
## 15.5 Η χρήση των καλωδίων Crossover & Straight - Through

Στην εικόνα 15.5 βλέπουμε ποιά είδος καλωδίου βάζουμε στην κάθε συσκευή.



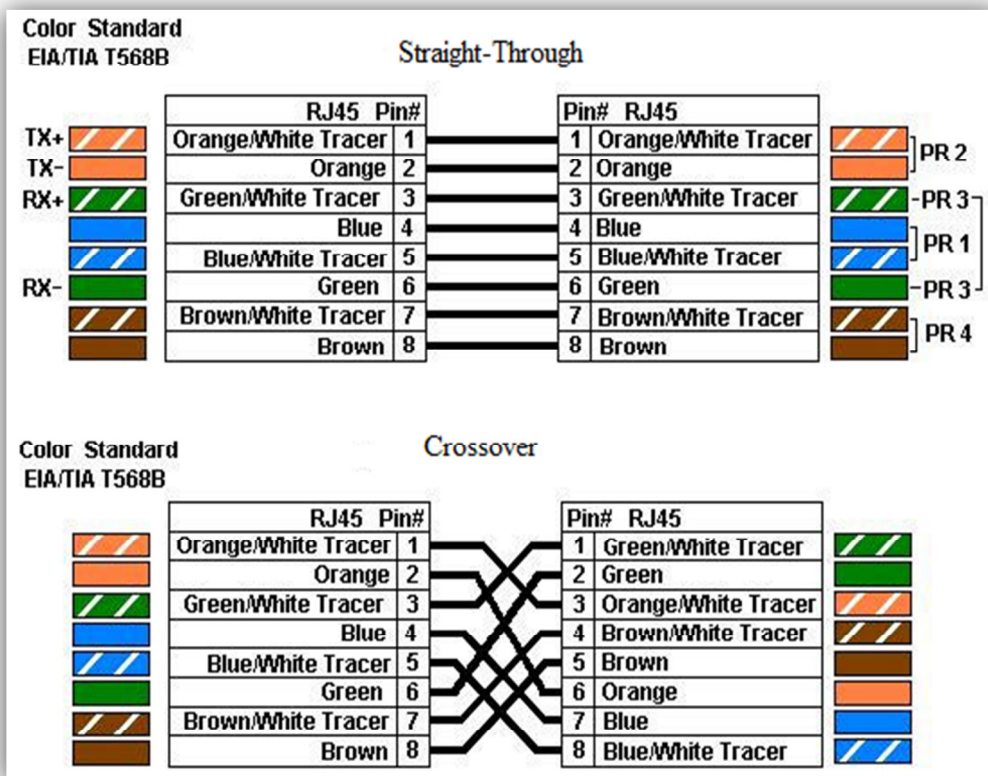
Εικόνα 15.5 Η χρήση των καλωδίων Crossover & Straight – Through

Υπάρχουν δύο πρότυπα καλωδίωσης δικτύου το **EIA/TIA T568B** και το **EIA/TIA T568A**. Στην αγορά χρησιμοποιείται το EIA/TIA T568B. Τα καλώδια τερματίζουν σε βύσματα RJ-45 εικόνα 15.6



Εικόνα 15.6 Το βύσμα RJ-45

Ανάλογα το πώς γίνεται η σύνδεση των ακροδεκτών έχουμε το καλώδιο Crossover ή Straight-Through εικόνα 15.7



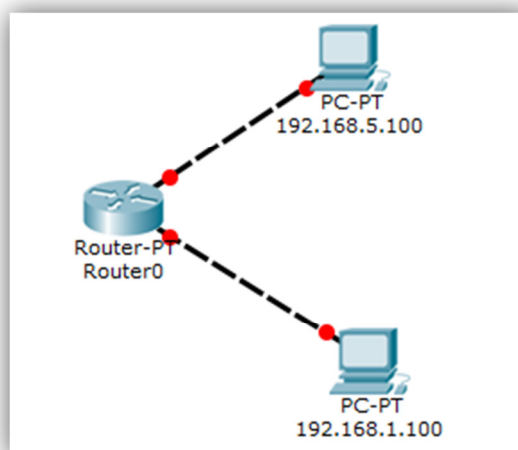
Εικόνα 15.7 Η συνδεση των ακροδεκτών σε Crossover & Straight-Through καλώδιο

## 16. Δρομολόγηση

### 16.1 Στατική δρομολόγηση

Για να δημιουργήσουμε ένα πίνακα δρομολόγησης μπορούμε είτε να είναι στατικός, που τον δημιουργεί ο διαχειριστής, είτε δυναμικός με την χρήση πρωτοκόλλων που τα θέτει ο διαχειριστής. Στην πράξη χρησιμοποιούμε και τους δύο τρόπους. Θα δούμε ένα παράδειγμα με βασικά θέματα δρομολόγησης και την δημιουργία στατικού πίνακα.

Στο Packet Cisco Tracer θα δημιουργήσουμε ένα νέο σενάριο. Στο χώρο των στοιχείων επιλέγουμε **Routers>Generic** το **Router-PT**, επιλέγουμε από **End Devices**, δύο **PC-PT** και τα τοποθετούμε στο χώρο για την δημιουργία της τοπολογίας. Επιλέγουμε το καλώδιο Cross-Over για την σύνδεση του PC0 με το Router0 (FastEthernet0-FastEthernet0/0). Όμοια και για το PC1 (FastEthernet0-FastEthernet1/0). Αλλάζουμε το όνομα στο PC1 σε 192.168.5.100 και στο PC0 σε 192.168.1.100. Στην εικόνα 16.1 βλέπουμε την τοπολογία μας.



Εικόνα 16.1 Η σύνδεση των δύο PC με το Router

Στην συνέχεια πάμε στον δρομολογητή (**Router>Config**) για να ρυθμίσουμε τα **Interfaces**. Στο Interface FastEthernet0/0 ορίζουμε το **Port Status on** με IP Address 192.168.1.1 και Subnet Mask 255.255.255.0. Επίσης στο Interface FastEthernet1/0 ορίζουμε το **Port Status on** με IP Address 192.168.5.1 και Subnet Mask 255.255.255.0.

### Επικοινωνία μεταξύ των PC

Για να μπορεί να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των pc πρέπει να ορίσουμε τις ρυθμίσεις τους, αλλά κυρίως την προεπιλεγμένη πύλη (εικόνα 16.2). Με ορισμένη την προεπιλεγμένη πύλη θα μπορούμε να κάνουμε ping από το ένα pc στο άλλο. Δηλαδή η προεπιλεγμένη πύλη είναι ο κόμβος που γνωρίζει πως θα προωθήσει τα πακέτα σε άλλα δίκτυα.

IP Address	192.168.5.100	IP Address	192.168.1.100
Subnet Mask	255.255.255.0	Subnet Mask	255.255.255.0
Default Gateway	192.168.5.1	Default Gateway	192.168.1.1

Εικόνα 16.2 Ρύθμιση προεπιλεγμένης πύλης για κάθε pc

## Πίνακας δρομολόγησης Router

Για να δούμε τον πίνακα δρομολόγησης του Router (εικόνα 16.3) πηγαίνουμε στο Command Line Interface και χρησιμοποιούμε την εντολή **Router#show ip route**.

```
Gateway of last resort is not set
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.5.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
Router#
```

Εικόνα 16.3 Ο πίνακας δρομολόγησης του Router

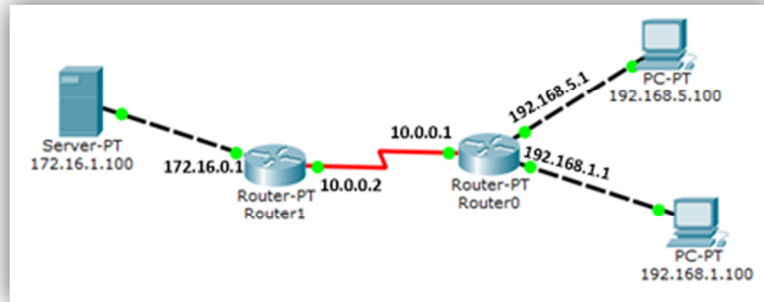
Αλλά και το pc μας που είναι συνδεδεμένο σ'ένα δίκτυο έχει πίνακα δρομολόγησης. Από την γραμμή εντολών με την **εντολή route print** μπορούμε να δούμε τον πίνακα δρομολόγησης.

## Επέκταση του δικτύου

Θα προσθέσουμε έναν ακόμα δρομολογητή στο δίκτυο μας. Επιλέγουμε **Routers>Router-PT (Generic)**. Με **σειριακή σύνδεση (Serial DCE)** συνδέουμε το Router0 προς το Router1 (Serial2/0 – Serial2/0). Πάμε στο **Router0** (Config>Serial2/0) και κάνουμε το **Port Status on**, το **Clock Rate 56.000** και **βάζουμε στην σύνδεση IP Address 10.0.0.1 και Subnet Mask 255.0.0.0**. Επίσης στο **Router1** πάμε Config>Serial2/0 και κάνουμε το **Port Status on**, το **Clock Rate Not Set**, αφού έχουμε ρυθμίσει το clock rate στο Router0 και βάζουμε για την σύνδεση IP Address 10.0.0.2 και Subnet Mask 255.0.0.0.

Στην συνέχεια πάμε **End Devices>Generic** και προσθέτουμε τον Server-PT και με ένα καλώδιο Cross-Over από τον Server προς το Router1 δημιουργούμε την σύνδεση (FastEthernet0 – FastEthernet0/0). Στον Server βάζουμε IP Address 172.16.1.100 και Subnet Mask 255.255.0.0 και Default Gateway 172.16.0.1. Αλλάζουμε το όνομα του Server από Server0 σε 172.16.1.100. **Στο Router1 πρέπει να ρυθμίσουμε το Interface FastEthernet0/0 πάμε Config>FastEthernet0/0 και κάνουμε το Port Status on και βάζουμε για το Interface την IP Address 172.16.0.1 με Subnet Mask 255.255.0.0**. Παραθέτουμε την εικόνα 16.4 με την επέκταση του δικτύου.





Εικόνα 16.4 Η επέκταση του δικτύου

### Έλεγχος της σύνδεσης

Από γραμμή εντολών στον Server θα κάνουμε έλεγχο στην σύνδεση 172.16.0.1 (είναι η πύλη μας), η οποία είναι η FastEthernet0/0 του Router1 με την εντολή ping (εικόνα 16.5). Βλέπουμε ότι υπάρχει απόκριση Server – Router1. **Αν τώρα κάνουμε ping από το pc (192.168.1.100) και από το pc (192.168.5.100) προς τον Server βλέπουμε ότι δεν υπάρχει απόκριση.**

<pre>SERVER&gt;ping 172.16.0.1  Pinging 172.16.0.1 with 32 bytes of data:  Reply from 172.16.0.1: bytes=32 time=0ms TTL=255 Reply from 172.16.0.1: bytes=32 time=0ms TTL=255 Reply from 172.16.0.1: bytes=32 time=0ms TTL=255 Reply from 172.16.0.1: bytes=32 time=0ms TTL=255  Ping statistics for 172.16.0.1:     Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),</pre>	<pre>PC&gt;ping 172.16.1.100  Pinging 172.16.1.100 with 32 bytes of data:  Reply from 192.168.5.1: Destination host unreachable. Reply from 192.168.5.1: Destination host unreachable. Request timed out. Reply from 192.168.5.1: Destination host unreachable.  Ping statistics for 172.16.1.100:     Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),</pre>
--	---

Εικόνα 16.5 Υπάρχει απόκριση Server – Πύλης, δεν υπάρχει απόκριση Pc – Server

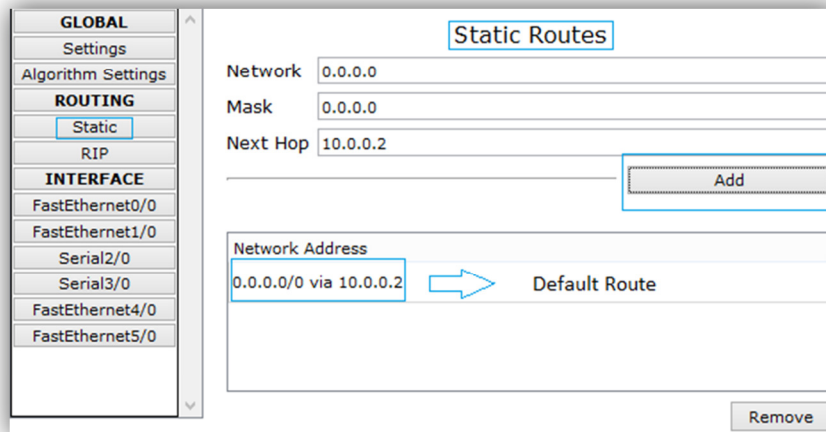
Για να διαπιστώσουμε το τι συμβαίνει πρέπει να δούμε τους πίνακες δρομολόγησης του Router0 και του Router1 με χρήση της εντολής Router#**show ip route** στο κάθε δρομολογητή διαμέσου του **Command Line Interface** των δρομολογητών (εικόνα 16.6).

<pre>Gateway of last resort is not set  C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0 C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0 C    192.168.5.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0 Router#</pre>	(1)
<pre>Gateway of last resort is not set  C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0 C    172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0 Router#</pre>	(2)

Εικόνα 16.6 (1) Πίνακας δρομολόγησης Router0, (2) Πίνακας δρομολόγησης Router1

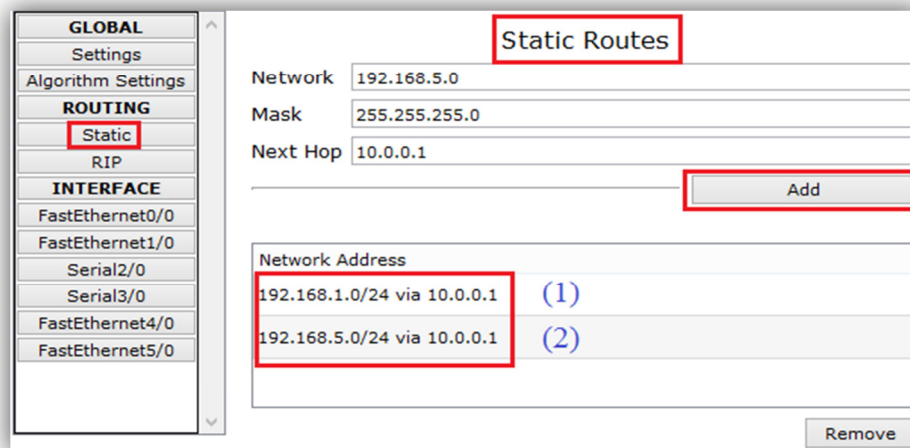
## Διόρθωση προβλήματος στο Router0 & Router1

Πηγαίνουμε στο Router0 (Config>Static) όπως βλέπουμε στην εικόνα 16.7 και δημιουργούμε στατικές διαδρομές στον πίνακα δρομολόγησης. Στην ουσία του λέμε, ότι το επόμενο hop θα είναι το 10.0.0.2 και έτσι ξέρει ποιό είναι το επόμενο hop του.



Εικόνα 16.7 Η ρύθμιση του Router0

Στην συνέχεια πάμε στο Router1 (εικόνα 16.8) και του λέμε (1) για το δίκτυο 192.168.1.0/24 θα πάμε διαμέσου του hop 10.0.0.1. Επίσης του λέμε (2) για το δίκτυο 192.168.5.0/24 θα πάμε διαμέσου του hop 10.0.0.1. Με αυτό τον τρόπο καταφέραμε να ξέρει ο Router1 ότι διαμέσου του Router0 θα βρεί τα δίκτυα με τα δύο pc.



Εικόνα 16.8 Η ρύθμιση του Router1 για τα δύο δίκτυα (1) & (2)

## Έλεγχος των συνδέσεων

Για να δούμε αν πράγματι επιλύθηκε το πρόβλημα κάνουμε ping από το pc 192.168.5.100 και από το pc 192.168.1.100 προς τον Server (εικόνα 16.9). Βλέπουμε ότι και τα δύο pc έχουν

απόκριση προς τον Server, η ρύθμιση των δρομολογητών με στατικές διαδρομές στους πίνακες δρομολόγησης τους έδωσε την λύση.

```
PC>ping 172.16.1.100

Pinging 172.16.1.100 with 32 bytes of data:

Reply from 172.16.1.100: bytes=32 time=8ms TTL=126
Reply from 172.16.1.100: bytes=32 time=11ms TTL=126
Reply from 172.16.1.100: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 172.16.1.100: bytes=32 time=11ms TTL=126

Ping statistics for 172.16.1.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 11ms, Average = 7ms

PC>ping 172.16.1.100

Pinging 172.16.1.100 with 32 bytes of data:

Reply from 172.16.1.100: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 172.16.1.100: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 172.16.1.100: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 172.16.1.100: bytes=32 time=11ms TTL=126

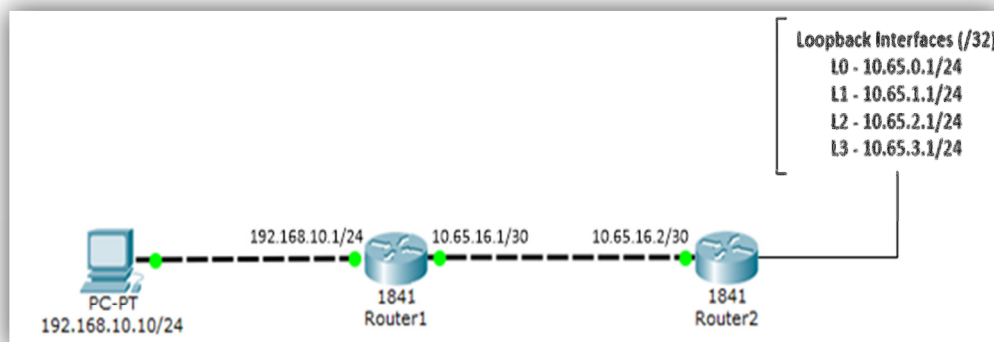
Ping statistics for 172.16.1.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 11ms, Average = 3ms
```

Εικόνα 16.9 Έλεγχος των συνδέσεων

## 16.2 Loopback Interfaces & Route Summarization

**Το Interface loopback είναι μια εικονική διεπαφή σ'ένα router, η οποία έχει πολλές χρήσεις πχ είναι πάντα ενεργή ακόμα και όταν η φυσική επαφή είναι down.** Δηλαδή στην ουσία είναι μια διεπαφή λογισμικού που μπορεί να αντικαταστήσει την φυσική διεπαφή. Έτσι η κάθε loopback interface είναι μια Ip Address όπου στον πίνακα δρομολόγησης θα φαίνεται πάντα σαν /32.

Στην συνέχεια θα δημιουργήσουμε ένα σενάριο στο Cisco packet tracer (εικόνα 16.10) για να μελετήσουμε την σύνοψη της διαδρομής και το Interface Loopback.



Εικόνα 16.10 Loopback Interfaces

Για να γίνει η δρομολόγηση στα τέσσερα δίκτυα πρέπει να ορίσουμε τις ακόλουθες εντολές στο Router1 (εικόνα 16.11).

```
Router1(config)# ip route 10.65.0.0 255.255.255.0 10.65.16.2
Router1(config)# ip route 10.65.1.0 255.255.255.0 10.65.16.2
Router1(config)# ip route 10.65.2.0 255.255.255.0 10.65.16.2
Router1(config)# ip route 10.65.3.0 255.255.255.0 10.65.16.2
```

Εικόνα 16.11 Οι εντολές δρομολόγησης στο Router1

Αντί να πάμε με αυτό τον τρόπο υπάρχει άλλη μεθοδολογία που βολεύει καλύτερα. **Βήμα 1.** Μετατρέπουμε τις διευθύνσεις στο δυαδικό και βρίσκουμε το εύρος των διευθύνσεων. **Βήμα 2.** Βρίσκουμε το όριο της σύνοψης. Την διαδικασία την βλέπουμε στην εικόνα 16.12. **Πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι η σύνοψη μπορεί να μην βολεύει αν το εύρος των διευθύνσεων θα ήταν μεγάλο πχ αν είχαμε τις διευθύνσεις 10.65.0.0/24, 10.65.1.0/24, 10.128.2.0/24 το εύρος των διευθύνσεων θα ήταν 10.0.0.0 – 10.255.255.255 με δίκτυο 10.0.0.0/8. Οπότε σε αυτή την περίπτωση θα κάναμε δύο συνοψίσεις, μία με τις διευθύνσεις 10.65.0.0/24, 10.65.1.0/24 και μία με τις υπόλοιπες.**

00001010 01000001 00000000 00000000	00001010 01000001 00000000 00000000
00001010 01000001 00000000 11111111	00001010 01000001 00000001 00000000
00001010 01000001 00000001 00000000	00001010 01000001 00000010 00000000
00001010 01000001 00000001 11111111	00001010 01000001 00000011 00000000
00001010 01000001 00000010 00000000	
00001010 01000001 00000010 11111111	N 00001010 01000001 00000000 00000000
00001010 01000001 00000011 00000000	B 00001010 01000001 00000011 11111111
00001010 01000001 00000011 11111111	

Βήμα 1
Βήμα 2

Εικόνα 16.12 Η διαδικασία της σύνοψης

Για το σενάριο μας μετά την διαδικασία της σύνοψης το δίκτυο μας θα είναι το 10.65.0.0/22 με εύρος 10.65.0.0 – 10.65.3.255. Οπότε η εντολή που θα χρησιμοποιήσουμε στο Router1 θα είναι : Router1(config)# **ip route 10.65.0.0 255.255.252.0 10.65.16.2.**

Να μην ξεχάσουμε να ρυθμίσουμε και την στατική δρομολόγηση στο Router2, η οποία είναι : Router2(config)# **ip route 192.168.10.0 255.255.255.0 10.65.16.1.**

Για να καταργήσουμε μια εντολή δρομολόγησης μπορούμε να το κάνουμε με τον εξής τρόπο : Router1(config)# **no ip route 10.65.0.0 255.255.255.0 10.65.16.2**

### Ρύθμιση του loopback interface

Παραθέτουμε τον κώδικα για την ρύθμιση του loopback στο Router2. Με τον ίδιο τρόπο ρυθμίζουμε και τις υπόλοιπες διεπαφές.

```

Router(config)#interface loopback ?
<0-2147483647> Loopback interface number
Router(config)#interface loopback 0

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Loopback0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0, changed state to up

Router(config-if)#ip address 10.65.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#exit

```

Ακολουθεί ο πίνακας δρομολόγησης του Router2.

```

Gateway of last resort is not set

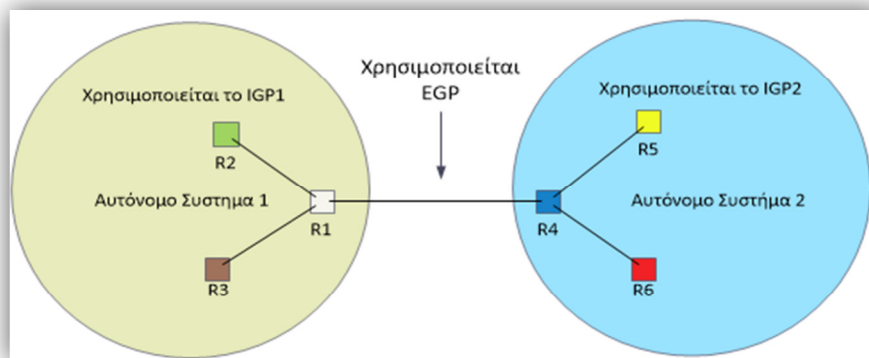
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
C    10.65.0.0/24 is directly connected, Loopback0
C    10.65.1.0/24 is directly connected, Loopback1
C    10.65.2.0/24 is directly connected, Loopback2
C    10.65.3.0/24 is directly connected, Loopback3
C    10.65.16.0/30 is directly connected, FastEthernet0/0

```

### 16.3 Δυναμική δρομολόγηση

Στην δυναμική δρομολόγηση όπως και στην στατική τα δρομολόγια είναι φορτωμένα στον πίνακα δρομολόγησης, όταν ξεκινάει ένα σύστημα. Με την εκκίνηση του συστήματος ξεκινάει και το λογισμικό δρομολόγησης. Το λογισμικό δρομολόγησης ενός υπολογιστή αλληλεπιδρά με το λογισμικό δρομολόγησης ενός άλλου υπολογιστή για να μάθει τα βέλτιστα δρομολόγια για κάθε προορισμό και ενημερώνει τον πίνακα δρομολόγησης του. Το λογισμικό δρομολόγησης επιλέγει δρομολόγιο με βάση κάποια συγκεκριμένη μετρική δρομολόγησης (routing metric), όπως του διαχειριστικού κόστους (administrative cost) και του αριθμού αλμάτων (hop count) και έτσι καθορίζεται το κόστος μέχρι τον προορισμό. Το κάθε πρωτόκολλο έχει και το δικό του διαχειριστικό κόστος πχ για το RIP είναι 120, για το OSPF 110 κ.τ.λ το οποίο μπορεί να το τροποποιήσει ο διαχειριστής ανάλογα με τις ανάγκες.

Στο παγκόσμιο διαδίκτυο οι δρομολογητές χωρίζονται σε ομάδες και κάθε ομάδα ονομάζεται αυτόνομο σύστημα. Στο αυτόνομο σύστημα, οι δρομολογητές ανταλλάσσουν πληροφορίες δρομολόγησης, οι οποίες συνοψίζονται και μετά μεταβιβάζονται σε μια άλλη ομάδα. Αυτό έχει ως σκοπό να μειωθεί η κυκλοφορία της δρομολόγησης (routing traffic). Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης του Internet ανήκουν σε μια από τις δύο κατηγορίες στα πρωτόκολλα εσωτερικών πυλών (IGP) και στα πρωτόκολλα εξωτερικών πυλών (EGP) εικόνα 16.13.



Εικόνα 16.13 Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης του Internet

## 16.4 Πρωτόκολλα εσωτερικών πυλών (IGP)

Γνωστά πρωτόκολλα εσωτερικών πυλών είναι τα ακόλουθα : **RIP,EIGRP,OSPF και το IS-IS.**

Το RIP και το EIGRP χρησιμοποιούν τον **αλγόριθμο διανυσμάτων απόστασης (distance vector routing)**. Ο κάθε δρομολογητής έχει έναν πίνακα, όπου καταγράφεται η καλύτερη γνωστή απόσταση προς κάθε προορισμό αλλά και με ποιά γραμμή θα φθάσουμε μέχρι εκεί. Οι πίνακες ενημερώνονται με ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των δρομολογητών.

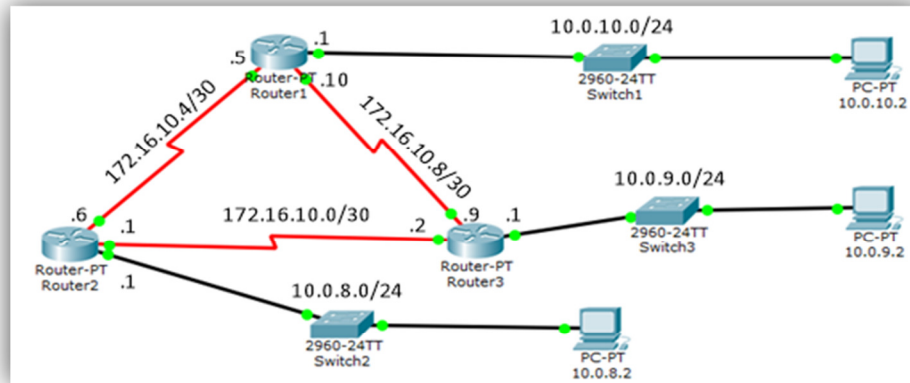
Το OSPF και το IS-IS χρησιμοποιούν τον **αλγόριθμο κατάσταση συνδέσμων (link state routing)**. Ο κάθε δρομολογητής θα πρέπει να βρεί ποιό είναι οι γειτονές του και να μάθει τις διευθύνσεις δικτύου τους. Στην συνέχεια θα πρέπει να μετρήσει την καθυστέρηση ή το κόστος προς τους γειτονικούς δρομολογητές του και να φτιάξει ένα πακέτο που να περιέχει αυτά που έμαθε. Μετά να στείλει το πακέτο σε όλους τους άλλους δρομολογητές και να υπολογίσει την συντομότερη διαδρομή προς αυτούς.

## 16.5 Μελέτη του πρωτοκόλλου OSPF

Το πρωτόκολλο **OSPF (Open Shortest Path First)** είναι ένα **link-state** πρωτόκολλο. Η δεύτερη έκδοση του περιγράφεται στο **RFC-2328 (Internet Engineering Task Force)**. Ο σκοπός του OSPF είναι να αντικαταστήσει το RIP με τις αδυναμίες του και τις ελλείψεις του στα μεγάλα δίκτυα. Ένα βασικό χαρακτηριστικό του είναι η **εισαγωγή των περιοχών (areas)**. Υπάρχει η **περιοχή κορμού (backbone)** και οι **περιοχές εκτός κορμού**. Οι περιοχές παίρνουν τιμές από 0 έως και 65.535 όπου η περιοχή κορμού έχει πάντα την τιμή 0. Όλες οι περιοχές συνδέονται στην περιοχή κορμού και διαμέσου αυτής επικοινωνούν οι περιοχές μεταξύ τους. Στο OSPF υπάρχει η **link state database** όπου περιέχει πληροφορίες για τις διεπαφές που ξέρει ο δρομολογητής διαμέσου των πακέτων **LSA (Link State Advertisements)** και η **βάση γειτνίασης (adjacency database)**, όπου περιέχει μια λίστα με τους γειτονικούς δρομολογητές. Επιπλέον υπάρχει ο **πίνακας δρομολόγησης (Routing table)**, ο οποίος βασίζεται στον αλγόριθμο Dijkstra, όπου η καλύτερη διαδρομή είναι αυτή με το μικρότερο κόστος. Το **κόστος ορίζεται ως  $cost = 10^8 / bandwidth$**  ως μετρική για το OSPF.

Επίσης αναφέρουμε ότι **υπάρχει και το πρωτόκολλο Hello** ως τμήμα του OSPF, που βασικό στόχο έχει να γεμίσει την βάση γειτνίασης με την βοήθεια των πακέτων hello που στέλνει ο κάθε δρομολογητής διαφημίζοντας τον εαυτό του.

Στην συνέχεια θα δημιουργήσουμε ένα νέο σενάριο για την μελέτη του πρωτοκόλλου OSPF (εικόνα 16.14). Η ρύθμιση των συσκευών γίνεται με βάση των εντολών που έχουμε ήδη δείξει. Θα αναφέρουμε μόνο τις εντολές που χρειάζονται για την χρήση του πρωτοκόλλου.



Εικόνα 16.14 Το σενάριο για την χρήση του πρωτοκόλλου OSPF

Πάμε στο Router1 και το ρυθμίζουμε με βάση τις εντολές παρακάτω, με τον ίδιο τρόπο και στους υπόλοιπους δρομολογητές αλλάζοντας μόνο τις διευθύνσεις στο network.

```
Router>enable
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#router ospf 1972
Router(config-router)#network 10.0.10.0 ?
A.B.C.D OSPF wild card bits
Router(config-router)#network 10.0.10.0 0.0.0.255 area 0
Router(config-router)#network 172.16.10.4 0.0.0.3 area 0
Router(config-router)#network 172.16.10.8 0.0.0.3 area 0
Router(config-router)#exit
```

Παρατηρούμε ότι έχουμε ορίσει **ospf 1972**, αυτό είναι ένα **process id**. Σ'ένα δρομολογητή μπορούμε να έχουμε πολλές διαδικασίες ospf για να τις ξεχωρίσουμε βάζουμε ένα id, το οποίο έχει τιμές από 1 έως και 65.535. Επίσης έχουμε το **ospf wild card**, ο οποίος είναι ο **αντίστροφος του subnet mask**. Αν έχουμε την subnet mask την μετατρέπουμε στο δυαδικό και αντιστρέφουμε τα bit πχ τα bit 1 σε bit 0 και τα bit 0 σε bit 1 και βρήκαμε την wild mask. Αυτό μας βοηθάει να έχουμε καλύτερη προσαρμογή του εύρους των διευθύνσεων όσο αφορά τα υποδίκτυα. Αν θέλουμε να ρυθμίσουμε την ταχύτητα μιας διεπαφής γίνεται διαμέσου της εντολής :

- **Router(config) interface type <[slot\_#] port\_#>**
- **Router(config-if)# bandwidth <speed\_in\_Kbps>**

Αν θέλουμε να δούμε τη link state database μπορούμε διαμέσου της εντολής :

- **Router#show ip ospf database**

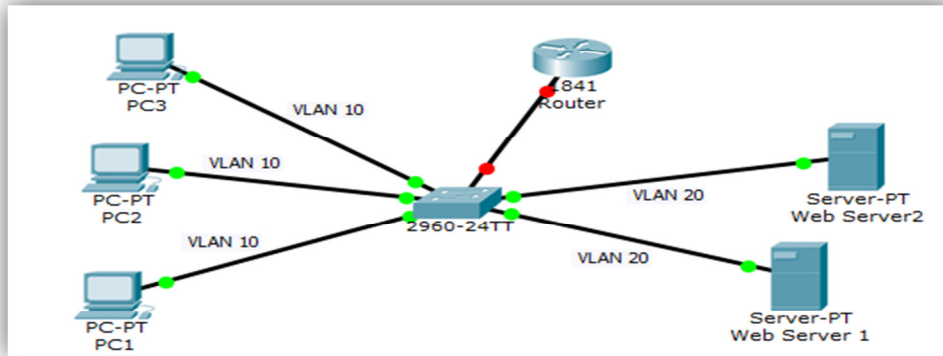
και αν θέλουμε να δούμε τους γείτονες μπορούμε με την εντολή :

- **Router#show ip ospf neighbor**

## 17. Virtual LANS (VLANs)

### 17.1 Πως ρυθμίζουμε τα VLANs

Στην εικόνα 17.1 βλέπουμε ένα σενάριο για μελέτη των vlans.



Εικόνα 17.1 Ένα σενάριο για μελέτη των vlans

Πηγαίνοντας στο switch (Command Line Interface) με την εντολή **show vlan** βλέπουμε, ότι το **VLAN1** είναι ρυθμισμένο χωρίς να κάνουμε κάτι και ότι υπάρχουν κάποιοι αριθμοί που είναι δεσμευμένοι και δεν χρησιμοποιούνται, αφού είναι για παλιούς τύπους δικτύων.

```
Switch>enable  
Switch#show vlan
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4 Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8 Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12 Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20 Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24 Gig0/1, Gig0/2
1002	fddi-default	act/unsup	
1003	token-ring-default	act/unsup	
1004	fddinet-default	act/unsup	
1005	trnet-default	act/unsup	

➔ Δεσμευμένοι αριθμοί για παλιούς τύπους δικτύων

VLAN	Type	SAID	MTU	Parent	RingNo	BridgeNo	Stp	BrdgMode	Trans1	Trans2
1	enet	100001	1500	-	-	-	-	-	0	0
1002	fddi	101002	1500	-	-	-	-	-	0	0
1003	tr	101003	1500	-	-	-	-	-	0	0
1004	fdnet	101004	1500	-	-	-	ieee	-	0	0
1005	trnet	101005	1500	-	-	-	ibm	-	0	0

Στην συνέχεια θα δείξουμε το πως δημιουργούμε vlan και παρατηρούμε, ότι δεν έχουν πάρει ports τα vlan μας.

```
Switch(config)#vlan 20  
Switch(config-vlan)#name ServerFarm  
Switch(config-vlan)#vlan 10  
Switch(config-vlan)#name Clients  
Switch(config-vlan)#exit
```



```
Switch#show vlan
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4 Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8 Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12 Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20 Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24 Gig0/1, Gig0/2
10	Clients	active	
20	ServerFarm	active	
1002	fddi-default	act/unsup	
1003	token-ring-default	act/unsup	
1004	fddinet-default	act/unsup	
1005	trnet-default	act/unsup	

VLAN	Type	SAID	MTU	Parent	RingNo	BridgeNo	Stp	BrdgMode	Trans1	Trans2
1	enet	100001	1500	-	-	-	-	-	0	0
10	enet	100010	1500	-	-	-	-	-	0	0
20	enet	100020	1500	-	-	-	-	-	0	0

Με την εντολή **switch#show flash** βλέπουμε την μνήμη που είναι αποθηκευμένο το λειτουργικό σύστημα. Αν θέλουμε να σβήσουμε την database μπορούμε με την εντολή **switch#delete vlan.dat** και να κάνουμε επανεκκίνηση για να έρθει το σύστημα στην προηγούμενη κατάσταση. Επίσης για να σβήσουμε ένα vlan μπορούμε με την εντολή **no vlan** πχ **switch(config)# no vlan 50**

Για να ορίσουμε ports στα vlans γίνεται διαμέσου των ακόλουθων εντολών :

```
Switch>enable
Switch#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#interface f0/1
Switch(config-if)#switchport access vlan 10
```

```
Switch(config-if)#interface f0/2
Switch(config-if)#switchport access vlan 20
```

```
Switch#show vlan
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6 Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10 Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14 Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18 Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22 Fa0/23, Fa0/24, Gig0/1, Gig0/2
10	Clients	active	Fa0/1
20	ServerFarm	active	Fa0/2
1002	fddi-default	act/unsup	
1003	token-ring-default	act/unsup	
1004	fddinet-default	act/unsup	
1005	trnet-default	act/unsup	

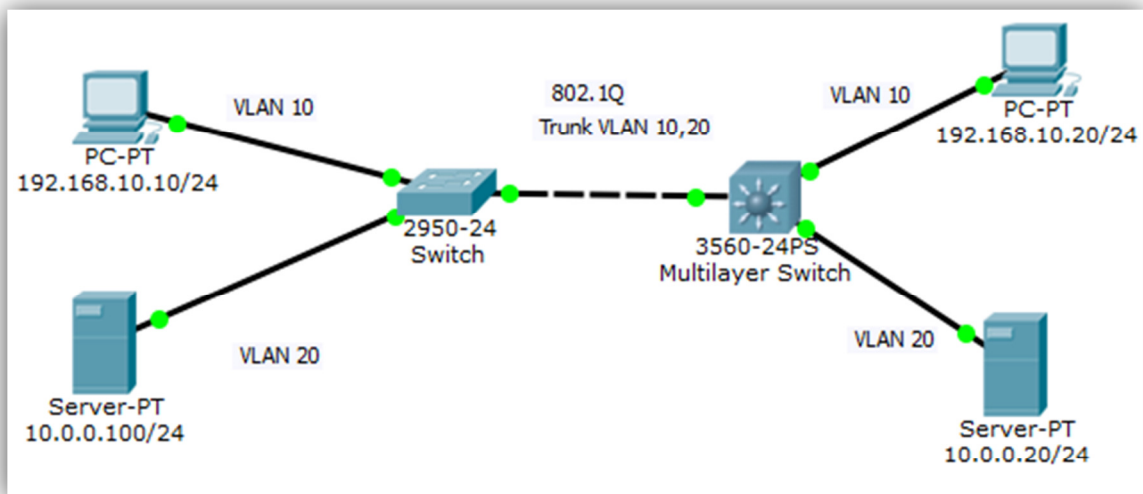
Αν θέλαμε με κόμμα (,) θα μπορούσαμε να θέσουμε ports που δεν είναι συνεχόμενα. Επίσης θα μπορούσαμε να ορίσουμε και ένα εύρος από Interfaces και να ανήκουν σ'ένα συγκεκριμένο vlan, αν είχαμε πολλές συσκευές σ'ένα vlan. Ο τρόπος είναι διαμέσου των ακόλουθων εντολών :

```
switch(config)# interface range f0/20 – 24
switch(config-if-range)#switchport access vlan 20
```

## 17.2 Πως ρυθμίζουμε τα VLAN TRUNKS

Τα **trunks links** χρησιμοποιούνται για την μεταφορά κυκλοφορίας των VLANS μεταξύ των switches. Μια θύρα σ'ένα switch μπορεί να είναι **trunk port**, **access port** είτε **auto negotiated**. Η trunk port ορίζει ότι το Ethernet frame θα περιέχει ένα επιπλέον πεδίο με όνομα **vlan tag** και αφορά την ενθυλάκωση **802.1Q**. Υπάρχει και η ενθυλάκωση Inter – Switch link (ISI) αλλά χρησιμοποιείται σπάνια.

Για να μελετήσουμε τα vlan trunks στο Cisco packet tracer θα δημιουργήσουμε ένα νέο σενάριο εικόνα 17.2.



Εικόνα 17.2 Ένα σενάριο για μελέτη των vlan trunks

Η μεθοδολογία ρύθμισης των VLAN 10, VLAN 20 είναι όμοια όπως δείξαμε στο 17.1 πως ρυθμίζουμε τα VLANS. Το σημαντικό είναι να πάμε στο switch 2950 και να ρυθμίσουμε την trunk port. Για να το κάνουμε αυτό παραθέτουμε τις εντολές :

```
Switch(config)#int f0/24
Switch(config-if)#switchport mode trunk

Switch(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/24, changed state to
down

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/24, changed state to
up

Switch(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,20
Switch(config-if)#exit
```

```
Switch#show interfaces trunk
Port      Mode      Encapsulation  Status      Native vlan
Fa0/24    on        802.1q         trunking    1

Port      Vlans allowed on trunk
Fa0/24    10,20

Port      Vlans allowed and active in management domain
Fa0/24    10,20

Port      Vlans in spanning tree forwarding state and not pruned
Fa0/24    10,20
Switch#
```

Στην συνέχεια θα ρυθμίσουμε την trunk port στο switch 3560. Η διαδικασία φαίνεται πιο κάτω

```
Switch>enable
Switch#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#int f0/24
Switch(config-if)#switchport trunk encapsulation ?
dot1q  Interface uses only 802.1q trunking encapsulation when trunking
Switch(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
Switch(config-if)#switchport mode trunk
Switch(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,20
Switch(config-if)#exit
```

Αν θέλουμε να κάνουμε add κάποιο vlan στην trunk port μπορούμε με την εντολή : πχ switch(config-if)#switchport trunk allowed vlan add 7.

Επίσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και άλλες εντολές όπως δείχνουμε παρακάτω

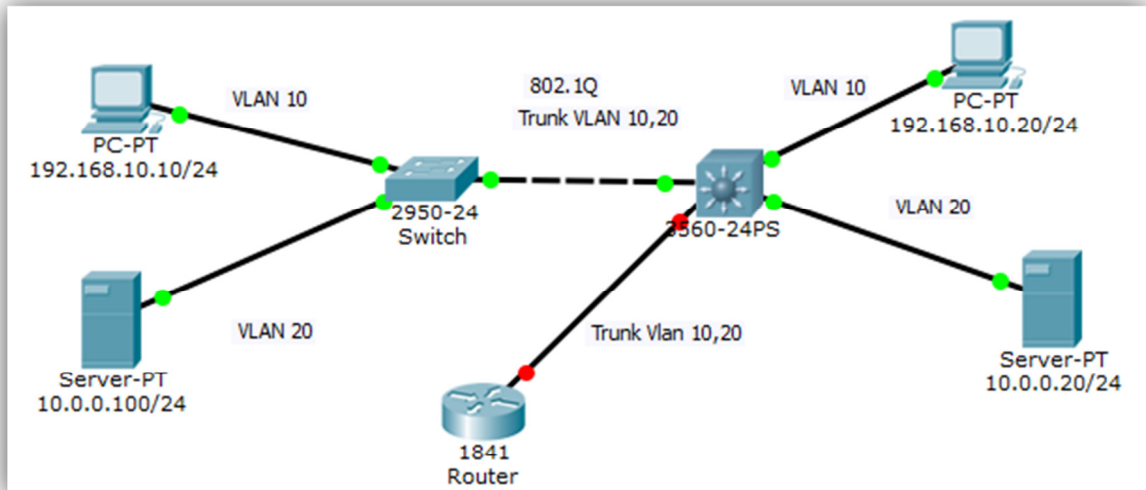
```
Switch(config)#int f0/24
Switch(config-if)#switchport trunk allowed vlan ?
WORD      VLAN IDs of the allowed VLANs when this port is in trunking mode
add       add VLANs to the current list
all       all VLANs
except    all VLANs except the following
none     no VLANs
remove    remove VLANs from the current list
```

Αυτό που καταφέραμε σ' αυτό το σενάριο είναι το Vlan 10 να επικοινωνήσει με το Vlan 10 και το Vlan 20 με το Vlan 20 διαμέσου του vlan trunk 10,20.

### 17.3 Inter – Vlan Routing

**Η δρομολόγηση Inter – Vlan είναι η επέκταση των Vlans Trunks.** Για την μελέτη της θα κάνουμε επέκταση του σεναρίου vlan trunks εικόνα 17.2. Για να μπορούν διαφορετικά Vlan να επικοινωνήσουν μεταξύ τους θα χρειαστεί ένας δρομολογητής και να είναι συνδεδεμένος με ένα switch διαμέσου μιας trunk port. Στο σενάριο μας εικόνα 17.3 θα μπορούσαμε να προσθέσουμε περισσότερα vlan, όμως θα εστιάσουμε στο πως θα γίνει η δρομολόγηση. **Πρέπει να τονίσουμε ότι με ένα trunk link διαφορετικά vlan βρίσκονται**

στην ίδια φυσική θύρα. Όμως το κάθε vlan χρειάζεται διαφορετική ip address. Άρα θα γίνει η χρήση των sub interfaces όπου το καθένα θα έχει την δικιά του ip address. Παρ'όλα αυτά μπορεί κάποιος router να μην υποστηρίζει τα sub interfaces, εξαρτάται από τον ίδιο το router. Ένα sub interface μπορεί να έχει την μορφή interface f0/0.10 , όπου το 10 δηλώνει το Vlan 10. Επιπλέον αναφέρουμε ότι η φυσική διεπαφή δεν έχει ip address και δεν χρειάζεται το « no shutdown».



Εικόνα 17.3 Μελέτη Inter – Vlan Routing

### Ρύθμιση του switch

Θα πάμε στο switch να ρυθμίσουμε την νέα trunk port. Η διαδικασία είναι η ακόλουθη :

```
Switch(config)#int f0/11
Switch(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
Switch(config-if)#switchport mode trunk
Switch(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10,20
```

### Ρύθμιση του router

Στο router θα ρυθμίσουμε τα sub interfaces για το vlan 10 και το vlan 20. Η διαδικασία είναι η ακόλουθη :

```
Router(config)#int f0/0
Router(config-if)#no shutdown

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up

Router(config-if)#exit
```

```

Router(config)#int f0/0.10
Router(config-subif)#encapsulation dot1Q 10
Router(config-subif)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
Router(config-subif)#no shutdown
Router(config-subif)#int f0/0.20
Router(config-subif)#encapsulation dot1Q 20
Router(config-subif)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
Router(config-subif)#no shutdown

```

Αν θέλαμε να δούμε αν υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των vlan 10,20 το μόνο που μένει είναι να θέσουμε στις συσκευές μας την προεπιλεγμένη πύλη. Στην εικόνα 17.4 βλέπουμε την απάντηση pc – server, τα οποία ανήκουν σε διαφορετικά vlan.

Επιπλέον αν θέλουμε να δούμε τις τρέχουσες δικτυακές ρυθμίσεις του υπολογιστή στην γραμμή εντολών χρησιμοποιούμε την εντολή `ipconfig` ή την `ipconfig /all` για περισσότερες λεπτομέρειες. Επίσης αν θέλουμε να δούμε την διαδρομή που ακολουθούν τα πακέτα χρησιμοποιούμε την εντολή `tracert` *διεύθυνση ip προορισμού*, για την σύνταξη της εντολής χρησιμοποιούμε την βοήθεια της `tracert /?`. Για να δούμε την κατάσταση του δικτύου γίνεται με την βοήθεια της εντολής `netstat`. Κλείνοντας έχουμε και την εντολή `arp -a` για να δούμε τον πίνακα αντιστοίχισης ip address σε mac address.

```

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 10.0.0.100

Pinging 10.0.0.100 with 32 bytes of data:

Reply from 10.0.0.100: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 10.0.0.100: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 10.0.0.100: bytes=32 time=0ms TTL=127
Reply from 10.0.0.100: bytes=32 time=0ms TTL=127

Ping statistics for 10.0.0.100:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

```

Εικόνα 17.4 Απάντηση pc – server σε διαφορετικά vlan

## Βιβλιογραφία

Douglas E. Comer. Δίκτυα και διαδίκτυα υπολογιστών και εφαρμογές τους στο Internet. Εκδόσεις Κλειδάριθμος 2007.

Jorg Liebeherr, Magda El Zarki. Mastering Networks An Internet Lab Manual. Pearson Addison Wesley 2004.

M. Morris Mano, Michel D. Ciletti. Ψηφιακή σχεδίαση. Εκδόσεις Παπασωτηρίου 2010.

Γ. Τζήμας, Κ. Παξιμάδης Ειδικά Θέματα Δικτύων, Δίκτυα Υπολογιστών – Εργαστήριο.

James F. Kurose, Keith W. Ross. Δικτύωση Υπολογιστών Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω. Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας 2008.

Andrew S. Tanenbaum. Δίκτυα Υπολογιστών. Εκδόσεις Κλειδάριθμος 2003.

Βώρος Άγγελος. Δίκτυα Η/Υ II Εργαστήριο. Ναύπακτος 2009.

Τριανταφύλλου Βασίλειος. Δίκτυα Η/Υ II. Ναύπακτος 2008.

Γκίνογλου Πέτρος, Δουκάκης Σπύρος Γ. Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών II. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών 2004.

Δίκτυα Πολυπλεξίας Μήκους Κύματος (WDM Δίκτυα) Retrieved from [https://www.ceid.upatras.gr/webpages/faculty/kvlachos/courses/documents/onet/Chapter\\_2.pdf](https://www.ceid.upatras.gr/webpages/faculty/kvlachos/courses/documents/onet/Chapter_2.pdf)

Color Coding Of Ethernet wires (CAT Cables). Retrieved from <http://everythinguwantd.blogspot.gr/2013/04/color-coding-of-ethernet-wires-cat.html>

The Cisco Learning Network. Retrieved from <https://learningnetwork.cisco.com/welcome>

Έλεγχος της σύνδεσης του υπολογιστή σας. Retrieved from [http://free.openeclass.org/modules/document/file.php/IT275/test\\_network\\_connection.pdf](http://free.openeclass.org/modules/document/file.php/IT275/test_network_connection.pdf)

Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας για την Εκπαίδευση. Retrieved from [http://pcnetworks.pbworks.com/f/edunet\\_4 OSPF.pdf](http://pcnetworks.pbworks.com/f/edunet_4 OSPF.pdf)

Σημειώσεις Δικτύων Η/Υ-Τ.ΠΛΗΝ.ΝΕ.Τ Δ' ΑΘΗΝΑΣ 2010.

VLANs and Trunking. Retrieved from

<http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=29803&seqNum=3>

Inter – Vlan Routing (chapter 6). Retrieved from

<http://www.hh.se/download/18.70cf2e49129168da015800096691/intervlanrouting.pdf>

Packet Tracer. Retrieved from

<https://www.netacad.com/about-networking-academy/packet-tracer>

Τριανταφύλλου Βασίλειος. Δίκτυα Η/Υ Ι. Ναύπακτος 2008.

