

# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



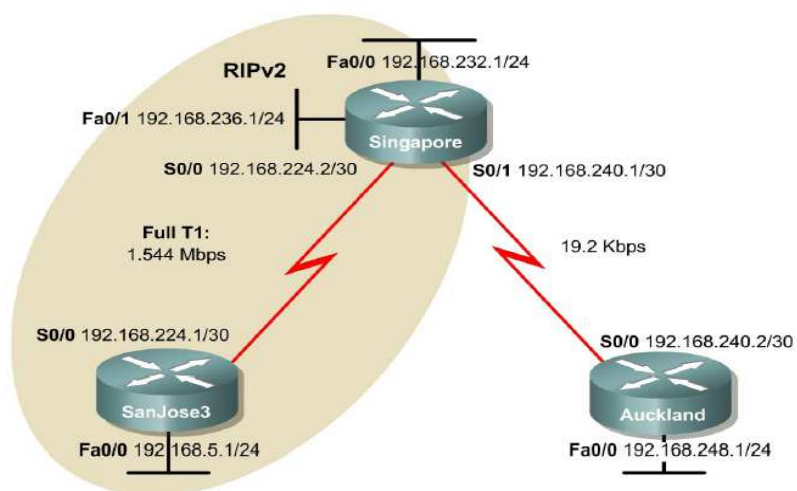
Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ»



ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΑΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗ ΧΡΥΣΟΥΛΑ

ΧΑΝΙΑ 2006

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της εκπόνησης της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας ήταν για να εμβαθύνω τις γνώσεις μου στο τομέα των τηλεπικοινωνιακών δικτύων με τον οποίο και απασχολούμαι ήδη στην INTRACOM TELECOM. Έτσι κατάφερα να κατανοήσω καλύτερα κάποια βασικά τεχνικά θέματα στα δίκτυα και πιο συγκεκριμένα στη λειτουργία και παραμετροποίηση των μηχανημάτων της εταιρίας Cisco. Στόχος μου είναι να σας παρουσιάσω αρχικά τα πρωτόκολλα του Internet και πιο συγκεκριμένα το TCP/IP. Επιπλέον θα αναφερθώ σε κάποια βασικά θέματα δρομολόγησης των δικτυακών συσκευών και κυρίως σε πρωτόκολλα δρομολόγησης. Επίσης, θα αναπτύξω αναλυτικά κάποιες βασικές δικτυακές συσκευές και τις λειτουργίες τους. Στο τελικό κομμάτι της πτυχιακής μου εργασίας θα σας παρουσιάσω τα βασικά χαρακτηριστικά του δικτύου «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» και την πρόσβαση των διαφόρων Φορέων στο δίκτυο αυτό.

## SUMMARY

The purpose of working-out specific project it was to surface my knowledge to the section of telecommunication networks and I am working at INTRACOM TELECOM. So, I have the chance to apprehend better basic technical topics in network systems and specifically in the staging and configuration the Cisco technologies. My purpose is to present you the internet protocols and specifically TCP/IP. Moreover, I will mention the routing in network appliance and the routing protocols. Furthermore, I will array some basic network appliances and their functions. In the end, I will mention the basic characteristic of “Sizefxis” and the access of corporations to this network.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> INTERNET-TCP/IP.....	7
1.1 Εισαγωγή στο Internet.....	7
1.2 Εισαγωγή στα πρωτόκολλα Internet.....	8
1.3 Ορισμός πρωτοκόλλου TCP.....	9
1.4 Ορισμός πρωτοκόλλου IP.....	13
1.5 ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ.....	16
1.5.1 Μοντέλο αναφοράς TCP/IP.....	17
1.5.2 Μοντέλο αναφοράς UDP.....	18
1.5.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ISO/OSI.....	19
1.5.4 Σύγκριση των μοντέλων αναφοράς OSI και TCP/IP.....	21
1.5.5 Κριτική του μοντέλου αναφοράς TCP/IP.....	22
1.6 Internet Protocol ( IP).....	23
1.6.1 Δίκτυο των χαμηλότερων πλειοδοτών.....	24
1.6.2 IP Addressing.....	24
1.6.3 Δρομολόγηση.....	27
1.6.4 Υποδίκτυα.....	28
1.6.5 Φορητό IP.....	30
1.7 IPv6.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> ΘΕΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	33
2.1 Εισαγωγή.....	33
2.2 Αλγόριθμοι Δρομολόγησης.....	36
2.2.1 Επιθυμητές Ιδιότητες Αλγορίθμων Δρομολόγησης.....	36
2.3 Τύποι Αλγορίθμων Δρομολόγησης.....	38
2.3.1 Συγκεντρωτικοί / Κατανεμημένοι / Απομονωμένοι.....	38
2.3.2 Ενός Μονοπατιού (Single-Path) / Πολλαπλών Μονοπατιών (MultiPath).....	39
2.3.3 Επίπεδοι (Flat) / Ιεραρχικοί Hierarchical.....	39
2.3.4 Host-Intelligent / Router-Intelligent.....	42
2.3.5 Intradomain or Interdomain.....	42
2.3.6 Μετρικές.....	42
2.4 Στατική Δρομολόγηση (Static Routing).....	44
2.4.1 Μειονεκτήματα του Static Routing.....	44
2.4.2 Σε ποιές περιπτώσεις το Static Routing είναι καλό;.....	47
2.5 Δυναμική Δρομολόγηση.....	47
2.5.1 Distance-Vector Routing.....	47
2.5.2 Μειονεκτήματα του Distance-Vector Routing.....	48
2.5.3 Σε ποιές περιπτώσεις το Distance-Vector Routing είναι καλό;.....	50
2.5.4 Link-State Routing.....	50
2.5.5 Μειονεκτήματα του Link-State Routing.....	52
2.5.6 Πότε είναι καλό το Link-State Routing;.....	52
2.6 Υβριδική Δρομολόγηση.....	52
2.6.1 Χαρακτηριστικά Απόδοσης Υβριδικής Δρομολόγησης.....	53
2.7 Προσαρμογή (Convergence).....	53
2.8 Διευθέτηση Τοπολογικών Αλλαγών.....	53
2.9 Χρόνος Προσαρμογής (Convergence Time).....	59
2.10 Υπολογισμός Δρομολογίου (Route Calculation).....	59
2.11 Αποθηκεύοντας πολλαπλά δρομολόγια.....	60
2.12 Αρχικοποιώντας τις ενημερώσεις (Initiating Updates).....	60
2.13 Η Δρομολόγηση στο Internet.....	61
2.13.1 Internet Routing Protocols.....	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	70
3.1 Εισαγωγή στις Δικτυακές Συσκευές.....	70
3.2 Bridges.....	70
3.2.1 Παρουσίαση Συσκευής.....	70
3.2.2 Λειτουργία Συσκευής.....	71

3.2.3 Η ανεξαρτησία πρωτοκόλλου των Bridges .....	72
3.2.4 Η αποστολή των πακέτων.....	72
3.2.5 Φιλτράρισμα και Προώθηση .....	73
3.2.6 Flooding.....	73
3.2.7 Τύποι .....	75
3.3 Hubs.....	75
3.3.1 Παρουσίαση Συσκευής.....	75
3.3.2 Η λειτουργία του Hub.....	76
3.3.3 Τύποι .....	76
3.3.4 Χαρακτηριστικά .....	79
3.3.5 Προοπτική .....	79
3.4 Repeaters .....	80
3.4.1 Παρουσίαση Συσκευής.....	80
3.4.2 Τύποι .....	82
3.4.3 Χρήση.....	83
3.5 Routers.....	84
3.5.1 Παρουσίαση Συσκευής.....	84
3.5.2 Η λειτουργία ενός router.....	85
3.5.3 Η Μετάφραση των Δικτυακών Διευθύνσεων.....	86
3.5.4 Επίπεδα Δρομολόγησης.....	86
3.5.5 Η Εύρεση ενός Μονοπατιού.....	87
3.5.6 Ομαδοποιήσεις των Routers .....	87
3.5.7 Τα Πρωτόκολλα των Routers .....	89
3.5.8 Περιοχές κοινού Πρωτοκόλλου.....	89
3.5.9 Προοπτική .....	91
3.6 Switches.....	91
3.6.1 Παρουσίαση Συσκευής.....	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» .....	93
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	93
4.2 ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ-ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....	96
4.2.1 Μικρός Φορέας.....	97
4.2.2 Μεσαίος Φορέας.....	98
4.2.3 Μεγάλος Φορέας .....	99
4.3 Περιγραφή Εξοπλισμού Δικτύου Πρόσβασης.....	100
4.3.1 Μικρός Φορέας.....	100
4.3.2 Μεσαίος Φορέας.....	103
4.3.3 Μεγάλος Φορέας .....	107
4.4 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά.....	110
4.4.1 Γενικά.....	110
4.5 Επεκτασιμότητα/ Ευελιξία .....	111
4.5.1 Μικροί Φορείς .....	111
4.5.2 Μεσαίοι Φορείς .....	112
4.5.3 Μεγάλοι Φορείς.....	112
4.6 Λογισμικό .....	113
4.7 Λειτουργικό σύστημα .....	113
4.8 Ασφάλεια (Security).....	113
4.9 Εφεδρικήτητα (Redundancy).....	114
4.10 Αξιοπιστία .....	114
4.11 Ομοιογένεια.....	114
4.12 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ .....	115
4.12.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	115
4.13 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ .....	115
4.13.1 Παραμετροποίηση (Staging) .....	116
4.13.2 Εγκατάσταση (Installation and Commissioning).....	116
4.13.3 Παραδοτέα – Τεκμηρίωση ανά φάση .....	117
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	118
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	119
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ.....	119

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1. OSI ΚΑΙ TCP/IP LAYERS
- Σχήμα 2. ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΟΜΒΟ Α ΓΙΑ ΝΟΗΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ
- Σχήμα 3. ΣΧΕΣΗ ΚΑΛΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ DELAY-THROUGHPUT
- Σχήμα 4. ΣΧΕΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΟΗΣ
- Σχήμα 5. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ
- Σχήμα 6. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ ΣΕ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ
- Σχήμα 7. ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΣΤΑΤΙΚΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ
- Σχήμα 8. ΒΛΑΒΗ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ
- Σχήμα 9. ΕΝΑ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΤΟ DISTANCE-VECTOR ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ
- Σχήμα 10. ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ROUTER
- Σχήμα 11. Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ROUTERS C ΚΑΙ D ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ
- Σχήμα 12. ΑΜΕΣΟΙ ΓΕΙΤΟΝΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΜΟΙΡΑΖΟΝΤΑΙ ROUTING ΔΕΔΟΜΕΝΑ
- Σχήμα 13. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ INTERIOR GATEWAY PROTOCOLS ΚΑΙ ΤΩΝ EXTERIOR GATEWAY PROTOCOLS
- Σχήμα 14. ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΧΩΡΙΣΜΕΝΟ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ
- Σχήμα 15. ΤΟ FORMAT ΤΩΝ BGP ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ
- Σχήμα 16. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΤΥΠΟΥ TCP/IP
- Σχήμα 17. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΙΑΣ BRIDGE
- Σχήμα 18. ΜΙΑ ΑΠΛΗ LOCAL BRIDGE
- Σχήμα 19. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ MULTIPORT BRIDGE
- Σχήμα 20. ΣΥΣΚΕΥΗ HUB
- Σχήμα 21. Ο REPEATER ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ OSI
- Σχήμα 22. REPEATER
- Σχήμα 23. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ REPEATER
- Σχήμα 24. ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ REPEATERS
- Σχήμα 25. ROUTERS ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΥΝ ΚΟΜΒΟΥΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
- Σχήμα 26. ROUTER CISCO3662
- Σχήμα 27. ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕ ΤΟ ROUTING
- Σχήμα 28. ΣΥΣΚΕΥΗ SWITCH
- Σχήμα 29. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ “ΣΥΖΕΥΞΙΣ”
- Σχήμα 30. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΙΚΡΟΥ ΦΟΡΕΑ
- Σχήμα 31. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΣΑΙΟΥ ΦΟΡΕΑ
- Σχήμα 32. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΦΟΡΕΑ
- Σχήμα 33. ΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΥ ΦΟΡΕΑ
- Σχήμα 34. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ Cisco 2611XM
- Σχήμα 35. ΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕΣΑΙΟΥ ΦΟΡΕΑ
- Σχήμα 36. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ Cisco 3725
- Σχήμα 37. ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΟΜΒΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ
- Σχήμα 38. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ Cisco 7200VXR
- Σχήμα 39. Ο Universal Gateway Cisco AS5350

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1. ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ
- Πίνακας 2. ΠΛΗΡΗΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΟΜΒΟ Α
- Πίνακας 3. ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΟΜΒΟ Α
- Πίνακας 4. ΣΤΑΤΙΚΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ
- Πίνακας 5. ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕ ΒΛΑΒΗ
- Πίνακας 6. Ο ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ HOPS ΓΙΑ ΤΟ DISTANCE-VECTOR ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ
- Πίνακας 7. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ HOPS ΣΕ ΕΝΑ LINK-STATE ΔΙΚΤΥΟ
- Πίνακας 8. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ROUTING TABLES ΤΕΣΣΑΡΩΝ ROUTERS
- Πίνακας 9. ROUTERS ΠΟΥ ΜΟΙΡΑΖΟΝΤΑΙ ROUTING ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΓΕΙΤΟΝΕΣ ΤΟΥΣ
- Πίνακας 10. ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ
- Πίνακας 11. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ
- Πίνακας 12. ΟΜΑΔΕΣ BRIDGES
- Πίνακας 13. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΦΟΡΕΩΝ
- Πίνακας 14. ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΙΚΡΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΙΣ PRA ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΟΥ ΥΛΟΠΟΙΟΥΝ
- Πίνακας 15. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗ ΜΙΚΡΟΥ ΦΟΡΕΑ
- Πίνακας 16. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΣΑΙΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΠΟΥ ΥΛΟΠΟΙΟΥΝ
- Πίνακας 17. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕΣΑΙΩΝ ΦΟΡΕΩΝ
- Πίνακας 18. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗ ΜΕΣΑΙΟΥ ΦΟΡΕΑ
- Πίνακας 19. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΟΡΕΩΝ
- Πίνακας 20. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΦΟΡΕΑ
- Πίνακας 21. ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ ΜΙΚΡΟΥ ΦΟΡΕΑ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
- Πίνακας 22. ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ ΜΕΣΑΙΟΥ ΦΟΡΕΑ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
- Πίνακας 23. ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ ΜΕΓΑΛΟΥ ΦΟΡΕΑ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
- Πίνακας 24. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>****INTERNET-TCP/IP****1.1 Εισαγωγή στο Internet**

Το πλήθος των δικτύων, των μηχανών και των χρηστών που ήταν συνδεδεμένοι στο ARPANET αυξήθηκε ραγδαία μετά την καθιέρωση του TCP/IP ως επίσημου πρωτοκόλλου, την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 1983. Όταν διασυνδέθηκαν το NSFNET και το ARPANET η αύξηση έγινε εκθετική. Πολλά περιφερειακά δίκτυα συνδέθηκαν, ενώ έγιναν και συνδέσεις με δίκτυα στον Καναδά, την Ευρώπη και τις χώρες του Ειρηνικού.

Κάπου στα μέσα της δεκαετίας του 1980, ο κόσμος άρχισε να αντιμετωπίζει αυτή τη συλλογή δικτύων σαν ένα διαδίκτυο και αργότερα σαν το Διαδίκτυο ή Internet. Ο συνδεδεμένος ιστός του internet είναι το μοντέλο αναφοράς TCP/IP και η στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP. Το TCP/IP επιτρέπει την παροχή της καθολικής υπηρεσίας και μπορεί να συγκριθεί με την υιοθέτηση ενός κοινού πρωτοκόλλου σηματοδότησης από όλες τις τηλεφωνικές εταιρείες.

Τι ακριβώς σημαίνει να είναι κανείς συνδεδεμένος στο internet; Ο ορισμός μας είναι ότι μια μηχανή είναι συνδεδεμένη στο internet αν εκτελεί τη στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP, έχει μια διεύθυνση IP και μπορεί να στέλνει πακέτα IP σε όλες τις άλλες μηχανές του internet. Η απλή ικανότητα να μπορεί να στέλνει και να λαμβάνει ηλεκτρονικό ταχυδρομείο δεν είναι αρκετή, αφού το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο μπορεί να διακινηθεί μέσω πυλών προς πολλά δίκτυα έξω από το internet. Ωστόσο, το ερώτημα γίνεται κάπως νεφελώδες επειδή εκατομμύρια προσωπικών υπολογιστών μπορούν να καλέσουν ένα φορέα παροχής υπολογιστών internet χρησιμοποιώντας ένα modem, να λάβουν μια προσωρινή διεύθυνση IP, και μετά να στείλουν πακέτα σε άλλους υπολογιστές υπηρεσίας στο internet. Είναι λογικό να θεωρήσουμε ότι αυτές οι μηχανές είναι συνδεδεμένες στο internet για όσο χρονικό διάστημα είναι συνδεδεμένες στο δρομολογητή του φορέα παροχής υπηρεσιών.

Παραδοσιακά το Internet και οι προκάτοχοί του είχαν τέσσερις κύριες εφαρμογές:

Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Η δυνατότητα συγγραφής, αποστολής και λήψης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου χρονολογείται από τα πρώτα βήματα του ARPANET και είναι εξαιρετικά δημοφιλής. Πολλοί άνθρωποι λαμβάνουν δεκάδες μηνύματα κάθε μέρα και θεωρούν το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ως την πρωταρχική μέθοδο αλληλεπίδρασης με τον έξω κόσμο, με μεγάλη διαφορά από το τηλέφωνο και το απλό ταχυδρομείο. Σήμερα τα προγράμματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου είναι διαθέσιμα ουσιαστικά σε οποιοδήποτε είδος υπολογιστή.

Συζητήσεις. Οι ομάδες συζητήσεων (ή ομάδες ειδήσεων) είναι εξειδικευμένα φόρουμ στα οποία χρήστες με κάποιο κοινό ενδιαφέρον μπορούν να ανταλλάσσουν μηνύματα. Υπάρχουν χιλιάδες ομάδες συζητήσεων που είναι αφιερωμένες σε τεχνικά και μη τεχνικά θέματα, στα οποία συμπεριλαμβάνονται οι υπολογιστές, οι επιστήμες, η ανακάλυψη και η πολιτική. Κάθε ομάδα συζητήσεων έχει τη δική της δεοντολογία, στυλ και συνήθειες και αλίμονο σε όποιον τα παραβιάσει.

Τηλεσύνδεση. Χρησιμοποιώντας τα προγράμματα telnet, rlogin και ssh οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν από οπουδήποτε στο Internet σε οποιαδήποτε άλλη μηχανή στην οποία διαθέτουν ένα λογαριασμό.

Μεταφορά αρχείων. Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα FTP, οι χρήστες μπορούν να αντιγράψουν αρχεία από μια μηχανή του Internet σε μια άλλη. Τεράστιες ποσότητες άρθρων, βάσεων δεδομένων και άλλων πληροφοριών είναι διαθέσιμες με αυτόν τον τρόπο.

Μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 1990, στο Internet βρίσκονταν κυρίως ακαδημαϊκοί, κρατικοί οργανισμοί και βιομηχανικοί ερευνητές. Μια νέα εφαρμογή, ο Παγκόσμιος Ιστός ή WWW (World Wide Web) άλλαξε τα πάντα και έφερε εκατομμύρια νέους, μη ακαδημαϊκούς, χρήστες στο δίκτυο.

Η εφαρμογή αυτή, που εφευρέθηκε από το φυσικό Tim Berners-Lee του CERN, δεν άλλαξε κάποια από τις υπάρχουσες λειτουργίες, αλλά τις έκανε ευκολότερες στη χρήση.

Μαζί με το πρόγραμμα φυλλομέτρησης (browser) Mosaic ο Παγκόσμιος Ιστός επέτρεψε σε μια τοποθεσία να δημιουργεί σελίδες πληροφοριών οι οποίες περιέχουν κείμενο, εικόνες, ήχο ακόμη και βίντεο με ενσωματωμένους συνδέσμους σε άλλες σελίδες. Πατώντας σε ένα σύνδεσμο, ο χρήστης μεταφέρεται άμεσα στη σελίδα προς την οποία δείχνει ο σύνδεσμος αυτός. Για παράδειγμα πολλές εταιρείες έχουν μια εισαγωγική σελίδα με καταχωρίσεις που δείχνουν σε άλλες σελίδες με στοιχεία προϊόντων, τιμοκαταλόγους, πωλήσεις, τεχνική υποστήριξη, επικοινωνία με υπαλλήλους, πληροφορίες για τους μετόχους και πολλά άλλα.

Πολλά άλλα είδη σελίδων έχουν εμφανιστεί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, όπως χάρτες, πίνακες χρηματιστηριακών στοιχείων, κατάλογοι βιβλιοθηκών, μαγνητοφωνημένα ραδιοφωνικά προγράμματα ακόμη και μια σελίδα με συνδέσμους προς το πλήρες κείμενο πολλών βιβλίων για τα οποία έχουν λήξει τα πνευματικά δικαιώματα. Πολλοί άνθρωποι διαθέτουν επίσης προσωπικές σελίδες.

Μεγάλο μέρος της ανάπτυξης κατά τη δεκαετία του 1990 τροφοδοτήθηκε από εταιρείες που ονομάζονται Φορείς Παροχής Υπηρεσιών Internet ή ISP (Internet Service Provider). Αυτές οι εταιρείες παρέχουν στους οικιακούς χρήστες τη δυνατότητα να καλούν από μια από τις μηχανές τους και να συνδέονται στο Internet, αποκτώντας έτσι πρόσβαση στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, το WWW και τις άλλες υπηρεσίες του Internet. Οι εταιρείες αυτές στα τέλη της δεκαετίας του 1990 αποκτούσαν δεκάδες εκατομμύρια νέους συνδρομητές κάθε χρόνο, αλλάζοντας εντελώς το χαρακτήρα του δικτύου από έναν ακαδημαϊκό και στρατιωτικό χώρο σε μια υπηρεσία κοινής ωφέλειας, παρόμοια με το τηλεφωνικό σύστημα. Το πλήθος των χρηστών του Internet είναι πια άγνωστο, αλλά είναι σίγουρα της τάξης των εκατοντάδων εκατομμυρίων παγκοσμίως και μάλλον θα φτάσει αρκετά σύντομα το ένα δισεκατομμύριο.

## 1.2 Εισαγωγή στα πρωτόκολλα Internet

Ένα από τα βασικότερα πρωτόκολλα, τα οποία χρησιμοποιούν οι υπολογιστές για να επικοινωνούν μεταξύ τους, όταν βρίσκονται σε ένα εσωτερικό δίκτυο, ή στο Internet, είναι το πρωτόκολλο TCP/IP.

Ο όρος TCP/IP αντιστοιχεί στις λέξεις Transmission Control Protocol/ Internet Protocol και αποτελεί τη βασική γλώσσα -ή αλλιώς πρωτόκολλο- επικοινωνίας των υπολογιστών στο Internet. Κάθε υπολογιστής, ο οποίος έχει άμεση πρόσβαση στο Internet (ή και σε κάποιο εσωτερικό δίκτυο intranet) διαθέτει εγκατεστημένο ένα αντίγραφο του TCP/IP, για να μπορεί να επικοινωνεί με τους υπόλοιπους. Φανταστείτε το Internet σαν ένα τεράστιο δίκτυο υπολογιστών, στο οποίο όλοι οι υπολογιστές χρειάζονται μια ενιαία γλώσσα, προκειμένου να μπορούν αφενός να στέλνουν αρχεία στους άλλους, αλλά και αφετέρου να μπορούν να αποκωδικοποιούν τα αρχεία, που δέχονται από τους υπόλοιπους. Το πρωτόκολλο TCP/IP αποτελείται από δυο μέρη.

Το υψηλότερο στρώμα διαχειρίζεται τη συγκρότηση οποιουδήποτε μηνύματος, ή αρχείου σε μικρότερα πακέτα πληροφοριών, τα οποία αποστέλλονται από τον υπολογιστή μας στο Internet, για να ανασυγκροτηθεί και να τα διαβάσει κάποιος άλλος υπολογιστής, ο οποίος επίσης διαθέτει το ίδιο στρώμα TCP.

Από την άλλη μεριά υπάρχει και το χαμηλότερο στρώμα του πρωτοκόλλου TCP/IP, το Internet Protocol. Στην ουσία, το εν λόγω στρώμα του πρωτοκόλλου είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της διεύθυνσης του κάθε υπολογιστή. Το Internet Protocol ορίζει στον κάθε υπολογιστή και από μια συγκεκριμένη διεύθυνση για να μπορούν να τον βρύνουν οι υπόλοιποι, ενώ ταυτόχρονα φροντίζει για την αποστολή του κάθε πακέτου πληροφοριών, που στέλνει ο υπολογιστής σας στη σωστή διεύθυνση που του ορίσατε.

Το πρωτόκολλο TCP/IP χρησιμοποιεί ένα επικοινωνιακό μοτίβο, που διαθέτει τη μορφή client/server. Αυτό σημαίνει, πως κάποιος χρήστης υπολογιστή, σε αυτήν την περίπτωση client, καλεί μια υπηρεσία (μια σελίδα στο Internet για παράδειγμα), την οποία του την αποστέλλει ένας άλλος υπολογιστής.



Η απλή λογική σύνδεση, που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο, είναι η σύνδεση από σημείο σε σημείο, δηλαδή από τον έναν υπολογιστή του δικτύου στον άλλον. Παρ' όλα αυτά, σε αντίθεση με τη λογική για τις τηλεφωνικές γραμμές, κάθε αίτηση ενός υπολογιστή για κάποια υπηρεσία δεν απαιτεί μια αφοσιωμένη σύνδεση μέχρι την ολοκλήρωση της μεταφοράς της υπηρεσίας. Η πληροφορία για παράδειγμα, η οποία θέλετε να μεταφερθεί στον υπολογιστή σας, μπορεί κατά τη μεταφορά της να περάσει και από άλλους υπολογιστές του δικτύου, χωρίς να χρειάζεται να παραμένετε εσείς μόνιμα συνδεδεμένοι με τον αρχικό υπολογιστή, που σας την παρέχει. Παρ' όλα αυτά, το ίδιο το στρώμα TCP του πρωτοκόλλου παραμένει στον υπολογιστή σας, μέχρι να ανασυγκροτηθούν εκεί οι πληροφορίες, τις οποίες ζητήσατε. Ταυτόχρονα, όλα τα πακέτα των πληροφοριών, που μεταφέρονται από τον έναν υπολογιστή στον άλλον, δεν "ανοίγουν", παρά μόνο όταν φτάσουν στο IP του παραλήπτη, που έχει οριστεί.

Η ελευθερία που προσφέρει ουσιαστικά το πρωτόκολλο TCP/IP, έγκειται στο γεγονός, πως επειδή τα δεδομένα δεν είναι απαραίτητο να μεταφέρονται από την ίδια σταθερή γραμμή ενός δικτύου, συνέχεια ελευθερώνονται γραμμές στο δίκτυο, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλους υπολογιστές. Αρκετά από τα πιο γνωστά πρωτόκολλα του Internet, σχετίζονται άμεσα με το πρωτόκολλο TCP/IP. Τα πρωτόκολλα HTTP, FTP συχνά διανέμονται μαζί με το TCP/IP, ως ένα πακέτο για την πρόσβαση στο Internet.

Το πρωτόκολλο TCP/IP, είτε πρόκειται για τη σύνδεση κάποιου υπολογιστή με το Internet, είτε για την επικοινωνία του με άλλους υπολογιστές σε κάποιο εσωτερικό δίκτυο, αποτελεί τον απαραίτητο εκείνο συνδετικό κρίκο, ο οποίος βοηθάει στην επικοινωνία μεταξύ των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

### 1.3 Ορισμός πρωτοκόλλου TCP

Στην καθημερινή μας ζωή, πρωτόκολλο είναι ένα σύνολο από συμβάσεις που καθορίζουν το πώς πρέπει να πραγματοποιηθεί κάποια διαδικασία. Στον κόσμο των δικτύων, πρωτόκολλο είναι ένα σύνολο από συμβάσεις που καθορίζουν το πώς ανταλλάσσουν μεταξύ τους δεδομένα οι υπολογιστές του δικτύου. Το πρωτόκολλο είναι αυτό που καθορίζει το πώς διακινούνται τα δεδομένα, το πώς γίνεται ο έλεγχος και ο χειρισμός των λαθών, κλπ. Το Internet δεν είναι ένα απλό δίκτυο, αλλά ένα διαδίκτυο. Χρειάζεται επομένως ένα σύνολο από συμβάσεις που να καθορίζουν το πώς ανταλλάσσουν μεταξύ τους δεδομένα υπολογιστές που μπορεί να είναι διαφορετικού τύπου και να ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα.

Ακριβώς αυτό το σύνολο συμβάσεων προσφέρει το TCP/IP. Όλοι οι υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στα χιλιάδες μικρότερα δίκτυα του Internet τρέχουν το πρωτόκολλο TCP/IP κι έτσι μιλούν μια κοινή γλώσσα που τους επιτρέπει να συνεννοούνται παρά τις διαφορές τους. Όμως τι ακριβώς κάνει το TCP/IP ;

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να μεταφέρουμε δεδομένα από έναν υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος στο Internet και βρίσκεται π.χ. στην Αμερική, στο MIT, σε έναν άλλον που είναι επίσης συνδεδεμένος στο Internet και βρίσκεται π.χ. στην Ελλάδα, στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Μεταξύ των δύο υπολογιστών παρεμβάλλεται το "σύννεφο" του Internet, δηλ. ένα πλέγμα από συνδέσεις και ενδιάμεσους υπολογιστές.

Το Internet χρησιμοποιεί την τεχνολογία μεταγωγής πακέτων για τη μεταφορά των δεδομένων: τα δεδομένα κόβονται σε κομμάτια που ονομάζονται πακέτα και σε κάθε πακέτο μπαίνει μια "επικεφαλίδα" με τις διευθύνσεις του υπολογιστή - αποστολέα και του υπολογιστή - παραλήπτη. Σημειώνουμε ότι σε κάθε υπολογιστή του Internet αντιστοιχίζεται μία διεύθυνση που ονομάζεται διεύθυνση IP.

Το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για το πέρασμα του πακέτου από υπολογιστή σε υπολογιστή μέσα από το "σύννεφο" των συνδέσεων.

Καθώς το IP δρομολογεί το κάθε πακέτο μέσα στο δίκτυο, προσπαθεί να το παραδώσει, αλλά δεν μπορεί να εγγυηθεί ούτε ότι το πακέτο θα φτάσει στον προορισμό του ούτε ότι τα διάφορα πακέτα που αποτελούν τα αρχικά δεδομένα θα φτάσουν με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν ούτε ότι το περιεχόμενο των πακέτων θα φτάσει αναλλοίωτο.

Το TCP προσφέρει ένα αξιόπιστο πρωτόκολλο πάνω από το IP. Εγγυάται ότι τα πακέτα θα παραδοθούν στον προορισμό τους, ότι θα φτάσουν με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν και ότι τα περιεχόμενα των πακέτων θα φτάσουν αναλλοίωτα (δηλ. όπως στάλθηκαν). Το TCP δουλεύει ως εξής: το κάθε πακέτο δεδομένων αριθμείται. Ο υπολογιστής - παραλήπτης και ο υπολογιστής - αποστολέας, αλλά όχι οι ενδιάμεσοι υπολογιστές, παρακολουθούν τους αριθμούς των πακέτων και ανταλλάσσουν μεταξύ τους πληροφορίες. Ο παραλήπτης λαμβάνει το πρώτο πακέτο, το δεύτερο, κλπ. Σε περίπτωση που παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα στο δίκτυο είτε χαθεί κάποιο πακέτο κατά τη διάρκεια της μετάδοσης, το ξαναζητάει και ο αποστολέας είναι υπεύθυνος για την αναμετάδοση του. Ο παραλήπτης ελέγχει επίσης αν το περιεχόμενο των πακέτων φτάνει σωστά.

Η μέθοδος αυτή εξασφαλίζει αξιοπιστία και ταχύτητα διότι οι ενδιάμεσοι υπολογιστές δεν εκτελούν ελέγχους.

Τώρα λοιπόν που γνωρίσαμε το TCP/IP μπορούμε να δώσουμε έναν πιο "επίσημο" ορισμό του Internet: ένα δίκτυο αποτελούμενο από δίκτυα υπολογιστών που επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP/IP. Όπως θα δούμε παρακάτω, η διαδρομή που ακολουθεί ένα πακέτο μέσα από το "σύννεφο" των συνδέσεων δεν είναι προκαθορισμένη.

Αρχικά, υπάρχει το πρωτόκολλο για το μήνυμα, το οποίο ορίζει το σύνολο των εντολών που μια μηχανή θα στέλνει σε κάποια άλλη, π.χ. εντολές για τον καθορισμό του αποστολέα του μηνύματος, του παραλήπτη και το τέλος του κειμένου του μηνύματος. Το πρωτόκολλο αυτό υποθέτει βέβαια, ότι υπάρχει τρόπος αξιόπιστης επικοινωνίας μεταξύ των δυο υπολογιστών. Το ταχυδρομείο, όπως άλλα πρωτόκολλα εφαρμογών απλά καθορίζει ανά σετ εντολών και μηνυμάτων για αποστολή. Είναι σχεδιασμένο να χρησιμοποιείται μαζί με τα TCP και IP. Το TCP είναι υπεύθυνο για το πέρασμα των εντολών στο άλλο άκρο. Κρατάει λογαριασμό του τι αποστέλλεται και επανεκπέμπει οτιδήποτε δεν πέρασε. Αν ένα μήνυμα είναι πολύ μεγάλο για ένα datagram π.χ. το κείμενο του ταχυδρομείου, το TCP θα το χωρίσει σε πολλαπλά datagrams και θα φροντίσει ώστε να φτάσουν σωστά. Εφόσον αυτές οι λειτουργίες απαιτούνται για πολλές εφαρμογές, ομαδοποιούνται σε ένα ξεχωριστό πρωτόκολλο αντί να αποτελούν μέρος των προδιαγραφών για την αποστολή ταχυδρομείου.

Μπορούμε να σκεφτούμε ότι το TCP φτιάχνει μια βιβλιοθήκη ρουτινών που οι εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιούν, όταν χρειάζονται, αξιόπιστες επικοινωνίες με άλλο υπολογιστή. Όμοια το TCP καλεί τις υπηρεσίες του IP. Αν και οι υπηρεσίες που παρέχει το TCP απαιτούνται από πολλές εφαρμογές, υπάρχουν ακόμα μερικά είδη εφαρμογών που δεν τις χρειάζονται. Σίγουρα όμως υπάρχουν και υπηρεσίες που απαιτούνται από όλες τις εφαρμογές. Οι υπηρεσίες αυτές ομαδοποιούνται στο IP. Όπως και με το TCP, μπορούμε να σκεφτούμε το IP σαν μια βιβλιοθήκη ρουτινών που καλεί το TCP και που είναι επίσης διαθέσιμη σε εφαρμογές που δεν χρησιμοποιούν το TCP. Η στρατηγική αυτή της οικοδόμησης πολλαπλών επιπέδων του πρωτοκόλλου καλείται "layering". Έτσι, μπορούμε να θεωρήσουμε τα διάφορα προγράμματα εφαρμογών στη θέση του ταχυδρομείου και τα TCP, IP σαν ξεχωριστά επίπεδα, κάθε ένα από τα οποία καλεί τις υπηρεσίες του αμέσως πιο χαμηλού επιπέδου.

Γενικά οι TCP/IP εφαρμογές έχουν τέσσερα επίπεδα: Το TCP/IP είναι βασισμένο στο "catenet model". Το μοντέλο αυτό υποθέτει ότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ανεξάρτητων δικτύων συνδεδεμένων μεταξύ τους με gateways. Ο χρήστης πρέπει να μπορεί να προσπελάσει υπολογιστές ή άλλα αγαθά σε οποιοδήποτε από αυτά τα δίκτυα. Τα datagrams περνούν συχνά από δεκάδες διαφορετικά δίκτυα πριν φτάσουν στον τελικό τους προορισμό. Η διαδρομή που χρειάζεται για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να είναι άορατη στο χρήστη.

Όσον αφορά το χρήστη, το μόνο που χρειάζεται να γνωρίζει για την προσπέλαση ενός άλλου συστήματος είναι η Internet διεύθυνσή του. Αυτή είναι μια διεύθυνση με την εξής μορφή: 128.6.4.194.

Στην πραγματικότητα, η διεύθυνση είναι ένας 32-bit αριθμός, αν και γράφεται σαν τέσσερα δεκαδικά ψηφία χωρισμένα μεταξύ τους με μια τελεία, που ο καθένας αντιστοιχεί σε 8 bits της διεύθυνσης. (Για τέτοιες ομάδες των 8 bits χρησιμοποιείται ο όρος "octets").

Ο όρος "byte" δεν χρησιμοποιείται, επειδή το TCP/IP υποστηρίζεται από μερικούς υπολογιστές που έχουν μήκος byte διαφορετικό των 8 bits). Γενικά, η δομή της διεύθυνσης δίνει πληροφορίες για το πως θα φτάσουμε στο σύστημα.

Για παράδειγμα, το 128.6 είναι το νούμερο του δικτύου που έχει ανατεθεί στο Rutgers University. Το Rutgers χρησιμοποιεί το επόμενο octet, για να δηλώσει σε ποιο από τα Ethernets του πανεπιστημίου γίνεται αναφορά. Για παράδειγμα, 128.6.4 είναι το Ethernet που χρησιμοποιείται από το Computer & Science Dept. Το τελευταίο octet επιτρέπει μέχρι και 254 συστήματα σε κάθε Ethernet.

Φυσικά, αναφερόμαστε συνήθως σε συστήματα, με όνομα, παρά με τη διεύθυνση Internet. Όταν δίνουμε ένα όνομα, το λογισμικό του δικτύου συμβουλευεται μια βάση δεδομένων και βρίσκει την αντίστοιχη διεύθυνση Internet.

Το TCP/IP είναι χτισμένο με τεχνολογία "χωρίς σύνδεση" (connectionless). Η

πληροφορία μεταφέρεται σαν μια ακολουθία datagrams. Το datagram είναι μια ομάδα δεδομένων που στέλνεται σαν ξεχωριστό μήνυμα. Κάθε ένα από τα datagrams, στέλνεται ατομικά μέσω του δικτύου. Αφού επιτευχθεί εγκατάσταση σύνδεσης, η πληροφορία διασπάται σε datagrams, τα οποία αντιμετωπίζονται από το δίκτυο απολύτως ξεχωριστά. Για παράδειγμα, υποθέστε ότι θέλετε να μεταφέρετε ένα αρχείο 15000 octets. Τα περισσότερα δίκτυα δεν μπορούν να χειριστούν ένα datagram 15000 octets. Έτσι, τα πρωτόκολλα θα το διασπάσουν π.χ. σε 30 datagrams των 500 octets. Κάθε ένα από αυτά τα datagrams θα σταλεί στο άλλο άκρο. Στο σημείο αυτό θα επανασυνδεθούν για να διαμορφώσουν το πρωτότυπο αρχείο των 15000 octets. Όσο όμως τα datagrams αυτά είναι σε μεταφορά, το δίκτυο δεν γνωρίζει ότι υπάρχει κάποια σύνδεση μεταξύ τους. Έτσι, είναι πολύ πιθανόν να φτάσει το datagram 14, πριν το 13. Είναι επίσης πιθανό, ότι κάπου στο δίκτυο θα συμβεί κάποιο λάθος και κάποιο datagram δεν θα περάσει καθόλου. Στην περίπτωση αυτή το datagram πρέπει να σταλεί ξανά.

Σημειώνουμε, ότι οι όροι "datagram" και "packet" φαίνονται να έχουν την ίδια έννοια. Τεχνικά, το datagram είναι ο σωστός όρος που πρέπει να χρησιμοποιείται όταν περιγράφεται το TCP/IP. Το datagram είναι μια μονάδα δεδομένων με την οποία ασχολούνται τα πρωτόκολλα. Το πακέτο είναι κάτι φυσικό, που παρουσιάζεται στο Ethernet ή κάποιο καλώδιο. Στις περισσότερες περιπτώσεις το πακέτο απλώς περιέχει ένα datagram κι έτσι η διαφορά είναι πολύ μικρή. Μπορεί όμως και να διαφέρουν. Όταν το TCP/IP χρησιμοποιείται πάνω το X.25 το X.25 διεπαφή διασπά τα datagrams σε 128-byte πακέτα. Αυτό δεν το βλέπει το IP, επειδή τα πακέτα συντίθενται ξανά σε ένα datagram στην άλλη άκρη πριν τα επεξεργαστεί το TCP/IP. Έτσι στην περίπτωση αυτή ένα IP datagram θα μεταφέρεται από πολλά πακέτα. Στις περισσότερες περιπτώσεις βέβαια, υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα στην αποστολή ενός datagram / πακέτο και έτσι οι διακρίσεις τείνουν να εξαλειφθούν.

Υπάρχουν δυο διαφορετικά πρωτόκολλα που χειρίζονται τα TCP/IP datagrams. Το TCP είναι υπεύθυνο για τη διάσπαση του μηνύματος σε datagrams και την επανασύνδεσή τους στο άλλο άκρο ξαναστέλνοντας οτιδήποτε έχει χαθεί και ταξινομώντας τα στη σωστή σειρά. Το IP είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των datagrams. Ίσως φαίνεται ότι το TCP κάνει όλη τη δουλειά. Στα μικρά δίκτυα, αυτό πράγματι συμβαίνει. Παρ' όλα αυτά στο Internet, το να φτάσει απλώς ένα datagram στον προορισμό του μπορεί να είναι μια δύσκολη δουλειά. Το datagram συνήθως πρέπει να περάσει από πολλά διαφορετικά είδη δικτύων όπου απαιτείται χειρισμός των ασυμβατοτήτων μεταξύ των διαφορετικών μέσων μετάδοσης. Σημειώνουμε ότι η διεπαφή μεταξύ του TCP και IP είναι σχετικά απλό. Το TCP απλά παραδίδει στο IP ένα datagram και τον προορισμό του. Το IP δεν γνωρίζει πως το datagram αυτό συνδέεται με το προηγούμενο ή το επόμενο του.

Μέχρι εδώ έχουμε μιλήσει για τις διευθύνσεις του Internet, αλλά όχι για το πώς κρατιέται λογαριασμός των πολλαπλών συνδέσεων σε ένα σύστημα. Σίγουρα δεν είναι αρκετό να φτάσει ένα datagram στο σωστό προορισμό.

Το TCP πρέπει να γνωρίζει ποιας σύνδεσης είναι μέρος, το συγκεκριμένο datagram. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται σαν "απόπλεξη" (Demultiplexing).

Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλά επίπεδα απόπλεξης στο TCP/IP. Οι πληροφορίες που χρειάζονται για να γίνει η απόπλεξη αυτή περιέχεται σε μια σειρά επικεφαλίδων (headers).

Η επικεφαλίδα είναι απλώς μερικά επιπλέον octets που προσαρτώνται στην αρχή των datagrams από ένα πρωτόκολλο. Αμέσως παρακάτω, φαίνεται πως ακριβώς προσαρτούνται επικεφαλίδες σε ένα μήνυμα που περνά μέσα από ένα τυπικό TCP/IP δίκτυο.

Έστω ότι έχουμε ένα αρχείο που πρέπει να το στείλουμε σε έναν άλλο υπολογιστή:

\*\*\*\*\*

Το TCP χωρίζει το αρχείο σε κομμάτια ώστε να μπορεί να τα χειριστεί (Για να γίνει αυτό πρέπει το TCP να γνωρίζει το μεγαλύτερο μήκος datagram που μπορεί να χειριστεί το συγκεκριμένο δίκτυο. Στην πραγματικότητα τα TCP στις δύο άκρες δηλώνουν το μεγαλύτερο datagram που μπορούν να χειριστούν και επιλέγεται το μικρότερο από τα δύο).

\*\*\* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \* \*\* \*

Το TCP βάζει μια επικεφαλίδα στην αρχή του κάθε datagram. Η επικεφαλίδα αυτή περιέχει τουλάχιστον 20 octets, αλλά τα πιο σημαντικά είναι ο αριθμός της πόρτας πηγής και προορισμού και ο αριθμός σειράς (source and destination port number - sequence number). Τα port numbers χρησιμοποιούνται για την ταυτοποίηση των διαφόρων συνδιαλέξεων.

Ας υποθέσουμε ότι 3 διαφορετικοί άνθρωποι μεταφέρουν αρχεία. Το TCP αναθέτει τα port number 1000, 1001, και 1002 στις μεταφορές αυτές. Όταν αποστέλλεται ένα datagram, τα νούμερα αυτά αποτελούν τα source port numbers. Φυσικά το TCP στο άλλο άκρο, έχει αναθέσει ένα δικό του port number για την συνδιάλεξη. Το TCP στο σύστημα αποστολής του αρχείου πρέπει να γνωρίζει το port number που χρησιμοποιείται στο άλλο άκρο, το οποίο και τοποθετεί στο πεδίο πόρτας προορισμού (destination port field). Φυσικά, αν από το άλλο άκρο σταλεί πίσω ένα datagram τα source και destination ports θα αντιστραφούν. Κάθε datagram έχει ένα sequence number. Αυτός ο αριθμός χρησιμοποιείται ώστε το άλλο άκρο να παίρνει τα datagrams στη σωστή σειρά και να εξασφαλίζεται ότι δεν υπάρχουν απώλειες.

Το TCP δεν αριθμεί τα datagrams αλλά τα octets. Έτσι αν υπάρχουν 500 octets δεδομένων σε κάθε datagram, το πρώτο datagram θα έχει αριθμό 0 το δεύτερο 500, το επόμενο 1000 κ.ο.κ. Τέλος, θα αναφερθεί το checksum. Το checksum είναι ένας αριθμός που υπολογίζεται προσθέτοντας όλα τα octets σε ένα datagram. Το αποτέλεσμα μπαίνει στην επικεφαλίδα. Το TCP στο άλλο άκρο υπολογίζει ξανά το checksum. Αν τα δύο checksum δεν συμφωνούν, τότε κάτι έχει συμβεί στο datagram κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και απορρίπτεται από το λαμβάνων σύστημα.

Αν θεωρήσουμε "T" τη συντομογραφία της επικεφαλίδας του TCP το αρχείο μας θα έχει τελικά τη μορφή:

T\*\*\* T\*\*\* T\*\*\* T\*\*\* T\*\*\* T\*\*\* T\*\*\* T\*\*\* T\*\*\* T\*\*\*

Σημειώνεται, ότι υπάρχουν κομμάτια της επικεφαλίδας που δεν έχουν περιγραφεί. Γενικά, αυτά έχουν να κάνουν με την διαχείριση της σύνδεσης. Για να εξασφαλιστεί το γεγονός ότι το datagram έχει φτάσει στον προορισμό του, ο λήπτης στέλνει ένα "acknowledgment" (επιβεβαίωση). Αυτό είναι ένα datagram του οποίου το πεδίο "acknowledgment number" είναι συμπληρωμένο.

Για παράδειγμα, στέλνοντας ένα πακέτο με ackn. 1500, σημαίνει ότι έχουν φτάσει όλα τα data έως το octet με νούμερο 1500. Αν ο αποστολέας δεν πάρει acknowledgment μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, αποστέλλει ξανά τα δεδομένα.

Το πεδίο window χρησιμοποιείται για να ελέγχεται τα πόσα δεδομένα μπορεί να βρίσκονται υπό μεταφορά ταυτόχρονα. Προφανώς, είναι μη πρακτικό να περιμένουμε acknowledgment για κάθε datagram που έχει αποσταλεί για να στείλουμε το επόμενο. Κάτι τέτοιο θα επιβράδυνε πολύ την όλη διαδικασία.

Σίγουρα όμως δεν θα μπορούσαμε να στέλνουμε συνεχώς δεδομένα διότι ένας γρήγορος αποστολέας θα ξεπερνούσε τη δυνατότητα ενός αργού παραλήπτη να απορροφήσει τα δεδομένα. Έτσι κάθε άκρο δηλώνει πόσα νέα δεδομένα μπορεί να απορροφήσει βάζοντας το νούμερο των octets στο πεδίο "window". Όσο ο υπολογιστής λαμβάνει δεδομένα, το ποσό του χώρου που μένει ελεύθερος στο παράθυρό του μειώνεται. Όταν φτάσει στο μηδέν, ο αποστολέας πρέπει να σταματήσει. Όταν ο λήπτης επεξεργάζεται τα δεδομένα αυξάνει το παράθυρό του, δηλώνοντας ότι είναι έτοιμος να δεχτεί νέα δεδομένα. Συχνά το ίδιο datagram μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιβεβαιώσει τη λήψη ενός συνόλου δεδομένων και να δώσει την άδεια για επιπρόσθετα νέα δεδομένα. Το πεδίο urgent επιτρέπει στο ένα άκρο να πει στο άλλο να προχωρήσει στην επεξεργασία ενός συγκεκριμένου octet. Είναι επίσης χρήσιμο για το χειρισμό ασύγχρονων γεγονότων π.χ. διακοπή της εξόδου με την πληκτρολόγηση control χαρακτήρα ή άλλης εντολής.

## 1.4 Ορισμός πρωτοκόλλου IP

Ένα καλό σημείο για να αρχίσουμε τη μελέτη του επιπέδου δικτύου του Internet είναι η μορφή των ιδίων των αυτοδύναμων πακέτων IP. Το αυτοδύναμο πακέτο IP αποτελείται από ένα κομμάτι κεφαλίδας και ένα κομμάτι κειμένου. Η κεφαλίδα έχει ένα σταθερό τμήμα μεγέθους 20 byte και ένα προαιρετικό τμήμα μεταβλητού μήκους. Μεταδίδεται με σειρά μεγάλου άκρου: από τα αριστερά προς τα δεξιά, με το σημαντικότερο bit του πεδίου Έκδοση να μεταδίδεται πρώτο. (Οι υπολογιστές SPARC είναι μεγάλου άκρου, οι υπολογιστές Pentium είναι μικρού άκρου). Στις μηχανές μικρού άκρου, απαιτείται μετατροπή μέσω λογισμικού τόσο κατά τη μετάδοση όσο και κατά τη λήψη.

Το πεδίο Έκδοση (version) δείχνει την έκδοση του πρωτοκόλλου την οποία ακολουθεί το αυτοδύναμο πακέτο. Περιλαμβάνοντας την έκδοση μέσα σε κάθε αυτοδύναμο πακέτο επιτρέπουμε η μετάβαση μεταξύ εκδόσεων να μπορεί να πάρει ακόμα και χρόνια, με μερικές μηχανές να εκτελούν την παλιά έκδοση και άλλες τη νέα. Αυτή τη στιγμή εξελίσσεται μια μετάβαση ανάμεσα στο IPv4 και το IPv6, η οποία έχει ήδη διαρκέσει χρόνια και δεν είναι καθόλου κοντά στην ολοκλήρωση της. Πολλοί μάλιστα πιστεύουν ότι δεν θα συμβεί ποτέ. Παρεμπιπτόντως, σχετικά με την αρίθμηση, το IPv5 ήταν ένα πειραματικό πρωτόκολλο συνεχούς ροής δεδομένων πραγματικού χρόνου, το οποίο δεν χρησιμοποιήθηκε ποτέ ευρέως.

Επειδή το μήκος της κεφαλίδας δεν είναι σταθερό, παρέχεται ένα πεδίο στην κεφαλίδα, το MKΔ (IHL), το οποίο δηλώνει πόσο μεγάλη είναι η κεφαλίδα, σε λέξεις των 32 bit. Η ελάχιστη τιμή είναι 5 και ισχύει όταν δεν υπάρχουν επιλογές. Η μέγιστη τιμή αυτού του 4μπιτου πεδίου είναι 15, γεγονός που περιορίζει την κεφαλίδα σε 60 byte και κατά συνέπεια το πεδίο Επιλογές (options) σε 40 byte. Για μερικές επιλογές, όπως αυτή που καταγράφει το δρομολόγιο που ακολούθησε ένα πακέτο, τα 40 byte είναι πάρα πολύ λίγα και έτσι αυτή η επιλογή είναι σχεδόν άχρηστη.

Το πεδίο Τύπος υπηρεσίας (type of service) είναι ένα από τα πεδία που έχουν αλλάξει (ελαφρώς) νόημα με τα χρόνια. Προοριζόταν και ακόμη προορίζεται για να κάνει διάκριση ανάμεσα σε διαφορετικές τάξεις υπηρεσιών. Είναι πιθανοί διάφοροι συνδυασμοί αξιοπιστίας και ταχύτητας. Για την ψηφιοποιημένη φωνή η γρήγορη παράδοση είναι καλύτερη από την ορθή παράδοση. Για τη μεταφορά αρχείων η μετάδοση χωρίς σφάλματα είναι πιο σημαντική από τη γρήγορη μετάδοση.

Αρχικά, αυτό το 6μπιτο πεδίο περιείχε (από τα αριστερά προς τα δεξιά), ένα πεδίο τριών bit Προτεραιότητα (precedence) και τρεις σημαίες, τις K, Δ και A. Το πεδίο Προτεραιότητα ήταν ένα επίπεδο προτεραιότητας από 0 (κανονική) έως 7 (πακέτο ελέγχου δικτύου). Τα τρία bit σημαίας επέτρεπαν στον υπολογιστή υπηρεσίας να προσδιορίζει για ποιο πράγμα ενδιαφερόταν περισσότερο από το σύνολο {Καθυστέρηση, Διεκπεραίωση, Αξιοπιστία} (Delay, Throughput, Reliability).

Θεωρητικά, αυτά τα πεδία επέτρεπαν στους δρομολογητές να κάνουν επιλογές ανάμεσα σε, για παράδειγμα, μια δορυφορική γραμμή με υψηλό εύρος ζώνης και υψηλή καθυστέρηση ή μια μισθωμένη γραμμή με χαμηλό εύρος ζώνης και χαμηλή καθυστέρηση. Στην πράξη, οι τρέχοντες δρομολογητές συχνά παραβλέπουν εντελώς το πεδίο Τύπος υπηρεσίας.

Το Συνολικό μήκος (total length) περιλαμβάνει όλα τα περιεχόμενα μέσα στο αυτοδύναμο πακέτο- και την κεφαλίδα και τα δεδομένα. Το μέγιστο μήκος είναι 65.535 byte. Προς το παρόν αυτό το άνω όριο είναι ανεκτό, αλλά στα μελλοντικά δίκτυα ταχύτητας gigabit θα χρειαστούν μεγαλύτερα αυτοδύναμα πακέτα.

Το πεδίο Αναγνωριστικό (identification) χρειάζεται για να επιτρέπει στον υπολογιστή υπηρεσίας προορισμού να προσδιορίζει σε ποιο αυτοδύναμο πακέτο ανήκει το θραύσμα που μόλις έφθασε. Όλα τα θραύσματα ενός αυτοδύναμου πακέτου περιέχουν την ίδια τιμή στο πεδίο Αναγνωριστικό.

Στη συνέχεια έχουμε ένα μη χρησιμοποιούμενο bit και μετά ακολουθούν δύο πεδία του 1 bit. Το πεδίο OK σημαίνει Όχι Κατακερματισμός (DF, don't fragment).

Είναι μια διαταγή προς τους δρομολογητές να μην κατακερματίσουν το αυτοδύναμο πακέτο, επειδή ο προορισμός δεν είναι σε θέση να συναρμολογήσει ξανά όλα τα τμήματα του πακέτου. Για παράδειγμα, όταν ξεκινά ένας υπολογιστής, η ROM του μπορεί να ζητήσει να του αποσταλεί μια εικόνα της μνήμης σε ένα μόνο αυτοδύναμο πακέτο. Σημειώνοντας το αυτοδύναμο πακέτο με το bit OK, ο αποστολέας ξέρει ότι το πακέτο θα φτάσει ενιαίο- ακόμα και αν αυτό σημαίνει ότι το αυτοδύναμο πακέτο θα πρέπει να αποφύγει ένα δίκτυο μικρών πακέτων το οποίο βρίσκεται στην καλύτερη διαδρομή και κατά συνέπεια θα ακολουθήσει ένα μη βέλτιστο δρομολόγιο. Όλες οι μηχανές απαιτείται να δέχονται θραύσματα μήκους 576 byte ή μικρότερα.

Το πεδίο ΠΘ σημαίνει Περισσότερα Θραύσματα (MF, more fragments). Όλα τα θραύσματα εκτός από το τελευταίο έχουν ενεργοποιημένο αυτό το bit. Αυτό απαιτείται έτσι ώστε να γνωρίζουμε πότε έχουν φτάσει όλα τα θραύσματα ενός αυτοδύναμου πακέτου.

Η Σχετική απόσταση θραύσματος (fragment offset) δείχνει που βρίσκεται αυτό το θραύσμα στο τρέχον αυτοδύναμο πακέτο. Όλα τα θραύσματα εκτός από το τελευταίο ενός αυτοδύναμου πακέτου θα πρέπει να είναι πολλαπλάσια των 8 byte, που είναι το στοιχειώδες μέγεθος των θραυσμάτων. Αφού παρέχονται 13 bit, έχουμε ένα μέγιστο όριο 8192 θραυσμάτων ανά αυτοδύναμο πακέτο, γεγονός που δίνει μέγιστο μήκος αυτοδύναμου πακέτου ίσο με 65.536 byte, ένα byte περισσότερο απ' ότι το πεδίο Συνολικό μήκος.

Το πεδίο Χρόνος ζωής (time to live) είναι ένας μετρητής που χρησιμοποιείται για τον περιορισμό της ζωής των πακέτων. Υποτίθεται ότι μετρά το χρόνο σε δευτερόλεπτα, επιτρέποντας μέγιστο χρόνο ζωής ίσο με 255 sec. Θα πρέπει να μειώνεται σε κάθε άλμα, και υποτίθεται ότι θα μειώνεται πολλές φορές όταν το πακέτο βρίσκεται για πολλή ώρα στην ουρά ενός δρομολογητή. Στην πράξη απλώς μετρά άλματα. Όταν φτάσει στο μηδέν, το πακέτο απορρίπτεται και επιστρέφεται στον αποστολέα ένα πακέτο προειδοποίησης. Αυτό το χαρακτηριστικό αποτρέπει τα αυτοδύναμα πακέτα από το να περιπλανιούνται για πάντα – κάτι που θα μπορούσε να συμβεί αν τύχαινε να αλλοιωθούν οι πίνακες δρομολόγησης.

Όταν το επίπεδο δικτύου συναρμολογήσει ένα πλήρες αυτοδύναμο πακέτο, πρέπει να ξέρει τι να το κάνει. Το πεδίο Πρωτόκολλο (protocol) λέει σε ποια διεργασία επιπέδου μεταφοράς να το δώσει. Μία πιθανότητα είναι το TCP, υπάρχει όμως και το UDP, καθώς και άλλα πρωτόκολλα. Η αρίθμηση των πρωτοκόλλων είναι κοινή σε ολόκληρο το Internet.

Το Άθροισμα ελέγχου κεφαλίδας (header checksum) επαληθεύει μόνο την κεφαλίδα. Αυτό το άθροισμα ελέγχου είναι χρήσιμο για την ανίχνευση σφαλμάτων που παράγονται από προβληματικές λέξεις μνήμης μέσα σε ένα δρομολογητή.

Ο αλγόριθμος είναι να αθροίζονται όλες οι μισές λέξεις των 16 bit καθώς φτάνουν, χρησιμοποιώντας αριθμητική συμπληρώματος ως προς ένα, και μετά να παίρνουμε το συμπλήρωμα ως προς ένα του αποτελέσματος. Για τις ανάγκες του αλγόριθμου αυτού, το Άθροισμα ελέγχου κεφαλίδας θεωρείται μηδενικό κατά την άφιξη.

Ο αλγόριθμος αυτός είναι πιο ανθεκτικός από τη χρήση μιας απλής πρόσθεσης. Σημειώνουμε ότι το Άθροισμα ελέγχου κεφαλίδας πρέπει να υπολογίζεται ξανά σε κάθε άλμα επειδή αλλάζει πάντα ένα τουλάχιστον πεδίο (το πεδίο χρόνος ζωής), μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν κάποια κόλπα για επιτάχυνση του υπολογισμού.

Η Διεύθυνση προέλευσης (source address) και η Διεύθυνση προορισμού (destination address) δείχνουν τον αριθμό δικτύου και τον αριθμό υπολογιστή υπηρεσίας. Το πεδίο Επιλογές (options) σχεδιάστηκε για να παρέχει έναν τρόπο διαφυγής ο οποίος θα επιτρέπει σε επόμενες εκδόσεις του πρωτοκόλλου να περιέχουν πληροφορίες που δεν υπήρχαν στην αρχική σχεδίαση, θα δίνει στους ερευνητές τη δυνατότητα να δοκιμάζουν νέες ιδέες, και θα αποφεύγει την εκχώρηση bit κεφαλίδας για πληροφορίες που χρειάζονται σπάνια. Οι επιλογές έχουν μεταβλητό μήκος. Κάθε επιλογή αρχίζει με έναν κωδικό 1 byte που προσδιορίζει την επιλογή. Μερικές επιλογές ακολουθούνται από ένα πεδίο μήκους επιλογής με μέγεθος 1 byte, και στη συνέχεια ακολουθούν ένα ή περισσότερα byte δεδομένων. Το πεδίο Επιλογές συμπληρώνεται σε πολλαπλάσια των τεσσάρων byte. Αρχικά είχαν οριστεί πέντε επιλογές, αλλά σήμερα έχουν οριστεί και μερικές νέες.

Η επιλογή Ασφάλεια (security) δηλώνει πόσο μυστικές είναι οι πληροφορίες. Θεωρητικά ένας στρατιωτικός δρομολογητής μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτό το πεδίο για να προσδιορίσει ότι δεν πρέπει να γίνει δρομολόγηση μέσω ορισμένων χωρών που θεωρούνται 'κακές' από το στρατό. Στην πράξη όλοι οι δρομολογητές το παραβλέπουν, έτσι η μόνη πρακτική χρησιμότητά του είναι να βοηθά τους κατασκόπους να εντοπίζουν πιο εύκολα τις σημαντικές πληροφορίες.

Η επιλογή Αυστηρή δρομολόγηση προέλευσης (strict source routing) προσδιορίζει την πλήρη διαδρομή από την προέλευση ως τον προορισμό, με τη μορφή μιας ακολουθίας διευθύνσεων IP. Το αυτοδύναμο πακέτο θα πρέπει να ακολουθήσει αυτή ακριβώς τη διαδρομή. Η επιλογή αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τους διαχειριστές των συστημάτων, έτσι ώστε να στέλνουν πακέτα έκτακτης ανάγκης όταν παραμορφώνονται οι πίνακες δρομολόγησης, ή να μπορούν να εκτελούν χρονομετρήσεις.

Η επιλογή Χαλαρή δρομολόγηση προέλευσης (loose source routing) απαιτεί να περάσει το πακέτο από τη λίστα προσδιοριζόμενων δρομολογητών, με τη σειρά που καθορίζονται, αν και μπορεί να περάσει και από άλλους δρομολογητές στη διαδρομή. Κανονικά η επιλογή αυτή θα περιέχει λίγους μόνο δρομολογητές, με στόχο να επιβάλει τη χρήση μιας συγκεκριμένης διαδρομής. Για παράδειγμα, για να εξαναγκαστεί ένα πακέτο που πηγαίνει από το Λονδίνο στο Σύννευ να κινηθεί δυτικά αντί ανατολικά, αυτή η επιλογή μπορεί να προσδιορίζει δρομολογητές στη Νέα Υόρκη, το Λος Άντζελες, και τη Χονολουλού. Η επιλογή αυτή είναι πιο χρήσιμη όταν πολιτικοί ή οικονομικοί λόγοι επιβάλουν τη χρήση ή την αποφυγή ορισμένων χωρών.

Η επιλογή Καταγραφή δρομολογίου (record route) ζητά από τους δρομολογητές που υπάρχουν κατά μήκος της διαδρομής να επισυνάπτουν τη διεύθυνση IP τους στο πεδίο των επιλογών. Αυτό επιτρέπει στους διαχειριστές των συστημάτων να εντοπίζουν σφάλματα στον αλγόριθμο δρομολόγησης ('Γιατί τα πακέτα από το Χιούστον στο Ντάλας επισκέπτονται πρώτα το Τόκιο;'). Όταν εγκαταστάθηκε αρχικά το ARPANET κανένα πακέτο δεν διέσχισε ποτέ περισσότερους από εννιά δρομολογητές, έτσι 40 byte επιλογών ήταν υπερεπαρκή. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, τώρα πια είναι πολύ λίγα.

Τέλος, η επιλογή Χρονοσφραγίδα (timestamp) μοιάζει με την επιλογή Καταγραφή δρομολογίου, με τη διαφορά ότι, εκτός από την καταγραφή της 32μπιτης διεύθυνσης IP, κάθε δρομολογητής θα πρέπει επίσης να καταγράφει και μια 32μπιτη χρονοσφραγίδα. Και αυτή η επιλογή χρησιμεύει κυρίως για τον εντοπισμό σφαλμάτων στους αλγόριθμους δρομολόγησης. Το TCP στέλνει καθένα από τα datagrams στο IP. Πρέπει βέβαια να πληροφορήσει το IP για την Internet διεύθυνση του υπολογιστή στο άλλο άκρο. Σημειώνουμε ότι η διεύθυνση αυτή είναι η μόνη που ενδιαφέρει το IP. Το IP δεν ενδιαφέρεται για το τι περιέχει το datagram ή η επικεφαλίδα TCP.

Η δουλειά του IP είναι απλά να εξασφαλίσει το μονοπάτι ώστε το datagram να φτάσει στο άλλο άκρο. Το IP προσθέτει τις δικές του επικεφαλίδες ώστε το datagram να προωθηθεί από άλλα ενδιάμεσα συστήματα. Η επικεφαλίδα αυτή περιέχει βασικά τις Internet διευθύνσεις του συστήματος πηγής και προορισμού (32 bits π.χ. 128.6.4.194), τον αριθμό πρωτοκόλλου και ένα ακόμη checksum. Η Internet διεύθυνση είναι απλά η διεύθυνση της μηχανής που στέλνει τα δεδομένα. (Είναι απαραίτητη ώστε το άλλο άκρο να γνωρίζει από που ήρθε το datagram). Η διεύθυνση προορισμού είναι η διεύθυνση στην οποία θέλουμε να φτάσουν τα δεδομένα.

(Είναι απαραίτητη ώστε τα ενδιάμεσα συστήματα να γνωρίζουν που πρέπει να πάει το datagram). Ο αριθμός πρωτοκόλλου πληροφορεί το IP στο άλλο άκρο ότι πρέπει να στείλει το datagram στο TCP. (Μπορεί να υπάρχουν και άλλα πρωτόκολλα εκτός του TCP που χρησιμοποιούν το IP οπότε το IP πρέπει να πληροφορηθεί σε ποιο πρωτόκολλο θα στείλει το datagram). Τέλος, το checksum επιτρέπει στο IP στο άλλο άκρο, να επαληθεύσει ότι το header δεν καταστράφηκε κατά τη μετάδοση. Σημειώνουμε, ότι το TCP και το IP έχουν διαφορετικά checksums. Το IP πρέπει να μπορεί να εξακριβώσει ότι η επικεφαλίδα δεν καταστράφηκε, αλλιώς υπάρχει περίπτωση να στείλει ένα μήνυμα σε λάθος μέρος.

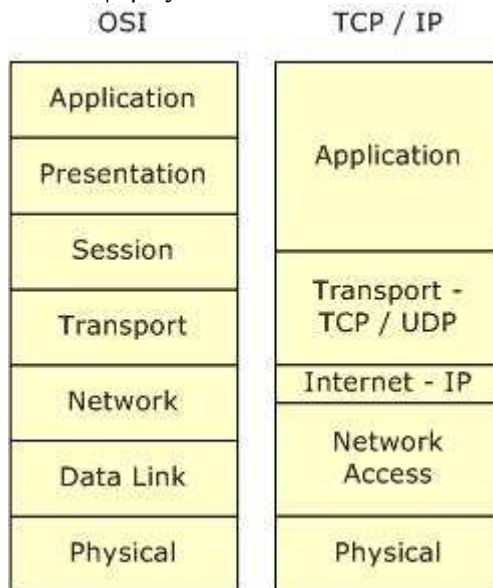
Αν συμβολίσουμε την επικεφαλίδα του IP με I, το αρχείο θα έχει τη μορφή:

IT\*\*\* IT\*\*\* IT\*\*\* IT\*\*\* IT\*\*\* IT\*\*\* IT\*\*\* IT\*\*\* IT\*\*\* IT\*\*\*

Και εδώ, η επικεφαλίδα αποτελείται από μερικά επιπλέον πεδία στα οποία δεν έχουμε αναφερθεί. Τα περισσότερα από αυτά ξεφεύγουν από το σκοπό του κειμένου. Τα πεδία "flags" και "fragment effect" χρησιμοποιούνται όταν ένα datagram πρέπει να χωριστεί σε κομμάτια. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν τα datagrams προωθούνται σε ένα δίκτυο, το οποίο δεν μπορεί να χειριστεί τόσο μεγάλα datagrams. Το πεδίο "time to live" περιέχει έναν αριθμό που μειώνεται κάθε φορά που ένα datagram περνά μέσα από ένα σύστημα. Όταν γίνεται 0, το datagram εξαλείφεται. Αυτό γίνεται σε περίπτωση που για κάποιο λόγο εμφανιστεί βρόγχος μέσα στο δίκτυο. Κάτι τέτοιο είναι βέβαια απίθανο, αλλά τα καλά σχεδιασμένα δίκτυα είναι φτιαγμένα ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν και απίθανες καταστάσεις. Στο σημείο αυτό αναφέρεται, ότι είναι πιθανόν να μην χρειαστούν περισσότερες επικεφαλίδες. Εάν ο υπολογιστής σας συνδέεται απευθείας μέσω τηλεφωνικής γραμμής με τον υπολογιστή προορισμού, μπορεί να στείλει απευθείας τα datagrams στη γραμμή (αν και στην πραγματικότητα θα έπρεπε να χρησιμοποιείται ένα σύγχρονο πρωτόκολλο σαν το HDLC, όπου θα πρόσθετε τουλάχιστον λίγα octets στην αρχή και το τέλος).

### 1.5 ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Έχοντας ορίσει τα πρωτόκολλα TCP και IP, στις επόμενες ενότητες θα μελετήσουμε κάποιες σημαντικές αρχιτεκτονικές δικτύων, το μοντέλο αναφοράς TCP/IP, το μοντέλο αναφοράς UDP και το μοντέλο αναφοράς OSI.



Σχήμα 1. OSI ΚΑΙ TCP/IP LAYERS



### 1.5.1 Μοντέλο αναφοράς TCP/IP

Το μοντέλο αναφοράς αυτό χρησιμοποιείται στο παγκόσμιο Internet. Η ικανότητα διασύνδεσης πολλών δικτύων με διαφανή τρόπο, η ικανότητα του δικτύου να επιβιώνει από απώλειες στο υλικό του υποδικτύου χωρίς να τερματίζονται οι υπάρχουσες συνδέσεις και η δυνατότητα χρήσης εφαρμογών με ριζικά διαφορετικές απαιτήσεις, από μεταφορά αρχείων έως μετάδοση ομιλίας σε πραγματικό χρόνο, οδήγησαν στη σχεδίαση μιας αρχιτεκτονικής γνωστή ως Μοντέλο Αναφοράς TCP/IP χρησιμοποιώντας το όνομα των δύο βασικών πρωτοκόλλων.

#### **Το επίπεδο διαδικτύου**

Επιλέχθηκε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων που βασίζεται σε ένα ασυνδεδασμένο επίπεδο διαδικτύου, που ονομάζεται επίπεδο διαδικτύου και είναι ο ακρογωνιαίος λίθος ολόκληρης της αρχιτεκτονικής. Η δουλειά του είναι να επιτρέπει στους υπολογιστές υπηρεσίας να εισάγουν τα πακέτα τους σε οποιοδήποτε δίκτυο και αυτά να ταξιδεύουν ανεξάρτητα προς τον προορισμό τους.

Τα πακέτα μπορεί να φτάσουν ακόμη και με διαφορετική σειρά από αυτή που στάλθηκαν. Στην περίπτωση αυτή είναι δουλειά των ανώτερων επιπέδων να αναδιατάξουν τα πακέτα, εάν είναι επιθυμητή η παράδοση των πακέτων με τη σειρά.

Το επίπεδο διαδικτύου ορίζει μια επίσημη μορφή για τα πακέτα και ένα επίσημο πρωτόκολλο που ονομάζεται Πρωτόκολλο Διαδικτύου ή IP και σκοπός του είναι να παραδίδει τα πακέτα IP εκεί όπου προορίζονται. Συνεπώς βασικό μέλημα είναι η δρομολόγηση των πακέτων και η αποφυγή συμφόρησης.

#### **Το επίπεδο μεταφοράς**

Το επίπεδο που βρίσκεται πάνω από το επίπεδο διαδικτύου ονομάζεται επίπεδο μεταφοράς. Έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει στις ομότιμες οντότητες στους υπολογιστές υπηρεσίας να προέλευσης και προορισμού να συνομιλούν. Έχουν οριστεί δύο πρωτόκολλα μεταφοράς από άκρου εις άκρο. Το πρώτο, το Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης ή TCP, είναι ένα αξιόπιστο συνδεδεμοστρεφές πρωτόκολλο, το οποίο επιτρέπει σε μια ροή byte που προέρχεται από μια μηχανή να παραδίδεται χωρίς σφάλματα σε οποιαδήποτε άλλη μηχανή στο διαδίκτυο.

Το πρωτόκολλο τεμαχίζει την εισερχόμενη ροή byte σε διακριτά μηνύματα και μεταβιβάζει το καθένα από αυτά στο επίπεδο διαδικτύου. Στον προορισμό, η διεργασία-παραλήπτης του TCP ανασυναρμολογεί τα μηνύματα που λαμβάνει σε μια ροή εξόδου. Το TCP χειρίζεται επίσης και τον έλεγχο ροής, εξασφαλίζοντας ότι ένας γρήγορος αποστολέας δε θα μπορεί να κατακλείσει ένα αργό παραλήπτη με περισσότερα μηνύματα από όσα μπορεί αυτός να χειριστεί.

Το δεύτερο πρωτόκολλο στο επίπεδο αυτό, είναι το Πρωτόκολλο Αυτοδύναμων Πακέτων ή UDP, είναι ένα αναξιόπιστο ασυνδεδασμένο πρωτόκολλο το οποίο προορίζεται για εφαρμογές που δε χρειάζονται τη παράδοση των πακέτων με τη σωστή σειρά ή τον έλεγχο ροής του TCP, αφού επιθυμούν να παρέχουν δικούς τους μηχανισμούς. Περισσότερα όμως για το πρωτόκολλο αυτό θα δούμε σε επόμενη παράγραφο.

#### **Το επίπεδο εφαρμογών**

Πάνω από το επίπεδο μεταφοράς είναι το επίπεδο εφαρμογών. Αυτό περιέχει όλα τα πρωτόκολλα ανώτερου επιπέδου. Στην αρχή σε αυτά περιλαμβάνονταν το εικονικό τερματικό (TELNET), η μεταφορά αρχείων (FTP), και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων παρέχει ένα τρόπο αποτελεσματικής μεταφοράς δεδομένων από μηχανή σε μηχανή. Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο αρχικά ήταν ένα είδος μεταφοράς αρχείων, αργότερα όμως ένα εξειδικευμένο πρωτόκολλο (SMTP) γι' αυτό. Με τα χρόνια προστέθηκαν πολλά ακόμα πρωτόκολλα, εκτός από τα προαναφερθέντα: το Σύστημα Ονομάτων Περιοχών (DNS) για την αντιστοίχιση των ονομάτων των υπολογιστών υπηρεσίας στις διευθύνσεις δικτύου τους, το NNTP, το πρωτόκολλο για τη μετάδοση των άρθρων των ομάδων συζητήσεων του USENET, και το HTTP, το πρωτόκολλο για την προσκόμιση σελίδων στον Παγκόσμιο Ιστό, καθώς και πολλά άλλα.

### **Το επίπεδο διασύνδεσης μεταξύ υπολογιστή υπηρεσίας και δικτύου**

Κάτω από το επίπεδο διαδικτύου έχουμε ένα μεγάλο κενό. Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP δε λέει και πολλά για το τι συμβαίνει εκεί, αλλά απλώς παρατηρεί ότι ο υπολογιστής υπηρεσίας πρέπει να συνδέεται με το δίκτυο χρησιμοποιώντας κάποιο πρωτόκολλο έτσι ώστε να μπορεί να στέλνει πακέτα IP. Το πρωτόκολλο αυτό δεν προσδιορίζεται και διαφέρει από υπολογιστή σε υπολογιστή και από δίκτυο σε δίκτυο.

#### **1.5.2 Μοντέλο αναφοράς UDP**

Όπως προαναφέρθηκε, επιπλέον του TCP, υπάρχει ένα ακόμη πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς που είναι συνηθισμένο ως μέρος του μοντέλου TCP/IP: το πρωτόκολλο αυτόνομων πακέτων χρήστη (User Datagram Protocol - UDP).

Το UDP παρέχει μία υπηρεσία χωρίς σύνδεση για διαδικασίες επιπέδου εφαρμογής. Έτσι, το UDP είναι βασικά μία μη αξιόπιστη υπηρεσία. Η παράδοση και η προστασία από αντίγραφα δεν είναι εξασφαλισμένες. Ωστόσο, αυτό μειώνει την επιβάρυνση του πρωτοκόλλου και μπορεί να είναι επαρκές σε αρκετές περιπτώσεις.

Η δύναμη της προσέγγισης με σύνδεση είναι εμφανής. Επιτρέπει χαρακτηριστικά σχετικά με τη σύνδεση όπως ο έλεγχος ροής, ο έλεγχος σφαλμάτων και η διατεταγμένη παράδοση. Ωστόσο, σε μερικά περιβάλλοντα είναι περισσότερο κατάλληλη η υπηρεσία χωρίς σύνδεση. Σε χαμηλότερα στρώματα (διαδικτύου, δικτύου), η υπηρεσία χωρίς σύνδεση είναι περισσότερο εύρωστη.

Επίσης, αντιπροσωπεύει έναν “ελάχιστο κοινό παρανομαστή” υπηρεσίας που αναμένεται σε υψηλότερα στρώματα. Επιπλέον, ακόμη και στο στρώμα μεταφοράς και άνω υπάρχει δικαιολογία για την ύπαρξη μίας υπηρεσίας χωρίς σύνδεση. Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες η επιβάρυνση από την αποκατάσταση σύνδεσης και την υποστήριξη είναι αδικαιολόγητη ή ακόμη και αντιπαραγωγική. Μερικά παραδείγματα είναι τα παρακάτω:

Εσωτερική συλλογή δεδομένων: περιλαμβάνει την περιοδική ενεργή ή παθητική δειγματοληψία πηγών δεδομένων, όπως αισθητήρες και αυτόματες αυτοδιαγνωστικές αναφορές από εξοπλισμό ασφαλείας ή συνιστώσες δικτύου. Σε μία κατάσταση παρακολούθησης πραγματικού χρόνου, η απώλεια μίας τυχαίας μονάδας δεδομένων δε θα προκαλέσει καταπόνηση, επειδή η επόμενη αναφορά θα φτάσει σύντομα.

Εξωτερική διασπορά δεδομένων: περιλαμβάνει μηνύματα ευρείας εκπομπής σε χρήστες δικτύου, την ανακοίνωση ενός νέου κόμβου ή την αλλαγή της διεύθυνσης μίας υπηρεσίας, καθώς και τη διανομή τιμών χρονομέτρου πραγματικού χρόνου.

Αίτηση-απόκριση: εφαρμογές στις οποίες μία υπηρεσία συναλλαγής από έναν κοινό server σε έναν αριθμό από καταναμημένους χρήστες TS για τους οποίους είναι τυπική μία ακολουθία αίτησης-απόκρισης. Η χρήση της υπηρεσίας ρυθμίζεται στο στρώμα εφαρμογής και συνδέσεις χαμηλότερου επιπέδου είναι συχνά άσκοπες και δυσκίνητες.

Εφαρμογές πραγματικού χρόνου: όπως φωνή και τηλεμετρία, περιλαμβάνοντας ένα βαθμό απόρριψης και/ή απαίτησης μετάδοσης πραγματικού χρόνου. Αυτές δεν πρέπει να έχουν λειτουργίες σύνδεσης όπως και η αναμετάδοση.

Έτσι, υπάρχει ένα μέρος στο στρώμα μεταφοράς τόσο για υπηρεσία με σύνδεση όσο και για υπηρεσία χωρίς σύνδεση.

Το UDP κάθεται πάνω από το IP. Επειδή είναι χωρίς σύνδεση, το UDP έχει πολύ λίγα να κάνει. Ουσιαστικά, προσθέτει μία δυνατότητα διευθυνσιοδότησης θυρών στο IP. Η επικεφαλίδα περιλαμβάνει μία θύρα πηγής και μία θύρα προορισμού. Το πεδίο μήκους περιέχει το μήκος ολόκληρου του τεμαχίου UDP, περιλαμβάνοντας την επικεφαλίδα και τα δεδομένα. Το άθροισμα ελέγχου είναι ο ίδιος αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για το TCP και το IP. Για το UDP, το άθροισμα ελέγχου εφαρμόζεται σε ολόκληρο το τεμάχιο UDP κατά τη διάρκεια του υπολογισμού και η οποία είναι η ίδια η ψευδοεπικεφαλίδα που χρησιμοποιείται για το TCP. Εάν ανιχνευθεί ένα σφάλμα, το τεμάχιο απορρίπτεται και δε λαμβάνεται επιπλέον ενέργεια.

Το πεδίο αθροίσματος ελέγχου στο UDP είναι προαιρετικό. Εάν δε χρησιμοποιείται, τίθεται στο μηδέν. Ωστόσο, πρέπει να επισημανθεί ότι το άθροισμα ελέγχου IP εφαρμόζεται μόνο στη κεφαλίδα IP και όχι στο πεδίο δεδομένων, το οποίο σε αυτή τη περίπτωση αποτελείται από την επικεφαλίδα UDP και τα δεδομένα χρήστη. Έτσι, εάν δεν εκτελείται υπολογισμός αθροίσματος ελέγχου από το UDP, τότε δε γίνεται έλεγχος για τα δεδομένα χρήστη.

### 1.5.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ISO/OSI

Ο στόχος του προτύπου αυτού είναι η δημιουργία τυποποίησης ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών διαφορετικών κατασκευαστών.

Στο ακρωνύμιο OSI το O που οφείλεται στο Open και σημαίνει ανοικτό.

Με το πρότυπο αυτό τίθεται ένα πλαίσιο, μέσα στο οποίο καθορίζονται standard και πρωτόκολλα για την επικοινωνία των διαφόρων επιπέδων που ορίζονται από το OSI.

Η βασική φιλοσοφία που το διέπει είναι της επιπεδοποίησης (layering).

Όλες οι απαιτούμενες για επικοινωνία λειτουργίες ομαδοποιούνται σε επτά μεγάλα επίπεδα.

Οι λειτουργίες αυτές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους έτσι ώστε αλλαγές σε ένα επίπεδο να μην έχουν επίδραση στα άλλα.

#### **Φυσικό επίπεδο(Physical)**

Αφορά τη μετάδοση των bit μέσω των διαφόρων φυσικών μέσων. Συμπεριλαμβάνει τα ηλεκτρικά, μηχανικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των διασυνδέσεων (interface) των δύο υπολογιστικών συστημάτων, τα δύο φυσικά επίπεδα δηλαδή των συμβαλλομένων μερών. Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τύπος του connector, τα σήματα μετάδοσης, ο συγχρονισμός των συσκευών, με ποια ηλεκτρική τάση θα παρίσταται το 1 και με ποια το 0 κλπ.

#### **Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link)**

Ασχολείται με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να αποκατασταθεί, να υποστηριχθεί και τέλος να τερματιστεί μια σύνδεση μεταξύ των δυο άκρων μιας γραμμής.

#### **Επίπεδο Δικτύου (Network)**

Ενώ το 2ο επίπεδο φροντίζει για την επικοινωνία μεταξύ των άκρων μιας απλής γραμμής, το 3ο επίπεδο παρέχει τα μέσα για την αποκατάσταση, υποστήριξη και τερματισμό συνδέσεων μεταξύ των ακραίων συνδρομητών ενός μεγάλου δικτύου. Βασικές λειτουργίες του επιπέδου είναι η δρομολόγηση των μηνυμάτων, η οργάνωσή τους σε πακέτα, η απαρίθμηση και η ταξινόμησή τους.

Φροντίζει για τη διαφανή μετάδοση δεδομένων προς τα παραπάνω επίπεδα. Οι διαδρομές που ακολουθούνται στο δίκτυο περιλαμβάνουν πολλές φυσικές συνδέσεις και ζεύξεις δεδομένων (πρώτο και δεύτερο επίπεδο δηλαδή).

### **Επίπεδο Μεταφοράς (Transport)**

Παρέχει εκείνες τις διαδικασίες και τα μέσα που απαιτούνται, προκειμένου να έχουμε επιτυχημένη από άκρη σε άκρη μεταφορά data απαλλαγμένη λαθών. Παρέχει τις διαδικασίες για την αποκατάσταση της ορθότητας της πληροφορίας μετά από σφάλμα, τον έλεγχο ροής της πληροφορίας απ άκρου εις άκρον και τον έλεγχο ακολουθίας των μηνυμάτων.

Το επίπεδο αυτό είναι ουσιαστικά ένα software interface μεταξύ των τριών χαμηλότερων επιπέδων του προτύπου OSI που συνήθως υλοποιούνται στις συσκευές επικοινωνίας, και των υψηλότερων επιπέδων που σχετίζονται στενότερα με τους υπολογιστές και τις εφαρμογές που αυτοί εξυπηρετούν.

### **Επίπεδο Συνόδου (Session)**

Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η παροχή των αναγκαίων μέσων για την οργάνωση και το συγχρονισμό του διαλόγου μεταξύ των ανωτέρων επιπέδων από το επίπεδο συνόδου.

Επιτρέπει ή απαγορεύει τη συγκεκριμένη παροχή υπηρεσίας, αποκαθιστά νέα σύνδεση όταν η πρώτη για κάποιο λόγο διακοπεί, επιτρέπει επικοινωνία αμφίδρομη, μονόδρομη κλπ.

Το επίπεδο αυτό δίνει τα μέσα σε οντότητες του υψηλότερου επιπέδου (presentation) να οργανώσουν και να συγχρονίσουν τον διάλόγο τους ώστε να εξασφαλίσουν την από άκρου σε άκρο επιτυχή μεταφορά δεδομένων.

### **Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation)**

Ασχολείται με την αναπαράσταση της πληροφορίας που μεταφέρεται από εφαρμογή σε εφαρμογή, καθώς επίσης και με τη δομή των data. Επιχειρεί δηλαδή την κατάλληλη τροποποίηση των data ώστε να είναι κατανοητά από την εφαρμογή και έτσι ώστε οι συνδέσεις δύο υπολογιστών να μην απαιτούν υποχρεωτικά τη χρήση κοινού κώδικα. Σε αυτό το επίπεδο πραγματοποιούνται κυρίως οι διαδικασίες κρυπτογράφησης, συμπίεσης δεδομένων (data compression), ο μετασχηματισμός των κωδίκων (protocol conversion) και των διαφόρων μορφών των αρχείων καθώς και η μετατροπή των χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου τερματικού. Μέσω λοιπόν του επιπέδου παρουσίασης μπορούν να επικοινωνούν δύο υπολογιστές με διαφορετικούς κώδικες. Το επίπεδο παρουσίασης επιτρέπει σε μία εφαρμογή να μεταφράζει όταν απαιτείται τη σημασία της μεταφερόμενης πληροφορίας.

### **Επίπεδο Εφαρμογών (Application)**

Είναι το τελευταίο επίπεδο προς το χρήστη, αυτό που παρέχει τον τρόπο για να μπορεί η μία εφαρμογή να συνομιλεί με την άλλη.

Το επίπεδο εφαρμογών είναι το υψηλότερο επίπεδο του προτύπου OSI και αποτελεί το interface μεταξύ της εφαρμογής και των λοιπών επιπέδων του προτύπου. Οι λειτουργίες του επιπέδου αυτού προσδιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το χρήστη του δικτύου γι' αυτό και οι τυποποιήσεις του είναι οι λιγότερο καθορισμένες.

Υπηρεσίες που προσφέρει το 7ο επίπεδο εκτός από τη μεταφορά πληροφορίας.

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

Τα μοντέλα αναφοράς OSI και TCP/IP έχουν πολλά κοινά σημεία. Και τα δύο βασίζονται στην έννοια μιας στοίβας από ανεξάρτητα πρωτόκολλα. Επιπλέον, η λειτουργικότητα των επιπέδων είναι σε χονδρικές τιμές παρόμοια. Για παράδειγμα, και στα δύο μοντέλα τα επίπεδα μέχρι το επίπεδο μεταφοράς χρησιμεύουν στην παροχή μιας ανεξάρτητης από το δίκτυο υπηρεσίας μεταφοράς απ' άκρου εις άκρο, για τις διεργασίες που επιθυμούν να επικοινωνήσουν. Τα επίπεδα αυτά αποτελούν τον παροχέα της υπηρεσίας μεταφοράς. Επιπλέον, και στα δύο μοντέλα τα επίπεδα που βρίσκονται πάνω από το επίπεδο μεταφοράς είναι χρήστες της υπηρεσίας μεταφοράς και είναι προσανατολισμένα προς τις εφαρμογές.

Παρά τις θεμελιώδεις αυτές ομοιότητες, τα δύο μοντέλα έχουν και πολλές διαφορές. Στην ενότητα αυτή θα εστιάσουμε στις βασικές διαφορές ανάμεσα στα δύο μοντέλα αναφοράς. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι εδώ συγκρίνουμε τα μοντέλα αναφοράς και όχι τις αντίστοιχες στοίβες πρωτοκόλλων.

Στο επίκεντρο του μοντέλου OSI βρίσκονται τρεις έννοιες:

Υπηρεσίες.

Διασυνδέσεις.

Πρωτόκολλα.

Η μεγαλύτερη συνεισφορά του μοντέλου OSI είναι πιθανότατα το ότι έκανε σαφή τη διάκριση ανάμεσα στις τρεις αυτές έννοιες. Κάθε επίπεδο υλοποιεί κάποιες υπηρεσίες για το επίπεδο που βρίσκεται πάνω από αυτό. Ο ορισμός της υπηρεσίας λέει τι κάνει το επίπεδο, όχι πώς γίνεται η προσπέλασή του από τα ανώτερα επίπεδα ή πώς δουλεύει. Καθορίζει λοιπόν τη σημασιολογία του επιπέδου.

Η διασύνδεση ενός επιπέδου λέει στις διεργασίες που βρίσκονται πάνω από αυτό πώς να το προσπελάσουν. Προσδιορίζει ποιες είναι οι παράμετροι και ποια αποτελέσματα πρέπει να αναμένονται. Ούτε η διασύνδεση λέει τίποτα σχετικά με τον τρόπο εσωτερικής λειτουργίας του επιπέδου.

Τέλος, τα ομότιμα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται σε ένα επίπεδο είναι δουλειά του επιπέδου και μόνο.

Το επίπεδο μπορεί να χρησιμοποιήσει όποια πρωτόκολλα θέλει, αρκεί να κάνει τη δουλειά του (δηλαδή να παρέχει τις κατάλληλες υπηρεσίες). Μπορεί ακόμη να αλλάξει πρωτόκολλα κατά βούληση, χωρίς να επηρεάσει το λογισμικό στα ανώτερα επίπεδα.

Οι ιδέες αυτές ταιριάζουν απόλυτα στις σύγχρονες απόψεις του αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού. Ένα αντικείμενο, όπως και ένα επίπεδο, διαθέτει ένα σύνολο μεθόδων (πράξεων) τις οποίες μπορούν να καλέσουν οι διεργασίες που βρίσκονται εκτός του αντικειμένου. Η σημασιολογία αυτών των μεθόδων καθορίζει το σύνολο των υπηρεσιών που προσφέρονται από το αντικείμενο. Οι παράμετροι και τα αποτελέσματα των μεθόδων αποτελούν τη διασύνδεση του αντικειμένου. Ο κώδικας που βρίσκεται μέσα στο αντικείμενο είναι το πρωτόκολλό του και δεν είναι ορατός ούτε έχει κάποια σημασία έξω από το αντικείμενο.

Το μοντέλο TCP/IP αρχικά δεν έκανε σαφή διάκριση ανάμεσα στις υπηρεσίες, τις διασυνδέσεις και τα πρωτόκολλα, αν και κάποιοι προσπάθησαν να το μετασκευάσουν εκ των υστέρων για να το κάνουν να μοιάζει με το μοντέλο OSI. Για παράδειγμα, οι μόνες πραγματικές υπηρεσίες που παρέχονται από το επίπεδο διαδικτύου είναι οι ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΠΑΚΕΤΟΥ IP (send IP packet) και ΛΗΨΗ ΠΑΚΕΤΟΥ IP (receive IP packet).

Κατά συνέπεια τα πρωτόκολλα στο μοντέλο OSI είναι “καλύτερα κρυμμένα” απ' ότι στο μοντέλο TCP/IP και μπορούν να αντικατασταθούν σχετικά εύκολα όποτε αλλάξει η τεχνολογία. Η δυνατότητα πραγματοποίησης τέτοιων αλλαγών είναι ένας από τους βασικούς σκοπούς για τους οποίους δημιουργήθηκαν εξαρχής πρωτόκολλα δομημένα σε επίπεδα.

Το μοντέλο αναφοράς ISO επινοήθηκε πριν σχεδιαστούν τα αντίστοιχα πρωτόκολλα. Αυτή η χρονική διαδοχή σημαίνει ότι το μοντέλο δεν ήταν “προκατειλημμένο” υπέρ κάποιου συνόλου πρωτοκόλλων, γεγονός που έκανε το μοντέλο ιδιαίτερα γενικό.

Το μειονέκτημα αυτής της χρονικής διαδοχής είναι ότι οι σχεδιαστές δεν είχαν μεγάλη πείρα με το αντικείμενο, οπότε δεν είχαν και τόσο καλή ιδέα σχετικά με τις λειτουργίες που έπρεπε να βάλουν σε κάθε επίπεδο.

Για παράδειγμα, το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων αρχικά χειριζόταν μόνο δίκτυα από σημείο σε σημείο. Όταν εμφανίστηκαν τα δίκτυα εκπομπής, χρειάστηκε να προστεθεί πρόχειρα ένα καινούριο υποεπίπεδο στο μοντέλο. Όταν άρχισαν να κατασκευάζονται πραγματικά δίκτυα με βάση το μοντέλο OSI και τα υπάρχοντα πρωτόκολλα, ανακαλύφθηκε ότι τα δίκτυα αυτά δεν ικανοποιούσαν τις προδιαγραφές των υπηρεσιών, οπότε χρειάστηκε να προστεθούν υποεπίπεδα σύγκλισης στο μοντέλο ώστε να υπάρχει κάποιος τρόπος γεφύρωσης των διαφορών. Τέλος, η επιτροπή σχεδίασης αρχικά ανέμενε ότι κάθε χώρα θα έχει μόνο ένα δίκτυο, το οποίο θα λειτουργούσε με ευθύνη του κράτους και θα χρησιμοποιούσε τα πρωτόκολλα OSI, έτσι δεν υπήρχε πρόβλεψη για δικτύωση. Τα πράγματα όμως δεν εξελίχθηκαν έτσι.

Στο TCP/IP ίσχυε το αντίθετο: πρώτα εμφανίστηκαν τα πρωτόκολλα, ενώ το μοντέλο ήταν στην πραγματικότητα μια απλή περιγραφή των υπάρχοντων πρωτοκόλλων. Δεν υπήρχε πρόβλημα ταιριάσματος των πρωτοκόλλων με το μοντέλο. Το ταίριασμα ήταν τέλει.

Το μόνο πρόβλημα ήταν ότι το μοντέλο δεν ταίριαζε με οποιεσδήποτε άλλες στοίβες πρωτοκόλλων. Κατά συνέπεια, δεν ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο για την περιγραφή άλλων δικτύων που δε βασίζονται στο TCP/IP.

Μια προφανής διαφορά ανάμεσα στα δύο μοντέλα είναι το πλήθος των επιπέδων: το μοντέλο OSI έχει επτά επίπεδα ενώ το TCP/IP έχει τέσσερα επίπεδα. Και τα δύο έχουν επίπεδα (δια)δικτύου, μεταφοράς και εφαρμογών, όμως τα άλλα επίπεδα είναι διαφορετικά.

Μια άλλη διαφορά είναι στο θέμα ασυνδεσμικής έναντι της συνδεσμωστραφούς επικοινωνίας. Το μοντέλο OSI υποστηρίζει και ασυνδεσμική και συνδεσμωστραφή επικοινωνία στο επίπεδο δικτύου, αλλά υποστηρίζει μόνο συνδεσμωστραφή επικοινωνία στο επίπεδο μεταφοράς, εκεί όπου έχει πραγματικά σημασία (αφού το επίπεδο μεταφοράς είναι ορατό στους χρήστες). Το μοντέλο TCP/IP έχει μόνο ένα τρόπο λειτουργίας στο επίπεδο δικτύου (ασυνδεσμικό) αλλά υποστηρίζει και τους δύο τρόπους λειτουργίας στο επίπεδο μεταφοράς, αφήνοντας την επιλογή στους χρήστες. Αυτή η επιλογή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα απλά πρωτόκολλα αίτησης-απάντησης.

### 1.5.5 Κριτική του μοντέλου αναφοράς TCP/IP

Το μοντέλο και τα πρωτόκολλα του TCP/IP έχουν τα προβλήματά τους. Καταρχήν, το μοντέλο δεν κάνει επαρκή διάκριση ανάμεσα στις έννοιες της υπηρεσίας, της διασύνδεσης και του πρωτοκόλλου. Οι ορθές πρακτικές κατασκευής λογισμικού απαιτούν τη διάκριση ανάμεσα στις προδιαγραφές και την υλοποίηση, όπως γίνεται πολύ προσεκτικά στο OSI αλλά όχι στο TCP/IP. Κατά συνέπεια, το μοντέλο TCP/IP δεν είναι και πολύ καλός οδηγός για τη σχεδίαση νέων δικτύων με χρήση νέων τεχνολογιών.

Δεύτερον, το μοντέλο TCP/IP δεν είναι καθόλου γενικό και είναι ακατάλληλο για την περιγραφή οποιασδήποτε στοίβας πρωτοκόλλων εκτός από αυτής του TCP/IP. Για παράδειγμα, το να προσπαθήσουμε να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο TCP/IP για να περιγράψουμε το Bluetooth είναι εντελώς αδύνατο.

Τρίτον, το επίπεδο διασύνδεσης μεταξύ υπολογιστή υπηρεσίας και δικτύου δεν είναι “πραγματικό επίπεδο” με τη συνηθισμένη έννοια του όρου, όπως αυτός χρησιμοποιείται στα πρωτόκολλα που δομούνται σε επίπεδα. Είναι μια διασύνδεση (ανάμεσα στα επίπεδα δικτύου και συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων). Η διάκριση ανάμεσα στη διασύνδεση και το επίπεδο είναι κρίσιμη και δεν πρέπει να είμαστε πρόχειροι με τέτοια θέματα.

Τέταρτον, το μοντέλο TCP/IP δε διακρίνει (και ούτε καν αναφέρει) το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων. Τα επίπεδα αυτά είναι εντελώς διαφορετικά. Το φυσικό επίπεδο ασχολείται με τα χαρακτηριστικά μετάδοσης των χάλκινων συρμάτων, των οπτικών ινών και των ασύρματων επικοινωνιών.

Η δουλειά του επιπέδου συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων είναι να οριοθετεί την αρχή και το τέλος των πλαισίων και να τα μεταφέρει από τη μια πλευρά στην άλλη με τον επιθυμητό βαθμό αξιοπιστίας. Ένα σωστό μοντέλο πρέπει να περιλαμβάνει χωριστά το κάθε ένα από αυτά τα επίπεδα. Το μοντέλο TCP/IP δεν κάνει κάτι τέτοιο.

Τέλος, αν και τα πρωτόκολλα IP και TCP σχεδιάστηκαν προσεκτικά και υλοποιήθηκαν καλά, πολλά από τα άλλα πρωτόκολλα ήταν προχειροφτιαγμένα και πολλές φορές υλοποιήθηκαν από ομάδες μεταπτυχιακών φοιτητών που τα τροποποιούσαν μέχρι να βαρεθούν. Οι υλοποιήσεις των πρωτοκόλλων αυτών στη συνέχεια διανέμονταν δωρεάν, γεγονός που οδήγησε στο να εδραιωθούν βαθιά και έτσι να είναι δύσκολο να αντικατασταθούν. Μερικά από αυτά είναι κάπως πιο ενοχλητικά. Για παράδειγμα, το πρωτόκολλο εικονικού τερματικού, το TELNET, σχεδιάστηκε για ένα μηχανικό τερματικό Teletype που εμφάνιζε δέκα χαρακτήρες ανά δευτερόλεπτο. Δε γνωρίζει τίποτα για τις διασυνδέσεις με το χρήστη μέσω γραφικών και τα ποντίκια. Ωστόσο, 25 χρόνια αργότερα, εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρύτατα.

Συνοψίζοντας, παρά τα προβλήματά του, το μοντέλο OSI (εκτός από τα επίπεδα διασύνδεσης και παρουσίας) έχει αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμο για την ανάλυση των δικτύων υπολογιστών. Σε αντίθεση, τα πρωτόκολλα OSI δεν έχουν γίνει δημοφιλή. Το αντίστροφο ισχύει για το TCP/IP: το μοντέλο στη πράξη είναι ανύπαρκτο, αλλά τα πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται ευρύτατα.

## 1.6 Internet Protocol ( IP)

Το πρωτόκολλο Διαδικτύου σχεδιάζεται για τη χρήση στα διασυνδεδεμένα συστήματα των packet-switched δικτύων επικοινωνίας υπολογιστών. Ένα τέτοιο σύστημα έχει κληθεί "catenet". Το πρωτόκολλο Διαδικτύου παρέχει τη διαβίβαση των φραγμών αποκαλούμενων datagrams από τις πηγές στους προορισμούς, όπου οι πηγές και οι προορισμοί είναι οι hosts που προσδιορίζονται από τις σταθερού μήκους διευθύνσεις. Επιτρέπει επίσης τον τεμαχισμό και την επανασυναρμολόγηση των μακρικών datagrams, εάν είναι απαραίτητο, για τη μετάδοση μέσω των δικτύων "μικρών πακέτων".

Το πρωτόκολλο Διαδικτύου είναι συγκεκριμένα περιορισμένο στο πεδίο για να παρέχει τις απαραίτητες λειτουργίες ώστε να παραδώσουν πακέτα bits από μια πηγή σε έναν προορισμό ενός διασυνδεδεμένου συστήματος δικτύων. Δεν υπάρχει κανένας μηχανισμός για να αυξήσει την αξιοπιστία των end-to-end δεδομένων, αλληλουχίας, ελέγχου ροής ή άλλης υπηρεσίας που βρίσκονται συνήθως στα host to host πρωτόκολλα. Το πρωτόκολλο Διαδικτύου μπορεί να κεφαλαιοποιήσει στις υπηρεσίες των δικτύων υποστήριξης του για να παρέχει τους διάφορους τύπους και ιδιότητες της υπηρεσίας.

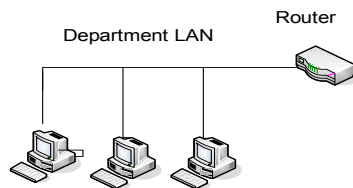
Αυτό το πρωτόκολλο καλείται από τα host to host πρωτόκολλα σε ένα περιβάλλον Διαδικτύου. Αυτό το πρωτόκολλο καλεί τα τοπικά πρωτόκολλα δικτύων για να μεταφέρουν το internet datagram στον επόμενο gateway ή host προορισμό. Παραδείγματος χάριν, μια ενότητα TCP θα καλούσε την ενότητα Διαδικτύου για να πάρει ένα τμήμα TCP (συμπεριλαμβανομένων του TCP header και των δεδομένων των χρηστών) ως αναλογία δεδομένων ενός internet datagram. Η ενότητα TCP θα παρείχε τις διευθύνσεις και άλλες παραμέτρους στην header Διαδικτύου στην ενότητα Διαδικτύου ως επιχειρήματα της κλήσης. Η ενότητα Διαδικτύου θα δημιουργούσε έπειτα ένα internet datagram και θα καλούσε την τοπική διεπαφή δικτύου για να διαβιβάσει το datagram.

### 1.6.1 Δίκτυο των χαμηλότερων πλειοδοτών

Το πρωτόκολλο Διαδικτύου αναπτύχθηκε για να δημιουργήσει ένα δίκτυο των δικτύων (το "Διαδίκτυο"). Οι μεμονωμένες μηχανές συνδέονται αρχικά με το τοπικό LAN (Ethernet). Το TCP/IP μοιράζεται το LAN με άλλες χρήσεις. Μια συσκευή παρέχει τη σύνδεση TCP/IP μεταξύ του LAN και του υπόλοιπου κόσμου.

Για να εξασφαλίσει ότι όλοι οι τύποι συστημάτων από όλους τους προμηθευτές μπορούν να επικοινωνήσουν, το TCP/IP είναι απολύτως τυποποιημένο στο LAN. Εντούτοις, τα μεγαλύτερα δίκτυα βασισμένα στις μεγάλες αποστάσεις και τις τηλεφωνικές γραμμές είναι πιο πτητικά. Στις ΗΠΑ, πολλές μεγάλες εταιρίες θα επιθυμούσαν να επαναχρησιμοποιήσουν τα μεγάλα εσωτερικά δίκτυα βασισμένα στο SNA της IBM. Στην Ευρώπη, οι εθνικές τηλεφωνικές επιχειρήσεις τυποποιούν παραδοσιακά στη X.25. Εντούτοις, η ξαφνική έκρηξη των μικροεπεξεργαστών υψηλής ταχύτητας, των οπτικών ινών, και των ψηφιακών τηλεφωνικών συστημάτων έχει δημιουργήσει μια έκρηξη των νέων επιλογών: ISDN, FDDI, τρόπος ασύγχρονης μεταφοράς (ATM). Οι νέες τεχνολογίες προκύπτουν και γίνονται ξεπερασμένες μέσα σε μερικά έτη.

Με τις επιχειρήσεις καλωδιακής τηλεόρασης και τηλεφώνων που ανταγωνίζονται για να χτίσουν την εθνική λωρίδα ταχείας κυκλοφορίας πληροφοριών, κανένα πρότυπο δεν μπορεί να κυβερνήσει τις αστικού, εθνικού ή παγκόσμιου επιπέδου επικοινωνίες.



Το αρχικό σχέδιο του TCP/IP ως δίκτυο των δικτύων εγκαθίσταται ωραία μέσα στην τρέχουσα τεχνολογική αβεβαιότητα. Τα δεδομένα TCP/IP μπορούν να σταλούν κατά μήκος ενός LAN, ή μπορούν να μεταφερθούν μέσα σε ένα εσωτερικό εταιρικό δίκτυο SNA. Επιπλέον, οι μηχανές που συνδέονται με οποιαδήποτε από αυτά τα δίκτυα μπορούν να επικοινωνήσουν με οποιοδήποτε άλλο δίκτυο μέσω των gateways που παρέχονται από τον προμηθευτή δικτύων.

### 1.6.2 IP Addressing

Κάθε υπολογιστής υπηρεσίας και δρομολογητής στο Internet έχει μια διεύθυνση IP, η οποία κωδικοποιεί τον αριθμό δικτύου και τον αριθμό υπολογιστή υπηρεσίας. Ο συνδυασμός είναι μοναδικός : η ιδέα είναι ότι δύο διαφορετικές μηχανές στο Internet δε θα έχουν ποτέ την ίδια διεύθυνση IP.



Όλες οι διευθύνσεις IP έχουν μήκος 32 bit, και χρησιμοποιούνται στα πεδία Διεύθυνση προέλευσης και Διεύθυνση προορισμού των πακέτων IP. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η διεύθυνση IP δεν αναφέρεται ουσιαστικά σε έναν υπολογιστή υπηρεσίας. Στην πραγματικότητα αναφέρεται σε μια διασύνδεση δικτύου- έτσι, αν κάποιος υπολογιστής υπηρεσίας συνδέεται σε δύο δίκτυα, θα πρέπει να έχει δύο διευθύνσεις IP.

Ωστόσο, στην πράξη οι περισσότεροι υπολογιστές βρίσκονται σε ένα μόνο δίκτυο και έτσι έχουν μόνο μία διεύθυνση IP.

Για πολλές δεκαετίες οι διευθύνσεις IP διαιρούνταν σε πέντε κατηγορίες. Αυτή η κατανομή ονομάζεται πλέον ταξική διευθυνσιοδότηση (classful addressing). Δε χρησιμοποιείται πια, αλλά είναι ακόμα συχνές οι αναφορές σε αυτή στη βιβλιογραφία.

Οι μορφές των τάξεων A, B, C, και D επιτρέπουν αντίστοιχα μέχρι 128 δίκτυα με 16 εκατομμύρια υπολογιστές υπηρεσίας το καθένα, 16.384 δίκτυα με μέχρι 64K υπολογιστές και 2 εκατομμύρια δίκτυα (για παράδειγμα LAN) με μέχρι 256 υπολογιστές υπηρεσίας το καθένα (αν και ορισμένες διευθύνσεις έχουν ειδική χρήση). Υποστηρίζεται και η πολυδιανομή, στην οποία ένα αυτοδύναμο πακέτο κατευθύνεται σε πολλούς υπολογιστές υπηρεσίας..

Οι διευθύνσεις που αρχίζουν με 1111 είναι δεσμευμένες για μελλοντική χρήση. Αυτή τη στιγμή περισσότερα από 500.000 δίκτυα συνδέονται στο Internet, και ο αριθμός αυτός μεγαλώνει κάθε χρόνο. Τους αριθμούς δικτύων τους διαχειρίζεται μια μη κερδοσκοπική εταιρία που ονομάζεται Εταιρία Internet για Εκχωρημένα Ονόματα και Αριθμούς ή ICANN, με στόχο να αποφεύγονται οι διενέξεις. Με τη σειρά της, η ICANN έχει μεταβιβάσει περιοχές του χώρου διευθύνσεων σε διάφορες περιφερειακές αρχές, οι οποίες παρέχουν διευθύνσεις IP στους ISP και τις άλλες εταιρείες.

Οι διευθύνσεις δικτύου, οι οποίες είναι 32μπιτοι αριθμοί, συνήθως γράφονται σε δεκαδική γραφή με τελείες (dotted decimal notation). Στη μορφή αυτή, το καθένα από τα 4 byte γράφεται σε δεκαδική μορφή, με τιμές από 0 έως 255. Για παράδειγμα, η 32μπιτη δεκαεξαδική διεύθυνση C0290614 γράφεται ως 192.41.6.20. Η χαμηλότερη διεύθυνση IP είναι η 0.0.0.0, ενώ η υψηλότερη είναι η 255.255.255.255.

Οι τιμές 0 και -1 ( όλα τα ψηφία 1 ) έχουν ειδικές σημασίες. Η τιμή 0 σημαίνει “ αυτό το δίκτυο ” ή “αυτός ο υπολογιστής υπηρεσίας”. Η τιμή -1 χρησιμοποιείται ως διεύθυνση εκπομπής, και σημαίνει “ όλοι οι υπολογιστές στο συγκεκριμένο δίκτυο ”.

Η διεύθυνση IP 0.0.0.0 χρησιμοποιείται από τους υπολογιστές υπηρεσίας κατά την εκκίνησή τους. Οι διευθύνσεις IP με τιμή 0 ως αριθμό δικτύου αναφέρονται στο τρέχον δίκτυο. Οι διευθύνσεις αυτές επιτρέπουν στις μηχανές να αναφέρονται στο δίκτυό τους χωρίς να ξέρουν τον αριθμό του (θα πρέπει όμως να ξέρουν την τάξη του, ώστε να γνωρίζουν πόσα 0 να συμπεριλάβουν). Η διεύθυνση που αποτελείται μόνο από 1 επιτρέπει εκπομπή στο τοπικό δίκτυο, συνήθως ένα δίκτυο LAN. Οι διευθύνσεις με έναν κανονικό αριθμό δικτύου και μόνο ψηφία 1 στο πεδίο του υπολογιστή υπηρεσίας επιτρέπουν στις μηχανές να στέλνουν πακέτα εκπομπής σε απομακρυσμένα LAN οπουδήποτε στο Internet (αν και πολλοί διαχειριστές δικτύου απενεργοποιούν αυτή τη λειτουργία). Τέλος, όλες οι διευθύνσεις της μορφής 127.xx.yy.zz είναι δεσμευμένες για έλεγχο ανατροφοδότησης (loopback). Τα πακέτα που στέλνονται σε αυτή τη διεύθυνση δεν τοποθετούνται στο καλώδιο, γίνεται τοπική επεξεργασία τους και αντιμετωπίζονται σαν εισερχόμενα πακέτα. Αυτό επιτρέπει σε πακέτα να στέλνονται στο τοπικό δίκτυο χωρίς ο αποστολέας να γνωρίζει τον αριθμό του. Κάθε τεχνολογία έχει τη σύμβασή της για τη διαβίβαση των μηνυμάτων μεταξύ δύο μηχανών μέσα στο ίδιο δίκτυο. Σε ένα LAN, τα μηνύματα στέλνονται μεταξύ των μηχανών με την παροχή του μοναδικού προσδιοριστικού των 6 byte (η διεύθυνση "MAC"). Σε ένα δίκτυο SNA, κάθε μηχανή έχει λογικές μονάδες με τη δική τους διεύθυνση δικτύου. Τα DECNET, Appletalk και Novell IPX έχουν ένα σχέδιο για την ανάθεση αριθμών σε κάθε τοπικό δίκτυο και σε κάθε τερματικό σταθμό που συνδέεται με το δίκτυο.

Πάνω από αυτές τις τοπικές ή συγκεκριμένες διευθύνσεις δικτύου, το TCP/IP ορίζει έναν μοναδικό αριθμό σε κάθε τερματικό σταθμό στον κόσμο. Αυτός ο "αριθμός IP" είναι μια τιμή τεσσάρων byte που, από σύμβαση, εκφράζεται με τη μετατροπή κάθε byte σε έναν δεκαδικό αριθμό (0 έως 255) και χωρίζοντας τα bytes με μια περίοδο. Μία οργάνωση αρχίζει με την αποστολή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στο Hostmaster@INTERNIC.NET ζητώντας την ανάθεση ενός αριθμού δικτύου.

Είναι ακόμα δυνατό για τον καθένα σχεδόν να πάρει ανάθεση ενός αριθμού για ένα μικρό δίκτυο "κλάσης C" στο οποίο τα 3 πρώτα bytes προσδιορίζουν το δίκτυο και το τελευταίο byte προσδιορίζει το μεμονωμένο υπολογιστή. Ο συντάκτης ακολούθησε αυτήν την διαδικασία και του ορίστηκαν οι αριθμοί 192.35.91.\* για ένα δίκτυο υπολογιστών στο σπίτι του. Μεγαλύτερες οργανώσεις μπορούν να πάρουν ένα δίκτυο "κλάσης B" όπου τα 2 πρώτα bytes προσδιορίζουν το δίκτυο.

Τα τελευταία δύο bytes προσδιορίζουν το καθένα μέχρι 64 χιλιάδες μεμονωμένων τερματικών σταθμών. Το δίκτυο κλάσης B του Yale είναι 130.132, έτσι όλοι οι υπολογιστές με IP 130.132.\*.\* συνδέονται μέσω Yale. Η οργάνωση συνδέεται έπειτα με το Διαδίκτυο μέσω ενός από μια δωδεκάδα περιφερειακών ή ειδικευμένων προμηθευτών δικτύου. Στον προμηθευτή δικτύων δίνεται ο αριθμός δικτύου συνδρομητών και το προσθέτει στη διαμόρφωση δρομολόγησης στις δικές του μηχανές του και σε άλλες, άλλων σημαντικών προμηθευτών δικτύου. Δεν υπάρχει κανένας μαθηματικός τύπος που μεταφράζει τους αριθμούς 192.35.91 ή 130.132 'στο πανεπιστήμιο Yale' ή στο 'New Haven, CT'.

Οι μηχανές που διαχειρίζονται τα μεγάλα περιφερειακά δίκτυα ή τους κεντρικούς δρομολογητές Διαδικτύου διοικούνται από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστήμης μπορούν μόνο να εντοπίσουν αυτά τα δίκτυα με το να ανατρέξουν για κάθε αριθμό δικτύου σε έναν πίνακα. Υπάρχουν ενδεχομένως χιλιάδες δίκτυα κλάσης B, και εκατομμύρια δικτύων κλάσης C, αλλά οι δαπάνες για μνήμη υπολογιστών είναι χαμηλές, έτσι οι πίνακες είναι σε λογικά επίπεδα. Πελάτες που συνδέονται με το Διαδίκτυο, ακόμη και πελάτες τόσο μεγάλοι όσο η IBM, δε χρειάζεται να διατηρήσουν οποιαδήποτε πληροφορίες για άλλα δίκτυα. Στέλνουν όλα τα εξωτερικά δεδομένα στον περιφερειακό μεταφορέα στα οποία προσυπογράφουν, και ο περιφερειακός μεταφορέας διατηρεί τους πίνακες και κάνει την κατάλληλη δρομολόγηση.

Υπάρχουν τρία επίπεδα γνώσης TCP/IP. Εκείνοι που διαχειρίζονται ένα περιφερειακό ή εθνικό δίκτυο πρέπει να σχεδιάσουν ένα σύστημα με μεγάλων αποστάσεων τηλεφωνικές γραμμές, συσκευών δρομολόγησης, και πολύ μεγάλων αρχείων διαμόρφωσης. Πρέπει να ξέρουν τους αριθμούς IP και τις φυσικές θέσεις χιλιάδων συνδρομητών δικτύων. Πρέπει επίσης να έχουν μια επίσημη στρατηγική οργάνων ελέγχου δικτύων για να ανιχνεύουν τα προβλήματα και να ανταποκρίνονται γρήγορα.

Κάθε μεγάλη επιχείρηση ή πανεπιστήμιο που προσυπογράφει στο Διαδίκτυο πρέπει να έχει ένα ενδιάμεσο επίπεδο οργάνωσης δικτύου και πείρας. Οι μισοί από μια δωδεκάδα δρομολογητών μπορούν να διαμορφωθούν, έτσι ώστε να συνδέσουν αρκετές δωδεκάδες υπηρεσιακών LANs σε διάφορα κτίρια. Όλη η κυκλοφορία έξω από την οργάνωση θα καθοδηγούνταν τυπικά σε μια ενιαία σύνδεση σε έναν περιφερειακό προμηθευτή δικτύου. Εντούτοις, ο τελικός χρήστης μπορεί να εγκαταστήσει το TCP/IP σε έναν προσωπικό υπολογιστή χωρίς οποιαδήποτε γνώση είτε του εταιρικού είτε περιφερειακού δικτύου. Τρία κομμάτια πληροφοριών απαιτούνται:

1. η διεύθυνση IP που ορίζεται σε αυτόν τον προσωπικό υπολογιστή
2. το μέρος της διεύθυνσης IP (subnet mask) που διακρίνει άλλες μηχανές στο ίδιο LAN (τα μηνύματα μπορούν να σταλούν σε αυτά άμεσα) από τις μηχανές σε άλλα τμήματα ή αλλού στον κόσμο (που στέλνονται σε μια μηχανή δρομολογητών)
3. η διεύθυνση IP της μηχανής δρομολογητή που συνδέει αυτό το LAN με τον υπόλοιπο κόσμο.

Η subnet mask λέει στον server ότι οποιαδήποτε άλλη μηχανή με μία διεύθυνση IP που αρχίζει από 130.132.59.\* είναι στο ίδιο LAN, έτσι τα μηνύματα στέλνονται σε αυτήν άμεσα. Οποιαδήποτε διεύθυνση IP που αρχίζει με μια διαφορετική τιμή προσεγγίζεται έμμεσα με την αποστολή του μηνύματος μέσω του δρομολογητή στο 130.132.59.1 (που είναι στο υπηρεσιακό LAN).

### 1.6.3 Δρομολόγηση

Το IP υποθέτει ότι ένα σύστημα είναι προσαρτημένο σε κάποιο τοπικό δίκτυο. Υποθέτουμε ότι το σύστημα μπορεί να στείλει datagrams σε ένα οποιοδήποτε άλλο σύστημα του δικτύου του. Το πρόβλημα δημιουργείται όταν ένα σύστημα πρέπει να στείλει datagram σε σύστημα που ανήκει σε διαφορετικό δίκτυο. Το πρόβλημα αυτό χειρίζονται τα gateways. Το gateway είναι ένα σύστημα που συνδέει ένα δίκτυο με ένα ή περισσότερα άλλα δίκτυα.

Τα gateways είναι συνήθως κανονικοί υπολογιστές που έχουν περισσότερες από μια διεπαφές δικτύου. Για παράδειγμα, έχουμε μια μηχανή Unix που έχει δυο διαφορετικές Ethernet διεπαφές. Η μηχανή αυτή είναι έστω συνδεδεμένη με τα δίκτυα 128.6.4 και 128.6.3.

Η μηχανή μπορεί να παίξει το ρόλο ενός gateway για τα δυο δίκτυα. Το s/w της μηχανής αυτής πρέπει να φροντίζει ώστε να μπορούν να προωθηθούν datagrams από το ένα δίκτυο στο άλλο.

Έτσι, αν μια μηχανή του δικτύου 128.6.4 στείλει ένα datagram στο gateway και το datagram απευθύνεται σε μια μηχανή στο δίκτυο 128.6.3, το gateway θα προωθήσει το datagram στον προορισμό του. Τα μεγάλα κέντρα επικοινωνιών έχουν συχνά gateways, για να συνδέουν έναν αριθμό διαφορετικών δικτύων.

Η δρομολόγηση στο IP βασίζεται ολοκληρωτικά στο νούμερο του δικτύου που υπάρχει στη διεύθυνση προορισμού. Κάθε υπολογιστής διαθέτει ένα πίνακα αριθμών των δικτύων. Για κάθε αριθμό δικτύου είναι καταχωρημένο και ένα gateway. Αυτό είναι το gateway που θα χρησιμοποιηθεί ώστε να έχουμε πρόσβαση στο συγκεκριμένο δίκτυο.

Όταν ένας υπολογιστής θέλει να στείλει ένα datagram ελέγχει πρώτα αν η διεύθυνση προορισμού ανήκει σε σύστημα που βρίσκεται στο τοπικό δίκτυο. Αν ναι, το datagram στέλνεται απευθείας. Αλλιώς, το σύστημα περιμένει να βρει μια καταχώρηση για το δίκτυο στο οποίο βρίσκεται το σύστημα με τη συγκεκριμένη διεύθυνση. Το datagram στέλνεται τότε στο gateway που υπάρχει στην αντίστοιχη καταχώρηση. Ο πίνακας αυτός μπορεί να γίνει αρκετά μεγάλος. Ειδικά τώρα, που το Internet περιέχει τώρα αρκετές εκατοντάδες διαφορετικά δίκτυα. Έτσι, έχουν αναπτυχθεί πολλές στρατηγικές για τη μείωση του μεγέθους του πίνακα δρομολογήσεων. Μια στρατηγική είναι η χρησιμοποίηση default δρόμων. Συχνά, υπάρχει μόνο ένα gateway σε ένα δίκτυο που μπορεί για παράδειγμα να συνδέει ένα τοπικό Ethernet σε ένα ευρύτερο δίκτυο ενός πανεπιστημίου. Στην περίπτωση αυτή, δεν απαιτείται ξεχωριστή καταχώρηση για κάθε δίκτυο στον κόσμο. Δηλώνουμε απλά το gateway αυτό σαν default. Όταν δεν υπάρχει κάποιος καθορισμένος δρόμος για ένα datagram, το datagram στέλνεται στο default gateway. Default gateway μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ακόμα κι όταν υπάρχουν περισσότερα gateways σε ένα δίκτυο. Έχει προβλεφθεί η αποστολή μηνυμάτων από τα gateways, του τύπου δεν είμαι το καλύτερο gateway - χρησιμοποιήστε καλύτερα το τάδε (τα μηνύματα αυτά αποστέλλονται μέσω του ICMP). Τα περισσότερα s/w δικτύων έχουν σχεδιαστεί ώστε να χρησιμοποιούν αυτά τα μηνύματα και να προσθέτουν καταχωρήσεις στους πίνακες δρομολογήσής τους. Ας υποθέσουμε ότι το δίκτυο 128.6.4 έχει δυο gateways, τα 128.6.4.59 και 128.6.4.1. Το 128.6.4.59 οδηγεί σε διάφορα άλλα εσωτερικά δίκτυα του Router. Το 128.6.4.1 οδηγεί στο NSFnet. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε θέσει σαν default gateway το 128.6.4.59 και δεν υπάρχουν άλλες καταχωρήσεις στον πίνακα δρομολογήσεων. Τι θα συμβεί όταν χρειαστεί να στείλουμε ένα datagram στο MIT; Το MIT είναι το δίκτυο 18. Εφόσον δεν υπάρχει καταχώρηση για το δίκτυο 18 το datagram θα σταλεί στο default 128.6.4.59.

Φυσικά, το gateway αυτό είναι λάθος για την περίπτωση. Έτσι, το datagram θα προωθηθεί στο 128.6.4.1. Θα σταλεί όμως πίσω ένα σφάλμα που θα λέει: για να φτάσεις στο δίκτυο 18, χρησιμοποίησε το 128.6.4.1. Το s/w του δικτύου λοιπόν θα προσθέσει μια καταχώρηση στον πίνακα δρομολογήσεων. Οποιοδήποτε μελλοντικό datagram προς το MIT θα πάει απευθείας στο 128.6.4.1.

Οι περισσότεροι ειδικοί στο IP συνιστούν ότι οι μεμονωμένοι υπολογιστές δεν πρέπει να προσπαθούν να κρατούν πληροφορίες για όλο το δίκτυο. Αντί γι' αυτό θα πρέπει να ξεκινούν με τα default gateways και να αφήνουν τα gateways να βρίσκουν τους καλύτερους δρόμους, όπως μόλις περιγράφηκε. Βέβαια, δεν έχουμε μιλήσει ακόμα με πιο τρόπο προσδιορίζονται οι καλύτεροι δρόμοι. Για να γίνει αυτό χρειάζεται κάποιο πρωτόκολλο δρομολόγησης. Το πρωτόκολλο αυτό είναι μια τεχνική ώστε τα gateways να μπορούν να εντοπίζουν το ένα το άλλο και να είναι ενημερωμένα για τον καλύτερο τρόπο που υπάρχει ώστε να προσπελαστεί το καθένα από αυτά.

Το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για το πέρασμα ενός πακέτου δεδομένων από υπολογιστή σε υπολογιστή.

Όλα τα δίκτυα που συνδέονται στο Internet “καταλαβαίνουν” τη γλώσσα IP κι έτσι μπορούν να συνεννοούνται και να ανταλλάσσουν δεδομένα με ομοιόμορφο τρόπο.

Τα δίκτυα του Internet συνδέονται μεταξύ τους με ειδικούς υπολογιστές που ονομάζονται δρομολογητές (routers) ή πύλες (gateways).

Ένας router είναι λοιπόν ένας υπολογιστής που συνδέει δύο ή περισσότερα δίκτυα (που μπορεί να είναι διαφορετικού τύπου) και έτσι ανήκει σε δύο ή περισσότερα δίκτυα ταυτόχρονα.

Η δουλειά των routers είναι να δρομολογούν τα πακέτα των δεδομένων μέσα από τα διάφορα δίκτυα που αποτελούν το Internet μέχρις ότου τα επιδώσουν στον προορισμό τους. Ας δούμε πώς γίνεται αυτό:

Ας θεωρήσουμε πάλι ότι ένας υπολογιστής που βρίσκεται κάπου στο Internet θέλει να στείλει δεδομένα σε κάποιον άλλον υπολογιστή. Τα δεδομένα κόβονται σε πακέτα και το IP που εκτελείται στον υπολογιστή - αποστολέα ετοιμάζεται να στείλει το κάθε πακέτο.

Εισάγει λοιπόν στην επικεφαλίδα του πακέτου τις IP διευθύνσεις του αποστολέα και του παραλήπτη και κατόπιν, βάσει των διευθύνσεων αυτών, ελέγχει αν ο παραλήπτης βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με τον αποστολέα. Εάν ναι, το πακέτο στέλνεται κατευθείαν στον παραλήπτη χωρίς να χρειαστεί να διαβεί τα όρια του δικτύου. Εάν όχι, προωθείται στον router που είναι συνδεδεμένος με το δίκτυο. Ο router με τη σειρά του ελέγχει αν ο παραλήπτης βρίσκεται σε κάποιο από τα υπόλοιπα δίκτυα με τα οποία είναι συνδεδεμένος. Εάν ναι, το πακέτο στέλνεται κατευθείαν στον παραλήπτη στο δίκτυο αυτό.

Εάν όχι, το πακέτο προωθείται στον επόμενο router, κ.ο.κ. μέχρις ότου το πακέτο προωθηθεί τελικά στον router που είναι συνδεδεμένος στο ίδιο δίκτυο με τον παραλήπτη. Το πακέτο μπορεί έτσι να περάσει από πολλούς routers μέχρις ότου φτάσει στον προορισμό του. Οι routers διατηρούν πίνακες που προσδιορίζουν την κατεύθυνση που πρέπει να πάρει ένα πακέτο προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του. Βάσει αυτών των πινάκων αποφασίζουν ποιος θα είναι ο επόμενος router στον οποίο θα πρέπει να προωθήσουν το πακέτο. Κάθε φορά, το πακέτο μετακινείται όλο και πιο κοντά προς τον προορισμό του έως ότου τελικά τον φτάσει. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η διαδρομή που ακολουθεί ένα πακέτο δεν είναι προκαθορισμένη, αλλά επιλέγεται δυναμικά. Έτσι, οι routers μπορούν να επιλέγουν εναλλακτικούς δρόμους για ένα πακέτο σε περίπτωση που μια συγκεκριμένη σύνδεση του δικτύου παρουσιάζει πρόβλημα και βρίσκεται προσωρινά σε αχρηστία.

#### 1.6.4 Υποδίκτυα

Όπως έχουμε δει, όλοι οι υπολογιστές υπηρεσίας σε ένα δίκτυο πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό δικτύου. Αυτή η ιδιότητα της διευθυνσιοδότησης του IP μπορεί να προκαλέσει προβλήματα καθώς μεγαλώνουν τα δίκτυα. Για παράδειγμα, φανταστείτε ένα πανεπιστήμιο που ξεκίνησε με ένα δίκτυο τάξης Β το οποίο το χρησιμοποιούσε το Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών για τους υπολογιστές του δικτύου Ethernet του. Ένα χρόνο αργότερα το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών θέλησε να μπει στο Internet, έτσι αγόρασε έναν επαναλήπτη για να επεκτείνει το υπάρχον Ethernet μέχρι το δικό του κτίριο.

Καθώς περνούσε ο χρόνος, πολλά άλλα τμήματα απέκτησαν υπολογιστές και γρήγορα έφτασαν στο όριο των τεσσάρων επαναληπτών ανά Ethernet. Απαιτήθηκε λοιπόν μια διαφορετική οργάνωση.

Η προμήθεια μιας δεύτερης διεύθυνσης δικτύων θα ήταν δύσκολη, επειδή οι διευθύνσεις δικτύου είναι σπάνιες και το πανεπιστήμιο είχε ήδη διευθύνσεις για περισσότερους από 60.000 υπολογιστές υπηρεσίας. Το πρόβλημα είναι ο κανόνας ότι μία διεύθυνση τάξης A, B ή C αναφέρεται σε ένα δίκτυο και όχι σε μια συλλογή LAN. Καθώς όλο και περισσότεροι οργανισμοί αντιμετώπιζαν αυτήν την κατάσταση, έγινε μια μικρή αλλαγή στο σύστημα διευθυνσιοδότησης για να λυθεί αυτό το πρόβλημα.

Η λύση είναι να επιτρέπεται η διάσπαση ενός δικτύου σε πολλά τμήματα για εσωτερική χρήση, ενώ για τον έξω κόσμο θα λειτουργεί ακόμα σαν να ήταν ένα μόνο δίκτυο.

Ένα τυπικό σύγχρονο δίκτυο πανεπιστημιούπολης μπορεί να μοιάζει με αυτό της Εικόνας 5-57, με έναν κύριο δρομολογητή συνδεδεμένο σε έναν ISP ή ένα περιφερειακό δίκτυο και πολυάριθμα δίκτυα Ethernet απλωμένα στην πανεπιστημιούπολη σε διάφορα τμήματα. Καθένα από τα δίκτυα Ethernet έχει το δικό του δρομολογητή που είναι συνδεδεμένος στον κύριο δρομολογητή (πιθανόν μέσω ενός δικτύου σπονδυλικής στήλης LAN, αν και η φύση της διασύνδεσης των δρομολογητών δεν έχει σημασία εδώ).

Στην ορολογία του Internet, τα τμήματα του δικτύου (σε αυτή την περίπτωση, τα δίκτυα Ethernet) ονομάζονται υποδίκτυα (subnets). Η χρήση αυτού του όρου συγκρούεται με τον όρο 'υποδίκτυο' που σημαίνει το σύνολο όλων των δρομολογητών και γραμμών επικοινωνίας σε ένα δίκτυο.

Όταν φτάνει ένα πακέτο στον κύριο δρομολογητή, πώς γνωρίζει αυτός σε ποιο υποδίκτυο (Ethernet) να το παραδώσει; Ένας τρόπος θα ήταν να έχουμε έναν πίνακα με 65.536 καταχωρίσεις στο δρομολογητή, ο οποίος να δείχνει ποιο δρομολογητή πρέπει να χρησιμοποιήσει για κάθε υπολογιστή υπηρεσίας της πανεπιστημιούπολης. Η ιδέα αυτή θα μπορούσε να λειτουργήσει, αλλά θα απαιτούσε έναν πολύ μεγάλο πίνακα στον κύριο δρομολογητή καθώς και πολλή χειρονακτική συντήρηση κατά την προσθήκη, μετακίνηση, ή κατάργηση υπολογιστών υπηρεσίας.

Επινοήθηκε λοιπόν μια διαφορετική μέθοδος. Αντί να έχουμε μια μόνο διεύθυνση τάξης B με 14 bit για τον αριθμό δικτύου και 16 bit για τον αριθμό υπολογιστή υπηρεσίας, μερικά bit αφαιρούνται από τον αριθμό υπολογιστή υπηρεσίας για τη δημιουργία ενός αριθμού υποδικτύου.

Για παράδειγμα, αν το πανεπιστήμιο έχει 35 τμήματα, θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει έναν αριθμό υποδικτύου των 6 bit και έναν αριθμό υπολογιστή υπηρεσίας των 10 bit, επιτρέποντας μέχρι 64 δίκτυα Ethernet που το καθένα τους θα έχει μέχρι 1022 υπολογιστές υπηρεσίας (οι τιμές 0 και -1 δεν είναι διαθέσιμες, όπως αναφέραμε προηγουμένως). Αυτή η διάσπαση θα μπορούσε αργότερα να αλλάξει αν αποδεικνυόταν ότι ήταν λανθασμένη.

Για την υλοποίηση των υποδικτύων, ο κύριος δρομολογητής χρειάζεται μια μάσκα υποδικτύου (subnet mask) η οποία θα δείχνει τον τρόπο διάσπασης ανάμεσα στον αριθμό δικτύου και υποδικτύου και τον αριθμό υπολογιστή υπηρεσίας. Οι μάσκες υποδικτύου γράφονται και αυτές με δεκαδική γραφή με τελείες, με την προσθήκη μιας καθόδου (slash) η οποία ακολουθείται από το πλήθος των bit που υπάρχουν στο τμήμα δικτύου και υποδικτύου.

Για να κατανοήσουμε πώς δουλεύουν τα υποδίκτυα, είναι απαραίτητο να εξηγήσουμε πώς γίνεται η επεξεργασία των πακέτων IP σε ένα δρομολογητή. Κάθε δρομολογητής έχει έναν πίνακα που παραθέτει κάποιο πλήθος διευθύνσεων IP με τη μορφή (δίκτυο, 0) και κάποιο πλήθος διευθύνσεων IP με τη μορφή (αυτό το δίκτυο, υπολογιστής υπηρεσίας). Το πρώτο είδος καταχωρίσεων δείχνει πώς φτάνουμε σε απομακρυσμένα δίκτυα. Το δεύτερο είδος δείχνει πώς φτάνουμε σε τοπικούς υπολογιστές υπηρεσίας. Με κάθε καταχώριση συσχετίζεται η διασύνδεση δικτύου που χρησιμοποιείται για να φτάσουμε στον προορισμό, καθώς και μερικές άλλες πληροφορίες.

Όταν φτάνει ένα πακέτο IP, η διεύθυνση προορισμού του αναζητείται στον πίνακα δρομολόγησης. Αν το πακέτο προορίζεται για ένα απομακρυσμένο δίκτυο, προωθείται στον επόμενο δρομολογητή μέσω της διασύνδεσης που δίνεται στον πίνακα. Αν προορίζεται για έναν τοπικό υπολογιστή υπηρεσίας (με άλλα λόγια, βρίσκεται στο LAN του δρομολογητή), στέλνεται απευθείας στον προορισμό.

Αν το δίκτυο δεν υπάρχει, το πακέτο προωθείται σε έναν προεπιλεγμένο δρομολογητή που διαθέτει πιο εκτενείς πίνακες. Αυτός ο αλγόριθμος σημαίνει ότι κάθε δρομολογητής χρειάζεται να παρακολουθεί μόνο τα άλλα δίκτυα και τους τοπικούς υπολογιστές υπηρεσίας και όχι ζεύγη της μορφής (δίκτυο, υπολογιστής υπηρεσίας), γεγονός που μειώνει σημαντικά το μέγεθος του πίνακα δρομολόγησης.

Όταν χρησιμοποιούνται υποδίκτυα οι πίνακες δρομολόγησης αλλάζουν, με την προσθήκη καταχωρίσεων της μορφής (αυτό το δίκτυο, υποδίκτυο, 0) και (αυτό το δίκτυο, αυτό το υποδίκτυο, υπολογιστής υπηρεσίας). Έτσι, ένας δρομολογητής στο υποδίκτυο k γνωρίζει πώς να φτάσει σε όλα τα άλλα υποδίκτυα καθώς και πώς να φτάσει σε όλους τους υπολογιστές υπηρεσίας στο υποδίκτυο k. Δε χρειάζεται να γνωρίζει λεπτομέρειες για υπολογιστές υπηρεσίας σε άλλα υποδίκτυα.

Στην πραγματικότητα, το μόνο που πρέπει να αλλάξει είναι ότι ο κάθε δρομολογητής θα εκτελεί ένα λογικό AND με τη μάσκα του υποδικτύου, έτσι ώστε να ξεφορτωθεί τον αριθμό υπολογιστή υπηρεσίας και να αναζητήσει τη διεύθυνση που προκύπτει στους πίνακες του (αφού καθορίσει σε ποια τάξη δικτύου ανήκει).

Για παράδειγμα, ένα πακέτο με διεύθυνση προορισμού 130.50.15.6 που φτάνει στον κύριο δρομολογητή περνά από AND με τη μάσκα υποδικτύου 255.255.252.0/22, και δίνει αποτέλεσμα τη διεύθυνση 130.50.12.0. Η διεύθυνση αυτή αναζητείται στους πίνακες δρομολόγησης, ώστε να βρούμε ποια γραμμή εξόδου θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να φτάσουμε στο δρομολογητή για το υποδίκτυο 3. Έτσι τα υποδίκτυα μειώνουν το χώρο των πινάκων στους δρομολογητές, δημιουργώντας μια ιεραρχία τριών επιπέδων που αποτελείται από το δίκτυο, το υποδίκτυο και τον υπολογιστή υπηρεσίας.

### 1.6.5 Φορητό IP

Πολλοί χρήστες του Internet έχουν φορητούς υπολογιστές και θέλουν να παραμείνουν συνδεδεμένοι στο Internet όταν επισκέπτονται μια απομακρυσμένη τοποθεσία του Internet, και ακόμα και κατά την διαδρομή τους μέχρι εκεί. Δυστυχώς το σύστημα διευθυνσιοδότησης του IP κάνει τη λειτουργία μακριά από την οικεία θέση πιο εύκολη στην περιγραφή παρά στην υλοποίηση.

Ο πραγματικός ένοχος είναι το σύστημα διευθυνσιοδότησης. Κάθε διεύθυνση IP περιέχει έναν αριθμό δικτύου και έναν αριθμό υπολογιστή υπηρεσίας.

Για παράδειγμα, φανταστείτε τη μηχανή με διεύθυνση IP 160.80.40.20/16. Το 160.80 προσδιορίζει τον αριθμό δικτύου (8272 σε δεκαδικό σύστημα), ενώ το 40.20 είναι ο αριθμός υπολογιστή υπηρεσίας (10260 σε δεκαδικό σύστημα). Οι δρομολογητές σε ολόκληρο τον κόσμο έχουν πίνακες δρομολόγησης οι οποίοι λένε ποια γραμμή πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να πάμε στο δίκτυο 160.80. Όποτε φτάνει ένα πακέτο με διεύθυνση IP προορισμού της μορφής 160.80.xxx.yyy, φεύγει από την αντίστοιχη γραμμή.

Αν ξαφνικά η μηχανή που έχει τη διεύθυνση αυτή μεταφερθεί σε κάποια απομακρυσμένη τοποθεσία, τα πακέτα της θα συνεχίσουν να δρομολογούνται στο οικείο της LAN (η δρομολογητή). Ο ιδιοκτήτης δεν θα λαμβάνει πια ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, ούτε τίποτα άλλο. Η απόδοση μιας νέας διεύθυνσης IP στη μηχανή, η οποία θα αντιστοιχεί στη νέα της θέση, δεν είναι ελκυστική λύση επειδή μεγάλο πλήθος ανθρώπων, προγραμμάτων και βάσεων δεδομένων θα πρέπει να πληροφορηθούν την αλλαγή αυτή.

Μια άλλη επιλογή είναι να χρησιμοποιούν οι δρομολογητές ολόκληρες τις διευθύνσεις IP για τη δρομολόγηση και όχι μόνο το τμήμα του δικτύου. Ωστόσο η στρατηγική αυτή θα απαιτούσε κάθε δρομολογητής να έχει εκατομμύρια καταχωρίσεις στους πίνακες του, με αστρονομικό κόστος για το Internet.

Όταν ο κόσμος άρχισε να απαιτεί τη δυνατότητα να συνδέει τους φορητούς υπολογιστές του στο Internet όπου κι αν βρίσκεται, η IETF δημιούργησε μια Ομάδα Εργασίας για να βρει μια λύση. Η Ομάδα Εργασίας έθεσε σύντομα έναν αριθμό στόχων που θεωρούνταν επιθυμητοί για οποιαδήποτε λύση. Οι βασικοί στόχοι ήταν:

Κάθε κινητός υπολογιστής υπηρεσίας θα έπρεπε να είναι σε θέση να χρησιμοποιεί οπουδήποτε την οικεία του διεύθυνση IP.

Δεν επιτρέπονταν αλλαγές λογισμικού στους σταθερούς υπολογιστές υπηρεσίας.

Δεν επιτρέπονταν αλλαγές στο λογισμικό και τους πίνακες των δρομολογητών.

Τα περισσότερα πακέτα για τους κινητούς υπολογιστές υπηρεσίας δεν θα έπρεπε να κάνουν παρακάμψεις στο δρόμο.

Δεν θα έπρεπε να υπάρχει επιβάρυνση όταν ένας κινητός υπολογιστής υπηρεσίας βρισκόταν στην οικεία του θέση.

Κάθε τοποθεσία που θέλει να επιτρέψει στους χρηστές της να “ περιπλανιούνται” πρέπει να εγκαταστήσει έναν οικείο πράκτορα. Κάθε υπηρεσία που θέλει να επιτρέψει επισκέπτες πρέπει να εγκαταστήσει έναν ξένο πράκτορα.

Όταν ένας κινητός υπολογιστής υπηρεσίας εμφανιστεί σε μια ξένη τοποθεσία, επικοινωνεί με τον εκεί ξένο πράκτορα και εγγράφεται σ’ αυτόν. Ο ξένος πράκτορας επικοινωνεί τότε με τον οικείο πράκτορα του χρηστή δίνοντας του μια διεύθυνση επιμέλειας (care-of address) συνήθως τη διεύθυνση IP του ίδιου του ξένου πράκτορα.

Όταν φτάνει ένα πακέτο στο οικείο LAN του χρηστή, σταματάει σε κάποιο δρομολογητή συνδεδεμένο στο LAN. Ο δρομολογητής προσπαθεί τότε να εντοπίσει τον υπολογιστή υπηρεσίας με το συνηθισμένο τρόπο,

εκπέμποντας ένα πακέτο ARP που ρωτάει για παράδειγμα: Ποια είναι η διεύθυνση Ethernet του υπολογιστή 160.80.40.20 ; Ο οικείος πράκτορας αποκρίνεται σε αυτή την ερώτηση δίνοντας τη δική του διεύθυνση Ethernet. Ο δρομολογητής στέλνει τότε τα πακέτα 160.80.40.20 στον οικείο πράκτορα. Αυτός με τη σειρά του, τα διοχετεύει μέσω σήραγγας στη διεύθυνση επιμέλειας, ενθυλακώνοντας τα στο πεδίο ωφέλιμου φορτίου ενός πακέτου IP το οποίο έχει τη διεύθυνση του ξένου πράκτορα. Ο ξένος πράκτορας στη συνέχεια τα εξάγει και τα παραδίδει στη διεύθυνση συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων του κινητού υπολογιστή υπηρεσίας.

Επιπλέον, ο οικείος πράκτορας δίνει τη διεύθυνση επιμέλειας στον αποστολέα έτσι ώστε τα μελλοντικά πακέτα να μπορούν να διοχετευτούν μέσω σήραγγας απευθείας στον ξένο πράκτορα. Η λύση αυτή ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις.

Τη στιγμή που θα μετακινηθεί ο κινητός υπολογιστής υπηρεσίας, ο δρομολογητής μάλλον θα έχει στην κρυφή του μνήμη τη διεύθυνση Ethernet του υπολογιστή (που σε λίγο δεν θα είναι έγκυρη). Η αντικατάσταση αυτής της διεύθυνσης Ethernet με εκείνη του οικείου πράκτορα γίνεται με μια διαδικασία που ονομάζεται αναίτιο ARP. Αυτό είναι ένα ειδικό αυτόκλητο μήνυμα προς τον δρομολογητή που τον κάνει να ενημερώσει μια καταχώριση στην κρυφή του μνήμη, στην περίπτωση αυτή τη διεύθυνση του κινητού υπολογιστή υπηρεσίας που πρόκειται να φύγει. Όταν αργότερα επιστρέψει ο κινητός υπολογιστής υπηρεσίας, χρησιμοποιείται το ίδιο κόλπο για ενημερωθεί ξανά η κρυφή μνήμη του δρομολογητή. Τίποτα στη σχεδίαση αυτή δεν αποτρέπει έναν κινητό υπολογιστή υπηρεσίας από το να είναι ξένος πράκτορας του εαυτού του, αλλά η προσέγγιση αυτή λειτουργεί μόνο όταν ο κινητός υπολογιστής υπηρεσίας (στο ρόλο του ξένου πράκτορα) είναι λογικά συνδεδεμένος στο Internet στην τρέχουσα τοποθεσία του. Επιπλέον, ο κινητός υπολογιστής υπηρεσίας θα πρέπει να μπορεί να αποκτήσει μια (προσωρινή) διεύθυνση επιμέλειας IP για να τη χρησιμοποιήσει. Αυτή η διεύθυνση IP θα πρέπει να ανήκει στο LAN στο οποίο είναι συνδεδεμένος τη δεδομένη στιγμή.

Η λύση της ITEM για τους κινητούς υπολογιστές υπηρεσίας λύνει και πλήθος άλλων προβλημάτων που δεν έχουμε αναφέρει μέχρι στιγμής. Για παράδειγμα, πως εντοπίζονται οι πράκτορες; Η λύση είναι να εκπέμπει κάθε πράκτορας περιοδικά τη διεύθυνση του και τον τύπο των υπηρεσιών που προτίθεται να παρέχει ( για παράδειγμα οικείος, ξένος, και τα δυο ). Όταν ένας κινητός υπολογιστής υπηρεσίας φτάσει κάπου, μπορεί να εκπέμψει ένα πακέτο που να ανακοινώνει την άφιξη του, ελπίζοντας ότι ο τοπικός ξένος πράκτορας θα απαντήσει σε αυτό. Ένα άλλο ζήτημα είναι η ασφάλεια. Όταν ένας οικείος πράκτορας λάβει ένα μήνυμα που του ζητά να προωθήσει όλα τα πακέτα ενός χρηστή σε κάποια διεύθυνση IP, καλό είναι να μην συμμορφωθεί αν δεν πειστεί ότι η πηγή της αίτησης αυτής είναι ο συγκεκριμένος χρηστής και όχι κάποιος που προσπαθεί να τον υποδυθεί. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κρυπτογραφικά πρωτοκολλά πιστοποίησης ταυτότητας. Ένα τελευταίο σημείο σχετίζεται με τα επίπεδα κινητικότητας.

Φανταστείτε ένα αεροπλάνο με ένα Ethernet αεροσκάφος που χρησιμοποιείται από τους υπολογιστές πλοήγησης και οργάνων ελέγχου. Στο Ethernet αυτό υπάρχει ένας τυπικός δρομολογητής που μιλάει με το ενσύρματο Ethernet στο έδαφος μέσω μιας γραμμής ραδιοκυμάτων.

Μια μέρα, κάποιος από το τμήμα μάρκετινγκ έχει την ιδέα να εγκαταστήσει συζευκτήρες Ethernet σε όλους τους βραχίονες των καθισμάτων, έτσι ώστε να μπορούν να συνδεθούν και οι επιβάτες που έχουν φορητούς υπολογιστές. Τώρα έχουμε δυο επίπεδα κινητικότητας: οι υπολογιστές του ίδιου του αεροσκάφους, οι οποίοι είναι στατικοί σε σχέση με το Ethernet και οι υπολογιστές των επιβατών οι οποίοι είναι κινητοί σε σχέση με αυτό.

Επιπλέον, ο δρομολογητής του αεροσκάφους είναι κινητός σε σχέση με τους δρομολογητές στο έδαφος. Η ύπαρξη κινητών χρηστών σε σχέση με ένα σύστημα το οποίο είναι το ίδιο κινητό, μπορεί να αντιμετωπιστεί με χρήση αναδρομικής διοχέτευσης σε σήραγγα.

## 1.7 IPv6

Μια από τις ελλείψεις της σημερινής έκδοσης του πρωτοκόλλου Internet (IPv4) είναι ότι δεν παρέχει επαρκή αριθμό διευθύνσεων, δεδομένου ότι σχεδιάστηκε πολύ πριν από την ανάπτυξη του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web) και των κινητών επικοινωνιών και, ως εκ τούτου, δεν μπορεί να καλύψει τις ανάγκες των τελευταίων αυτών τεχνολογιών. Επιπλέον η δυσκολία στη διαχείριση, η μη αποδοτική δρομολόγηση, θέματα ασφαλείας και η δυσκολία στην ταυτόχρονη χρήση περισσότερων της μιας προσθηκών του IPv4 (QoS, IPsec, MobileIP κτλ.) κάνουν επιτακτική την ανάγκη μετάβασης στο IPv6.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του νέου πρωτοκόλλου είναι η επίλυση του προβλήματος του περιορισμένου αριθμού διευθύνσεων IP. Το νέο πρωτόκολλο καθιστά δυνατό έναν σχεδόν απεριόριστο αριθμό διευθύνσεων (2<sup>128</sup>) ικανό για να καλύψει τις μελλοντικές ανάγκες ανάπτυξης του Internet παγκοσμίως, μεταξύ άλλων της μεγάλης αύξησης του αριθμού των συσκευών συνεχούς σύνδεσης και άλλων συσκευών συνδεδεμένων με το Internet, όπως τα κινητά τηλέφωνα, τα συστήματα πλοήγησης αυτοκινήτων και οι οικιακές συσκευές. Το νέο πρωτόκολλο περιλαμβάνει επίσης βελτιώσεις που κάνουν το Internet ταχύτερο, περισσότερο ευέλικτο και ασφαλές και προσαρμοσμένο στις σημερινές και μελλοντικές ανάγκες του Internet. Επίσης το IPv6 προσφέρει τη δυνατότητα απλοποίησης της επικεφαλίδας, καλύτερη υποστήριξη επιλογών και επεκτάσεων στη στάνταρ επικεφαλίδα.

Οι διευθύνσεις IPv6 είναι 128μπιτα προσδιοριστικά για τις διεπαφές και τα σύνολα διεπαφών. Υπάρχουν τρεις τύποι διευθύνσεων:

Unicast: Ένα προσδιοριστικό για μια ενιαία διεπαφή. Ένα πακέτο που στέλνεται σε μια διεύθυνση unicast παραδίδεται στη διεπαφή που προσδιορίζεται από εκείνη την διεύθυνση.

Anycast: Ένα προσδιοριστικό για ένα σύνολο διεπαφών (χαρακτηριστικά που ανήκουν στους διαφορετικούς κόμβους). Ένα πακέτο που στέλνεται σε μια διεύθυνση anycast παραδίδεται σε μια από τις διεπαφές που προσδιορίζονται από εκείνη την διεύθυνση (η "κοντινότερη", σύμφωνα με το μέτρο των πρωτοκόλλων δρομολόγησης της απόστασης).

Multicast: Αντιπροσωπεύει σύνολο από interfaces(που ανήκουν συνήθως σε διαφορετικούς κόμβους). Ένα πακέτο που αποστέλλεται σε μια διεύθυνση multicast παραδίδεται σε όλες τις διεργασίες που προσδιορίζονται από την διεύθυνση αυτή.

Η βασική IPv6 επικεφαλίδα είναι απλοποιημένη σε σχέση με το IPv4 και άρα βοηθά στη μείωση του κόστους δρομολόγησης για κάθε πακέτο και του κόστους σε εύρος ζώνης που καταναλώνει η επικεφαλίδα, έχει σταθερό μήκος και οι δρομολογητές έχουν καλύτερη απόδοση για τέτοιες επικεφαλίδες. Τα προαιρετικά πεδία υποστηρίζονται σε ξεχωριστές επικεφαλίδες. Αυτό διευκολύνει την απόδοση της απλής δρομολόγησης, αφού δεν χρειάζεται κάθε δρομολογητής να επεξεργαστεί αυτά τα πεδία, αν κάτι τέτοιο δεν είναι αναγκαίο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

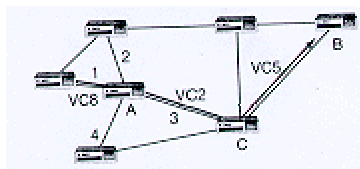
## ΘΕΜΑΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

## 2.1 Εισαγωγή

Δρομολόγηση είναι η επιλογή των καλύτερων διαδρομών που πρέπει να ακολουθήσουν τα πακέτα πληροφορίας σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Αυτή η επιλογή γίνεται συνήθως από το δίκτυο με βάση τις πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στους κόμβους. Η πηγή μπορεί επίσης να καθορίσει το μονοπάτι εφόσον έχει την απαραίτητη πληροφορία.

Για να επιλέξουν οι αλγόριθμοι δρομολόγησης την καλύτερη διαδρομή προς έναν προορισμό χρησιμοποιούν διάφορες μετρικές όπως π.χ. το μήκος της διαδρομής. Για να διευκολύνεται η εύρεση της διαδρομής αποθηκεύονται στους κόμβους πίνακες δρομολόγησης (routing tables) που περιέχουν πληροφορίες για τις διαδρομές. Το είδος της πληροφορίας που αποθηκεύεται στους κόμβους εξαρτάται από τον αλγόριθμο δρομολόγησης αλλά και από τη μέθοδο μεταφοράς που χρησιμοποιείται. Στα store and forward δίκτυα υπάρχουν δύο μέθοδοι μεταφοράς: αυτοδύναμα πακέτα (datagrams) και νοητά κυκλώματα (virtual circuits). Στη μεταφορά αυτοδύναμων πακέτων το δίκτυο επιλέγει τη διαδρομή για κάθε πακέτο ξεχωριστά. Για μεταφορά νοητού κυκλώματος το δίκτυο κάνει μια επιλογή διαδρομής για όλα τα πακέτα της ίδιας σύνδεσης.

Ο πίνακας δρομολόγησης για μεταφορά με νοητά κυκλώματα είναι οργανωμένος όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Ο πίνακας στον ένα κόμβο προσδιορίζει για κάθε εισερχόμενη σύνδεση και εισερχόμενο αριθμό νοητού κυκλώματος, την αντίστοιχη σύνδεση εξόδου και αριθμό νοητού κυκλώματος εξόδου. Για παράδειγμα ο πίνακας για τον κόμβο Α ορίζει ότι ένα πακέτο που φτάνει στον κόμβο από την σύνδεση 1 με αριθμό νοητού κυκλώματος 8 πρέπει να αναμεταδοθεί από τον Α στη σύνδεση 3 με νέο αριθμό νοητού κυκλώματος 2. Ο κόμβος Α ενημερώνει τον πίνακα όταν εγκαθίστανται νέα νοητά κυκλώματα χρησιμοποιώντας πληροφορίες σχετικές με την συμμόρφωση του δικτύου.



Εισερχόμενα		Εξερχόμενα	
Σύνδεση	VC#	Σύνδεση	VC#
1	8	3	2

Σχήμα 2. ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΟΜΒΟ Α ΓΙΑ ΝΟΗΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Όταν ένα πακέτο φτάνει στον Α πάνω στη σύνδεση 1 με αριθμό νοητού κυκλώματος 8, ο πίνακας καθορίζει ότι ο κόμβος Α θα πρέπει να στείλει αυτό το πακέτο κατά μήκος της σύνδεσης 3 με αριθμό νοητού κυκλώματος 2.

Για μεταφορά αυτοδύναμων πακέτων κάθε κόμβος διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης οργανωμένο όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Οι πίνακες δρομολόγησης του κόμβου βασίζονται σε εκτιμήσεις της συμφόρησης του δικτύου. Στους πίνακες υπάρχουν συσχετίσεις της μορφής προορισμός / επόμενος κόμβος (next hop) που λένε στον κόμβο ότι για να φτάσει ένα πακέτο σε έναν συγκεκριμένο προορισμό θα πρέπει να σταλεί στον "επόμενο κόμβο". Όταν ένα πακέτο φτάσει σε έναν κόμβο τότε αυτός ελέγχει τη διεύθυνση του κόμβου προορισμού και συσχετίζει αυτή τη διεύθυνση με έναν επόμενο κόμβο.

Προορισμός	Επόμενος κόμβος (next hop)
D1	Node A
D2	Node B
D3	Node C
D4	Node A
D5	Node A
D6	Node B

Πίνακας 1. ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Η ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης γίνεται με ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των κόμβων. Ένα τέτοιο παράδειγμα μηνύματος είναι το routing update που περιέχει ένα μέρος ή και ολόκληρο πίνακα δρομολόγησης. Αναλύοντας ένας κόμβος τα routing updates που λαμβάνει, μπορεί να δημιουργήσει μια εικόνα της τοπολογίας του δικτύου. Ένα άλλο παράδειγμα μηνύματος που ανταλλάσσεται μεταξύ των κόμβων είναι το link state advertisement. Τα μηνύματα αυτά πληροφορούν τους παραλήπτες για την κατάσταση των συνδέσεων του αποστολέα. Η πληροφορία για την κατάσταση των συνδέσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κατασκευαστεί μια εικόνα της τοπολογίας του δικτύου. Από τη στιγμή που γίνεται αντιληπτή η τοπολογία του δικτύου μπορούν να προσδιοριστούν βέλτιστες διαδρομές προς τους διάφορους προορισμούς.

Η επιστήμη των υπολογιστών ασχολείται με τη δρομολόγηση για πάνω από δύο δεκαετίες αλλά η δρομολόγηση έγινε εμπορικά δημοφιλής στα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1980. Ο κύριος λόγος που συνέβη αυτό είναι η φύση των δικτύων υπολογιστών κατά τη δεκαετία του 1970. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου τα δίκτυα ήταν σχετικά απλά και ομογενή. Μόνο πρόσφατα έχει γίνει δημοφιλής η μεγάλη κλίμακας διαδικτύωση (internetworking).

Η δρομολόγηση δεν είναι μια εύκολη διαδικασία. Τα σημερινά δίκτυα συνήθως αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό κόμβων και συνεπώς οι δυνατές διαδρομές που συνδέουν τον κόμβο-αφετηρία με τον προορισμό είναι πολλές. Τα πράγματα γίνονται δυσκολότερα εξαιτίας του γεγονότος ότι η κατάσταση του δικτύου μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου. Έτσι μπορεί λόγω βλάβης ορισμένες συνδέσεις ή και κόμβοι να πέφτουν και να μην μπορούν να αποτελούν μέρος μιας διαδρομής. Επιπλέον μπορεί κόμβοι ή συνδέσεις που προηγουμένως είχαν υποστεί βλάβη να επιδιορθώθηκαν και να ξαναγίνονται διαθέσιμες. Ένας καλός αλγόριθμος δρομολόγησης θα πρέπει να λαβαίνει υπόψη του όλες αυτές τις παραμέτρους και να ενημερώνει κατάλληλα τους κόμβους του δικτύου.

Οι αλγόριθμοι που επιτυγχάνουν αυτή την ενημέρωση των κόμβων λέγονται τοπολογικοί αλγόριθμοι (topology algorithms), είναι καταναμεμημένοι και κάνουν χρήση μηνυμάτων που περιέχουν την κατάσταση μιας ή περισσότερων συνδέσεων.

Οι τοπολογικοί αλγόριθμοι αποτελούν συνήθως μέρος καταναμημένων αλγορίθμων δρομολόγησης. Είναι πολύ δύσκολο να αποδειχτεί η ορθότητα αυτών των αλγορίθμων για τους εξής λόγους:

Α) Οι συνδέσεις που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά αυτών των μηνυμάτων για ενημέρωση της τοπολογίας μπορεί να πάθουν βλάβη. Η βλάβη σε μια σύνδεση προκαλεί την αποστολή επιπρόσθετων μηνυμάτων ενώ μπορεί να παρεμποδίσει τη μετάδοση πληροφορίας για την κατάσταση άλλων συνδέσεων. Στη χειρότερη περίπτωση μπορεί να διασπάσει το δίκτυο σε δύο ασύνδετα μεταξύ τους κομμάτια.

Β) Επειδή μια σύνδεση μπορεί να αλλάξει αρκετές φορές κατάσταση σε μικρό χρονικό διάστημα, οι κόμβοι του δικτύου θα πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίσουν ποια από τις αλλαγές είναι η πιο πρόσφατη.

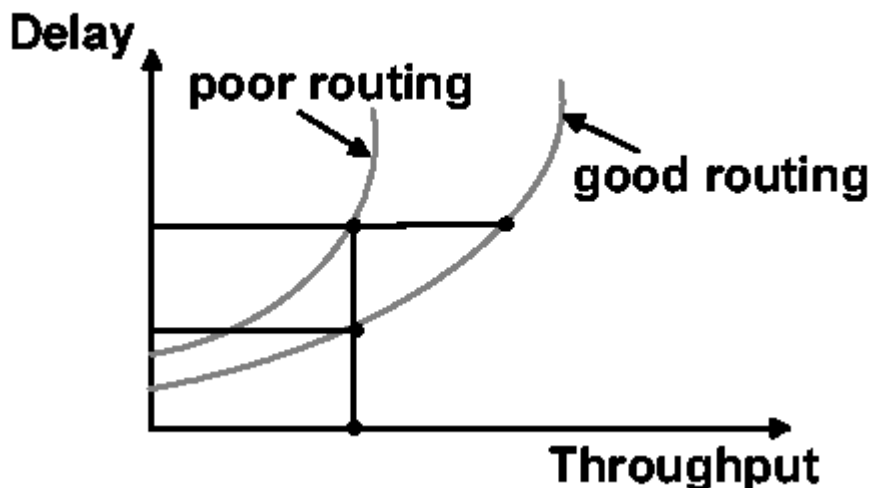
Γ) Ενώ τρέχει ένας τοπολογικός αλγόριθμος μπορεί να συμβούν επιπρόσθετες αλλαγές στην τοπολογία οι οποίες θα πρέπει να ενσωματωθούν στον αλγόριθμο.

Δ) Η επιδιόρθωση της βλάβης σε μια σύνδεση μπορεί να επανασυνδέσει δύο μέρη του δικτύου που είχαν αποσυνδεθεί μεταξύ τους. Ο αλγόριθμος πρέπει να εξασφαλίζει ότι τα δύο αυτά μέρη θα μπορέσουν τελικά να "μάθουν" τη σωστή τοπολογία του δικτύου.

Πολλοί τοπολογικοί αλγόριθμοι χρησιμοποιούν κάποια βοηθητική πληροφορία όπως π.χ. message counters ή age fields. Ένας τέτοιος αλγόριθμος είναι ο αλγόριθμος του ARPANET. Αντίθετα σε κάποιους άλλους αλγορίθμους που λέγονται event-driven οι κόμβοι αποστέλλουν μηνύματα μόνο αν λάβουν μήνυμα από κάποιο γείτονά τους ή αν ανιχνεύσουν βλάβη σε γειτονική τους σύνδεση. Αυτοί οι αλγόριθμοι αποφεύγουν την πολυπλοκότητα που εισάγει η βοηθητική πληροφορία.

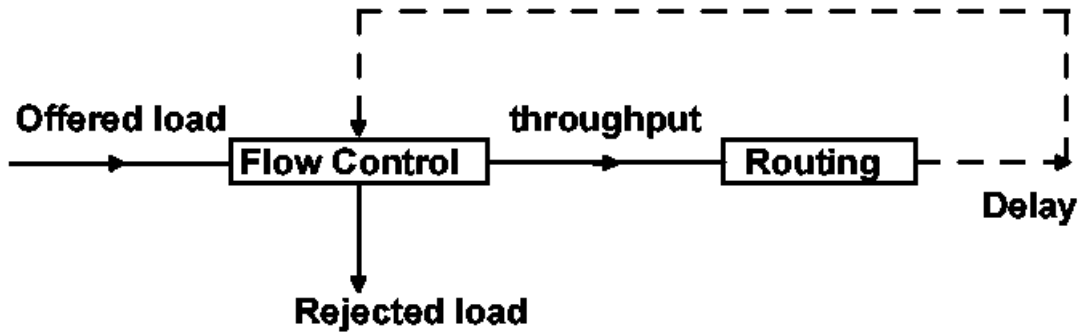
Επιπλέον οι ιδιότητες που είναι επιθυμητό να έχει ένας αλγόριθμος δρομολόγησης (π.χ. απλότητα, ευελιξία, δικαιοσύνη) συχνά έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους. Ουσιαστικά είναι πολύ δύσκολο έως αδύνατο να σχεδιαστεί ένας αλγόριθμος δρομολόγησης που να ικανοποιεί κατά βέλτιστο τρόπο όλες αυτές τις ιδιότητες.

Η δρομολόγηση είναι μια πολύ σημαντική διαδικασία στα σημερινά δίκτυα διότι επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοσή τους. Θεωρώντας ως μέτρα της απόδοσης ενός δικτύου το μέσο delay και το throughput τότε στόχος της δρομολόγησης είναι να κρατά χαμηλό το delay ώστε να αυξάνεται το throughput. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται αυτή η σχέση μεταξύ ενός καλού αλγορίθμου δρομολόγησης και των delay και throughput.



Σχήμα 3. ΣΧΕΣΗ ΚΑΛΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ DELAY-THROUGHPUT

Στο σχήμα 4 φαίνεται η σχέση μεταξύ της δρομολόγησης και του ελέγχου ροής (flow control). Ενώσω ο αλγόριθμος δρομολόγησης επιτυγχάνει να κρατά χαμηλό το delay, το flow control επιτρέπει περισσότερο traffic στο δίκτυο.



Σχήμα 4. ΣΧΕΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΟΗΣ

## 2.2 Αλγόριθμοι Δρομολόγησης

### 2.2.1 Επιθυμητές Ιδιότητες Αλγορίθμων Δρομολόγησης

Στη συνέχεια περιγράφονται οι ιδιότητες που είναι επιθυμητό να έχει ένας αλγόριθμος δρομολόγησης. Δυστυχώς πολλές από τις ιδιότητες αυτές είναι αλληλοσυγκρουόμενες. Έτσι είναι πρακτικά αδύνατο να βρεθεί ένας αλγόριθμος δρομολόγησης που να είναι βέλτιστος ως προς το σύνολο όλων αυτών των ιδιοτήτων. Αντιθέτως κατά το σχεδιασμό ενός αλγορίθμου δρομολόγησης συνήθως χρειάζεται να γίνουν κάποιοι συμβιβασμοί σχετικά με το ποιες ιδιότητες θα θεωρηθούν σημαντικότερες και ως προς τις οποίες ο αλγόριθμος θα επιδεικνύει βέλτιστη συμπεριφορά.

### Βελτιστότητα

Η βελτιστότητα αναφέρεται στην ικανότητα του αλγορίθμου δρομολόγησης να επιλέγει την "βέλτιστη" διαδρομή. Η βέλτιστη διαδρομή εξαρτάται από τις χρησιμοποιούμενες μετρικές και από τη σημασία που δίνεται σε αυτές κατά τους υπολογισμούς. Για παράδειγμα ένας αλγόριθμος δρομολόγησης μπορεί να χρησιμοποιεί τον αριθμό των hops και την καθυστέρηση (delay) αλλά μπορεί να δίνει περισσότερη σημασία στην καθυστέρηση κατά τους υπολογισμούς. Θα πρέπει να ορίζεται επακριβώς πως επιδρούν οι χρησιμοποιούμενες μετρικές κατά τον υπολογισμό της βέλτιστης διαδρομής.

## Απλότητα

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης σχεδιάζονται έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατόν απλούστεροι. Με άλλα λόγια, ένας αλγόριθμος δρομολόγησης θα πρέπει να είναι αποδοτικός αλλά με το μικρότερο δυνατό overhead σε software και utilization. Η απόδοση είναι πολύ σημαντικός παράγοντας όταν το software που υλοποιεί τον αλγόριθμο δρομολόγησης πρέπει να τρέχει σε έναν υπολογιστή με περιορισμένες δυνατότητες.

## Ευστάθεια

Ένας αλγόριθμος δρομολόγησης πρέπει να είναι ευσταθής. Θα πρέπει δηλαδή να αποδίδει σωστά ακόμα και σε περιπτώσεις ασυνήθιστων ή απρόβλεπτων καταστάσεων όπως π.χ. σε περιπτώσεις hardware failure, υψηλού φόρτου, κτλ. Επειδή οι routers αποτελούν σημαντικό μέρος ενός δικτύου η πιθανή αποτυχία τους θα προκαλέσει μεγάλα προβλήματα. Οι καλύτεροι αλγόριθμοι δρομολόγησης είναι αυτοί που αποδεικνύονται σταθεροί σε μια ποικιλία από δικτυακές καταστάσεις.

## Ευελιξία-Προσαρμοστικότητα

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης πρέπει να είναι και ευέλικτοι. Πρέπει δηλαδή να γρήγορα να προσαρμόζονται σε μια ποικιλία από καταστάσεις του δικτύου. Ας υποθεθεί για παράδειγμα ότι ένα τμήμα του δικτύου έχει πέσει. Πολλοί αλγόριθμοι δρομολόγησης όταν αντιληφθούν αυτό το πρόβλημα θα επιλέξουν για όλες τις διαδρομές που χρησιμοποιούν αυτό το τμήμα το επόμενο καλύτερο μονοπάτι. Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης μπορούν να προγραμματιστούν έτσι ώστε να προσαρμόζονται σε αλλαγές που γίνονται στο bandwidth, στο μέγεθος της ουράς του router, στο delay του δικτύου, κλπ.

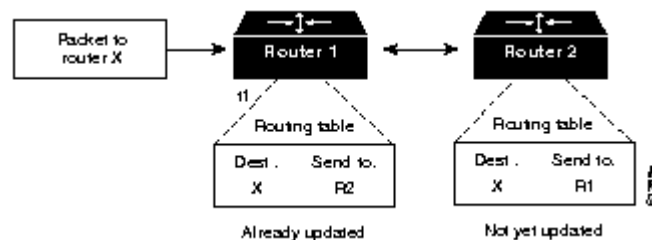
## Γρήγορη Σύγκλιση

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης πρέπει να συγκλίνουν γρήγορα. Η σύγκλιση είναι η διαδικασία συμφωνίας όλων των routers σε βέλτιστες διαδρομές. Όταν κάποιες διαδρομές παύουν να είναι διαθέσιμες ή από μη διαθέσιμες γίνονται διαθέσιμες οι routers διανέμουν μηνύματα ενημέρωσης.

Αυτά τα μηνύματα εξαπλώνονται σε όλο το δίκτυο και προκαλώντας τον επανυπολογισμό των βέλτιστων διαδρομών και τελικά όλοι οι routers συμφωνούν σε αυτές.

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης που συγκλίνουν αργά μπορεί να δημιουργήσουν επαναλήψεις κατά την δρομολόγηση.

Το σχήμα 5 δείχνει μια περίπτωση επανάληψης. Ένα πακέτο φτάνει στον Router 1 κατά την χρονική στιγμή t1.



Σχήμα 5. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ

Ο Router 1 έχει ήδη ενημερωθεί και έτσι γνωρίζει ότι η βέλτιστη διαδρομή προς τον προορισμό περνά μέσα από τον Router 2. Έτσι ο Router 1 διαβιβάζει το πακέτο προς τον Router 2. Ο Router 2 δεν έχει ενημερωθεί ακόμη και έτσι πιστεύει ότι το επόμενο hop της βέλτιστης διαδρομής είναι ο Router 1. Ο Router 2 διαβιβάζει το πακέτο προς τον Router 1. Το πακέτο θα συνεχίσει να κινείται μεταξύ των δύο routers μέχρι να ενημερωθεί ο Router 2.

## 2.3 Τύποι Αλγορίθμων Δρομολόγησης

Στη συνέχεια περιγράφονται συνοπτικά οι τύποι των αλγορίθμων δρομολόγησης.

### 2.3.1 Συγκεντρωτικοί / Κατανεμημένοι / Απομονωμένοι

Οι συγκεντρωτικοί αλγόριθμοι δρομολόγησης χρησιμοποιούν πληροφορίες από ολόκληρο το δίκτυο με σκοπό να λάβουν τις πιο καλές αποφάσεις. Κάπου στο δίκτυο υπάρχει ένα Κέντρο Ελέγχου Δρομολόγησης (ΚΕΔ) στο οποίο περιοδικά στέλνονται πληροφορίες κατάστασης από τους κόμβους του δικτύου (π.χ. κατάλογο των γειτόνων τους που βρίσκονται σε λειτουργία, τρέχοντα μήκη ουρών, κτλ.). Με βάση αυτές τις πληροφορίες το ΚΕΔ υπολογίζει τις καλύτερες διαδρομές από κάθε κόμβο προς κάθε άλλο κόμβο.

Από αυτές τις πληροφορίες μπορεί να κατασκευάσει νέους πίνακες δρομολόγησης και να τους διανείμει σε κάθε κόμβο. Μειονεκτήματα αυτών των αλγορίθμων είναι η χαμηλή αξιοπιστία λόγω ενδεχόμενης βλάβης του ΚΕΔ ή των συνδέσεων που οδηγούν προς αυτό, καθώς και η μεγάλη συγκέντρωση κυκλοφορίας σχετικής με τη δρομολόγηση στις συνδέσεις που οδηγούν προς το ΚΕΔ. Επιπλέον πρόβλημα μπορεί να προκύψει κατά τη διανομή των πινάκων δρομολόγησης στους κόμβους. Οι κόμβοι που βρίσκονται πιο κοντά στο ΚΕΔ ενδεχομένως θα πάρουν τους νέους πίνακες δρομολόγησης πιο γρήγορα από άλλους μακρινούς κόμβους με αποτέλεσμα να υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ των κόμβων.

Οι απομονωμένοι αλγόριθμοι τρέχουν ξεχωριστά σε κάθε κόμβο και χρησιμοποιούν μόνο τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες εκεί όπως μήκη ουρών για παράδειγμα. Δεν ανταλλάσσουν πληροφορίες δρομολόγησης με άλλους κόμβους αλλά παρόλα αυτά προσπαθούν να προσαρμοστούν στις αλλαγές της τοπολογίας και της κυκλοφορίας. Ένας γνωστός απομονωμένος αλγόριθμος είναι ο αλγόριθμος της καυτής πατάτας (hot potato).

Οι κατανεμημένοι αλγόριθμοι αποτελούν μια ενδιάμεση κατηγορία καθώς γίνεται χρήση και τοπικών αλλά και καθολικών πληροφοριών. Σε αυτούς τους αλγορίθμους κάθε κόμβος ανταλλάσσει κατά τακτά διαστήματα πληροφορίες δρομολόγησης με τους γείτονές του.

Ο κάθε κόμβος γνωρίζει τα βάρη των γειτονικών του συνδέσεων καθώς και την κατάστασή τους δηλαδή αν λειτουργούν ή αν είναι πεσμένες. Στοιχεία για απομακρυσμένες συνδέσεις και κόμβους αποκτά μέσω μηνυμάτων που ανταλλάσσει με άλλους κόμβους.

Καλό θα είναι οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των κόμβων να έχουν μικρό όγκο ενώ και οι κόμβοι να διατηρούν περιληπτική πληροφορία για το δίκτυο έτσι ώστε να μην έχει μεγάλες απαιτήσεις σε χώρο αποθήκευσης. Αυτοί οι αλγόριθμοι έχουν δύο βασικά μειονεκτήματα:

(1) όταν αλλάζουν τα βάρη των συνδέσεων τότε οι διαδρομές που υπολογίζονται μπορεί να περιέχουν loops και (2) είναι πιθανό να αργούν να φτάσουν σε σταθερή κατάσταση όταν συνδέσεις ή κόμβοι πάθουν βλάβη.

Το πλεονέκτημα των απομονωμένων και των κατανεμημένων αλγορίθμων σε σχέση με τους συγκεντρωτικούς είναι η αξιοπιστία. Όλοι οι κόμβοι εκτελούν τον ίδιο αλγόριθμο και κανένας κόμβος δεν έχει κάποιον ειδικό ρόλο. Συνεπώς συνεχίζουν να λειτουργούν ακόμα και όταν κάποιος κόμβος ή συνδέσεις παθαίνουν βλάβη ενώ ένα συγκεντρωτικός αλγόριθμος θα αχρηστεύονταν αν πάθαινε βλάβη ο ειδικός κόμβος.

### 2.3.2 Ενός Μονοπατιού (Single-Path) / Πολλαπλών Μονοπατιών (MultiPath)

Ορισμένοι αλγόριθμοι δρομολόγησης (single-path) βρίσκουν μόνο ένα μονοπάτι (το βέλτιστο) προς τον προορισμό. Αντίθετα άλλοι αλγόριθμοι (multipath) υπολογίζουν πολλαπλά μονοπάτια προς τον ίδιο προορισμό. Τα πλεονεκτήματα των multipath αλγορίθμων είναι προφανή: προσφέρουν καλύτερο throughput και μεγαλύτερη αξιοπιστία. Καλύτερη απόδοση μπορεί να επιτευχθεί με διαχωρισμό της κυκλοφορίας σε πολλές διαδρομές για να ελαττωθεί το φορτίο σε καθεμιά από τις γραμμές επικοινωνίας.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της multipath δρομολόγησης έναντι της single-path δρομολόγησης είναι η πιθανότητα αποστολής διαφορετικών κατηγοριών κυκλοφορίας μέσα από διαφορετικές διαδρομές. Για παράδειγμα μια σύνδεση μεταξύ ενός τερματικού και ενός απομακρυσμένου υπολογιστή που αποτελείται από μικρά πακέτα τα οποία πρέπει να παραδοθούν γρήγορα θα μπορούσε να δρομολογηθεί μέσα από γραμμές εδάφους, ενώ μια μεταφορά μεγάλου αρχείου που απαιτεί υψηλό εύρος ζώνης θα μπορούσε να πάει μέσα από μια δορυφορική σύνδεση. Η μέθοδος αυτή δεν παρέχει μόνο το υψηλό εύρος ζώνης που χρειάζεται η μεταφορά του αρχείου αλλά επίσης προφυλάσσει και τα μικρά πακέτα του τερματικού από την καθυστέρηση που θα δημιουργούσε η αναμονή πίσω από μια ουρά πακέτων για την μεταφορά ενός μεγάλου αρχείου.

Η multipath δρομολόγηση μπορεί να αυξήσει και την αξιοπιστία ιδιαίτερα αν οι εναλλακτικές διαδρομές είναι ασύμπτωτες δηλαδή δεν έχουν κοινές συνδέσεις και κόμβους (εκτός από την αφετηρία και τον προορισμό). Ένας απλός τρόπος για να εξασφαλιστεί ότι όλες οι εναλλακτικές διαδρομές είναι ασύμπτωτες είναι πρώτα να υπολογιστεί η καλύτερη διαδρομή μεταξύ της αφετηρίας και του προορισμού. Στη συνέχεια απομακρύνονται από το γράφημα που αναπαριστάει το δίκτυο οι κόμβοι και οι συνδέσεις της διαδρομής αυτής και υπολογίζεται η καλύτερη διαδρομή στο νέο γράφημα κοκ. Ο Even (1975) έχει εφεύρει έναν πιο έξυπνο αλγόριθμο για την εύρεση ασύμπτωτων διαδρομών σε ένα γράφημα.

### 2.3.3 Επίπεδοι (Flat) / Ιεραρχικοί Hierarchical

Στους επίπεδους αλγορίθμους όλοι οι routers είναι ισοδύναμοι μεταξύ τους. Αντίθετα στους ιεραρχικούς αλγορίθμους ορίζονται κάποιες ιεραρχίες. Ορισμένοι routers δημιουργούν ένα routing backbone.

Τα πακέτα που δεν ανήκουν στο backbone ταξιδεύουν προς τους routers του backbone μέσω των οποίων φτάνουν στη γενικότερη περιοχή του προορισμού τους. Σε αυτό το σημείο ταξιδεύουν από τον τελευταίο router του backbone προς τον τελικό προορισμό.

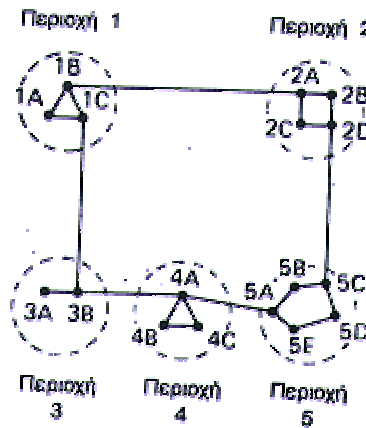
Καθώς το μέγεθος των δικτύων αυξάνει ανάλογα μεγαλώνουν και οι πίνακες δρομολόγησης στους κόμβους. Δεν καταναλώνεται μόνο περισσότερη μνήμη στους κόμβους με τη συνεχή αύξηση στους πίνακες αλλά απαιτείται και περισσότερος χρόνος για να γίνει αναζήτηση σε αυτούς καθώς και bandwidth για να αποσταλούν αναφορές κατάστασης για αυτούς.

Από κάποιο σημείο και πέρα το δίκτυο μπορεί να έχει μεγαλώσει τόσο που δεν είναι πλέον δυνατόν για κάθε κόμβο να έχει καταχώρηση για κάθε άλλο κόμβο και έτσι η δρομολόγηση πρέπει να γίνει ιεραρχικά.

Συχνά στα δίκτυα ορίζονται κάποιες λογικές ομάδες κόμβων που ονομάζονται domains, ή περιοχές (areas). Στα ιεραρχικά συστήματα μερικοί routers σε ένα domain μπορούν να επικοινωνήσουν με routers σε άλλα domains, ενώ άλλοι μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο με routers που ανήκουν στο δικό τους domain. Σε πολύ μεγάλα δίκτυα μπορεί να υπάρχουν επιπρόσθετα επίπεδα ιεραρχίας. Οι routers που ανήκουν στο υψηλότερο επίπεδο ιεραρχίας αποτελούν το routing backbone.

Το κύριο πλεονέκτημα της ιεραρχικής δρομολόγησης είναι ότι μιμείται τον τρόπο οργάνωσης πολλών εταιρειών και συνεπώς υποστηρίζει πολύ καλά τα μοτίβα των traffic τους. Η περισσότερη δικτυακή επικοινωνία γίνεται μέσα σε μικρές ομάδες (domains) των εταιρειών. Οι intradomain routers χρειάζεται να γνωρίζουν μόνο για τους routers του domain τους και έτσι οι αλγόριθμοι δρομολόγησης που χρησιμοποιούν μπορούν να απλοποιηθούν. Ανάλογα με τον αλγόριθμο δρομολόγησης που χρησιμοποιείται το update traffic μπορεί να μειωθεί σημαντικά.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα δίκτυο με ιεραρχία δύο επιπέδων και πέντε περιοχές. Επίσης για τον κόμβο 1A φαίνεται ο πίνακας δρομολόγησης για την περίπτωση της επίπεδης δρομολόγησης και για την περίπτωση της ιεραρχικής δρομολόγησης (το κόστος στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το μήκος της διαδρομής). Στην ιεραρχική δρομολόγηση υπάρχουν καταχωρήσεις για όλους τους τοπικούς κόμβους όπως και προηγουμένως αλλά για καθεμιά από τις άλλες περιοχές υπάρχει μια μόνο καταχώρηση. Όσο αυξάνει ο λόγος του αριθμού των περιοχών προς τον αριθμό των κόμβων σε μια περιοχή τόσο μεγαλώνει η οικονομία σε χώρο πίνακα.



Σχήμα 6. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΟΜΒΟΥΣ ΣΕ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Προορισμός	Σύνδεση	Τμήματα
1A	-	-
1B	1B	1
1C	1C	1
2A	1B	2



2B	1B	3
2C	1B	3
2D	1B	4
3A	1C	3
3B	1C	2
4A	1C	3
4B	1C	4
4C	1C	4
5A	1C	4
5B	1C	5
5C	1B	5
5D	1C	6
5E	1C	5

Πίνακας 2. ΠΛΗΡΗΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΟΜΒΟ Α

Προορισμός	Σύνδεση	Τμήματα
1A	-	-
1B	1B	1
1C	1C	1
2	1B	2
3	1C	2
4	1C	3
5	1C	4

Πίνακας 3. ΙΕΡΑΡΧΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΟΜΒΟ Α

Δυστυχώς σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να αυξηθεί το μήκος της διαδρομής. Για παράδειγμα η καλύτερη διαδρομή από τον 1Α προς τον 5C είναι μέσω της περιοχής 2 αλλά με την ιεραρχική δρομολόγηση ολόκληρη η κυκλοφορία προς την περιοχή 5 πηγαίνει μέσω της περιοχής 3 διότι αυτή είναι μια καλύτερη επιλογή για τους περισσότερους προορισμούς στην περιοχή 5.

Οι Kamoun και Kleinrock (1979) ανακάλυψαν ότι ο βέλτιστος αριθμός επιπέδων ενός δικτύου  $N$  κόμβων είναι  $\ln N$  και χρειάζονται συνολικά  $e \cdot \ln N$  καταχωρήσεις ανά κόμβο. Ανακάλυψαν επίσης ότι η αύξηση στο πραγματικό μέσο μήκος διαδρομής λόγω της ιεραρχικής δρομολόγησης είναι αρκετά μικρή ώστε δεν είναι ενοχλητική.

### 2.3.4 Host-Intelligent / Router-Intelligent

Μερικοί αλγόριθμοι δρομολόγησης υποθέτουν ότι ο κόμβος-αφετηρία θα προσδιορίσει ολόκληρη τη διαδρομή. Αυτό συνήθως αναφέρεται ως source routing. Στα source routing συστήματα, οι routers δρουν απλώς ως store-and-forward συσκευές στέλνοντας απλώς το πακέτο στον επόμενο σταθμό.

Άλλοι αλγόριθμοι υποθέτουν ότι οι hosts δεν ξέρουν τίποτα για τις διαδρομές. Σε αυτούς τους αλγόριθμους, οι routers προσδιορίζουν το μονοπάτι μέσω του διαδικτύου βασιζόμενοι σε δικούς τους υπολογισμούς. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε τους host-intelligent αλγόριθμους δρομολόγησης ενώ στη δεύτερη περίπτωση τους router-intelligent.

Το trade-off μεταξύ της host-intelligent και router-intelligent δρομολόγησης σχετίζεται με τη βελτιστότητα του μονοπατιού και της επιβάρυνσης του traffic. Με τις host-intelligent δρομολογήσεις επιλέγονται συχνότερα καλύτερα μονοπάτια διότι ανακαλύπτονται όλες οι πιθανές διαδρομές προς τον προορισμό προτού σταλεί το πακέτο. Στη συνέχεια επιλέγεται το καλύτερο μονοπάτι με βάση του τι θεωρείται βέλτιστο. Ο προσδιορισμός όμως όλων των μονοπατιών απαιτεί αρκετό traffic αλλά και χρόνο.

### 2.3.5 Intradomain or Interdomain

Μερικοί αλγόριθμοι λειτουργούν μόνο μέσα σε domains ενώ άλλοι αλγόριθμοι λειτουργούν και μέσα αλλά και μεταξύ domains. Η φύση αυτών των δύο τύπων αλγορίθμων είναι διαφορετική. Είναι φυσιολογικό επομένως ένας βέλτιστος intradomain αλγόριθμος δρομολόγησης να μην απαιτητάως και βέλτιστος interdomain αλγόριθμος δρομολόγησης.

### 2.3.6 Μετρικές

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης χρησιμοποιούν πολλές διαφορετικές μετρικές για να προσδιορίσουν την βέλτιστη διαδρομή. Κάποιοι σύνθετοι αλγόριθμοι δρομολόγησης μπορεί να κάνουν επιλογή της διαδρομής βασιζόμενοι σε πολλαπλές μετρικές συνδυάζοντάς τις σε μια μοναδική υβριδική μετρική. Στη συνέχεια αναλύονται κάποιες από τις μετρικές που συνήθως χρησιμοποιούνται.

### **Μήκος Μονοπατιού**

Το μήκος του μονοπατιού είναι η πιο κοινή μετρική δρομολόγησης. Μερικοί αλγόριθμοι επιτρέπουν στους administrators του δικτύου να αναθέτουν αυθαίρετα κόστη σε κάθε σύνδεση του δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση το μήκος του μονοπατιού είναι το άθροισμα από τα κόστη των επιμέρους συνδέσεων του μονοπατιού. Άλλοι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν τον αριθμό των hops που χρειάζεται να κάνει ένα πακέτο για να φτάσει από την αφετηρία μέχρι τον προορισμό του.

### **Αξιοπιστία**

Αυτή η μετρική αναφέρεται στην αξιοπιστία της κάθε σύνδεσης του δικτύου. Μερικές συνδέσεις του δικτύου μπορεί να πέφτουν πιο συχνά από άλλες. Ενώσω είναι πεσμένες μερικές συνδέσεις μπορεί να επιδιορθώνονται πιο εύκολα ή πιο γρήγορα από άλλες συνδέσεις.

### **Delay**

Η καθυστέρηση της δρομολόγησης αναφέρεται στο χρόνο που απαιτείται για να μεταφερθεί ένα πακέτο στο δίκτυο από την αφετηρία μέχρι τον προορισμό. Η καθυστέρηση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το bandwidth των ενδιάμεσων συνδέσεων του δικτύου, οι ουρές του κάθε router κατά την διαδρομή, η συμφόρηση του δικτύου στις ενδιάμεσες συνδέσεις του δικτύου και η φυσική απόσταση που πρέπει να διανυθεί. Επειδή η καθυστέρηση συνδυάζει πολλές και σημαντικές μεταβλητές είναι μια κοινή και χρήσιμη μετρική.

### **Bandwidth**

Ο όρος bandwidth αναφέρεται στην available χωρητικότητα μιας σύνδεσης. Παρόλο που το bandwidth είναι μια εκτίμηση του μέγιστου δυνατού throughput μιας σύνδεσης, διαδρομές που διέρχονται από συνδέσεις με μεγάλο bandwidth δεν είναι σίγουρο ότι θα είναι καλύτερες από άλλες που διέρχονται από συνδέσεις με μικρότερο bandwidth. Αν για παράδειγμα μια γρηγορότερη σύνδεση είναι πιο απασχολημένη ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει ένα πακέτο στον προορισμό μπορεί να είναι μεγαλύτερος.

### **Φόρτος**

Ο όρος φόρτος αναφέρεται στο βαθμό που ένα resource του δικτύου είναι απασχολημένη. Ο φόρτος μπορεί να υπολογιστεί με διάφορους τρόπους όπως για παράδειγμα με την χρησιμοποίηση της CPU και τα πακέτα που επεξεργάζονται ανά δευτερόλεπτο. Η παρακολούθηση αυτών των παραμέτρων σε συνεχή βάση μπορεί να έχει μεγάλες απαιτήσεις σε πόρους.

### **Κόστος Επικοινωνίας**

Το κόστος επικοινωνίας είναι άλλη μια σημαντική μετρική. Μερικές εταιρίες δεν ενδιαφέρονται τόσο για την απόδοση όσο για τις λειτουργικές δαπάνες. Παρόλο που η καθυστέρηση της γραμμής μπορεί να είναι μεγαλύτερη μπορεί να προτιμήσουν να στείλουν πακέτα πάνω από τις δικές τους γραμμές παρά πάνω από δημόσιες γραμμές που θα κοστίσουν χρήματα για το χρόνο χρήσης.

## 2.4 Στατική Δρομολόγηση (Static Routing)

Η απλούστερη μορφή δρομολόγησης είναι αυτή που προγραμματίζει εκ των προτέρων τα δρομολόγια. Η διαδικασία εύρεσης δρομολογίων και η διάδοσή τους στο δίκτυο αποτελεί έργο του internetwork administrator.

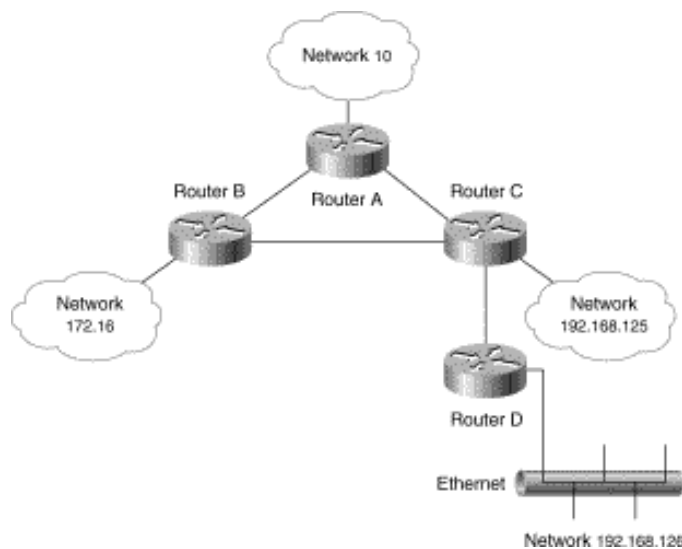
Ο router ο προγραμματισμένος για στατική δρομολόγηση κάνει forward τα πακέτα μέσω προσχεδιασμένων ports. Αφού δημιουργηθεί η σχέση σύνδεσης μεταξύ διεύθυνσης προορισμού (destination address) και router port, δεν υπάρχει επιπλέον ανάγκη για περαιτέρω προσπάθεια των δρομολογητών να ανακαλύψουν καινούρια δρομολόγια ή να επικοινωνήσουν με άλλους routers προκειμένου να ενημερώσουν για τα υπάρχοντα δρομολόγια του δικτύου.

Η χρήση στατικών δρομολογίων παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, προγραμματισμένα στατικά δρομολόγια προσφέρονται για την επίτευξη μεγαλύτερης ασφάλειας στο δίκτυο (more secure network) και μπορεί να είναι είτε απλά ,δηλαδή μοναδικά, ή πολλαπλά στατικά μονοπάτια συνδεδεμένα από και προς το δίκτυο.

Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι το static routing είναι πολύ πιο αποδοτικό όσον αφορά τους πόρους που ξοδεύει. Το Static routing ξοδεύει αρκετά λιγότερο bandwidth κατά μήκος της διάδοσης, δεν ξοδεύει CPU cycles προσπαθώντας να υπολογίσει δρομολόγια, και απαιτεί πολύ λιγότερη μνήμη. Υπάρχουν βέβαια και εδώ κάποια συμφυή όρια για τα οποία θα πρέπει να είμαστε ενήμεροι.

### 2.4.1 Μειονεκτήματα του Static Routing

Σε περίπτωση δικτυακής βλάβης (network failure) ή τοπολογικής αλλαγής, όλο το βάρος πέφτει στον διαχειριστή του δικτύου ο οποίος θα πρέπει να προσαρμόσει «χειρονακτικά» το δίκτυο στις τρέχουσες αλλαγές. Το σχήμα 7 επεξηγεί το σημείο αυτό.



Σχήμα 7. ΕΝΑ ΑΠΛΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΜΕ ΣΤΑΤΙΚΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ

Σε αυτό το απλό παράδειγμα, οι network administrators έχουν συνεργαστεί σε ένα ανακατανομημένο σχήμα δρομολογίων σύμφωνα με το οποίο πιστεύουν ότι θα ελαχιστοποιήσουν το φόρτο εργασίας τους πάντα ως προς το φορτίο κίνησης του δικτύου. Το διαδίκτυο είναι σχετικά μικρό, αποτελείται από τρία διαφορετικά networks, κάθε ένα από τα οποία υποστηρίζει ένα stub network.

Κάθε network χρησιμοποιεί το δικό του χώρο διευθύνσεων (address space) και ένα διαφορετικό- δυναμικής δρομολόγησης πρωτόκολλο (dynamic routing protocol). Δεδομένου της έμφυτης ασυμβατότητας των τριών διαφορετικών πρωτοκόλλων δρομολόγησης, οι administrators αδυνατούν να ανακατανεύρουν routing πληροφορία μεταξύ των networks. Ακόμη, συγχώνευσαν τα δρομολόγια σε network numbers, και όρισαν γι'αυτά στατικά μονοπάτια.. Ο πίνακας 4 συνοψίζει τους πίνακες δρομολόγησης (routing tables) των τριών gateway routers. Ο Router D συνδέει ένα μικρό, stub network στα υπόλοιπα. Με αυτόν τον τρόπο, ο συγκεκριμένος router χρησιμοποιεί το serial port σαν μία default gateway όλων των πακέτων με διεύθυνση προορισμού οποιαδήποτε IP address εκτός της 192.168.126 που όπως φαίνεται και από το σχήμα αντιστοιχεί στο δίκτυο που συνδέεται με τον router D μέσω του Ethernet.

Router	Destination	Next Hop
A	172.16.0.0	B
A	192.168.125.0	C
B	10.0.0.0	A
B	192.168.125.0	C
C	10.0.0.0	A
C	172.16.0.0	B
C	192.168.126.0	D

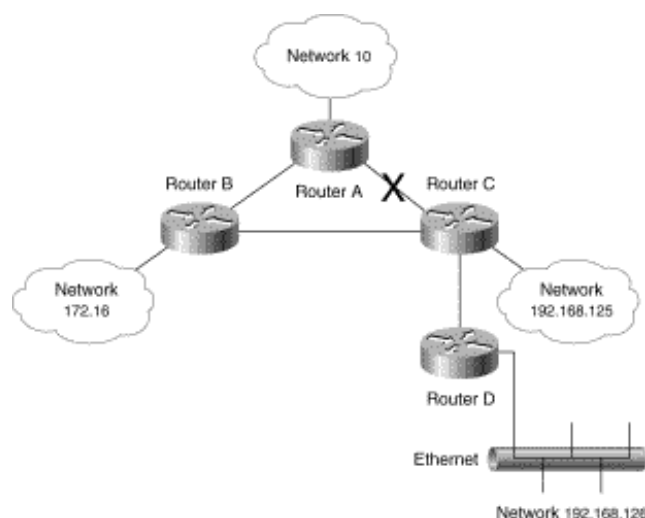
Πίνακας 4. ΣΤΑΤΙΚΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ

Με βάση αυτό το σενάριο, ο Router A κάνει forward προς το Router B, όλα εκείνα τα πακέτα με τελικό προορισμό οποιονδήποτε host με network address space 172.16. Ο Router A επίσης κάνει forward προς τον Router C όλα τα πακέτα με τελικό προορισμό οποιονδήποτε από τους hosts με network address space 192.168.125. Ο Router B κάνει forward προς τον Router C όλα τα πακέτα με τελικό προορισμό οποιονδήποτε από τους hosts με διεύθυνση 192.168.125. Ο Router B κάνει forward προς τον Router A όλα τα πακέτα με τελικό προορισμό hosts οι οποίοι βρίσκονται στο Network 10. Ο Router C κάνει forward προς τον Router A όλα τα πακέτα με τελικό προορισμό το Network 10, ενώ τα πακέτα με τελικό προορισμό οποιονδήποτε από τους hosts με διεύθυνση 172.16, στον Router B. Επιπλέον, ο Router C κάνει forward προς τον Router D τα πακέτα που προορίζονται για την διεύθυνση 192.168.126, στο stub network. Αυτό το network λογοτεχνικά αναφέρεται και ως απομεινάρι (stub) ή αλλιώς το νεκρό άκρο του δικτύου αφού Υπάρχει μόνο μία οδός εισόδου και μόνο μία εξόδου.

Αυτό το μικρό δίκτυο εξαρτάται εξολοκλήρου από τη σύνδεση προς τον Router C, και ο Router C από τον εαυτό του, όσον αφορά τη συνδετικότητα του με όλους τους υπόλοιπους δικτυακούς σταθμούς (internetworked hosts).

Σε αυτό το παράδειγμα, μία βλάβη (failure) θα έχει σαν αποτέλεσμα κάποια πακέτα να μη φτάνουν στον προορισμό τους παρότι εναλλακτικά μονοπάτια είναι διαθέσιμα για χρήση.

Στο σχήμα 8 η δυνατότητα διάδοσης πακέτων μεταξύ των Gateway Routers A and C έχει υποστεί βλάβη.



Σχήμα 8. ΒΛΑΒΗ ΣΕ ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ

Το αποτέλεσμα της βλάβης είναι ότι τα networks 10 και 192.168.125 δεν μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, παρόλο την έγκυρη δρομολόγηση μέσω του Router B! Ο πίνακας 5 συνοψίζει τα αποτελέσματα αυτού του τύπου βλαβών (failure) στους πίνακες δρομολόγησης (routing tables).

Router	Destination	Next Hop
A	172.16.0.0	B
A	192.168.125.0	C - Unreachable
B	10.0.0.0	A
B	192.168.125.0	C
C	10.0.0.0	A - Unreachable
C	172.16.0.0	B

Πίνακας 5. ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕ ΒΛΑΒΗ

Η έλλειψη δυναμικού μηχανισμού εμποδίζει τους Routers A και C από την αναγνώριση link failure. Δεν χρησιμοποιούν ένα routing protocol που θα μπορούσε να ανακαλύψει και να τεστάρει την ποιότητα των links προς τους γνωστούς προορισμούς. Κατά συνέπεια δεν μπορούν να ανακαλύψουν τα εναλλακτικά μονοπάτια μέσω του Router B.

Παρόλο που αυτό το μονοπάτι είναι έγκυρο και χρησιμοποιήσιμο, ο προγραμματισμός των routers τους εμποδίζει να το ανακαλύψουν και κατά συνέπεια να το χρησιμοποιήσουν. Αυτή η λανθασμένη κατάσταση θα διατηρηθεί στάσιμη μέχρι τη στιγμή που θα επέμβει ο network administrator για να τη διορθώσει χειρονακτικά.

## 2.4.2 Σε ποιές περιπτώσεις το Static Routing είναι καλό;

Σ' αυτό το σημείο κάποιος θα μπορούσε κάλλιστα να αναρωτηθεί τι δυνατά πλεονεκτήματα θα μπορούσε να προσφέρει αυτού του είδους (στατική) η δρομολόγηση. Το Static routing είναι καλό μόνο για πολύ μικρά δίκτυα τα οποία διαθέτουν μόνο ένα απλό μονοπάτι προς οποιοδήποτε δοσμένο προορισμό. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, το static routing αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό μηχανισμό διότι δεν καταναλώνει bandwidth προσπαθώντας να ανακαλύψει καινούρια δρομολόγια ή να επικοινωνήσει με άλλους routers.

Καθώς τα δίκτυα αυξάνονται και επομένως επιπλέον μονοπάτια προς τους προορισμούς προστίθενται, το static routing γίνεται ευαίσθητο – μειονεκτικό προϊόν. Οποιοσδήποτε αλλαγές στη διαθεσιμότητα των routers ή στις δυνατότητες διάδοσης σε ένα WAN θα πρέπει να ανακαλυφθούν και να προγραμματιστούν χειρονακτικά. WANs που χαρακτηρίζονται από πιο πολύπλοκες τοπολογίες οι οποίες προσφέρουν πολλαπλά δυναμικά μονοπάτια απαιτούν οπωσδήποτε dynamic routing.

Αρκετές φορές, το static routing είναι επιθυμητό, ακόμη και σε μεγάλα ή πολύπλοκα δίκτυα. Τα στατικά δρομολόγια μπορεί να σχηματιστούν για να υποστηρίξουν ασφάλεια (security). Π.χ. η σύνδεση μιας εταιρείας στο Internet θα μπορούσε να είναι ένα σταθερό δρομολόγιο προς τον security server και επομένως οποιαδήποτε είσοδος να είναι αδύνατη αν δεν περνάει το τεστ ασφάλειας του αυθεντικού μηχανισμού που προσφέρει ο security server.

Εναλλακτικά, οι στατικές δρομολογήσεις μπορεί να είναι εξαιρετικά χρήσιμες στη δημιουργία extranet IP συνδέσεων προς εταιρίες με τις οποίες υπάρχει συνεργασία. Επίσης μπορεί να είναι ο καλύτερος τρόπος για σύνδεση μικρών stub networks σε WAN. Το κρίσιμο σημείο λοιπόν είναι να γνωρίζουμε τι μπορεί και τι δεν μπορεί να κάνει το static routing, οπότε να το χρησιμοποιούμε ανάλογα!

## 2.5 Δυναμική Δρομολόγηση

### 2.5.1 Distance-Vector Routing

Στο routing που βασίζεται στους distance-vector αλγορίθμους, που είναι γνωστοί και ως Bellman-Ford αλγόριθμοι, οι αλγόριθμοι περνάνε περιοδικά copies των πινάκων δρομολόγησής τους άμεσα στους δικτυακούς γείτονές τους. Κάθε παραλήπτης προσθέτει ένα διάνυσμα απόστασης (distance vector), το οποίο είναι, η δικιά του «τιμή» απόστασης (distance "value"), στον πίνακα και το κάνει forward στους γείτονες του με τους οποίους έχει άμεση πρόσβαση.

Αυτή η διαδικασία συμβαίνει μεταξύ των άμεσα γειτονικών routers με ένα μη κατευθυντικό τρόπο θα λέγαμε! Αυτή η βήμα-προς-βήμα διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα κάθε router να μαθαίνει τη σχέση του με τους άλλους routers και να συσσωρεύει τις δικτυακές αποστάσεις (network "distances").

Σημείωση. Οι φράσεις Network distance και κόστος δεν έχουν καμία σχέση με τη φυσική απόσταση ή το χρηματικό κόστος αντίστοιχα.

Ο συσσωρευτικός πίνακας (cumulative table) χρησιμοποιείται τότε για να ενημερώνει τους πίνακες δρομολόγησης κάθε router.

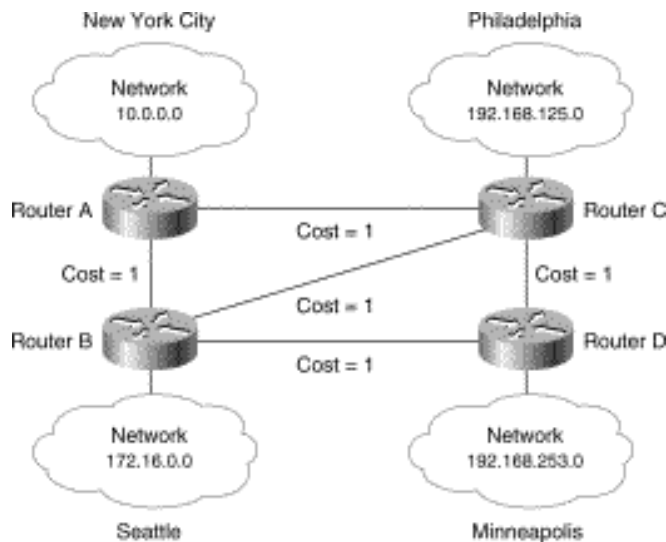
Μόλις η διαδικασία ολοκληρωθεί, κάθε router έχει μάθει την αόριστη πληροφορία σχετικά με τα "distances" προς τα δικτυακά resources. Δεν μαθαίνει τίποτα εξειδικευμένο σχετικά με άλλους routers, ή την ακριβή δικτυακή τοπολογία.

## 2.5.2 Μειονεκτήματα του Distance-Vector Routing

Κάτω από ειδικές περιστάσεις, το distance-vector routing μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στα distance-vector πρωτόκολλα. Βλάβη (failure) ή άλλη αλλαγή στο δίκτυο, για παράδειγμα, απαιτεί κάποια σημαντική ποσότητα χρόνου για να μπορέσουν οι routers να προσαρμοστούν στη νέα δικτυακή τοπολογία. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας προσαρμογής, το δίκτυο μπορεί να είναι ευάλωτο στο ανεξέλεγκτο routing, ακόμη και στα πεπερασμένα loops. Έτσι η απόδοση του δικτύου μπαίνει σε ρίσκο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας προσαρμογής. Γι' αυτό, distance-vector πρωτόκολλα που προσαρμόζονται με πολύ αργό τρόπο μπορεί να μην είναι κατάλληλα για πολύ μεγάλα, πολύπλοκα WANs.

Ακόμη και στα μικρά δίκτυα, τα distance-vector routing πρωτόκολλα μπορεί να είναι στη χειρότερη περίπτωση προβληματικά, στην καλύτερη σχεδόν βέλτιστα. Έτσι αυτό που αποτελεί τη δύναμη του πρωτοκόλλου μπορεί ταυτόχρονα να αποτελεί και την πηγή της αδυναμίας του. Το σχήμα 9 παρουσιάζει ένα διαδίκτυο (internetwork) με συγκεκριμένες γεωγραφικές τοποθεσίες.

Σε αυτό το παράδειγμα, το Network 1 είναι στη New York, το Network 2 στο Seattle, το Network 3 στη Philadelphia, και το Network 4 στη Minneapolis. Το distance-vector routing πρωτόκολλο αναθέτει σε κάθε hop κόστος τη μονάδα 1, ανεξάρτητα από την πραγματική απόσταση των συνδέσεων ή ακόμη και το εύρος ζώνης τους (bandwidth). Ο πίνακας 6 δίνει τον αριθμό των hops για κάθε ένα από τα δίκτυα προορισμού. Σημειώστε ότι οι routers δε χρειάζεται να δημιουργούν ξεχωριστές καταχωρήσεις στους πίνακες δρομολόγησής τους για κάθε γνωστό τερματικό σύστημα (end system). Αντί γι' αυτό συνήθως συνοψίζουν τα δρομολόγια. Μόνο το network address αποθηκεύεται. Στη θεωρία, το ίδιο μονοπάτι μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς όλα τα hosts ή end systems σε ένα δοσμένο δίκτυο. Έτσι, με το να δημιουργούνται ξεχωριστά entries για κάθε host address, δεν επιτυγχάνεται τίποτα!



Σχήμα 9. ΕΝΑ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ ΤΟ DISTANCE-VECTOR ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ



Router	Destination	Next Hop	Number of Hops to Destination
A	172.16.0.0	B	1
A	192.168.125.0	C	1
A	192.168.253.0	B or C	2
B	10.0.0.0	A	1
B	192.168.125.0	C	1
B	192.168.253.0	D	1
C	10.0.0.0	A	1
C	172.16.0.0	B	1
C	192.168.253.0	D	1
D	10.0.0.0	B or C	2
D	172.16.0.0	B	1
D	192.168.125.0	C	1

Πίνακας 6. Ο ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΩΝ HOPS ΓΙΑ ΤΟ DISTANCE-VECTOR ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ

Σε κάθε διαδίκτυο με εναλλακτικά / εφεδρικά δρομολόγια, είναι καλύτερο να χρησιμοποιούμε distance-vector πρωτόκολλο παρά στατικά δρομολόγια. Κι' αυτό γιατί τα distance-vector routing πρωτόκολλα μπορούν αυτόματα να ερευνούν, να ανακαλύπτουν και να διορθώνουν βλάβες / λάθη (failures) στο δίκτυο. Δυστυχώς, κι' αυτά δεν είναι τέλεια. Για παράδειγμα, θεωρείστε τα στοιχεία του πίνακα δρομολόγησης για τον Gateway Router A που όπως φαίνεται και στο σχήμα στην ουσία αποτελεί τη γέφυρα (gateway) σύνδεσης με το δίκτυο της New York. Από αυτή την άποψη, η Minneapolis gateway είναι 2 hops μακριά, ανεξάρτητα αν γίνει μέσω Philadelphia ή Seattle. Με άλλα λόγια, αυτός ο router είναι τελείως αδιάφορος για το αν η προσπέλαση στη Minneapolis μπορεί να γίνει μέσω είτε Philadelphia ή Seattle.

Αν όλες οι μεταβλητές κρατιούνται σταθερές στο δίκτυο (εμπεριέχοντας κάποια πράγματα όπως traffic levels, το bandwidth κάθε σύνδεσης, ακόμη και τεχνολογία μετάδοσης), το γεωγραφικά συντομότερο μονοπάτι θα μπορούσε να επιφέρει την ελάχιστη ποσότητα στην καθυστέρηση διάδοσης (propagation delay). Γι' αυτό το λόγο, λογικές υπαγορεύσεις βρίσκουν το συντομότερο δρομολόγιο (shorter route), μέσω Philadelphia. Στην πραγματικότητα, μια τέτοια λογική είναι πέραν των δυνατοτήτων των απλών distance-vector πρωτοκόλλων.

Τα Distance-vector πρωτόκολλα δεν είναι ακριβώς περιορισμένα σε αυτό διότι το propagation delay είναι συχνά ο λιγότερο σημαντικός από τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός δρομολογίου.

Το Bandwidth και τα traffic levels μπορούν μαζί να έχουν πολύ περισσότερο αξιοσημείωτα αποτελέσματα / επιδράσεις στην απόδοση του δικτύου.

### 2.5.3 Σε ποιές περιπτώσεις το Distance-Vector Routing είναι καλό;

Μιλώντας γενικά, τα distance-vector πρωτόκολλα είναι πολύ απλά πρωτόκολλα τα οποία είναι εύκολο να σχηματιστούν, διατηρηθούν, και να χρησιμοποιηθούν. Συνεπώς, αποδεικνύονται αρκετά χρήσιμα στα μικρά δίκτυα τα οποία έχουν λίγα εναλλακτικά μονοπάτια και όχι αυστηρές απαιτήσεις στην απόδοση του δικτύου. Το βασικότερο πρωτόκολλο της κατηγορίας ακούει στο όνομα *Routing Information Protocol* (RIP). Το RIP χρησιμοποιεί μια απλή μετρική απόστασης (κόστος) για να προσδιορίσει το καλύτερο επόμενο μονοπάτι για οποιοδήποτε δοσμένο πακέτο. Το RIP έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως, δεκάδες φορές και μόνο προσφάτως έχει εγγυημένα εκσυγχρονιστεί.

### 2.5.4 Link-State Routing

Οι Link-state routing αλγόριθμοι, γνωστοί και ως *shortest path first* (SPF) πρωτόκολλα, διατηρούν μια πολύπλοκη βάση δεδομένων της τοπολογίας του δικτύου. Σε αντίθεση με τα distance-vector protocols, τα link-state protocols παρουσιάζουν και διατηρούν μια πλήρη γνώση των δρομολογητών (routers) του δικτύου για το τρόπο με τον οποίο αυτοί διασυνδέονται. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ανταλλαγής των *link-state advertisements* (LSAs) με άλλους routers στο δίκτυο.

Κάθε router ο οποίος έχει ανταλλάξει LSAs κατασκευάζει μία τοπολογική βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας όλα τα λαμβανόμενα LSAs. Ένας SPF αλγόριθμος χρησιμοποιείται τότε για να υπολογίσει τη δυνατότητα προέκτασης (reachability) μέχρι τους προορισμούς. Αυτή η πληροφορία χρησιμοποιείται για να ενημερώνει τα routing tables. Αυτή η διαδικασία μπορεί να ανακαλύψει τις τοπολογικές αλλαγές στο δίκτυο που προκάλεσε μια βλάβη σε ένα τμήμα του δικτύου (component failure) ή μια ανάπτυξη του δικτύου.

Στην πραγματικότητα, η LSA ανταλλαγή προκαλείται από ένα event στο δίκτυο, αντί από μία εκτέλεση (τρέξιμο) που θα γινόταν περιοδικά. Αυτό μπορεί να επισπεύσει πάρα πολύ τη διαδικασία προσαρμογής διότι δεν υπάρχει ανάγκη να περιμένει για μία σειρά από τυχαίους timers να εκπνεύσουν πριν καν οι δρομολογητές του δικτύου αρχίσουν να προσαρμόζονται!

Εάν το διαδίκτυο αναπαρίσταται όπως το σχήμα 9 όπου χρησιμοποιείται το link-state routing protocol, η αναφορές σχετικά με τη συνεκτικότητα μεταξύ New York και Minneapolis θα μπορούν να περιγραφούν / χαρακτηρισθούν αμφισβητήσιμες.

Με βάση το συγκεκριμένο πρωτόκολλο και τις μετρικές που επιλέχθηκαν, είναι πολύ πιθανό ότι το routing protocol θα μπορούσε να διακρίνει μεταξύ των δύο μονοπατιών και να προσπαθήσει να χρησιμοποιήσει το καλύτερο. Ο πίνακας 7 συνοψίζει τα περιεχόμενα των πινάκων δρομολόγησης κάθε πύλης (gateway).

Router	Destination	Next Hop	Number of Hops to Destination
A	172.16.0.0	B	1
A	192.168.125.0	C	1
A	192.168.253.0	B	2
A	192.168.253.0	C	2
B	10.0.0.0	A	1
B	192.168.125.0	C	1
B	192.168.253.0	D	1
C	10.0.0.0	A	1
C	172.16.0.0	B	1
C	192.168.253.0	D	1
D	10.0.0.0	B	2
D	10.0.0.0	C	2
D	172.16.0.0	B	1
D	192.168.125.0	C	1

Πίνακας 7. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ HOPS ΣΕ ΕΝΑ LINK-STATE ΔΙΚΤΥΟ

Είναι φανερό από τα περιεχόμενα του παραπάνω πίνακα δρομολόγησης ότι για το δρομολόγιο New York-Minneapolis, το link-state protocol θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει (θα είχε υπόψην του) και τα δύο εναλλακτικά δρομολόγια. Κάποια link-state protocols θα μπορούσαν ακόμη και να εκτιμήσουν τη μέση απόδοση αυτών των δύο δρομολογίων, και να χρησιμοποιήσουν αυτό με την καλύτερη απόδοση. Εάν το μονοπάτι με την καλύτερη απόδοση, π.χ. το δρομολόγιο μέσω Philadelphia, αντιμετώπιζε λειτουργικές δυσκολίες διαφόρων τύπων (συμφόρηση ή component failure), το link-state routing protocol θα εντόπιζε αυτή την αλλαγή, οπότε θα άρχιζε το forward των πακέτων μέσω Seattle.

### 2.5.5 Μειονεκτήματα του Link-State Routing

Εκτός της μεγάλης ευελιξίας που παρέχει το link-state routing ωστόσο εμπλέκει 2 σημαντικούς μπελάδες (λάθη) :

- Κατά τη διάρκεια αρχικοποίησης της discovery διαδικασίας (process), τα link-state routing πρωτόκολλα μπορεί να πλημμυρίσουν το δίκτυο και επομένως να μειώσουν σημαντικά τη δυνατότητα μεταφοράς του δικτύου. Αν και αυτή η μείωση της απόδοσης είναι προσωρινή παρόλα αυτά είναι αξιοσημείωτη. Η διαδικασία πλημμύρας που θα εμποδίσει την απόδοση του δικτύου εξαρτάται από δύο πράγματα : Την ποσότητα του διαθέσιμου bandwidth και τον αριθμό των routers που πρέπει να ανταλλάξουν πληροφορία. Η πλημμύρα στα μεγάλα δίκτυα με μικρό αριθμό εναλλακτικών συνδέσεων (όπως τα low-bandwidth DLCIs σε ένα Frame Relay network) θα είναι πολύ πιο σημαντική από ότι σε ένα μικρό δίκτυο με μεγάλου μεγέθους συνδέσεις (όπως τα T3s).
- Το Link-state routing είναι μαζί memory και processor intensive. Συνεπώς, σε σχέση με τη distance-vector δρομολόγηση απαιτούνται περισσότερο καλά σχεδιασμένοι δρομολογητές. Αυτό αυξάνει το κόστος σχεδίασης των τελευταίων.

Τα παραπάνω αποτελούν μοιραία ελαττώματα στην link-state προσέγγιση δρομολόγησης. Οι ενδεχόμενες επιδράσεις στην απόδοση μπορούν μαζί να σημειωθούν και να επιλυθούν μέσω της σωστής πρόνοιας και του καλού σχεδιασμού.

### 2.5.6 Πότε είναι καλό το Link-State Routing;

Αυτού του τύπου η δυναμική δρομολόγηση μπορεί να αποδειχθεί αρκετά χρήσιμη σε οποιοδήποτε μεγέθους δίκτυα. Σ' ένα καλά σχεδιασμένο δίκτυο, το link – state routing protocol αποτελεί εγγύηση ανεξαρτησίας των αποτελεσμάτων που θα επέφερε μία τοπολογική αλλαγή. Χρησιμοποιώντας events αντί για time – interval timers η διαδικασία της ενημέρωσης και γενικότερα της σύγκλισης του δικτύου στη νέα κατάσταση, θα αρχίσει πολύ γρηγορότερα μετά την τοπολογική αλλαγή.

Τα overheads των συχνών time – driven updates σε ένα distance – vector πρωτόκολλο, εδώ αποφεύγονται. Αυτό επιτρέπει περισσότερο bandwidth το οποίο είναι πολύ πιο χρήσιμο σε περιπτώσεις routing traffic και όχι τόσο σε περιπτώσεις συντήρησης του δικτύου, γεγονός που οδηγεί στον καταλληλότερο σχεδιασμό του τελευταίου.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της αύξησης του bandwidth των link – state πρωτοκόλλων είναι ότι διευκολύνει στην διαβαθμισιμότητα (scalability) του δικτύου καλύτερα από ότι τα στατικά ή distance – vector πρωτόκολλα. Αντιπαραθέτοντας λοιπόν τις δυνατότητες αυτού του πρωτοκόλλου σε σχέση με τα προηγούμενα, εύκολα κανείς αντιλαμβάνεται ότι η link – state δρομολόγηση είναι καλύτερη για μεγάλα, πιο περίπλοκα δίκτυα.

## 2.6 Υβριδική Δρομολόγηση

Τα ισοζυγισμένα υβριδικά πρωτόκολλα δρομολόγησης χρησιμοποιούν distance – vector μετρικές με έμφαση όχι τόσο στις συνηθισμένες που χρησιμοποιεί το αντίστοιχο πρωτόκολλο όσο σε περισσότερο ακριβείς. Αυτού του είδους τα πρωτόκολλα και αποφεύγουν τα overheads των link – state updates και συγκλίνουν πιο ραγδαία από τα distance – vector πρωτόκολλα. Επίσης είναι event driven με αποτέλεσμα να διατηρούν σημαντικό bandwidth για πραγματικές εφαρμογές.

Παρότι υπάρχουν “open” ισοζυγισμένα πρωτόκολλα, του συγκεκριμένου τύπου πρωτόκολλο είναι αποκλειστικά συνδεδεμένο με την εταιρεία Cisco.

Είναι το ονομαζόμενο EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol), το οποίο σχεδιάστηκε με σκοπό να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα των distance – vector και link – state πρωτοκόλλων χωρίς να βελτιώνει οποιοδήποτε από τα μειονεκτήματά τους.

### 2.6.1 Χαρακτηριστικά Απόδοσης Υβριδικής Δρομολόγησης

Ένα από τα πιο κρίσιμα σημεία που καλείται κάποιος να ξεπεράσει όταν σχεδιάζει ένα διαδίκτυο (internetwork) είναι η επιλογή του πρωτοκόλλου δρομολόγησης. Και όπως είδαμε και προηγουμένως η παλέτα των επιλογών δικτυακής αρχιτεκτονικής είναι πλούσια. Παρότι ένα καλό overview των παραπάνω θα μπορούσε να βοηθήσει στην αρχική επιλογή της κλάσης των πρωτοκόλλων στη συνέχεια μεταξύ αυτών θα πρέπει να επιλεγθεί κάποια συγκεκριμένη. Ένας από τους καλύτερους τρόπους να περιορίσεις τη λίστα με τα δυνατά πρωτόκολλα είναι τα χαρακτηριστικά της απόδοσής του σε σχέση με τις απαιτήσεις σχεδιασμού. Αντίθετα με το hardware δεν μπορείς απλά να συγκρίνεις packet / second ή να κάνεις evaluate το bandwidth. Αντίθετα αυτό που θα πρέπει να προσεχθεί είναι πόσο αποδοτικά κάθε πρωτόκολλο εκτελεί τις διάφορες διαδικτυακές διεργασίες. Δύο από τις πιο σημαντικές είναι η σύγκλιση και ο υπολογισμός δρομολογίου.

## 2.7 Προσαρμογή (Convergence)

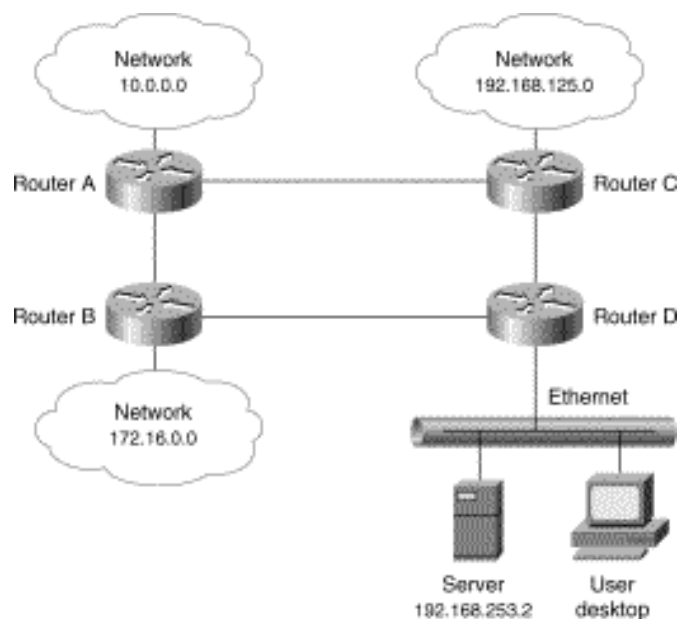
Είναι η πιο γοητευτική και ενδιαφέρουσα όψη του routing. Όποτε συμβαίνει αλλαγή στην τοπολογία του δικτύου, όλοι οι δρομολογητές θα πρέπει να ενημερωθούν κατάλληλα και να σχηματίσουν εκ νέου τη νέα τοπολογία. Αυτό απαιτεί συνεργασία και εξάρτηση: Οι routers μοιράζουν πληροφορία μεταξύ τους αλλά πρέπει ανεξάρτητα να υπολογίσουν τις επιδράσεις της τοπολογικής αλλαγής στα δρομολογία τους.

Το γεγονός της από κοινού συμφωνίας στη νέα τοπολογία, ανεξάρτητα των διαφορετικών απόψεών τους, ονομάζεται ομόφωνη σύγκλιση ή προσαρμογή.

Γενικά οι routers θεωρούνται έξυπνες συσκευές μιας και μπορούν να παίρνουν αποφάσεις δρομολόγησης γρήγορα και σωστά. Αυτό είναι ταυτόχρονα η πηγή της δύναμης αλλά και της αδυναμίας στην όλη υπόθεση. Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας, αυτή η ανεξάρτητη και κατανεμημένη εξυπνάδα είναι η πηγή ενός τεράστιου πλεονεκτήματος. Κατά τη διάρκεια των αλλαγών της δικτυακής τοπολογίας, η διεργασία σύγκλισης σ’ ένα ομόφωνο δικτυακό σχήμα μπορεί να εισάγει την «αστάθεια» και γενικότερα «προβλήματα» δρομολόγησης.

## 2.8 Διευθέτηση Τοπολογικών Αλλαγών

Δυστυχώς, η ανεξάρτητη φύση των δρομολογητών μπορεί επίσης να είναι πηγή αδυναμίας όποτε συμβαίνει τοπολογική αλλαγή. Το σχήμα 10 αντικατοπτρίζει μια τέτοια τοπολογική αλλαγή.



Σχήμα 10. ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ROUTER

Router	Destination	Next Hop	Number of Hops to Destination
A	172.16.0.0	B	1
A	192.168.125.0	C	1
A	192.168.253.0	B or C	2
B	10.0.0.0	A	1
B	192.168.125.0	A or D	2
B	192.168.253.0	D	1
C	10.0.0.0	A	1
C	172.16.0.0	A or D	2
C	192.168.253.0	D	1
D	10.0.0.0	B or C	2
D	172.16.0.0	B	1
D	192.168.125.0	C	1

Πίνακας 8. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ROUTING TABLES ΤΕΣΣΑΡΩΝ ROUTERS

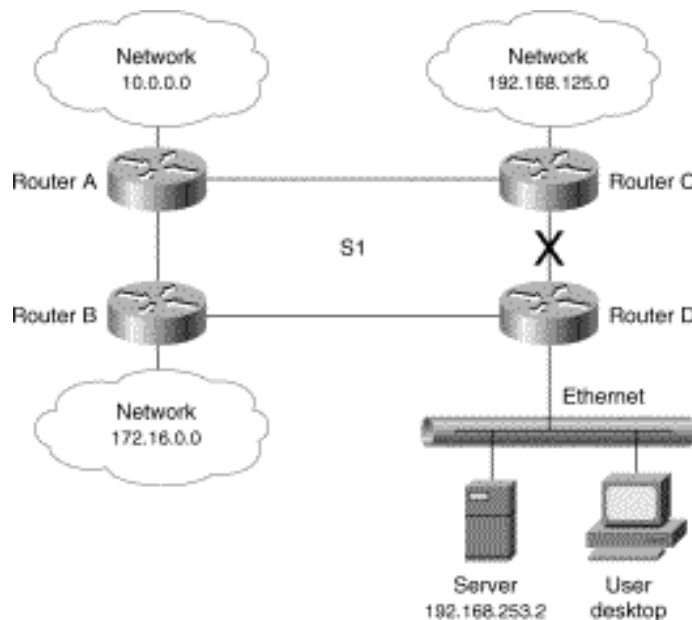
## Preconvergence Routing Table Contents

Εάν τα πακέτα που στέλνονται από τον router C στον server 192.168.253.2, ξαφνικά γίνονται χωρίς προορισμό, είναι προφανές ότι ένα λάθος κάπου μέσα στο δίκτυο έχει συμβεί. Το λάθος αυτό μπορεί να έχει άπειρες αιτίες. Κάποιες από τις πιο κοινές υπόνοιες εμπεριέχουν τα ακόλουθα:

- Ο Server έχει σφάλει-χαλάσει εξολοκλήρου (εξαιτίας είτε hardware, software ή ηλεκτρικών σφαλμάτων)
- Η σύνδεση LAN προς τον Server έχει σφάλμα
- Ο router D έχει υποστεί ολικό σφάλμα
- Το σειριακό interface port του router D προς τον router C έχει υποστεί βλάβη.
- Δεν υπάρχει πλέον η δυνατότητα διάδοσης μεταξύ των gateways των routers C και D.
- Το Port από τον router C στον D έχει υποστεί βλάβη.

Προφανώς, η νέα δικτυακή τοπολογία δεν μπορεί να προσδιορισθεί μέχρι να προσδιορισθεί η ακριβής θέση του σφάλματος. Παρόμοια, οι routers δεν μπορούν να επιχειρήσουν δρομολόγηση μέχρι να απομονωθεί η θέση σφάλματος. Εάν κανένα από τα 2 πρώτα σενάρια δεν συμβαίνει, ο server 192.168.253.2 δεν θα μπορεί να είναι διαθέσιμος προς τους χρήστες του διαδικτύου, ανεξάρτητα από το αν οποιοδήποτε επιπλέον δρομολόγιο έχει σχεδιαστεί στο δίκτυο.

Παρόμοια, εάν ο router D έχει υποστεί ολική βλάβη, όλα τα resources του που επισυνάπτονται στο LAN θα πρέπει να απομονωθούν από το υπόλοιπο δίκτυο. Εάν το σφάλμα ήταν είτε ένα εν-μέρει λάθος του router ή ένα σφάλμα οπουδήποτε μέσα στο δίκτυο, θα μπορούσε ακόμη να υπάρχει τρόπος προσέγγισης του server 192.168.253.2. Το να βρεθεί ένα νέο δρομολόγιο προς τον 192.168.253.2 απαιτείται από τους routers να αναγνωρίσουν εκείνο το τμήμα του δικτύου που έσφαλε. Εν συνεχεία αυτό το τμήμα (component) πρέπει να αφαιρεθεί. Με την αφαίρεση όμως αλλάζει όλη η τοπολογία. Για να συνεχίσουμε με αυτό το παράδειγμα, υποθέστε ότι το σειριακό port από τον router D προς τον router C έχει υποστεί βλάβη. Αυτό καθιστά τη σύνδεση C-D unusable. Το σχήμα 11 δείχνει τη νέα δικτυακή τοπολογία.



Σχήμα 11. Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ROUTERS C ΚΑΙ D ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ

Οι routers που χρησιμοποιούν dynamic routing protocol θα μπορούσαν γρήγορα να προσδιορίσουν ότι ο Server 192.168.253.2 είναι απρόσιτος μέσω του τρέχοντος – προτεινόμενου δρομολογίου τους. Ατομικά, κανένας από τους routers δε θα μπορούσε να προσδιορίσει επακριβώς που υπάρχει σφάλμα, ούτε αν υπάρχουν βιώσιμα εναλλακτικά μονοπάτια-δρομολόγια. Διαμοιράζοντας μεταξύ τους πληροφορία δημιουργείται η νέα συνθέσιμη εικόνα του δικτύου.

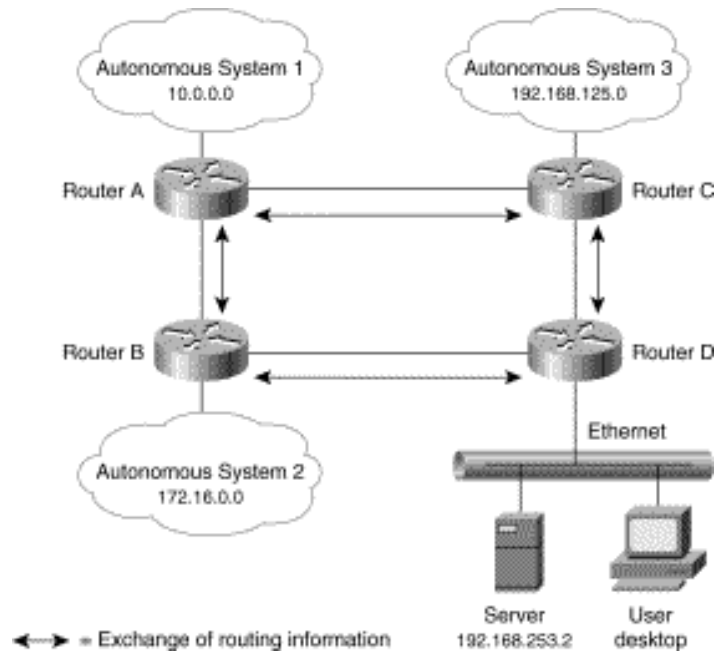
Το πρωτόκολλο δρομολόγησης που χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το διαδίκτυο είναι απλό. Αναγκάζει κάθε router να ανταλλάσσει routing πληροφορία με τους άμεσα γείτονές του, καθώς επίσης υποστηρίζει την εγγραφή πολλαπλών δρομολογίων για κάθε προορισμό. Ο πίνακας 9 συνοψίζει την πληροφορία των άμεσα γειτονικών routers του σχήματος 12.

Router	A	B	C	D
A	---	Yes	Yes	No
B	Yes	---	No	Yes
C	Yes	No	---	Yes
D	No	Yes	Yes	---

Πίνακας 9. ROUTERS ΠΟΥ ΜΟΙΡΑΖΟΝΤΑΙ ROUTING ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΓΕΙΤΟΝΕΣ ΤΟΥΣ

Τα πεδία του πίνακα 9 που περιέχουν τη λέξη yes αντιστοιχούν σε φυσικά γειτονικά ζευγάρια δρομολογητών τα οποία θα μπορούσαν να ανταλλάξουν routing πληροφορία. Τα πεδία με τη διακεκομμένη συμβολίζουν τον ίδιο τον router: Ο router δεν μπορεί να είναι παρακείμενος στον εαυτό του. Τέλος, τα πεδία που περιέχουν τη λέξη No συμβολίζουν μη γειτονικούς routers οι οποίοι δεν μπορούν άμεσα να ανταλλάξουν routing πληροφορία. Τέτοιοι routers θα πρέπει να βασίζονται στους παρακείμενους γειτόνους για τα updates σχετικά με τα destinations σε μη παρακείμενους /γειτονικούς routers. Απ' αυτόν τον πίνακα είναι προφανές ότι οι R, A και D δε συνδέονται άμεσα μεταξύ τους και επομένως θα πρέπει να βασιστούν στους B & C όσον αφορά την άντληση πληροφορίας σχετικά με άλλους προορισμούς. Όμοια οι B & C θα πρέπει να στηριχτούν στους A & D. Το σχήμα 12 δείχνει αυτό το μοίρασμα της routing πληροφορίας μεταξύ των άμεσα γειτόνων.





Σχήμα 12. ΑΜΕΣΟΙ ΓΕΙΤΟΝΕΣ ΠΟΥ ΔΙΑΜΟΙΡΑΖΟΝΤΑΙ ROUTING ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Σε αυτό το σενάριο θα πρέπει να δοθεί σημασία στο γεγονός ότι επειδή κανένας router δεν είναι άμεσα γειτονικός σε οποιονδήποτε άλλον, περισσότερες από μία ενημερώσεις απαιτούνται για τη διάδοση της νέας routing πληροφορίας η οποία θα διευθετήσει το failed link. Έτσι η διευθέτηση των τοπολογικών αλλαγών προϋποθέτει μια επαναληπτική διαδικασία.

Για σκοπούς απλότητας, υποθέτουμε ότι η διαδικασία της προσαρμογής λαμβάνει χώρα με δύο ενημερώσεις των πινάκων δρομολόγησης σε αυτό το παράδειγμα. Κατά τη διάρκεια της πρώτης επανάληψης οι routers αρχίζουν να συγκλίνουν στη νέα τοπολογία. Οι routers C και D, εξαιτίας της unusable μεταξύ τους σύνδεσης, δεν μπορούν να ανταλλάξουν πληροφορία. Επομένως, ακυρώνουν αυτό το μονοπάτι / δρομολόγιο και όλους τους προορισμούς που το χρησιμοποιούν. Ο πίνακας 10 συνοψίζει τα περιεχόμενα των πινάκων τεσσάρων δρομολογητών κατά τη διάρκεια της διεργασίας προσαρμογής. Σημειώστε ότι τα περιεχόμενα κάποιων routing tables μπορεί να διατηρούν την εσφαλμένη γνώση ότι η σύνδεση μεταξύ των Routers C και D είναι ακόμη έγκυρη (valid).

Gateway Router	Destination	Next Hop	Number of Hops to Destination
A	172.16.0.0	B	1
A	192.168.125.0	C	1
A	192.168.253.0	B or C	2
B	10.0.0.0	A	1
B	192.168.125.0	A or D	2

B	192.168.253.0	D	1
C	10.0.0.0	A	1
C	172.16.0.0	A only (D failed)	2
C	192.168.253.0	D - Invalid route	Not reachable
D	10.0.0.0	B or C	2
D	172.16.0.0	B	1
D	192.168.125.0	C - Invalid route	Not reachable

Πίνακας 10. ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Στο πίνακα 10, οι Routers C και D έχουν ακυρώσει το μεταξύ τους μονοπάτι. Οι Routers A και B, παρά όλα αυτά, πιστεύουν ότι τα δρομολόγια μέσω αυτού του link γίνονται ακόμη κανονικά. Θα πρέπει λοιπόν να περιμένουν μια ενημέρωση είτε από τον C ή από τον D πριν αναγνωρίσουν την αλλαγή στη δικτυακή τοπολογία.

Ο πίνακας 11 αποθηκεύει τα περιεχόμενα των τεσσάρων πινάκων δρομολόγησης μετά την προσαρμογή στη νέα τοπολογία (θυμηθείτε ότι αυτό είναι μια γενική απεικόνιση της διαδικασίας προσαρμογής).

Router	Destination Name	Next Hop	Number of Hops to Destination
A	172.16.0.0	B	1
A	192.168.125.0	C	1
A	192.168.253.0	B only	2
B	10.0.0.0	A	1
B	192.168.125.0	A only	2
B	192.168.253.0	D	1
C	10.0.0.0	A	1
C	172.16.0.0	A only	2
C	192.168.253.0	A	3
D	10.0.0.0	B only	2

D	172.16.0.0	B	1
D	192.168.125.0	B only	3

Πίνακας 11. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ

Στο πίνακα 11, γίνεται φανερό ότι όλοι οι routers στο δίκτυο τελικά συμφωνούν ότι το link μεταξύ C και D είναι unusable, αλλά μέσω εναλλακτικών δρομολογίων οι προορισμοί προς κάθε αυτόνομο σύστημα είναι ακόμη δυνατοί.

## 2.9 Χρόνος Προσαρμογής (Convergence Time)

Είναι αδύνατον όλοι οι routers να ανακαλύψουν ταυτόχρονα την τοπολογική αλλαγή του δικτύου. Στην πραγματικότητα, ανάλογα με το routing protocol που χρησιμοποιείται (και ένα σωρό άλλους παράγοντες) θα χρειαστεί κάποιο time delay μέχρι όλοι οι routers να ανακαλύψουν που έγινε η τοπολογική αλλαγή. Αυτό το time delay αναφέρεται και ως χρόνος προσαρμογής. Το σημαντικό που θα πρέπει να θυμόμαστε είναι ότι η προσαρμογή δεν είναι άμεση και η μόνη αβεβαιότητα έγκειται στο πόσος χρόνος απαιτείται για να ξεκινήσει αυτή η διαδικασία. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που συντελούν στην αύξηση του time delay είναι:

- Η απόσταση των routers (σε hops) από το σημείο της αλλαγής
- Ο αριθμός των δρομολογητών στο δίκτυο που χρησιμοποιούν dynamic routing protocols
- Bandwidth και φόρτος κίνησης (traffic load) στα communications links
- Ο φόρτος των δρομολογητών (A router's load).
- Η συνάρτηση της κυκλοφορίας ως προς την τοπολογική αλλαγή.
- Το χρησιμοποιούμενο routing protocol

Οι επιπτώσεις κάποιων από τους παραπάνω παράγοντες μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με πιο προσεγμένο δικτυακό σχεδιασμό. Π.χ. ένα δίκτυο μπορεί να σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται το φορτίο σε οποιοδήποτε router ή communications link,. Άλλοι παράγοντες, όπως ο αριθμός των routers στο δίκτυο μπορεί να γίνονται αποδεκτοί στο σχεδιασμό με κάποιο ρίσκο. Επίσης το δίκτυο μπορεί να σχεδιαστεί με τρόπο ώστε κάθε φορά λίγοι routers να χρειάζεται να προσαρμοστούν. Π.χ. για το Interconnect stub να χρησιμοποιήσουμε στατικά δρομολόγια. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται άμεσα το convergence time:

Με δεδομένους αυτούς τους παράγοντες, είναι φανερό ότι τα 2 κλειδιά στα οποία οφείλεται η ελαχιστοποίηση των convergence times είναι

- Επιλογή ενός routing protocol το οποίο θα μπορεί να υπολογίζει γρήγορα – αποδοτικά τα δρομολόγια.
- Κατάλληλος σχεδιασμός του δικτύου.

## 2.10 Υπολογισμός Δρομολογίου (Route Calculation)

Η προσαρμογή είναι απόλυτα εξαρτημένη από τις δυνατότητες του δικτύου να ανταποκρίνεται στις λειτουργικές διακυμάνσεις. Ο παράγοντας – κλειδί της προσαρμογής είναι τα communications μεταξύ των δρομολογητών του δικτύου. Τα routing protocols είναι υπεύθυνα για την παροχή αυτής της υπηρεσίας. Ειδικότερα αυτά τα πρωτόκολλα σχεδιάζονται με σκοπό να ενεργοποιήσουν τους routers να αρχίσουν τη διαμοίραση της πληροφορίας σχετικά με τα δρομολόγια στους διάφορους προορισμούς του δικτύου.

Ένα σύμπτωμα δικτυακής αστάθειας που μπορεί να αυξάνει με το χρόνο είναι γνωστό και ως route flapping. Θα λέγαμε ότι είναι η αστραπιαία αμφιταλάντευση / διακύμανση μεταξύ δύο ή και περισσότερων δρομολογίων. Συμβαίνει κατά τη διάρκεια της τοπολογικής αλλαγής. Όλοι οι routers θα πρέπει να προσαρμοστούν στη νέα τοπολογία. Για το λόγο αυτό αρχίζουν τη διαμοίραση routing πληροφορίας.

Σε ένα ευμετάβλητο / ασταθές δίκτυο, μπορεί να είναι αδύνατον για τον router (ή τους routers) να αποφασίσει το δρομολόγιο προς έναν προορισμό, αφού κατά τη διάρκεια προσαρμογής μπορεί να μεταβάλλει το αρχικό του δρομολόγιο προς κάποιον προορισμό λόγω της τελευταίας ενημέρωσης που έλαβε. Στα πολύπλοκα- με επιπλέον εναλλακτικά δρομολόγια δίκτυα, ένας router κάθε φορά που δέχεται μια ενημέρωση, μπορεί να αποφασίζει από μόνος του, για ένα δοσμένο προορισμό, ένα διαφορετικό δρομολόγιο. Κάθε update ακυρώνει / καταργεί προηγούμενες αποφάσεις και προκαλεί καινούριο update προς τους υπόλοιπους. Οι τελευταίοι προσαρμόζουν τους πίνακές τους διαδοχικά και παράγουν νέα updates. Αυτός ο φαύλος / εσφαλμένος κύκλος είναι γνωστός και ως flapping (ανέμισμα).

Δυστυχώς όλα τα πρωτόκολλα δρομολόγησης δεν σχεδιάζονται όμοια. Στην πραγματικότητα, ένας από τους καλύτερους τρόπους να αποτιμήσει κανείς την καταλληλότητα ενός πρωτοκόλλου σε σχέση με τα υπόλοιπα, είναι να εκτιμήσει τη δυνατότητα που έχει να υπολογίζει δρομολόγια και να προσαρμόζεται στις αλλαγές. Από τους παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο προσαρμογής, όπως πριν τους αναφέραμε, γίνεται εμφανές ότι είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί το time delay χωρίς το παραμικρό ποσοστό αβεβαιότητας. Η δύναμη ενός πρωτοκόλλου στον υπολογισμό δρομολογίων βασίζεται σε αρκετούς παράγοντες:

- Αν και πότε το πρωτόκολλο υπολογίζει και αποθηκεύει πολλαπλά δρομολόγια προς κάθε προορισμό.
- Ο τρόπος με τον οποίον αρχικοποιούνται τα routing updates
- Οι μετρικές που χρησιμοποιούνται για να υπολογίσουν αποστάσεις ή κόστη.

## 2.11 Αποθηκεύοντας πολλαπλά δρομολόγια

Κάποια routing πρωτόκολλα επιχειρούν να βελτιώσουν την λειτουργική τους απόδοση εγγράφοντας ένα απλό δρομολόγιο (το καλύτερο) προς κάθε γνωστό προορισμό. Το μειονέκτημα είναι ότι όταν αλλάζει η τοπολογία, κάθε router θα πρέπει εκ νέου να υπολογίσει το καλύτερο μονοπάτι.

Αλλά πάλι πρωτόκολλα δέχονται το processing overhead των μεγάλων πινάκων δρομολόγησης και αποθηκεύουν πολλά (εναλλακτικά) δρομολόγια προς κάθε προορισμό. Κάτω από φυσιολογικές λειτουργικές συνθήκες, τα multiple routes καθιστούν τον router ικανό να ισορροπεί το φορτίο κίνησης κατά μήκος multiple links. Έτσι, όταν συμβαίνει τοπολογική αλλαγή οι routers έχουν εναλλακτικά δρομολόγια μέσω των τεράστιων routing tables που διατηρούν. Αυτό δεν επιταχύνει ιδιαίτερα τη διαδικασία προσαρμογής, καθιστά όμως το δίκτυο εύρωστο (ικανό να αυτοσυντηρείται) κάτω από τις τοπολογικές αλλαγές.

## 2.12 Αρχικοποιώντας τις ενημερώσεις (Initiating Updates)

Αλλά πρωτόκολλα χρησιμοποιούν timers, άλλα events. Το δεύτερο σημαίνει ότι μία ενημέρωση αρχίζει όταν ανακαλυφθεί τοπολογική αλλαγή. Κρατώντας όλες τις άλλες μεταβλητές σταθερές, τα event-driven updates οδηγούν σε μικρότερους χρόνους προσαρμογής από ότι τα time updates.

### Timed Updates

Είναι πολύ απλός μηχανισμός. Ο χρόνος μειώνεται βάσει ενός counter. Η ενημέρωση γίνεται κάθε συγκεκριμένη χρονική περίοδο ανεξάρτητα από το αν έχει συμβεί τοπολογική αλλαγή ή όχι. Αυτό έχει δύο συνέπειες:

- Πολλά updates γίνονται χωρίς λόγο. Αυτό σπαταλάει bandwidth και router resources.
- Οι χρόνοι προσαρμογής (Convergence times) μπορεί να «φουσκώσουν» επίσης χωρίς λόγο.

### Event-Driven Updates

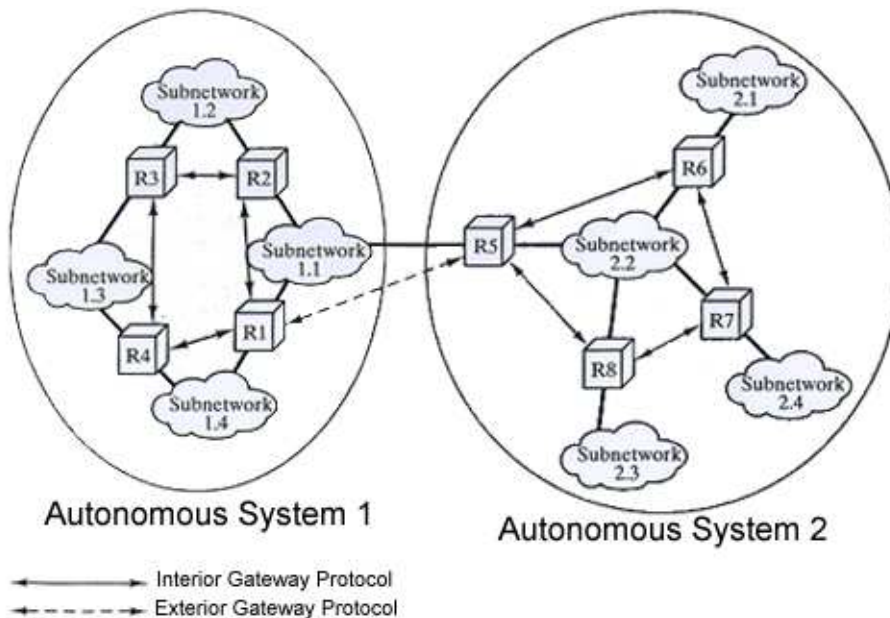
Αποτελεί μία πιο σοφιστική μέθοδο. Φαινομενικά, ένα update συμβαίνει μόνο μετά από ανακάλυψη τοπολογικής αλλαγής. Προφανώς είναι η πιο αποδοτική μέθοδος.

## 2.13 Η Δρομολόγηση στο Internet

### 2.13.1 Internet Routing Protocols

Στο Internet οι routers (καλούνται και Gateways στην ορολογία του Internet) είναι οργανωμένοι ιεραρχικά.

Ένα σύνολο δικτύων, τα οποία είναι ενωμένα μέσω routers, και ανήκουν στην ίδια διαχειριστική αρχή αποτελούν ένα Αυτόνομο Σύστημα (Autonomous System - AS). Οι routers που διακινούν πληροφορία μέσα σε ένα αυτόνομο σύστημα καλούνται Interior Routers (IR) και το πρωτόκολλο που χρησιμοποιούν Interior Gateway Protocol (IGP). Αντίθετα οι routers που διακινούν πληροφορία μεταξύ αυτόνομων συστημάτων καλούνται Exterior Routers (ER) και το πρωτόκολλο που χρησιμοποιούν Exterior Gateway Protocol (EGP).



Σχήμα 13. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ INTERIOR GATEWAY PROTOCOLS ΚΑΙ ΤΩΝ EXTERIOR GATEWAY PROTOCOLS

Ένα EGP είναι πιο απλό από ένα IGP, και συνήθως διακινεί λιγότερη πληροφορία. Παρακάτω γίνεται αναφορά στα πιο γνωστά IGP και EGP που χρησιμοποιούνται στο Internet και αναλύονται περισσότερο τα πιο διαδομένα από αυτά.

### 2.13.1.1 Interior Gateway Protocols (IGP)

Τρία από τα πιο γνωστά IGP είναι το Routing Information Protocol (RIP), το Open Shortest Path First (OSPF) και το Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (Enhanced IGRP).

Το RIP χρησιμοποιήθηκε αρχικά στην Xerox Network Systems (XNS) οικογένεια πρωτοκόλλων. Στην TCP/IP οικογένεια άρχισε να χρησιμοποιείται το 1982 και από τότε έγινε αρκετά δημοφιλής. Υιοθετήθηκε στα δικτυακά προϊόντα αρκετών εταιριών κατασκευαστών προσωπικών υπολογιστών, όπως τη Novell, την Banyan, την 3COM, την AppleTalk κ.α.. Το RIP είναι distance vector πρωτόκολλο.

Μειονεκτήματα των distance vector πρωτοκόλλων είναι ότι με την περιοδική μετάδοση ολόκληρου του πίνακα δρομολόγησης στους γείτονες σπαταλείται bandwidth και ακόμη ότι συγκλίνουν αργά όταν υπάρξει κάποιο failure στο δίκτυο.

Το OSPF προτυποποιήθηκε το 1988 και από τότε χρησιμοποιείται ευρύτατα σε TCP/IP δίκτυα. Είναι ένα link state πρωτόκολλο και βασίζεται στον Shortest Path First (SPF) αλγόριθμο του Dijkstra. Τα link state πρωτόκολλα ξεπερνούν τα μειονεκτήματα των distance vector, αλλά είναι πιο πολύπλοκα, χρειάζονται περισσότερο CPU χρόνο και πιο πολλή μνήμη.

Το (Enhanced IGRP) είναι κατά κύριο λόγο distance vector πρωτόκολλο, αλλά χρησιμοποιεί στοιχεία και των link state πρωτοκόλλων. Αναπτύχθηκε από την εταιρία Cisco Systems και χρησιμοποιείται στο Cisco Internetworking Operating System (Cisco IOS) των routers της εταιρίας.

## Πρωτόκολλο Πληροφορίας Δρομολόγησης (Routing Information Protocol –RIP)

Το πρωτόκολλο RIP δουλεύει καλύτερα σε μικρά δίκτυα, όπου οι ζεύξεις είναι ίσης ταχύτητας. Ο λόγος είναι, ότι το μέτρο που χρησιμοποιείται, για να προσδιορίσει το καλύτερο μονοπάτι, είναι η απόσταση από τον προορισμό σε βήματα (hops). Με τον όρο βήμα, εννοούμε το πέρασμα μέσω ενός δρομολογητή. Ως μέγιστη απόσταση έχει ορισθεί αυτή των 16 βημάτων. Έτσι, όλοι οι υπολογιστές, που είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο φυσικό δίκτυο (π.χ. Ethernet), απέχουν μεταξύ τους μηδέν βήματα. Στην περίπτωση που ένας δρομολογητής συνδέει απευθείας δυο δίκτυα, οι υπολογιστές του ενός δικτύου απέχουν από τους άλλους υπολογιστές του άλλου δικτύου ένα βήμα. Καθώς η πληροφορία δρομολόγησης περνά από ένα δρομολογητή, ο δρομολογητής αυξάνει κατά ένα τον αριθμό των βημάτων. Ως διάμετρος δικτύου ορίζεται ο μεγαλύτερος αριθμός βημάτων μέσα στο δίκτυο. Δεδομένου ότι σα μέγιστη απόσταση έχουν ορισθεί τα 16 βήματα (όταν η απόσταση πάρει τη τιμή 16 το πακέτο απορρίπτεται), το πρωτόκολλο RIP δεν επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών, που απέχουν πάνω από 15 βήματα, όταν δηλαδή παρεμβάλλονται μεταξύ τους περισσότεροι από 15 δρομολογητές. Από την παρουσίαση του πρωτοκόλλου είναι φανερό, ότι αυτό δεν λαμβάνει υπόψη του την ταχύτητα των ζεύξεων. Έτσι, εάν οι ζεύξεις έχουν διαφορετική ταχύτητα, αυτή η διαφορά δεν αντικατοπτρίζεται στη μονάδα μέτρησης της απόστασης.

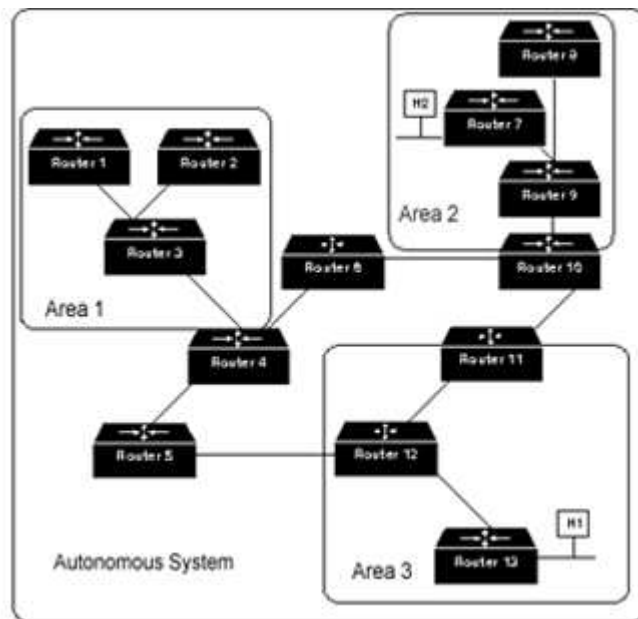
Για παράδειγμα, μεταξύ μιας σύνδεσης 56kbps, που προσδιορίστηκε ότι είναι ενός βήματος και μιας 2 Mbps δύο βημάτων θα επιλεγόταν η πρώτη, παρόλο που η καθυστέρηση μετάδοσης, που εισάγει, είναι πολύ μεγαλύτερη. Επιπλέον, ο αλγόριθμος δεν λαμβάνει υπόψη του την κίνηση, που διεκπεραιώνει κάθε ζεύξη. Έτσι ακόμη και εάν η ζεύξη έφτανε στα όρια της χωρητικότητάς της όσον αφορά την κίνηση, που μεταφέρει, ο αλγόριθμος θα συνέχιζε να την επιλέγει σαν την καλύτερη διαδρομή. Φανταστεί το σαν δύο οδικές διαδρομές που οδηγούν από την περιοχή Α στην περιοχή Β. Η μία διαδρομή είναι 5 χιλιομέτρων και η άλλη 8. Άρα, με βάση το κατάλληλο πρωτόκολλο RIP, η καλύτερη είναι η πρώτη. Όταν, όμως, η κίνηση στην πρώτη διαδρομή είναι μεγάλη και η κυκλοφορία πραγματοποιείται με δυσκολία, τότε καλύτερη διαδρομή είναι η Β, η οποία θα μας οδηγήσει γρηγορότερα και χωρίς καθυστερήσεις στον προορισμό μας.

Με βάση όμως τον αλγόριθμο RIP, ένας οδηγός, ο οποίος δεν γνωρίζει την κατάσταση των δύο δρόμων, θα κατευθυνθεί στην πρώτη διαδρομή, η οποία θα προταθεί από τον αλγόριθμο ως η καλύτερη.

## Open Shortest Path First (OSPF)

### Λειτουργία του πρωτοκόλλου

Το OSPF μπορεί να λειτουργεί μέσα σε ένα ιεραρχικό περιβάλλον όπου το αυτόνομο σύστημα μπορεί να χωρίζεται σε περιοχές, οι περιοχές σε υποπεριοχές και ούτω καθεξής.



Σχήμα 14. ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΧΩΡΙΣΜΕΝΟ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι link - state πρωτόκολλο. Έτσι κάθε router στέλνει πληροφορίες για την κατάσταση των links του (Link State Advertisements - LSA) σε όλους του άλλους που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο ιεραρχίας με αυτόν (πλημμύρισμα, flooding). Τα μηνύματα αυτά είναι μικρά και έτσι δεν καταναλώνουν πολύ bandwidth. Αρχικά ένας router αρχικοποιεί τις δομές δεδομένων του και περιμένει από τα πρωτόκολλα των χαμηλότερων επιπέδων να διαπιστώσει ποια από τα links του, είναι λειτουργικά. Έπειτα με τη χρήση Hello μηνυμάτων προσπαθεί να βρει τους γειτονικούς του routers.

Τα Hello μηνύματα χρησιμοποιούνται και στη συνέχεια για να ελέγξει ο router αν οι γείτονές του είναι ακόμη σε λειτουργία. Κάθε router στέλνει περιοδικά LSAs με την κατάσταση των links του. Ακόμη LSAs στέλνονται και όταν αλλάζει η κατάσταση ενός router.

Ένας router διατηρεί την τοπολογία όλου του επιπέδου του δικτύου που ανήκει (η οποία μπορεί να εκφραστεί σαν κατευθυνόμενος γράφον) και προσπαθεί να την διατηρεί ενημερωμένη από τα LSAs που λαμβάνει. Όταν λαμβάνει LSAs και ενημερώνει την τοπολογία, τρέχει ο αλγόριθμος SPF (κόστος  $\log n$  όπου  $n$  ο αριθμός των routers στο συγκεκριμένο επίπεδο ιεραρχίας). Αυτός υπολογίζει τις καλύτερες διαδρομές για τα δίκτυα προορισμού, και έπειτα αποθηκεύεται στον routing πίνακα το πρώτο hop κάθε διαδρομής, για να χρησιμοποιηθεί για τη διαδικασία προώθησης (forwarding).

### To format των μηνυμάτων

Τα OSPF μηνύματα ξεκινούν με ένα 24-byte header:

Version number (1 byte)	Type (1 byte)	Packet length (2 bytes)	Router ID (4 bytes)	Area ID (4 bytes)	Checksum (2 bytes)	Authentication type (2 bytes)	Authentication (8 bytes)	Data (variable)
-------------------------	---------------	-------------------------	---------------------	-------------------	--------------------	-------------------------------	--------------------------	-----------------

Η σημασία των πεδίων του OSPF header είναι:

- Version number. Η υλοποίηση του OSPF που χρησιμοποιείται.
- Type. Προσδιορίζει ένα από τους 5 τύπους των OSPF μηνυμάτων:
  1. Hello. Στέλνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα για να ιχνηλατήσει την κατάσταση των γειτονικών routers.
  2. Database Description. Περιγράφει τα περιεχόμενα της τοπολογικής βάσης ενός router, και στέλνεται κατά την αρχικοποίηση μια σύνδεσης με ένα γειτονικό router.
  3. Link State Request. Με το μήνυμα αυτό ένας router ζητά ένα κομμάτι του τοπολογικού πίνακα ενός γειτονικού του router, επειδή έχει ανακαλύψει ότι μέρος της δικής τοπολογικής βάσης είναι μη ενημερωμένο.
  4. Link State Update. Απαντάει σε link state request μηνύματα. Επιπλέον χρησιμοποιείται για την περιοδική μετάδοση των LSAs.
  5. Link State Acknowledgment. Στέλνεται για acknowledgment στα link state update μηνύματα. Τα link state update μηνύματα πρέπει να φτάσουν σε όλους τους προορισμούς του επιπέδου ιεραρχίας του δικτύου, μέσα στο οποίο στέλνονται (η flooding είναι αξιόπιστη διαδικασία).
- Packet length. Το συνολικό μέγεθος του πακέτου.
- Router ID. Προσδιορίζει το router που έστειλε το μήνυμα.
- Area ID. Προσδιορίζει την area στην οποία το πακέτο ανήκει. Όλα τα μηνύματα σχετίζονται με μία περιοχή.
- Checksum. Ελέγχει το περιεχόμενο του πακέτου για πιθανές αλλοιώσεις του.
- Authentication type. Περιέχει ένα Authentication type π.χ. «Simple password». Όλα τα OSPF μηνύματα πρέπει να περιέχουν μια τιμή στο πεδίο αυτό. Ο authentication type ορίζεται για κάθε περιοχή.
- Authentication. Περιέχει την authentication πληροφορία μήκους 64 bits.



### Άλλα χαρακτηριστικά του OSPF

Το OSPF υποστηρίζει multipath routing, καθώς και δρομολόγηση βασισμένη σε πληροφορία των πρωτοκόλλων των υψηλότερων επιπέδων, [ type of service (TOS) πεδίο στον IP header]. Για παράδειγμα μια εφαρμογή μπορεί να προσδιορίσει ότι η μετάδοση κάποιων δεδομένων είναι επείγουσα. Αν στο OSPF έχουν τεθεί κάποια links σαν υψηλής προτεραιότητας τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά για την μετάδοση της επείγουσας πληροφορίας.

Το OSPF υποστηρίζει μία ή περισσότερες μετρικές (καθορίζεται από τον network administrator). Αν υποστηρίζει μόνο μία, τότε δεν υποστηρίζει το TOS IP πεδίο που αναφέρθηκε προηγουμένως. Αν υποστηρίζει περισσότερες από μία τότε το TOS υποστηρίζεται. Πιο συγκεκριμένα υποστηρίζονται οι οχτώ συνδυασμοί που δημιουργούν τα τρία IP TOS bits τα οποία αντιστοιχούν στο delay, στο throughput και στη reliability (καθένα από αυτά έχει δύο τιμές). Κάθε συνδυασμός π.χ. low delay, low throughput, high reliability, θεωρείται μια ξεχωριστή μετρική για την οποία υπάρχει ξεχωριστός πίνακας δρομολόγησης. Άρα όταν ζητείται ένας από τους οχτώ συνδυασμούς TOS η δρομολόγηση γίνεται με τη χρήση του αντίστοιχου πίνακα.

Τα μηνύματα του πρωτοκόλλου μπορούν να περιέχουν IP subnet masks μεταβλητού μεγέθους.

### 2.13.1.2 Exterior Gateway Protocols (EGPs)

Σαν παράδειγμα EGP θα περιγραφεί το Border Gateway Protocol (BGP) το οποίο έχει γίνει το standard EGP στο Internet. Οι αρχές του μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα δίκτυα ανεξαρτήτως οικογένειας πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούν.

### Border Gateway Protocol (BGP)

Με τη χρήση του BGP, routers διαφορετικών αυτόνομων συστημάτων (AS) ανταλλάσσουν routing πληροφορία και από αυτήν υπολογίζουν καλύτερες διαδρομές. Το BGP αποτελείται από 4 (open, keepalive, update, notification) μηνύματα τα οποία στέλνονται πάνω από TCP συνδέσεις που ανοίγουν οι routers μεταξύ τους.

Τρεις είναι οι βασικές διαδικασίες του πρωτοκόλλου:

- Neighbor acquisition (Απόκτηση Γειτόνων)
- Neighbor reachability (Προσβασιμότητα στους γείτονες)
- Network reachability (Προσβασιμότητα σε κάποιο υποδίκτυο)

Η διαδικασία neighbor acquisition έχει να κάνει με τη συμφωνία δύο δρομολογητών που ανήκουν σε διαφορετικά AS αλλά συνδέονται στο ίδιο υποδίκτυο (subnetwork), ότι θα ανταλλάσσουν routing πληροφορία όποτε αυτό είναι απαραίτητο. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη γιατί μπορεί οι δύο routers να συνδέονται στο ίδιο υποδίκτυο και να είναι γείτονες αλλά μπορεί ο ένας από αυτούς να είναι φορτωμένος με την δρομολόγηση μέσα στο AS στο οποίο ανήκει, και να μην θέλει να αναλάβει κίνηση πακέτων προερχόμενων από άλλο AS.

Η διαδικασία αυτή του πρωτοκόλλου δεν προβλέπει με ποιο τρόπο οι routers γνωρίζουν τις διευθύνσεις των γειτόνων τους ή πως δύο routers αποφασίζουν να ανταλλάξουν routing πληροφορία. Κάτι τέτοιο μπορεί να ρυθμιστεί από τον διαχειριστή του δικτύου.

Για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία αυτή ένας router στέλνει ένα Open μήνυμα στον άλλο. Αν ο router προορισμού δεχτεί την αίτηση, απαντά με ένα Keepalive μήνυμα.

Η διαδικασία neighbor reachability διατηρεί μια σχέση γειτονικότητας την οποία έχουν συμφωνήσει οι δύο routers με την προηγούμενη διαδικασία. Η σχέση αυτή διατηρείται με την αποστολή Keepalive μηνυμάτων ανά τα τακτά χρονικά διαστήματα.

Η τελευταία διαδικασία network reachability σκοπό έχει οι routers να διατηρούν πληροφορία για την προσπέλαση των υποδικτύων. Έτσι κάθε router διατηρεί μια βάση δεδομένων με τα υποδίκτυα τα οποία μπορεί να προσπελάσει και την καλύτερη διαδρομή προς αυτά. Όταν συμβαίνει κάποια αλλαγή στη βάση δεδομένων, ο router, στέλνει (broadcast) Update μηνύματα σε όλους τους routers που υλοποιούν το BGP. Με τον τρόπο αυτό οι BGP routers ενημερώνονται για αλλαγές που συμβαίνουν στο δίκτυο και προσαρμόζουν τις καλύτερες διαδρομές στους routing πίνακές τους.

**BGP μηνύματα.**

Τα formats των 4 BGP μηνυμάτων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:

Marker (16 bytes)	Length (2 bytes)	Type (1 byte)	Version (1 byte)	My Autonomous system (2 bytes)	Hold time (2 bytes)	BGP Identifier (4 bytes)	Optional parameter length (1 byte)	Optional parameters (variable)
-------------------	------------------	---------------	------------------	--------------------------------	---------------------	--------------------------	------------------------------------	--------------------------------

Open μήνυμα

Marker (16 bytes)	Length (2 bytes)	Type (1 byte)	Unfeasible routes length (2 bytes)	Withdrawn routes (variable)	Total Path attributes Length (2 bytes)	Path attributes (variable)	Network Layer Reachability Information (variable)
-------------------	------------------	---------------	------------------------------------	-----------------------------	--	----------------------------	---

Update μήνυμα

Marker (16 bytes)	Length (2 bytes)	Type (1 byte)
-------------------	------------------	---------------

Keepalive μήνυμα

Marker (16 bytes)	Length (2 bytes)	Type (1 byte)	Error code (1 byte)	Error subcode (1 byte)	Data (variable)
-------------------	------------------	---------------	---------------------	------------------------	-----------------

Notification μήνυμα

## Σχήμα 15. TO FORMAT ΤΩΝ BGP ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ

Όλα έχουν ένα κοινό 19 bytes header που αποτελείται από τα εξής πεδία:

- Marker. Χρησιμοποιείται για authentication. Ο αποστολέας μπορεί να εισάγει μια τιμή σε αυτό το πεδίο, η οποία θα χρησιμοποιηθεί κατά τη διαδικασία αναγνώρισης της ταυτότητάς του από τον παραλήπτη.

- Length. Το μήκος του μηνύματος σε bytes.

- Type. Ο τύπος του μηνύματος (open, keepalive, update, notification).

Για να αποκτήσει ένα γείτονα ένας router, ανοίγει μια TCP σύνδεση προς ένα γειτονικό router, για τον οποίο ενδιαφέρεται, και στέλνει ένα Open μήνυμα. Το Open μήνυμα περιέχει ένα πεδίο με το AS στο οποίο ανήκει ο αποστολέας router και ένα με την IP διεύθυνσή του (BGP identifier). Ακόμη περιέχει και ένα πεδίο Hold time το οποίο δηλώνει τον μέγιστο αριθμό των δευτερολέπτων, που προτείνει ο αποστολέας, για το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο επιτυχημένων Keepalive ή Update μηνυμάτων του. Ο παραλήπτης υπολογίζει το μικρότερο από το δικό του Hold time και το Hold time που λαμβάνει και αυτό τίθεται στον Hold timer.

Τα Keepalive μηνύματα αποτελούνται μόνο από το header.

Το update μήνυμα μπορεί να περιέχει δύο είδη πληροφορίας:

- 1.Πληροφορία για μία διαδρομή του δικτύου. Η πληροφορία αυτή προστίθεται στη βάση δεδομένων των routers που τη λαμβάνουν.

- 2.Μια λίστα από διαδρομές που είχαν προταθεί από το router, οι οποίες τώρα αποσύρονται.

Ένα Update μήνυμα μπορεί να περιέχει ένα ή και τα δύο από τα παραπάνω είδη πληροφορίας. Σχετικά με το πρώτο είδος πληροφορίας εμπλέκονται τα εξής πεδία. Το Network Layer Reachability Information (NLRI), το Total Path Attributes Length, το Path Attributes. Το NLRI περιέχει τις IP διευθύνσεις (το μέρος των IP διευθύνσεων που δηλώνει ένα συγκεκριμένο υποδίκτυο) των υποδικτύων που μπορούν να προσπελαστούν από τη συγκεκριμένη διαδρομή. Το πεδίο Path Attributes περιέχει μια λίστα από χαρακτηριστικά (attributes) της συγκεκριμένης διαδρομής: Αυτά είναι:

- Origin. Καθορίζει αν η πληροφορία για τη συγκεκριμένη διαδρομή δημιουργήθηκε από ένα interior gateway protocol π.χ. OSFP, ή από ένα exterior gateway protocol (το BGP).

- AS\_Path. Περιέχει όλα τα AS που διασχίζει η διαδρομή. Με τη χρήση του πεδίου αυτού ένας router μπορεί να επιλέξει ή να απορρίψει μια διαδρομή ανάλογα με την πληροφορία που έχει για τα AS που αυτή διασχίζει. Για παράδειγμα αν γνωρίζει ότι ένα AS είναι μικρής απόδοσης μπορεί να απορρίψει τη διαδρομή. Επίσης το πεδίο αυτό βοηθά στο να τερματίζεται η μετάδοση ενός Update μηνύματος αποτρέποντάς το από το να κάνει κύκλους ασταμάτητα. Όταν ένας router λάβει ένα update μήνυμα και το AS στο οποίο ανήκει περιέχεται στο AS\_Path πεδίο του μηνύματος, σταματά την επαναμετάδοσή του.

- Next\_hop. Περιέχει την IP διεύθυνση του border router που προτείνεται να χρησιμοποιηθεί σαν next hop για όλους του προορισμούς στο NLRI πεδίο.

- Multi\_Exit\_Disc. Χρησιμοποιείται για την επιλογή ενός BGP router, όταν υπάρχουν περισσότεροι από ένα που συνδέονται με το γειτονικό AS.

- Local\_Pref. Χρησιμοποιείται από ένα router για να πληροφορήσει άλλους που βρίσκονται στο ίδιο AS για το βαθμό στον οποίο προτιμά μια συγκεκριμένη διαδρομή. Δεν επηρεάζει routers σε άλλα AS.

- Atomic\_Aggregate, Aggregator. Αυτά τα δύο πεδία υλοποιούν την ιδέα της ομαδοποίησης (aggregation) των διαδρομών.

To Notification μήνυμα στέλνεται όταν υπάρξει κάποιο λάθος. Τα λάθη αυτά μπορεί να είναι:

- Message header error. Περιλαμβάνει λάθη συντακτικά και αναγνώρισης ταυτότητας (authentication).
- Open message error. Περιλαμβάνει λάθη συντακτικά και τιμές πεδίων μη αναγνωρίσιμες στο Open μήνυμα. Ακόμη μπορεί να σημαίνει ότι το Hold time που προτάθηκε από τον αποστολέα δεν είναι αποδεκτό.
- Update message error. Περιλαμβάνει λάθη στο Update μήνυμα.
- Hold timer expired. Αν ένας router δεν έχει λάβει Keepalive ή Update ή Notification μήνυμα μέσα σε χρόνο Hold time τότε το λάθος αυτό στέλνεται και η σύνδεση διακόπτεται.
- Finite state machine error. Περιλαμβάνει διάφορα μη προσδοκώμενα λάθη.
- Cease. Χρησιμοποιείται από ένα router για να κλείσει μια σύνδεση χωρίς να έχει συμβεί κάποιο λάθος.

## Η ανταλλαγή routing πληροφορίας στο BGP

Η ανταλλαγή routing πληροφορίας από τους BGP routers μπορεί να γίνει αρκετά πολύπλοκη ανάλογα με τις αλλαγές που συμβαίνουν στα κόστη των συνδέσεων στο δίκτυο (το BGP χρησιμοποιεί μια μετρική που ορίζεται από τον διαχειριστή του δικτύου και μπορεί να είναι delay, cost, ταχύτητα, σταθερότητα, αριθμός hops). Παρακάτω δίνεται ένα απλό παράδειγμα με βάση το δίκτυο του σχήματος 13.

Έστω ο router R1 του AS1. Ένας router που υλοποιεί το BGP, υλοποιεί επίσης και ένα interior gateway protocol π.χ. το OSPF. Με τη χρήση του OSPF, ο R1 μπορεί να ανταλλάσσει πληροφορία με τους άλλους routers μέσα στο AS1, να χτίσει την εικόνα της τοπολογίας των υποδικτύων και των routers του AS1, και να σχηματίσει τον routing πίνακα. Μετά μπορεί να στείλει ένα Update μήνυμα στον R5 του AS2, με την εξής πληροφορία:

- AS\_Path = AS1.
- Next Hop = IP διεύθυνση του R1.
- NRI = οι διευθύνσεις των υποδικτύων του AS1.

Το μήνυμα αυτό πληροφορεί τον R5 ότι όλα τα υποδίκτυα του πεδίου NRI προσπελαύνονται μέσω του R1 και το μόνο AS που διασχίζεται είναι το AS1. Αν υποθεθεί ότι ο R5 έχει ένα γειτονικό BGP router R9 σε ένα άλλο αυτόνομο σύστημα AS3. Τότε ο R5 θα προωθήσει την πληροφορία που έλαβε από τον R1 στον R9 με ένα νέο Update μήνυμα. Το μήνυμα αυτό περιέχει:

- AS\_Path = AS2, AS1.
- Next Hop = IP διεύθυνση του R5.
- NRI = οι διευθύνσεις των υποδικτύων του AS1.

Το μήνυμα αυτό πληροφορεί τον R9 ότι όλα τα υποδίκτυα του πεδίου NRI προσπελαύνονται μέσω του R5, διασχίζοντας τα αυτόνομα συστήματα AS2, AS1. Ο R9 πρέπει τώρα να αποφασίσει αν η διαδρομή που έλαβε με το Update μήνυμα είναι η καλύτερη για την προσπέλαση των υποδικτύων του AS1, ή γνωρίζει κάποια καλύτερη. Αν αποφασίσει ότι είναι καλύτερη, ενημερώνει την βάση δεδομένων του και στέλνει ένα Update μήνυμα στους άλλους γείτονές του. Το μήνυμα αυτό περιέχει:

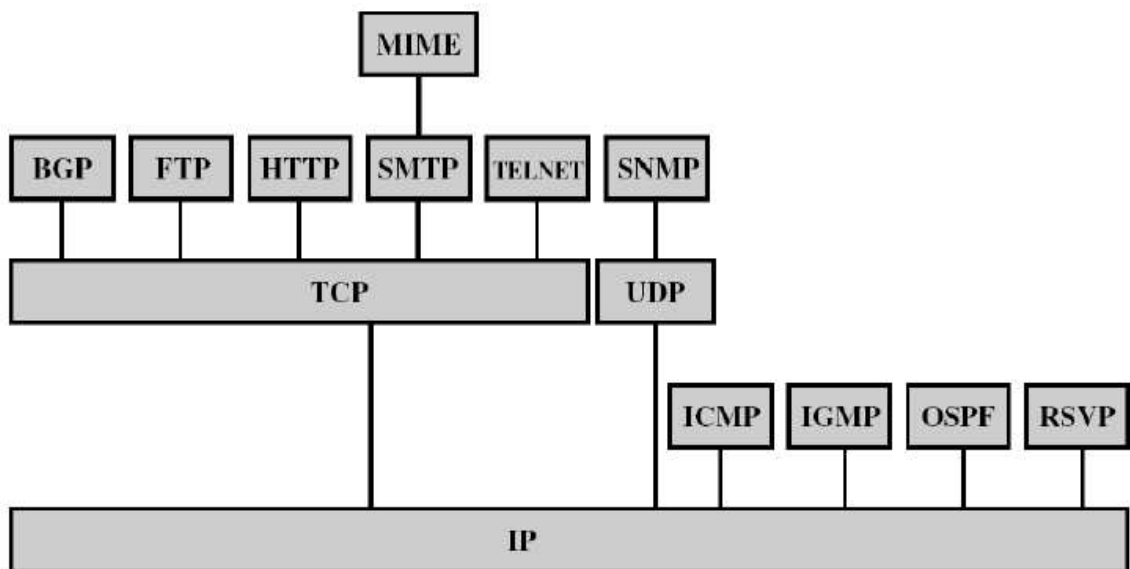
- AS\_Path = AS3, AS2, AS1.
- Next Hop = IP διεύθυνση του R9.
- NRI = οι διευθύνσεις των υποδικτύων του AS1.

Το παραπάνω παράδειγμα είναι απλό και δεν καλύπτει όλη τη λειτουργία του BGP. Μερικές φορές μπορεί και routers μέσα στο ίδιο AS να ανταλλάζουν BGP μηνύματα (εσωτερικοί γείτονες). Σε αυτή την περίπτωση το AS\_Path μένει κενό. Ακόμη όταν ένας router επιλέξει μια νέα καλύτερη διαδρομή για κάποιον εξωτερικό προορισμό στέλνει αυτή τη διαδρομή σε όλους τους εσωτερικούς του γείτονες.

Ο καθένας από αυτούς μετά αποφασίζει αν αυτή είναι καλύτερη διαδρομή. Αν είναι, προστίθεται στη βάση δεδομένων του και ένα νέο Update μήνυμα στέλνεται.

Αν υπάρχουν πολλά σημεία εισόδου (BGP routers) σε ένα AS και αυτά είναι διαθέσιμα σε ένα BGP router ενός άλλου AS, το πεδίο Multi\_Exit\_Disc χρησιμοποιείται για να επιλεγεί ένα από αυτά. Αυτό περιέχει μια μετρική για την προσπέλαση κάποιου προορισμού στο AS. Για παράδειγμα έστω ότι οι R1, R2 υλοποιούν το BGP και συνδέονται με σχέση γειτονικότητας με τον R5.

Ο καθένας από αυτούς στέλνει Update μηνύματα στον R5 σχετικά με το υποδίκτυο 1.3, η οποία περιέχει και κάποια μετρική δρομολόγησης που χρησιμοποιείται εσωτερικά στο AS1, π.χ. τη μετρική που χρησιμοποιεί το OSPF. Ο R5 μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις δύο μετρικές για να αποφασίσει μεταξύ των δύο.



- |  |   |
|--|---|
| BGP = Border Gateway Protocol                | OSPF = Open Shortest Path First           |
| FTP = File Transfer Protocol                 | RSVP = Resource ReSerVation Protocol      |
| HTTP = Hypertext Transfer Protocol           | SMTP = Simple Mail Transfer Protocol      |
| ICMP = Internet Control Message Protocol     | SNMP = Simple Network Management Protocol |
| IGMP = Internet Group Management Protocol    | TCP = Transmission Control Protocol       |
| IP = Internet Protocol                       | UDP = User Datagram Protocol              |
| MIME = Multi-Purpose Internet Mail Extension |   |

Σχήμα 16. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΤΥΠΟΥ TCP/IP

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>****ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ****3.1 Εισαγωγή στις Δικτυακές Συσκευές**

Δυο ή περισσότερες συσκευές, οι οποίες είναι συνδεδεμένες με σκοπό τον διαμοιρασμό δεδομένων ή πόρων, αποτελούν σταθμούς σε ένα δίκτυο. Κατασκευάζοντας μαζί ένα δίκτυο είναι συχνά πιο περίπλοκο από το να συνδέουμε, απλά, ένα καλώδιο σε ένα hub. Ένα LAN μπορεί να χρειαστεί να καλύψει μεγαλύτερη απόσταση, από αυτήν που τα μέσα του μπορούν να χειριστούν αποτελεσματικά. Ο αριθμός των σταθμών μπορεί να είναι πάρα πολύ μεγάλος, για την αποδοτική διανομή πλαισίων ή τη διαχείριση του δικτύου, και το δίκτυο μπορεί να χρειάζεται υποδιαίρεση. Στην πρώτη περίπτωση, μια συσκευή που ονομάζεται repeater εισάγεται στο δίκτυο για να αυξήσει την καλυπτόμενη απόσταση. Στη δεύτερη περίπτωση, εισάγεται μια συσκευή που ονομάζεται bridge, για τη διαχείριση της κυκλοφορίας.

Όταν δύο ή περισσότερα ξεχωριστά δίκτυα συνδέονται για την ανταλλαγή δεδομένων ή πόρων, σχηματίζουν ένα διαδίκτυο. Η σύνδεση ενός πλήθους LANs στο διαδίκτυο, απαιτεί πρόσθετες διαδικτυακές συσκευές, που ονομάζονται routers και gateways. Αυτές οι συσκευές είναι σχεδιασμένες για να ξεπερνούν τα εμπόδια της διασύνδεσης, χωρίς να επηρεάζουν την ανεξάρτητη λειτουργία των δικτύων.

Σημείωση: Δεν πρέπει να συγχέεται ο όρος διαδίκτυο με τη συνηθισμένη απόδοση, στα ελληνικά, του όρου Internet. Ο πρώτος όρος χρησιμοποιείται για να δηλώσει μια διασύνδεση των δικτύων. Ο δεύτερος αναφέρεται στο όνομα ενός συγκεκριμένου παγκόσμιου δικτύου.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι δικτυακές συσκευές χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες: repeaters, bridges, routers, και gateways

Κάθε ένας από αυτούς τους τέσσερις τύπους συσκευών αλληλεπιδρά με πρωτόκολλα σε διαφορετικά επίπεδα του μοντέλου OSI. Οι repeaters δρουν μόνο επάνω στα ηλεκτρικά συστατικά ενός σήματος, και είναι επομένως ενεργοί μόνο στο φυσικό επίπεδο. Οι bridges χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα διεθυνσιοδότησης, και μπορούν να επηρεάσουν τον έλεγχο ροής ενός, μόνο, LAN, δρουν, κυρίως, στο data link επίπεδο. Οι routers παρέχουν συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών, αλλά του ιδίου τύπου LANs, και δρουν, κυρίως, στο network επίπεδο. Τέλος, οι gateways παρέχουν υπηρεσίες μετάφρασης μεταξύ ασυμβίβαστων LANs ή εφαρμογές, και δρουν σε όλα τα επίπεδα. Κάθε μια από αυτές τις δικτυακές συσκευές διασύνδεσης λειτουργεί, επίσης, σε όλα τα επίπεδα κάτω από αυτό, στο οποίο είναι, κυρίως, ενεργή.

**3.2 Bridges****3.2.1 Παρουσίαση Συσκευής**

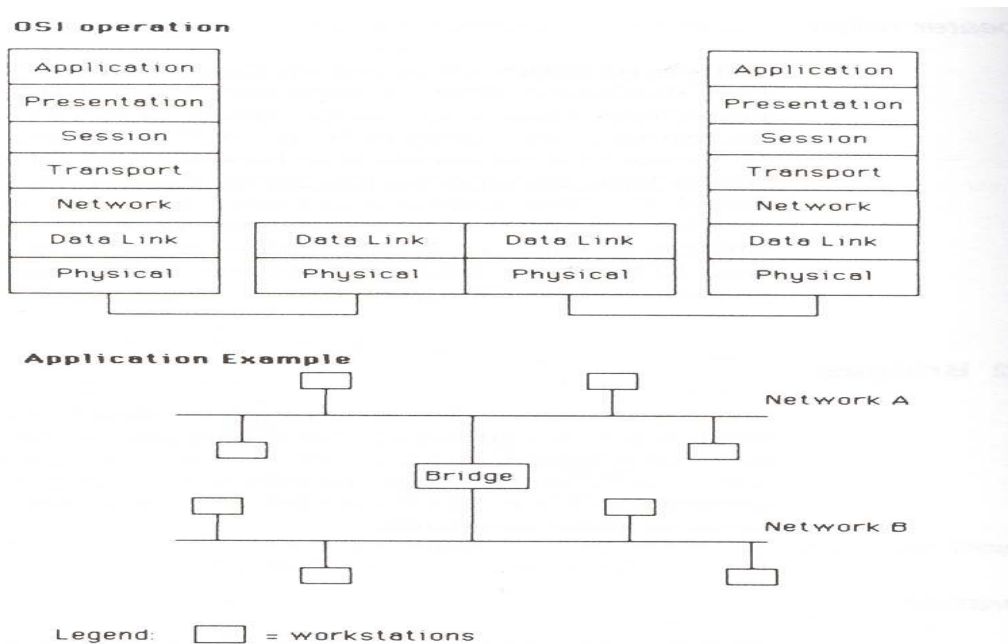
Ο όρος bridge αναφέρεται σε μία συσκευή υλικού, η οποία μπορεί να περνάει πακέτα από ένα δίκτυο σε ένα άλλο. Οι bridges δρουν στο δεύτερο επίπεδο (data-link) του μοντέλου OSI. Μία bridge κάνει τα δίκτυα να φαίνονται ενιαία σε πρωτόκολλα και προγράμματα υψηλότερου επιπέδου.

Μία bridge εξυπηρετεί ως μέσο και ως φίλτρο ταυτόχρονα. Επιτρέπει πακέτα από έναν κόμβο κάποιου δικτύου να στέλνονται σε έναν κόμβο κάποιου άλλου δικτύου, ενώ, ταυτόχρονα, παραβλέπει οποιοδήποτε πακέτο προορίζεται για το αρχικό δίκτυο (αντί να το περνάει στο άλλο δίκτυο).

### 3.2.2 Λειτουργία Συσκευής

Το σχήμα 17 επεξηγεί τη λειτουργία μιας bridge όσον αφορά το πρότυπο αναφοράς OSI όπως και τη χρήση του για να συνδέσει δύο χωριστά Ethernet LANs. Αν και η χρήση της bridge, φαίνεται παρόμοια με τη χρήση ενός repeater, όπως θα καταλάβουμε σύντομα, η λειτουργία κάθε συσκευής περιλαμβάνει βασικές διαφορές.

Όταν μια bridge αρχίζει να λειτουργεί, εξετάζει κάθε πλαίσιο που μεταδίδεται στο συνδεδεμένο στο data link επίπεδο τοπικό δίκτυο, μία διαδικασία η οποία είναι πέρα από την ικανότητα ενός repeater, που λειτουργεί με τρόπο διαφανή για τα δεδομένα. Διαβάζοντας τη διεύθυνση προέλευσης, που συμπεριλαμβάνεται σε κάθε πλαίσιο, η bridge συγκεντρώνει έναν πίνακα των τοπικών διευθύνσεων για κάθε δίκτυο. Επιπλέον, διαβάζει τη διεύθυνση προορισμού που περιλαμβάνεται σε κάθε πλαίσιο. Εάν η διεύθυνση προορισμού δεν περιλαμβάνεται στον τοπικό πίνακα διευθύνσεων, που η bridge κατασκευάζει, τότε ο προορισμός του πλαισίου δεν είναι στο τρέχων δίκτυο ή σε τμήμα δικτύου.



Σχήμα 17 . ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΙΑΣ BRIDGE

Σε αυτή την κατάσταση, η γέφυρα μεταδίδει το πλαίσιο πάνω από άλλο δίκτυο ή τμήμα δικτύων. Η εξαίρεση σε αυτήν την διαδικασία εμφανίζεται όταν υπάρχουν περισσότερα από δύο bridge ports. Εάν ένα πλαίσιο έχει μια διεύθυνση προορισμού, που δεν είναι στον πίνακα ports/διευθύνσεις της bridge, θα μεταδώσει το πλαίσιο σε όλα τα ports εκτός από το port, που παραλήφθηκε. Το τεχνικό όνομα για αυτήν την κατάσταση είναι flooding. Εάν η διεύθυνση προορισμού περιλαμβάνεται στον τοπικό πίνακα διευθύνσεων, αυτό δείχνει ότι το πλαίσιο πρέπει να παραμείνει στο τοπικό δίκτυο. Σε αυτή την κατάσταση η bridge απλά είτε επαναλαμβάνει την αποστολή του πλαισίου, εάν το δίκτυο είναι δακτύλιος, ή απορρίπτει αυτό, εάν το δίκτυο είναι Ethernet LAN, δεδομένου ότι το πλαίσιο ρέει επίσης σε όλους τους σταθμούς στο δίκτυο εκτός από το port της bridge. Αυτή η μέθοδος λειτουργίας αναφέρεται και ως διαφανές γεφύρωμα.

Μπορούμε να συνοψίσουμε τη λειτουργία της bridge, που παρουσιάζεται στο χαμηλότερο τμήμα ως εξής (σχήμα 17):

Η γέφυρα διαβάζει όλα τα πλαίσια που διαβιβάζονται στο δίκτυο Α.

Τα πλαίσια με τη διεύθυνση προορισμού στο δίκτυο Α στέλνονται πίσω σε αυτό το δίκτυο ή απορρίπτονται.

Τα πλαίσια με τη διεύθυνση προορισμού στο δίκτυο Β αναμεταδίδονται επάνω στο δίκτυο Β.

Η παραπάνω διαδικασία αντιστρέφεται για την κυκλοφορία στο δίκτυο Β.

### 3.2.3 Η ανεξαρτησία πρωτοκόλλου των Bridges

Μία bridge είναι ανεξάρτητη από τα πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου, γι' αυτό και μπορεί να χειρίζεται πακέτα, που προέρχονται από αυτά.

Για τα πρωτόκολλα στα υψηλότερα επίπεδα του OSI (το πιο κοντινό, που είναι το επίπεδο network), η παρουσία μίας bridge είναι διαφανής.

Αυτό σημαίνει ότι δύο δίκτυα τα οποία συνδέονται με μία bridge αντιμετωπίζονται από πρωτόκολλα, όπως το IPX/SPX της Novell, το NetBios της IBM ή το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο TCP/IP, ως μέρος του ίδιου λογικού δικτύου. Αυτή η ιδιότητα, κάνει δυνατή την πρόσβαση σε ένα λογικό δίκτυο που είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το μέγιστο επιτρεπτό φυσικό δίκτυο.

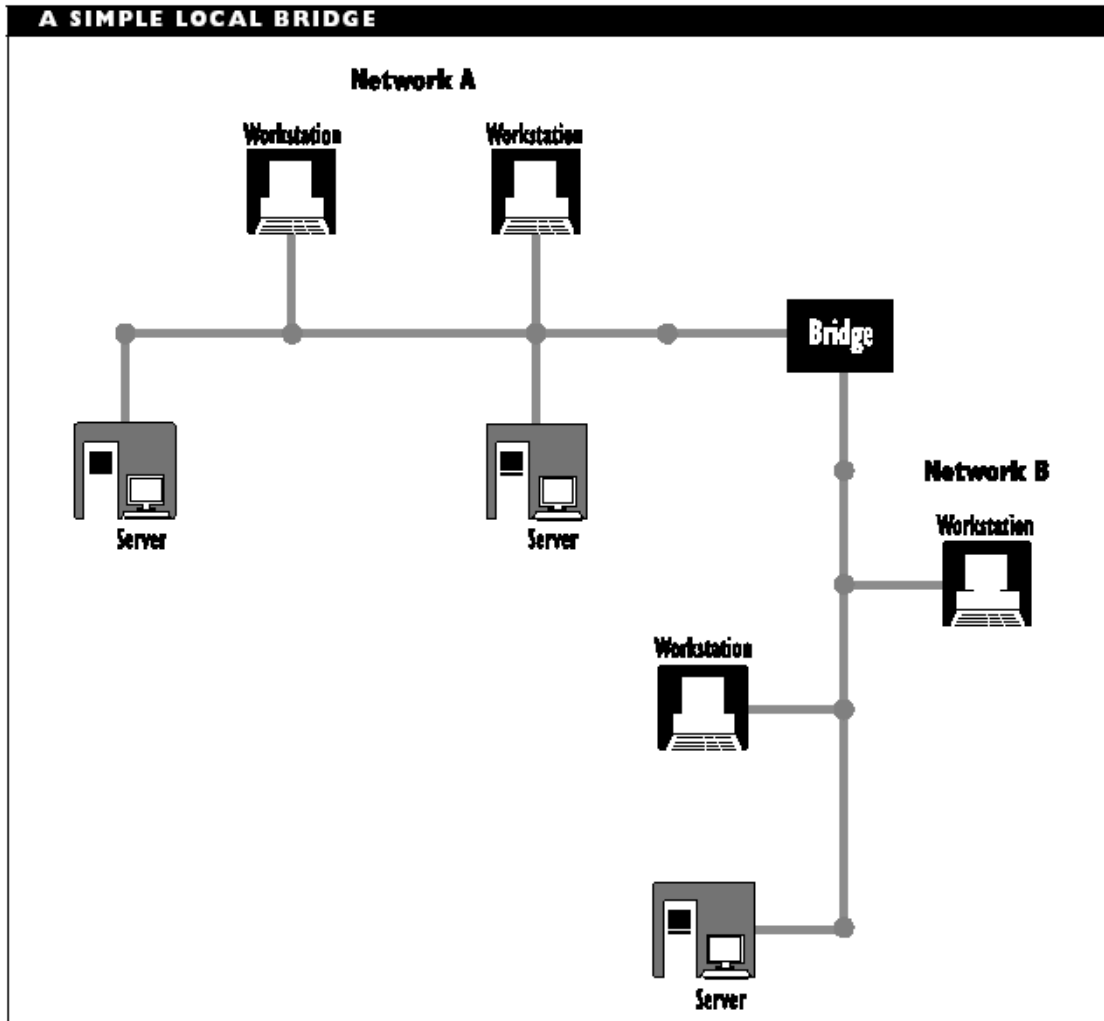
### 3.2.4 Η αποστολή των πακέτων

Επειδή δρα στο επίπεδο data-link, μία bridge απλά ελέγχει την πληροφορία, που αντιπροσωπεύει τη διεύθυνση σε ένα πακέτο, για να διαπιστώσει αν πρέπει να το στείλει ή όχι. Πέραν αυτού του ελέγχου, μία bridge δεν κάνει αλλαγές σε ένα πακέτο.

Μία bridge επιβλέπει κάθε πακέτο που μεταδίδεται σε κάθε ένα από τα δίκτυα στα οποία αυτή συνδέεται. Εάν ένα πακέτο από το δίκτυο Α είναι να αποσταλεί σε έναν τοπικό κόμβο (δηλαδή έναν κόμβο του δικτύου Α), η bridge παραβλέπει το πακέτο, αφού αυτό θα μεταδοθεί εσωτερικά στο δίκτυο. Από την άλλη πλευρά, εάν ένα πακέτο πρέπει να αποσταλεί σε έναν απομακρυσμένο κόμβο (στο δίκτυο Β), η bridge το περνάει στο δίκτυο Β. Μία bridge μειώνει σημαντικά την κίνηση και στα δύο δίκτυα, με το να προστατεύει κάθε δίκτυο από τα τοπικά μηνύματα του άλλου. Αυτή η λειτουργία κάνει κάθε ένα από τα μικρότερα δίκτυα γρηγορότερο, πιο αξιόπιστο, και πιο ασφαλές, ενώ παράλληλα διατηρεί τη διαφανή επικοινωνία με το άλλο δίκτυο (ή δίκτυα).

Όταν υπάρχουν πακέτα δρομολόγησης, μία bridge χρησιμοποιεί μόνο τις διευθύνσεις των κόμβων και δεν εξετάζει τη διεύθυνση του δικτύου. Η διεύθυνση ενός κόμβου είναι μία φυσική διεύθυνση, η οποία σχετίζεται με μία NIC, παρά με ένα συγκεκριμένο δίκτυο.





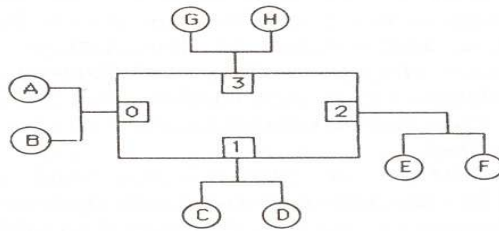
Σχήμα 18. ΜΙΑ ΑΠΛΗ LOCAL BRIDGE

### 3.2.5 Φιλτράρισμα και Προώθηση

Η διαδικασία εξέτασης κάθε πλαισίου είναι γνωστή ως φιλτράρισμα. Το ποσοστό φιλτραρίσματος μιας bridge, συσχετίζεται άμεσα με το επίπεδο απόδοσής του. Δηλαδή, όσο υψηλότερο το ποσοστό φιλτραρίσματος μιας bridge, τόσο χαμηλότερη η πιθανότητα ότι θα γίνει «μποτιλιάρισμα» στα δίκτυα. Μια δεύτερη μέτρηση απόδοσης που συνδέεται με bridges είναι το ποσοστό αποστολής τους. Το ποσοστό αποστολής εκφράζεται σε πλαίσια ανά δευτερόλεπτο και δείχνει τη μέγιστη ικανότητα μιας bridge να μεταδοθεί η κυκλοφορία από ένα δίκτυο σε άλλο.

### 3.2.6 Flooding

Το σχήμα 19 επεξηγεί τη λειτουργία μιας τεσσάρων-port bridge, που θα χρησιμεύσει και σαν ένας μηχανισμός για τη συζήτηση της επίδρασης του flooding. Αντί για 48-bit MAC διευθύνσεις, θα χρησιμοποιήσουμε, για λόγους απλότητας, τις διευθύνσεις Α μέχρι Η, για την αναπαράσταση των διευθύνσεων πηγής κάθε σταθμού στα τέσσερα δίκτυα, που συνδέονται σε μια κοινή bridge.



Address/port table entries.

1. Power-on state		2. Frame from A transmitted to E		3. Frame from G transmitted to A	
Address	Port	Address	Port	Address	Port
-	0	A	0	A	0
-	1	-	1	-	1
-	2	-	2	-	2
-	3	-	3	G	3

Σχήμα 19. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ MULTIPORT BRIDGE

Αρχικά, όταν η bridge τροφοδοτείται, ο πίνακας διεύθυνση/port αυτής, είναι κενός. Αυτή η κατάσταση είναι αναπαρίσταται στην πρώτη καταχώρηση του πίνακα διεύθυνση/port, στο κάτω μέρος του σχήματος 19. Έπειτα, υποθέτουμε ότι η συσκευή με διεύθυνση πηγή A μεταδίδει ένα πλαίσιο στη συσκευή, της οποίας η διεύθυνση είναι E. Αφού η αναζήτηση στον πίνακα διεύθυνση/port δε δίνει κάποια αντιστοιχία για τη διεύθυνση προορισμού, η bridge είτε μεταδίδει είτε κάνει flood το πλαίσιο σε όλα τα ports εκτός από το port από το οποίο παραλήφθηκε. Αυτό σημαίνει ότι το πλαίσιο διαβιβάζεται στα δίκτυα, που συνδέονται με τα ports 1, 2 και 3. Κατά συνέπεια, το πλαίσιο επηρεάζει αρνητικά την απόδοση στα δίκτυων, που είναι συνδεδεμένα στα ports 1 και 3, καθώς εμποδίζει άλλες μεταδόσεις σε αυτά τα δίκτυα για τη διάρκεια του πλαισίου, το οποίο θα απορριφθεί, τελικά, αφού ο παραλήπτης, για τον οποίο προοριζόταν, δε βρίσκεται σε κανένα δίκτυο. Εκτός από το flooding του πλαισίου, η bridge ενημερώνει πίνακα διεύθυνσή/port, καθώς σημειώσε ότι ο σταθμός με τη διεύθυνση πηγή A είναι στο port 0. Αυτή η περίπτωση παρουσιάζεται στη δεύτερη είσοδο του κάτω μέρους του σχήματος 19.

Εν συνεχεία, υποθέτουμε ότι ο τερματικός σταθμός με διεύθυνση G μεταδίδει ένα πλαίσιο στο σταθμό, του οποίου η διεύθυνση είναι A. Η bridge διενεργεί αναζήτηση στον πίνακα διεύθυνσή/port, σημειώνοντας ότι η διεύθυνση A σχετίζεται με port 0. Κατά συνέπεια, η bridge προωθεί το πλαίσιο στο δίκτυο που συνδέεται με το port 0.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι η διαδικασία προώθησης εξαρτάται από τη δυνατότητα μιας bridge να γνωρίζει από την αρχή τις διευθύνσεις των συσκευών του δικτύου. Για αυτόν το λόγο, η διαδικασία αποστολής αναφέρεται μερικές φορές ως προς τα πίσω ή αντίστροφη διαδικασία εκμάθησης.

Επιστρέφοντας στη λειτουργία της bridge, μόλις αυτή σημειώσει ότι η διεύθυνση A είναι στο port 0 και προωθήσει το πλαίσιο, σημειώνει, επίσης, ότι η διεύθυνση G δε βρίσκεται στον πίνακα διεύθυνση/port και ανανεώνει τον πίνακα. Αυτή η ανανέωση παρουσιάζεται στην τρίτη καταχώρηση, στο κάτω μέρος του σχήματος 19.

Εκτός από τη διατήρηση των MAC διευθύνσεων και των ports με τα οποία συνδέονται, μία bridge θέτει ένα time stamp σε κάθε καταχώρηση. Το time stamp αυτό, χρησιμοποιείται για να καθαρίσει τις πεπαλαιωμένες καταχωρήσεις και επιτρέπει στην πεπερασμένη μνήμη της bridge να κρατάει τις πιο πρόσφατα σημειωμένες διευθύνσεις. Αφού πολλοί τερματικοί σταθμοί έχουν σημαντικές περιόδους δικτυακής αδράνειας, είναι αρκετά κοινό για τις καταχωρήσεις να καθαρίζονται από τον πίνακα διεύθυνση/port της bridge. Εντούτοις, μόλις καθαριστεί, το πρώτο πλαίσιο με μια διεύθυνση προορισμού, που δε βρίσκεται πλέον στον πίνακα διεύθυνση/port, θα οδηγήσει τη γέφυρα στο flooding του πλαισίου. Κατά συνέπεια, το flooding μπορεί να θεωρηθεί ως μία διαδικασία, που συνδέεται με τη χρήση των bridges, και το οποίο θα συνεχίσει να εμφανίζεται περιοδικά πολύ με την τροφοδότηση της bridge.

### 3.2.7 Τύποι

Οι bridges μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Ο πίνακας 12 δίνει περιληπτικά τις διάφορες κατηγορίες.

Ομάδες Bridges	
Γνώρισμα	Κατηγορία
Επίπεδο	Επίπεδο LLC και επίπεδο MAC
Λειτουργία	Transparent routing και Source Routing
Τοποθεσία	Internal (κάρτα) και External (αυτόνομη)
Γεφυρωμένη απόσταση	Local και Remote

Πίνακας 12. ΟΜΑΔΕΣ BRIDGES

## 3.3 Hubs

### 3.3.1 Παρουσίαση Συσκευής

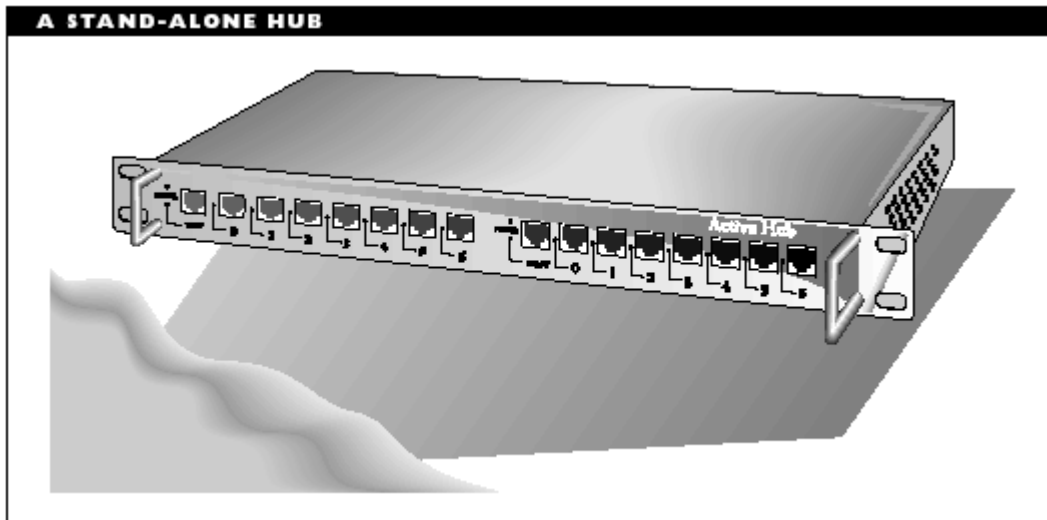
Ένα hub είναι ένα συστατικό, το οποίο χρησιμεύει ως κοινό σημείο τερματισμού για πολλαπλούς κόμβους και το οποίο μπορεί να αναμεταδίδει σήματα κατά μήκος των κατάλληλων μονοπατιών. Γενικά, ένα hub είναι ένα κουτί, με ένα πλήθος από connectors, στο οποίο προσαρτώνται κόμβοι. Τα hubs, συνήθως, εξυπηρετούν τέσσερις ή οχτώ κόμβους, και πολλά έχουν connectors για σύνδεση σε άλλα hubs.

Ένα hub συνδέει, συνήθως, κόμβους οι οποίοι έχουν μία κοινή αρχιτεκτονική, όπως Ethernet, ARCnet, FDDI ή Token Ring. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με έναν concentrator, ο οποίος μπορεί, γενικά, να υποστηρίξει πολλαπλές αρχιτεκτονικές. Παρά το γεγονός ότι το όριο μεταξύ hub και concentrator δεν είναι πάντα σαφές, τα hubs είναι, γενικά, απλούστερα και φθηνότερα από τους concentrators. Τα Token Ring hubs είναι γνωστά και ως MAUs ή MSAUs.

Οι συνδέσεις hub-κόμβου, για ένα συγκεκριμένο δίκτυο, χρησιμοποιούν όλες τον ίδιο τύπο καλωδίου, ο οποίος μπορεί να είναι ομοαξονικός, συνεστραμμένου ζεύγους ή fiber-optic. Παρά τον τύπο της καλωδίωσης που χρησιμοποιείται για αυτές τις συνδέσεις, είναι συχνά προτιμότερο να χρησιμοποιείται fiber-optic καλώδιο γι' αυτές.

Τα hubs μπορεί να βρίσκονται σε ένα wiring closet, και μπορεί να είναι συνδεδεμένα σε ένα υψηλότερου επιπέδου wiring center, γνωστό και ως IDF ή MDF.

Λόγω του κεντρικού του ρόλου, θα πρέπει να συνδέεται ένα hub σε ένα UPS.



Σχήμα 20. ΣΥΣΚΕΥΗ HUB

### 3.3.2 Η λειτουργία του Hub

Όλα τα hubs παρέχουν συνδεσιμότητα. Προωθούν σήματα τα οποία περνούν διαμέσω τους. Το πιο απλό hub μεταδίδει τα εισερχόμενα σήματα σε όλους τους συνδεδεμένους κόμβους. Τα πιο «έξυπνα» hubs μπορούν να μεταδώσουν επιλεκτικά σήματα. Οποιασδήποτε άλλες υπηρεσίες παρέχει ένα hub, εξαρτώνται από την κατασκευή του hub.

Υπάρχουν περιορισμοί για τις αποστάσεις, οι οποίες μπορούν να χωρίζουν ένα hub από έναν κόμβο ή από ένα άλλο hub. Αυτοί οι περιορισμοί εξαρτώνται από τον τύπο του hub (active ή passive) και στην αρχιτεκτονική του δικτύου. Γενικά, οι επιτρεπτές αποστάσεις hub-κόμβου είναι μικρότερες από τις αποστάσεις hub-hub.

### 3.3.3 Τύποι

Υπάρχουν πολυάριθμοι τύποι hubs για τις διάφορες εξειδικευμένες χρήσεις. Αυτοί περιλαμβάνουν τους ακόλουθους:

#### **Minihubs**

Συνήθως, έχουν μόνο τέσσερα έως οκτώ ports και χρησιμοποιούνται για γρήγορες ή προσωρινές επεκτάσεις LAN. Τα minihubs μπορούν να είναι τόσο μικρά όσο ένα πακέτο τσιγάρων .

## Stackable hubs

Αυτά τα hubs ακολουθούν modular σχεδιασμό και τοποθετούνται σε σχάρες και ντουλάπια στο δωμάτιο καλωδίωσης. Τα stackable hubs μπορούν να συνδεθούν μαζί, χρησιμοποιώντας ειδική γραμμή ή DB-50 καλώδια. Είναι διαθέσιμα σε διαμορφώσεις των 8, 16, και 24 ports και μπορούν να συσσωρευτούν, ώστε να διαμορφώσουν, αποτελεσματικά, έναν ενιαίο hub με 48, 72, 144, ή περισσότερα ports. Τα stackable hubs καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο και είναι ευκολότερα στη διαχείρισή τους, από ότι τα συνηθισμένα workgroup hubs. Τα περισσότερα stackable hubs έχουν επίσης έναν διακόπτη uplink, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετατρέψει ένα από τα ports σε ένα, επιπλέον, uplink port, επιτρέποντας, έτσι, την άμεση σύνδεση ενός άλλου hub στο port. Το «αντίθετο» ενός stackable hub είναι ένα απλό stand-alone hub.

## Workgroup hubs

Αυτές είναι οι βασικές δομικές μονάδες για τη δημιουργία των workgroup LANs. Τα workgroup hubs έχουν, τυπικά, 8 ή 16 ports, και ένα BNC ή AUI port, για να παρέχουν περισσότερες επιλογές σύνδεσης στα 10Base2 ή 10Base5 δίκτυα. Γενικά, ένα hub καλείται workgroup hub εάν υποστηρίζει μέχρι 50 σταθμούς, departmental hub εάν υποστηρίζει μέχρι 250 σταθμούς, και enterprise hub εάν υποστηρίζει περισσότερους από 250 σταθμούς. Τα stackable hubs μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν, έτσι ώστε να παρέχουν αυτές τις ποικίλες δυνατότητες.

## Intelligent hubs

Ένα intelligent hub είναι ένα hub με ειδικές δυνατότητες ρύθμισης και/ή διαχείρισης. Για παράδειγμα, ένα intelligent hub μπορεί να είναι ικανό να διαχωρίσει τους κόμβους, προκειμένου να απομονώσει έναν ελαττωματικό κόμβο. Παρόμοια, ένα intelligent hub (όπως σε ένα 10BaseT δίκτυο) μπορεί να παρακολουθεί τη δικτυακή δραστηριότητα και να αναφέρει τα δεδομένα σε ένα πρόγραμμα διαχείρισης κάπου στο δίκτυο. Μερικά intelligent hubs μπορούν να ελεγχθούν από remote τοποθεσία.

Η διαχωριστή γραμμή μεταξύ intelligent hubs και concentrators δεν είναι πάντα φανερή. Σε αυτή την «γκρίζα» ζώνη, οι πωλητές μπορεί να αναφέρονται στο προϊόν τους είτε hub είτε ως concentrator, προφανώς χρησιμοποιώντας τον όρο, που περιμένουν να αυξήσει το ενδιαφέρον και τις πωλήσεις.

## Dual-speed hubs

Αυτά έχουν ports αυτόματης αντίληψης, τα οποία υποστηρίζουν συνδυασμούς από συνδέσεις Fast Ethernet στα 100 Mbps (megabit-per-second) και παραδοσιακές Ethernet στα 10 Mbps. Κάθε port ανιχνεύει την ταχύτητα του συνδεδεμένου σταθμού και αυτό-ρυθμίζεται, ώστε να λειτουργεί στην κατάλληλη ταχύτητα.

Τα προηγμένα dual-speed hubs περιέχουν, συχνά, εσωτερικά Ethernet switch στοιχεία κυκλώματος τα οποία χωρίζουν τις συνδέσεις των 10 και 100 Mbps σε ξεχωριστούς τομείς σύγκρουσης και προωθούν δεδομένα μεταξύ των τομέων, για να βελτιωθεί η γενική απόδοση. Αυτά τα προηγμένα hubs καλούνται, μερικές φορές, master hubs, και μόνο ένα από αυτά χρειάζεται σε ένα μεικτό 10/100 Mbps LAN.

Τα dual-speed hubs είναι, τυπικά,, stackable hubs με 8 ή 16 ports, τα οποία μπορούν να συσσωρευτούν για να υποστηρίξουν ένα σύνολο 32 or 48 ports. Είναι χρήσιμα σε περιπτώσεις, όπου υπάρχει βαθμιαία μετάβαση από 10BaseT σε 100BaseT.

### **Fast Ethernet hubs**

Αυτά τα hubs έχουν ports των 100 Mbps, και μόνο για τη δημιουργία 100BaseT LANs. Είναι, συνήθως, stackable hubs με προηγμένες SNMP λειτουργίες διαχείρισης, και, επίσης, μπορεί να έχουν ενσωματωμένες Ethernet switching λειτουργίες. Συχνά, μπορούν να αναμιχθούν με 100BaseTX και 100BaseT4 hubs σε μια στοίβα, η οποία υποστηρίζει μέχρι 144 σταθμούς, συμπεριλαμβανόμενων των fiber-optic ports, για τη σύνδεση σε fiber-optic backbone υψηλής ταχύτητας.

### **Modular hubs**

Καλούνται, επίσης, και enterprise hubs, και είναι ακριβά hubs, τα οποία αποτελούνται από ένα πλαίσιο, στο οποίο μπορούν να τοποθετηθούν κάρτες ή modules, για τη δημιουργία συνηθισμένων δικτύων με hub. Τα υποστηριζόμενα modules περιλαμβάνουν τις LAN κάρτες για 10 και 100BaseT Ethernet, για Token Ring, και για FDDI και τα WAN modules, τα οποία περιλαμβάνουν κάρτες για αναμετάδοση πλαισίων, για το ISDN, για το X.25, και για το ATM. Τα enterprise hubs είναι έξυπνα managed hubs, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία σύνθετων τύπων δικτύων.

### **Multi-Architecture Hubs**

Μία συσκευή, η οποία είναι ικανή να υποστηρίζει πολλαπλές αρχιτεκτονικές δικτύου (για παράδειγμα, Ethernet και FDDI, ή Ethernet και Token Ring), αποκαλείται μερικές φορές multi-architecture hub, αλλά είναι περισσότερο πιθανό να αναφέρεται ως concentrator. Αυτή η ελαστικότητα επιτυγχάνεται μέσω διαφορετικών δικτυακών interface καρτών για την κάθε υποστηριζόμενη αρχιτεκτονική.

### **Peer και Stand-Alone Hubs**

Ένα peer hub είναι εγκαταστημένο σε μία κάρτα και τοποθετείται σε ένα expansion slot του υπολογιστή. Ένα τέτοιο hub μπορεί να χρησιμοποιήσει την τροφοδοσία του υπολογιστή (η τάση τροφοδοσίας του υπολογιστή πρέπει να είναι επαρκής, αλλά δεν είναι εγγυημένα έτσι).

Ένα stand-alone hub είναι ένα εξωτερικό hub, το οποίο απαιτεί τη δική του τροφοδοσία. Αυτός ο τύπος hub είναι, γενικά, ένα κουτί με connectors για τους κόμβους οι οποίοι θα προσαρτηθούν, και πιθανώς με ειδικούς connectors για τη σύνδεση δύο hubs.

## Active και Passive Hubs

Στα δίκτυα ARCnet, ένα active hub, εκτός από το να εξυπηρετεί ως ένα κέντρο καλωδίωσης και αναμετάδοσης σήματος, καθαρίζει (ρυθμίζει το συγχρονισμό του) και ενισχύει ένα σήμα. Για να πραγματοποιήσει ένα active hub αυτές τις λειτουργίες, χρειάζεται τη δική του τροφοδότηση.

Αντίθετα, ένα passive hub, που χρησιμοποιείται για ARCnet δίκτυα χαμηλής εμπέδησης, εξυπηρετεί, μόνο, ως κέντρο καλωδίωσης και αναμετάδοσης. Το σήμα κατευθύνεται κατάλληλα, καθώς περνάει μέσα από αυτό, αλλά δεν καθαρίζεται κατά οποιονδήποτε τρόπο. Επειδή τα passive hubs δεν αλλάζουν το σήμα, δε χρειάζονται τροφοδότηση.

Τα active hubs μπορούν να συνδεθούν σε κόμβους (servers ή workstations), σε άλλα active hubs, ή passive hubs. Τα active hubs μπορούν να έχουν μεταξύ τους απόσταση μέχρι και 610 μέτρα (2000 πόδια) όταν χρησιμοποιείται ομοαξονικό καλώδιο και μέχρι 1,6 χιλιόμετρα (1 μίλι) με fiber-optic καλώδιο.

Ένα passive hub μπορεί να συνδεθεί σε έναν κόμβο ή σε ένα active hub, αλλά όχι σε ένα passive hub. Τα passive hubs υποστηρίζουν, γενικά, αποστάσεις μόνο κάπου στα 30 μέτρα (100 πόδια).

### 3.3.4 Χαρακτηριστικά

Εκτός από τη συνδεσιμότητα, μερικά hubs παρέχουν, επίσης, δυνατότητες διαχείρισης. Μερικά hubs περιλαμβάνουν έναν on-board επεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να παρακολουθεί τη δραστηριότητα στο δίκτυο και να αποθηκεύει αυτά τα δεδομένα σε μία MIB. Ένα πρόγραμμα διαχείρισης δικτύου, το οποίο τρέχει στο hub ή σε ένα server, μπορεί να χρησιμοποιήσει δεδομένα για να βελτιώσουν τις ρυθμίσεις σε ένα δίκτυο, προκειμένου να βελτιώσουν την απόδοσή τους.

Σχεδόν όλα τα hubs έχουν LEDs, για να δείχνουν την κατάσταση κάθε θύρας (κόμβου). Πολλά hubs μπορούν, επίσης, να κάνουν partitioning, για να απομονώσουν έναν κόμβο που δε λειτουργεί.

Άλλες ικανότητες μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα hub ή μπορούν να παρασχεθούν μέσω λογισμικού. Για παράδειγμα, τα hubs μπορούν να παρέχονται με non-volatile μνήμη, η οποία μπορεί να αποθηκεύει καταστάσεις ή τιμές ρυθμίσεων σε περίπτωση πτώσης της τάσης τροφοδοσίας.

Τα hubs μπορούν επίσης να κατασκευαστούν ή να «επεκταθούν» με ικανότητες ασφάλειας. Για παράδειγμα, με τη βοήθεια λογισμικού, μερικά high-end hubs μπορούν να στέλνουν πακέτα δεδομένων σε έναν κόμβο προορισμού και να πακέτα με «σκουπίδια» στους υπόλοιπους κόμβους. Αυτή η διαδικασία καθιστά για έναν κόμβο να διαβάσει πακέτα που δεν προορίζονται γι' αυτόν.

Ποικίλοι τύποι hubs ειδικού σκοπού έχουν αναπτυχθεί για να ενσωματώνουν υποσύνολα των προηγούμενων γνωρισμάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι συσκευές μπορεί να θεωρηθούν hubs ή concentrators.

### 3.3.5 Προοπτική

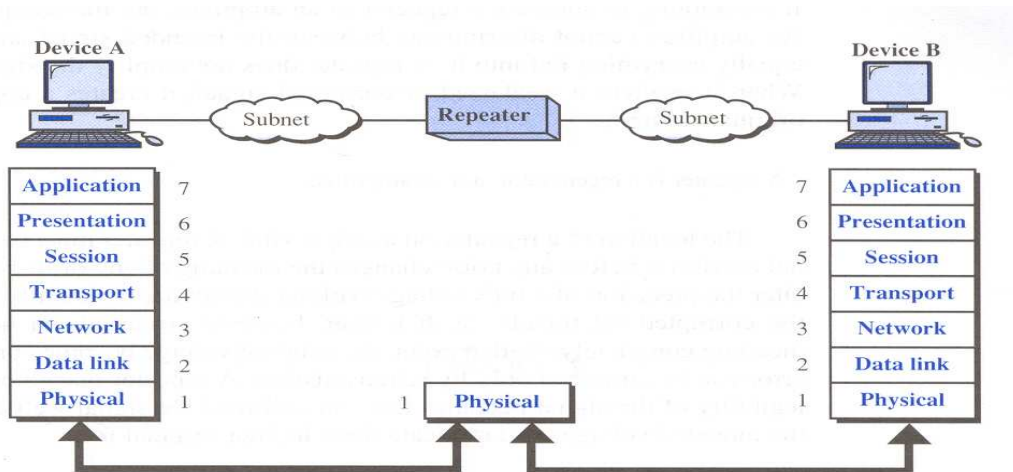
Τα hubs έχουν, πλέον, αντικατασταθεί, κατά μεγάλο ποσοστό, από τα switches, στα Ethernet δίκτυα των επιχειρήσεων. Παρόλο, που ένα shared hub λαμβάνει πλαίσια και τα προωθεί, «τυφλά», σε όλους τους υπόλοιπους συνδεδεμένους σταθμούς, ένα Ethernet switch δημιουργεί ένα προσωρινό, εσωτερικό μονοπάτι, ώστε να μεταδώσει το πλαίσιο κατευθείαν στο port, που ανήκει στο σταθμό προορισμού.

Τα shared hubs ήταν, ακόμα, δημοφιλή στα μέσα του 1990, όταν η τιμή ανά port για τα switches ήταν υψηλή, αλλά, τώρα πλέον, με τις τιμές των switches να είναι συγκρίσιμες με αυτές των hubs, όλες οι νέες επιχειρήσεις χρησιμοποιούν switches αντί για hubs. Ίσως, οι μόνες περιπτώσεις, στις οποίες τα hubs είναι πιο λογικό να χρησιμοποιηθούν, είναι αυτές των μικρών workgroups και των οικιακών δικτύων. Στις περισσότερες των υπολοίπων των περιπτώσεων, η χρήση των shared hubs σημαίνει μία άσχημη επένδυση.

### 3.4 Repeaters

#### 3.4.1 Παρουσίαση Συσκευής

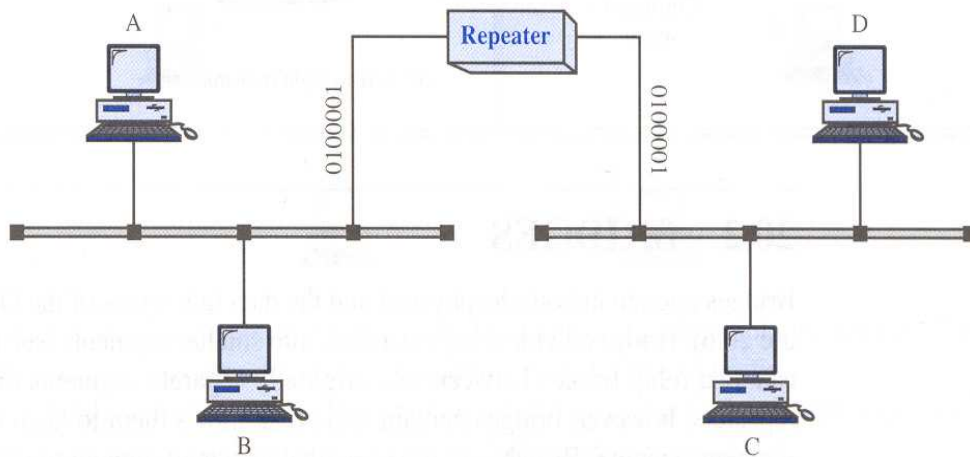
Ο repeater είναι μία ηλεκτρονική συσκευή, η οποία λειτουργεί, μόνο, στο φυσικό επίπεδο του μοντέλου OSI. Τα σήματα, τα οποία μεταφέρουν πληροφορία μέσα σε ένα δίκτυο, μπορούν να ταξιδεύσουν μια σταθερή απόσταση πριν η αποδυνάμωση τους, λόγω της τριβής, ή η παρεμβολή με το θόρυβο, θέσει σε κίνδυνο την ακεραιότητα των δεδομένων. Ένας repeater, που είναι εγκατεστημένος σε μία σύνδεση, λαμβάνει το σήμα, πριν αυτό γίνει πολύ αδύνατο ή αλλοιωθεί, αναπαράγει το αρχικό bit pattern, και τοποθετεί το ανανεωμένο αντίγραφο πάλι στη σύνδεση. Σαν αποτέλεσμα, το σήμα, χωρίς την αλλοίωση, μεταδίδεται, για δεύτερη φορά από μια θέση, που είναι πιο κοντά στον προορισμό.



Σχήμα 21. Ο REPEATER ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ OSI

Ο repeater επιτρέπει την «πέκταση», μόνο του φυσικό μήκους ενός δικτύου. Δεν αλλάζει, κατά κανένα τρόπο, τη λειτουργικότητα του δικτύου. Τα δύο τμήματα, που συνδέονται με τον repeater, είναι, στην πραγματικότητα, ένα, και μόνο, δίκτυο. Αν ο σταθμός A στείλει ένα πλαίσιο στο σταθμό B, όλοι οι σταθμοί (συμπεριλαμβανομένου των C και D) θα λάβουν το πλαίσιο, ακριβώς όπως θα γινόταν και χωρίς τον repeater. Ο repeater δεν έχει τη «νοημοσύνη», να αποτρέψει τη διέλευση του πλαισίου από το δεξιό τμήμα όταν αυτό προορίζεται για ένα σταθμό στο αριστερό. Η διαφορά είναι ότι, με τον repeater οι σταθμοί C και D λαμβάνουν ένα αληθινό αντίγραφο του πλαισίου, από ότι θα γινόταν αλλιώς.

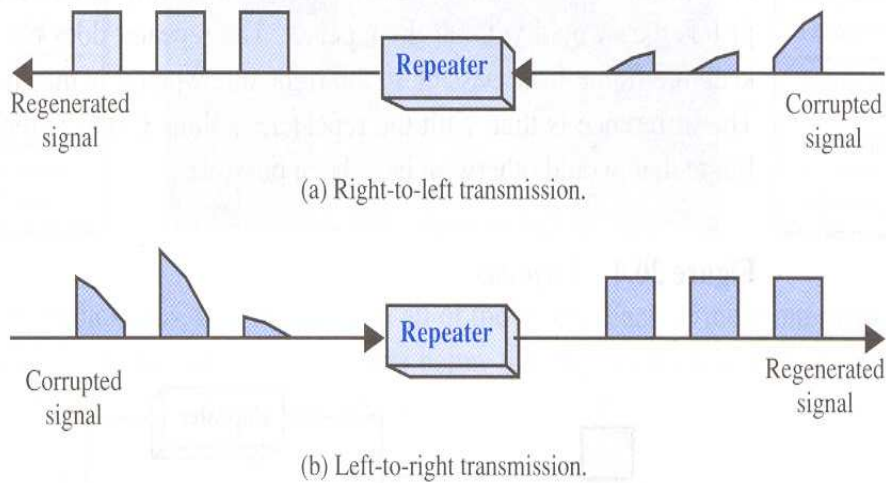




Σχήμα 22. REPEATER

Στο σημείο αυτό, πρέπει να ειπωθεί, ότι η σύγκριση ενός repeater με έναν ενισχυτή είναι ανακριβής. Ένας ενισχυτής δεν μπορεί να κάνει διάκριση μεταξύ του αρχικού σήματος και του θορύβου· ενισχύει εξίσου όλα περνούν από αυτόν. Ένας repeater δεν ενισχύει το σήμα· το αναδημιουργεί. Όταν λάβει ένα αποδυναμωμένο ή αλλοιωμένο σήμα, δημιουργεί ένα bit προς bit αντίγραφο, με την αρχική ισχύ.

Η θέση ενός repeater σε μια σύνδεση είναι ουσιώδης. Ένας repeater πρέπει να τοποθετηθεί, έτσι ώστε ένα σήμα να φτάνει σε αυτόν, πριν ο οποιοσδήποτε θόρυβος αλλάξει την σημασία του κάθε bits. Ένας μικρός θόρυβος μπορεί να αλλάξει την ακρίβεια της αντιστοίχισης ενός bit σε τάση, χωρίς να καταστρέφει τη σημασία του. Αν το αλλοιωμένο bit ταξιδεύει πολύ μακρύτερα, ο συσσωρευμένος θόρυβος μπορεί να αλλάξει, εντελώς, την σημασία του. Σε αυτό το σημείο, η αρχική αντιστοίχιση σε τάση του bit, δε γίνεται να ανακτηθεί, και το λάθος μπορεί να διορθωθεί μόνο με αναμετάδοση. Ένας repeater, που τοποθετείται στη γραμμή πριν χαθεί η αναγνωρισιμότητα του σήματος, μπορεί ακόμα να «διαβάσει» το σήμα, αρκετά καλά, ώστε να καθορίσει τις αρχικές αντιστοιχίες των bits σε τάση και να τις αποκαταστήσει στην αρχική τους μορφή.



Σχήμα 23. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ REPEATER

### 3.4.2 Τύποι

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι repeaters. Ένας ηλεκτρικός repeater λαμβάνει, απλά, ένα ηλεκτρικό σήμα και στη συνέχεια το αναδημιουργεί. Κατά την διάρκεια της αναδημιουργίας του σήματος, διαμορφώνεται ένα νέο σήμα, το οποίο ταιριάζει με τα αρχικά χαρακτηριστικά του ληφθέντος. Κατά τη μετάδοση ενός νέου σήματος, ο repeater αφαιρεί οποιεσδήποτε, προηγούμενες παραμορφώσεις και εξασθενίσεις, διευκολύνοντας, έτσι, μία επέκταση της επιτρεπόμενης απόστασης μετάδοσης. Αν και αρκετά τμήματα δικτύων μπορούν να διασυνδεθούν με τη χρήση των repeaters, για να επεκτείνουν την κάλυψη ενός δικτύου, υπάρχουν περιορισμοί, οι οποίοι αφορούν το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος ενός LAN. Για παράδειγμα, ένα ομοαξονικό bus-based Ethernet των 50 ohm υποστηρίζει μια μέγιστη απόσταση καλωδίωσης των 2.8 km, η οποία απόσταση δεν μπορεί να επεκταθεί μέσω της χρήσης των repeaters.

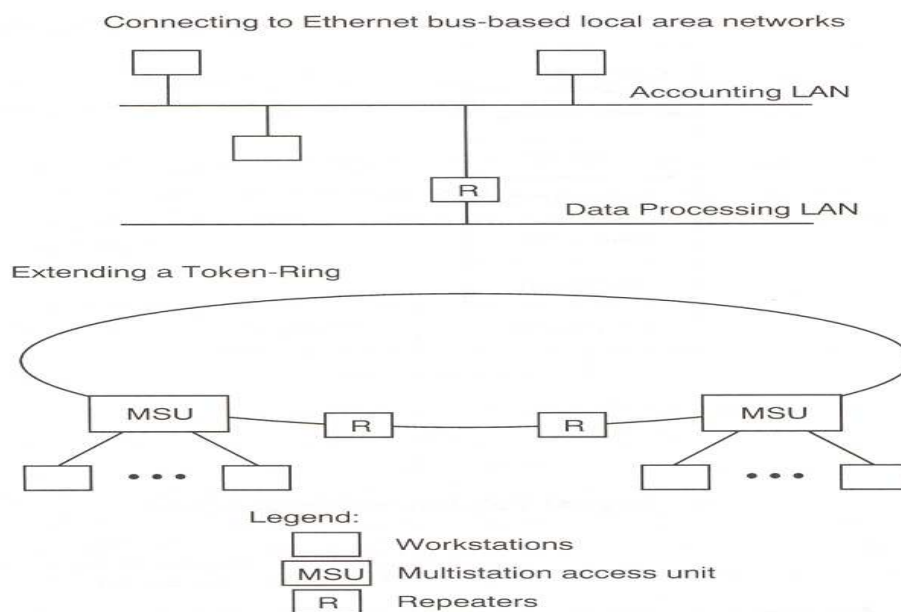
Ο δεύτερος τύπος repeater χρησιμοποιείται, συνήθως, ως μια ηλεκτρική-οπτική συσκευή. Αυτός ο τύπος repeater μετατρέπει ένα ηλεκτρικό σήμα σε ένα οπτικό σήμα μετάδοσης και εκτελεί μια αντίστροφη λειτουργία κατά τη λήψη ενός σήματος φωτός. Όμοια με έναν ηλεκτρικό repeater, ο ηλεκτρικός-οπτικός repeater επεκτείνει την απόσταση, μέσα σε local area network, κατά την οποία μπορεί να μεταφερθεί ένα σήμα.

Ένας repeater είναι περιορισμένος στο να λειτουργεί στο φυσικό επίπεδο του μοντέλου OSI. Το χαρακτηριστικό αυτό περιορίζει τη χρήση ενός repeater στη σύνδεση όμοιων δικτύων ή τμημάτων δικτύων. Για παράδειγμα, οι repeaters θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την σύνδεση δύο Ethernet ή δύο Token-Ring τμημάτων δικτύων, αλλά όχι ενός Ethernet και ενός Token Ring δικτύου.

### 3.4.3 Χρήση

Το σχήμα 24 παρουσιάζει δύο παραδείγματα χρήσης των repeaters. Στο πρώτο, παρουσιάζεται η χρήση ενός repeater για τη σύνδεση Ethernet bus-based LANs, το ένα, από αυτά, εξυπηρετεί το accounting τμήμα, ενώ το άλλο δίκτυο εξυπηρετεί το τμήμα επεξεργασίας δεδομένων. Σε αυτή την περίπτωση, όλα τα μηνύματα από το ένα LAN διαβιβάζονται στο άλλο, ανεξάρτητα από τον κανονικό τους παραλήπτη. Η χρήση των repeaters με αυτόν τον τρόπο αυξάνει την κυκλοφορία σε κάθε LAN. Αν χρησιμοποιηθούν χωρίς γνώση των επιπέδων ροής της κυκλοφορίας και της χρησιμοποίησης σε κάθε δίκτυο, μπορεί να προκύψουν προβλήματα απόδοσης στα διαφορετικά δίκτυα που διασυνδέονται με repeaters.

Στο σχήμα 24, επιδεικνύεται η χρήση ενός ζευγαριού από repeaters, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να σχηματίσουν ένα Token-Ring δίκτυο. Για παράδειγμα, οι repeaters επιτρέπουν, απλά, την τοποθέτηση των MAUs σε ευρύτερες, μεταξύ τους, αποστάσεις και αναδημιουργούν την κυκλοφορία, που ρέει μόνο σε ένα δίκτυο. Η χρήση των repeaters κατ' αυτόν τον τρόπο, δεν προσθέτει κάτι στη ροή δεδομένων στο δίκτυο και απαιτεί κάποιο προσχεδίασμα.

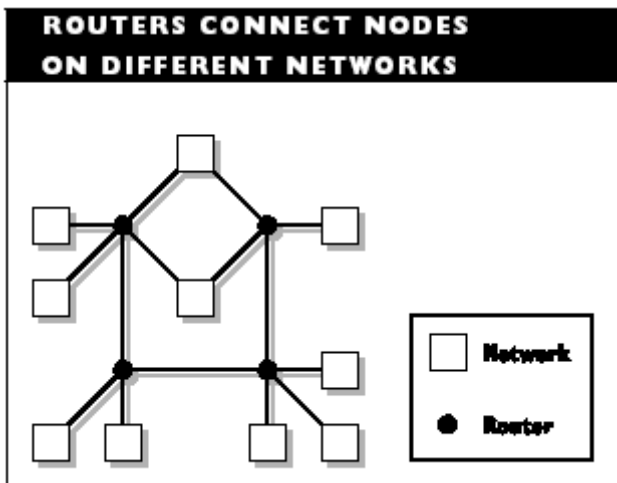


Σχήμα 24. ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ REPEATERS

## 3.5 Routers

### 3.5.1 Παρουσίαση Συσκευής

Η λειτουργία ενός router είναι η παροχή ενός μονοπατιού από έναν κόμβο κάποιου δικτύου σε κάποιον άλλον ενός δεύτερου δικτύου. Τα δύο δίκτυα μπορεί να χωρίζονται από αρκετά ενδιάμεσα δίκτυα και, πιθανώς, από πολλά μίλια. Το σχήμα 25 δείχνει ένα παράδειγμα δικτύου με routers. Ο router παρέχει το μονοπάτι, πρώτα, με το να αποφασίζει μία διαδρομή και εν συνεχεία με το να παρέχει την αρχική σύνδεση για το μονοπάτι.



Σχήμα 25. ROUTERS ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΥΝ ΚΟΜΒΟΥΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Πρακτικά, η δρομολόγηση παρέχεται από μία συσκευή, η οποία δρα στο network επίπεδο. Ο router μπορεί να είναι μία internal ή μία stand-alone μονάδα, η οποία έχει τη δική της τροφοδοσία. Ένας internal router κατασκευάζεται πάνω σε μία κάρτα, η οποία συνδέεται σε ένα expansion slot του υπολογιστή. Αυτός ο router χρησιμοποιεί την τροφοδοσία του υπολογιστή (η οποία θα πρέπει να είναι επαρκής, αλλά αυτό δεν είναι εγγυημένο).

Ο router μπορεί να βρει ένα μονοπάτι, για ένα πακέτο, από αυτόν μέχρι τον προορισμό, και μπορεί να προωθήσει το πακέτο αυτό κατά μήκος αυτού του μονοπατιού. Επειδή δρα στο network επίπεδο, ένας router εξαρτάται από το πρωτόκολλο, που χρησιμοποιείται, γιατί το πρωτόκολλο αποφασίζει τη μορφή της διεύθυνσης στα πακέτα. Γι' αυτό, ένας IP router δε θα ήταν δυνατόν να διαχειριστεί πακέτα με διευθύνσεις σε μορφή ISO. Ένας router μπορεί να λειτουργήσει με διάφορα πρωτόκολλα data-link επιπέδου, αλλά οι παλιότεροι μπορούν να διαχειριστούν μόνο ένα δικτυακό πρωτόκολλο. Οι νεότεροι, multiprotocol routers, μπορούν να διαχειριστούν αρκετά πρωτόκολλα ταυτοχρόνως.

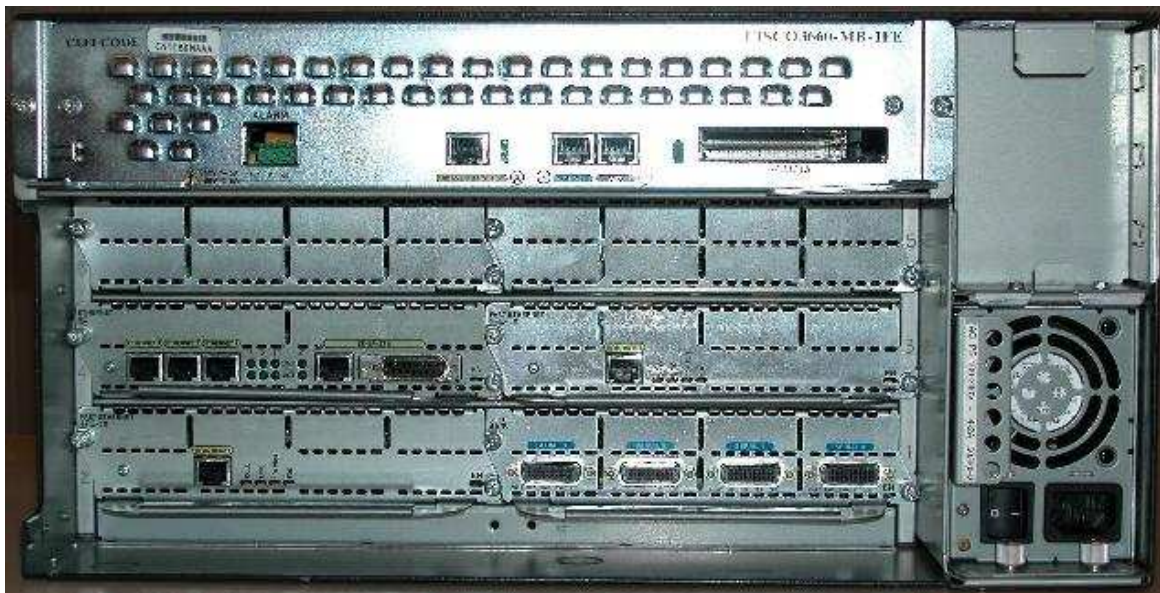
Σαν αποτέλεσμα, ένας router μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φίλτρο πακέτων βασισμένο στα δικτυακά πρωτόκολλα (καθώς και στις διευθύνσεις). Επειδή είναι ανεξάρτητος από πρωτόκολλα data-link επιπέδου, ένας router μπορεί να συνδέει δίκτυα, τα οποία χρησιμοποιούν διαφορετικές αρχιτεκτονικές (για παράδειγμα, Ethernet σε Token Ring ή Ethernet σε FDDI).

### 3.5.2 Η λειτουργία ενός router

Ένας router λαμβάνει ένα πακέτο από έναν κόμβο ή από έναν άλλο router και το προωθεί σε έναν προορισμό, που καθορίζεται από ένα ενσωματωμένο (network επιπέδου) πακέτο, το οποίο είναι γνωστό ως ένα NPDU. Για να αποφασίσει τον απώτατο προορισμό, ο router πρέπει να αφαιρέσει το data-link frame και να αποφασίσει τη δικτυακή διεύθυνση του προορισμού με το κοιτάζει στο NPDU.

Ύστερα, ο router πρέπει να αποφασίσει το μονοπάτι προς αυτόν τον προορισμό, να τοποθετήσει το NPDU σε ένα πακέτο data-link επιπέδου, και να το στείλει στον επόμενο router ή κατευθείαν στον προορισμό (εάν είναι δυνατό και σωστό). Αυτός ο προορισμός καθορίζεται στον data-link επιπέδου «φάκελο». Αυτός ο «φάκελος» μπορεί να είναι για μία διαφορετική αρχιτεκτονική, από αυτήν που έστειλε το πακέτο στο router. Σε αυτήν την περίπτωση, ο router πρέπει να χρησιμοποιήσει ένα «φάκελο» data-link επιπέδου, ο οποίος να διαφέρει από αυτόν που μετέφερε το μήνυμα.

Εάν ο επόμενος προορισμός του πακέτου χρησιμοποιεί ένα μικρότερο μέγεθος πακέτου από αυτό που λήφθηκε από τον router, ο router πρέπει να «σπάσει» το πακέτο σε κατάλληλου μεγέθους «υπο-πακέτα» και να στείλει να πολλαπλά μικρότερα πακέτα στον επόμενο προορισμό. Στο κομμάτι της παραλαβής, τα μικρότερα πακέτα μπορεί να χρειαστεί να ανασυντεθούν στο μεγαλύτερο πακέτο.



Σχήμα 26. ROUTER CISCO3662

### 3.5.3 Η Μετάφραση των Δικτυακών Διευθύνσεων

Μία δικτυακή διεύθυνση διαφέρει από τις φυσικές διευθύνσεις, που χρησιμοποιούνται από μία bridge, γιατί μία δικτυακή διεύθυνση είναι μία λογική διεύθυνση, η οποία εντοπίζει ένα κόμβο ως ένα μέρος κάποιου (υπό-)δικτύου και ένα μεμονωμένο κόμβο σε αυτό το δίκτυο.

Αυτό το δίκτυο μπορεί, από την άλλη πλευρά, να είναι μέρος μίας μεγαλύτερης συλλογής δικτύων. Στην πραγματικότητα, εάν η έκταση της συνολικής συλλογής είναι αρκετά μεγάλη, μπορεί να υπάρχει μία ολόκληρη ιεραρχία από δίκτυα, κάθε ένα από τα οποία οργανώνεται σε διαφορετικά επίπεδα.

Για παράδειγμα, το Internet αποτελείται από ένα backbone δίκτυο, του οποίου οι κόμβοι οδηγούν σε ενδιάμεσου επιπέδου δίκτυα. Αυτά μπορεί, από την άλλη πλευρά, να τροφοδοτούν ακόμα περισσότερα δίκτυα, και τα λοιπά, μέχρι τον κόμβο προορισμού.

Μία δικτυακή διεύθυνση μπορεί να μεταφραστεί ως μία ιεραρχική περιγραφή μίας θέσης ενός κόμβου. Για παράδειγμα, ένας κόμβος μπορεί να είναι ο δωδέκατος σε ένα δίκτυο στο δέκατο όροφο ενός κτιρίου. Το κτίριο μπορεί να έχει 15 ορόφους, κάθε ένας από τους οποίους να έχει το δικό του δίκτυο. Το κτίριο μπορεί να είναι ένα από τα 30 σε μία και μόνο πόλη, κάθε ένα από τα οποία μπορεί έχει την ίδια δικτυακή ιεραρχία. Το δίκτυο των 30 κτιρίων της πόλης μπορεί να είναι μόνο ένα σε μία δωδεκάδα πόλεις, κάθε μία εκ των οποίων μπορεί να έχει τις ίδιες δικτυακές δομές. Όλη η συλλογή των δικτύων μπορεί να θεωρηθεί ως αποτελούμενη από 12 υποδίκτυα πόλεων, κάθε ένα από τα οποία αποτελείται από υποδίκτυα κτιρίων, τα οποία δημιουργούνται από υποδίκτυα ορόφων, που αποτελούνται από κόμβους.

### 3.5.4 Επίπεδα Δρομολόγησης

Μπορούν να οριστούν αρκετά επίπεδα routers. Για παράδειγμα, μία συγκεκριμένη πόλη μπορεί να έχει routers επιπέδου «κτιρίου». Κάθε router γνωρίζει πώς να βρει ένα μονοπάτι από ένα κόμβο στο δίκτυό του σε έναν άλλο κόμβο σε κάποιο άλλο κτίριο. Βασικά, ο router έχει τη δουλειά να στείλει ένα πακέτο στο router του κτιρίου προορισμός.

Όταν ένας router επιπέδου «κτιρίου» λάβει ένα πακέτο, το ελέγχει για να διαπιστώσει αν προορίζεται για αυτό το κτίριο. Εάν είναι έτσι, ο router, προωθεί το πακέτο στον όροφο, για τον οποίο προορίζεται. Εάν όχι, ο router αποφασίζει ένα μονοπάτι προς το κτίριο προορισμού. (Προσέξτε ότι τους routers επιπέδου «κτιρίου» δεν τους απασχολεί το κομμάτι της διεύθυνσης που αναφέρεται στην πόλη).

Το συνολικό δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει routers επιπέδου «πόλης», των οποίων είναι να στέλνουν τα πακέτα στην πόλη προορισμό. Οι routers επιπέδου «πόλης» δεν ασχολούνται με τις λεπτομέρειες της δρομολόγησης ενός πακέτου σε συγκεκριμένα κτίρια σε μία πόλη.

Σε αυτό το παράδειγμα, οι routers του πρώτου επιπέδου (επίπεδο «κτιρίου») επικοινωνούν με τους άλλους routers του ίδιου επιπέδου, που ανήκουν στο δικό τους υποδίκτυο (πόλη). Παρόμοια, οι routers του δεύτερου επιπέδου (επίπεδο «πόλης») επικοινωνούν μεταξύ τους. Επιπλέον, κάθε router δεύτερου επιπέδου επικοινωνούν με τους routers του πρώτου επιπέδου που ανήκουν στο υποδίκτυο τους, και κάθε router πρώτου επιπέδου επικοινωνεί με το router δεύτερου επιπέδου που είναι στην πόλη του.

Η οργάνωση ενός δικτυακού «σύμπαντος» σε επίπεδα, απλοποιεί τη διαδικασία της δρομολόγησης. Οι routers πρέπει να βρίσκουν μονοπάτια μόνο για τα επίπεδα με τα οποία πρέπει να ασχοληθούν. Η χρήση των επιπέδων με αυτόν τον τρόπο αυξάνει το πλήθος των κόμβων, οι οποίοι μπορεί να αποτελούν, τελικά, μέρος ενός συλλογικού δικτύου. Πρακτικά, τα επίπεδα αποφασίζονται, γενικά, από κριτήρια (παρά από αριθμητικά) τοποθεσίας.

### 3.5.5 Η Εύρεση ενός Μονοπατιού

Ο router αποφασίζει το πώς θα φτάσει σε ένα συγκεκριμένο δίκτυο με το να επικοινωνούν με άλλους routers στο δίκτυο. Επειδή η περιγραφή της θέσης ενός κόμβου σε ένα πολύ μεγάλο δίκτυο μπορεί να είναι περίπλοκη, οι θέσεις αποφασίζονται, γενικά, με όρους υποδικτύων.

Οι routers υπολογίζονται χρησιμοποιώντας μία από τις ακόλουθες δύο κλάσεις αλγορίθμων: distance-vector ή link-state.

Όταν χρησιμοποιούμε distance-vector αλγόριθμους (που είναι επίσης γνωστοί ως Bellman-Ford ή παλιοί ARPAnet αλγόριθμοι δρομολόγησης), κάθε router υπολογίζει την απόσταση μεταξύ του εαυτού του και κάθε πιθανού προορισμού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του υπολογισμού της απόστασης μεταξύ του router και όλων των άμεσων router γειτόνων, και με το να συνεχίζει, για κάθε γείτονα του router, τον υπολογισμό για την απόσταση μεταξύ αυτού του γείτονα και όλων των άμεσων γειτόνων του.

Αυτή η πληροφορία πρέπει να ελέγχεται τακτικά και να ανανεώνεται κάθε φορά που υπάρχουν αλλαγές οπουδήποτε στο δίκτυο των router. Το μεγάλο πλήθος των υπολογισμών που χρειάζονται οι distance-vector αλγόριθμοι αποτελεί ένα μεγάλο μειονέκτημά τους.

Όταν χρησιμοποιούμε link-state αλγόριθμους, κάθε router γνωρίζει τη θέση και την απόσταση από κάθε γειτονικό του router, και μπορεί να μεταδώσει αυτήν πληροφορία σε όλους τους υπόλοιπους routers μέσω ενός LSP. Ο κάθε router μεταδίδει το LSP σε έναν άλλο router στο ευρύτερο δίκτυο, και κάθε ένας router κρατάει αυτή την πληροφορία για κάθε άλλο router. Εάν ένας router ανανεώσει το LSP του, η νέα έκδοση μεταδίδεται και αντικαθιστά την παλιότερη σε κάθε router.

Η επιλογή ενός αλγορίθμου για μία συγκεκριμένη εφαρμογή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Γενικά, οι αλγόριθμοι δρομολόγησης μπορούν να συγκριθούν βάσει των ακόλουθων στοιχείων:

Πόσο γρήγορα βρίσκει μία διαδρομή ο αλγόριθμος.

Πόσο επηρεάζεται ο αλγόριθμος από εσφαλμένες ή από ελλιπείς πληροφορίες.

Πόση ποσότητα μνήμης θα χρειαστεί για να αποθηκευτούν όλες οι distance-vector ή link-state πληροφορίες.

Πόσο εύκολα μπορεί να επεκταθεί ο αλγόριθμος για να περιλάβει load splitting, κατά το οποίο η κίνηση μεταξύ δύο routers μπορεί να σταλεί μέσω διαφορετικών μονοπατιών προκειμένου να μοιραστεί ομοιόμορφα (διαδικασία, η οποία μπορεί να αύξηση την απόδοση).

### 3.5.6 Ομαδοποιήσεις των Routers

Μπορούν να ξεχωριστούν πολλές κατηγορίες routers: Static routers ή Dynamic routers, single-protocol ή multiprotocol, central ή peripheral, και LAN ή WAN.

#### Static routers

Οι πίνακες δρομολόγησής τους πρέπει να διαμορφώνονται, χειρωνακτικά, με όλες τις διευθύνσεις δικτύων και τα μονοπάτια μέσα στο διαδίκτυο.

## **Dynamic routers**

Αυτοί δημιουργούν αυτόματα τους πίνακες δρομολόγησής τους παρακολουθώντας την κυκλοφορία των δικτύων και επικοινωνώντας με άλλους routers.

## **Single-Protocol και Multiprotocol Routers**

Επειδή δρουν στο επίπεδο network, οι routers είναι ευαίσθητοι στο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται.

Γι' αυτό, ένας router που μπορεί να χειριστεί IP πακέτα, δεν μπορεί να χειριστεί IPX πακέτα χωρίς την προσθήκη κάποιων ειδικών ικανοτήτων. Οι single-protocol routers υπήρξαν για πολλά χρόνια οι κυρίαρχοι στην αγορά.

Ακολουθώντας τη φυσική πορεία της τεχνολογικής εξέλιξης, οι routers επεκτείνανε τις ικανότητες ως προς τα πρωτόκολλα network επιπέδου που υποστήριζαν. Οι high-end routers μπορούν να επεξεργαστούν πακέτα από άνω του ενός τύπους πρωτοκόλλων. Για παράδειγμα, ένας router μπορεί να είναι ικανός να διαχειριστεί IP, X.25 και IPX πρωτόκολλα. Οι multiprotocol routers γίνονται ολοένα και ευρύτερα χρησιμοποιούμενοι

Το κόστος των αυξημένων ικανοτήτων είναι, πιθανώς, το μειωμένο bandwidth στην κίνηση, για ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Αυτό σημαίνει, ότι αν ένας routers πρέπει να επεξεργαστεί IP και IPX πακέτα, θα χρειαστεί να μοιράσει το διαθέσιμο χρόνο και χωρητικότητα μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων.

## **Central Routers και Peripheral Routers**

Ένας router μπορεί να εξυπηρετεί ως ένα σημείο μεταφοράς για πολλαπλά δίκτυα. Για παράδειγμα, κάθε δίκτυο μπορεί να είναι συνδεδεμένο σε διαφορετική πλακέτα σε ένα server ή σε ένα hub. Αυτοί οι central routers ανήκουν στην ακριβή και μέγιστων δυνατοτήτων μερίδα των routers, και είναι συνήθως multiprotocol routers.

Αντίθετα, ένας peripheral, ή branch office, router εξυπηρετεί, πρώτιστα, τη σύνδεση σε ένα ευρύτερο διαδίκτυο. Αυτοί οι routers ανήκουν, πιθανώς, στο κομμάτι των φθηνών και μειωμένης απόδοσης routers. Ένας peripheral router μπορεί να είναι περιορισμένος σε ένα μόνο πρωτόκολλο, ειδικά αν ο peripheral router μπορεί να επικοινωνήσει με ένα multiprotocol router στο διαδίκτυο.

## **LAN και WAN Routers**

Ένα άλλο πεδίο τεχνολογικής εξέλιξης είναι η επέκταση της περιοχής δράσης μίας συσκευής σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Σε αυτό το πλαίσιο, οι WAN routers, οι οποίοι βρίσκουν μονοπάτια σε ευρέως καταναμημένα δίκτυα, είναι επεκτάσεις των LAN routers, οι οποίοι συνδέουν LANs, οι οποίοι είναι καταναμημένοι σε περιοχής αρκετά μικρές ώστε να επιτρέπονται συνδέσεις χωρίς τη χρήση τηλεφωνικών γραμμών. Οι LAN και WAN routers έχουν τις ίδιες λειτουργίες, αλλά οι λεπτομέρειες για το πώς πραγματοποιούνται αυτές οι λειτουργίες, μπορεί να διαφέρουν σημαντικά.



Η πιο αξιοσημείωτη είναι ότι ένας WAN router πρέπει να υποστηρίζει πρωτόκολλα κατάλληλα για απομακρυσμένη πρόσβαση και εξυπηρέτηση (για παράδειγμα, πρωτόκολλα που υποστηρίζουν X.25). Εν μέρει, η ανάπτυξη των WAN routers περιέμενε τη δημιουργία τηλεπικοινωνιακών γραμμών με αρκετά μεγάλο bandwidth, ώστε να γίνει αυτού του τύπου η δρομολόγηση εφικτή.

### 3.5.7 Τα Πρωτόκολλα των Routers

Όπως όλα τα μέρη ενός δικτύου, μεγάλα και μικρά, έτσι και οι routers χρησιμοποιούν πρωτόκολλα για να διεκπεραιώσουν την εργασία τους. Τα πρωτόκολλα των routers ασχολούνται με την παροχή μιας υπηρεσίας, με greeting neighbors ή με τη δρομολόγηση.

Τα πρωτόκολλα υπηρεσιών παρέχουν τη μορφοποίηση του πακέτου, που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση της πληροφορίας στο network επίπεδο.

Το IP είναι η υπηρεσία network επιπέδου για το πακέτο των TCP/IP πρωτοκόλλων, η οποία αναπτύχθηκε για τα ARPAnet και χρησιμοποιείται ακόμα στο Internet και σε πολλά άλλα καταναμημένα δίκτυα. Άλλα πρωτόκολλα υπηρεσιών network επιπέδου, περιλαμβάνουν το IPX της Novell από το πακέτο IPX/SPX, το IDP από το XNS, και το πρωτόκολλο X.25.

Τα neighbor-greeting πρωτόκολλα καθιστούν τους κόμβους και τους routers ικανούς στο να βρίσκει ο ένας τον άλλο, έτσι ώστε να μπορεί να αποφασιστεί η περιοχή των συνδέσεων. Αυτή η πληροφορία επιτρέπει στους κόμβους να γνωρίζουν, ποιοι άλλοι κόμβοι είναι προσπελάσιμοι. Τα neighbor-greeting πρωτόκολλα παρέχουν, επίσης, την ικανότητα για μετάφραση διεύθυνσης.

Το ES-IS είναι ένα neighbour-greeting πρωτόκολλο το οποίο ορίζεται από το ISO κείμενο 9542. Το ICMP και το ARP είναι πρωτόκολλα δρομολόγησης network επιπέδου, τα οποία μπορούν να έχουν και neighbor-greeting ικανότητα.

Με τα πρωτόκολλα δρομολόγησης, οι routers αποφασίζουν μονοπάτια για πακέτα με το να επικοινωνούν με τους routers, που είναι γειτονικοί στο επίπεδό τους. Οι routers μπορούν να ζητήσουν και να λάβουν πληροφορίες σχετικά με τα μονοπάτια από το γείτονα προς άλλους routers. Το IS-IS είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης που ορίζεται από το ISO (DP 10589). Το RIP και το OPSF είναι πρωτόκολλα δρομολόγησης του πακέτου TCP/IP.

### 3.5.8 Περιοχές κοινού Πρωτοκόλλου

Καθώς τα δίκτυα μεγαλώνουν, γίνεται ολοένα και πιο πιθανό ότι δε θα χρησιμοποιούν όλα τα μέρη ενός δικτύου τα ίδια πρωτόκολλα. Αυτό συμβαίνει όντως αν το δίκτυο έχει πολλαπλά επίπεδα ή είναι απλωμένο, με μικρότερες ομάδες.

Αυτά τα ετερογενή δίκτυα θα έχουν, ωστόσο, περιοχές στις οποίες χρησιμοποιούν κάποιο κοινό πρωτόκολλο. Τέτοιες περιοχές είναι γνωστές ως περιοχές δρομολόγησης, στην ορολογία του OSI, ή AS, στην ορολογία του τεκμηρίωσης του TCP/IP. Ανατρέξτε στο σχήμα 27 για μία περίληψη των όρων που σχετίζονται με τα πρωτόκολλα δρομολόγησης στα περιβάλλοντα IP και OSI.

TERMINOLOGY FOR ROUTING CONCEPTS		
ISO	CONCEPT	IP
Intermediate system (IS)	Router	Gateway
End system (ES)	Node	Host
Routing domain	Common protocol area	Autonomous system (AS)
Intradomain routing protocol	Protocol used within a domain	Interior Gateway Protocol (IGP)
Interdomain routing protocol	Protocol used between common protocol areas	Exterior Gateway Protocol (EGP)

Σχήμα 27. ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕ ΤΟ ROUTING

### **Intra-domain πρωτόκολλα δρομολόγησης.**

Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται μέσω σε έναν τομέα είναι γνωστά και ως intra-domain πρωτόκολλα δρομολόγησης. Τα RIP, OSPF και άλλα ευρέως χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα, δρουν μέσα σε έναν τομέα.

Επιπλέον, υπάρχουν πρωτόκολλα για τη δρομολόγηση πολλαπλών πρωτοκόλλων ταυτόχρονα. Παραδείγματα είναι το “Ships In the Night” (SIN) και το integrated routing.

### **Inter-domain Πρωτόκολλα Δρομολόγησης.**

Ένας τομέας μπορεί να γειτονεύει με τομείς, οι οποίοι χρησιμοποιούν κάποιο διαφορετικό πρωτόκολλο. Σε αυτήν την περίπτωση, μπορεί να είναι απαραίτητο να δρομολογούνται πακέτα μεταξύ των τομέων, τα οποία να χρησιμοποιούν inter-domain πρωτόκολλα δρομολόγησης. Τα ακόλουθα IDRPCs, εξυπηρετούν τον προαναφερθέντα σκοπό.

EGP, το οποίο είναι το IP όνομα για ένα ειδικό πρωτόκολλο, το οποίο συνδέει διαφορετικούς τομείς. Το πρωτόκολλο έχει ελαττώματα, αλλά υπάρχει εδώ και πολύ καιρό στον TCP/IP κόσμο.

BGP, το οποίο αποτελεί μία εξέλιξη του EGP πρωτοκόλλου. Εκτός του ότι είναι ένα TCP/IP πρωτόκολλο, το BGP είναι και η βάση του IDRPC πρωτοκόλλου του ISO.

IDRPC, το οποίο είναι επίσης και το όνομα ενός ειδικού interdomain πρωτοκόλλου δρομολόγησης. Βασίζεται στο πρωτόκολλο BGP.

### **Connectionless και Connection-oriented πρωτόκολλα**

Για να πραγματοποιήσουν την εργασία τους, οι routers μπορούν να χρησιμοποιήσουν connectionless ή connection-oriented network επιπέδου πρωτόκολλα. Ένα connection-oriented πρωτόκολλο, δημιουργεί πρώτα μία διαδρομή και τη σύνδεση (ένα VC), και ύστερα ξεκινάει τη μετάδοση των πακέτων κατά μήκος αυτής της διαδρομής. Τα πακέτα μεταδίδονται κατά σειρά, και η διανομή μπορεί να είναι εγγυημένη, αφού κάποιο πρωτόκολλο μπορεί να χρειάζεται αναγνώριση. Με τα connection-oriented πρωτόκολλα, οι υπηρεσίες του transport επιπέδου μπορεί να μη χρειαστούν. Ο αλγόριθμος δρομολόγησης για τέτοια πρωτόκολλα είναι, γενικά, αποκλειστικός.

Το πρωτόκολλο X.25 είναι connection-oriented. Καθορίζει ένα interface μεταξύ ενός κόμβου (γνωστός και ως DTE στην ορολογία του X.25) και ενός router (γνωστός και ως DCE).

Ένα connectionless πρωτόκολλο, το οποίο είναι και γνωστό ως datagram πρωτόκολλο, συμφωνεί στο να καταβάλλει τη μεγαλύτερη δυνατή προσπάθεια στο να μεταδώσει ένα πακέτο προς τον προορισμό, αλλά δεν εγγυάται ότι θα τα καταφέρει. Εξάλλου, τα πακέτα μπορεί να φτάσουν στον ίδιο προορισμό από διαφορετικές διαδρομές, και μπορεί όταν φτάσουν η σειρά τους να είναι ανακατεμένη. Τα πακέτα μοντάρονται με τη σωστή σειρά από ένα πρωτόκολλο transport επιπέδου. Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης για connectionless πρωτόκολλα είναι, γενικά, ανοιχτή (δημόσια διαθέσιμοι). Τα IP και CLNP είναι δύο connectionless πρωτόκολλα.

### 3.5.9 Προοπτική

Μερικά χρόνια πριν θεωρήθηκε ότι τα Layer 3 Ethernet switches (επίσης λέγονται και Layer 3 switches) θα μείωναν την αγορά των routers. Αυτό δεν έχει συμβεί εξ' ολοκλήρου, παρά το γεγονός ότι τέτοιοι switches, όντας hardware-based, δρουν πολύ καλύτερα από το παραδοσιακό λογισμικό των routers. Στο χώρο της πρόσβασης σε LANs, οι Layer 3 switches πράγματι εξουσιάζουν, τώρα, έναντι των backbones όπου οι routers κυριαρχούν στην διανομή αυτών.

Αλλά στο χώρο της πρόσβασης σε WANs, οι routers είναι ακόμα ισχυροί και μοιάζουν θα παραμείνουν για πολύ ακόμα, λόγω κυρίως της παροχής υπηρεσιών Internet, όπου χρειάζονται περισσότεροι routers, ώστε να χειρίζονται την αυξανόμενη κυκλοφορία.

Σταδιακά, εμφανίζονται και οι terabit routers με ικανότητα προώθησης  $10^{12}$  bps. Αυτοί οι routers προορίζονται κυρίως για χρήση από τις τηλεπικοινωνιακές εταιρίες στα δικά τους backbone δίκτυα, και από κορυφαίους προμηθευτές όπως τη Cisco, τη Lucent Technologies, και την Avici Systems. Ένα νέο κύκλωμα, αποκαλούμενο Hyperchip, ενσωματώνει ένα petabit router ικανό για δρομολόγηση πακέτων στα  $10^{15}$  bps, μια ταχύτητα αντιστοιχεί σε ένα εκατομμύριο GbE ports! Τέτοιοι high-end routers προορίζονται για την επόμενη γενιά, των εξολοκλήρου οπτικών δικτύων, που αναμένεται να παρουσιαστεί σε μερικά χρόνια.

## 3.6 Switches

### 3.6.1 Παρουσίαση Συσκευής

Ένας switch είναι μία συσκευή, η οποία συνδέει υλικό, που καταφθάνει, με μία μη ταιριαστή έξοδο. Για παράδειγμα, η είσοδος μπορεί να είναι πακέτα και η έξοδος ένα Ethernet bus, όπως συμβαίνει σε ένα Ethernet switch. Διαφορετικά, η είσοδος μπορεί να είναι e-mail (electronic mail) σε μορφοποίηση cc:Mail και η έξοδος σε οποιαδήποτε άλλη μορφοποίηση e-mail, όπως συμβαίνει σε έναν e-mail switch.

Ένας switch πρέπει να είναι ικανός να εγκαθιστά την επιθυμητή σύνδεση, και πρέπει να είναι, επίσης, ικανός να μεταφράζει την είσοδο πριν τη στείλει στην έξοδο.

Υπάρχουν δύο κύριες προσεγγίσεις για τη λειτουργία του ταιριάσματος μίας εισόδου με την επιθυμητή έξοδο.

Σε μία προσέγγιση πίνακα, κάθε κανάλι εισόδου έχει μία προκαθορισμένη σύνδεση με κάθε κανάλι εξόδου. Το να περαστεί κάτι από το κανάλι εισόδου σε αυτό της εξόδου, έχει να κάνει με το να ακολουθηθεί η σύνδεση.

Σε μία προσέγγιση κοινής μνήμης, ο ελεγκτής εισόδου «γράφει» το υλικό σε μία δεσμευμένη περιοχή μνήμης, και το επιλεγμένο κανάλι εξόδου «διαβάζει» το υλικό από αυτήν τη μνήμη.

Εάν η σύνδεση απαιτεί μετάφραση, ένας switch μπορεί να κάνει απ' ευθείας μετάφραση ή να χρησιμοποιήσει μία ενδιάμεση μορφή. Για παράδειγμα, ένας mail switch μπορεί να χρησιμοποιήσει μία κοινή μορφοποίηση σε μορφοποίηση για την αποθήκευση. Το επιλεγμένο κανάλι εξόδου θα μεταφράσει αυτή τη «γενική» μορφοποίηση σε αυτήν που απαιτείται από αυτό.

Γενικά, οι switches αντικαθιστούν, σταδιακά, τα παλιότερα, λιγότερο ευέλικτα μέσα διασύνδεσης, όπως είναι οι bridges και οι gateways. Για παράδειγμα, μία gateway είναι ικανή να συνδέει δύο διαφορετικές αρχιτεκτονικές, αλλά ένας switch είναι ικανός να συνδέει αρκετές.

Επειδή οι switches κάνουν περισσότερη «δουλειά» από τις bridges και τις gateways, χρειάζονται περισσότερη υπολογιστική ισχύ. Οι switches μπορούν να έχουν πολλαπλούς επεξεργαστές, ή μπορούν να τρέχουν σε ένα mini-computer για καλύτερη απόδοση.



Σχήμα 28. ΣΥΣΚΕΥΗ SWITCH

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>****«ΣΥΖΕΥΞΙΣ»****4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ****Εισαγωγή του Internet στη Δημόσια Διοίκηση**

Σήμερα, ένας μεγάλος αριθμός φορέων του Δημοσίου έχει ιδιωτικές συνδέσεις στο Internet, για να έχει δυνατότητα χρήσης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και πρόσβασης στο World Wide Web (ιστοσελίδες Internet). Όμως δεν υπάρχει κεντρική αντιμετώπιση για την πληθώρα των συνδέσεων αυτού του είδους. Κάθε δημόσιος φορέας έχει επιλέξει παροχέα Internet της αρεσκείας του, χωρίς πάντα να έχει μελετηθεί η συμφερότερη σύνδεση, με αποτέλεσμα να πληρώνονται υπέρογκα ποσά ως πάγιες μηνιαίες δαπάνες από κάθε έναν χωριστά. Με το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» δημιουργείται υποδομή Intranet για το Ελληνικό Δημόσιο δηλ. μιας προστατευμένης δικτυακής περιοχής για Internet εφαρμογές του Δημοσίου καθώς και παροχή κεντρικής σύνδεσης μεγάλης ταχύτητας στο διεθνές Internet για τους φορείς του Δημοσίου. Πρόκειται για μία από κοινού αντιμετώπιση, η οποία προσφέρει μεγαλύτερες ταχύτητες διακίνησης δεδομένων, αλλά και σημαντικά μικρότερο κόστος. Επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα για ευρεία χρήση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail) στην Ελληνική Δημόσια Διοίκηση ώστε να περιοριστούν οι χρονοβόρες διαδικασίες του συμβατικού ταχυδρομείου.

**Ανάγκη για δικτύωση και επικοινωνία υπολογιστών του Δημοσίου**

Σήμερα, τα περισσότερα έργα πληροφορικής στη Δημόσια Διοίκηση είναι καταναμημένα και στηρίζονται σε δίκτυα υπολογιστών. Αναγκαστικά, για κάθε τέτοιο έργο, δημιουργείται εξ' αρχής μια καινούργια υποδομή για δικτυακές συνδέσεις και εξοπλισμό, χωρίς ποτέ να λαμβάνονται υπόψη ήδη υπάρχουσες δικτυακές εγκαταστάσεις άλλων φορέων, οι οποίες πιθανότατα θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν. Με το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ», αυτή η πολλαπλότητα και σπατάλη πόρων μειώνεται δραστικά με τη δημιουργία δικτύου πρόσβασης και κορμού για τη Δημόσια Διοίκηση, το οποίο έχει τη δυνατότητα να καλύψει τις επικοινωνίες των υπολογιστών του Ελληνικό Δημοσίου. Σαν αποτέλεσμα θα εξαληφθεί η επανάληψη και η επικάλυψη υποδομών και όλα τα καινούργια δίκτυα του Δημοσίου θα δημιουργούνται με δικτυακή υποδομή που θα παρέχεται από το ΣΥΖΕΥΞΙΣ, μειώνοντας δραστικά τα κόστη.

**Ανάγκη για χρήση νέων τεχνολογιών και μεθόδων στο Δημόσιο**

Το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» θα συμβάλλει δραστικά στη δημιουργία των συνθηκών, για να ενσωματώσει η Δημόσια Διοίκηση στις λειτουργίες της όλα τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η ψηφιακή τεχνολογία. Βρισκόμαστε στην εποχή της επικοινωνίας και της δικτύωσης. Είναι καιρός πια ο Δημόσιος Τομέας να αποκτήσει σύγχρονη τηλεπικοινωνιακή υποδομή και μέσω αυτής να αξιοποιήσει τις ευκολίες και τις απεριόριστες δυνατότητες της πληροφορικής.

**Τι είναι το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ»**

Το «Εθνικό Δίκτυο Δημόσιας Διοίκησης ΣΥΖΕΥΞΙΣ» αποτελεί έργο παροχής προηγμένων τηλεπικοινωνιακών και τηλεματικών υπηρεσιών υψηλής προστιθέμενης αξίας σε Φορείς του Δημοσίου Τομέα. Περιλαμβάνει προηγμένες υπηρεσίες μετάδοσης φωνής δεδομένων και εικόνας σε πανελλαδική κλίμακα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» είναι:

- Η παροχή προηγμένων τηλεματικών υπηρεσιών και υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας, όπως: Προηγμένες υπηρεσίες τηλεφωνίας, τηλεομοιοτυπίας, πρόσβαση στο Διαδίκτυο με όλες τις παρελκόμενες υπηρεσίες, τηλεδιάσκεψη, τηλεεκπαίδευση, υπηρεσίες απομακρυσμένης πρόσβασης (τηλεργασία), υπηρεσίες πιστοποίησης και ασφάλειας ηλεκτρονικών συναλλαγών (υποδομή δημοσίου κλειδιού) κ.λπ.
- Ο ευρυζωνικός χαρακτήρας του: Το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» αποτελεί το πρώτο εγχείρημα παροχής ευρυζωνικών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών μεγάλης κλίμακας στη Ελλάδα, με ουσιαστικές επιπτώσεις στη βελτίωση της αποδοτικότητας των Δημόσιων φορέων.
- Η γεωγραφική διασπορά του έργου, το οποίο διασυνδέει φορείς – χρήστες σε όλη την ελληνική επικράτεια
- Η παροχή ενιαίων τιμών για τις τηλεφωνικές κλήσεις εκτός «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» (αστική– υπεραστική–κινητή–διεθνής) σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική. Οι τηλεφωνικές κλήσεις εντός «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» παρέχονται ατελώς. Καθίσταται προφανές, ότι με την υλοποίηση του «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση κόστους σε επίπεδο τηλεπικοινωνιακών τελών, παράλληλα με τη σημαντική βελτίωση του επιπέδου υπηρεσιών.
- Η ενιαία, αποδοτική και αποτελεσματική διαχείριση των δαπανών του Ελληνικού Δημοσίου για τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες

### **Πώς ωφελεί το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» τη Δημόσια Διοίκηση και τους πολίτες;**

Κύριος σκοπός του Εθνικού Δικτύου Δημόσιας Διοίκησης είναι η βελτίωση της λειτουργίας των φορέων της Ελληνικής Δημόσιας Διοίκησης:

1. Με αναβάθμιση της ποιότητας των προσφερόμενων σε αυτούς τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και
2. Με την παροχή προηγμένων τηλεματικών υπηρεσιών.

Τα ωφέλη που αναμένεται ότι θα αποκομίσουν η Δημόσια Διοίκηση και οι πολίτες από το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» είναι:

- Ο εκσυγχρονισμός της Ελληνικής Δημόσιας Διοίκησης με τη δημιουργία της απαραίτητης υποδομής για την υλοποίηση μοντέλου Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης με την παροχή:
  - α) Προηγμένων τηλεματικών υπηρεσιών (Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο, πρόσβαση στο Διαδίκτυο) και
  - β) Υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας.
- Η αποτελεσματική διαχείριση της διακίνησης των δεδομένων των φορέων του Δημόσιου Τομέα, μέσω της χρήσης Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου (e-mail).
- Η μείωση του κόστους της επικοινωνίας μέσω της χρήσης της υπηρεσίας του Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου (e-mail) και των ψηφιακών πιστοποιητικών-υπογραφών, μεταξύ των φορέων του Δημόσιου Τομέα,
- Αύξηση της ταχύτητας και ασφάλειας διακίνησης των πληροφοριών.
- Η αποτελεσματική εκμετάλλευση των πληροφοριακών συστημάτων των φορέων του Δημόσιου Τομέα μέσω της λειτουργικής διασύνδεσης των συστημάτων αυτών (π.χ Πληροφοριακά Συστήματα Περιφερειών, Νομαρχιών, ΚΕΠ κ.λπ).
- Η αποτελεσματικότερη συνεργασία των φορέων της Δημόσιας Διοίκησης μέσω υπηρεσιών, όπως η τηλεδιάσκεψη και η τηλεργασία που συνεπάγεται εξοικονόμηση χρόνου για τον πολίτη και τις υπηρεσίες.
- Η ανάπτυξη σημαντικής υποδομής τηλεεκπαίδευσης, που δίνει τη δυνατότητα διενέργειας προγραμμάτων εκπαίδευσης και επιμόρφωσης των στελεχών της Δημόσιας Διοίκησης στο χώρο εργασίας, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση σημαντικού κόστους καθώς και στην αναβάθμιση της ποιότητας του ανθρώπινου δυναμικού της Δημόσιας Διοίκησης.

- Η αναβάθμιση των παρεχομένων προς τον πολίτη υπηρεσιών, μέσω αυτοματοποιημένων και φιλικών προς τον χρήστη συστημάτων πληροφόρησης και διεκπεραίωσης συναλλαγών με τις Ελληνικές Δημόσιες Υπηρεσίες.
- Η βελτίωση της εξυπηρέτησης του πολίτη, ιδιαίτερα για διαδικασίες, οι οποίες απαιτούν εμπλοκή περισσότερων του ενός φορέα, με τελικό στόχο την εξυπηρέτησή του από μία υπηρεσία (Υπηρεσίες μιας στάσης π.χ ΚΕΠ).

Παράλληλα, η υλοποίηση του Έργου συμβάλλει στην ανάπτυξη της αγοράς τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών σε ένα περιβάλλον υγιούς ανταγωνισμού με διαφανείς κανόνες και η πλήρης αξιοποίηση των επενδύσεων στις τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών. Η εμφάνιση ενός μεγάλου Έργου όπως το «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» αναμένεται να επηρεάσει την αγορά των τηλεπικοινωνιών, κυρίως στον τομέα παροχής ευρυζωνικών υπηρεσιών. Το έργο είναι σε απόλυτη συμβατότητα και με τις κοινοτικές πολιτικές για την προώθηση των ευρυζωνικών δικτύων.

## **ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΖΕΥΞΙΣ**

- 1)Υποστηρίζει τη διακίνηση κάθε μορφής πληροφορίας όπως δεδομένων, φωνής και εικόνας πάνω από το ίδιο καλώδιο.
- 2)Είναι Εικονικό Ιδιωτικό Δίκτυο (Virtual Private Network - VPN) και όχι ιδιόκτητο δίκτυο, παρέχει δηλαδή τηλεματικές υπηρεσίες χρησιμοποιώντας υπάρχουσα δημόσια δικτυακή υποδομή τηλεπικοινωνιακού παροχέα.
- 3)Έχει ανοικτή αρχιτεκτονική ώστε να είναι συμβατό με τον υπάρχοντα εξοπλισμό Τηλ. Κέντρων και τοπικών δικτύων (LAN) των φορέων του δημοσίου.
- 4)Στηρίζεται στα πλέον σύγχρονα πρωτόκολλα δικτύων όπως ATM, Frame Relay, IP και παρέχει εγγυημένη ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service - QoS).
- 5)Η πρόσβαση των φορέων στο δίκτυο γίνεται μέσω της Υπηρεσίας Πρόσβασης. Με αυτήν ο δικτυακός εξοπλισμός πρόσβασης παρέχεται στους φορείς ως υπηρεσία και δεν είναι κυριότητας του δημοσίου.
- 6)Η ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών προς το Δημόσιο εξασφαλίζεται με την τήρηση συγκεκριμένου προσυμφωνημένου συμβολαίου παροχής υπηρεσιών (Service Level Agreement - SLA).

### **Διαχείριση Δικτύου Νησίδας**

Το Σύστημα Διαχείρισης Δικτύου Νησίδας που περιγράφεται στις ακόλουθες παραγράφους αναλαμβάνει την διαχείριση :

- των τηλεπικοινωνιακών στοιχείων (δρομολογητές , gateways, τηλεφωνικά κέντρα) και συνδέσμων πρόσβασης του κάθε Φορέα στη νησίδα
- του δικτύου διανομής νησίδας (ενεργά στοιχεία . LAN/WAN σύνδεσμοι)
- την συλλογή παραμέτρων για την παρακολούθηση τήρησης της Συμφωνίας Επιπέδου Παρεχομένων Υπηρεσιών (SLA)

## 4.2 ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ-ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

### ΓΕΝΙΚΑ

Το προτεινόμενο δίκτυο για την παροχή των υπηρεσιών Πρόσβασης στους Φορείς του Δημοσίου, αποτελεί ένα δίκτυο δρομολόγησης πακέτων βασισμένο στο πρωτόκολλο TCP-IP. Τα δομικά του στοιχεία είναι IP δρομολογητές και VoIP Gateways.

Το μοντέλο λοιπόν πάνω στο οποίο βασίζεται το ευρύτερο δίκτυο είναι το ιεραρχικό.

Η ιεραρχική δόμηση του δικτύου χρησιμοποιεί διακριτά επίπεδα με στόχο την απλοποίηση των διαδικασιών δικτύωσης. Κάθε επίπεδο εστιάζει σε συγκεκριμένες λειτουργίες έτσι ώστε πάντα να υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός που θα ανταποκρίνεται στις λειτουργίες αυτές.

Με την παρούσα μελέτη ο σχεδιασμός του Δικτύου Πρόσβαση διέπεται από τα ακόλουθα γενικά χαρακτηριστικά:

- **Αξιοπιστία:** Το προσφερόμενο δίκτυο είναι ασφαλές και αξιόπιστο μέσο επικοινωνίας και εργασίας

- **Σταθερότητα:** Η συμπεριφορά και η απόδοση του δικτύου παρουσιάζουν σταθερή και προβλέψιμη συμπεριφορά

- **Συμβατότητα με τις προδιαγραφές (Standards Compliance):** Το δίκτυο είναι συμβατό με τις διεθνείς προδιαγραφές σε όλα τα επίπεδα του. Αυτό εξασφαλίζει τη μη δέσμευση από συγκεκριμένο κατασκευαστή, τη δυνατότητα σύνδεσης των υπαρχόντων συσκευών, τη δυνατότητα σύνδεσης με άλλα δίκτυα, αλλά και τη μελλοντική ομαλή ανάπτυξη του δικτύου σύμφωνα με τις διεθνείς εξελίξεις και την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών δικτύου.

- **Αποδοτική και δίκαιη χρησιμοποίηση των διαμοιραζόμενων πόρων του δικτύου, από όλες τις παρεχόμενες υπηρεσίες**

- **Ασφάλεια:** Υποστήριξη σαφής και πλήρης πολιτικής πρόσβασης σε πόρους και υπηρεσίες του Δικτύου

- **Επεκτασιμότητα:** Ο σχεδιασμός βασίζεται στο μοντέλο της ανοιχτής αρχιτεκτονικής με δυνατότητα επεκτάσεων στο μέλλον. Η επιλογή του ενεργού εξοπλισμού έγινε με ένα από τα βασικά κριτήρια την μεγάλη ευελιξία και διαθεσιμότητα που αποσκοπεί στην μεγάλη δυνατότητα επέκτασης και αναβάθμισής του καθώς και την εύκολη αποσύνδεση των Φορέων.

- **Διαθεσιμότητα:** Το δίκτυο συνδυάζει υψηλή διαθεσιμότητα με χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης

- **Ευελιξία:** Παρέχεται η δυνατότητα διασύνδεσης και αναβάθμισης των συνδέσεων των κόμβων.

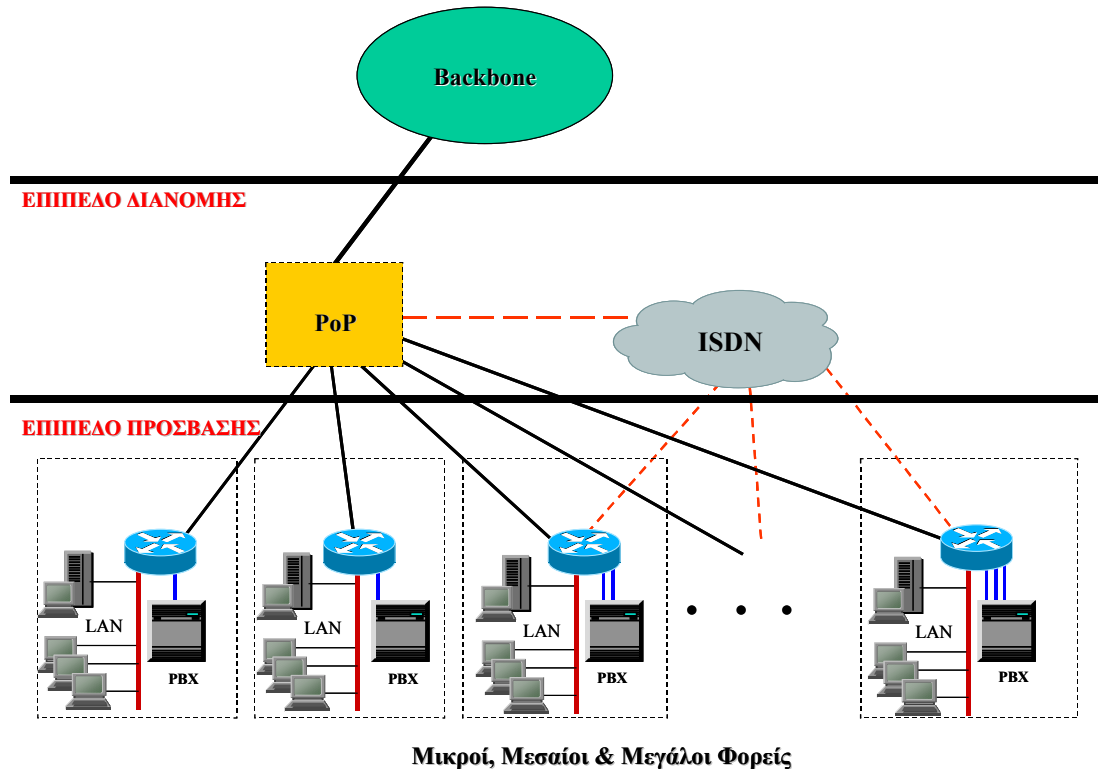
- **Μείωση λειτουργικού κόστους:** Η αρθρωτή φύση του ιεραρχικού μοντέλου επιτρέπει τη βέλτιστη χρήση του εύρους ζώνης μειώνοντας με τον τρόπο αυτό και το λειτουργικό κόστος του δικτύου.

- **Εύκολη κατανόηση:** Η ανάλυση και η παρακολούθηση του δικτύου γίνεται εύκολη υπόθεση καθώς η διαχείριση μπορεί να κατανεμηθεί σε κάθε ένα από τα διαφορετικά επίπεδα για πιο άμεση και αποτελεσματική εποπτεία. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι πολύ σημαντικό για το δίκτυο, μία και από τη σωστή και αποδοτική παρακολούθηση του δικτύου μπορεί να ακολουθηθεί μία προληπτική στρατηγική προβλημάτων έτσι ώστε πιθανές δυσλειτουργίες να εντοπίζονται, όπως και πιθανές καταστάσεις συμφόρησης οι οποίες είναι ικανές να απομονώσουν μεγάλα κομμάτια του δικτύου δυσχεραίνοντας με τον τρόπο αυτό το έργο των χρηστών.

Μια σχηματική απεικόνιση του “Σύζευξις” και των δικτυακών του επιπέδων ακολουθεί στη συνέχεια.



**ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΟΡΜΟΥ**



Σχήμα 29. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ “ΣΥΖΕΥΞΙΣ”

Το δίκτυο “Σύζευξις” είναι διαιρεμένο όπως προαναφέρθηκε στα τρία επίπεδα του ιεραρχικού μοντέλου: Δίκτυο Πρόσβασης, Δίκτυο Διανομής και Δίκτυο Κορμού.

Το Δίκτυο Πρόσβασης που ενσωματώνει αντίστοιχες λειτουργίες της Υπηρεσίας Πρόσβασης περιλαμβάνει τον απαραίτητο δικτυακό εξοπλισμό που θα διασυνδέει το κτίριο κάθε Φορέα με τον τοπικό κόμβο PoP του ανωτέρω επιπέδου (Δίκτυο Διανομής)

Ο δικτυακός εξοπλισμός διαφοροποιείται σύμφωνα με την κατηγορία στην οποία έχει καταταχθεί. Η κατηγοριοποίηση αυτή έχει βασιστεί σε στοιχεία του πιλοτικού “Σύζευξις”, στις ανάγκες και τον αριθμό των υπαλλήλων του κάθε Φορέα. Οι τρεις κατηγορίες Φορέων του Δικτύου Πρόσβασης, είναι οι παρακάτω:

A. Μικροί Φορείς με μικρό αριθμό υπαλλήλων και σχετικά μικρές απαιτήσεις σε απαιτούμενο εύρος ζώνης (έως 2 Mbps)

B. Μεσαίοι Φορείς με μέσο αριθμό υπαλλήλων και μέγιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης 8 Mbps

Γ. Μεγάλοι Φορείς με μεγάλο αριθμό υπαλλήλων και υψηλό απαιτούμενο εύρος ζώνης (> 8 Mbps).

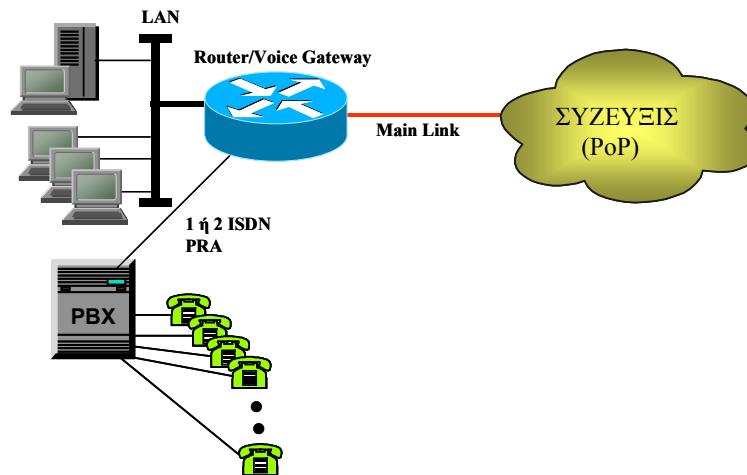
#### 4.2.1 Μικρός Φορέας

Οι δρομολογητές που προτείνεται να εγκατασταθούν στους Μικρούς Φορείς αποτελούν ευέλικτες τηλεπικοινωνιακές πλατφόρμες οι οποίες υποστηρίζουν σύγχρονες τεχνικές και πρωτόκολλα δικτύωσης. Τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων είναι τα ακόλουθα:

- διαθέτουν ικανοποιητική επεξεργαστική δυνατότητα για την διεκπεραίωση των απαιτούμενων λειτουργιών
- διαθέτουν τις κατάλληλες διεπαφές για την επικοινωνία του εκάστοτε κτιρίου με τους κόμβους (PoPs) του υπερκείμενου επιπέδου

- διαθέτουν τις κατάλληλες διεπαφές για την σύνδεση με το τοπικό δίκτυο του κτιρίου το οποίο εξυπηρετούν
- υποστηρίζουν σύγχρονες τεχνικές ελέγχου και διαχείρισης της δικτυακής κίνησης καθώς και μια πληθώρα πρωτοκόλλων επικοινωνίας.
- ενσωματώνουν την λειτουργία του Voice Gateway με ψηφιακά κυκλώματα ISDN πρωτεύουσας πρόσβασης (PRI) σύνδεσης με το τηλεφωνικό κέντρο του Φορέα που εξυπηρετούν
- αποτελούν τα ακραία σημεία του δικτύου “Σύζευξις” και παράλληλα μέρος της Συμφωνίας Επιπέδου Παρεχομένων Υπηρεσιών (SLA) την οποία και ενδυναμώνουν με τα υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά που διαθέτουν.

Μια σχηματική απεικόνιση του δικτύου που θα δημιουργηθεί σε κάθε Μικρό Φορέα ακολουθεί στη συνέχεια.



Σχήμα 30. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΙΚΡΟΥ ΦΟΡΕΑ

#### 4.2.2 Μεσαίος Φορέας

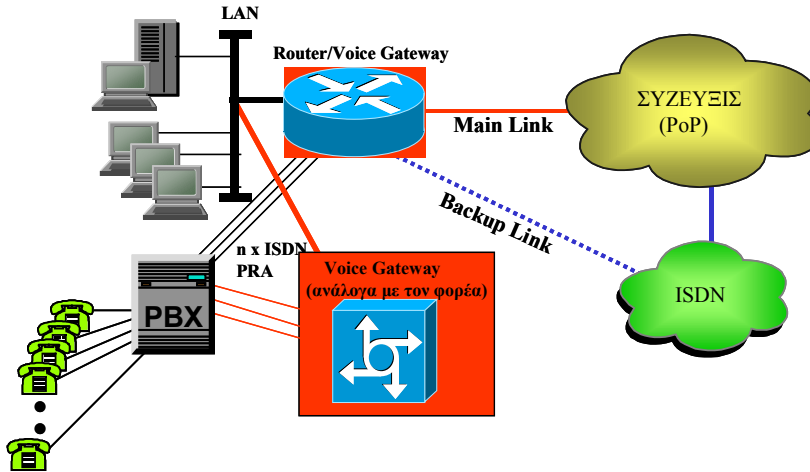
Οι προτεινόμενοι δρομολογητές για τους Μεσαίους Φορείς έχουν επιλεγεί προσεκτικά με βασικό γνώμονα την αποδοτική και απρόσκοπτη λειτουργία των δικτύων που πρόκειται να εξυπηρετήσουν.

Διαθέτουν τα ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά με αυτά που διαθέτουν οι δρομολογητές των Μικρών Φορέων με την διαφορά ότι διαθέτουν μεγαλύτερες δυνατότητες επεκτασιμότητας και επεξεργαστικής ισχύος, παράγοντες ιδιαίτερα κρίσιμοι για την εξυπηρέτηση των δικτυακών αναγκών του συγκεκριμένου επιπέδου.

Οι δρομολογητές αυτοί ενσωματώνουν τις λειτουργίες του Voice Gateway με την διαφορά ότι υποστηρίζουν επιπλέον ψηφιακά κυκλώματα (σε σχέση με τα συστήματα των Μικρών Φορέων) ISDN πρωτεύουσας πρόσβασης (PRI) σύνδεσης με το τηλεφωνικό κέντρο του Φορέα που εξυπηρετούν. Σε περιπτώσεις φορέων όπου οι ανάγκες φωνητικής επικοινωνίας είναι αυξημένες χρησιμοποιούνται ξεχωριστά συστήματα Router και VoIP Gateway τα επικοινωνούν διαμέσου Fast Ethernet διασύνδεσης.

Παρέχεται επίσης στους Φορείς εναλλακτική δρομολόγηση μέσω του δικτύου ISDN για την αποκατάσταση βασικών IP αναγκών του Φορέα στην περίπτωση διακοπής της κύριας γραμμής διασύνδεσης με το Δίκτυο Διανομής. Οι δρομολογητές διαφοροποιούνται επίσης και ως προς τις διεπαφές που διαθέτουν για σύνδεση με τους κόμβους (PoPs) του υπερκείμενου επιπέδου καθώς οι δικτυακές ανάγκες ευρείας ζώνης της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι αυξημένες και φθάνουν στα επίπεδα του εύρους ζώνης των 8 Mbps.

Μια σχηματική απεικόνιση του δικτύου που θα δημιουργηθεί σε κάθε Μεσαίο Φορέα ακολουθεί στη συνέχεια.



Σχήμα 31. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΣΑΙΟΥ ΦΟΡΕΑ

#### 4.2.3 Μεγάλος Φορέας

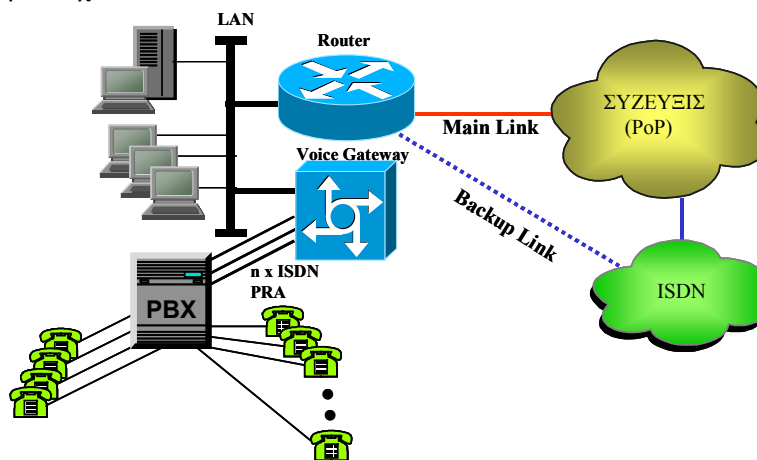
Στους Μεγάλους Φορείς συγκαταλέγονται Φορείς του δημοσίου στους οποίους εργάζονται χιλιάδες υπάλληλοι και οι ανάγκες τόσο σε καθαρά δικτυακή (Data) όσο και σε φωνητική επικοινωνία (Voice) είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Οι δρομολογητές και γενικότερα το σύνολο των συστημάτων που προτείνονται για την εξυπηρέτηση των αναγκών των Μεγάλων Φορέων, καλούνται να υποστηρίξουν τις υψηλότερες δικτυακές απαιτήσεις του συγκεκριμένου δικτυακού επιπέδου του “Σύζευξις”.

Τα συστήματα αυτά ενσωματώνουν τις λειτουργίες Router και του VoiP Gateway ξεχωριστά και με την διαφορά ότι υποστηρίζουν επιπλέον ψηφιακά κυκλώματα (σε σχέση με τα συστήματα των Μικρών και Μεσαίων Φορέων) ISDN πρωτεύουσας πρόσβασης (PRI) σύνδεσης με το τηλεφωνικό κέντρο του Φορέα που εξυπηρετούν.

Παρέχεται επίσης στους Φορείς εναλλακτική δρομολόγηση μέσω του δικτύου ISDN για την διατήρηση των στοιχειωδών IP αναγκών στην περίπτωση διακοπής της κύριας γραμμής διασύνδεσης με το Δίκτυο Διανομής.

Οι δρομολογητές διαφοροποιούνται επίσης και ως προς τις διεπαφές που διαθέτουν για σύνδεση με τους κόμβους (PoPs) του επιπέδου Διανομής καθώς οι δικτυακές ανάγκες ευρείας ζώνης της συγκεκριμένης κατηγορίας ξεπερνούν σε εύρος ζώνης τα 8 Mbps.

Μια σχηματική απεικόνιση του δικτύου που θα δημιουργηθεί σε κάθε Μεγάλο Φορέα ακολουθεί στη συνέχεια.



Σχήμα 32. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΦΟΡΕΑ

### 4.3 Περιγραφή Εξοπλισμού Δικτύου Πρόσβασης

#### Γενικά

Το Δίκτυο Πρόσβασης περιλαμβάνει τον απαραίτητο ενεργό δικτυακό εξοπλισμό και τα τηλεπικοινωνιακά κυκλώματα που θα διασυνδέουν το κεντρικό κτίριο κάθε Φορέα με τον τοπικό κόμβο PoP του Δικτύου Διανομής. Επίσης θα υλοποιεί την διασύνδεση με τα τηλεφωνικά κέντρα των εκάστοτε φορέων για την παροχή υπηρεσιών φωνής και Fax διαμέσου του Δικτύου Σύζευξης.

#### Κατηγοριοποίηση Φορέων

Οι Φορείς κατατάχθηκαν σε τρεις κατηγορίες:

Μικρός Φορέας:	Μικρός αριθμός υπαλλήλων στο κεντρικό κτίριο του Φορέα.	Μέγιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης 2 Mbps.	Πλήθος μικρών Φορέων 105
Μεσαίος Φορέας:	Μέσος αριθμός υπαλλήλων στο κεντρικό κτίριο του Φορέα.	Μέγιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης 8 Mbps.	Πλήθος μεσαίων Φορέων 14
Μεγάλος Φορέας:	Μεγάλος αριθμός υπαλλήλων στο κεντρικό κτίριο του Φορέα.	Εύρος ζώνης >8 Mbps.	Πλήθος μεγάλων Φορέων 1

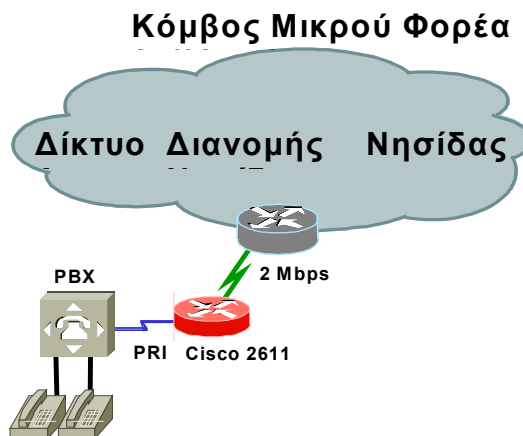
Πίνακας 13. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΦΟΡΕΩΝ

#### 4.3.1 Μικρός Φορέας

Οι Μικροί Φορείς αφορούν Φορείς του Δημοσίου με μικρό αριθμό υπαλλήλων. Ο Κόμβος του ‘Σύζευξης’ ο οποίος θα υλοποιηθεί σε κάθε Μικρό Φορέα θα παρέχει τις ακόλουθες υπηρεσίες διασύνδεσης:

- Επικοινωνία με Κόμβο του Δικτύου Διανομής
- Επικοινωνία με το εσωτερικό δίκτυο (LAN) του Φορέα
- Επικοινωνία με το τηλεφωνικό κέντρο του φορέα με κατάλληλο αριθμό PRA γραμμών

Στο σχήμα 33 παραθέτεται το μοντέλο υλοποίησης.



Σχήμα 33. ΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΥ ΦΟΡΕΑ

Οι ανάγκες δικτύωσης του Μικρού Φορέα με το δίκτυο Διανομής αναφορικά με το Εύρος Ζώνης (Bandwidth) δεν ξεπερνούν τα 2 Mbps.

Για το λόγο αυτό προτείνεται η εγκατάσταση σε κάθε Δρομολογητή Μικρού Φορέα μίας E1 σύγχρονης σειριακής θύρας με X.21 διεπαφή για την επικοινωνία με το δρομολογητή του Δικτύου Διανομής.

Την επικοινωνία του δρομολογητή του Μικρού Φορέα με το τηλεφωνικό κέντρο και ανάλογα με τον αριθμό των PRI διεπαφών την αναλαμβάνει ο ίδιος ο δρομολογητής με την χρήση VoIP Gateway καρτών εγκατεστημένες σε αυτόν. Οι δρομολογητές των Μικρών Φορέων επικοινωνούν με τα αντίστοιχα τηλεφωνικά κέντρα είτε με μία (1) είτε με δύο (2) PRA συνδέσεις. Συγκεκριμένα η κατανομή των Μικρών Φορέων ανάλογα με τον αριθμό των PRA συνδέσεων

που πραγματοποιούνται αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα.

		Μικροί φορείς		Total
		Κατηγορία 1	Κατηγορία 2	
Συνδέσεις:		2 Mbps- 1 PRI	2 Mbps- 2 PRI	
<b>Κρήτη</b>		100	5	105

Πίνακας 14. ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΙΚΡΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΙΣ PRA ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΟΥ ΥΛΟΠΟΙΟΥΝ

Για την παροχή των δικτυακών υπηρεσιών του ‘Σύζευξις’ σε κάθε Μικρό Φορέα προτείνεται η χρήση ενός δρομολογητή Cisco 2611XM της εταιρίας Cisco Systems.

Επίσης σε κάθε μικρό φορέα προσφέρεται ένα 56K, V92 modem, το οποίο θα συνδεθεί με τον δρομολογητή για την παροχή υπηρεσιών απομακρυσμένης διαχείρισης του.

#### 4.3.1.1 Αναλυτική Παρουσίαση προσφερόμενου Δρομολογητή Μικρού Φορέα

Ο προσφερόμενος δρομολογητής για την διασύνδεση του Μικρού Φορέα στο Δίκτυο Διανομής είναι Cisco 2611XM.

Ο Δρομολογητής Cisco 2611XM είναι αρθρωτής αρχιτεκτονικής και διαθέτει μία (1) υποδοχή για την εγκατάσταση δομοστοιχείων δικτύου (Network Modules) και δύο υποδοχές για την εγκατάσταση καρτών δικτύου (WAN Interface Cards). Για την επικοινωνία με το Δίκτυο Διανομής, ο Cisco 2611XM είναι εξοπλισμένος με μία κάρτα δικτύου η οποία παρέχει μία E1/X.21 θύρα. Το εύρος ζώνης επικοινωνίας με το Δίκτυο Διανομής, έχει δυνατότητα αναβάθμισης μέχρι τα 8 Mbps. Επίσης είναι εξοπλισμένος με ένα δομοστοιχείο VoIP Gateway το οποίο διαθέτει μία ή δύο PRI θύρες, ανάλογα με τις ανάγκες διασύνδεσης με το τηλεφωνικό κέντρο. Διαθέτει κατάλληλο επεξεργαστή για την υποστήριξη των λειτουργιών που προδιαγράφονται και είναι εξοπλισμένος με την κατάλληλη μνήμη RAM και Flash για την πλήρη κάλυψη των αναγκών δικτύωσης.

Αναλυτικά η προτεινόμενη διάρθρωση του Cisco 2611XM περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

Μοντέλο	Cisco 2611XM
Ethernet Θύρες	2 x 10/100 Ethernet (RJ 45 connector)
Ικανότητα δρομολόγησης	20.000 Packets per Second (20 Kpps)
Αρθρωτή Αρχιτεκτονική	Διαθέτει υποδοχές για ένα Network Module και για δύο Network Interface Cards
Επεξεργαστής	40 MHz Motorola PowerQUICC MPC860 Processor
E1 Θύρες	1 E1/X.21 (Network Interface Card)
VoIP θύρες	Μία κάρτα με 1 PRI ή 2 PRI θύρες ανάλογα με την κατηγορία (Network Module)
Flash Memory	32 MB
DRAM	96 MB
Τροφοδοτικά	1
Λογισμικό	Cisco IOS ENTERPRISE PLUS
Θύρα Διαχείρισης	RS- 232

Πίνακας 15. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗ ΜΙΚΡΟΥ ΦΟΡΕΑ

Στα λειτουργικά χαρακτηριστικά του λογισμικού Cisco IOS έκδοση 12.2.13T, περιλαμβάνονται οι ακόλουθες δυνατότητες:

- Πλήρης υποστήριξη και δρομολόγηση TCP/IP
- Παροχή πρόσθετης ασφάλειας μέσω της δημιουργίας ιδιωτικού δικτύου διά της υποστηρίξεως του Πρωτοκόλλου NAT/PAT
- Υποστήριξη μηχανισμών αυθεντικοποίησης των χρηστών (Radius, TACACS+) και ελέγχου πακέτων (Packet filtering - firewall) για την προστασία των δικτυακών δεδομένων από τη πρόσβαση μη εξουσιοδοτημένων χρηστών
- Υποστήριξη static routes αλλά και δυναμικών πρωτοκόλλων δρομολόγησης OSPF, BGP-4, IS-IS.
- Υποστήριξη (Variable Length Subnet Masks) VLSM και CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
- Υποστήριξη πρωτοκόλλων για παροχή ποιότητα υπηρεσιών (QoS): Resource Reservation Protocol (RSVP), Weighted Fair Queuing (WFQ), CB-WFQ, RTP/RTCP, IP priority και header compression, IP Precedence
- Υποστήριξη του πρωτοκόλλου διαχείρισης των συσκευών του δικτύου SNMP
- Υποστήριξη VLAN (802.1Q)
- Υποστήριξη και δρομολόγηση IP Multicast.



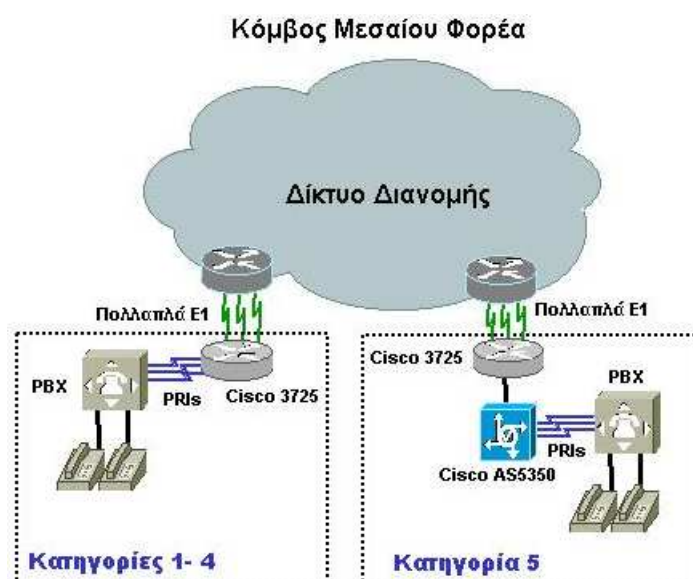
Σχήμα 34. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ Cisco 2611XM

#### 4.3.2 Μεσαίος Φορέας

Οι Μεσαίοι Φορείς αφορούν Φορείς του Δημοσίου με μεσαίο αριθμό υπαλλήλων. Ο Κόμβος του ‘Σύζευξης’ ο οποίος θα υλοποιηθεί σε κάθε Μεσαίο Φορέα θα παρέχει τις ακόλουθες υπηρεσίες διασύνδεσης:

- Επικοινωνία με Κόμβο του Δικτύου Διανομής
- Επικοινωνία με το εσωτερικό δίκτυο (LAN) του Φορέα
- Επικοινωνία με το τηλεφωνικό κέντρο του φορέα με κατάλληλο αριθμό PRA γραμμών

Στο παρακάτω σχήμα παραθέτεται το μοντέλο υλοποίησης του Κόμβου του Μεσαίου Φορέα:



Σχήμα 35. ΛΟΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕΣΑΙΟΥ ΦΟΡΕΑ

Ο Μεσαίος Φορέας θα επικοινωνεί με το Δίκτυο Διανομής με δύο έως τέσσερις E1 συνδέσεις. Για το λόγο αυτό προτείνεται η εγκατάσταση σε κάθε Δρομολογητή Μεσαίου Φορέα του απαραίτητου αριθμού E1/X.21 θυρών για την επικοινωνία με το επιθυμητό εύρος ζώνης με τον δρομολογητή του Δικτύου Διανομής.

Την επικοινωνία του δρομολογητή του Μεσαίου Φορέα με το τηλεφωνικό κέντρο και ανάλογα με τον αριθμό των PRA συνδέσεων την αναλαμβάνει:

- Για 1 μέχρι 3 PRA συνδέσεις ο ίδιος ο δρομολογητής με την χρήση VoIP Gateway καρτών εγκατεστημένες σε αυτόν.
- Για 4 PRA συνδέσεις αφιερωμένη συσκευή VoIP Gateway η οποία επικοινωνεί με τον δρομολογητή διαμέσου Fast Ethernet σύνδεσης.

Συγκεκριμένα η κατανομή των Μεσαίων Φορέων ανάλογα με το εύρος ζώνης επικοινωνίας με το Δίκτυο Διανομής και με τον αριθμό των PRA συνδέσεων που πραγματοποιούν αποτυπώνεται στον παρακάτω πίνακα:

Συνδέσεις:	Μεσαίοι Φορείς					Total
	4 Mbps- 2 PRI	6 Mbps- 2 PRI	6 Mbps- 3 PRI	8 Mbps- 3 PRI	8 Mbps- 4 PRI	
<b>Κρήτη</b>	7	2	1	3	1	14

Πίνακας 16. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΣΑΙΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΠΟΥ ΥΛΟΠΟΙΟΥΝ

Ο εξοπλισμός που προτείνεται για την υλοποίηση των Μεσαίων Φορέων είναι:

- Δρομολογητές Cisco 3725 & Cisco 3745
- Voice Gateways Cisco AS5350

Ο προτεινόμενος Εξοπλισμός για κάθε Μεσαίο Φορέα κατηγοριοποιείται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορία Μεσαίων Φορέων	Επικοινωνία με το Δίκτυο Διανομής	Ανάγκες σε VoIP διεπαφές	Προσφερόμενος Εξοπλισμός
<b>Κατηγορία 1</b>	2 E1	2 PRI	Cisco 3725
<b>Κατηγορία 2</b>	3 E1	2 PRI	Cisco 3725
<b>Κατηγορία 3</b>	3 E1	3 PRI	Cisco 3745
<b>Κατηγορία 4</b>	4 E1	3 PRI	Cisco 3745
<b>Κατηγορία 5</b>	4 E1	4 PRI	Cisco 3725 + AS5350

Πίνακας 17. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕΣΑΙΩΝ ΦΟΡΕΩΝ



### 4.3.2.1 Αναλυτική Παρουσίαση προσφερόμενου Δρομολογητή Μεσαίου Φορέα

Ο προσφερόμενος δρομολογητής για την διασύνδεση του Μεσαίου Φορέα στο Δίκτυο Διανομής είναι οι Cisco 3725 και Cisco 3745.

Ο Δρομολογητής Cisco 3725 είναι αρθρωτής αρχιτεκτονικής και διαθέτει δύο (2) υποδοχές για την εγκατάσταση δομοστοιχείων δικτύου (Network Modules) και τρεις (3) υποδοχές για την εγκατάσταση καρτών δικτύου (WAN Interface Cards).

Ο Δρομολογητής Cisco 3745 είναι αρθρωτής αρχιτεκτονικής και διαθέτει τέσσερις (4) υποδοχές για την εγκατάσταση δομοστοιχείων δικτύου (Network Modules) και τρεις (3) υποδοχές για την εγκατάσταση καρτών δικτύου (WAN Interface Cards).

Για την επικοινωνία με το Δίκτυο Διανομής, ο Cisco 3700 series είναι εξοπλισμένος με τον κατάλληλο αριθμό καρτών δικτύου. Η κάθε κάρτα δικτύου παρέχει ανάλογα με το επιθυμητό εύρος ζώνης μία ή δύο E1/X.21 θύρες. Επίσης είναι εξοπλισμένος με μία κάρτα δικτύου η οποία παρέχει 8 ISDN BRI θύρες. Οι BRI θύρες θα χρησιμοποιηθούν για την παροχή εναλλακτικής όδευσης προς το δίκτυο διανομής στην περίπτωση που η βασική τεθεί για κάποιο λόγο εκτός λειτουργίας αλλά και για την απομακρυσμένη διαχείριση του Δρομολογητή. Με διαφορετική κάρτα δικτύου ο προτεινόμενος Δρομολογητής μπορεί να υποστηρίξει ταχύτητες διασύνδεσης μέχρι 155 Mbps (OC-3). Επίσης είναι εξοπλισμένος με το απαραίτητο αριθμό δομοστοιχείων VoIP Gateway ανάλογα με τις ανάγκες διασύνδεσης με το τηλεφωνικό κέντρο. Διαθέτει κατάλληλο επεξεργαστή για την υποστήριξη των λειτουργιών που προδιαγράφονται και είναι εξοπλισμένος με την κατάλληλη μνήμη RAM και Flash για την πλήρη κάλυψη των αναγκών δικτύωσης.

Αναλυτικά η προτεινόμενη διάρθρωση του Cisco 3725 περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα:

Μοντέλο	Cisco 3700 Series
Ethernet Θύρες	2 x 10/100 Ethernet (RJ 45 connector)
Ικανότητα δρομολόγησης	100.000 Packets per Second (Cisco 3725) 225.000 Packets per Second (Cisco 3745)
Επεξεργαστής	MIPS RISC Processor
Θύρες Αρθρωτής Αρχιτεκτονικής	2 Network Module Slots & 3 Network Interface Card Slots (Cisco 3725) 4 Network Module Slots & 3 Network Interface Card Slots (Cisco 3745)
E1 Θύρες	Μία ή δύο WIC οι οποίες παρέχουν από 2 E1/X.21 έως 4 E1/X.21 θύρες. Ανάλογα με την κατηγορία (βλέπε Πίνακας
VoIP θύρες	Ένα ή δύο δομοστοιχεία τα οποία παρέχουν συνολικά μία έως 3 PRI θύρες. Ανάλογα με την κατηγορία (βλέπε Πίνακας 17).

<b>Μοντέλο</b>	<b>Cisco 3700 Series</b>
ISDN Data Θύρες	1 BRI θύρα (Wan Interface Card)
Flash Memory	32 MB
DRAM	128 MB
Τροφοδοτικά	1
Λογισμικό	Cisco IOS IP PLUS
Θύρα Διαχείρισης	RS- 232

Πίνακας 18. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗ ΜΕΣΑΙΟΥ ΦΟΡΕΑ

Στα λειτουργικά χαρακτηριστικά του λογισμικού Cisco IOS έκδοση 12.2.11YT, περιλαμβάνονται οι ακόλουθες δυνατότητες:

- Πλήρης υποστήριξη και δρομολόγηση TCP/IP
- Παροχή πρόσθετης ασφάλειας μέσω της δημιουργίας ιδιωτικού δικτύου δια της υποστηρίξεως του Πρωτοκόλλου NAT/PAT
- Υποστήριξη μηχανισμών αυθεντικοποίησης των χρηστών (Radius, TACACS+) και ελέγχου πακέτων (Packet filtering) για την προστασία των δικτυακών δεδομένων από τη πρόσβαση μη εξουσιοδοτημένων χρηστών
- Υποστήριξη static routes αλλά και δυναμικών πρωτοκόλλων δρομολόγησης OSPF, BGP-4.
- Υποστήριξη (Variable Length Subnet Masks) VLSM και CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
- Υποστήριξη πρωτοκόλλων για παροχή ποιότητα υπηρεσιών (QoS): Resource Reservation Protocol (RSVP), Weighted Fair Queuing (WFQ), CB-WFQ, RTP/RTCP, IP priority και header compression, IP Precedence
- Υποστήριξη του πρωτοκόλλου διαχείρισης των συσκευών του δικτύου SNMP
- Υποστήριξη VLAN (802.1Q)
- Υποστήριξη και δρομολόγηση IP Multicast.
- Υποστήριξη όλων των πρωτοκόλλων WAN: LL, FR, ISDN, x.25, ATM, T1/E1, xDSL, T3/E3, HSSI



Σχήμα 36. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ Cisco 3725

### 4.3.3 Μεγάλος Φορέας

Οι Μεγάλοι Φορείς αφορούν Φορείς του Δημοσίου με μεγάλο αριθμό υπαλλήλων. Ο Κόμβος του 'Σύζευξης' ο οποίος θα υλοποιηθεί σε κάθε Μεγάλο Φορέα θα παρέχει τις ακόλουθες υπηρεσίες διασύνδεσης:

- Επικοινωνία με Κόμβο του Δικτύου Διανομής
- Επικοινωνία με το εσωτερικό δίκτυο (LAN) του Φορέα
- Επικοινωνία με το τηλεφωνικό κέντρο του φορέα με κατάλληλο αριθμό PRA γραμμών

Στο παρακάτω σχήμα περιγράφεται το μοντέλο υλοποίησης του Κόμβου του Μεγάλου Φορέα:



Σχήμα 37. ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΟΜΒΩΝ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΟΡΕΩΝ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Οι ανάγκες δικτύωσης του Μεγάλου Φορέα με το δίκτυο Διανομής αναφορικά με το Εύρος Ζώνης (Bandwidth) ξεπερνούν τα 8 Mbps και δεν υπερβαίνουν τα 34 Mbps. Για το λόγο αυτό προτείνεται η επικοινωνία του Δρομολογητή του Μεγάλου Φορέα με το δρομολογητή του Δικτύου Διανομής διαμέσου μίας E3 γραμμής.

Οι ανάγκες επικοινωνίας του Μεγάλου Φορέα με το τηλεφωνικό κέντρο του εκτείνεται στα 5 PRI. Την επικοινωνία του δρομολογητή του Μεγάλου Φορέα με το τηλεφωνικό κέντρο την αναλαμβάνει ένας VoIP Gateway

Επίσης ο Δρομολογητής του Μεγάλου Φορέα είναι εξοπλισμένος με 8 BRI ISDN θύρες για την αποκατάσταση των βασικών IP υπηρεσιών στην περίπτωση όπου η βασική όδευση της πληροφορίας για κάποιο λόγο τεθεί εκτός λειτουργίας.

Ο εξοπλισμός που προτείνεται για την υλοποίηση του Μεγάλου Φορέα είναι:

- Δρομολογητής Cisco 7204VXR για την επικοινωνία με το Δίκτυο Διανομής
- VoIP Gateway Cisco AS5350 για την υλοποίηση των συνδέσεων με το τηλεφωνικό κέντρο.

Οι VoIP Gateway θα επικοινωνούν με τους Δρομολογητές με Fast Ethernet συνδέσεις.

Στον παρακάτω πίνακα περιγράφεται ο προτεινόμενος εξοπλισμός του Μεγάλου Φορέα:

Προτεινόμενος Εξοπλισμός Μεγάλου Φορέα								
		Δρομολογητής				Voice Gateway		Μεταγωγός
Κατηγορία Μεγάλων Φορέων	Ανάγκες σε VoIP διεπαφές	Επικοινωνία με το Δίκτυο Διανομής	ISDN Συνδέσεις	Processing Engine + Controller	Μοντέλο	Μοντέλο	VoIP Διεπαφές	
Κατηγορία 1	5 PRI	E3	8 BRI	NPE-400 + 2 10/100 Ethernet ports	Cisco 7204VXR	Cisco AS5350	5	-

Πίνακας 19. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕΓΑΛΩΝ ΦΟΡΕΩΝ

#### 4.3.3.1 Αναλυτική Παρουσίαση προσφερόμενου Εξοπλισμού Μεγάλου Φορέα

##### Δρομολογητής

Ο προσφερόμενος δρομολογητής για την διασύνδεση του Μεγάλου Φορέα στο Δίκτυο Διανομής είναι ο Cisco 7204VXR.



Σχήμα 38. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ Cisco 7200VXR

Ο Δρομολογητής Cisco 7204VXR είναι αρθρωτής αρχιτεκτονικής και διαθέτει 4 υποδοχές για την εγκατάσταση καρτών δικτύου (Port Adapters). Είναι εξοπλισμένος με μία E3/SDH θύρα για τη για την επικοινωνία με το Δίκτυο Διανομής. Με διαφορετική κάρτα δικτύου ο προτεινόμενος Δρομολογητής μπορεί να υποστηρίξει ταχύτητες διασύνδεσης μέχρι 622 Mbps (OC-12). Επίσης είναι εξοπλισμένος με μία κάρτα δικτύου η οποία παρέχει 8 ISDN BRI θύρες. Οι BRI θύρες θα χρησιμοποιηθούν για την παροχή εναλλακτικής οδού προς το δίκτυο διανομής στην περίπτωση που η βασική τεθεί για κάποιο λόγο εκτός λειτουργίας αλλά και για την απομακρυσμένη διαχείριση του Δρομολογητή. Διαθέτει κατάλληλο επεξεργαστή (NPE-400) για την υποστήριξη των λειτουργιών που προδιαγράφονται και είναι εξοπλισμένος με την κατάλληλη μνήμη RAM και Flash για την πλήρη κάλυψη των αναγκών δικτύωσης.

Συγκεκριμένα, ο προτεινόμενος δρομολογητής για όλες τις κατηγορίες έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

<b>Μοντέλο</b>	Cisco 7204VXR
Processing Engine	NPE- 400
Ethernet Θύρες	2 x 10/100 Ethernet (RJ 45 connector)
Ικανότητα δρομολόγησης	400 Kpps
Επεξεργαστής	350-MHz RM7000A RISC processor
Θύρες Αρθρωτής Αρχιτεκτονικής	4 Port Adapter slots
E3 Θύρες	1 x E3 (Port Adapter)
ISDN Data Θύρες	8 BRI θύρες (Port Adapter)
Flash Memory	48 MB
DRAM	128 MB
Τροφοδοτικά	2 (βασικό & εφεδρικό)
Λογισμικό	Cisco IOS IP
Θύρα Διαχείρισης	RS- 232

Πίνακας 20. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΦΟΡΕΑ

Ο δρομολογητής Cisco 7204VXR είναι εξοπλισμένος με το Λογισμικό IOS IP εκδόσεως 12.2.13T. Το εν λόγω λογισμικό εκτός των άλλων υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- Υποστηρίζει χαρακτηριστικά/πρωτόκολλα traffic shaping/policing όπως WFQ, CB-WFQ, CAR, RTP/RTCP, RTP priority και header compression, IP precedence και RSVP
- Υποστηρίζει πλήρων το σύνολο των TCP/IP πρωτοκόλλων
- Υποστήριξη πρωτοκόλλων NAT / PAT
- Υποστήριξη static routes και δυναμικών πρωτοκόλλων δρομολόγησης (OSPF και BGP-4)
- Υποστήριξη VLSM (Variable Length Subnet Masks) και CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
- Υποστήριξη χαρακτηριστικών ασφαλείας όπως φίλτρα, λίστες πρόσβασης (access lists) κοκ
- Υποστήριξη και δρομολόγηση IP Multicast
- Υποστήριξη 802.1q για δυνατότητα vlan στο εσωτερικό δίκτυο
- Διαχειρίζεται με SNMP και telnet.

## **Εξυπηρετητής πρόσβασης για την επικοινωνία με το τηλεφωνικό κέντρο**

Για την διασύνδεση με το τηλεφωνικό κέντρο του Μεγάλου Φορέα προτείνεται η χρήση Εξυπηρετητή Πρόσβασης ως Voice Gateway. Ανάλογα με το αριθμό των PRI που θα διασυνδεθούν καθορίζεται η ακριβής διαμόρφωση του προτεινόμενου εξοπλισμού. Το προτεινόμενο μοντέλο είναι:

### **Cisco AS5350 Universal Gateway**

Ο Cisco AS5350 Universal Gateway διαθέτει 8 ISDN PRI θύρες για την διασύνδεση είτε με τηλεφωνικό κέντρο είτε με το δημόσιο ISDN δίκτυο και 216 Voice/Data modem. Ο AS5350 μπορεί να υποστηρίξει 7 PRI συνδέσεις με τηλεφωνικό κέντρο με την χρήση 210 Universal modem.



Σχήμα 39. Ο Universal Gateway Cisco AS5350

## **Εναλλακτικές οδεύσεις διαμέσου του επιλογικού ISDN δικτύου**

Εκτός της βασικής οδευσης την πληροφορία η οποία θα υλοποιηθεί διαμέσου της E3 πόρτας που θα εγκατασταθεί στον δρομολογητή σε όλες τις προτεινόμενες λύσεις για κάθε κατηγορία Μεγάλου Φορέα, παρέχεται η δυνατότητα εναλλακτικής επικοινωνίας διαμέσου του επιλογικού ISDN δικτύου.

Το παραπάνω επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση στον δρομολογητή Cisco 7204VXR μίας κάρτας η οποία παρέχει 8 ISDN BRI θύρες

Οι διαθέσιμες ISDN BRI θύρες στους δρομολογητές, εκτός από την υλοποίηση εναλλακτικών οδεύσεων θα παρέχουν και υπηρεσίες απομακρυσμένης πρόσβασης στο δίκτυο των Μεγάλων Φορέων.

## **4.4 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά**

### **4.4.1 Γενικά**

Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί για τη διασύνδεση των μικρών, μεσαίων και μεγάλων φορέων με το επίπεδο διανομής και κατ' επέκταση με το επίπεδο κορμού του δικτύου Σύζευξης, αποτελείται από τα μοντέλα:

- Cisco 2611XM για τους μικρούς φορείς
- Cisco 3725-3745 για τους μεσαίους φορείς
- Cisco 7200VXR για του μεγάλο φορέα.

Τα παραπάνω συστήματα συνδυάζονται σε ορισμένες περιπτώσεις με συσκευές της οικογένειας Access Server (AS5350), οι οποίες λειτουργούν σαν Voice Gateways προσφέροντας την καλύτερη τεχνικοοικονομική λύση για την εξυπηρέτηση των αυξημένων αναγκών των συγκεκριμένων σημείων.

Σημειώνεται ότι ολόκληρος ο εξοπλισμός είναι της εταιρείας CISCO SYSTEMS.

Τα συγκεκριμένα μοντέλα επιλέχθηκαν γιατί και καλύπτουν τις τεχνικές προδιαγραφές που περιγράφονται στη διακήρυξη αλλά και γιατί διαθέτουν μια πληθώρα ποιοτικών χαρακτηριστικών που τα καθιστά κατάλληλα για χρήση σε ένα τόσο μεγάλο και πολύπλοκο έργο όπως είναι αυτό του 'Σύζευξης'.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δρομολογητών που προτείνονται για τους μικρούς και μεσαίους φορείς του δικτύου Σύζευξης περιγράφονται παρακάτω:

## 4.5 Επεκτασιμότητα/ Ευελιξία.

### Hardware

Σε επίπεδο Hardware η επεκτασιμότητα/ ευελιξία επιτυγχάνεται με την επιλογή συσκευών αρχιτεκτονικής δομοστοιχείων (αρθρωτή αρχιτεκτονική). Με την επιλογή συσκευών αρθρωτής αρχιτεκτονικής, είναι δυνατή η αναβάθμιση σε ζεύξεις μεγαλύτερου εύρου ζώνης και εφαρμογής νέων υπηρεσιών και τεχνολογιών με την αλλαγή/προσθήκη νέων δομοστοιχείων και καρτών και όχι με την εκ νέου αγορά δικτυακού ενεργού εξοπλισμού.

Οι προτεινόμενες συσκευές δικτύου είναι αρθρωτής (modular) αρχιτεκτονικής και χρησιμοποιούν τις ίδιες κάρτες δικτύου (Network Modules, Port Adapters & WAN Interface Cards). Το γεγονός αυτό παρέχει το πλεονέκτημα της εύκολης επέκτασης των δρομολογητών καθώς και την αναδιάρταξη τους ανάλογα με τις μελλοντικές ανάγκες του δικτύου. Από το σύνολο των υποδοχών που διαθέτει κάθε συσκευή τουλάχιστον μία ή δύο υποδοχές (κατά περίπτωση) θα παραμένουν κενές, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα για επιπλέον επέκταση ή ενίσχυση του δικτύου (π.χ. χρήση εφεδρικής γραμμής διασύνδεσης- ISDN Backup). Στους πίνακες που ακολουθούν περιγράφονται αναλυτικά οι δυνατότητες επεκτασιμότητας του προσφερόμενου δρομολογητή ανά είδος φορέα.

### 4.5.1 Μικροί Φορείς

Στους Cisco 2611XM μπορεί να εγκατασταθεί ένα μεγάλο σύνολο καρτών δικτύου (Network Modules & WAN Interface cards) και μπορεί να υποστηρίξει ταχύτητες διαδίκτυωσης μέχρι OC-3 (155 Mbps).

Κατηγορία Μεσαίων Φορέων	Δρομολογητής	Εγκατεστημένα δομοστοιχεία	Επεκτασιμότητα
<b>Κατηγορία 1</b>	Cisco 2611XM	1 WIC με μία σειριακή X.21 θύρα 1 NM με μία VoIP PRI θύρα	1 WIC slot ελεύθερο
<b>Κατηγορία 2</b>	Cisco 2611XM	1 WIC με μία σειριακή X.21 θύρα 1 NM με δύο VoIP PRI θύρες	1 WIC slot ελεύθερο

Πίνακας 21. ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ ΜΙΚΡΟΥ ΦΟΡΕΑ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

#### 4.5.2 Μεσαίοι Φορείς

Στους Cisco 3700 series μπορεί να εγκατασταθεί ένα μεγάλο σύνολο καρτών δικτύου (Network Modules & WAN Interface cards) και μπορεί να υποστηρίξει ταχύτητες διαδίκτυωσης μέχρι OC-3 (155 Mbps).

Κατηγορία Μεσαίων Φορέων	Δρομολογητής	Εγκατεστημένα δομοστοιχεία	Επεκτασιμότητα
<b>Κατηγορία 1</b>	Cisco 3725	1 WIC με δύο σειριακές X.21 θύρες 1 NM με δύο VoIP PRI θύρες 1 WIC με μία ISDN BRI θύρα	1 WIC slot ελεύθερο 1 NM slot ελεύθερο
<b>Κατηγορία 2</b>	Cisco 3725	2 WIC με τρεις σειριακές X.21 θύρες 1 NM με δύο VoIP PRI θύρες 1 WIC με μία ISDN BRI θύρα	1 NM slot ελεύθερο
<b>Κατηγορία 3</b>	Cisco 3745	2 WIC με τρεις σειριακές X.21 θύρες 2 NM με τρεις VoIP PRI θύρες 1 WIC με μία ISDN BRI θύρα	2 NM slots ελεύθερα
<b>Κατηγορία 4</b>	Cisco 3745	2 WIC με τέσσερις σειριακές X.21 θύρες 2 NM με τρεις VoIP PRI θύρες 1 WIC με μία ISDN BRI θύρα	2 NM slots ελεύθερα
<b>Κατηγορία 5</b>	Cisco 3725	2 WIC με τέσσερις σειριακές X.21 θύρες 1 WIC με μία ISDN BRI θύρα	2 NM slots ελεύθερα

Πίνακας 22. ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ ΜΕΣΑΙΟΥ ΦΟΡΕΑ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

Τα δομοστοιχεία (Network Modules & WAN Interface Cards) για τους δρομολογητές Μικρού & Μεσαίου Φορέα είναι κοινά.

#### 4.5.3 Μεγάλοι Φορείς

Στους Cisco 7204VXR μπορεί να εγκατασταθεί ένα μεγάλο σύνολο καρτών δικτύου (Port Adapters) και μπορεί να υποστηρίξει ταχύτητες διαδίκτυωσης μέχρι OC-12 (622 Mbps).

Κατηγορία Μεγάλων Φορέων	Δρομολογητής	Εγκατεστημένα δομοστοιχεία	Επεκτασιμότητα
<b>Κατηγορία 1</b>	Cisco 7204VXR	1 PA με μία E3 θύρα 1 PA με οκτώ ISDN BRI θύρες	2 PA slot ελεύθερο

Πίνακας 23. ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ ΜΕΓΑΛΟΥ ΦΟΡΕΑ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ



## 4.6 Λογισμικό

Σε επίπεδο λογισμικού η επεκτασιμότητα/ ευελιξία επιτυγχάνεται με τον εμπλουτισμό του εξοπλισμού με “ευφυείς τεχνολογίες” και η ενημέρωση με νέες εκδόσεις του λογισμικού. Οι εν λόγω τεχνολογίες είναι απαραίτητες για την εύκολη συντήρηση του δικτύου, την ανάπτυξη νέων εφαρμογών, την εφαρμογή μηχανισμών ασφαλείας όσο και για την εύκολη ανάπτυξη του δικτύου παράλληλα με την αύξηση των αναγκών σε εύρος ζώνης. Σχετικά με την ενημέρωση του λογισμικού, στο δυναμικό περιβάλλον των σύγχρονων πρωτοκόλλων δικτύων δημιουργείται η ανάγκη συνεχούς ενημέρωσης και αναβάθμισης του λογισμικού με νέες βελτιωμένες εκδόσεις προκειμένου αυτό να παραμείνει το κορυφαίο λογισμικό σε απαιτητικά περιβάλλοντα δικτύων. Ο προσφερόμενος δικτυακός εξοπλισμός παρέχει υπηρεσίες αναβαθμίσεως, διάρθρωσης, διανομής και εγκατάστασης των νέων εκδόσεων του λογισμικού.

## 4.7 Λειτουργικό σύστημα.

Το λειτουργικό σύστημα των συσκευών είναι το Cisco IOS το οποίο αποτελεί την κοινή πλατφόρμα λογισμικού για όλους τους δρομολογητές και Voice Gateways της εταιρείας. Το IOS λογισμικό είναι το πιο ευρέως εγκατεστημένο λογισμικό δικτυακών συστημάτων στον κόσμο. Η τεχνολογία που παρέχει το Cisco IOS λογισμικό, έχει οδηγήσει και οδηγεί την δημιουργία ανοικτών δικτυακών πρωτοκόλλων και έχει βασικό ρόλο σε οργανισμούς όπως IETF, IEEE, Optical Internet Working Forum, ATM Forum, Frame Relay Forum and DSL Forum. Μέσα από το Cisco IOS Technologies υποστηρίζονται πάνω από 15.000 χαρακτηριστικά και πρωτόκολλα, για την υλοποίηση και την διαχείριση πολύπλοκων δικτυακών υπηρεσιών.

Το λογισμικό IOS εξοπλίζει όλες τις προσφερόμενες δικτυακές πλατφόρμες της Cisco Systems στα πλαίσια του διαγωνισμού παρέχοντας κοινές λειτουργίες σε όλες τις συσκευές και κοινό command-line interface (CLI) για την διαμόρφωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού. Το Cisco IOS λογισμικό είναι το λογισμικό δικτυακών συστημάτων διαμέσου του οποίου θα υλοποιηθούν όλα εκείνα τα ‘έξυπνα’ χαρακτηριστικά για την υποστήριξη των επιθυμητών δικτυακών υπηρεσιών.

## 4.8 Ασφάλεια (Security).

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των δρομολογητών της Cisco είναι η ασφάλεια που παρέχουν, τόσο σε επίπεδο επικοινωνίας όσο και σε επίπεδο πρόσβασης στον ίδιο τον δρομολογητή.

Το αρχικό επίπεδο φυσικής προστασίας, το οποίο είναι κοινό για όλο τον εξοπλισμό, είναι η πρόταση τοποθέτησης των συσκευών σε κριώματα τα οποία διαθέτουν πόρτα με κλειδαριά ασφαλείας μπροστινό μέρος τους. Με τον τρόπο αυτό προστατεύονται από τις φυσικές φθορές αλλά περιορίζεται και η φυσική πρόσβαση στις συσκευές καθώς μπορούν να έχουν πρόσβαση μόνο άτομα που θα διαθέτουν το κλειδί του κριώματος.

Στη συνέχεια τα πολλαπλά επίπεδα ασφαλείας και ελέγχου σε επίπεδο κονσόλας των συστημάτων, απαγορεύουν σε μη εξουσιοδοτημένους χρήστες να αποκτήσουν πρόσβαση στο menu και τις ρυθμίσεις των συσκευών. Στους προσφερόμενους δρομολογητές ισχύουν οι βασικές αρχές ασφαλείας που ισχύουν για όλα τα δικτυακά συστήματα αλλά κυρίως λόγω της ιδιομορφίας της λειτουργίας τους (επικοινωνούν με τον εξωτερικό κόσμο και είναι πιο ευάλωτες σε εξωγενείς παράγοντες), διαθέτουν επιπλέον χαρακτηριστικά.

Οι δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά των συσκευών, προστατεύουν τις ίδιες τις συσκευές και παράλληλα αποτρέπουν τους κακόβουλους χρήστες από το να διεισδύσουν στο εσωτερικό του δικτύου και να προκαλέσουν προβλήματα όπως είναι η αλλαγή στις ρυθμίσεις των συστημάτων ή η υποκλοπή πληροφοριών.

Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η υποστήριξη Access lists, violation logging, Remote Access Dial-In User Service (RADIUS), Kerberos V, και TACACS+ με authentication, authorization και accounting (AAA). Επιπλέον όλοι οι προτεινόμενοι δρομολογητές έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας εικονικών ιδιωτικών δικτύων (με αναβάθμιση των λειτουργικών τους συστημάτων). Στις συνδέσεις αυτές μπορούν να εφαρμοστούν τεχνικές κρυπτογράφησης με αλγόριθμους όπως IPSec DES και Triple DES.

#### **4.9 Εφεδρικήτητα (Redundancy).**

Επειδή ο δρομολογητής κάθε φορά αποτελεί τη σημαντικότερη συσκευή για την επικοινωνία του με το υπόλοιπο δίκτυο, θα πρέπει να παρέχει εφεδρικήτητα έτσι ώστε σε περιπτώσεις αστοχίας να επηρεάζεται το λιγότερο δυνατό η επικοινωνία με το υπόλοιπο δίκτυο. Σημειώνεται ότι ένα μεγάλο ποσοστό βλαβών οφείλεται στα τροφοδοτικά συστήματα και για αυτό το λόγο οι δρομολογητές της Cisco Systems που θα χρησιμοποιηθούν στους μικρούς και μεσαίους φορείς παρέχουν τη δυνατότητα σύνδεσης με εφεδρικά τροφοδοτικά συστήματα.

Επίσης προτείνεται και η χρήση συστήματος αδιάλειπτης παροχής ισχύος (UPS) έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία της συσκευής ακόμα και σε περιπτώσεις προβληματικής ηλεκτρικής τροφοδοσίας του εξοπλισμού.

#### **4.10 Αξιοπιστία.**

Το γεγονός ότι οι παραπάνω δρομολογητές προέρχονται από το μεγαλύτερο κατασκευαστή δικτυακών προϊόντων (Cisco Systems) μεγιστοποιεί την αξιοπιστία τους ενώ η συνεχής ανάπτυξη νέων προϊόντων από το συγκεκριμένο κατασκευαστή διασφαλίζει την αρχική επένδυση.

#### **4.11 Ομοιογένεια.**

Ένα επίσης βασικό πλεονέκτημα των προτεινόμενων συστημάτων είναι η ομοιογένεια που παρουσιάζουν καθώς πολλά από τα δομικά τους στοιχεία είναι κοινά, όπως επίσης και το λειτουργικό σύστημα επάνω στο οποίο στηρίζονται.

Γενικότερα, δίκτυα που βασίζονται σε ομοιογενή εξοπλισμό χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα ευέλικτα με μεγάλες προοπτικές επέκτασης.

Τα βασικά πλεονεκτήματα συνοψίζονται παρακάτω:

- Η διαχείριση του δικτύου γίνεται με ευκολία καθώς όλα τα συστήματα υποστηρίζονται από κοινή πλατφόρμα διαχείρισης. Η παρακολούθηση και η επόπτευση του δικτύου μπορεί να γίνεται χρησιμοποιώντας επιμέρους εφαρμογές, που ανήκουν όμως στον ίδιο κατασκευαστή.
- Δεν τίθενται θέματα διαλειτουργικότητας και βέλτιστης επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών με συνέπεια την απροβλημάτιστη υιοθέτηση νέων τεχνολογιών.
- Κοινό λογισμικό δικτυακών συστημάτων (IOS). Το λογισμικό IOS εξοπλίζει όλες τις προσφερόμενες δικτυακές πλατφόρμες της Cisco Systems παρέχοντας κοινές λειτουργίες σε όλες τις συσκευές και κοινό command-line interface (CLI) για την διαμόρφωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού.
- Δεν τίθενται θέματα πιθανής ασυμβατότητας σε νέες και προηγμένες τεχνολογίες. Οι βασικές αναβαθμίσεις είναι κοινές σε ολόκληρη την κατηγορία δρομολογητών της Cisco μέσω του προσφερόμενου IOS λογισμικού.

- Η επεκτασιμότητα του δικτύου (δηλ. η δυνατότητα επέκτασης χρησιμοποιώντας τις υφιστάμενες υποδομές), καθίστανται αρκετά εύκολη διαδικασία καθώς είναι βέβαιη η διαλειτουργικότητά του με τυχόν νέο εξοπλισμό.
- Η συντήρηση και γενικότερα ο προγραμματισμός των συσκευών δεν αποτελεί σημαντικό overhead σε άτομα που θα κληθούν να υποστηρίξουν το δίκτυο.

Η παρακολούθηση των εξελίξεων στην κατασκευάστρια εταιρία (νέα προϊόντα, νέες δυνατότητες) καθώς και η αξιολόγηση της εφαρμογής αυτών στο δίκτυο γίνεται αρκετά εύκολη.

## 4.12 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

### 4.12.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έργο «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» στο σύνολο του στόχο έχει τη παροχή τηλεπικοινωνιακών και τηλεματικών υπηρεσιών στους Φορείς του Ελληνικού Δημοσίου, οι ανάγκες των οποίων περιλαμβάνουν προηγμένες υπηρεσίες δεδομένων, φωνής και εικόνας. Ολόκληρο το δίκτυο αποτελείται από Κλειστά Ιδεατά Δίκτυα (VPNs) με περίπου 1800 σημεία παρουσίας συνολικά.

Στο Έργο «ΣΥΖΕΥΞΙΣ» η Ελληνική Επικράτεια έχει χωριστεί σε έξι (6) «τηλεπικοινωνιακά διαμερίσματα» που αναφέρονται ως *Νησίδες (Υποέργα 1-6)*. Όλες οι νησίδες ενώνονται μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου κορμού. Κατ' αυτό τον τρόπο, τα περίπου 1800 σημεία-Φορείς του Έργου μοιράζονται σε 6 τηλεπικοινωνιακές νησίδες και επικοινωνούν διαφανώς μεταξύ τους μεταξύ των υποδομών των διαφορετικών νησίδων και του δικτύου κορμού.

- **Υπηρεσίες Ανάπτυξης Δικτύου Πρόσβασης**
  1. Διαχείριση Έργου (Project Management),
  2. Εκπόνηση Μελέτης Εφαρμογής (High Level Design),
  3. Παραμετροποίηση Ενεργού Εξοπλισμού Δικτύου Πρόσβασης (Staging and Configuration),
  4. Εγκατάσταση Ενεργού Εξοπλισμού Δικτύου Πρόσβασης (Installation and Roll Out).
  5. Υπηρεσία Ελέγχων και Δοκιμών Δικτύου Πρόσβασης (Acceptance Tests).

Παρακάτω περιγράφονται οι υπηρεσίες Υλοποίησης για τον ενεργό εξοπλισμό του δικτύου πρόσβασης της συγκεκριμένης Νησίδας.

## 4.13 ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

### Σκοπός

Οι υπηρεσίες Υλοποίησης του Δικτύου Πρόσβασης Νησίδας αφορούν στην σχεδίαση, παραμετροποίηση, εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία τού απαραίτητου ενεργού δικτυακού εξοπλισμού, για τους φορείς της συγκεκριμένης νησίδας.

#### 4.13.1 Παραμετροποίηση (Staging)

Αναλαμβάνοντας την υπηρεσία παραμετροποίησης του ενεργού εξοπλισμού του δικτύου πρόσβασης, θα πρέπει να γίνει ο κατάλληλος έλεγχος και να πιστοποιηθεί η ολοκληρωμένη λύση κατά την διάρκεια της φάσης σχεδίασης (Low Level Design), σε εργαστηριακό περιβάλλον. Ειδικότερα κατά την διάρκεια της υπηρεσίας παραμετροποίησης γίνεται παραμετροποίηση του εξοπλισμού του δικτύου πρόσβασης ελέγχοντας τα παρακάτω:

- τις συσκευές για τυχόν λάθη υλικού που ξέφυγαν κατά την διάρκεια της βιομηχανικής παραγωγής ή κατά την διάρκεια της μεταφοράς,
- τις λειτουργίες επικοινωνίας μεταξύ των δικτυακών συσκευών σε σχέση με την λύση που έχει δοθεί, για τυχόν λάθη στο λογισμικό,
- τις παραμετροποιήσεις που έχουν καθοριστεί κατά την φάση σχεδίασης, για να διορθωθούν λάθη σχεδίασης πριν την εγκατάσταση και λειτουργία των μηχανημάτων σε πραγματικό περιβάλλον.

Επίσης, κατά την παραμετροποίηση του εξοπλισμού του δικτύου πρόσβασης πρέπει να δοθούν λύσεις σε τυχόν προβλήματα λογισμικού, που πιθανόν να εντοπιστούν, είτε με επιδιόρθωση τους, είτε εγκαθιστώντας νέα έκδοση του λογισμικού. Όλοι οι παραπάνω έλεγχοι αποσκοπούν στην πιο γρήγορη και απρόσκοπτη εγκατάσταση των μηχανημάτων στο πραγματικό περιβάλλον.

#### 4.13.2 Εγκατάσταση (Installation and Commissioning)

Με την υπηρεσία εγκατάστασης γίνεται η εγκατάσταση του ενεργού εξοπλισμού του δικτύου πρόσβασης στους τελικούς χώρους των φορέων (PoP – Point of Presence των Φορέων), καθώς και τον έλεγχο των βασικών λειτουργιών των μηχανημάτων έτσι ώστε να επιβεβαιωθεί η επιχειρησιακή ετοιμότητα των μηχανημάτων.

Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, οι μηχανικοί εκτελούν την προαναφερθείσα εγκατάσταση, χρησιμοποιώντας το NIP (Network Implementation Plan), το οποίο έχει ήδη ετοιμαστεί κατά την διάρκεια της φάσης παραμετροποίησης.

Επισημαίνεται ότι για την ομαλή λειτουργία των ενεργών συσκευών του δικτύου, δεν απαιτούνται ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος, πέραν αυτών που ισχύουν για όλες τις συσκευές αυτού του τύπου ανεξαρτήτως κατασκευαστή, δηλαδή λειτουργία σε χώρο κατά προτίμηση κλιματιζόμενο και σχετικά απροσπέλαστο από σκόνη και μικροσωματίδια (Συνθήκες γραφείου).

Έπειτα πρέπει να ειδοποιηθεί ο Υπεύθυνος Δικτύου Πρόσβασης του **ΟΤΕ** για την ημερομηνία που προτίθεται να παραδώσει τον εξοπλισμό, καθώς και για την ημερομηνία έναρξης των εργασιών υλοποίησης του δικτύου.

Ο Υπεύθυνος Δικτύου Πρόσβασης του **ΟΤΕ σε συνεργασία με την ΚτΠ Α.Ε.** θα πρέπει να φροντίσει για την παροχή όλων των απαραίτητων διευκολύνσεων, όπως η δυνατότητα πρόσβασης στους χώρους που θα εγκατασταθούν τα υπό προμήθεια είδη, ούτως ώστε να μην υπάρξει καθυστέρηση στην έναρξη και στην πορεία υλοποίησης του έργου.

Επίσης όποτε χρειάζεται θα πρέπει οι χώροι που θα γίνουν οι εγκαταστάσεις να παραμένουν ανοικτοί και προσβάσιμοι και μετά το ωράριο εργασίας και να είναι παρόν κάποιος υπεύθυνος.

## 4.13.3 Παραδοτέα – Τεκμηρίωση ανά φάση

Κάθε μία από τις παραπάνω υπηρεσίες ολοκληρώνεται με την παράδοση και την σχετική έγκριση τεκμηριωμένων εκθέσεων προς τον **ΟΤΕ** και την **ΚτΠ Α.Ε.**. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα παραδοτέα των φάσεων των υπηρεσιών ανάπτυξης:

Φάση	Τίτλος τεκμηριωμένων κειμένων	Περιγραφή Παραδοτέων
Επικαιροποίηση Απαιτήσεων Πελάτη - Εκπόνηση Μελέτης Εφαρμογής (High Level Design)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High Level Design Document</li> <li>• Site Requirements Survey, Site Survey Form</li> <li>• Project Plan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μελέτη Εφαρμογής</li> </ul>
Παραμετροποίηση (Staging)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Network Staging Plan</li> <li>• Network Implementation Plan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σχέδιο Παραμετροποίησης</li> <li>• Σχέδιο Εγκατάστασης</li> <li>• Έγγραφο Ελέγχων Αποδοχής</li> </ul>
Εγκατάσταση (Installation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commissioning Tests</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αναφορές Ολοκλήρωσης Δοκιμών ανά κόμβο</li> </ul>
Έλεγχοι Αποδοχής	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completed NRFU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αναφορά Ολοκλήρωσης Δοκιμών Δικτύου</li> </ul>

Πίνακας 24. ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όσον αφορά τη συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία που εκπόνησα ήταν πολύ σημαντική για μένα η περισσότερη εμβάθυνση σε κάποια πιο ειδικά θέματα δικτύων σε σχέση με το πρακτικό μέρος με το οποίο και απασχολούμαι ήδη. Κατάφερα να κατανοήσω καλύτερα τις δύο σημαντικές αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται το TCP/IP και το OSI. Επίσης, έδωσα αρκετό βάρος σε σχέση με τα θέματα δρομολόγησης κυρίως σε routers. Βέβαια , κατάφερα να κατοήσω επίσης καλύτερα τις διάφορες συσκευές που χρησιμοποιούνται για ένα δίκτυο. Τέλος , υπάρχει η παρουσίαση ενός τμήματος του έργου «Σύζευξις» με το οποίο και απασχολούμαι στην εταιρία που εργάζομαι.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1)CCNA 1 AND 2

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Cisco Systems Inc. , “Cisco Networking Academy Programm”

ΕΚΔΟΤΗΣ: Cisco Press

ΕΤΟΣ ΕΚΔΟΣΗΣ: 2004

2)CCNA 3 AND 4

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Cisco Systems Inc. , “Cisco Networking Academy Programm”

ΕΚΔΟΤΗΣ: Cisco Press

ΕΤΟΣ ΕΚΔΟΣΗΣ: 2003

3)ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Αλεξόπουλος Άρης, Λαγογιάννης Γιώργος

ΕΚΔΟΤΗΣ: Αυτοέκδοση

ΕΤΟΣ ΕΚΔΟΣΗΣ: 2003 6<sup>η</sup> ΕΚΔΟΣΗ

4)ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ INTERNET

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Commer, Douglas E.

ΕΚΔΟΤΗΣ: Κλειδάριθμος

ΕΤΟΣ ΕΚΔΟΣΗΣ: 2002

5)ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: Tanenbaum, Andrews

ΕΚΔΟΤΗΣ: Κλειδάριθμος

ΕΤΟΣ ΕΚΔΟΣΗΣ: 2003

6)ΤΕΧΝΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ INTRACOM TELECOM (manuals, data sheets)

## ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1)www.cisco.com

2)www2.syzefxis.gov.gr

3)pilot.syzefxis.gov.gr

4)en.wikipedia.org

5)www.bgp4.as

6)www.ipv6.org

