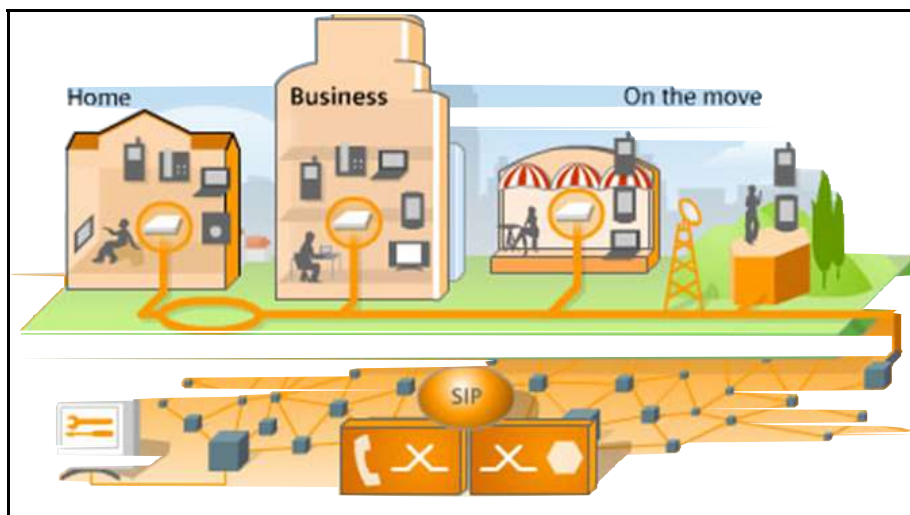


UNIVERSITY OF MACEDONIA  
MASTER INFORMATION SYSTEMS

“Networking Technologies”  
Professors: A.A. Economides & A. Pomportsis

*Mobile Networks – MANET, etc*



Author:

Gkarafli Stamati (9/05)

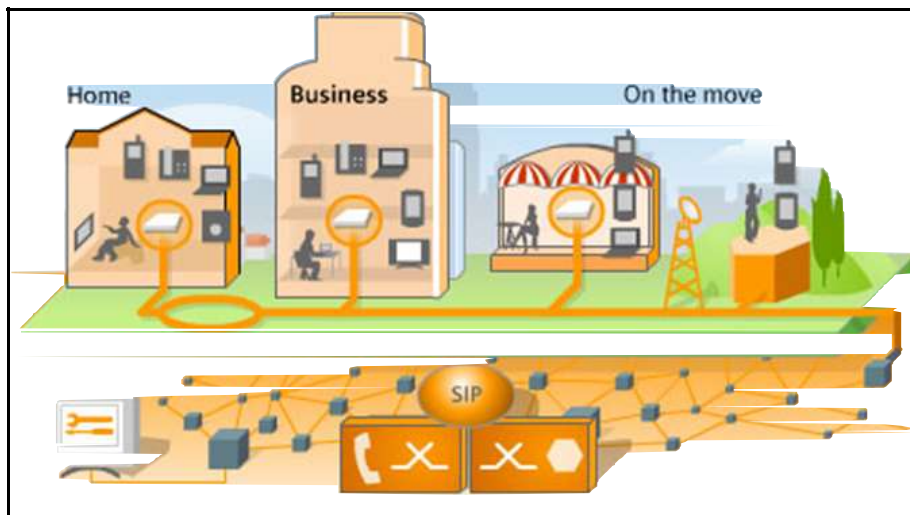
Thessalonica February 2006

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

## ΠΜΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

“Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων”  
Καθηγητές: Α.Α. Οικονομίδης & Α. Πομπόρτσης

*Mobile Networks – MANET, etc*



Επιμέλεια:

Γκαραφλή Σταματή (9/05)

Θεσσαλονίκη Φεβρουάριος 2006

ABSTRACT

In recent years a sector of technology that is developed very fast is that of wireless **mobile networks**, that is to say, the networks in which also nodes are not constant, but they move. So the transmission technologies that can be used in such a network are the technology infra red, the technology of radio frequencies and the technology of microwaves.

From the other hand, we will deal more with the **Mobile Ad-hoc Networks (MANET)** that are networks in which not only their nodes, but also their access points, move in the network. MANET has a lot of applications today, as educational, military, commercial, in the NANs, or in the sector of Disaster Management.

Thus therefore, are described particularly analytically, the routing protocols in such networks, which are separated in three categories: **table-driven**, **demand-driven** and **hybrid** protocols. In the first category belong the protocols DSDV, WRP and CGSR, in second the AODV, DSR, TORA, CBRP, ABR and SSR, while in third belongs protocol ZRP.

In the end there is a reference to **Wireless ATM** networks, which use the architecture of the ATM, but support also the mobility of nodes, and in the architecture of **CDPD**, which is the most acceptable solution, for land, wireless and mobile communication, compatible with the protocol TCP/IP.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Τα τελευταία χρόνια ένας τομέας της τεχνολογίας που αναπτύσσεται πολύ γρήγορα είναι αυτός των ασύρματων **κινητών δικτύων**, δηλαδή τα δίκτυα στα οποία οι κόμβοι

δεν είναι σταθεροί, αλλά κινούνται. Οι τεχνολογίες μετάδοσης λοιπόν που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα τέτοιο δίκτυο είναι η τεχνολογία υπερύθρων, η τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων και η τεχνολογία των μικροκυμάτων.

Από την άλλη εμείς θα ασχοληθούμε περισσότερο με τα *Mobile Ad-hoc Networks (MANET)*, τα οποία είναι δίκτυα στα οποία δεν κινούνται μόνο οι κόμβοι τους, οι οποίοι επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους, αλλά και τα access points του δικτύου. Τα MANET έχουν πολλές εφαρμογές σήμερα, όπως εκπαιδευτικές, στρατιωτικές, εμπορικές, στα NANs, ή στον τομέα του Disaster Management.

Έτσι λοιπόν, περιγράφονται ιδιαίτερα αναλυτικά, τα πρωτόκολλα δρομολόγησης των δικτύων αυτών, τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τα *table-driven*, τα *demand-driven* και τα *hybrid* πρωτόκολλα. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα πρωτόκολλα DSDV, WRP και CGSR, στη δεύτερη τα AODV, DSR, TORA, CBRP, ABR και SSR, ενώ στην τρίτη ανήκει το πρωτόκολλο ZRP.

Τελειώνοντας γίνεται μια αναφορά στα *Ασύρματα ATM* δίκτυα, τα οποία χρησιμοποιούν την αρχιτεκτονική ATM, αλλά υποστηρίζουν και την κινητικότητα των κόμβων, και στην αρχιτεκτονική *CDPD*, η οποία είναι η πιο αποδεκτή λύση, για επίγεια, ασύρματη και κινητή επικοινωνία, συμβατή με το πρωτόκολλο TCP/IP.

## CONTENTS

1. INTRODUCTION.....	6
2. TRANSMISSION TECHNOLOGIES.....	7

3. MANET CHARACTERISTICS.....	8
4. MANET APPLICATIONS.....	9
5. ROUTING PROTOCOLS.....	10
5.1. Table – Driven Routing Protocols.....	10
a) Destination Sequenced Distance Vector Routing (DSDV).....	11
b) Wireless Routing Protocol (WRP).....	11
c) Clusterhead Gateway Switch Routing (CGSR).....	12
5.2. Demand – Driven Routing Protocols.....	13
a) Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV).....	14
b) Dynamic Source Routing (DSR).....	15
c) Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA).....	16
d) Cluster Based Routing Protocol (CBRP).....	18
e) Associativity Based Routing (ABR).....	18
f) Signal Stability Routing (SSR).....	20
5.3. Hybrid protocols (ZRP).....	21
6. WIRELESS ATM (WATM).....	22
7. CELLULAR DIGITAL PACKET DATA (CDPD).....	23
8. CONCLUSIONS.....	24
9. BIBLIOGRAPHY.....	25

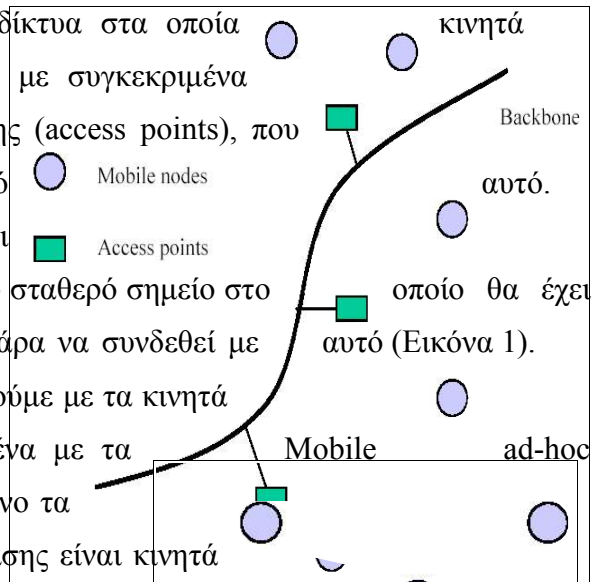
**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	7
3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ MANET.....	8
4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ MANET.....	9
5. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	10
5.1. Table – Driven Routing Protocols.....	10
a) Destination Sequence Distance Vector Routing (DSDV).....	11
b) Wireless Routing Protocol (WRP).....	11
c) Clusterhead Gateway Switch Routing (CGSR).....	12
5.2. Demand – Driven Routing Protocols.....	13
a) Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV).....	14
b) Dynamic Source Routing (DSR).....	15
c) Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA).....	16
d) Cluster Based Routing Protocol (CBRP).....	18
e) Associativity Based Routing (ABR).....	18
f) Signal Stability Routing (SSR).....	20
5.4. Hybrid protocols (ZRP).....	21
6. WIRELESS ATM (WATM).....	22
7. CELLULAR DIGITAL PACKET DATA (CDPD).....	23
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	24
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	25

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα ασύρματα δίκτυα έκαναν την εμφάνισή τους τη δεκαετία του 1970 και από τότε καθώς περνάνε τα χρόνια έχουν όλο και μεγαλύτερη εξάπλωση. Αυτό έγινε ιδιαίτερα αντιληπτό την προηγούμενη δεκαετία, κατά την οποία τα ασύρματα δίκτυα μπόρεσαν να υποστηρίξουν και την κινητικότητα των κόμβων τους. Δημιουργήθηκαν έτσι δύο διαφορετικά είδη ασύρματων δικτύων: τα σταθερά ασύρματα (fixed wireless) και τα κινητά ασύρματα (mobile wireless).

Τα σταθερά ασύρματα δίκτυα είναι δίκτυα στα οποία κινητά τερματικά (mobile nodes) συνδέονται με συγκεκριμένα γνωστά και σταθερά σημεία πρόσβασης (access points), που βρίσκονται σε συγκεκριμένη ακτίνα από αυτό. Καθώς λοιπόν το τερματικό μετακινείται προσπαθεί να βρει κάθε φορά, ένα άλλο σταθερό σημείο στο οποίο θα έχει πρόσβαση με καλύτερη απόδοση, και άρα να συνδεθεί με αυτό (Εικόνα 1). Από τη άλλη πλευρά εμείς θα ασχοληθούμε με τα κινητά ασύρματα δίκτυα, και πιο συγκεκριμένα με τα Mobile ad-hoc Networks (MANET), στα οποία όχι μόνο τα τερματικά, αλλά και τα σημεία πρόσβασης είναι κινητά



και δεν απαιτούν κάποια συγκεκριμένη υποδομή για την υποστήριξη τους (Εικόνα 2). Στη συγκεκριμένη περίπτωση όλοι οι κόμβοι μπορούν να μετακινηθούν και να συνδεθούν δυναμικά, ενώ οι κόμβοι που λειτουργούν ως δρομολογητές έχουν ως σκοπό να ανακαλύπτουν και να διατηρούν τις διαδρομές με τους άλλους κόμβους. Εάν όλοι οι κόμβοι είναι μέσα στο εύρος μετάδοσης όλων των άλλων τότε η δρομολόγηση είναι εύκολη, καθώς κάθε κόμβος μπορεί να ακούει κάθε κόμβο.

Αυτό όμως τις περισσότερες φορές είναι ανέφικτο, και ως εκ τούτου τα ad-hoc δίκτυα, στο μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι multi-hop. Με τον τρόπο αυτό, δηλαδή κάθε κόμβος δέχεται μηνύματα από όλους τους γειτονικούς του κόμβους, και τα μεταδίδει σε άλλους γειτονικούς, ώστε να είναι δυνατή η δρομολόγηση του κάθε πακέτου [B1][B4][Δ1][Δ2].

**2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ**

Για τη μετάδοση της πληροφορίας στα δίκτυα όπου η ζεύξη μεταξύ των κόμβων τους είναι ασύρματη, και άρα και στα κινητά δίκτυα, με τα οποία ασχολούμαστε, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τρεις τεχνολογίες μετάδοσης [Δ3]:

- ✓ **Τεχνολογία Υπερύθρων (Infrared - IR):** η οποία χρησιμοποιεί για τη μετάδοση της πληροφορίας την υπέρυθη ακτινοβολία. Η τεχνολογία αυτή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη και γνωστή σε κάθε άνθρωπο σήμερα, αφού είναι η τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε οικιακές συσκευές, όπως π.χ. τα τηλεχειριστήρια των τηλεοράσεων, βίντεο ή ραδιοφωνικών συστημάτων.
- ✓ **Τεχνολογία Ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency - RF):** η οποία χρησιμοποιείται όταν υπάρχει ανάγκη μετάδοσης δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις, ή σε αποστάσεις οι οποίες δεν βρίσκονται σε οπτική επαφή μεταξύ τους (κάτι που υλοποιείται, όπως αναφέραμε πιο πάνω, με την τεχνολογία των υπερύθρων).
- ✓ **Τεχνολογία Μικροκυμάτων (Microwave – Mw):** Σε συχνότητες πάνω από  $10^8$  Hz (0,1GHz) τα κύματα ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή και γι' αυτό μπορούν να εστιάσουν. Τα συστήματα μικροκυμάτων χρησιμοποιούν τις χαμηλότερες Gigahertz συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων μικροκυμάτων:
  - ◆ τα επίγεια (Terrestrial) και
  - ◆ τα δορυφορικά (Satellite).

Αμέσως παρακάτω παρουσιάζεται ο Πίνακας 1, ο οποίος περιλαμβάνει τα βασικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών μετάδοσης που έχουν περιγράψει πιο πάνω:

**Πίνακας 1:** Τεχνολογίες Μετάδοσης



	Radio Frequency	Microwave	Infrared
Frequency	902MHz to 928 MHz ; 2.4 GHz to 2.4385 GHz ; 5.725 GHz to 5.825 GHz	18.825 GHz to 19.205 GHz	$3 \times 10^{14}$ Hz
Maximum coverage	105 to 800 feet, or up to 50,000 square feet	40 to 130 feet, or up to 5000 square feet	30 to 80 feet
Line of sight required	No	No	Yes
Transmit power	Less than 1 W	25 mW	N/A
License required	No	Yes	No
Interbuilding use	Possible with antenna	No	Possible
Rated speed (% of 10 Mbps wire)	20% to 50%	33%	50% to 100%

### **3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ MANET**

Τα MANET, όπως και κάθε άλλου είδους δίκτυο έχει ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία είναι απαραίτητο να αναφέρουμε και να σχολιάσουμε:

- 1) ***Δεν υπάρχει καλωδίωση:*** όπως είναι φυσικό αφού μιλάμε για κινητό δίκτυο, δεν υπάρχουν καλώδια, γεγονός που κάνει πολύ φτηνή την εγκατάστασή του.
- 2) ***Δυναμική τοπολογία:*** όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ένα MANET αποτελείται από πολλούς κόμβους οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται συνεχώς. Με τον τρόπο αυτό λοιπόν ανά πάσα στιγμή η τοπολογία του δικτύου καθώς και οι δεσμοί ανάμεσα στους κόμβους, μπορούν να αλλάζουν, με αποτέλεσμα κάθε φορά να έχουμε και μια διαφορετική τοπολογία.
- 3) ***Περιορισμένη ασφάλεια σε φυσικό επίπεδο:*** παρόλο που σήμερα χρησιμοποιούνται σε μεγάλο ποσοστό στα κινητά δίκτυα σχεδόν όλες οι μέθοδοι ασφαλείας που υπάρχουν, αυτά παραμένουν ευάλωτα σε φυσικές απειλές, κάτι που δεν παρατηρείται τόσο πολύ στα κλασικά ενσύρματα δίκτυα.
- 4) ***Κόμβοι με περιορισμένη κατανάλωση ενέργειας:*** πολλοί, αν όχι όλοι οι κόμβοι σε ένα MANET, στηρίζονται σε μπαταρίες. Για το λόγο αυτό η ενέργεια που είναι δυνατόν να καταναλωθεί είναι περιορισμένη, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα η διαχείρισή της να αποτελεί μείζων θέμα για τη βελτιστοποίηση του όλου συστήματος.

- 5) **Περιορισμένο εύρος ζώνης:** εκτός από την περιορισμένη ενέργεια που διατίθεται σε ένα δίκτυο MANET, περιορισμοί υπάρχουν και όσον αφορά το εύρος ζώνης του, κάτι που μαζί με την χαμηλή του χωρητικότητα δημιουργούν στις περισσότερες περιπτώσεις προβλήματα συμφόρησης στο δίκτυο [Δ4].

#### **4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ MANET**

Τα δίκτυα MANET λόγω της κινητικότητάς τους, και άρα και της δυναμικής τους τοπολογίας είναι πολύ χρήσιμα σε πολλές περιπτώσεις, και μάλιστα τόσο πολύ που αρκετές φορές παραβλέπουμε τα μειονεκτήματα που παρουσιάσαμε. Ένα τέτοιο δίκτυο λοιπόν είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιπτώσεις που η σταθερή δομή δεν υφίσταται ή είναι ανεπαρκής ή έχει καταστραφεί. Μερικές λοιπόν από τις εφαρμογές ενός τέτοιου δικτύου είναι οι παρακάτω [B1]:

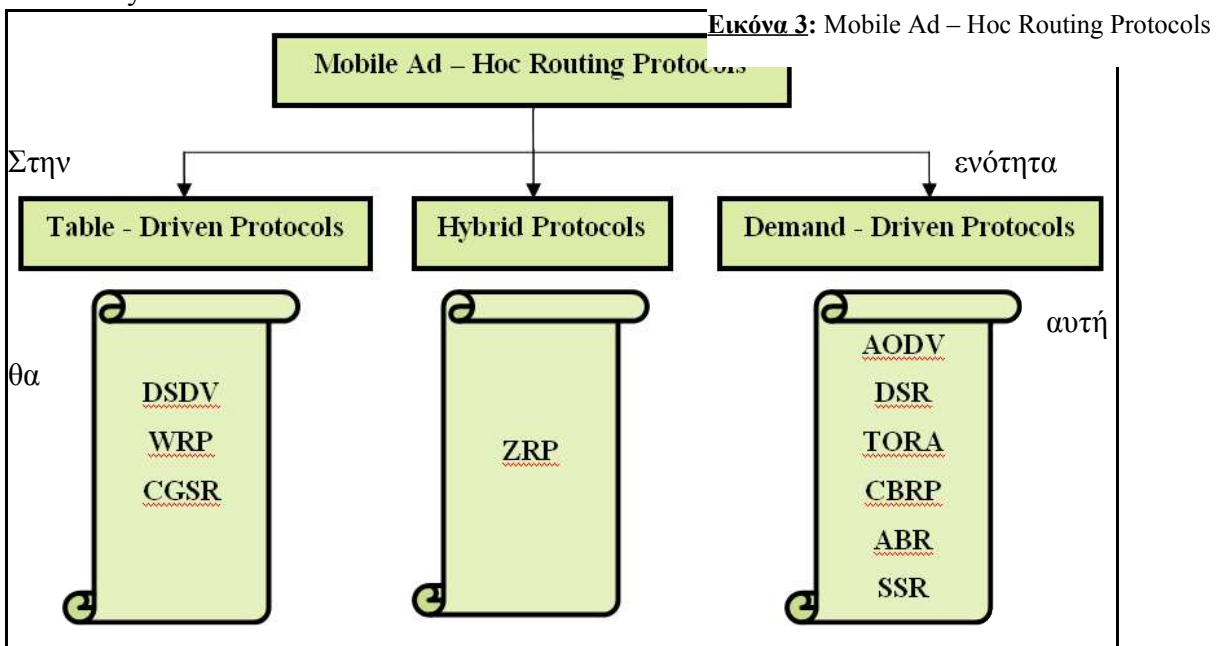
- ✓ **Εκπαιδευτικές:** για παράδειγμα στα συνέδρια ή σε διάφορες συνδιαλέξεις, όπου όλα τα τερματικά αλλά και τα access points είναι απαραίτητο να είναι κινητά και στις οποίες έχουμε συγκέντρωση ατόμων με φορητούς υπολογιστές σε μια περιοχή που δεν διαθέτει δίκτυο 802.11. Αφού είναι άμεση ανάγκη για τους σύνεδρους να μετακινούνται, να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να επικοινωνούν χωρίς να εξαρτώνται αποκλειστικά από ένα σταθερό σημείο πρόσβασης, το MANET υλοποιεί επιτυχώς όλες αυτές τις απαιτήσεις.
- ✓ **Στρατιωτικές:** τα MANET δίκτυα είναι ιδιαίτερα σημαντικά και για τις ένοπλες δυνάμεις, για εφαρμογές όπως: στα στρατιωτικά οχήματα σε ένα πεδίο μάχης, στα τηλεκατευθυνόμενα εναέρια οχήματα, σε έναν στόλο πλοίων στη θάλασσα, στους τομείς των αισθητήρων, ή και στα γοργά αναπτυσσόμενα battle-site δίκτυα.
- ✓ **Disaster Management:** χρησιμοποιείται εκεί που δημιουργούνται ομάδες ανακούφισης και διαχείρισης καταστροφής οι οποίες δεν θα μπορούσαν να στηριχθούν στην υπάρχουσα υποδομή, π.χ. το προσωπικό άμεσης ανάγκης σε ένα σεισμό που κατάστρεψε την υπάρχουσα υποδομή
- ✓ **Neighborhood Area Networks (NANs):** τα οποία είναι δίκτυα που αναφέρονται στη διαμοιρασμένη πρόσβαση στο Internet σε αστικές τοποθεσίες υψηλής πυκνότητας.

- ✓ **Εμπορικές:** όπως η αυτοματοποίηση των πωλήσεων ή τα Personal Area Networks (PANs).

## **5. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ**

Στο κομμάτι αυτό θα αναλύσουμε τα πρωτόκολλα δρομολόγησης που υφίστανται για την κατηγορία των δικτύων που εξετάζουμε, τα MANET. Στην Εικόνα 3 που παραθέτουμε πιο κάτω, διακρίνουμε τρεις βασικές κατηγορίες πρωτοκόλλων [B5][Δ5][Δ6]:

- ◆ Table – driven
- ◆ Demand – driven
- ◆ Hybrid



παραθέσουμε και θα αναλύσουμε τα πρωτόκολλα που υπάρχουν για την κάθε μια από τις παραπάνω τρεις κατηγορίες.

### **5.1. Table – Driven Routing Protocols**

Σε αυτήν την κατηγορία των πρωτοκόλλων οι κόμβοι που αποτελούν το δίκτυο διαθέτουν πίνακες οι οποίοι περιέχουν στοιχεία για τη δρομολόγηση των μηνυμάτων σε οποιονδήποτε άλλο κόμβο, και οι οποίοι ενημερώνονται διαρκώς για κάθε αλλαγή στην τοπολογία του δικτύου. Παρά το γεγονός ότι η εύρεση του νέου σωστού

μονοπατιού γίνεται αρκετά γρήγορα, η διαρκής ενημέρωση των πινάκων έχει ως αποτέλεσμα τα πρωτόκολλα αυτά να μην μπορούν να υποστηρίξουν με μεγάλη επιτυχία, υψηλή κινητικότητα στο δίκτυο.

Μετά από την εισαγωγή αυτή λοιπόν, και την επεξήγηση της ακριβούς ορολογίας των table – driven πρωτοκόλλων δρομολόγησης, θα περάσουμε να αναλύσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά και την λειτουργία του κάθε πρωτοκόλλου ξεχωριστά [B9].

#### **a) Destination Sequenced Distance Vector Routing (DSDV)**

Ο DSDV είναι ένας αλγόριθμος δρομολόγησης που βασίζεται στην δρομολόγηση του Bellman Ford. Σε κάθε κόμβο του δικτύου αντιστοιχίζεται και ένας πίνακας, ο οποίος περιέχει όλους του πιθανούς προορισμούς από αυτό τον κόμβο, καθώς επίσης και τον αριθμό των hops για κάθε έναν από αυτούς, ενώ σε κάθε σειρά του πίνακα ανατίθεται και ένας ειδικός αριθμός με βάση τον προορισμό. Όταν λοιπόν αλλάζει η τοπολογία του δικτύου, καθώς οι κόμβοι μετακινούνται, ξεχωρίζουν οι παλιές δρομολογήσεις από τις καινούργιες, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή δημιουργίας βρόγχων. Οι αλλαγές αυτές αποθηκεύονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε μεταξύ των πινάκων να μην υπάρχουν ασυμφωνίες.

Με τις συνεχείς αποθηκεύσεις των δεδομένων των πινάκων, είναι φυσικό το δίκτυο να παρουσιάζει καθυστερήσεις. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού, χρησιμοποιούμε πακέτα δύο ειδών: όταν η κίνηση στο δίκτυο δεν είναι ιδιαίτερα οξυμμένη, το πακέτο που χρησιμοποιείται αναφέρεται ως **“full dump”**, το οποίο περιέχει όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες δρομολόγησης. Από την άλλη όταν η κυκλοφορία διεξάγεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς, το πακέτο που χρησιμοποιείται αναφέρεται ως **“επαυξητικό”** και οι πληροφορίες που έχει αφορούν ό,τι έχει αλλάξει μετά το τελευταίο full dump [Δ7].

#### **b) Wireless Routing Protocol (WRP)**

Το πρωτόκολλο WRP είναι ένα πρωτόκολλο που έχει ως στόχο να εντοπίζει τις αναβαθμίσεις που συμβαίνουν στους άμεσα γειτονικούς κόμβους. Για το

σκοπό αυτό κάθε κόμβος του δικτύου διατηρεί τέσσερις διαφορετικούς πίνακες:

- ◆ **Πίνακας Απόστασης (Distance Table):** περιέχει την απόσταση ενός κόμβου  $x$  από τον προορισμό του  $y$ , μέσω κάθε κόμβου που είναι γειτονικός με τον  $x$ .
- ◆ **Πίνακας Δρομολόγησης (Routing Table):** περιέχει για έναν κόμβο  $x$ , την απόστασή του από τον προορισμό του  $y$ , τον πρόγονο του, τον απόγονό του και μια ετικέτα που προσδιορίζει την είσοδό του (απλό μονοπάτι ή βρόγχος).
- ◆ **Πίνακας Σύνδεσης-Κόστους (Link-Cost Table):** περιέχει το κόστος σύνδεσης του κόμβου με τον κάθε γείτονά του, και τον αριθμό των διακοπών από τη στιγμή που ένας γειτονικός κόμβος παρέλαβε ένα μήνυμα, χωρίς λάθη.
- ◆ **Λίστα Επαναμετάδοσης Μηνυμάτων (MRL):** περιέχει πληροφορίες που καθιστούν έναν κόμβο ικανό να γνωρίζει ποιος γείτονας του δεν έλαβε το αναβαθμισμένο μήνυμα, και να του το μεταδώσει.

Όταν λοιπόν υπάρξει κάποια αλλαγή στη τοπολογία του δικτύου, και άρα και κάποια αλλαγή στον πίνακα δρομολόγησης κάποιου κόμβου, ο συγκεκριμένος κόμβος τροποποιεί τον Distance Table που διαθέτει και χρησιμοποιώντας τον καινούργιο ψάχνει για τα καλύτερα μονοπάτια, με βάση τα οποία ενημερώνονται και οι πίνακες των άλλων κόμβων ώστε να υπάρχει συνοχή.

Παρά το γεγονός λοιπόν ότι το πρωτόκολλο αυτό μειώνει αισθητά τη πιθανότητα ύπαρξης βρόγχων, σε αντίθεση με το DSDV, όλοι οι κόμβοι κρατούν απαραίτητα, μόνο τις πλήρεις πληροφορίες για τη δρομολόγησή τους, δηλαδή τα πακέτα είναι πάντα full dump [Δ8].

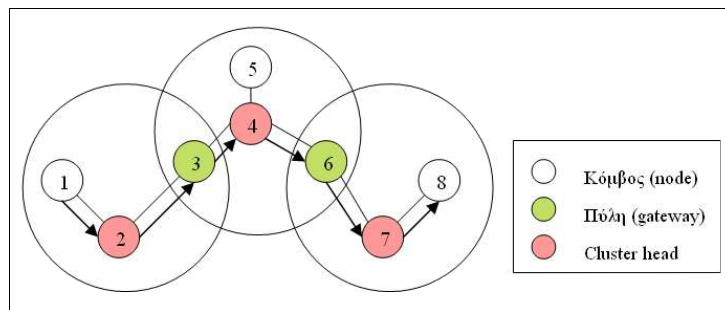
### **c) Clusterhead Gateway Switch Routing (CGSR)**

Το πρωτόκολλο CGSR, όπως μπορούμε να καταλάβουμε και από το όνομά του είναι ένα clustered, δηλαδή τμηματοποιημένο πρωτόκολλο. Αυτό σημαίνει ότι το δίκτυο χωρίζεται σε clusters (τομείς). Κάθε τομέας έχει κόμβους που

παίζουν το ρόλο της κεφαλής (cluster head), και που με αυτό τον τρόπο ελέγχουν το σύνολο των κόμβων του. Σε ένα δίκτυο που ακολουθεί λοιπόν αυτό το πρωτόκολλο οι κόμβοι χωρίζονται σε τρία είδη:

- ◆ **Cluster head:** κόμβοι κεφαλές με συγκεκριμένο εύρος που ελέγχουν κόμβους που βρίσκονται μέσα στο εύρος αυτό.
- ◆ **Πύλες:** κόμβοι που βρίσκονται μέσα στα πλαίσια δύο ή περισσότερων κόμβων κεφαλών.
- ◆ **Nodes:** απλοί κόμβοι του δικτύου.

Χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο επιλογής της κεφαλής τομέα επιλέγουμε τους κόμβους που θα παίξουν το ρόλο του cluster head. Με το πρωτόκολλο CGSR ένα μήνυμα που ξεκινάει από έναν κόμβο, στέλνεται αρχικά στην κεφαλή, ή οποία στη συνέχεια το μεταβιβάζει σε μια πύλη που ελέγχεται από μια άλλη κεφαλή, η οποία με τη σειρά της το παίρνει για να το δώσει στην επόμενη πύλη κ.ο.κ μέχρι να φτάσει το μήνυμα στον τελικό κόμβο προορισμού (Εικόνα 4).



**Εικόνα 4:** CGSR πρωτόκολλο από node1 προς node8

Μέσα σε όλα όσα αναφέραμε πιο πάνω θα πρέπει να πούμε ότι καθώς αλλάζει η τοπολογία του δικτύου, οι κόμβοι που παίζουν το ρόλο της κεφαλής αλλάζουν πολύ συχνά, γεγονός που μειώνει την απόδοσή του. Για τη λύση του προβλήματος αυτού χρησιμοποιείται πολλές φορές ο αλγόριθμος LCC (Least Cluster Change), όπου οι κεφαλές αλλάζουν σε δύο περιπτώσεις:

- ✓ όταν έρχονται σε επαφή δύο τουλάχιστον κεφαλές, ή

- ✓ όταν ένας κόμβος κινείται μακριά από όλες τις κεφαλές [B6][Δ9].

## **5.2. Demand – Driven Routing Protocols**

Περνάμε τώρα στη δεύτερη κατηγορία πρωτοκόλλων δρομολόγησης που είναι τα demand – driven πρωτόκολλα. Στα συγκεκριμένα πρωτόκολλα δεν διατηρούνται όλες οι διαδρομές του κάθε κόμβου σε πίνακες. Αντίθετα όταν υπάρξει αίτηση για αποστολή κάποιου μηνύματος, ο αποστολέας καλεί έναν αλγόριθμο για την εύρεση του κατάλληλου μονοπατιού, το οποίο διατηρείται μέχρι το μήνυμα να φτάσει στον προορισμό του, ή μέχρι να δημιουργηθεί τέτοια αλλαγή στην τοπολογία του δικτύου, που αυτόματά θα το ακυρώσει γιατί πλέον δεν θα ισχύει [B10].

Στη συνέχεια αναλύουμε με τη σειρά, μερικά από τα βασικά demand – driven πρωτόκολλα δρομολόγησης:

### **a) Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV)**

Το AODV είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης που στηρίζεται στο πρωτόκολλο DSDV, αλλά έχει σχεδιαστεί ειδικά για τα κινητά ad-hoc δίκτυα. Έχουμε πει ήδη ότι το πρωτόκολλο είναι demand-driven, πράγμα που σημαίνει ότι οι διαδρομές μεταξύ των κόμβων δεν υπάρχουν από την αρχή, αλλά δημιουργούνται κάθε φορά που ένας κόμβος θέλει να στείλει ένα μήνυμα, και αδρανοποιούνται όταν πλέον ο δημιουργός, δηλαδή η πηγή δεν τις χρειάζεται πια.

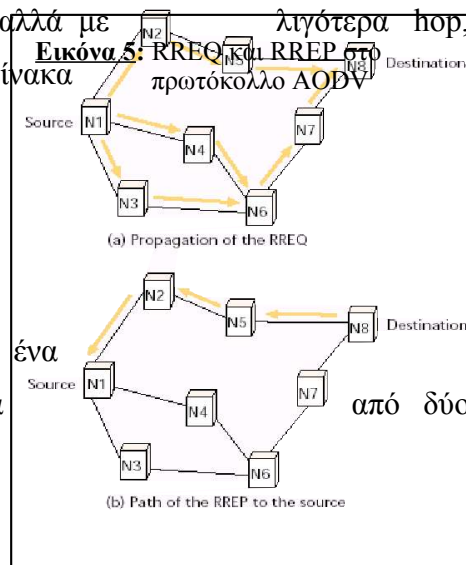
Όταν λοιπόν απαιτείται μια διαδρομή μεταξύ δύο κόμβων, ο κόμβος-πηγή στέλνει ένα RREQ, δηλαδή ένα αίτημα για διαδρομή στο δίκτυο, με αποτέλεσμα οι κόμβοι που θα το πάρουν να ενημερώσουν τους πίνακες δρομολόγησής τους για τον κόμβο-πηγή. Το RREQ περιέχει τον πιο πρόσφατο αριθμό ακολουθίας προορισμού για τον οποίο ο κόμβος-πηγή είναι ενήμερος. Αν ο κόμβος που λαμβάνει το μήνυμα είναι ο τελικός προορισμός, ή έχει μια πιο νέα διαδρομή για τον προορισμό στέλνει μια απάντηση RREP (Εικόνα 5). Μόλις ο κόμβος-πηγή λάβει το RREP, ξεκινάει να στέλνει τα πακέτα δεδομένων στον κόμβο προορισμού. Εάν ο κόμβος-πηγή λάβει αργότερα ένα RREP περιέχοντας έναν μεγαλύτερο αριθμό ακολουθίας ή ένα

RREP με τον ίδιο αριθμό ακολουθίας αλλά με λιγότερα hops, μπορεί να ενημερώσει τον πίνακα δρομολόγησής του και να επιλέξει τη "καλύτερη" διαδρομή [Δ10][Δ11].

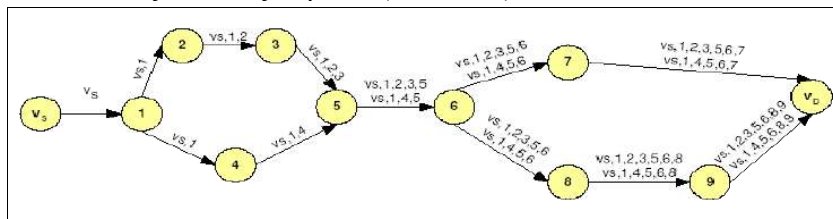
**b) Dynamic Source Routing (DSR)**

Το πρωτόκολλο DSR είναι και αυτό ένα demand-driven, και ολοκληρώνεται μετά από δύο φάσεις:

- i. Ανακάλυψη των διαδρομών
- ii. Συντήρηση των διαδρομών

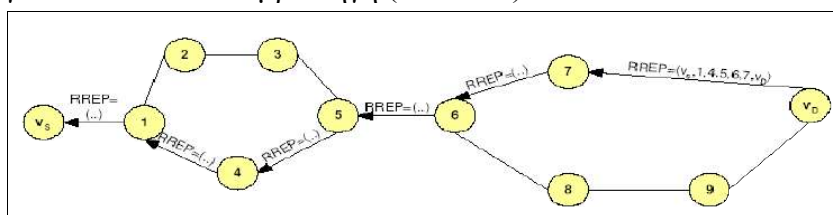


Η πρώτη φάση ξεκινάει με ένα αίτημα RREQ που μεταδίδει ο κόμβος πηγή σε όλους τους γειτονικούς του κόμβους. Κάθε ενδιαμέσος κόμβος που λαμβάνει για πρώτη φορά το αίτημα αυτό, επισυνάπτει σε αυτό και τη δική του διεύθυνση, και το μεταδίδει στους γείτονες του, αλλά όχι στον κόμβο από όπου το πήρε, δημιουργώντας έτσι μέσα του το Lsd, δηλαδή το κατάλογο των κόμβων από τους οποίους πέρασε (Εικόνα 6).



**Εικόνα 6:** DSR-Φάση A (a)

Η ακολουθία αυτή συνεχίζεται μέχρι τη στιγμή που το αίτημα RREQ φτάσει στον κόμβο προορισμό. Τότε ο τελικός κόμβος προορισμού στέλνει με τη σειρά του ένα RREP που περιέχει το Lsd της καλύτερης διαδρομής, ώστε να γίνει γνωστό και στον κόμβο πηγή (Εικόνα 7).





**Εικόνα 7:** DSR-Φάση A (b)

Με τον τρόπο αυτό λοιπόν τελειώνει η 1<sup>η</sup> φάση και περνάμε στη δεύτερη που είναι η συντήρηση της διαδρομής που επιλέχθηκε. Σε περίπτωση που ένας κόμβος  $n_1$  στέλνει ένα πακέτο δεδομένων σε έναν άλλο  $n_2$ , περιμένει από τον  $n_2$  ένα μήνυμα επιβεβαίωσης ότι έγινε παραλαβή του πακέτου. Εάν μετά από ένα  $x$  χρονικό διάστημα που έχει οριστεί ο  $n_1$  δεν έχει λάβει καμιά επιβεβαίωση, ο  $n_2$  θα στείλει ένα μήνυμα σφάλματος RERR, που θα υπονοεί ότι παρόλο που δημιουργήθηκε σφάλμα στη λήψη του πακέτου, η σύνδεση εξακολουθεί να υπάρχει. Έτσι τώρα δουλειά του κόμβου  $n_1$  είναι να προσπαθήσει να ξαναστείλει το πακέτο ή να βρει μια νέα διαδρομή, για τη δρομολόγηση του, αφού αυτή δημιούργησε πρόβλημα [Δ12][Δ13].

**c) Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA)**

Ο αλγόριθμος TORA είναι αλγόριθμος που βασίζεται στην έννοια της *αντιστροφής συνδέσεων*, και προτείνεται χωρίς ενδοιασμό για δυναμικά κινητά, multihop δίκτυα, αφού βρίσκει πολλαπλές διαδρομές από έναν κόμβο-πηγή προς ένα κόμβο-προορισμού.

Ο αλγόριθμος αποτελείται από τρεις διακριτές φάσεις:

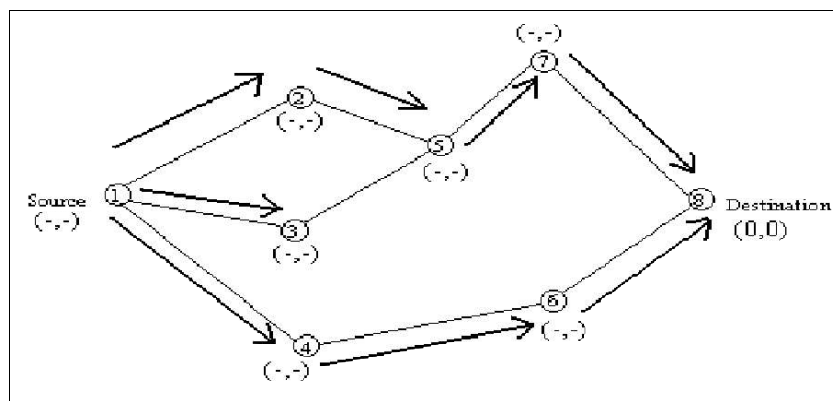
- i. Δημιουργία διαδρομών
- ii. Συντήρηση διαδρομών
- iii. Εξάλειψη διαδρομών

Κάθε ένας κόμβος του δικτύου που λειτουργεί με το συγκεκριμένο αλγόριθμο, περιέχει και μια μεταβλητή που λέγεται "*height*" και αποτελείται από τα πεδία που αναφέρονται πιο κάτω:

- i. Λογικός χρόνος μιας αποτυχίας σύνδεσης
- ii. Μοναδική ταυτότητα του κόμβου-πηγής

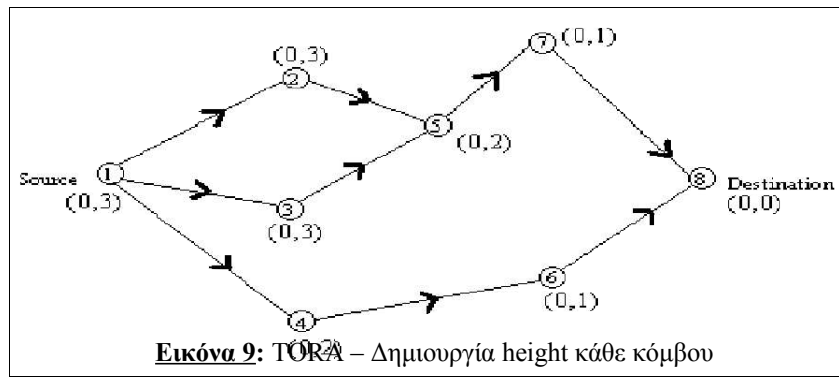
- iii. Δυαδικό ψηφίο δεικτών αντανάκλασης
- iv. Παράμετρος διάδοσης
- v. Μοναδική ταυτότητα κόμβου

Με τη εκκίνηση του αλγορίθμου, όπως φαίνεται παρακάτω στην Εικόνα 8, θέτεται για τον κόμβο προορισμού (κόμβος 8), η παράμετρος διάδοσης του ύψους ίση με 0 και όλες οι υπόλοιπες τιμές σε null. Από αυτό μπορούμε να καταλάβουμε ότι όσο πιο μακριά είναι ένας κόμβος από τον προορισμό τόσο μεγαλύτερο height έχει.



**Εικόνα 8:** TORA – Δημιουργία διαδρομών

Η πηγή του μηνύματος τώρα, μεταδίδει ένα πακέτο QRY, με την ταυτότητα του κόμβου προορισμού, σε αυτόν. Με τον τρόπο αυτό, κάθε κόμβος στη διαδρομή που έχει height = not-null, ανταποκρίνεται με ένα UPD πακέτο που έχει το ύψος του, ενώ στη συνέχεια κάθε κόμβος που λαμβάνει ένα τέτοιο πακέτο, αυξάνει το δικό του height κατά ένα περισσότερο, από αυτό του κόμβου που προήλθε. Το αποτέλεσμα τελικά όσον αφορά τα ύψη φαίνεται στην Εικόνα 9:



Παρατηρούμε λοιπόν ότι η πηγή μπορεί να πάρει το ύψος οποιουδήποτε από τους κόμβους 2, 3 ή 4 και να το αυξήσει κατά 1. Αποφασίζει όμως τελικά να λάβει υπόψη της τον κόμβο 4, ο οποίος της δίνει ύψος 3, που είναι το μικρότερο.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η λειτουργία της συντήρησης είναι απαραίτητη σε περίπτωση μετακίνησης των κόμβων, όπου κάποια διαδρομή προς έναν προορισμό σπάει, και άρα θα πρέπει να βρεθεί τρόπος να σβηστούν οι άκυρες διαδρομές [Δ14].

#### **d) Cluster Based Routing Protocol (CBRP)**

Το πρωτόκολλο CBRP έχει σχέση με το πρωτόκολλο DSR που ήδη εξετάσαμε. Η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι στον DSR γίνεται flooding των πακέτων σε όλο το δίκτυο, αφού τα πακέτα αιτήσεων λαμβάνονται από κάθε κόμβο. Στον αλγόριθμο CBRP αντίθετα, το flooding περιορίζεται, αφού γίνεται μόνο στις κεφαλές των τομέων και στις αντίστοιχες πύλες.

Όταν ένας κόμβος μπαίνει στην “αναποφάσιστη” κατάσταση, μεταδίδεται ένα απλό μήνυμα. Όταν μια κεφαλή παίρνει αυτό το μήνυμα αποκρίνεται με ένα άλλο, ενώ όταν ο “αναποφάσιτος” κόμβος παίρνει αυτό το μήνυμα θέτει την κατάστασή του σε “μέλος”. Εάν ο “αναποφάσιτος” κόμβος ολοκληρώσει την διαδικασία, και έχει με κάποιον κόμβο αμφίδρομη σύνδεση, γίνεται ο ίδιος κεφαλή, αλλιώς παραμένει στην “αναποφάσιστη” κατάσταση και επαναλαμβάνει και πάλι τη διαδικασία.

Κάθε κόμβος έχει έναν πίνακα ο οποίος περιέχει τους γειτονικούς του κόμβους, το είδος της σύνδεσης ανάμεσά τους και την κατάσταση κάθε γειτονικού κόμβου (κεφαλή ή μέλος). Οι κεφαλές των τομέων επιπλέον διατηρούν πληροφορίες για τα μέλη τους και έναν επιπλέον πίνακα με τους γειτονικούς τομείς και τις πύλες για την είσοδο στον συγκεκριμένο τομέα.

Εάν ένας κόμβος πηγή θέλει να στείλει δεδομένα, δρομολογεί μια αίτηση για την εξεύρεση διαδρομής. Όταν μια κεφαλή λάβει μια αίτηση ελέγχει εάν ο προορισμός βρίσκεται στον τομέα της. Αν ναι στέλνει εκεί την αίτηση κατευθείαν, αλλιώς τη στέλνει σε άλλες κεφαλές μέχρι να φτάσει στον προορισμό της. Όταν λοιπόν ο τελικός κόμβος προορισμού λάβει τη αίτηση, στέλνει στην πηγή απάντηση με τη διαδρομή, η οποία καταγράφηκε στο πακέτο που έλαβε [Δ15].

#### e) Associativity Based Routing (ABR)

Το πρωτόκολλο δρομολόγησης ABR είναι ένα πρωτόκολλο ελεύθερο από *βρόγχους, αδιέξοδα και αντίγραφα πακέτων*. Εισάγει μια νέα μονάδα μέτρησης για τη δρομολόγηση, τον **βαθμό σταθερότητας ένωσης**. Η σταθερότητα της ένωσης είναι η σταθερότητα σύνδεσης του ενός κόμβου όσον αφορά έναν άλλο κόμβο, κατά τη διάρκεια του χρόνου και του χώρου. Μια υψηλή τιμή βαθμού ένωσης για έναν κόμβο, σημαίνει χαμηλή κινητικότητα των κόμβων, ενώ μια χαμηλή τιμή βαθμού ένωσης σημαίνει υψηλή κινητικότητα των κόμβων. Βασικός στόχος του πρωτοκόλλου ABR είναι να βρεθούν οι μακροβιότερες διαδρομές για τα ad-hoc κινητά δίκτυα.

Ο κάθε κόμβος ανά διαστήματα παράγει αναγνωριστικά σήματα για να δηλώσει την ύπαρξή του. Όταν ένας γειτονικός κόμβος λάβει ένα τέτοιου είδους σήμα, ενημερώνει τους πίνακές, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει το βαθμό σταθερότητάς του, όσον αφορά τον κόμβο αυτό.

Οι φάσεις του πρωτοκόλλου δρομολόγησης ABR είναι τρεις:

- i. Εύρεση διαδρομών
- ii. Αναδημιουργία διαδρομών (RRC)

### iii. Διαγραφή διαδρομών

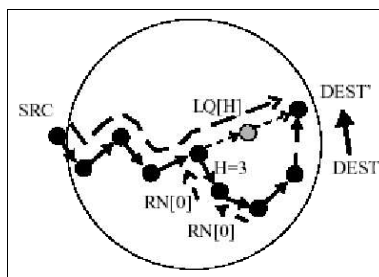
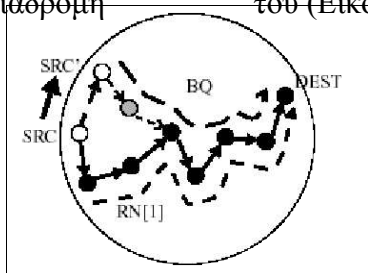
Η πρώτη φάση είναι ουσιαστικά ένα δίδυμο ερώτησης-απάντησης (BQ-REPLY). Η πηγή μεταδίδει από κόμβο σε κόμβο ένα μήνυμα ερώτησης, ώστε να βρεθούν οι κόμβοι που έχουν μια διαδρομή προς τον προορισμό. Κάθε ενδιάμεσος κόμβος όταν λάβει ένα τέτοιο πακέτο, επισυνάπτει τη διεύθυνσή του και την τιμή σταθερότητάς του στο πακέτο αυτό. Με τον τρόπο αυτό ο τελικός κόμβος που δέχεται το πακέτο, γνωρίζει τις τιμές σταθερότητας των κόμβων από τη πηγή μέχρι τον ίδιο, και άρα με βάση τις τιμές αυτές επιλέγει την καλύτερη διαδρομή. Σε περίπτωση που πολλές διαδρομές έχουν τον ίδιο βαθμό σταθερότητας, επιλέγεται αυτή που έχει τον μικρότερο αριθμό τμημάτων.

Αμέσως μόλις επιλεγθεί το σωστό μονοπάτι ο κόμβος προορισμού στέλνει ένα πακέτο REPLY πίσω στην πηγή, από τον δρόμο που επιλέχθηκε κάνοντάς τον ενεργό. Κάθε άλλος δρόμος παραμένει ανενεργός, αποφεύγοντας έτσι τα αντίγραφα πακέτων.

Η δεύτερη φάση RRC έχει ορισμένους στόχους:

- ◆ Τη μερική εύρεση διαδρομών
- ◆ Την εξάλειψη άκυρων διαδρομών
- ◆ Τις έγκυρες αναπροσαρμογές διαδρομών
- ◆ Τη νέα εύρεση διαδρομών,

ανάλογα με το ποιοι κόμβοι έχουν μετακινηθεί κατά μήκος της διαδρομής. Έτσι θα πρέπει να πούμε ότι σε περίπτωση μετακίνησης μιας πηγής, θα δημιουργηθεί μια νέα διαδικασία BQ-REPLY (Εικόνα 10), ενώ σε περίπτωση μετακίνησης ενός προορισμού, ο προς τα πάνω κόμβος του σβήνει τη διαδρομή του (Εικόνα 11).



**Εικόνα 10:** Μετακίνηση πηγής

**Εικόνα 11:** Μετακίνηση προορισμού

Τέλος, όταν μια διαδρομή δεν είναι πια αναγκαία, ο κόμβος-πηγή αρχίζει τη διαδικασία διαγραφής της, μεταδίδοντας ένα μήνυμα RD, με αποτέλεσμα, όλοι οι κόμβοι κατά μήκος της διαδρομής αυτής να τη διαγράφουν από τον πίνακα δρομολόγησής τους [B3][Δ16].

#### **f) Signal Stability Routing (SSR)**

Το πρωτόκολλο δρομολόγησης SSR επιλέγει τις διαδρομές που έχουν την **ισχυρότερη συνδετικότητα**, και αποτελείται από το συνδυασμό δύο συνεργαζόμενων πρωτοκόλλων τα οποία είναι:

- ◆ το δυναμικό πρωτόκολλο δρομολόγησης (DRP)
- ◆ το στατικό πρωτόκολλο δρομολόγησης (SRP)

Το πρωτόκολλο DRP διατηρεί δύο ξεχωριστούς πίνακες:

- ◆ τον πίνακα σταθερότητας σημάτων (SST), και
- ◆ τον πίνακα δρομολόγησης (RT).

Ο πίνακας SST καταχωρεί τη δύναμη των σημάτων των γειτονικών κόμβων (με βάση τα αναγνωριστικά μηνύματα), και χαρακτηρίζει τελικά τα κανάλια *ισχυρά* ή *αδύνατα*. Όλα αυτά παραλαμβάνονται από το DRP, υποβάλλονται σε επεξεργασία, ενημερώνεται ο πίνακας RT και το πακέτο περνά στο SRP.

Εάν ο κόμβος είναι ο προορισμός, ο SRP περνά το πακέτο στη στοίβα, διαφορετικά ελέγχεται ο πίνακας δρομολόγησης RT και εάν δεν υπάρχει για τον προορισμό καμία εγγραφή, αρχίζει η διαδικασία εύρεσης της διαδρομής.

Τα πακέτα αιτήματος διαβιβάζονται στο επόμενο hop, μόνο εάν παραλαμβάνονται από ισχυρά κανάλια. Ο προορισμός επιλέγει το πρώτο πακέτο που έφτασε και το στέλνει πίσω, καθώς αυτό έφτασε από τη συντομότερη διαδρομή. Τελικά το πρωτόκολλο DRP, αντιστρέφει τη

διαδρομή αυτή και στέλνει την απάντηση του αιτήματος στον αποστολέα [Δ17].

### **5.3. Hybrid protocols (ZRP)**

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες πρωτοκόλλων, τα table-driven που βασίζονται σε σταθερούς πίνακες δρομολόγησης και τα demand-driven που δημιουργούν τους πίνακες δρομολόγησης ανάλογα με τον προορισμό που ζητείται. Τα υβριδικά πρωτόκολλα στα οποία αναφερόμαστε τώρα λοιπόν και τα οποία άρχισαν ήδη να αναπτύσσονται είναι *demand-driven* πρωτόκολλα από τη μια, αλλά και με *περιορισμένο κόστος αναζήτησης* από την άλλη.

Εμείς θα ασχοληθούμε με το ZRP πρωτόκολλο, το οποίο περιορίζει την table-driven διαδικασία στην γειτονιά του κόμβου, ενώ η αναζήτηση για τη βέλτιστη διαδρομή γίνεται από επιλεγμένους κόμβους στο δίκτυο, και όχι από όλους.

Το ZRP λοιπόν ορίζει για κάθε κόμβο την *ακτίνα ζώνης*, η οποία είναι ένας προκαθορισμένος αριθμός που ορίζει απόσταση σε hops από έναν αρχικό κόμβο x. Δημιουργείται λοιπόν η *ζώνη δρομολόγησης*, η οποία περιλαμβάνει τους κόμβους που βρίσκονται σε απόσταση από τον x μικρότερη από την ακτίνα ζώνης, ενώ παρατηρούνται και οι *περιφερειακοί κόμβοι* στους οποίους η απόστασή τους από τον x, είναι ίση με την ακτίνα ζώνης.

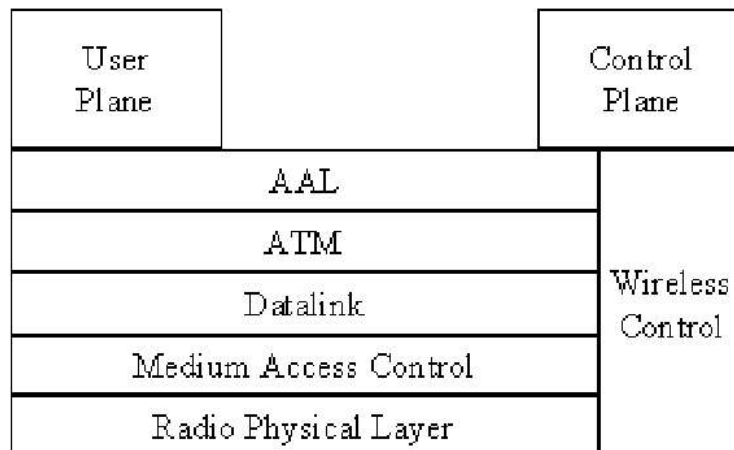
Εάν ο προορισμός είναι έξω από την ακτίνα ζώνης, τότε η πηγή θα καλέσει τον μηχανισμό αναζήτησης demand-driven που καλείται Bordercasting, και ο οποίος χρησιμοποιεί τους πίνακες δρομολόγησης των ενδιάμεσων κόμβων. Σύμφωνα με αυτό αποστέλλεται ένα IP datagram από έναν κόμβο σε όλους τους περιφερειακούς. Κάθε κόμβος υποτίθεται ότι έχει μια μοναδική διεύθυνση IP, αφού το ZRP μπορεί να υποστηρίξει την αρχιτεκτονική της IP διευθυνσιοδότησης.

Το Bordercasting λοιπόν μπορεί να εφαρμοστεί είτε μέσω της κανονικής IP μετάδοσης (unicast) είτε μέσω της IP πολλαπλής μετάδοσης (multicast), η οποία προτιμάται, μέσω του Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP) [B2].

## 6. WIRELESS ATM (WATM)

Τα ασύρματα ATM είναι δίκτυα τα οποία ακολουθούν την τεχνολογία του ασύγχρονου τρόπου μετάδοσης, δηλαδή έχουν υιοθετήσει την αρχιτεκτονική ATM, αλλά ταυτόχρονα έχουν προστεθεί και κάποιες επεκτάσεις, ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν κινητικότητα των κόμβων.

Το πρωτόκολλο που παρουσιάστηκε για τα ασύρματα ATM, απεικονίζεται παρακάτω, στην Εικόνα 12:



**Εικόνα 12:** Πρωτόκολλο ασύρματου ATM [Δ19]

Όπως παρατηρούμε τα τμήματα χωρίζονται σε δύο διαφορετικά μέρη:

- ♦ το **Radio Access Layer** ή **Wireless Control**, και
- ♦ το **Mobile ATM** ή **Control Plane**.

Το επίπεδο Radio Access Layer, από τη μια, αποτελείται από πολλά υποεπίπεδα (Radio Physical Layer, Medium Access Control, Datalink, ATM και AAL), που είναι απαραίτητα για την επίτευξη της ασύρματης ζεύξης.

Από την άλλη, το επίπεδο Mobile ATM, περιλαμβάνει νέες λειτουργίες ελέγχου και σηματοδότησης, υψηλότερου επιπέδου, που απαιτούνται για την υποστήριξη της κινητικότητας, και πιο συγκεκριμένα, για τη δρομολόγηση, τη διευθυνσιοδότηση, τη διαχείριση τοποθεσίας, τον έλεγχο κυκλοφορίας, τον έλεγχο της ποιότητας των υπηρεσιών, και τη διαχείριση γενικά του δικτύου [B7][Δ18].



## **7. CELLULAR DIGITAL PACKET DATA (CDPD)**

Το CDPD είναι μια αρχιτεκτονική, η οποία είναι η περισσότερο αποδεκτή πλέον λύση, για επίγεια, ασύρματη και κινητή επικοινωνία κόμβων και μεταφορά δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα είναι και συμβατή με το πρωτόκολλο TCP/IP [Δ20].

Αναπτύχθηκε μετά από συνεργασία της IBM με άλλες εννιά εταιρίες παροχής υπηρεσιών, είναι υπηρεσία μεταγωγής πακέτων που χρησιμοποιεί ως μέθοδο προώθησης την datagram και αναφέρεται ως συμπληρωματική στο υπάρχον αναλογικό κυψελωτό δίκτυο της Βόρειας Αμερικής [Δ21].

Για να γίνει πιο κατανοητό καλό θα ήταν να αναφερθούν ορισμένες εφαρμογές της αρχιτεκτονικής αυτής, οι οποίες είναι:

- ◆ μηχανές έγκρισης πιστωτικών καρτών
- ◆ ασύρματο e-mail και fax
- ◆ αναφορές ελέγχου αποθεμάτων
- ◆ αναφορές κυκλοφοριακής κίνησης
- ◆ αναφορές απομακρυσμένων καιρικών συνθηκών

## **8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Τα κινητά δίκτυα είναι εμφανές ότι από τη στιγμή της εμφάνισής τους, έχουν γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη, ενώ καθημερινά βελτιώνονται όλο και πιο πολύ. Απαραίτητο όμως, για να συνεχιστεί αυτή η άνθηση που παρατηρείται, είναι οι ερευνητικές προσπάθειες να μην σταματήσουν, αλλά να συνεχίζονται συνεχώς, και μάλιστα σε όσο γίνεται μεγαλύτερο βαθμό.

Παρά το γεγονός ότι τα κινητά δίκτυα εμφανίζουν πολλά πλεονεκτήματα, αυτό δε σημαίνει ότι δεν υπάρχουν και ατέλειες ή ακόμη και προβλήματα, που θα πρέπει να ανιχνευτούν και να επιλυθούν.

Για παράδειγμα στα MANET, θα πρέπει να γίνουν βελτιώσεις σε περιοχές όπως η ασφάλεια του δικτύου, η αύξηση της χωρητικότητάς του, η διευθυνσιοδότηση, ή η δρομολόγηση. Για το σκοπό αυτό κρίνεται απαραίτητο να γίνει εξέταση των ήδη υπαρχόντων πρωτοκόλλων, να βρεθούν οι αδυναμίες τους και είτε να επεκταθούν βελτιωμένα, είτε να ανακαλυφθούν καινούργια.

Έτσι λοιπόν, μετά από αυτά, και λαμβάνοντας υπόψη τις κινήσεις που γίνονται για βελτίωση των κινητών δικτύων, μπορούμε να πούμε ότι είναι πολύ πιθανό τα MANET, όπως επίσης και το WATM και η τεχνολογία CDPD που χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα από το χαμηλό κόστος, να γνωρίσουν σημαντική ανάπτυξη, εάν γίνουν αντιληπτές οι προκλήσεις και οι ευκαιρίες που παρουσιάζονται στην εποχή μας, και γίνει ταυτόχρονα και η κατάλληλη εκμετάλλευσή τους.

## 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ✓ Βιβλία (B):

- 1) Andrew S. Tanenbaum, “*Δίκτυα Υπολογιστών*”, 4<sup>η</sup> Αμερικανική Έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Εισαγωγικό βιβλίο στα δίκτυα, που περιέχει λεπτομερείς περιγραφές σε καθετί που περιγράφει, σελίδες 33-36.
- 2) Z. J. Haas and M.R. Pearlman, “*The Performance of Query Control Schemes for the Zone Routing Protocol*,” Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το υβριδικό πρωτόκολλο δρομολόγησης ZRP
- 3) C-K Toh, “*Associativity Based Routing For Ad Hoc Mobile Networks*”, Wireless Personal Communications Journal, Special Issue on Mobile Networking & Computing Systems, Vol. 4, No.2, March 1997, Περιγράφει χαρακτηριστικά και τη βασική λειτουργία του πρωτοκόλλου ABR
- 4) Α. Πομπόρτσης, “*Εισαγωγή στις νέες τεχνολογίες επικοινωνιών*”, Εκδόσεις Τζιόλα, 1997, Περιγράφονται αναλυτικά όλες οι νέες τεχνολογίες, και μέσα σε αυτές και τα κινητά δίκτυα
- 5) “*A performance comparison of multihop wireless ad hoc routing protocols*”, Proc. Fourth Ann ACM/IEEE Conference of Mobile Computing , October 1998, Περιγράφεται η τεχνολογία των κινητών δικτύων και τα πρωτόκολλα δρομολόγησης για τα ad-hoc δίκτυα
- 6) “*Routing in clustered Multihop, mobile wireless networks with fading channel*”, Proceedings of IEEE SICON 1997, April 1997, page 197-211, Περιγράφονται clustered πρωτόκολλα δρομολόγησης
- 7) Benny Bing, “*High – Speed Wireless ATM and LANS*” (2000), Περιγράφονται χαρακτηριστικά και λειτουργία των πολύ γρήγορων Ασύρματων ATM και Ασύρματων LANS
- 8) M. Christman, “*Extensions of Multicast in Mobile Ad-hoc Networks: The reduction of data overhead in Wireless multicast trees* ”, M.S. Thesis, Virginia Tech, July 2002, Εκτός από τις βασικές πληροφορίες για τα Mobile Ad-hoc Networks περιέχονται και άλλες επεκτάσεις που μας οδηγούν σε λεπτομερέστερη ανάλυσή τους

- 9) D. Obradovic. “*Formal Analysis of Routing Protocols*”, PhD Thesis, University of Pennsylvania, 2002, Ανάλυση και περιγραφή των πρωτοκόλλων δρομολόγησης
- 10) K. Bhargavan, D. Obradovic and C.A. Gunter, “Formal verification of standards for distance vector routing protocols”, *Journal of ACM*, 2000, Ανάλυση και περιγραφή των distance vector πρωτοκόλλων δρομολόγησης.

✓ **Διαδίκτυο (Δ):**

- 1) <http://www.eng.auburn.edu/users/lim/wireless.html>, “Wireless Mobile Networks”, Εισαγωγή στα ασύρματα δίκτυα, από όπου μπορούμε να δούμε βασικούς ορισμούς και για τα κινητά δίκτυα
- 2) <http://citeseer.nj.nec.com/feeney99taxonomy.html>, “A Taxonomy for Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks”, Ανάλυση των Mobile Ad Hoc Networks και των πρωτοκόλλων δρομολόγησής τους
- 3) [http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-95/wireless\\_lan/whatis.htm](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-95/wireless_lan/whatis.htm), “What is a wireless LAN”, εργασία από το Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University, που αναφέρεται στις βασικές τεχνολογίες μετάδοσης ασύρματων LANs.
- 4) <http://doc.ece.uci.edu/~kleftstad/s/255/lectures/8.html>, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, από τις οποίες αναφέρονται επιγραμματικά ορισμοί, χαρακτηριστικά και πρωτόκολλα δρομολόγησης των Mobile Ad Hoc Networks
- 5) <http://citeseer.nj.nec.com/update/197803>, Iwata\_ Ching\_Chuan Chiang\_ Guangyu Pei\_ Mario Gerla and Tsu\_wei Chen, “*Scalable Routing Strategies for Ad hoc Wireless Networks*” Computer Science Department University of California, Αναφέρεται σε θέματα δρομολόγησης σε Ad Hoc δίκτυα.
- 6) <http://users.ece.gatech.edu/~cktoh/royer.html>, Elizabeth M. Royer, Chai-Keong Toh, “*A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks*”, *IEEE Personal Communications*, Vol. 6, No. 2, pp. 46-55, April 1999, Δίνεται μια περίληψη των πρωτοκόλλων δρομολόγησης για τα ad-hoc networks
- 7) <http://citeseer.nj.nec.com/iwata99scalable.html>, “*Scalable Routing Strategies for Ad hoc Wireless Networks*”, Computer Science Department University of California Los Angeles, Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το table-driven πρωτόκολλο δρομολόγησης DSDV

- 8) <http://www.ics.uci.edu/~atm/adhoc/paper-collection/aceves-routing-winet.pdf>, S. Murthy and J.J. Garcia-Luna-Aceves, “*An Efficient Routing Protocol for Wireless Networks*”, ACM Mobile Networks and App. J., Special Issue on Routing in Mobile Communication Networks, Oct. 1996, pp. 183-97. Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το table-driven πρωτόκολλο δρομολόγησης WRP.
- 9) <http://www.ics.uci.edu/~atm/adhoc/paper-collection/gerla-routing-clustered-sicon97.pdf>, C.-C. Chiang, “*Routing in Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks with Fading Channel*”, Apr.1997, pp.197-211. Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το table-driven πρωτόκολλο δρομολόγησης CGSR
- 10) <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-04.txt>, C. Perkins, Elizabeth M. Royer, Samir R. Das, “*Ad Hoc On-demand Distance Vector Routing*”, October 99 IETF Draft, Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το demand-driven πρωτόκολλο δρομολόγησης AODV
- 11) <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-08.txt>, Αποτελεί έναν γρήγορο οδηγό του πρωτοκόλλου δρομολόγησης AODV
- 12) <http://www.ics.uci.edu/~atm/adhoc/paper-collection/johnson-dsr.pdf>, David B. Johnson, Davis A. Maltz, “*Dynamic Source Routing in Ad Hoc Networks*”, Mobile Computing, T. Imielinski and H. Korth, Eds., Kulwer, 1996, pp. 152-81. Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το demand-driven πρωτόκολλο δρομολόγησης DSR
- 13) <http://www.cs.cmu.edu/~dmaltz/dsr.html>, Ιστοσελίδα που περιέχει ορισμό, τρόπο λειτουργίας και εφαρμογές του πρωτοκόλλου DSR
- 14) <http://www.ics.uci.edu/~atm/adhoc/paper-collection/corson-adaptive-routing-infocom97.pdf>, VD Park and MS Corson “*A highly adaptive distributed routing algorithm for mobile wireless networks*”, Proc. INFOCOM'97, Apr. 1997, Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το demand-driven πρωτόκολλο δρομολόγησης TORA
- 15) <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-cbrp-spec-01.txt>, Mingliang Jiang, Jinyang Li, Y.C. Tay, “*Cluster Based Routing Protocol*” August 1999 IETF Draft, 27 pages. Discusses Cluster Based Routing Protocol. Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το demand-driven πρωτόκολλο δρομολόγησης CBRP
- 16) <http://www.ics.uci.edu/~atm/adhoc/paper-collection/toh-distributed-routing-ipccc96.pdf>, Chai-Keong Toh, “*A novel distributed routing protocol to*

*support Ad hoc mobile computing*” Proc. 1996 IEEE 15th Annual Int’l. Phoenix Conf. Comp. and Commun., Mar. 1996, pp. 480-86. *Discusses Associativity Based Routing Algorithm*, Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το demand-driven πρωτόκολλο δρομολόγησης ABR

- 17) <http://www.cs.umd.edu/projects/mcml/papers/pcm97.ps>. R. Dube et al., “*Signal Stability based adaptive routing for Ad Hoc Mobile networks*”, IEEE Pers. Comm., Feb. 1997, pp. 36-45. Περιέχει αναλυτικές πληροφορίες για το demand-driven πρωτόκολλο δρομολόγησης SSB
- 18) [http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/wireless\\_atm/index.htm](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/wireless_atm/index.htm), “Wireless ATM - An Overview”, 13/08/97,p.11, Περιέχει μία εργασία του Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University, που αναφέρεται στις βασικές αρχές και την αρχιτεκτονική ασύρματων ATM
- 19) [http://www.cse.wustl.edu/~jain/atm/ftp/atm\\_watm/sld004.html](http://www.cse.wustl.edu/~jain/atm/ftp/atm_watm/sld004.html), Ιστοσελίδα πανεπιστημίου, η οποία περιγράφει το ασύρματο ATM πρωτόκολλο, και διαθέτει και πολύ χρήσιμες εικόνες για την κατανόηση της αρχιτεκτονικής του.
- 20) <http://www.webopedia.com/TERM/C/CDPD.html>, ουσιαστικά η σελίδα αυτή λειτουργεί ως μια μικρή εγκυκλοπαίδεια, η οποία μας δίνει τον ορισμό, ενώ μπορούμε να ανιχνεύσουμε και τα βασικά χαρακτηριστικά του CDPD
- 21) <http://jlisun.bradley.edu/~jiangbo/sprojects/Wireless/index.html>, “Wireless network protocols and applications”, Περιέχει μια δημοσιευμένη εργασία που αναλύει ιδιαίτερα το CDPD, τα συστατικά, την αρχιτεκτονική, τα επίπεδά και τις λειτουργίες του. ▶