

Κινητά Ad-Hoc Δίκτυα

Κωνσταντίνος Νικόπουλος και Σπυρίδων Γαβριήλ

Μάιος 2018

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα

Μάθημα: Δίκτυα Υπολογιστών

Καθηγητής Α.Α. Οικονομίδης

Περίληψη

Ο βασικός σκοπός αυτής της εργασίας είναι να δώσει μία γενική εικόνα για τον τρόπο λειτουργίας των κινητών ad-hoc δικτύων (MANET). Αρχικά δίνονται κάποια στοιχεία για τα ασύρματα δίκτυα και στην συνέχεια παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά , τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των κινητών ad-hoc δικτύων. Επίσης αναλύονται οι εφαρμογές των ad-hoc δικτύων την σύγχρονη εποχή. Στην συνέχεια γίνεται κατηγοριοποίηση των MANET με βάση την επικοινωνία των κόμβων, της τοπολογίας και της διαμόρφωσης των κόμβων. Τέλος, πραγματοποιείται μία σύγκριση της δρομολόγησης με την δρομολόγηση των στατικών δικτύων.

Abstract

The main goal of this research is to give an overview of the functions of mobile ad-hoc networks (MANET). First, a generic analysis of wireless networks is given and as we analyze the characteristics , advantages and disadvantages of mobile ad-hoc networks. Continuing we display the applications of ad-hoc networks in the modern era. Then we make a categorization of these networks by communication, topology and node format. Finally, we compare the routing of MANET to the routing of static networks.

Κινητά Ad-Hoc Δίκτυα

Τα ασύρματα δίκτυα έχουν παρουσιάσει τεράστια ανάπτυξη τις τελευταίες δεκατίες. Η αύξηση των διαθέσιμων δικτύων, η εξέλιξη της υποδομής των ασυρμάτων δικτύων και κυρίως η εκθετική αύξηση του αριθμού των κινητών συσκευών, φορητών υπολογιστών και άλλων συσκευών και της υπολογιστικής ισχύς τους είναι τα αποτελέσματα αυτής της ανάπτυξης. Η ευκολία της σύνδεσης στο διαδίκτυο, η ευελιξία και ευκινησία με τις κινητές συσκευές είναι πλέον μέρος της καθημερινότητας μας. Οι περισσότερες συνδέσεις πραγματοποιούνται μέσω δομημένων δικτύων, ιδιωτικής πρόσβασης, ενσυρμάτων ή ασυρμάτων. Ωστόσο το κόστος της εγκατάστασης αυτής της υποδομής είναι μεγάλο και υπάρχουν περιπτώσεις όπου αυτή η υποδομή δεν είναι διαθέσιμη. Η λύση σε αυτές τις περιπτώσεις είναι τα ασύρματα ad-hoc δίκτυα όπου εμπίπτουν στην κατηγορία των αδόμητων δικτύων (infrastructureless) (Basagni, Naderi, Petrioli, & Spenza, 2013; Minoli, 2013).

Το "ad-hoc" στην ελληνική του απόδοση σημαίνει "γι' αυτό τον σκοπό" και χρησιμοποιείται για λύσεις σχεδιασμένες για ένα συγκεκριμένο σκοπό που δεν προορίζονται για άλλα προβλήματα.

Τα κινητά ad-hoc δίκτυα στηρίζονται στην ύπαρξη άλλων κινητών συσκευών στην εμβέλεια μετάδοσης του σήματος για την σύνδεση μεταξύ των συσκευών αυτών. Έτσι έχουν την δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ τους αλλά επίσης και δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο σε περιοχές χωρίς υποδομή. Όσο η τεχνολογία αναπτύσσεται αυτή η ικανότητα γίνεται πάρα πολύ σημαντική και είναι αντικείμενο μελέτης πολλών ακαδημαϊκών και βιομηχανικών προγραμμάτων (Basagni et al., 2013).

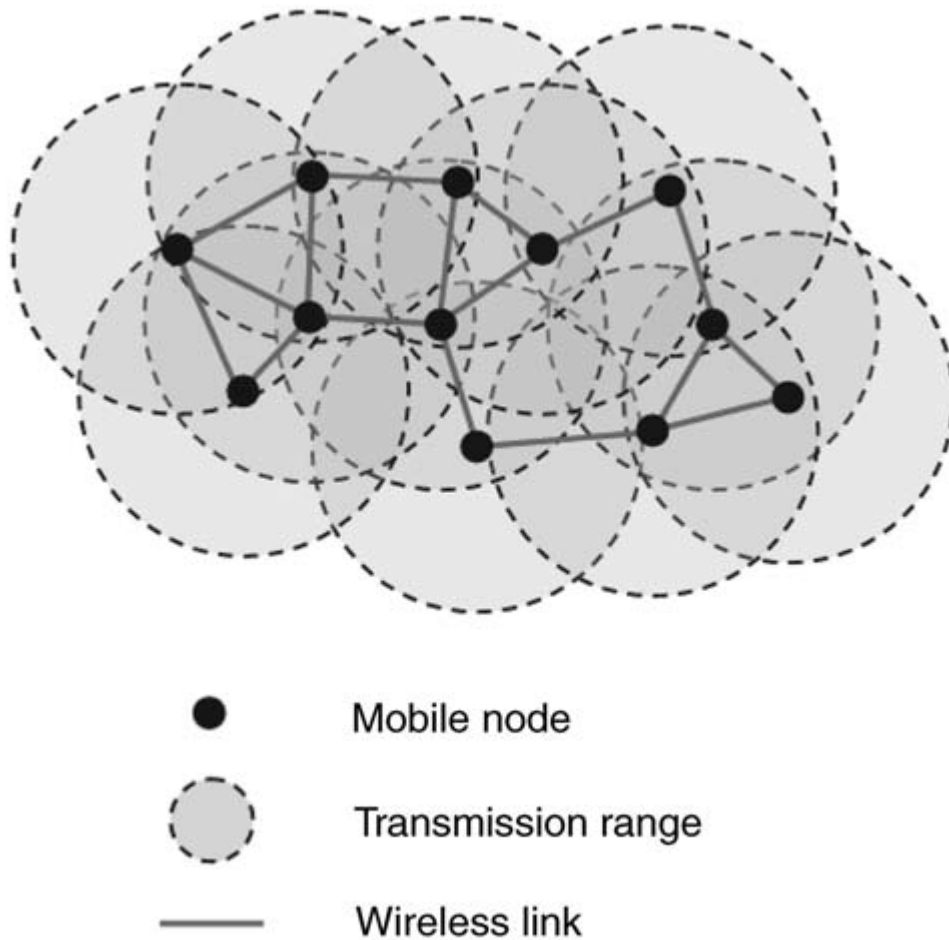
Επισκόπηση

Τα κινητά ad-hoc δίκτυα διαμορφώνονται δυναμικά από ένα αυτόνομο σύστημα κινητών κόμβων που συνδέονται με ασύρματους δεσμούς χωρίς προυπάρχουσα υποδομή ή κεντρική διαχείριση. Οι κόμβοι αυτοί είναι ελεύθεροι και μπορούν να κινούνται και οργανώνονται αυθαίρετα και αυτόνομα. Κόμβοι μπορούν να προστίθενται στο δίκτυο ή να αποχωρούν. Αν ένας κόμβος φύγει από το δίκτυο και προκαλέσει αποσύνδεση δεσμών (links), οι κόμβοι που επηρεάζονται πρέπει να ζητήσουν νέα διαδρομή. Η τοπολογία του δικτύου είναι δυναμική και αλλάζει γρήγορα και απρόβλεπτα. Αφού ο αριθμός των κόμβων αλλάζει τόσο γρήγορα οι πληροφορίες της δρομολόγησης πρέπει να αλλάζουν ώστε να αντικατοπτρίζουν τις αλλαγές αυτές στην συνδεσιμότητα. Ένα ad-hoc δίκτυο μπορεί να υπάρχει μόνο του ώστε να μπορούν να συνδέονται οι κόμβοι μεταξύ τους ή μπορεί να είναι συνδεδεμένο στο διαδίκτυο μέσω κάποιου που είναι συνδεδεμένος με ένα στατικό δίκτυο. Κάθε κόμβος μπορεί να επικοινωνεί απευθείας με κόμβους που υπάρχουν μέσα στην εμβέλεια μετάδοσής του και πρέπει να μπορεί να τους αναγνωρίζει. Έτσι, αν θέλει να επικοινωνήσει με άλλους μακρινούς κόμβους πρέπει να χρησιμοποιήσει ενδιάμεσους κόμβους για την αποστολή των μηνυμάτων του (multi-hop). Ο κάθε κόμβος λειτουργεί ως οικοδεσπότης, δηλαδή απλά μία οντότητα στο δίκτυο (host), και ως δρομολογητής. Τα δίκτυα αυτά κυμαίνονται από μεγάλα ευέλικτα έως μικρά και σχεδόν στατικά που περιορίζονται από ισχύ. Τα μικρά αυτά δίκτυα είναι σχετικά στατικά, π.χ. τα δίκτυα με αισθητήρες (sensor networks). Οι αισθητήρες συλλέγουν την πληροφορία που θέλουν και την δρομολογούν σε ένα κεντρικό επεξεργαστή. Πολλά πρωτόκολλα δρομολόγησης έχουν χρησιμοποιηθεί, το καθένα με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του, αναλόγως με το σκοπό που χρειάζεται. Π.χ. ένα πρωτόκολλο μπορεί να μειώσει την καθυστέρηση (delay) και τον επιπλέον φόρτο (overhead) αλλά να υπάρχει επιπλέον ρίσκο στη δρομολόγηση (Basagni et al., 2013; Minoli, 2013).

Χαρακτηριστικά - Πλεονεκτήματα

Τα MANET κληρονομούν χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων και προσθέτουν άλλα που είναι συγκεκριμένα στα ad-hoc δίκτυα (Basagni et al., 2013; Ghosh, 2017; Minoli, 2013; Zhang, 2002).

- Τα MANET είναι αυτόνομα και αδόμητα. Δεν στηρίζονται σε προυπάρχουσα υποδομή δικτύου και δεν χρειάζονται κεντρική διαχείριση. Κάθε κόμβος λειτουργεί σαν ανεξάρτητος εξυπηρετητής και έτσι ο φόρτος διαμοιράζεται σε όλους τους κόμβους που συμμετέχουν.
- Οι κόμβοι επικοινωνούν ασύρματα και μοιράζονται το ίδιο μέσο (π.χ. υπέρυθρες)
- Τα κινητά ad-hoc δίκτυα είναι προσωρινά δίκτυα που σχηματίζονται δυναμικά από μία πληθώρα κόμβων επειδή η ανάγκη το απαιτεί.
- Δεν χρειάζονται αφιερωμένους εξυπηρετητές. Κάθε κόμβος λειτουργεί σαν εξυπηρετητής (server) και προωθεί τα πακέτα των άλλων κόμβων για να μπορεί η πληροφορία να διαμοιράζεται μεταξύ των hosts (δρομολόγηση multi-hop).
- Κάθε κόμβος είναι ελεύθερος να κινείται ενώ παράλληλα είναι συνδεδεμένος με τους άλλους. Η τοπολογία είναι δυναμική και υπάρχει συνεχής κίνηση των κόμβων που συμμετέχουν στο δίκτυο προσφέροντας μεγάλη ευελιξία.
- Το μειωμένο κόστος της εφαρμογής των MANET το κάνουν να είναι φτηνός τρόπος διασύνδεσης των κόμβων αφού δεν απαιτεί υποδομή.



Εικόνα 1. Τοπολογία ενός κινητού ad-hoc δικτύου (Boukerche, 2009).

Μειονεκτήματα

- Τα MANET έχουν μικρότερη χωρητικότητα εύρους ζώνης σε σύγκριση με τα ενσύρματα δίκτυα. Μπορούν να παρουσιάσουν μεγάλο ποσοστό λάθους δυαδικών ψηφίων (bit error rate) επειδή ένας σύνδεσμος από το ένα τέλος στο άλλο χρησιμοποιείται από πολλούς κόμβους στο δίκτυο και η πιθανές συμφορήσεις είναι πιο προβληματικές.
- Λόγω της φύσης της δυναμικής τοπολογίας υπάρχει συνεχής κίνηση των κόμβων που συμμετέχουν και προκαλεί τις διαδρομές ενδοεπικοινωνίας των κόμβων να αλλάζουν συνεχώς. Αυτή η συνεχής κίνηση μπορεί να προκαλεί συχνές αποσυνδέσεις ή απώλειες πακέτων.

- Ένα χαρακτηριστικό των MANET είναι ότι οι κινητές συσκευές που συμμετέχουν έχουν περιορισμένο όριο ενέργειας λόγω των μπαταριών που είναι εξαντλήσιμο μέσο τροφοδοσίας αφού είναι περιορισμένος πόρος.
- Η ασφάλεια είναι το πιο μεγάλο πρόβλημα στα MANET αφού τα δεδομένα δεν προστατεύονται από απειλές. Επίσης οι κινητές συσκευές έχουν μεγαλύτερο ρίσκο στην ασφάλεια σε σχέση με σταθερούς υπολογιστές σε στατικά δίκτυα αφού στηρίζονται στην ανεξάρτητη ασφάλεια του κάθε κόμβου.
- Η έλλειψη στατικής υποδομής και κεντρικής διαχείρισης προσθέτει μεγάλη δυσκολία στην ανίχνευση του λάθους και στην διαχείριση.
- Η διαφοροποίηση στις ικανότητες των συνδέσμων και των κόμβων. Κάθε κόμβος μπορεί να έχει διαφορά στην ικανότητα μετάδοσης και λήψης και να λειτουργεί σε άλλες συχνότητες. Αυτό προκαλεί ασύμετρους συνδέσμους. Επίσης κάθε κόμβος μπορεί να έχει διαφορετικό λογισμικό (software) ή υλικό (hardware). Έτσι η σχεδίαση ενός αλγόριθμου ή πρωτοκόλου δικτύου είναι δυσκολότερη.
- Η αξιοπιστία δικτύου είναι μικρότερη αφού οι ζεύξεις που έχουν πρόβλημα είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε απώλεια πακέτων. Η έλλειψη κεντρικής διαχείρισης αυξάνει το μέγεθος του προβλήματος αυτού αφού δεν μπορούν να απομονωθούν και να επιλυθούν εύκολα.
- Επεκτασιμότητα δικτύου. Επειδή τα MANET δεν επιτρέπουν τις ίδιες τεχνικές συσσωμάτωσης είναι ευάλωτα σε προβλήματα επεκτασιμότητας. Ορίζεται ως το αν το δίκτυο μπορεί να προσφέρει την ίδια ποιότητα εξυπηρέτησης με την αύξηση των κόμβων.
- Ποιότητα εξυπηρέτησης. Η ποιότητα εξυπηρέτησης αφορά πολλές μετρικές όπως η απώλεια πακέτων, η καθυστέρηση, το ποσοστό λάθους κ.ά. Έτσι ο συνδυασμός όλων των προηγούμενων χαρακτηριστικών όπως το μειωμένο εύρος ζώνης των συνδέσμων

και η δυναμική τοπολογία παρουσιάζουν περισσότερη δυσκολία στο να επιτευχθεί η ποιότητα εξυπηρέτησης.

- Συνδεσιμότητα μικρής εμβέλειας: Τα MANET συνήθως χρησιμοποιούν ραδιοσυχνότητες για να συνδεθούν. Έτσι οι κόμβοι που πρέπει να επικοινωνήσουν απευθείας πρέπει να είναι κοντά στο εύρος συχνοτήτων του άλλου. Για την επίλυση αυτής της δυσκολίας, χρησιμοποιείται η δρομολόγηση πολλαπλών βημάτων (multi-hop).

(Aldabbas, Tariq, Janicke, & Al-Bayatti, 2012; Basagni et al., 2013; Corson & Macker, 1999; Minoli, 2013; Rashvand & Chao, 2013; Αρσλάνογλου, 2007)

Εφαρμογές

Τα κινητά ad-hoc δίκτυα έχουν χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου η υποδομή δεν είναι διαθέσιμη, σε περιπτώσεις που η εγκατάσταση μιας τέτοιας υποδομής δεν είναι συμφέρουσα ή δεν υπάρχει χρόνος για εγκατάσταση στατικού δικτύου. Έτσι επιλύεται το πρόβλημα της επικοινωνίας μεταξύ των ομάδων λειτουργίας των χρηστών. Επίσης σε περιπτώσεις όπου οι συνδέσεις και αποσυνδέσεις είναι τακτικές και η συνδεσιμότητα είναι δυναμική. Έτσι εκμεταλευόμαστε την ευελιξία των MANET. Κάποιες συνηθισμένες εφαρμογές είναι:

- Στρατιωτικό πεδίο μάχης: Ο σύγχρονος στρατιωτικός εξοπλισμός περιέχει πλέον διαφόρων ειδών συσκευές υπολογιστών. Τα MANET έτσι είναι πολύ χρήσιμα για την επικοινωνία σε στρατιωτικές επιχειρήσεις όπου πρέπει οι συμμετέχοντες να διατηρήσουν επαφή με το κέντρο πληροφορίας. Επίσης συνήθως σε αυτές τις δραστηριότητες δεν υπάρχει χρόνος εγκατάστασης δικτύου οπότε αυτά τα δίκτυα είναι τα καταλληλότερα για αυτήν την περίπτωση. Ο πιο σημαντικός παράγοντας όμως είναι ότι η ταχύτητα των κόμβων που συμμετέχουν είναι μεγάλη, όπως αεροπλάνα,

πλοία, άρματα και οχήματα. Έτσι μπορεί να πραγματοποιηθεί σύνδεση μεταξύ αυτών και των στρατιωτών.

- Καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης / Επιχειρήσεις διάσωσης: Τα MANET είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε έκτακτες περιστάσεις και επιχειρήσεις διάσωσης όπου η υποδομή δικτύου είναι κατεστραμμένη ή ανύπαρκτη όπως τσουνάμι, τυφώνες, πλημμύρες, πυρκαγιές ή σεισμοί. Οι ομάδες διάσωσης ή ιατρικές ομάδες απαιτούν μεγάλη ευελιξία και ταχύτητα όταν θελήσουν να θεραπεύσουν θύματα φυσικών καταστροφών και όχι μόνο. Έτσι μπορούν να διατηρήσουν σύνδεση π.χ. με το νοσοκομείο και να διατηρήσουν σύνδεση μεταξύ τους.
- Τοπικό επίπεδο: Τα ad-hoc δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τοπικά για την σύνδεση φορητών υπολογιστών, κινητών συσκευών και άλλων ειδών υπολογιστικών συστημάτων για την επικοινωνία και διαμοιρασμό δεδομένων π.χ. σε συνελεύσεις, σε συναντήσεις ή αίθουσες διδασκαλίας. Ακόμα και σε πολλές περιπτώσεις όπου υπάρχει περιβάλλον που υπάρχουν πολίτες που έχουν ανάγκη επικοινωνίας όπως στάδια, ταξί, πλοία.
- Δίκτυα προσωπικής περιοχής (Personal Area Network): Είναι η διασύνδεση πολλών συσκευών ενός ατόμου συνήθως σε εύρος κάτω των 10 μέτρων. Έτσι μπορεί π.χ. να διαμοιραστεί δεδομένα μεταξύ των συσκευών ή να χρησιμοποιήσει έναν εκτυπωτή από οποιαδήποτε συσκευή.
- Δίκτυα ad-hoc οχημάτων (VANET): Τα Δίκτυα ad-hoc οχημάτων είναι ένας τύπος κινητών ad-hoc δικτύων που είναι σχεδιασμένα για την επικοινωνία μεταξύ οχημάτων και τοπικού στατικού εξοπλισμού. Έτσι μία ηλεκτρονική συσκευή μπορεί να τοποθετηθεί στο όχημα για την διασύνδεση των επιβατών και του οχήματος. Οι δύο κατηγορίες χρήσης των VANET είναι η ασφάλεια και η άνεση.

- Δημόσια σημεία πρόσβασης στο διαδίκτυο (hot spot): Διάφορα σημεία πρόσβασης μπορούν να συνδεθούν με ένα στατικό δίκτυο για την σύνδεση στο διαδίκτυο με εκπαιδευτικό σκοπό, για διασκέδαση ή διαφήμιση.
- Αυτοματοποιημένες συσκευές (robot): Τα MANET χρησιμοποιούνται για την ενδοεπικοινωνία και διασύνδεση διαφόρων ρομποτικών κατασκευών ασύρματα.
- Δίκτυα αισθητήρων: Μία ομάδα από συσκευές αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συλλογή δεδομένων πραγματικού χρόνου για αυτοματοποίηση καθημερινών διαδικασιών όπως αισθητήρες για το έδαφος ή τον καιρό.

(Basagni et al., 2013; Boukerche, 2009; Minoli, 2013; Rashvand & Chao, 2013; Santos Aquino, Edwards Block, & Lengerke, 2013; Schiller, 2003)

Κατηγοριοποίηση

Δεν υπάρχει γενική κατηγοριοποίηση για τα ad-hoc δίκτυα αλλά συγκεκριμένη με βάση 3 διαφορετικά κριτήρια. Με βάση την διαδικασία της επικοινωνίας, της τοπολογίας και της διαμόρφωσης των κόμβων.

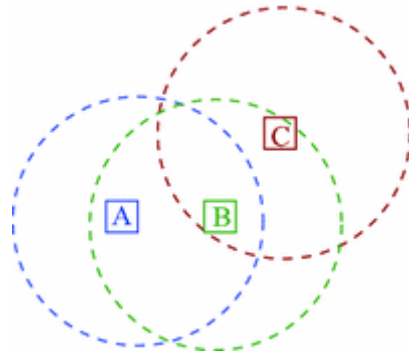
Με Βάση την Επικοινωνία

Μονού βήματος (Single-hop).

Οι κόμβοι σε αυτήν την κατηγορία μπορούν να επικοινωνούν απευθείας και είναι ο καθένας στην εμβέλεια του άλλου. Οι κόμβοι δεν είναι απαραίτητο να είναι στατικοί, ωστόσο πρέπει να διατηρούν την απόσταση της εμβέλειας με τους άλλους κόμβους.

Πολλαπλού βήματος (Multihop).

Κάποιοι κόμβοι δεν μπορούν να επικοινωνήσουν απευθείας. Έτσι η κίνηση πρέπει να προωθηθεί από άλλους ενδιάμεσους κόμβους. Η μεγαλύτερη δυσκολία σε αυτή την περίπτωση είναι η επιλογή του πρωτόκολλου δρομολόγησης. (Minoli, 2013; Στογιαννάρης, 2002)



Εικόνα 2. Επικοινωνία πολλαπλού βήματος (Ghosh, 2017).

Με Βάση την Τοπολογία

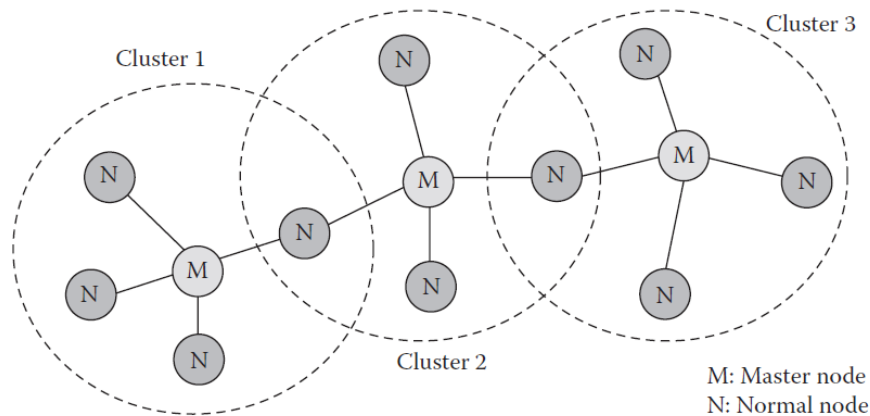
Επίπεδα ad-hoc δίκτυα.

Στα επίπεδα ad-hoc δίκτυα όλοι οι κόμβοι έχουν την ίδια ευθύνη και μπορούν να πραγματοποιήσουν όλες τις διαδικασίες στο δίκτυο.

Ιεραρχικά ad-hoc δίκτυα.

Τα ιεραρχικά ad-hoc δίκτυα αποτελούνται από διάφορες ομάδες κόμβων όπου η κάθε ομάδα αντιπροσωπεύει ένα δίκτυο και όλα συνδέονται μεταξύ τους. Οι κόμβοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες (Minoli, 2013).

- Κύριοι κόμβοι (Master nodes): Διαχειρίζονται την κίνηση και προωθούν τα δεδομένα στην κάθε ομάδα.
- Κανονικοί κόμβοι (Normal nodes): Επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους εντός της ομάδας και με τις άλλες ομάδες μόνο με την βοήθεια των κύριων κόμβων. Αυτά τα δίκτυα είναι καταλληλότερα για περιπτώσεις χαμηλής κινητικότητας.



Εικόνα 3. Παράδειγμα ιεραρχικού ad-hoc δικτύου (Minoli, 2013).

Συγκεντρωτικά ad-hoc δίκτυα.

Διάφορες ομάδες κόμβων χωρίζονται σε ζώνες. Έτσι το δίκτυο είναι χωρισμένο και κάθε κόμβος είναι μέρος δύο τοπολογιών, του χαμηλού επιπέδου (επίπεδο κόμβων) και του υψηλού επιπέδου (επίπεδο ζώνης).

Με βάση την διαμόρφωση των κόμβων

Ομογενή

Στα ομογενή δίκτυα όλοι οι κόμβοι έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά υλικού, επεξεργαστή, μνήμη, οθόνη και περιφερειακά. Τέτοιος τύπος δικτύου είναι τα δίκτυα αισθητήρων.

Ετερογενή

Στα ετερογενή ad-hoc δίκτυα οι κόμβοι δεν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά κι έτσι δεν μπορούν όλα να προσφέρουν τις ίδιες υπηρεσίες. (Minoli, 2013)

Συγκριση - Δρομολόγηση

Στα ενσύρματα δίκτυα σε αντίθεση με τα ασύρματα ο σταθμός πάντα φτάνει όλους τους κόμβους. Ο κόμβος που είναι προορισμός μπορεί να είναι εκτός εμβέλειας της πηγής. Έτσι η δρομολόγηση πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να βρεθεί μία διαδρομή για να μεταφερθούν τα πακέτα. Στα ad-hoc δίκτυα οι κόμβοι πρέπει να μπορούν να προωθήσουν το

πακέτο σε άλλους κόμβους. Οι ζευξεις δεν είναι απαραίτητο να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά και προς τις δύο κατευθύνσεις λόγω διαφορετικών κεραιών ή δύναμης μετάδοσης. Κάποιες διαφορές όσο αναφορά την δρομολόγηση (Johnson, 1994; Samara, 2012; Schiller, 2003) είναι:

- **Ασύμετρες ζεύξεις:** Αν έχουμε δύο κόμβους A και B και υπάρχει ισχυρή σύνδεση από το A στο B δεν είναι απαραίτητο η καταλληλότερη διαδρομή από το B στο A να είναι απευθείας. Μπορεί να υπάρχει άλλος, πιο ισχυρός σύνδεσμος για την άλλη κατεύθυνση.
- **Περιττές ζεύξεις:** Περιττές ζεύξεις μπορεί να υπάρχουν και στα ενσύρματα δίκτυα. Ωστόσο ελέγχονται από τον διαχειριστή ενώ στα ασύρματα ad-hoc δίκτυα μπορεί να έχουν υπερβολικά μεγάλο αριθμό.
- **Παρεμβολές:** Στα ενσύρματα δίκτυα οι παρεμβολές μπορούν να υπάρχουν όπου υπάρχουν καλώδια. Στα ασύρματα όμως ζεύξεις δημιουργούνται και αλλάζουν συνεχώς και δύο κόμβοι μπορεί να εμποδίζουν ο ένας τον άλλον και να δημιουργούν παρεμβολές.
- **Δυναμική τοπολογία:** Για να ανταπεξέλθει στις συχνές αλλαγές της τοπολογίας η δρομολόγηση πρέπει να αναδιαμορφώνεται και να γίνεται συχνότερα από τα στατικά δίκτυα. Οι περισσότεροι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στα στατικά δίκτυα δεν μπορούν να λειτουργήσουν με αρκετή αποδοτικότητα. Η δρομολόγηση στα ασύρματα ad-hoc δίκτυα δεν μπορεί να στηρίζεται μόνο στην γνώση του επίπεδου δικτύου του μοντέλου αναφοράς OSI. Πρέπει να έχει και πληροφορίες από τα χαμηλότερα επίπεδα που αφορούν την συνδεσιμότητα.

Συμπεράσματα - Μελλοντικές Έρευνες

Τα MANET είναι δίκτυα σαν πρωταρχικό στόχο είχαν μόνο να προσφέρουν την ελάχιστη εξυπηρέτηση σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και σε περιοχές όπου τα άλλα δίκτυα υποδομών δεν ήταν δυνατά. Στο μέλλον πρέπει να προσαρμοστεί στις εμπορικές ανάγκες και να προσφέρει ποιότητα εξυπηρέτησης ανάλογη των άλλων δικτύων. Η δυναμική φύση των ad-hoc δικτύων κάνει πολύ δύσκολες αυτές τις απαιτήσεις. Πολλοί αλγόριθμοι είναι κομμάτι έρευνας για την δρομολόγηση σε αυτά τα δίκτυα όμως οι μελλοντικές τάσεις κινούνται προς την τεχνητή νοημοσύνη η οποία μπορεί να προσφέρει εναλλακτικές λύσεις στην επίλυση πολλών κριτηρίων και βελτιστοποίηση. Ένας τομέας ακόμη που είναι άξιος αναφοράς για το μέλλον των ad-hoc δικτύων είναι η ασφάλεια. Η πιο κρίσιμη ερώτηση είναι πως να αυξηθεί η ποιότητα η απόδοση χωρίς να βελτιωθεί η χωρητικότητα και η υποδομή. Η τεχνολογία cloud έχει κάνει βήματα προς αυτήν την κατεύθυνση. Όλο και πιο πολλές εφαρμογές την χρησιμοποιούν και είναι πιο αποδοτική σε κόστος και καθυστέρηση. Οι απαιτήσεις σε ιδιωτικότητα και ασφάλεια αυξάνονται συνεχώς και πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ασφαλή μετάδοση δεδομένων και προστασία της ιδιωτικότητας. (Basagni et al., 2013; Chaki & Chaki, 2014)

References

- Aldabbas, H., Tariq, A., Janicke, H., & Al-Bayatti, A. H. (2012). Data Confidentiality in Mobile Ad hoc Networks. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*.
- Basagni, S., Naderi, M. Y., Petrioli, C., & Spenza, D. (2013). *Mobile Ad Hoc Networking. Mobile Ad Hoc Networking: Cutting Edge Directions: Second Edition*.
- Boukerche, A. (2009). *Algorithms and Protocols for Wireless and Mobile Ad Hoc Networks*.
- Chaki, N., & Chaki, R. (2014). *Intrusion Detection in Wireless Networks Ad-Hoc*.
- Corson, S., & Macker, J. (1999). Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations.
- Ghosh, R. K. (2017). *Wireless Networking and Mobile Data Management*.
- Johnson, D. B. (1994). Routing in Ad Hoc Networks of Mobile Hosts. *Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*.
- Minoli, D. (2013). *Mobile Ad Hoc Networks: Current Status and Future Trends*.
- Rashvand, H. F., & Chao, H. (2013). *Dynamic Ad Hoc Networks*.
- Samara, C. (2012). *Performance comparison of MANET routing protocols based on real-life scenarios*.
- Santos Aquino, R., Edwards Block, A., & Lengerke, O. (2013). *Mobile Ad Hoc Robots and Wireless Robotic Systems - Design and Implementation*.
- Schiller, J. (2003). *Mobile Communications*.
- Zhang, J. (2002). *Handbook of Wireless Networks And Mobile Computing. Wireless Networks (Vol. 17)*.
- Αρσλάνογλου, Γ. (2007). *Ανάπτυξη Λογισμικού Προσομοίωσης Ασυρμάτων Δικτύων Τύπου MANET (Mobile Ad-Hoc Networks) Ανάλυση Πρωτοκόλλων Δρομολόγησης*.
- Στογιαννάρης, Δ. (2002). *Τεχνολογίες και Πρωτόκολλα δρομολόγησης των Κινητών*

Ασυρμύτων Ad-hoc Δικτύων.