



## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:** Πέμπτη, 2 Μαρτίου 2017

**ΩΡΑ:** 11:00

**ΑΙΘΟΥΣΑ:** Αίθουσα Σεμιναρίων  
Κτήριο Τμήματος Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

**ΟΜΙΛΗΤΗΣ:** Νικόλαος Παπανίκος

### Θ έ μ α

**«Αλγόριθμοι Δικτύωσης για Εξοικονόμηση Ενέργειας σε  
Ασύρματα Αδόμητα Δίκτυα»**

**«Energy-efficient Networking in Wireless Ad Hoc  
Networks»**

**Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

- 1. Ευάγγελος Παπαπέτρου**, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων (*επιβλέπων*).
- 2. Απόστολος Ζάρρας**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- 3. Φωτεινή-Νιόβη Παυλίδου**, Καθηγήτρια, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- 4. Λυσίμαχος-Παύλος Κόντης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- 5. Χρήστος Δουληγέρης**, Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- 6. Βασίλειος Τσαουσίδης**, Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
- 7. Παναγιώτης Σαρηγιαννίδης**, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.



## Περίληψη

Τα ασύρματα αδόμητα δίκτυα είναι δίκτυα με τη δυνατότητα αυτό-οργάνωσης που μπορούν να δημιουργηθούν αυθόρμητα χωρίς την ανάγκη ύπαρξης κάποιας δικτυακής υποδομής. Η λειτουργία των δικτύων αυτών στηρίζεται στην από κοινού χρήση των πόρων και στην υποχρέωση κάθε κόμβου να αποθηκεύει και να προωθεί δεδομένα από άλλους κόμβους του δικτύου. Ωστόσο, ακόμα και σήμερα υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί στην ενέργεια που είναι διαθέσιμη σε κάθε ένα από τα φορητά τερματικά που απαρτίζουν το δίκτυο. Συνεπώς, η σχεδίαση ενεργειακά αποδοτικών πρωτοκόλλων δικτύωσης είναι ιδιαίτερης σημασίας για τα δίκτυα αυτά. Στη διατριβή αυτή εξετάζουμε δικτυακούς αλγόριθμους που χρησιμοποιούν πολλαπλά αντίγραφα ενός μηνύματος. Οι αλγόριθμοι αυτοί παρότι είναι ιδιαίτερα αποδοτικοί ως προς την ικανότητα να παραδίδουν την πληροφορία, έχουν σημαντικό ενεργειακό κόστος λόγω της ανάγκης για μεγάλο πλήθος μεταδόσεων. Στόχος είναι η σχεδίαση αλγόριθμων που έχουν χαμηλότερο ενεργειακό κόστος χωρίς ωστόσο αυτό να μεταφράζεται σε μειωμένη αποδοτικότητα. Εστιάζουμε σε δύο σημαντικές κατηγορίες δικτύων: τα κινητά αδόμητα δίκτυα (mobile ad hoc networks) και τα ομορτυνιστικά δίκτυα (opportunistic networks).

Στο πρώτο μέρος της διατριβής εξετάζουμε την ενεργειακή απόδοση των αλγόριθμων ευρείας εκπομπής (broadcasting) σε κινητά αδόμητα δίκτυα. Η τρέχουσα τάση στο πεδίο αυτό συνδυάζει παραδοσιακούς αλγόριθμους ευρείας εκπομπής με την κωδικοποίηση δικτύου (network coding). Η συνέργεια αυτή αφενός μπορεί να μειώσει το ενεργειακό κόστος, αφετέρου αυξάνει την ασφάλεια καθώς και την προστασία από σφάλματα μετάδοσης. Αρχικά εστιάζουμε στην κατηγορία αλγορίθμων ευρείας εκπομπής με κωδικοποίηση XOR (XOR-based coding). Παρά το γεγονός ότι οι αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας είναι ευρέως διαδεδομένοι, δείχνουμε ότι αποτυγχάνουν σε συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου. Αυτό οφείλεται στο ότι βασικοί μηχανισμοί της ευρείας εκπομπής είναι από τη φύση τους μη συμβατοί με την κωδικοποίηση XOR. Για το λόγο αυτό προτείνουμε τροποποιήσεις που αποκαθιστούν τη συμβατότητα μεταξύ της παραδοσιακής ευρείας εκπομπής και της κωδικοποίησης XOR. Επιπλέον, για πρώτη φορά, χρησιμοποιούμε την κωδικοποίηση XOR όχι μόνο για να μειώσουμε το ενεργειακό κόστος αλλά και για να βελτιώσουμε την καθυστέρηση. Στη συνέχεια, εστιάζουμε στην ευρεία εκπομπή με τυχαία γραμμική κωδικοποίηση δικτύου (random linear network coding - RLNC). Παρατηρούμε ότι στη σχετική βιβλιογραφία η κωδικοποίηση RLNC συνδυάζεται με πιθανοτικές μεθόδους προώθησης. Ωστόσο, δείχνουμε αναλυτικά ότι η πιθανοτική προώθηση μηνυμάτων είναι επιβλαβής για τη λειτουργία της κωδικοποίησης RLNC. Για το λόγο αυτό η προσέγγισή μας είναι να αντικαταστήσουμε την πιθανοτική προώθηση με μια ντετερμινιστική προσέγγιση που στηρίζεται στην κατασκευή ενός συνεκτικού κυρίαρχου συνόλου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε για πρώτη φορά μια πιο συστηματική μείωση των διπλότυπων στο δίκτυο και δείχνουμε ότι αυτό δεν επηρεάζει με αρνητικό τρόπο τη λειτουργία της κωδικοποίησης RLNC. Επιπλέον, εξετάσουμε θέματα κατανομημένης υλοποίησης



της κωδικοποίησης RLNC που είναι ιδιαίτερα σημαντικά για δίκτυα κινητών κόμβων.

Στο δεύτερο μέρος της διατριβής εξετάζουμε την ενεργειακή απόδοση των αλγορίθμων δρομολόγησης (routing) σε ομοιογενή δίκτυα. Βασικό χαρακτηριστικό των δικτύων αυτών είναι η διακοπτόμενη συνδεσιμότητα μεταξύ των κόμβων. Η επικρατούσα στρατηγική δρομολόγησης σε αυτή την κατηγορία βασίζεται στην χρήση πολλαπλών αντιτύπων ενός μηνύματος. Ωστόσο, η προσέγγιση αυτή έχει σημαντικό αντίκτυπο στους περιορισμένους πόρους των κόμβων και κυρίως στα αποθέματα ενέργειας. Προκειμένου να βελτιώσουμε την εξοικονόμηση ενέργειας παρουσιάζουμε ένα νέο αλγόριθμο δρομολόγησης που στοχεύει στην ευέλικτη διαχείριση των αντιτύπων κατά μήκος του δικτύου. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος αξιοποιεί τις επαναλαμβανόμενες επαφές μεταξύ των κόμβων που διατηρούν αντίτυπα για να συγχρονίσει την εικόνα τους σχετικά με την κατάσταση της δρομολόγησης. Η πληροφορία αυτή βελτιώνει σημαντικά τις αποφάσεις δρομολόγησης αποφεύγοντας τη δημιουργία περιττών αντιτύπων. Επιπλέον, για πρώτη φορά, δείχνουμε ότι μπορούν να αξιοποιηθούν κατά τη δρομολόγηση οι κόμβοι που δεν έχουν λάβει κάποιο αντίτυπο. Σχεδιάζουμε κατάλληλους μηχανισμούς που επιτρέπουν στους κόμβους αυτούς να αναγνωρίζουν πακέτα για τα οποία κρίθηκαν ακατάλληλοι στο παρελθόν και να ακυρώνουν τη λήψη νέων αντιτύπων.