

**Παρουσίαση, αξιολόγηση και σύγκριση αλγόριθμων στα
οχηματικά δίκτυα (Presentation, Evaluation and Comparison of
VANET Algorithms)**

Βαγγέλης Τσιλιγωνέας

9/1/2014

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

University of Macedonia

ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα

Master Information Systems

Δίκτυα Υπολογιστών

Computer Networks

Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης

Professor: A.A. Economides

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτήν την εργασία θα δούμε τους σημαντικότερους αλγόριθμους δρομολόγησης για τα οχηματικά δίκτυα (VANETs). Με τον όρο οχηματικά δίκτυα εννοούμε την ασύρματη δικτύωση και επικοινωνία μεταξύ οχημάτων ή μεταξύ οχήματος και μίας ακίνητης πύλης (*gateway*). Συγκεκριμένα, σε αυτήν την εργασία θα παρουσιαστεί εν συντομία η χρησιμότητα αυτών των δικτύων και στην συνέχεια θα αναφερθούν οι κύριες κατηγορίες αλγόριθμων δρομολόγησης. Για κάθε κατηγορία θα γίνει περιγραφή μερικών αλγορίθμων και για κάθε αλγόριθμο θα αναφερθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα από την χρήση τους.

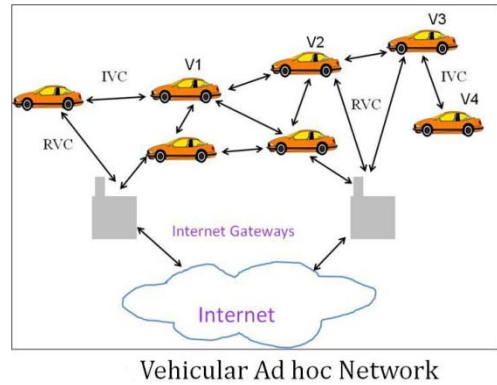
RESUME

In this paper, we will see the most important routing algorithms for vehicular networks (VANETs). The term vehicular networks, refers to the wireless routing and communication between of vehicles or between a vehicle and an unmoving gateway. Specifically, in this paper, it will be presented briefly the usage of this kind of networks and then it will be referred the main categories of routing algorithms. For each category there will be a description of some algorithms and for each algorithm there will be a reference to their advantages and disadvantages.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οχηματικά δίκτυα (VANETs)

Είναι υποκατηγορία των κινητών *ad hoc* δικτύων (MANETs). Στα οχηματικά δίκτυα (VANETs) μπορεί να υπάρξει επικοινωνία μεταξύ οχημάτων (Inter Vehicle Communication) και επικοινωνία μεταξύ οχήματος και δρόμου (RVC)(πύλες εξόδου (Gateways)). Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους είναι:



- Οι κόμβοι είναι οχήματα
- Κινούνται γρήγορα αλλά όχι τυχαία (ύπαρξη δρόμων)
- Δεν υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί σε υπολογιστική ισχύ και ενέργεια, σε αντίθεση με τα περισσότερα κινητά δίκτυα MANETs.

Εφαρμογές:

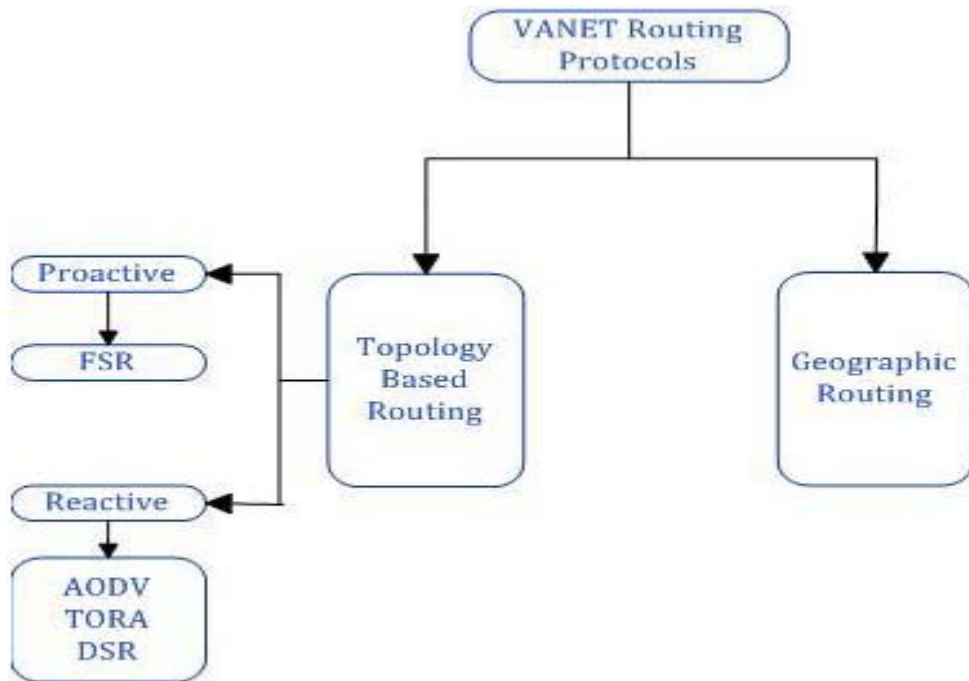
1. Ασφάλεια
2. Συντονισμός κυκλοφορίας
3. «Βολικές» εφαρμογές (Comfort Application) όπως επικοινωνία μεταξύ των οδηγών και πρόσβαση στο διαδίκτυο (Internet) [2]

Κατηγορίες αλγόριθμων δρομολόγησης:

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης για τα VANET μπορούν να διακριθούν σε αλγόριθμους με βάση την τοπολογία (topology based algorithms) και σε αλγόριθμους με βάση την θέση

(position based algorithms) [3]. Οι τοπολογικοί αλγόριθμοι διακρίνονται επιμέρους σε προληπτικούς (proactive) και σε αντιδραστικούς (reactive).

Στην προσπάθειά μας να συγκρίνουμε αλγόριθμους ή πρωτόκολλα δρομολόγησης από όλες τις κατηγορίες θα αναφερθούμε σε ένα με 2 πρωτόκολλα από κάθε κατηγορία τα οποία θα είναι και τα πιο «δημοφιλή» με την έννοια ότι συναντώνται πιο συχνά σε σχετικά άρθρα.



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για κάθε κατηγορία: [1]

1. Αλγόριθμοι με βάση την τοπολογία:

Τα συγκεκριμένα πρωτόκολλα χρησιμοποιούν πληροφορίες σχετικά με την σύνδεση μεταξύ κόμβων για να δρομολογήσουν τα πακέτα. Μόλις ο αποστολέας ανακαλύψει τη διαδρομή την αποθηκεύει σε πίνακες δρομολόγησης πριν αρχίσει να μεταδίδει δεδομένα [4].

1.1. Προληπτικοί αλγόριθμοι (proactive):

Κάθε κόμβος κρατάει στον πίνακα δρομολόγησης του, πληροφορίες για τους γειτονικούς του κόμβους, και περιοδικά, ανταλλάσει τις πληροφορίες αυτές με τους γειτονικούς κόμβους [2]. Στην ουσία δηλαδή ενημερώνονται όλοι οι πίνακες δρομολόγησης τακτικά λόγω του ότι η τοπολογία του δικτύου αλλάζει συνεχώς.

Πλεονεκτήματα:

- Ο κάθε κόμβος δεν χρειάζεται να βρει τη διαδρομή την στιγμή που γίνεται η μετάδοση επειδή την έχει έτοιμη.
- Ο χρόνος καθυστέρησης (*latency*) είναι μικρότερος ως αποτέλεσμα του προηγούμενου πλεονεκτήματος [2].

Μειονεκτήματα:

- Καταναλώνεται μεγάλο ζωνικό εύρος (*bandwidth*) κάθε φορά που γίνεται ενημέρωση των πινάκων επειδή συνήθως χρησιμοποιείται πλημύρα μηνυμάτων (*flooding*).

1.1.a. Fisheye State Routing Protocol (FSR):

Σε αυτόν τον αλγόριθμο, κάθε κόμβος έχει έναν πίνακα τοπολογίας ο οποίος βασίζεται στις τελευταίες πληροφορίες που παρέλαβε από τους γειτονικούς του κόμβους. Στην συνέχεια

υπολογίζει τον πίνακα δρομολόγησης. Για να μην υπάρχει μεγάλος φόρτος στο δίκτυο χρησιμοποιεί διαφορετικές περιόδους για διαφορετικές καταχωρίσεις στον πίνακα δρομολόγησης [8].

Πλεονεκτήματα:

- Επειδή ανταλλάσει πληροφορίες μόνο με τους γειτονικούς κόμβους δεν καταναλώνει μεγάλο bandwidth.
- Μειώνει τον επίφορτο δρομολόγησης (routing overhead)

Μειονεκτήματα:

- Σε μικρά δίκτυα έχει κακή απόδοση
- Έχει λιγότερη γνώση για απόμακρους κόμβους
- Οι πίνακες δρομολόγησης μεγαλώνουν όσο μεγαλώνει και το δίκτυο
- Λόγω της μεγάλης κινητικότητας στο VANETs, η δρομολόγηση δεν είναι ακριβής.

1.1.b. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR):

Κάθε κόμβος στο δίκτυο επιλέγει ένα σύνολο από γειτονικούς κόμβους το οποίο λέγεται πολυσημιακές αναμεταδόσεις (multipoint relays (MPR)) το οποίο αναμεταδίδει τα πακέτα του. Μόνο οι γειτονικοί κόμβοι που δεν περιλαμβάνονται στα σύνολα MPR, μπορούν να διαβάσουν και να επεξεργαστούν τα πακέτα. Αυτή η διαδικασία μειώνει τον αριθμό των αναμεταδόσεων σε μια ευρυεκπομπή (broadcast). Τρεις τύποι μηνυμάτων χρησιμοποιούνται απ το συγκεκριμένο πρωτόκολλο: το HELLO, το TC (topology control: έλεγχος τοπολογίας) και το MID (multiple interface declaration: δήλωση πολλαπλών διεπαφών). Τα HELLO ανταλλάσσονται μεταξύ γειτονικών κόμβων με σκοπό την ανίχνευση πιθανών συνδέσμων και επιλογής σημμάτων MPR. Τα TC μηνύματα παράγονται από τους κόμβους MPR περιοδικά

για να εντοπίσουν ποιοι άλλοι κόμβοι έχουν επιλεγεί ως MPR. Τα MID μηνύματα στέλνονται απ τους κόμβους για να αναφέρουν με ποια διεπαφή δικτύου (network interface) θα συμμετάσχουν στο δίκτυο αφού κάθε κόμβος μπορεί να έχει πολλές τέτοιες διεπαφές [9].

Πλεονεκτήματα:

- Είναι κατάλληλος για δίκτυα με υψηλή κινητικότητα όπως τα οχηματικά. [9]
- Η κατάσταση των συνδέσεων μεταξύ κόμβων γίνεται αμέσως γνωστή.
- Είναι κατάλληλος για δίκτυα με μεγάλη πυκνότητα δηλαδή για δίκτυα με πολλούς κόμβους (οχήματα) συσσωρευμένους.
- Μπορεί να χρησιμοποιήσει διαφορετικές δικτυακές επαφές (network interfaces) όπως WiFi ή Bluetooth.

Μειονεκτήματα:

- Επειδή πρέπει να κρατάει πίνακα δρομολόγησης για όλες τις πιθανές διαδρομές, ο συγκεκριμένος αλγόριθμος δεν έχει κλιμακοθεσημότητα (*scalability*).

1.2. Αντιδραστικοί αλγόριθμοι (reactive):

Ανακαλύπτουν τη διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα πακέτα, όταν στέλνονται δεδομένα. Δηλαδή σε αντίθεση με τους προληπτικούς αλγόριθμους, δεν βασίζονται σε πίνακες δρομολόγησης.

Πλεονεκτήματα:

- Δεν χρειάζεται τακτική ανανέωση των πινάκων δρομολόγησης αλλά μόνο όταν καλείται να το κάνει.

Μειονεκτήματα:

- Επειδή δεν έχουμε πλέον δεν είναι γνωστή από πριν η διαδρομή, το κόστος για να βρεθεί προστίθεται στην ίδια την αποστολή του μηνύματος.
- Σε κάθε αποστολή μηνυμάτων χρειάζεται η πλημύρα (*flooding*) με αποτέλεσμα να έχουμε περισσότερο επίφορτο (*overhead*) στη δρομολόγηση.
- Η υπερβολική πλημύρα μηνυμάτων μπορεί να προκαλέσει διακοπές στην επικοινωνία μεταξύ των κόμβων [1]. Για αυτό το λόγο, ο συγκεκριμένος αλγόριθμος δεν συνιστάται για εφαρμογές σχετικές με την ασφάλεια [3].

1.2.a. Ad Hoc on Demand Distance Vector routing (AODV)

Στέλνει μηνύματα “HELLO” για να εντοπίσει τους γειτονικούς κόμβους. Ο αποστολέας στέλνει μία αίτηση δρομολόγησης (*route request (RREQ)*) σε όλους τους γειτονικούς του κόμβους (*broadcast*), το οποίο προωθείται μέχρι τον προορισμό. Στην συνέχεια ο προορισμός απαντάει στον αποστολέα με ένα πακέτο ανταπόκρισης δρομολόγησης (*route reply*) και έτσι ο αποστολέας μαθαίνει από ποια διαδρομή θα στείλει την πληροφορία [7]. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του σε σχέση με άλλους αλγόριθμους της ίδιας κατηγορίας είναι ότι χρησιμοποιεί αριθμού ακολουθίας (*sequence number(DestSeqNum)*) για να εξασφαλίσει ότι οι διαδρομές που έχει ανακαλύψει είναι ανανεωμένες [15].

Πλεονεκτήματα: [1]

- Εξαιτίας της χρήσης του *DestSeqNum*, τα μονοπάτια που έχουν ανακαλυφθεί είναι ανανεωμένα.
- Μειώνει τις απαιτήσεις στη μνήμη
- Ανταποκρίνεται στην αποτυχίες σύνδεσης (*link failure*)
- Εφαρμόζεται και σε δίκτυα μεγάλης κλίμακας.

Μειονεκτήματα:

- Χρειάζεται περισσότερος χρόνος σε σχέση με άλλες μεθόδους, για να γίνει η σύνδεση μεταξύ αποστολέα και προορισμού.

1.2.b. Dynamic Source Routing (DSR):

Έχει δύο λειτουργίες, την ανακάλυψη της δρομολόγησης (*route discovery*) και την συντήρηση της δρομολόγησης (*route maintenance*). Στις κεφαλές των πακέτων περιλαμβάνεται μία λίστα με όλους τους κόμβους του δικτύου. Χρησιμοποιεί δρομολόγηση προέλευσης (*source routing*) και έτσι δεν εξαρτάται από τους πίνακες δρομολόγησης των ενδιάμεσων κόμβων. Οπότε ο επίφορτος της δρομολόγησης (*routing overhead*) εξαρτάται από το μέγεθος τους μονοπατιού. [8]

Πλεονεκτήματα:

- υπάρχει μικρότερη υπερφόρτωση στο δίκτυο

Μειονεκτήματα:

- Αν το δίκτυο έχει πολλούς κόμβους τότε θα επιφορτωθούν οι κεφαλές των πακέτων.
- Σε δίκτυα με μεγάλη κινητικότητα έχει κακή απόδοση
- Δε μπορεί να φτιάξει τους σπασμένους συνδέσμους τοπικά.

2. Αλγόριθμοι βασισμένοι στην θέση (*Position based algorithms*):

Στον συγκεκριμένο αλγόριθμο, κάθε κόμβος γνωρίζει την γεωγραφική θέση του ίδιου αλλά και των γειτονικών του κόμβων, συνήθως με την χρήση GPS. Δεν διατηρεί πίνακες δρομολόγησης και ούτε ανταλλάσει με τους γειτονικούς του κόμβους πληροφορίες που να σχετίζονται με την κατάσταση σύνδεσής τους [1]. Έτσι, η δρομολόγηση βασίζεται σε πληροφορίες που λαμβάνονται από τα GPS.

Πλεονεκτήματα:

- Δεν είναι απαραίτητη η ανακάλυψη της διαδρομής.
- Κλιμακοθετησιμότητα (*scalability*)
- Είναι κατάλληλος για κόμβους με υψηλή κινητικότητα.

Μειονεκτήματα:

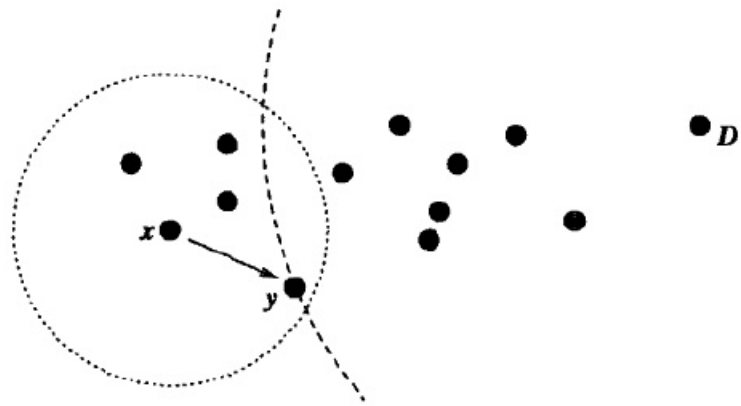
- Πρέπει να δουλεύει το GPS. Πολλές φορές μπορεί να μην υπάρχει σήμα από το δορυφόρο, συνήθως μέσα σε τούνελ, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνει καθόλου η δρομολόγηση.

2.a. Geographic Source Routing (GSR):

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο *Dijkstra** για να υπολογίσει την συντομότερη διαδρομή μεταξύ διαδοχικών διασταυρώσεων του οδικού δικτύου. Μόλις υπολογιστεί η διαδρομή, η προώθηση των πακέτων γίνεται με την στρατηγική *Greedy Forwarding*** πάλι μεταξύ δύο διαδοχικών διασταυρώσεων [10].

*Αλγόριθμος *Dijkstra*: υπολογίζει την συντομότερη διαδρομή δηλαδή τη διαδρομή με το συνολικό μικρότερο κόστος (απόσταση ή χρόνος) χωρίς να λαμβάνει υπ όψη του τα hops δηλαδή τον αριθμό των κόμβων που θα συμμετάσχουν στη δρομολόγηση.

***Greedy Forwarding*: ο κάθε κόμβος στέλνει την πληροφορία στον πιο απομακρυσμένο γειτονικό του κόμβο ο οποίος είναι ταυτόχρονα και πιο κοντά στον προορισμό. Να σημειωθεί ότι υπάρχει το ενδεχόμενο να μην φτάσει το πακέτο στον προορισμό επειδή μπορεί να καταλήξει σε απόμακρο κόμβο.



Πλεονεκτήματα:

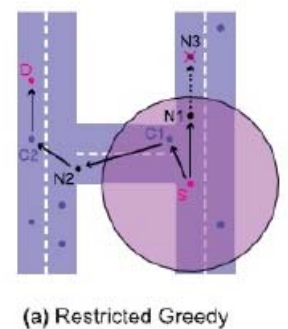
- Παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα από τοπολογικούς αλγόριθμους, σε διάφορες προσομοιώσεις [11].

Μειονεκτήματα:

- Δεν υπολογίζεται η βέλτιστη διαδρομή στο σύνολό της αλλά μόνο κατά τμήματα.
- Δεν λαμβάνει υπόψη του την περίπτωση να υπάρχει χαμηλή συσσώρευση σε κόμβους (*low traffic density*) με αποτέλεσμα να μην φτάσει το μήνυμα στον προορισμό[11].

2.b. Greedy perimeter coordinator routing (GPCR):

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος χρησιμοποιεί την στρατηγική της «άπληστης» προώθησης υπό περιορισμούς (*restricted greedy forwarding procedure*) για όλο το μήκος της διαδρομής. Ο περιορισμός που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας είναι τα εμπόδια (π.χ. κτήρια) που υπάρχουν στην πόλη και άρα τα δεδομένα πρέπει να προωθούνται σε κόμβους που βρίσκονται σε διασταυρώσεις για να φτάσουν στον τελικό προορισμό. Σε περίπτωση που



(a) Restricted Greedy

αποτύχει η δρομολόγηση χρησιμοποιείται μία στρατηγική διόρθωσης (*repair strategy*) η οποία λαμβάνει υπόψη της την τοπολογία των δρόμων και των διασταυρώσεων [12].

Πλεονεκτήματα:

Έχει καλή απόδοση τόσο μέσα στην πόλη όσο και σε αυτοκινητόδρομους [10].

Έχει στρατηγική διόρθωσης (*repair strategy*).

Μειονεκτήματα:

Όπως και ο *GPR*, δε λαμβάνει υπόψη του την περίπτωση να υπάρχει χαμηλή συσσώρευση σε κόμβους (*low traffic density*) [11].

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτήν την εργασία είδαμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των πιο σημαντικών αλγόριθμων δρομολόγησης στα οχηματικά δίκτυα. Ο καθένας τους υστερεί σε διαφορετικά στοιχεία άρα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι από αυτούς που παρουσιάστηκαν δεν υπάρχει κάποιος που να υπερτερεί από τους υπόλοιπους. Επίσης μπορούμε να συμπεράνουμε με ασφάλεια ότι ανάλογα την περίπτωση και το περιβάλλον μέσα στο οποίο κινούνται τα οχήματα κάποιος είναι καταλληλότερος από κάποιους άλλους.

Από όσα είδαμε φαίνεται ότι στην παρούσα φάση δεν υπάρχει κάποιος αλγόριθμος ο οποίος να είναι αρκετά αποδοτικός και αποτελεσματικός ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε πραγματικές συνθήκες για το λόγο ότι οι πιθανές εφαρμογές από ένα τέτοιο δίκτυο απαιτούν ταχύτητα και αξιοπιστία στην ανταλλαγή πακέτων μεταξύ οχημάτων. Συνεπώς βλέπουμε ότι υπάρχει μεγάλη ανάγκη για περαιτέρω έρευνα. Η ανάγκη αυτή φαίνεται ακόμη μεγαλύτερη αν εξετάσουμε το θέμα από την πλευρά των εφαρμογών που θα μπορούσαμε να έχουμε αν ένα τέτοιο δίκτυο ήταν πραγματικότητα.

Στο μέλλον αναμένουμε ένα καλύτερο, πιο ασφαλές και πιο αποδοτικό οδικό δίκτυο εξαιτίας της εφαρμογής των οχηματικών δικτύων. Θα υπάρχει η δυνατότητα να αποφεύγονται πιθανά ατυχήματα, οι παραβάσεις του κ.ο.κ. θα εντοπίζονται ευκολότερα και η κυκλοφορική συμφόρηση αναμένεται να έχει μειωθεί σημαντικά.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ:

Άρθρο περιοδικού

[1] Bijan P., Ibrahim Md., Bikas A-M. (2011). VANET Routing Protocols: Pros and Cons. *International Journal of Computer Applications*, 20, 28 – 34

Άρθρο περιοδικού

[2] Kumar S., Narayan K.D., Kumar J. (2011). Qualitative Based Comparison of Routing Protocols for VANET. *Journal of Information Engineering and Applications*, 1, 13 – 17

Άρθρο περιοδικού

[3]Asifkhan M., Ahmed A., Shah M., Khan M.S., Gul N., Qamar N., Shahzad A. (2012). A Survey on Architecture, Protocols, Challenges and Solutions on Vehicular Networking, *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, 3, 5 – 8

Άρθρο περιοδικού

////[4] Kathole A.B., Pande Y. (2013). Servey of Topology Based Reactive Routing Protocols in VANET, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4, 39 – 43

Άρθρο περιοδικού

[5] Different Routing Techniques in VANET

Άρθρο περιοδικού with DOI

[6] Qureshi K.N., Abdullah A.H. (2013). Study of Efficient Topology Based Routing Protocols for Vehicular Ad-Hoc Network Technology, *World Applied Sciences Journal*, 23, 656 – 663

Άρθρο περιοδικού

[7] Kathole A.B., Pande Y. (2013). Survey of Topology Based Reactive Routing Protocols in VANET

Άρθρο περιοδικού

[8] Kakarla J., Sathya S.S., Laxmi B.G., Babu R. (2011). A Survey on Routing Protocols and its Issues in VANET, *International Journal of Computer Applications*, 28, 38 – 44

Άρθρο περιοδικού

[9] Toutouh J., Garcia-Nieto J., Alba E. (2012). Intelligent OLSR Routing Protocol Optimization for VANETs, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, in Press

Άρθρο περιοδικού with DOI

[10] Teymoori Fat., Nabizadeh H., Teymoori Farz. (2013). A New Approach in Position-based Routing Protocol Using Learning Automata for VANETs in City Scenario, *International Journal of Ambient Systems and Applications (IJASA)*, 1, 45 – 53, DOI : 10.5121/ijasa.2013.1204

Άρθρο περιοδικού

[11] Lakshmi K., Thilagam K., Rama K., Jeevarathinam A., Priya S.-M. (2012). Comparison of Three Greedy Routing Algorithms for Efficient Packet Forwarding in VANET, *K Lakshmi et al, Int.J.Computer Technology & Applications*, 3, 146 – 151

Web site article

[12] Balderas G. (2010). A survey of geographic routing protocols for Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), *Academia.edu*

Άρθρο περιοδικού

[13] Nzouonta J., Rajgure N., Wang G., Borcea C. (2009). VANET Routing on City Roads Using Real-Time Vehicular Traffic Information, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 58, 3609 – 3626

International Conference

[14] Santos R.A., Edwards R.M., Seed N., Edwards A. (2004). A Location-based Routing Algorithm for Vehicle to Vehicle Communication, *Computer Communications and Networks*, 221- 226, DOI: [10.1109/ICCCN.2004.1401632](https://doi.org/10.1109/ICCCN.2004.1401632)

Άρθρο περιοδικού

[15] Nor S., Arizol A., Ahmad F. (2009). Performance Evaluation of AODV, DSDV & DSR Routing Protocol in Grid Environment, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 9, 261 – 268

Άρθρο περιοδικού

[16] Kamiya S., Satendra J. (2012). Enhanced Greedy Perimeter Stateless Routing Protocol (E-Gprs), *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1, 1 – 8

Άρθρο περιοδικού

[17] Bhat V., Shah P. (2012). Performance Comparison of AD-Hoc VANET Routing Algorithms, *IJCEM International Journal of Computational Engineering & Management*, 15, 13 – 19

[18] Banik A. (2010). Routing Protocol with prediction based mobility model in Vehicular Ad Hoc Network (VANET)

Παρουσίαση Power Point

[19] Varadarajan S. Internet Protocol: Routing Algorithms