

Κινητός και Διάχυτος Υπολογισμός (Mobile & Pervasive Computing)

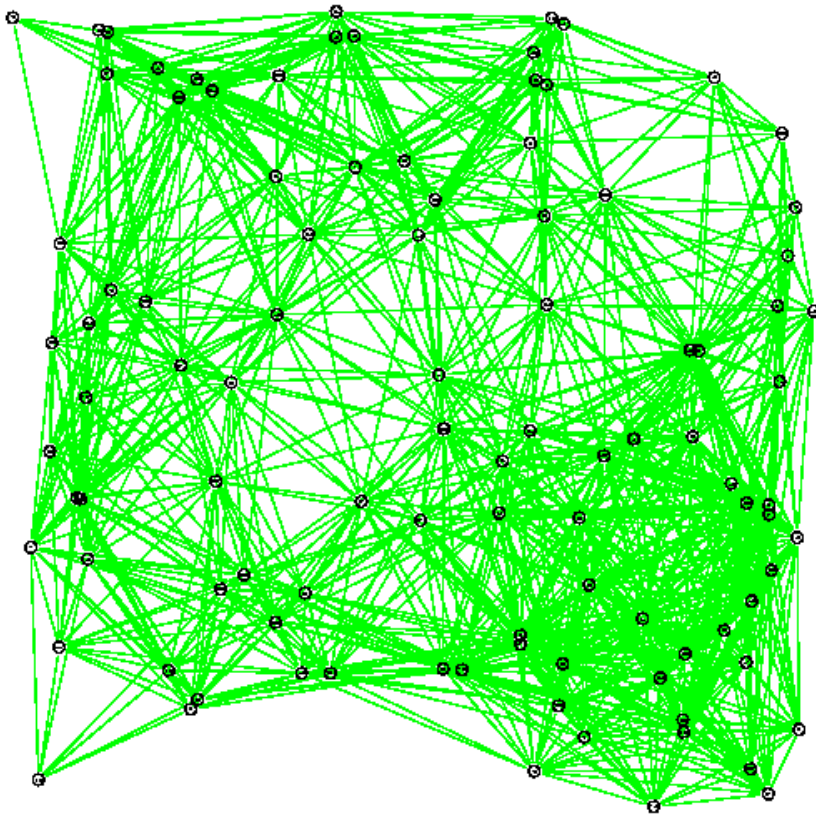
Δημήτριος Κατσαρός

Διάλεξη 17η

Περιεχόμενα

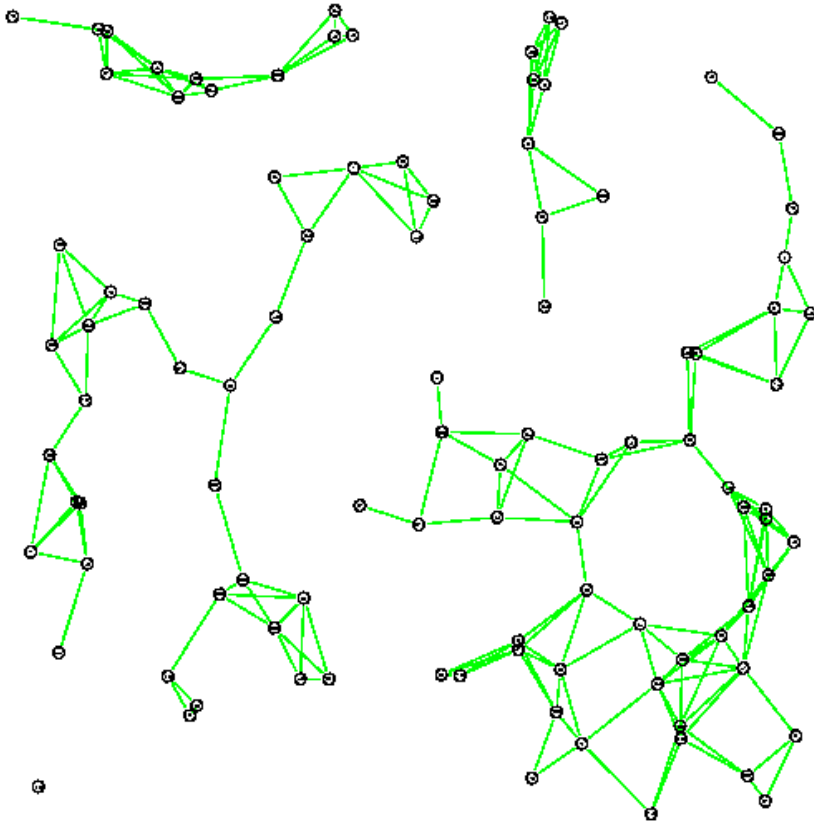
- Έλεγχος Τοπολογίας σε MANETs
 - Εισαγωγή
 - Relative Neighborhood Graph (RNG)
 - Gabriel Graph (GG)
 - Localized Minimum Spanning Tree (LMST)

Γιατί έλεγχο τοπολογίας? (1/3)



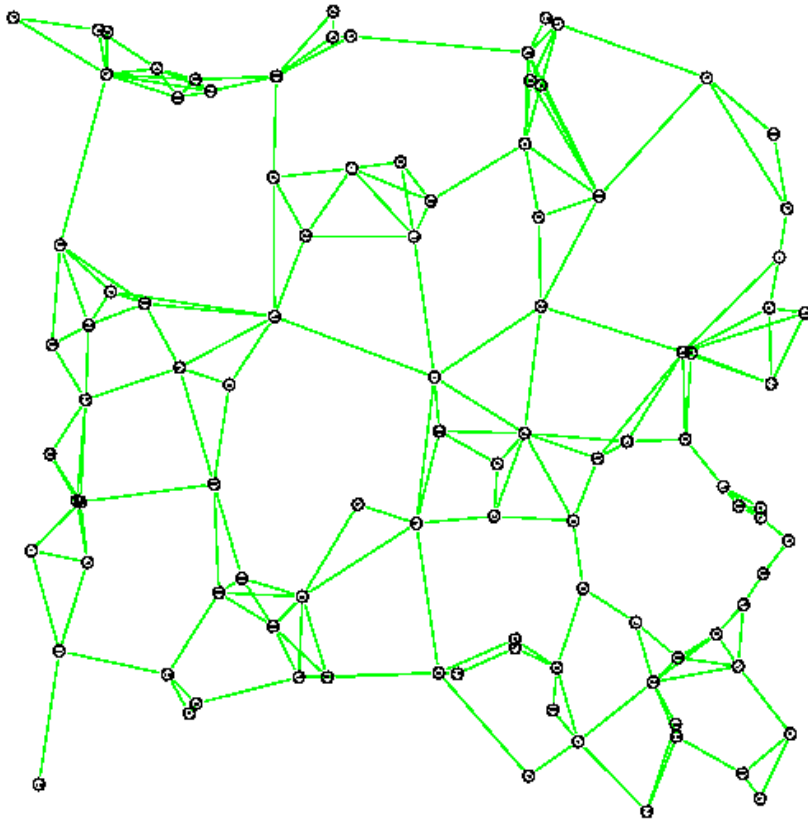
- Υψηλή παρεμβολή
- Υψηλή κατανάλωση ενέργειας
- Η ισχύς μεγαλώνει τετραγωνικά με την απόσταση
- Χαμηλό throughput

Γιατί έλεγχο τοπολογίας? (2/3)



- Πιθανή διαμέριση του δικτύου

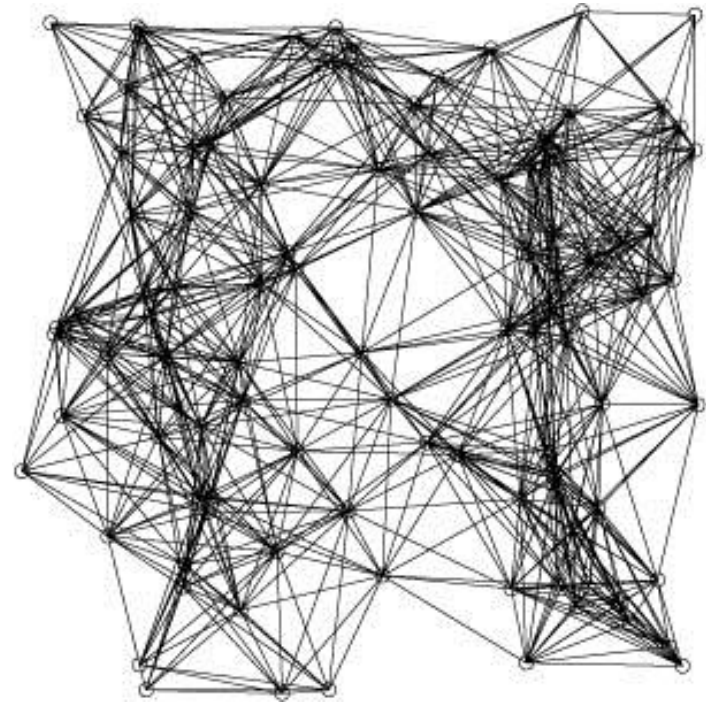
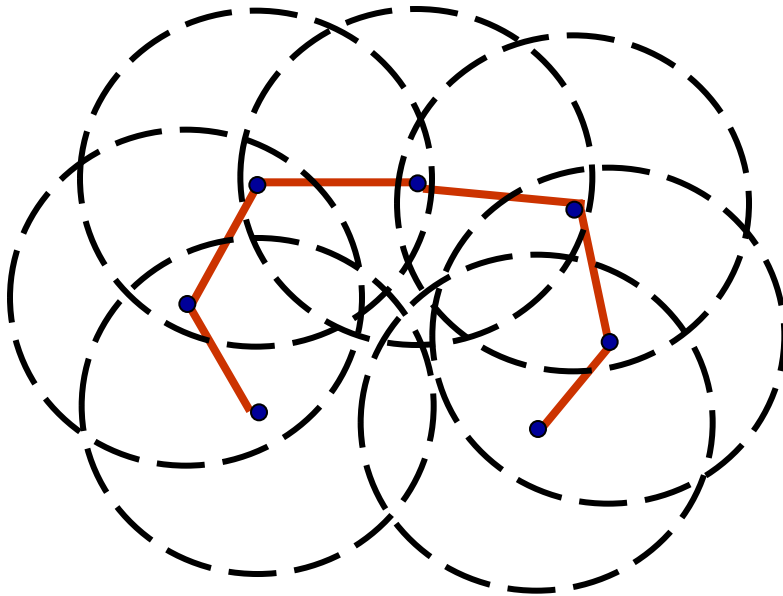
Γιατί έλεγχο τοπολογίας? (3/3)



- Ολική (Global) συνδεσιμότητα για το δίκτυο
- Μικρή παρεμβολή
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Υψηλό throughput (λιγότερος συναγωνισμός για το κανάλι)

Απλούστερο μοντέλο: Unit Disk Graphs (UDG)

Όλοι οι $u \in V$ έχουν την ίδια εμβέλεια εκπομπής: unit disk



Minimum Spanning Tree (MST)

- Είναι υπογράφημα του MANET γραφήματος
- Είναι συνδεδεμένο
- Περιέχει όλους τους κόμβους
- Το μήκος των ακμών του είναι το ελάχιστο
- Κατασκευάζεται με Kruskal (Prim), ως εξής:
 - Οι ακμές ταξινομούνται με αύξον μήκος
 - Εξετάζονται με αυτή τη σειρά
 - Εάν η προσθήκη κάποιας ακμής δεν παράγει κύκλο, τότε προστίθεται, αλλιώς εξετάζουμε την επόμενη
- **Δεν είναι localized!** Και άρα όχι distributed, εκτός και εάν φτιάξω distributed version του centralized αλγορίθμου

Περιεχόμενα

- Έλεγχος Τοπολογίας σε MANETs
 - Εισαγωγή
 - **Localized Minimum Spanning Tree (LMST)**
 - Relative Neighborhood Graph (RNG)
 - Gabriel Graph (GG)

Η διάρθρωση του πρωτοκόλλου

- Η εκτέλεση του πρωτοκόλλου LMST απαρτίζεται τρεις φάσεις:
 - Ανταλλαγή πληροφοριών
 - Κατασκευή τοπολογίας
 - Προσδιορισμός της ισχύως μεταδόσεως
 - και (μια προαιρετική φάση βελτιστοποίησης)
Κατασκευή της τοπολογίας με bidirectional links

ΘΕΩΡΗΜΑ. Το MST ενός UDG είναι υπογράφημα του LMST.

Ορισμοί

- **[Ορατοί γείτονες]** Οι ορατοί γείτονες του κόμβου $u \in N$ είναι όλοι οι 1-hop γείτονες του u όταν αυτός εκπέμπει με την μέγιστη ισχύ (maxpower graph) $G = (N, E)$
- Τυπικά:

$$VN_u = \{v \in N \mid (u, v) \in E\} \cup \{u\}$$

Φάση I: Information exchange

- Στην πρώτη φάση του πρωτοκόλλου, κάθε κόμβος στέλνει το ID του και την θέση του σε όλους τους κόμβους της “ορατής” γειτονιάς του
- Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αποστολή ενός beacon μηνύματος με την μέγιστη δυνατή ισχύ

Φάση II: Topology construction

- Όταν έχουν ληφθεί όλα τα beacon μηνύματα των ορατών γειτόνων, κάθε κόμβος κατασκευάζει το local MST του εφαρμόζοντας τον κλασικό αλγόριθμο του Prim
- Ως βάρος κάθε link για να χτιστεί το MST είναι το μήκος του (Ευκλείδια απόσταση)
 - Αυτή η επιλογή είναι συμβατή με οποιοδήποτε path loss μοντέλο, καθώς το κόστος ισχύως του $\text{link}(u,v)$ είναι ανάλογο με το $\delta(u,v)^\alpha$, με $\alpha \geq 1$
 - Έτσι, το MST που προκύπτει μετά από οποιοδήποτε path loss μοντέλο ως συνάρτηση βάρους είναι το ίδιο με εκείνο που προκύπτει κατόπιν χρήσης της Ευκλείδιας απόστασης

Φάση II: Topology construction

- Επισημαίνεται ότι το παραγόμενο MST με τον αλγόριθμο του Prim ίσως δεν είναι μοναδικό
- Αφού απαιτείται η μοναδικότητα του MST για ν' αποδειχτεί ότι το LMST διατηρεί την συνδεσμικότητα, ορίζουμε ως συνάρτηση link-weight function κάποια που επίσης λαμβάνει υπόψη την λεξικογραφική διάταξη των node Ids που είναι τα άκρα του link

Φάση II: Topology construction

- Μετά την εκτέλεση του αλγορίθμου του Prim, κάθε κόμβος u του δικτύου γνωρίζει το (μοναδικό) MST $T_u = (V_{N_u}, E_u)$ που τον συνδέει με όλους τους ορατούς γείτονές του
- Το επόμενο βήμα είναι να οριστεί το σύνολο των γειτόνων του u στην τελική τοπολογία, δηλαδή, η τοπική θέαση της τοπολογίας του LMST από την σκοπιά του u
- Αυτό επιτυγχάνεται με τον ορισμό της γειτονικής σχέσης ως ακολούθως:

Φάση II: Topology construction

- [Γειτονική σχέση] Ο κόμβος v θα είναι γείτονας του κόμβου u , συμβολίζοντάς το ως $u \rightarrow v$, εάν και μόνο εάν ο v είναι 1-hop γείτονας του u στο minimum spanning tree $T_u = (VN_u, E_u)$ του u
- Τυπικά: $u \rightarrow v \Leftrightarrow (u, v) \in E_u$
- Το σύνολο των γειτόνων του κόμβου u , συμβολίζεται ως $N(u)$, και ορίζεται ως $N(u) = \{v \in VN_u \mid u \rightarrow v\}$

Φάση II: Topology construction

- Η τοπολογία που ορίζεται από το LMST κατασκευάζεται αφού συνδεθεί κάθε κόμβος με τους γείτονές του:
- **[Τοπολογία κατά LMST]** Η τελική τοπολογία που παράγεται από το πρωτόκολλο LMST είναι το κατευθυνόμενο γράφημα $G_{LMST}=(N,E_{LMST})$, όπου η κατευθυνόμενη ακμή $(u, v) \in E_{LMST}$ εάν και μόνο εάν $u \rightarrow v$

Φάση III: Determination of transmit power

- Το τελικό βήμα είναι ο προσδιορισμός της ισχύως μεταδόσεως που απαιτείται για να σταλεί κάποιο μήνυμα σε οποιοδήποτε γείτονα
- Αυτό επιτυγχάνεται με την μέτρηση της ισχύως λήψεως των beacon μηνυμάτων
 - Όταν ο κόμβος u λαμβάνει ένα beacon από κάποιον ορατό γείτονα v , μπορεί να εκτιμήσει το minimum power level που απαιτείται για να φτάσει στον v συγκρίνοντας την λαμβανόμενη ισχύ του beacon με την maximum transmit power (όλα τα beacons αποστέλλονται με την maximum ισχύ)
- Οι κόμβοι επίσης υπολογίζουν την broadcast power, δηλαδή, την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ για να “φτάσουν” στον μακρύτερο κόμβου που ανήκει στο $N(u)$

Περιεχόμενα

- Έλεγχος Τοπολογίας σε MANETs
 - Εισαγωγή
 - Localized Minimum Spanning Tree (LMST)
 - **Relative Neighborhood Graph (RNG)**
 - Gabriel Graph (GG)

Relative Neighborhood Graph (RNG)

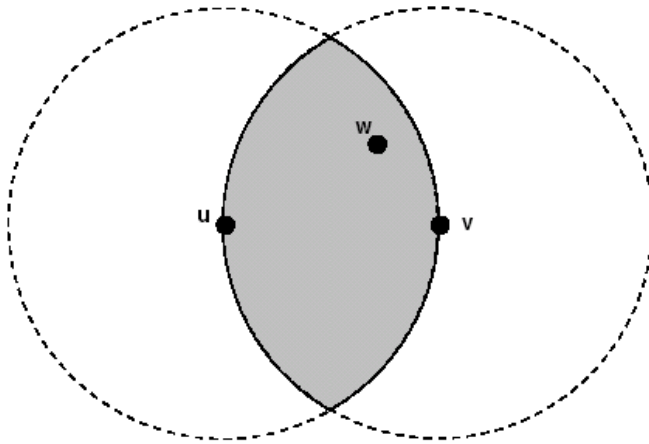


Fig. 5. The edge (u, v) is not in RNG because of w .

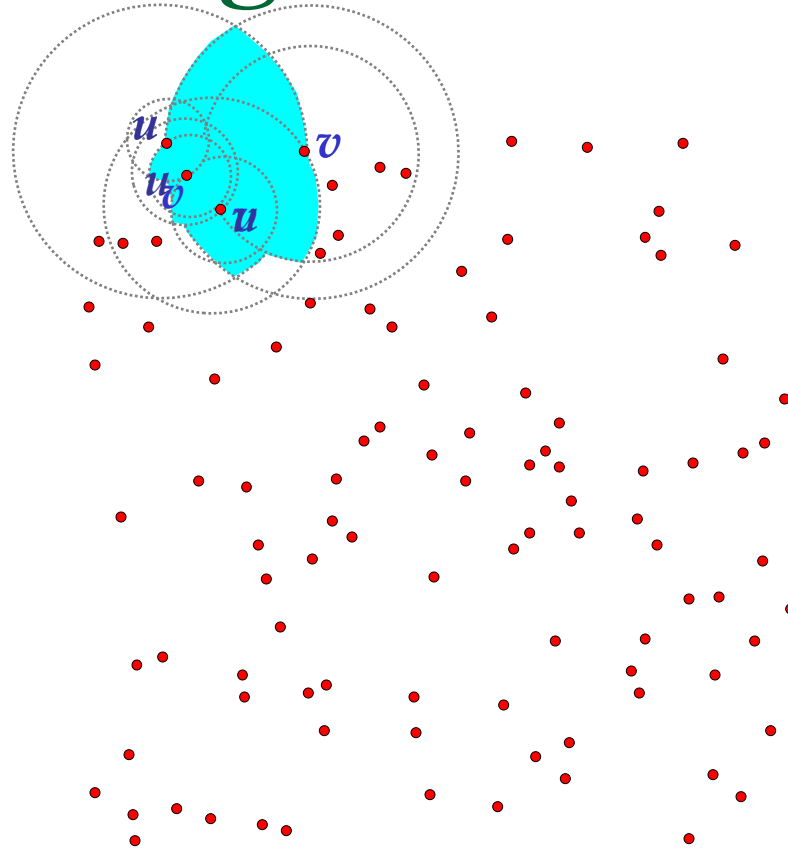
$$E_{rng} = \{(u, v) \in G \mid \nexists w \in V \quad (u, w), (w, v) \in G \\ \wedge d(u, w) \leq d(u, v) \wedge d(v, w) \leq d(u, v)\}.$$

Average degree is around 2.5

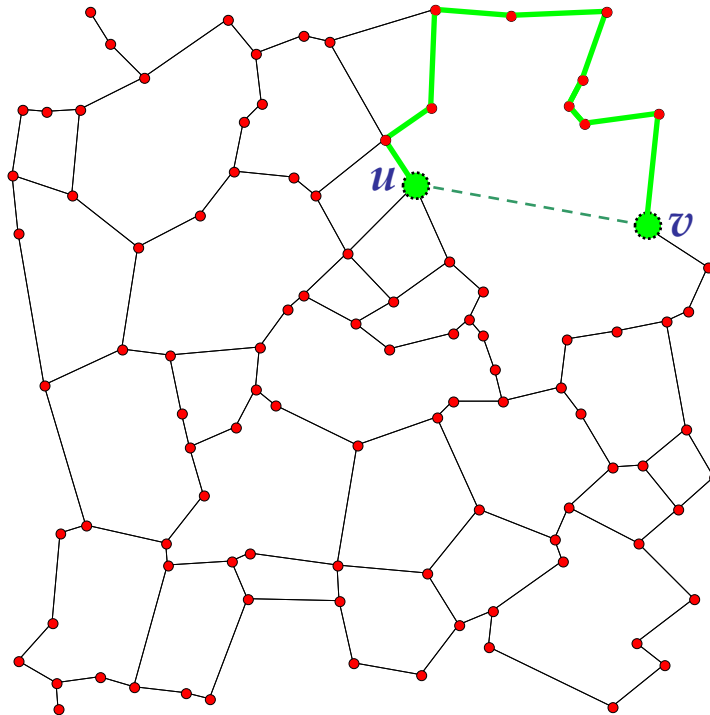
$$\forall u \in V \quad r(u) = \max\{d(u, v) \mid v \in V \wedge (u, v) \in E_{rng}\}.$$

ΘΕΩΡΗΜΑ. Το LMST ενός UDG είναι υπογράφημα του RNG.

Relative Neighborhood Graph



Relative Neighborhood Graph



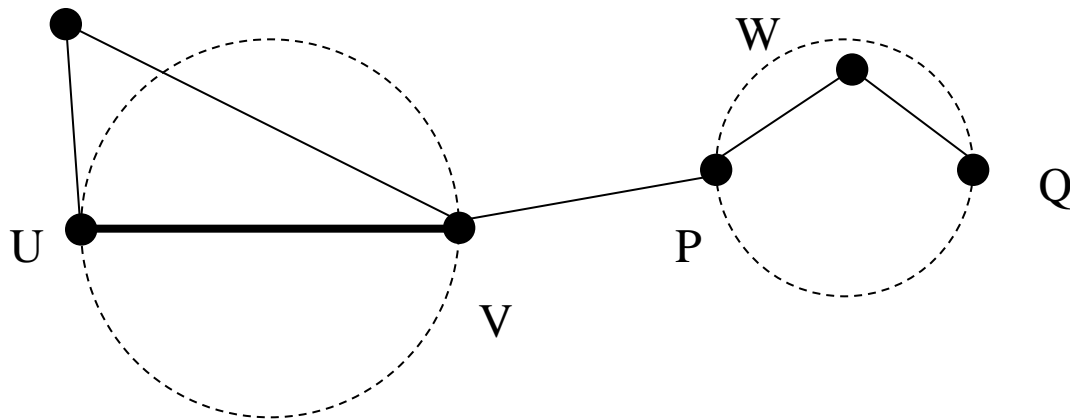
- **Properties**
 - **Planar**
 - **Long paths**
 - **Stretch factor $\Theta(n)$**

Περιεχόμενα

- Έλεγχος Τοπολογίας σε MANETs
 - Εισαγωγή
 - Localized Minimum Spanning Tree (LMST)
 - Relative Neighborhood Graph (RNG)
 - **Gabriel Graph (GG)**

Gabriel Graph (GG)

- Ο GG ορίζεται ως εξής:
 - Περιέχει μια ακμή UV εάν και μόνο εάν ο δίσκος με διάμετρο UV δεν περιέχει κάποιο άλλο κόμβο μέσα του.
- Αντιπαραθέστε με το RNG
 - Εάν ο μηνίσκος (lune) δεν περιέχει κάποιο γείτονα, τότε και ο κύκλος δεν θα περιέχει κάποιο γείτονα
 - Επομένως, εάν μια ακμή ανήκει στο RNG, ανήκει και στον GG

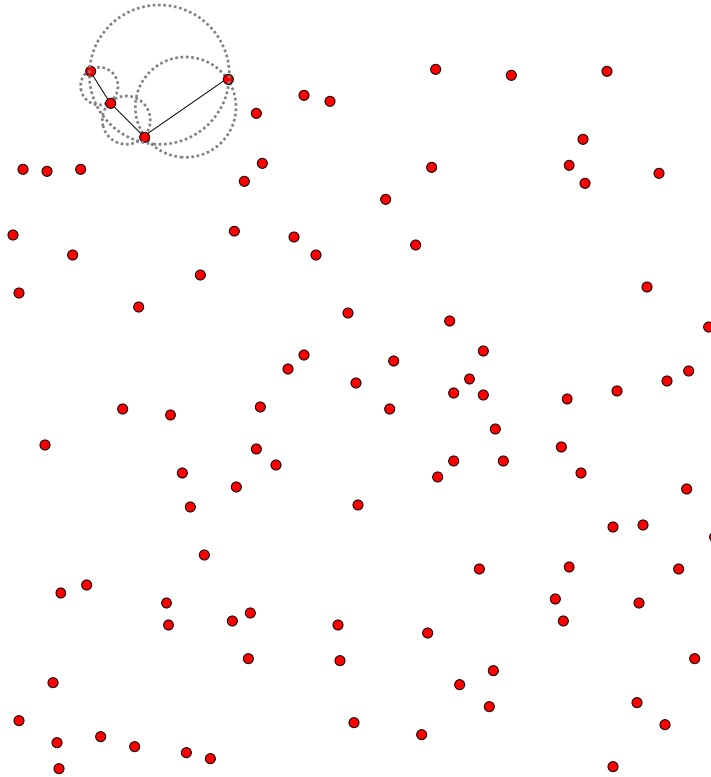


ΘΕΩΡΗΜΑ. Το RNG ενός UDG είναι υπογράφημα του GG.

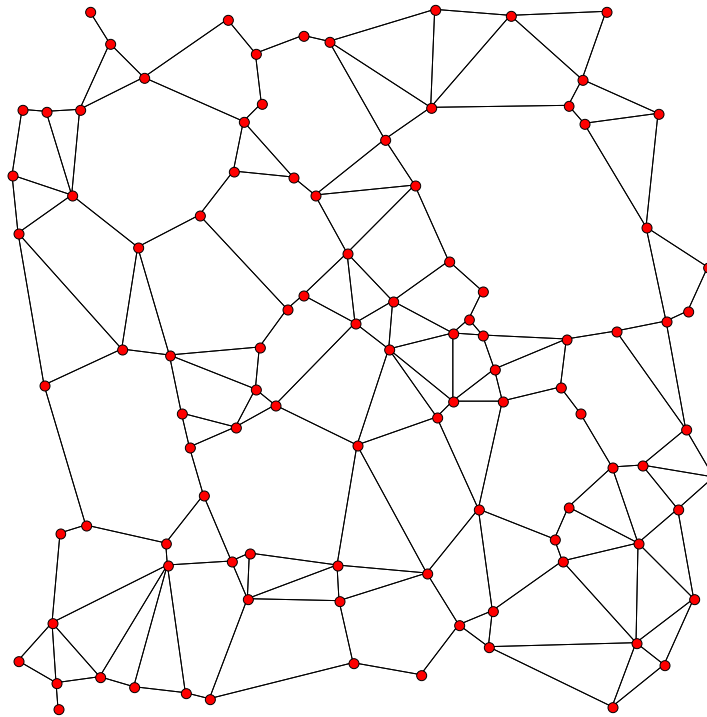
Localized κατασκευή του GG

- Το κριτήριο ελέγχεται με δυο τρόπους
 - Ευκλείδεια απόσταση
 - Κάθε κοινός γείτονας W των U και V πρέπει να βρίσκεται **σε απόσταση τουλάχιστον $|UV|/2$** από το μέσον της UV , ώστε να περιλάβουμε την ακμή UV στο GG
 - Έλεγχος των γωνιών
 - Εάν **$\angle PWQ > \pi/2$** για έναν κοινό γείτονα W των P και Q , τότε η ακμή PQ δεν πρέπει να περιληφθεί στο GG
- Σε κάθε περίπτωση αρκεί να γνωρίζουμε τη θέση ενός κόμβου καθώς και τη θέση των γειτόνων του

Gabriel Graph



Gabriel Graph

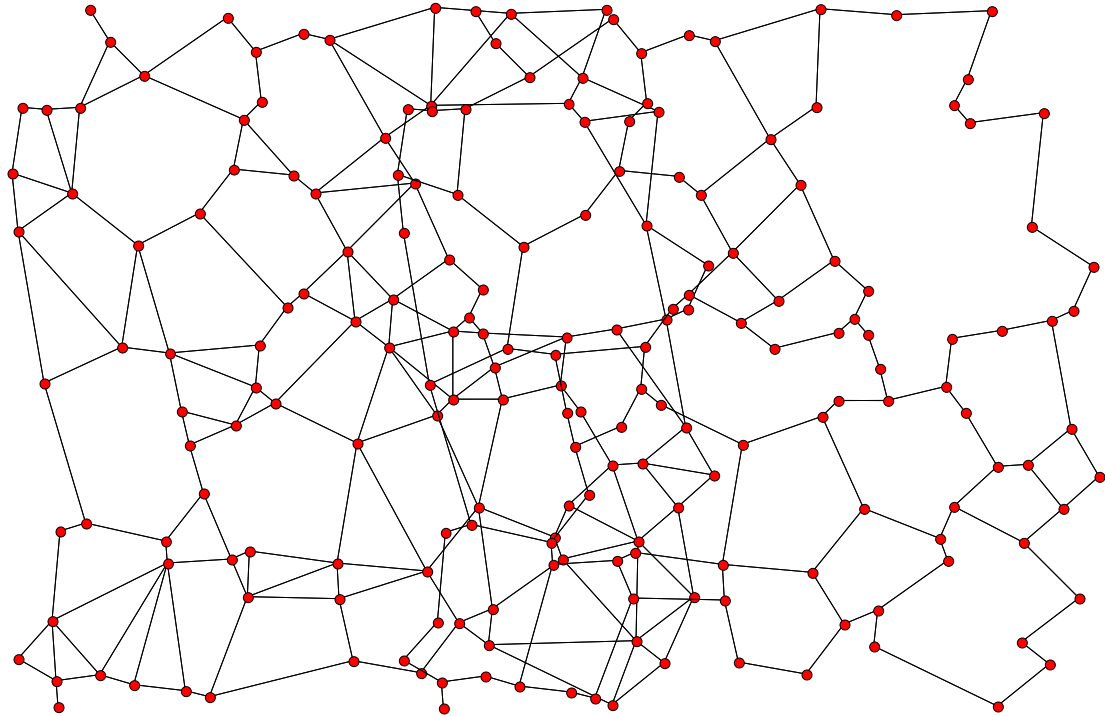


Gabriel Graph

Gabriel



Relative Neighborhood

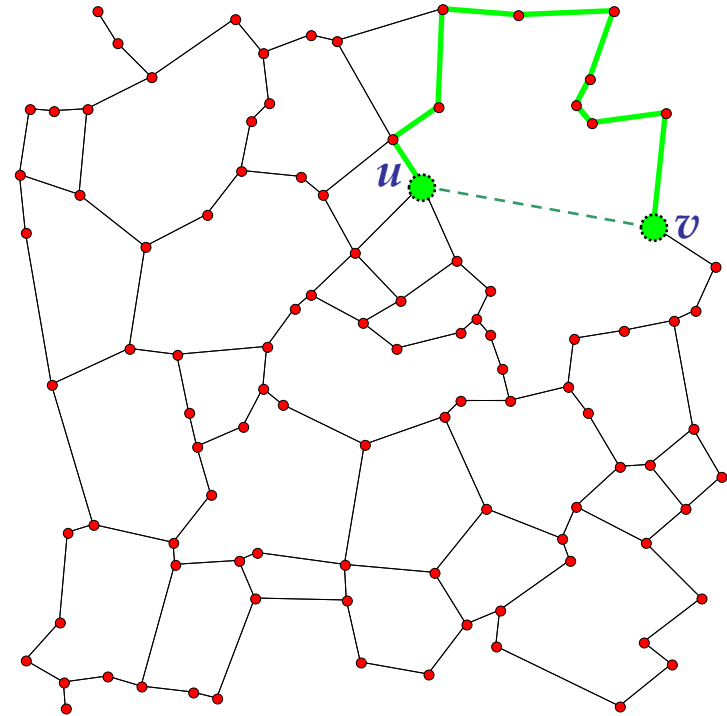
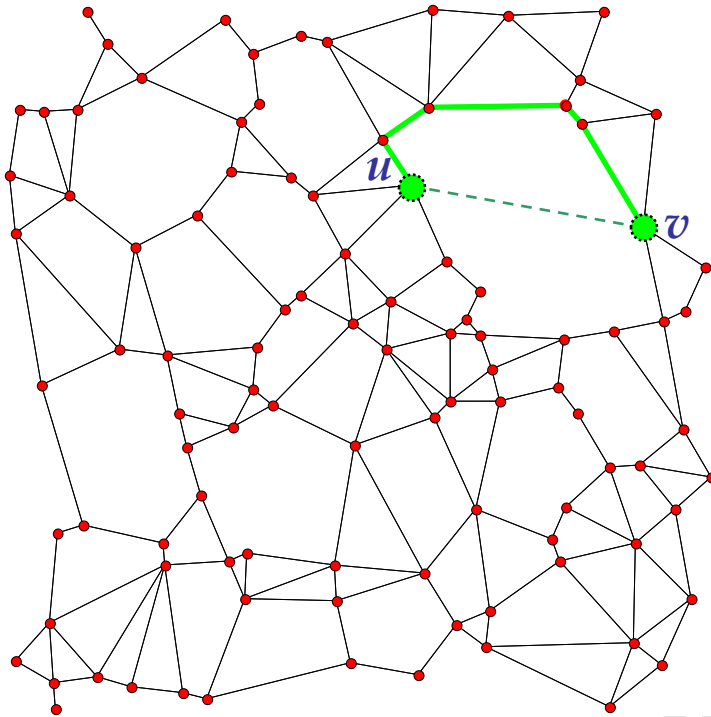


Gabriel Graph

Gabriel



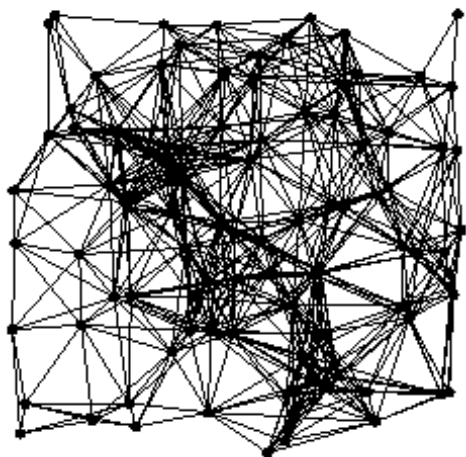
Relative Neighborhood



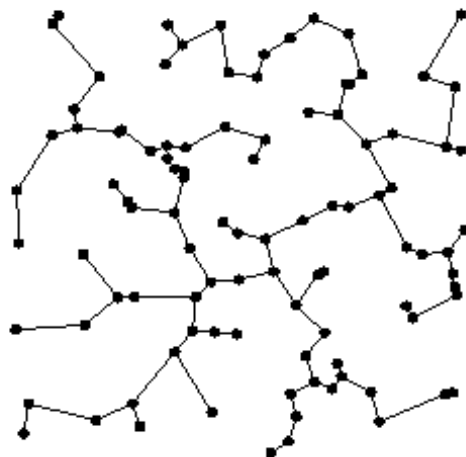
Planar

Long paths

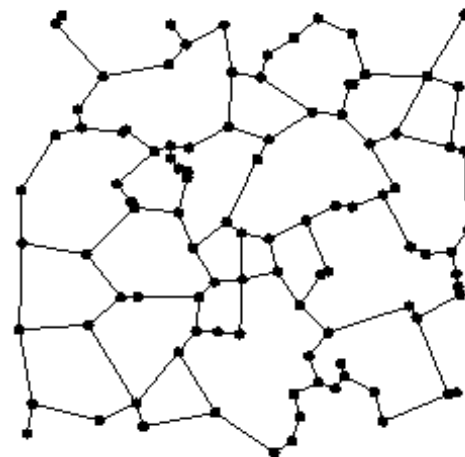
Εποπτική σύγκριση δομών



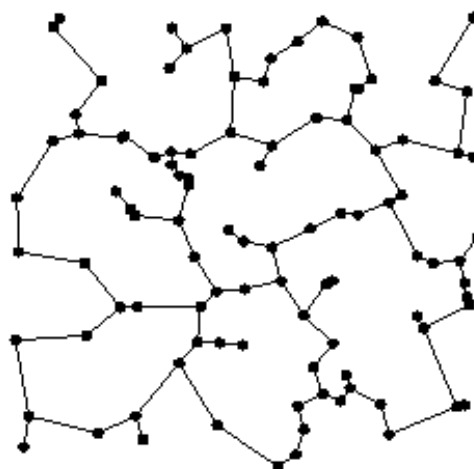
UDG



MST



RNG



LMST

Άλλες δομές για topology control

- Delaunay Triangulation (DT)
 - Μια ακμή (u,v) θα περιέχεται στο DT εάν και μόνο εάν υπάρχει κάποιος κύκλος, του οποίου η (u,v) είναι μια χορδή, ο οποίος δεν περιέχει κάποιο άλλο σημείο στο εσωτερικό του
 - Ο GG είναι υπογράφημα του DT
- Partial Delaunay Triangulation (PDT)
 - Είναι localized
 - PDT είναι υπογράφημα του DT
- Yao Graph (YG)
 - Προτάθηκε για την αποδοτική κατασκευή MST σε πολλές διαστάσεις