



Πτυχιακή Εργασία:

Μελέτη προβλημάτων τοποθέτησης σε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

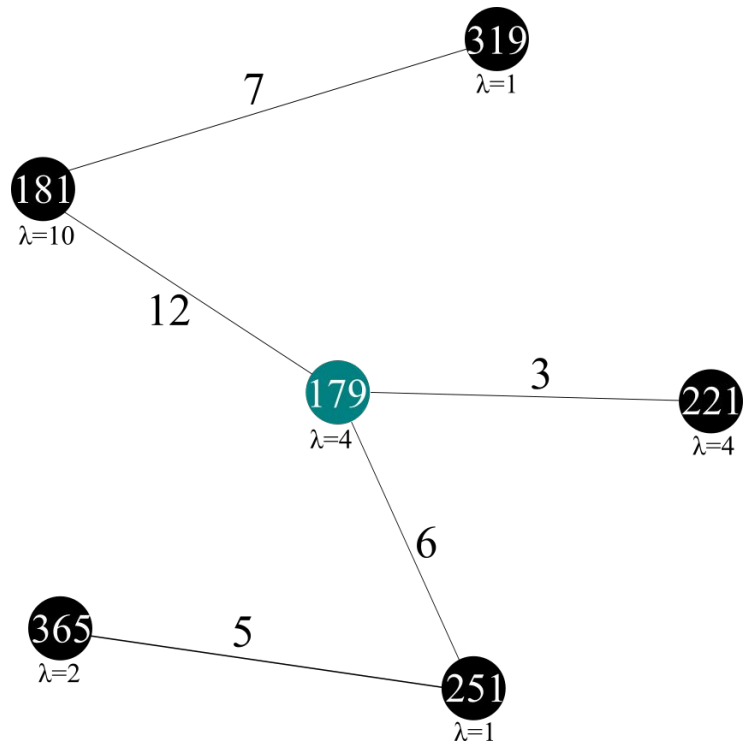
Κωνσταντίνος Ξυπολιτόπουλος

Επιβλέπων: **Κωνσταντίνος Οικονόμου**

Φεβρουάριος 2019

Το 1-median πρόβλημα.^[1]

- Συγκεκριμένο το κόστος σε κάθε τοποθεσία του γράφου. Υπολογίζουμε το κόστος κάθε κόμβου προς τον κόμβο υπηρεσίας για κάθε τοποθέτηση της υπηρεσίας.
- Κόμβοι v και y : $d_{(v,y)}$ είναι το άθροισμα των βαρών κάθε ακμής του ελάχιστου μονοπατιού που τους ενώνει.
- λ_v είναι οι απαιτήσεις υπηρεσίας του κόμβου v .
- Μία τοποθέτηση θα έχει το ελάχιστο κόστος όταν το $C_y = \sum_{\forall v \in V} \lambda_v d_{(v,y)}$ είναι ελάχιστο δυνατό.
- Αυτή η τοποθέτηση για κόμβο y του γράφου $G(V,E)$ θα είναι η λύση του 1-median προβλήματος.

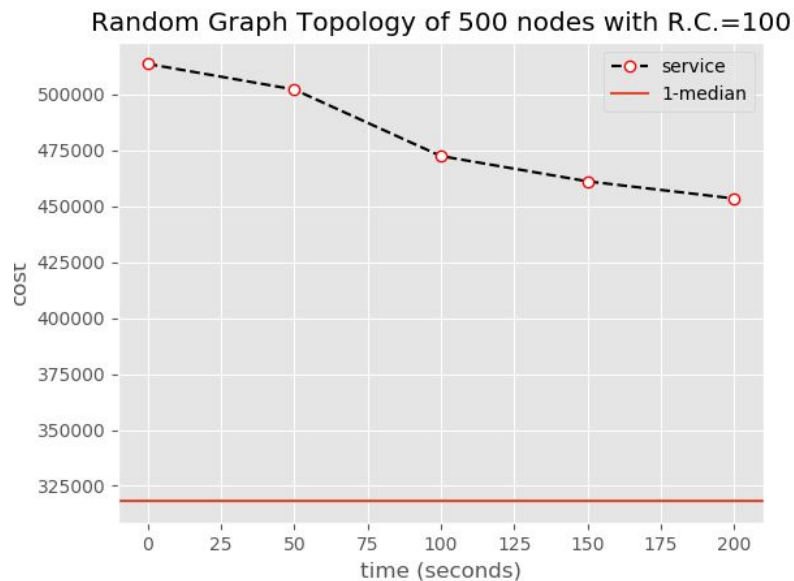


Παράδειγμα λύσης 1-median, Στους κόμβους αναγράφεται το C_y όταν τοποθετούμε την υπηρεσία στον συγκεκριμένο κόμβο, δίνονται οι απαιτήσεις υπηρεσίας των κόμβων και τα βάρη των ακμών. ($\lambda \in [0, 1]$)

Μετεγκατάσταση Υπηρεσίας (Service Migration).^[2]

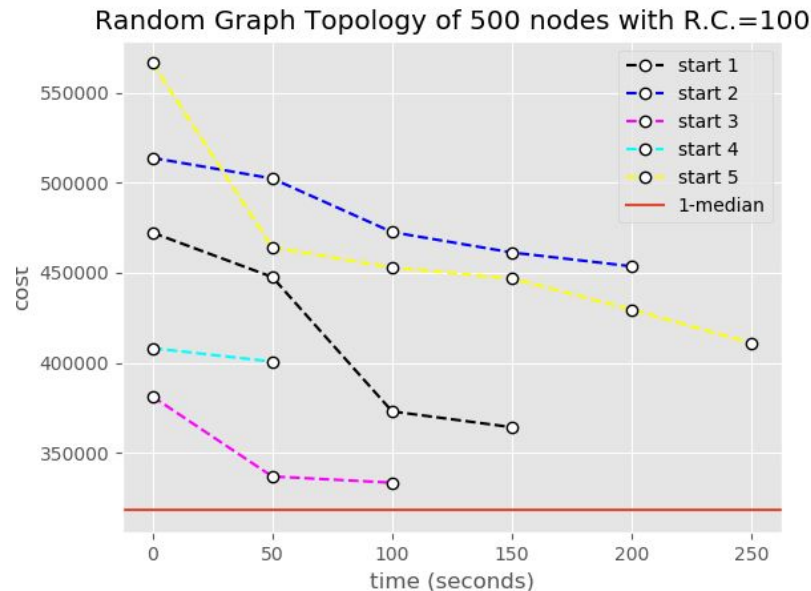
- Κεντριοποιημένη γνώση (λύση 1-median) ν. τοπική γνώση (migration):
 - Άγνωστη τοπολογία.
 - Πολύ μεγάλος αριθμός κόμβων.
 - Δυναμικότητα ασυρμάτων δικτύων.
- Migration:
 - Μετακινεί την υπηρεσία σε θέσεις μικρότερου κόστους σε στατικές περιπτώσεις. (Μονοτονικά)
 - Προσαρμόζεται στις αλλαγές του δικτύου (αλλαγές τοπολογίας / αλλαγές λ των κόμβων).
 - Χαμηλό overhead (χωρίς ανταλλαγές μηνυμάτων, τοπική διεργασία).
 - Οπότε λειτουργεί το ίδιο καλά σε δίκτυο με 100 κόμβους όσο και σε ένα με 10,000 κόμβους.

Μελέτη σε τυχαίους γεωμετρικούς γράφους.



Διάγραμμα μεταβολής του κόστους τοποθεσίας της υπηρεσίας κατά την πάροδο του χρόνου σε τυχαίο γεωμετρικό γράφο 500 κόμβων. (Λύση του 1-median ως κόκκινη γραμμή, ελάχιστο δυνατό κόστος).

Μείωση 25% στο κόστος της υπηρεσίας. Μονοτονική μείωση.

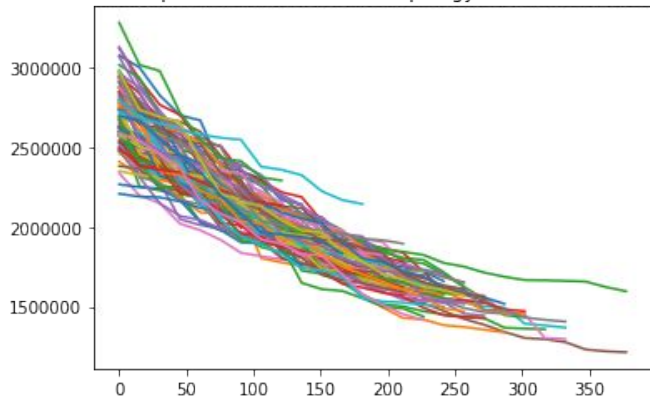


5 διαφορετικά πειράματα με διαφορετικές θέσεις εκκίνησης κατά την πάροδο του χρόνου σε όμοιο τυχαίο γεωμετρικό γράφο 500 κόμβων.

Εμπειρικά, όσο πιο μακριά ξεκινά η υπηρεσία από την λύση του 1-median, τόσα παραπάνω βήματα θα κάνει.

Μελέτη σε πλεγµατικές τοπολογίες.

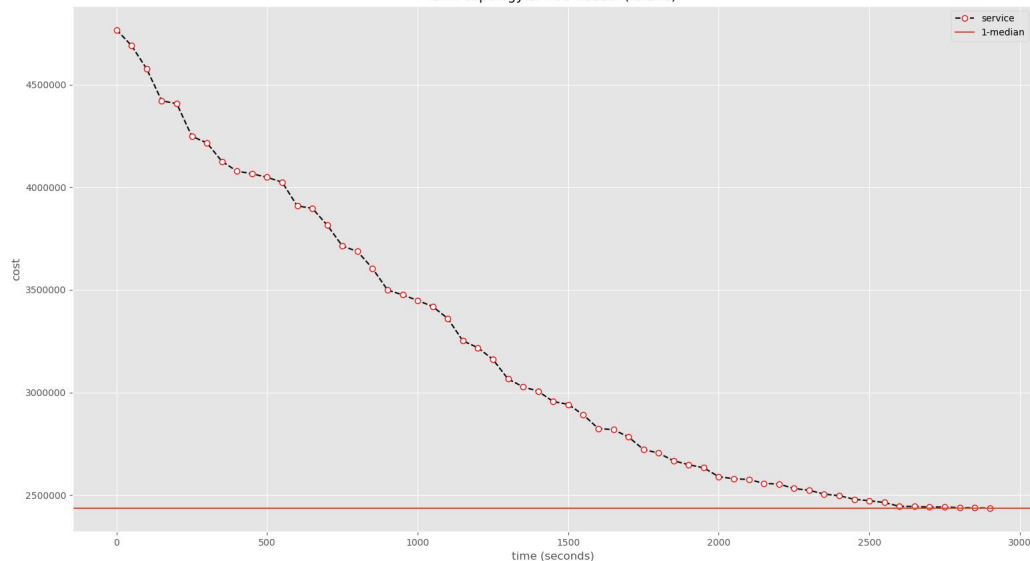
Absolute cost paths in a 25x25 Grid Topology with 100 different seeds



- Ο κάθε κόµβος έχει το πολύ 4 γειτονικούς κόµβους.
- Η κίνηση θα είναι πάντα πιο ισχυρή από τις 2 ακµές που βρίσκονται πιο κοντά στην θέση της λύσης του 1-median.
- Σαν αποτέλεσμα υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα μία από τις ακµές να έχει το µισό και πάνω της συνολικής κίνησης προς τον κόµβο και άρα να επαληθεύει το κριτήριο µετεγκατάστασης.

Βλέπουμε μεγάλες μειώσεις τάξης 40% στο κόστος στις τετράγωνες πλεγµατικές τοπολογίες.

Grid Topology of 400 nodes (4x100)



- Αυτό γίνεται εντελώς εμφανές σε ένα μακρόστενο ορθογώνιο, μέχρι και την τελευταία της κίνηση η υπηρεσία λαµβάνει την πλειοψηφία (50%+) της κίνησης πακέτων από την ακµή που "δείχνει" προς το κέντρο του ορθογωνίου.
- Αυτό δεν μας εκπλήσσει γιατί μια πλεγµατική τοπολογία με λ του κάθε κόµβου παραγόµενο από μια πιθ. συνάρτηση µε οµοιόµορφη κατανοµή θα έχει σαν λύση του 1-median το κέντρο βαρύτητας του ορθογωνίου.

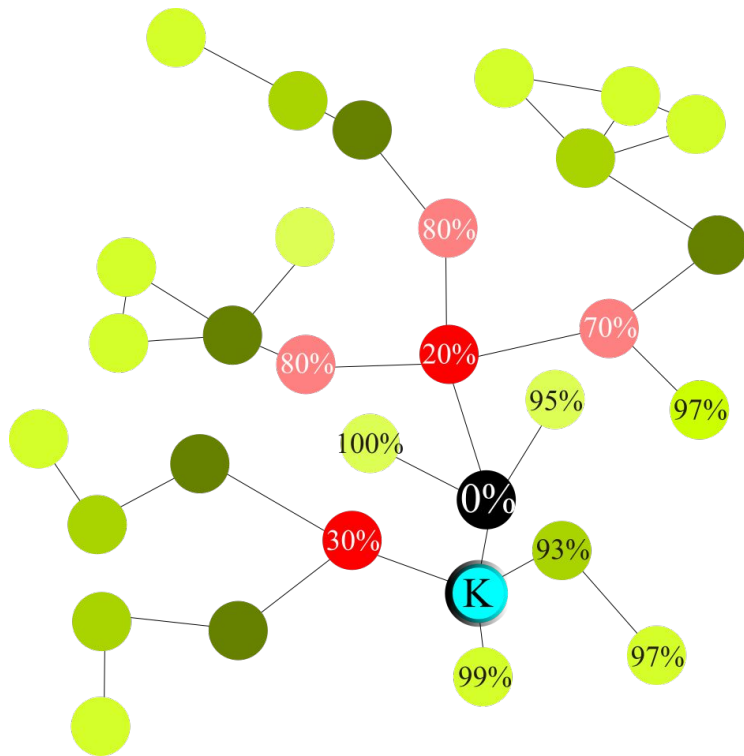
Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων - WSNs.

- Διασκορπισμένοι αισθητήρες
- Επικοινωνούν ασύρματα
- Παρακολούθηση περιβαλλοντικών τιμών
- Επεξεργασία και συλλογή δεδομένων
- Συχνά έχουν κεντρικό κόμβο επικοινωνίας με το εξωτερικό του δικτύου
- Μεγέθη από μπάρα δημητριακών (MicaZ [3]) σε κόκκο ρυζιού (Smart Dust [4])
- Εφαρμογές σε τομείς υγείας, στρατού, οικολογίας, αντιμετώπισης καταστροφών, κτλ. [5]

Ο κάθε κόμβος αποτελείται από:

1. Πομποδέκτη (με εσωτερική ή εξωτερική κεραία, μόντεμ)
2. Μικροελεγκτής (περιέχει επεξεργαστή, μνήμη, I/O, και RAM, όλα on-chip)
3. Μπαταρία (επαναφορτιζόμενη ή μη / κάποιοι χωρίς μπαταρία [6])
4. Διάφορους αισθητήρες (θερμοκρασίας, βαρομετρικής πίεσης, παρουσίας χημικών ουσιών, κα.)

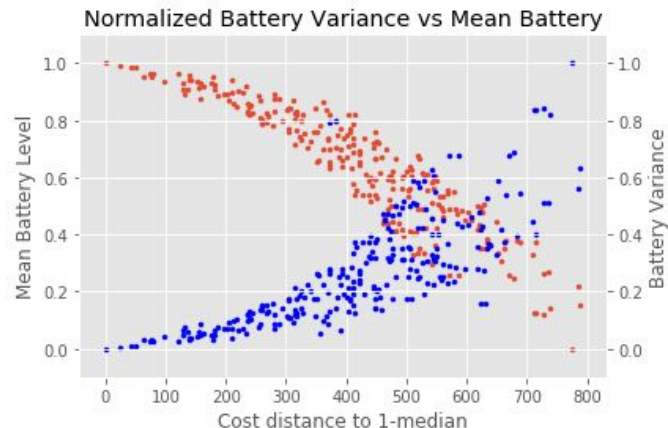
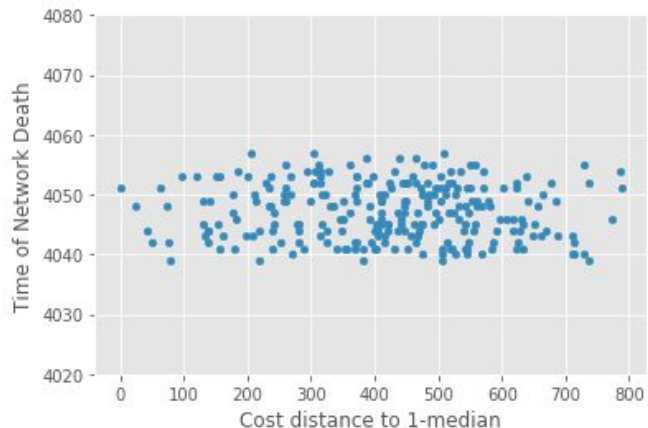
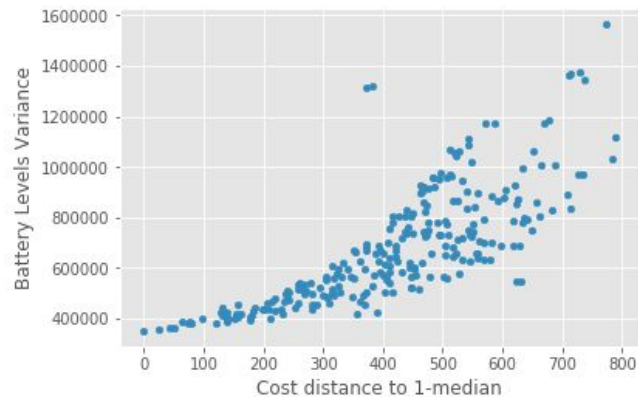
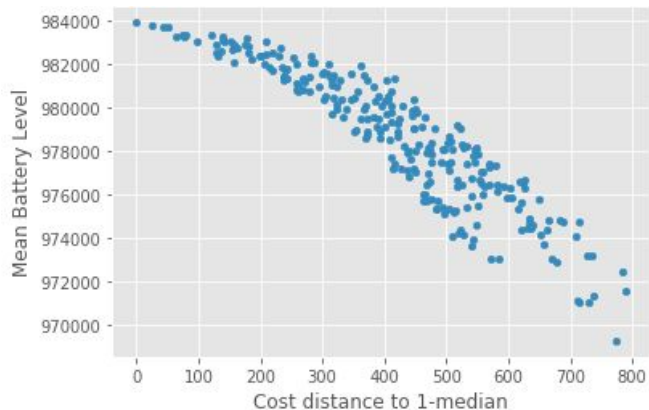
Το πρόβλημα της ενεργειακής οπής.^[7]



Σχηματική αναπαράσταση του προβλήματος της ενεργειακής οπής με χρωματικό κώδικα για τα επίπεδα της εναπομείνουσας ενέργειας την στιγμή του θανάτου του δικτύου.

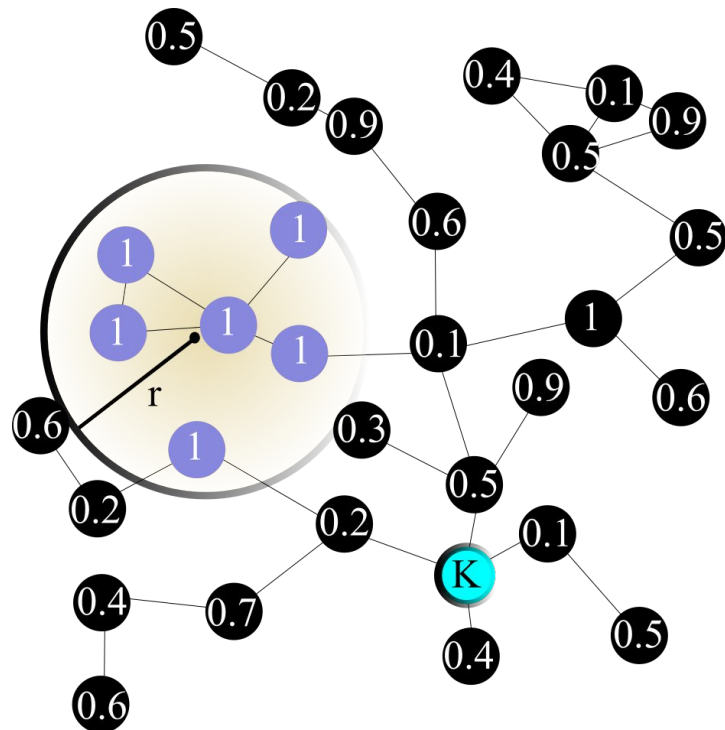
- Κίνηση πακέτων προς τον κεντρικό κόμβο του WSN για επεξεργασία / προώθηση προς έξω.
- Κόμβοι πιο κοντά στον κεντρικό προωθούν όλο και περισσότερα πακέτα.
- Ενέργεια καταναλώνεται κάθε φορά που παράγεται και/ή προωθείται ένα πακέτο.
- Κατάληξη όλων των παραπάνω είναι το πρόβλημα της ενεργειακής οπής.
- Η λειτουργικότητα του δικτύου σταματάει με την εξάντληση της μπαταρίας του κεντρικού κόμβου που στεγάζει την υπηρεσία ή γειτονικού του, ανάλογα με το αν οι κόμβοι υπηρεσίας τροφοδοτούνται με ενέργεια.
- Το WSN έχει άθικτο το ~98% της συνολικής ενέργειάς του, αλλά είναι μη-λειτουργικό.

Ενεργειακή Μελέτη: Στατικές Τοποθετήσεις

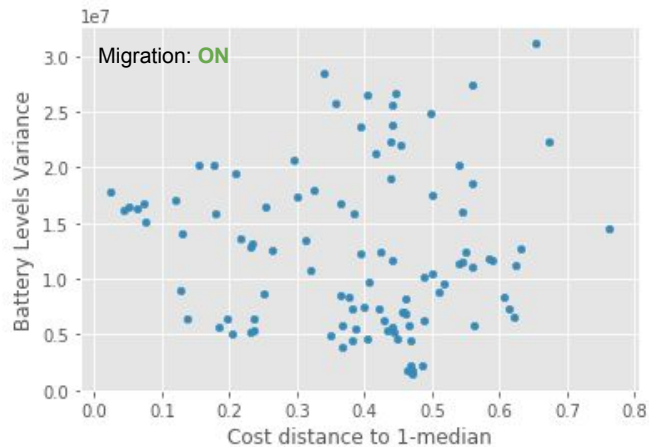
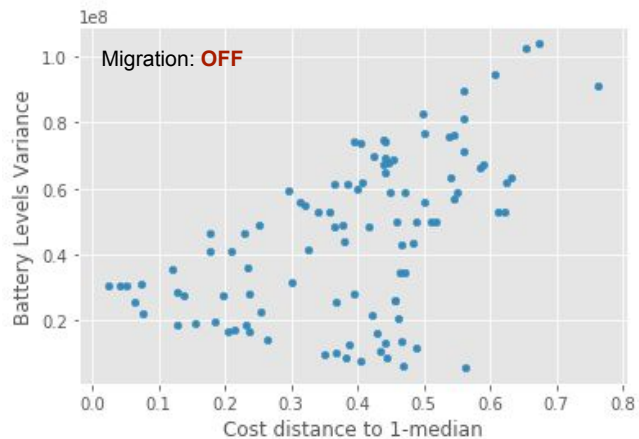
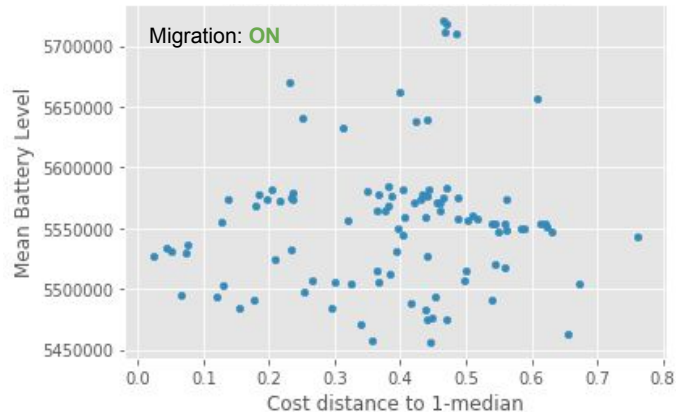
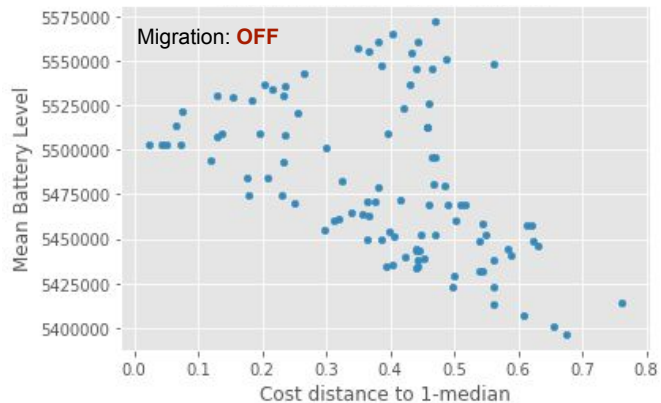


Γεγονότα.

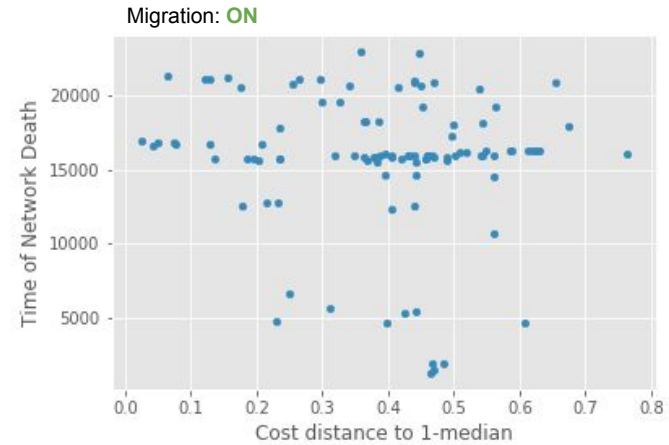
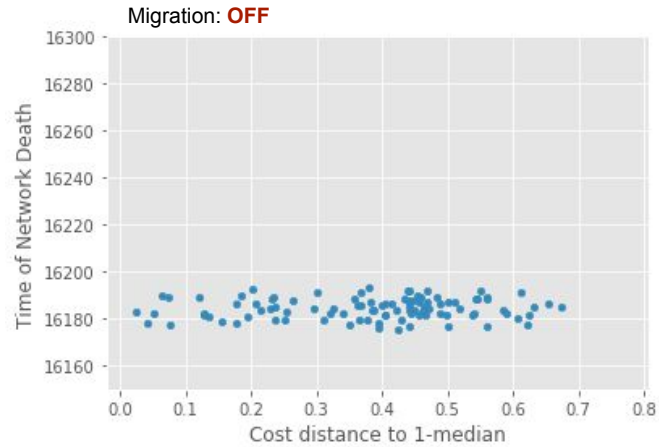
- Μοντελοποίηση γεγονότων υψηλής δραστηριότητας (πχ. δασική πυρκαγιά).
- Ραγδαία αύξηση της ροής δεδομένων από την περιοχή του γεγονότος προς την υπηρεσία.
- **Στατικά γεγονότα:**
 - Σταθερή ισχύς
 - Σταθερή έκταση (ακτίνα)
 - Μη-κινούμενα
- **Δυναμικά γεγονότα:**
 - Αλλαγή ισχύος
 - Αλλαγή έκτασης
 - Κινούμενα πάνω στην τοπολογία
- Μελέτη με την λειτουργία migration ενεργοποιημένο και απενεργοποιημένο.



Δυναμικά Γεγονότα.

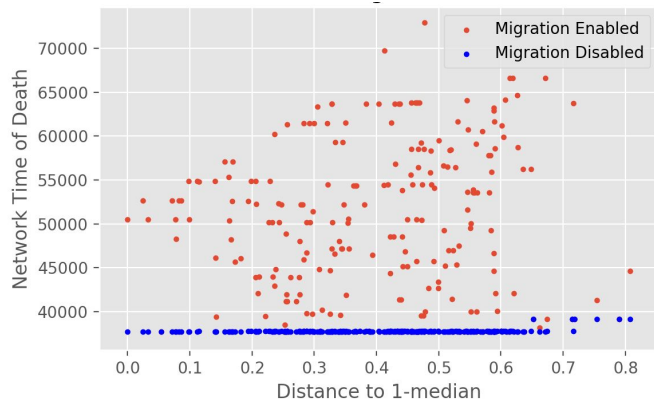


Δυναμικά Γεγονότα (συν.)

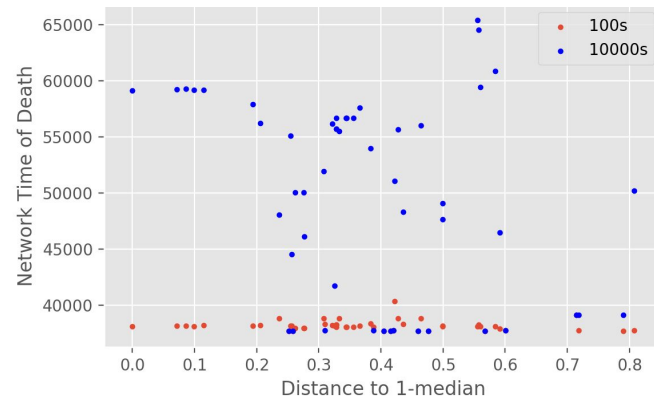
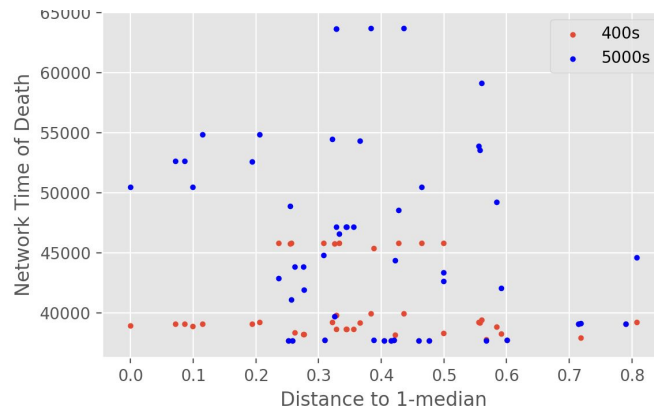


Χρόνοι θανάτου δικτύου με δυναμικό γεγονός, λειτουργία migration on/off.

Δυναμικά Γεγονότα (συν.)



1. (πάνω) Χρόνοι θανάτου του δικτύου με migration ενεργοποιημένο και μη-ενεργοποιημένο.
2. (δεξιά) Χρόνοι θανάτου με migration ενεργοποιημένο και διαφορετικούς χρονισμούς μετακινήσεων.



Μελλοντικές πορείες.

- Είναι η φύση των πραγμάτων να είναι δυναμικά και όχι στατικά:
 - Μια δασική πυρκαγιά δεν παραμένει σε ένα σημείο, εξαπλώνεται και ακολουθεί τον άνεμο.
 - Ένα πολεμικό άρμα παίρνει θέση, στοχεύει, και μετά αλλάζει την θέση του στο πεδίο μάχης.
- Το πάνω να ανακλαστεί και να μελετηθεί εκτενώς με προσομοιώσεις.
- Παράταση του χρόνου ζωής του δικτύου και η λύση του προβλήματος της ενεργειακής οπής με:
 - Χρήση πολλαπλών κόμβων υπηρεσίας.
 - Πολιτικών επαναφόρτισης.
 - Τοπικής επεξεργασίας και συμπίεσης δεδομένων.
 - Εκμετάλλευση υγιών κόμβων για δρομολόγηση πακέτων.

Εργαλεία - Κώδικας.

- ~2500 γραμμές κώδικα C++ (περίπου 4000 με το recode).
- 4 git branches (trees/migration/battery/events), 50 commits.
- Inkscape για την δημιουργία των σχημάτων.
- Latex για την τυπογραφία του γραπτού.
- Παραγωγή vector / scalar αρχείων (αλλαγή σε χρόνο / τιμή στο τέλος του sim).
- Συλλογή αποτελεσμάτων με το scavetool από vector/scalar αρχεία.
- Επεξεργασία αποτελεσμάτων με python (pandas,numpy) για τα διαγράμματα.

Βιβλιογραφία / Πηγές

- [1] Daskin, Mark S., and Kayse Lee Maass. "The p-median problem." Location science. Springer, Cham, 2015. 21-45.
- [2] Oikonomou, K., Stavrakakis, I., & Xydias, A. (2008, June). Scalable service migration in general topologies. In World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2008. WoWMoM 2008. 2008 International Symposium on a (pp. 1-6). IEEE.
- [3] MEMSIC Inc., "MicaZ Datasheet, Rev. A" http://www.memsic.com/userfiles/files/Datasheets/WSN/micaz_datasheet-t.pdf
- [4] Warneke, Brett A., et al. "An autonomous 16 mm/sup 3/solar-powered node for distributed wireless sensor networks." Sensors, 2002. Proceedings of IEEE. Vol. 2. IEEE, 2002.
- [5] Arampatzis, T., Lygeros, J., & Manesis, S. (2005, June). A survey of applications of wireless sensors and wireless sensor networks. In Intelligent Control, 2005. Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation (pp. 719-724). IEEE.
- [6] Wu, Xiao, et al. "A 0.04 MM 3 16NW Wireless and Batteryless Sensor System with Integrated Cortex-M0+ Processor and Optical Communication for Cellular Temperature Measurement." 2018 IEEE Symposium on VLSI Circuits. IEEE, 2018.
- [7] Tsoumanis, G., Oikonomou, K., Koufoudakis, G., & Aïssa, S. (2018). Energy-efficient Sink Placement in Wireless Sensor Networks. Computer Networks.