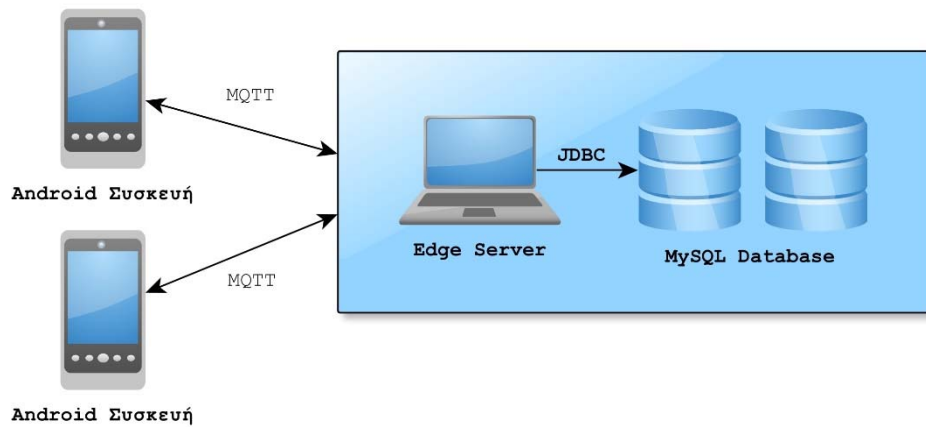




Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών  
Ανάπτυξη Λογισμικού για Δίκτυα και Τηλεπικοινωνίες  
Χειμερινό εξάμηνο  
2019 – 2020

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος παρακολούθησης κίνησης οχημάτων και πρόβλεψης της πορείας τους καθώς και της απόδοσης του δικτύου καθόλη τη διαδρομή τους. Τα οχήματα θα κινούνται σε ένα τμήμα του δρόμου της πανεπιστημιούπολης και η κίνησή τους θα προσομοιωθεί με τη χρήση του εργαλείου SUMO (**S**imulation of **U**rban **M**obility).

Το σχήμα που ακολουθεί αποτελεί μία γραφική απεικόνιση των δομικών στοιχείων της αρχιτεκτονικής, η οποία και θα αναπτυχθεί στα πλαίσια της εργασίας. Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των οντοτήτων που απαρτίζουν την αρχιτεκτονική αλλά και των interfaces που τα διασυνδέουν.



**Android Συσκευή:** Πρόκειται για την κινητή συσκευή (που βρίσκεται εντός του οχήματος), η οποία είναι υπεύθυνη για την λήψη και συγκέντρωση μετρήσεων από τους εγκατεστημένους αισθητήρες της συσκευής (π.χ. accelerometer) και για την αποστολή τους στον Edge Server (θα αναλυθεί παρακάτω) με τη χρήση του πρωτοκόλλου MQTT. Επιπρόσθετα, τα android τερματικά θα αποστέλλουν στον Edge Server το στίγμα GPS τους για την εύρεση της θέσης τους μέσα στο χώρο, την ταχύτητα του οχήματος, τη γωνία κίνησης καθώς και μετρήσεις σχετικές με μετρικές του δικτύου και πιο συγκεκριμένα τη ρυθμαπόδοση (throughput) και το RSSI (Received Signal Strength Identification). Η επικοινωνία των Android τερματικών με τον Edge Server είναι αμφίδρομη καθώς πέραν από την αποστολή δεδομένων, θα λαμβάνουν ειδοποιήσεις σε τακτά χρονικά διαστήματα σχετικά με την κατάστασή τους. Οι σχετικές ειδοποιήσεις που λαμβάνουν τα τερματικά περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

**Edge Server (ES):** Ο Edge Server είναι υπεύθυνος για τη συλλογή των δεδομένων που αποστέλλονται από τα τερματικά καθώς και για την αποστολή ειδοποιήσεων σχετικών με την κατάσταση του δικτύου προς αυτά. Ακόμα, στον Edge Server θα λάβει χώρα η ανάλυση των δεδομένων που λαμβάνει από τα android τερματικά προκειμένου να γίνει πρόβλεψη της πορείας κίνησης του εκάστοτε οχήματος αλλά και της κατάστασης του δικτύου στα προβλεπόμενα γεωγραφικά σημεία. Τέλος, οι προβλεπόμενες θέσεις των οχημάτων και κατάσταση του δικτύου (throughput, RSSI) θα αποθηκεύονται από τον Edge Server σε μία MySQL βάση.

**MySQL Database:** Το τελευταίο δομικό στοιχείο της εργασίας είναι η MySQL βάση δεδομένων, η οποία θα διατηρεί όλες τις προβλέψεις σχετικές με την κίνηση των οχημάτων και κατάσταση δικτύου.

**SUMO Data:** Στα πλαίσια της εργασίας θα δοθούν τρία xml αρχεία, τα οποία θα παραχθούν με τη χρήση του SUMO και θα περιέχουν στοιχεία κίνησης των οχημάτων. Το πρώτο αρχείο με όνομα **all\_vehicles.xml** θα αφορά την κίνηση 25 οχημάτων, τα δεδομένα των οποίων θα αξιοποιηθούν για την παραγωγή των Heatmap (θα εξηγηθεί παρακάτω). Το δεύτερο και τρίτο αρχείο με ονόματα **vehicle\_26.xml** και **vehicle\_27.xml** αντίστοιχα, θα αφορούν την κίνηση των δύο android τερματικών (που θα προσομοιάζουν τα android κινητά της ομάδας) και για τα οποία θα γίνει πρόβλεψη πορείας κίνησης (trajectory prediction) και κατάσταση δικτύου από τον Edge Server (στη 2<sup>η</sup> φάση της εργασίας). Παρακάτω δίνεται ένα παράδειγμα xml αρχείου.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<fcd-export xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://sumo.dlr.de/xsd/fcd_file.xsd">
  <timestep time="0.00">
    <vehicle id="0" x="23.686242" y="37.999809" angle="120.272174" type="vehicle" speed="0.000000" pos="5.100000" lane="24266880#0_0" slope="0.000000"/>
  </timestep>
  <timestep time="1.00">
    <vehicle id="0" x="23.686242" y="37.999808" angle="120.272174" type="vehicle" speed="0.032697" pos="5.132697" lane="24266880#0_0" slope="0.000000"/>
  </timestep>
  <timestep time="2.00">
    <vehicle id="0" x="23.686243" y="37.999808" angle="120.272174" type="vehicle" speed="0.118949" pos="5.251647" lane="24266880#0_0" slope="0.000000"/>
  </timestep>
  <timestep time="3.00">
    <vehicle id="0" x="23.686247" y="37.999806" angle="120.272174" type="vehicle" speed="0.405306" pos="5.656952" lane="24266880#0_0" slope="0.000000"/>
  </timestep>
  <timestep time="4.00">
    <vehicle id="0" x="23.686252" y="37.999803" angle="120.272174" type="vehicle" speed="0.557872" pos="6.214824" lane="24266880#0_0" slope="0.000000"/>
    <vehicle id="1" x="23.686242" y="37.999809" angle="120.272174" type="vehicle" speed="0.000000" pos="6.214824" lane="24266880#0_0" slope="0.000000"/>
  </timestep>
</fcd-export>
```

- **timestep:** Χρόνος στο simulation σε seconds
- **id:** Το αναγνωριστικό του κάθε οχήματος (android τερματικού)
- **x:** longitude
- **y:** latitude
- **angle:** Η γωνία του οχήματος (0°-360°) σύμφωνα με το navigational standard
- **type:** Ο τύπος του vehicle
- **speed:** Η ταχύτητα του οχήματος (m/s)
- **pos:** Η θέση του οχήματος μετρώντας την από την αρχή της τρέχουσας λωρίδας που διανύει το όχημα
- **lane:** Το αναγνωριστικό της τρέχουσας λωρίδας
- **slope:** κλίση οχήματος

Στα πλαίσια της εργασίας θα χρειαστούν **μόνο** τα εξής στοιχεία: **timestep, id, x(long), y(lat), angle, speed**

## Πρώτη Φάση Εργασίας

Στην πρώτη φάση της εργασίας καλείστε να υλοποιήσετε την επικοινωνία μεταξύ των **android** τερματικών με τον **Edge Server** καθώς και την επικοινωνία του **Edge Server** με την **MySQL** βάση δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, τα android τερματικά θα επικοινωνούν με το **Edge Server** μέσω του **MQTT** πρωτοκόλλου και ο **Edge Server** θα επικοινωνεί με βάση δεδομένων μέσω **JDBC Driver**. Επιπρόσθετα, σε αυτό το κομμάτι της εργασίας θα πρέπει να γίνει εξαγωγή **2 Heatmaps** όπως περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω.

Πιο συγκεκριμένα:

- **Edge Server**

Στον Edge Server θα λάβει χώρα η δημιουργία των **δύο** Heatmaps, που θα προκύψουν από την ανάλυση των μετρήσεων που έχει συλλέξει ο ES από τα 25 οχήματα του simulation. Αρχικά, καλείστε να δημιουργήσετε **τρία** αρχεία **csv** με ονόματα **all\_vehicles.csv, vehicle\_26.csv** και **vehicle\_27.csv** αντίστοιχα, εξάγοντας από τα xml αρχεία, που παράχθηκαν με τη χρήση του SUMO και έχουν τα αντίστοιχα ονόματα, τις

απαιτούμενες τιμές. Πιο συγκεκριμένα, κάθε γραμμή του csv αρχείου που θα παράξετε θα πρέπει να έχει την εξής μορφή:

**<timestep, id, lat, long, angle, speed, RSSI, throughput>**

Οι πρώτες τιμές που αναφέρονται στη simulated κίνηση των οχημάτων (timestep, id, lat, long, angle, speed) θα λαμβάνονται από τα αντίστοιχα xml αρχεία, τις τιμές RSSI και throughput, που σχετίζονται με την απόδοση του δικτύου, καλείστε να τις δημιουργήσετε εσείς ως εξής:

**RSSI:** Για **κάθε** csv αρχείο θα παράξετε τιμές RSSI, τόσες όσες και τα συνολικά δείγματα του κάθε **xml** αρχείου. Οι τιμές αυτές, θα πρέπει να ανήκουν στα όρια [20,100] και να ακολουθούν την **κανονική κατανομή** (Normal Distribution).

**Throughput:** Για **κάθε** csv αρχείο θα παράξετε τιμές throughput, πάλι τόσες όσες και τα συνολικά δείγματα του κάθε **xml** αρχείου, ως εξής:

$$\text{Throughput}_i = \frac{\text{RSSI}_i}{100} * (\text{max link capacity})$$

Όπου **max link capacity**= 50 Mbps και **i**=τρέχον δείγμα (<timestep, id, lat, long, angle, speed>)

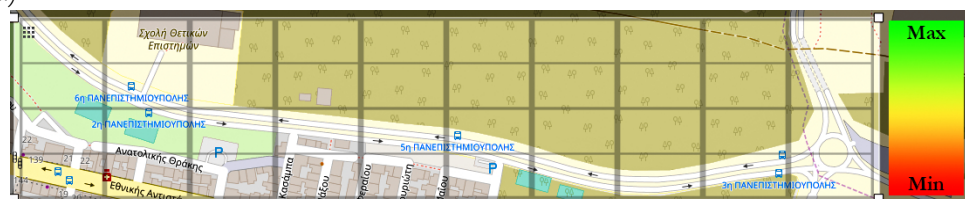
**Σημείωση:** Το csv αρχείο με όνομα **all\_vehicles** θα μείνει στον Edge Server για τη δημιουργία των ζητούμενων Heatmaps, ενώ τα αρχεία **vehicle\_26.csv** και **vehicle\_27.csv** θα τα μεταφέρετε στις αντίστοιχες android συσκευές της ομάδας σας ώστε να χρησιμοποιηθούν στο 2ο μέρος της εργασίας.

**Heatmaps:** Καλείστε να δημιουργήσετε δύο Heatmaps, ένα για το throughput και ένα για το RSSI του δικτύου. Για τη δημιουργία τους θα ακολουθηθούν τα εξής βήματα:

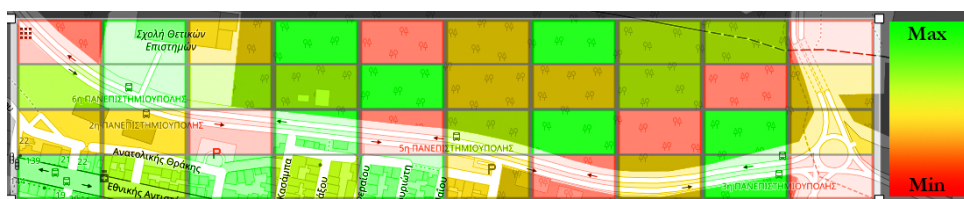
1. Σας δίνονται τα όρια (lat, long) του τμήματος του χάρτη της πανεπιστημιούπολης που χρησιμοποιήθηκε στο simulation όπως φαίνεται οπτικά και στην παρακάτω εικόνα.



Θα πρέπει να φτιάξετε ένα **grid** πάνω στο κομμάτι αυτό του χάρτη, προκειμένου να χωριστεί σε μικρότερα τμήματα-κελιά. Προτείνεται να χωρίσετε το παραπάνω τμήμα του χάρτη της πανεπιστημιούπολης σε τέσσερα κελιά κάθετα και δέκα κελιά οριζόντια (όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα).



2. Στιγμός είναι σε κάθε ένα από αυτά τα κελιά να υπολογιστεί μία μέση τιμή throughput και RSSI για να σχηματιστεί μία εκτίμηση της κατάστασης του δικτύου. Χρησιμοποιώντας τα δείγματα που έχετε αποθηκεύσει στο αρχείο **all\_vehicles.csv**, θα έχετε επίγνωση (βάσει των lat, long τιμών τους σε κάθε δείγμα) των οχημάτων που έχουν περάσει από κάθε κελί του grid σε κάθε χρονική στιγμή, προκειμένου να χρησιμοποιήσετε τις τιμές throughput και RSSI τους για τον υπολογισμό της μέσης τιμής τους ανά κελί.
3. Θα μετατρέψετε τις μέσες τιμές για throughput και RSSI ανά κελί (που έχουν υπολογιστεί στο προηγούμενο βήμα) σε ποσοσιακά ένδειξη (%) βάσει της οποίας θα προκύψει η χρωματική ένδειξη στα Heatmaps.
4. Χρησιμοποιώντας τις ποσοσιακές ενδείξεις ανά κελί θα απεικονίσετε γραφικά στον Edge Server τα **δύο** Heatmaps. Η μέγιστη τιμή throughput και RSSI αντίστοιχα θα έχει πράσινη χρωματική ένδειξη ενώ οι ελάχιστες τιμές τους κόκκινη. Παράδειγμα γραφικής απεικόνισης φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



- **Android Τερματικά**

Κάθε android τερματικό θα κάνει **publish** καθώς και **subscribe** σε **ένα** topic. Προσοχή!! Κάθε android τερματικό θα έχει το δικό του topic και δεν θα το διαμοιράζεται με άλλο τερματικό. Το topic στο οποίο θα κάνει **publish** θα χρησιμοποιείται για την αποστολή των μετρήσεών του.

Οι μετρήσεις αυτές θα είναι:

1. Timestep
2. Αναγνωριστικό Android τερματικού.
3. Γεωγραφικές συντεταγμένες του τερματικού (**latitude, longitude**)
4. Ταχύτητα του τερματικού
5. Γωνία κίνησης του τερματικού
6. RSSI (Received **S**ignal **S**trength **I**ndicator)
7. Throughput

Πολύ σημαντικό σε αυτό το σημείο είναι να τονιστεί ο τρόπος με τον οποίον τα τερματικά θα μπορούν να παίρνουν αυτές τις μετρήσεις. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω στην ανάλυση του Edge Server, αυτός θα παράγει τα **vehicle\_26.csv** και **vehicle\_27.csv**. Κάθε ένα αρχείο αντιστοιχεί σε ένα μόνο τερματικό. Κάθε σειρά αυτού του **csv** περιέχει όλες τις μετρήσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω (ας αναφερόμαστε στην κάθε γραμμή ως “**διανύσμα μετρήσεων**”). Οπότε κάθε ένα από τα δύο android τερματικά θα πρέπει να διαβάζει το αρχείο του και να στέλνει ένα ένα όλα τα διανύσματα μετρήσεων, που υπάρχουν μέσα σε αυτό, στον **Edge Server**.

Η συχνότητα αποστολής των διανυσμάτων μετρήσεων είναι **σταθερή** και δεν αλλάζει. Κάθε διάνυσμα μετρήσεων αντιστοιχεί σε **1 δευτερόλεπτο χρόνου**. Αυτό σημαίνει ότι το τερματικό πρέπει να στέλνει ένα διάνυσμα μετρήσεων από το csv του **ανά 1 δευτερόλεπτο**.

Ακόμη, ο χρήστης θα μπορεί να ορίσει, μέσα από το menu ρυθμίσεων της εφαρμογής, το **χρόνο** που θα διαρκέσει συνολικά η αποστολή των δεδομένων. Για παράδειγμα, εάν ο χρήστης επιλέξει 10 δευτερόλεπτα, αυτό σημαίνει ότι η αποστολή θα διαρκέσει 10 δευτερόλεπτα, οπότε θα σταλθούν 10 διανύσματα μετρήσεων στον Edge Server. Η **default** επιλογή θα είναι να σταλθούν όλα τα διανύσματα μετρήσεων στον **Edge Server**.

Επίσης, θα πρέπει να υπάρχει η **δυνατότητα για διακοπή της αποστολής** των μετρήσεων οποιαδήποτε στιγμή. Ακόμα δηλαδή και αν ο χρήστης έχει επιλέξει να σταλούν όλα τα διανύσματα μετρήσεων, θα μπορεί ανά πάσα στιγμή με ένα κουμπί της εφαρμογής, που καλείστε να υλοποιήσετε, να τερματίζει την αποστολή.

Επιπρόσθετα, το android τερματικό θα διαθέτει **menu** ρυθμίσεων που θα περιέχει:

- Επιλογή για τον ορισμό της IP και του Port επικοινωνίας με τον **Edge Server**.
- Επιλογή του χρόνου αποστολής μετρήσεων όπως αναλύθηκε παραπάνω.
- Επιλογή για έξοδο από την εφαρμογή. Με την επιλογή του, θα πρέπει να προβληθεί στο χρήστη προειδοποιητικό μήνυμα αυτής της ενέργειας προκειμένου να επιλέξει εάν όντως επιθυμεί να τερματίσει την εφαρμογή.

Συνεχίζοντας, το **topic** στο οποίο πρέπει να είναι **subscribe** το κάθε τερματικό θα έχει τον ρόλο λήψης δεδομένων σχετικά με την προβλεπόμενη πορεία του τερματικού καθώς και με δεδομένα σχετικά με την παροχή δικτύου όπως επίσης και ειδοποιήσεις. **Στο πρώτο παραδοτέο δεν θα υπάρξει κάποια αποστολή δεδομένων από τον ES στο topic που είναι subscribed τα android τερματικά** οπότε για τώρα αρκεί απλά να οριστεί ένα topic για **subscribe**.

Τέλος, τα android τερματικά θα πρέπει να κάνουν **περιοδικούς ελέγχους** για το αν υπάρχει σύνδεση στο **Internet**. Η επιλογή της περιόδου ελέγχου ορίζεται από εσάς. Σε περίπτωση που διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει σύνδεση στο δίκτυο, θα πρέπει η εφαρμογή να παραπέμπει τον χρήστη, με τρόπο της επιλογής σας, στην ενεργοποίησή της.

- **MySQL Βάση:**

Στα πλαίσια της πρώτης φάσης της εργασίας **δε** θα γίνει κάποια χρήση της MySQL βάσης για αποθήκευση δεδομένων που θα προκύψουν από τη λειτουργία του συστήματος. Παρόλα αυτά καλείστε να δημιουργήσετε τη βάση δεδομένων λαμβάνοντας υπόψιν ότι θα πρέπει **υποχρεωτικά** να περιέχονται οι εξής τύποι δεδομένων:

- **timestep**
- **device\_id**
- **real\_lat**
- **real\_long**
- **predicted\_lat**
- **predicted\_long**
- **real\_RSSI**
- **real\_throughput**
- **predicted\_RSSI**
- **predicted\_throughput**

Σε αυτό το παραδοτέο θα πρέπει να παραδοθεί και ένα αρχείο **README** το οποίο θα περιέχει αναλυτικά τον τρόπο λειτουργίας του προγράμματος.

Τεχνολογίες συστήματος ανάπτυξης:

- Java Oracle SE 8
- Android API 4.1 ή νεότερο
- Android Studio (Εργαλείο ανάπτυξης της εφαρμογής Android)
- IntelliJ IDEA (Εργαλείο ανάπτυξης της Java εφαρμογής)
- MQTT mosquitto broker
- Eclipse Paho (Java & Android MQTT client)

Κατά τη διαδικασία της ανάπτυξης της εργασίας είναι υποχρεωτική η χρήση του εργαλείου Git (Version Control) και της πλατφόρμας gitlab (anargit.scanlab.gr) που παραχωρείται για τις ανάγκες του μαθήματος.

Η υλοποίηση της εφαρμογής **θα πρέπει**:

- Να υπακούει στις αρχές του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού
- Να γίνεται σωστή και αποδοτική οργάνωση του κώδικα σε κλάσεις και **πακέτα**.
- Να είναι όσο το δυνατό παραμετροποιήσιμη και δυναμική γίνεται.