

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**Στρατηγική και Δράσεις για τις Έξυπνες Πόλεις**

Σταύρος Καμηλάρης

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ**



**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**Μάιος 2018**

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

## ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Στρατηγική και Δράσεις για τις Έξυπνες Πόλεις

Σταύρος Καμηλάρης

Επιβλέπων Καθηγητής

Βάσος Βασιλείου

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2018

# Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Βάσο Βασιλείου ο οποίος ήταν ο επιβλέπων καθηγητής, όπου με την καθοδήγηση του και τις γνώσεις του με βοήθησε να ολοκληρώσω την ατομική διπλωματική μου εργασία. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στήριξαν ψυχολογικά αλλά και οικονομικά όλα αυτά τα χρόνια. Ακόμη ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Cisco Ελλάδα και Κύπρου που μέσα από την υποτροφία που έδωσαν στο Πανεπιστήμιο Κύπρου για το πρόγραμμα CCNA Routing & Switching αλλά και τα μαθήματα του Πανεπιστημίου απόκτησα εμπειρία έτσι ώστε να μπορώ να εργαστώ στον τομέα όπου επιθυμώ.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου Ζαχαρία Γεωργίου, Γεώργιο Αντωνιάδη, Ανδρέα Χριστοδούλου, Αδάμο Κυριάκου, Αντρέας Χρυσοστόμου, Ανδρέα Αλεξάνδρου αλλά και την φίλη μου Μαριάννα Χ' Δημήτριου για την βοήθεια τους όλα αυτά τα χρόνια αλλά και για όλες τις ωραίες στιγμές που ζήσαμε στο Πανεπιστήμιο Κύπρου και εκτός.

## Περίληψη

Σε αυτή την διπλωματική εργασία ασχολήθηκα σε δύο άξονες. Πρώτα, με γενικά θέματα που αφορούν έξυπνες πόλεις όπως το τι είναι στρατηγικό πλάνο, σχέδιο δράσης αλλά και τις γενεές των έξυπνων πόλεων. Για να γίνουν και πιο κατανοητοί οι ορισμοί έθεσα παραδείγματα άλλων έξυπνων πόλεων όπως της Βαρκελώνης και της Βιέννης. Παράλληλα, σε δεύτερο άξονα, ασχολήθηκα με την έξυπνη στάθμευση ως ένα παράδειγμα έργου έξυπνων πόλεων.

Για τον πρώτο άξονα όπου αναλύεται το γενικότερο θέμα των έξυπνων πόλεων βλέπουμε ότι έξυπνη πόλη δεν είναι απαραίτητα πόλη αλλά και κάποια περιοχή η οποία χρησιμοποιεί καινοτόμα τεχνολογία για αντιμετωπίσει τις ανάγκες και τις επιθυμίες μιας κοινότητας αυξάνοντας την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται συνεργασία από όλους τους τομείς μιας πόλης, από τον δήμο, τους κατοίκους, τις επιχειρήσεις και επίσης χρειάζεται η απαραίτητη τεχνογνωσία σχετικά με τον εξοπλισμό που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Επίσης γίνεται μια γενική εισαγωγή στον όρο διαδίκτυο των πραγμάτων όπου για να επιτευχθεί ο στόχος μιας έξυπνης πόλης είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε.

Στον δεύτερο άξονα αναπτύσσεται το πρόβλημα της στάθμευσης στις πόλεις και η εφαρμογή της έξυπνης στάθμευσης σε αυτές. Συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι στις πόλεις υπάρχει μεγάλο πρόβλημα στην ανεύρεση χώρου στάθμευσης όπου έχει σαν αποτέλεσμα την επιπλέον ρύπανση του περιβάλλοντος και ήχου αλλά και την σπατάλη χρόνου. Επίσης αναπτύσσεται μια λύση για έξυπνους χώρους στάθμευσης με την χρήση αισθητήρων φωτός.

# Περιεχόμενα

Κεφάλαιο <b>1</b> Εισαγωγή .....	<b>1</b>
1.1. Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	1
1.2. Δομή Διπλωματικής Εργασίας	2
Κεφάλαιο <b>2</b> Περιγραφή Προβλήματος.....	<b>4</b>
2.1. Έξυπνες Πόλεις	5
2.1.1. Οι γενιές έξυπνων πόλεων	6
2.1.2. Στρατηγικό πλάνο	8
2.1.3. Σχέδιο Δράσης	11
2.1.4. Παραδείγματα έξυπνων πόλεων	12
2.2. Internet of Things (IoT)	16
2.3. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων	16
2.4. Πρόβλημα Στάθμευσης	17
Κεφάλαιο <b>3</b> Απαιτούμενη Γνώση και Τεχνολογίες .....	<b>20</b>
3.1. Software	21
3.1.1. Python	21
3.1.2. C Language	21
3.1.3. Shell script	21
3.1.4. Contiki OS	21
3.1.5. MongoDB	21
3.1.6. Microsoft SQL	22
3.1.7. Oracle VirtualBox	22
3.2. Hardware	22
3.2.1. MTM-CM5000-MSP	22
3.2.2. Raspberry Pi 3	23

Κεφάλαιο	<b>4 Ανάλυση απαιτήσεων</b>	<b>24</b>
	4.1. Λειτουργικές Απαιτήσεις	24
	4.1.1. Δημιουργία νέας θέσης χώρου στάθμευσης	25
	4.1.2. Δημιουργία νέου χώρου στάθμευσης	25
	4.2. Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις	25
	4.2.1. Ενημέρωση slot κάθε μερικά δευτερόλεπτα	25
	4.2.2. Επανεκκίνηση συστήματος σε περίπτωση προβλήματος	25
	4.2.3. Επικοινωνία	25
Κεφάλαιο	<b>5 Σχεδιασμός Συστήματος</b>	<b>26</b>
	5.1. Αρχιτεκτονική Συστήματος	26
	5.2. Διάγραμμα Ροής Δεδομένων	28
Κεφάλαιο	<b>6 Υλοποίηση</b>	<b>29</b>
Κεφάλαιο	<b>7 Οδηγίες Εγκατάστασης</b>	<b>31</b>
	7.1 Εγκατάσταση περιβάλλοντος Contiki OS	31
	7.2 Εγκατάσταση λειτουργικού στο Raspberry Pi	32
	7.3 Προγραμματισμός αισθητήρων με την χρήση Contiki OS	32
Κεφάλαιο	<b>8 Αξιολόγηση Συστήματος</b>	<b>34</b>
	8.1. Δοκιμή 1	35
	8.2. Δοκιμή 2	37
	8.3. Δοκιμή 3	39
	8.4. Δοκιμή 4	41
Κεφάλαιο	<b>9 Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία</b>	<b>43</b>
	9.1. Συμπεράσματα	43
	9.2. Μελλοντική Εργασία	44
	<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>44</b>



# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

---

1.1. Στόχος Διπλωματικής Εργασίας.....	1
1.2. Δομή Διπλωματικής.....	3

---

### **1.1. Στόχος Διπλωματικής Εργασίας**

Στόχος της παρούσας Ατομικής μου Διπλωματικής Εργασίας είναι αρχικά η κατανόηση βασικών εννοιών για έξυπνες πόλεις και σχετικών εφαρμογών για έξυπνη στάθμευση, έξυπνο φωτισμό και έξυπνη κυκλοφορία. Έχει πραγματοποιηθεί εκτενής μελέτη αναφορικά με τις έξυπνες πόλεις, τι είναι , πως εφαρμόζονται και σε ποιες χώρες υπάρχουν. Στη συνέχεια στόχος μας ήταν η μελέτη στρατηγικών πλάνων και δράσεων από γνωστές έξυπνες πόλεις και συγκεκριμένα από την Βαρκελώνη, Βιέννη, το Άμστερνταμ, το Γκρίνουιτς, την Σιγκαπούρη.

Λόγω του ότι το θέμα στο οποίο ασχολήθηκα έχει μελετηθεί και από άλλους φοιτητές στα προηγούμενα έτη χρειάστηκε επίσης να μελετήσω και τις δικές τους δράσεις και προσεγγίσεις στο θέμα αυτό. Συγκεκριμένα για την λύση της έξυπνης στάθμευσης που μελέτησα χρειάστηκε να κατανοήσω την ήδη υπάρχουσα διεπαφή για την έξυπνη στάθμευση που αναπτύχθηκε στο παρελθόν από κάποιο άλλο φοιτητή όπου έπαιρναν εικονικά δεδομένα ενώ εγώ χρησιμοποίησα αυτή την διεπαφή αλλά υλοποίησα την συλλογή και αποθήκευση πραγματικών δεδομένων.

Παράλληλα, για την συλλογή των πραγματικών αυτών δεδομένων χρειάστηκε να υλοποιηθούν απλές εφαρμογές οι οποίες ενώνονται με αισθητήρες TelosB προγραμματισμένος με ContikiOS και Libelium Smart City Pro και λαμβάνονται όλες οι σχετικές πληροφορίες.



Στη συνέχεια χρειάστηκε να μελετηθεί και κατανοηθεί η πλατφόρμα CISCO KINETIC, παρόλο που τελικά δεν χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα μου λόγω έλλειψης φυσικού εξοπλισμού.

Πέρα από τις πιο πάνω μελέτες και έρευνες που κρίθηκε αναγκαίο να κάνω, εφόσον αφορούν θέματα τα οποία δεν γνώριζα και δεν είχα έρθει σε ξανά σε επαφή σε κάποιο μάθημα, αφού κατανοήθηκε πλήρως το θέμα, σχεδιάστηκε το περιβάλλον εργασίας, η αρχιτεκτονική του συστήματος και ο εξυπηρετητής.

Στη συνέχεια, υλοποιήθηκε ιστοσελίδα και εφαρμογή από άλλο συμφοιτητή μου και συνεργαστήκαμε για την ενοποίηση και κατασκευή μια ολοκληρωμένης εφαρμογής έξυπνης διαχείρισης στάθμευσης όπου ο συμφοιτητής μου ανάλαβε τον ρόλο του χρήστη του συστήματος και εγώ τον ρόλο του ιδιοκτήτη χώρου στάθμευσης.

Τέλος, χρειάστηκε να δημιουργηθούν διάφορα σενάρια και περιπτώσεις χρήσης των αισθητήρων και να γίνουν διάφορα πειράματα για αξιολόγηση του τελικού συστήματος.

## **1.2. Δομή Διπλωματικής Εργασίας**

Η Διπλωματική μου Εργασία ακολουθεί την βασική δομή του κύκλου ανάπτυξης λογισμικού δηλαδή πρώτη φάση την ανάλυση και καταγραφή των απαιτήσεων του προς ανάπτυξη λογισμικού, στην δεύτερη φάση σχεδιασμός και υλοποίηση του λογισμικού αυτού, στην τρίτη φάση έλεγχος και επαλήθευση, στην τέταρτη φάση εγκατάσταση του λογισμικού αυτού και τέλος αξιολόγηση και συντήρηση του.

Συγκεκριμένα στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή για το θέμα το οποίο αναπτύσσεται σε αυτή την διπλωματική εργασία και καθορίζονται οι βασικοί μας στόχοι.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται περιγραφή των προβλημάτων με τα οποία ασχολείται αυτή η διπλωματική και συγκεκριμένα ορίζονται οι έξυπνες πόλεις, τα στρατηγικά πλάνα και το σχέδιο δράσης και περιγράφονται εν συντομία τα συστήματα που διερευνήθηκαν από άλλες έξυπνες πόλεις που υπάρχουν. Επίσης περιγράφονται τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και τα προβλήματα στάθμευσης που υπάρχουν.

Περαιτέρω, στο τρίτο κεφάλαιο, καταγράφονται οι απαιτούμενες γνώσης και τεχνολογίες που έπρεπε να μάθω και να χρησιμοποιήσω για την υλοποίηση του συστήματος διαχείρισης έξυπνων σταθμεύσεων. Στη συνέχεια, στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πώς σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε το σύστημα διαχείρισης έξυπνων σταθμεύσεων. Το έκτο κεφάλαιο είναι βοηθητικό κεφάλαιο για κάποιον φοιτητή ο οποίος πιθανόν να δουλέψει στο ίδιο θέμα στο μέλλον και υπάρχουν λεπτομέρειες εγκατάστασης του συστήματος. Στο έβδομο κεφάλαιο αξιολογείτε το σύστημα με βάσει τους στόχους και τις απαιτήσεις που έχουν τεθεί αρχικά στο σύστημα. Καταληκτικά, στο όγδοο κεφάλαιο καταγράφονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν στην φάση της αξιολόγησης και καταγράφονται κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις του συστήματος.

# Κεφάλαιο 2

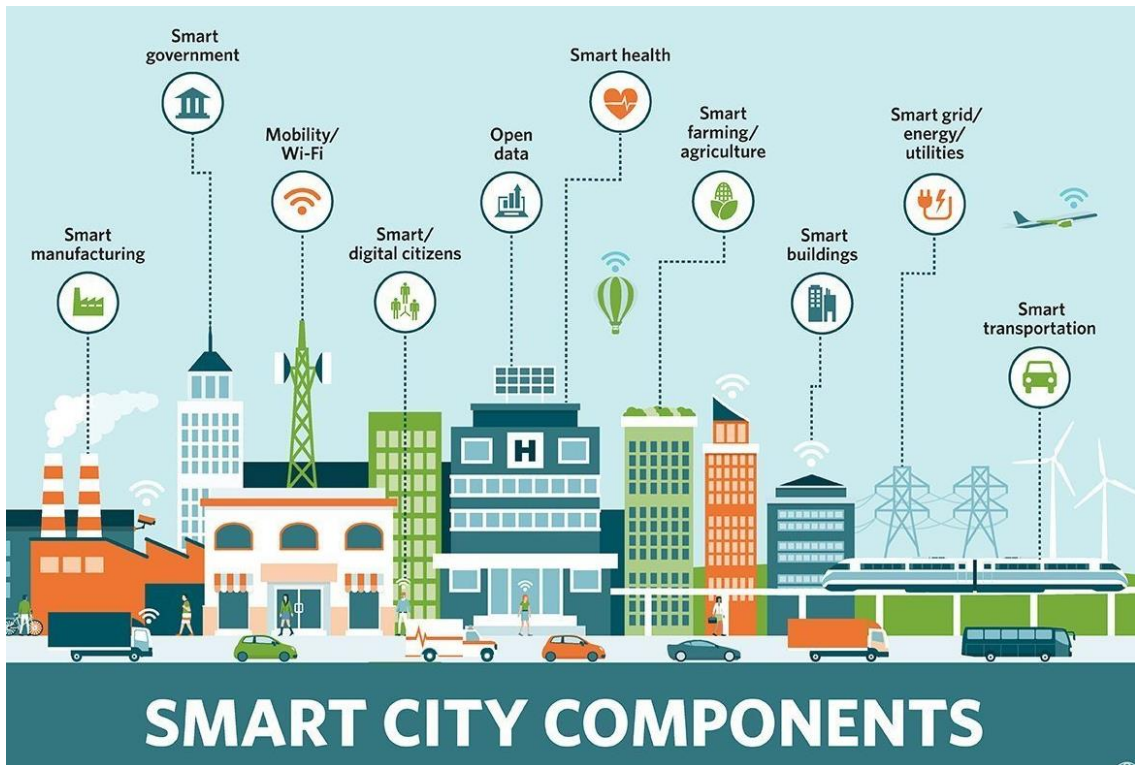
## Περιγραφή Προβλήματος

---

2.1. Έξυπνες Πόλεις.....	5
2.1.1. Οι γενιές έξυπνων πόλεων.....	7
2.1.2. Στρατηγικό πλάνο.....	9
2.1.3. Σχέδιο Δράσης.....	12
2.1.4. Παραδείγματα έξυπνων πόλεων.....	13
2.2. Internet of Things (IoT).....	17
2.3. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.....	17
2.4. Πρόβλημα Στάθμευσης.....	18

---

## 2.1. Έξυπνες Πόλεις



Σχήμα 2.1 Έξυπνη πόλη

Έξυπνη πόλη είναι είτε μια πόλη είτε μια περιοχή η οποία χρησιμοποιεί καινοτόμα τεχνολογία για να αντιμετωπίσει τις ανάγκες και τις επιθυμίες μιας κοινότητας αυξάνοντας την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Σε μια έξυπνη πόλη υπάρχουν διάφορα τμήματα και εφαρμογές, οι οποίες συνεργάζονται με κάποιους οργανισμούς και ανταλλάζουν πληροφορίες για την επίλυση διαφόρων προβλημάτων. Σκοπός των έξυπνων πόλεων είναι η οικονομική ενίσχυση και ανάπτυξη των πόλεων όπως επίσης και η μετατροπή της σε βιώσιμη και πιο ανταγωνιστική. Οι έξυπνες πόλεις μπορούν να βοηθήσουν τόσο στην διευκόλυνση του τρόπου ζωής των πολιτών όσο και στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, την ενεργειακή απόδοση και την βελτίωση της αστικής παραγωγής.

Μερικές από τις γνωστές εφαρμογές των έξυπνων πόλεων είναι η έξυπνη διαχείριση χώρων στάθμευσης, η έξυπνη διαχείριση σκουβάλων, η έξυπνη διαχείριση οδικής κυκλοφορίας (φωτεινή σηματοδότηση), η διαρθρωτική υγεία, δηλαδή η παρακολούθηση κραδασμών και υλικών συνθηκών σε κτίρια, γέφυρες και ιστορικά

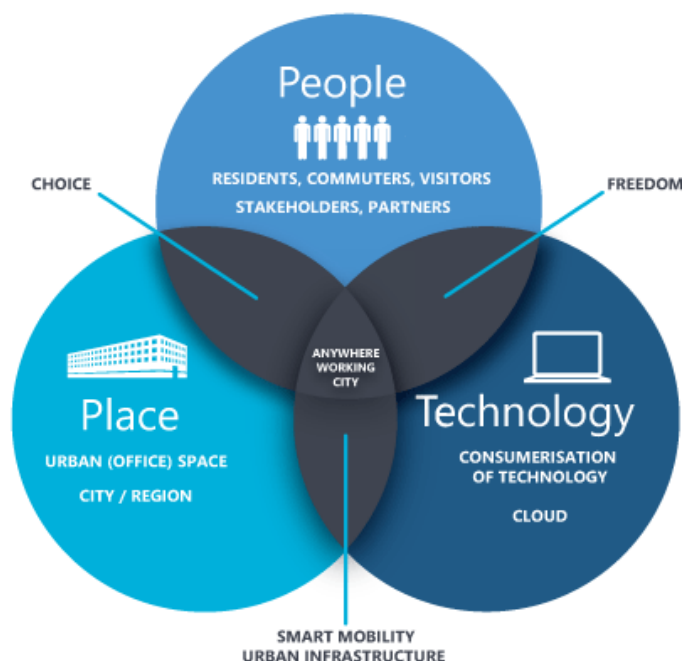
μνημεία, ο έξυπνος φωτισμός και πολλά άλλα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία ασχολούμαστε με την έξυπνη διαχείριση χώρων στάθμευσης το οποίο αποτελεί και ένα από τα κύρια και σημαντικά προβλήματα της Κύπρου.

Παρόλο που η εφαρμογή των πιο πάνω σε μια πόλη ακούγεται ιδανική και αρκετά επωφελής για μια πόλη, δυστυχώς υπάρχουν πολλά πρακτικά και κοινωνικά προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπισθούν για την υλοποίηση και εφαρμογή των έξυπνων πόλεων. Τα προβλήματα αυτά αφορούν την σωστή κατανομή φυσικών και οικονομικών πόρων, την κατανομή του κόστους και των ωφελειών και το κυριότερο πρόβλημα είναι η επικοινωνία μεταξύ ενδιαφερομένων. Συγκεκριμένα, επειδή ακριβώς το θέμα έξυπνες πόλεις έχει ευρύ φάσμα εμπλεκομένων κρίνεται απαραίτητο η ανάπτυξη ισχυρότερων δεσμών επικοινωνίας και η ανοικτή και ευέλικτη ανταλλαγή ιδεών και απόψεων.

Για την παράκαμψη των πιο πάνω προβλημάτων που αναφέρθηκαν σε πολλές χώρες έχουν διεξαχθεί διαγωνισμοί οι οποίοι ενθαρρύνουν πόλεις, εταιρίες, οργανισμούς και πανεπιστήμια να έρθουν σε επικοινωνία, να σκεφτούν και να αναπτύξουν στρατηγικές και έργα τα οποία παρουσιάζουν μετά στις άλλες πόλεις. Όπως για παράδειγμα το «Smart Cities Mission» το οποίο έγινε στην Ινδία, το U.S. DoT Smart City Challenge στην Αμερική, ή ακόμη και το Cyta Smart City Hackathon που διεξάχθηκε φέτος στην Κύπρο.

### **2.1.1. Οι γενιές έξυπνων πόλεων**

Στο σημείο αυτό αναφερόμαστε στις διάφορες γενεές των έξυπνων πόλεων οι οποίες είναι οι τρεις που φαίνονται και στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 2.2 Γενιές έξυπνων πόλεων

### Έξυπνες πόλεις 1.0 – Τεχνολογικά βασισμένες

Οι έξυπνες πόλεις 1.0 αναφέρονται στην γενεά όπου οι πόλεις δεν είχαν την απαραίτητη τεχνογνωσία και εξοπλισμό για να μπορέσουν να κατανοήσουν τι είναι οι έξυπνες πόλεις και πώς μπορούν να ωφελήσουν πραγματικά την ποιότητα ζωής των πολιτών. Έτσι οι διάφοροι παροχείς τεχνολογιών ήταν αυτοί οι οποίοι ενθάρρυναν την υιοθέτηση των λύσεων τους τις πόλεις. Παρουσιάζοντας λοιπόν το τεχνολογικό αυτό όραμα των έξυπνων πόλεων σε αστικές περιοχές που έψαχναν για τέτοιες τεχνολογικές καινοτομίες αλλά παράλληλα δεν είχαν τις απαραίτητες γνώσεις είχε ως αποτέλεσμα πολλές από τις πόλεις να μπουν κατευθείαν στα νέα δεδομένα των έξυπνων πόλεων.

### Έξυπνες πόλεις 2.0 – Τεχνολογικά ενεργές

Σε αυτή την γενεά έξυπνων πόλεων οι δήμαρχοι και τα διοικητικά μέλη μιας πόλης είναι τεχνολογικά ενημερωμένα και ενεργά, αναλαμβάνουν την ανάπτυξη της πόλης και αυτοί είναι που θα καθορίσουν εάν το μέλλον της πόλης τους είναι η μετατροπή σε έξυπνη πόλη και ποιος θα είναι ο ρόλος της. Επικεντρώνονται ολόενα και περισσότερο στην ενημέρωση σχετικά με τις νέες τεχνολογίες και την εξερεύνηση νέων καινοτόμων λύσεων στα προβλήματα μιας πόλης θεωρώντας ότι η τεχνολογία είναι αυτή που θα

βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα της ζωής των πολιτών και θα ανάπτυξη την βιωσιμότητα της πόλης. Ένα καλό παράδειγμα είναι η Βαρκελώνη στην Ισπανία, η οποία διαθέτει πάνω από 20 περιοχές προγραμματισμού έξυπνων πόλεων και πάνω από 100 ενεργά έργα έξυπνων πόλεων.

### **Έξυπνες πόλεις 3.0 – Σε συνεργασία με τον πολίτη**

Η τρίτη γενεά έξυπνων πόλεων είναι και αυτή η οποία έκανε την παρουσία της τον τελευταίο χρόνο. Σε αυτή την γενεά οι έξυπνες πόλεις δημιουργούνται σε συνεργασία με τον απλό πολίτη. Οι πολίτες είναι άμεσα εμπλεκόμενοι στις έξυπνες πόλεις 3.0 και συνεισφέρουν με σκοπό την οδήγηση της επόμενης γενιάς. Παράδειγμα αποτελεί η πόλη του Βανκούβερ όπου οδήγησε μια από τις πιο φιλόδοξες πρωτοβουλίες συνεργασίας μεταξύ τριάντα χιλιάδων πολιτών ενώ η Βιέννη συμπεριέλαβε τους πολίτες ως επενδυτές σε τοπικές εγκαταστάσεις.

Στο σημείο αυτό αξίζει να τονισθεί ότι μια έξυπνη πόλη πρέπει να απαρτίζεται και από τις τρεις πιο πάνω γενεές που αναλύθηκαν, για να έχουμε ένα πιο ολοκληρωμένο και βέλτιστο αποτέλεσμα αφού οι τρεις γενεές είναι αλληλένδετες και αλληλεξαρτώμενες.

(Tsarchopoulos, 2015)

#### **2.1.2. Στρατηγικό πλάνο**

Κάθε έξυπνη πόλη είναι μοναδική και διαφορετική από τις υπόλοιπες. Γενικότερα όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως οι έξυπνες πόλεις μπορούν να αυξήσουν την ανταγωνιστικότητα και να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής με την αποτελεσματική μεταχείριση των πόρων. Επιπλέον, με την σωστή ένταξη και διαχείριση της τεχνολογίας και της δημιουργικότητας σε μια πόλη υποστηρίζεται η οικονομική βιωσιμότητα και αυξάνεται το βιοτικό επίπεδο της πόλης.

Είναι πλέον κοινός γνωστό ότι η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων σε μεμονωμένα τμήματα ή οργανισμούς δημόσιου τομέα. Ένα απλό παράδειγμα καθημερινού προβλήματος σε μια πόλη είναι η ενημέρωση των

πολιτών σχετικά με την κυκλοφορία, ο προγραμματισμός και συντονισμός της φωτεινής σηματοδότησης και η κατασκευή δικτύων τηλεπικοινωνίας.

Η διαφορά σε μία έξυπνη πόλη είναι ότι τα διάφορα τμήματα και οργανισμοί συνεργάζονται για την ανταλλαγή πληροφοριών, εφαρμογών και τεχνολογίας με καινοτόμους τρόπους για την επίλυση διαφόρων προβλημάτων. Έτσι ενισχύονται οι σχέσεις των πολιτών και η πόλη γίνεται ολοένα πιο ανεπτυγμένη, βιώσιμη και ανταγωνιστική.

Η συνεργασία αυτή των διαφόρων τμημάτων και οργανισμών απαιτεί άρση των φραγμών, κατανομή κόστους και κέρδους και ενδυνάμωση της επικοινωνίας μεταξύ τους. Αυτός είναι και ο λόγος ο οποίος μια πόλη χρειάζεται να αναπτύξει στρατηγικά πλάνα έξυπνων πόλεων, ούτως ώστε, να καταργηθούν αυτοί οι φραγμοί, να βοηθήσουμε στην δημιουργία περισσότερων θέσεων εργασίας, να ανοιχτούν ευκαιρίες για εργοδότηση βοηθώντας έτσι αρκετό κόσμο να δουλέψει σε καινοτόμες εργασίες καταλήγοντας έτσι σε καθαρό κοινωνικό όφελος για τους πολίτες.

Οι περισσότερες πόλεις γύρω στον κόσμο διαθέτουν στρατηγικά πλάνα για συστατικά στοιχεία κρίσιμης υποδομής, δηλαδή, όπως για παράδειγμα η τεχνολογία της πληροφορίας, οι μεταφορές, οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας, ο πολεοδομικός σχεδιασμός καθώς και στρατηγικά πλάνα με ευρύτερο φάσμα την οικονομική ανάπτυξη της πόλης και την προστασία του περιβάλλοντος.

Ο στόχος ενός στρατηγικού πλάνου έξυπνης πόλης είναι η κατάργηση αυτού του διαχωρισμού περιοχών προβλημάτων, κατάργηση των διαφόρων εμποδίων που εμφανίζονται και η υλοποίηση σχεδίων δράσης το οποίο θα συνδυάζει όλες τις πιο πάνω περιοχές προβλημάτων. Μια πόλη θα πρέπει να εστιάζει στην δημιουργία έξυπνης πόλης ως ένα σύνολο από επιλυόμενα προβλήματα από διάφορες περιοχές, περιβάλλον, υγεία, έξυπνα μεταφορικά μέσα, έξυπνα δίκτυα κτλ.



Η δημιουργία στρατηγικού πλάνου έξυπνης πόλης σε μια πόλη ή περιοχή μπορεί να βοηθήσει την κοινότητα να έρθει πιο κοντά στην επίτευξη των στόχων της και να έχουν έτοιμο ένα πλάνο σε περίπτωση που υπάρξει μια νέα χρηματοδότηση.

Επίσης σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι με βάση την διεθνή συμμετοχή της IBI Group στην ανάπτυξη και υλοποίηση της στρατηγικής έξυπνων πόλεων εντοπίστηκαν 10 πρωταρχικοί παράγοντες επιτυχίας της στρατηγικής έξυπνων πόλεων. Οι παράγοντες αυτοί έχουν ως εξής:

### **1. Οφέλη εμπλεκομένων**

Στρατηγικές οι οποίες βασίζονται σε πραγματικές ανάγκες είναι πιθανότερο να έχουν μετρήσιμο αποτέλεσμα. Είναι κρίσιμο να αφοσιωθεί ο κατάλληλος χρόνος για να μπουν οι στρατηγικές σε ένα πλαίσιο κατανοητό προς όλους, τόσο τους κυβερνητικούς ηγέτες όσο και τους πολίτες.

### **2. Εγκατάσταση και αγορά**

Η συμμετοχή στην αγορά από τους ενδιαφερομένους, τους κατοίκους, τα τμήματα των πόλεων και των επιχειρήσεων είναι κρίσιμη για την επιτυχία των στρατηγικών έξυπνων πόλεων.

### **3. Έμφαση στην κοινωνία**

Ένα στρατηγικό πλάνο πρέπει να συνδέει τα διάφορα τμήματα μιας περιοχής και να συνεργάζονται μεταξύ τους ως ένα.

### **4. Στρατηγική δυναμική και θεμελιώδεις πρωτοβουλίες**

Μια καλή στρατηγική θα πρέπει να έχει ξεκάθαρες χρονικές κλίμακες εφαρμογής και η δημιουργία της πρέπει να βασίζεται σε στοιχεία τα οποία ήδη υπάρχουν.

### **5. Σαφήνεια**

Εισαγωγή κατανοητών παραδειγμάτων για τα οφέλη των έξυπνων πόλεων για τους κατοίκους και τις επιχειρήσεις.

### **6. Ενημέρωση των Στρατηγικών πλάνων**

Παροχή πλαισίων ενημερωμένων και σχετικών με την πάροδο του χρόνου.

### **7. Διδάγματα**

Μάθηση από όσα έχουν πραγματοποιηθεί, συμβουλές από άλλες ήδη υπάρχουσες έξυπνες πόλεις.

## **8. Αστική Ολοκλήρωση**

Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών.

## **9. Δείκτες Απόδοσης**

Ανάπτυξη Key Performance Indicators (KPIs) που έχουν νόημα στους πολίτες, κατοίκους και επιχειρήσεις της κοινότητας. Σημαντικό στοιχείο της πόλης η παρακολούθηση και η αναφορά μέσω πινακίδων ελέγχου.

## **10. Δημιουργία διαρκούς κουλτούρας έξυπνων πόλεων**

Συμπερασματικά, η ανάπτυξη στρατηγικής με την δημιουργία της σωστής ομάδας και δίνοντας έμφαση στην επίτευξη στόχων και βελτίωση του τρόπου ζωής των πολιτών μπορεί να φέρει σημαντικά οφέλη σε μία κοινότητα. (PETERS, 2017)

### **2.1.3. Σχέδιο Δράσης**

Το σχέδιο δράσης σε αντίθεση με το στρατηγικό πλάνο είναι κάτι πιο ειδικό. Το στρατηγικό πλάνο είναι το όραμα, ο στόχος μιας πόλης να μετατραπεί σε έξυπνη πόλη καθιστώντας την ζωή των πολιτών ευκολότερη ενώ το σχέδιο δράσης είναι η εφαρμογή του στρατηγικού πλάνου και αποτελείται από μια σειρά συγκεκριμένων εργασιών οι οποίες θα βοηθήσουν στην πραγματοποίηση του στόχου, δηλαδή του στρατηγικού πλάνου μιας πόλης. Το σχέδιο δράσης δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μια επιπλέον δραστηριότητα αλλά ως ένας τρόπος οργάνωσης της έξυπνης πόλης. Τυπικά, ένα σχέδιο δράσης πρέπει να περιλαμβάνει πρώτα τον στόχο ή τους στόχους που επιδιώκονται. Οι στόχοι αυτοί πρέπει να είναι συγκεκριμένοι, σαφείς, ρεαλιστικοί και εφικτοί. Επίσης ένα σχέδιο δράσης πρέπει να περιλαμβάνει συγκεκριμένες δράσεις που θα υλοποιηθούν από την πόλη για την προώθηση των στόχων, τα υπεύθυνα άτομα για κάθε δράση και το χρονοδιάγραμμα για κάθε δράση. Επιπλέον, πρέπει να καταγράφονται οι πόροι που χρειάζονται για την υλοποίηση της κάθε δράσης και συγκεκριμένα, το ανθρώπινο δυναμικό, τον απαραίτητο εξοπλισμό, τους οικονομικούς πόρους και τις πηγές που αξιοποιήθηκαν για την συλλογή των δεδομένων.

#### **2.1.4. Παραδείγματα έξυπνων πόλεων**

##### **Barcelona's Smart City**

Η στρατηγική Smart City της Βαρκελώνης λαμβάνει μια ολική θεωρία των διαφόρων έργων που αναπτύσσονται σε όλη την πόλη και χρησιμοποιεί την τεχνολογία ως το βασικό εργαλείο για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων και των υπηρεσιών της πόλης. Έτσι, η πόλη αναπτύσσεται κοινωνικά, οικονομικά και αστικά με απώτερο στόχο τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών της Βαρκελώνης και την αύξηση της βιωσιμότητας της Βαρκελώνης.

Επιπλέον μέσω της στρατηγικής Smart City της Βαρκελώνης περίπου 122 έργα ταξινομούνται σε 22 προγράμματα τα οποία καλύπτουν όλες τις περιοχές διαχείρισης της πόλης, όπως το φωτισμό, το νερό τη διαχείριση αποβλήτων και πολλά άλλα. Στο πλαίσιο της στρατηγικής Smart City της Βαρκελώνης αξίζει να τονιστεί η σημασία των οριζόντιων και ανοιχτών τεχνολογικών λύσεων που εφαρμόζονται σε όλες τις υπηρεσίες της πόλης. Με την εφαρμογή των λύσεων αυτών επιτυγχάνεται η διαχείριση των πληροφοριών. Για το λόγο αυτό, δύο από τα 22 αυτά προγράμματα έχουν εξαιρετική σημασία αφού αυτά ασχολούνται με το Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο (Telecommunications Network ) και την Αστική Πλατφόρμα (Urban Platform).

Τα επόμενα βήματα της Στρατηγικής είναι η επανεξέταση των συστημάτων της πόλης για την επίτευξη πιο βιώσιμης κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης της πόλης και την προσπάθεια για τη μετατροπή της Βαρκελώνης σε πόλη με παραγωγικές και οικολογικά αποδοτικές γειτονιές ανανεωμένες με μηδενικές εκπομπές ρίπων.

Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η Βαρκελώνη στοχεύει στην ενεργό συμμετοχή της κοινωνίας προωθώντας την έννοια της πολιτικής καινοτομίας (civic innovation). Με το σκοπό θα ξεκινήσει μια πλήρης ενημερωτική εκστρατεία η οποία θα διασφαλίσει ότι κάθε πολίτης κατανοεί τον στόχο της στρατηγικής και τα έργα που περιέχει και το πώς μπορούν να εμπλακούν σε πολλούς από αυτούς. Το πιο ισχυρό εργαλείο της Βαρκελώνης είναι να χρησιμοποιήσει για αυτή την εκστρατεία την διαδικτυακή ιστοσελίδα Smart City της Βαρκελώνης. (Bria, 2017) η οποία παρουσιάζει πολλές πληροφορίες σχετικά με την ιδέα του Smart City και τον τρόπο με τον οποίο υλοποιείται στη Βαρκελώνη .

Πιο κάτω αναλύονται τα τεχνικά ζητήματα της έξυπνης πόλης της Βαρκελώνης. Αρχικά, στο χαμηλότερο επίπεδο έχουμε τα μη επεξεργάσιμα δεδομένα που παράγει η Βαρκελώνη και διαχωρίζονται σε 4 κατηγορίες με βάση την λογική και την διαχείριση τους. Η πρώτη κατηγορία δεδομένων αποτελείται από μια πλατφόρμα αισθητήρων που ονομάζεται Sentilo, η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από δεδομένα που συλλέγονται από τα πληροφοριακά συστήματα της πόλης και η τρίτη και τέταρτη κατηγορία αποτελείται από τα κοινωνικά δίκτυα και το Web 2.0. Στη συνέχεια, στο πιο πάνω επίπεδο έχουμε το Λειτουργικό Σύστημα Πόλης (*City Operating System*), με τα στοιχεία της Αστικής Πλατφόρμας, που βασίζεται σε τρία στοιχεία: ένα μοντέλο πόλης που πιλοτάρει το Λειτουργικό Σύστημα Πόλης, μια κεντροποιημένη βάση δεδομένων όπου αποθηκεύονται όλες οι ιστορικές πληροφορίες της πόλης και την διαχείριση των διαδικασιών της επεξεργασίας πληροφοριών που με βάση το μοντέλο πόλης εφαρμόζεται η ευφυΐα στο σύνολο των αποθηκευμένων πληροφοριών. Το ανώτατο στρώμα αποτελείται από εφαρμογές και κέντρα ελέγχου με στόχο την παρουσίαση των δεδομένων και την εύρεση χρήσιμων εφαρμογών για αυτό. Η Αστική Πλατφόρμα, καθώς και πολλά άλλα προγράμματα, βασίζονται στο Δίκτυο Τηλεπικοινωνιών της πόλης για τη μεταφορά πληροφοριών. Αυτό το δίκτυο ενσωματώνει όλα τα δίκτυα οπτικών ινών και Wi-Fi της πόλης σε ένα. Εκτός από το εταιρικό δημόσιο δίκτυο που χρησιμοποιούν τα τμήματα του Δημοτικού Συμβουλίου, το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο παρέχει επίσης δωρεάν σύνδεση Wi-Fi στους πολίτες, με περισσότερα από 500 σημεία πρόσβασης ήδη σε λειτουργία σε όλη την πόλη. (Bria, 2017)

### **Smart City Βιέννη**

Υπάρχουν πολλά σχέδια και προγράμματα στη Βιέννη τα οποία καλύπτουν και αντιμετωπίζουν μεγάλες μεμονωμένες περιοχές, καθώς και στρατηγικές σε διεθνές και εθνικό επίπεδο. Η επόμενη γενιά αυτών θα επηρεαστεί από τη στρατηγική Smart City Wien. Η στρατηγική Smart City Wien έχει σχεδιαστεί για να δημιουργήσει ένα υποστηρικτικό και δομημένο πλαίσιο. Η στρατηγική μιας έξυπνης πόλης ταιριάζει στο υπάρχον τοπίο των εγγράφων, των εκστρατειών και των ενδιαφερομένων. Ο ρόλος του Smart City Wien είναι να αναλάβει τη σημαντικότερη εθνική και ευρωπαϊκή δυναμική

και να τις μετατρέψει σε δράση για την πόλη. Σε αντίθεση με τις πολύ λεπτομερείς οδηγίες που περιέχονται στα έγγραφα σχεδιασμού της πόλης, εδώ οι γραμμές που θα σχεδιαστούν πρώτα θα γίνουν δεσμευτικές. Το Smart City Wien είναι μια πρωτοβουλία που απευθύνεται σε ολόκληρη τη πόλη και επηρεάζει ουσιαστικά όλους τους τομείς ευθύνης.

Συγκεκριμένα, το Smart City Wien περιγράφει την ανάπτυξη μιας πόλης με βάση την προστασία των πόρων, τις ολιστικές προοπτικές, την υψηλή, κοινωνικά δίκαιη ποιότητα ζωής και τη παραγωγική χρήση καινοτομιών και νέων τεχνολογιών.

Με αυτόν τον τρόπο, η μελλοντική επιτυχία της πόλης θα είναι εγγυημένη από κάθε άποψη. Βασική πτυχή του Smart City Wien είναι η ολοκλήρωση και η δικτύωση αυτών των περιοχών. Αυτό δεν περιλαμβάνει μόνο νέους μηχανισμούς ανάληψης δράσης και συντονισμού της πολιτικής και της διοίκησης, αλλά παρέχει επίσης βελτιωμένες επιλογές για τους υποψήφιους πολίτες.

Οι έξυπνες τεχνολογίες, συστήματα και έννοιες αποτελούν την απάντηση στις προκλήσεις του μέλλοντος αφού: θα χρησιμοποιούν έξυπνες και συστηματικές προσεγγίσεις για την επίτευξη μιας ενεργειακά αποδοτικής και βιώσιμης οικονομίας στην πόλη. Έτσι η Smart City, η έξυπνη και προοδευτική πόλη, είναι η απάντηση και ταυτόχρονα το σημείο εκκίνησης νέων ενεργειακών, κινητικών και επιχειρηματικών συστημάτων που αποσκοπούν στη διασφάλιση της ποιότητας ζωής των πολιτών της Βιέννης μακροπρόθεσμα.

Προκειμένου να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι και να διασφαλιστεί ένας επιτυχημένος μετασχηματισμός, η βασική προϋπόθεση είναι η συμμετοχή των εσωτερικών οργανισμών και δυνάμεων της πόλης, καθώς και η συνολική συνεργασία με τις συνδεδεμένες επιχειρήσεις στην πόλη. Η σαφής ταυτότητα και η τοποθέτηση εντός και εκτός της πόλης είναι απαραίτητη όχι μόνο για τον πληθυσμό αλλά και για τις αρχές της πόλης. Αυτό περιλαμβάνει ειδική εστίαση στην πολιτική έρευνας και τεχνολογίας στην πόλη, καθώς και την ενεργό συμμετοχή των κατοίκων της, της τοπικής βιομηχανίας, της έρευνας και των επιχειρήσεων της Βιέννης στη διαδικασία Smart City Wien.

Η στρατηγική Smart City Wien έχει ως στόχο "τη καλύτερη ποιότητα ζωής για όλους τους κατοίκους της Βιέννης, ελαχιστοποιώντας παράλληλα την κατανάλωση πόρων. Αυτό θα επιτευχθεί με την ολοκληρωμένη καινοτομία". Κάθε ένας από τους κεντρικούς τομείς της στρατηγικής πλαισίου και τα ειδικά καθορισμένα θέματα (όπως η ενέργεια, οι μεταφορές, τα κτίρια και η υποδομή στην κεντρική περιοχή "πόροι ") υποστηρίζονται μέσω καθορισμένων στόχων. Συγκεκριμένα 38 στόχοι καθορίστηκαν στο στρατηγικό πλαίσιο Smart City της Βιέννης. Το χρονοδιάγραμμα των στόχων είναι έως το 2050, αλλά πολλοί στόχοι ενσωματώνουν βήματα υλοποίησης έως το 2025 ή το 2030.

Στόχοι του Smart City Wien μεταξύ άλλων:

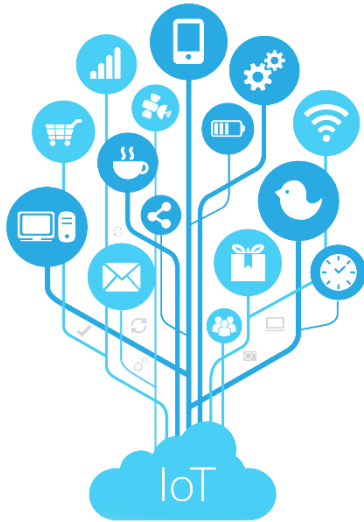
- Μείωση των εκπομπών (CO<sub>2</sub>, αέρια θερμοκηπίου, ...) και, ως εκ τούτου, επίτευξη των στόχων της ΕΕ για την προστασία του κλίματος. Μακροπρόθεσμος στόχος: πόλη με μηδενικές εκπομπές, κτίρια με μηδενικές εκπομπές ως πρότυπο
- Μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας. Μακροπρόθεσμος στόχος: επίτευξη ενεργειακών προτύπων κοντά στα μηδενικά επίπεδα σε νέα και υπάρχοντα κτίρια μέχρι το 2020
- Αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. σε δημόσια κτίρια)
- Ευαισθητοποίηση του ευρύτερου κοινού σχετικά με την υπεύθυνη χρήση των πόρων (ενέργεια, νερό)
- Παροχή ενεργού ρόλου στους πολίτες (από τους καταναλωτές προς τους πελάτες) παρέχοντας ευκαιρίες για ενεργό έλεγχο των επιμέρους τομέων της καθημερινής ζωής
- Προώθηση των πολυτροπικών συστημάτων μεταφορών μέσω της βελτίωσης του δικτύου δημόσιων μεταφορών, της ενίσχυσης της δικτύωσης μεταξύ επιμέρους μεταφορών και της μείωσης των μεμονωμένων μηχανοκίνητων μεταφορών
- Η απόκτηση θέσης της Βιέννης ως πρότυπο ευρωπαϊκής περιβαλλοντικής πόλης και ως ηγετικό ευρωπαϊκό κέντρο έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης σε διεθνές επίπεδο

Στο πλαίσιο μιας διαδικασίας παρακολούθησης, η οποία ξεκίνησε από τον Δήμο της Βιέννης και υποστηρίζεται από τον Οργανισμό Smart City Wien, η οποία διασφαλίζει

την επίτευξη και την αναθεώρηση των καθορισμένων στόχων που εξασφαλίζεται σε συνεργασία με όλους τους εταίρους. (WIEN, 2018)

## 2.2. Internet of Things (IoT)

Ο όρος διαδίκτυο των πραγμάτων, με την ευρύτερη έννοια, αναφέρεται στα αντικείμενα τα οποία συνδέονται με το διαδίκτυο και επικοινωνούν μεταξύ τους. Συγκεκριμένα ένα διαδίκτυο πραγμάτων αποτελείται από ένα δίκτυο φυσικών συσκευών όπως αισθητήρες, οχήματα, ηλεκτρικές οικιακές συσκευές, έξυπνα τηλέφωνα, ταμπλέτες και άλλα τα οποία ενώνονται με κάποιο λογισμικό και επικοινωνούν μεταξύ τους έχοντας κάποιο συγκεκριμένο σκοπό.



Σχήμα 2.1 IoT

Συνδυάζοντας αυτές τις συνδεδεμένες συσκευές με αυτοματοποιημένα συστήματα είναι δυνατόν να συλλέξουμε πληροφορίες να τις αναλύσουμε και να

δημιουργήσουμε μια δράση η οποία θα βοηθήσει κάποιον σε μία συγκεκριμένη αποστολή.

Επιπρόσθετα, το δίκτυο των πραγμάτων επιτρέπει στα αντικείμενα να ανιχνεύονται και να ελέγχονται εξ αποστάσεως σε όλη την υπάρχουσα υποδομή δικτύου. (Burgess, 2018) (Wikipedia, 2017)

## 2.3. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων όπως λέει και ο ορισμός είναι δίκτυα από αυτόνομους κόμβους οι οποίοι είναι οι διασκορπισμένοι αισθητήρες που είναι υπεύθυνοι για τη συλλογή δεδομένων αναφορικά με τις φυσικές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Συγκεκριμένα υπάρχουν ο αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτός,

ήχου, ατμοσφαιρικής πίεσής κτλ. οι οποίοι συνεργάζονται μεταξύ τους για να μεταφέρουν δεδομένα διαμέσου των δικτύων σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

Υπάρχουν επίσης πιο μοντέρνα δίκτυα τα οποία έχουν την δυνατότητα να δίνουν αλλά και να δέχονται πληροφορίες με αποτέλεσμα να ελέγχουν την δραστηριότητα των αισθητήρων.

Κάποια από τα χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι η χαμηλή κατανάλωση τους, συνήθως οι κόμβοι του δικτύου τροφοδοτούνται με μπαταρίες οι οποίες μετά από ένα χρονικό διάστημα αδειάζουν, επομένως όσο πιο χαμηλή είναι η κατανάλωση ενός κόμβου τόσο μεγαλώνει ο χρόνος ζωής των δικτύων. Επίσης ο κάθε κόμβος λειτουργά και προγραμματίζεται αυτόνομα και το κόστος των αισθητήρων είναι αρκετά χαμηλό. Παράλληλα, βασικό χαρακτηριστικό τέτοιου είδους δικτύων είναι η ικανότητα τους να προσαρμόζονται στα νέα δεδομένα του δικτύου. Επιπλέον χαρακτηρίζονται για την απλότητα και την αποδοτικότητά τους.

#### **2.4. Πρόβλημα Στάθμευσης**

Το πρόβλημα στάθμευσης αναφέρεται στον τομέα των έξυπνων σταθμεύσεων μιας έξυπνης πόλης. Για την υλοποίηση της έξυπνης διαχείρισης σταθμεύσεων χρησιμοποιούνται διάφοροι αισθητήρες οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε κάθε θέση στάθμευσης στον δρόμο ή σε ιδιωτικό χώρο στάθμευσης και είναι σε θέση να αναγνωρίζουν εάν ο χώρος αυτός είναι κατειλημμένος.

Οι αισθητήρες αυτοί μπορεί να είναι:

1. Passive Infrared Sensor - προσδιορίζουν την κατάσταση πληρότητας ενός χώρου στάθμευσης ανιχνεύοντας αλλαγές στην ενέργεια που εκπέμπεται από το όχημα και τους δρόμους
2. Active infrared sensor – ανιχνεύει τα οχήματα εκπέμποντας υπέρυθρη ενέργεια και ανιχνεύει την ποσότητα ενέργειας που αντανακλάται. Μπορεί να προσφέρει μια ακριβής μέτρηση της θέσης, της ταχύτητας και της κλάσης του οχήματος. Αυτός ο αισθητήρας είναι ευαίσθητος στις περιβαλλοντικές συνθήκες.



3. Piezoelectric sensor - μετατρέπουν την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια όταν το ειδικά επεξεργασμένο υλικό υφίσταται κραδασμούς ή μηχανικές κρούσεις. Παρέχει ακριβέστερες τιμές, αλλά χρειάζεται πολλαπλούς ανιχνευτές. Είναι ευαίσθητα σε υψηλή θερμοκρασία.
4. Pneumatic road tube – ανιχνεύει τα οχήματα από την δημιουργία πίεσης αέρα, η οποία κλείνει ένα διακόπτη και παράγει το σήμα όταν τα οχήματα περάσουν από αυτό. Είναι εύκολο στην εφαρμογή και συντήρηση, αλλά είναι ευαίσθητο στη θερμοκρασία.
5. Microwave radar sensor - μεταδίδει ενέργεια μέσω μιας κεραίας και ανιχνεύει ένα όχημα από την ενέργεια που ανακλάται προς τα πίσω στην κεραία. Οι δύο τύποι αισθητήρων ραντάρ είναι ραντάρ συνεχούς κύματος (CW) και Ραντάρ συνεχούς κύματος διαμορφωμένο σε συχνότητα (FMCW). Δεν είναι ευαίσθητα, αλλά οι αισθητήρες Doppler θα πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με βοηθητικούς αισθητήρες σε μια προσπάθεια ανίχνευσης του σταματημένου οχήματος.
6. Ultrasonic sensor - οι αισθητήρες υπερήχων μεταδίδουν κυματομορφές παλμών μεταξύ 25 και 50 KHz στο δρόμο ανιχνεύοντας τις μεταδιδόμενες ενέργειες, οι οποίες αντανακλώνται πίσω στον αισθητήρα. Είναι εύκολο να εγκατασταθούν αλλά είναι ευαίσθητα στο περιβάλλον.
7. Image processing – Εντοπίζει το περιβάλλον και τους ελεύθερους χώρους στάθμευσης και όταν σταθμεύσει κάποιος μπορεί να το καταλάβει.
8. Vehicle license plate recognition - Μια βιντεοκάμερα καταγράφει την πινακίδα κυκλοφορίας ενός οχήματος που εισέρχεται, εξέρχεται ή ταξιδεύει. Στη συνέχεια, η τεχνολογία επεξεργασίας εικόνας βίντεο (VIP) χρησιμοποιείται για την αναγνώριση του αριθμού πινακίδας κυκλοφορίας του οχήματος, συνήθως βάσει προκαθορισμένης μορφής πινακίδας κυκλοφορίας. Η τεχνολογία VIP χρησιμοποιείται προς το παρόν για την ανίχνευση οχημάτων και την αναγνώριση της πινακίδας κυκλοφορίας. Το VIP μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σύστημα ανίχνευσης και αναγνώρισης οχημάτων χώρου στάθμευσης, όπου τοποθετούνται μία ή περισσότερες μονάδες βιντεοκάμερας σε στρατηγικούς χώρους ενός χώρου στάθμευσης. Το VIDS μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για να αναγνωρίσει την πινακίδα κυκλοφορίας του οχήματος που εισέρχεται/εξέρχεται από ένα χώρο στάθμευσης είτε για να καθορίσει εάν ένας χώρος στάθμευσης είναι κατειλημμένος ή όχι.

9. Sensor board - Η πλακέτα αισθητήρων είναι καταλληλότερη για την διεξαγωγή ερευνών. Οι τρεις τύποι αισθητήρων είναι αισθητήρες φωτός, θερμοκρασίας και ήχου. Οι κόμβοι αισθητήρων είναι εξοπλισμένοι με μικροεπεξεργαστή και ασύρματη μονάδα επικοινωνίας.(Dhulipala, 2015)

Για την παρούσα Διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα αισθητήρων με την χρήση του αισθητήρα φωτός.

Οι οδηγοί λαμβάνουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή στο κινητό τους τηλέφωνο. Η ανάλυση των δεδομένων που παράγονται από το έξυπνο σύστημα διαχείρισης σταθμεύσεων βοηθούν την πόλη να σχεδιάσει καλύτερους δρόμους και χώρους στάθμευσης.

Το σύστημα έξυπνης στάθμευσης μπορεί να σχεδιαστεί με την χρήση υλικών υποστηριζόμενων από το δίκτυο πραγμάτων όπως το Raspberry pi και Arduino. Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέξαμε την χρήση Raspberry pi ως την καταλληλότερη για αυτή την περίπτωση λόγω της λιγότερης ενεργειακής κατανάλωσης και της υψηλής απόδοσης.

# Κεφάλαιο 3

## Απαιτούμενη Γνώση και Τεχνολογίες

---

3.1. Software.....	21
3.1.1. Python.....	21
3.1.2. C Language.....	21
3.1.3. Shell Script.....	21
3.1.4. Contiki OS.....	21
3.1.5. MongoDB.....	21
3.1.6. Microsoft SQL.....	22
3.1.7. Oracle VirtualBox.....	22
3.2. Hardware.....	22
3.2.1. MTM-CM5000-MSP .....	22
3.2.2. Raspberry Pi 3.....	23

---



Σχήμα 3.1

### **3.1. Software**

#### **3.1.1. Python**

Python είναι υψηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού η οποία χρησιμοποιείται ευρέως λόγω της ευκολίας χρήσης της και το συντακτικό της που επιτρέπει στους προγραμματιστές να γράφουν λιγότερες γραμμές κώδικα από ότι συνήθως.

Στο παρών σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για την αρχιτεκτονική Client-Server.

#### **3.1.2. C Language**

Η C είναι μια δομημένη γλώσσα προγραμματισμού γενικής χρήσης. Στο παρών σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό των sensors.

#### **3.1.3. Shell script**

Ένα Shell Script είναι ένα πρόγραμμα που έχει σχεδιαστεί για να διευθύνεται από τον διερμηνέα γραμμής εντολών σε περιβάλλον UNIX. Οι διάφορες διάλεκτοι των Shell Scripts θεωρούνται γλώσσες Scripting. Οι τυπικές λειτουργίες που εκτελούνται από τα Shell Scripts περιλαμβάνουν χειρισμό αρχείων, εκτέλεση προγραμμάτων και εκτύπωση κειμένου.

Στο παρών σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση αυτοματοποιημένης έναρξης προγράμματος του client.

#### **3.1.4. Contiki OS**

Contiki είναι ένα λειτουργικό σύστημα ανοικτού κώδικα για το διαδίκτυο των πραγμάτων. Το Contiki συνδέει μικρά και χαμηλά σε ισχύ microcontrollers στο διαδίκτυο. Το Contiki είναι ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για την δημιουργία σύνθετων ασύρματων συστημάτων.

Στο παρών σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία του προγράμματος που τρέχει στα microcontrollers, στην φόρτωση του προγράμματος στα microcontrollers και στον έλεγχο.

#### **3.1.5. MongoDB**

Η mongodb είναι εγγραφοκεντρική (noSQL) βάση δεδομένων όπου το αντίστοιχο της εγγραφής (record) των σχεσιακών βάσεων, ονομάζεται έγγραφο (document) στην

MongoDB και περιέχει πεδία που απαρτίζονται από ζεύγη κλειδιών-τιμών (key-value pairs). Τα έγγραφα της MongoDB είναι παρόμοια με τα αντικείμενα της μορφής JSON. Οι τιμές των πεδίων μπορούν να περιέχουν άλλα έγγραφα, πίνακες και πίνακες από έγγραφα. Το αντίστοιχο του πίνακα (table) των σχεσιακών βάσεων, ονομάζεται συλλογή (collection).

Στο παρών σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση των sensor και για την ενημέρωση των δεδομένων.

### **3.1.6. Microsoft SQL**

Η Microsoft SQL είναι μια σχεσιακή βάση δεδομένων, η οποία αναπτύσσεται από τη Microsoft. Οι κύριες γλώσσες που χρησιμοποιούνται είναι η T-SQL και η ANSI SQL.

Στο παρών σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση των χρηστών του συστήματος και στην αυτόματη δημιουργία API-key για την ασφαλέστερη λειτουργία του συστήματος.

### **3.1.7. Oracle VirtualBox**

Το VirtualBox είναι μια εφαρμογή “εικονοποίησης” (virtualization) δηλαδή επιτρέπει την εγκατάσταση ενός ή περισσότερων λειτουργικών συστημάτων.

Στο παρών σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση του λειτουργικού συστήματος Contiki OS και για την δημιουργία εικονικού περιβάλλοντος χρήσης (Databases, Client-Server Application, Contiki).

## **3.2. Hardware**

### **3.2.1. MTM-CM5000-MSP**

Το CM5000 TelosB είναι microcontroller με ενσωματωμένους αισθητήρες για την μέτρηση θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτισμού.

#### **Τεχνικά χαρακτηριστικά:**

Μικροελεγκτής οικογένειας MSP430

**Storage:** 48KB, External flash 1MB

**Ram:** 10KB

**Power:** 3V (2xAA Battery Holder Provided)

**Light Sensor:** Hamamatsu® S1087 Series

**Temperature and Humidity Sensor:** Sensirion® SHT11

**Dimensions:** 81.90mm x 32.50mm x 6.55mm

**Weight:** 17.7g

**Interfaces:** USB

Στο παρών σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση μέσω του Contiki OS λογισμικό όπου συλλέγει όλες τις πληροφορίες των αισθητήρων από τα γειτονικά microcontrollers και καταλήγουν όλα σε ένα.

### **3.2.2. Raspberry Pi 3**

Το Raspberry Pi 3 είναι υπολογιστής μεγέθους πιστωτικής κάρτας και τρέχει λειτουργικά συστήματα LINUX (Raspbian, Ubuntu MATE, Snappy Ubuntu, Pidora etc.)

#### **Τεχνικά χαρακτηριστικά:**

**SoC:** Broadcom BCM2837

**CPU:** 4× ARM Cortex-A53, 1.2GHz

**GPU:** Broadcom VideoCore IV

**RAM:** 1GB LPDDR2 (900 MHz)

**Networking:** 10/100 Ethernet, 2.4GHz 802.11n wireless

**Bluetooth:** Bluetooth 4.1 Classic, Bluetooth Low Energy

**Storage:** microSD

**GPIO:** 40-pin header, populated

**Ports:** HDMI, 3.5mm analogue audio-video jack, 4× USB 2.0, Ethernet, Camera Serial Interface (CSI), Display Serial Interface (DSI)

Στο παρών σύστημα έχει χρησιμοποιηθεί για την αυτοματοποιημένη έναρξη του λογισμικού Client όπου συλλέγει τα δεδομένα από τον κεντρικό microcontroller και τα στέλνει στον server, έχει εγκατεστημένο Raspbian λειτουργικό σύστημα και τρέχει python.

# Κεφάλαιο 4

## Ανάλυση απαιτήσεων

---

4.1. Λειτουργικές Απαιτήσεις.....	24
4.1.1. Δημιουργία νέας θέσης χώρου στάθμευσης.....	25
4.1.2. Δημιουργία νέου χώρου στάθμευσης.....	25
4.2. Μη λειτουργικές Απαιτήσεις.....	25
4.2.1. Ενημέρωση slot κάθε μερικά δευτερόλεπτα.....	25
4.2.2. Επανεκκίνηση συστήματος σε περίπτωση προβλήματος.....	25
4.2.3. Επικοινωνία.....	25

---

Η ανάλυση απαιτήσεων και καταγραφή των προδιαγραφών ενός συστήματος αποτελεί ίσως την πιο σημαντική φάση στον κύκλο ανάπτυξης λογισμικού αφού εάν σε αυτή την φάση δεν ληφθούν οι απαραίτητες πληροφορίες για το πώς πρέπει να είναι το σύστημα και τι πρέπει να κάνει το πιο πιθανό το τελικό σύστημα να μην ανταποκρίνεται στο αναμενόμενο αποτέλεσμα και να είναι ελλιπής. Στα παρακάτω υποκεφάλαια παρουσιάζονται αναλυτικά οι λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος μας.

### **4.1. Λειτουργικές Απαιτήσεις**

Οι λειτουργικές απαιτήσεις είναι οι δηλώσεις που ορίζουν ποιες λειτουργίες θα παρέχει το σύστημα και πώς το σύστημά μας θα πρέπει να αντιδρά σε διάφορες εισόδους και καταστάσεις.

#### **4.1.1. Δημιουργία νέας θέσης χώρου στάθμευσης**

Όταν χεριάζετε ο ιδιοκτήτης χώρου στάθμευσης να αποκτήσει καινούργιο χώρο στάθμευσης πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής και προγραμματισμού καινούργιων κόμβων αισθητήρων.

#### **4.1.2. Δημιουργία νέου χώρου στάθμευσης**

Όταν χεριάζετε να δημιουργηθεί καινούργιος χώρος στάθμευσης πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής των δεδομένων μέσα σε μία βάση δεδομένων και να μπορεί να γίνεται η εγκατάσταση και προγραμματισμός κόμβων, δρομολογητή και του Client.

#### **4.2. Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις**

Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος αναφέρονται στους περιορισμούς του συστήματος όπως οι χρονικοί περιορισμοί και οι περιορισμοί διαδικασίας ανάπτυξης.

##### **4.2.1. Ενημέρωση slot κάθε μερικά δευτερόλεπτα**

Πρέπει για να θεωρείτε το σύστημα λειτουργικό οι διαθέσιμοι χώροι στάθμευσης να ενημερώνονται για την νέα κατάσταση τους σε τουλάχιστον 10 δευτερόλεπτα

##### **4.2.2. Επανεκκίνηση συστήματος σε περίπτωση προβλήματος**

Αφού ο ιδιοκτήτης χώρου στάθμευσης δεν είναι αναγκαίο να έχει τεχνογνωσία τότε πρέπει το σύστημα που θα έχει στην κατοχή του να είναι πλήρως αυτοματοποιημένο. Δηλαδή σε περίπτωση όπου διακοπεί η ηλεκτρική τροφοδοσία ή η επικοινωνία με το διαδίκτυο, να είναι εύκολο να επαναφέρει το σύστημα σε πλήρως λειτουργική κατάσταση.

##### **4.2.3. Επικοινωνία**

Η επικοινωνία μεταξύ του χώρου στάθμευσης και του Server πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην μπορούν τρίτοι να παρεμβάλλουν μέσα στα δεδομένα μας, δηλαδή να υπάρχει κάποιος μηχανισμός αυθεντικοποίησης.



# Κεφάλαιο 5

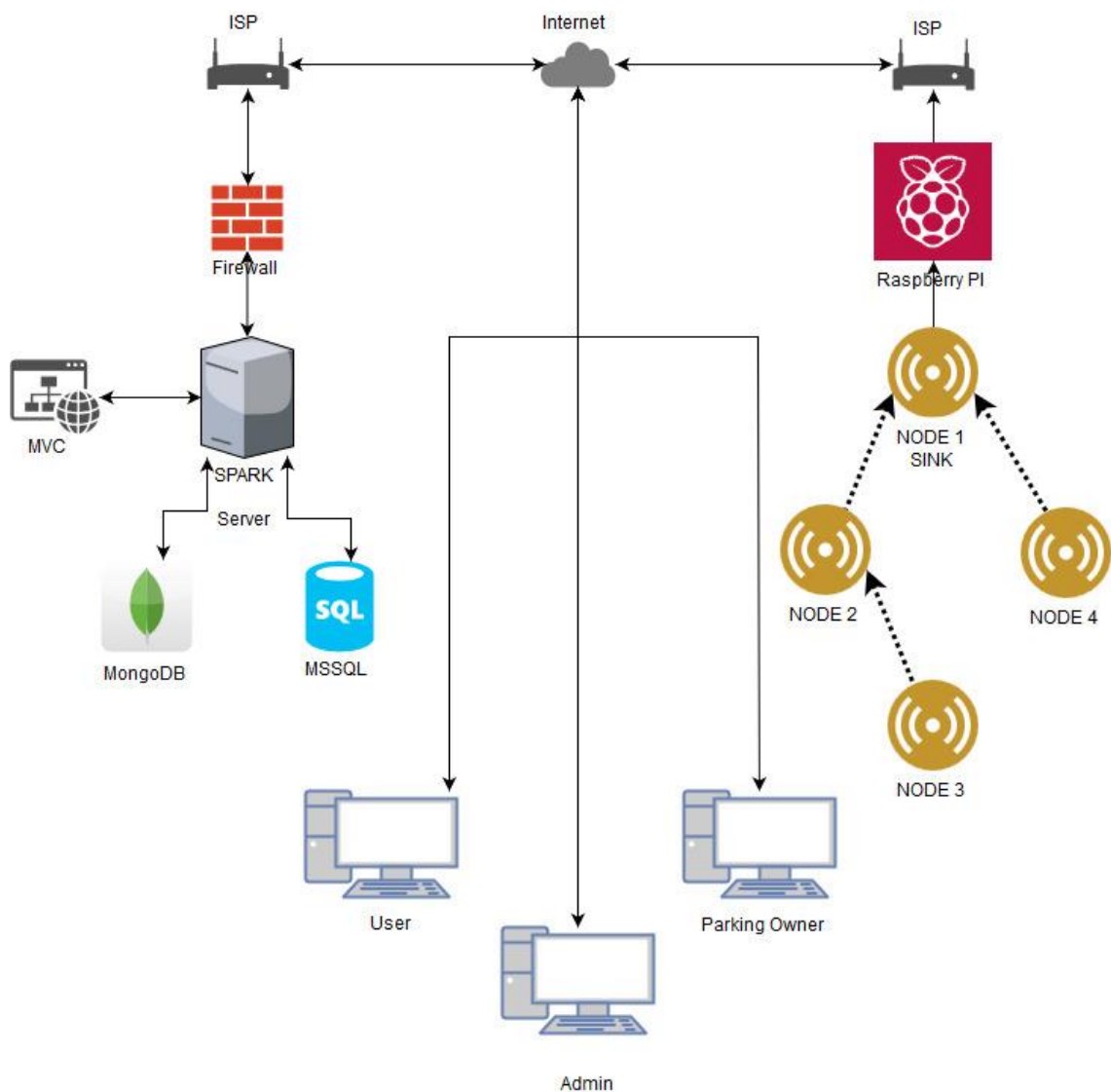
## Σχεδιασμός Συστήματος

---

5.1. Αρχιτεκτονική Συστήματος.....	26
5.2. Διάγραμμα Ροής Δεδομένων.....	28

---

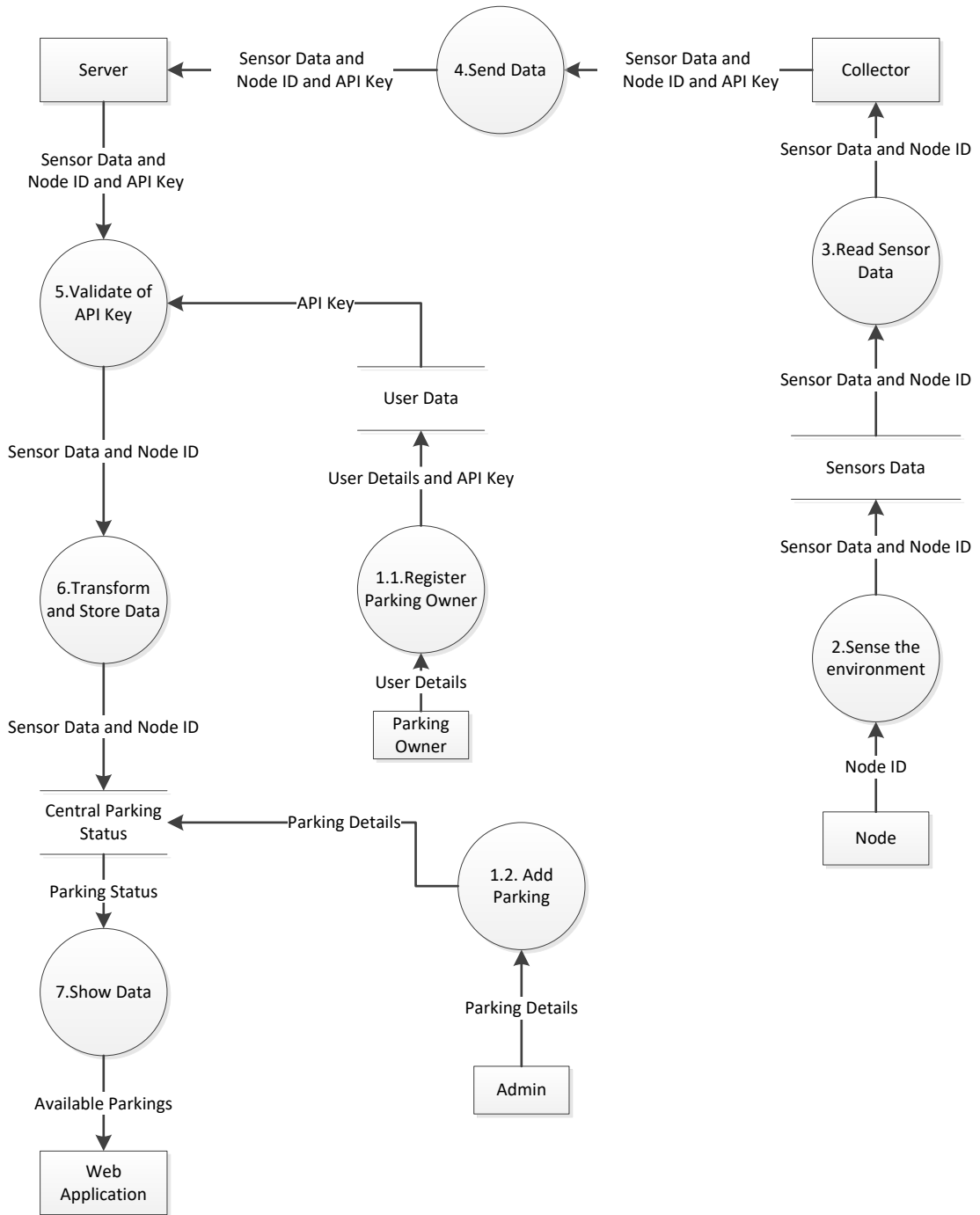
### 5.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος



Σχήμα 5.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος

Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε την αρχιτεκτονική του συστήματος όπου αποτελείται από τα Nodes όπου είναι οι αισθητήρες που επικοινωνούν μέσω του Base station στο Raspberry Pi όπου απορροφά τα δεδομένα των αισθητήρων και τα στέλνει στον Server, όπου ανανεώνει την βάση δεδομένων με τα δεδομένα των αισθητήρων για την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ο χρήστης μπορεί να αναζητήσει για χώρο στάθμευσης μέσω της Διαδικτυακής πλατφόρμας, όπου αυτή θα ανατρέξει στην βάση δεδομένων και θα εμφανίσει τους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης. Ο Parking Owner μπορεί να αλλάξει τις χρεώσεις και το όνομα των χώρων στάθμευσης και ο Admin διαχειριστής του συστήματος που μέσα από την διαδικτυακή πλατφόρμα μπορεί να προσθέσει, να αφαιρέσει ή να αλλάξει τους χώρους στάθμευσης.

## 5.2 Διάγραμμα Ροής Δεδομένων



Σχήμα 5.2 Διάγραμμα Ροής Δεδομένων

# Κεφάλαιο 6

## Υλοποίηση

1. Για την δημιουργία χώρου στάθμευσης ο ιδιοκτήτης χώρου στάθμευσης καλείτε μέσα από την διαδικτυακή πλατφόρμα Spark να κάνει εγγραφή, ακολούθως εισάγει τα στοιχεία του, τότε η βάση δεδομένων Microsoft SQL μέσα από ένα trigger δημιουργεί αυτόματα ένα API Key όπου αυτό χρειάζεται για την πιστοποίηση του χρήστη ότι αυτός είναι που έχει τον συγκεκριμένο χώρο στάθμευσης.

2. Η εισαγωγή θέσεων στον χώρο στάθμευσης γίνεται μέσα από την διαδικτυακή πλατφόρμα όπου καλείτε ο διαχειριστής του συστήματος να βάλει καινούργιες. Ο διαχειριστής πρέπει στα ονόματα των θέσεων στάθμευσης.

3. Κάθε κόμβος παριστάνει μια θέση στάθμευσης και προγραμματίζεται δίνοντας του το όνομα του μέσα από το Contiki OS. Δηλαδή ο κάθε κόμβος που ανήκει στον συγκεκριμένο ιδιοκτήτη χώρου στάθμευσης έχει μοναδικό όνομα (αριθμητικό). Επιλέγετε ποιος κόμβος θα είναι ο δρομολογητής δηλαδή ο κόμβος που θα είναι ενωμένος με το σύστημα μας και θα απορροφά όλα τα δεδομένα από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων και αυτός παίρνει τον αριθμό 1, οι υπόλοιποι αισθητήρες παίρνουν για όνομα από το 2 και πάνω.

4. Αφού στείλουν τις πληροφορίες ο κάθε κόμβος και καταλήξουν στον δρομολογητή τότε τις διαβάζει ο Collector ο οποίος είναι σύστημα Linux το οποίο τρέχει Python και διαβάζει τα δεδομένα μέσω της σειριακής εισόδου του αισθητήρα. Στον collector πρέπει να τοποθετηθεί το API Key του ιδιοκτήτη χώρου στάθμευσης όπου μπορεί να βρεθεί μέσα στην βάση δεδομένων με τα στοιχεία του. Ακόμη πρέπει να αρχικοποιηθεί το UserID στο script όπου εκείνα το πρόγραμμα τύπου client στην Python. Όταν γίνουν οι απαραίτητες διαδικασίες και μπει το σύστημα σε λειτουργία τότε ο Collector παίρνει τα δεδομένα από τον αισθητήρα και μαζί με το API Key και το UserID τα στέλνει στον Server

5. Ο Server λαμβάνει συνεχώς πληροφορίες σχετικά με τις θέσεις στάθμευσης ξεχωρίζοντας πια είναι πια από το UserID και επαληθεύοντας με την χρήση του API Key που παίρνει από τον Collector μαζί με το API Key που έχει ο χρήστης. Ακολούθως μετά την επαλήθευση ανατρέχει στην βάση δεδομένων με τις θέσεις χώρων στάθμευσης και τις ενημερώνει.

# Κεφάλαιο 7

## Οδηγίες Εγκατάστασης

---

7.1. Εγκατάσταση περιβάλλοντος Contiki OS.....	31
7.2. Εγκατάσταση λειτουργικού στο Raspberry Pi.....	32
7.3. Προγραμματισμός αισθητήρων με την χρήση Contiki OS.....	32

---

### 7.1 Εγκατάσταση περιβάλλοντος Contiki OS

Για να εγκαταστήσουμε το περιβάλλον Contiki OS πρώτα πρέπει να έχουμε εγκατεστημένο στον υπολογιστή μας κάποιου είδους Hypervisor όπως VMWare ή Oracle VirtualBox.

Εδώ θα δούμε με την χρήση VirtualBox

Μετά από την εγκατάσταση του VirtualBox πρέπει να πάμε στην σελίδα του Contiki OS <http://www.contiki-os.org/download.html> και να κατεβάσουμε το Instant Contiki. Ακολούθως αποσυμπιέζουμε το αρχείο και ανοίγουμε το VirtualBox. Τότε πάμε New -> Δίνουμε όνομα, Type: Linux, Version: Ubuntu (64-bit), Memory size (RAM) ανάλογα με το σύστημα μας το ιδανικότερο είναι 4GB, επιλέγουμε Use an existing virtual hard disk file, Choose virtual hard disk file..., τότε επιλέγουμε το αρχείο μέσα στον φάκελο που αποσυμπιέσαμε το οποίο δεν έχει στο τέλος “-s00..” σε αυτήν την περίπτωση αυτό “Instant\_Contiki\_Ubuntu\_12.04\_32-bit”, open και μετά create, έχει δημιουργηθεί το Virtual Machine με το όνομα που του δώσαμε στην στήλη αριστερά.

Για να το ξεκινήσουμε πατούμε double click στο Virtual Machine.

Το Contiki έχει προεπιλεγμένο:

Username: user

Password: user

## 7.2 Εγκατάσταση λειτουργικού στο Raspberry Pi

Για την εγκατάσταση του λειτουργικού στο Raspberry Pi θα χρειαστούμε USB keyboard και mouse μια οθόνη για σύνδεση μέσω HDMI, καλώδιο δικτύου, κάρτα μνήμης micro SD το λιγότερο 8GB και μετατροπέα για να μπορούμε να διαβάσουμε την κάρτα μνήμης από τον υπολογιστή μας.

Ακολούθως κατεβάζουμε το λειτουργικό σύστημα που θέλουμε από τη σελίδα του Raspberry Pi "<https://www.raspberrypi.org/downloads/>" για αυτή την εργασία επέλεξα Rasbian. Αποσυμπιέζουμε το αρχείο με την χρήση 7-zip "<https://www.7-zip.org/>" για windows και Unzip "`sudo apt-get install unzip`" και "`unzip file.zip -d destination_folder`" για Linux και Unarchiver "<https://theunarchiver.com/>" για Mac, ακολούθως τοποθετούμε την κάρτα μνήμης στον υπολογιστή μας και τρέχουμε την εφαρμογή Etcher "<https://etcher.io/>", επιλέγουμε το αρχείο, επιλέγουμε την κάρτα μνήμης και πατούμε Flash.

Τότε τοποθετούμε την κάρτα μνήμης στο Raspberry Pi και του δίνουμε τροφοδοσία ενώ το έχουμε ενωμένο με τις περιφερειακές συσκευές. Ακολούθως ανοίγουμε terminal εκτελούμε τις εντολές "`apt-get update && apt-get upgrade`"

## 7.3 Προγραμματισμός αισθητήρων με την χρήση Contiki OS

Για τον προγραμματισμό αισθητήρων τύπου Telos-B πρέπει να έχουμε σε λειτουργία το Contiki OS όπως αναφέραμε στο 7.1 και ακολούθως να συνδέσουμε τον αισθητήρα στην θύρα USB.

Κάτω αριστερά στο εικονικό περιβάλλον μπορούμε να δούμε ένα σήμα USB και πατώντας δεξί click σε αυτό επιλέγουμε τον αισθητήρα.



Σχήμα 7.1 Εργαλεία VirtualBox

Ανοίγουμε terminal και εκτελούμε την εντολή

sudo bash	Μας κάνει root του συστήματος
cd ~/contiki/examples/	είναι ο φάκελος με όλα τα κατεβασμένα έργα ανοιχτού κώδικα στο Contiki, για να τρέξουμε δικό μας κώδικα πρέπει να δημιουργήσουμε σε αυτό δικό μας φάκελο και μέσα σε αυτόν να δημιουργήσουμε Make File για το δικό μας έργο.
Cd hello-world/	Επιλογή του έργου για παράδειγμα hello-world
make TARGET=sky hello-world.upload nodeid=3	Με αυτή την εντολή κάνουμε compile τον κώδικα και τον φορτώνουμε στον αισθητήρα και του δίνουμε nodeid=3 δηλαδή το όνομα του αισθητήρα θα είναι το 3
make TARGET=sky clean	Για να ξαναφορτώσουμε τον κώδικα πρέπει να καθαρίσουμε τα προηγούμενα
make TARGET=sky login	Με αυτή τη εντολή ενωνόμαστε συριακά με τον αισθητήρα



# Κεφάλαιο 8

## Αξιολόγηση Συστήματος

---

8.1. Δοκιμή 1.....	35
8.2. Δοκιμή 2.....	37
8.3. Δοκιμή 3.....	39
8.4. Δοκιμή 4.....	41

---

Για την αξιολόγηση του συστήματος έχει χρησιμοποιηθεί ο προσομοιωτής Cooja του Contiki OS, όπου μπορείς να φορτώσεις το λογισμικό σε εικονικό εξοπλισμό και ακολούθως να δοκιμάσεις διάφορες περιπτώσεις.

Στις δοκιμές μου αλλά και στον κώδικα γενικότερα έχω χρησιμοποιήσει τον αισθητήρα φωτός σαν λύση στην έξυπνη στάθμευση. Οι δοκιμές έγιναν κυρίως για το θέμα της διάδοσης των δεδομένων των αισθητήρων μέσα από πολλούς κόμβους. Η επιλογή αισθητήρα μπορεί να γίνει σε μεταγενέστερο στάδιο αντί για την χρήση αισθητήρα φωτός μπορεί να γίνει με την χρήση υπέρυθρων ή κάτι άλλο.

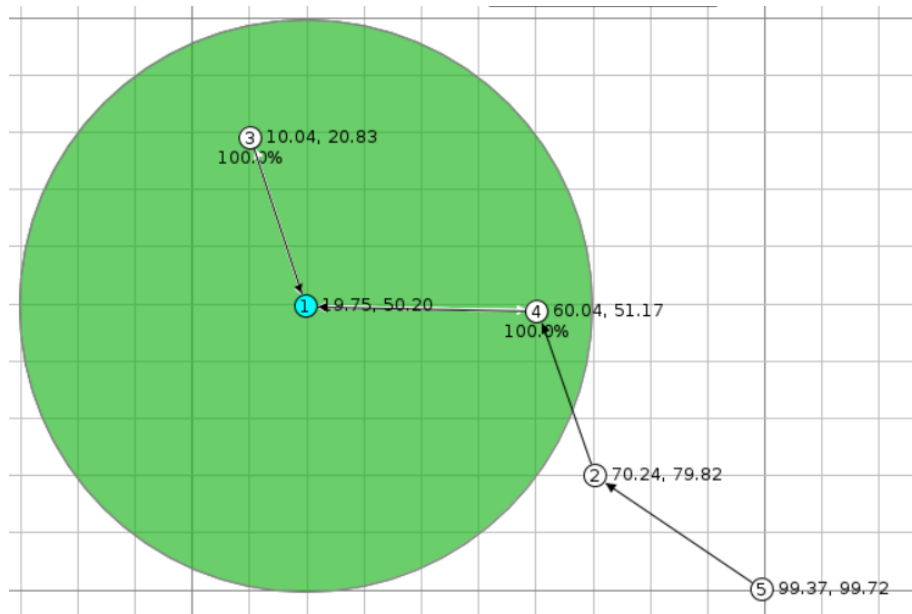
Όλες οι δοκιμές έγιναν με εμβέλεια αντένας αισθητήρα 50 μέτρα και πλέγμα 10 μετρα ανά κελί στον X και Ψ άξονα.

Ο κόμβος με την τιμή 1 είναι ο δρομολογητής μας όπου θέλουμε όλα τα δεδομένα των αισθητήρων να καταλήξουν.

Τα δεδομένα είναι της μορφής : {φως1, φως2, θερμοκρασία, υγρασία, μπαταρία}

και έχουν μέγεθος 16 bytes

## 8.1. Δοκιμή 1



Σχήμα 8.1. Τοπολογία αισθητήρων Δοκιμή 1

Στο πιο πάνω σχήμα (Σχήμα 8.1) βλέπουμε την τοπολογία των αισθητήρων:

Ο αισθητήρας 1 να έχει στην εμβέλεια του το 4 και το 3, το 2 να έχει στην εμβέλεια του τον 4 και τον 5, ο 3 να έχει στην εμβέλεια του μόνο τον ένα, ο 4 να έχει στη εμβέλεια του τον 1 και 2 και ο 5 μόνο τον 2

Η παρών τοπολογία έγινε για να ελεγχτεί αν όλα τα δεδομένα από τους αισθητήρες καταλήγουν στον κόμβο 1 όπου είναι και ο δρομολογητής μέσω του το Multi-hop propagation μέχρι 3 αναπηδήσεις

Mote Interface Viewer (Sky 1)

Select interface: Serial port

```

RESULT A3.0 S171 H1 L17 : 128,118,24,164,0
RESULT A5.0 S161 H3 L15 : 94,84,24,164,0
RESULT A5.0 S162 H3 L17 : 311,301,24,164,0
RESULT A5.0 S163 H3 L17 : 162,152,24,164,0
RESULT A3.0 S172 H1 L17 : 345,335,24,164,0
RESULT A5.0 S164 H3 L14 : 94,4,24,164,0
RESULT A4.0 S172 H1 L16 : 130,40,24,164,0
RESULT A2.0 S169 H2 L17 : 322,312,24,164,0
RESULT A3.0 S173 H1 L17 : 197,187,24,164,0
RESULT A4.0 S173 H1 L17 : 347,337,24,164,0
RESULT A5.0 S165 H3 L17 : 311,301,24,164,0
RESULT A5.0 S166 H3 L17 : 162,152,24,164,0
RESULT A2.0 S170 H2 L17 : 265,255,24,164,0
RESULT A2.0 S171 H2 L17 : 117,107,24,164,0
RESULT A2.0 S172 H2 L17 : 334,324,24,164,0
RESULT A2.0 S173 H2 L17 : 185,175,24,164,0
RESULT A3.0 S174 H1 L15 : 48,38,24,164,0
RESULT A5.0 S167 H3 L14 : 14,4,24,164,0
RESULT A4.0 S174 H1 L17 : 198,188,24,164,0
RESULT A4.0 S175 H1 L17 : 255,245,24,164,0
RESULT A3.0 S175 H1 L17 : 265,255,24,164,0
RESULT A2.0 S174 H2 L17 : 288,278,24,164,0
RESULT A5.0 S168 H3 L17 : 322,312,24,164,0
RESULT A4.0 S176 H1 L16 : 107,97,24,164,0
RESULT A3.0 S176 H1 L17 : 197,107,24,164,0
RESULT A5.0 S169 H3 L17 : 288,278,24,164,0
RESULT A5.0 S170 H3 L17 : 140,130,24,164,0
RESULT A5.0 S171 H3 L17 : 357,347,24,164,0
RESULT A5.0 S172 H3 L17 : 208,198,24,164,0
RESULT A5.0 S173 H3 L15 : 60,50,24,164,0
RESULT A5.0 S174 H3 L17 : 357,267,24,164,0
RESULT A2.0 S175 H2 L17 : 254,244,24,164,0
RESULT A2.0 S176 H2 L17 : 311,301,24,164,0
RESULT A2.0 S177 H2 L17 : 162,152,24,164,0
RESULT A4.0 S177 H1 L17 : 324,314,24,164,0
RESULT A4.0 S178 H1 L17 : 175,165,24,164,0
RESULT A3.0 S178 H1 L16 : 105,95,24,164,0

```

Time	Mote	Message
09:10.293	ID:1	RESULT A4.0 S176 H1 L16 : 107,97,24,164,0
09:10.306	ID:3	TX 16 bytes: 197,107,24,164,0
09:12.854	ID:2	Sending
09:12.961	ID:2	TX 16 bytes: 162,152,24,164,0
09:13.075	ID:5	Sending
09:13.168	ID:1	RESULT A3.0 S176 H1 L17 : 197,107,24,164,0
09:13.181	ID:5	TX 16 bytes: 117,107,24,164,0
09:13.241	ID:4	Sending
09:13.306	ID:3	Sending
09:13.346	ID:4	TX 16 bytes: 324,314,24,164,0
09:13.413	ID:3	TX 16 bytes: 254,244,24,164,0
09:13.419	ID:1	RESULT A5.0 S169 H3 L17 : 288,278,24,164,0
09:15.956	ID:2	Sending
09:16.059	ID:2	TX 13 bytes: 94,4,24,164,0
09:16.176	ID:5	Sending
09:16.284	ID:5	TX 16 bytes: 334,324,24,164,0
09:16.294	ID:1	RESULT A5.0 S170 H3 L17 : 140,130,24,164,0
09:16.341	ID:4	Sending
09:16.407	ID:3	Sending
09:16.447	ID:4	TX 16 bytes: 175,165,24,164,0
09:16.513	ID:3	TX 15 bytes: 105,95,24,164,0
09:16.542	ID:1	RESULT A5.0 S171 H3 L17 : 357,347,24,164,0
09:16.668	ID:1	RESULT A5.0 S172 H3 L17 : 208,198,24,164,0
09:16.793	ID:1	RESULT A5.0 S173 H3 L15 : 60,50,24,164,0
09:16.919	ID:1	RESULT A5.0 S174 H3 L17 : 357,267,24,164,0
09:17.045	ID:1	RESULT A2.0 S175 H2 L17 : 254,244,24,164,0
09:17.168	ID:1	RESULT A2.0 S176 H2 L17 : 311,301,24,164,0
09:17.293	ID:1	RESULT A2.0 S177 H2 L17 : 162,152,24,164,0
09:17.419	ID:1	RESULT A4.0 S177 H1 L17 : 324,314,24,164,0
09:17.545	ID:1	RESULT A4.0 S178 H1 L17 : 175,165,24,164,0
09:17.793	ID:1	RESULT A3.0 S177 H1 L17 : 254,244,24,164,0
09:18.041	ID:1	RESULT A3.0 S178 H1 L16 : 105,95,24,164,0
09:19.057	ID:2	Sending
09:19.163	ID:2	TX 16 bytes: 311,301,24,164,0
09:19.278	ID:5	Sending

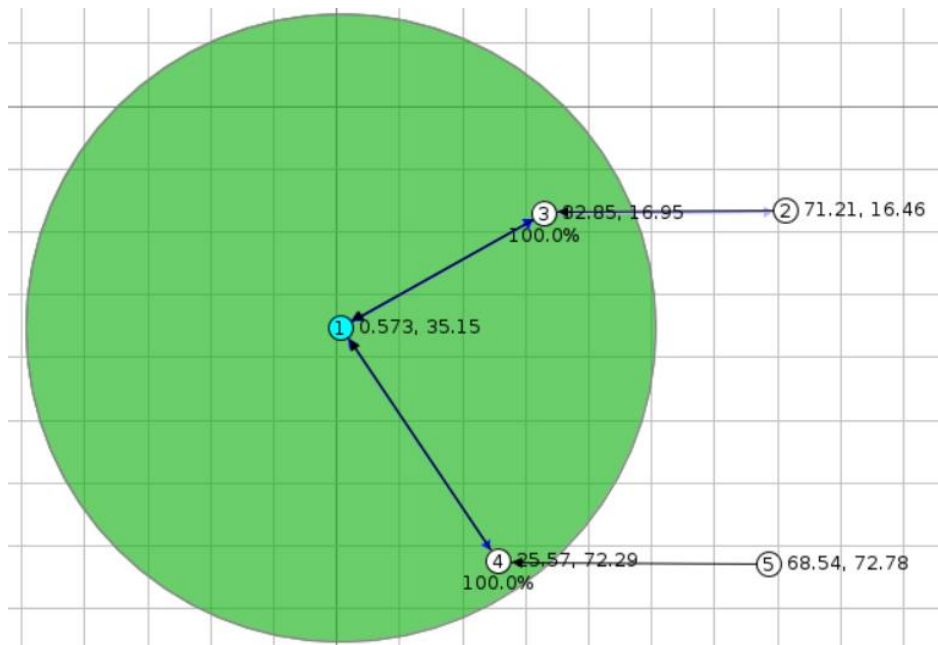
Σχήμα 8.2 Δεδομένα Κόμβου1 Δοκιμή 1

Σχήμα 8.3 Δεδομένα δικτύου Δοκιμή 1

Βλέποντας το σχήμα(Σχήμα 8.2) όπου είναι η σειριακή σύνδεση με τον κόμβο 1, μπορούμε να δούμε ότι έχουμε τα δεδομένα του κόμβου 5 στον κόμβο 1 πράγμα το οποίο μας δείχνει ότι το multi-hop propagation δουλεύει για 3 hops.

Από το σχήμα (Σχήμα 8.3) μπορούμε να δούμε ότι ο χρόνος που χρειάζεται από την στιγμή που ένοιωσε το περιβάλλον του ο κόμβος 4 μέχρι να λάβει τα δεδομένα του ο κόμβος 1 χρειάστηκε 4 sec όπου είναι χρόνος απόκρισης εντός ορίων.

## 8.2. Δοκιμή 2

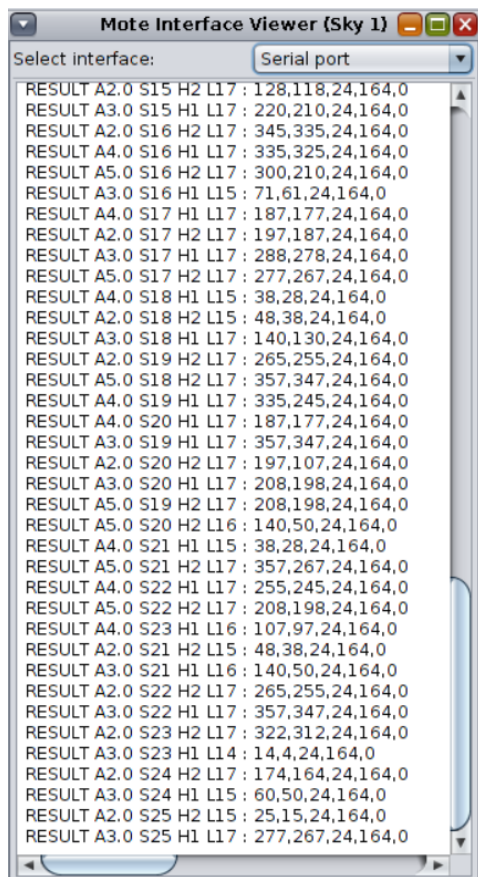


Σχήμα 8.4 Τοπολογία αισθητήρων Δοκιμή 2

Στο πιο πάνω σχήμα (Σχήμα 8.4) βλέπουμε την τοπολογία των αισθητήρων:

Ο αισθητήρας 1 να έχει στην εμβέλεια του το 4 και το 3, το 2 να έχει στην εμβέλεια του τον 3, ο 3 να έχει στην εμβέλεια του τον 1 και τον 2, ο 4 να έχει στη εμβέλεια του τον 1 και 5 και ο 5 μόνο τον 4

Η παρών τοπολογία έγινε για να ελεγχτεί αν όλα τα δεδομένα από τους αισθητήρες καταλήγουν στον κόμβο 1 όπου είναι και ο δρομολογητής μέσω του το Multi-hop propagation μέχρι 2 αναπηδήσεις από δύο αναμεταδότες στην ίδια εμβέλεια.



Time	Mote	Message
01:14.893	ID:2	Sending
01:14.998	ID:4	Sending
01:15.000	ID:2	TX 16 bytes: 322,312,24,164,0
01:15.104	ID:4	TX 15 bytes: 107,97,24,164,0
01:15.168	ID:1	RESULT A4.0 S23 H1 L16 : 107,97,24,164,0
01:15.560	ID:5	Sending
01:15.579	ID:3	Sending
01:15.665	ID:5	TX 14 bytes: 60,50,24,164,0
01:15.685	ID:3	TX 13 bytes: 14,4,24,164,0
01:15.917	ID:1	RESULT A2.0 S21 H2 L15 : 48,38,24,164,0
01:16.168	ID:1	RESULT A3.0 S21 H1 L16 : 140,50,24,164,0
01:16.418	ID:1	RESULT A2.0 S22 H2 L17 : 265,255,24,164,0
01:16.669	ID:1	RESULT A3.0 S22 H1 L17 : 357,347,24,164,0
01:16.917	ID:1	RESULT A2.0 S23 H2 L17 : 322,312,24,164,0
01:17.167	ID:1	RESULT A3.0 S23 H1 L14 : 14,4,24,164,0
01:17.994	ID:2	Sending
01:18.099	ID:4	Sending
01:18.102	ID:2	TX 16 bytes: 174,164,24,164,0
01:18.205	ID:4	TX 16 bytes: 324,314,24,164,0
01:18.661	ID:5	Sending
01:18.682	ID:3	Sending
01:18.768	ID:5	TX 16 bytes: 277,267,24,164,0
01:18.785	ID:3	TX 14 bytes: 60,50,24,164,0
01:18.918	ID:1	RESULT A2.0 S24 H2 L17 : 174,164,24,164,0
01:19.168	ID:1	RESULT A3.0 S24 H1 L15 : 60,50,24,164,0
01:21.096	ID:2	Sending
01:21.200	ID:4	Sending
01:21.202	ID:2	TX 14 bytes: 25,15,24,164,0
01:21.306	ID:4	TX 16 bytes: 175,165,24,164,0
01:21.541	ID:1	RESULT A2.0 S25 H2 L15 : 25,15,24,164,0
01:21.763	ID:5	Sending
01:21.782	ID:3	Sending
01:21.872	ID:5	TX 16 bytes: 128,118,24,164,0
01:21.890	ID:3	TX 16 bytes: 277,267,24,164,0
01:22.044	ID:1	RESULT A3.0 S25 H1 L17 : 277,267,24,164,0

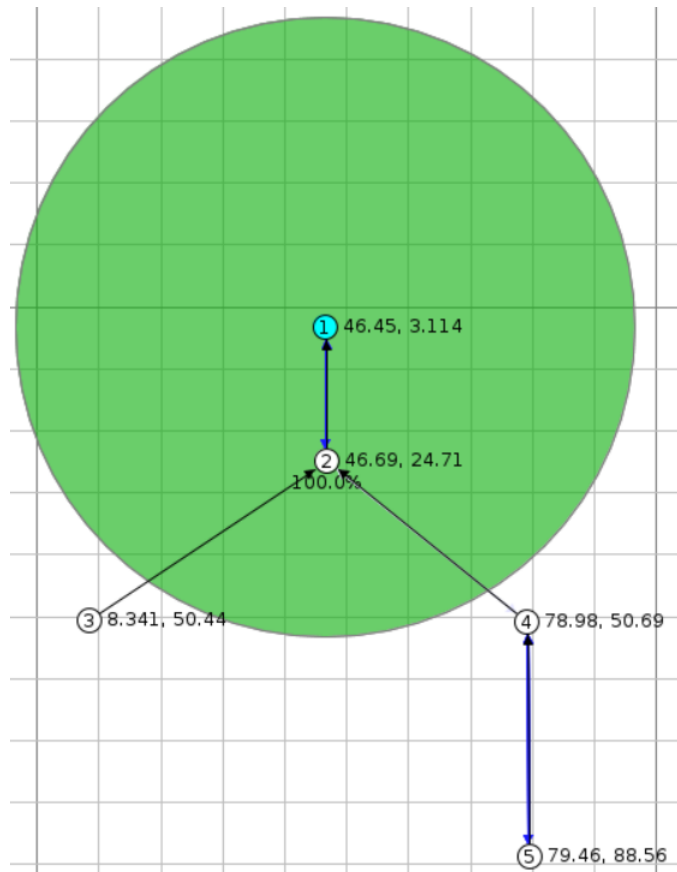
Σχήμα 8.5 Δεδομένα Κόμβου1 Δοκιμή 2

Σχήμα 8.6 Δεδομένα δικτύου Δοκιμή 2

Βλέποντας το σχήμα(Σχήμα 8.5) όπου είναι η σειριακή σύνδεση με τον κόμβο 1, μπορούμε να δούμε ότι έχουμε τα δεδομένα του κόμβου 5 και 2 στον κόμβο 1 πράγμα το οποίο μας δείχνει ότι το multi-hop propagation δουλεύει για 2 hops μέσω 2 αναμεταδοτών στην εμβέλεια του κόμβου 1.

Από το σχήμα (Σχήμα 8.6) μπορούμε να δούμε ότι ο χρόνος που χρειάζεται από την στιγμή που ένοιωσε το περιβάλλον του ο κόμβος 5 μέχρι να λάβει τα δεδομένα του ο κόμβος 1 χρειάστηκε 4 sec όπου είναι χρόνος απόκρισης εντός ορίων.

### 8.3. Δοκιμή 3

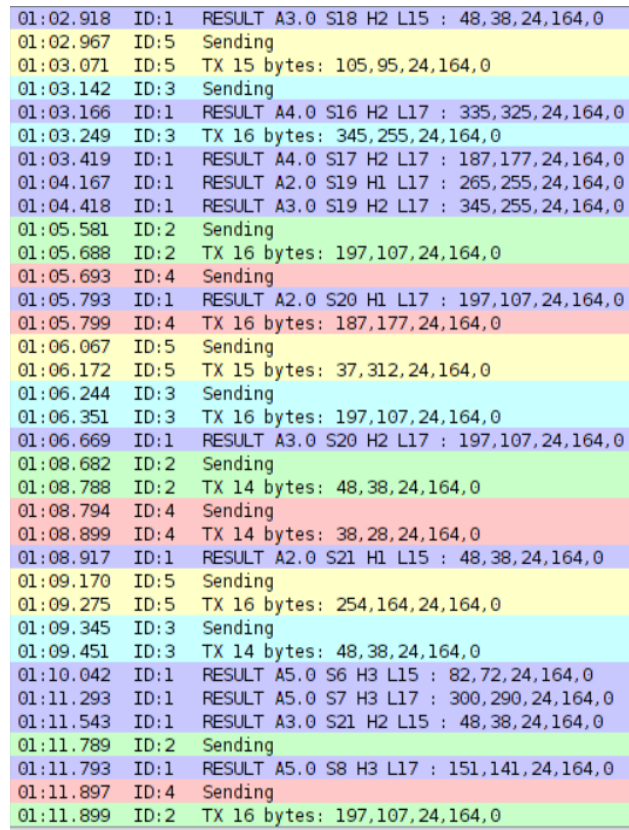
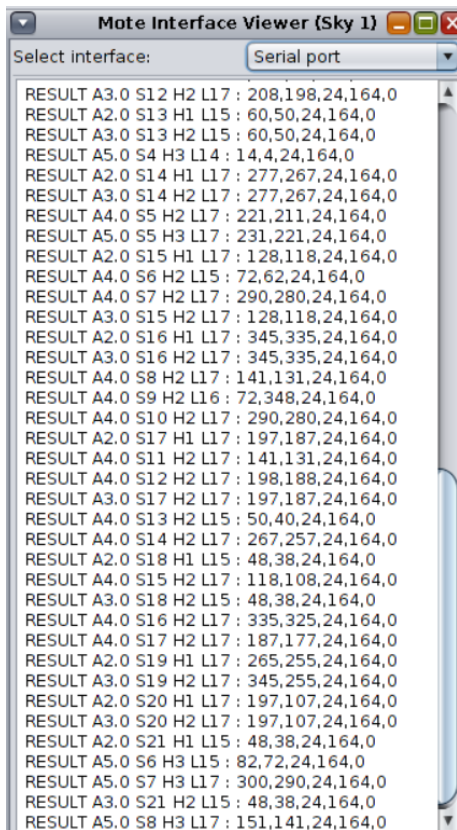


Σχήμα 8.7 Τοπολογία αισθητήρων Δοκιμή 3

Στο πιο πάνω σχήμα (Σχήμα 8.7) βλέπουμε την τοπολογία των αισθητήρων:

Ο αισθητήρας 1 να έχει στην εμβέλεια του τον 2 μόνο, το 2 να έχει στην εμβέλεια του τον 4 και τον 3, ο 3 να έχει στην εμβέλεια του μόνο τον 2, ο 4 να έχει στην εμβέλεια του τον 2 και 5 και ο 5 μόνο τον 4

Η παρών τοπολογία έγινε για να ελεγχτεί αν όλα τα δεδομένα από τους αισθητήρες καταλήγουν στον κόμβο 1 όπου είναι και ο δρομολογητής μέσω του το Multi-hop propagation όπου στην συγκεκριμένη περίπτωση όλα τα δεδομένα θα περάσουν από τον κόμβο 2 και θα τα αναμεταδώσει στον κόμβο ένα.



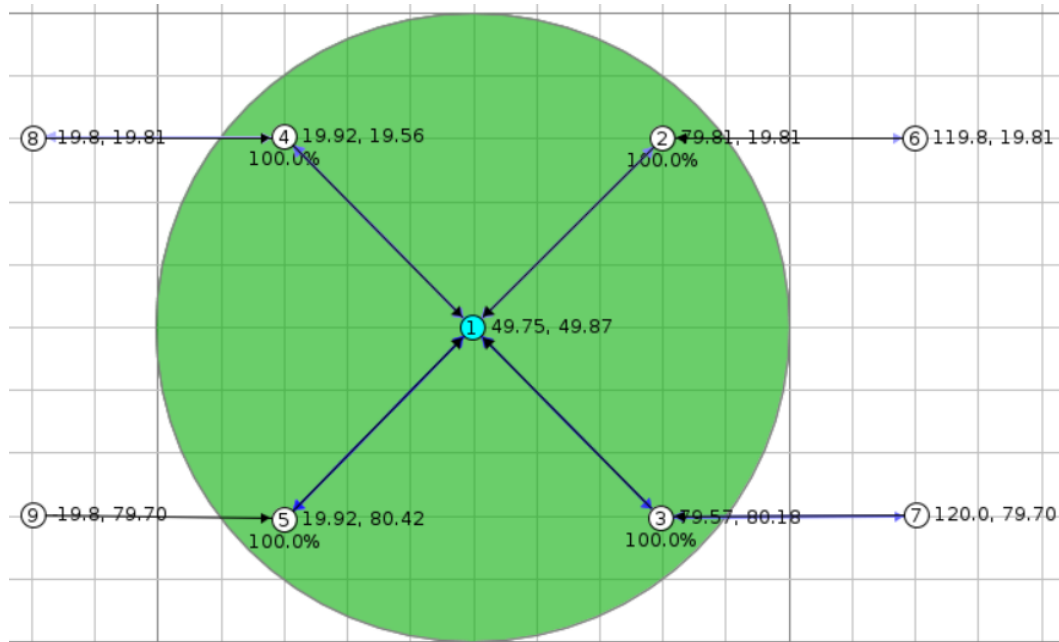
Σχήμα 8.8 Δεδομένα Κόμβου1 Δοκιμή 2

Σχήμα 8.9 Δεδομένα δικτύου Δοκιμή 2

Βλέποντας το σχήμα(Σχήμα 8.8) όπου είναι η σειριακή σύνδεση με τον κόμβο 1, μπορούμε να δούμε ότι έχουμε τα δεδομένα όλων των κόμβων στον κόμβο 1 πράγμα το οποίο μας δείχνει ότι το multi-hop propagation δουλεύει και για την περίπτωση όπου ο κόμβος 2 κάνει αναμετάδοση όλα τα δεδομένα.

Από το σχήμα (Σχήμα 8.9) μπορούμε να δούμε ότι ο χρόνος που χρειάζεται από την στιγμή που ένοιωσε το περιβάλλον του ο κόμβος 5 μέχρι να λάβει τα δεδομένα του ο κόμβος 1 χρειάζεται περισσότερο από 8 δευτερόλεπτα, πράγμα το οποίο μας δείχνει ότι με αυτή την προσέγγιση επιβαρύνεται η αναμετάδοση των δεδομένων και χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να τα παραλάβει ο κόμβος 1

#### 8.4. Δοκιμή 4



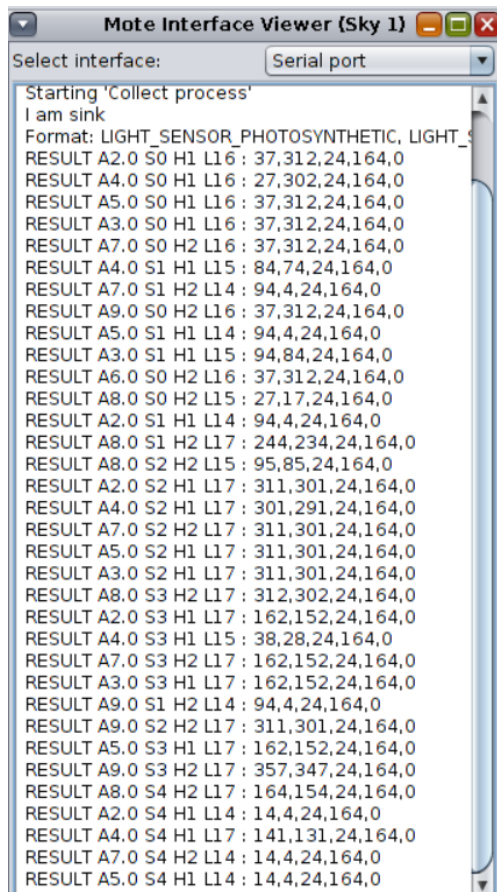
Σχήμα 8.10 Τοπολογία αισθητήρων Δοκιμή 4

Στο πιο πάνω σχήμα (Σχήμα 8.10) βλέπουμε την τοπολογία των αισθητήρων:

Ο αισθητήρας 1 να έχει στην εμβέλεια του τον 2, τον 3, τον 4 και τον 5, τον κόμβο 2 να έχει στην εμβέλεια του τον 1 και τον 6, ο 3 να έχει στην εμβέλεια του τον 1 και 7, τον 4 να έχει στην εμβέλεια του τον 1 και 8 και το 5 να έχει στην εμβέλεια του τον 1 και 9.

Η παρών τοπολογία έγινε για να ελεγχτεί αν όλα τα δεδομένα από τους αισθητήρες καταλήγουν στον κόμβο 1 όπου είναι και ο δρομολογητής μέσω του το Multi-hop propagation όπου στην συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν οι κόμβοι 1,2,3,4,5 στην εμβέλεια του και ο κάθε ένας έχει από ένα κόμβο για αναμετάδοση. Αυτό το σενάριο είναι πιο πολύπλοκο και θα μας δώσει πιο ακριβείς αποτελέσματα.





Time	Mote	Message
00:13.119	ID:7	TX 16 bytes: 162,152,24,164,0
00:13.167	ID:1	RESULT A4.0 S3 H1 L15 : 38,28,24,164,0
00:13.293	ID:1	RESULT A7.0 S3 H2 L17 : 162,152,24,164,0
00:13.325	ID:5	Sending
00:13.386	ID:9	Sending
00:13.431	ID:5	TX 16 bytes: 162,152,24,164,0
00:13.498	ID:9	TX 16 bytes: 357,347,24,164,0
00:13.509	ID:3	Sending
00:13.617	ID:3	TX 16 bytes: 162,152,24,164,0
00:13.669	ID:1	RESULT A3.0 S3 H1 L17 : 162,152,24,164,0
00:15.418	ID:1	RESULT A9.0 S1 H2 L14 : 94,4,24,164,0
00:15.544	ID:1	RESULT A9.0 S2 H2 L17 : 311,301,24,164,0
00:15.667	ID:1	RESULT A5.0 S3 H1 L17 : 162,152,24,164,0
00:15.777	ID:8	Sending
00:15.793	ID:1	RESULT A9.0 S3 H2 L17 : 357,347,24,164,0
00:15.884	ID:8	TX 16 bytes: 164,154,24,164,0
00:15.947	ID:2	Sending
00:15.962	ID:6	Sending
00:16.043	ID:1	RESULT A8.0 S4 H2 L17 : 164,154,24,164,0
00:16.053	ID:2	TX 13 bytes: 14,4,24,164,0
00:16.066	ID:6	TX 13 bytes: 14,4,24,164,0
00:16.102	ID:4	Sending
00:16.113	ID:7	Sending
00:16.168	ID:1	RESULT A2.0 S4 H1 L14 : 14,4,24,164,0
00:16.212	ID:4	TX 16 bytes: 141,131,24,164,0
00:16.218	ID:7	TX 13 bytes: 14,4,24,164,0
00:16.293	ID:1	RESULT A4.0 S4 H1 L17 : 141,131,24,164,0
00:16.416	ID:1	RESULT A7.0 S4 H2 L14 : 14,4,24,164,0
00:16.426	ID:5	Sending
00:16.498	ID:9	Sending
00:16.532	ID:5	TX 13 bytes: 14,4,24,164,0
00:16.605	ID:9	TX 16 bytes: 162,152,24,164,0
00:16.611	ID:3	Sending
00:16.668	ID:1	RESULT A5.0 S4 H1 L14 : 14,4,24,164,0
00:16.716	ID:3	TX 13 bytes: 14,4,24,164,0

Σχήμα 8.11 Δεδομένα Κόμβου1 Δοκιμή 2

Σχήμα 8.12 Δεδομένα δικτύου Δοκιμή 2

Βλέποντας το σχήμα(Σχήμα 8.11) όπου είναι η σειριακή σύνδεση με τον κόμβο 1, μπορούμε να δούμε ότι έχουμε τα δεδομένα όλων των κόμβων στον κόμβο 1 πράγμα το οποίο μας δείχνει ότι το multi-hop propagation δουλεύει και για αυτή τη περίπτωση.

Από το σχήμα (Σχήμα 8.12) μπορούμε να δούμε ότι ο χρόνος που χρειάζεται από την στιγμή που νοιώθουν το περιβάλλον οι κόμβοι μέχρι να το λάβει ο κόμβος ένα μπορεί να γίνει μέσα στα 1-2 δευτερόλεπτα αλλά μπορεί να πάρει και περισσότερο, αυτό είναι λογικό αφού όσα περισσότερα μηνύματα καταφθάνουν στον κόμβο τόσο αυξάνετε η φόρτος εργασίας του, αν φτάσει σε πλήρη επεξεργαστική ισχύ τότε θα υπάρχει χρόνος καθυστέρησης.

# Κεφάλαιο 9

## Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία

---

9.1. Συμπεράσματα.....	43
9.2. Μελλοντική Εργασία.....	44

---

### 9.1. Συμπεράσματα

Η επαφή με τα ασύρματα δίκτυα αλλά και γενικά με ολόκληρο το θέμα της έξυπνης πόλης σε κάνει να σκέφτεσαι πιο καινοτόμα και να βρίσκει πολλές λύσεις για κάθε περίπτωση σε πολλά προβλήματα της καθημερινότητας μας. Φυσικά υπάρχουν λόγοι όπως η ασφάλεια προσωπικών δεδομένων, ασφάλεια πληροφοριακών συστημάτων, ασφάλεια δικτύων αλλά και η κατανάλωση ενέργειας, ή ακόμη και το κόστος αγοράς φυσικού εξοπλισμού που κάνουν πιο δύσκολη την επίτευξη ενός έργου. Βλέπουμε πολλές εταιρίες να επενδύουν σε αυτό τον τομέα πράγμα το οποίο δείχνει ότι όλο και πλησιάζουμε στην εποχή όπου όλες οι συσκευές θα είναι συνδεδεμένες με το διαδίκτυο.

Μέσα από την λύση του έξυπνου χώρου στάθμευσης βλέπουμε ότι θα μειωθεί σημαντικά η κίνηση στους δρόμους αφού πολλά οχήματα που βρίσκουμε στους δρόμους απλά αναζητούν χώρο στάθμευσης και μαζί με αυτό θα γίνουμε πιο φιλικόι προς το περιβάλλον με την μείωση των εκπομπών ρύπων, αλλά και θα αυξηθεί και το βιοτικό επίπεδο αφού δεν θα χάνουμε αχρείαστο χρόνο για την αναζήτηση χώρου στάθμευσης.

Στη φάση της αξιολόγησης του συστήματος καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι όσον αυξάνονται οι κόμβοι αλλά και οι αναμεταδώσεις τόσο αυξάνετε ο χρόνος που χρειάζεται για να μεταδοθούν τα δεδομένα από ένα κόμβο στον δρομολογητή, πράγμα το οποίο μας δίνει την ανάγκη αύξησης της ισχύς.

Επιπλέον, οι καλύτεροι αισθητήρες σε σχέση με το κόστος και την ακρίβεια τους στα δεδομένα είναι οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου αφού τα οχήματα είναι μεταλλικά για την λύση της έξυπνης στάθμευσης.

## **9.2. Μελλοντική Εργασία**

Στην παρούσα φάση το σύστημα όπως είναι έχει την δυνατότητα να συλλέξει τα δεδομένα μέσα από πολλούς χώρους στάθμευσης όπου οι θέσεις τους είναι προκαθορισμένες και να της ανανεώνει ανάλογα με την παρούσα κατάσταση τους.

### **Προέκταση 1 - Οθόνη 8-bit**

Επιπλέον το σύστημα θα μπορούσε να έχει σε μια οθόνη 8-bit έξω από τον χώρο στάθμευσης που θα δείχνει τους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης που έχει αυτή τη στιγμή.

### **Προέκταση 2 – Χώροι στάθμευσης χωρίς προκαθορισμένες θέσεις στάθμευσης**

Μια άλλη επέκταση του συστήματος θα ήταν να βάλουμε και τους χώρους στάθμευσης όπου δεν είναι προκαθορισμένες οι θέσεις τους βάζοντας δύο αισθητήρες μαγνητικού πεδίου. Τον ένα στην είσοδο του χώρου στάθμευσης και τον άλλο λίγο πιο μετά έτσι ώστε να καταλαβαίνουμε πότε μπαίνει ένα όχημα και πότε βγαίνει αφού για να μπει θα πρέπει να περάσει από τον αισθητήρα 1 και μετά από τον αισθητήρα 2 και το αντίστροφο για να βγει. Κρατώντας ένα μετρητή με τους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης του συγκεκριμένου χώρου, όταν μπαίνει ένα όχημα στον χώρο θα μειώνουμε τις θέσεις κατά ένα και όταν βγαίνει θα τις αυξάνουμε κατά ένα.

### **Βελτίωση 1 – Αλλαγή αισθητήρων**

Επίσης μια αλλαγή στο σύστημα η οποία θα πρέπει να γίνει για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικό περιβάλλον είναι η ανταλλαγή των υπάρχοντων αισθητήρων με αισθητήρες μαγνητικού πεδίου.

# Βιβλιογραφία

Bria, F., 2017. *Barcelona Digital City*. [Online]

Available at: <http://ajuntament.barcelona.cat/digital/ca>

[Accessed 2018].

Burgess, M., 2018. *Wired*. [Online]

Available at: <http://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot>

[Accessed 2018].

Dhulipala, V., 2015. *Researchgate*. [Online]

Available at:

[https://www.researchgate.net/publication/236020610\\_Smart\\_parking\\_systems\\_and\\_sensors\\_A\\_survey?enrichId=rgreq-458f51f8-deb5-45b9-bc6d-581087cf0997&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNjAyMDYxMDtBUzoyNDU1NTAzMjI4MTA4ODJAMTQzNTU1NTE2Nzk5OQ%3D%3D&el=1\\_x\\_2](https://www.researchgate.net/publication/236020610_Smart_parking_systems_and_sensors_A_survey?enrichId=rgreq-458f51f8-deb5-45b9-bc6d-581087cf0997&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNjAyMDYxMDtBUzoyNDU1NTAzMjI4MTA4ODJAMTQzNTU1NTE2Nzk5OQ%3D%3D&el=1_x_2)

[Accessed 2018].

PETERS, B., 2017. <https://www.ibigroup.com/>. [Online]

Available at: <https://www.ibigroup.com/wp-content/uploads/2017/10/Smart-Cities-Bruno-White-Paper.pdf>

[Accessed 2018].

Tsarchopoulos, P., 2015. <http://www.urenio.org/2015/08/25/the-3-generations-of-smart-cities/#more-11614>. [Online]

[Accessed 2018].

WIEN, S. C., 2018. *SMART CITY WIEN*. [Online]

Available at: <https://smartcity.wien.gv.at/site/en/the-initiative/strategy-objectives/>

[Accessed 2018].

Wikipedia, 2017. *Wikipedia*. [Online]

Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things)

[Accessed 2018].

## Παράρτημα Α – Δημιουργία API Key

```
-- create the view to store a random number
create view dbo.vRandomNumber
as
    select rand() as RandomNumber
go

-- create the function
create function dbo.randbetween(@bottom integer, @top integer)
returns integer
as
begin
    return (select cast(round((@top-@bottom)* RandomNumber +@bottom,0)
as integer) from dbo.vRandomNumber)
end
go

-- test the function
select dbo.randbetween(0,61)
```

```
CREATE FUNCTION generate_apikey_random ()
RETURNS varchar(16)
AS
BEGIN
    DECLARE @i int = 0
    DECLARE @apikey varchar(16) = ''
    WHILE @i <16
    BEGIN
```

```
    DECLARE @randNum int = dbo.randbetween(0,61);
```

```
        DECLARE @variablecharacter varchar(1)
```

```
            if @randNum =0 SET @variablecharacter='0'
            if @randNum =1 SET @variablecharacter='1'
            if @randNum =2 SET @variablecharacter='2'
            if @randNum =3 SET @variablecharacter='3'
            if @randNum =4 SET @variablecharacter='4'
            if @randNum =5 SET @variablecharacter='5'
            if @randNum =6 SET @variablecharacter='6'
            if @randNum =7 SET @variablecharacter='7'
            if @randNum =8 SET @variablecharacter='8'
            if @randNum =9 SET @variablecharacter='9'
            if @randNum =10 SET @variablecharacter='A'
            if @randNum =11 SET @variablecharacter='B'
            if @randNum =12 SET @variablecharacter='C'
```

```
if @randNum =13 SET @variablecharacter='D'  
if @randNum =14 SET @variablecharacter='E'  
if @randNum =15 SET @variablecharacter='F'  
if @randNum =16 SET @variablecharacter='G'  
if @randNum =17 SET @variablecharacter='H'  
if @randNum =18 SET @variablecharacter='I'  
if @randNum =19 SET @variablecharacter='J'  
if @randNum =20 SET @variablecharacter='K'  
if @randNum =21 SET @variablecharacter='L'  
if @randNum =22 SET @variablecharacter='M'  
if @randNum =23 SET @variablecharacter='N'  
if @randNum =24 SET @variablecharacter='O'  
if @randNum =25 SET @variablecharacter='P'  
if @randNum =26 SET @variablecharacter='Q'  
if @randNum =27 SET @variablecharacter='R'  
if @randNum =28 SET @variablecharacter='S'  
if @randNum =29 SET @variablecharacter='T'  
if @randNum =30 SET @variablecharacter='U'  
if @randNum =31 SET @variablecharacter='V'  
if @randNum =32 SET @variablecharacter='W'  
if @randNum =33 SET @variablecharacter='X'  
if @randNum =34 SET @variablecharacter='Y'  
if @randNum =35 SET @variablecharacter='Z'  
if @randNum =36 SET @variablecharacter='a'  
if @randNum =37 SET @variablecharacter='b'  
if @randNum =38 SET @variablecharacter='c'  
if @randNum =39 SET @variablecharacter='d'  
if @randNum =40 SET @variablecharacter='e'  
if @randNum =41 SET @variablecharacter='f'  
if @randNum =42 SET @variablecharacter='g'  
if @randNum =43 SET @variablecharacter='h'  
if @randNum =44 SET @variablecharacter='i'  
if @randNum =45 SET @variablecharacter='j'  
if @randNum =46 SET @variablecharacter='k'  
if @randNum =47 SET @variablecharacter='l'  
if @randNum =48 SET @variablecharacter='m'  
if @randNum =49 SET @variablecharacter='n'  
if @randNum =50 SET @variablecharacter='o'  
if @randNum =51 SET @variablecharacter='p'  
if @randNum =52 SET @variablecharacter='q'  
if @randNum =53 SET @variablecharacter='r'  
if @randNum =54 SET @variablecharacter='s'  
if @randNum =55 SET @variablecharacter='t'  
if @randNum =56 SET @variablecharacter='u'  
if @randNum =57 SET @variablecharacter='v'  
if @randNum =58 SET @variablecharacter='w'  
if @randNum =59 SET @variablecharacter='x'  
if @randNum =60 SET @variablecharacter='y'  
if @randNum =61 SET @variablecharacter='z'
```

```
set @apikey = @apikey + @variablecharacter
```

```
        set @i+= 1
    END

    RETURN @apikey
END
GO

select dbo.generate_apikey_random();
```

```
CREATE TRIGGER PUserInsert
ON [PUsers]
AFTER INSERT
AS
BEGIN
    declare @id int
    select @id=id from inserted
    DECLARE @randomNum VARCHAR(16)
    select @randomNum = dbo.generate_apikey_random();
    UPDATE dbo.PUsers SET ApiKey=@randomNum WHERE Id=@id

END
```