

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

UNIVERSITY OF MACEDONIA

Δ.Π.Μ.Σ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

MASTER IN INFORMATION SYSTEMS

ΜΑΘΗΜΑ: ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

COURSE: COMPUTER NETWORKS

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α. Α. ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ

PROFESSOR A. A. ECONOMIDES

**«ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ
ΓΙΑ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ»**

«REAL CASES OF SENSOR NETWORKS FOR SMART CITIES»

ΛΥΣΣΟΥΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ (mis17021)

ΜΙΧΑΗΛΙΔΟΥ ΦΩΤΕΙΝΗ (mis17005)

ΝΙΚΟΛΟΥΔΗΣ ΛΑΜΠΡΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ (mis17020)

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2017

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5
Έξυπνη Διαχείριση Αποβλήτων (Smart Waste).....	6
Α. Κόμβοι Αισθητήρων	6
Β. Πύλη Διαδικτύου.....	7
Γ. Σταθμός Ελέγχου	8
Πραγματικές Περιπτώσεις Υλοποίησης του SWMS	8
Έξυπνη Διαχείριση της Κυκλοφορίας (Smart Traffic).....	9
Προτεινόμενο σύστημα.....	10
Πραγματική Περίπτωση Υλοποίησης του Smart Traffic	11
Έξυπνη Διαχείριση Στάθμευσής (Smart Parking).....	11
Ο αισθητήρας.....	12
Μια πρωτότυπη εφαρμογή του Smart Parking	12
Προχωρώντας προς την αυτοματοποίηση	13
Πραγματικές Περιπτώσεις Υλοποίησης του Smart Parking	14
Συμπεράσματα	15
Βιβλιογραφία	16

Περίληψη

Η ραγδαία αύξησή του πληθυσμού σε συνδυασμό με την συγκέντρωση του μεγαλύτερου μέρους του πληθυσμού στα αστικά κέντρα δημιούργησαν μια πληθώρα προβλημάτων σε αυτά. Λαμβάνοντας υπόψη τις όλο και αυξανόμενες ανάγκες των πολιτών και την ταυτόχρονη εξέλιξη της τεχνολογίας κατέστησαν δυνατή την δημιουργία των Smart Cities. (SC)

Τόσο το Internet Of Things (IoT) όσο και το SC δεν έχουν σαφείς και συνοπτικούς ορισμούς, λόγω της σύντομης ιστορίας και της ευρύτητας τους. Σε αυτή την εργασία, διερευνάμε την έννοια της αντίληψης ως υπηρεσίας, και πώς ταιριάζει με το IoT στα πλαίσια μιας SC, επικεντρώνοντας το βλέμμα μας σε τρεις ενδεικτικές περιπτώσεις.

Η πρώτη περίπτωση είναι Έξυπνη Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων (Smart Waste Management System - SWMS) που έχει ως κύριο στόχο την παρακολούθηση, την συλλογή, την επεξεργασία και την διάθεση των αποβλήτων με οικονομικά αποδοτικό τρόπο, περιβαλλοντικά και κοινωνικά ικανοποιητικό τρόπο χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του διαδικτύου και των αισθητήρων.

Στη δεύτερη περίπτωση συγκαταλέγεται η Έξυπνη Διαχείριση της Κυκλοφορίας (Smart Traffic - ST), η οποία έχει ως κύριο στόχο την μείωση του χρόνου αναμονής στους ειδικούς σηματοδότες κυκλοφορίας, προσφέροντας μια πληθώρα πλεονεκτημάτων τόσο στους κατοίκους των πόλεων όσο και στο περιβάλλον.

Στην τρίτη και τελευταία περίπτωση εξετάζουμε την Έξυπνη Διαχείριση Στάθμευσής (Smart Parking - SP) η οποία συμβάλλει στην μείωση του χρόνου αναζήτησης παρκινγκ, παρέχοντας παρόμοια πλεονεκτήματα με τις προαναφερθέντες περιπτώσεις.

Εν κατακλείδι, η ένταξη της τεχνολογίας του διαδικτύου και των αισθητήρων σε μια πόλη έχουν θετικές επιπτώσεις τόσο σε κοινωνικό όσο και ατομικό επίπεδο.

Abstract

The rapid growth of the population combined with the concentration of the majority of the population in urban centers has created a multitude of problems in them. Taking into account the increasing needs of citizens and the simultaneous development of technology, SC have been created.

Both IoT and SC do not have clear and concise definitions because of their short history and broadness. In this paper, we explore the concept of sensing as a service and how it fits with IoT, in the context of a SC, focusing our gaze on three cases.

The first case is SWMS, the main objective of which is to monitor, collect, treat and dispose of waste in a cost-effective, environmentally and socially satisfactory way using web technology and sensors.

The second case includes ST, which has as its main objective the reduction of waiting time in special traffic signals, offering a wealth of advantages to both city residents and environment.

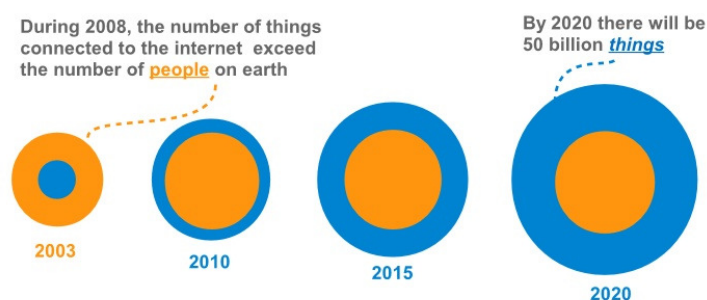
In the third and final case, we look at the SP, which helps reduce parking time, providing similar advantages to the aforementioned cases.

In conclusion, the integration of internet technology and sensors into a city has a positive impact on both the social and the individual level.

Πρόλογος

Το IoT και οι SC είναι πρόσφατα φαινόμενα που έχουν προσελκύσει την προσοχή τόσο του ακαδημαϊκού όσο και του επιχειρηματικού κλάδου. Αν και οι δύο ιδέες έχουν παρόμοιες ιδεολογίες, έχουν διαφορετική προέλευση.[29]

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει προβλέψει ότι μέχρι το 2020 θα υπάρχουν 50 έως 100 δισεκατομμύρια συσκευές συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο. Σύμφωνα με το σχήμα (1), ο αριθμός των πραγμάτων που συνδέονται στο Διαδίκτυο έχει ξεπεράσει τον αριθμό των ανθρώπων στη Γη το 2008.



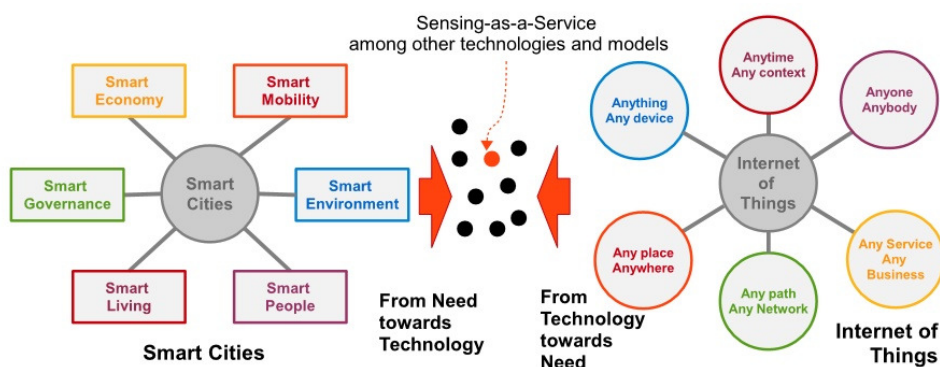
Σχήμα 1: Η σχέση εξέλιξης IoT και ανθρώπων.[29]

Εξ ορισμού, το IoT επιτρέπει στους ανθρώπους και τα πράγματα να συνδέονται οποτεδήποτε, οπουδήποτε, με οτιδήποτε και οποιονδήποτε, ιδανικά χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε διαδρομή/δίκτυο και οποιαδήποτε υπηρεσία. Εξ ορισμού, η SC έχει 6 χαρακτηριστικά: έξυπνη οικονομία,

έξυπνοι άνθρωποι, έξυπνη διακυβέρνηση, έξυπνη κινητικότητα, το έξυπνο περιβάλλον και την έξυπνη ζωή.[29]

Η πρόκληση των παραπάνω χαρακτηριστικών είναι να επιλύσουν ένα από τα παρακάτω προβλήματα : Waste, traffic, energy, water, education, unemployment, health and crime management, όπου σε τρία από αυτά θα εστιάσει και η παρούσα εργασία. Αναλυτικότερα θα αναφερθούμε στην Έξυπνη Διαχείριση Στέρεων Αποβλήτων, στην έξυπνη διαχείριση της κυκλοφορίας και στην Έξυπνη διαχείριση των θέσεων παρκαρίσματος.

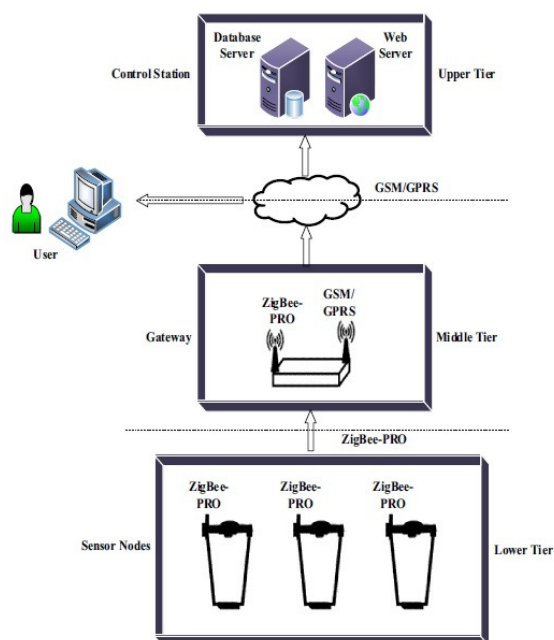
Όπως απεικονίζεται στο σχήμα (2), οι SC και IoT, που έχουν διαφορετική προέλευση, κινούνται προς την κατεύθυνση του άλλου για να επιτύχουν έναν κοινό στόχο.



Σχήμα 2: Η σχέση μεταξύ των SC και του IoT.[29]

Έξυπνη Διαχείριση Αποβλήτων (Smart Waste)

Η αύξηση του πληθυσμού σε συνδυασμό με την αύξηση των βιομηχανιών και την αλλαγή του τρόπου ζωής, συντέλεσαν στην ραγδαία αύξηση του ποσού των Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ)[9]. Η παγκόσμια παραγωγή (ΑΣΑ) είναι περίπου 1,3 δισεκατομμύρια τόνους/χρόνο, όπου αντιστοιχεί σε 1,2 κιλά/άνθρωπο/μέρα. Δέκα χρόνια πριν ήταν 0,64 κιλά/άνθρωπο/μέρα, δηλαδή 0,68 δισεκατομμύρια τόνους/χρόνο. Ενώ εκτιμάται ότι μέχρι το 2025 ο ρυθμός θα έχει φτάσει στο 1,42 κιλά/άνθρωπο/μέρα.[10] Από τα παραπάνω απορρέει η ανάγκη εύρεσης λύσεων για τη σωστή διαχείριση των αποβλήτων, έτσι ώστε να μειωθούν οι επιβλαβείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



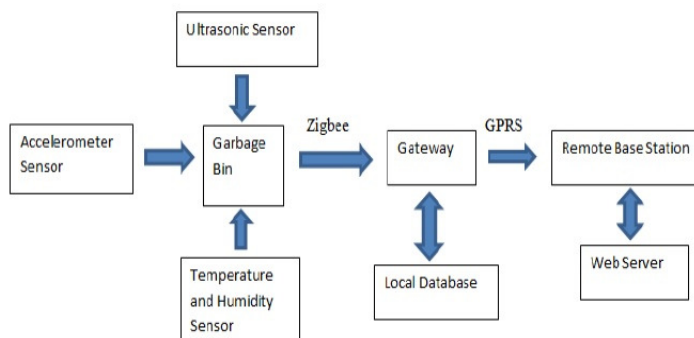
Σχήμα 3. Αρχιτεκτονική συστήματος παρακολούθησης αποβλήτων σε πραγματικό χρόνο[13]

επίπεδο αποτελείται από την πύλη δικτύου (Gateway) και το υψηλό επίπεδο περιλαμβάνει τον σταθμό ελέγχου (Control Station).[9],[13]

Η Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων (Waste Solid Management - WSM) είναι από τις σημαντικότερες υπηρεσίες που μπορεί να προσφέρει ένας Δήμος προς τους πολίτες και απαραίτητη προϋπόθεση για άλλες πιο περίπλοκες, όπως η υγεία, οι μεταφορές κτλ., και έχει ως κύριο στόχο την παρακολούθηση, την συλλογή, την επεξεργασία και την διάθεση των αποβλήτων με οικονομικά αποδοτικό τρόπο, περιβαλλοντικά και κοινωνικά ικανοποιητικό τρόπο. Εξαιτίας των χαρακτηριστικών και των πλεονεκτημάτων των υπηρεσιών διαδικτύου, η ΔΣΑ κατέστη σημαντικό ζήτημα στο ακαδημαϊκό, βιομηχανικό και κυβερνητικό χώρο ως σημαντικός τομέας εφαρμογής του IoT.[11] Το SWMS βασίζεται σε ένα σύστημα τριών βαθμίδων, όπως φαίνεται στο σχήμα (3). Η χαμηλή βαθμίδα αποτελείται από τους κόμβους αισθητήρων, το μεσαίο

Α. Κόμβοι Αισθητήρων

Στην χαμηλή βαθμίδα έχουμε κόμβους αισθητήρων, όπου συμπεριλαμβάνουν αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας,



Σχήμα 4: Διάγραμμα προτεινόμενου συστήματος [9]

επιταχυνσιόμετρο και αισθητήρα υπερήχων.[13][14]

- Το *Επιταχυνσιόμετρο* ελέγχει το άνοιγμα/κλείσιμο του καπακιού.
- Οι *Αισθητήρες Υπερήχων* χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση του επιπέδου πληρότητας του κάδου. Δουλεύουν με τη μετάδοση ενός ηχητικού παλμού, όπως οι ανιχνευτές σόναρ, έξω από το εύρος της ανθρώπινης ακοής, παρέχοντας μια οικονομικά αποδοτική μέθοδο ανίχνευσης με ιδιότητες που δεν υπάρχουν σε άλλες τεχνολογίες. Ο παλμός κινείται από τον ανιχνευτή σε κωνικό σχήμα με την ταχύτητα του ήχου (340m/s). Ο ήχος ανακλάται από ένα αντικείμενο και επιστρέφει πίσω στον αισθητήρα. Τα ηλεκτρονικά του αισθητήρα μετρούν το χρόνο λήψης του σήματος και τον μετατρέπουν σε μονάδα μήκους.[15] Για την κάλυψη ολόκληρης της περιοχής του κάδου, ένα σύνολο τριών αισθητήρων τοποθετούνται υπό γωνία 120 μοιρών το ένα από το άλλο.[6] Τέλος να προσθέσουμε, δεδομένου ότι η ταχύτητα του ήχου επηρεάζεται από την θερμοκρασία του αέρα, στις μετρήσεις του αισθητήρα λαμβάνονται υπόψη και οι συνθήκες θερμοκρασίας.

Έπειτα μετά την συλλογή των δεδομένων ο κόμβος τα μεταδίδει στην επόμενη βαθμίδα μέσω της τεχνολογίας των ραδιοσυχνοτήτων (RF).

B. Πύλη Διαδικτύου

Στο μεσαίο επίπεδο έχουμε την πύλη του διαδικτύου, η οποία λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ των αισθητήρων (Χαμηλό επίπεδο) και των διακοσμητών (Υψηλό επίπεδο). Λαμβάνει δεδομένα από τους κόμβους μέσω τεχνολογίας ZigBee-PRO και στέλνει τα δεδομένα στους διακοσμητές μέσω τεχνολογίας GSM/GPRS.[13]

- Το *ZigBee-PRO* έχει σχεδιαστεί για την ασύρματη επικοινωνία μικρής εμβέλειας, παρέχοντας χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.[17] Βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4, το οποίο καθορίζει τη λειτουργία ασύρματων προσωπικών δικτύων χαμηλής ταχύτητας (LR-WPANs), ορίζοντας το φυσικό επίπεδο πρόσβασης και τον έλεγχο πρόσβασης. Λειτουργεί σε τρεις ζώνες συχνοτήτων και οι μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες δεδομένων είναι έως 250kbps στα 2.4GHz, 40kbps στα 915MHz, και 20kbps στα 868MHz.[10],[18][20]
- Το *GSM* είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία στον κόσμο για επικοινωνίες μέσω κινητού τηλεφώνου, παρέχοντας όμως μια χαμηλής ποιότητας υπηρεσία μεταφοράς δεδομένων. Το *GPRS* αποτελεί αναβάθμιση των βασικών λειτουργιών του GSM, επιτρέποντας στα κινητά τηλέφωνα να αποκτούν πολύ υψηλότερες ταχύτητες δεδομένων από ότι προσφέρει το GSM. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται για την παροχή μεγάλης εμβέλειας επικοινωνία ανάμεσα στην πύλη διαδικτύου και του σταθμού ελέγχου.[13][19]

Γ. Σταθμός Ελέγχου

Στο υψηλό επίπεδο βρίσκονται οι διακοσμητές (Servers), όπου κύριος σκοπός τους είναι η αποθήκευση και παρακολούθηση των δεδομένων.[13] Ο Σταθμός Ελέγχου περιλαμβάνει τον διακοσμητή *Βάσης Δεδομένων (DB)* που φιλοξενεί το Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (DBMS), όπου αποθηκεύονται τα δεδομένα από τους κόμβους αισθητήρων και το διακοσμητή *Ιστού*, που περιέχεται και εκτελείται ένα σύνολο εφαρμογών και διαδικτυακών προγραμμάτων, όπως προγράμματα ανάγνωσης δεδομένων, συστήματα βελτιστοποίησης διαδρομών και εφαρμογές προγραμματισμού, για την διευκόλυνση της διαχείρισης των δεδομένων. Τέλος ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί την κατάσταση του κάδου χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα περιήγησης ιστού.[9][13]

Πραγματικές Περιπτώσεις Υλοποίησης του SWMS

Παρακάτω θα δείξουμε ενδεικτικά κάποιες πραγματικές περιπτώσεις χρήσης του SWMS, αναφέροντας τα προβλήματα που υπήρχαν και αποτέλεσαν το κίνητρο για τη υλοποίηση ενός SWMS, μαζί με τα οφέλη που παρήχθησαν από την χρήση του.

Ο δημοφιλής τουριστικός κόσμος της Κορέας: Παραδοσιακό χωριό BUKCHON[28]:

- Προβλήματα
 - Υψηλή παραγωγή αποβλήτων στην περιοχή
 - Διάφορα μεγέθη και σχήματα κάδων
- Αποτελέσματα (από την χρήση SWMS)
 - Έξυπνα δεδομένα με πληροφορίες πληρότητας που επιτρέπουν τη γρήγορη λήψη άμεσων μέτρων πριν την δημιουργία οποιουδήποτε προβλήματος.
 - Εξάλειψη υπερχειλίσις των σκουπιδιών
 - Το κόστος συλλογής μειώθηκε κατά 43%.

Η πόλη της Σεούλ[28]:

- Προβλήματα
 - Ανεπάρκεια στην ποσότητα των κάδων
 - Υπερχειλίσις των κάδων
- Αποτελέσματα (από την χρήση SWMS)
 - Μείωση της συχνότητας συλλογής κατά 66%
 - Μείωση του κόστους συλλογής αποβλήτων κατά 83%
 - Αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης κατά 46%
 - Εξάλειψη υπερχειλίσις των σκουπιδιών.

Τέσσερις Πανεπιστημιακές κοινότητες στην Σεούλ[28]:

- Προβλήματα
 - Υψηλή εβδομαδιαία συχνότητα συλλογής αποβλήτων
- Αποτελέσματα (από την χρήση SWMS)
 - Μείωση της εβδομαδιαίας συλλογής αποβλήτων από 12 σε 2
 - Αύξηση του ποσοστού ανακύκλωσης κατά 54%
 - Μείωση του κόστους συλλογής αποβλήτων κατά 86%
 - Μείωση του αριθμού των κάδων από 400 σε 144.

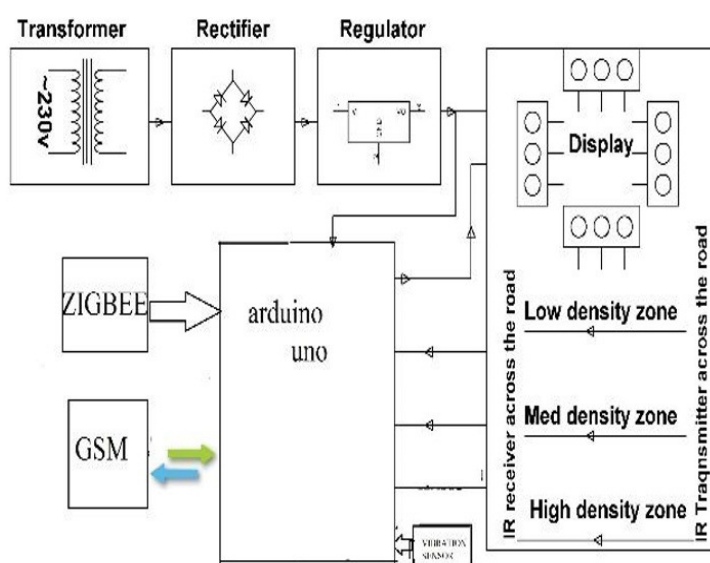
Έξυπνη Διαχείριση της Κυκλοφορίας (Smart Traffic)

Η διαθεσιμότητα των φθηνότερων αισθητήρων, της κινητής επικοινωνίας και οι τεχνικές επεξεργασίες δεδομένων έχουν ανοίξει την πόρτα για τις εξυπνότερες πόλεις και για τις υποδομές που μπορούν να προσαρμοστούν. Στο Σαν Φρανσίσκο, το έργο ο έξυπνος ταξιδιώτης χρησιμοποιεί δεδομένα από αισθητήρες σε υποδομές στην άκρη του δρόμου για να προβλέψει πως η ταχύτητα και η ένταση της κίνησης θα αναπτυχθεί τη διάρκεια της ημέρας και να στείλει εξατομικευμένες συμβουλές για την αναμενόμενη διάρκεια του ταξιδιού τους.[23]

Ένα δυναμικό σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας βασισμένο σε Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (Wireless Sensor Networks – WSN), για την μείωση του φαινομένου Red Light Running ή αλλιώς τρέξιμο σε κόκκινο φανάρι, είναι ένα φαινόμενο συμπεριφοράς το οποίο συμβαίνει όταν ο οδηγός πρέπει να επιλέξει να περάσει ή όχι το δρόμο όταν το φανάρι αλλάζει από πράσινο σε κίτρινο. Τις περισσότερες φορές οι οδηγοί περνάν τον δρόμο ακόμα και κατά την μετάβαση από κίτρινο σε κόκκινο. Όλα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση των πιθανοτήτων για ατύχημα. Αυτό συχνά συμβαίνει επειδή οι οδηγοί περιμένουν πάρα πολύ στις ουρές των φαναριών. Αυτό σημαίνει ότι τα φανάρια δεν είναι σωστά προσαρμοσμένα, για την ομαλότερη κυκλοφορία των οχημάτων. Το ST είναι μία τεχνική που με βάση τις πληροφορίες που συγκεντρώνονται μέσω ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων, δυναμικά επεξεργάζεται τις φορές που ανάβει πράσινο σε ένα φανάρι σε μία απομονωμένη διασταύρωση. Ο κύριος στόχος είναι η βελτιστοποίηση του χρόνου αναμονής.[22]

Τα πάντα σχεδόν σήμερα είναι αυτοματοποιημένα και σε πολλούς τομείς τα μηχανήματα κάνουν την δουλειά των ανθρώπων. Παρόλα αυτά ο έλεγχος της κίνησης των δρόμων και των parking ελέγχονται χειροκίνητα. Τα WSN που αναπτύχθηκαν κατά μήκος ενός δρόμου χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της κυκλοφορίας σε δρόμους και σε διασταυρώσεις. Οι αισθητήρες τοποθετούνται σε διασταυρώσεις και σε οχήματα άμεσης ανάγκης, οι οποίοι λειτουργούν τόσο με ηλιακή ενέργεια όσο και με μπαταρία. Τα υπάρχοντα συστή-

ματα φαναριών έχουν χρονοδιακόπτες που ρυθμίζονται σε τακτικά χρονικά διαστήματα. Αυτό οδηγεί στη σπατάλη πολύτιμου χρόνου ειδικά σε περίπτωση οχημάτων διάσωσης για συνθήκες έκτακτης ανάγκης. Για να μπορεί να ελεγχθεί αυτό, έχουμε ένα σύστημα που αποτελείται από δύο μέρη: Smart Traffic Light Control System (STLC), Έξυπνο σύστημα ελέγχου φωτεινής ροής και Smart Congestion Avoidance System (SCA), Σύστημα Αποφυγής Συμφόρησης κατά τη διάρκεια έκτακτων περιστατικών. Το STLC προσαρμόζει τη λειτουργία των φαναριών στις διασταυρώσεις και δίνει υψηλή προτεραιότητα στα οχήματα έκτακτης ανάγκης. Το σύστημα SCA είναι ένα έξυπνο σύστημα δρομολόγησης της κυκλοφορίας που επιλέγει τις βέλτιστες διαδρομές που έχουν τη λιγότερη κίνηση.



Σχήμα 5: Προτεινόμενο σύστημα ST[26]

πρωτοκόλλων επικοινωνίας.[24] Χρησιμοποιούν αισθητήρες IR και ARDUINO UNO που προγραμματίζονται κατάλληλα. Ο δεύτερος αποτελείται από μία κάρτα μικροελεγκτή και η διασύνδεση γίνεται χρησιμοποιώντας έναν αναλογικό σε ψηφιακό προσαρμογέα ή χρησιμοποιώντας παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Οι αισθητήρες IR λειτουργούν με τη χρήση ειδικού αισθητήρα φωτός για την ανίχνευση ενός επιλεγμένου μήκους κύματος φωτός στο φάσμα υπερύθρων (IR). Χρησιμοποιώντας μια λυχνία LED που παράγει φως στο ίδιο μήκος κύματος με αυτό που αναζητά ο αισθητήρας, μπορούμε να δούμε την ένταση του φωτός που λάβαμε. Όταν ένα αντικείμενο βρίσκεται κοντά στον αισθητήρα, το φως από το LED αναπηδά από το αντικείμενο και μέσα στον αισθητήρα φωτός. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα μεγάλο άλμα στην ένταση, το οποίο όμως, μπορεί να ανιχνευθεί χρησιμοποιώντας ένα κατώτατο όριο.[25] Αρχικά ως στόχος είναι να υπολογιστεί η πυκνότητα των οχημάτων στο δρόμο για την ομαλή ροή της κυκλοφορίας, διότι η πρότυπη ρύθμιση των φαναριών έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως λιγότερη κυκλοφοριακή συμφόρηση.[26]

Προτεινόμενο σύστημα

Όπως φαίνεται και στο διπλανό σχήμα, όταν οι αισθητήρες ανιχνεύσουν την κυκλοφορία, τότε εφαρμόζουν στις αισθητήριακές πληροφορίες για να εμφανίσουν το σύστημα μέσω ασύρματης τεχνολογίας χρησιμοποιώντας τεχνολογία xbee. Τα σήματα κίνησης που θα εμφανίζει είναι τρία. Low: 0%, Med: 50% και High: 100%. Το ZIGBEE χρησιμοποιείται για τη δημιουργία

δικτύων χαμηλής ισχύος, το οποίο βασίζεται για μία σειρά

Το xbee είναι μικρές μονάδες ραδιοσυχνότητας χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο xbee, με την βοήθεια των οποίων οι αισθητήρες ανιχνεύουν την κίνηση και στέλνουν τις πληροφορίες. Οι υπάρχουσες συσκευές μπορούν να ανιχνευθούν αυτόματα και να αφαιρεθούν χωρίς να διαταραχθεί ολόκληρο το σύστημα.[26]

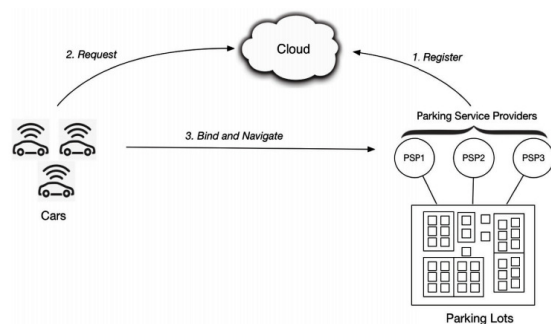
Πραγματική Περίπτωση Υλοποίησης του Smart Traffic

Στην πόλη του Μεξικού η οποία αντιμετώπιζε σοβαρά προβλήματα έγιναν κάποιες μετρήσεις που τις αναφέρουμε παρακάτω.[27]

- Προβλήματα
 - κυκλοφοριακή συμφόρηση
 - 59% επιπλέον χρόνος ταξιδιού σε οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας
 - έως 103% επιπλέον χρόνος ταξιδιού σε ώρες αιχμής σε σχέση ελεύθερης ροής
- Αποτελέσματα από την εφαρμογή του Smart Traffic
 - αποσυμφόρηση του οδικού δικτύου
 - εξοικονόμηση ενέργειας
 - εξοικονόμηση χρόνου στις μετακινήσεις

Έξυπνη Διαχείριση Στάθμευσής (Smart Parking)

Τον Σεπτέμβριο του 2009, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) ενέκρινε ένα Internet of Things (IoT) Στρατηγικών Ερευνών χάρτη πορείας, που προτάθηκε από το σύμπλεγμα των Ευρωπαϊκών Προγραμμάτων Έρευνας (CERP), το όνομά του CERP-IoT [**Error! Reference source not found.**], με σκοπό την προώθηση και τη διανομή των ερευνητικών προγραμμάτων και των σχετικών ερευνητικών αποτελεσμάτων στην περιοχή του IoT, όπως τα ευφυή συστήματα μεταφορών (ITS) [**2Error! Reference source not found.**]. Η έκθεση προτείνει επίσημα μια νέα διάσταση επικοινωνίας της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (ICT - information and communication technology).



Σχήμα 6. Οι αλληλεπιδράσεις της παροχής υπηρεσιών της υπηρεσίας του parking [0]

Το Smart Parking βασίζεται σε ειδικούς αισθητήρες που τοποθετούνται σε κεντρικά σημεία της πόλης οι οποίοι θα συλλέγουν στοιχεία γύρω από τις ελεύθερες θέσεις στάθμευσης. Στη συνέχεια θα μεταδίδουν τις πληροφορίες αυτές στην εφαρμογή του συστήματος, την οποία οι χρήστες θα μπορούν να συμβουλευούνται από το smartphone τους. Τα δεδομένα που θα προκύπτουν από την λειτουργία του συστήματος θα συγκε-

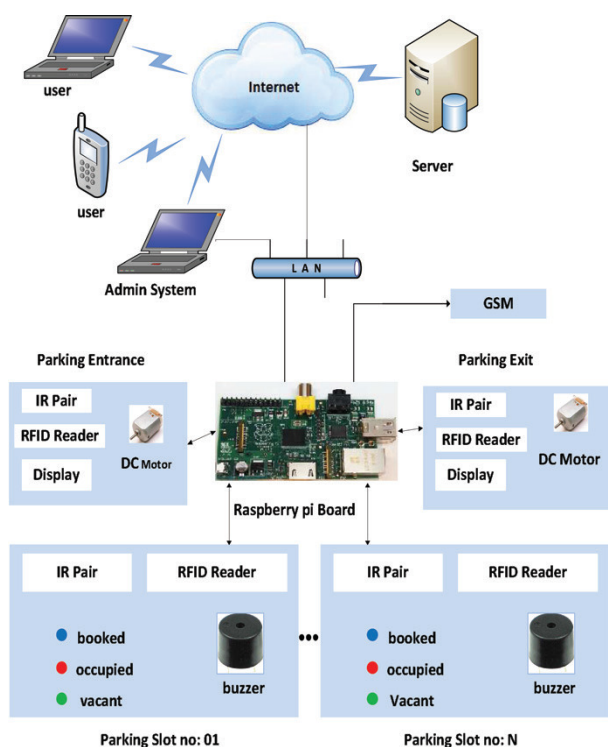
ντρώνονται σε Cloud υποδομές και από εκεί θα επικοινωνούν με την ειδική πλατφόρμα διαχείρισης.[0] Η υποδομή cloud, όπως φαίνεται στο σχήμα (6), παρέχει μια πλατφόρμα για τις ετερογενείς δραστηριότητες διαφόρων υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών ανίχνευσης, το οποίο συγχωνεύει τα μεταδεδομένα (metadata) που συνδέονται με τις συσκευές ανίχνευσης.

Ο αισθητήρας

Ο ασύρματος υπόγειος αισθητήρας είναι ένας μαγνητικός αισθητήρας τριών αξόνων που επικοινωνεί με το κεντρικό σύστημα και ενημερώνει για τις αλλαγές που προκύπτουν ανιχνεύοντας κάθε κίνηση του οχήματος στο χώρο στάθμευσης. Τροφοδοτείται από μια μπαταρία, η οποία μπορεί να διαρκέσει έως και 10 χρόνια (δεν χρειάζεται καλωδίωση), στέλνει ένα ραδιοσήμα με κρυπτογραφημένο πρωτόκολλο πολύ χαμηλής ισχύος και ενημερώνει σε πραγματικό χρόνο για την κατάσταση κατοχής από όλους τους χώρους parking της πόλης. Θαμμένος με μια απλή γεώτρηση στο έδαφος του κάθε επιμέρους χώρου στάθμευσης, δεν επηρεάζεται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (ο αισθητήρας αντέχει σε θερμοκρασίες από -40°C έως 80°C), αφού είναι εντελώς αόρατο με πλακόστρωτο έδαφος ή άσφαλο ή μάρμαρο, και ως εκ τούτου δεν προκαλεί δυσκολίες για τον καθαρισμό του δρόμου, δε θεωρείται εμπόδιο με τον κίνδυνο να σκοντάψει κάποιος πεζός και δεν προκαλεί αισθητικά ζητήματα στις πόλεις με ιδιαίτερο αρχιτεκτονικό ενδιαφέρον.

Ο ασύρματος αισθητήρας επιφάνειας εκτελεί τις ίδιες λειτουργίες και είναι κατάλληλος για όλες τις εφαρμογές, το γεγονός όμως της τοποθέτησης του στο δάπεδο μπορεί να θεωρηθεί πρόβλημα.[0]

Μια πρωτότυπη εφαρμογή του Smart Parking



Αυτό το σύστημα εισόδου στάθμευσης χρησιμοποιεί αισθητήρα IR, DC κινητήρα, οθόνη LCD και μια συσκευή ανάγνωσης RFID. Ο αισθητήρας υπέρυθρων χρησιμοποιείται για να γνωρίζουμε τη παρουσία των αυτοκινήτων για στάθμευση, DC κινητήρα για να ανοίξει το φράγμα και LCD για την εμφάνιση, όπως φαίνεται και στο σχήμα (7). Οι πληροφορίες πάρκινγκ και ανάγνωσης RFID χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των στοιχείων του αυτοκινήτου, όπως ο αριθμός πινακίδας, το όνομα του ιδιοκτήτη κ.λπ. Η λειτουργία του συστημάτων RFID είναι απλή και βασίζεται στη δυναμική και αμφίδρομη επικοινωνία των ετικετών και των αναγνωστών. Οι πομπο-

Σχήμα 7. Ένα πρωτότυπο car parking management που βασίζεται σε IoT διαχείριση. [0]

δέκτες (transponders) που συχνά αναφέρονται και ως ετικέτες RFID (RFID tags) είναι μικρά chips που αποτελούνται από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει μνήμη ώστε να αποθηκεύει δεδομένα- πληροφορίες, και μία κεραία. Οι αναγνώστες ή αισθητήρες (readers), ανακτούν τα δεδομένα από τις ετικέτες και έχουν ενσωματωμένα μια κεραία και μια μονάδα ελέγχου.[16] Μετά την ανίχνευση του αριθμού πινακίδας, θα πρέπει να ελέγχεται με τη λίστα κλοπής, η οποία θα παρέχεται από την αστυνομία και θα πρέπει να διατηρείται σε βάση δεδομένων. Ανάλογα με το αποτέλεσμα ένα SMS αποστέλλονται στην αστυνομία.[0] Αυτή η προτεινόμενη αρχιτεκτονική έχει ένα Raspberry pi board, δηλαδή μία μικρή πλακέτα που λειτουργεί σαν υπολογιστής. Ολόκληρη η κεντρική μονάδα επεξεργασίας αντικαταστάθηκε από αυτό το πίνακα που έχει το μέγεθος πιστωτικής κάρτας και διατίθεται σε χαμηλότερες τιμές στην αγορά. Τέλος, επειδή χρησιμοποιεί την τεχνολογία IoT, μπορούμε να έχουμε πρόσβαση, έλεγχο και επικοινωνία εξ αποστάσεως.

Προχωρώντας προς την αυτοματοποίηση



Σχήμα 8. Ενδεικτικό μοντέλο ενός πλήρως αυτοματοποιημένου γκαράζ [0]

Το μέλλον της έξυπνης αγοράς πάρκινγκ αναμένεται να επηρεαστεί σημαντικά από την άφιξη των αυτοματοποιημένων οχημάτων (AVs). Πολλές πόλεις σε όλο τον κόσμο έχουν ήδη αρχίσει να δοκιμάζουν οχήματα αυτοστάθμευσης, εξειδικευμένου AV χώρους στάθμευσης, και ρομποτικούς υπηρέτες πάρκινγκ. Για παράδειγμα, στο Boulder του Κολοράντο, το ParkPlus εργάζεται για την ανάπτυξη ενός πλήρως αυτοματοποιημένου γκαράζ στις δυτικές Ηνωμένες Πολιτείες. Το

αυτοματοποιημένο σύστημα στάθμευσης της εταιρείας χρησιμοποιεί λείζερ για να ανιχνεύσει αυτοκίνητα και ένα ρομποτικό βαλέ για να σταθμεύσουν τα οχήματά τους. Τα οχήματα που μεταφέρονται από ένα ρομπότ με ανθρώπινη μορφή ανυψώνει τα αυτοκίνητα και τα μεταφέρει σε ράφια αποθήκευσης. Χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα, έως και 4 φορές περισσότερα αυτοκίνητα μπορούν να σταθμεύουν στον ίδιο χώρο όπως ένα παραδοσιακό γκαράζ (δεδομένου ότι δεν υπάρχει ανάγκη για επιπλέον χώρο ανάμεσα στα αυτοκίνητα). Το αυτοματοποιημένο σύστημα αναμένεται να παραδώσει τα οχήματα μέσα σε 2 λεπτά από τη στιγμή του αιτήματος. Μέχρι το 2030, το γκαράζ με δυνατότητα στάθμευσης στοχεύει στη διαθεσιμότητα στην ευρύτερη αγορά AV. Εκτιμάται ότι στους χώρους στάθμευσης που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τα αυτοκίνητα με δυνατότητα στάθμευσης μπορούν να εξοικονομήσουν έως και 60% λιγότερο χώρο από ό,τι τα παραδοσιακά μέρη, διότι τα αυτοκίνητα μπορούν να παρκάρουν πολύ πιο κοντά και οι ανελκυστήρες και σκάλες δεν είναι πλέον απαραίτητες, όπως φαίνεται και στο σχήμα (8).[0]

Πραγματικές Περιπτώσεις Υλοποίησης του Smart Parking

Παρακάτω θα δείξουμε ενδεικτικά κάποιες πραγματικές περιπτώσεις του Smart Parking, αναφέροντας τα προβλήματα που υπήρχαν και αποτέλεσαν το κίνητρο για τη υλοποίηση ενός τέτοιου έργου, μαζί με τα οφέλη που παρήχθησαν από την χρήση του.

Westminster Δημοτικό Συμβούλιο – Λονδίνο [12]:

- Προβλήματα
 - μεγάλη ζήτηση για τον περιορισμένο χώρο στάθμευσης
 - κυκλοφοριακή συμφόρησης και κακής ποιότητας αέρας
- Αποτελέσματα (από την εφαρμογή του Smart Parking)
 - πολύ καλύτερη πιθανότητα να βρεθεί ένας διαθέσιμος και κατάλληλος χώρος στάθμευσης
 - Η επιλογή του παρκινγκ γίνεται γρήγορα και εύκολα
 - μείωση του αριθμού της παράταξη παραμονής στάθμευσης κατά 30%.

Η πόλη Cottesloe, Perth, Αυστραλία [12]:

- Προβλήματα
 - Εντοπίζονταν καθυστερήσεις και εξέδιδαν ανακοινώσεις παραβίασης
 - Δεν μπορούσαν να εντοπιστούν όλα τα παράνομα οχήματα
- Αποτελέσματα (από την εφαρμογή του Smart Parking)
 - Τεράστια εξοικονόμηση απόδοσης και παραγωγή εσόδων
 - Τα έσοδα από παραβάσεις στάθμευσης αυξήθηκαν από \$ 230.400 σε \$ 983.200.
 - Παρέχει στο συμβούλιο ταμειακό πλεόνασμα που αυξάνει το κεφαλαιακό αποθεματικό.

Auckland Transport, Νέα Ζηλανδία [12]:

- Προβλήματα
 - Αντιμετώπιζε προκλήσεις με την παροχή επαρκούς χώρου
 - Οι οδηγοί αναζητούσαν κενό χώρο στάθμευσης σε τρεις από τους πιο πολυσύχναστους χώρους στάθμευσης στην κεντρική επιχειρηματική περιοχή του Auckland
- Αποτελέσματα (από την εφαρμογή του Smart Parking)
 - Ο χρόνος αναζήτησης μειώθηκε κατά 43%
 - Οι εκπομπές που οφείλονται σε αναζήτηση παρκινγκ μειώθηκε κατά 30%.
 - Βελτίωση της ικανοποίησης των πελατών στους χώρους του πάρκου των αυτοκινήτων

Συμπεράσματα

Η ενσωμάτωση του IoT στις σύγχρονες πόλεις είχε ως αποτέλεσμα να αλλάξουν εξ ολοκλήρου, με θετικά κοινωνικά, περιβαλλοντικά και πολιτικά ερεθίσματα, επηρεάζοντας τη καθημερινότητα μας είτε άμεσα είτε έμμεσα.

Ειδικότερα, εξετάζοντας την συσχέτιση του IoT με τη διαχείριση σκουπιδιών παρατηρούμε ότι ενημερωνόμαστε σε πραγματικό χρόνο για τη πλήρωση του κάδου. Επιπλέον, είναι εμφανή η μείωση του κόστους, αλλά και η βελτιστοποίηση των πόρων. Έτσι, η ποιότητα των πόλεων αναβαθμίζεται, διότι είναι πιο καθαρές και μειώνονται οι μυρωδιές χάρη στην αποτελεσματική διαχείριση των απορριμμάτων.

Όσον αφορά την έξυπνη διαχείριση των θέσεων στάθμευσης, στα πολύβουα αστικά κέντρα αναμένεται να μειωθεί ο χρόνος αναζήτησης κατά 20 ολόκληρα λεπτά. Κάτι τέτοιο έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή λιγότερων ρύπων αλλά και τον περιορισμό του κυκλοφοριακού προβλήματος. Επιπρόσθετα, η Δημοτική Αρχή θα είναι σε θέση να διαχειρίζεται τις διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης πιο αποτελεσματικά, παρακολουθώντας τον μέσο χρόνο στάθμευσης του κάθε οχήματος αλλά και τυχόν παραβάσεις του Κ.Ο.Κ.

Η ασαφής λογική παρέχει έναν απλό και αποτελεσματικό τρόπο για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του οδικού δικτύου. Μελετώντας την έξυπνη διαχείριση της κυκλοφορίας εντυπώσαμε κάποιες ομοιότητες με τη διαχείριση των θέσεων παρκινγκ, όπως η εξοικονόμηση χρόνου στις μετακινήσεις. Συμπληρωματικά, οι σηματοδότες αυτοί εξοικονομούν και βελτιστοποιούν την ενέργεια χρησιμοποιώντας έξυπνες λειτουργίες, για παράδειγμα ενεργοποιούν την ανίχνευση κίνησης.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, αναλύοντας την εφαρμογή των αστικών IoTs είδαμε ότι δεν είναι απαραίτητα η τεχνολογία που κάνει μια πόλη "έξυπνη" αλλά και η καινοτομία. Οι πολίτες της ζουν σε έναν ζωντανό πολιτισμό με μια ανοιχτή κυβέρνηση που προσπαθεί να βελτιώσει τους πράσινους χώρους διαβίωσης και κάνει σοβαρές επενδύσεις στο μέλλον.

Βιβλιογραφία

- [1] Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., ... & Doody, P. (2011). Internet of things strategic research roadmap. *Internet of Things-Global Technological and Societal Trends*, 1, 9-52.
- [2] C. M. (2010). 'Intelligent'in-vehicle intelligent transport systems: Limiting behavioural adaptation through adaptive design. *IET intelligent transport systems*, 4(4), 252-261.
- [3] <http://www.tovima.gr/science/research/article/?aid=844768>
- [4] <http://www.smartparkingsystems.com/the-system/the-sensor/en>
- [5] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916321603>
- [6] <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/92973>
- [7] <https://www.forbes.com/sites/pikerresearch/2017/01/26/smart-parking/>
- [8] <https://www.linkedin.com/topic/smart-parking>
- [9] Tarandeeo Singh,R.M.(2016).Smart Waste Management using Wireless Sensor Network. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol4
- [10] Hannan, M. A., Al Mamun, M. A., Hussain, A., Basri, H., & Begum, R. A. (2015). A review on technologies and their usage in solid waste monitoring and management systems: Issues and challenges. *Waste Management*, 43, 509-523.
- [11] Lata, K., & Singh, S. S. IOT BASED SMART WASTE MANAGEMENT SYSTEM USING WIRELESS SENSOR NETWORK AND EMBEDDED LINUX BOARD.
- [12] <https://www.smartparking.com/keep-up-to-date/case-studies>
- [13] Al Mamun, M. A., Hannan, M. A., Hussain, A., & Basri, H. (2013, December). Wireless sensor network prototype for solid waste bin monitoring with energy efficient sensing algorithm. In *Computational Science and Engineering (CSE), 2013 IEEE 16th International Conference on* (pp. 382-387). IEEE.
- [14] Tarandeeo Singh, (2016). Smart Waste Management: An innovative approach to waste disposal and waste collection. *International Journal of Emerging Technologies in Computational and Applied Sciences (IJETCAS)*, Sector 12.
- [15] Kelly, N. (2009). A Guide to Ultrasonic Sensor Set Up and Testing, Instructions, Limitations, and Sample Applications.
- [16] <https://el.wikipedia.org/wiki/RFID>

- [17] Hashem, I. A. T., Chang, V., Anuar, N. B., Adewole, K., Yaqoob, I., Gani, A., ... & Chiroma, H. (2016). The role of big data in smart city. *International Journal of Information Management*, 36(5), 748-758.
- [18] Ahamed, S. R. (2009). The role of zigbee technology in future data communication system. *Journal of theoretical and applied information technology*, 5(2), 129.
- [19] https://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service
- [20] https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
- [21] <http://ecubelabs.com/case-studies/>
- [22] Collotta, M., Pau, G., Scatà, G., & Campisi, T. (2014). A dynamic traffic light management system based on wireless sensor networks for the reduction of the red-light running phenomenon. *Transport and Telecommunication*, 15(1), 1-11.
- [23] http://www.ingenia.org.uk/Content/ingenia/issues/issue50/Robinson_Webb.pdf
- [24] <https://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
- [25] <http://education.rec.ri.cmu.edu>
- [26] Swathi, K., Sivanagaraju, V., Manikanta, A. K. S., & Kumar, S. D. (2016). Traffic Density Control and Accident Indicator Using WSN. *Traffic*, 2(04).
- [27] <https://intelilight.eu>
- [28] <https://inform.tmforum.org/features-and-analysis/2016/04/managing-traffic-with-big-data/>
- [29] Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2014). Sensing as a service model for smart cities supported by internet of things. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 25(1), 81-93.