

ΘΕΜΑ: Περιμένοντας το λεωφορείο. Ένα έξυπνο σύστημα ενημέρωσης.

Πτυχιακή Εργασία

Μαρία Ιουλιανού

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Λάμπρος Λαμπρινός



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΣΠΟΥΔΩΝ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

ΛΕΜΕΣΟΣ 2012

Πνευματικά Δικαιώματα

Copyright © Μαρία Ιουλιανού, 2013

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Επικοινωνίας και Σπουδών Διαδικτύου του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Περιμένοντας το λεωφορείο. Ένα έξυπνο σύστημα ενημέρωσης» εκπονήθηκε από την Μαρία Ιουλιανού φοιτήτρια του η΄ εξαμήνου του Τμήματος Επικοινωνίας και Σπουδών Διαδικτύου του ΤΕΠΑΚ υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Δρ. Λάμπρου Λαμπρινού και ολοκληρώθηκε τον Απρίλιο του 2013.

Η ερευνητική εργασία εστιάζεται στην ανάπτυξη μιας εφαρμογής ενημέρωσης για το χρόνο άφιξης ενός λεωφορείου σε μία στάση. Στόχος του συστήματος είναι να προσφέρει ένα εύχρηστο και αποδοτικό εργαλείο για τη βελτιστοποίηση των μετακινήσεων στην πόλη με τη χρήση των λεωφορείων. Βασικό του χαρακτηριστικό και πλεονέκτημα είναι η χρήση δεδομένων πραγματικού χρόνου σχετικά με τη θέση των λεωφορείων και την απόσταση από την στάση. Μέσω της διεπαφής στο κινητό, ο χρήστης θα μπορεί να λαμβάνει σε πραγματικό χρόνο διάφορες πληροφορίες για τις στάσεις όπως την προβλεπόμενη ώρα άφιξης του λεωφορείου σε μια συγκεκριμένη στάση σύμφωνα με τους υπολογισμούς του συστήματος, έτσι θα μπορεί να προγραμματίσει καλύτερα τη μετακίνησή του.

Η εφαρμογή είναι ελκυστική και εύχρηστη, με αποτέλεσμα να καθορίζει ότι θα μπορεί να τη χρησιμοποιεί ο οποιοσδήποτε ανεξαρτήτως της εμπειρίας, των δυνατοτήτων και τις ιδιαιτερότητες του κάθε χρήστη. Ταυτόχρονα είναι αποδοτική στο χρόνο απόκρισης και είναι χρήσιμη για όλους τους εμπλεκόμενους αφού οι επιβάτες των λεωφορείων θα κερδίζουν χρόνο από την μέρα τους, θα αποφεύγεται η ταλαιπωρία και επίσης χρήσιμη για τις εταιρείες και τους οργανισμούς των λεωφορείων οι οποίες θα αξιοποιούν καλύτερα το δυναμικό τους.

Η εφαρμογή αυτή αναπτύχθηκε στο περιβάλλον εργασίας του Arduino, σε γλώσσα προγραμματισμού Java, C και C++. Συνοπτικά η λειτουργία του συστήματος είναι ότι καθώς πλησιάζει ένα λεωφορείο στη στάση στέλλει τα δεδομένα του GPS στο Xbee της στάσης. Εφ'όσον τα Xbee ανήκουν στο ίδιο δίκτυο, επικοινωνούν μεταξύ τους και στέλλουν τις πληροφορίες στη βάση δεδομένων.

Τέτοιες εφαρμογές μπορούν να χαρακτηρίσουν μία πόλη ως «έξυπνη πόλη». Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες “Internet of Things”. Οι τεχνολογίες αυτές αφορούν αισθητήρες, υπολογιστές και έξυπνα τηλέφωνα, ενώ παράλληλα εφαρμόζουν νέους τρόπους τοπικής διακυβέρνησης κάνοντας τις διοικητικές διαδικασίες πιο διαφανείς από ποτέ. Επιτρέπει στους ανθρώπους και τα πράγματα να συνδεθούν οπουδήποτε και οποιαδήποτε στιγμή με οποιοδήποτε δίκτυο ή υπηρεσία.

Summary

This thesis entitled "Waiting for the bus. An smart-city information system" developed by Maria Ioulianou, an 8th semester student of the Department of Communication and Internet Studies at Cyprus University of Technology, under the supervision of Assistant Professor Dr. Lambros Lamprinos and was completed in April 2013.

The research work focuses on the development of an application that informs the user for the arrival time of a bus at a bus stop. The aim of the system is to provide a user friendly and efficient tool for optimizing urban mobility with the use of buses. A key characteristic and an advantage is the use of real-time data of the position of the bus and the distance from the bus stop. Through the interface on the mobile, user can receive real-time information about the bus stops, such as the expected arrival time of the bus at a particular bus stop, according to the calculations of the system, in order to have better organization on his movement.

The application is attractive and easy to use and as a result, it can be used by anyone regardless the experience, the capabilities and the characteristics of each user. At the same time, the application is efficient on the response time and is useful for all users due to the fact that the passengers will save time from their day and avoid discomfort, while it is useful for bus companies and bus organizations, which they will use their crew in a more efficient way.

The application was developed in the working environment of Arduino, with the use of the programming languages Java, C and C++. In summary, the operation of the system is, while a bus approaches the bus stop it sends GPS data to the Xbee of the bus stop. The Xbees belongs to the same network and they will communicate and send that information to the database.

Such applications may transform a city to a "smart city." This can be achieved using technologies such as "Internet of Things". These technologies involve sensors, computers and smart phones, while, at the same time, they implement new ways of local governance by making administrative procedures more transparent than ever."Internet of Things" allows people and things to be connected anywhere and anytime with any network or service.

Αφιέρωση- Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς της υποστήριξη του επιβλέποντος καθηγητή Δρ. Λάμπρου Λαμπρινού και τη βοήθεια της συνεργάτιδας του Έλενας Πολυκάρπου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνονται στην οικογένεια μου που με στήριξε στις ατελείωτες ώρες μελέτης και συγγραφής.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Summary	4
Εισαγωγή.....	9
Περιγραφή Προβλήματος-Αναγκαιότητα Μελέτης	10
Γενική Αρχιτεκτονική Σχεδίαση-Σενάριο	11
Βιβλιογραφική Επισκόπηση.....	12
Global Positioning System-GPS.....	12
Internet of Things-IoT	13
Disruption Tolerant Networking-DTN.....	15
Προηγούμενες Έρευνες.....	16
Μεθοδολογία	19
Εργαλεία.....	19
Δείγμα.....	19
Διαδικασία.....	19
<i>Περιβάλλον Χρήστη</i>	19
<i>Ανάπτυξη Εφαρμογής</i>	20
Ανάλυση Απαιτήσεων	21
Σχεδιασμός	22
<i>Arduino</i>	22
<i>Xbee</i>	23
<i>Αρχιτεκτονική Σχεδίαση</i>	24
<i>Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων</i>	24
Υλοποίηση.....	25
Μελλοντική Έρευνα	27
Βιβλιογραφία	28

Λίστα Διαγραμμάτων

Εικόνα 1 Πλατφόρμα Arduino με GPS	1
Εικόνα 2 Σενάριο.....	1
Εικόνα 3 Internet of Things.....	1
Εικόνα 4 «Πράγματα».....	1
Εικόνα 5 Μοντέλο Καταρράκτη.....	1
Εικόνα 6 Πλατφόρμα Arduino	1
Εικόνα 7 Δίκτυο Xbee.....	1
Εικόνα 8 Αρχιτεκτονική Σχεδίαση.....	1

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 2 Υπολογισμός μέσου χρόνου	25
Πίνακας 1 Βάση Δεδομένων	1

Συντομογραφίες

GPS: Global Positioning System

DTN: Delay Tolerant Network

IoT: Internet of Things

Απόδοση Όρων

Internet of Things: Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Εισαγωγή

Η τεχνολογία ολοένα και εξελίσσεται και πιο συγκεκριμένα όσον αφορά τις κινητές συσκευές. Οι κινητές συσκευές εισχωρούν όλο και περισσότερο στη ζωή μας. Είναι πλέον αναπόσπαστο κομμάτι στην καθημερινότητα πολλών ανθρώπων καθώς παρέχουν πολλές δυνατότητες στο χρήστη με αποτέλεσμα τη διευκόλυνση διάφορων δραστηριοτήτων της καθημερινότητας του. Παρόλα αυτά, οι δυνατότητες αυτές δεν αξιοποιούνται επαρκώς εφόσον δεν υπάρχει η δυνατότητα ενημέρωσης των χρηστών για την ώρα που χρειάζεται το λεωφορείο, που περιμένουν, να φτάσει.

Η δημόσια συγκοινωνία διαδραματίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην καθημερινή ζωή όλων. Ο χρόνος ταξιδιού των λεωφορείων ποικίλλει ανάλογα με διάφορους εξωγενείς παράγοντες, όπως η κυκλοφορία, οι καιρικές συνθήκες και τα ατυχήματα. Τα λεωφορεία ακολουθούν σταθερά ωράρια, και δεν χρησιμοποιούν έξυπνα συστήματα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο του οχήματος. Η παροχή έγκαιρων και έγκυρων ταξιδιωτικών πληροφοριών όπως ο χρόνος διέλευσης είναι πολύ σημαντικός. Η νέα τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει για την παρακολούθηση της κίνησης των λεωφορείων, αυξάνοντας παράλληλα την ικανοποίηση των χρηστών.

Επομένως αυτή η μελέτη θα βασίζεται σε μία πειραματική έρευνα για την επίλυση αυτού του προβλήματος με την ανάπτυξη μίας εφαρμογής. Αυτό σήμερα στο πλαίσιο της Κύπρου, επιτυγχάνεται με τον παραδοσιακό τρόπο, το έντυπο υλικό, που αναφέρει την ώρα που έρχεται το λεωφορείο χωρίς να σημαίνει ότι είναι η ακριβής ώρα με αποτέλεσμα να ταλαιπωρούνται τα άτομα για το σε πόση ώρα θα φτάσει το λεωφορείο ή και μπορεί κάποιος να μην έχει στην κατοχή του αυτό το υλικό. Η παρούσα μελέτη εστιάζεται στα λεωφορεία γιατί αυτό το μέσο μεταφοράς ανταποκρίνεται σε περισσότερο κόσμο, είναι φτηνό και μπορεί να το χρησιμοποιήσει οποιοσδήποτε. Η τεχνολογία αναπτύσσεται και πρέπει να προχωρήσουμε σε πιο εύκολες και αποτελεσματικές λύσεις. Ειδικότερα σήμερα οι χρήστες κινητών συσκευών μπορούν να εντοπίσουν την ακριβή τους τοποθεσία με κάποια υπηρεσία, επομένως εκμεταλλευόμαστε τα δεδομένα αυτά με το πρόβλημα που υπάρχει και αποστέλλουμε στο χρήστη τις πληροφορίες που θα το βοηθήσουν. Η υπηρεσία αυτή είναι το Global Positioning System (GPS).

Οι ενότητες που ακολουθούν θα κάνουν αναφορά στο πρόβλημα και στην αναγκαιότητα της μελέτης αυτής, θα προσφέρουν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση και θα περιγράψουν τη μεθοδολογία και το χρονοδιάγραμμα της εκπόνησης της έρευνας. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση θα επικεντρωθεί στο GPS, στο Delay Tolerant Network (DTN), στο Internet of Things (IoT) και σε έρευνες που έχουν προηγηθεί στο συγκεκριμένο θέμα. Το πρακτικό κομμάτι της έρευνας θα περιλαμβάνει την ανάπτυξη εφαρμογής με γλώσσα προγραμματισμού Java, C και C++ για κινητές συσκευές που τρέχουν το λειτουργικό σύστημα Android.

Περιγραφή Προβλήματος-Αναγκαιότητα Μελέτης

Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ευρεία αποδοχή των δημόσιων μεταφορών μπορεί να αντιμετωπιστεί με διάφορους τρόπους. Πιο συγκεκριμένα ο τομέας που αφορά πληροφοριακά συστήματα για τη διέλευση των επιβατών σε πραγματικό χρόνο παρουσιάζει πολλούς τρόπους διερεύνησης του με την εξέλιξη της τεχνολογίας των πληροφοριών και επικοινωνία και πιο συγκεκριμένα με τις κινητές συσκευές. Σε γενικές γραμμές, συστήματα των ταξιδιωτικών πληροφοριών αναφέρονται σε τεχνολογίες που ανακοινώνουν πληροφορίες για ένα δημόσιο σύστημα διαμετακόμισης για τους επιβάτες. Σε πραγματικό χρόνο τα συστήματα προβλέπουν το χρόνο άφιξης ενός οχήματος ή μπορεί να παρέχουν πληροφορίες της διαδρομής ή για ενημέρωση κινδύνου. Τα συστήματα αυτά κάνουν στροφή προς στα μέσα μαζικής μεταφοράς. Για παράδειγμα, σε πραγματικό χρόνο οι πληροφορίες για την άφιξη ενός λεωφορείου μπορεί να μειώσει τον χρόνο αναμονής ενός επιβάτη και να αυξηθεί η ασφάλεια του. Επομένως ένα σύστημα πληροφόρησης για τη δημόσια διέλευση θα βελτιώσει την χρηστικότητα των μέσων μαζικής μεταφοράς και στο τέλος να χρησιμοποιούν και περισσότεροι τα μέσα μεταφοράς και συγκεκριμένα τα λεωφορεία.

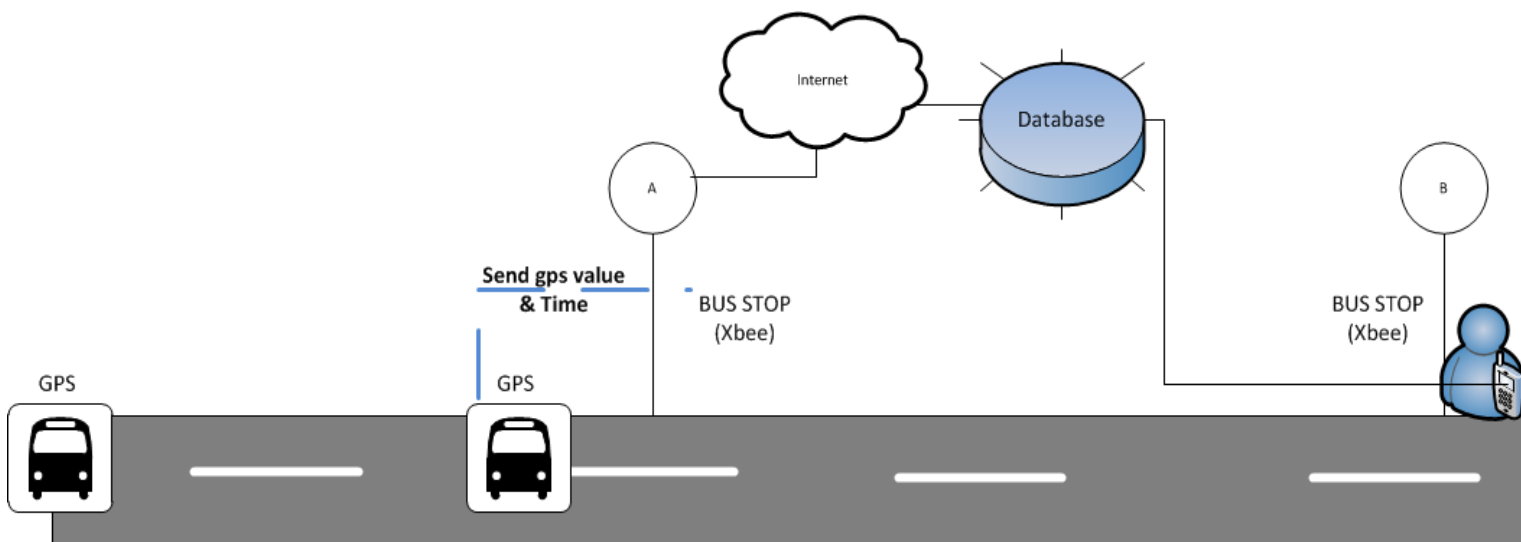
Το πρόβλημα το οποίο θα προσπαθήσει να επιλύσει αυτή η εργασία είναι η ανάπτυξη μιας εφαρμογής ώστε να ενημερώνει τους εγγεγραμμένους χρήστες του συστήματος μέσω της κινητής συσκευής τους για το χρόνο που χρειάζεται το λεωφορείο που επιθυμούν να φτάσει στον προορισμό του, σύμφωνα με τη θέση που βρίσκεται. Το σύστημα, θα περιλαμβάνει όλες τις διαδρομές των εγγεγραμμένων λεωφορείων και τις στάσεις τους. Η ενημέρωση του χρήστη μπορεί να γίνεται σαν ειδοποίηση-αποστολή κάποιου μηνύματος ή μέσω παρουσίασης ενός χάρτη με τη θέση του ίδιου του χρήστη, του λεωφορείου και τη διάρκεια που απομένει για να φτάσει κοντά του.

Στο πλαίσιο της Κύπρου σήμερα, ουσιαστικά δεν υπάρχει σύγχρονος τρόπος που να ενημερώνει άμεσα τους χρήστες για το χρόνο που χρειάζεται ένα λεωφορείο να φτάσει το προορισμό του-σε κάποια στάση. Έτσι λοιπόν με την ανάπτυξη αυτής της εφαρμογής θα καλυφθεί αυτή η ανάγκη σε κάποιο ποσοστό ανθρώπων. Με την ανάπτυξη του συστήματος ο χρήστης θα μπορεί να γνωρίζει σε πόση ώρα θα βρίσκεται στον προορισμό του, αν θα προλάβει να πάρει τελικά το λεωφορείο, θα γνωρίζει αν θα αργήσει ώστε να εξετάσει τις πιθανές εναλλακτικές λύσεις που μπορεί να βρει για να πάει στον προορισμό του. Επομένως το σύστημα προσφέρει στους χρήστες αμεσότητα και ευκολύνει τη ζωή τους.

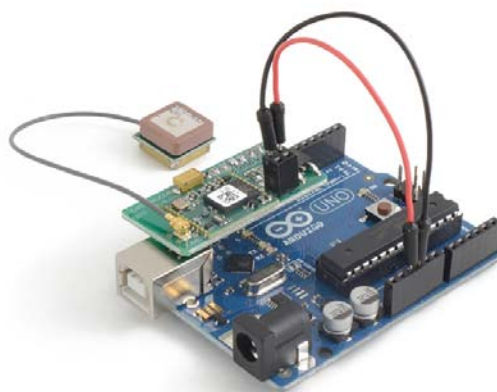
Τέτοιες εφαρμογές μπορούν αρχικά να υλοποιηθούν σε πανεπιστημιούπολεις όπου αφορά σχεδόν όλους τους φοιτητές. Τέτοιο σύστημα υιοθέτησε και το University of Massachusetts Amherst από το Τμήμα Μαθηματικών και Πληροφορικής.

Γενική Αρχιτεκτονική Σχεδίαση-Σενάριο

Στη [Εικόνα 2](#) απεικονίζεται ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, στο λεωφορείο έχουμε τοποθετήσει την πλατφόρμα Arduino προσθέτοντας σε αυτή το Xbee σε λειτουργία router AT και το GPS. Καθώς προχωράει και πλησιάζει σε μία στάση με τη συσκευή Xbee με λειτουργία coordinator API επικοινωνούν τα δύο Xbee και η στάση λαμβάνει τα δεδομένα που στέλλει το GPS και ακολούθως στέλλονται στη βάση δεδομένων του συστήματος. Ακολούθως, ενημερώνεται ο επιβάτης για την προβλεπόμενη άφιξη του λεωφορείου στη στάση. Η πλατφόρμα που θα τοποθετηθεί στο λεωφορείο με το GPS έχει την μορφή όπως στην [Εικόνα 1](#).



Εικόνα 2 Σενάριο



Εικόνα 1 Πλατφόρμα Arduino με GPS

Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Global Positioning System-GPS

Η παρούσα μελέτη θα ασχοληθεί με τον εντοπισμό της θέσης των λεωφορείων με τη βοήθεια της υπηρεσίας GPS. Το GPS είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης που εγκρίθηκε το 1973 από τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής για στρατιωτικούς σκοπούς και για την αεροπορία. Πριν την εμφάνιση αυτού του συστήματος, ο εντοπισμός της θέσης γινόταν με πυξίδα και αργότερα το 1970 ξεκίνησαν οι δορυφορικές πλοηγήσεις (Team, A. G. I. C., 2004).

Σύμφωνα με την Glasscoe (1998) το δορυφορικό αυτό σύστημα πλοήγησης αποτελείται από τρία τμήματα. Το πρώτο τμήμα του συστήματος αποτελείται από ένα δίκτυο 24 δορυφόρων σε τροχιά 12,000 χιλιόμετρα πάνω από τη Γη. Για να μπορούν να εντοπιστούν από οπουδήποτε οι δορυφόροι αυτοί χωρίστηκαν σε έξι ομάδες των τεσσάρων με διαφορετική διαδρομή για να μπορούν να περιβάλλουν ολόκληρη τη Γη. Το δεύτερο τμήμα είναι το έδαφος που αποτελείται από το δέκτη, την κεραία και τα εργαλεία επικοινωνίας. Η κεραία μαζεύει τα δορυφορικά σήματα και τα αποστέλλει στον δέκτη ως ηλεκτρικά ρεύματα. Ο δέκτης χωρίζει τα σήματα σε διαφορετικά κανάλια ανάλογα με το δορυφόρο στον οποίο ανήκουν. Στη συνέχεια ο δέκτης τα αποκωδικοποιεί και τα χωρίζει σε επιμέρους συχνότητες. Με αυτές τις πληροφορίες ο δέκτης παράγει μια γενική θέση για την κεραία. Το τρίτο μέρος είναι το κέντρο δεδομένων. Παρακολουθεί και ελέγχει τους παγκόσμιους σταθμούς και παίρνει και αναλύει τα δεδομένα από τους δέκτες. Όταν ολοκληρωθεί η επεξεργασία τα δεδομένα αυτά αποστέλλονται σε επιστήμονες από όλο τον κόσμο για την χρήση τους σε πολλές εφαρμογές.

Ο κάθε δορυφόρος που συμμετέχει στην υπηρεσία GPS κάνει τον κύκλο της γης δύο φορές την ημέρα και μεταδίδει πληροφορίες σήματος στη γη. Οι πληροφορίες που στέλλονται περιλαμβάνουν το μοναδικό αναγνωριστικό του δορυφόρου, τη θέση του και τον ακριβή χρόνο αποστολής των δεδομένων. Ο κάθε δέκτης GPS λαμβάνει τις πληροφορίες αυτές και με τη χρήση του τριγωνισμού υπολογίζει την ακριβή του γεωγραφική θέση. Οι δέκτες συγκρίνουν την ώρα που έχει μεταδοθεί το σήμα από το δορυφόρο με το χρόνο που έχει ληφθεί. Η διαφορά της ώρας έχει να κάνει με το πόσο μακριά είναι ο δορυφόρος. Με την απόσταση των μετρήσεων από τους δορυφόρους, ο δέκτης καθορίζει τη θέση του χρήστη και σε αρκετές εφαρμογές την εμφανίζει σε ηλεκτρονικό χάρτη. Η δυνατότητα αυτή που προσφέρει η υπηρεσία θα βοηθήσει στην εργασία για την εικονική διαδρομή των λεωφορείων. (Garmin, χ.χ).

Ένας δέκτης πρέπει να λαμβάνει σήμα από τουλάχιστον 3 δορυφόρους για να υπολογίσει μια θέση δύο διαστάσεων (2D): το γεωγραφικό πλάτος και μήκος. Ο δέκτης σε αυτή την περίπτωση βρίσκεται στην επιφάνεια της γης. Με τέσσερις ή περισσότερους δορυφόρους μπορεί να υπολογίσει μια θέση τριών διαστάσεων (3D): το γεωγραφικό πλάτος, μήκος και υψόμετρο. Αφού η θέση του χρήστη έχει εντοπιστεί, τότε το σύστημα μπορεί να δώσει και άλλες πληροφορίες όπως η απόσταση του προορισμού, ανατολή και δύση του ήλιου, την ταχύτητα κ.ά. (Garmin, χ.χ).

Η θέση που δίνει είναι πολύ ακριβής χάρη στον παράλληλο σχεδιασμό πολλών καναλιών. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του συστήματος. Αρχικά οι ατμοσφαιρικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια. Το ρολόι του δέκτη και τα σφάλματα στη στρογγυλοποίηση μπορεί να οδηγήσουν σε σφάλμα δύο μέτρων στον προσδιορισμό της θέσης. Ταυτόχρονα η γεωμετρία του δορυφόρου παίζει ρόλο στις μετρήσεις, δηλαδή έχουμε σφάλμα όταν οι δορυφόροι βρίσκονται σε μια γραμμή και καλή γεωμετρία θεωρείται όταν βρίσκονται σε ευρεία γωνία ως προς έναν άλλον (Garmin, χ.χ).

Internet of Things-IoT

Δεν νοείται να έχει γίνει αναφορά σε εφαρμογές και κινητές συσκευές και να μην γίνει στην έννοια 'Internet of things'. Η έννοια Internet of Things χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον Kevin Ashton το 1999. Ο ορισμός που έδωσε είναι:

«Σήμερα οι υπολογιστές και ως εκ τούτου το Διαδίκτυο εξαρτώνται από τον άνθρωπο για την απόκτηση των πληροφοριών. Όλα τα διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με το διαδίκτυο συλλαμβάνονται και δημιουργούνται από τον άνθρωπο με δακτυλογράφηση, με λήψη μιας ψηφιακής εικόνας ή και σάρωση κώδικα. Το πρόβλημα είναι ότι οι άνθρωποι δεν είναι και πολύ καλοί στην καταγραφή των δεδομένων σχετικά με το τι συμβαίνει στο πραγματικό κόσμο με βάση την ακρίβεια και την προσοχή. Έτσι είμαστε όμως, έτσι είναι το περιβάλλον μας, η κοινωνία μας δεν βασίζεται σε ιδέες ή πληροφορίες αλλά με βάση τα πράγματα. Οι ιδέες και οι πληροφορίες είναι μεν σημαντικές αλλά τα πράγματα έχουν πολύ μεγαλύτερη σημασία. Ωστόσο σήμερα, η τεχνολογία είναι τόσο εξαρτημένη από τα δεδομένα που προέρχονται από ανθρώπους γι' αυτό και οι υπολογιστές γνωρίζουν περισσότερο για τις ιδέες παρά για τα πράγματα. Αν είχαμε υπολογιστές που ήξεραν τα πάντα για τα αντικείμενα τους θα ήμασταν σε θέση να παρακολουθήσουμε και να μετρήσουμε τα πάντα. Θα γνωρίζαμε πότε χρειάζονται συντήρηση ή επισκευή. Επομένως πρέπει να ενισχύσουμε τους υπολογιστές με τα δικά τους μέσα για τη συλλογή πληροφοριών ώστε να μπορούν να δουν, να ακούσουν και να γευτούν τον κόσμο για τον εαυτό τους» (Kevin,1999).

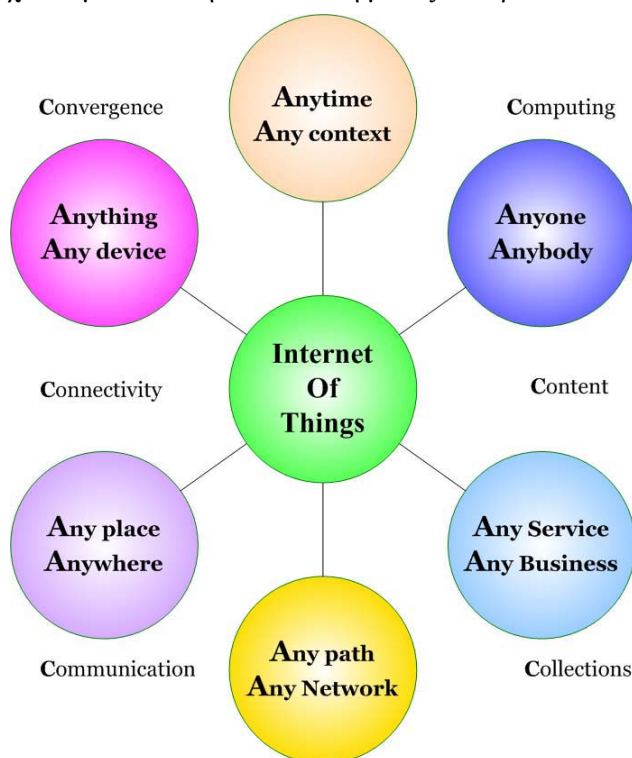
Για να κατανοήσουμε την έννοια των πραγμάτων και συγκεκριμένα τι είναι πρέπει να ανατρέξουμε πίσω στους φιλόσοφους Αριστοτέλη και Ιωάννη Φιλόπονο. Ο Αριστοτέλης υποστηρίζει ότι τα πράγματα είναι τα όντα που περιλαμβάνουν ουσία, ποιότητα, ποσότητα και τη σχέση μεταξύ των άλλων. Ο Φιλόπονος από την άλλη χωρίζει τα πράγματα με αυτά που έχουν ψυχή και με αυτά που δεν έχουν, τα άψυχα. Επομένως καταλήγουμε στο γεγονός ότι τα πράγματα δεν περιορίζονται μόνο σε υλικά αλλά και σε εικονικά. Τώρα στο πλαίσιο του IoT τα πράγματα θα μπορούσαν να οριστούν ως μια φυσική -πραγματική ή ψηφιακή-εικονική οντότητα που κινούνται μέσα στο χώρο και το χρόνο και μπορούν να εντοπιστούν. Αυτά προσδιορίζονται από τη θέση τους, με ονόματα ή ένα αναγνωριστικό αριθμό (Vermesan et al, 2009).

Το IoT σύμφωνα με τους Vermesan et al (2009) αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι του μελλοντικού Διαδικτύου και θα μπορούσε να οριστεί ως μία δυναμική παγκόσμια υποδομή δικτύου. Μία υποδομή με δυνατότητες αυτό-ρύθμισης που βασίζεται στα πρωτόκολλα επικοινωνίας, όπου φυσικά και εικονικά πράγματα έχουν ταυτότητες, φυσικές

ιδιότητες, έξυπνες διεπαφές και ενσωματώνονται στο δίκτυο πληροφοριών ανταλλάζοντας δεδομένα. Το μελλοντικό Διαδίκτυο βασίζεται σε πρωτόκολλα επικοινωνίας από τη συγχώνευση των δικτύων υπολογιστών, των Internet of Media, των Υπηρεσιών Διαδικτύου και το IoT σε μια παγκόσμια πλατφόρμα δικτυωμένη από «πράγματα». Αυτό το δίκτυο θα επιτρέψει στους ανθρώπους και στα «πράγματα» να συνδεθούν οπουδήποτε και οποιαδήποτε στιγμή. Η έννοια του IoT μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση της υπάρχουσας αλληλεπίδρασης μεταξύ των ανθρώπων και των εφαρμογών μέσα από τη νέα διάσταση της επικοινωνίας των «πραγμάτων». Οι κύριοι τομείς εφαρμογής των τεχνολογιών IoT είναι οι μεταφορές, η υγεία, η ψυχαγωγία, η ενέργεια κ.ά.

Η παγκόσμια πλατφόρμα που θα αναπτυχθεί από τη συγχώνευση όλων των δικτύων θα αντιμετωπίσει τις προκλήσεις στην κωδικοποίηση βίντεο και 3D επεξεργασία βίντεο, θα οδηγήσει σε καινοτόμες εφαρμογές όπως multiplayer παιχνίδια για κινητό, ψηφιακό κινηματογράφο και στους εικονικούς κόσμους θα προβεί σε τοποθέτηση νέων τύπων που απαιτεί κίνηση στην κινητή αρχιτεκτονική δικτύων. Συνδυάζει τον ψηφιακό κόσμο με τον φυσικό κόσμο, φέρνοντας διαφορετικές έννοιες και τεχνικά στοιχεία μαζί. Εφαρμογές, υπηρεσίες, δίκτυα θα είναι δομικά συνδεδεμένα με εντελώς νέους τρόπους. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων θα φέρει απτά επιχειρηματικά οφέλη, όπως η υψηλή ανάλυση και διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων και των προϊόντων, η βελτίωση της διαχείρισης του κύκλου ζωής, και καλύτερη συνεργασία μεταξύ των επιχειρήσεων (Vermesan et al, 2009).

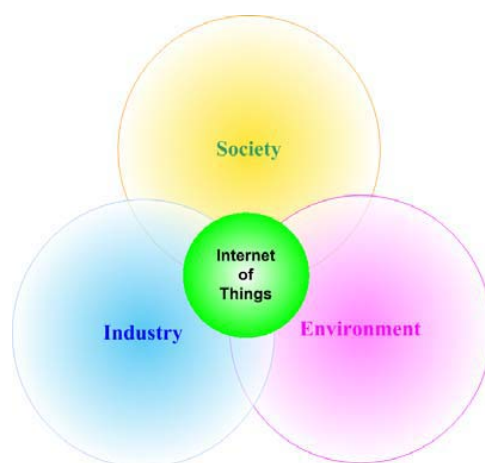
Το IoT όπως δείχνει και η [Εικόνα 3](#) επιτρέπει στους ανθρώπους και τα πράγματα να συνδεθούν οπουδήποτε και οποιαδήποτε στιγμή με οποιοδήποτε δίκτυο ή υπηρεσία. Αυτό επιφέρει την επίλυση στοιχείων όπως περιεχόμενο, επικοινωνία και συνδεσιμότητα στο πλαίσιο που δεν υπάρχουν εμπόδια στη διασύνδεση μεταξύ ανθρώπου και «πραγμάτων».



Εικόνα 3 Internet of Things

Ο όρος πράγματα γίνεται αντιληπτός με διαφορετικό τρόπο και ανάλογα με τον τομέα που χρησιμοποιείται όπως φαίνεται και στην [Εικόνα 4](#). Στην βιομηχανία είναι ο εξοπλισμός, ένα προϊόν, τα μεταφορικά μέσα, στο περιβάλλον είναι τα κτήρια, τα δέντρα και οι δραστηριότητες με την ανάπτυξη και προστασία των φυσικών πόρων, τώρα σε όλη την κοινωνία μπορεί να θεωρηθούν οι συσκευές και οι δραστηριότητες, σε δημόσιους χώρους για ανάπτυξη των κοινωνιών, των πόλεων και των ανθρώπων.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων είναι ένα όραμα το οποίο χτίζεται σήμερα. Θα έχει σημαντικό ρόλο για όλα τα πράγματα, τα σπίτια, τις πόλεις, τους δρόμους θα γίνουν πιο έξυπνα. Θα είναι χρήσιμο για την εργασία, τη φιλία, τη διασκέδαση, την ασφάλεια και τη στήριξη του ανθρώπου (Vermesan et al, 2009).



Εικόνα 4 «Πράγματα»

Disruption Tolerant Networking-DTN

Σήμερα, οι δικτυακές εφαρμογές πρέπει να επικοινωνούν σε εντελώς διαφορετικά περιβάλλοντα δικτύωσης με διαφορετικά χαρακτηριστικά, δηλαδή σε ανεξάρτητα δίκτυα. Τα ανεξάρτητα δίκτυα, υποστηρίζουν εξειδικευμένες ανάγκες επικοινωνίας και προσαρμόζονται σε μια συγκεκριμένη ομοιογενή περιοχή επικοινωνίας.

Σύμφωνα με τους Curran & Knox (2008) το DTN παρέχει υπηρεσίες δικτύου που στοχεύει στην αντιμετώπιση προβλήματος στην επικοινωνία. Απευθύνεται σε δίκτυα τα οποία υπόκεινται σε κάποιες διαταραχές και καταστρέφουν την επικοινωνία από το δρομολογητή. Είναι μια προσέγγιση για την αρχιτεκτονική του δικτύου, μια επέκταση του που αντιμετωπίζει τα τεχνικά θέματα σε κινητά ή υπολογιστές που στερούνται τη σύνδεση με το δίκτυο. Το DTN παίζει σημαντικό ρόλο γιατί δεν επιτρέπει να υπάρχει συμφόρηση από τα μηνύματα των χρηστών που πρέπει να σταλούν.

Όπως αναφέρει ο Fall (2003) το δίκτυο αυτό χωρίζεται σε τέσσερις υποκατηγορίες: Τα Terrestrial Mobile Networks -δίκτυα κινητής επικοινωνίας- για παράδειγμα ένα λεωφορείο όπως ταξιδεύει από τόπο σε τόπο παρέχει στους πελάτες της μηνύματα-δεδομένα που πρόκειται να επισκεφτούν στο μέλλον. Τα Exotic Media Networks όπου είναι οι Δορυφορικές επικοινωνίες, οι ακουστικές συνδέσεις στον αέρα ή στο νερό και οι οπτικές

επικοινωνίες. Μπορεί να υποστούν διακοπή λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών, μπορεί να παρέχουν υπηρεσίες δικτύου περιστασιακά. Τα Military Ad-Hoc Networks -Στρατιωτικό δίκτυο το οποίο περιλαμβάνει ιδιαίτερα ισχυρές απαιτήσεις για προστασία των υποδομών. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν σε δυσμενή ή και εχθρικά περιβάλλοντα όπου οι περιβαλλοντικοί παράγοντες και οι διάφορες εμπλοκές μπορεί να οδηγήσουν στη αποσύνδεση του. Τα Sensor/Actuator Networks: τα δίκτυα αυτά χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά περιορισμένη ισχύ, μνήμη και κεντρική μονάδα επεξεργασίας.

Προηγούμενες Έρευνες

Μία παρόμοια έρευνα πραγματοποιήθηκε από το το Τμήμα Μαθηματικών και Πληροφορικής του University of Massachusetts Amherst . Οδηγήθηκαν σε αυτή την έρευνα από τα πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι κινητές επικοινωνίες. Έφτιαξαν το δικό τους δίκτυο από κόμβους που ήταν συνδεδεμένοι με τα λεωφορεία και αφορούσε μόνο την πανεπιστημιακή περιοχή. Η όλη έρευνα τους αφορούσε τις μετρήσεις απόδοσης του δικτύου τους-DTN (Zhang et al. 2007).

Μια τέτοια εφαρμογή αναπτύχθηκε στη Θεσσαλονίκη το 2005 αλλά με οπτική αναγγελία σε πίνακα που βρισκόταν στις στάσεις και όχι με κινητές συσκευές. Ανάπτυξαν ένα σύστημα τηλεματικής για τον εντοπισμό των λεωφορείων, τη διαχείριση της κυκλοφορίας και την οπτική και ακουστική πληροφόρηση των επιβατών μέσα στα λεωφορεία για τις στάσεις που ακολουθούν. Οι επιβάτες έχουν τη δυνατότητα μέσω της οπτικής αναγγελίας να ενημερώνονται για το χρόνο αναμονής του λεωφορείου που περιμένουν. Το σύστημα τηλεματικής στηρίζεται στη λήψη σήματος GPS του κάθε λεωφορείου και στο πρωτόκολλο GPRS. Από αυτά εξάγουν τη γεωγραφική θέση, τον ακριβή χρόνο, ταχύτητα και την απόσταση από το σημείο αναφοράς (Υπουργείο Μεταφορών και επικοινωνιών της Ελλάδας, 2005).

Μια άλλη έρευνα για τη συγκεκριμένη εφαρμογή παρήγαγε το σύστημα EkoBus. Αναπτύχθηκε στις πόλεις του Βελιγραδίου και Pancevo σε πειραματικό στάδιο για τις IoT τεχνολογίες. Το σύστημα χρησιμοποιεί οχήματα δημόσιων μεταφορών για να παρακολουθεί μια σειρά περιβαλλοντικών παραμέτρων (CO, CO₂, NO₂, θερμοκρασία, υγρασία) σε μια μεγάλη περιοχή, καθώς επίσης και για την παροχή πρόσθετων πληροφοριών, όπως η θέση των λεωφορείων και η εκτιμώμενη ώρα άφιξης σε στάσεις λεωφορείων για τους επιβάτες. Η αρχιτεκτονική του συστήματος αυτού αποτελείται από κόμβους συνδεδεμένους με τα οχήματα. Κάθε κόμβος (αισθητήρας) στο σύστημα περιγράφεται από το σύνολο των δυνατοτήτων του (χαρακτηριστικά, παράμετροι, διαθεσιμότητα), που δημοσιεύονται και αποθηκεύονται στον κατάλογο των πόρων. Ο κατάλογος αυτός αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τη δυναμική όλων των διαθέσιμων πόρων του συστήματος σε μια δεδομένη στιγμή, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμες προς τους τελικούς χρήστες (εφαρμογές). Web και Android εφαρμογές συλλέγουν πληροφορίες από τους πόρους και τα εκτελούν με οπτικοποιημένη μορφή (θέση των οχημάτων και ατμοσφαιρικές μετρήσεις). Είναι επίσης δυνατόν να ζητήσει πληροφορίες σχετικά με την ώρα άφιξης του επόμενου λεωφορείου στις στάσεις και να τις λάβουν μέσω μηνυμάτων. Στηρίζεται σε λήψη σήματος GPS για να εξαχθεί η γεωγραφική θέση, τα ονόματα των σταθμών και ο χρόνος. Στα λεωφορεία υπάρχουν τοποθετημένα GPRS για να μπορούν να στέλλονται στη βάση δεδομένων ο μέσος

χρόνος του λεωφορείου που περνά από το συγκεκριμένο σταθμό και ο μέσος αρχικός χρόνος της διαδρομής μεταξύ δύο διαδοχικών σταθμών. Το σύστημα ανέπτυξε εφαρμογή στο κινητό παρέχοντας τη δυνατότητα οπτικοποίησης της θέσης όλων των οχημάτων στο σύστημα. Επιπρόσθετα, ανέπτυξε και μια Web εφαρμογή που είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση θέσης των λεωφορείων, την ώρα άφιξης του και τα δεδομένα που λαμβάνονται από το περιβάλλον μέσω αισθητήρα φυσικού αερίου σε ένα web browser. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να επεκταθούν ώστε να παρέχουν δημόσια ανατροφοδότηση (SmartSantander, 2012).

Μία έξυπνη πόλη λειτουργεί και στο Σανταντέρ στην Ισπανία. Μία πόλη ονομάζεται «έξυπνη» όταν χρησιμοποιούν αισθητήρες, υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα. Ανέπτυξαν διάφορες εφαρμογές όπως τη μέτρηση περιβαλλοντικών στοιχείων, της κίνησης των αυτοκινήτων και ανθρώπων, έλεγχος φωτισμού κ.ά. Αυτό που έχει σχέση με τη συγκεκριμένη μελέτη είναι η εφαρμογή για τα λεωφορεία. Κάποιος που περιμένει το λεωφορείο δεν έχει παρά να στρέψει το κινητό του προς τη στάση και αμέσως θα δει στην οθόνη ποιες γραμμές λεωφορείων τον εξυπηρετούν και σε ποιες ώρες. Κάθε λεωφορείο μεταδίδει τη θέση και την ταχύτητά του καθώς και στοιχεία για το περιβάλλον, όπως τα επίπεδα του όζοντος ή των ρύπων. (ΤΟ ΒΗΜΑ, 2013)

Σύμφωνα με το άρθρο της Κασίμη (2012) σε μια πόλη με πολύ έντονο κυκλοφοριακό πρόβλημα, επιθυμία των περισσότερων είναι η εύρεση του ταχύτερου τρόπου μετακίνησης. Μια νέα εφαρμογή για έξυπνα τηλέφωνα δίνει τη λύση, προσφέροντας εναλλακτικές για την ανεύρεση της βέλτιστης διαδρομής. Το σύστημα optitrans θα επεξεργαστεί τα στοιχεία και με τη χρήση των δεδομένων του Οργανισμού Αστικών Συγκοινωνιών Αθήνας για τα δρομολόγια των αστικών συγκοινωνιών, θα προσφέρει εναλλακτικές διαδρομές με βάση διαφορετικά κριτήρια. Οι εναλλακτικές διαδρομές που παρουσιάζονται αφορούν τον μικρότερο χρόνο διαδρομής, το χαμηλότερο κόστος διαδρομής ή τον λιγότερο χρόνο πεζοπορίας. Η πιλοτική εφαρμογή του προγράμματος ξεκίνησε τον Σεπτέμβριο του 2010 στη Μαδρίτη και τον Μάρτιο του 2011 στην Αθήνα. Σύντομα αναμένεται να λειτουργήσει σε Λονδίνο και Νέα Υόρκη. (Optitrans, 2013)

Το Next Bus σύστημα σχεδιάστηκε για να μπορούν οι χρήστες να μάθουν πότε θα φτάσει το επόμενο λεωφορείο στη στάση τους. Χρησιμοποιεί δορυφορική τεχνολογία και προηγμένα υπολογιστικά μοντέλα για να παρακολουθούν τη διαδρομή των λεωφορείων και των τρένων. Κάθε όχημα είναι εφοδιασμένο με GPS. Λαμβάνοντας υπόψη τη θέση των λεωφορείων, την απόσταση που απέχουν από τη στάση και την κυκλοφορία υπολογίζουν με υψηλό βαθμό ακρίβειας την ώρα άφιξης τους στην στάση. Οι προβλεπόμενες αφίξεις διατίθενται σε στάσεις, κινητές συσκευές, στο διαδίκτυο και σε εταιρείες. Με αυτό τον τρόπο οι επιβάτες μπορούν να φτάσουν στη στάση ακριβώς όταν έρθει το λεωφορείο έτσι εξοικονομούν χρόνο και δεν ταλαιπωρούνται. Το σύστημα αυτό λειτουργεί στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. (NextBus, χ.χ)

Το σύστημα «BUS και έρχεται» προσφέρει ένα αποδοτικό εργαλείο για τη βελτιστοποίηση των μετακινήσεων στην πόλη με λεωφορεία. Στο σύστημα αυτό ο χρήστης-επιβάτης φτιάχνει το δικό του προφίλ έτσι ώστε οι υπηρεσίες που θα του προσφέρονται να τον αντικατοπτρίζουν. Το προφίλ του χρήστη θα περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με τη φυσική

του κατάσταση, δηλαδή η ικανότητα του να περπατήσει, να ακούσει, να ανέβει σκάλες κ.ά. Το σύστημα παρέχει αναλυτικότερες και πιο αποτελεσματικές πληροφορίες ανά χρήστη στην κινητή του συσκευή σε σχέση με αυτές που δίνονται στις οθόνες των στάσεων, είναι μία επέκταση του συστήματος έξυπνων στάσεων. Οι πληροφορίες αυτές είναι να παρουσιάζει σε χάρτη τη θέση του χρήστη με τις πλησιέστερες στάσεις λεωφορείων, εμφανίζει γραφικά τη διαδρομή που ακολουθούν, ενημερώνει για την προβλεπόμενη άφιξη του επόμενου λεωφορείου με βάση τη θέση και την ταχύτητα του λεωφορείου, παρουσιάζονται γραφικά σημεία ενδιαφέροντος όπως καταστήματα, μουσεία, αξιοθέατα γύρω από μια συγκεκριμένη στάση και τέλος περιλαμβάνει πλήρη καθοδήγηση του επιβάτη όπως χρόνος διαδρομής, ταχύτητα και στάσεις. (Bus κι έρχεται, 2011)

Στο Βερολίνο, οδηγήθηκαν στην ανάγκη ανάπτυξης συστήματος για α) τον εντοπισμό πληροφοριών για τα ταξίδια-διαδρομές που κάνει ένα λεωφορείο β) την αναμενόμενη ώρα άφιξης του λεωφορείου για κάθε στάση του. Οι λόγοι που οδηγήθηκαν για την εφαρμογή του συγκεκριμένου συστήματος είναι λόγω της οδικής κυκλοφορίας στις αστικές περιοχές, για τις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες και για την διάρκεια των ταξιδιών. Υπάρχει προγραμματισμένη ώρα εκκίνησης για το λεωφορείο αλλά η ώρα άφιξης του σε μία στάση είναι αβέβαιη λόγω των πιο πάνω συνθηκών. Δεν επικεντρώθηκαν στην τοποθέτηση GPS στα λεωφορεία και σε ασύρματη επικοινωνία για τον εντοπισμό της θέσης τους είτε με ραδιοσυχνότητες RFID λόγω του κόστους. Εντοπίζουν τα λεωφορεία με την βοήθεια των επιβατών που ταξιδεύουν με το ίδιο λεωφορείο χρησιμοποιώντας μία εφαρμογή στο κινητό τους τηλέφωνο. Θα δίνουν πληροφορίες για τον χρόνο άφιξης του λεωφορείου σε μία στάση. Η βασική τους συμβολή είναι η ανθρώπινη συμμετοχή αλλά θα χρησιμοποιήσουν και αλγόριθμους για τον υπολογισμό του χρόνου από τις πληροφορίες που θα λαμβάνουν από τους επιβάτες. (Jagyasi, Kumar, Pande 2012)

Το Πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον θέλοντας να κάνει ευκολότερη τη χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς και στο ότι δεν αρέσει στους ίδιους όπως και στον υπόλοιπο κόσμο να περιμένουν σε μία στάση το λεωφορείο ή το τρένο να έρθει, ανέπτυξαν το σύστημα OneBusAway. Παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για την ώρα άφιξης των λεωφορείων και των τρένων στις στάσεις. Στόχος του συστήματος είναι η βελτίωση της χρηστικότητας των μέσων μαζικής μεταφοράς, επομένως παρέχουν εργαλεία και εφαρμογές σε ανοιχτό κώδικα για να μπορούν να βοηθήσουν και άλλοι φορείς. Έτσι αυτό το σύστημα μέρα με τη μέρα μεγαλώνει και εγκαθίσταται και σε άλλες περιοχές της Νέας Υόρκης. Ο καθένας μπορεί να έχει πρόσβαση στο σύστημα για να μάθει την ώρα άφιξης του λεωφορείου μέσω της ιστοσελίδας του συστήματος ή να καλέσει τηλεφωνικά ή να στείλει μήνυμα με την κινητή σου συσκευή ή σε Android και iPhone εφαρμογές. (OneBusAway, 2011)

Εφόσον έχουν μελετηθεί οι προηγούμενες έρευνες, για την παρούσα μελέτη κρατάμε τη λήψη σήματος από το GPS που βρίσκεται μέσα στα λεωφορεία. Τα λεωφορεία θα είναι συνδεδεμένα με τις στάσεις και θα στέλλουν σήμα GPS για τη γεωγραφική τους θέση. Ο υπολογισμός του χρόνου άφιξης θα γίνεται όπως και στα συστήματα Ekobus, τηλεματικής και του συστήματος NextBus δηλαδή, σύμφωνα με την απόσταση και το χρόνο που χρειάζεται για να αφιχθεί από μία συγκεκριμένη απόσταση. Θα υπάρχει δυνατότητα ενημέρωσης μέσω απλού μηνύματος ή μέσω οπτικοποιημένης μορφής, όπως και στο σύστημα Ekobus.

Η εφαρμογή επιλέχτηκε να υλοποιηθεί με αυτό τον τρόπο γιατί καταρχάς η διαδρομή που ακολουθούν τα λεωφορεία είναι σταθερή έτσι δεν χρειάζεται παρακολούθηση των οχημάτων. Επομένως οι αποστάσεις είναι γνωστές έτσι και το έργο γίνεται ευκολότερο. Ταυτόχρονα με τον εξοπλισμό που έχει χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση του συστήματος μπορούν να μεταφερθούν και άλλα δεδομένα, εκτός από τη θέση και την ώρα, όπως η ταχύτητα και περισσότερες συντεταγμένες. Με αυτό τον τρόπο, αργότερα οι πληροφορίες αυτές μπορεί να είναι χρήσιμες και να βελτιώσουν την προβλεπόμενη ώρα άφιξης.

Μεθοδολογία

Εργαλεία

Όπως έχει προαναφερθεί η μελέτη αυτή στηρίζεται σε πειραματική έρευνα με το σχεδιασμό και ανάπτυξη συστήματος για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος. Το σύστημα θα αποτελείται από μία βάση δεδομένων και το πρόγραμμα θα προσαρμοστεί στο περιβάλλον Arduino σε γλώσσα προγραμματισμού Java, C και C + +. Η εφαρμογή θα αναπτυχθεί για κινητές συσκευές που τρέχουν λειτουργικό σύστημα Android.

Το λειτουργικό σύστημα Android είναι η πιο δημοφιλής πλατφόρμα κινητής τηλεφωνίας στον κόσμο. Με το σύστημα αυτό μπορείς να χρησιμοποιήσεις εφαρμογές της Google ή οποιεσδήποτε άλλες που υποστηρίζουν το σύστημα αυτό. Έχει σχεδιαστεί για να κάνει τη ζωή του χρήστη πιο εύκολη σε όλα τα θέματα που αφορούν μια κινητή συσκευή (Discover Android, 2012).

Δείγμα

Η συγκεκριμένη εφαρμογή προσδιορίζει άτομα με κινητές συσκευές που τρέχουν λειτουργικό σύστημα Android. Επομένως η ηλικία παίζει σημαντικό ρόλο καθώς η κινητή συσκευή του χρήστη πρέπει να τρέχει το λειτουργικό σύστημα Android, για να μπορεί να εγκαταστήσει τη συγκεκριμένη εφαρμογή στο κινητό του. Άρα, ένας 70χρονος χρήστης το πιο πιθανό να μην έχει την κατάλληλη κινητή συσκευή για να μπορέσει να εγκαταστήσει την εφαρμογή αυτή στο κινητό του τηλέφωνο. Γενικά, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι το σύστημα προορίζεται για άτομα με ηλικία 15-55 ανεξαρτήτως φύλου.

Διαδικασία

Περιβάλλον Χρήστη

Όσον αφορά το περιβάλλον του χρήστη θα είναι όσο το δυνατό φιλικό και άμεσο προς αυτόν, εφόσον η εφαρμογή έχει να κάνει με κινητές συσκευές. Τα κουμπιά και οι επιλογές που θα έχει ο χρήστης πρέπει να είναι τα απαραίτητα. Η πλοήγηση πρέπει να είναι σύντομη και απλή το ίδιο και η λίστα. Γενικότερα το περιβάλλον πρέπει να είναι εμφανίσιμο και λειτουργικό προς τους χρήστες με κανόνες αισθητικής για να καλύπτουν το κάθε χρήστη ξεχωριστά.

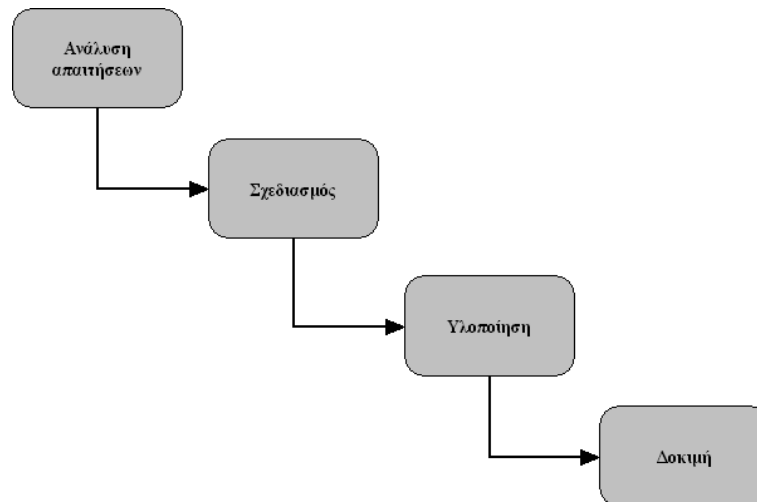
Ανάπτυξη Εφαρμογής

Η ανάπτυξη ενός λογισμικού διέρχεται από διάφορες φάσεις οι οποίες συνδέονται και εξαρτώνται μεταξύ τους. Όλη αυτή η διαδικασία ανάπτυξης ονομάζεται Κύκλος Ζωής Λογισμικού. Ο κύκλος αυτός εμπεριέχει πολλά μοντέλα, αλλά η εργασία αυτή θα επικεντρωθεί στο μοντέλο καταρράκτη. Έχει επιλεγεί αυτό το μοντέλο για το λόγο του ότι είναι δημοφιλές ιδιαίτερα για μικρά ή μεσαία μεγέθη εφαρμογών σε μικρό χρονικό διάστημα. Στο μοντέλο αυτό, κάθε διεργασία ακολουθεί η μία την άλλη χωρίς να υπάρχει δυνατότητα ανατροφοδότησης των αποτελεσμάτων κάθε διεργασίας. Αυτό το κάνει να έχει αδυναμίες και γι' αυτό το λόγο θα προστεθεί η ανάγκη για ανατροφοδότηση στην υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας. Κάθε φάση της ανάπτυξης γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζει ορθότητα και πληρότητα και ακολούθως να προχωρήσει σε επόμενο βήμα. (Γκότσης, 2005)

Με βάση το συγκεκριμένο μοντέλο το πρώτο στάδιο που είναι η Ανάλυση Απαιτήσεων εξακριβώνονται οι πραγματικές ανάγκες και ακολούθως εξάγονται οι απαιτήσεις, τα χαρακτηριστικά, που πρέπει να διαθέτει η εφαρμογή ώστε να τις καλύπτει. Η επόμενη φάση ανάπτυξης είναι ο σχεδιασμός της εφαρμογής. Η φάση αυτή ασχολείται με το πώς η εφαρμογή θα υλοποιήσει αυτά που έχουν προδιαγραφεί. Με βάση τις απαιτήσεις δημιουργείται η αρχιτεκτονική σχεδίαση καθορίζοντας τα διάφορα κομμάτια του συστήματος και την μεταξύ τους επικοινωνία. Σχεδιάζονται οι βάσεις δεδομένων και οι μέθοδοι ώστε να αναπτυχθεί το λογισμικό. Ακολούθως στη φάση υλοποίηση συνδέουμε τα διάφορα κομμάτια του συστήματος με κώδικα. Τέλος, στην δοκιμή επιτελείται η παρουσίαση και ο έλεγχος της εφαρμογής για εντοπισμό λαθών. Με την εκπλήρωση όλων των σταδίων καταλήγουμε στην ανάπτυξη του συστήματος. Το μοντέλο αυτό αναπαριστάται στην [Εικόνα 5](#) (Ευαγγέλου κ.συν., 2003).

Το μοντέλο καταρράκτη έχει κάποια αρνητικά στοιχεία ορισμένα τα οποία θα βελτιωθούν με την τροποποίηση κάποιων σταδίων για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Το πιο σημαντικό μειονέκτημα του μοντέλου είναι το γεγονός ότι δε λαμβάνει υπόψη του διαπιστώσεις και συμπεράσματα που εξάγονται κατά την ανάπτυξη και επηρεάζουν διεργασίες που έχουν προηγηθεί. Για παράδειγμα, σε περίπτωση λανθασμένης εκτίμησης κατά το σχεδιασμό της εφαρμογής και το σφάλμα αυτό αναγνωριστεί κατά την υλοποίηση, τότε το μοντέλο καταρράκτη δεν παρέχει καμία βοήθεια για τη διαχείριση του σφάλματος αυτού. Το μοντέλο αυτό δηλαδή δεν αφήνει περιθώρια για επανάληψη μιας φάσης της μετά από την απομάκρυνση από την τελευταία. Ένα επιπλέον μειονέκτημα του μοντέλου είναι ότι η υπό ανάπτυξη εφαρμογή δεν φτάνει σε επίπεδο χρήσης, παρά μόνο πολύ αργά κατά την ανάπτυξη (Γκότσης, 2005).

Μία πιθανή βελτίωση του μοντέλου μπορεί να αποτελέσει η επανάληψη κάποιων διαδικασιών σε αυτή την περίπτωση για να αποφευχθούν τα λάθη και να εξοικονομηθεί χρόνος. Η βελτίωση αυτή θα επιτρέπει τη μετάβαση και σε προηγούμενα στάδια όχι μόνο σε επόμενα είτε για διόρθωση λαθών είτε για πρόσθεση λειτουργιών αν προκύψουν αλλαγές στις προδιαγραφές (Γκότσης, 2005).



Εικόνα 5 Μοντέλο Καταρράκτη

Ανάλυση Απαιτήσεων

Βασικό χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη θέση των λεωφορείων. Η συλλογή των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, γίνεται όταν το λεωφορείο έχει απόσταση από την στάση 100 μέτρα και μπορούν να επικοινωνούν τα Xbee μεταξύ τους. Η επεξεργασία των δεδομένων που λαμβάνονται γίνεται εφόσον σταλούν τα δεδομένα και αποθηκευτούν στο αρχείο. Η επεξεργασία γίνεται στο αρχείο και αφορά τη διεύθυνση των Xbee.

Η πραγματική ανάγκη του συστήματος είναι να υπολογίζεται σωστά η προβλεπόμενη άφιξη του λεωφορείου στη στάση και ακολούθως να ενημερώνονται οι επιβάτες. Επομένως οι απαιτήσεις που εξάγονται από αυτή την ανάγκη είναι η σωστή και συνεχή επικοινωνία με τη στάση για αποστολή των δεδομένων. Δεν πρέπει για κανένα λόγο να χαθεί η επικοινωνία μεταξύ λεωφορείου και στάσης γιατί τότε τα δεδομένα χάνονται και ο επιβάτης δεν θα μάθει ποτέ το χρόνο που χρειάζεται για να φτάσει το λεωφορείο στην επόμενη στάση. Επόμενη ανάγκη είναι η σωστή επικοινωνία με τη βάση δεδομένων, εάν οποιαδήποτε πληροφορία δεν αποθηκευτεί τότε ο υπολογισμός του χρόνου άφιξης θα είναι λανθασμένος. Άλλη απαίτηση του συστήματος είναι οι σωστές μετρήσεις των αποστάσεων μεταξύ των στάσεων για υπολογισμό του χρόνου. Πρέπει να αποθηκευτούν οι πραγματικές αποστάσεις έτσι ώστε ο προβλεπόμενος χρόνος άφιξης να είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στον πραγματικό χρόνο άφιξης του λεωφορείου.

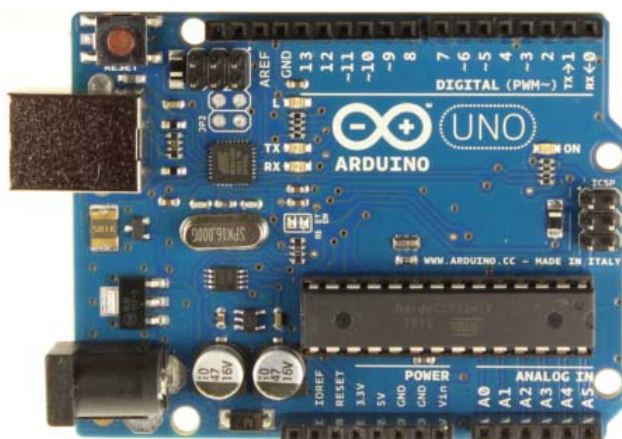
Η εφαρμογή είναι απαραίτητο να είναι ελκυστική και εύχρηστη παρέχοντας τη δυνατότητα χρήσης από οποιονδήποτε ανεξαρτήτως της εμπειρίας, των δυνατοτήτων και των ιδιοτεροτήτων του. Ταυτόχρονα να είναι αποδοτική στο χρόνο απόκρισης και να είναι χρήσιμη για όλους τους εμπλεκόμενους αφού οι επιβάτες των λεωφορείων θα κερδίζουν χρόνο από την μέρα τους, θα αποφεύγεται η ταλαιπωρία και επίσης χρήσιμη για τις εταιρείες και τους οργανισμούς των λεωφορείων που θα αξιοποιούν καλύτερα το δυναμικό τους.

Σχεδιασμός

Για να υλοποιηθεί η εφαρμογή με αυτά που έχουν προδιαγραφεί πρέπει να έχουμε στο διάθεση μας τον κατάλληλο εξοπλισμό. Πιο συγκεκριμένα ο εξοπλισμός που θα βοηθήσει στην υλοποίηση του συστήματος είναι η πλατφόρμα Arduino μέσω της οποίας θα επιτυγχάνεται η συλλογή και η επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων κινητών και σταθερών μέρων του συστήματος για σκοπούς ανταλλαγής των δεδομένων αυτών.

Arduino

Το Arduino, είναι μία φυσική υπολογιστική πλατφόρμα που βασίζεται σε ένα απλό ενσωματωμένο μικροελεγκτή και ένα περιβάλλον ανάπτυξης για τη σύνταξη του λογισμικού. Το περιβάλλον Arduino έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι εύκολη στη χρήση για τους αρχάριους προγραμματιστές που δεν έχουν καμία εμπειρία με λογισμικό ή και ηλεκτρονικά. Με το Arduino, μπορείς να δημιουργήσεις αντικείμενα που μπορούν να αντιμετωπίσουν ή και να ελέγξουν το φως, τον ήχο, την αφή και την κίνηση. Η πλατφόρμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη διαδραστικών αντικειμένων, λαμβάνοντας ως είσοδο μια ποικιλία από διακόπτες ή αισθητήρες. Είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα και επεκτάσιμο. Η γλώσσα στο περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino μπορεί να επεκταθεί μέσω της γλώσσας προγραμματισμού C και C++. Το περιβάλλον ανάπτυξης IDE δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να γράψουν και να επεξεργαστούν κώδικα και εν συνεχεία οι εντολές να μετατραπούν σε οδηγίες που το Arduino καταλαβαίνει. Υπάρχουν διάφορα είδη πλατφόρμων: Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Due, Arduino Esplora, Arduino Mega 2560, Arduino Mega ADK, Arduino Ethernet, Arduino Mini, LilyPad Arduino, Micro, nano, Pro Mini, Pro, Fio. Η συγκεκριμένη μελέτη θα ασχοληθεί με την πλατφόρμα Arduino UNO. (Aruiuno, 2012)



Εικόνα 6 Πλατφόρμα Arduino

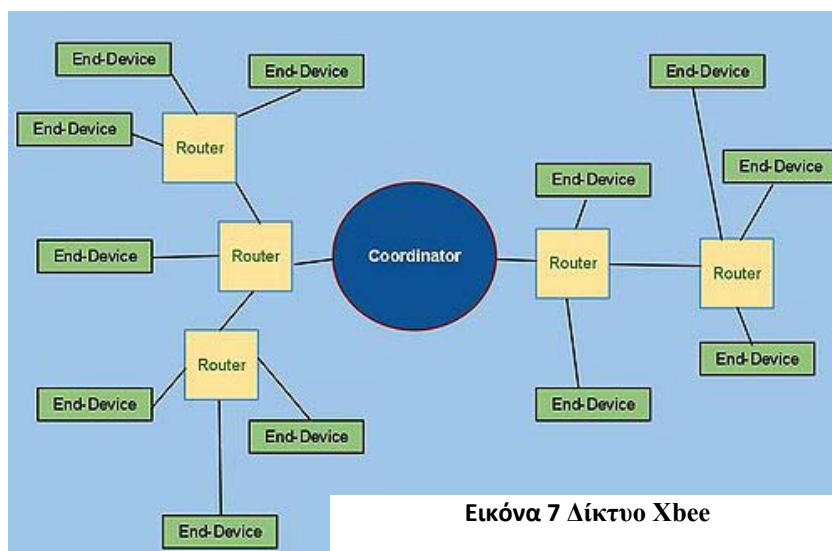
Xbee

Το Xbee Shield επιτρέπει σε μία πλατφόρμα Arduino να επικοινωνήσει ασύρματα με ένα άλλο Xbee. Μπορεί να επικοινωνήσει σε απόσταση έως και 100 πόδια σε εσωτερικούς και έως 300 πόδια σε εξωτερικούς χώρους. Το Zigbee χρησιμοποιεί το πρότυπο 802.15.4 για την επίτευξη της ασύρματης επικοινωνίας. Για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο κανάλι και δίκτυο, δηλαδή όλες οι συσκευές να έχουν έναν ενιαίο Pan ID. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα τοποθετηθεί ένα στο λεωφορείο και ένα στη στάση. Όταν πλησιάσει το λεωφορείο στη στάση τότε θα του στείλει τα δεδομένα της θέσης του. (Arduino, 2012)

Οι Xbee συσκευές είναι κατάλληλες για επικοινωνία ένα προς ένα και ένα προς πολλούς. Ένα δίκτυο Xbee αποτελείται από τρεις διαφορετικούς τύπους Xbee: Xbee Coordinator, Xbee router, Xbee End device. Η συσκευή coordinator είναι η πιο δυνατή αφού αποτελεί τη ρίζα του δικτύου και μπορεί να γεφυρώσει σε άλλα δίκτυα. Είναι η συσκευή που δημιουργεί το δίκτυο. Επιλέγει ένα κανάλι RF και ένα Pan ID για να μπορέσουν οι άλλες συσκευές (router, end device) να ακολουθήσουν με το ίδιο Pan ID. Είναι αυτός που λαμβάνει και αποθηκεύει τα δεδομένα που στέλλονται μέσω του δικτύου. Η συσκευή router εκτελεί μία εφαρμογή και να μεταδώσει δεδομένα από άλλες συσκευές, να λειτουργεί σαν ενδιάμεσος δρομολογητής. Η συσκευή end device δεν μπορεί να αναμεταδώσει δεδομένα από άλλες συσκευές και έχει ελάχιστη μνήμη. Πρέπει να ενταχθεί στη λειτουργία της συσκευής router. Ένα δίκτυο αποτελείται από ένα coordinator και από ένα σύνολο routers και end devices όπως βλέπουμε και στην [Εικόνα 7](#). (Seed Studio, 2011 και Mayalarp et al, 2010)

Κάθε συσκευή έχει μία μοναδική διεύθυνση (Mac Address) σε μορφή 64 bit και όταν ενωθεί με το δίκτυο παίρνει και μία δεύτερη διεύθυνση σε 16αδική μορφή. Η μορφή της διεύθυνσης που κάνει μοναδικό ένα Xbee έχει την μορφή: 0013A20040CC5446. Οι μοναδικές διευθύνσεις σε αυτή την περίπτωση θα χρησιμοποιηθούν στα λεωφορεία έτσι ώστε να είναι μοναδικά για τον καθένα και να μπορούν να ξεχωρίζουν. (Arduino, 2012)

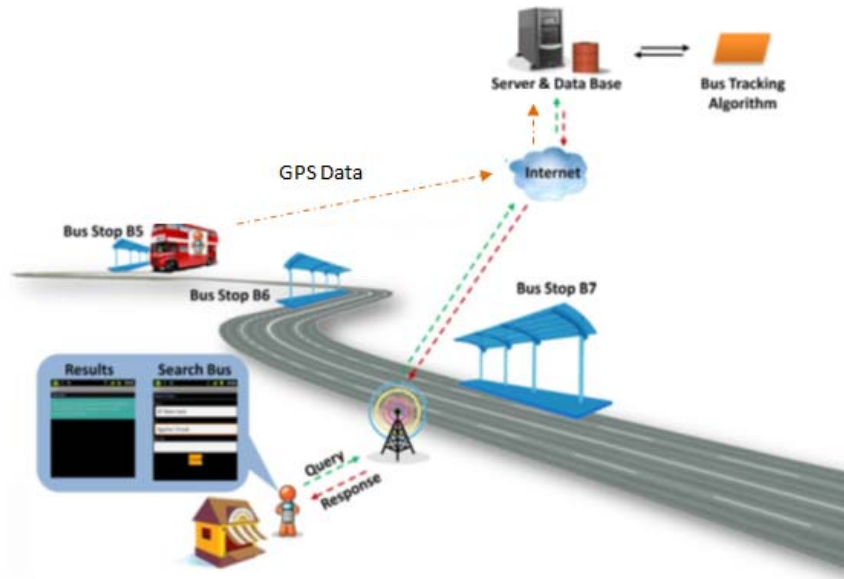
Η Xbee συσκευή μπορεί να λειτουργήσει σε κατάσταση εντολών AT ή σε λειτουργία API. Στην κατάσταση AT όταν σταλούν τα πακέτα δεν στέλλετε η διεύθυνση προορισμού ενώ στην λειτουργία API περιέχει τις απαραίτητες λειτουργίες όπως τη διεύθυνση προορισμού. Στη παρούσα μελέτη η συσκευή coordinator που θα είναι η συσκευή που θα λαμβάνει θα είναι σε λειτουργία API για να γνωρίζει από ποιο λεωφορείο έχει πάρει δεδομένα μέσω της μοναδικής διεύθυνσης του. Από την άλλη ο αποστολέας θα είναι η συσκευή router σε λειτουργία AT. (Pham, χ.χ)



Εικόνα 7 Δίκτυο Xbee

Αρχιτεκτονική Σχεδίαση

Στην [Εικόνα 8](#) απεικονίζεται η αρχιτεκτονική σχεδίαση του συστήματος. Το λεωφορείο καθώς πλησιάζει τη στάση του στέλλει τα δεδομένα του GPS δηλαδή τη θέση, την ώρα, την ημερομηνία και τον μοναδικό αριθμό του λεωφορείου. Έπειτα αυτά στέλλονται στη βάση και αποθηκεύονται και υπολογίζεται ο μέσος χρόνος άφιξης του για τις επόμενες στάσεις που έχει να περάσει. Ο χρόνος αυτός ακολούθως στέλλεται σε οποιοδήποτε επιβάτη έκανε αναζήτηση με τη κινητή του συσκευή για το συγκεκριμένο λεωφορείο.



Εικόνα 8 Αρχιτεκτονική Σχεδίαση

Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων

Η Βάση Δεδομένων θα περιέχει τέσσερις πίνακες. Ο πρώτος πίνακας αφορά τα λεωφορεία και ονομάζεται Buses . Στον πίνακα Buses θα αποθηκεύονται τα δεδομένα της μοναδικής διεύθυνσης του λεωφορείου (mac address) που παίρνουμε από το Xbee, αυτό θα είναι και το πρωτεύον κλειδί του πίνακα. Επίσης θα αποθηκευτεί ο ενιαίος αριθμός του Pan_id για την επικοινωνία με τη στάση, ποια είναι η τελευταία στάση που έχει περάσει το λεωφορείο και η ώρα αυτή. Ο επόμενος πίνακας είναι ο GPS Logs και αφορά τα δεδομένα της λήψης του GPS. Σε αυτό τον πίνακα θα αποθηκεύονται η θέση, η ώρα η διεύθυνση του λεωφορείου και η ημερομηνία. Επομένως η πρώτη σχέση που δημιουργείται είναι ο πίνακας Buses με τον πίνακα GPS Logs με το πεδίο Unique Bus id. Άλλος πίνακας είναι ο Routes που αφορά τα δρομολόγια. Στον πίνακα Routes θα αποθηκεύονται η λίστα των στάσεων με την απόσταση μεταξύ τους, το όνομα της διαδρομής που είναι και το πρωτεύον κλειδί του πίνακα και μία περιγραφή της διαδρομής. Ο τελευταίος πίνακας είναι ο Bus Stops που αφορά τις στάσεις και θα κρατάει τις πληροφορίες της λίστας των διαδρομών, τη θέση της και την προβλεπόμενη ώρα άφιξης.

<table border="1"> <thead> <tr><th>Buses</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Unique Bus_id</td></tr> <tr><td>Pan_id_xbee_bus</td></tr> <tr><td>Last stop-route id</td></tr> <tr><td>Last Arrival Time</td></tr> </tbody> </table>	Buses	Unique Bus_id	Pan_id_xbee_bus	Last stop-route id	Last Arrival Time	<table border="1"> <thead> <tr><th>Routes</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>List of bus stops</td></tr> <tr><td>Route_id</td></tr> <tr><td>Distance between them</td></tr> <tr><td>Description</td></tr> </tbody> </table>	Routes	List of bus stops	Route_id	Distance between them	Description
Buses											
Unique Bus_id											
Pan_id_xbee_bus											
Last stop-route id											
Last Arrival Time											
Routes											
List of bus stops											
Route_id											
Distance between them											
Description											
<table border="1"> <thead> <tr><th>GPS Logs</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Unique Bus_id</td></tr> <tr><td>Time</td></tr> <tr><td>Location</td></tr> <tr><td>Date</td></tr> </tbody> </table>	GPS Logs	Unique Bus_id	Time	Location	Date	<table border="1"> <thead> <tr><th>Bus Stops</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>List of routes</td></tr> <tr><td>Location</td></tr> <tr><td>Average Waiting Time</td></tr> <tr><td></td></tr> </tbody> </table>	Bus Stops	List of routes	Location	Average Waiting Time	
GPS Logs											
Unique Bus_id											
Time											
Location											
Date											
Bus Stops											
List of routes											
Location											
Average Waiting Time											

Πίνακας 1 Βάση Δεδομένων

Πίνακας 2 Υπολογισμός μέσου χρόνου

Last Stop	Last Arrival Time	Time	Unique Bus id	Bus stops	Distance	Date
G	09:10	09:40	0013A20040CC5446	A	20Km	22/4/2013
G	09:06	09:34	0013A20040BA5875	A	20Km	23/4/2013
G	09:12	09:42	0013A20040KM1579	A	20Km	24/4/2013
G	09:10	09:38	0013A20040CC5446	A	20Km	25/4/2013

Για να υπολογιστεί ο μέσος χρόνος από τα δεδομένα της βάσης δεδομένων του συστήματος πρέπει να πάρουμε τα πεδία Last stop και Last Arrival Time από τον πίνακα Buses. Ακολουθώντας, από τον πίνακα GPS Logs χρειαζόμαστε τα πεδία Time, Unique Bus id και Date. Ταυτόχρονα από τον πίνακα Routes τα πεδία Bus stops και Distance. Επομένως, σύμφωνα με τα στοιχεία του

Πίνακας 2 από την στάση G ο μέσος χρόνο που χρειάζεται ένα λεωφορείο για να φτάσει στην στάση A είναι 29 λεπτά από την ώρα που φτάνει στην στάση G. Ο χρόνος άφιξης που έχει υπολογισθεί καταχωρείται στον πίνακα Bus Stops της βάσης δεδομένων στο πεδίο Average Waiting Time για να μπορεί να σταλθεί έπειτα στο χρήστη που θα ζητήσει την ώρα άφιξης για τη συγκεκριμένη στάση του λεωφορείου.

Υλοποίηση

Τα κομμάτια που έχουν υλοποιηθεί με κώδικα, μέχρι στιγμής είναι η λήψη σήματος από το GPS, η επικοινωνία και η αποστολή δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε κώδικας για την λήψη σήματος GPS όπου λαμβάνεται η θέση και η ώρα. Ο κώδικας αυτός φορτώνεται στο Arduino του λεωφορείου και αποθηκεύει τα δεδομένα του GPS σε πίνακα κάθε ένα λεπτό. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται σε ένα αρχείο και αφού το λεωφορείο περάσει από μία στάση του στέλνει τα δεδομένα. Τα δεδομένα της λήψης έχουν την μορφή:

33.14 34.33 10 12. Τα πρώτα δύο στοιχεία καθορίζουν τις συντεταγμένες της θέσης του λεωφορείου και τα άλλα δύο την ώρα και τα λεπτά.

Ταυτόχρονα, υλοποιήθηκε το κομμάτι της επικοινωνίας του λεωφορείου με της στάσης. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιήθηκε ως PAN ID από τα Xbee το 1111, καθορίστηκαν τα Xbee Router AT και Xbee Coordinator API και εφόσον έχει φορτωθεί ο κώδικας από τον Router και βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους, ο Coordinator λαμβάνει τα δεδομένα.

Εφόσον το Xbee της στάσης βρίσκεται σε λειτουργία API πρέπει να αποθηκεύεται και η διεύθυνση του Xbee που στέλλει τα δεδομένα. Στο πακέτο που στέλλει το λεωφορείο στη στάση βρίσκεται και η διεύθυνση την οποία πρέπει να την παίρνουμε και να την αποθηκεύουμε. Επομένως, υλοποιήθηκε κώδικας για την εύρεση της διεύθυνση του Xbee στο λεωφορείο. Η διεύθυνση που λαμβάνεται έχει την μορφή: 00#13#a2#00#40#4c#54#32 και αποθηκεύεται στο αρχείο για να γίνει επεξεργασία. Ο κώδικας αυτό φορτώνεται στο Xbee της στάσης με αυτόν που λαμβάνει τα δεδομένα.

Στην συνέχεια, εφόσον ολοκληρώθηκαν όλα τα κομμάτια του κώδικα έγινε η δοκιμή. Αρχικά, φτιάχτηκε η βάση δεδομένων όπου με τις πληροφορίες που έχουν δοθεί από την υπηρεσία αστικών συγκοινωνιών συμπληρώθηκαν οι πίνακες που αφορούν τις διαδρομές και τις στάσεις των λεωφορείων. Έπειτα, τοποθετήθηκε το Arduino με το GPS σε αυτοκίνητο και το Xbee σε μία στάση. Αφού το αυτοκίνητο κόντεψε τη στάση στα 100 μέτρα άρχισε η επικοινωνία μεταξύ των Xbee. Έτσι λήφθηκαν τα δεδομένα, στάλθηκαν στη βάση και αποθηκεύτηκαν στους κατάλληλους πίνακες.

Μελλοντική Έρευνα

Η εφαρμογή θα ολοκληρωθεί μέσα στο καλοκαίρι του 2013 αφού ο χρόνος δεν ήταν επαρκής για την ολοκλήρωση του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα θα επιτευχθεί και το Android κομμάτι της εφαρμογής για τις κινητές εφαρμογές

Βιβλιογραφία

- Android. (2012). Discover Android. Ανακτήθηκε 10 Νοεμβρίου, 2012 από <http://www.android.com/about/> .
- Arduino, (2012). What is Arduino. Ανακτήθηκε 28 Μαρτίου, 2013 από <http://arduino.cc/en/Guide/Introduction> .
- Arduino, (2012). Xbee Shield. Ανακτήθηκε 28 Μαρτίου, 2013 από <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoXbeeShield> .
- Bus κι έρχεται, (2011). Οι υπηρεσίες. Ανακτήθηκε 12 Μαρτίου, 2013 από <http://www.busfinder.gr/service> .
- Γκότσης, Γ. (2005). *Μηχανική υπερμέσων Συστημάτων Δομικού Υπολογισμού* (Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών)., 43-46, Ανακτήθηκε 9 Νοεμβρίου, 2012 από <http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/147/1/273.pdf> .
- Curran, K., & Knox, J. (2008). Disruption tolerant networking. *Computer and Information Science, 1*(1), P69 .
- Ευαγγέλου, Χ. κ.συν., (επιμ.).(2003). *Εισαγωγή στην Ανάλυση και Σχεδίαση Πληροφοριακών Συστημάτων*, 9-10, Πανεπιστήμιο Κύπρου: Τμήμα Πληροφορικής, Ανακτήθηκε 16 Νοεμβρίου, 2012 από <http://www.scribd.com/doc/52173092/11/%CE%9A%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%82-%CE%96%CF%89%CE%AE%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%91%CE%BD%CE%AC%CF%80%CF%84%CF%85%CE%BE%CE%B7%CF%82-%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8E%CE%BD-%CE%A3%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%82%B5%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD> .
- Fall, K. (2003). A delay-tolerant network architecture for challenged internets. *Proceedings of the 2003 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications*, 27-34 .
- Garmin, (χ.χ). What is GPS. Ανακτήθηκε 6 Νοεμβρίου, 2012 από <http://www8.garmin.com/aboutGPS/> .
- Glasscoe, M. (1998). How does it work?. Ανακτήθηκε 6 Νοεμβρίου, 2012 από <http://scign.jpl.nasa.gov/learn/gps2.htm> .
- Jagyasi, B. G., Kumar, V., & Pande, A. (2012). Human participatory sensing in fixed route bus information system. In *Communication Technologies for Vehicles* (pp. 113-123). Springer Berlin Heidelberg .

- Κασίμη, Α. (2012). Νέα εφαρμογή για έξυπνα τηλέφωνα αναζητά τη βέλτιστη διαδρομή. *Η Καθημερινή*. [Διαδίκτυο], 28 Ιανουαρίου
Ανακτήθηκε 12 Μαρτίου, 2013 από http://www.optitrans-fp7.eu/images/stories/optitrans/Kathimerini_article2_colour.pdf .
- Kevin, A. (1999). That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*, Ανακτήθηκε 10 Νοεμβρίου, 2012 από <http://www.rfidjournal.com/article/view/4986> .
- Mayalarp, V., Limpaswadpaisarn, N., Poombansao, T., & Kittipiyakul, S. (2010, May). Wireless mesh networking with XBee. In *2nd ECTI-Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2010), Pattaya, Chonburi, Thailand* (pp. 10-12). Ανακτήθηκε 12 Μαρτίου, 2013 από http://moitasvenda.net/arquivos/documentos/mesh/Wireless.Mesh.Networking.with.XBee-final_ZBNetwk_100328.pdf .
- NextBus, (χ.χ). How NextBus works. Ανακτήθηκε 12 Μαρτίου, 2013 από <http://news.nextbus.com/how-nextbus-works-2/> .
- OneBusAway, (2011). Where is your Bus. Ανακτήθηκε 26 Μαρτίου, 2013 από <http://onebusaway.org/> .
- OPTITRANS, (2013). Optitrans Project. Ανακτήθηκε 12 Μαρτίου, 2013 από <http://www.optitrans-fp7.eu/index.php/project/about> .
- Pham, C. (χ.χ). Getting started with the XBee 802.15.4 (serie 1) communication module. Ανακτήθηκε 8 Απριλίου, 2013 από <http://web.univ-pau.fr/~cpham/ENSEIGNEMENT/PAU-UPPA/RESA-M2/XBee.html> .
- Seeed Studio, (2011). Zigbee Networking with XBee Series 2 and Seeed's Products. Ανακτήθηκε 28 Μαρτίου, 2013 από http://www.seeedstudio.com/wiki/Zigbee_Networking_with_XBee_Series_2_and_Seed%27s_Products .
- SmartSantander, (2012). Open Call to select experiments for the FP7 SmartSantander project. , 10, Ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου, 2012 από <http://www.smartsantander.eu/index.php/testbeds/item/135-belgrade-summary> .
- Team, A. G. I. C. (2004). *Fundamentals of global positioning system receivers: A software approach* Wiley-Interscience. Ανακτήθηκε 6 Νοεμβρίου, 2012 από http://cs5517.userapi.com/u133638729/docs/f1f4396e704e/James_BaoYen_Tsui_Fundamentals_of_Global_Positi.pdf .
- TO ΒΗΜΑ, (2013). Στην Ισπανία, η «έξυπνη πόλη» του μέλλοντος λειτουργεί ήδη. *Το Βήμα*. [Διαδίκτυο], 15 Μαρτίου
Ανακτήθηκε 15 Μαρτίου, 2013 από <http://www.tovima.gr/world/article/?aid=503113>

- Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών Γραφείο Τύπου, (2005).*Σημείωμα για το Ολοκληρωμένο Σύστημα Τηλεματικής στον ΟΑΣΘ*. Ελλάδα: Θεσσαλονίκη, Ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου, 2012 από <http://www.yme.gr/getfile.php?id=1475> .
- Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., Jubert, I., Mazura, M., Harrison, M., Eisenhauer, M. (2009). Internet of things strategic research roadmap. *Internet of Things: Global Technological and Societal Trends*, 9. Ανακτήθηκε 6 Νοεμβρίου, 2012 από http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2009.pdf .
- Zhang, X., Kurose, J., Levine, B. N., Towsley, D., & Zhang, H. (2007). Study of a bus-based disruption-tolerant network: Mobility modeling and impact on routing. *Proceedings of the 13th Annual ACM International Conference on Mobile Computing and Networking*, 195-206 .