



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
Δ.Π.Μ.Σ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΜΑΘΗΜΑ: ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α. Α. ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ

UNIVERSITY OF MACEDONIA
MASTER IN INFORMATION SYSTEMS
COURSE: COMPUTER NETWORKS
PROFESSOR A. A. ECONOMIDES

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

«REAL CASES OF SENSOR NETWORKS FOR SMART CITIES»
«ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ
ΓΙΑ ΕΞΥΠΝΕΣ ΠΟΛΕΙΣ»



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : ΧΑΡΜΑΝΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (mis18016)

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2018

Περίληψη

Η ραγδαία αύξησή του πληθυσμού σε συνάρτηση με την συγκέντρωση της πλειονότητας του στις μεγαλουπόλεις δημιούργησαν μια πληθώρα προβλημάτων σε αυτές. Οι όλο και περισσότερο αυξανόμενες ανάγκες των πολιτών και παράλληλα η εξέλιξη της τεχνολογίας είχαν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία των Smart Cities. Έτσι προκλήθηκε η αύξηση της ζήτησης φορητών συσκευών όπως αισθητήρων και Smartphones οδηγώντας σε μια εποχή όπου όλες οι συσκευές θα είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του διαδικτύου, δηλαδή στην εποχή του Internet Of Things (IoT).

Σε αυτή την εργασία θα δούμε τι ακριβώς είναι οι Έξυπνες Πόλεις (Smarts cities) και ποιες είναι οι υπηρεσίες που προσφέρονται από αυτές. Στην συνέχεια θα δούμε την τεχνολογική αρχιτεκτονική που είναι πανομοιότυπη σε όλες της Smarts cities και τους διαφορετικούς τύπους αισθητήρων που μπορούν να υπάρχουν σε αυτές. Έπειτα θα δούμε ποια είναι τα πιο συνήθης πρότυπα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται σε μια Smart City όπου εκεί θα γίνει και μια σύγκριση μεταξύ τους. Τέλος θα δούμε τα βασικά τεχνολογικά χαρακτηριστικά (αρχιτεκτονική, αισθητήρες, πλατφόρμα) από τέσσερις Smarts cities, το Τέλ-αβιβ, την Βαρκελώνη, το Ντουμπάι και τα Τρίκαλα κάνοντας και μια συμπερασματική συγκριτική ανάλυση.

Abstract

The rapid increase in the population as a result of the concentration of the majority of the population in large cities has created a multitude of problems in them. The ever-increasing needs of citizens and the development of technology have resulted in the creation of Smart Cities. This has led to an increase in the demand for portable devices such as sensors and smartphones, leading to a time when all devices will be able to communicate with each other over the Internet, that is, in the Internet of Things era.

In this paper we will see exactly what Smart Cities are and what services are offered by them. We will then look at the technological architecture that is all-encompassing in all of Smarts cities and the different types of sensors that can be found in them. Then we will see what are the most common communication standards used in a Smart City where there will be a comparison between them. Finally, we will see the key technological features (architecture, sensors, and platform) from four Smarts cities, Tel Aviv, Barcelona, Dubai and Trikala, and make a compelling comparative analysis.

Περιεχόμενα

1.Πρόλογος.....	5
2.Εισαγωγή στις έξυπνες πόλεις (Smart Cities).....	6
2.1 Η τεχνολογική αρχιτεκτονική των Smart Cities.....	8
2.2 Οι διαφορετικοί τύποι αισθητήρων που υπάρχουν σε μια Smart City.....	8
2.3 Πρότυπα Επικοινωνίας των Smart Cities και Σύνδεση πληροφοριών.....	9
3. Περίπτωση 1 : Smart City Τελ Αβίβ – Ισραήλ.....	10
4. Περίπτωση 2 : Smart City Βαρκελώνη – Ισπανία.....	12
5. Περίπτωση 3 : Smart City Ντουμπάι - Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα.....	13
6. Περίπτωση 4 : Smart City Τρίκαλα – Ελλάδα.....	15
7. Συμπεράσματα - Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	17
8. Βιβλιογραφία.....	18

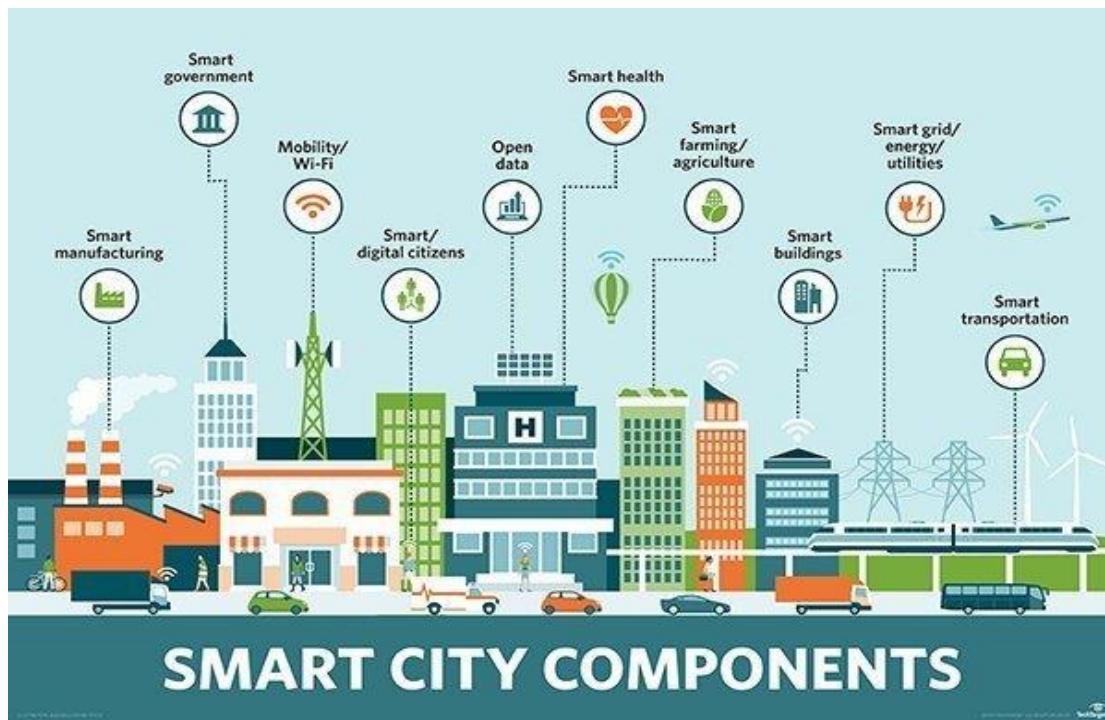
1.Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια υπήρξε μεγάλη δραστηριότητα γύρω από την έννοια της Έξυπνης Πόλης. Οι πόλεις αναγνωρίζονται και αξιολογούνται πια ως μελλοντικές “Έξυπνες Πόλεις”. Θεωρητικά τουλάχιστον, οι έξυπνες πόλεις μπορούν να αλλάξουν θεμελιωδώς τη ζωή μας σε πολλά επίπεδα, όπως λιγότερη ρύπανση, σκουπίδια, προβλήματα στάθμευσης, περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας, ασφάλεια κλπ. Παρόλο που η προοπτική δείχνει να είναι καταγιστική, η εφαρμογή της έννοιας της έξυπνης πόλης σε όλο τον κόσμο ήταν στην καλύτερη περίπτωση αποσπασματική, για διάφορους λόγους. Όποια και αν είναι η εξέλιξη της εφαρμογής Έξυπνης Πόλης σε παγκόσμιο επίπεδο, τα Big Data και το Internet of Things (IoT) είναι αυτά που θα οδηγήσουν την υλοποίηση της. Τα μεγάλα δεδομένα και το IoT θα συνεργαστούν με το κατάλληλο software και hardware για να οδηγήσουν το όραμα της Έξυπνης Πόλης σε καρποφορία.

Εκεί βρίσκεται σήμερα η ουσία των πραγμάτων. Στα Big Data και στο IoT που θα επιτρέψει συνολικές επεξεργασίες και επίλυση μεγάλων προβλημάτων.

Η συλλογή δε αυτή θα οδηγήσει και σε μια τεράστια μείωση του κόστους καθώς ο όποιος μελετητής θα έχει άπειρα δεδομένα στην διάθεσή του χωρίς κανένα κόπο και κόστος και θα μπορεί να δώσει πολύ γρήγορα μια αξιόπιστη λύση.

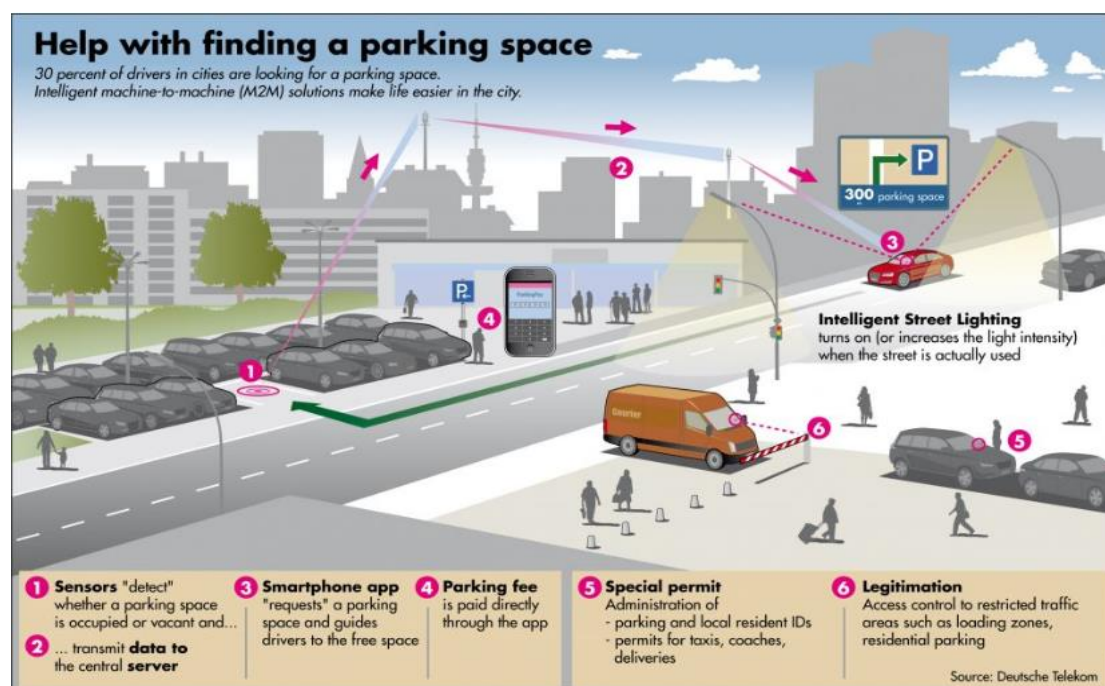
Τέλος η μελέτη, η καταγραφή και η ανάλυση της δομής των Έξυπνων Πόλεων και των βασικών τεχνολογικών χαρακτηριστικών τους (αρχιτεκτονική, αισθητήρες, πλατφόρμα) σε κάθε μελέτη περίπτωσης, θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας αυτών των Έξυπνων Πόλεων.



2.Εισαγωγή στις έξυπνες πόλεις (Smart Cities)

Μια έξυπνη πόλη είναι ένας δήμος που χρησιμοποιεί τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών για να αυξήσει την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα, να μοιραστεί πληροφορίες με το κοινό και να βελτιώσει τόσο την ποιότητα των κυβερνητικών υπηρεσιών όσο και την ευημερία των πολιτών. Ενώ ο ακριβής ορισμός ποικίλλει, η πρωταρχική “αποστολή” μιας έξυπνης πόλης είναι να βελτιστοποιήσει τις λειτουργίες της πόλης και να προωθήσει την οικονομική ανάπτυξη, βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα ζωής των πολιτών της χρησιμοποιώντας έξυπνη τεχνολογία (smart technology) και ανάλυση δεδομένων (data analysis). Αναδυόμενες τάσεις όπως η αυτοματοποίηση, η μηχανική μάθηση και το internet of things (IoT) οδηγούν στην ανάγκη της μετατροπής των πόλεων σε Smart Cities.[1]

Θεωρητικά, κάθε διαχειρίσιμη περιοχή της πόλης μπορεί να ενσωματωθεί σε μια Smart City. Ένα κλασικό παράδειγμα είναι ο έξυπνος χώρος στάθμευσης που χρησιμοποιεί μια εφαρμογή για να βοηθήσει τους οδηγούς να βρουν διαθέσιμους χώρους στάθμευσης χωρίς να χρειάζεται ο οδηγός να κάνει κύκλους.[1]

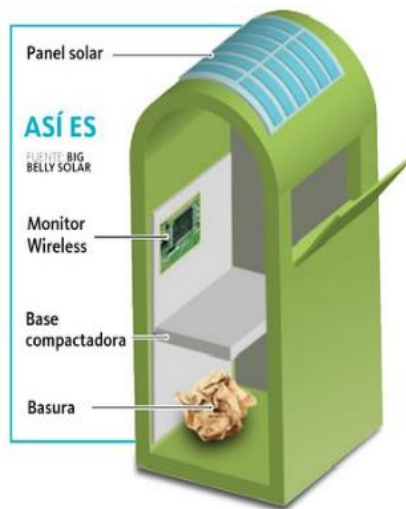


Η πόλη της Πίζας μαζί με την Deutsche Telekom συνεργάστηκαν για να εγκαταστήσουν τη νέα smart city υπηρεσία στην Piazza Carrara. Οι αισθητήρες στο πάτωμα κάθε σημείου στάθμευσης εντοπίζουν αν είναι ελεύθερο ή κατειλημμένο. Το σύστημα θα βοηθήσει τους οδηγούς στην Πίζα να βρουν έναν ελεύθερο χώρο στάθμευσης πιο εύκολα και πιο γρήγορα από πριν, καθώς και να το πληρώσουν μέσω του έξυπνου τηλεφώνου τους.[2]

[1] <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-city>

[2] <http://telematicswire.net/pisa-and-deutsche-telekom-launch-6-month-smart-city-pilot-project-to-optimize-city-parking/>

Οι Smart Cities στοχεύουν επίσης στην παρακολούθηση και αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων όπως η κλιματική αλλαγή και η ατμοσφαιρική ρύπανση. Η διαχείριση των αποβλήτων της πόλης μπορεί επίσης να βελτιωθεί με την έξυπνη τεχνολογία, με τη χρήση δοχείων απορριμμάτων που συνδέονται με το διαδίκτυο και με συστήματα διαχείρισης που επιτρέπουν τη συλλογή και απομάκρυνση των αποβλήτων.[1]



Σύμφωνα με το νέο σχέδιο των ΗΠΑ που πρόκειται να αναπτυχθεί στη Χιλή για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης αποβλήτων, θα υπάρχουν αυτές οι συσκευές (που βλέπουμε στην εικόνα δίπλα) οι οποίες είναι σε θέση να βελτιστοποιήσουν τον αποθηκευτικό χώρο, συμπιέζοντας αυτόματα τα απόβλητα με πίεση 570 κιλών χρησιμοποιώντας ηλιακή ενέργεια. Επιπλέον, το σύστημα εκδίδει ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο μέσω email στο προσωπικό συλλογής μόλις τα δοχεία γεμίσουν.[3]

Η τεχνολογία των Smart Cities χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για τη βελτίωση της δημόσιας ασφάλειας με τον βοήθεια αισθητήρων, από την παρακολούθηση των περιοχών υψηλής εγκληματικότητας έως τη μείωση του χρόνου ετοιμότητας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.[1]

Τα έξυπνα κτίρια αποτελούν επίσης συχνά μέρος ενός smart city project. Τα νέα κτίρια κατασκευασμένα με αισθητήρες, όχι μόνο μπορούν να διασφαλίζουν τη δημόσια ασφάλεια, αλλά μπορούν και να παρακολουθούν τη δομική υγεία των κτιρίων. Η τοποθέτηση αισθητήρων σε κτίρια και άλλες κατασκευές μπορεί να ανιχνεύσει τη φθορά και να ενημερώσει τους υπαλλήλους όταν χρειάζονται επισκευές. Οι πολίτες μπορούν να βοηθήσουν σε αυτό το θέμα, ειδοποιώντας τους υπαλλήλους μέσω μιας smart city εφαρμογής όταν χρειάζονται επισκευές σε κτίρια και δημόσιες υποδομές. Οι αισθητήρες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση διαρροών σε δίκτυα ύδρευσης και σε άλλα συστήματα σωληνώσεων, συμβάλλοντας στη μείωση του κόστους και στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των εργαζομένων.



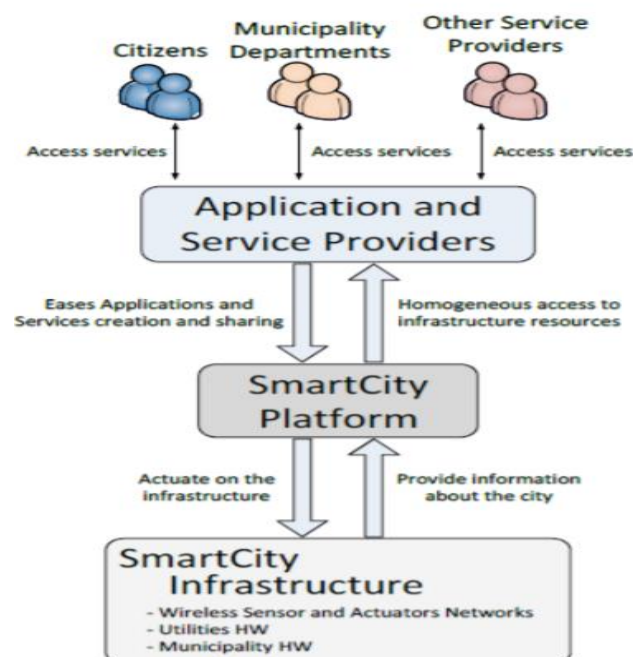
[4]

[3] <http://blog.bigbelly.com/smart-bins-compact-waste-using-solar-energy-bigbelly-in-chile>

[4] <http://blueapp.io/blog/smart-buildings-automate-operations-with-iot-solutions/>

2.1. Η τεχνολογική αρχιτεκτονική των Smart Cities

Η τεχνολογική αρχιτεκτονική των Smart Cities συνδέεται με το Information and Communication Technology (ICT), το Internet of Things (IoT), το Wireless Sensor Network (WSN) και άλλα, βέβαια αυτή μπορεί να διαφέρει από πόλη σε πόλη αλλά κατά κύριο λόγο όλες ακολουθούν το παρακάτω πρότυπο. Τα επίπεδα της τεχνολογικής αρχιτεκτονικής των Smart Cities είναι: 1) οι αισθητήρες, 2) το δίκτυο και 3) οι εφαρμογές. Οι αισθητήρες συλλέγουν τα δεδομένα μέσω του δικτύου και τα αποστέλλουν σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας, βάσει της οποίας λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με το επίπεδο εφαρμογής. Ως ξεχωριστό στρώμα της αρχιτεκτονικής, μπορεί να προστεθεί η πλατφόρμα, όπου επεξεργάζονται τα δεδομένα.[5]



Τεχνολογική αρχιτεκτονική των Smart Cities [5]

2.2.Οι διαφορετικοί τύποι αισθητήρων που υπάρχουν σε μια Smart City

Οι αισθητήρες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- 1) Επί τόπου τεχνικούς αισθητήρες (situ technical sensors)
 - a. Περιβαλλοντικοί αισθητήρες
 - b. Κινητοί αισθητήρες (Mobile sensors)
 - c. Διάχυτη ανίχνευση (Pervasive sensing)
- 2) Απομακρυσμένους τεχνικούς αισθητήρες (remote technical sensors)
- 3) Αισθητήρες ανθρώπου (human sensors)
 - a. Οι άνθρωποι σαν αισθητήρες
 - b. Συλλογική ανίχνευση (Collective sensing)

[5] <https://hrcak.srce.hr/193626>

[6] <https://www.researchgate.net/publication/319077223>

2.3.Πρότυπα Επικοινωνίας των Smart Cities και Σύνδεση πληροφοριών

Οι τεχνολογίες επικοινωνίας διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε μια smart city υποδομή. Είναι λογικό ότι, λόγω της σκοπιμότητας και της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας, δίνεται προτεραιότητα στις τεχνολογίες επικοινωνιών που έχουν ήδη αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται ευρέως. Εξαιτίας αυτού, οι πιο συχνά αναφερόμενες τεχνολογίες είναι 3rd Generation (3G), Longterm Evolution (LTE), Wireless fidelity (Wi-Fi), Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX), ZigBee, Cable Television (CATV), Dash7, Near Field Communication (NFC), Radiofrequency identification (RFID) and Satellite communications.[5]

Ανάλογα με την περιοχή που καλύπτουν, συνήθως χωρίζονται σε Home Area Network (HAN), Wide Area Network (WAN), Field Area Network (FAN) και Metropolitan Area Network (MAN). Το HAN περιλαμβάνει τεχνολογία που επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων σε μικρές αποστάσεις, όπως ZigBee, Dash7, Wi-Fi ή τεχνολογίες δικτύου όπως το Ethernet. Όλα τα στοιχεία του συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου σε ένα σπίτι συνδέονται με το HAN. Το WAN περιλαμβάνει τεχνολογία που επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων σε μεγαλύτερες αποστάσεις από το HAN και παρέχει επικοινωνία μεταξύ παρόχων υπηρεσιών και τελικών χρηστών. Το FAN χρησιμοποιείται συνήθως σε ένα έξυπνο δίκτυο για τη σύνδεση των χώρων των πελατών με τους υποσταθμούς υποδομής. Ένα MAN είναι ένα δίκτυο υπολογιστών που συνήθως καλύπτει μια πόλη ή μια πανεπιστημιούπολη.[5]

Comparison of communication standards.

	Dash7	ZigBee	LTE	3G	NFC
Standard	ISO/IEC 18007-7	IEEE 802.15.4	3GPP-LTE	Various	ISO/IEC 18092
Frequency (MHz)	433	868/915/2400	700-2600	700-2600	13.56
Penetration	High	Lower	Low/High	Low/High	High
Range	1 km	500 km	Several kms	Several kms	10 cm
Data Rate	200 Kbps	250 Kbps	100 Mbps +	3.6-21 Mbps	106-424 Mbps

Σύγκριση προτύπων επικοινωνίας [7]

Όταν μιλάμε για τη σύνδεση μεταξύ των κόμβων των αισθητήρων, η έννοια του Ίντερνετ των πραγμάτων (IoT) είναι επίσης πολύ σημαντική. Αναφέρεται στη διασύνδεση μοναδικά αναγνωρίσιμων ενσωματωμένων υπολογιστών σαν συσκευές εντός της υπάρχουσας υποδομής του Διαδικτύου. Συνήθως, το IoT αναμένεται να προσφέρει προηγμένη συνδεσιμότητα συσκευών, συστημάτων και υπηρεσιών που υπερβαίνει τις επικοινωνίες μεταξύ μηχανής (M2M) και καλύπτει μια ποικιλία τομέων και εφαρμογών. Σύμφωνα με την έννοια του IoT, οι κόμβοι των αισθητήρων πρέπει να είναι ενεργειακά αποδοτικοί και ασύρματα συνδεδεμένοι για να σχηματίσουν ένα Wireless Sensor Network (WSN). Αυτό θα ήταν ένας τρόπος αποφυγής του υψηλού κόστους και των προβλημάτων που προκύπτουν από την εγκατάσταση των καλωδίων δικτύου.[5]

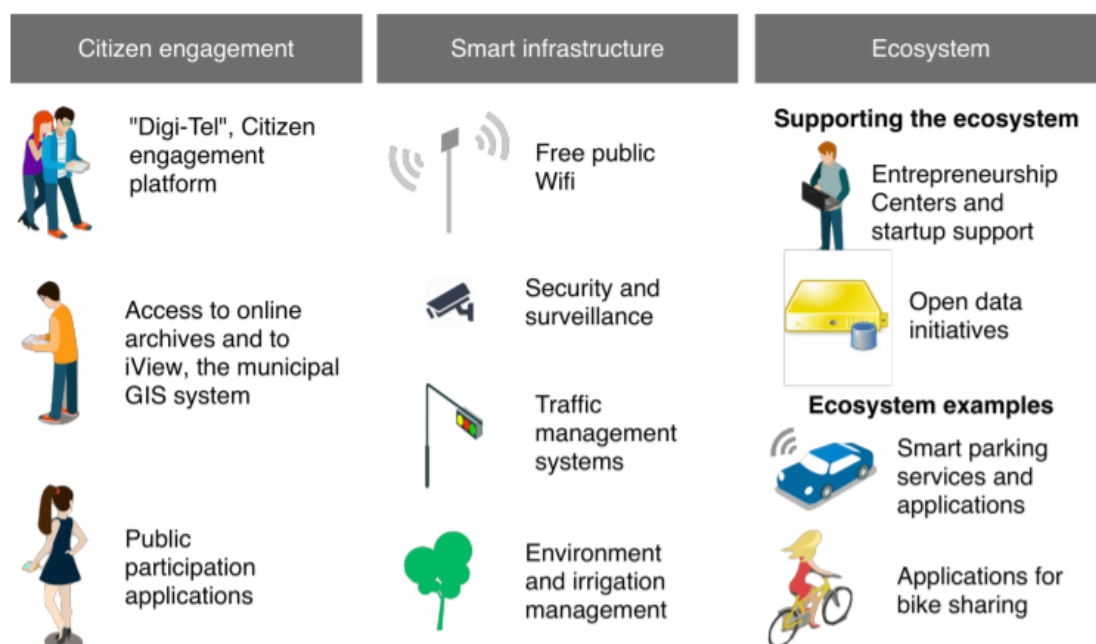
[7] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3574682/>

3. Περίπτωση 1 : Smart City Τελ Αβίβ - Ισραήλ [8]

Το Τελ Αβίβ, ένας ευημερών δήμος, δεν θέλησε να γίνει "smart" μόνο για το σκοπό της βελτίωσης της κατανομής των πόρων, όπως πολλές άλλες πόλεις. Το κύριο κίνητρό για αυτή την αλλαγή, ήταν η ενίσχυση της εμπιστοσύνης μεταξύ κατοίκων και δημοτικών αρχών. Το κύριο έργο είναι το Digi-Tel, το οποίο ξεκίνησε το 2011. Σκοπός του είναι να δημιουργήσει πολλαπλά κανάλια επικοινωνίας με τους κατοίκους. Η διαδικασία κατά την οποία χτίζεται η έξυπνη πόλη είναι επίσης μοναδική στο Τελ Αβίβ.

Ένα στρατηγικό σχέδιο για τη συμμετοχή των πολιτών, διαμορφωμένο σε δημοτικό επίπεδο, καθορίζει τον τρόπο προσαρμογής των δημοτικών εργαλείων και υποδομών στις τρέχουσες τεχνολογικές τάσεις και ανάγκες. Αυτά περιλαμβάνουν mobility, social media, μεγάλα δεδομένα και άλλα. Έτσι προτάθηκε ένα μοντέλο τριών επιπέδων:

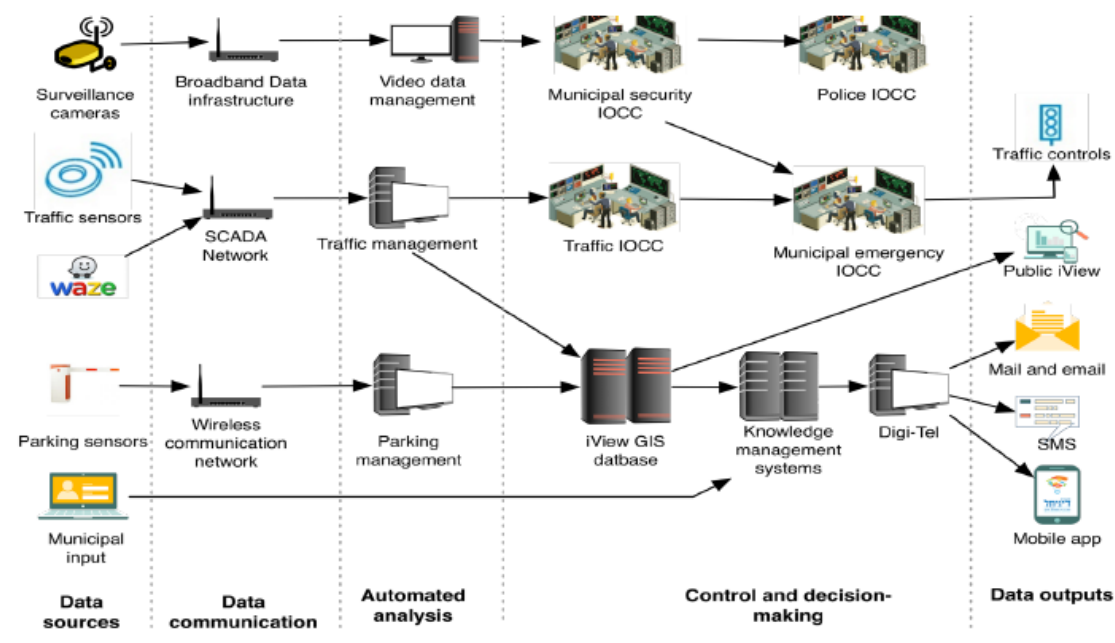
- **Applications:** Εφαρμογές και συστήματα που αποσκοπούν στην αντιμετώπιση ενός συγκεκριμένου task/ ανάγκης. Περιλαμβάνουν την παροχή πρόσβασης και τη διαχείριση πληροφοριών σχετικά με ένα συγκεκριμένο κοινοτικό κέντρο και την ανταλλαγή μηνυμάτων σε σχολεία και άλλες τοποθεσίες.
- **Logical infrastructure:** Υποδομή λογισμικού η οποία είναι μια πλατφόρμα για μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών. Περιλαμβάνει το πρόγραμμα Digi-Tel, ένα κλαμπ κατοίκων στο διαδίκτυο, την εφαρμογή Mobile της πόλης, το iView GIS σύστημα, τα ανοικτά αποθετήρια δεδομένων και άλλα.
- **Physical infrastructure:** Υποδομή που συνδέει τους κατοίκους με το Διαδίκτυο, συμπεριλαμβάνοντας το δωρεάν Wi-Fi 1 Mbps σε 80 τοποθεσίες σε όλη την πόλη (Ziv και Ramati) και υποστήριξη για ανάπτυξη υποδομών ευρυζωνικής σύνδεσης.



Κατηγοριοποίηση των δραστηριοτήτων της Smart City στο Τελ Αβίβ

Οι smart services του Tel Aviv χρησιμοποιούν πολλαπλές πηγές πληροφοριών. Τα δεδομένα συλλέγονται με διάφορα μέσα όπως είναι:

- **Αισθητήρες**, όπως αισθητήρες κυκλοφορίας για συνθήκες κυκλοφορίας, ειδικοί αισθητήρες θέσης οχημάτων, αισθητήρες άρδευσης και άλλα.
- **Κάμερες**, συμπεριλαμβανομένων κάμερες ασφαλείας και κυκλοφορίας.
- **Third-party applications**, όπως το Waze, παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες κυκλοφορίας.
- **Δημοτικά συστήματα πληροφοριών** από διάφορα τμήματα, συμπεριλαμβανομένης της ασφάλειας, της εκπαίδευσης και της ευημερίας.



Διαμόρφωση υψηλού επιπέδου της αρχιτεκτονικής της Smart City του Τελ Αβίβ

Αισθητήρες που υπάρχουν στην Smart City του Τελ Αβίβ :

- Αισθητήρες κυκλοφορίας που βασίζονται στην ανίχνευση του βάρους του οχήματος.
- Αισθητήρες υγρασίας για άρδευση στους δημόσιους κήπους .
- Αισθητήρες λέιζερ για τον εντοπισμό αυτοκινήτων στον δήμο.
- Αισθητήρες στάθμευσης σε δημοτικούς χώρους στάθμευσης, οι οποίοι αντιλαμβάνονται αν ένας συγκεκριμένος χώρος στάθμευσης είναι κατειλημμένος ή όχι.
- Αισθητήρες για την ρύπανση και το κλίμα βρίσκονται σε 15 τοποθεσίες στο μετρό.



Αισθητήρες στάθμευσης στο Τελ Αβίβ

4. Περίπτωση 2 : Smart City Βαρκελώνη – Ισπανία

Η κυβέρνηση της Βαρκελώνης χώρισε το project Smart City Barcelona σε 22 projects που περιλαμβάνουν 83 μεμονωμένα έργα. Η προσέγγιση για την έξυπνη πόλη της Βαρκελώνης ήταν η ιδέα ότι η πόλη θα λειτουργεί ως δίκτυο δικτύων. Με αυτόν τον τρόπο, θα μπορούν να συνδεθούν διαφορετικά μεμονωμένα δίκτυα στην πόλη. Για να γίνει αυτό θα έπρεπε να υπάρχει μια πλατφόρμα υψηλών δυνατοτήτων. Το Sentilo είναι η πρώτη πλατφόρμα λογισμικού για Smart Cities που αναπτύχθηκε από έναν δήμο, με βάση την εμπειρία και τη γνώση των απαιτήσεων μιας μεγάλης πόλης όπως η Βαρκελώνη. Έτσι η κυβέρνηση της Βαρκελώνης διαμόρφωσε τα smart city projects στα ακόλουθα 3 επίπεδα τεχνολογίας: [9]

Επίπεδο 1) Αισθητήρες για το περιβάλλον : Λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες της πλατφόρμας Sentilo, η κυβέρνηση της πόλης έχει κάνει την πλατφόρμα ανοιχτή πηγή και το αποθετήριο της είναι διαθέσιμο στο Github. Αυτό θα επιτρέψει σε οποιονδήποτε στον κόσμο να χρησιμοποιήσει την πλατφόρμα για να δημιουργήσει τις δικές του εφαρμογές. [9]

Επίπεδο 2) City OS : Το City OS συγκεντρώνει τα δεδομένα από διάφορες εφαρμογές της πόλης και την Sentilo και τα αναλύει. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την Sentilo σχετικά με το επίπεδο μόλυνσης, το City OS μπορεί να δημιουργήσει μια γραφική απεικόνιση.[9]

Επίπεδο 3) Στρώμα υπηρεσιών για κοινή χρήση δεδομένων : Το τρίτο επίπεδο είναι ένα στρώμα υπηρεσιών που χρησιμοποιείται για την κοινή χρήση των δεδομένων και των αναλυτικών στοιχείων που συλλέγονται από το επίπεδο City OS. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το κοινό για να βελτιώσουν τις υπηρεσίες και τις λειτουργίες της πόλης.[9]



Αρχιτεκτονική Smart City της Barcelona [11]

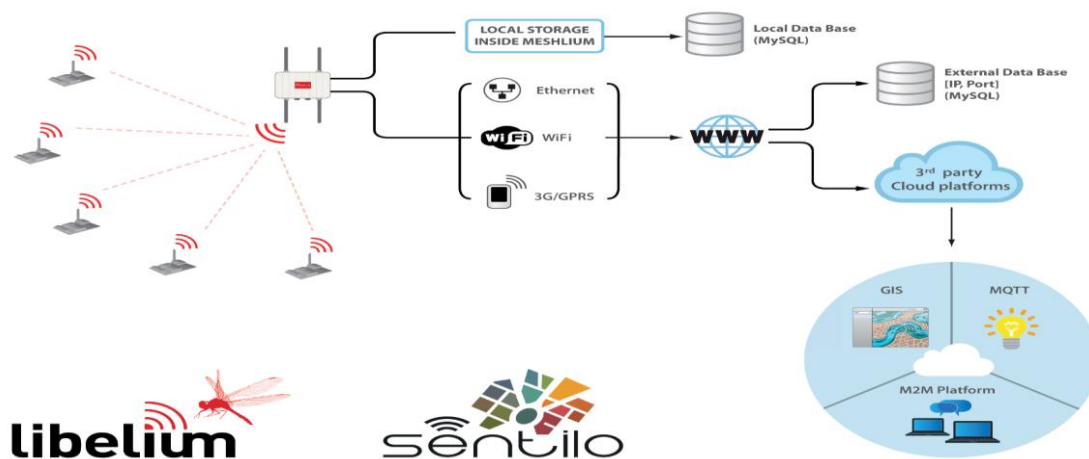
[9] <https://www.hackerearth.com/blog/internet-of-things/barcelona-smart-city/>

[11] https://craax.upc.edu/images/Publications/conferences/2016/medhonet_16_amir.pdf

Η πλατφόρμα Sentilo συλλέγει δεδομένα από περισσότερους από 1800 αισθητήρες που διαδίδονται στην πόλη της Βαρκελώνης, καταγράφοντας πολύ περισσότερα από 1.300.000 ημερήσια αρχεία στις βάσεις δεδομένων της.[11]

Οι αισθητήρες που υπάρχουν στην Smart City της Βαρκελώνης μετρούν: [11]

Ηλεκτρισμό	Καιρό
Εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος	Θέσεις στάθμευσης
Μετρητής αερίου	Συλλογή απορριμμάτων
Εσωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος	Ροή ποδηλάτων
Ποιότητα αέρα	Θόρυβο
Θερμοκρασία	Ηλιακή θερμική εγκατάσταση
Ροή ανθρώπων	Κίνηση στους Δρόμους



Οι συσκευές αισθητήρων μεταδίδουν δεδομένα στην πλατφόρμα Sentilo Cloud μέσω ZigBee, Wi-Fi ή 3G / GPRS. [10]

5. Περίπτωση 3 : Smart City Ντουμπάι - Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα

Το όραμα του **Smart Dubai** δεν είναι μόνο να γίνει η πιο έξυπνη πόλη από τεχνολογικής άποψης, αλλά "to become the happiest city on earth", για τους πολίτες, τους κατοίκους και τους επισκέπτες της. Για το σκοπό αυτό, η πόλη έχει πρωτοπορήσει στην υιοθέτηση της πιο σύγχρονης τεχνολογικά πλατφόρμας και ενός 5G network για την υλοποίηση του οράματος "Happiness", το οποίο θα επιτρέψει στους πολίτες και τους κατοίκους να αυξήσουν το βιοτικό τους επίπεδο και την ποιότητα ζωής τους.[12]

[10] <https://www.businesswire.com/news/home/20140623005188/en/Libelium-Links-Barcelona-Smart-Cities-Cloud-Platform>

[12] <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/12/2279>

Για την αποτελεσματική υλοποίηση αυτών των σχεδίων και έργων, η πόλη έχει υλοποιήσει τέσσερα διαφορετικά επίπεδα : [13]

(1) Το **επίπεδο εφαρμογής (application layer)** Οι εφαρμογές πόλης κυμαίνονται από εφαρμογές συναλλαγής με μοναδική λειτουργία σε μεγάλες εφαρμογές δεδομένων χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα των δεδομένων της πόλης.

(2) Το **επίπεδο ενεργοποίησης υπηρεσιών (service enablement layer)** Μεγάλο μέρος της διαχείρισης των υπηρεσιών εμφανίζεται εδώ. Απαιτούνται κρίσιμες λειτουργίες ελέγχου λόγω της φύσης των διαφορετικών συνόλων δεδομένων και της ανάγκης για ανοικτά δεδομένα.

(3) Το **στρώμα ορχήστρας δεδομένων (data orchestration layer)** Τα δεδομένα βρίσκονται στο επίκεντρο της πλατφόρμας. Οι λειτουργίες και οι πληροφορίες που ενεργοποιούνται όταν διασταυρωθούν τα λειτουργικά δεδομένα συγχωνεύονται σε ένα περιβάλλον μεγάλων δεδομένων για να δώσουν πλήρη θέα στην πόλη.

(4) Το **στρώμα υποδομής (infrastructure layer)** το στρώμα συνδεσιμότητας υποδομής είναι το βασικό στοιχείο της πλατφόρμας Smart City, καθώς ένας από τους κεντρικούς στόχους του Smart Dubai είναι η ανταλλαγή δεδομένων για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και την παροχή νέων υπηρεσιών.

Αισθητήρες που υπάρχουν στην Smart City του Ντουμπάι : [13]

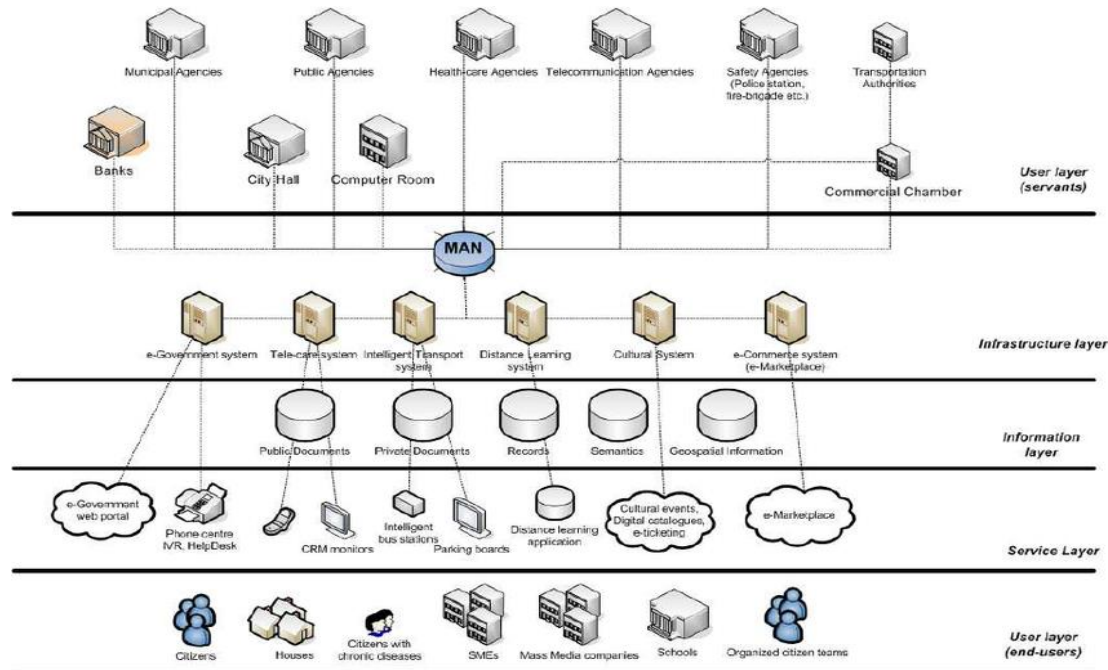
- Οι **αισθητήρες Park Assist** εγκαθίστανται πάνω από κάθε θέση στάθμευσης στο γκαράζ του εμπορικού κέντρου. Εκτός από τους ισχυρούς αισθητήρες, οι συσκευές φωτίζουν πράσινο φώς όταν υπάρχει διαθέσιμο σημείο στάθμευσης.
- **Αισθητήρες στους κάδους απορριμμάτων** που στέλνουν ειδοποιήσεις όταν ο κάδος είναι γεμάτος και χρειάζεται εκκένωση.
- Χρησιμοποιώντας **αισθητήρες κίνησης**, η τεχνολογία του IoT βοήθησε στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής των λαμπτήρων.
- **Αισθητήρες υψηλής τεχνολογίας** μέσα στα κτίρια που στέλνουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε ένα κέντρο διαχείρισης ενέργειας, επιτρέποντας αποδοτικές δαπάνες ηλεκτρικής ενέργειας και αυτόματη ρύθμιση της θερμοκρασίας
- Οι **αισθητήρες CO2**, αντλούν φρέσκο αέρα ή ανοίγουν αυτόματα τα παράθυρα για τη μείωση των επιπέδων CO2.
- **Sensors-scan-bags:** Διαδραστικό δάπεδο LED που θα καθοδηγήσει τους εισερχόμενους επιβάτες που εισέρχονται στην τελωνειακή περιοχή είτε για έλεγχο αποσκευών, παίρνοντας την κόκκινη διαδρομή είτε κατευθύνοντας προς την έξοδο στην πράσινη διαδρομή.

[13] <https://smardubai.ae/en/Strategy/Vision/Pages/Layers.aspx>

6. Περίπτωση 4: Smart City Τρίκαλα – Ελλάδα

Κυρίαρχο μέλημα του Δήμου Τρικάλων είναι η χρησιμότητα των τεχνολογικών εφαρμογών για τους πολίτες. Η πόλη του 21ου αιώνα οφείλει να διαθέτει αυτήν την τεχνολογική πρόοδο στους ίδιους τους πολίτες, αλλάζοντας προς το καλύτερο στοιχεία της καθημερινότητας, σε επίπεδο διαβίωσης, ευκολίας στην κίνηση, οικονομίας. [14]

Η πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική της Έξυπνης Πόλης των Τρικάλων: [16]



Εγκαταστάθηκε η πλατφόρμα έξυπνης πόλης Cisco Smart+Connected Digital Platform – CDP. Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα που αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα του Internet of Things (IoT) και διαχειρίζεται τις επιμέρους εφαρμογές εποπτείας και ενημέρωσης, τροφοδοτώντας ταυτόχρονα τρίτα συστήματα, μέσα από ανοιχτά πρωτόκολλα διασύνδεσης (APIs). Η πλατφόρμα συγκεντρώνει, αποθηκεύει, κανονικοποιεί και οπτικοποιεί τα δεδομένα που παράγονται από τις υποδομές και εφαρμογές και τα διαθέτει προς ανάλυση σε όποιους ενδιαφέρονται να τα αξιοποιήσουν προς όφελος των πολιτών και των επιχειρήσεων της πόλης. [14]



[14] <http://trikalacity.gr/smart-trikala/>

[16] https://www.researchgate.net/figure/The-multi-tier-architecture-of-the-Digital-City-of-Trikala-e-Trikala-The-upper-and_fig3_230851451

Υλοποιήθηκε ένα κέντρο ελέγχου όλων των υπηρεσιών, στο ισόγειο του Δημαρχείου. Εγκαταστάθηκαν οθόνες παρακολούθησης των παρακάτω συστημάτων: [14]

- Η πλατφόρμα Cisco Smart + Connected Digital Platform είναι σχεδιασμένη να προβάλλει τα στοιχεία που συγκεντρώνει σε μία οθόνη προβολής, διαχείρισης.
- GIS, προβάλλει τα χωρικά – χωροταξικά δεδομένα και σημεία ενδιαφέροντος του Δήμου Τρικάλων
- Σύστημα παρακολούθησης λειτουργίας φωτεινών σηματοδοτών. Προσφέρει online παρακολούθηση βλαβών και καμένων λαμπτήρων στους κυκλοφοριακούς κόμβους της πόλης που ελέγχονται από φανάρια.
- Σύστημα αποτύπωσης κίνησης των δημοτικών οχημάτων.
- Οθόνη παρακολούθησης λειτουργίας κόμβων ασυρμάτου δικτύου παροχής δωρεάν internet.
- Σύστημα παρακολούθησης και ρύθμισης ηλεκτροβανών δικτύου ύδρευσης – ΔΕΥΑΤ
- Καταγραφή και παρακολούθηση πορείας επίλυσης αιτημάτων πολιτών.
- Ανάρτηση ανοιχτών δεδομένων του Δήμου Τρικάλων.

Αισθητήρες που υπάρχουν στην Smart City των Τρικάλων : [15]

- Έξυπνη διαχείριση κυκλοφορίας με αισθητήρες καταμέτρησης οχημάτων, διαχείριση ροής με φωτεινούς σηματοδότες.
- Εγκατάσταση δικτύου εξειδικευμένων αισθητήρων, στις δημοτικές θέσεις παρκαρίσματος, οι οποίοι λένε στον τροχονόμο τι ώρα έχει παρκάρει το όχημα κι εάν έχει υπερβεί τον χρόνο για τον οποίο πλήρωσε. Έτσι η ελεγχόμενη στάθμευση μπορεί να γίνει ακόμα πιο ελεγχόμενη, χωρίς ο τροχονόμος να βρίσκεται επί τόπου.
- Αισθητήρες ενωμένοι με το σύστημα GIS μπήκαν και στα απορριμματοφόρα του δήμου για την έξυπνη διαχείριση απορριμμάτων. Με τη χρήση αισθητήρων θα μπορεί να ενημερωθεί το κέντρο αποκομιδής σε πραγματικό χρόνο για την πληρότητα των κάδων.
- Τα φώτα LED που διαθέτουν αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύσουν την κίνηση, τον καιρό, τη ρύπανση και τον θόρυβο. Τα φώτα μπορούν να ελέγχονται εξ αποστάσεως, να ενεργοποιούνται ή να απενεργοποιούνται. Επίσης, με αισθητήρες κίνησης μπορούν να προσφέρουν ρύθμιση φωτεινότητας, όταν δεν υπάρχει κίνηση, για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας.
- Αισθητήρες στις πόρτες, στις καρέκλες, εκεί όπου κοιμάται και λειτουργεί ο ασθενής με άνοια. Ανάβει την τηλεόραση και του στέλνονται προσωπικά μηνύματα. Ερωτήματα που πρέπει να τον ξυπνήσουν. Αν δεν επανέρθει, φεύγει sms στο κέντρο ελέγχου και στους συγγενείς του.

[15] <http://www.e-enimerosi.gr/blog/trikala/oi-efarmoges-tis-eksypnis-polis-ton-trikalon-paroysiastikan-stin-kypro>

7. Συμπεράσματα - Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Σκοπός της εργασίας ήταν να κατανοήσει και να αναλύσει την έννοια της Έξυπνης Πόλης και των αισθητήρων που υπάρχουν σε αυτή, τόσο θεωρητικά όσο και μέσα από συγκεκριμένα εμπειρικά παραδείγματα. Αν και ο ορισμός της Έξυπνης Πόλης δεν μπορεί να προσδιοριστεί επακριβώς, μπορούμε να πούμε ότι όλοι συγκλίνουν στην άποψη ότι Έξυπνη Πόλη είναι η πόλη που εφαρμόζει σύγχρονες ΤΠΕ σε κάθε έκφρασή της με σκοπό να βελτιώσει τις προσφερόμενες υπηρεσίες και την ποιότητα ζωής.

Για να γίνουν όμως όλα αυτά θα πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη τεχνολογική υποδομή στην κάθε πόλη. Στην πόλεις που είδαμε παραπάνω παραθέσαμε τα βασικά τεχνολογικά χαρακτηριστικά τους (αρχιτεκτονική, αισθητήρες, πλατφόρμα) σε μια προσπάθεια να προσδιορίσουμε το προφίλ τους.

Στον πίνακα που ακολουθεί θα δούμε τα χαρακτηριστικά αυτών των πόλεων (οι αισθητήρες που υπάρχουν στον πίνακα είναι μοναδικοί για την κάθε πόλη).

Έξυπνες Πόλεις	Πλατφόρμα	Αισθητήρες	Αρχιτεκτονική
Τελ Αβίβ	Digi-Tel	Λείζερ	Τρειών Επιπέδων
Βαρκελώνη	Sentilo	Ροής ποδηλάτων Ροής ανθρώπων	Τρειών Επιπέδων
Ντουμπάι	Smart Dubai platform	CO2 Scan-bags	Τεσσάρων Επιπέδων
Τρίκαλα	CDP	Για ασθενής με άνοια	Τεσσάρων Επιπέδων

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι η κάθε Έξυπνη Πόλη έχει την δική της ξεχωριστή πλατφόρμα και ο τρόπος λειτουργίας της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από την αρχιτεκτονική της. Μπορεί κάποιες από αυτές να έχουν τον ίδιο αριθμό επιπέδων αλλά αυτά διαφέρουν ως προς την λειτουργικότητα τους όπως είδαμε και παραπάνω. Επιπλέον παρατηρούμε ότι η κάθε Έξυπνη Πόλη έχει και κάποιους ξεχωριστούς αισθητήρες να μας επιδείξει, οι οποίοι δεν υπάρχουν στις υπόλοιπες. Βέβαια η πλειοψηφία των αισθητήρων είναι κοινή σε όλες της πόλεις για παράδειγμα όλες οι πόλεις έχουν αισθητήρες στάθμευσης, κυκλοφορίας, κίνησης και περιβάλλοντος. Μπορεί να διαφέρουν κάποιοι από αυτός ονοματικά αλλά η λειτουργικότητα τους είναι η ίδια.

Μια πρόταση για μελλοντική έρευνα θα ήταν η μελέτη και άλλων Έξυπνων Πόλεων και των χαρακτηριστικών τους, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει μια μεγαλύτερη συγκριτική ανάλυση για τις Έξυπνες Πόλεις.

8. Βιβλιογραφία

- [1] <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-city>
- [2] <http://telematicswire.net/pisa-and-deutsche-telekom-launch-6-month-smart-city-pilot-project-to-optimize-city-parking/>
- [3] <http://blog.bigbelly.com/smart-bins-compact-waste-using-solar-energy-bigbelly-in-chile>
- [4] <http://blueapp.io/blog/smart-buildings-automate-operations-with-iot-solutions/>
- [5] <https://hrcak.srce.hr/193626> (το PDF αρχείο που βρίσκεται στην σελίδα)
- [6] <https://www.researchgate.net/publication/319077223>
- [7] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3574682/>
- [8] <https://publications.iadb.org/handle/11319/7718> (το PDF αρχείο)
- [9] <https://www.hackerearth.com/blog/internet-of-things/barcelona-smart-city/>
- [10] <https://www.businesswire.com/news/home/20140623005188/en/Libelium-Links-Barcelona-Smart-Cities-Cloud-Platform>
- [11] https://craax.upc.edu/images/Publications/conferences/2016/medhonet_16_amir.pdf
- [12] <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/12/2279> (το PDF αρχείο)
- [13] <https://smartdubai.ae/en/Strategy/Vision/Pages/Layers.aspx>
- [14] <http://trikalacity.gr/smart-trikala/>
- [15] <http://www.e-enimerosi.gr/blog/trikala/oi-efarmoges-tis-eksypnis-polis-ton-trikalon-paroyasiastikan-stin-kypro>
- [16] https://www.researchgate.net/figure/The-multi-tier-architecture-of-the-Digital-City-of-Trikala-e-Trikala-The-upper-and_fig3_230851451