



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

**Διερεύνηση Ευρυζωνικών Προδιαγραφών για
Community Services σε Έξυπνες Πόλεις**

ΑΧΙΛΛΕΑΣ-ΡΑΦΑΗΛ ΛΑΜΠΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

Θεόφιλος Χρυσικός

Διδάσκων – Επιστημονικός Συνεργάτης

Λαμία 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Διερεύνηση Ευρυζωνικών Προδιαγραφών για Community Services σε Έξυπνες Πόλεις

ΑΧΙΛΛΕΑΣ-ΡΑΦΑΗΛ ΛΑΜΠΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

Θεόφιλος Χρυσικός

Διδάσκων – Επιστημονικός Συνεργάτης

Λαμία 2022



UNIVERSITY OF
THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE & TELECOMMUNICATIONS

Investigation of Broadband Specifications for
Community Services in Smart Cities

ACHILLEAS-RAFAIL LAMPAS

FINAL THESIS

Theofilos Chrysikos

Tutor

Lamia 2022

«Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις ⁽¹⁾, που προβλέπονται από της διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 του Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

1. Δεν παραθέτω κομμάτια βιβλίων ή άρθρων ή εργασιών άλλων αυτολεξεί **χωρίς να τα περικλείω σε εισαγωγικά** και χωρίς να αναφέρω το συγγραφέα, τη χρονολογία, τη σελίδα. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά χωρίς αναφορά στην πηγή, είναι λογοκλοπή. Πέραν της αυτολεξεί παράθεσης, λογοκλοπή θεωρείται και η παράφραση εδαφίων από έργα άλλων, συμπεριλαμβανομένων και έργων συμφοιτητών μου, καθώς και η παράθεση στοιχείων που άλλοι συνέλεξαν ή επεξεργάστηκαν, χωρίς αναφορά στην πηγή. Αναφέρω πάντοτε με πληρότητα την πηγή κάτω από τον πίνακα ή σχέδιο, όπως στα παραθέματα.

2. Δέχομαι ότι η αυτολεξεί **παράθεση χωρίς εισαγωγικά**, ακόμα κι αν συνοδεύεται από αναφορά στην πηγή σε κάποιο άλλο σημείο του κειμένου ή στο τέλος του, είναι αντιγραφή. Η αναφορά στην πηγή στο τέλος π.χ. μιας παραγράφου ή μιας σελίδας, δεν δικαιολογεί συρραφή εδαφίων έργου άλλου συγγραφέα, έστω και παραφρασμένων, και παρουσίασή τους ως δική μου εργασία.

3. Δέχομαι ότι υπάρχει επίσης περιορισμός στο μέγεθος και στη συχνότητα των παραθεμάτων που μπορώ να εντάξω στην εργασία μου εντός εισαγωγικών. Κάθε μεγάλο παράθεμα (π.χ. σε πίνακα ή πλαίσιο, κλπ), προϋποθέτει ειδικές ρυθμίσεις, και όταν δημοσιεύεται προϋποθέτει την άδεια του συγγραφέα ή του εκδότη. Το ίδιο και οι πίνακες και τα σχέδια

4. Δέχομαι όλες τις συνέπειες σε περίπτωση λογοκλοπής ή αντιγραφής.

Ημερομηνία: ...7.../..7.../2022...

Ο Δηλών

(1) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.»

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Γενικά, οι πόλεις και οι αστικές περιοχές είναι τα κέντρα της περισσότερης ανθρώπινης και οικονομικής δραστηριότητας. Πολλές νέες ευκαιρίες και δυνατότητες συνυπάρχουν και συμβιβάζονται τις περισσότερες φορές, με ποικίλες πιέσεις, αλλά και αντιφάσεις που προκαλούνται από το μείγμα ανθρώπων, ιδεών και πολιτισμών που διαμορφώνουν κάθε πόλη και της δίνουν τον ιδιαίτερο χαρακτήρα της. Με την ταχεία ανάπτυξη και επέκταση των πόλεων, η εμφάνιση νέων ευκαιριών δεν σημαίνει την εξάλειψη των προβλημάτων. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα, τόσο πιο δύσκολη είναι η παρακολούθηση και η διάγνωση προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν έγκαιρα και αποτελεσματικά.

Οι πόλεις δεν κατανέμονται μόνο ποσοτικά αλλά και ποιοτικά, καθώς συναντώνται διάφορες αλλαγές και ως προς την πολυπλοκότητά τους. Καθώς τα δεδομένα αλλάζουν, οι ανισότητες γίνονται πιο έντονες, και αυτές πρέπει να αντιμετωπιστούν όσο το δυνατόν γρηγορότερα, και πρέπει να προγραμματιστούν και να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα εργαλεία και εργαλεία, ώστε τα αρνητικά να μην υπερσχύουν των θετικών. Ο επανασχεδιασμός του αστικού τοπίου είναι κρίσιμος και ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός «έξυπνων δρόμων» είναι η μόνη λύση.

Τα τελευταία χρόνια, οι πόλεις αγωνίζονται να προωθήσουν τη δική τους ανάπτυξη και να αγκαλιάσουν τις μαζικές τεχνολογικές αλλαγές, ενώ προσπαθούν να μην παραβλέψουν την οικονομική πρόοδο, την κοινωνική συνοχή και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Ο ορισμός της έξυπνης πόλης προκύπτει από έναν συνδυασμό των προαναφερθέντων στοιχείων και είναι δεδομένο ότι δεν έχει υπάρξει συγκεκριμένος και ολοκληρωμένος ορισμός. Το μόνο γνωστό γεγονός είναι ότι για τους περισσότερους ερευνητές και επαγγελματίες, ο όρος «έξυπνη πόλη» σχετίζεται άμεσα με την τεχνολογία και τα επιτεύγματά της.

ABSTRACT

In general, cities and urban areas are the center of most human and economic activity. Many new opportunities and possibilities coexist and are most often reconciled with a variety of pressures and contradictions caused by the mix of people, ideas and cultures that shape each city and give it its specific character. With the rapid growth and expansion of cities, the emergence of new opportunities does not mean the elimination of problems. The higher the speed, the more difficult it is to monitor and diagnose problems efficiently and in a timely manner.

The distribution of cities is not only quantitative but also qualitative, as various changes are also encountered in terms of their complexity. As the data changes, inequalities become more pronounced, and these need to be addressed as soon as possible, and appropriate tools and instruments need to be planned and used so that the negatives do not outweigh the positives. Redesigning the urban landscape is critical, and the ever-increasing number of 'smart streets' is the only solution.

In recent years, cities have been struggling to promote their own development and embrace massive technological change, while trying not to overlook economic progress, social cohesion and environmental sustainability. The definition of a smart city is the result of a combination of the above elements, and it is true that, so far, there is no specific and comprehensive definition. The only known fact is that for most researchers and practitioners, the term 'smart city' is directly related to technology and its achievements.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ABSTRACT	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
1.1 Ορισμός «έξυπνης πόλης»	15
1.2 Γνωρίσματα της «έξυπνης πόλης»	17
1.3 Εφτά βήματα για την υλοποίηση πρωτοβουλιών «έξυπνων πόλεων»	19
1.4 Τα τρία επίπεδα «ευφυΐας» της «έξυπνης πόλης».....	22
1.5 Τρία στάδια για την μετάβαση σε «έξυπνη πόλη»	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΥΠΟΔΟΜΗ «ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ»	26
2.1 Εισαγωγή	26
2.2 Βάσεις, υπόβαθρα «έξυπνων πόλεων»: τεχνολογικές εξελίξεις – ευρυζωνικές προδιαγραφές	27
2.2.1 Τεχνολογίες πολύπλοκων κυκλωμάτων ή συστημάτων τηλεπικοινωνίας	28
2.2.1.1 Γενικώς	28
2.2.1.2 Ενσύρματα Δίκτυα.....	32
2.2.1.3 Δίκτυα ασύρματης επικοινωνίας	36
2.2.1.4 Η Συνένωση των Ετερογενών Δικτύων.....	44
2.2.2 Χωρική Νοημοσύνη.....	45
2.2.2.1 Γενικά.....	45
2.2.2.2 Διαδίκτυο των Πράγματων.....	46
2.2.2.3 Augmented Reality (Επαυξημένη Πραγματικότητα).....	48
2.2.2.4 Εντοπισμός θέσης με τις νέες τεχνολογίες	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ.....	54
3.1 Ψηφιακές Εφαρμογές «έξυπνης πόλης»	54
3.1.1 Υπηρεσίες Δήμου	54
3.1.2 Data	55
3.1.3 Δεδομένα έξυπνης πόλης.....	55
3.1.4 Οι αισθητήρες μιας έξυπνης πόλης	56
3.1.5 Apps	58
3.1.6 Κεντρικός έλεγχος	59
3.1.7 Διαχείριση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς	59

3.2	Application έξυπνης πόλης.....	60
3.2.1	Δήμοι	60
3.2.2	Ανάλυση	61
3.2.3	Οφέλη των πολιτών μέσω των εφαρμογών.....	62
3.2.4	Για πολίτες και επισκέπτες.....	63
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Η ΠΟΛΗ ΤΩΝ ΤΡΙΚΑΛΩΝ.....	65
4.1	Τρίκαλα: Η πρωτοπόρος έξυπνη πόλη σε νέες τεχνολογίες	65
4.2	Σενάριο εργασίας ευρυζωνικής υποδομής έξυπνης πόλης	67
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71
5.1	Συμπεράσματα	71
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός «έξυπνης πόλης»

Η έννοια της «έξυπνης πόλης» έχει μελετηθεί και αναθεωρηθεί από τη δεκαετία του 1990, μέχρι σήμερα, όλο και περισσότεροι επιστήμονες και επαγγελματίες αναζητούν και προσπαθούν να δώσουν μια ολοκληρωμένη εξήγηση. Ακόμη και σήμερα, η έννοια της έξυπνης πόλης δεν είναι πλήρως κατανοητή, αν και η μεγαλύτερη κατανόηση της τεχνολογίας έχει συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στη δημιουργία της.

Ένας από τους πιο δημοφιλείς ορισμούς δηλώνει ότι μια έξυπνη πόλη είναι ο σύνδεσμος μεταξύ φυσικής, κοινωνικής, εμπορικής και υποδομής τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) για να γίνουν οι πόλεις πιο έξυπνες. Επιπλέον, ένας άλλος ορισμός αναφέρει ότι μια «έξυπνη πόλη» είναι «μια περιοχή με σαφή γεωγραφικά όρια στην οποία τεχνολογίες όπως οι ΤΠΕ, τα logistics, η παραγωγή ενέργειας κλπ.», συνεργάζονται για τη δημιουργία οφελών για την ευημερία των πολιτών, συμμετοχή στη γενική διαδικασία προόδου, στην ποιότητα του περιβάλλοντος, στην ανάπτυξη της νοημοσύνης.

Οι πόλεις βρίσκονται στο επίκεντρο της ανάπτυξης και οι αστικοί πληθυσμοί συνεχίζουν να αυξάνονται. Η αστικοποίηση φέρνει πιέσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν έγκαιρα. Δεδομένων αυτών των συνθηκών και των απαιτήσεων του αστικού περιβάλλοντος, προέκυψε η ιδέα των έξυπνων πόλεων, προσπαθώντας να λύσουμε τα προβλήματα που έχουν προκύψει, αποφεύγοντας παράλληλα τυχόν προβλήματα στο μέλλον. Αυτή η ιδέα μπορεί να γίνει κατανοητή μόνο όταν αναγνωριστεί γενικά η σημασία και ο ρόλος της πόλης. Οι πόλεις διαδραματίζουν βασικό κοινωνικοοικονομικό ρόλο παγκοσμίως και ο αντίκτυπός τους στο περιβάλλον είναι τεράστιος. Η ανάγκη δημιουργίας ισορροπίας είναι προφανής.

Με τα χρόνια έχουν προκύψει διάφορες απόψεις για μια «έξυπνη πόλη» και τα γνωρίσματα που πρέπει να έχει για να ονομαστεί «έξυπνη πόλη». Η έννοια της

έξυπνης πόλης εκφράζεται μέσω της καινοτόμου διαχείρισης των λειτουργιών, των υποδομών καθώς και των παρεχόμενων υπηρεσιών στους πολίτες. Μέχρι στιγμής, δεν έχει προκύψει πλήρης ορισμός και έχουν δοθεί διαφορετικοί ορισμοί, που συχνά αναφέρονται σε διαφορετικές πτυχές της αστικής έννοιας.

Μέχρι σήμερα, με τη βοήθεια των πολιτών έχουν εκφραστεί διάφοροι ορισμοί τεχνολογίας, οικονομίας ή περιβάλλοντος. Συμπερασματικά, αυτοί οι ορισμοί είναι μονοδιάστατοι και άρα ελλιπείς. Υπάρχει ανάγκη να κατανοήσουμε και να αντιμετωπίσουμε την έννοια των έξυπνων πόλεων ολιστικά, καθώς οι έξυπνες πόλεις συνδυάζουν τεχνολογία, διακυβέρνηση, οικονομία, περιβάλλον και κοινωνία για να δημιουργήσουν νέες βάσεις δεδομένων για πόλεις που μπορούν να συμβάλουν στη βιωσιμότητά τους.



Εικόνα 1: Στοιχεία των έξυπνων πόλεων (<https://www.smartcitiesworld.net>)

Εκτός από τους παραπάνω παράγοντες, πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη: α) η συμμετοχή του πολίτη σε διαδικασίες και λειτουργίες που έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με το περιβάλλον, την κοινωνική συνοχή και την ποιότητα ζωής του, β) αίσθημα ασφάλειας, γ) πολιτιστική κληρονομιά. Το κοινωνικό κεφάλαιο και το

φυσικό κεφάλαιο είναι άρρηκτα συνδεδεμένα και αυτή η σχέση δεν πρέπει να επηρεάζεται από την αλλαγή δεδομένων και τεχνολογίας.

Οι δημοφιλείς τάσεις σχετικά με τις ιδέες για έξυπνες πόλεις μπορούν να συνοψιστούν σε δύο κύριες τάσεις. Από τη μια πλευρά, υπάρχει ένα σύνολο ορισμών που εστιάζουν σε μια πτυχή της αστικής ζωής και των αστικών περιοχών (π.χ. τεχνολογία, οικονομία κ.λπ.), αφήνοντας στην άκρη όλα τα άλλα στοιχεία - πτυχές της αστικής έκφρασης/συμμετοχής. Φυσικά, με αυτόν τον τρόπο, αγνοείται το γεγονός ότι η έννοια μιας έξυπνης πόλης είναι να δημιουργήσει γόνιμο έδαφος για καλύτερη αστική διαχείριση και για να γίνει αυτό, είναι απαραίτητο να κατανοηθεί ότι όλες οι πτυχές της πραγματικής ζωής είναι αλληλένδετες, έτσι ώστε να το επίπεδο της αστικής διαχείρισης. Η μία πτυχή δεν συνεπάγεται βελτίωση στην άλλη.

Από την άλλη πλευρά, οι πόλεις θεωρούνται ότι έχουν ευφυή χαρακτηριστικά λόγω της σύνδεσης και της αλληλεπίδρασης διαφόρων πτυχών της αστικής ζωής και των αστικών περιοχών. Τα προβλήματα που προκύπτουν αντιμετωπίζονται ολιστικά και οι «έξυπνες πόλεις» μπορούν να τα αντιμετωπίσουν αξιοποιώντας την τεχνολογία και όλους τους πόρους της, με σεβασμό πάντα στο φυσικό και ανθρώπινο κεφάλαιο.

Από όλα τα ανωτέρω, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η έννοια της «έξυπνης πόλης» αναφέρεται σε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση των αστικών εννοιών, της αστικής ανάπτυξης και της διαχείρισης. Η ισορροπία όλων των πτυχών - τεχνικών, κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, κρίνεται απαραίτητη για την πολύπλευρη και ολοκληρωμένη ανάπτυξη της αστικής μορφής. Οι σχέσεις που έχουν δημιουργηθεί μέχρι τώρα στην πόλη πρέπει να επαναπροσδιοριστούν και να κριθούν από μια άλλη οπτική γωνία, έχοντας πάντα κατά νου τη σημασία της βιωσιμότητας.

1.2 Γνωρίσματα της «έξυπνης πόλης»

Κύριο γνώρισμα των πόλεων είναι ότι αποτελούν δυναμικούς χώρους που μεταβάλλονται διαρκώς. Το κοινωνικό, οικολογικό και τεχνολογικό δυναμικό τους

είναι ζωτικής σημασίας για την τοπική και παγκόσμια οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη. Αντιμέτωπες με την ταχεία αστικοποίηση και την κλιματική αλλαγή, οι πόλεις πρέπει να έχουν μια μακροπρόθεσμη προοπτική προσαρμογής σε περιβαλλοντικά υπεύθυνους τρόπους ζωής για να εξασφαλίσουν βιώσιμους χώρους για τους κατοίκους τους.

Ορισμός «βιώσιμης πόλης» εννοείται μια πόλη που δίνει στους κατοίκους της τη δυνατότητα να λαμβάνουν μια καλή οικονομική και κοινωνική ζωή, έχοντας κατά νου τη σωστή χρήση όσων προσφέρει το περιβάλλον. Πολλές προκλήσεις που έχουν σχέση με την ανθρώπινη υγεία ή την αλλαγή του κλίματος μπορούν να επιλυθούν με την ενσωμάτωση της κοινωνικής και περιβαλλοντικής διάστασης στον πολεοδομικό σχεδιασμό και τη διαχείριση. Επομένως, η δυνατότητα καλύτερης ποιότητας ζωής απαιτεί μια μετάβαση από το παρόν αστικό περιβάλλον σε ένα μακροπρόθεσμο βιώσιμο μέλλον. Όλα τα παραπάνω χρήζουν διάρκειας και τις υπάρχουσες συνθήκες που θα μπορούσαν να διευκολύνουν την ταχύτερη εφαρμογή της.

Πολυάριθμες πρωτοβουλίες στο δυναμικό κοινωνικοοικονομικό, τεχνολογικό περιβάλλον πολιτικής της ΕΕ έχουν δημιουργήσει ποικίλα χαρακτηριστικά «έξυπνων πόλεων». Τα χαρακτηριστικά αυτά συνυπάρχουν με ποικίλους στόχους καθώς και με διαφορετικούς ρόλους και μοντέλα σχέσεων, πολιτικά εργαλεία και μεθόδους υλοποίησης. Κάθε ένα από αυτά τα ακίνητα, με τη σειρά του, μπορεί να χαρτογραφηθεί διαφορετικά μεταξύ των τοποθεσιών, του μεγέθους των πόλεων, των ρυθμίσεων χρηματοδότησης, των συνθηκών πλαισίου και των «έξυπνων» αποτελεσμάτων:

- Διακυβέρνησης.
- Οικονομίας.
- Κινητικότητας.
- Περιβάλλοντος.

- Ανθρώπων.

- Ζωής.

Φυσικά, ο ψηφιακός χώρος, τα εργαλεία, η τεχνολογική υποδομή και το θεσμικό πλαίσιο, συμπεριλαμβανομένων των βασικών ηγετών και των απλών πολιτών, είναι κρίσιμα για την ανάπτυξη των έξυπνων πόλεων.

Ο όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει χωρικές μονάδες που υποστηρίζουν και αναβαθμίζουν τοπικά συστήματα καινοτομίας μέσω ψηφιακών δικτύων και εφαρμογών. Οι πόλεις αποκτούν έτσι την ικανότητα να καινοτομούν, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη της ανταγωνιστικότητας και της ευημερίας.

Στην ιδεολογική παράδοση των «έξυπνων πόλεων», απαιτείται συνδυασμός δεξιοτήτων:

- Αντίληψη, για λήψη και επεξεργασία αισθητηριακών πληροφοριών.

-Επικοινωνία, για ανταλλαγή πληροφοριών.

- Μάθησης και απομνημόνευσης, των συλλεγόμενων πληροφοριών.

-Σχεδιασμός και ανατροφοδότηση για τον καθορισμό επιδιώξεων .

Επιπρόσθετα, η νοημοσύνη του ανθρώπου είναι αυτή που βοηθάει στην εξέλιξη των «έξυπνων πόλεων» και κυρίως στις μεταξύ τους επαφές.

1.3 Εφτά βήματα για την υλοποίηση πρωτοβουλιών «έξυπνων πόλεων»

Μια «έξυπνη πόλη», για την βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών της, χρησιμοποιεί την τεχνολογία. Το κλειδί για την μετατροπή μια πόλης σε «έξυπνη»,

είναι «να τη βοηθήσετε να βελτιωθεί και να αλλάξει, καθιστώντας την ένα καλύτερο μέρος για να ζήσετε».

Το Smart City Council πιστεύει ότι καθώς οι τεχνολογίες εξελίσσονται, μπορούν να βοηθήσουν τους ανθρώπους να βελτιώσουν τη ζωή και τις δουλειές τους. Έχουν καθοριστεί επτά βήματα που το συμβούλιο πιστεύει ότι οι τεχνολογικές εφαρμογές και τα εργαλεία θα πρέπει να βοηθήσουν τις πόλεις να ακολουθήσουν κατά τη διαδικασία υλοποίησης των πρωτοβουλιών τους.

Control and Orchestration

Ένας έξυπνος μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας, νερού και φυσικού αερίου αποτελεί μέρος της εντοπισμού και του ελέγχου. Αυτή η κατηγορία αισθητήρων δίνει δεδομένα στην πόλη σχετικά με την κατανομή της χρηματοδότησης και τη μείωση του κόστους. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται επίσης αισθητήρες ελέγχου ποιότητας αέρα. Υπάρχουν πολλά είδη αισθητήρων στα πεζοδρόμια, καθώς και στις κάμερες και τα συστήματα βίντεο. Οι έξυπνοι διακόπτες και τα συστήματα ελέγχου επιτρέπουν στους ανθρώπους να διαχειρίζονται τον εξοπλισμό από απόσταση.

Connectivity

Οι έξυπνες πόλεις χρησιμοποιούν τα όργανα και τις συσκευές ελέγχου τους για να συνδεθούν με άλλες συσκευές και το κέντρο ελέγχου και λήψης αποφάσεων. Αυτή η σύνδεση επιτρέπει στις συσκευές της πόλης να επικοινωνούν, να συλλέγουν δεδομένα και να μεταφέρουν και να επεξεργάζονται τις πληροφορίες. Αυτές οι συνδέσεις μπορεί να είναι δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, δίκτυα WiFi και δίκτυα πλέγματος ραδιοσυχνότητας.

Interoperability

Οι πόλεις μπορούν να συνεργαστούν με οποιαδήποτε εταιρεία που υποστηρίζει τα πρότυπα λειτουργίας τους, αντί να είναι κλειδωμένες σε έναν προμηθευτή. Το

σύστημα Ανοικτών Προτύπων διασφαλίζει ότι διαφορετικά προϊόντα και υπηρεσίες μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να συνεργάζονται καλά.

Security and Privacy

Η προστασία της ιδιωτικότητας των πολιτών και των προσωπικών τους δεδομένων που είναι ευαίσθητα, επιτυγχάνεται μέσω τεχνολογιών, πολιτικών και πρακτικών.

Data Management

Τα δεδομένα είναι το πιο σημαντικό στοιχείο μιας έξυπνης πόλης και η σωστή διαχείρισή της είναι μεγάλης σημασίας για τη διατήρηση της ακρίβειας, της αξιοπιστίας, της προσβασιμότητας και της επικαιρότητας. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει την αποθήκευση/προστασία/επεξεργασία δεδομένων, διασφαλίζοντας παράλληλα ότι είναι ασφαλή.

Computational Resources

Η διαχείριση δεδομένων, η σύνδεση συστημάτων και η συνδεσιμότητα ευφών συσκευών απαιτούν ισχυρούς υπολογιστικούς πόρους. Συγκεκριμένα, τα έργα έξυπνων πόλεων χρειάζονται ισχυρό υλικό, σημαντική αποθήκευση δεδομένων και ειδικούς προγραμματισμούς - εφαρμογές. Ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS) είναι ζωτικής σημασίας και απαραίτητο για μια έξυπνη πόλη για τη διαχείριση της τοποθεσίας των σημείων ενδιαφέροντος (υπολογιστικό νέφος, Πλατφόρμα ως υπηρεσία, Υποδομή ως υπηρεσία, Λογισμικό ως υπηρεσία).

Processing and analysis.

Οι διαδικασίες ανάλυσης δεδομένων μπορούν να βοηθήσουν τα κέντρα ελέγχου να λάβουν καλύτερες αποφάσεις και να βοηθήσουν τους πολίτες να προγραμματίσουν τη

ζωή τους. Μπορούν επίσης να βοηθήσουν στον εντοπισμό νέων λύσεων και ιδεών για τη βοήθεια της κοινότητας και την προστασία του περιβάλλοντος. Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται δημιουργεί αυτές τις επιπλέον υπηρεσίες, οι οποίες συμβάλλουν στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας των προσφερόμενων υπηρεσιών.

1.4 Τα τρία επίπεδα «ευφυΐας» της «έξυπνης πόλης».

Η «εξυπνάδα» μιας πόλης βασίζεται στη σύγκλιση τριών επιπέδων που περιλαμβάνουν α) πληθυσμιακές δυνατότητες, β) θεσμούς εταίρους και γ) υπηρεσίες διαχείρισης ψηφιακής γνώσης και καινοτομίας. Το συγκεκριμένο επίπεδο νοημοσύνης που σχετίζεται με τους τρεις πυλώνες του μοντέλου της «έξυπνης πόλης» συμβάλλει στην επιτυχία του μοντέλου. Όσον αφορά αυτούς τους τρεις πυλώνες των «έξυπνων πόλεων», είναι: ΤΠΕ (υποδομή υλικού και λογισμικού), ανθρώπινο κεφάλαιο (δημιουργικότητα, ποικιλομορφία και εκπαίδευση) και κοινωνικό κεφάλαιο/θεσμοί (κοινωνικό κεφάλαιο/θεσμοί) (διακυβέρνηση και πολιτική Αναμονή). Η σύνδεση αυτών των τριών πυλώνων δημιουργεί μια «έξυπνη πόλη», όπου η «συμμετοχική διακυβέρνηση», σε συνδυασμό με επενδύσεις σε ανθρώπινο κεφάλαιο και υποδομές ΤΠΕ, συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Από τεχνολογική άποψη, ως «έξυπνη πόλη» ορίζεται μια πόλη με μεγάλη ποσότητα τεχνολογίας ΤΠΕ. Τα «έξυπνα» ενεργειακά προϊόντα και υπηρεσίες, η τεχνητή νοημοσύνη και οι μηχανές σκέψης, τα «έξυπνα σπίτια» και τα «έξυπνα κτίρια» αποτελούν παράδειγμα συστημάτων εξοπλισμένων με πολλά κινητά τερματικά και ενσωματωμένες συσκευές, καθώς και συνδεδεμένους αισθητήρες και ενεργοποιητές. Σε αυτό το πλαίσιο, η «έξυπνη πόλη» έχει γίνει μια επέκταση του «έξυπνου χώρου» στη συνολική κλίμακα της πόλης.

Συζητώντας το συγκεκριμένο ζήτημα των ΤΠΕ ως πρώτου πυλώνα και βασικό συστατικό και μοχλό μιας «έξυπνης πόλης», όπου η τεχνολογία θεωρείται ευρέως ότι είναι το κλειδί για την «έξυπνη» μιας πόλης, καθώς μπορούν να επιτρέψουν στις ΤΠΕ

να διαδραματίσουν ρόλο στην αλλαγή της ΖΩΗΣ. Οι «έξυπνες πόλεις» παρέχουν διαλειτουργικές κυβερνητικές υπηρεσίες βασισμένες στο διαδίκτυο που επιτρέπουν την συνδεσιμότητα και μεταμορφώνουν κρίσιμες κυβερνητικές διαδικασίες, τόσο για εσωτερικούς υπαλλήλους όσο και για εξωτερικούς πολίτες και επιχειρήσεις. Η χρησιμοποίησή τους επιτρέπει την βέλτιστη διαχείριση και χρησιμοποίηση των πόρων της πόλης, αντιμετωπίζοντας την πόλη ως ένα «ψηφιακό νευρικό σύστημα» που αντλεί δεδομένα από πολλαπλές πηγές. Ως εκ τούτου, με δεδομένη τη real time διαθεσιμότητα πληροφοριών και της επεξεργασίας αυτών των πληροφοριών μέσω πληθώρας διαδικασιών, συστημάτων και οργανισμών, οι πόλεις αποκτούν καλύτερη λειτουργικότητα, έναν τρόπο διαχείρισης και αντιμετώπισης προβλημάτων με απώτερο στόχο την επίτευξη της καλύτερης δυνατής λύσης. Κάθε προβληματική ερώτηση προγράμματος. Υπό αυτή την έννοια, η έννοια της «έξυπνης πόλης» μπορεί να θεωρηθεί ως η αναγνώριση ότι η τεχνολογία είναι ολοένα και πιο σημαντική για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των πόλεων, αλλά και για την εξασφάλιση ανθρώπων, υποδομών, κατανάλωσης ενέργειας και χώρου, επιχειρήσεων, τεχνολογίας. Σε μια «έξυπνη πόλη», αυτά τα δίκτυα είναι διασυνδεδεμένα. «Υποστηρίξτε και τροφοδοτήστε ο ένας τον άλλον».

Όμως, ενώ οι ΤΠΕ είναι ο καταλύτης για την ανάπτυξη των «έξυπνων πόλεων», οι «έξυπνες πόλεις» δεν μπορούν να υπάρξουν απλώς με την ανάπτυξη δικτύων, αισθητήρων και αναλυτικών στοιχείων για τη βέλτιστη απόδοση. Οι ΤΠΕ προσφέρουν στις πόλεις τη δυνατότητα να συνδέονται με τους χρήστες με απλό τρόπο, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι η παρουσία συγκεκριμένων τεχνολογιών κάνει τις πόλεις «έξυπνες». Ως εκ τούτου, κρίνεται ως αναγκαία η ενοποίηση υποδομών, υπηρεσιών και συστημάτων που παρέχονται μέσω ευρείας εφαρμογής των τεχνολογιών. Διευκρινίζεται, ότι η καινοτομία της τεχνολογίας είναι μόνο μέσο «έξυπνης πόλης» και όχι αυτοσκοπός. Οι ΤΠΕ είναι μόνο η κινητήρια δύναμη πίσω από τη δημιουργία ενός νέου περιβάλλοντος καινοτομίας, το οποίο απαιτεί μια ολοκληρωμένη και ισορροπημένη ανάπτυξη δημιουργικών δεξιοτήτων, καινοτόμων οργανισμών, ευρυζωνικών δικτύων και χώρων εικονικής συνεργασίας.

Ο δεύτερος πυλώνας των «έξυπνων πόλεων» σχετίζεται με τους ανθρώπους και βασίζεται στην υπόθεση ότι οι επιλογές ενός ατόμου τον καθιστούν σημαντική πηγή

δεδομένων για την ανθρώπινη συμπεριφορά και τον φυσικό/πραγματικό κόσμο. Η ανθρώπινη νοημοσύνη, η εκπαίδευσή του και η διαφορετικότητά του είναι τα κύρια γνωρίσματα που επηρεάζουν τη δημιουργία και την επιτυχή λειτουργία του μοντέλου της «έξυπνης πόλης». Η δια βίου μάθηση, η συμμετοχή στα κοινά, η ευελιξία, η ένταξη είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά του πυλώνα «ανθρώπων» μιας «έξυπνης πόλης». Συνδιαζοντας «βασικά χαρακτηριστικά» όπως «δημιουργικότητα», «ανθρώπινο κεφάλαιο», «συνεργασία μεταξύ παραγόντων», «ευφάνταστες ιδέες» μπορεί να προσφέρει «έξυπνες» προτάσεις και συμπεράσματα μέσω έξυπνων ανθρώπων σε έξυπνες πόλεις. Επομένως, η λέξη «άνθρωποι» είναι στο κέντρο της αλλαγής μιας πόλης σε έξυπνη πόλη μέσω συνεχούς αλληλεπίδρασης.

Ο τρίτος πυλώνας του μοντέλου, "Agency", υπενθυμίζει την έννοια μιας «έξυπνης κοινότητας», της οποίας οι κυβερνητικές υπηρεσίες, τα μέλη και οι οργανισμοί συνεργάζονται για να αλλάξουν την κατάσταση χρησιμοποιώντας τις ΤΠΕ, στοχεύει στην προώθηση της «έξυπνης» ανάπτυξης και εστιάζει στο εάν η αστική διαχείριση δημιουργεί καινοτομία, παρακολουθεί τον τρόπο που οι πολίτες παρέχουν υπηρεσίες και τηλεπικοινωνίες.

1.5 Τρία στάδια για την μετάβαση σε «έξυπνη πόλη»

Ο ορός «έξυπνη πόλη» δεν αναφέρεται μόνο τις πόλεις, αλλά και σε σκέψη με συγκεκριμένο τρόπο, ένα σύνολο ολοκληρωτικών λύσεων που ωφελούν τις περιφέρειες, τις πόλεις και τις κοινότητες. Επομένως, θα πρέπει να διεξαχθεί έρευνα για να διαπιστωθεί εάν μπορούν να αναπτυχθούν μελλοντικά προϊόντα και υπηρεσίες και εάν μπορούν να συμβάλουν στην έξυπνη ανάπτυξη των πόλεων σε διάφορους τομείς.

Η ανάπτυξη της «έξυπνης πόλης» που βασίζεται σε «στρατηγικό σχεδιασμό», μπορεί να διαιρεθεί σε τρία στάδια, τα οποία με την σειρά τους χωρίζονται στα παρακάτω διακριτά βήματα. Το 1^ο στάδιο περιλαμβάνει τα βήματα 1 έως 3, το 2^ο στάδιο περιλαμβάνει το βήμα 4 και το 3^ο στάδιο περιλαμβάνει τα βήματα 5 έως 7.

Στο 1^ο στάδιο, αρχικά ορίζονται προβλήματα και προκλήσεις. Καθορίζονται επίσης συστήματα καινοτομίας και ενδιαφερόμενοι φορείς, καθώς και οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν στα αντίστοιχα θέματα.

Το 2^ο στάδιο ουσιαστικά ορίζει το πλαίσιο ολόκληρου του σχεδιασμού, δηλαδή ορίζει την κοινότητα και τους συμμετέχοντες και ορίζει το σύστημα καινοτομίας και την αρχιτεκτονική γνώσης.

Στο 3^ο και τελευταίο στάδιο ορίζονται τα τελευταία 3 βήματα. Αρχικά, συνήθως αναπτύσσονται εφαρμογές και λύσεις. Στη συνέχεια καθορίζεται το επιχειρηματικό μοντέλο και τελικά καθορίζονται τα μέτρα απόδοσης όλων αυτών των πρωτοβουλιών.

Η 1^η φάση εξετάζει τα κύρια στοιχεία μιας έξυπνης πόλης (αστικό σύστημα, οικοσύστημα καινοτομίας, ψηφιακό περιβάλλον). Η 2^η αφορά την συσχέτιση αυτών των στοιχείων και την ανάπτυξη καινοτόμων στρατηγικών με γνώμονα τους χρήστες για την επίλυση των προβλημάτων της πόλης. Η 3^η φάση περιλαμβάνει στρατηγική υλοποίηση με βάση την ανάπτυξη ψηφιακών εφαρμογών, βιώσιμη επιλογή επιχειρηματικού μοντέλου, κατάλληλες ηλεκτρονικές υπηρεσίες και συστήματα μέτρησης και δείκτες.

Η λογική πίσω από αυτές τις φάσεις είναι η εξασφάλιση της διαλειτουργικότητας των ψηφιακών εφαρμογών και υπηρεσιών με τα ζητήματα και τις απαιτήσεις της πόλης, η ενσωμάτωση των ψηφιακών υπηρεσιών στους φυσικούς και κοινωνικούς χώρους της πόλης και η διαδικασία εμπλοκής μεταξύ των ενδιαφερομένων, των τελικών χρηστών, των οργανισμών και των οργανισμών που εφαρμόζουν. Οι πολίτες επιλέγουν, δημιουργούν και αναπτύσσουν ψηφιακές λύσεις και υπηρεσίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΥΠΟΔΟΜΗ «ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ»

2.1 Εισαγωγή

Οι ψηφιακές εφαρμογές σε πόλεις/δήμους δεν έχουν μόνο σχεδιαστεί για να διευκολύνουν, αλλά έστω και εν μέρει, τους πολίτες. Με τη σωστή υποδομή, σχεδόν όλες οι σωματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την εξυπηρέτηση των πολιτών μπορούν να αντικατασταθούν πλήρως από αντίστοιχες ηλεκτρονικές ψηφιακές δραστηριότητες.

Παράλληλα, η ψηφιοποίηση κατέστησε δυνατή την προσθήκη και άλλων δραστηριοτήτων που μέχρι στιγμής δεν μπορούσαν να συμπεριληφθούν στη λειτουργικότητά του.

Σε δημοτικό επίπεδο, οι ψηφιακές εφαρμογές στοχεύουν:

- Μειωμένη κινητικότητα πολιτών.
- Μειωμένες επισκέψεις στα δημαρχεία.
- Αύξηση της συμμετοχής των πολιτών.
- Παροχή κοινωνικών παροχών χωρίς γεωγραφικούς περιορισμούς.
- Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο καθημερινών θεμάτων.
- Διαλειτουργικότητα.

Γενικά, οι υπηρεσίες που παρέχονται στο πλαίσιο των «έξυπνων πόλεων» έχουν καθορισμένες και συχνά απαιτήσεις υψηλού επιπέδου τεχνολογίας, υποδομής και δικτύων ως προς την υλοποίηση/λειτουργικότητα/συντήρηση/διαχείριση.

2.2 Βάσεις, υπόβαθρα «έξυπνων πόλεων»: τεχνολογικές εξελίξεις – ευρυζωνικές προδιαγραφές

Τα νέα συστήματα τηλεπικοινωνίας, επεξεργάζονται ένα καθορισμένο πλήθος δεδομένων τα οποία αποστέλλονται, λαμβάνονται και υποβάλλονται σε κατάλληλη επεξεργασία ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους χρήστες της αντίστοιχης υπηρεσίας. Στη σημερινή εποχή της ψηφιακής πληροφορίας, η λήψη και η μετάδοση δεδομένων επιτυγχάνεται μέσω τεχνικών ψηφιακής διαμόρφωσης-κωδικοποίησης και υποδομής ευρυζωνικής τεχνολογίας (ενσύρματη ή ασύρματη) για την παροχή στενών και ευρυζωνικών υπηρεσιών.

Όλες οι πληροφορίες που καταγράφονται στο πλαίσιο εφαρμογών και υπηρεσιών «έξυπνης πόλης», για καλύτερη χρήση πρέπει να υποβάλλονται και να αποστέλλονται για επεξεργασία κεντρικά. Επίσης, για να αποφευχθεί η πλήρης διακοπή και αστοχία ενός τμήματος του συστήματος θα πρέπει η καταγραφή και αποθήκευση των πληροφοριών να γίνεται τοπικά, χωριστά η μία από την άλλη. Παραδείγματος χάριν, αν μια περιοχή μιας πόλης αντιμετωπίζει προβλήματα σύνδεσης στο διαδίκτυο, οι αισθητήρες που τοποθετούνται σε μια γειτονική συνοικία, πρέπει να συνεχίσουν να λειτουργούν και να αποστέλλουν τις πληροφορίες που συγκεντρώνουν.

Η δυνατότητα αδιάλειπτης λειτουργίας ορισμένων τμημάτων μιας έξυπνης υποδομής-πόλης, όταν μέρος ολόκληρης της κεντρικής υποδομής παύει να λειτουργεί, (περιλαμβάνει θέματα ασφαλείας και θέματα προστασίας προσωπικών δεδομένων, όπως φυσικές ή ανθρώπινες καταστροφές) και με αυτόν το τρόπο μπορούμε να σώσουμε ευαίσθητα δεδομένα από υποκλοπές.

2.2.1 Τεχνολογίες πολύπλοκων κυκλωμάτων ή συστημάτων τηλεπικοινωνίας

2.2.1.1 Γενικώς

Οι τεχνολογίες συστημάτων τηλεπικοινωνίας που περιγράφονται κάτωθι επιτρέπουν τη δημιουργία δικτύων επικοινωνίας με ευρυζωνικότητα, ώστε να χρησιμεύουν στην λειτουργία ψηφιακών υπηρεσιών της πόλης. Τέτοια συστήματα, είναι απαραίτητο να δουλεύουν σε επίπεδο περιφέρειας και πόλης.

Η ευρυζωνική πρόσβαση έχει σχέση με τη δυνατότητα μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων πληροφοριών μεταξύ των διαφόρων συστημάτων επικοινωνίας και των τελικών χρηστών. Αφού ο χαρακτήρας αυτού του περιβάλλοντος αλλάζει και διαμορφώνεται συνεχώς, ο παραπάνω ορισμός δεν αναφέρει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά δικτύου, καθορισμένης τεχνολογίας μετάδοσης και το πιο σημαντικό: «δεν προσδιορίζει συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης, πάνω από τον οποίο τα δίκτυα ταξινομούνται ως ευρυζωνικά». Γενικά, η γεωμετρική αύξηση του αριθμού των χρηστών του Διαδικτύου και η αύξηση ζήτησης για εφαρμογές δικτύου έχει οδηγήσει στην υιοθέτηση τεχνολογιών υψηλού εύρους ζώνης.

Οι έξυπνες πόλεις που ενδιαφέρονται να προσφέρουν προηγμένες ψηφιακές υπηρεσίες στους δημότες τους πρέπει να αναπτύξουν την κατάλληλη δικτυακή υποδομή για: α) να επιτρέπουν την κατανομημένη ανάπτυξη υφιστάμενων και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και υπηρεσιών πληροφοριών και β) να επιτρέπουν στους χρήστες να συνδέονται απρόσκοπτα μαζί τους γ) να καλύπτουν τις ανάγκες εφαρμογών όσον αφορά το εύρος ζώνης, την ανταπόκριση και τη διαθεσιμότητα, και δ) να μπορεί να αναβαθμίζεται συνεχώς με μηδαμινό πρόσθετο κόστος, έτσι ώστε, καθώς οι ανάγκες αυξάνονται και εξελίσσονται με ρυθμό και κόστος που υπαγορεύονται από τις εξελίξεις στην πληροφορική και τις επικοινωνίες, η τεχνολογία της μπορεί να συνεχίσει να ανταποκρίνεται στη ζήτηση. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να παρασχεθεί γρήγορη σύνδεση στο Διαδίκτυο στον μεγαλύτερο δυνατό πληθυσμό σε ανταγωνιστική τιμή, χωρίς τους εγγενείς περιορισμούς των

συστημάτων μετάδοσης και του τερματικού εξοπλισμού από την μεριά της επικοινωνίας.

Οι πολίτες των ψηφιακών πόλεων πρέπει να μπορούν να: α) επιλέγουν μεταξύ εναλλακτικών επιλογών συνδεσιμότητας για τις συσκευές τους, β) επιλέγουν μεταξύ πολυάριθμων εφαρμογών ιστού και γ) επιλέγουν μεταξύ ποικίλων υπηρεσιών ενημέρωσης και ψυχαγωγίας και περιεχομένου, εφαρμογών και υπηρεσιών στις οποίες ενδέχεται να συμμετέχει.

Τα σύγχρονα συστήματα τηλεπικοινωνιών που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ευρυζωνικών δικτύων χωρίζονται σε ενσύρματες και ασύρματες. Για τις ενσύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες, χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες και τεχνολογία ασύμμετρης πρόσβασης (xDSL), ενώ για τις ασύρματες, χρησιμοποιούνται τεχνολογίες Wi-fi-WiMAX και 3ης γενιάς (3G), 4ης γενιάς (4G) και 5ης (4G) γενιάς δίκτυα κινητής τηλεφωνίας.

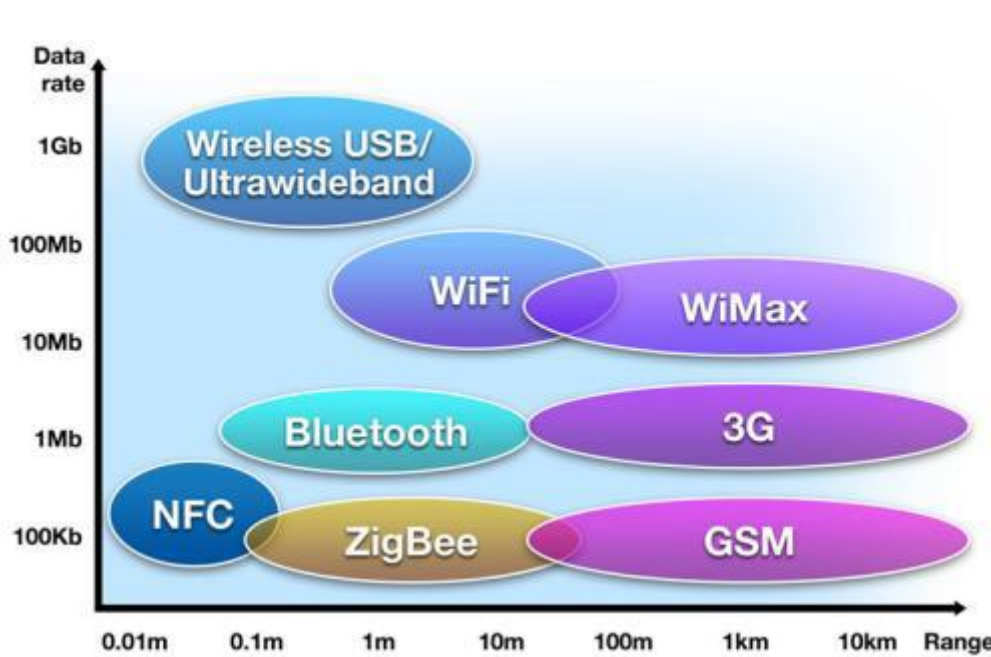
Οι οπτικές ίνες παρέχουν υψηλό εύρος ζώνης (έως 10 Gbps) ενώ μεταδίδουν σήματα σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις χωρίς απώλειες λόγω εξασθένησης. Η διάφορες τεχνολογίες οπτικών ιών, έχουν δημιουργήσει έναν αριθμό αρχιτεκτονικών που ονομάζεται FTTx όπου το «x» υποδεικνύει διαφορετικές δυνατότητες σχετικά με τον βαθμό πρόσβασης των χρηστών οπτικών ιών και συνεπώς τον εξυπηρετούμενο αριθμό χρηστών που μοιράζονται το τμήμα της κατάληξης της καλωδίωσης.

Η τεχνολογία ασύμμετρης πρόσβασης (DSL) μετατρέπει μια απλή τηλεφωνική γραμμή σε ψηφιακό μέσο επικοινωνίας υψηλού εύρους ζώνης. Η χρήση DSL επιτρέπει ακόμη μεγαλύτερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων (έως 52,8 Mbps από πάροχο σε χρήστη και έως 2,3 Mbps από χρήστη σε πάροχο) ενώ μεταδίδει επίσης αναλογικά σήματα φωνής. Η τεχνολογία DSL ονομάζεται γενικά xDSL και περιλαμβάνει κυρίως: ADSL, HDSL, SDSL και VDSL. Η κύρια διαφορά στις ασύρματες τεχνολογίες είναι το γεωγραφικό εύρος των δικτύων που δημιουργούν (Πίνακας 1).

Τύπος	Εμβέλεια	Εφαρμογές	Πρότυπα
Personal Area Network (PAN)	Εντός της ακτίνας δράσης ενός ατόμου	Αντικατάσταση της χρήσης καλωδίων για τα περιφερειακά	Bluetooth, ZigBee, NFC
Local Area Network (LAN)	Εντός κτιρίου ή πανεπιστημιούπολης	Ασύρματη επέκταση του ενσύρματου δικτύου	IEEE 802.11 (Wi-Fi)
Metropolitan Area Network (MAN)	Εντός πόλης	Ασύρματη σύνδεση διαφορετικών δικτύων	IEEE 802.15 (WiMAX)
Wide Area Network (WAN)	Παγκόσμια	Ασύρματη πρόσβαση στο δίκτυο	Cellular (UMTS, LTE, etc.)

Πίνακας 1: Τύποι ασύρματων δικτύων (Παγ Grigorik. 2013. High Performance Browser Networking. O'Reilly Media. ISBN:978-1-4493-4476-4)

Η παραπάνω ταξινόμηση δεν είναι απολύτως σωστή καθώς υπάρχει επικάλυψη μεταξύ των κριτηρίων. Συνεπώς, οι ασύρματες τεχνολογίες δεν πρέπει να μελετιούνται μεμονωμένα, αλλά στην πλειοψηφία των περιπτώσεων χρησιμοποιούνται συνδυαστικά, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1:Κατανομή των ασύρματων τεχνολογιών ανάλογα με την εμβέλεια και το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (https://www.researchgate.net/figure/Distance-and-data-rate-difference-of-NFC-with-other-existing-wireless-technologies-NFC_fig1_283498836)

Το Wi-Fi περιλαμβάνει πολλά πρότυπα για την ασύρματη δημιουργία δικτύων τοπικά. Σε αυτά τα δίκτυα, ο ρυθμός μεταφοράς μπορεί να φτάσει τα 54 Mbps. Τα σημερινά ασύρματα δίκτυα που στηρίζονται σε αυτό το σύνολο προτύπων είναι τα

πιο κοινά, επομένως το πρότυπο θέτει το πλαίσιο για τυποποιημένες ασύρματες ευρυζωνικές επικοινωνίες δικτύου.

Ο όρος WiMax αναφέρεται στην τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας σε υψηλές (ευρυζωνικές) ταχύτητες μεταξύ δύο σχετικά απομακρυσμένων σημείων. Υποστηρίζει ταχύτητες ασύρματης μεταφοράς έως και 70 Mbps, ενώ η πραγματική ταχύτητα υπολογίζεται στα 50 Mbps. Η πιο σημαντική διαφορά μεταξύ αυτού και της τεχνολογίας Wi-Fi, είναι ότι το WiMax μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνθήκες όπου η οπτική επαφή είναι αδύνατη, ως αποτέλεσμα ο ρυθμός μετάδοσης να είναι πολύ χαμηλότερος από 50 Mbps.

Το πρωτόκολλο «ZigBee» διακρίνεται για τη μειωμένη ενέργεια που καταναλώνεται και επιτρέπει τη δημιουργία δικτύων πλέγματος ασύρματα, που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη σύνδεση αισθητήρων.

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 3^{ης} (3G), 4^{ης} (4G) ,5^{ης}(5G)γενιάς, παρέχουν φωνητική επικοινωνία και μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας, δίνοντας τη δυνατότητα στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο με υψηλές ταχύτητες. Τα δίκτυα 3G υποστηρίζουν ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων 2 Mbps ανά τηλέφωνο, κάτι που είναι πολύ πιο γρήγορο για δίκτυα 4G και ακόμη πιο γρήγορα για δίκτυα 5G.

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τα βασικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών ενσύρματου και ασύρματου ευρυζωνικού δικτύου (Πίνακας 2).

Τεχνολογία	Χρήση Φάσματος	Χωρητικότητα	Μέγιστη Ακτίνα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
FFTH	T Hz	Έως 1 Gbps ανά κανάλι ανά ίνα	20Km	Πολύ μεγάλη χωρητικότητα	Ακριβή υλοποίηση του δικτύου
ADSL2+	Έως 2.2MHz	Από 7,5Mbps (2,7Km) έως 26Mbps (300m)	Έως 2,7Km	Χρησιμοποιεί το υπάρχον δίκτυο τηλεφωνίας	Ευαίσθητο στην απόσταση
VDSL	Έως 1.1MHz	Από 13Mbps (1,3Km) έως 52Mbps (300m)	Έως 1,3Km	Χρησιμοποιεί το υπάρχον δίκτυο τηλεφωνίας	Ευαίσθητο στην απόσταση. Απαιτεί προσθήκη οπτικών ινών
WiFi	2, 4 & 5,7 GHz	Εξαρτώμενο από το πρότυπο: 2, 11, 54Mbps	100m	Συμβατό με το Ethernet. Τυποποιημένο	Μόνο για τοπικές εφαρμογές.
WIMAX	T Hz 2 - 11GHz (Με αδειοδότηση) 10 - 66GHz (Ελεύθερο)	Έως 70Mbps	20Km Έως 50Km	Δεν απαιτείται οπτική επαφή	Η κάλυψη χωρίς οπτική επαφή περιορίζεται στα 1-2 χλμ
ZigBee	2.4GHz (παγκόσμια), 915MHz (Αμερική) 868 MHz (Ευρώπη)	250kbps (2.4GHz) 40kbps (915MHz) 20kbps (868MHz)	10-75m	Πολύ χαμηλή κατανάλωση ισχύος	Χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων
Κυψελωτά Δίκτυα	1,92 – 1,98GHz 2,11 – 2,17GHz	Έως 2Mbps ανά κινητό	Κάλυψη κινητής τηλεφωνίας	Εφαρμογή σε υπάρχοντα δίκτυα	Ακριβό φάσμα

Πίνακας 2: Σύγκριση των κυριότερων τεχνολογιών δημιουργίας ευρυζωνικών δικτύων (https://odyssey.igf.edu.pl/wp-content/uploads/2021/03/IO8_Internet-access.pdf)

2.2.1.2 Ενσύρματα Δίκτυα

Οπτικές ίνες FTTx

Η οπτική ίνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τοπικά δίκτυα αλλά και σε δίκτυα ευρείας περιοχής για τη μετάδοση και μεταφορά δεδομένων με πολύ υψηλούς ρυθμούς. Η οπτική ίνα παρέχει υψηλό εύρος ζώνης, έως και 10 GBps σε ευρέως χρησιμοποιούμενες εφαρμογές όπως το είναι «Gigabit Ethernet» σήμερα. Το εύρος ζώνης αυτής της ίνας είναι 70 έως 100 χιλιόμετρα και αυτό εξαρτάται από τον τύπο

της ίνας και το σήμα που αυτή μεταδίδει. Ως εκ τούτου, περιορίζουν την ποσότητα του ενδιάμεσου κέρδους που απαιτείται για ένα σήμα να διανύσει μεγάλες αποστάσεις και έχουν σημαντικά περιθώρια θορύβου. Οι δυνατότητες των οπτικών ινών είναι οι παρακάτω :

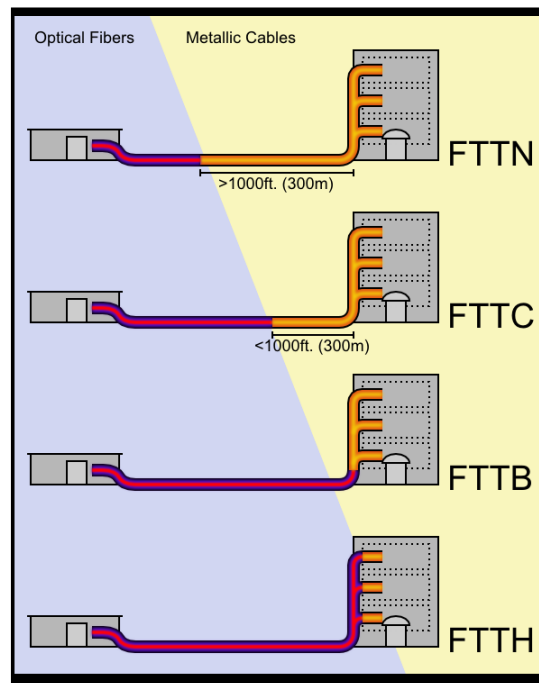
- Χαμηλό κόστος.
- Υψηλό εύρος μετάδοσης δεδομένων εκατοντάδες φορές μεγαλύτερο από τα συνηθισμένα καλώδια.
- Το σήμα είναι ελαφρώς εξασθενημένο.
- Χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις.

Η οπτική ίνα χρησιμοποιείται κυρίως για την πραγματοποίηση ευρυζωνικών δικτύων κορμού και διανομής, επειδή στη πραγματικότητα είναι αυτή που ουσιαστικά μπορεί να υποστηρίξει τη συγκέντρωση συνδέσεων ευρυζωνικής πρόσβασης και να μεταφέρει Big Data σε υψηλούς ρυθμούς για την παροχή των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που απαιτούνται για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών από ένα κεντρικό σημείο διανομής. συνδρομητής. Για το λόγο αυτό, η υποδομή οπτικών ινών συχνά συνδυάζεται με άλλες τεχνολογίες ευρυζωνικότητας, η δομή των οπτικών ινών κατασκευάζεται και φτάνει στην κοινότητα ή το κτίριο του χρήστη και στη συνέχεια άλλες τεχνολογίες ευρυζωνικής πρόσβασης χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ενός δικτύου πρόσβασης που φτάνει στο χώρο του χρήστη.

Η τεχνολογία οπτικών ινών έχει δημιουργήσει έναν αριθμό αρχιτεκτονικών που ονομάζεται FTTx, όπου το «x» αντιπροσωπεύει πληθώρα επιλογών για την απόσταση χρήστη-οπτικών ινών, και επομένως τον αριθμό των χρηστών που μοιράζονται την τελευταία καλωδίωση. Ένα μίλι προσδιορίζεται ως μέτρο της απόστασης από έναν συνδρομητή και χρησιμοποιείται ο όρος "τελευταίο μίλι". Τα τελευταία μέτρα (περίπου τα τελευταία 1.500 μέτρα) είναι η τελευταία στάση από τον πάροχο επικοινωνίας στον πελάτη που παρέχει τη σύνδεση. Το FTTx βασίζεται βασικά στη χρήση ινών για την επίτευξη μέρους των τελευταίων 1.500 μέτρων. Συγκεκριμένα, τα

υπάρχοντα χάλκινα ή ομοαξονικά καλώδια συνεστραμμένου ζεύγους που χρησιμοποιούνται σήμερα για την υλοποίηση της σύνδεσης από τον κεντρικό διανομέα στην περιοχή της οικίας του πολίτη , αλλάζουν με οπτικές ίνες που προσφέρουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα .

Το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 2) δείχνει πώς αλλάζει η αρχιτεκτονική FTTx ανάλογα με την απόσταση της ίνας-χρήστη. Το κτίριο (αριστερά) είναι ο κεντρικός κόμβος, ενώ το κτίριο (δεξιά) είναι όπου ζουν/εργάζονται οι χρήστες. Τα τετράγωνα εντός των κτηρίων αντιπροσωπεύουν τους χώρους κατοικιών/γραφείων εντός του ίδιου κτίριου.



Διάγραμμα 2: Αρχιτεκτονικές FTTx (https://el.wikipedia.org/wiki/Fibre_to_the_x)

Ακολουθεί ο πίνακας (Πίνακας 3) που δείχνει τα χαρακτηριστικά των αρχιτεκτονικών FTTx.

FTTx (Fiber To The...)	Περιγραφή
FTTN (Node ή Neighborhood)	Ορίζεται περίπου μέχρι 1500 μέτρα από τις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη. Οι οπτικές ίνες φτάνουν μέχρι το κουτί (cabinet) που εξυπηρετεί μια γειτονιά, και από εκεί μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή (π.χ. χαλκός).
FTTC (Curb/kerb, Closet, ή Cabinet)	Ορίζεται περίπου μέχρι 300 μέτρα από τις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη. Από εκεί μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή (π.χ. χαλκός) ή καλώδια Ethernet.
FTTB (Building ή Business)	Η οπτική ίνα φτάνει στο κτίριο, συνήθως στο υπόγειο. Οι συνδέσεις των διαμερισμάτων ή γραφείων γίνεται με έναν από τους τρόπους που αναφέρθηκαν παραπάνω.
FTTH (Home)	Η οπτική ίνα φτάνει στα διαμερίσματα και γραφεία του κτιρίου.
FTTP (Premises)	Η οπτική ίνα φτάνει σε κάθε τύπο κτιρίου. Ο όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει το FTTH ή/και το FTTB. Η βασική διαφορά από τα FTTN και FTTC είναι ότι η οπτική ίνα καλύπτει και το "τελευταίο μίλι" μέχρι τον τελικό χρήστη.
FTTD (Desk)	Η οπτική ίνα φτάνει στα δωμάτια των κτιρίων κατοικίας, γραφείων, πανεπιστημίων.

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά αρχιτεκτονικών FTTx (Wikipedia - Fiber to the x: https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x)

Δίκτυα σταθερής τηλεφωνίας (xDSL)

Ο όρος DSL (Digital Subscriber Line) φανερώνει έναν αριθμό τεχνολογιών για μετάδοση δεδομένων με υψηλή ταχύτητα μέσω υπαρχόντων τηλεφωνικών δικτύων. Η μετάδοση φωνής χρησιμοποιεί ένα κλάσμα της χωρητικότητας που παρέχεται από το χάλκινο καλώδιο δύο συρμάτων, αφήνοντας χώρο για άλλες εφαρμογές να χρησιμοποιήσουν το υπόλοιπο εύρος ζώνης. Το DSL είναι ουσιαστικά μια τεχνολογία που μετατρέπει μια απλή τηλεφωνική γραμμή σε ψηφιακό κανάλι επικοινωνίας, επιτρέποντας ένα μέρος του εύρους ζώνης να χρησιμοποιείται για την μετάδοση της φωνής και το υπόλοιπο για την ταυτόχρονη μετάδοση data, έχοντας μόνο ένα καλώδιο και για τις δύο συνδέσεις.

Το «x» στο xDSL προέρχεται από την ύπαρξη πολλών διαφορετικών και ασυμβίβαστων προδιαγραφών που καλύπτουν διαφορετικές απαιτήσεις. Το πιο δημοφιλές είναι το ADSL, το οποίο παρέχει ασύμμετρη μετάδοση δεδομένων, λήψη δεδομένων ταχύτερα από την αποστολή δεδομένων και ταιριάζει απόλυτα με τον

τρόπο που οι καταναλωτές χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο. Για αυτό, το ADSL ήταν και αποτελεί ιδανική λύση για διασύνδεση στο Διαδίκτυο. Έχει την ευχέρεια να βασίζεται σε κανονική τηλεφωνική γραμμή (PSTN) και ψηφιακή (ISDN), με ταχύτητες από 256Kbps έως 8Mbps για το βασικό πρότυπο ADSL ή έως 24Mbps με τις τρέχουσες υλοποιήσεις ADSL2+, με τις ταχύτητες να φθίνουν με την απόσταση από το κέντρο.

Τα πρόσφατα χρόνια, η ευρυζωνική πρόσβαση έχει αρχίσει να παρέχεται μέσω του VDSL (Very High Bit Rate DSL). Το VDSL πετυχαίνει πολύ υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από το ADSL2+, αλλά η απόσταση μετάδοσης είναι περιορισμένη. Το VDSL απαιτεί την εγκατάσταση ινών στο τμήμα δικτύου μεταξύ κέντρου-τερματικού χρήστη. Ο πίνακας (Πίνακας 4) περιγράφει τα χαρακτηριστικά των κύριων τεχνολογιών xDSL.

Τύπος	Μέγιστη Λήψη	Μέγιστη Αποστολή	Μέγιστη Απόσταση
ADSL	8Mbps	800Kbps	5,5 km
ADSL2+	24Mbps	1,4Mbps	5 km
SDSL	2,3Mbps	2,3Mbps	3,6 km
VDSL	52Mbps	16Mbps	1,2 km

Πίνακας 4: Οι κυριότερες τεχνολογιών xDSL (<https://texnologia.net/sta-adyta-tou-xdsl-x-digital-subscriber-line/2022/01>)

2.2.1.3 Δίκτυα ασύρματης επικοινωνίας

WiFi

Στις λέξεις "Wireless Fidelity" οφείλεται η συντομογραφία WiFi και χρησιμοποιείται συνήθως για να χαρακτηρίσει ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα υψηλής συχνότητας που βασίζονται στο πρότυπο 802.11 της IEEE. Μια κοινή εφαρμογή της τεχνολογίας Wi-Fi στις ψηφιακές πόλεις είναι η δημιουργία hotspots σε δημόσιους χώρους που οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν στο Διαδίκτυο από τα κινητά τηλέφωνα ή τους φορητούς υπολογιστές τους.

Ο πίνακας που ακολουθεί παραθέτει τα χαρακτηριστικά των κύριων προτύπων IEEE 802.11 (Πίνακας 5).

Όνομασία	Ακτίνα Κάλυψης Εσωτερικά	Ακτίνα Κάλυψης Εξωτερικά	Μέγιστη Ταχύτητα	Συχνότητα Λειτουργίας	Έτος Έκδοσης
802.11a	35m	120m	54Mbps	5GHz	1999
802.11b	38m	140m	11Mbps	2.4GHz	1999
802.11g	38m	140m	54Mbps	2.4GHz	2003
802.11n	70m	250m	600Mbps	5 και/ή 2.4GHz	2008

Πίνακας 5: Τα κυριότερα πρότυπα IEEE 802.11 (https://el.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)

Ως τεχνολογία επικοινωνίας σε τοπικό δίκτυο, το WiFi δουλεύει με ελεύθερο φάσμα και η χρήση του υπόκειται σε ιδιώτες/χειριστές. Προφανώς ισχύει το ίδιο και για την τοποθέτηση των κατάλληλων υλικών. Μολαταύτα, λόγω της ανάγκης πρόσβασης σε πληροφορίες εκτός του τοπικού δικτύου (στο Διαδίκτυο) στο δεύτερο επίπεδο, οι συσκευές WiFi θα πρέπει να συνδέονται με εξωτερικές πηγές μέσω εξωτερικού παρόχου πρόσβασης.

Συνολικά, μεταξύ των πλεονεκτημάτων του WiFi, διακρίνουμε ότι μπορεί ευκολά να υλοποιηθεί και το κόστος του είναι μικρό για τους σταθμούς βάσης και τους χρήστες. Ακόμα, προσελκύει γιατί προσφέρει ένα σύνολο χαρακτηριστικών που έχουν ως εγγύηση την πρόσβαση και την ασφάλεια μετάδοσης (αναγνώριση χρήστη, κρυπτογραφημένη μετάδοση), αλλά και τη δυνατότητα υπηρεσιών περιαγωγής, όπου οι χρήστες ασύρματων δικτύων (Wireless Local Area Networks - WLAN) μπορούν που είναι συνδεδεμένοι σε άλλο WLAN.

WiMAX

Η τεχνολογία «WiMax» είναι μια τεχνολογία ασύρματης πρόσβασης, ευρυζωνικά, παρόμοια με το WiFi. Βασίζεται στο πρότυπο 802.16 του οργανισμού IEEE και στηρίζεται στη λειτουργία σε ευρεία ζώνη συχνοτήτων από 2 GHz έως 66 GHz. Υποστηρίζει διάφορους ρυθμούς μεταφοράς έως και 72 Mbps και διάφορες τεχνικές διαμόρφωσης. Υπό συνθήκες οπτικής επαφής, τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να

καλύπτουν αποστάσεις έως και 50 χιλιομέτρων. Η διαφορά μεταξύ του IEEE 802.16 στο οποίο βασίζεται το Wimax και του προτύπου IEEE 802.11 στο οποίο βασίζεται το WiFi είναι ότι το IEEE 802.16 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνθήκες μη οπτικής επαφής με ρυθμούς μετάδοσης πολύ χαμηλότερους από 50 Mbps.

Έτσι το Wimax θεωρείται ότι μπορεί να προσφέρει υψηλές υπηρεσίες και εφαρμογές λόγω των ρυθμών μετάδοσης και των μεγάλων αποστάσεων που μπορεί να καλύψει. Αυτή η τεχνολογία έχει 4 βασικές εφαρμογές :

-Για τα κυβελοειδή της κινητής τηλεφωνίας δίκτυα ανάπτυξης κορμού. Το χαμηλότερο κόστος ανάπτυξης ενός βασικού δικτύου σε σύγκριση με το κόστος χρήσης οπτικών ινών είναι ο καθοριστικός λόγος για τον οποίο οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν την τεχνολογία WiMax για την ανάπτυξη του δικτύου.

- Παρέχει υπηρεσία «Ευρυζωνική Κατ' Απαίτηση». Το WiMax παρέχει υψηλούς ρυθμούς data σε μεγάλες αποστάσεις, καθιστώντας δυνατή την ανάπτυξη εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο, όπως υπηρεσίες τριπλής αναπαραγωγής.

- Καλύπτει περιοχές όπου το δίκτυο δεν μπορεί να υλοποιηθεί και να υλοποιηθεί με χρήση χαλκού ή ινών.

- Διεπαφή μεταξύ ασύρματων (WiFi, 3G, κ.λπ.) σημείων πρόσβασης και δημόσιων πυλών.

Σε αντίθεση με το Wi-Fi, η ασύρματη πρόσβαση που παρέχεται μέσω WiMax είναι αδιαχώριστη από την αντίστοιχη υπηρεσία (πρόσβαση στο διαδίκτυο, ψηφιακή τηλεόραση κ.λπ.) που παρέχεται μέσω της σύνδεσης και της επέκτασης της εταιρείας παροχής της υπηρεσίας, καθώς βασίζεται η εφαρμογή του WiMax. σχετικά με τη χρήση του ελεύθερου φάσματος, η οποία αδειοδοτείται αποκλειστικά έναντι χρηματικής αμοιβής.

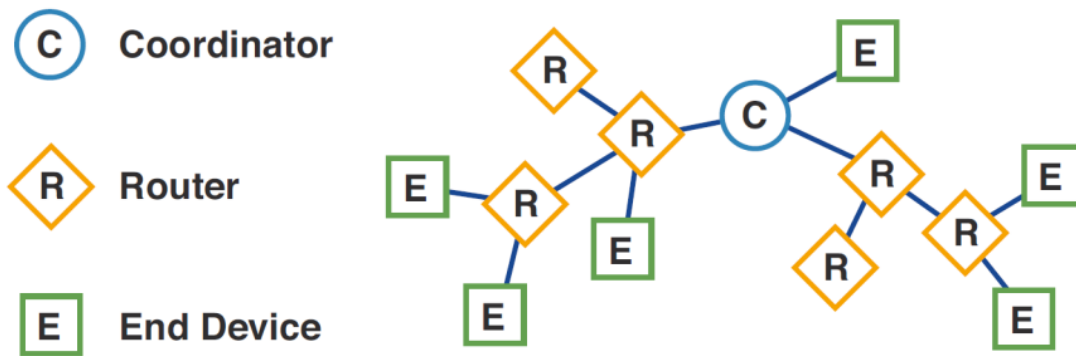
Zigbee

Το «ZigBee», στηρίζεται στα χαρακτηριστικά του IEEE 802.15.4. και θεωρείται ότι είναι ένα σύνολο πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Το «ZigBee» χρησιμοποιείται για την ασύρματη δημιουργία προσωπικών δικτύων περιοχής (WPAN). Διακρίνεται για την εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που απαιτούν πολλές σύγχρονες εφαρμογές, ειδικά αυτές που σχετίζονται με το Internet of Things.

Αυτό το project αναπτύχθηκε από την ZigBee Alliance για τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- Ελαχιστο κόστος.
- Μικρή κατανάλωση ενέργειας .
- Οικονομική, εύκολη εγκατάσταση.
- Δημιουργία ευέλικτων, επεκτάσιμων δικτύων.
- Ενσωματωμένη ευφυΐα για ανάκτηση δικτύου και δρομολόγηση μηνυμάτων.

Το ZigBee έχει σχεδιαστεί για να παρέχει συνδεσιμότητες χαμηλού κόστους και κατανάλωσης για συσκευές που θέλουν μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, αλλά δεν έχουν απαιτήσεις σε υψηλούς ρυθμούς δεδομένων του Bluetooth. Επιπρόσθετα, αυτό εφαρμόζεται σε δίκτυα πλέγματος καταλληλότερα από το Bluetooth (Διάγραμμα 3). Μια συσκευή συμβατή με ZigBee μπορεί να μεταδίδεται σε αποστάσεις 10-75μ σύμφωνα με την επιλεγμένη συχνότητα λειτουργίας και κατανάλωσης ενέργειας που απαιτείται για κάποια εφαρμογή. Το ZigBee δουλεύει στις ζώνες συχνοτήτων χωρίς άδεια, των 2,4 GHz (παγκόσμια), 915 MHz (ΗΠΑ) και 868 MHz (Ευρώπη). Οι ρυθμοί δεδομένων είναι 250 kbps στα 2,4 GHz, 40 kbps στα 915 MHz και 20 kbps στα 868 MHz.



Διάγραμμα 3: Υλοποίηση δικτύων πλέγματος με ZigBee
[\[https://www.programmersought.com/article/43404909264/\]](https://www.programmersought.com/article/43404909264/)

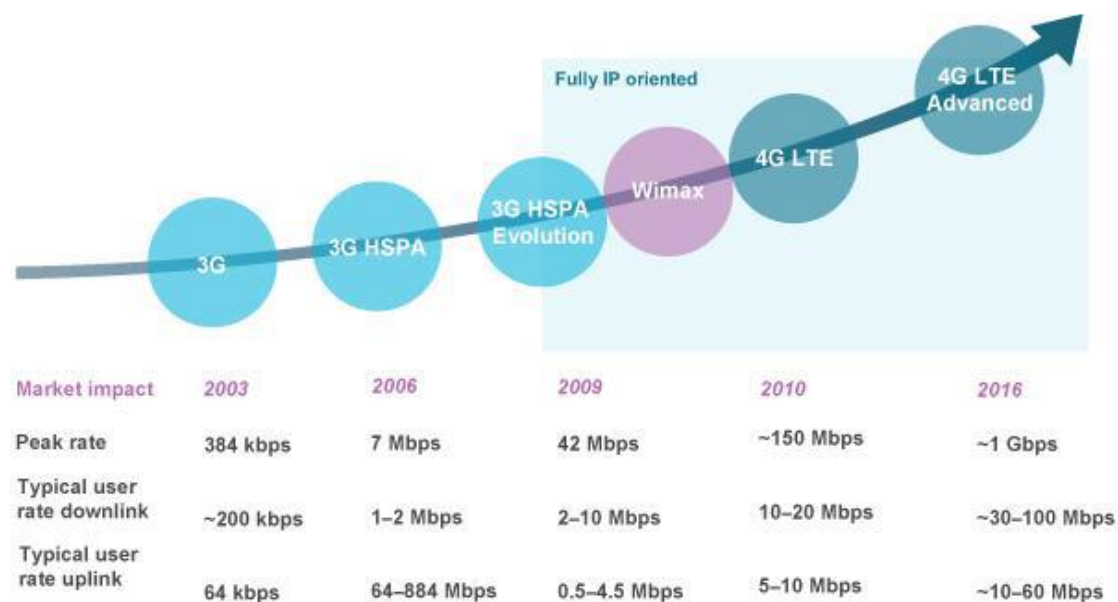
Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας

Της 3^{ης} γενιάς (3G ή UMTS) δίκτυα στηρίζουν φωνητική επικοινωνία υψηλής ταχύτητας και ταυτόχρονη μεταφορά data, επιτρέποντας στους χρήστες γρήγορη πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Ως εκ τούτου, αξιοποιώντας την υποδομή των υφιστάμενων δικτύων κάνοντας τις απαραίτητες αναβαθμίσεις, οι εταιρείες κινητής παρέχουν σύνδεση με το Διαδίκτυο σε εθνικό και ακόμη και διεθνές επίπεδο μέσω περιαγωγής. Στα δίκτυα 3ης γενιάς, η ταχύτητα συγχρονισμού του τερματικού χρήστη είναι 7,2 Mbps. Ωστόσο, η πραγματική ταχύτητα είναι μικροτερη και γενικά είναι δυνατή η άνετη περιήγηση στο Internet και η γρήγορη αποστολή/λήψη email.

Η εξέλιξη του δικτύου 3^{ης} γενιάς και η τεχνολογία μετάβασης πριν από το δίκτυο 4^{ης} γενιάς αποτελούν το δίκτυο 3.5G. Αυτές περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- High-Speed Downlink Packet Access ταχύτητες μεταφοράς κάτω ζεύξης έως και 14 Mbps.
- High Speed Uplink Packet Access ρυθμός μετάδοσης uplink είναι έως 5,76Mbps.
- Evolved High-Speed Packet Access ο ρυθμός κατερχόμενης ζεύξης είναι έως 56 Mbps και ο ρυθμός μετάδοσης uplink είναι έως 22 Mbps.

Τα δίκτυα 4^{ης} γενιάς ασχολούνται με κυψελοειδή συστήματα που στηρίζουν ρυθμούς μεταφοράς έως 100 Mbps και έως 1 Gbps σε υψηλή και σε χαμηλή κινητικότητα χρήστη, αντίστοιχα. Τα LTE Advanced και IEEE 802.16m συμμορφώνονται με αυτές τις προδιαγραφές. Η καινούργια τεχνολογία LTE (Long Term Evolution) είναι αυτή που στηρίζεται η σημερινή υλοποίηση του δικτύου κινητής τηλεφωνίας.



Διάγραμμα 4: Εξέλιξη των ρυθμών μετάδοσης των τεχνολογιών κινητής τηλεφωνίας (https://ru.espreso.tv/article/2018/04/06/4g_4g_yly_lte_chem_otlychayutsya_tekhnologyy_y_chno_na_samom_dele_predlagayut_ukrayncam51)

Οι χάρτες που παρέχουν οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας περιέχουν τους παραπάνω τύπους που αναφέραμε (Διάγραμμα 4). Π.χ., η κάλυψη 3G στην χώρα μας εξακολουθεί να μικραίνει στις μεγάλες πόλεις, ενώ η κάλυψη 3.5G και 4G είναι διαθέσιμη σε συγκεκριμένες περιοχές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης (Διάγραμμα 5).



Διάγραμμα 5: Πανελλαδικός χάρτης κάλυψης 3G της εταιρίας Cosmote <http://goo.gl/8ai4f>

Το δίκτυο 5ης γενιάς είναι η πιο πολλά υποσχόμενη και προοπτική ασύρματη τεχνολογία, ικανή να παρέχει ταχύτητες δεδομένων που είναι δυνατές μόνο μέσω σταθερών δικτύων. Ωστόσο, η τεχνολογία 5G είναι κάτι περισσότερο από μια νέα γενιά ταχύτερων δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Όπως ορίζεται από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) στο IMT-202032, το 5G υπόσχεται πολύ σημαντικές βελτιώσεις απόδοσης στην ταχύτητα, την καθυστέρηση και τη χωρητικότητα μεταφοράς δεδομένων σε σύγκριση με το 4G, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6):

Βασικό χαρακτηριστικό	5G	Σε σύγκριση με το 4G	Πιο συναφές σενάριο χρήσης	Ενδεικτικά use-cases
User experienced data rate (Mbit/s)	100	10X	Enhanced Mobile Broadband (eMBB)	Βίντεο πολύ υψηλής ευκρίνειας (8K και περισσότερο, UHD), Περιεχόμενο Εικονικής/Επαυξημένης
Peak data rate (Gbit/s)	20	20X		
Area traffic capacity (Mbit/s/m ²)	10	100X		

				πραγματικότητας, Cloud gaming
Connection density (συσκευές/km²)	10 ⁶	10X	Μαζικό διαδίκτυο των πραγμάτων (mMTC)	Έξυπνη βιομηχανία, Διασυνδεδεμένη ενέργεια, Έξυπνες πόλεις, υγεία, γεωργία, εμπόριο, Δίκτυα αισθητήρων
Latency (ms)	1	1/10	Κρίσιμες επικοινωνίες (URLLC)	Αυτόνομες μεταφορές Χειρουργική εξ αποστάσεως Συνεργατική ρομποτική Καθηλωτική εμπειρία εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητα

Πίνακας 6: Βασικά χαρακτηριστικά, σενάρια χρήσης και ενδεικτικά use-cases για το 5G (IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, ITU)

Η ITU ορίζει τρεις κύριους τομείς εφαρμογής:

- Enhanced Mobile Broadband (eMBB): Εφαρμογές που βασίζονται σε δεδομένα που απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς (π.χ. βίντεο Ultra HD, εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα κ.λπ.) με απρόσκοπτη εμπειρία χρήστη, αυξημένη χωρητικότητα κυψέλης και κινητικότητα χρήστη. Το eMBB μπορεί να θεωρηθεί ως η πρώτη φάση του 5G και αναμένεται να οδηγήσει στην εμπορική υιοθέτηση στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του 5G.

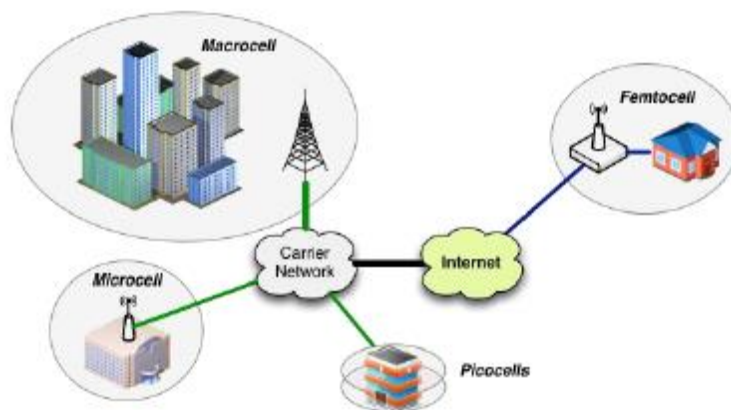
- Massive Machine Type Communication (mMTC): Εφαρμογές που απαιτούν επικοινωνία μεγάλης κλίμακας μεταξύ μηχανών (π.χ. έξυπνες πόλεις, έξυπνες αλυσίδες εφοδιασμού κ.λπ.). Δισεκατομμύρια συσκευές χαμηλού κόστους, ενεργειακά αποδοτικές με τουλάχιστον μια δεκαετία διάρκειας μπαταρίας θα διασυνδεθούν, κάνοντας το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) πραγματικότητα στην καθημερινή ζωή.

- Εξαιρετικά αξιόπιστη και χαμηλής καθυστέρησης επικοινωνία (URLLC): Κρίσιμες και σε πραγματικό χρόνο εφαρμογές που απαιτούν αδιάλειπτη και αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων (π.χ. αυτοματοποίηση παραγωγής, τηλεχειρουργική, αυτόνομα οχήματα κ.λπ.).

2.2.1.4 Η Συνένωση των Ετερογενών Δικτύων

Δεν είναι δύσκολο να δούμε από τη λίστα των τεχνολογιών δικτύου ότι το δίκτυο επικοινωνίας της «ψηφιακής πόλης» δεν είναι ομοιογενές και αποτελείται από μεγάλο αριθμό στοιχείων και τεχνολογιών. Το «Ετερογενές Δίκτυο» αναφέρεται σε ένα δίκτυο που προσφέρει στους πολίτες του πολλές διαφορετικές τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης και έναν κοινό κορμό (με μεταγωγή πακέτων) που συνδέει και παρέχει τη συνεργασία στοιχείων όλων των δικτύων ετερογενών τεχνολογιών. Οπότε προκύπτει ότι ένα «ετερογενές δίκτυο» που δουλεύει σε επίπεδο πόλης μπορεί να περικλείει τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης GSM, UMTS και WLAN, των οποίων οι πολίτες μπορούν να έχουν παροχές ανεξάρτητα από την τεχνολογία πρόσβασης και μπορούν ακόμη και να αλλάζουν μεταξύ διαφορετικών τεχνολογιών πρόσβασης, χωρίς να διακόπτουν την υπηρεσία.

Η κύρια ιδέα πίσω από τα «ετερογενή δίκτυα»: προσπαθεί να καλύψει περιοχές με μικρότερα δίκτυα (Διάγραμμα 6) έτσι ώστε, να αποφύγει τον μεγάλο ανταγωνισμό μεταξύ των πολιτών, καλύπτοντας μονάχα μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή. Το κάθε ένα ελαχιστοποιεί την απώλεια σήματος σε απόσταση, απαιτεί λιγότερη ισχύ μετάδοσης και παρέχει μεγαλύτερη απόδοση για όλους τους πολίτες.



Διάγραμμα 6: Εμφάνιση με σχήμα ενός ετερογενούς δικτύου (Πηγή Ericsson)

Σε ασύρματα περιβάλλοντα χαμηλής πυκνότητας, ένα μόνο μακροκύτταρο μπορεί να καλύψει έως και δεκάδες τ.χμ, αλλά στην πράξη, σε πυκνά αστικά περιβάλλοντα, μπορεί να περιορίζεται στα 50 έως 300 μέτρα. Έτσι είναι ικανό να ικανοποιήσει μια συνοικία. Αντίθετα, τα Microcells είναι φτιαγμένα για να καλύπτουν ένα στενευμένο

οικοδόμημα, τα Picocells μπορούν να εξυπηρετούν έναν ή περισσότερους ορόφους και τέλος τα Femtocells μπορούν να καλύπτουν ένα διαμέρισμα λίγων τ.μ και να χρησιμοποιούν την υπάρχουσα ευρυζωνική υπηρεσία ως υποδομή.

Σιγουρά, θα αναφερθεί ότι σε «ετερογενή δίκτυα», δεν αλλάζουμε απλώς ένα μεγάλο δίκτυο με πολλά μικρότερα. Τα «ετερογενή δίκτυα» φτιάχνονται από πολλά ιεραρχικά και αλληλοκαλυπτόμενα δίκτυα. Εγκαθιστώντας επικαλυπτόμενα επίπεδα ασύρματων δικτύων, τα «ετερογενή δίκτυα» μπορούν να παρέχουν καλύτερη χωρητικότητα δικτύου και να βελτιώσουν την κάλυψη για όλους τους χρήστες. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις για τον μηδενισμό των παρεμβολών μεταξύ των διαφορετικών δικτύων, την παροχή επαρκών μεγεθών ρυθμού δεδομένων, τη δημιουργία και τη βελτίωση πρωτοκόλλων για την απρόσκοπτη μετάβαση μεταξύ διαφορετικών επιπέδων δικτύου.

2.2.2 Χωρική Νοημοσύνη

2.2.2.1 Γενικά

Η τεχνολογία που συνδέει φυσικούς και ψηφιακούς χώρους επιτρέπει έναν νέο τύπο χωρικής νοημοσύνης—ενσωματωμένη χωρική νοημοσύνη—που βασίζεται σε αισθητήρες, επαυξημένη πραγματικότητα, πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και τεράστιες ποσότητες δεδομένων που παράγονται από επιχειρήσεις της πόλης. Η ενσωματωμένη χωρική νοημοσύνη έχει άμεσο αντίκτυπο στις υπηρεσίες που βασίζονται στην τοποθεσία που παρέχουν οι πόλεις στους πολίτες τους και στη βελτίωση των δικτύων πόλεων (Διάγραμμα 7).



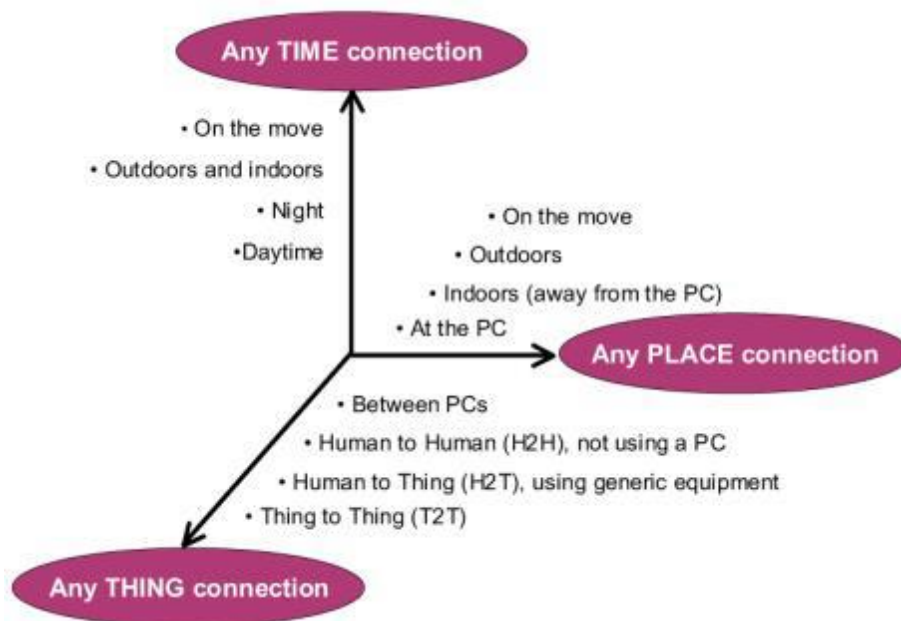
Διάγραμμα 7: Παροχή υπηρεσιών χωρικής αναφοράς μέσω της διασύνδεσης φυσικού και ψηφιακού χώρου (Connectthings: <http://www.connectthings.com>)

2.2.2.2 Διαδίκτυο των Πράγματος

Ο όρος «Internet of Things (IoT)» χρησιμοποιείται διεθνώς, είναι ίσως η πιο σημαντική τεχνολογική εξέλιξη στο θέμα των «έξυπνων πόλεων» τη δεκαετία που διανύουμε, όπως η χρήση αισθητήρων, ενεργοποιητών και ετικετών RFID (RFID tags) για ταυτοποίηση, έλεγχο πολλών αστικών οντοτήτων έχουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε διάφορους τομείς της πόλης.

Το επινοήθηκε ο «Mark Weiser», ο οποίος προώθησε τον όρο «πανταχού παρουσία υπολογιστών» για να παρουσιάσει ένα μοντέλο αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή στο οποίο η επεξεργασία πληροφοριών προσκολλάται σε καθημερινά αντικείμενα και δραστηριότητες χωρίς να γίνεται αντιληπτή από τον ίδιο.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων το επεκτείνεται στη σύνδεση ανθρώπων και πραγμάτων. Έτσι, η κεντρική ιδέα είναι να επιτρέψουμε στα αντικείμενα να συνδέονται με οτιδήποτε και οποιονδήποτε, οποτεδήποτε, οπουδήποτε, μέσω οποιασδήποτε διαδρομής/δικτύου και υπηρεσίας (Διάγραμμα 8).



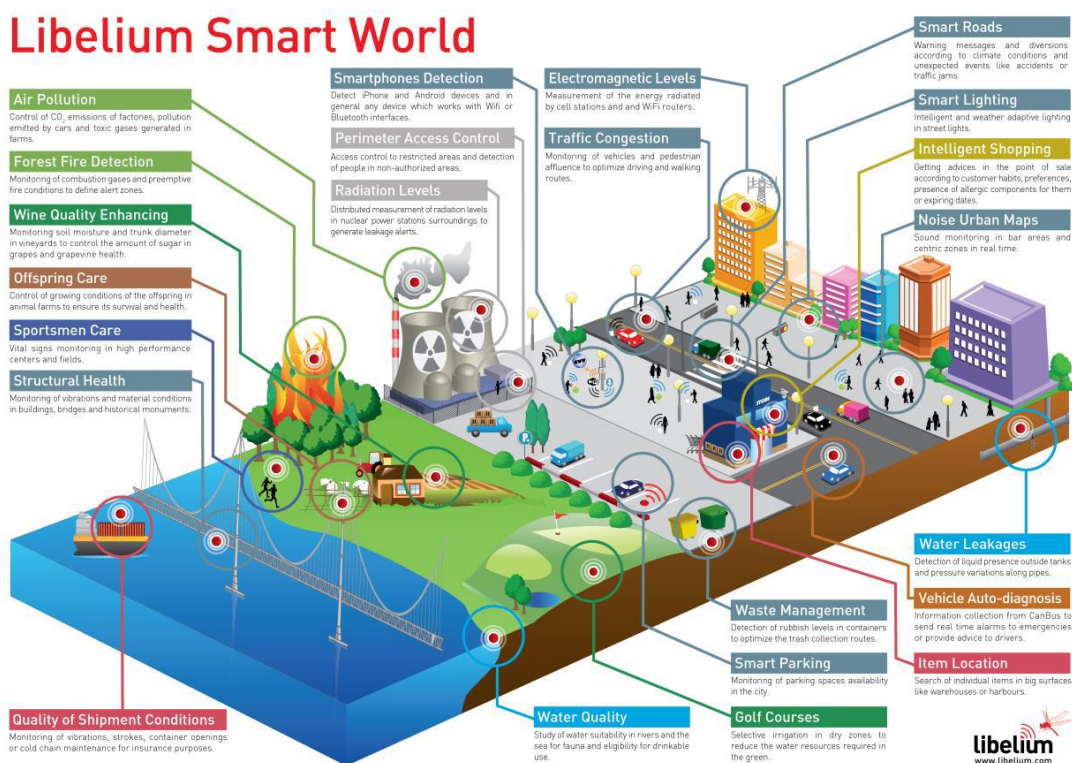
Διάγραμμα 8: Internet of Things (<https://community.element14.com/technologies/internet-of-things/b/blog/posts/the-features-of-iot>)

Η εταιρεία συμβούλων τεχνολογίας Gartner το ορίζει ως εξής: «Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι ένα δίκτυο φυσικών αντικειμένων που περιέχουν ενσωματωμένες τεχνολογίες για επικοινωνία, ανίχνευση ή αλληλεπίδραση με την εσωτερική τους κατάσταση ή το εξωτερικό περιβάλλον». Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU), η Οργάνωση ΤΠΕ των Ηνωμένων Εθνών, δίνει από έναν πληρέστερο ορισμό: Γενικά, το «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» μπορεί να θεωρηθεί ως ένα όραμα με τεχνολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Από την άποψη της τεχνολογικής τυποποίησης, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων μπορεί να θεωρηθεί ως η παγκόσμια υποδομή της κοινωνίας της πληροφορίας, όπου μέσω διασύνδεσης (φυσικών και εικονικών) αντικειμένων επιτρέπει προηγμένες υπηρεσίες που βασίζονται σε υπάρχουσες και αναπτυσσόμενες διαλειτουργικές τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών. Αυτή η εφαρμογή παρέχει υπηρεσίες διατηρώντας παράλληλα τις επιθυμητές προστασίες του «ιδιωτικού απορρήτου».

Το IoT εφαρμόζεται κυρίως σε «έξυπνες πόλεις» μέσω δικτύων αισθητήρων (δίκτυα αισθητήρων) που συγκεντρώνουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων από αντικείμενα και δίκτυα κοινής ωφέλειας. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα sensor networks είναι επίσης γνωστή ως «Μηχανή-σε-Μηχανή (M2M)». Οι λειτουργίες που συνήθως εκτελούνται είναι οι εξής: Μια συσκευή (π.χ. ένας αισθητήρας ή μετρητής)

καταγράφει ένα συμβάν (π.χ. θερμοκρασία, επίπεδο αποθέματος κ.λπ.) το οποίο αναμεταδίδεται μέσω ενός δικτύου (ασύρματο, ενσύρματο, υβριδικό) σε ένα λογισμικό το οποίο μετατρέπει το συμβάν που καταγράφηκε σε επεξεργασμένη πληροφορία (όπως δεδομένα που πρέπει να διατηρούνται ενεργά, αποθήκες που θα συμπληρωθούν κ.λπ.).

Η Libelium, που κατασκευάζει αισθητήρες, παραθέτει πολλές εφαρμογές για αισθητήρες σε έξυπνες πόλεις. Ενδεικτικά: ατμοσφαιρική ρύπανση, πυρανίχνευση, επίπεδα ακτινοβολίας, παρακολούθηση χώρου, επεξεργασία απορριμμάτων, «έξυπνη στάθμευση», ανίχνευση διαρροής νερού, «έξυπνος φωτισμός», κ.λπ., όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 9).

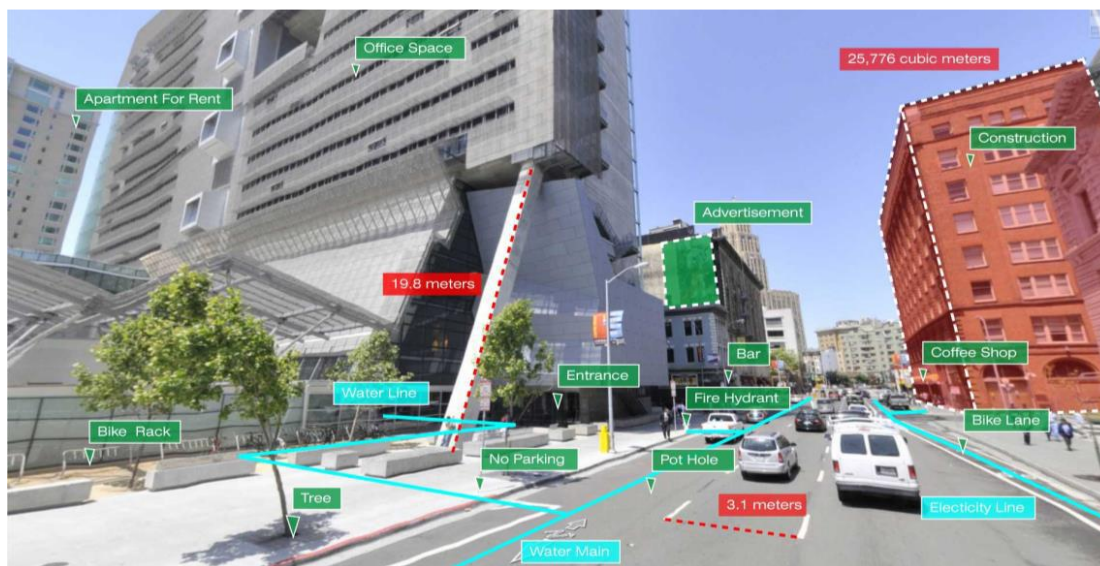


Διάγραμμα 9: Πεδία εφαρμογής τεχνολογιών Internet of Things σε μία Έξυπνη Πόλη (<https://ipsoft.co.za/libelium/>)

2.2.2.3 Augmented Reality (Επαυξημένη Πραγματικότητα)

Η επαυξημένη πραγματικότητα δυναμώνει την αντίληψή μας προσθέτοντάς την στον πραγματικό κόσμο. Είναι ένα στρώμα ανάμεσα σε εμάς και τον κόσμο, ένα στρώμα

που επιβάλλεται από την τεχνολογία που προσθέτει πληροφορίες σε αυτό που βλέπουμε. Σκεφτείτε κάποιον να κοιτάζει έναν πίνακα ενώ φοράει γυαλιά, να εξηγεί τι βλέπει ή να χρησιμοποιεί το τηλέφωνό του για να τραβήξει μια φωτογραφία ενός δρόμου της πόλης και τα κοντινά αξιοθέατα να εμφανίζονται σε αυτόν. Η επαυξημένη πραγματικότητα ορίζεται ως επάλληλα γραφικά, ήχος και άλλες αντιληπτικά βελτιωμένες αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν σε πραγματικό χρόνο σε πραγματικό περιβάλλον (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Εναπόθεση ψηφιακών πληροφοριών αλλά και εικονικών αντικειμένων (<http://meanstheworld.co/work/augmented-reality-means-architecture>)

Το πεδίο έρευνας στην επαυξημένη πραγματικότητα είναι ευρύ και επεκτείνεται από υπηρεσίες πληροφόρησης σε real time έως head-up displays που φέρουν οθόνες. Καθώς η παροχή πληροφοριών με βάση τα συμφραζόμενα ενεργών για τον χρήστη μεταμορφώνει τις αλληλεπιδράσεις μας στο φυσικό περιβάλλον, η έρευνα έχει επικεντρωθεί σε διάφορους τομείς που θα επιτρέψουν την εξέλιξη εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας που επεκτείνουν την ατομική και συλλογική νοημοσύνη μας. Έχοντας αυτό υπόψη, τα απαραίτητα στοιχεία της επαυξημένης πραγματικότητας είναι τα εξής:

- Συγκέντρωση – Συλλογή/αναλύση πληροφοριών σε real time από διάφορες πηγές.
- Αναγνώριση - Αναγνώριση σκηνών και αντικειμένων, κατανόηση των δραστηριοτήτων και των προτιμήσεων των χρηστών.

- Παράδοση - Αποστολή των σωστών πληροφοριών στους χρήστες σε πραγματικό χρόνο.

- Επίδειξη - Παροχή μια εύχρηστη διεπαφής χρήστη συμβατή με διαφορετικές συσκευές και περιπτώσεις χρήσης.

Σε αυτό το στάδιο, μπορούν να διακριθούν δύο τύποι εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας:

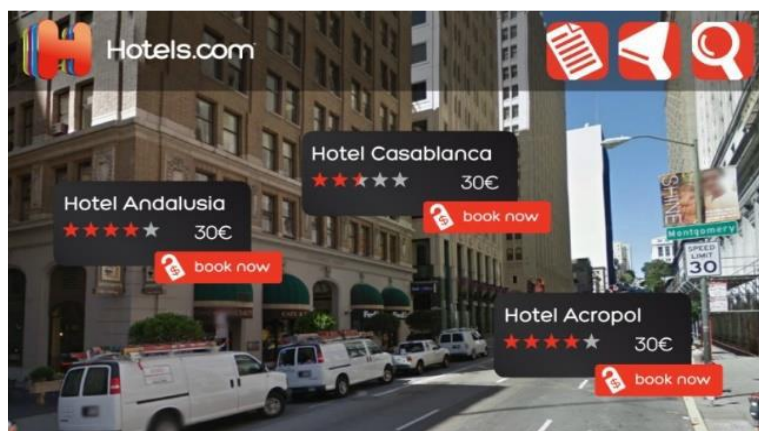
- Επαυξημένη πραγματικότητα με βάση τη γεωγραφική τοποθεσία, η οποία λειτουργεί με συσκευές όπως GPS, πυξίδα και άλλους αισθητήρες στο τηλέφωνο του χρήστη για να προσδιορίσει πρώτα τη θέση του και μετά να εμφανίσει ψηφιακές πληροφορίες σε κινητές ή ειδικές συσκευές (κράνη, γυαλιά κ.λπ.) για καθορισμένα POI (Points Of Interest).

- Επαυξημένη πραγματικότητα βάσει εικόνας, που εμφανίζει ψηφιακές πληροφορίες στην ίδια συσκευή, αλλά σε σχέση με πραγματικά αντικείμενα - όπως εμπορικά προϊόντα, περιοδικά ή πινακίδες - που προσδιορίζονται από τα φυσικά τους χαρακτηριστικά ή κάποιες ετικέτες που φέρουν.

Η πιο κοινή διεπαφή χρήστη είναι το πρόγραμμα περιήγησης επαυξημένης πραγματικότητας, το οποίο εκτελείται σε smartphone και εμφανίζει σχετικές ψηφιακές πληροφορίες στην οθόνη του τηλεφώνου (Εικόνα 3). Τέτοια ευρύτερα προγράμματα είναι το Wikiitude (Εικόνα 4) και το Layar (Εικόνα 5).



Εικόνα 3: Περιηγητής Επαυξημένης Πραγματικότητας
(<https://www.krishaweb.com/blog/augmented-reality-usefulness-in-creating-social-media-apps-and-exclusive-social-experience>)



Εικόνα 4: Παράθεση πληροφοριών εμπορικού ενδιαφέροντος (www.wikitude.com)



Εικόνα 5: Εμφάνιση ιστορικού σεισμικότητας (www.layar.com)

2.2.2.4 Εντοπισμός θέσης με τις νέες τεχνολογίες

Ο προσδιορισμός της γεωγραφικής θέσης των χρηστών με ακρίβεια, έχει μεγάλη σημασία για μεγάλο αριθμό εφαρμογών έξυπνων πόλεων. Αυτός, μπορεί να γίνει με

τη χρήση τεχνολογίας έχοντας γνώση της θέσης στο χάρτη. Η πρωτεύων διατύπωση «τεχνολογία με επίγνωση τοποθεσίας» σχετίζεται με την τεχνολογία που μπορεί να καθορίσει τη θέση στο χάρτη. Το GPS (Global Positioning System) είναι το πιο δημοφιλές παράδειγμα, ενός συστήματος πλοήγησης που χρησιμοποιούν κυρίως τα αυτοκίνητα. Τρεις δορυφόροι εντοπίζουν τη θέση GPS .

Η θέση μιας συσκευής συνήθως υπολογίζεται χρησιμοποιώντας μία από τις τέσσερις μεθόδους:

- Χρησιμοποίηση GPS.
- Διεύθυνση MAC με WiFi ή Bluetooth.
- Συντονισμός με τη διαδικασία τριγωνοποίησης κεραιών κινητής τηλεφωνίας.
- Χρησιμοποίηση μιας διεύθυνση IP.

Οι μέθοδοι αυτοί έχουν ξεχωριστή ακρίβεια, στην διάρκεια ανίχνευσης και εξάντλησης της μπαταρίας. (Πίνακας 7).

	Ακρίβεια	Χρόνος εντοπισμού	Διάρκεια ζωής της μπαταρίας
GPS	10μ	2-10 λεπτά (μόνο σε εξωτερικούς χώρους)	5-6 ώρες στα περισσότερα τηλέφωνα
WiFi	50μ (βελτιώνεται με την πυκνότητα)	Σχεδόν ακαριαία (server connect & lookup)	Δεν επιδρά
Cell tower triangulation	100-1400μ (ανάλογα με την πυκνότητα)	Σχεδόν ακαριαία (server connect & lookup)	Αμελητέα επίδραση
IP	Χώρα: 99% Πόλη: 46% US, 53% Intl TK: 0%	Σχεδόν ακαριαία (server connect & lookup)	Αμελητέα επίδραση

Πίνακας 7: Μέθοδοι προσδιορισμού της θέσης του χρήστη (“Mobile First” presentation by Luke Wroblewski (<http://goo.gl/YfMK5>))

Τα smartphone χρησιμοποιούν έναν μικτό συνδυασμό GPS, WiFi, τριγωνισμού κεραιάς κινητής τηλεφωνίας, ενώ οι φορητοί υπολογιστές και οι επιτραπέζιοι

υπολογιστές χρησιμοποιούν WiFi, διευθύνσεις IP και ελαχιστα GPS. Η Google προσφέρει δωρεάν εκτιμήσεις τοποθεσίας μέσω του Google Latitude API.

Άλλη τεχνική που έχει σχέση έμμεσα με την τοποθέτηση είναι η παρουσίαση της θέσης ενός αντικειμένου με τέτοιο τρόπο ώστε στη συνέχεια να μπορεί να εξαχθεί από την εφαρμογή. Η γεωγραφική σήμανση ή η γεωκωδικοποίηση είναι η διαδικασία προσθήκης μεταδεδομένων γεωγραφικής αναγνώρισης σε διάφορα μέσα (όπως ιστότοποι, ροές RSS, εικόνες, βίντεο κ.λπ.), δημιουργώντας γεωχωρικά μεταδεδομένα. Αυτά τα δεδομένα αποτελούνται συνήθως από συντεταγμένες γεωγραφικού μήκους και γεωγραφικού πλάτους και μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν υψόμετρο, σχετική τοποθεσία και τοπωνύμια.

Η γεωκωδικοποίηση αναφέρεται επίσης στη διαδικασία χαρτογράφησης γεωγραφικών συντεταγμένων σε γεωγραφικά ονόματα που δεν έχουν συντεταγμένες, για παράδειγμα ταχυδρομική διεύθυνση (και αντίστροφα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΞΥΠΝΩΝ ΠΟΛΕΩΝ

3.1 Ψηφιακές Εφαρμογές «έξυπνης πόλης»

Μια εφαρμογή θα συλλέγει αναφορές πολιτών και θα τις κάνει εύκολα προσβάσιμες στους δήμους από οποιαδήποτε συσκευή. Με αυτόν τον τρόπο, διαμορφώνεται μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα παροχής ψηφιακών υπηρεσιών πόλης.

Οι πολίτες θα ενημερώνουν/ενημερώνονται για προβλήματα στην πόλη/περιοχή τους (σκουπίδια, κυκλοφορία, κυκλοφορία, κλοπή, στάθμευση, φωτιά, χιόνι, προβλήματα πεζοδρομίου κ.λπ.), διευκολύνοντας έτσι τη χαρτογράφηση των προβλημάτων, την αναγνώριση και την ταχύτερη επίλυση και ταυτόχρονα , η εφαρμογή θα τους παρέχει επίσης πολλές άλλες πιθανές τουριστικές, επαγγελματικές ή πληροφορίες αλλού περιεχομένου, όπως την ευκολία αποστολής και απάντησης ερωτηματολογίων στο διαδίκτυο.

Η ψηφιακή εφαρμογή θα προσφέρει έναν χάρτη για τον εντοπισμό θέσης του προβλήματος και ταυτόχρονα θα εντοπίζει αυτόματα την τοποθεσία του χρήστη.

3.1.1 Υπηρεσίες Δήμου

Η δημοτική αρχή παρέχει υπηρεσίες:

- Συγκοινωνία.
- Αστυνόμευση.
- Καθαρισμός.

- Επισκευή και συντήρηση κοινόχρηστων χώρων.
- Συλλογή/μεταφορά απορριμμάτων.

Στόχος της εφαρμογής ενός ψηφιακού συστήματος πόλεων είναι η βελτιστοποίηση των προαναφερόμενων υπηρεσιών. Αυτό έχει ως προϋπόθεση οι πολίτες τις πόλης να έχουν ψηφιοποιηθεί τα δεδομένα τους.

3.1.2 Data

Τα δεδομένα που συλλέγονται και αποθηκεύονται από το σύστημα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: προσωπικές και στατιστικές. Τα προσωπικά δεδομένα περιλαμβάνουν:

- Επώνυμο/Όνομα /Διεύθυνση.
- Πληροφορίες εκπαίδευσης /επάγγελμα .
- Οικογενειακή κατάσταση.
- Ενημέρωση φορολογικής κατάστασης.

Τα προσωπικά δεδομένα είναι ευαίσθητα οπότε είναι απαραίτητο να λαμβάνονται μέτρα για την προστασία τους.

3.1.3 Δεδομένα έξυπνης πόλης

Στα στατιστικά περιλαμβάνονται:

- Κυκλοφορία στους δρόμους της πόλης.
- Η ροή πολιτών και τουριστών προς την πόλη.

- Κατανάλωση ρεύματος και νερού.

- Καιρός.

Ο συνδυασμός προσωπικών δεδομένων και στατιστικών δεδομένων δίνει σε μια έξυπνη πόλη την πλήρη απεικόνιση και καθιστά εύρυθμη την καθημερινότητα της. Ακόμα, παρέχει ένα νέο εργαλείο στις τοπικές επιχειρήσεις για να εξασφαλίσουν την ανάπτυξή τους, συμβάλλοντας έτσι στην εξέλιξη της έξυπνης πόλης.

3.1.4 Οι αισθητήρες μιας έξυπνης πόλης

Οι αισθητήρες παίζουν κεντρικό ρόλο στη λειτουργία των έξυπνων πόλεων. Δείκτες όπως:

-Ασφάλεια.

Η χρήση ειδικά τοποθετημένων καμερών διασφαλίζει την ασφάλεια των πολιτών.

- Μετακίνηση οχημάτων - Πολίτες σε δρόμους.

Η κίνηση των οχημάτων στο δρόμο παρακολουθείται με εγκατεστημένες κάμερες. Αυτές οι κάμερες δίνουν στο κέντρο παρακολούθησης μια ολοκληρωμένη εικόνα της κυκλοφοριακής κατάστασης στην πόλη. Επίσης, σε μια «έξυπνη πόλη», οι κανόνες κυκλοφορίας δεν είναι σταθεροί, αλλά αλλάζουν ανάλογα με την κυκλοφοριακή κατάσταση στο δρόμο.

- Ποιότητα αέρα.

Ο αέρας που αναπνέουν οι πολίτες είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την υγεία των κατοίκων των πόλεων. Η παρακολούθησή του μέσω αισθητήρων είναι χρήσιμη για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Με λεπτομερείς χάρτες

ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι κυβερνήσεις των πόλεων μπορούν να λάβουν πιο στοχευμένα και αποτελεσματικά μέτρα.

- Ηχορύπανση.

Τα επίπεδα θορύβου παρακολουθούνται επίσης με τον σωστό εξοπλισμό σε διάφορα σημεία της πόλης.

- Χώρος στάθμευσης.

Αισθητήρες στάθμευσης τοποθετούνται κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Σε κοντινή απόσταση υπάρχουν δρομολογητές WiFi που στέλνουν το σήμα του αισθητήρα στο κεντρικό σύστημα. Το κεντρικό σύστημα ξέρει πάντα τον αριθμό και τη θέση των διαθέσιμων χώρων στάθμευσης. Το σύστημα ενημερώνει την ψηφιακή φόρμα και καθιστά αυτές τις πληροφορίες ελεύθερα προσβάσιμες σε άλλες ψηφιακές εφαρμογές.

- Φώτα του δρόμου.

Τα φωτά του δρόμου (αισθητήρες) μπορούν να εγκατασταθούν εκεί όπου οι δήμοι αναλαμβάνουν την υποχρέωση φωτισμού της πόλης. Αυτοί οι αισθητήρες καταγράφουν τη φωτεινότητα και κάνουν πιο αποτελεσματική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για το φωτισμό.

Οι αισθητήρες επιτρέπουν στα φωτά τύπου LED να αλλάζουν τη φωτεινότητά τους ανάλογα με την ώρα της ημέρας, τον καιρό (φυσική φωτεινότητα) και την κίνηση πολιτών και οχημάτων.

3.1.5 Apps

Τα (apps) ψηφιακές εφαρμογές παρέχονται δωρεάν από δήμους, καθώς και από διάφορες τοπικές επιχειρήσεις, ιδιώτες. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή της «έξυπνης πόλης», μπορεί να παρέχει στους πολίτες πληροφορίες σχετικά με τα μέσα μαζικής μεταφοράς, το δημοτικό πάρκινγκ και τον καιρό. Επιπλέον, δίνουν στους πολίτες τη δυνατότητα να εξοφλήσουν τις υποχρεώσεις τους προς τους δήμους και το κράτος.

Η πλατφόρμα της Smart City υποστηρίζει την ανάπτυξη ψηφιακών εφαρμογών και λύσεων από τρίτους.

Για παράδειγμα, οι τοπικές επιχειρήσεις με εφαρμογές μπορούν να αξιοποιήσουν αυτές τις πληροφορίες μέσω API (διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών) για να βελτιώσουν την εμπειρία των πελατών τους.



Εικόνα 6: Application Programming Interface (mobile screenshot)

3.1.6 Κεντρικός έλεγχος

Ο κεντρικός έλεγχος και διαχείριση της «ψηφιακής πόλης» χωρίζεται σε τρία τμήματα:

- Καινοτομίας και Ανάπτυξης.

Εξασκείται σε καινούργιες σκέψεις στον τομέα των έξυπνων πόλεων. Σκοπός είναι η βελτίωση των υπηρεσιών που παρέχουν οι έξυπνες πόλεις και η δημιουργία νέων τεχνολογιών. Ο κλάδος συγκεντρώνει τους νέους με οραματισμό για την πόλη τους και ταλέντο στην πληροφορική.

- Παρακολούθησης.

Παρακολουθεί την αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος και ανταποκρίνεται σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Αυτό το τμήμα χρειάζεται να λειτουργεί 24/7 χωρίς διακοπή.

- Συντήρησης.

Αναλαμβάνει τοποθέτηση ηλεκτρονικού εξοπλισμού και γρήγορη αντιμετώπιση σφαλμάτων υφιστάμενων συστημάτων.

3.1.7 Διαχείριση των Μέσων Μαζικής Μεταφοράς

Οι έξυπνες ψηφιακές πόλεις μπορούν να αναλάβουν πλήρως τη διαχείριση των μέσων μαζικής μεταφοράς (MMM).

Στο πρώτο βήμα, το όχημα MMM παρακολουθείται σε πραγματικό χρόνο. Οι τοποθεσίες τους καταγράφονται. Ο χρόνος υπολογίζεται και ενημερώνονται οι πίνακες που τοποθετούνται στις τοποθεσίες. Επιπλέον, αυτές οι πληροφορίες είναι

επίσης διαθέσιμες σε εφαρμογές τρίτων. Τα καταγεγραμμένα στατιστικά είναι επίσης διαθέσιμα για αλλαγές διαδρομής MMM ανάλογα με τις ανάγκες τους.

Στο δεύτερο βήμα, αναπτύσσονται αυτοδηγούμενα αυτοκίνητα (π.χ. αυτοδηγούμενα λεωφορεία).

3.2 Application έξυπνης πόλης

3.2.1 Δήμοι

Όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται σε ένα πρόγραμμα που διαθέτουν οι δήμοι και λειτουργεί με ένα ισότοπο, εφαρμογή.

Τα χαρακτηριστικά του περιεχομένου είναι:

- Δυνατότητα ελέγχου άρθρων, φωτογραφιών, βίντεο.
- Παροχή εικόνων/βίντεο/χαρτών
- Χρησιμοποίηση ερωτηματολόγιων.
- Google Analytics Code.
- Λειτουργία ημερολογίου συμβάντων.
- Υλοποίηση ιστοσελίδων.
- Χρησιμοποίηση του εργαλείου επικύρωσης W3C για επαλήθευση.

3.2.2 Ανάλυση

Απαίτηση για ομοιόμορφη και απλή σχεδίαση επιδιώκουν αυτές οι εφαρμογές. Επομένως αυτές είναι σε θέση να επεξεργάζονται το πλήθος των πληροφοριών που δέχονται και να παρέχουν ολοκληρωμένες εξυπηρετήσεις στους δημότες. Τα οφέλη αυτών είναι τα παρακάτω:

- Οι πολίτες εξυπηρετούνται άμεσα.
- Δεν απαιτούνται ειδικές γνώσεις προσωπικού.
- Προστασία των δεδομένων του πολίτη .
- Αλλαγή σχεδίασης ή λειτουργίας πλοήγησης.
- Μείωση του φόρτου του διακομιστή.
- Καταχώρηση στη βάση δεδομένων όλου του περιεχομένου.
- Σχετικά μικρές απαιτήσεις σε πόρους του συστήματος.
- Αυτόματος μηχανισμός σύνδεσης με τη διαύγεια για αποφάσεις δημάρχων, συμβουλίων κ.λπ.

Κάθε εφαρμογή υποστηρίζει ανοιχτά πρότυπα για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας και της μελλοντικής επεκτασιμότητας της, ενώ υποστηρίζει τον δυναμικό εμπλουτισμό του περιεχομένου της από άλλους εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Το σύστημα θα πρέπει να υποστηρίζει εργαλεία όπως ιστολόγια, φόρουμ, δημοσκοπήσεις, κοινή χρήση μέσω κοινωνικής δικτύωσης, δίκτυα μέσω κοινωνικής δικτύωσης και άλλα. Θα πρέπει επίσης να υποστηρίζουν:

- Υποστήριξη αναθεωρήσεων.

- Δημιουργία/διαχείριση/εναλλαγή μεταξύ διαφορετικών εκδόσεων χώρων εργασίας.
- Επαναφορά περιεχομένου μετά τη διαγραφή.
- Υποστήριξη για συσκευές όπως τηλέφωνα και tablet.

Το απαιτούμενο σύστημα πρέπει να συμμορφώνεται με τις υποδείξεις της ΕΕ προσφέροντας:

- Συνδεσιμότητα.
- Δυνατότητα μεταφοράς.
- Δικαίωμα χρήσης.
- Ανοιχτή πηγή.
- Εφαρμογή και σε κινητά τηλέφωνα με μια αποκριτική διεπαφή και ξεχωριστής εφαρμογής.

3.2.3 Οφέλη των πολιτών μέσω των εφαρμογών

Η σχεδίαση επικεντρώνεται σε πολίτες, επαγγελματίες και τουρίστες. Αυτοί είναι οι 3 πυλώνες της αρχιτεκτονικής

Στόχος είναι η δημιουργία ενός δείκτη ποιότητας ζωής για τους πολίτες, ο οποίος τα περιεχόμενα του θα περιλαμβάνουν μονοπάτια περιπάτου, χώροι πρασίνου, φωτισμός κ.λπ. που θα ενδιαφέρουν μόνο τους πολίτες.

3.2.4 Για πολίτες και επισκέπτες

Οι έξυπνες πόλεις :

- Παρουσιάζουν το δήμο της πόλης και την τοπική κοινωνία.

•- Επαγγελματικές πληροφορίες ανά κατηγορία.

•-Πληροφορίες.

•- Ανακοινώσεις, νέα, δελτία τύπου.

•- Ειδοποιήσεις - Διαγωνισμοί.

•- Άνοιγμα δεδομένων.

Αναλυτικότερα, πληροφορούν τους πολίτες που ενδιαφέρονται να μάθουν για:

- Τους Δήμους -Την Περιφέρειές τους.

- Σωματεία - Ιδρύματα. Παρουσιάσεις, φωτογραφίες, κ.λπ.

- Νοσοκομεία, Κοινωνικούς Ομίλους, Πρόσκοπους, Εκκλησίες κ.λπ.

- Οργανισμούς της δημοτικής αυτοδιοίκησης (θεσμοί, υπηρεσίες, κέντρα υγείας, κ.λπ.).

- Ειδήσεις -Ενημερώσεις.

-Δημοτικές συγκοινωνίες ,υπεραστικές συγκοινωνίες.

- Χρήσιμες πληροφορίες (εφημερεύων φαρμακείο, δημαρχείο, ΚΕΠ, ελληνικά ταχυδρομεία, πισίνα, , χώροι εκγύμνασης, υπεραστικές συγκοινωνίες, ημερήσιος σταθμός, συμβουλευτικά κέντρα, δημοτικά κινηματογράφοι κ.ά.

- Χώρος στάθμευσης.

- Στα συμπεράσματα των δημοτικών συμβουλίων, οι δημότες θα έχουν την δυνατότητα ενημέρωσης. Ως απόκριση σε αυτά που προηγήθηκαν, μπορούν να δημιουργηθούν ειδικοί αυτοματοποιημένοι μηχανισμοί διεπαφής με τη διαύγεια για να κάνουν τη διαχείριση δεδομένων ευκολότερη και ταχύτερη και τα ιδρύματα να μειώσουν τον φόρτο εργασίας τους.

- Κοινωνικές και πολιτιστικές δραστηριότητες. - Κοινοτικό παντοπωλείο, κοινοτικό ιατρείο κ.λπ. και πολιτιστικά ημερολόγια.

- Διαγωνισμοί και συμβάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Η ΠΟΛΗ ΤΩΝ ΤΡΙΚΑΛΩΝ

4.1 Τρίκαλα: Η πρωτοπόρος έξυπνη πόλη σε νέες τεχνολογίες

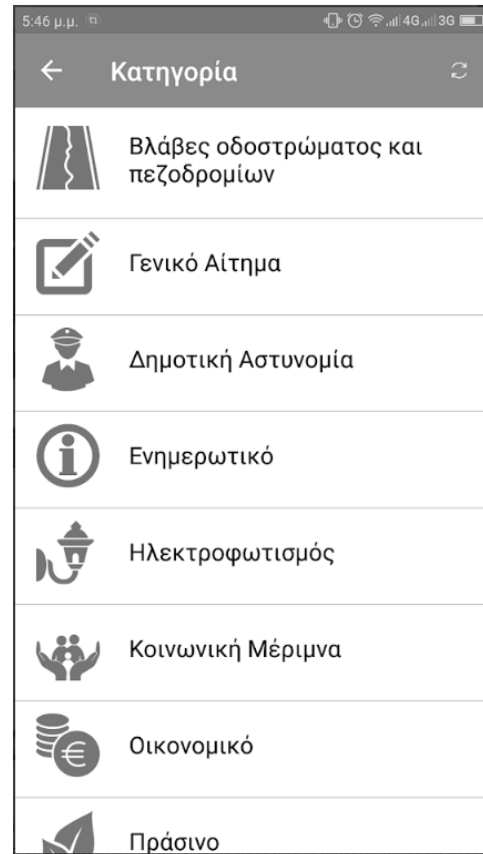
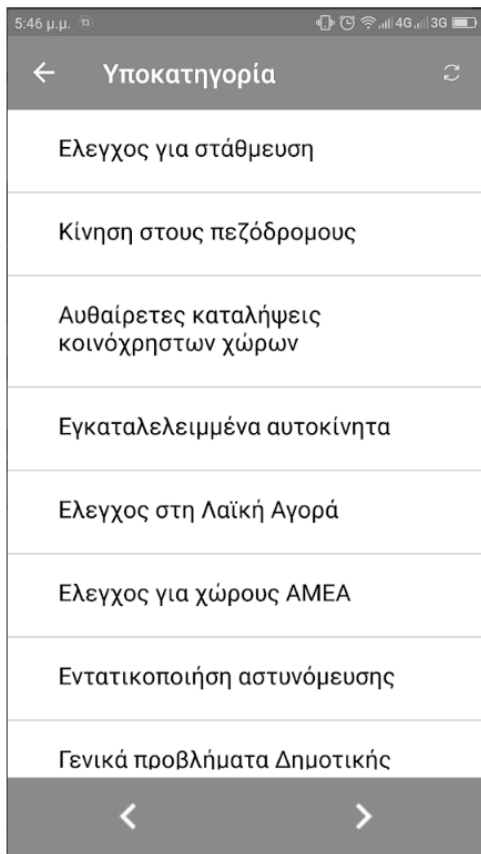
Οι «έξυπνες πόλεις», που συχνά ορίζονται ως εκείνες που χρησιμοποιούν τεχνολογία για τη βελτίωση των υπηρεσιών, την αύξηση της διαφάνειας και της αποτελεσματικότητας, πολλαπλασιάζονται σε όλο τον κόσμο.

Οι παρακάτω εφαρμογές έχουν εφαρμοστεί στα Τρίκαλα, μια πόλη της κεντρικής Ελλάδας, που αποτελεί σιγουρά πρότυπο στη χώρα μας.

Πρώτον, με τη χρησιμοποίηση ειδικού εξοπλισμού, μπορεί να εκτιμηθεί η ποιότητα της ατμόσφαιρας. Επιπλέον, οι μετρήσεις περιβαλλοντικής ποιότητας εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο για τη συγκριτική αξιολόγηση, την ανάδειξη και τον εντοπισμό τάσεων που μπορούν να εφαρμοστούν.

Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης στάθμευσης, με στόχο την ανακάλυψη, προβολή και έλεγχο οριοθετημένων χώρων στάθμευσης σε κεντρικά σημεία της πόλης. Ακόμα, το κοινό θα ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο για τη διαθεσιμότητα θέσεων στον επιλεγμένο χώρο.

Στην Εικόνα 7 φαίνονται 2 screenshot οθόνης από την εφαρμογή "Trikala Check App". Αυτή η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα στους πολίτες να καλύψουν ορισμένες από τις ανάγκες τους πιο γρήγορα και εύκολα. Επιτρέπει επίσης την υποβολή αιτημάτων και την αναφορά προβλημάτων στην κυβέρνηση της πόλης.



Εικόνα 7: Trikala Check App (<https://trikalacity.gr/smart-trikala/>)

Το 2016, ένα αυτό-οδηγούμενο λεωφορείο χρησιμοποιήθηκε και λειτούργησε με επιτυχία στα Τρίκαλα (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Αυτόνομο λεωφορείο χωρίς οδηγό (<https://www.youtube.com/watch?v=Xb14mycJP2A>)

Επιπλέον, στην Εικόνα 9 φαίνεται το αυτοματοποιημένο κέντρο εξυπηρέτησης πολιτών e-KEP που έχει εγκατασταθεί στην πόλη. Ειδικά μηχανήματα τύπου ATM δίνουν την ικανότητα στους πολίτες να ζητούν και να εκτυπώνουν άμεσα δημοτικές πληροφορίες, απογραφές κτλπ, μέρα και νύχτα. Η ταυτοποίηση του κάθε κάτοικου, γίνεται με τη χρήση της δημοτικής κάρτας του .



Εικόνα 9: Αυτοματοποιημένο Κέντρο Εξυπηρέτησης Πολιτών e-KEΠ (<https://www.defence-point.gr/news/dimos-trikkaion-24ori-parochi-ypiresion-stoys-dimotes-me-to-e-kep>)

4.2 Σενάριο εργασίας ευρυζωνικής υποδομής έξυπνης πόλης

Η συνολική έκταση του Δήμου Τρικάλων είναι 608.48 τ.χλμ και ο πληθυσμός του 81.355 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011.

Θα εξετάσουμε πώς μπορούμε να παρέχουμε μία ευρυζωνική υποδομή για «αφιερωμένες» υπηρεσίες έξυπνης πόλης λαμβάνοντας ως σενάριο εργασίας ένα τμήμα του κέντρου του ευρύτερου Δήμου Τρικάλων. Πιο συγκεκριμένα, θεωρούμε omni-directional κεραίες σφαιρικής κάλυψης με ακτίνα την ικανή εμβέλεια πομπού-δέκτη ούτως ώστε να έχουμε στις παρυφές κάθε κυψέλης μέσο SNR ίσο με 18 dB.

Αυτή η παράμετρος, του λόγου Σήματος-προς-Θόρυβο (Signal-to-Noise-Ratio, SNR) είναι η σημαντικότερη παράμετρος των τηλεπικοινωνιών. Εκφράζει τον λόγο του ωφέλιμου σήματος ως προς τον θόρυβο. Πρόκειται για λόγους ισχύων, συνεπώς το κλάσμα είναι αδιάστατο. Εκφραζόμενο σε λογαριθμική κλίμακα, το αδιάστατο κλάσμα γίνεται μία λογαριθμική αφαίρεση, το αποτέλεσμα της οποίας είναι dB. Οι τιμές ισχύος του ωφέλιμου σήματος και του θορύβου εκφράζονται σε dBm, που είναι η αντίστοιχη λογαριθμική κλίμακα για την γραμμική κλίμακα των mW.

Θεωρούμε βάσει μετρήσεων στάθμη θορύβου ίση με -85 dBm και συχνότητα λειτουργίας του LTE δικτύου τα 1.8 GHz. Για την μελέτη μας, θεωρούμε κυψελωτή υποδομή δικτύου 4^{ης} γενιάς. Κάθε σταθμός βάσης εκπέμπει σε EIRP (Effective Isotropically Radiated Power - ισχύς εκπομπής) ίση με 24 dBm.

Ο τύπος που μας δίνει τις απώλειες του ελεύθερου χώρου και τις απώλειες σκίασης, τις οποίες επειδή είμαστε σε αστικό περιβάλλον με κτίρια και άλλα εμπόδια θεωρούμε ότι εκφράζονται από απόκλιση σκίασης (shadow deviation) ίση με 10 dB σε λογαριθμική κλίμακα, για $z=1.645$ ισούται με:

$$P_L(\text{dB}) = P_{L\text{-Free-space-losses}}(\text{dB}) + P_{L\text{-shadow-losses}}(\text{dB}) \Rightarrow$$

$$P_L(\text{dB}) = 32.45 + 20 \cdot \log_{10}(d(\text{km})) + 20 \cdot \log_{10}(f(\text{MHz})) + z \cdot \sigma(\text{dB}) \Rightarrow$$

$$P_L(\text{dB}) = 32.45 + 20 \cdot \log_{10}(d(\text{km})) + 20 \cdot \log_{10}(f(\text{MHz})) + 16.45$$

Η συχνότητα μας δίδεται ίση με 1.8 GHz δηλαδή 1800 MHz. Ζητούμενο είναι η απόσταση d η οποία ουσιαστικά, εφόσον θέλουμε να βρούμε τι συμβαίνει στις παρυφές κάθε κυττάρου, ταυτίζεται με την ακτίνα κάθε κυψέλης (κυττάρου) κινητής τηλεφωνίας.

Πρώτα θα βρούμε ποια είναι η εμβέλεια της κάθε κυψέλης (δηλαδή αυτή ακριβώς η ακτίνα του, άρα η ζητούμενη απόσταση d) και μετά θα δούμε πόσες τέτοιες κυψέλες χρειαζόμαστε για να καλύψουμε το συνολικό εμβαδό των 50 τ.χλμ (ευρύτερο κέντρο της πόλης των Τρικάλων).

Έχουμε από τα δεδομένα μας ότι:

SNR=18 dB και πως η στάθμη θορύβου ισούται με -85 dBm. Άρα για την μέση λαμβανόμενη ισχύ στις παρυφές της κυψέλης έχουμε:

$$\text{SNR(dB)} = \text{Pr(dBm)} - \text{N(dBm)} = 18 \text{ dB} \rightarrow \text{Pr(dBm)} = \text{SNR(dB)} + \text{N(dBm)} \rightarrow \text{Pr(dBm)} = 18 - 85 = -67 \text{ dBm}.$$

Αυτή είναι η μέση λαμβανόμενη ισχύς που πρέπει να έχουμε στις παρυφές της κάθε κυψέλης του συστήματος κινητής τηλεφωνίας που εξετάζουμε. Εδώ αξίζει να σημειώσουμε πως λαμβάνουμε στάθμη SNR ίση με 18 dB που αντιστοιχεί με την απαίτηση της τεχνικής διαμόρφωσης QAM-16.

Γνωρίζουμε επίσης ότι:

$$\text{Pr(dBm)} = \text{EIRP(dBm)} - \text{PL(dB)} \rightarrow \text{PL(dB)} = \text{EIRP(dBm)} - \text{Pr(dBm)} = 24 - (-67) = 24 + 67 = 91 \text{ dB}.$$

Αυτή είναι η απαιτούμενη συνθήκη για τις ολικές απώλειες οδεύσεως από το Σταθμό Βάσης (στο κέντρο της κυψέλης) μέχρι τις παρυφές της κυψέλης.

Όπως προαναφέραμε, η απόσταση αυτή ταυτίζεται με την ακτίνα της κυψέλης.

Άρα:

$$P_L(\text{dB}) = 32.45 + 20 \cdot \log_{10}(d(\text{km})) + 20 \cdot \log_{10}(f(\text{MHz})) + 16.45 = 91 \Rightarrow$$

$$32.45 + 20 \cdot \log_{10}(d(\text{km})) + 20 \cdot \log_{10}(f(1800)) + 16.45 = 91 \Rightarrow$$

$$32.45 + 20 \cdot \log_{10}(d(\text{km})) + 65.11 + 16.45 = 91 \Rightarrow$$

$$114.01 + 20 \cdot \log_{10}(d(\text{km})) = 91 \Rightarrow$$

$$20 \cdot \log_{10}(d(\text{km})) = -23.01 \Rightarrow$$

$$\log_{10}(d(\text{km})) = -1.15 \Rightarrow$$

$$d(\text{km}) = 0.0707 \Rightarrow$$

$$d(\text{m}) = 70.7 \approx 71$$

Συνεπώς η ακτίνα κάθε κυψέλης είναι περίπου ίση με 71 μέτρα.

Από τα δεδομένα του σεναρίου εργασίας μας προκύπτει ότι οι κεραίες είναι omni-directional dipoles. Θεωρούμε λοιπόν προσεγγιστικά κυκλικές κυψέλες όπου το εμβαδόν κάθε κυψέλης είναι:

$$E = \pi * d^2 = 3.14 * (71)^2 = 3.14 * 5041 = 15836.769 \text{ m}^2$$

Η ζητούμενη περιοχή κάλυψης είναι 50 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Αυτό ισούται, με απλή μαθηματική μετατροπή, με $50 * 10^6 \text{ m}^2 = 5 * 10^7 \text{ m}^2$

Άρα για να βρούμε το ζητούμενο πλήθος των σταθμών βάσης αρκεί να κάνουμε την διαίρεση:

$$\frac{5 * 10^7}{15836.769} = 3157.21 \approx 3158$$

Συνεπώς για να καλύψουμε, με τις δεδομένες τηλεπικοινωνιακές συνθήκες και απαιτήσεις, την αστική περιοχή των 50 τετραγωνικών χιλιομέτρων με σκίαση 10 dB, χρειαζόμαστε 3158 κυψέλες κινητής τηλεφωνίας των 71 μέτρων ακτίνα έκαστο.

Σε μία τέτοια περίπτωση, εφόσον μπορεί να εξυπηρετηθεί η απαίτηση της ψηφιακής τεχνικής διαμόρφωσης QAM-16, μπορούμε να έχουμε ένα bit rate της τάξης των 160 Mbps ανά κεραία κάλυψης για εύρος ζώνης 40 MHz (φάσμα 4G δικτύου).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Συμπεράσματα

Οι εφαρμογές «έξυπνων πόλεων» είναι μια πρωτοβουλία που θέλουν να εφαρμόσουν όλες οι πόλεις για να αναπτυχθούν. Οι υπηρεσίες που παρέχονται μπορούν να καλύψουν μια ποικιλία εφαρμογών εξυπηρετώντας τις ανάγκες μιας σειράς πολιτών και αναπτύσσουν τεχνολογίες που συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής σε όλη την πόλη. Επομένως, οι έξυπνες πόλεις παίρνοντας στην ψηφιακή εποχή πράγμα που θεωρείται απαραίτητο και επιβεβλημένο.

Ωστόσο, είναι δύσκολο να διατυπωθεί μια συγκεντρωτική ιδέα καθώς δε συμμετέχουν όλοι οι φορείς που πρέπει και μπορούν να συμβάλουν προς αυτή την πλευρά. Επομένως, οι δήμοι συνεργαζόμενοι με τις αρμόδιες αρχές, αλλά και μεταξύ τους μέσω των τοπικών και των κεντρικών ενώσεων να συμφωνούν σε ένα ενιαίο σχέδιο που λειτουργεί ως γενικός οδηγός για πλατφόρμες και υπηρεσίες/εφαρμογές έξυπνων πόλεων.

Βασικά, η σχεδίαση των «έξυπνων πόλεων» και η παροχή κατάλληλων «έξυπνων εφαρμογών» απαιτούν σιγουρά τη συμμετοχή του προσωπικού των δήμων. Τα δεδομένα που παίρνουν και η σύνδεσή τους καθημερινά με τις ανάγκες των πολιτών είναι πλεονεκτήματα που συμβάλλουν σημαντικά στην ανάλυση των αναγκών τέτοιων εφαρμογών, οι οποίες επικεντρώνονται περισσότερο στην βέλτιστη και ταχύτερη εξυπηρέτηση των πολιτών.

Οι στρατηγικές «έξυπνων εφαρμογών» πρέπει να είναι ευέλικτες. Αναμένονται ανάλογες ενέργειες από τους κατάλληλους εμπλεκόμενους που δεν είναι στο χώρο, αλλά σίγουρα με στόχο τη δημιουργία «έξυπνων πόλεων». Επομένως, ο σχεδιασμός θα πρέπει να είναι εύκολα προσαρμόσιμος στις τεχνικές, οικονομικές και δικτυακές προδιαγραφές.

Σιγουρά οι έξυπνες εφαρμογές περιέχουν λύσεις και θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες ώστε να είναι ευέλικτες, ώστε να μπορούν να χωριστούν σε τμήματα και να είναι ανεξάρτητες, αλλά και διαλειτουργικές χωρίς να διακυβεύονται οι απαιτήσεις ευρυζωνικής συνδεσιμότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015), “Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives”, *Journal of Urban Technology*, 22:1, pp.3-21, online: <http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). *Smart Cities in Europe*. *Journal of Urban Technology*
- Cosmote - Πανελλαδικός χάρτης κάλυψης 3G: <http://goo.gl/8ai4f>
- European Commission, (2011), *Cities of Tomorrow, Challenges, visions, ways forward*, Directorate General for Regional Policy, http://ec.europa.eu/regional_policy/index_en.htm
- European Union, (2014), Directorate General For Internal Policies, Policy Department A: Economic and Scientific Policy, European Parliament, *Mapping Smart Cities in the EU*, authors MANVILLE C.et all, IP/A/ITRE/ST/2013-02
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P. (2010). *Foundations for smarter cities*. *IBM Journal of research and development*
- <https://smartcitiescouncil.com/>
- <http://www.localit.gr/archives/85748>)
- <http://www.localit.gr/archives/80477><http://www.localit.gr/archives/80477>
- Ilya Grigorik. 2013. *High Performance Browser Networking*. O'Reilly Media. ISBN:978-1-4493-4476-4
- IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, ITU
- Jung Hoon Lee, Phaal R., Sang-Ho Lee (2012) ‘An integrated service-device-technology roadmap for smart city development’, *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 80, Issue 2
- Komninos, N., (2002) *Intelligent Cities: Innovation, knowledge systems and digital spaces*, London and New York, Routledge.
- Komninos, N., (2006). *The Architecture of Intelligent Cities: Integrating Human, Collective, and Artificial Intelligence to Enhance Knowledge and Innovation*, 2nd International Conference on Intelligent Environments, Institution on Engineering and Technology, Athens.

-Komninos, N., (2008), *Intelligent Cities and Globalisation of Innovation Networks*, London and New York: Routledge.

-Komninos, N., (2009). *Intelligent Clusters, Communities and Cities: Enhancing Innovation with Virtual Environments and Embedded systems*. *International Journal of Innovation and Regional Development*.

-Komninos, N. (2011), “Intelligent cities: Variable geometries of spatial intelligence”, *Intelligent Buildings International*, Vol. 3.

-Komninos, N. (2016). *Smart environments and smart growth: Connecting innovation strategies and digital growth strategies*. *International Journal of Knowledge-Based Development*

-M2M: The Internet of 50 Billion Devices", *WinWin Magazine*, January 2010.

- Mori, K., & Christodoulou, A. (2012). *Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI)*. *Environmental impact assessment review*

-M. Weiser, “The Computer for the 21st Century,” *Scientific Am.*, Sept., 1991, reprinted in *IEEE Pervasive Computing*, Jan.-Mar. 2002

-TeliaSonera Annual Report 2008 – Technology Trends: <http://goo.gl/ZmYbA>

-The Internet of Things 2012 - New Horizons, IERC (Internet of Things European Research Cluster), 2012.

-Wikipedia - Fiber optic communication delivery systems diagram: <http://goo.gl/lz70b>

-Wikipedia - Fiber to the x: https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x

-Wireless Mesh Networking - ZigBee vs. DigiMesh. 2008. Digi White Paper. (<http://goo.gl/iIwKz>)

- www.ypes.gr/UserFiles/f0ff9297-f516-40ff-a70e/

-ZigBee Alliance: <http://www.zigbee.org/>

-ZIGBEE: A LOW POWER WIRELESS TECHNOLOGY FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS. Somani, Nisha Ashok και Patel, Yask. s.l. : *International Journal of Control Theory and Compute*, 2012, Τόμ. 2. 3.

-Ευρυζωνικές Τεχνολογίες. Καθ. X. I. Μπούρας, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών, <http://ru6.cti.gr/bouras/lessons.php?id=5>

-Κομνηνός, Ν. (2006) «Εξυπνες Πόλεις: Συστήματα Καινοτομίας και Τεχνολογίες Πληροφορίας στην Ανάπτυξη των Πόλεων», *Περιοδικό Αρχιτέκτονες*, Τεύχος 60