

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<< Προσομοίωση ΙοΤ δικτύων με Cisco Packet Tracer >>



Άρτα-2020

Βούλγαρη Ευγενία

ΑΜ: 753

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Μαργαρίτη Σπυριδούλα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<< Προσομοίωση ΙοΤ δικτύων με Cisco Packet Tracer >>

Βούλγαρη Ευγενία

A.M: 753

Επιβλέπουσα καθηγήτρια

Μαργαρίτη Σπυριδούλα

- Άρτα, Δεκέμβριος 2020 -

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπουσα καθηγήτρια

2. Μέλος επιτροπής

3. Μέλος επιτροπής

Ο Προϊστάμενος του Τμήματος

© Βούλγαρη Ευγενία, 2020.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Βούλγαρη Ευγενία

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την υπεύθυνη καθηγήτρια Κ. Μαργαρίτη Σπυριδούλα για την βοήθεια, την καθοδήγηση, την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας αλλά και για όλες τις πολύτιμες γνώσεις που απέκτησα καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου που παρά τις μεγάλες δοκιμασίες που αντιμετωπίσαμε στάθηκαν αρωγοί στις προσπάθειές μου και με στήριξαν σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου και σε κάθε επιλογή μου όλα αυτά τα χρόνια. Ακόμα το φιλικό μου περιβάλλον και όλους τους ανθρώπους που πίστεψαν σε εμένα και στις προσπάθειές μου.

Αφιέρωση

Στις δύο Βαλεντίνες μου, στην οικογένειά μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Internet of Things είναι μια πρωτοποριακή τεχνολογία η οποία αναπτύσσεται με εκθετικό ρυθμό. Αποτελείται από μια μεγάλη ποικιλία διαφόρων συνδεδεμένων συσκευών με δυνατότητα διαχείρισης και ελέγχου απομακρυσμένα. Η ιδέα των συνδεδεμένων συσκευών ξεκίνησε από το 1832, ο επίσημος όρος του όμως αποδόθηκε το 1999. Διαθέτει πολλά χαρακτηριστικά, οφέλη αλλά και προκλήσεις οι οποίες περιορίζουν την υιοθέτησή του. Ωστόσο η ανάπτυξή του θα συνεισφέρει σε πολλούς κλάδους βελτιώνοντας την καθημερινή ζωή και τις ανάγκες των ανθρώπων. Το IoT περιγράφεται ως ένα πολύπλοκο σύστημα με δομημένη αρχιτεκτονική χρησιμοποιώντας διάφορους τύπους τεχνολογιών. Ένας τρόπος για να γίνει κατανοητή η λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος και να προβλεφθεί η συμπεριφορά του είναι η δημιουργία ενός συστήματος ενός περιβάλλοντος που θα προσομοιώνει το πραγματικό IoT σύστημα ή με άλλα λόγια η χρήση ενός προσομοιωτή. Στην παρούσα πτυχιακή γίνεται μελέτη του Internet of Things και χρησιμοποιείται το λογισμικό προσομοίωσης Cisco Packet Tracer για την σχεδίαση, την δημιουργία και την δοκιμή IoT δικτύων για διάφορες περιπτώσεις χρήσης, όπως για παράδειγμα την δημιουργία ενός “έξυπνου” σπιτιού.

ABSTRACT

The Internet of Things is an innovative technology that is developing exponentially. It consists of a wide variety of different connected devices with the ability to manage and control remotely. The idea of connected devices started in 1832, but its official term was given in 1999. It has many features, benefits and challenges that limit its adoption. However, its development will contribute to many industries by improving people's daily lives and needs. The IoT is described as a complex system with a structured architecture using different types of technologies. One way to understand the operation of such a system and to predict its behavior is to create a system of an environment that will simulate the actual IoT system or in other words the use of a simulator. This dissertation studies the Internet of Things and uses Cisco Packet Tracer simulation software to design, build, and test IoT networks for various uses, such as building a "smart" home.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ABSTRACT	10
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	13
Κεφάλαιο 2: Η Τεχνολογία Internet Of Things	16
2.1. Ορισμός	16
2.2. Ιστορική Αναδρομή	16
2.3. Βασικά Χαρακτηριστικά του IoT.....	19
2.4. Προκλήσεις του IoT	20
2.5. Ζητήματα Ασφάλειας Και Ιδιωτικής Ζωής.....	22
2.6. Εφαρμογές Και Μελέτη Περιπτώσεων Για Το IoT.....	23
Κεφάλαιο 3 : Αρχιτεκτονικές και Τεχνολογίες IoT	30
3.1. Η Αρχιτεκτονική του IoT	30
3.2. Οι Τεχνολογίες δικτύωσης του IoT	32
3.2.1. Τεχνολογία RFID.....	32
3.2.2. Τεχνολογία Κινητής Επικοινωνίας 4G/5G.....	33
3.2.3. Τεχνολογία Bluetooth (BLE).....	33
3.2.4. Τεχνολογία Zigbee και IEEE 802.15.4	34
3.2.5. Πρότυπο IEEE 802.15.6	35
3.2.6. Τεχνολογία Wi-Fi και IEEE 802.11.....	35
3.2.7. Τεχνολογία LOWPAN	35
3.2.8. Τεχνολογία Z-Wave.....	36
3.2.9. Τεχνολογία Insteon.....	36
3.2.10. Συμπέρασμα	36
3.3. Οι Τεχνολογίες WSN, M2M, BAN και CPS	36
3.4. Το πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής MQTT.....	37
Κεφάλαιο 4 : Εισαγωγή Στην Προσομοίωση Δικτύου	38
4.1. Η Έννοια της Προσομοίωσης.....	38
4.2. Το Packet Tracer	38
4.3. Το Περιβάλλον Εργασίας του Cisco Packet Tracer	39

Κεφάλαιο 5 : Προσομοίωση IoT συσκευών με την χρήση του Cisco Packet Tracer	45
5.1. Σενάριο Πρώτο:	45
5.2. Σενάριο Δεύτερο:.....	52
5.3. Αποτελέσματα σεναρίων.....	64
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

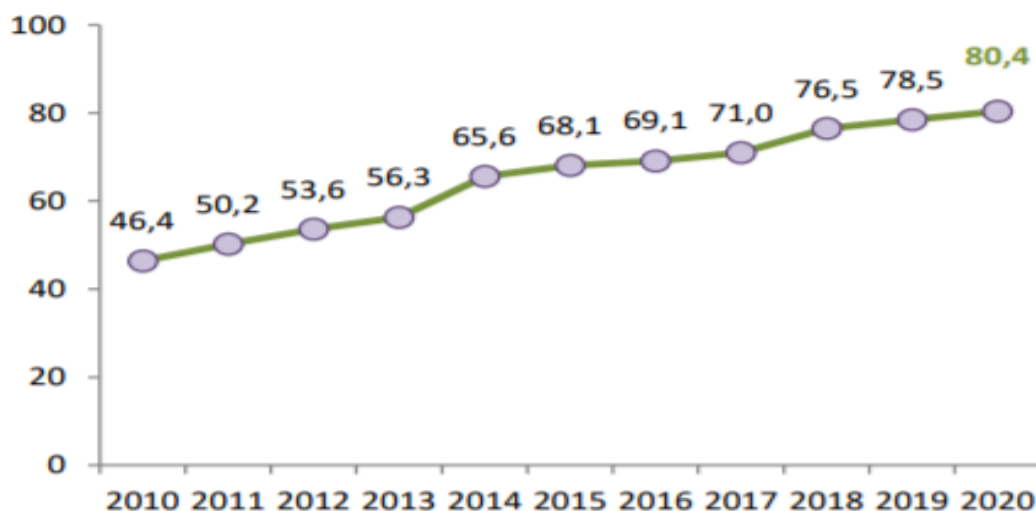
Το “Internet of Things” αποτελείται από ευμεγέθη αριθμό διαφόρων συσκευών και αντικειμένων τα οποία είτε είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους είτε στο διαδίκτυο. Εμπεριέχουν λογισμικά, αισθητήρες, ηλεκτρονικά συστήματα και προσφέρουν την δυνατότητα διαδικτυακής σύνδεσης με αποτέλεσμα την συλλογή και την ανταλλαγή πληροφοριών. Έτσι ο χρήστης έχει την δυνατότητα διαχείρισης και ελέγχου των συσκευών του από απόσταση [4].

Όταν, το 1999, ο Kevin Ashton εισήγαγε τον όρο Internet of Things (IoT) για να ορίσει το δίκτυο που όχι μόνο συνδέει τους ανθρώπους, αλλά και τα αντικείμενα γύρω τους, κανείς δεν μπορούσε να φανταστεί πώς μερικά χρόνια αργότερα θα συνδέονται στο διαδίκτυο 127 νέα αντικείμενα¹ ανά δευτερόλεπτο. Σήμερα, εκτός από υπολογιστές και τηλέφωνα, οποιοδήποτε “πράγμα” μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο. Για παράδειγμα οι οικιακές συσκευές, ρούχα, οχήματα, ή και σπίτια.

Το IoT διαμορφώνει ένα νέο τεχνολογικό περιβάλλον και έχει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών: από την υγεία και την εκπαίδευση έως την επιχείρηση και τη βιομηχανία, από την εργασία έως την διασκέδαση, από το σπίτι (“έξυπνο” σπίτι) έως και ολόκληρη την πόλη (“έξυπνη” πόλη), και πολλά ακόμη τέτοια παραδείγματα. Η εφαρμογή του IoT σε μια ευρεία κλίμακα αντικειμένων, αναμένεται να συμβάλει αποτελεσματικά σε θέματα που σχετίζονται με την καθημερινότητα των ανθρώπων (π.χ. διαχείριση ενέργειας, ασφάλεια, υγεία, εκπαίδευση, εργασία, γεωργία, κτηνοτροφία, οδική κίνηση, κ.ά.).

Οι δυνατότητες που παρέχονται με τη χρήση του διαδικτύου οδηγούν όλο και περισσότερα νοικοκυριά να αποκτούν πρόσβαση στο διαδίκτυο από την κατοικία τους. Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, το Α' τρίμηνο του 2020, 8 στους 10 κατοίκους της χώρας ηλικίας από 16 έως 74 ετών έκαναν χρήση του διαδικτύου, και αντίστοιχα 8 στα 10 νοικοκυριά (ποσοστό 80,4%) έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο από την κατοικία τους (Εικόνα 1-1)[2].

¹ Σύμφωνα με την εκτίμηση του Dave Evans, Futurist at CISCO (<https://www.politico.com/agenda/story/2015/06/internet-of-things-growth-challenges-000098/>).



Εικόνα 1-1: Σύνδεση στο διαδίκτυο νοικοκυριών από την κατοικία τους . ΕΛΣΤΑΤ (2020)

Στην ίδια έρευνα, και για πρώτη φορά στο διαδίκτυο των πραγμάτων και σε πληροφορίες που συλλέχθηκαν σχετικά με την χρήση “πραγμάτων” διασυνδεδεμένων στο διαδίκτυο που επιτρέπουν στους χρήστες τους τον εξ αποστάσεως έλεγχο και τη διαχείρισή τους μέσω έξυπνων κινητών, υπολογιστών ή ταμπλετών. Ως “πράγματα” αναφέρονται συσκευές ή συστήματα όπως κάμερες, συστήματα ασφαλείας, φωτισμού, κλιματισμού, κ.ά. Από την έρευνα προέκυψε πως στην συντριπτική τους πλειοψηφία οι κάτοικοι της χώρας, σε ποσοστό 85,6%, γνωρίζουν την ύπαρξη του IoT αλλά δεν έχουν χρησιμοποιήσει κάποια συσκευή για να συνδεθούν στο διαδίκτυο. Μόλις 1 στους 10 (8,7%) έκανε χρήση κάποιας συσκευής για να αξιοποιήσει τις δυνατότητες του διαδικτύου των πραγμάτων.

Παρόλα αυτά, αξίζει να σημειωθεί, πως ένα υπολογίσιμο ποσοστό (37,6%) από αυτούς που συνδέθηκαν στο διαδίκτυο το Α' τρίμηνο του 2020 συνδέθηκε από την τηλεόραση και 10% από κονσόλα παιχνιδιών. Επίσης ένα ποσοστό 9,1% έκανε χρήση έξυπνων συσκευών (π.χ. έξυπνο ρολόι, βραχιόλι, ρουχισμό, κ.ά.) για προσωπική χρήση, ενώ 1,7% έκανε χρήση ασύρματης κάμερας για σύνδεση στο διαδίκτυο από αυτοκίνητο.

Το διαδίκτυο των πραγμάτων αποτελεί μια τεχνολογία που έγινε ευρέως γνωστή σήμερα και συνεχώς κερδίζει έδαφος στην καθημερινότητα των ανθρώπων, στις επιχειρήσεις και στην εκπαίδευση. Η δυναμική του οφείλεται στην ευφυΐα που αποκτά ένα “πράγμα” που συνδέεται στο διαδίκτυο. Το “πράγμα”, μια συνήθως μικρή και οικονομική συσκευή, διασυνδεδεμένη συνεχώς στο διαδίκτυο, που μπορεί να παράγει, να στείλει και να λάβει δεδομένα, να αξιοποιήσει την υπολογιστική δύναμη των clouds και τις συλλογικές πληροφορίες από άλλα πράγματα. Παράλληλα, πλήθος IoT εφαρμογών που αναπτύσσονται διαρκώς αλλάζουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης των χρηστών με το δίκτυο και δημιουργούν νέες προκλήσεις.

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας παρουσιάζουμε τις βασικές αρχές αυτής της τεχνολογίας και το πώς εξετάζουμε την περίπτωση εφαρμογής της σε ένα “έξυπνο” σπίτι για την εξ αποστάσεως διαχείριση αντικειμένων του σπιτιού. Για να το πετύχουμε αυτό χρησιμοποιούμε το λογισμικό προσομοίωσης Packet Tracer και παρουσιάζουμε δύο σενάρια λειτουργίας.

Η εργασία αυτή περιλαμβάνει έξι κεφάλαια. Στο κεφάλαιο 2 εισάγεται η έννοια και η ιστορική αναδρομή του IoT, ακόμα παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά, οι προκλήσεις, τα ζητήματα ασφάλειας και οι εφαρμογές του. Στο κεφάλαιο 3 μελετήθηκαν η αρχιτεκτονική και οι τεχνολογίες δικτύωσης του IoT. Στην συνέχεια στο κεφάλαιο 4 εισάγεται η έννοια της προσομοίωσης και του Packet Tracer και παρουσιάζεται το περιβάλλον εργασίας του Packet Tracer. Παρακάτω στο κεφάλαιο 5 γίνεται παρουσίαση δύο σεναρίων λειτουργίας “έξυπνων” σπιτιών χρησιμοποιώντας το λογισμικό προσομοίωσης Packet Tracer ενώ στο τέλος του συγκεκριμένου κεφαλαίου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των σεναρίων. Εν κατακλείδι στο κεφάλαιο 6 προβάλλονται τα συμπεράσματα που αποκτήθηκαν από την εργασία σε σύνολο.

Κεφάλαιο 2 : Η Τεχνολογία Internet Of Things

2.1 Ορισμός

Σύμφωνα με το λεξικό της Οξφόρδης ο όρος Διαδίκτυο των Πραγμάτων αναφέρεται σε μία προτεινόμενη ανάπτυξη του διαδικτύου στην οποία κάθε αντικείμενο διαθέτει συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο επιτρέποντάς του να στείλει και να λάβει δεδομένα.

Σύμφωνα με μια άλλη προσέγγιση [3], το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι μια συλλογή υποδομών που διασυνδέουν συνδεδεμένα αντικείμενα και επιτρέπουν τη διαχείρισή τους, την εξόρυξη δεδομένων και την πρόσβαση στα δεδομένα που αυτά παράγουν. Μέρος της υποδομής αποτελεί και ο αισθητήρας (sensor) ή ο ενεργοποιητής (actuator) που επιτρέπει την επικοινωνία, τη μεταφορά, αποθήκευση, επεξεργασία και πρόσβαση στα δεδομένα.

2.2 Ιστορική Αναδρομή

- **1832:** Η ιδέα των συνδεδεμένων συσκευών ξεκίνησε το 1832 από τον Baron Scilling στην Ρωσία με τον σχεδιασμό του πρώτου ηλεκτρομαγνητικού τηλεγράφου, ο οποίος μέσω των ηλεκτρικών σημάτων είχε σαν αποτέλεσμα την επικοινωνία δυο μηχανών μεταξύ τους.
- **1844:** Υπήρξε το πρώτο τηλεγραφικό μήνυμα απεσταλμένο από τον Samuel Morse από την Ουάσιγκτον στην Βαλτιμόρη.
- **1920:** Σημαντικές προβλέψεις από τον Nicola Tesla για χρήση των Smartphones και για ηλεκτρικές πτήσεις αεροπλάνων. Προέβλεπε ότι η επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων θα γίνεται ασύρματα μέσω μικρών συσκευών που θα χωρούσαν ακόμα και σε μια τσέπη.
- **1960:** Η αρχή του “Internet of Things” ξεκίνησε στα τέλη της συγκεκριμένης χρονιάς με την εφεύρεση του διαδικτύου ενός από τους πιο βασικούς παράγοντες στην ανάπτυξη του IoT.
- **1969:** Μεταδόθηκε το πρώτο μήνυμα μέσω του πρώτου δικτύου μεταγωγής πακέτου ARPANET.

- **1970:** Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 επινοήθηκε από τον Θεόδωρο Παρασκευάκο το πρώτο CallerID, συγκεκριμένα μια τεχνολογία η οποία σχετίζεται με την αυτόματη μετάδοση δεδομένων μέσω τηλεφωνικών γραμμών. Τα συστήματα M2M χρησιμοποιούνται πιο συχνά σε μηχανολογικές επικοινωνίες λόγω κόστους χρησιμοποιώντας κυβελοειδή ή δορυφορικά δίκτυα [50].
- **1974:** Ανακαλύφθηκε το πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς TCP/IP (Transmission Control protocol), ένα από τα σημαντικότερα πρωτόκολλα .
- **1980:** Την δεκαετία του 1980 ξεκίνησαν περισσότερες μελέτες στο τομέα αυτό μετά ειδικά από μια εφεύρεση ενός μηχανήματος αυτόματης πώλησης της coca cola στο ιδιωτικό πανεπιστήμιο Carnegie Mellon. Το μηχάνημα αυτό λειτουργούσε από τοπικούς προγραμματιστές με ενσωματωμένους μικροδιακόπτες συνδεδεμένους στο διαδίκτυο με αποτέλεσμα τον έλεγχο διαθεσιμότητας των προϊόντων.
- **1984:** Ακολούθησε η εισαγωγή του συστήματος ονοματοδοσίας DNS (Domain Name System).
- **1990:** Θεωρείτε η πρώτη συσκευή IoT και εφευρέθηκε από τον John Romkey. Η συσκευή ήταν μια τοστιέρα συνδεδεμένη στο διαδίκτυο με την χρήση του πρωτοκόλλου TCP/IP. Το συγκεκριμένο έτος επίσης υπήρξε η πρώτη ραδιοφωνική μετάδοση φωνής.
- **1991:** Εφευρέθηκε η πρώτη κάμερα Web σε ένα πανεπιστήμιο του Cambridge από επιστήμονες. Τοποθέτησαν και προγραμματίσαν μια κάμερα Web σε μια καφετιέρα επιτρέποντας σε όλους να βλέπουν πόσο διαθέσιμο προϊόν υπάρχει. Τα αποτελέσματα από τις φωτογραφίες στέλνονταν σε τοπικούς υπολογιστές τρεις φορές το λεπτό.
- **1993:** Δημιουργήθηκαν οι παγκόσμιοι δορυφόροι θέσης (GPS).
- **1994:** Δημιουργείτε το WearCam μια εφαρμογή προσωπικής απεικόνισης από τον Steve Mann.
- **1995:** Εισήχθησαν στο διαδίκτυο εμπορικές εταιρείες όπως το Amazon και το EBay. Την ίδια χρονιά η Siemens δημιουργεί μια καινοτομία στα κινητά τηλέφωνα αναπτύσσοντας μια μονάδα <<M1>> για εφαρμογές M2M (μηχανή

σε μηχανή). Με το συγκεκριμένο σύστημα επέτρεπαν στις συσκευές να επικοινωνούν μέσω ασύρματου δικτύου. Η μονάδα M1 χρησιμοποιείται σε συστήματα πωλήσεων (POS), με την χρήση τηλεματικής σε αυτοκίνητα, σε εφαρμογές παρακολούθησης και εντοπισμού καθώς και σε παρακολουθήσεις από απόσταση.

- **1998:** Ενσωματώθηκε η Google στο διαδίκτυο.
- **1999:** Θεωρείται μια πολύ σημαντική χρονιά καθώς ο Kevin Ashton εφηύρε τον όρο “Διαδίκτυο των πραγμάτων”. Μετά την περιγραφή του στο Protect & Gamble ως μια τεχνολογία η οποία συνδέει αντικείμενα μέσω της ετικέτας ραδιοσυχνότητας RFID (Radio Frequency Identification), το διαδίκτυο των πραγμάτων γνώρισε μια εκθετική άνοδο που σήμανε την μετάβαση σε μια άλλη εποχή τεχνολογικής ανάπτυξης.
- **2000:** Το IoT είχε ήδη γίνει ευρέως γνωστό στα μέσα μαζικής ενημέρωσης, σε εφημερίδες καθώς και σε καταστήματα. Έτσι την ίδια χρονιά ακολούθησε μια ακόμα καινοτομία στο χώρο του Internet of Things από την LG Electronics. Η καινοτομία ήταν ένα ψυγείο το οποίο ήταν συνδεδεμένο στο διαδίκτυο και προσέφερε στους χρήστες ένα ηλεκτρονικό κατάστημα.
- **2005:** Μια επιπλέον καινοτομία ήταν η εφεύρεση ενός ρομπότ-κουνέλι με το όνομα Nabaztag το οποίο είχε την δυνατότητα να πει τις τελευταίες εξελίξεις, τα καιρικά φαινόμενα, το χρηματιστήριο και τίτλους ειδήσεων.
- **2008:** Πραγματοποιήθηκε το 1^ο Διεθνές Συνέδριο για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων συμμετέχοντας 23 χώρες. Σύμφωνα με την Cisco Internet Business Solutions Group ήταν η πρώτη χρονιά που εκτοξεύτηκε η ανάπτυξη του IoT.
- **2010:** Για πρώτη φορά οι συνδεδεμένες συσκευές στο διαδίκτυο ήταν περισσότερες από το ποσοστό των ανθρώπων. Το ποσοστό των συνδεδεμένων συσκευών στο Διαδίκτυο ανέρχονταν στα 12,5 δισεκατομμύρια ενώ ο παγκόσμιος πληθυσμός ανέρχονταν στα 6,8 δισεκατομμύρια.
- **2011:** Το IoT εισήχθη στο Gartner Hype Cycle στην κατηγορία των αναδυόμενων τεχνολογιών. Επιπρόσθετα κυκλοφόρησε το πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου IPv6, ένα σημαντικό πρωτόκολλο διαχείρισης διευθύνσεων στην τεχνολογία του “Internet of Things” [5],[6],[7],[8].

Από τότε και έπειτα ακολούθησαν πολλές και σημαντικές εξελίξεις, συνέδρια, άρθρα, ερευνητικές και επιστημονικές μελέτες στο τομέα του Διαδικτύου των Πραγμάτων

μέχρις ότου πλέον το **2020** οι εκτιμήσεις των συνδεδεμένων συσκευών IoT να ανέρχεται στο 30.3 δισεκατομμύρια με εκθετική αύξηση [9].

2.3 Βασικά Χαρακτηριστικά του IoT

Το Internet of Things χαρακτηρίζεται ως ένα σύνθετο σύστημα πολλών συνδεδεμένων συσκευών με διάφορα χαρακτηριστικά. Μερικά από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που διαθέτει είναι τα εξής:

- **Δυναμικότητα συσκευών:** Η κατάσταση των συσκευών αλλάζει δυναμικά. Έτσι μια συσκευή μπορεί να αλλάξει δυναμικά την κατάσταση της από Sleep mode σε waking up, να συνδεθεί ή να αποσυνδεθεί ανάλογα με την θερμοκρασία, την θέση και την ταχύτητα.
- **Ετερογένεια:** Οι συσκευές IoT στηρίζονται σε διαφορετικές πλατφόρμες και δίκτυα. Ωστόσο έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν με άλλες συσκευές ή υπηρεσίες μέσω διαφορετικών δικτύων.
- **Συνδεσιμότητα:** Κύριο χαρακτηριστικό του IoT είναι η δυνατότητα σύνδεσης σε ένα παγκόσμιο σύστημα πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών.
- **Νοημοσύνη:** Η δυνατότητα που προσφέρει η τεχνητή νοημοσύνη στο IoT είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ συσκευών έτσι ώστε να προσαρμόζονται και να πραγματοποιούν αυτόματα καθορισμένες λειτουργίες. Ακόμα υποστηρίζει την ανάλυση δεδομένων IoT σε πολλούς τομείς. Η συσχέτιση μεταξύ IoT και τεχνητής νοημοσύνης οφείλεται στον συνδυασμό αλγορίθμων και υπολογισμών λογισμικού και υλικού.
- **Πληθώρα Κλίμακα:** Το ποσοστό των συνολικών συνδεδεμένων συσκευών που επικοινωνούν μεταξύ τους στο διαδίκτυο θα είναι αρκετά μεγαλύτερος από το συνολικό αριθμό των συνδεδεμένων συσκευών στο τωρινό διαδίκτυο.
- **Ανίχνευση:** Οι τεχνολογίες ανίχνευσης που περιέχει το IoT επιτρέπει στις συσκευές να διαμορφώνονται και να τροποποιούνται ανάλογα με την κατάσταση του περιβάλλοντος.
- **Ασφάλεια:** Με τον τεράστιο και συνεχώς αυξανόμενο αριθμό συνδεδεμένων συσκευών IoT στο διαδίκτυο αυξάνεται και η ανάγκη για ασφάλεια των δεδομένων. Έτσι θα πρέπει οι συσκευές να παρέχουν την ασφάλεια, την ιδιωτικότητα και την προστασία των προσωπικών δεδομένων [10],[11].

2.4 Προκλήσεις του IoT

Το Internet of Things αναμφισβήτητα είναι μια πρωτοποριακή τεχνολογία με μεγάλη ανάπτυξη. Προσφέρει σημαντικές βελτιώσεις στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου αλλά και σε διάφορους τομείς. Ωστόσο η υιοθέτηση του IoT περιορίζεται από κάποιες σημαντικές προκλήσεις όπως :

- **Κλιμάκωση(Scalability):** Ο όρος κλιμάκωση ή αλλιώς επεκτασιμότητα είναι μια πρόκληση για τον κόσμο των “έξυπνων πραγμάτων”. Πρόκληση για τον λόγο ότι θα πρέπει το σύστημα να έχει την δυνατότητα να ανταπεξέρχεται στην περίπτωση πολλών διαφορετικών δεδομένων από πολλούς διαφορετικούς χρήστες με τις καλύτερες προδιαγραφές, χωρίς καμία υποβάθμιση των υπηρεσιών. Είναι δύσκολο αυτό να επιτευχθεί για τον λόγο ότι η κλιμάκωση δεν ταιριάζει σε όλες τις συσκευές, άλλες συσκευές δεν έχουν μεγάλη χωρητικότητα για να λάβουν περισσότερα δεδομένα και άλλες απαιτούν μεγάλο χρονικό διάστημα για να προγραμματιστούν. Για ένα προϊόν θα είναι μεγάλη επιτυχία να μπορεί να επεκτείνεται με βάση τις ανάγκες του καταναλωτή χωρίς καμία υποβάθμιση των υπηρεσιών που του προσφέρει [12].
- **Προτυποποίηση(Standardization):** Η προτυποποίηση είναι ακόμα μια βασική πρόκληση για το Internet of Things. Οι εταιρείες που παρέχουν στο ευρύ κοινό τα προϊόντα τους προσπαθώντας να φθάσουν τις προσδοκίες των καταναλωτών δημιουργούν σε πρώιμο στάδιο διαφορετικές πλατφόρμες στα προϊόντα τους. Οι διάφοροι συλλέκτες δεδομένων, η επικοινωνία πολλών συσκευών μεταξύ τους, οι πολλαπλοί σταθμοί ελέγχου σε διαφορετικές χώρες με διαφορετικούς νόμους χωρίς κοινά πρότυπα δημιουργούν μια πολυπλοκότητα με αποτέλεσμα κάθε συσκευή να απαιτεί χρόνο για ενημέρωση και να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά. Ακόμα με την τόσο ραγδαία εξέλιξη του IoT , η έλλειψη κοινών προτύπων αυξάνει τον αριθμό κινδύνων των προσωπικών δεδομένων και των νομικών δικαιωμάτων. Με την προτυποποίηση στα προϊόντα IoT προσδιορίζοντας την ιδιοκτησία και τους λόγους κατά τους οποίους τα δεδομένα θα μπορούν να κοινοποιηθούν σε άλλα άτομα θα μειωνόταν αυτό το φαινόμενο κλοπής και τα δεδομένα θα παρέμεναν ασφαλή. Ακόμα πολλές “έξυπνες” συσκευές θα διέθεταν το “Plug & Play”, δηλαδή αναγνώριση υλικού κατευθείαν από το λειτουργικό σύστημα

χωρίς ο χρήστης να πρέπει να κατεβάσει και να εγκαταστήσει το σχετικό λογισμικό και προγράμματα οδηγού (Drivers). Μια εύκολη λύση για καταναλωτές και εταιρείες θα είναι τα προϊόντα να διαθέτουν τεχνολογία ανοιχτού κώδικα καθώς και το λογισμικό API(Application Programming Interface) το οποίο επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ εφαρμογών στέλλοντας το αίτημα στον πάροχο και επιστρέφοντας την απάντηση στον χρήστη. Η προτυποποίηση θα διασφάλιζε την κυκλοφορία του IoT σε μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς και σε μη αναπτυγμένες χώρες, βοηθώντας έτσι πολλούς τομείς όπως την ανάπτυξη, την υγεία, το καθαρό πόσιμο νερό κ.α. Ένα μεγάλο εμπόδιο της προτυποποίησης είναι ο υψηλός ανταγωνισμός των εταιρειών . Υπάρχει το δίλλημα αν θα ρίσκαραν για έναν καλύτερο κόσμο να συνεργαστούν με τους ανταγωνιστές τους. Τέλος στην διαδικασία της προτυποποίησης θα πρέπει να αντιμετωπιστούν τρεις κατηγορίες οι οποίες είναι αλληλένδετες και χρήσιμες για το IoT.Οι κατηγορίες αυτές είναι : η πλατφόρμα, η συνδεσιμότητα και οι εφαρμογές. Συμπερασματικά θα πρέπει οι οργανισμοί IEEE και οι μη κυβερνητικοί κανονισμοί να πορεύονται με κοινά πρότυπα [13],[14],[15],[16],[17].

- **Μέγεθος Συσκευών(Device size):** Οι συσκευές στο Internet of Things διαθέτουν αισθητήρες για την επικοινωνία μεταξύ τους. Λόγω των δισεκατομμυρίων συνδεδεμένων συσκευών IoT, αισθητήρων και αντικειμένων που υπάρχουν στην εποχή που διανύουμε, οι αισθητήρες παράγουν και έναν ευμεγέθη όγκο δεδομένων το λεγόμενο Big Data. Τα τεράστια όγκου και διαφορετικών μορφών δεδομένα που συλλέγονται μέσω των συσκευών IoT προσφέρουν ένα δύσκολο χειρισμό στην ταχύτητα η οποία θα πρέπει να είναι σε πραγματικό χρόνο, στην αποθήκευση και την επεξεργασία των πληροφοριών, δεδομένου ότι απαιτούν συνεχώς μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης και λογισμικού. Επειδή ο χρόνος και οι δυνατότητες είναι περιορισμένες, το μέγεθος των συσκευών είναι μια μεγάλη πρόκληση στην ανάπτυξη του IoT [18],[19].
- **Κατανάλωση ενέργειας(Energy Consumption):** Κάθε τεχνολογία έχει διαφορετικά πρότυπα συνδεσιμότητας και χαρακτηριστικά όπως εύρος ζώνης,

ισχύ, εύρος απόδοσης δεδομένων ή σήματος, χρόνος ζωής μπαταρίας κ.α. Η πρόκληση είναι ότι η κάθε περίοδος χρήσης των προϊόντων IoT θα πρέπει να εξετάζεται βραχυπρόθεσμα. Για παράδειγμα για χαμηλότερη κατανάλωση θα πρέπει να υπάρχει μεγαλύτερος χρόνος ζωής της μπαταρίας. Η χρήση Bluetooth συγκριτικά με το Wi-Fi έχει χαμηλότερη ενέργεια άλλα διαθέτει περιορισμούς στην εμβέλεια σήματος και στον αριθμό των συνδεδεμένων συσκευών. Μια τεχνολογία που δεν έχει υψηλή ενέργεια και είναι κατάλληλη για “έξυπνες συσκευές” είναι το Zigbee. Όμως από την άλλη το Zigbee διαθέτει εξαιρετικά χαμηλή ταχύτητα σε σχέση με το Wi-fi. Το ιδανικό χαρακτηριστικό για τις IoT συσκευές είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και ο χαμηλός χρόνος δεδομένων, όμως καμία από τις παραπάνω τεχνολογίες δεν ταιριάζει και με τα δυο χαρακτηριστικά [19].

- **Συμβατότητα(Compatibility):** Το ζήτημα της συμβατότητας των συσκευών είναι ακόμα μια πρόκληση για τις επιχειρήσεις λόγω διαφορετικών λογισμικών και πρωτοκόλλων. Ένα δίκτυο IoT θεωρείται πολύπλοκο λόγω των πολλών χαρακτηριστικών που διαθέτει. Έτσι οι επιχειρήσεις καλούνται να διαχειριστούν την τυχόν δυσλειτουργία ενός προϊόντος. Για να είναι εύκολη η διαχείριση αυτή θα πρέπει να προτιμούνται υλικά ίδιου κατασκευαστή. Ακόμα σε περιπτώσεις που ο κατασκευαστής διακόψει τον προϊόν ή τον εξοπλισμό, οι συσκευές να έχουν ακόμα την δυνατότητα να λειτουργούν και να αναβαθμίζονται [20].

2.5 Ζητήματα Ασφάλειας Και Ιδιωτικής Ζωής

Το IoT αναπτύσσεται ραγδαία αποτελώντας την τελευταία τάση της τεχνολογίας. Ωστόσο αντιμετωπίζει πολλούς και σοβαρούς κινδύνους σε ζητήματα ασφάλειας και αυτό προκαλεί μια παγκόσμια ανησυχία για την ανάπτυξή του.



Εικόνα 2-1: Ασφάλεια του IoT

Ένα μεγάλο ποσοστό καταναλωτών προβληματίζεται, δεν εμπιστεύεται και δεν νιώθει οικεία με το γεγονός ότι δημοσιοποιείται η ιδιωτική του ζωή και τα προσωπικά του δεδομένα καθώς παρακολουθείτε διαρκώς. Ως γνωστόν ότι συνδέεται στο διαδίκτυο είναι και πιο επιρρεπής σε θέματα ασφάλειας και κινδύνων. Οι παραβιάσεις των χάκερ είναι μια πραγματική απειλή. Συγκεκριμένα πολλοί κατασκευαστές σχεδιάζουν τα προϊόντα τους με γνώμονα το χαμηλό κόστος, τις τελευταίες τάσεις, τα λειτουργικά χαρακτηριστικά παραμελώντας τα ζητήματα ασφάλειας και απορρήτου. Οι αδύναμοι κωδικοί πρόσβασης, οι μη ασφαλείς υπηρεσίες δικτύου οι οποίες διαθέτουν όλα τα προσωπικά στοιχεία που συλλέγουν από το περιβάλλον του χρήστη χωρίς καμία κρυπτογράφηση έχουν σαν αποτέλεσμα την εύκολη πρόσβαση μη εξουσιοδοτημένων ατόμων. Μερικές λύσεις για την προστασία των προσωπικών δεδομένων και της ιδιωτικής ζωής σε αυτές τις προκλήσεις τόσο σε οικιακό άλλα και σε εταιρικό επίπεδο είναι ότι όλοι οι χρήστες θα πρέπει να αλλάζουν τους κωδικούς πρόσβασης σε τακτά χρονικά διαστήματα και να ακολουθούν όλες τις οδηγίες προστασίας. Από την πλευρά των επιχειρήσεων θα πρέπει οι συσκευές που θα είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο να έχουν την δυνατότητα κρυπτογράφησης και την συνεχή εγκατάσταση ενημερώσεων λογισμικού διατηρώντας έτσι τις συσκευές IoT ασφαλείς. Τέλος θα πρέπει να υπάρχει ασφαλή αποθήκευση δεδομένων ενώ ταυτόχρονα να επιτρέπεται η πρόσβαση, η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων που ήδη υπάρχουν [21],[22].

2.6 Εφαρμογές IoT

Η ανάπτυξη του IoT θα φέρει πολλές αλλαγές σε πολλούς κλάδους σε όλο τον κόσμο φιλικές προς το περιβάλλον, βελτιώνοντας και διευκολύνοντας την

καθημερινή ζωή και τις ανάγκες των ανθρώπων. Μερικοί από αυτούς τους κλάδους είναι οι εξής:

ο “Έξυπνες” Πόλεις

Διανύουμε το φαινόμενο της αστικοποίησης καθώς πάνω από το 50% των ανθρώπων ζουν σε πόλεις. Αυτό το ποσοστό θα αυξηθεί ραγδαία μέχρι το 2050. Αυτό σημαίνει ότι θα αυξηθούν και οι προκλήσεις. Μια πόλη χαρακτηρίζεται ως “έξυπνη” πόλη όταν αποτελείται από συνδεδεμένα αντικείμενα μέσω ψηφιακών δικτύων και εφαρμογών, χρησιμοποιώντας ασύρματη τεχνολογία σε πραγματικό χρόνο, διευκολύνοντας και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής. Μια “έξυπνη πόλη” βελτιώνει την βιωσιμότητα και μειώνει το κόστος αλλά επίσης συμβάλλει φιλικά στο περιβάλλον και στον άνθρωπο μειώνοντας την περιβαλλοντική ρύπανση, τα απορρίμματα και την κυκλοφορία. Η τεχνολογία IoT χρησιμοποιεί ηλιακή ενέργεια και φωτισμούς LED επόμενης γενιάς. Οι έξυπνες αυτές τεχνολογίες προειδοποιούν και ενημερώνουν για καιρικά φαινόμενα όπως βροχή ή καταιγίδα, για πυρκαγιά αλλά και για θέματα κυκλοφορίας και στάθμευσης. Μέσω εφαρμογής οι φωτεινοί σηματοδότες θα έχουν την δυνατότητα ανίχνευσης θέσεων στάθμευσης και άλλων στοιχείων με στόχο την ευκολία των οδηγών. Ένα σημαντικό όφελος που θα προσφέρει η τεχνολογία IoT σε πόλεις είναι η καινοτομία. Μέσω των ψηφιακών εφαρμογών θα διευκολύνεται η πληροφόρηση, η μεταφορά, η συνεργασία, η λήψη αποφάσεων και η επικοινωνία αναπτύσσοντας καλύτερη ποιότητα ζωής. Για να θεωρηθεί μια “έξυπνη” πόλη επιτυχημένη θα πρέπει να διαθέτει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- **Συνδεσιμότητα:** Μια “έξυπνη” πόλη θα πρέπει να διαθέτει διαπερατή ασύρματη συνδεσιμότητα. Οι τεχνολογίες LPWAN(Low Power Wide Area Network) οι οποίες διαθέτουν Bluetooth και διάφορα αλλά σημαντικά χαρακτηριστικά όπως και η τεχνολογία 5G θα συμβάλλουν στον παγκόσμιο ιστό των “έξυπνων” πόλεων.
- **Δημόσια Δεδομένα:** Λόγω των αμέτρητων κινδύνων και παραβιάσεων των προσωπικών δεδομένων έχει κυριαρχήσει ο φόβος και η ανησυχία με αποτέλεσμα την μειωμένη ανταλλαγή πληροφοριών. Αν και τα δημόσια δεδομένα αποτελούν μια ανησυχητική πρόκληση στο κόσμο του IoT και θεωρείτε από τα βασικά αρνητικά χαρακτηριστικά, από την άλλη πλευρά σε

μια βιώσιμη έξυπνη πόλη, εκεί που όλοι θα μοιράζονται πληροφορίες και δεδομένα και θα λαμβάνονται αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο θα αυξάνεται το επίπεδο συνεργασίας, μόρφωσης και συμμετοχής στα κοινά. Έτσι θα υπάρχουν καλύτερα βιώσιμα αποτελέσματα.

- **Ασφάλεια πολιτών:** Οι διάφορες τεχνολογίες όπως: τα “έξυπνα” συστήματα για τυφλούς, οι “έξυπνες” συνδεδεμένες κάμερες, τα “έξυπνα” οδικά οδοστρώματα και συστήματα, τα δημόσια συστήματα ασφάλειας και οι δυνατότητες έκτακτης ανάγκης προσφέρουν στους πολίτες μια προστασία και ασφάλεια.
- **Έσοδα:** Για να θεωρείτε μια “έξυπνη” πόλη επιτυχημένη θα πρέπει να υπάρχει αειφόρος ανάπτυξη η αλλιώς βιώσιμη ανάπτυξη. Τα λογισμικά που θα χρησιμοποιούνται να μπορούν να ωφελούν όλους όσους συνεισφέρουν στο οικοσύστημα [23],[24].

ο “Έξυπνα” Συστήματα Μεταφορών

Η τεχνολογία των συνδεδεμένων αυτοκινήτων αναμένεται να αυξηθεί περισσότερο έως το 2023. Το IoT παρέχει μια βελτιωμένη εμπειρία στον ταξιδιώτη προσφέροντας εξυπηρέτηση, ασφαλή μεταφορά και ακριβή επικοινωνία. Αναλυτικά τα οφέλη του IoT σε ένα οικοσύστημα μεταφορών είναι τα παρακάτω:

- **Εμπειρία ταξιδιώτη:** Το IoT θα προσφέρει στους ταξιδιώτες μια βελτιωμένη εξυπηρέτηση, ασφαλή μεταφορά και ακριβή επικοινωνία. Οι ταξιδιώτες θα μπορούν να αποφασίσουν την καλύτερη διαδρομή, το χρονικό διάστημα που θέλουν να ταξιδέψουν, τις κενές θέσεις στάθμευσης καθώς και πότε να χρησιμοποιήσουν δημόσιες συγκοινωνίες.
- **Οργάνωση συγκοινωνιών:** Οι οργανισμοί συγκοινωνιών θα μπορούν να διαμορφώσουν και να δρομολογήσουν τις μεταφορές ανάλογα με τις ανάγκες των ταξιδιωτών, τις συνθήκες κυκλοφορίας και καιρικών φαινομένων.
- **Διευκόλυνση τοπικών αρχών:** Οι τοπικές αρχές θα έχουν την δυνατότητα να αποφασίζουν άμεσα την κατασκευή νέων δρόμων, την συντήρηση αλλά και την επένδυση νέων έργων. Λόγω των αισθητήρων που περιέχει μια τεχνολογία IoT οι αρχές θα έχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες όπως ταχύτητες αμαξοστοιχίας, αποκλίσεις διαδρομής, πληροφορίες αεροσκαφών,

πληροφορίες σχετικά με την ολίσθηση των οδοστρωμάτων αλλά και πληροφορίες για την κίνηση σε διασταυρώσεις. Δεδομένου όλων αυτών των απαραίτητων πληροφοριών οι αρχές θα μπορούν να ειδοποιούν και να ενημερώνουν τους μετακινούμενους πολίτες σε πραγματικό χρόνο.

- **Διευκόλυνση σε Μεταβαλλόμενες συνθήκες:** Για την διευκόλυνση των μετακινούμενων πολιτών σε συνθήκες κυκλοφορικής συμφόρησης, οι δρόμοι, τα οχήματα, οι φωτεινοί σηματοδότες καθώς και οι πινακίδες θα μπορούν να προσαρμοστούν σε πραγματικό χρόνο σε διαφορετικές συνθήκες.
- **Φιλικό περιβάλλον:** Το IoT θα προσφέρει μειωμένη κατανάλωση ενέργειας. Με την δυνατότητα άμεσης αντίδρασης που διαθέτει σε πραγματικό χρόνο βελτιώνει τις επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλούν οι αμαξοστοιχίες και η συμφόρηση στο περιβάλλον [25].

ο “Εξυπνη” Υγεία

Η τεχνολογία του IoT στο τομέα της υγειονομικής περίθαλψης προσφέρει στα ιατρικά κέντρα μια αποτελεσματική λειτουργία. Ο εξοπλισμός παρακολούθησης απομακρυσμένα και οι αισθητήρες των ιατρικών εργαλείων προσφέρουν βελτιωμένο τρόπο φροντίδας και θεραπείας, διατηρώντας τους ασθενείς πιο ασφαλείς και πιο υγιείς. Τα οφέλη της τεχνολογίας IoT στο τομέα της υγειονομικής περίθαλψης είναι :

- **Παρακολούθηση και ειδοποιήσεις:** Η παρακολούθηση απομακρυσμένα σε πραγματικό χρόνο γίνεται μέσω μιας ιατρικής συσκευής συνδεδεμένης με μια εφαρμογή. Τα δεδομένα υγείας που συλλέγονται, αποθηκεύονται στο Cloud και αποστέλλονται σε γιατρούς, προσφέροντας στο ιατρικό προσωπικό μια εικόνα της κατάστασης του ασθενούς ανεξαρτήτου χρόνου και τόπου, επιτρέποντας πρακτικές θεραπείες καλύτερης ακρίβειας, άμεση παρέμβαση και λύσεις σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.
- **Συνδεσιμότητα και χαμηλό κόστος:** Το IoT καθιστά αποτελεσματική την παροχή υπηρεσιών υγείας καθώς επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ συσκευών, ανταλλάσσοντας πληροφορίες και δεδομένα από άκρη σε άκρη. Μερικά από τα πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως Bluetooth (BLE), Wi-Fi, Z-Wave, Zigbee επιτρέπουν στο ιατρικό προσωπικό τον εντοπισμό των

ασθενειών, αναπτύσσοντας θέματα καινοτομίας σε τρόπους θεραπείας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό επισκέψεων των ασθενών άρα και την μείωση του κόστους [26].

ο “Έξυπνα” Περιβάλλοντα

Στο εξωτερικό υπάρχει εκθετική άνοδο των ατόμων που αναζητούν “έξυπνους” οικισμούς. Στην ουσία αναζητούν οικισμούς που θα μπορούν να ελέγχουν και να διαχειρίζονται εύκολα και οικονομικά πολλαπλές λειτουργίες απομακρυσμένα χωρίς την εγκατάσταση καλωδίων συμβάλλοντας έτσι στην μείωση του κόστους, την ενέργειας αλλά στην αύξηση του προσωπικού χρόνου. Μέχρι στιγμής υπάρχει μεγάλη ποικιλία συσκευών με “έξυπνες” δυνατότητες και προβλέπεται ότι αυτός ο αριθμός θα αυξάνεται συνεχώς. Μέσω μιας διεύθυνσης IP ο χρήστης έχει την ικανότητα να παρακολουθεί το χώρο του απομακρυσμένα. Οι περισσότερες “έξυπνες” συσκευές επιτρέπουν τον έλεγχο του χρήστη ακόμα και μέσα από φωνητικές εντολές. Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για οικιακό αυτοματισμό είναι το Zigbee και το Z-Wave καθώς χρησιμοποιούν ραδιοκύματα μικρής εμβέλειας, τεχνολογίες πλέγματος και χαμηλή ισχύ στις συσκευές. Όλες οι οικιακές συσκευές συνεργάζονται και ελέγχονται μεταξύ τους μέσω ενός “έξυπνου” οικιακού κόμβου. Πιο συγκεκριμένα μια συσκευή που λειτουργεί σαν ελεγκτής αυτοματισμού ο οποίος ελέγχει, ανιχνεύει και επεξεργάζεται τα δεδομένα επικοινωνώντας ασύρματα. “Έξυπνους” κόμβους περιλαμβάνουν το Amazon Echo, το Google Home, το Samsung SmartThing, το WinkHub και το InsteonHub Pro. Ένα “έξυπνο” σπίτι αποτελείται από δυο χαρακτηριστικά : την μηχανική εκμάθηση και την τεχνητή νοημοσύνη επιτρέποντας στις συσκευές να προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους [27],[28]. Τα οφέλη που προσφέρει το IoT στους χρήστες μιας “έξυπνης” οικίας είναι:

- **Διαχείριση όλων των συσκευών απομακρυσμένα και ασφάλεια:** Είναι μεγάλο προνόμιο ο χρήστης να έχει τον απόλυτο έλεγχο από όλες τις οικιακές συσκευές της οικίας του. Αυτό το γεγονός συντελεί στην ηρεμία του ιδιοκτήτη ότι όλα είναι υπό το έλεγχό του ακόμα και όταν λείπει από την οικία του. Σε περίπτωση μιας ξεχασμένης συσκευής ο ιδιοκτήτης έχει την δυνατότητα να παρέμβει άμεσα. Συνδέοντας ανιχνευτές κίνησης, κάμερες παρακολούθησης,

αυτοματοποιημένες κλειδαριές πορτών και άλλα μέτρα ασφάλειας και μαζί με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, ο ιδιοκτήτης νιώθει πιο ασφαλής.

- **Ευελιξία σε νέες συσκευές:** Με την πάροδο του χρόνου θα εξελίσσονται και θα δημιουργούνται νέες συσκευές πιο εντυπωσιακές και δημιουργικές με νέες καινοτομίες στο χώρο του IoT. Έτσι θα υπάρχει η ευκαιρία αναβάθμισης της συσκευής αναλόγως τις απαιτήσεις και τις ανάγκες που θα έχει ο χρήστης, με προϊόντα τελευταίας τεχνολογίας.
- **Ενεργειακή απόδοση:** Ο ιδιοκτήτης έχει τον ακριβή έλεγχο στις συσκευές του με αποτέλεσμα ο χώρος να γίνεται πιο ενεργειακά αποδοτικός. Λόγου χάρη ένας προγραμματισμένος “έξυπνος” θερμοστάτης που λειτουργεί με χρονοδιάγραμμα αναλόγως τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Τα φώτα να λειτουργούν με την κίνηση και κατά της διάρκεια της νύχτας. Ως εκ τούτου μειώνεται σε σημαντικό βαθμό η σπατάλη ενέργειας, εξοικονομούνται φυσικοί πόροι και χρήματα για τον καταναλωτή [29].

ο “Εξυπνη” Γεωργία

Τις τελευταίες δεκαετίες οι αγρότες απέκτησαν καλύτερο και ευκολότερο έλεγχο στην εκτροφή ζώων και στην καλλιέργεια της γης. Η ζήτηση για γεωργικά προϊόντα πολλαπλασίασε τις τεχνολογίες “έξυπνης” γεωργίας και βιομηχανίας παγκοσμίως αυξάνοντας εκθετικά την αγορά του IoT στην γεωργία σε 5,6% δισεκατομμύρια δολάρια. Αυτό το ποσοστό αναμένεται να τριπλασιαστεί μέχρι το 2025. Με την χρήση IoT συλλέγονται πληροφορίες με αποτέλεσμα την λήψη αποφάσεων για βελτίωση της γεωργίας των αγροτών τόσο στην γεωργία όσο και στην κτηνοτροφία. Προφανώς και σε αυτό τον κλάδο υπάρχουν κάποια σημαντικά οφέλη όπως:

- **Συλλογή δεδομένων:** Μέσω των αισθητήρων συλλέγονται σημαντικά και απαραίτητα δεδομένα για την ανάπτυξη της γεωργίας όπως πληροφορίες για την κατάσταση λόγω καιρικών συνθηκών, τα επίπεδα PH του εδάφους, πρόοδος ανάπτυξης, παρακολούθηση προσωπικού και εξοπλισμού κ.α.
- **Βελτιωμένη παραγωγικότητα και έσοδα:** Ο παραγωγός χάρη τον αυξημένο έλεγχο που προσφέρουν οι συσκευές IoT στην παράγωγή του θα έχει την ευκαιρία να προβλέψει την συγκομιδή, οπότε θα είναι σε θέση να μετριάσει την απόδοση που θα έχει στην παραγωγή. Καλύτερος έλεγχος στην

διαδικασία παραγωγής σημαίνει βελτιωμένη ποιότητα και ανάπτυξη με καινοτόμα προϊόντα. Αρά και υψηλότερα κέρδη.

- **Αυξημένη αποτελεσματικότητα:** Ο παραγωγός θα μπορεί να πραγματοποιήσει πολλές διεργασίες ταυτόχρονα και απομακρυσμένα λόγω χάρη έλεγχου, λίπανση, άδρευση κ.α. [30].

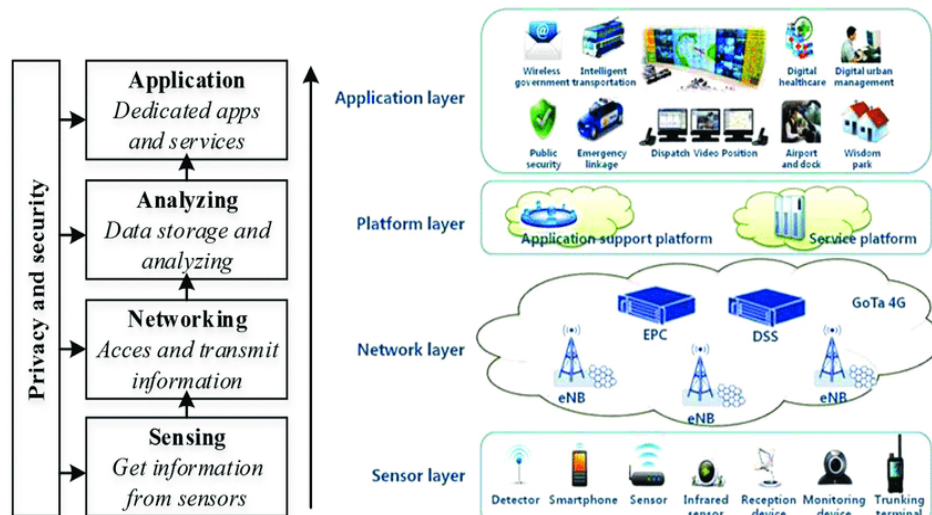
Εκτός από τα οφέλη που προσφέρει η τεχνολογία IoT σε κάθε κλάδο ξεχωριστά υπάρχουν και κάποιες προκλήσεις που εμποδίζουν την ανάπτυξή του. Οι σημαντικότερες προκλήσεις είναι κοινές για όλους τους κλάδους και είναι οι εξής:

- **Ασφάλεια:** Οι περισσότερες συσκευές δεν διαθέτουν πρωτόκολλα και πρότυπα δεδομένων. Η ασάφεια στην ασφάλεια καθιστά τα προσωπικά δεδομένα ευάλωτα. Στους παραπάνω κλάδους θα πρέπει να λαμβάνονται αποφάσεις με ακρίβεια, συνέπεια, ταχύτητα και θα πρέπει να κυριαρχεί η αξιοπιστία.
- **Επέκταση δικτύου:** Τα δίκτυα θα πρέπει να προσαρμόζονται σε κλίμακα έτσι ώστε οι οργανισμοί να μπορούν να διευθετούν ζητήματα μεγάλων όγκων δεδομένων, πολλαπλών διευθύνσεων IP και γενικά περίπλοκων υποδομών πληροφορικής.
- **Ενσωμάτωση:** Λόγω το ότι το IoT είναι πολύπλοκο σύστημα δύσκολα διαχειρήσιμο, με πολλαπλούς αισθητήρες και συσκευές καθίσταται αναγκαία η αυτόματη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων που παράγονται σε μια συσκευή. Λόγω των διαφορετικών πρωτοκόλλων επιβραδύνεται η διαδικασία συγκέντρωσης πληροφοριών καθώς και το εύρος επεκτασιμότητας. Αυτό έχει σαν αντίκτυπο την μη σωστή λήψη αποφάσεων [25].

Κεφάλαιο 3 : Αρχιτεκτονικές και Τεχνολογίες IoT

3.1. Η Αρχιτεκτονική του IoT

Το διαδίκτυο των πραγμάτων είναι ένα πολύπλοκο σύστημα για αυτό η διαχείριση των συσκευών θα πρέπει να βασίζεται σε μια δομημένη οργάνωση. Αν και κάθε σύστημα IoT είναι διαφορετικό η αρχιτεκτονική του είναι η ίδια.



Εικόνα 3-1: Αρχιτεκτονική του IoT

Τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής ενός συστήματος IoT είναι τα ακόλουθα:

- ❖ **Sensing Layer (επίπεδο ανίχνευσης):** Το Sensing Layer περιλαμβάνει συστήματα ανίχνευσης, ελεγκτές, ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και πολυμέσων (WSN) και (WMSNs), ετικέτες ραδιοσυχνότητας RFID, συστήματα θέσης (GPS) καθώς και ενεργοποιητές. Οι αισθητήρες είναι ένα σημαντικό και απαραίτητο στοιχείο του IoT για τον λόγο ότι έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν σε πραγματικό χρόνο μεγάλο εύρος δεδομένων μέσα ή γύρω από την συσκευή, με σκοπό την ανάλυση, την επεξεργασία και τη αλληλεπίδραση των συσκευών. Με βάση τις πληροφορίες που ανιχνεύονται σε πραγματικό χρόνο από τους αισθητήρες το σύστημα αναλύει και δίνει εντολές στους ενεργοποιητές να ενεργήσουν για κάποια συγκεκριμένη κατάσταση. Ότι προσδιορίζεται με τον όρο ως "έξυπνο" οφείλεται στους αισθητήρες. Υπάρχουν πάνω από 100 τύποι αισθητήρων και όπως και οι ενεργοποιητές είναι μετατροπείς. Οι συσκευές με δίκτυα μικρής εμβέλειας και οι κόμβοι αισθητήρων του συγκεκριμένου επιπέδου έχουν περιορισμένη ισχύ. Το πρωτόκολλο IPv6 διαθέτει 2¹²⁸ διευθύνσεις και είναι μια τεχνολογία η οποία μπορεί να εγκριθεί στο επίπεδο δικτύου του IoT διευκολύνοντας την επικοινωνία των αντικειμένων. Ωστόσο πολλές συσκευές δεν διαθέτουν το συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Επειδή το εύρος των πληροφοριών αλλά και ο χώρος που πρέπει να καλυφθεί για αυτές τις πληροφορίες είναι μεγάλος,

χρειάζονται πολλαπλοί κόμβοι και ένα αυτό-οργανωμένο σύστημα. Ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε πολλές περιπτώσεις IoT, επιτρέποντας μια αποτελεσματική διαχείριση των συσκευών IoT είναι το πρωτόκολλο M2M, κατάλληλο και αποτελεσματικό για χρήση συσκευών χαμηλής ισχύος.

- ❖ **Network Layer (Επίπεδο Δικτύου):** Το επίπεδο δικτύου ή μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την πρόσβαση στο διαδίκτυο και για την μετάδοση και επεξεργασία των δεδομένων μέσω του διαδικτύου που υπάρχει, λόγω χάρη δίκτυα όπως IPv4/IPv6, δίκτυα επικοινωνίας κινητής τηλεφωνίας (GSM), ραδιοφωνικών πακέτων(GPRS), Ethernet ή δίκτυα πρόσβασης (WLAN) κ.τ.λ. Το επίπεδο δικτύου χρησιμοποιεί συνήθως συσκευές που έχουν προσπέλαση σε ετερογενή δίκτυα τα οποία προσφέρουν μια ομοιογενή ευρωζωνική πρόσβαση ανεξαρτήτου θέσης στο δίκτυο, όπως για παράδειγμα συσκευές πύλης(gateways) για πρόσβαση στο διαδίκτυο. Οι λειτουργίες του επιπέδου δικτύου είναι: η πρόσβαση στο διαδίκτυο, η διαχείριση διαφορετικών δικτυακών περιβαλλόντων καθώς και η ασφάλεια του δικτύου. Οι περισσότερες λειτουργίες συγκεντρώνονται στις πύλες (gateways) και αυτό σημαίνει ότι η επεξεργασία και η αξιοποίηση των δεδομένων μπορούν να γίνουν και εκεί. Επιπλέον επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ δικτύων αισθητήρων και του δημόσιου δικτύου(Internet, δίκτυο GSM κ.α.). Μια πύλη(gateway) χαρακτηρίζεται ως υλικό η λογισμικό. Στο επίπεδο μεταφοράς η ισχύς επεξεργασίας δεδομένων είναι (10^3 MI/s) ενώ ο συνολικός αριθμός των δεδομένων τα οποία συνδέονται το δίκτυο είναι σε TB (10^{12} B).

- ❖ **Analysis Layer (Επίπεδο Ανάλυσης):** Είναι το πιο γρήγορο επίπεδο ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων. Το συγκεκριμένο επίπεδο προσφέρει υψηλές τεχνολογίες σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας καθώς και την δυνατότητα επεξεργασίας δεδομένων με υψηλή ταχύτητα σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον διαθέτει παράλληλα συστήματα τα οποία διαχειρίζονται τον μεγάλο όγκο δεδομένων σε πραγματικό χρόνο παρέχοντας στον χρήστη ένα ευχάριστο εργασιακό περιβάλλον. Το επίπεδο ανάλυσης περιλαμβάνει συστήματα ανάλυσης και εξαγωγής δεδομένων, συστήματα υπολογιστικού νέφους(Clouds), υπολογιστικά συστήματα μαζικής αποθήκευσης δεδομένων, γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα(GIS) καθώς και αλλά χαρακτηριστικά με σκοπό την “έξυπνη” επεξεργασία δεδομένων.

- ❖ **Application Layer (Επίπεδο εφαρμογής):** Σε αυτό το επίπεδο περιλαμβάνονται οι πλατφόρμες IoT οι οποίες ενεργοποιούν τις εφαρμογές IoT παρέχοντας μια γρήγορη απόκριση των υπηρεσιών. Εφαρμόζοντας διάφορους αλγορίθμους βασισμένους στα τελευταία δεδομένα, οι συσκευές ανταποκρίνονται γρήγορα στις απαιτήσεις των χρηστών βελτιώνοντας την

ποιότητα ζωής των ανθρώπων σε πολλούς και σημαντικούς τομείς [31],[32],[33],[36],[37].

3.2. Οι Τεχνολογίες δικτύωσης του ΙοΤ

Τα έξυπνα αντικείμενα ΙοΤ έχουν την δυνατότητα της αυτόνομης αλλαγής μιας συγκεκριμένης κατάστασης με ή χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Οι περισσότερες συσκευές διαθέτουν αισθητήρες. Ο κόμβος αισθητήρα είναι το ταίριασμα της ανίχνευσης, της επικοινωνίας και της επεξεργασίας δεδομένων και απαρτίζεται από μονάδες όπως :

- **Μονάδα αισθητήρα:** Η λειτουργία του είναι η επίβλεψη των μεταβολών σε έναν χώρο.
- **Μονάδα μικροεπεξεργαστή:** Ελέγχει και επεξεργάζεται τις πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν από τους κόμβους.
- **Μονάδα αποθήκευσης:** Αποθηκεύει τις πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν από τους κόμβους αισθητήρων.
- **Μονάδα ραδιοσυχνότητας(Rfid):** Απαρτίζεται από:
Έναν πομποδέκτη η αλλιώς ετικέτα (RFID),ο οποίος αποτελείται από μια κεραία και μια μνήμη με σκοπό την συλλογή των δεδομένων, ένα επίπεδο ελέγχου το οποίο επικοινωνεί με την κεραία με ραδιοκύματα και ένα επίπεδο δικτύου.
- **Μονάδα τροφοδοσίας:** Τροφοδοτεί με ενέργεια ολόκληρο τον κόμβο αισθητήρα με μια πηγή ενέργειας(συνήθως μπαταρία) [33].

3.2.1. Τεχνολογία RFID

Η τεχνολογία ραδιοσυχνότητας RFID παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1945 στην Σοβιετική Ένωση μεταδίδοντας ηχητικές πληροφορίες για κατασκοπεία. Παρόλο που είχε ανακαλυφθεί τόσα χρόνια πριν, λόγω κόστους τα τελευταία χρόνια αρχίζει να εξελίσσεται. Είναι μια τεχνολογία η οποία μέσω ραδιοκυμάτων προσφέρει έναν αξιόπιστο, ευέλικτο και γρήγορο τρόπο ανίχνευσης, αυτόματης αναγνώρισης αντικειμένων, παρακολούθησης αντικειμένων, λήψης και ελέγχου δεδομένων. Συνδέοντας μια ετικέτα RFID οι χρήστες έχουν την δυνατότητα αναγνώρισης και παρακολούθησης των αντικειμένων αυτόματα και απομακρυσμένα σε πραγματικό χρόνο. Με λίγα λόγια η τεχνολογία RFID αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για το ΙοΤ. Η τεχνολογία RFID απαρτίζεται από ετικέτες και αναγνώστες (πομπός -δέκτης) συνδεδεμένους στα τερματικά συστήματα. Οι ετικέτες είναι μικρά τσιπ τα οποία είναι συνδεδεμένα με μια κεραία σε ένα αντικείμενο. Οι αναγνώστες απαρτίζονται από δυο μονάδες: την διεπαφή ραδιοσυχνότητας(RFID) και μια μονάδα ελέγχου. Ένας αναγνώστης – πομποδέκτης θέτει σε ενέργεια τις ετικέτες, την επικοινωνία με τις ετικέτες και μεταφέρει τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μεταξύ λογισμικού εφαρμογών και ετικετών. Οι ετικέτες (RFID Tags) χωρίζονται σε:

- **Ενεργές Ετικέτες:** Τροφοδοτούνται από ενσωματωμένες μπαταρίες προσφέροντας μεγαλύτερη μνήμη. Επίσης έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν με άλλες ετικέτες RFID.
- **Παθητικές Ετικέτες:** Τροφοδοτούνται μόνο από τον αναγνώστη-πομποδέκτη μέσω ραδιοσημάτων.
- **Ήμι-Ενεργές Ετικέτες:** Τροφοδοτούνται από μπαταρίες και από τον αναγνώστη-πομποδέκτη για επιπλέον λειτουργίες [33],[34],[35].

3.2.2. Τεχνολογία Κινητής Επικοινωνίας 4G/5G

Οι συσκευές IoT χρειάζεται να επικοινωνούν χωρίς περιορισμούς για αυτόν τον λόγο η ασύρματη επικοινωνία είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην ανάπτυξη του IoT. Οι τεχνολογίες κινητής επικοινωνίας έχουν αναπτυχθεί σε πολλούς κλάδους διευκολύνοντας την ζωή των ανθρώπων. Αυτή την χρονική στιγμή υπάρχει η μετάβαση από το σύστημα κινητής τηλεφωνίας τέταρτης γενιάς (4G) στο σύστημα κινητής τηλεφωνίας πέμπτης γενιάς (5G). Το σύστημα (4G) είναι ένα σύστημα ευρυζωνικών κυψελοειδών δικτύων το οποίο βασίζεται σε διευθύνσεις IP. Απαρτίζεται από δυο χαρακτηριστικά: την διαίρεση χρόνου (TD)-LTE και την διαίρεση συχνότητας (FDD)-LTE. Προσφέρει μετάδοση δεδομένων, εικόνας, βίντεο, ήχου με υψηλή ποιότητα και ταχύτητα μόλις 100 Mb/s. Από την άλλη πλευρά η τεχνολογία πέμπτης γενιάς (5G) είναι φυσικά πιο εξελιγμένη προσφέροντας οικονομική αποδοτικότητα, ακόμα καλύτερη ποιότητα δεδομένων και 10 φορές μεγαλύτερο ρυθμό ταχύτητας από την τεχνολογία (4G) . Ακόμα διαθέτει μεγαλύτερη ισχύ επεξεργασίας καθώς και μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης με χαμηλότερο κόστος. Έχει την δυνατότητα σύνδεσης ακόμα πιο πολλών συσκευών στο διαδίκτυο λειτουργώντας σε διαφορετικές ραδιοσυχνότητες μειώνοντας τις καθυστερήσεις. Προβλέπεται ότι το (5G) θα βελτιώσει τις δυνατότητες των συσκευών του IoT. Οι εφαρμογές του IoT απαιτούν ένα ικανό δίκτυο να ανταποκρίνεται σε ένα ευρύ φάσμα εργασιών και σε μια μεγάλη συλλογή πληροφοριών από συσκευές και αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο και το (5G) θεωρείται μια ικανή επιλογή για τις απαιτήσεις που χρειάζεται μια τεχνολογία IoT αλλά και για την εξέλιξη σε διάφορους τομείς όπως: “έξυπνες” πόλεις, “έξυπνος” φωτισμός, ”έξυπνες” αστικές υπηρεσίες, τηλεϊατρική κ.τ.λ. [33],[38].

3.2.3. Τεχνολογία Bluetooth (BLE)

Ένας αξιόπιστος και συμβατός με όλες τις συσκευές τρόπος συνδεσιμότητας ο οποίος βελτιώνει την γενική λειτουργικότητα των “έξυπνων” συσκευών είναι η τεχνολογία ραδιοφωνικών κυμάτων Bluetooth χαμηλής ενέργειας (BLE). Λειτουργεί με υψηλές ταχύτητες επικοινωνίας και διαθέτει μεγάλο εύρος σημάτων. Μπορεί να λειτουργεί με μικρές πηγές ενέργειας (μπαταρία) για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι ένας “έξυπνος” οικισμός γίνεται πιο αποτελεσματικός και πιο ενεργειακά εξοικονομημένος. Συγκριτικά με το Wi-Fi μπορεί να επεκτείνει κατά 4 φορές περισσότερο το εύρος σύνδεσής του. Το Bluetooth(BLE) επιτρέπει σε κάθε κόμβο να συμμετέχει στην επεξεργασία δεδομένων με κάθε άλλο κόμβο του δικτύου χάρις την

τοπολογία δικτύου πλέγματος που διαθέτει. Με τα δίκτυα πλέγματος μια συσκευή που είναι απομονωμένη μπορεί να επικοινωνεί ακόμα και αν μια συσκευή έχει αποσυνδεθεί. Σε ένα ασύρματο προσωπικό δίκτυο, οι 2 έως 8 συνδεδεμένες στο ίδιο κανάλι συσκευές Bluetooth σχηματίζουν ένα δίκτυο το οποίο ονομάζεται piconet. Αυτές οι Bluetooth συσκευές συγχρονίζονται με ένα κοινό ρολόι και μια ακολουθία. Οι συσκευές λειτουργούν στο φάσμα των 2,4 GHz με συχνότητα μετακίνησης καναλιών στα 791 MHz με ρυθμούς 1600 hops/sec μειώνοντας έτσι τις παρεμβολές σημάτων. Το Bluetooth εξελίσσεται από εφαρμογές σε “έξυπνα” οικιακά περιβάλλοντα και σε ιατρικές περιθάλψεις προσφέροντας χαμηλή κατανάλωση ενέργειας [33],[39],[43].

3.2.4.Τεχνολογία Zigbee και IEEE 802.15.4

Η τεχνολογία Zigbee είναι ένα από τα πιο αξιόπιστα πρωτόκολλα στον κόσμο των ασύρματων δικτύων. Θεωρείται ένα από τα πιο οικονομικά και αποδοτικά πρωτόκολλα με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και ανάλογα με τον χώρο εφαρμόζεται χωρίς άδεια στο φάσμα των 2.4GHz, 900MHz, 868MHz. Είναι ένα πρωτόκολλο μικρής εμβέλειας (<100m) για αυτόν τον λόγο εφαρμόζεται σε συσκευές IoT με κόμβους κοντινής απόστασης ελέγχοντας απλές συσκευές όπως LEDs, Θερμοστάτες κ.τ.λ. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι η αρκετά χαμηλή κατανάλωση ισχύος, το αρκετά χαμηλό κόστος και η μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας του. Οι συσκευές Zigbee χωρίζονται σε δυο κατηγορίες όπως :

- **Συσκευές FFD (Full-Function Devices):** Οι συσκευές είναι μονίμως ενεργοποιημένες άρα έχουν και υψηλή κατανάλωση ενέργειας.
- **Συσκευές RFD(Reduced-Function Devices):** Οι συσκευές λειτουργούν σε αναστολή <<sleep mode>> άρα προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας.

Υπάρχουν τρεις τύποι τοπολογιών δικτύου σε μια τεχνολογία Zigbee όπως οι εξής:

- **Τοπολογία Αστέρα:** Για την μεταφορά δεδομένων υπάρχει ένας συντονιστής και οι τερματικές συσκευές, οι οποίες είναι μεμονωμένες και συνδέονται με τον συντονιστή.
- **Τοπολογία Πλέγματος:** Κάθε τερματική συσκευή μπορεί να επικοινωνήσει με οποιαδήποτε συσκευή ίδιας εμβέλειας. Το FFD(πλήρης λειτουργία) μπορεί να λειτουργήσει ως συντονιστής ή δρομολογητής ενώ το RFD(μειωμένη λειτουργία) μπορεί να λειτουργήσει ως τερματική συσκευή.
- **Τοπολογία Cluster Tree:** Οι τερματικές συσκευές συνδέονται στο δίκτυο μέσω του συντονιστή και δεν έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν απευθείας. Ωστόσο ο συντονιστής μπορεί να επικοινωνεί με τον δρομολογητή ή και το αντίστροφο.

Η τεχνολογία Zigbee εφαρμόζεται σε πολλούς κλάδους όπως “έξυπνη” ενέργεια, οικιακό αυτοματισμό, υγειονομική περίθαλψη, συστήματα ασφαλείας κ.τ.λ. με χαμηλό κόστος και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας [33],[40],[41],[44].

3.2.5. Πρότυπο IEEE 802.15.6

Το IEEE 802.15.6 είναι το πρώτο πρότυπο που έχει σχεδιαστεί για εφαρμογές κοντά ή μέσα στην περιοχή του ανθρώπινου σώματος (WBAN). Διαθέτει ένα δίκτυο πολλαπλών ασύρματων εφαρμογών χαμηλής ισχύος και μικρής εμβέλειας. Ακόμα διαθέτει τρεις ζώνες συχνοτήτων όπως: η στενή ζώνη (NB) με εύρος συχνοτήτων από 400MHz-2.4GHz, η ευρεία ζώνη με παλμούς (UWB) και η ζώνη επικοινωνίας του σώματος (HBC). Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες στο ανθρώπινο σώμα επιτρέπουν σε πραγματικό χρόνο την συλλογή πληροφοριών του ανθρώπινου σώματος, τους καρδιακούς παλμούς κ.α. με ρυθμό μετάδοσης μέχρι 10 Mb/s με εμβέλεια έως 3m. Θεωρείται μια καινοτομία και μια αξιόπιστη τεχνολογία στο χώρο της υγειονομικής περίθαλψης αντικαθιστώντας το Bluetooth και το Zigbee [33],[42],[43].

3.2.6. Τεχνολογία Wi-Fi και IEEE 802.11

Το Wi-Fi είναι μια ευρέως γνωστή τεχνολογία επικοινωνίας η οποία επιτρέπει την ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο τερματικών συσκευών με υψηλή ταχύτητα. Με λίγα λόγια το πρότυπο IEEE 802.11 χρησιμοποιείται για τοπικά δίκτυα WLAN με στόχο την ασύρματη σύνδεση χρηστών με τερματικές συσκευές. Μια επέκταση του Wi-Fi είναι το Wi-Fi Alliance το οποίο δημιουργήθηκε με σκοπό την καλύτερη λειτουργία κάθε τοπικού δικτύου WLAN με βάση όλων των προτύπων του IEEE 802.11. Κυκλοφόρησαν και άλλες προδιαγραφές στο πρότυπο IEEE 802.11 με σκοπό την επέκταση και την βελτίωση των δυνατοτήτων που προσφέρει το συγκεκριμένο πρότυπο σε ένα τοπικό δίκτυο. Αυτές οι προδιαγραφές είναι τα εξής πρότυπα:

- **Πρότυπο IEEE 802.11.a:** Είναι ένα πρότυπο για μεγάλες αποστάσεις με εύρος ζώνης της τάξεως των 5.4GHz και ρυθμό μετάδοσης της τάξεως των 54Mb/s.
- **Πρότυπο IEEE 802.11.b:** Είναι ένα πρότυπο το οποίο λειτουργεί με εύρος ζώνης της τάξεως των 2.4GHz και ρυθμό μετάδοσης της τάξεως των 11Mb/s. Όμως έχει καταργηθεί.
- **Πρότυπο IEEE 802.11g:** Είναι ένα πρότυπο το οποίο λειτουργεί με εύρος ζώνης της τάξεως των 2.4GHz και ρυθμό μετάδοσης της τάξεως των 54Mb/s.
- **Πρότυπο IEEE 802.11n:** Με βελτιωμένο εύρος ζώνης της τάξεως των 2.4GHz – 5GHz και βελτιωμένο ρυθμό μετάδοσης της τάξεως των 300Mb/s. Έχει δυνατότητες επεκτασιμότητας και είναι το πιο κοινό πρότυπο σε οικιακά περιβάλλοντα.
- **Πρότυπο IEEE 802.11ac:** Είναι ένα πρότυπο το οποίο λειτουργεί με εύρος ζώνης της τάξεως 5GHz -1 Gb/s και ρυθμό μετάδοσης έως 500 Mb/s [33].

3.2.7. Τεχνολογία 6LOWPAN

Είναι ένα σύστημα ασύρματου δικτύου βασισμένο στο πρότυπο IEEE 802.15.4. Χρησιμοποιεί την τεχνολογία IPv6 για την δρομολόγηση των πακέτων δεδομένων εισάγοντας IP διευθύνσεις στο δίκτυο. Διαθέτει έναν μεγάλο χώρο διευθύνσεων

αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα συνδεσιμότητας πολλών συνδεδεμένων συσκευών IoT. Θεωρείται μια αξιόπιστη και ασφαλή τεχνολογία καθώς παρέχει δυνατότητα κρυπτογράφησης και ελέγχου ταυτότητας χρησιμοποιώντας το σύστημα ασφαλείας AES-128. Τέλος λειτουργεί σε συσκευές με χαμηλή ισχύ, εξοικονομώντας ενέργεια [33].

3.2.8. Τεχνολογία Z-Wave

Είναι ένα από τα πιο γνωστά πρωτόκολλα για οικιακούς αυτοματισμούς. Λειτουργεί με εύρος συχνότητας της τάξεως των 908,42 MHz. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι η συμβατότητα με άλλες συσκευές (ανεξάρτητα αν είναι του ίδιου τύπου), η εξοικονόμηση ενέργειας και ο υψηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων [41].

3.2.9. Τεχνολογία Insteon

Η τεχνολογία Insteon διαθέτει ένα διπλό δίκτυο ασύρματης και ενσύρματης επικοινωνίας, με αποτέλεσμα την συμβατότητα και την μεγάλη επεκτασιμότητα των συσκευών. Είναι ένα πρωτόκολλο εύκολης λειτουργίας καθώς οι συσκευές Insteon συνδέονται στο διαδίκτυο αυτόματα με την ενεργοποίησή τους. Λειτουργεί με εύρος συχνότητας της τάξεως των 915MHz και χρησιμοποιείται συνήθως για έλεγχο σε οικιακούς αυτοματισμούς [41],[46].

3.2.10. Συμπέρασμα

Για την επιλογή της καταλληλότερης τεχνολογίας δικτύωσης θα πρέπει να εξετάζονται: το εύρος ζώνης, η ασφάλεια, η κατανάλωση ενέργειας, η ποιότητα υπηρεσίας (Qos), η διαχείριση δικτύου και ο ρυθμός μετάδοσης [41].

3.3. Οι Τεχνολογίες WSN, M2M, BAN και CPS

Το κύριο χαρακτηριστικό του IoT είναι οι πληροφορίες. Το IoT χρησιμοποιεί διάφορους τύπους τεχνολογιών για την ένταξη του φυσικού οικοσυστήματος με τον κόσμο των πληροφοριών [33]. Αυτές οι τεχνολογίες είναι οι εξής:

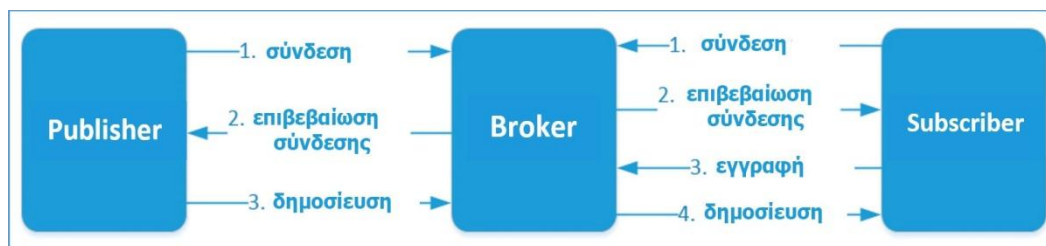
- **WSN (Wireless Sensor Networks):** Απαρτίζεται από πολλούς αυτόνομους αισθητήρες (που μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο σε οποιοδήποτε περιβάλλον) με σκοπό τον έλεγχο των περιβαλλοντικών συνθηκών.
- **M2M (Machine To Machine):** Παρατηρείται σε επικοινωνίες μεταξύ ενσύρματων ή ασύρματων μηχανημάτων (κινητά τηλέφωνα, "έξυπνοι" αισθητήρες, υπολογιστές κ.τ.λ.).
- **BAN (Body Area Network):** Ένα ασύρματο δίκτυο περιοχής ανθρώπινου σώματος αποτελούμενο από αισθητήρες, το οποίο χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση του ανθρώπινου σώματος.

- **CPS (Cyber Physical System):** Είναι ένα κυβερνó - φυσικό σύστημα το οποίο αλληλεπιδρά και ελέγχει την συμπεριφορά μιας <<φυσικής>> ενέργειας, η οποία επιδρά σε έναν υπολογισμό και αντίθετα. Για παράδειγμα συστήματα ασφαλείας των αυτοκινήτων τα οποία έχουν την δυνατότητα μέσω αισθητήρων να αλλάξουν λωρίδα (φυσική ενέργεια) και να προειδοποιήσουν τους οδηγούς (υπολογισμός) [33],[45].

3.4 Το πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής MQTT

Το MQTT (Message Queue Telemetry Transport) ή Μεταφορά Μηνυμάτων Τηλεμετρίας με Ουρά αναμονής είναι ένα απλό πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων σε server-client σχήματα. Βασίζεται στη μέθοδο δημοσίευσης και εγγραφής και αποτελεί το πιο διαδεδομένο πρωτόκολλο σε περιβάλλοντα IoT. Αναπτύχθηκε το 1999 από τους Stanford-Clark και Nipper1 και χρησιμοποιήθηκε από το Facebook Messenger. Πρόκειται για ένα ασύγχρονο πρωτόκολλο που μπορεί να λειτουργεί σε ασταθείς συνδέσεις υποστηρίζοντας διάφορα επίπεδα υπηρεσιών και ενσωματώνοντας εύκολα νέες συσκευές. Λειτουργεί πάνω από το πρωτόκολλο TCP και αποτελείται από τα ακόλουθα συστατικά: MQTT Broker , MQTT Publisher και MQTT Subscriber .

- MQTT Broker : Το συστατικό αυτό έχει το ρόλο του server, ο οποίος λαμβάνει και διαχειρίζεται τα μηνύματα. Υπάρχουν διάφοροι brokers όπως ο Mosquitto , ο HiveMQ, ο VernerMQ κ.ά.
- MQTT Publisher: Ο ρόλος του είναι να στέλνει την πληροφορία στον server. Μια webpage, ένας sensor ή κάποιο πρόγραμμα μπορεί να είναι MQTT Publisher.
- MQTT Subscriber: Κάνει την σύνδεση με τον server και είναι ο αποδέκτης της πληροφορίας.



Εικόνα 3-2: Η λειτουργία του MQTT πρωτοκόλλου

Όπως αναφέρθηκε η λειτουργία του πρωτοκόλλου MQTT βασίζεται στη μέθοδο δημοσίευσης και εγγραφής. Ο εκδότης (publisher), δηλαδή μια οποιαδήποτε “έξυπνη” συσκευή, δημοσιεύει ένα μήνυμα κάτω από ένα topic (θέμα) με τη βοήθεια του broker. Ο πελάτης που ενδιαφέρεται να δει το μήνυμα, θα πρέπει να συνδεθεί στον broker (αν δεν είναι ήδη συνδεδεμένος) να κάνει εγγραφή στο συγκεκριμένο θέμα και να λάβει την πληροφορία. Η επικοινωνία βασίζεται σε συνδέσεις TCP / IP. Οι συσκευές που συνδέονται στον broker λειτουργούν ως subscriber και ως publisher. Τα θέματα διατηρούνται με ευθύνη του broker που έχει και το ρόλο του server. Για την διατήρηση των θεμάτων ακολουθείται η ιεραρχία των μιας δομής συστήματος αρχείων [54].

Κεφάλαιο 4 : Εισαγωγή Στην Προσομοίωση Δικτύου

4.1. Η Έννοια Της Προσομοίωσης

Η προσομοίωση περιγράφεται ως η διαδικασία διατύπωσης μιας αναπαράστασης ενός συστήματος, με σκοπό την μελέτη απόδοσης, την ανάλυση και την μελλοντική πρόβλεψη επιπτώσεων του συστήματος στο περιβάλλον του. Με λίγα λόγια η προσομοίωση είναι ένα σημαντικό μέσο το οποίο μπορεί κάποιος να κάνει μια εικονική εκτίμηση για ένα σύστημα χωρίς να χρειάζεται να γίνει η δοκιμή πάνω στο πραγματικό σύστημα εξοικονομώντας έτσι κόστος και χρόνο. Ως προσομοιωτής δικτύου ορίζεται το λογισμικό που αναπαριστάνει μια τοπολογία δικτύου η οποία απαρτίζεται από συσκευές δικτύου. Η προσομοίωση δικτύου απαρτίζεται με τέσσερις τύπους προσομοίωσης και είναι οι εξής: [47],[48]

- **Φυσική Προσομοίωση:** Ο χρήστης αλλάζοντας τις παραμέτρους, δέχεται μια αναπαράσταση στην οθόνη του για μια κατάσταση.
- **Επαναληπτική Προσομοίωση:** Ο χρήστης επαναλαμβάνει την προσομοίωση διαφόρων παραμέτρων επιλέγοντας διάφορες μεταβλητές.
- **Διαδικαστική Προσομοίωση:** Η συγκεκριμένη προσομοίωση έχει ως σκοπό να δείξει την διαδικασία βημάτων για την εκτέλεση μια λειτουργίας.
- **Προσομοίωση Κατάστασης:** Ο χρήστης εκτελεί διάφορες ενέργειες με σκοπό να ερευνήσει τις επιπτώσεις ενός συστήματος.

4.2. Το Packet Tracer

Το Cisco Packet Tracer είναι ένα λογισμικό προσομοίωσης δικτύου το οποίο κυκλοφόρησε η Cisco Systems. Το λογισμικό αυτό δημιουργεί τοπολογίες δικτύου σε εικόνα και απαρτίζεται από ένα σύνολο δρομολογητών Cisco, διακόπτες, μεταγωγείς κλπ. Διατίθεται πλέον δωρεάν για λήψη και εφαρμογή, με την προδιαγραφή όμως της δημιουργίας ενός λογαριασμού Cisco Networking Academy. Το εργαλείο προσομοίωσης Packet Tracer διαθέτει κάποια πλεονεκτήματα τέτοια όπως:

- **Συμβατότητα:** Το λογισμικό Packet Tracer μπορεί να προσομοιώνει σε πολλά λειτουργικά συστήματα (Windows, Ubuntu, Linux κ.τ.λ.)
- **Μεγάλη Κλίμακα Συσκευών:** Διαθέτει μια μεγάλη ποικιλία συσκευών. (δρομολογητές, διακομιστές, τείχη προστασίας, συσκευές ασφαλείας, διακόπτες)
- **Μεγάλη Κλίμακα Συνδεσιμότητας:** Διαθέτει μια ποικιλία καλωδίων για την σύνδεση συσκευών – δικτύου (οπτικές ίνες, καλώδια χαλκού, crossover κ.τ.λ.)
- **Λειτουργικό Περιβάλλον:** Λόγω της ποικιλίας των εργαλείων και μεθόδων που διαθέτει, προσφέρει ένα ρεαλιστικό και αποδοτικό περιβάλλον δικτύου.

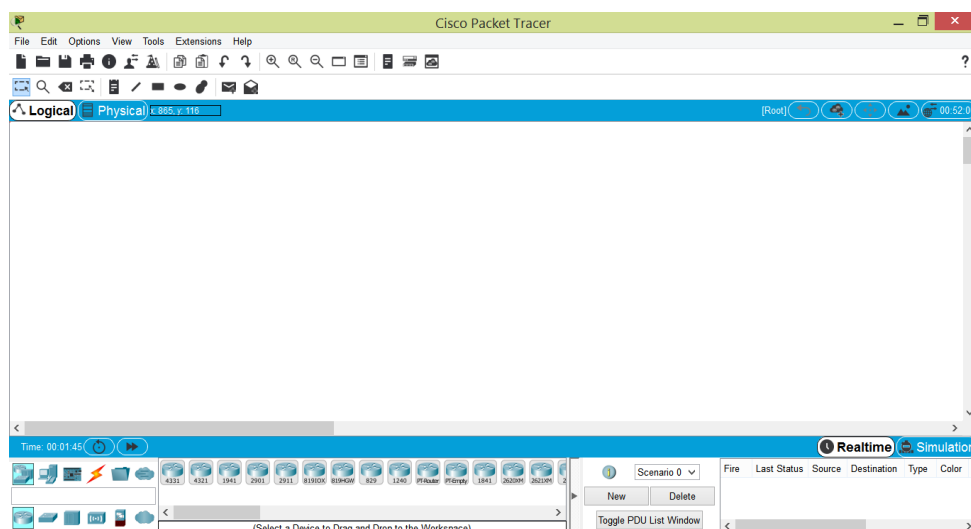
- **Προσομοίωση Σε Πραγματικό Χρόνο :** Διαθέτει λυχνίες σύνδεσης μεταξύ των συσκευών. Όταν γίνει η δρομολόγηση πακέτων στις τερματικές συσκευές οι λυχνίες αναβοσβήνουν σε πραγματικό χρόνο. Αντίθετα αν υπάρξει πρόβλημα συνδεσιμότητας ο χρήστης μπορεί να ελέγξει σε πραγματικό χρόνο την διαδρομή ενός πακέτου στην καρτέλα CLI συσκευής δικτύου.
- **Συντομεύσεις Πληκτρολογίου:** Το λογισμικό Packet Tracer διαθέτει συντομεύσεις πληκτρολογίου οι οποίες είναι κοινές και για άλλα λειτουργικά συστήματα όπως τα Linux. Έτσι χρησιμοποιώντας τις ίδιες συντομεύσεις πληκτρολογίου ο χρήστης αποκτά γνώσεις και για τα δυο συστήματα.

Από την άλλη, υπάρχουν και κάποια **μειονεκτήματα** στο εργαλείο Packet Tracer και αυτά είναι τα παρακάτω:

- **Μη Συμβατότητα Εκδόσεων:** Το λογισμικό Packet Tracer δεν είναι συμβατό με λογισμικά παλαιών εκδόσεων της Cisco Packet Tracer.
- **Σφάλματα:** Πολλοί χρήστες αναφέρουν συχνά αδικαιολόγητα σφάλματα ενώ οι ρυθμίσεις των συσκευών είναι σωστές. Το πρόβλημα των σφαλμάτων επιλύεται εφόσον γίνει αποθήκευση του σεναρίου και στην συνέχεια επανεκκίνηση του προγράμματος Cisco Packet Tracer.
- **Δεν Διαθέτει Εκμάθηση για αρχάριους:** Η Cisco διαθέτει εργαστήρια εκμάθησης αλλά δεν διατίθενται σε νέους χρήστες και κοστίζουν. Αυτά τα εργαστήρια εκμάθησης διατίθενται μόνο σε εκπαιδευτικά ιδρύματα και για μαθήματα στην πλατφόρμα (NetAcad) της Cisco Academy [49].

4.3. Το Περιβάλλον Εργασίας του Cisco Packet Tracer

Το περιβάλλον της Cisco Packet Tracer της έκδοσης 7.3.1 από το δικτυακό τόπο της Cisco Netacad (<https://www.netacad.com>) είναι το παρακάτω:

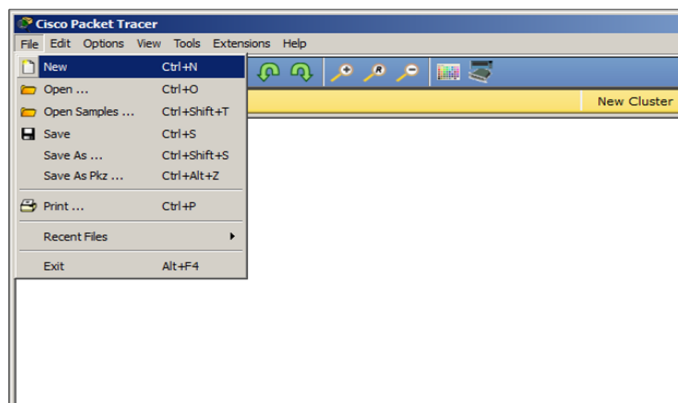


Εικόνα 4-1: Περιβάλλον του Cisco Packet Tracer

Τα πιο σημαντικά στοιχεία σε ένα περιβάλλον του Packet Tracer είναι τα παρακάτω:

➤ **Λειτουργίες αρχείου.**

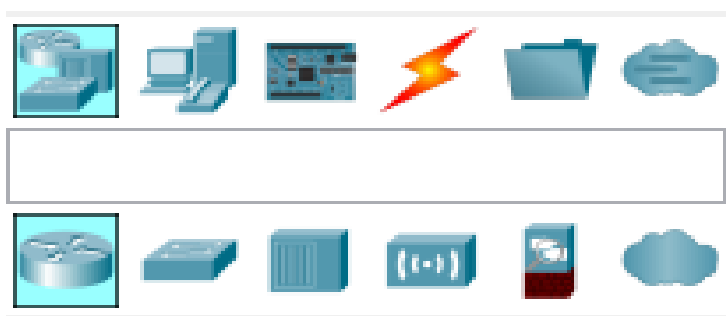
Η συγκεκριμένη επιλογή χρησιμοποιείται για την δημιουργία ενός καινούργιου σεναρίου, το άνοιγμα ενός ήδη υπάρχων σεναρίου, την αποθήκευση, την εκτύπωση σεναρίου καθώς και την έξοδο από το περιβάλλον του Packet Tracer.



Εικόνα 4-2: Λειτουργίες αρχείου του Cisco Packet Tracer

➤ **Βιβλιοθήκη συσκευών - συνδέσεων.**

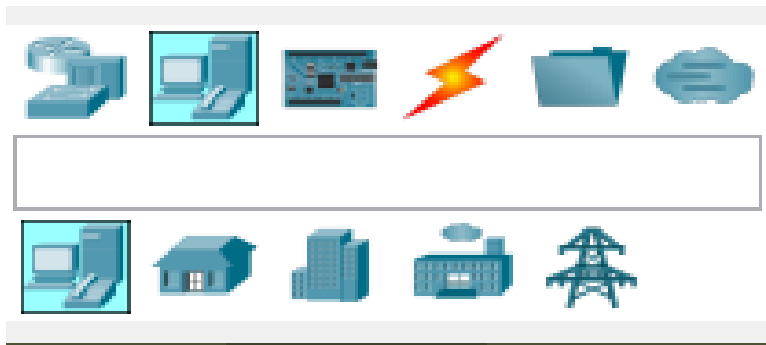
Η πρώτη επιλογή είναι οι συσκευές δικτύου όπως:



Εικόνα 4-3: Συσκευές Δικτύου του Cisco Packet Tracer

1. Δρομολογητές (Routers)
2. Μεταγωγείς (Switches)
3. Επαναλήπτες (Hubs)
4. Ασύρματες συσκευές (Wireless Devices)
5. Ασφάλεια (Security)
6. Προσομοιωτές WAN (WAN emulation)

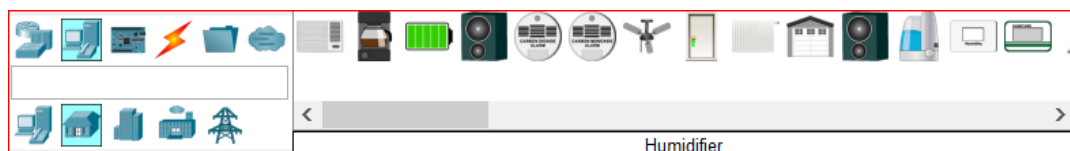
Η δεύτερη επιλογή είναι οι τερματικές συσκευές όπως:



Εικόνα 4-4: Τερματικές συσκευές του Cisco Packet Tracer

1. Τερματικές συσκευές (End Devices)
2. Εξοπλισμό σπιτιού (Home)
3. Συσκευές “έξυπνης” πόλης (Smart City)
4. Συσκευές βιομηχανίας (Industrial)
5. Συσκευές ηλεκτρικής ενέργειας (Power Grid)

Το packet Tracer περιλαμβάνει μια ποικιλία “έξυπνων” συσκευών οι οποίες έχουν την δυνατότητα σύνδεσης σε μια πύλη δικτύου (Home Gateway) ή σε έναν εξυπηρετητή εγγραφής (Registration Server). Στην (εικόνα 4-5) φαίνονται κάποιες “έξυπνες” συσκευές για την δημιουργία ενός “ έξυπνου” σπιτιού [53].



Εικόνα 4-5: “Εξυπνες” συσκευές για “έξυπνο” σπίτι

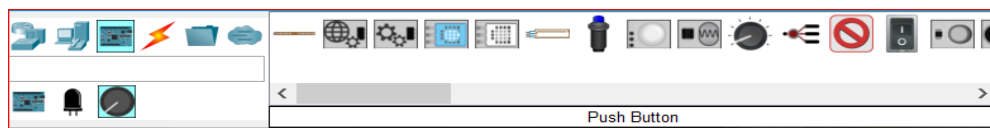
Η τρίτη επιλογή που διαθέτει το Packet Tracer είναι τα εξαρτήματα:



Εικόνα 4-6: Εξαρτήματα του Cisco Packet Tracer

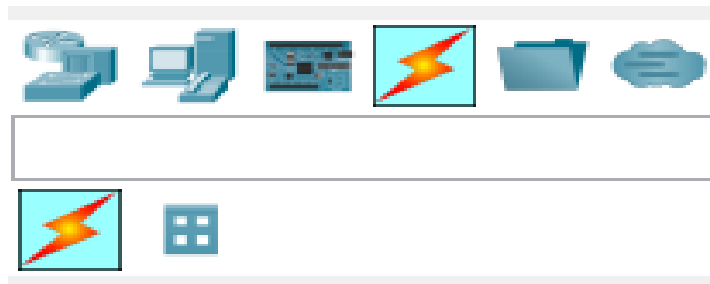
Τα εξαρτήματα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες [53]:

1. **Πλακέτες (Boards):** Οι πλακέτες περιλαμβάνουν μικροελεγκτές (MCU-PT), υπολογιστές μονής πλακέτας (SBC-PT) και του εργαλείου (thing) το οποίο δημιουργεί αυτόνομα φυσικά αντικείμενα.
2. **Ενεργοποιητές (Actuators):** Οι ενεργοποιητές περιλαμβάνουν διάφορα εξαρτήματα τα οποία ενεργούν στα ίδια, στο περιβάλλον τους ή στο χώρο γύρω από αυτούς.
3. **Αισθητήρες (Sensors):** Οι αισθητήρες είναι εξαρτήματα που ανιχνεύουν πληροφορίες από το περιβάλλον τους, τον χώρο γύρω τους ή από κάποια διεπαφή (πιεζόμενα κουμπιά). Κάποια από αυτά τα εξαρτήματα αισθητήρων εμφανίζονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4-7: Εξαρτήματα αισθητήρα

Η τέταρτη επιλογή αναφέρεται στην συνδεσμολογία των αντικειμένων όπως:



Εικόνα 4-8: Συνδεσμολογία του Cisco Packet Tracer

1. Καλωδίωση (Connections)
2. Δομημένη καλωδίωση (Structured Cabling)

Για να γίνει εφικτή η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη διασύνδεση μεταξύ των συσκευών. Το Cisco Packet Tracer διαθέτει ποικιλία καλωδίωσης για κάθε τύπο συσκευών.

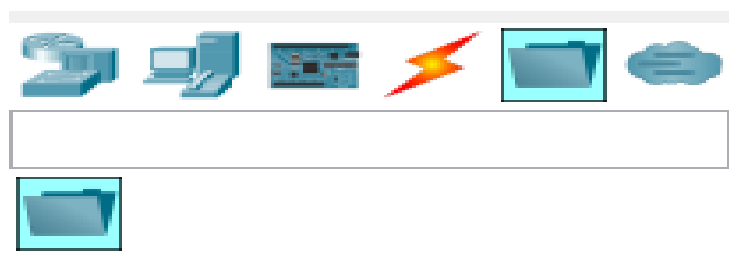


Εικόνα 4-9: Καλωδίωση του Cisco Packet Tracer

Αναλυτικά:

1. Αυτόματη επιλογή τύπου διασύνδεσης (Automatically Choose Connection Type).
2. Διασύνδεση κονσόλας (Console).
3. Διασύνδεση χαλκού κατευθείαν (Copper straight through).
4. Διασύνδεση χαλκού με ανεστραμμένα καλώδια (Copper cross over).
5. Διασύνδεση οπτικής ίνας (Fiber).
6. Διασύνδεση τηλεφωνικής γραμμής (Phone).
7. Διασύνδεση ομοαξονικού καλωδίου (Coaxial).
8. Διασύνδεση σειριακού καλωδίου DCE (Serial DCE).
9. Διασύνδεση σειριακού καλωδίου DTE (Serial DTE).
10. Διασύνδεση οκτάεδρου καλωδίου (Octal).
11. Διασύνδεση προσαρμοσμένου καλωδίου IoT (IoT custom cable).
12. Διασύνδεση USB (USB).

Η πέμπτη επιλογή είναι ο φάκελος διαφόρων αντικειμένων λόγω χάρη δρομολογητών, μεταγωγών σειριακών θυρών και ασύρματου υπολογιστή.



Εικόνα 4-10: Διάφορα αντικείμενα του Cisco Packet Tracer

Η τελευταία επιλογή σχετικά με την βιβλιοθήκη συσκευών-συνδέσεων είναι η διασύνδεση πολλαπλών χρηστών.



Εικόνα 4-11: Διασύνδεση πολλαπλών χρηστών του Cisco Packet Tracer

➤ **Εργαλεία.**

Η βιβλιοθήκη εργαλείων περιλαμβάνει τα εξής:



Εικόνα 4-12: Βιβλιοθήκη του Cisco Packet Tracer

1. Εργαλείο επιλογής.
2. Εργαλείο αναζήτησης.
3. Εργαλείο διαγραφής.
4. Εργαλείο αλλαγής μεγέθους.
5. Εργαλείο σημειώσεων.
6. Εργαλείο σχεδίασης γραμμής.
7. Εργαλείο σχεδίασης τετραγώνου.
8. Εργαλείο σχεδίασης κύκλου.
9. Εργαλείο σχεδίασης διαφόρων πλαισίων.
10. Εργαλείο απλού PDU (Αποστολή ring μεταξύ συσκευών).
11. Εργαλείο σύνθετου PDU (Αποστολή ring μεταξύ συσκευών).

➤ **Εκτέλεση σεναρίου.**

Το Packet Tracer παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να μεταβάλλει την κατάσταση λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο (Realtime) ή σε λειτουργία προσομοίωσης (Simulation mode) παρακολουθώντας τις μεταβολές του δικτύου που έχει δημιουργήσει.



Εικόνα 4-13: Μεταβολή κατάστασης λειτουργίας του Cisco Packet Tracer

Ακόμα διαθέτει ένα παράθυρο διαχείρισης των πακέτων του δικτύου κατά την διάρκεια μιας προσομοίωσης [51].

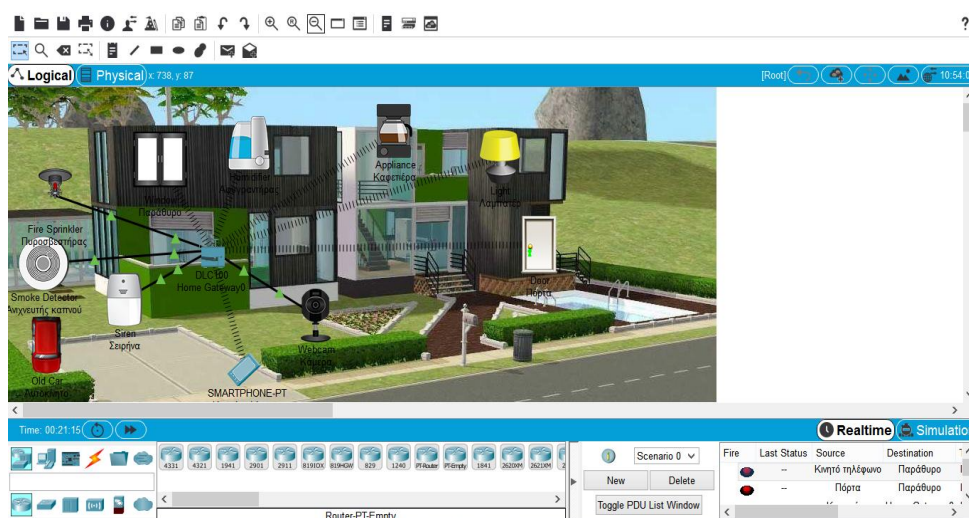
Κεφάλαιο 5 : Προσομοίωση IoT συσκευών με την χρήση του Cisco Packet Tracer

Το απαιτούμενο για την ανάπτυξη της τεχνολογίας είναι η διευκόλυνση και η άνεση στις ανθρώπινες ανάγκες όπως η διαβίωση σε ένα “έξυπνο” σπίτι με ενημερωμένες τεχνολογίες όπου ο έλεγχος και η διαχείριση των συσκευών IoT να πραγματοποιείται από διάφορα gadgets, κινητά και υπολογιστές. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται υλοποίηση και διαχείριση δύο “έξυπνων” σπιτιών. Το λογισμικό που επιλέχθηκε για τις προσομοιώσεις των δύο “έξυπνων” σπιτιών είναι το Cisco Packet Tracer της έκδοσης 7.3.1, αντιπροσωπεύοντας ένα πραγματικό δίκτυο [52].

5.1. Σενάριο Πρώτο:

Δημιουργία τοπικού δικτύου LAN ενός “έξυπνου” σπιτιού και διαχείριση των “έξυπνων” συσκευών IoT μέσω ενός κινητού τηλεφώνου με την βοήθεια μιας πύλης δικτύου (Gateway).

Στο συγκεκριμένο σενάριο θα υλοποιηθεί ένα τοπικό δίκτυο LAN ενός “έξυπνου” σπιτιού με δέκα συσκευές IoT, μιας πύλης δικτύου DLC100 (Gateway) η οποία χρησιμοποιείται για την σύνδεση των “έξυπνων” συσκευών με IP διευθύνσεις και ένα κινητό τηλέφωνο συνδεδεμένο ασύρματα με την πύλη δικτύου το οποίο θα έχει την δυνατότητα διαχείρισης των συσκευών IoT απομακρυσμένα.



Εικόνα 5-1: Σενάριο πρώτο- Προσομοίωση ενός “έξυπνου” σπιτιού με συσκευές IoT

Αναλυτικά η (εικόνα 5-1) περιγράφει ένα τοπικό δίκτυο LAN με δέκα συσκευές IoT συνδεδεμένες με μια πύλη δικτύου DLC100 (Home Gateway) . Η πύλη δικτύου DLC100 (Home Gateway) είναι επίσης συνδεδεμένη ασύρματα με ένα κινητό τηλέφωνο (Smartphone) το οποίο θα έχει την δυνατότητα διαχείρισης όλων των συσκευών IoT απομακρυσμένα. Οι συσκευές IoT που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι παρακάτω:

- Κάμερα (Webcam)
- Πόρτα (Door)
- Λαμπατέρ (Light)
- Καφετιέρα (Appliance)
- Αφυγραντήρας (Humidifier)
- Παράθυρο (Window)
- Πυροσβεστήρας (Fire Sprinkler)
- Ανιχνευτής καπνού (Smoke Detector)
- Σειρήνα (Siren)
- Παλαιό αυτοκίνητο

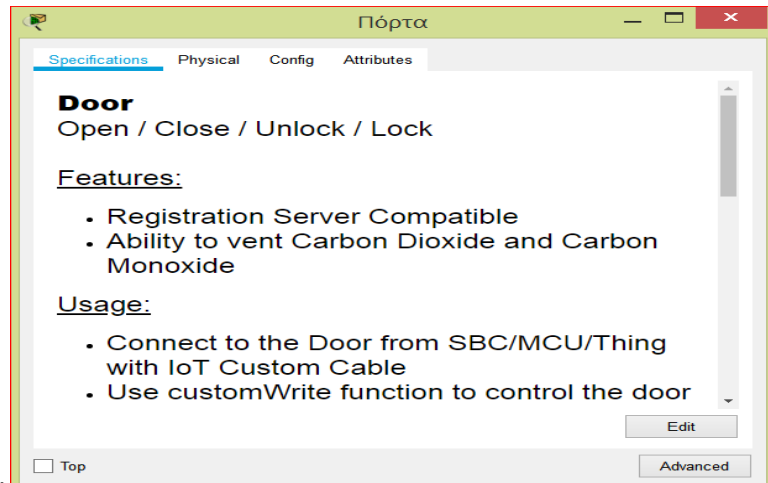
Στο συγκεκριμένο σενάριο έχουμε εκτός από τις οικιακές συσκευές IoT έχουμε τοποθετήσει ένα παλαιό αυτοκίνητο, έναν ανιχνευτή καπνού, έναν πυροσβεστήρα και μια σειρήνα με σκοπό όταν ενεργοποιήσουμε το αυτοκίνητο (Alt + αυτοκίνητο), ο ανιχνευτής καπνού να ανιχνεύει τον καπνό, μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα να ενεργοποιεί την σειρήνα και στην συνέχεια τον πυροσβεστήρα. Για να πραγματοποιηθεί αυτό εκτός από τις ρυθμίσεις διασύνδεσης των συσκευών χρειάστηκαν και κάποιες παραπάνω ρυθμίσεις και προδιαγραφές.

Υλοποίηση

1. Ανοίγουμε το πρόγραμμα Cisco Packet Tracer και τοποθετούμε τις συσκευές IoT, την πύλη δικτύου DLC100 (Home Gateway) και το κινητό τηλέφωνο (Smart Phone - PT).
2. Συνδέουμε τις συσκευές με την πύλη δικτύου DLC100 (Home Gateway). Κάποιες συσκευές συνδέθηκαν ασύρματα ενώ κάποιες άλλες συσκευές ενσύρματα με καλώδιο χαλκού Ethernet (Copper Straight – Through) ενώ η

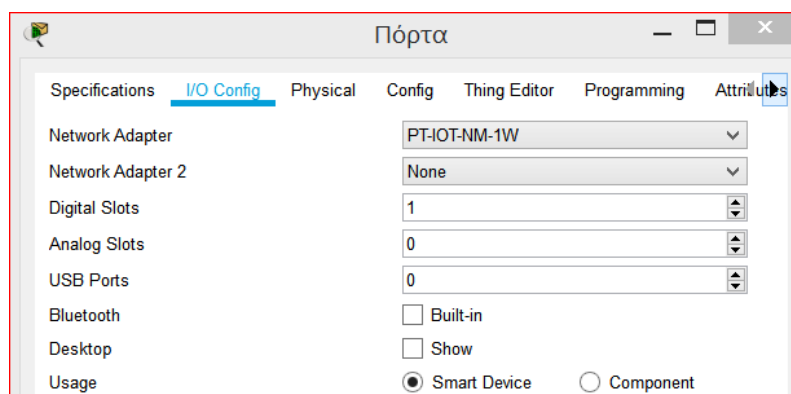
διασύνδεση όλων των συσκευών με την πύλη(Gateway) έγινε σύμφωνα με τις παρακάτω ρυθμίσεις:

- i. Επιλέγοντας πάνω στην συσκευή IoT εμφανίζεται ένα παράθυρο με ρυθμίσεις για την συσκευή. Στο κάτω μέρος του παραθύρου θα πρέπει να επιλέξουμε το πλαίσιο Advanced για να εμφανιστούν περισσότερες ρυθμίσεις.



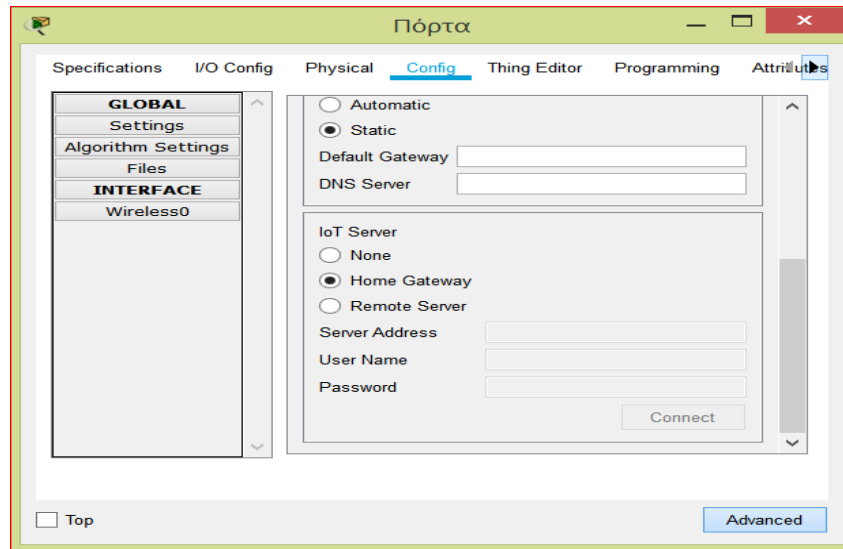
Εικόνα 5-2: Παράθυρο ρυθμίσεων της συσκευής (Πόρτα)

- ii. Επιλέγουμε την καρτέλα I/O config και αλλάζουμε την ρύθμιση του Network Adapter επιλέγοντας το PT-IOT-NM-1W, το οποίο είναι για ασύρματη σύνδεση.



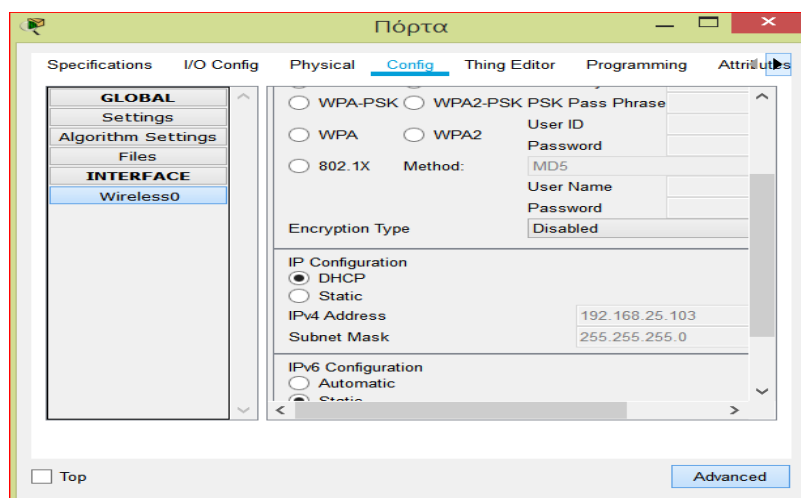
Εικόνα 5-3: Ρύθμιση για ασύρματη σύνδεση της συσκευής

- iii. Επιλέγουμε την καρτέλα Config όπου μπορούμε να αλλάξουμε το όνομα της συσκευής στο πλαίσιο Display Name. Στην συνέχεια αλλάζουμε την επιλογή του IoT server σε Home Gateway.



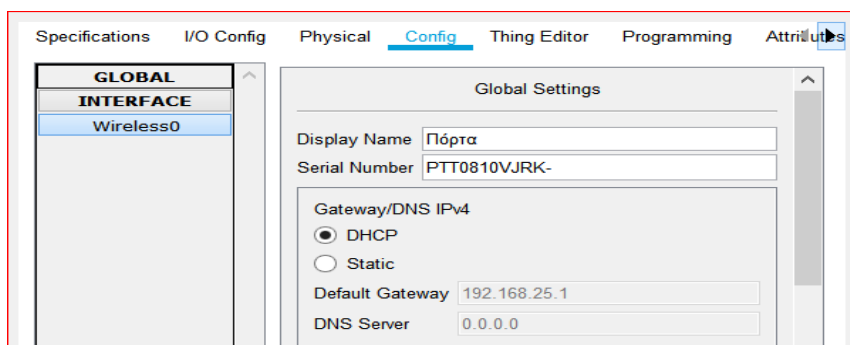
Εικόνα 5-4: Αλλαγή της επιλογής του IoT server σε Home Gateway

- iv. Στην ίδια καρτέλα Config επιλέγουμε το Wireless0 παρατηρούμε αν στο πλαίσιο SSID αναφέρεται το δίκτυο Home Gateway και στην συνέχεια αλλάζουμε το IP Configuration σε πρωτόκολλο διευσθύνσεων DHCP (αυτόματου πρωτοκόλλου δυναμικής ρύθμισης παραμέτρων κεντρικών υπολογιστών).



Εικόνα 5-5: Αλλαγή του IP Configuration σε DHCP

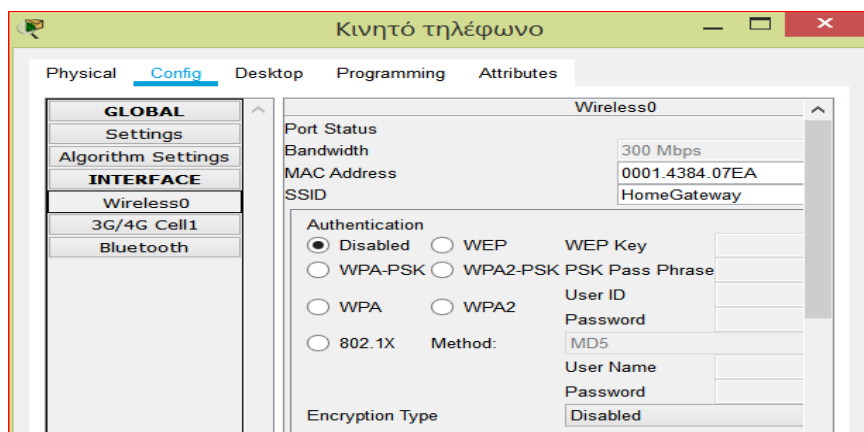
Παρατηρούμε ότι η διεύθυνση IP της συσκευής (πόρτας) είναι 192.168.25.103(εικόνα 5-5) και η προεπιλεγμένη πύλη (Default Gateway)(εικόνα 5-6) είναι 192.168.25.1.Αυτό σημαίνει ότι η συσκευή (Πόρτα) είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο και λαμβάνει πληροφορίες μέσω της διεύθυνσης IP της πύλης δικτύου DLC100 (Home Gateway).



Εικόνα 5-6: Προεπιλεγμένη πύλη της συσκευής πόρτα (Door)

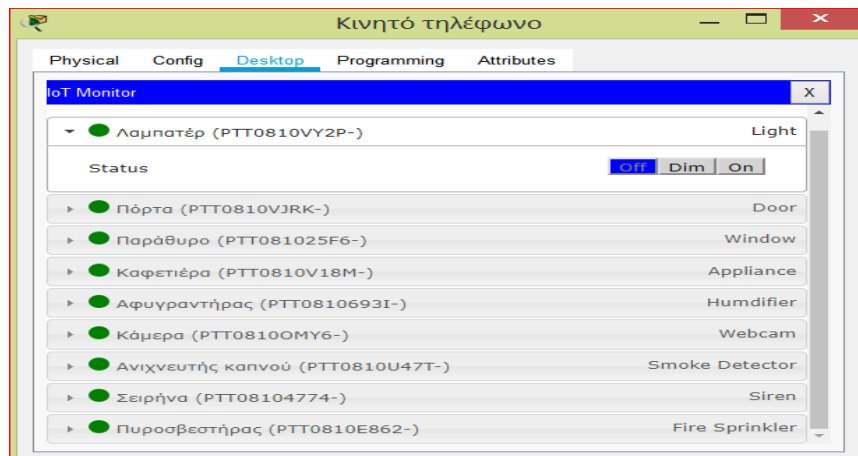
3. Συνδέουμε το κινητό τηλέφωνο με την πύλη δικτύου σύμφωνα με τις παρακάτω ρυθμίσεις:

α) Στο παράθυρο ρυθμίσεων του κινητού τηλεφώνου (Smart Phone) επιλέγουμε την καρτέλα Config. Στην συνέχεια επιλέγουμε το Wireless0 και στο πλαίσιο SSID αλλάζουμε το όνομα του δικτύου από Default σε HomeGateway σύμφωνα με το όνομα της πύλης δικτύου DLC100.



Εικόνα 5-7: Καρτέλα με ρυθμίσεις του κινητού τηλεφώνου

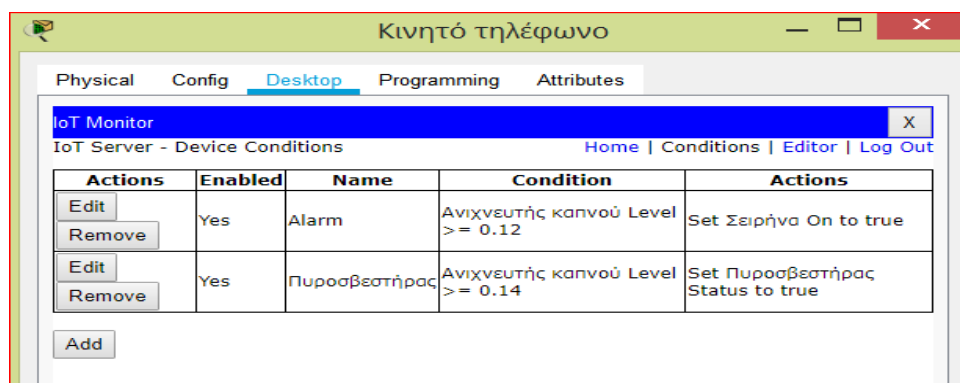
b) Επιλέγουμε την καρτέλα Desktop και το πλαίσιο IoT Monitor με σκοπό να ελέγξουμε αν συνδέθηκαν οι συσκευές IoT έτσι ώστε να μπορούμε να αλλάξουμε την κατάστασή τους. Αφού παρατηρήσουμε την διεύθυνση IP του Server να είναι ίδια με την διεύθυνση IP της πύλης δικτύου, βάζουμε τους κωδικούς και επιλέγουμε το πλαίσιο Login. Έτσι εμφανίζονται στην οθόνη του κινητού τηλεφώνου όλες οι συσκευές IoT που είναι συνδεδεμένες.



Εικόνα 5-8: Λίστα συνδεδεμένων συσκευών

4. Ρύθμιση κανόνων για τις συσκευές IoT (ανιχνευτής καπνού, σειρήνα, πυροσβεστήρας).

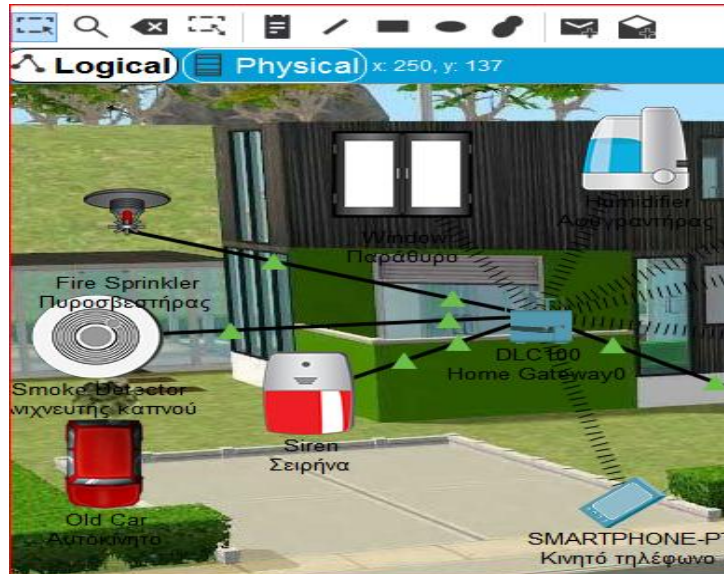
Στην οθόνη του κινητού τηλεφώνου (Smart Phone) επιλέγουμε την καρτέλα Conditions και προσθέτουμε τους παρακάτω κανόνες.



Εικόνα 5-9: Πρόσθεση κανόνων

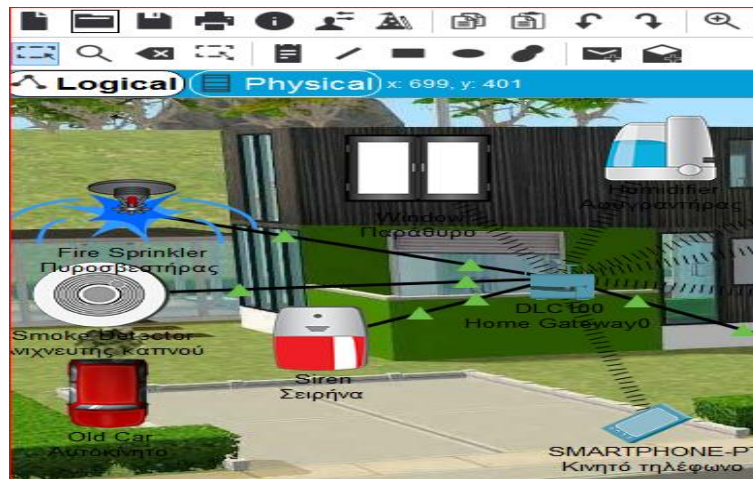
Αναλυτικά οι παραπάνω κανόνες (εικόνα 5-9) περιγράφουν την κατάσταση του ανιχνευτή καπνού, της σειρήνας και του πυροσβεστήρα.

- i. Αν ο ανιχνευτής καπνού ανιχνεύσει καπνό μεγαλύτερο ή ίσο του επιπέδου 0.12 από το ενεργό παλαιό αυτοκίνητο, τότε να ενεργοποιηθεί η σειρήνα.



Εικόνα 5-10: Ενεργοποίηση της σειρήνας

- ii. Αν ο ανιχνευτής καπνού ανιχνεύσει καπνό μεγαλύτερο ή ίσο του επιπέδου 0.14 από το ενεργό παλαιό αυτοκίνητο, τότε να ενεργοποιείται ο πυροσβεστήρας.

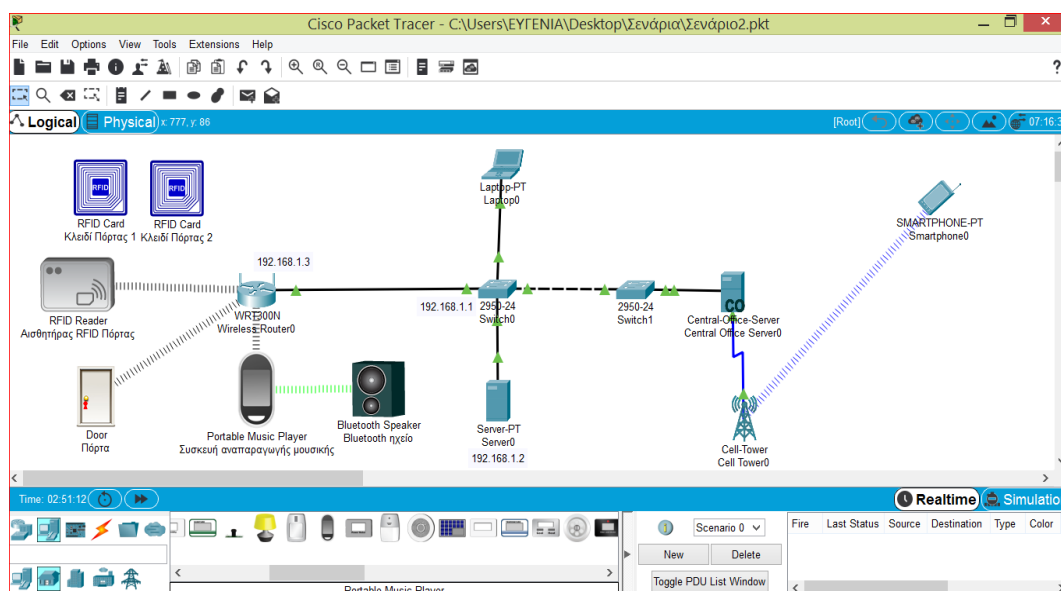


Εικόνα 5-11: Ενεργοποίηση του πυροσβεστήρα

5.2. Σενάριο Δεύτερο:

Δημιουργία τοπικού δικτύου LAN ενός “έξυπνου” σπιτιού με τεχνολογίες 4G/LTE, RFID και Bluetooth(BLE).

Στο δεύτερο σενάριο θα υλοποιηθεί ένα τοπικό δίκτυο LAN ενός “έξυπνου” σπιτιού με έξι συσκευές IoT ανάμεσά τους μια συσκευή Bluetooth(BLE), ένας αισθητήρας RFID, δύο κάρτες RFID, συσκευές δικτύου όπως δύο μεταγωγείς (Switch), δύο διακομιστές (Server), ένα ασύρματο δρομολογητή (router), μια κεραία (4G/ LTE) και τερματικές συσκευές όπως ένα κινητό τηλέφωνο και ένα φορητό υπολογιστή. Μέσω της προσομοίωσης το κινητό τηλέφωνο και ο φορητός υπολογιστής θα έχουν την δυνατότητα διαχείρισης των συσκευών IoT απομακρυσμένα.



Εικόνα 5-12: Σενάριο δεύτερο- Προσομοίωση ενός έξυπνου σπιτιού με συσκευές IoT

Αναλυτικά η (εικόνα 5-12) περιγράφει ένα τοπικό δίκτυο LAN με συσκευές IoT ανάμεσά τους και ένας αισθητήρας RFID μαζί με τις κάρτες του. Οι δύο συσκευές IoT είναι συνδεδεμένες ασύρματα με έναν δρομολογητή (Router) ενώ η τρίτη με μια συσκευή Bluetooth (BLE). Ακόμα διαθέτει δύο μεταγωγείς (Switch) συνδεδεμένους μεταξύ τους. Ο ένας μεταγωγέας (Switch0) είναι συνδεδεμένος με ένα φορητό υπολογιστή, με έναν δρομολογητή (Router) και με έναν διακομιστή (Server) ενώ ο δεύτερος μεταγωγέας (Switch1) είναι συνδεδεμένος με έναν κεντρικό διακομιστή (Central-Office-Server) ο οποίος με την σειρά του είναι συνδεδεμένος με μια κεραία

4G / LTE (Cell Tower). Για την διαχείριση των IoT συσκευών υπάρχουν, ένας φορητός υπολογιστής συνδεδεμένος με τον μεταγωγέα (Switch0) και ένα κινητό τηλέφωνο που επικοινωνεί με την κεραία 4G/LTE(Cell Tower). Οι συσκευές IoT που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι παρακάτω:

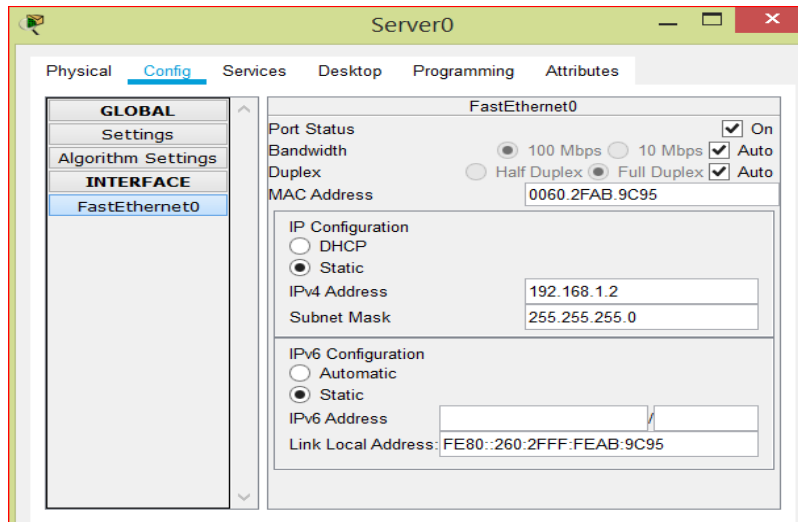
- Συσκευή αναπαραγωγής μουσικής (Portable Music Player)
- Bluetooth ηχείο (Bluetooth Speaker)
- Πόρτα (Door)
- Αναγνώστης RFID (RFID Reader)
- Κάρτα RFID 1 (RFID Card)
- Κάρτα RFID 2 (RFID Card)

Στην προσομοίωση υπάρχουν δύο κάρτες (RFID). Η μια κάρτα RFID (1) είναι ρυθμισμένη έτσι ώστε όταν την αγγίζουμε στον αισθητήρα ανάγνωσης RFID να ξεκλειδώνει η πόρτα ενώ η δεύτερη κάρτα RFID (2) είναι ρυθμισμένη έτσι ώστε όταν την αγγίζουμε στον αισθητήρα η πόρτα να παραμένει κλειδωμένη. Επιπλέον υπάρχει μια συσκευή αναπαραγωγής μουσικής (Portable Music Player) η οποία είναι συνδεδεμένη με ένα ηχείο μέσω Bluetooth(BLE) το οποίο ενεργοποιείται αυτόματα μαζί με την ενεργοποίηση της συσκευής αναπαραγωγής μουσικής.

Υλοποίηση

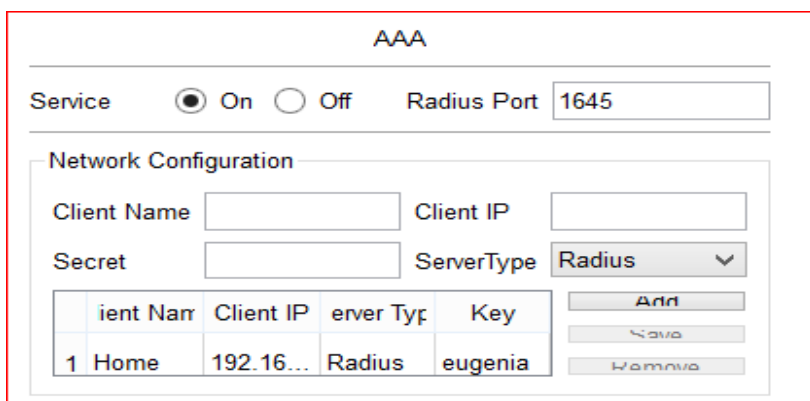
1. Ανοίγουμε το πρόγραμμα Cisco Packet Tracer και τοποθετούμε τις συσκευές IoT, δύο μεταγωγείς (Switch), δύο διακομιστές (Server), ένα ασύρματο δρομολογητή (router), μια κεραία 4G/ LTE, ένα κινητό τηλέφωνο και ένα φορητό υπολογιστή.
2. Συνδέουμε τις συσκευές δικτύου μεταξύ τους.
 - i. Ο μεταγωγέας 2950-24 (Switch0) συνδέθηκε με το ασύρματο δρομολογητή WRT 300N (Wireless router0), τον φορητό υπολογιστή (Laptop- PT) και τον διακομιστή (Server-PT) με καλώδιο UTP Ethernet (Copper Straight-Through).
 - ii. Οι δύο μεταγωγείς 2950-24 (Switch0) και (Switch1) συνδέθηκαν μεταξύ τους με καλώδιο UTP Ethernet (Copper Cross-Over).

- iii. Ο μεταγωγέας 2950-24(Switch1) συνδέθηκε με τον κεντρικό διακομιστή (Central-Office-Server0) με καλώδιο UTP Ethernet (Copper Straight-Through)
 - iv. Ο κεντρικός διακομιστής (Central-Office-Server) συνδέθηκε με την κεραία 4G/LTE με ομοαξονικό καλώδιο Coaxial.
3. Οι ρυθμίσεις του διακομιστή (Server-PT) είναι οι εξής:
- i. Ανοίγουμε την καρτέλα ρυθμίσεων του διακομιστή (Server0).
 - ii. Στην καρτέλα ρυθμίσεων επιλέγουμε Config->FastEthernet0 ->IP Configuration-> Static IP και εισάγουμε στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου IPv4 Address την στατική διεύθυνση IP 192.168.1.2 με μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0



Εικόνα 5-13: Διαμόρφωση διεύθυνσης IP του Server0

- iii. Services->IoT->Registration Server->Service->on με σκοπό να καταχωρηθούν οι διακομιστές για την διατήρηση των πληροφοριών σύνδεσης.
- iv. Services->AAA->Service->on. Ενεργοποιούμε τις υπηρεσίες ασφάλειας AAA με σκοπό τον έλεγχο ταυτότητας και την εξουσιοδότηση χρηστών.



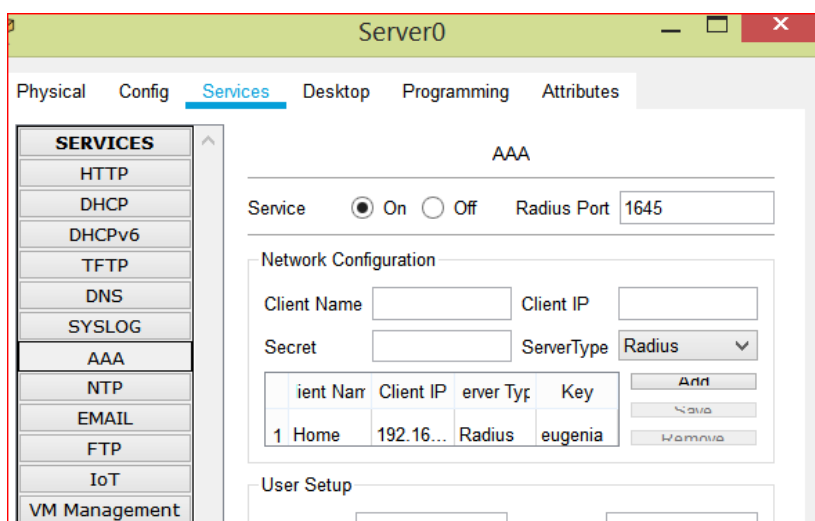
Εικόνα 5-14: Ενεργοποίηση της υπηρεσίας ασφάλειας AAA

v. Διαμόρφωση του δικτύου.

Services->AAA->Network Configuration->Client Name->Home

Client IP-> 192.168.1.3

Secret->eugenia->Add



Εικόνα 5-15: Διαμόρφωση δικτύου του Server0

vi. Ρύθμιση για την ασφάλεια των IoT συσκευών.

a) User Setup->Username->music

Password->music1->Add

b) User Setup->Username->porta

Password->porta1->Add

c) User Setup->Username->rfid

Password->rfid1->Add

The screenshot shows a 'User Setup' interface. At the top, there are two input fields: 'Username' and 'Password'. Below these is a table with three rows of user data. To the right of the table are three buttons: 'Add', 'Save', and 'Remove'.

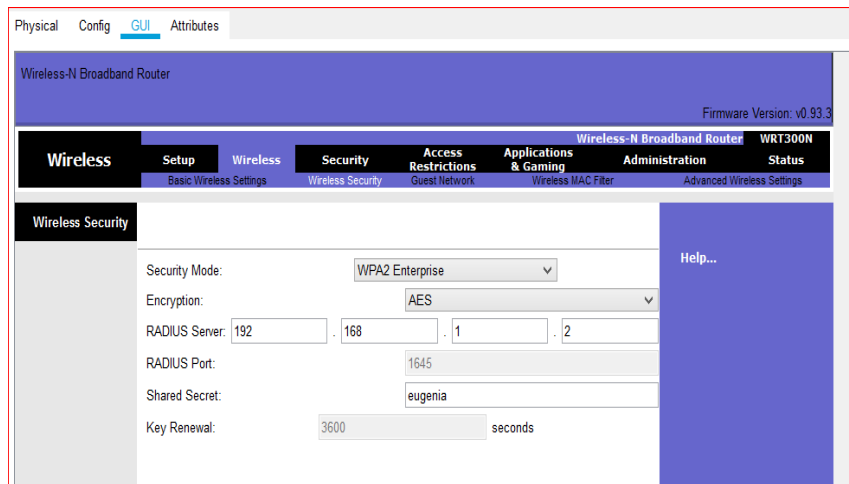
	Username	Password
1	music	music1
2	porta	porta1
3	rfd	rfd1

Εικόνα 5-16: Ρυθμίσεις ασφάλειας για IoT συσκευές

Με αυτό τον τρόπο καταχωρείται το όνομα και ο κωδικός κάθε IoT συσκευής.

4. Οι ρυθμίσεις του ασύρματου δρομολογητή WRT-300N (Wireless Router0) είναι οι παρακάτω:

- i. Ανοίγουμε την καρτέλα ρυθμίσεων του δρομολογητή WRT-300N (Wireless Router0).
- ii. Config->Internet-> IP Configuration->Static και εισάγουμε στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου IPv4 Address την στατική διεύθυνση IP 192.168.1.3 με μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0. Στην συνέχεια εισάγουμε στο πλαίσιο Default Gateway την διεύθυνση IP για το Switch0 η οποία είναι η 192.168.1.1
- iii. GUI->Setup->Internet Connection Type-> Automatic Configuration-DHCP. Το πρωτόκολλο καταχώρησης DHCP θα εκχωρήσει διευθύνσεις IP στις συσκευές IoT αυτόματα.
- iv. GUI->Wireless->Network Name(SSID)->Home->Save Settings
- v. GUI->Wireless->Wireless Security-> Security Mode->WPA2 Enterprise
Εισάγουμε την διεύθυνση IP του διακομιστή (Server0).
RADIUS Server-> 192.168.1.2.
Shared Secret->eugenia->Save Settings.



Εικόνα 5-17: Ρυθμίσεις για ασύρματη Ασφάλεια στο Router

5. Ρυθμίσεις δρομολόγησης του μεταγωγέα Switch0 με το CLI.

Οι εντολές που απαιτούνται για την ανάθεση της διεύθυνσης IP μέσω είναι οι εξής:

```
Switch>en
```

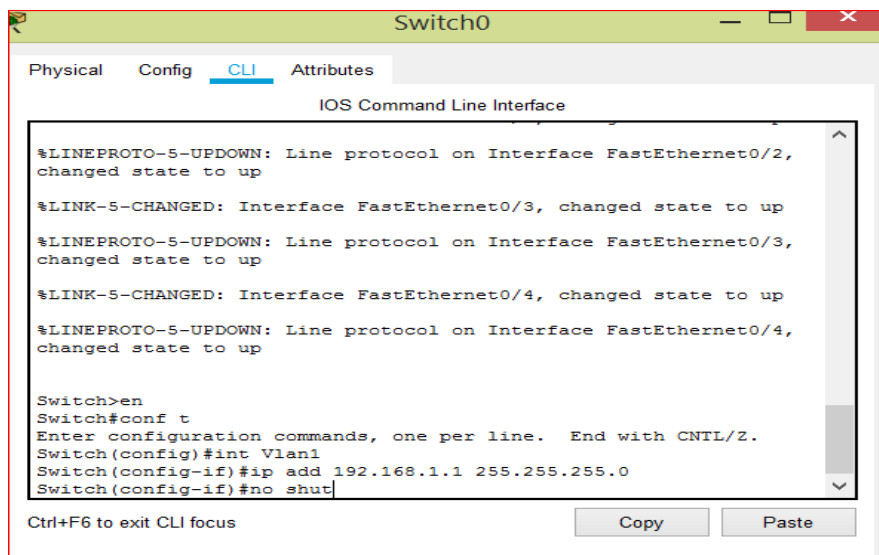
```
Switch#conf t
```

Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

```
Switch(config)#int Vlan1
```

```
Switch(config-if)#ip add 192.168.1.1 255.255.255.0
```

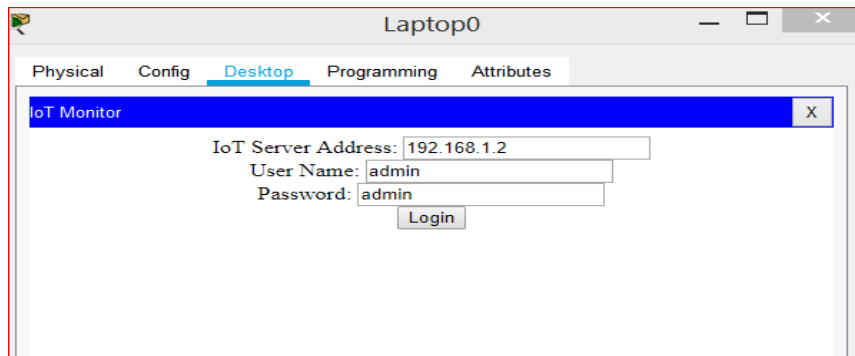
```
Switch(config-if)#no shut
```



Εικόνα 5-18: Εντολές δρομολόγησης του Switch0

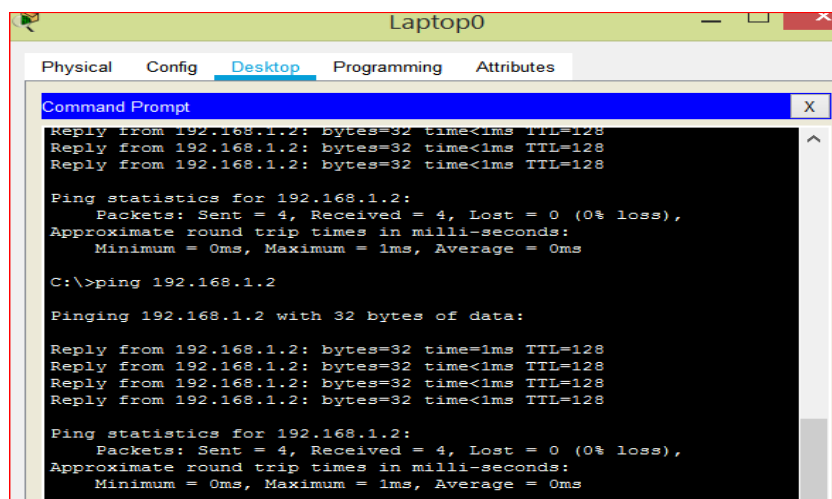
6. Ρυθμίσεις του φορητού υπολογιστή Laptop-PT.

- i. Ανοίγουμε την καρτέλα ρυθμίσεων για τον φορητό υπολογιστή (Laptop-PT)
- ii. Δημιουργούμε ένα λογαριασμό στο Desktop συμπληρώνοντας την διεύθυνση IP του διακομιστή (Server0), το όνομα χρήστη και τον κωδικό.



Εικόνα 5-19: Δημιουργία λογαριασμού στο Laptop0

- iii. Config->FastEthernet0->IP Configuration->Static και εισάγουμε στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου IPv4 Address την στατική διεύθυνση IP 192.168.1.4 με μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0.
- iv. Desktop->Command Prompt-> Ping 192.168.1.2

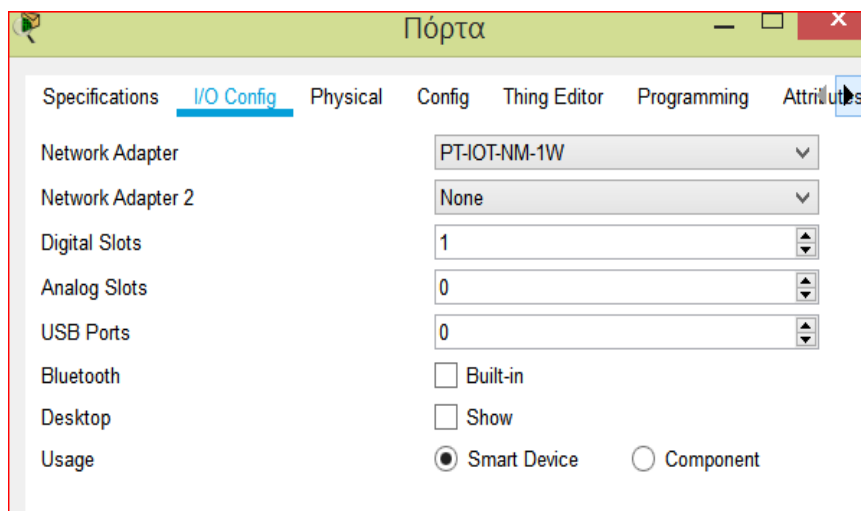


Εικόνα 5-20: Ping την διεύθυνση IP του Server0

Παρατηρούμε (εικόνα 5-20) ότι ο φορητός υπολογιστής (Laptop0) έστειλε 4 πακέτα των 32 bytes και δεν είχε καμία απώλεια. Ο χρόνος απόκρισης είναι μικρότερος του 1ms και από αυτό προκύπτει το συμπέρασμα ότι η γραμμή επικοινωνίας είναι εξαιρετική.

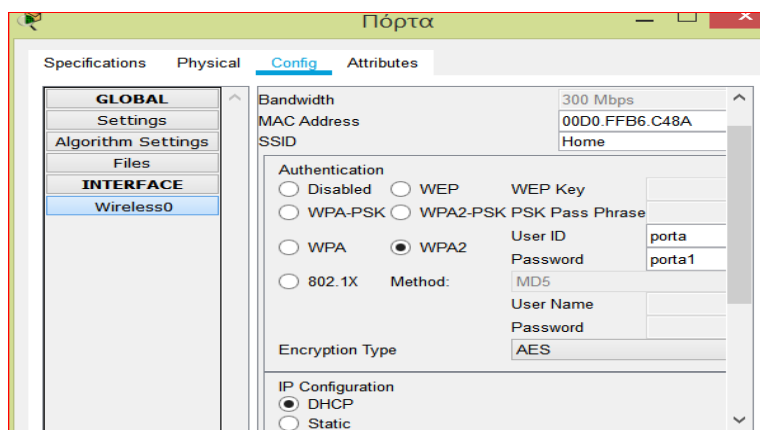
7. Ρυθμίσεις για την διασύνδεση των συσκευών IoT.

- i. Ανοίγουμε την καρτέλα ρυθμίσεων της IoT συσκευής.
- ii. Advanced->I/O Config->Network Adapter->PT-IOT-NM-1W



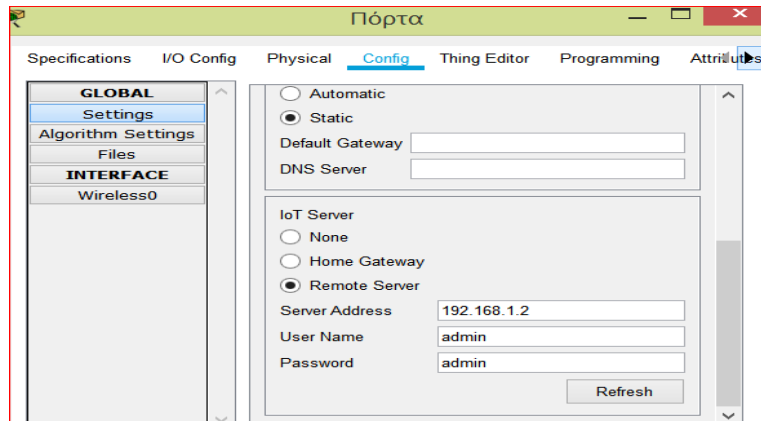
Εικόνα 5-21: Ρύθμιση για ασύρματη σύνδεση

- iii. Config->Wireless0->SSID->Home
- iv. Επιλέγουμε το πρωτόκολλο ασφάλειας WPA2 και στο πλαίσιο του User ID συμπληρώνουμε το όνομα της συσκευής IoT και τον κωδικό της, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις για τις συσκευές που συμπληρώσαμε στις ρυθμίσεις του Server0.



Εικόνα 5-22: Επιλογή του πρωτοκόλλου ασφάλειας WPA2

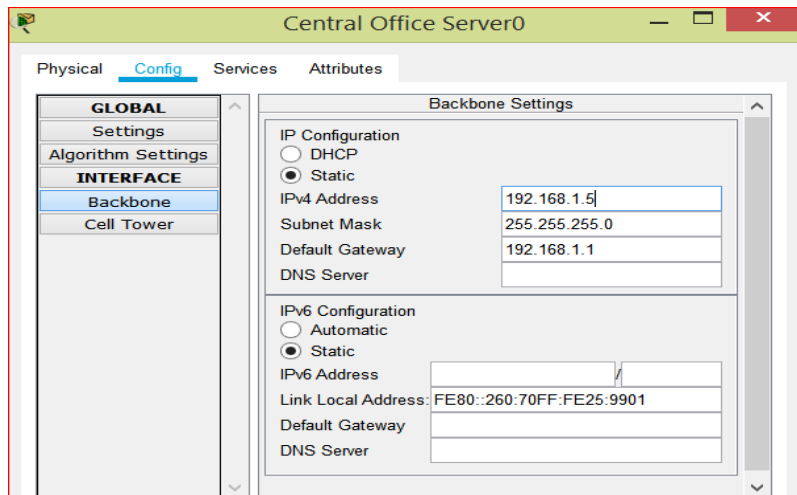
- iii. Config->Settings->IoT Server->Remote Server και στο πλαίσιο Server Address συμπληρώνουμε την διεύθυνση IP 192.168.1.2(Server0) και συμπληρώνουμε επίσης το όνομα χρήστη, τον κωδικό και πατάμε Refresh.



Εικόνα 5-23: Προσθήκη IP, όνομα χρήστη και κωδικό

Οι ίδιες ρυθμίσεις ισχύουν για όλες τις συσκευές IoT του σεναρίου.

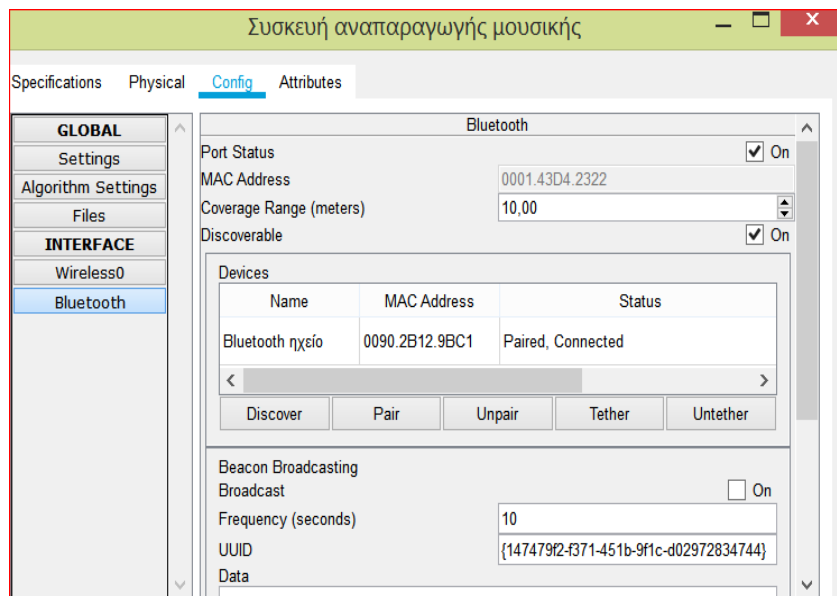
- 8. Οι ρυθμίσεις του κεντρικού διακομιστή(Central-Office-Server) είναι οι εξής:
 - i. Ανοίγουμε την καρτέλα ρυθμίσεων του κεντρικού διακομιστή (Central-Office-Server).
 - ii. Config->Backbone->IP Configuration->Static και στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου IPv4 Address συμπληρώνουμε την διεύθυνση IP 192.168.1.5 με μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0. Στην συνέχεια συμπληρώνουμε την διεύθυνση IP του Switch0 η οποία είναι 192.168.1.1.



Εικόνα 5-24: Διαμόρφωση της διεύθυνσης IP του Central-Office-Server

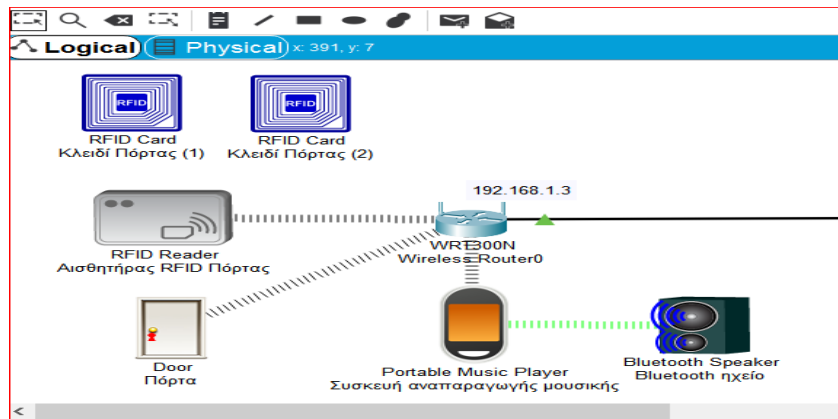
9. Οι ρυθμίσεις της συσκευής αναπαραγωγής μουσικής με το Bluetooth ηχείο είναι οι εξής:

- i. Στην καρτέλα των ρυθμίσεων της συσκευής αναπαραγωγής μουσικής επιλέγουμε : Config->Bluetooth->Discover



Εικόνα 5-25: Σύνδεση Bluetooth ηχείου με την συσκευή αναπαραγωγής μουσικής

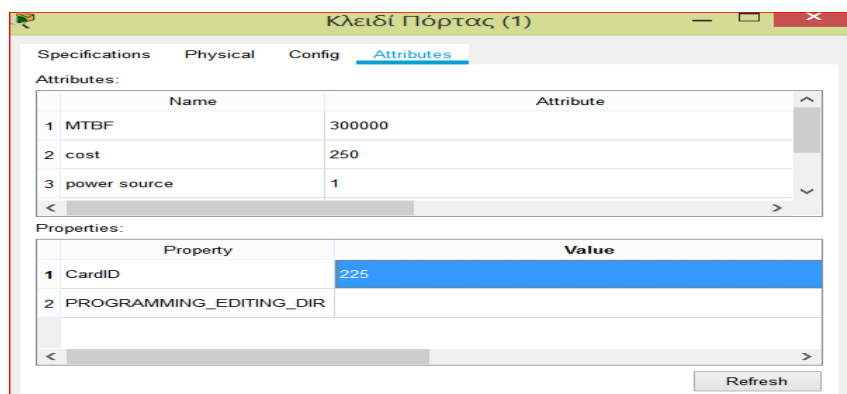
Παρατηρούμε στην (εικόνα 5-25) ότι το Bluetooth ηχείο συνδέθηκε επιτυχώς στην συσκευή αναπαραγωγής μουσικής. Έτσι ενεργοποιώντας την συσκευή αναπαραγωγής μουσικής ενεργοποιείται και το ηχείο μέσω Bluetooth.



Εικόνα 5-26: Σύνδεση Bluetooth μεταξύ συσκευής και ηχείου

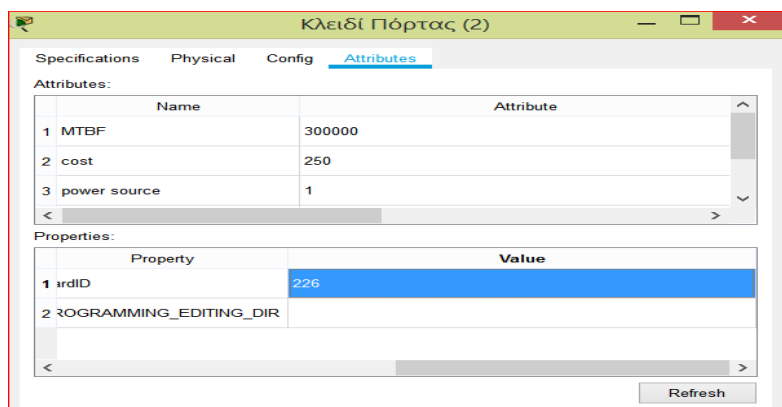
10. Ρυθμίσεις καρτών RFID (Κλειδιά πόρτας)

- i. Ανοίγουμε την καρτέλα ρυθμίσεων της κάρτας RFID 1(Κλειδί πόρτας 1) και στην επιλογή Attributes στο πλαίσιο CardID τοποθετούμε μια τιμή. Στο σενάριο μας έχουμε εισάγει την τιμή 225.



Εικόνα 5-27: Ρύθμιση τιμής κλειδιού πόρτας RFID 1

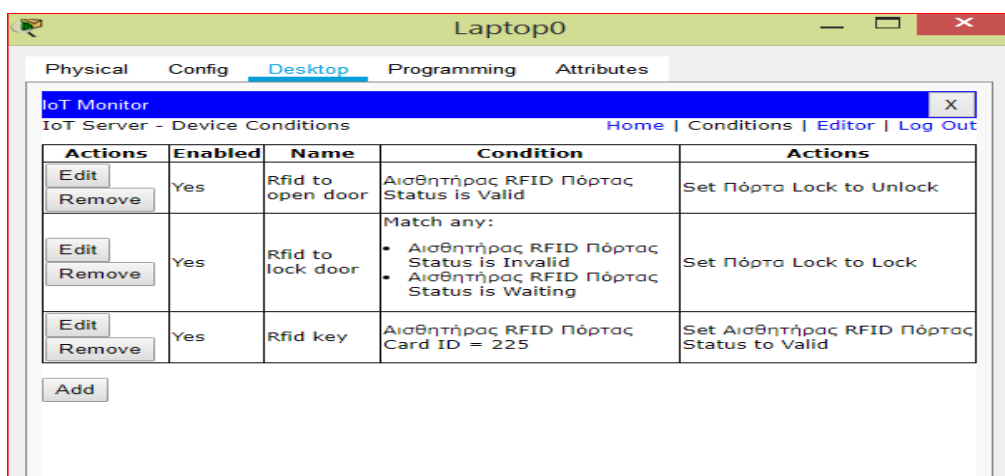
- ii. Ανοίγουμε την καρτέλα ρυθμίσεων της κάρτας RFID 2(Κλειδί πόρτας 2) και στην επιλογή Attributes στο πλαίσιο CardID τοποθετούμε μια τιμή. Στο σενάριο μας έχουμε εισάγει την τιμή 226.



Εικόνα 5-28: Ρύθμιση τιμής κλειδιού πόρτας RFID 2

11. Ρύθμιση κανόνων για τις συσκευές IoT (Αισθητήρας RFID πόρτας, Κλειδί πόρτας RFID1, Κλειδί πόρτας RFID2, Πόρτα).

Στην οθόνη του κινητού τηλεφώνου (Smart Phone) και του φορητού υπολογιστή (Laptop-PT) αντίστοιχα επιλέγουμε την καρτέλα Conditions και προσθέτουμε τους παρακάτω κανόνες.

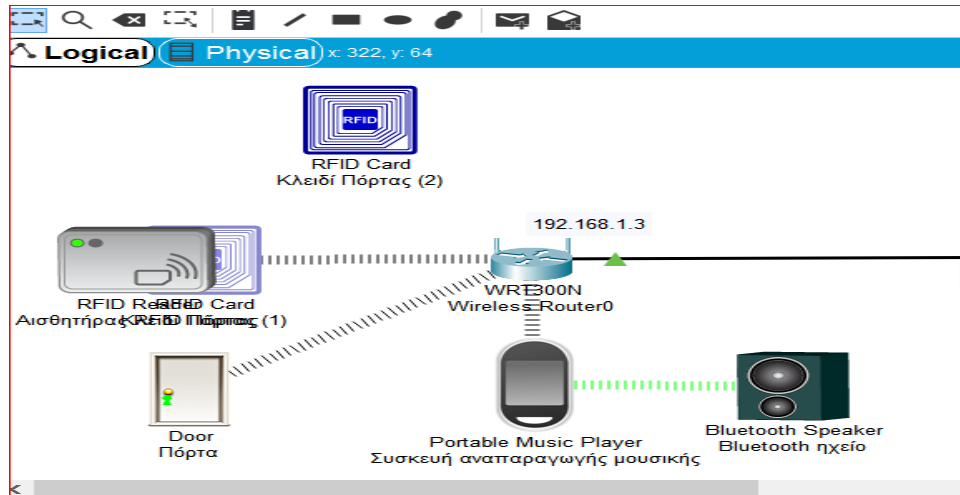


Εικόνα 5-29: Κανόνες Αισθητήρα RFID πόρτας, των κλειδιών πόρτας RFID και της πόρτας

Αναλυτικά οι παραπάνω κανόνες περιγράφουν την κατάσταση του αισθητήρα RFID πόρτας, των κλειδιών πόρτας RFID και της πόρτας .

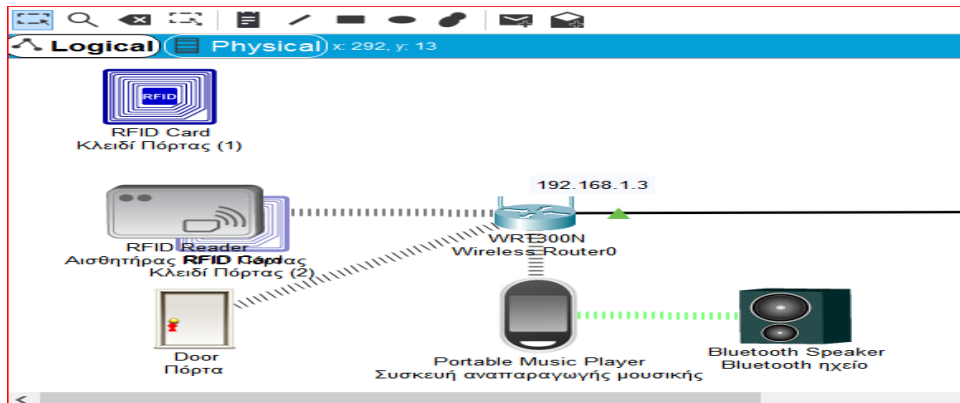
- i. Αν ο αισθητήρας RFID πόρτας είναι έγκυρος, η πόρτα να ξεκλειδώνει.
- ii. Αν ο αισθητήρας RFID πόρτας δεν είναι έγκυρος ή είναι σε αναμονή, η πόρτα να είναι κλειδωμένη.
- iii. Αν η τιμή του κλειδιού RFID της πόρτας είναι 225, τότε η πόρτα να ξεκλειδώνει.

Έτσι τοποθετώντας το RFID κλειδί (1) της πόρτας με την σωστή τιμή 225 πάνω στον αισθητήρα RFID πόρτας η πόρτα ξεκλειδώνει (εικόνα 5-30) .



Εικόνα 5-30: Τοποθέτηση σωστού κλειδιού(1) - Ξεκλειδωμένη πόρτα

Ενώ τοποθετώντας το RFID κλειδί (2) της πόρτας με την λάθος τιμή 226 πάνω στον αισθητήρα RFID πόρτας η πόρτα παραμένει κλειδωμένη (εικόνα 5-31).

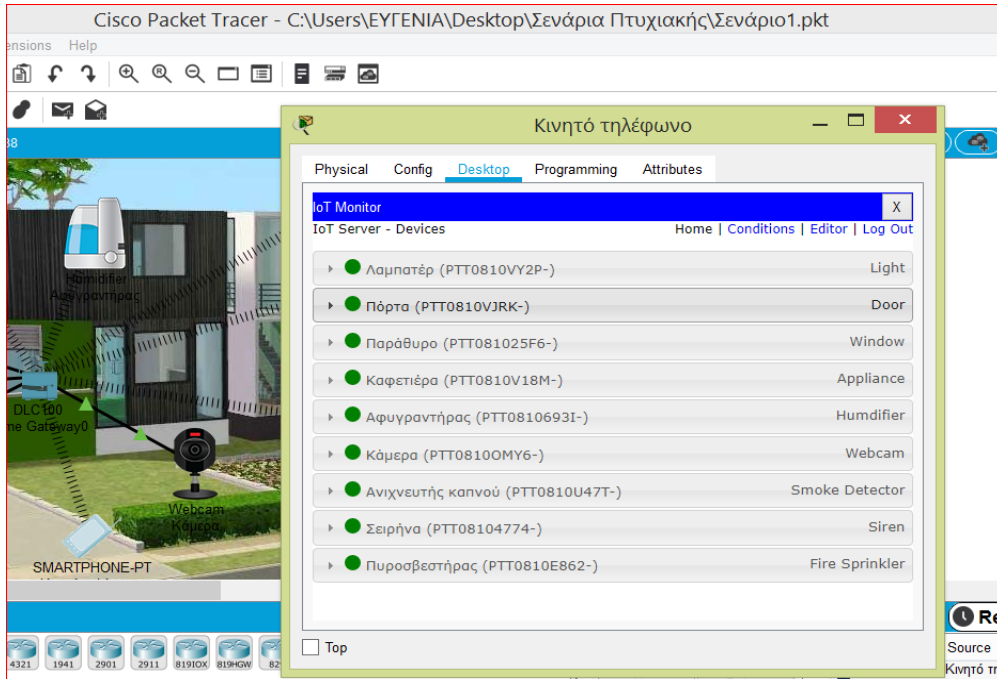


Εικόνα 5-31: Τοποθέτηση λάθος κλειδιού(2) – Κλειδωμένη πόρτα

5.3. Αποτελέσματα σεναρίων

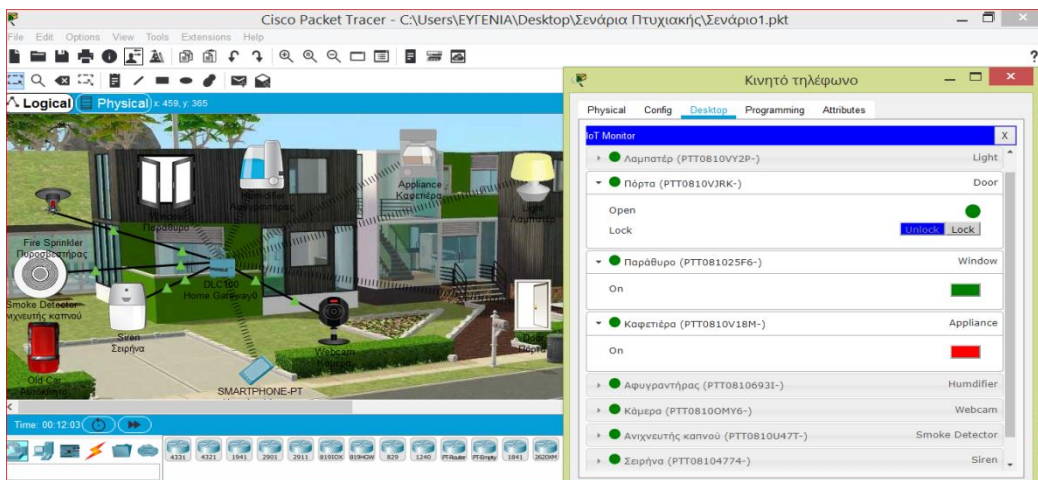
- Σενάριο Πρώτο

Αφού έγινε η συνδεσιμότητα των συσκευών και οι απαιτούμενες ρυθμίσεις, στην οθόνη του κινητού τηλεφώνου εμφανίζονται όλες οι συσκευές IoT.



Εικόνα 5-32: Οθόνη κινητού τηλεφώνου με τις IoT συσκευές

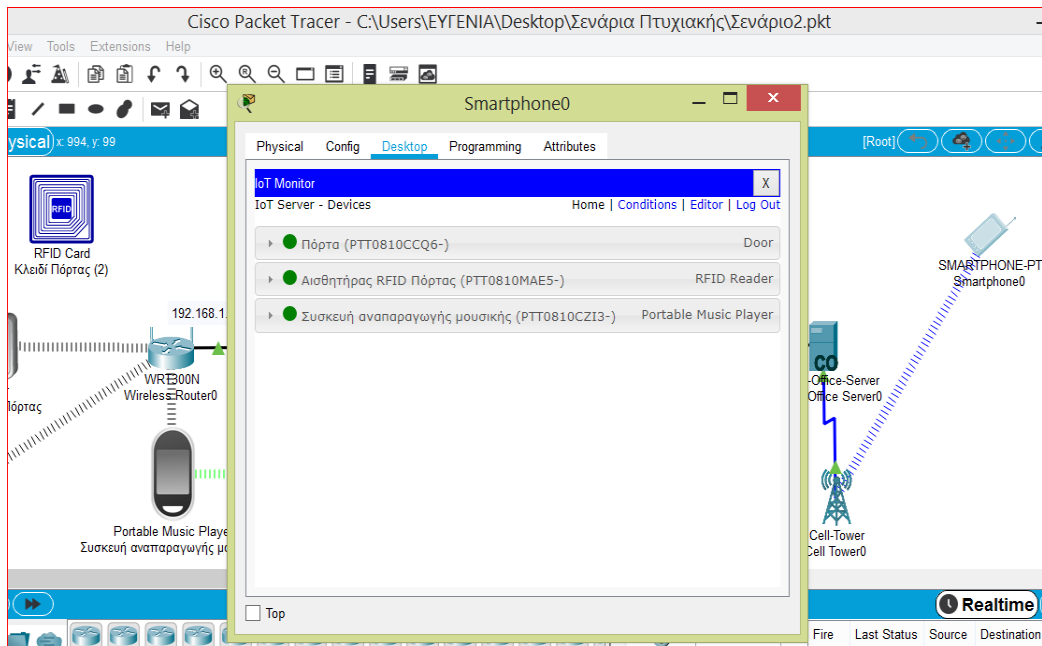
Ο χρήστης έχει την δυνατότητα διαχείρισης όλων των έξυπνων συσκευών μέσω του κινητού του τηλεφώνου.



Εικόνα 5-33: Διαχείριση συσκευών μέσω κινητού τηλεφώνου

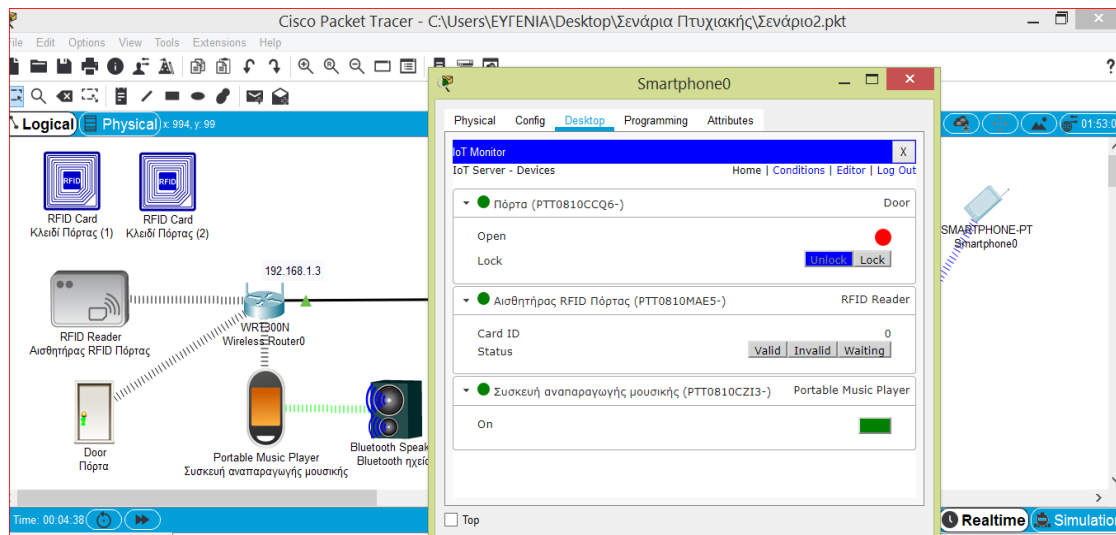
- **Σενάριο Δεύτερο**

Αφού έγινε η συνδεσιμότητα των συσκευών και οι απαιτούμενες ρυθμίσεις, στην οθόνη του κινητού τηλεφώνου εμφανίζονται όλες οι συσκευές IoT.



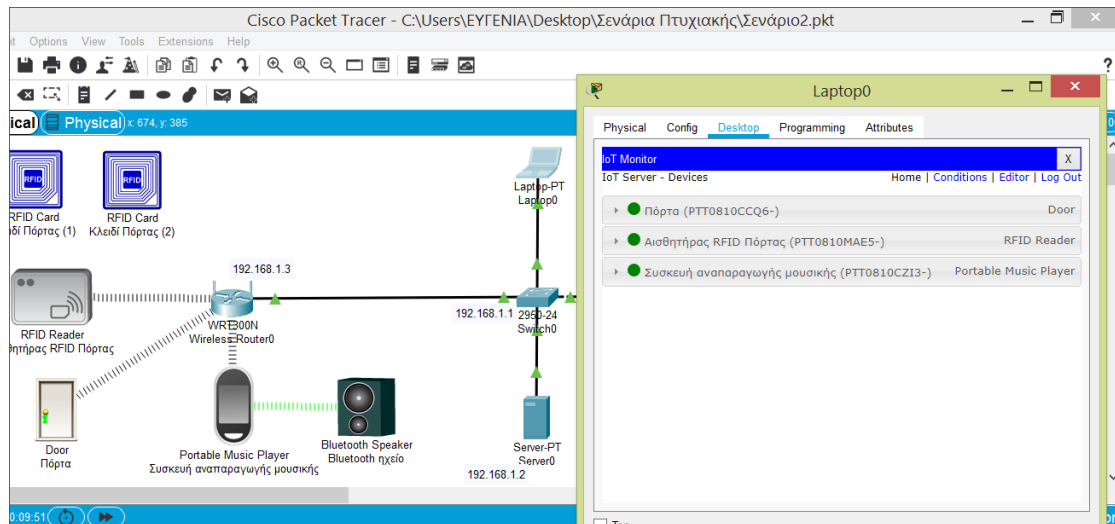
Εικόνα 5-34: Οθόνη κινητού τηλεφώνου με τις IoT συσκευές

Ο χρήστης έχει την δυνατότητα διαχείρισης όλων των έξυπνων συσκευών μέσω του κινητού του τηλεφώνου.



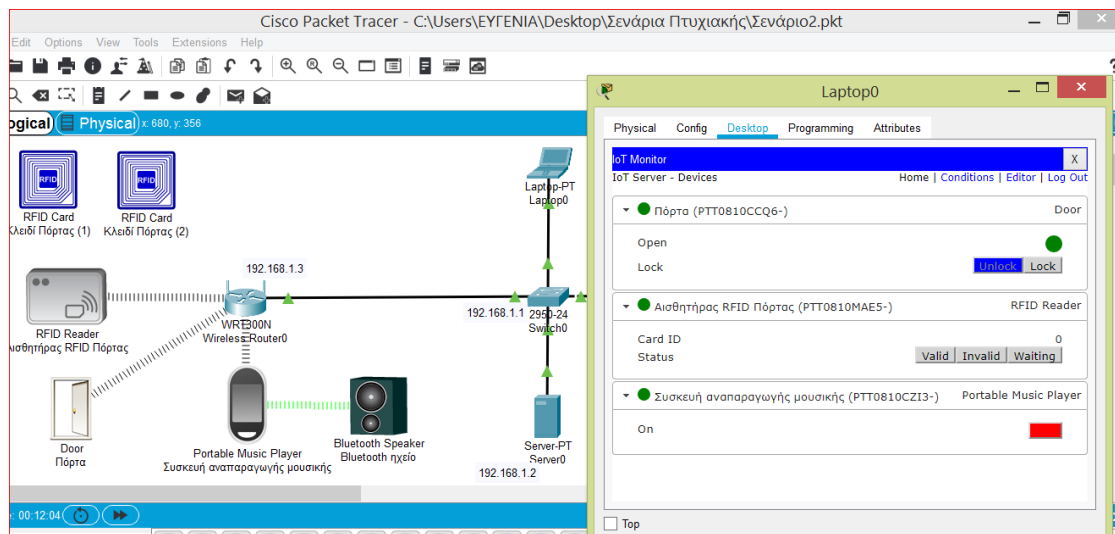
Εικόνα 5-35: Διαχείριση συσκευών μέσω κινητού τηλεφώνου

Το δεύτερο σενάριο προϋποθέτει την εμφάνιση όλων των συσκευών και στην οθόνη ενός φορητού υπολογιστή .



Εικόνα 5-36: Οθόνη φορητού υπολογιστή με τις IoT συσκευές

Αλλά και την διαχείρισή τους από τον φορητό υπολογιστή.



Εικόνα 5-37: Διαχείριση συσκευών μέσω φορητού υπολογιστή

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το IoT (Διαδίκτυο των πραγμάτων) ως αναδυόμενη τεχνολογία IoT αναπτύσσεται ραγδαία προσφέροντας μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και τεχνολογιών με σκοπό τη διευκόλυνση των αναγκών των ανθρώπων σε πολλούς κλάδους. Η ευρεία αποδοχή του και η καθολική εφαρμογή του προσελκύει το ενδιαφέρον των μελετητών, οι οποίοι πολλές φορές και για το σκοπό αυτό αξιοποιούν εργαλεία προσομοίωσης.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας μελετήθηκαν η αρχιτεκτονική των IoT συστημάτων, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και τα πεδία εφαρμογής τους. Η αρχιτεκτονική των IoT συστημάτων δομείται από τέσσερα επίπεδα, τα: επίπεδο ανίχνευσης, δικτύου, ανάλυσης και εφαρμογής. Για την δικτύωση χρησιμοποιούνται παραδοσιακές και σύγχρονες δικτυακές τεχνολογίες όπως Zigbee και IEEE 802.15.4, Wi-Fi, 6LOWPAN, Z-wave. Σε επίπεδο εφαρμογής ένα από τα πιο γνωστά πρωτόκολλα που χρησιμοποιείται είναι το MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) .

Στις δημοφιλέστερες εφαρμογές του IoT συγκαταλέγεται και το “έξυπνο” σπίτι και κα τ’ επέκταση η “έξυπνη” πόλη. Πλήθος συσκευών και μικροσυσκευών μιας οικίας, με δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο μπορούν πλέον να ελέγχονται και να διαχειρίζονται απομακρυσμένα. Για παράδειγμα, το άνοιγμα και το κλείσιμο ενός παραθύρου, ή έναρξη λειτουργίας μιας οικιακής συσκευής όπως ο ανεμιστήρας. Με τη χρήση του λογισμικού της Cisco Packet Tracer, σχεδιάσαμε υλοποιήσαμε και δοκιμάσαμε τέτοια σενάρια, και εδώ παρουσιάσαμε δύο από αυτά. Παρόλο που τέτοιου είδους υλοποιήσεις φαντάζουν εύκολες σε ένα περιβάλλον προσομοίωσης και είναι ιδιαίτερα ελκυστικές, στην πράξη αντιμετωπίζονται με περισσότερο σκεπτικισμό. Από τη μια η δυσπιστία των χρηστών και από την άλλη πλήθος ζητημάτων όπως διαλειτουργικότητα, ασυμβατότητες μεταξύ κατασκευαστών, ασφάλεια, απόρρητο και ιδιωτική ζωή απαιτούν περαιτέρω μελέτη και διερεύνηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Ashok, G., Akram, P., Neelima, M., Nagasaikumar, J. and Vamshi, A., 2020. Implementation of smart home by using Packet Tracer. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(2), pp.678-685.

[2] ΕΛΣΤΑΤ 2020, Έρευνα χρήσης τεχνολογιών πληροφόρησης και επικοινωνίας από νοικοκυριά και άτομα – χρήση ηλεκτρονικού εμπορίου – απόρρητο και προστασία προσωπικών δεδομένων : Έτος 2020, <https://www.statistics.gr/documents/20181/727080a4-4bb8-eb4d-af56-4aaaa8989b8c>

[3] Dorsemaine, B., Gaulier, J.P., Wary, J.P., Kheir, N. and Urien, P., 2015, September. Internet of things: a definition & taxonomy. In *2015 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies* (pp. 72-77). IEEE.

[4] <<Διαδίκτυο των πραγμάτων>>, Βικιπαίδεια. Διαθέσιμο στον ιστότοπο:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD

[5] Trevor Harwood(2019). <<Internet of Things (IoT) History>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.postscapes.com/iot-history/>

[6] Foote, K. D. (2016). A brief history of the internet of things. *Data Education for Business and IT Professionals*. Available online: <http://www.dataversity.net/brief-history-internet-things/>(accessed on 12 November 2018).

[7] Press, G. (2014). A very short history of the Internet of Things. Forbes. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/06/18/a-very-short-history-of-the-internet-of-things/#6295a2b710de>

[8] Sandra Khvoynitskava (2019). The history and the future of the Internet of things. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.itransition.com/blog/iot-history>

[9] <<What is Internet of Things (IoT)? Everything you Need to Know>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.avsystem.com/blog/what-is-internet-of-things-explanation/>

[10] S.CH. (2019). <<Internet of Things>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://nowmag.gr/internet-of-things/>

[11] Eleni Koukouli (2019). <<Χαρακτηριστικά του IoT>> Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://studycare.gr/xarakteristika-iot/>

[12] Ryan Lester .,2017, <<Scalability -What it means and why it's so critical in the IoT >>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.itproportal.com/features/scalability-what-it-means-and-why-its-so-critical-in-the-iot/>

- [13] Daniel Newman., 2017, <<The case For Standardizing IoT>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.forbes.com/sites/danielnewman/2017/02/28/the-case-for-standardizing-iot/#5905353f6850>
- [14] <<IoT Standardizing:Why you should care?>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο:<https://nicolaswindpassinger.com/iot-standardization-care>
- [15] <<Τι είναι το Plug and Play;>>.Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://technewsingreek.blogspot.com/2013/11/plug-and-play.html>
- [16] <<Τι είναι το apis και πως χρησιμοποιείται>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο:<https://hellenictechnologies.com/ti-einai-to-apis-kai-pos-chrisimopoeitai/>
- [17] Ahmed Banafa., 2019,<<Ten Trends of Internet of Things in 2020. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.bbvaopenmind.com/en/technology/digital-world/ten-trends-of-internet-of-things-2020/>
- [18]https://www.datamation.com/big-data/big-data-challenges.html%20https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-70102-8_3
- [19] WINIX Technologies.,2018, <<6 Main Challenges Facing IoT>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://medium.com/@winix/6-main-challenges-facing-iot-b6055bdf6782>
- [20] Yash Mehta., 2018,<<Adressing the Challenges in IoT Development>>.Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.iotforall.com/challenges-in-iot-development>
- [21] Charaka Goonatilake.,2020, <<Adressing the IoT security challenge>>.Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.computerweekly.com/opinion/Addressing-the-IoT-security-challenge>
- [22] Αποστολόπουλος Παναγιώτης.,2020, <<INTERNET OF THINGS>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://securityreport.gr/magazine-archive/etos-2020/item/8271-internet-of-things>
- [23] <<Secure, sustainable smart cities and the IoT>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/inspired/smart-cities>
- [24] <<SMART CITIES>> Διαθέσιμο στον ιστότοπο:<https://clube.gr/tomeis/smart-cities/>
- [25] <https://mobility.here.com/learn/smart-transportation/iot-transportation-benefits-challenges-and-uses>

- [26] <<Internet of things in healthcare: applications, benefits, and challenges>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.peerbits.com/blog/internet-of-things-healthcare-applications-benefits-and-challenges.html>
- [27] Margaret Rouse.,<<Smart home or building (home automation or domotics)>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-home-or-building>
- [28] <<IoT and home automation: What does the future hold?>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.iot-now.com/2020/06/10/98753-iot-home-automation-future-holds/>
- [29] << THE 7 GREATEST ADVANTAGES OF SMART HOME AUTOMATION>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://bluespeedav.com/blog/item/7-greatest-advantages-of-smart-home-automation>
- [30] Alexey Chalimov.,2020, <<IoT IN AGRICULTURE: 8 TECHNOLOGY USE CASES FOR SMART FARMING(AND CHALLENGES TO CONSIDER)>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://easternpeak.com/blog/iot-in-agriculture-technology-use-cases-for-smart-farming-and-challenges-to-consider/>
- [31] <<IoT technology stack-from IoT devices , sensors,actuators and gateways to IoT platforms>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/iot-technology-stack-devices-gateways-platforms/>
- [32] <<What is IoT architecture>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.avsystem.com/blog/what-is-iot-architecture/>
- [33] Chen, M., Miao, Y., & Humar, I. (2019). *OPNET IoT Simulation*. Springer Nature.
- [34] <<RFID>>,Βικιπαίδεια. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://el.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [35] Xiaolin Jia.,2012.<< RFID technology and its applications in Internet of Things(IoT)>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <file:///C:/Users/%CE%95%CE%A5%CE%93%CE%95%CE%9D%CE%99%CE%91/Downloads/RFIDTechnologyandItsApplicationsinInternetofThingsIoT.pdf>
- [36] <<What is IoT architecture>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.avsystem.com/blog/what-is-iot-architecture/>
- [37] <<IoT technology stack-from IoT devices, sensors, actuators and gateways to IoT platforms>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/iot-technology-stack-devices-gateways-platforms/>

[38]<https://nowmag.gr/5g%CE%B5%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%BF%CE%BD-4g/>

[39] Nathan Rockershousen.,2016, <<The Internet of Things and Bluetooth>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <http://blog.gridconnect.com/blog/general/the-internet-of-things-and-bluetooth>

[40] Αποστολόπουλος Παναγιώτης.,2019,<< Η ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ZIGBEE>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://securityreport.gr/magazine-archive/etos-2019/item/7379-i-asyrmati-texnologia-zigbee>

[41] S.CH., 2020, <<Τεχνολογία Smart Home>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://nowmag.gr/%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1-smart-home/>

[42] <<IEEE 802.15.6>>, Wikipedia. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.6

[43] Janet Ooi.,2019,<<Making the IoT Work in Smart Humans>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: https://www.medtechintelligence.com/feature_article/making-the-iot-work-in-smart-humans/

[44] << 6 Leading Types of IoT Wireless Tech and Their Best Use Cases>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο :<https://behrtech.com/blog/6-leading-types-of-iot-wireless-tech-and-their-best-use-cases/>

[45] <<Ενσωματωμένα και κυβερνοφυσικά συστήματα>>,Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://qa.auth.gr/el/class/1/600153737>

[46] <<Insteon: The technology>>.Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.insteon.com/technology>

[47] <<Simulation Primer>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.goldsim.com/Web/Introduction/#Simulation>

[48] Επιμορφωτικό υλικό για την εκπαίδευση των επιμορφωτών, EAITY-Τομέας Επιμόρφωσης και κατάρτισης (TEK). Διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://users.sch.gr/nikbalki/epim_kse/Edusoft_files/edusoft_files/Programs_files/Systimata_Prosomoiosis.pdf

[49] Christopher Hart., 2019, <<5 Best Network Simulators for Cisco Exams: CCNA, CCNP, CCIE>>.Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.cbttuggets.com/blog/career/career-progression/5-best-network-simulators-for-cisco-exams-ccna-ccnp-and-ccie>

[50] MJV Team., 2019, <<Machine To Machine(M2M): what it is and how it works>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.mjvinnovation.com/blog/m2m-what-it-is-and-how-it-works/>

[51] <<Δίκτυα Υπολογιστών Π(Ε)>>, ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: https://ocp.teiath.gr/modules/document/index.php?course=CS_UNDER118&openDir=/578fc36e61ZI/578fc37calYh/578fc3b1tb9F&unit=2835

[52] Ashok, G., Akram, P., Neelima, M., Nagasaikumar, J., & Vamshi, A. (2020). Implementation of smart home by using Packet Tracer. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(2), 678-685.

[53] Τσάρα Π., << Τεχνοοικονομική μελέτη, σχεδιασμός και υλοποίηση δικτύου κορμού με δυνατότητα σύνδεσης ετερογενών κόμβων αισθητήρων για Internet of Things(IoT) εφαρμογές>>, Λαμία, 2019, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

[54] <<Τι είναι το MQTT και γιατί το χρειαζόμαστε στο IoT; Περιγραφή του πρωτοκόλλου MQTT>>. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://cy.ipc2u.com/articles/articles-and-reviews/ti-einai-to-mqtt-kai-giati-to-chreiazomaste-sto-iiot/>