



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## Διπλωματική Εργασία

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT



Φοιτητής: Γεώργιος Πολύζος  
ΑΜ: 50106835

Επιβλέπων Καθηγητής  
Γρηγόριος Κουλούρας  
Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ, 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA**  
**FACULTY OF ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING**

## **Diploma Thesis**

**Smart access control system for stores using NB-IoT technologies**



**Student: Georgios Polyzos**  
**Registration Number: 50106835**

**Supervisor**

**Grigorios Koulouras**  
**Associate Professor**

**ATHENS-EGALEO, OCTOBER, 2023**

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Γρηγόριος Κουλούρας, Αναπληρωτής Καθηγητής	Σωτήριος Καραμπέτσος, Αναπληρωτής Καθηγητής	Ηλίας Ζώης, Αναπληρωτής Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

### **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γεώργιος Πολύζος του Βασιλείου, με αριθμό μητρώου 50106835 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

#### **δηλώνω υπεύθυνα ότι:**

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Ο Δηλών

Γεώργιος Πολύζος

{Σελίδα αφιέρωσης (προαιρετικά)}

{Σελίδα ευχαριστιών (προαιρετικά)}

## **Περίληψη**

Η πρόοδος των τεχνολογιών Internet of Things (IoT) έχει ανοίξει τον δρόμο για καινοτόμες λύσεις σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ελέγχου πρόσβασης. Αυτή η περίληψη περιγράφει τον σχεδιασμό ενός έξυπνου συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα χρησιμοποιώντας τεχνολογίες NarrowBand-Internet of Things (NB-IoT). Το NB-IoT είναι ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας για το Διαδίκτυο των πραγμάτων. Ανήκει στην κατηγορία δικτύων ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος (LPWAN), επιτρέποντας τη σύνδεση συσκευών που απαιτούν διακίνηση μικρού όγκου δεδομένων. Η τεχνολογία NB-IoT προσφέρει χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με συμβατικές τεχνολογίες GSM. Το προτεινόμενο σύστημα στοχεύει να παρέχει βελτιωμένη ασφάλεια και αποδοτικότητα στη διαχείριση της πρόσβασης στους χώρους των καταστημάτων. Εκμεταλλευόμενο τις δυνατότητες του NB-IoT, το σύστημα επιτρέπει απρόσκοπτη συνδεσιμότητα, αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων και επιλογές απομακρυσμένου ελέγχου. Χάρη στη χρήση της συνδεσιμότητας NB-IoT, το σύστημα επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο της πρόσβασης, επιτρέποντας στο εξουσιοδοτημένο προσωπικό να διαχειρίζεται την πρόσβαση από οπουδήποτε. Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τα γεγονότα πρόσβασης, βοηθώντας τους ιδιοκτήτες των καταστημάτων να βελτιώσουν τα μέτρα ασφαλείας και να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία τους. Η ασφάλεια των δεδομένων και η προστασία της ιδιωτικότητας είναι αναπόσπαστα στοιχεία του σχεδιασμού του συστήματος. Ισχυρά πρωτόκολλα κρυπτογράφησης και τήρηση των κανονισμών προστασίας δεδομένων εξασφαλίζουν την ασφάλεια των ευαίσθητων πληροφοριών.

## **Λέξεις – κλειδιά**

Internet of Things (IoT), Smart Access Control System, GSM, 5G, NB-IoT, LPWAN.

## **Abstract**

The advancement of Internet of Things (IoT) technologies has paved the way for innovative solutions in various industries, including access control systems. This abstract outline the design of a smart access control system for stores using NarrowBand-Internet of Things (NB-IoT) technologies. NB- IoT is an Internet of Things wireless communication standard. It belongs to the category of low power wide area networks (LPWAN), allowing the connection of devices that require a small amount of data transfer. NB-IoT technology offers lower power consumption compared to conventional GSM technologies. The proposed system aims to provide enhanced security and efficiency in managing access to store premises. By leveraging the capabilities of NB-IoT, the system enables seamless connectivity, reliable data transmission and remote-control options. Through the use of NB-IoT connectivity, the system allows for remote access control, enabling authorized personal to manage access from anywhere. Real-time monitoring provides valuable insights into access events, helping store owners to improve security measures and optimize operations. Data security and privacy are integral aspects of the system design. Strong encryption protocols and adherence to data protection regulations ensure that sensitive information remains secure.

## **Keywords**

Internet of Things (IoT), Smart Access Control System, GSM, 5G, NB-IoT, LPWAN.



## Περιεχόμενα

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>15</b>
Αντικείμενο της Δ.Ε.....	16
Σκοπός και στόχοι.....	16
Μεθοδολογία .....	16
Καινοτομία .....	17
Δομή της Δ.Ε.....	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Διαδίκτυο των Πραγμάτων .....</b>	<b>19</b>
1.1 Ορισμός του Διαδικτύου των Πραγμάτων.....	19
1.2 Ιστορική αναδρομή του IoT .....	20
1.3 Τα χαρακτηριστικά του IoT.....	21
1.4 Η αρχιτεκτονική σχεδίαση του IoT .....	21
1.5 Το διαδίκτυο των πραγμάτων στη σύγχρονη κοινωνία .....	23
1.6 Προτερήματα και μειονεκτήματα.....	27
1.7 Μοντέλα επικοινωνίας του διαδικτύου των πραγμάτων .....	27
1.7.1 Device to Device.....	28
1.7.2 Device to Cloud .....	28
1.7.3 Device to Gateway.....	29
1.7.4 Back-End Data Sharing.....	30
1.7.5 Κέρδη των μοντέλων επικοινωνιών για το χρήστη .....	31
1.8 Τεχνολογίες IoT.....	31
1.8.1 Ενσύρματοι τρόποι διασύνδεσης: .....	32
1.8.2 Ασύρματοι τρόποι διασύνδεσης: .....	33
1.8.2.1 Ασύρματοι τρόποι διασύνδεσης μικρής εμβέλειας.....	33
1.8.2.2 Ασύρματοι τρόποι διασύνδεσης μεγάλης εμβέλειας LPWAN (Low-Power- Wide-Area-Network).....	34
1.8.2.2.1 Μη αδειοδοτημένη ζώνη συχνοτήτων.....	34
1.8.2.2.2 Αδειοδοτημένη ζώνη συχνοτήτων.....	35
1.9 Έννοιες συνυφασμένες με το διαδίκτυο των πραγμάτων .....	36
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: NarrowBand-Internet of Things (NB-IoT) .....</b>	<b>38</b>
2.1 Εισαγωγή στη τεχνολογία NB-IoT .....	38
2.2 Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος NB-IoT .....	41
2.3 Η επικοινωνία ενός δικτύου NB-IoT .....	41
2.4 Οι κλάδοι ενός δικτύου NB-IoT.....	43
2.5 Τα απαιτούμενα modems για τη διασύνδεση με το δίκτυο NB-IoT.....	44
2.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του NB-IoT .....	45
2.7 Επιμέρους σύγκριση των τεχνολογιών LoRa και NB-IoT .....	45
2.8 Αξιοποίηση τεχνολογιών NB-IoT από τους διάφορους ομίλους στην Ελλάδα.....	47
2.9 Αναδρομή στη πρώτη εφαρμογή που υλοποιήθηκε από τον όμιλο της Ελλάδας Vodafone .....	48

2.10	Αναδρομή στις διάφορες εφαρμογές που υλοποιήθηκαν από τον όμιλο της Cosmote .....	48
------	---	----

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Υλοποίηση ευφυούς συστήματος ελέγχου πρόσβασης..... 51**

3.1	Εισαγωγή στο ευφύες σύστημα ελέγχου πρόσβασης.....	51
3.2	Εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος	52
3.2.1	Πλακέτα Arduino Uno Rev3 .....	52
3.2.2	Πλακέτα Waveshare NB-IoT/Cat-M/GPRS/GNSS HAT – SIM7070G .....	53
3.3	Χρήση λογισμικών που απαιτούνται για την ανάπτυξη του συστήματος ..	54
3.3.1	Arduino Software (IDE) .....	54
3.3.2	Tera Term και Terminal.exe .....	55
3.4	Η ψηφιακή πλατφόρμα του συστήματος .....	56
3.5	Περιγραφή της υλοποίησης του συστήματος .....	57

Συμπεράσματα – Μελλοντικές εργασίες .....	63
---	----

ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	64
----------------	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	65
----------------	----

Κύριος Κώδικας για τη λειτουργία του συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα.....	65
--	----

Κώδικας για το κάλεσμα της συνάρτησης όπου έγινε η διασύνδεση με το δίκτυο NB-IoT.....	68
--	----

Κώδικας για τη διασύνδεση και την αποστολή των δεδομένων του συστήματος στη πλατφόρμα ThingSpeak.....	70
---	----

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1– Τα βασικά χαρακτηριστικά του NB-IoT [24].....	39
Πίνακας 2- Τα βασικά κανάλια και σήματα ενός δικτύου NB-IoT[25].....	43
Πίνακας 3 - Κόστος υλοποίησης συστημάτων με χρήση τεχνολογιών LoRa και NB-IoT[28], [26]. .....	46

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 - Κλάδοι εφαρμογών και επίδραση χρηστών [6] .....	20
Εικόνα 2 - Η αρχιτεκτονική σχεδίαση του IoT[10].....	22
Εικόνα 3 - Η έξυπνη περίθαλψη[12] .....	23
Εικόνα 4 - Τα βασικά στάδια του IoT στις μεταφορές[12].....	24
Εικόνα 5 - Η έξυπνη ενέργεια[12] .....	24
Εικόνα 6 - Το έξυπνο λιανεμπόριο.....	25
Εικόνα 7 - Η έξυπνη πόλη[12] .....	25
Εικόνα 8 - Οι λειτουργίες ενός έξυπνου σπιτιού[12].....	26
Εικόνα 9 - Έξυπνες συσκευές στην καθημερινή ζωή .....	26
Εικόνα 10 - Μοντέλο επικοινωνίας Device to Device[14] .....	28
Εικόνα 11 - Μοντέλο επικοινωνίας Device to Cloud[14].....	29
Εικόνα 12 - Μοντέλο επικοινωνίας Device to Gateway[14] .....	30
Εικόνα 13 - Μοντέλο επικοινωνίας Back-End Data Sharing[14] .....	31
Εικόνα 14 - Δίκτυο NB-IoT κάνοντας χρήση των δύο ειδών μεταφοράς δεδομένων .....	39
Εικόνα 15 - Παρουσίαση των τρόπων λειτουργίας του NB-IoT[25].....	40
Εικόνα 16 - Παρουσίαση της αρχιτεκτονικής ενός NB-IoT συστήματος.....	41
Εικόνα 17 - Δικτύωση του NB-IoT δικτύου .....	44
Εικόνα 18 - Κάλυψη του NB-IoT από το δίκτυο της Vodafone .....	48
Εικόνα 19 - Η εφαρμογή της διασφάλισης του οίνου .....	49
Εικόνα 20 - Λογότυπο Arduino .....	52
Εικόνα 21 - Πλακέτα Arduino Uno Rev3 .....	53
Εικόνα 22 - Πλακέτα Waveshare NB-IoT/Cat-M/GPRS/GNSS HAT – SIM7070G .....	53
Εικόνα 23 - Το βασικό κύκλωμα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα .....	57
Εικόνα 24 - Η διασύνδεση μεταξύ Arduino Uno και module SIM7070g.....	57
Εικόνα 25 - Αποτύπωση του ευφυούς συστήματος σε μακέτα .....	58
Εικόνα 26 – Αποτελέσματα του Serial Monitor στο περιβάλλον του Arduino IDE.....	58
Εικόνα 27 - Είσοδος του χρήστη στο ThingSpeak.....	60
Εικόνα 28 - Δημιουργία καναλιού στο ThingSpeak .....	60
Εικόνα 29 - Διαμόρφωση του καναλιού του ThingSpeak.....	61
Εικόνα 30 - Λήψη του API KEY .....	61
Εικόνα 31 – Το Dashboard του ευφυούς συστήματος .....	62

Δ.Ε. (Διπλωματική εργασία)

API KEY (Application Programming Interface Key)

APN (Access Point Name)

AT Commands (Attention Commands)

BPSK (Binary Phase Shift Keying)

BW (BandWidth)

CDMA2000 (Code Division Multiple Access 2000)

CSS (Chirp Spread Spectrum)

DDOS (Distributed Denial – Of – Service Attach)

DOS (Denial-Of-Service-Attach)

DTMF (Dual Tone Multi Frequency)

FTP (File Transfer Protocol)

3GPP (3rd Generation Partnership)

GPRS (General Packet Radio Service)

GPS (Global Positioning System)

GSM (Global System of Mobile)

Gw (Gateway)

HTTP (Hypertext Transfer Protocol)

IDE (Integrated Development Environment)

IoT (Internet of Things)

IP (Internet Protocol)

IPTV (Internet Protocol Television)

ISM (International Safety Management)

LAN (Local Area Network)

LED (Light Emitting Diode)

LoRa (Long Range)

*Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT*  
LPWAN (Low Power Wide Area Networks)

LTE (Long-Term Evolution)

MEMES (Micro-Electro-Mechanical-Systems)

MME (Mobility Management Entity)

MMS (Multimedia Messaging Service)

NB-IoT (NarrowBand-Internet of Things)

NFC (Near Field Communication)

OFDM (Orthogonal Frequency – Division Multiplexing)

PLC (Programmable Logic Controller)

QoS (Quality of Services)

QPSK (Quadrature Phase Shift Key)

RFID (Radio Frequency Identification)

SCEF (Service Capability Exposure Function)

SMS (Short Message Service)

SMT (Surface Mount Technology)

SSL (Secure Sockets Layer)

TCP (Transmission Control Protocol) TTS (Text to Speech)

UDP (User Datagram Protocol)

UE (E-Ultron)

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

WDA (Wireless Data Access)

Wi-Fi (Wireless Fidelity)

WSNs (Wireless Sensor Network)

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα Δ.Ε. γίνεται μελέτη και υλοποίηση ενός ευφυούς συστήματος διαχείρισης του πλήθους των ατόμων που εισέρχονται σε ένα κατάστημα με σκοπό την άμεση εξυπηρέτηση τους και την αποφυγή του συνωστισμού των ατόμων κατά την αναμονή τους. Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης πλατφόρμας απαιτείται η χρήση αισθητήρων για τη συλλογή πληροφοριών καθώς Cloud και Wi-Fi με σκοπό να καταστεί εύκολη η διαχείριση των πληροφοριών. Βασιζόμενοι στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων πραγματοποιείται η μελέτη, επεξεργασία καθώς και η ανάλυση των πληροφοριών με στόχο την υλοποίηση ενός ευφυούς συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα κάνοντας χρήση τεχνολογιών NB-IoT. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα μας δίνει την δυνατότητα να παρακολουθούμε σε πραγματικό χρόνο το πλήθος των ατόμων που βρίσκονται στο χώρο του καταστήματος καθώς μέσω συγκεκριμένων διενεργειών καθορίζεται η είσοδος των επόμενων πελατών σύμφωνα με τις διατάξεις που έχουν καθοριστεί και εφόσον το πλήθος των ατόμων που βρίσκονται στο εσωτερικό του καταστήματος δεν υπερβαίνει το μέγιστο πλήθος ατόμων που επιτρέπεται να βρίσκεται στον ίδιο χώρο κατά την ίδια χρονική στιγμή. Στις ημέρες μας το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι ευρέως διαδεδομένο και αυτό φαίνεται και σε άλλους τομείς της καθημερινότητας μας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι εφαρμογές που έχει στη σύγχρονη κοινωνία όπως είναι το έξυπνο σπίτι, ο έξυπνος φωτισμός των δρόμων κ.α. Όσον αφορά τους ίδιους τους πελάτες επωφελούνται το ίδιο με τους ιδιοκτήτες των καταστημάτων καθώς μπορεί να καθοριστεί το πλήθος των ατόμων που βρίσκονται σε ένα κατάστημα με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μεγάλος χρόνος αναμονής. Συνεπώς κερδίζεται πολύτιμος χρόνος καθώς τα άτομα κάνουν τις δουλειές τους χωρίς να υπάρχει το άγχος της αναμονής αλλά και η πιθανότητα επιπλέον επίσκεψης στο κατάστημα στην περίπτωση που δεν εξυπηρετηθούν την πρώτη φορά όπως συμβαίνει με τους συμβατικούς τρόπους εξυπηρέτησης πελατών. Τέλος, η αναγκαιότητα για προσωπικό ελέγχου μειώνεται δραματικά με αποτέλεσμα την άμεση εξοικονόμηση χρημάτων σε ορισμένες θέσεις εργασίας κατά τέτοιο τρόπο που επωφελούνται και οι ίδιοι οι ιδιοκτήτες. Η παρούσα πλατφόρμα διαχείρισης ελέγχου πρόσβασης αποτελείται από τα εξής σημαντικά κομμάτια, όπως αναφέρονται στην συνέχεια.

Οργάνωση πληροφοριών με στόχο την ενημέρωση πελατών: Με αυτό τον τρόπο οι πελάτες λαμβάνουν πληροφορίες όσον αφορά την πληρότητα του καταστήματος. Κατά την είσοδο τους, υπάρχουν ορισμένοι αισθητήρες οι οποίοι λαμβάνουν δεδομένα για το πλήθος των ατόμων που βρίσκονται μέσα στο κατάστημα με σκοπό την αποσυμφόρηση των ατόμων. Αυτές οι πληροφορίες δίνονται στο χρήστη έτσι ώστε να αποφευχθεί ο μεγάλος χρόνος αναμονής. Κάποια από αυτά τα δεδομένα μπορούν να είναι ο αριθμός των ατόμων που εξυπηρετούνται ή και ακόμη κάποιο μήνυμα με την εξής μορφή : «πλήρης κατάστημα», «παρακαλώ περιμένετε», «υπάρχει διαθέσιμη θέση για τον επόμενο πελάτη», ή «παρακαλώ ας εισέλθει ο επόμενος πελάτης».

Οργάνωση πληροφοριών όσον αφορά το συνωστισμό εντός και εκτός καταστήματος: Προσφέρεται η δυνατότητα ενημέρωσης των πελατών για το πλήθος της αναμονής τόσο εντός, όσο και εκτός του εν λόγω καταστήματος. Στη πράξη αυτή η δυνατότητα ανταποκρίνεται μέσω μίας εφαρμογής που μπορεί να έχει ο κάθε χρήστης στο κινητό του τηλέφωνο και ανά πάσα στιγμή να ενημερώνεται για τυχόν συνωστισμό σε πραγματικό χρόνο. Έτσι, γίνονται πιο εύκολες οι αγορές του κάθε ατόμου επιτρέποντας εξοικονόμηση χρόνου και χρημάτων.

Εξοικείωση του κάθε ατόμου στην ανέπαφη πληρωμή: Τέτοιοι μέθοδοι πληρωμής είναι οι χρεωστικές/πιστωτικές κάρτες καθώς και ορισμένες εφαρμογές που προσφέρονται κάνοντας

*Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT*  
χρήση κινητού τηλεφώνου ή έξυπνου ρολογιού με σκοπό την ανέπαφη πληρωμή για την αποφυγή περαιτέρω επαφής του χρήστη.

Ηλεκτρονικός χώρος καταστήματος: Κάνοντας χρήση της ψηφιακής πλατφόρμας ο κάθε πελάτης μπορεί να ενημερωθεί για τη πληρότητα του καταστήματος με σκοπό να κάνει τις αγορές του κερδίζοντας πολύτιμο χρόνο χωρίς να υπάρχει το άγχος της αναμονής. Ο κάθε χρήστης μπορεί να εισέλθει στον ηλεκτρονικό χώρο του καταστήματος κάνοντας χρήση του κινητού και συγκεκριμένα μίας εφαρμογής που του επιτρέπει να βλέπει τον συνωστισμό σε πραγματικό χρόνο.

### **Αντικείμενο της Δ.Ε.**

Η παρούσα Δ.Ε. επεκτείνεται στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη έξυπνου συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα κάνοντας χρήση τεχνολογιών NarrowBand - Internet of Things (NB-IoT). Το σύστημα θα εκμεταλλευτεί τα οφέλη του NB-IoT, όπως η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, η ευρεία κάλυψη και η ασφαλής επικοινωνία προκειμένου να βελτιώσει την ασφάλεια και την αποδοτικότητα του ελέγχου πρόσβασης στα καταστήματα. Έτσι, οι ιδιοκτήτες θα έχουν το πλήρη έλεγχο του καταστήματος ακόμη και στη περίπτωση που δεν βρίσκονται με φυσική παρουσία εκεί κάνοντας απλά χρήση της ηλεκτρονικής πλατφόρμας που τους δίνει συνεχώς δεδομένα που αφορούν το φυσικό κατάστημα σε πραγματικό χρόνο.

### **Σκοπός και στόχοι**

Ο σκοπός και οι στόχοι της Δ.Ε. περιλαμβάνουν:

- Διεξαγωγή μιας σφαιρικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης των τεχνολογιών NB-IoT και των εφαρμογών τους.
- Ανάλυση των απαιτήσεων που παρατηρούνται στα συστήματα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα.
- Σχεδιασμός ενός αρχιτεκτονικού συστήματος που ενσωματώνει συσκευές που είναι συμβατές με το NB-IoT.
- Ανάπτυξη των λογισμικών στοιχείων για την αυθεντικοποίηση των χρηστών, τις πολιτικές πρόσβασης καθώς και την παρακολούθηση του συστήματος σε πραγματικό χρόνο.
- Υλοποίηση ενός προτύπου του έξυπνου συστήματος ελέγχου πρόσβασης και διεξαγωγή εκτεταμένων δοκιμών και αξιολογήσεων.
- Αξιολόγηση της απόδοσης, της ασφάλειας και της επεκτασιμότητας του συστήματος σε πραγματικά περιβάλλοντα καταστημάτων.
- Παροχή συστάσεων για μελλοντικές βελτιώσεις και εφαρμογές του συστήματος.

Η Δ.Ε. θα απαιτήσει συνδυασμό δεξιοτήτων ανάπτυξης υλικού και λογισμικού, καθώς και βαθιά κατανόηση των τεχνολογιών NB-IoT και των συστημάτων ελέγχου πρόσβασης. Θα συνεισφέρει στο τομέα δείχνοντας την αποτελεσματικότητα της χρήσης του NB-IoT για τον έλεγχο πρόσβασης στα καταστήματα ανοίγοντας τον δρόμο για βελτιωμένη ασφάλεια και λειτουργική απόδοση.

### **Μεθοδολογία**

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη Δ.Ε. παρέχει μία στρατηγική για την αποτελεσματική υλοποίηση ενός συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με τη χρήση τεχνολογίας NB-IoT. Αρχικά, έγινε μία λεπτομερής ανάλυση των απαιτήσεων του συστήματος. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την καταγραφή των λειτουργικών και μη λειτουργικών απαιτήσεων, των επιθυμητών χαρακτηριστικών καθώς και των αναμενόμενων



*Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT*  
αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια, έπρεπε να σχεδιαστεί η αρχιτεκτονική του συστήματος. Με βάση τις απαιτήσεις της παρούσας Δ.Ε. προσδιορίστηκαν οι βασικοί πυλώνες του συστήματος, όπως είναι οι αισθητήρες πρόσβασης, οι συσκευές ελέγχου, η ψηφιακή πλατφόρμα καθώς και η αποθήκευση των δεδομένων αυτών. Έπειτα, υλοποιείται το λογισμικό που είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία και τη λειτουργία του συστήματος. Αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη του κώδικα για τους αισθητήρες, την επικοινωνία με τη ψηφιακή πλατφόρμα, τη διαχείριση των δεδομένων και την απόκριση στις εντολές ελέγχου. Στο επόμενο βήμα, έγινε η ενσωμάτωση όλων αυτών των χαρακτηριστικών στο σύστημα με σκοπό την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας του συστήματος ελέγχου πρόσβασης ως σύνολο. Τέλος, αφού έχει ολοκληρωθεί το σύστημα ελέγχου πρόσβασης εγκαθίσταται στο κατάστημα και παραμετροποιείται ανάλογα με τις απαιτήσεις και προτιμήσεις του χρήστη. Πραγματοποιούνται οι απαραίτητες ρυθμίσεις, όπως η δημιουργία προφίλ πρόσβασης και η ανάθεση δικαιωμάτων στους χρήστες. Με τη σειρά τους οι χρήστες θα εκπαιδευτούν για τη διαχείριση του συστήματος ελέγχου πρόσβασης. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί πως κρίνεται αναγκαία η παροχή συνεχούς υποστήριξης για την αντιμετώπιση προβλημάτων, τη διευθέτηση αναγκών συντήρησης καθώς και την αναβάθμιση του συστήματος.

## **Καινοτομία**

Η Δ.Ε. πλαισιώθηκε από την τεχνολογία NarrowBand – Internet of Things (NB – IoT). Συνεπώς, παρουσιάζει ορισμένα καινοτόμα/πρωτότυπα στοιχεία μιας και πρόκειται για μία από τις πιο διαδεδομένες τεχνολογίες στο χώρο του IoT. Αυτά τα στοιχεία αφορούν την ασύρματη συνδεσιμότητα, την απομακρυσμένη διαχείριση, την ανίχνευση της κίνησης από τη στιγμή που η Δ.Ε. επικεντρώνεται στους χώρους των καταστημάτων καθώς και επιπλέον επιλογές ασφαλείας του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση τεχνολογίας NB-IoT επιτρέπει ασύρματη συνδεσιμότητα μεταξύ του συστήματος ελέγχου πρόσβασης και των συσκευών. Αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες μπορούν να αποκτούν πρόσβαση χωρίς να χρειάζεται να φέρουν φυσικά κλειδιά αλλά απλώς με τη χρήση κινητών τηλεφώνων ή άλλων ηλεκτρονικών συσκευών. Επιπλέον, το σύστημα ελέγχου πρόσβασης μπορεί να διαχειρίζεται και να παρακολουθείται απομακρυσμένα. Οι διαχειριστές μπορούν να ελέγχουν την πρόσβαση, να παρακολουθούν την κίνηση και να διαμορφώνουν τις ρυθμίσεις του συστήματος από οπουδήποτε μέσω του διαδικτύου. Ένα καινοτόμο χαρακτηριστικό μπορεί να είναι η ανίχνευση κίνησης με χρήση αισθητήρων και τεχνολογίας NB – IoT. Αυτό μπορεί να επιτρέπει την αυτόματη ενεργοποίηση του συστήματος και την ειδοποίηση σε περίπτωση ανεπιθύμητης κίνησης ή ανίχνευσης παραβάσεων. Τέλος, είναι δυνατή η ενσωμάτωση επιπλέον επιλογών ασφαλείας στο σύστημα ελέγχου πρόσβασης. Αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν τη διπλή επαλήθευση της ταυτότητας, τη χρήση βιομετρικών στοιχείων για την αναγνώριση και τη χρήση κρυπτογράφησης για την προστασία των δεδομένων. Αυτά τα στοιχεία αντιπροσωπεύουν μόνο μερικές από τις καινοτόμες και πρωτοποριακές δυνατότητες που μπορούν να προσφέρουν οι τεχνολογίες NB-IoT στο ευφές σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα. Η εφαρμογή τους μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια, την άνεση και την αποδοτικότητα του συστήματος επιτρέποντας πιο ευφυής και συνδεδεμένη λειτουργία για τα καταστήματα.

## **Δομή της Δ.Ε.**

Στη παρούσα Δ.Ε. στο πρώτο κεφάλαιο μελετάται το διαδίκτυο των πραγμάτων. Αρχικά, ορίζεται ως έννοια και γίνεται και μία μικρή ιστορική αναδρομή. Στη συνέχεια, αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του ενώ γίνεται και μελέτη στην αρχιτεκτονική του σχεδίαση. Αναλύεται η επίδραση που έχει στη σύγχρονη κοινωνία ενώ παρουσιάζονται τα προτερήματα και τα μειονεκτήματα του. Έπειτα, γίνεται μία πιο εκτενής αναφορά στα μοντέλα επικοινωνίας καθώς και τις τεχνολογίες που απαρτίζουν το IoT. Έχουν χωριστεί σε δύο κατηγορίες, στις ενσύρματες και στις ασύρματες τεχνολογίες. Τέλος, γίνεται και μία μικρή αναφορά σε ορισμένες έννοιες οι οποίες είναι συνυφασμένες με το διαδίκτυο των πραγμάτων. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μελέτη της τεχνολογίας NarrowBand – IoT (NB – IoT). Στην πρώτη ενότητα αυτού του κεφαλαίου γίνεται μία εισαγωγή στην τεχνολογία του NB – IoT. Στη συνέχεια μελετάται η αρχιτεκτονική ενός συστήματος NB – IoT. Έπειτα, παρουσιάζεται η επικοινωνία του συγκεκριμένου δικτύου. Στην επόμενη υπό- ενότητα παρουσιάζονται οι κλάδοι ενός τέτοιου δικτύου. Έπειτα, παρουσιάζονται τα απαιτούμενα modems για την επίτευξη της διασύνδεσης στο δίκτυο. Ακόμη, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα ενός συστήματος NB-IoT. Παράλληλα, έχει γίνει μία επιμέρους σύγκριση μεταξύ των τεχνολογιών NB-IoT και LoRa. Τέλος, το κεφάλαιο κλείνει μελετώντας το βαθμό αξιοποίησης τεχνολογιών NB-IoT από διάφορους παρόχους [1] ενώ γίνεται αναδρομή στις διάφορες εφαρμογές που υλοποιήθηκαν από τους ομίλους της Vodafone και της Cosmote. Στο τρίτο κεφάλαιο της παρούσας Δ.Ε. αρχικά έγινε μία εισαγωγή στο ευφυές σύστημα. Στη συνέχεια, παρουσιάστηκαν τα εξαρτήματα καθώς και τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του συστήματος. Τέλος, έγινε μία εκτεταμένη περιγραφή της ψηφιακής πλατφόρμας του συστήματος καθώς και την συνολικής υλοποίησης. Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν μετά την έρευνα των τεχνολογιών του NB-IoT καθώς και μελλοντικές επεκτάσεις των συστημάτων που αφορούν το δίκτυο NB-IoT. Η Δ.Ε. κλείνει με τα παραρτήματα όπου γίνεται παρουσίαση του βασικού πηγαίου κώδικα που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του ευφυούς συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Στις ημέρες μας παρατηρούμε μία τάση των ατόμων να στρέφονται προς το Διαδίκτυο των Πραγμάτων για τη βελτίωση του τρόπου ζωής της σύγχρονης κοινωνίας. Ως Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) καλούμε την αλληλεπίδραση αισθητήρων, λογισμικών και ενσωματωμένων ηλεκτρονικών που έχουν στόχο τη συλλογή, επεξεργασία, αποθήκευση καθώς και προβολή ορισμένων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μέσω μίας πλατφόρμας που έχει δημιουργηθεί. Αποτελείται από αισθητήρες οι οποίοι διακρίνονται για τη μεγάλη τους ισχύ και αυτή η δυνατότητα τους επιτρέπει να είναι ικανοί για οποιοδήποτε σχεδιασμό και ανάπτυξη περιβάλλοντος. [1]

### 1.1 Ορισμός του Διαδικτύου των Πραγμάτων

Εξ ορισμού με τον όρο Διαδίκτυο των Πραγμάτων εννοούμε τα υλικά αντικείμενα που χρησιμοποιούμε στη ζωή μας, όπως κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές και γενικά διάφορες συσκευές που έχουν στόχο τον απομακρυσμένο έλεγχο και την επικοινωνία [1]. Επίσης, εντάσσονται τόσο το περιβάλλον που δραστηριοποιείται το κάθε άτομο όπως είναι το σπίτι ή η εργασία καθώς και επιτεύγματα της βιομηχανικής σαν τις μηχανές, τα μοτέρ ακόμη και τα ρομπότ. Δηλαδή, συσκευές που συνδέονται με το διαδίκτυο και έχουν την ευχέρεια να συλλέγουν και να επεξεργάζονται δεδομένα με σκοπό την σύνδεση τους σε μία ευρύτερη πλατφόρμα. Συνεπώς, διαδίκτυο των πραγμάτων ορίζουμε την σύνδεση και αλληλεπίδραση διάφορων συσκευών με στόχο την παραγωγή πληροφοριών ή και ορισμένων υπηρεσιών [2].

Αυτές οι έξυπνες συσκευές ονομάζονται Smart Devices. Αποτελούνται από διάφορους αισθητήρες και δυναμικούς επεξεργαστές κάνοντας δυνατή τη συλλογή, επεξεργασία, αποστολή και εμφάνιση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Οι αισθητήρες στέλνουν τα δεδομένα, τα οποία τα λαμβάνουν συσκευές IoT. Με την σειρά τους αυτές οι συσκευές τα αποστέλλουν στην πύλη μας ή ενδεχομένως σε κάποια άλλη συσκευή με σκοπό την τελική αποστολή σε έναν Cloud όπου αναλύονται τα δεδομένα. Οι συσκευές αυτές έχουν την δυνατότητα αλληλεπίδρασης μεταξύ τους κάνοντας παράλληλα αρκετές διεργασίες χωρίς όμως να κρίνεται αναγκαία η ανθρώπινη παρέμβαση.

Η ιστορική αναδρομή του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) ξεκινάει το 1999 και συγκεκριμένα όταν ο ερευνητής Kevin Ashton προσπαθούσε να παρουσιάσει στο ευρύτερο κοινό ένα τέτοιο ευφυές σύστημα το οποίο θα διακρινόταν για την ικανότητα του να κάνει χρήση ορισμένων αισθητήρων με τη διαφορά ότι θα ήταν παράλληλα συνδεδεμένο και στο διαδίκτυο. Αυτή του η ενέργεια αναφέρονταν σε συστήματα ελέγχου πρόσβασης ή ταυτοποίησης κάνοντας χρήση αισθητήρων RFID (Radio Frequency Identification) [3]. Στη συνέχεια αυτή η παραδοχή δεν έμεινε στάσιμη αλλά επεκτάθηκε τόσο στο τομέα των αισθητήρων όσο και των κινητών συσκευών [4].

Λόγω της προόδου που έχουν σημειώσει τα συστήματα επικοινωνίας με σκοπό να καλυφθούν οι ανάγκες που δημιουργούνται στη σύγχρονη κοινωνία καλούνται οι αισθητήρες να αυξηθούν σε σημαντικό βαθμό. Με την εμφάνιση του NarrowBand καθώς και των πρωτοκόλλων WiFi η εξέλιξη είναι εμφανής και γίνεται ένα σημαντικό βήμα στη προσπάθεια ενσωμάτωσης αυτών στο διαδίκτυο των πραγμάτων. Συνεπώς, απαιτούνται τρεις βασικοί πυλώνες για την ορθή αξιοποίηση των τεχνολογιών [5].

1. Επαρκής γνώση για τη αξιοποίηση των τεχνολογιών με σκοπό την ορθή λειτουργία των συσκευών.
2. Ορθή επιλογή των εφαρμογών και των δικτύων που θα αποσκοπούν στην επεξεργασία και

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT  
την ανάλυση των δεδομένων, και

3. Τα εργαλεία που θα συντελούν στον αυτοματισμό

Με αυτό το τρόπο το διαδίκτυο των πραγμάτων θα συλλέγει δεδομένα, θα τα επεξεργάζεται και τέλος θα επιτυγχάνει τη μετάβαση από το ψηφιακό κόσμο στο φυσικό περιβάλλον. Το διαδίκτυο των πραγμάτων έχει φέρει μια επανάσταση στη σύγχρονη κοινωνία καθώς η αλληλεπίδραση των ατόμων μέσω αυτού είναι πρωτοφανής. Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα μίας τέτοιας αλληλεπίδρασης, καθώς και τη μεταβολή αυτής από ατομικό επίπεδο σε συλλογικό. Στην ουσία το διαδίκτυο των πραγμάτων εστιάζει στις τεχνολογίες που είναι ικανές να βελτιώσουν σε σημαντικό βαθμό την καθημερινότητα μας [5].



Εικόνα 1 - Κλάδοι εφαρμογών και επίδραση χρηστών [6]

## 1.2 Ιστορική αναδρομή του IoT

Το 1980 έγινε η πρώτη προσπάθεια με πρωτοβουλία των επιστημόνων έχοντας ως στόχο την αλληλεπίδραση μεταξύ των ατόμων κάνοντας χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών. Λόγω αυτής της πρωτοβουλίας υπήρξε μία πρωτοφανής αύξηση των υπολογιστών προσπαθώντας την εισροή της τεχνολογίας στη κοινωνία των ατόμων. Από τότε και έπειτα έχουν βελτιωθεί αρκετές συσκευές και έχουν πάρει διαδραστικό και πληροφοριακό ρόλο. Ο Mark Weiser, ένα σημαντικό στέλεχος της πληροφορικής κοινότητας (ubicompr) «βάφτισε» τα ευφυή συστήματα ως ένα φυσικό περιβάλλον που περιλαμβάνει αισθητήρες, ενσωματωμένα εργαλεία και υπολογιστικές πλατφόρμες που έχουν ως στόχο τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ατόμων [7]. Το όραμα του ubicompr εστιαζόταν γύρω από την ιδέα του ότι μεμονωμένες συσκευές θα έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης και επικοινωνίας με άλλες συσκευές ανά το κόσμο. Η πραγματική εξέλιξη της έννοιας του IoT έλαβε χώρα στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα, όταν η τεχνολογία και η συνδεσιμότητα εξελίχθηκαν σημαντικά. Οι πρόοδοι στους τομείς των αισθητήρων, των ασύρματων επικοινωνιών και των δικτύων συνέβαλλαν στην ανάπτυξη και εφαρμογή του IoT σε διάφορους τομείς, όπως η έξυπνη κατοικία, οι έξυπνες πόλεις, η υγεία, η γεωργία, η βιομηχανία και πολλοί άλλοι. Η τεχνολογία του IoT επέτρεψε στις συσκευές να συλλέγουν δεδομένα από το περιβάλλον τους με τη χρήση αισθητήρων, να τα αναλύουν και να τα μεταδίδουν σε άλλες συσκευές ή σε απομακρυσμένους διακομιστές για περαιτέρω επεξεργασία. Αυτό δημιούργησε τη δυνατότητα για έξυπνες αποφάσεις, αυτοματισμό και αλληλεπίδραση μεταξύ των συσκευών και του περιβάλλοντος. Ο ερευνητής Rogers από την

*Εξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT*  
άλλη έχει αντίθετη γνώμη και φαίνεται ότι πιστεύει πως τα πάντα περιστρέφονται γύρω από τον άνθρωπο και πως μόνο ο άνθρωπος έχει τη δυναμική για να βελτιωθεί το περιβάλλον του διαδικτύου των πραγμάτων [8]. Με την ταχεία εξάπλωση του διαδικτύου των πραγμάτων, αναμένεται ότι ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών θα αυξηθεί δραματικά στα επόμενα χρόνια με εκτιμήσεις να αναφέρουν ότι θα υπάρχουν δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές έως το 2025. Αυτή η εκτίμηση ανοίγει το δρόμο για πολλές νέες ευκαιρίες και προκλήσεις στους τομείς της τεχνολογίας, της ασφάλειας, της ιδιωτικότητας και των επιπτώσεων στη σύγχρονη κοινωνία.

### **1.3 Τα χαρακτηριστικά του IoT**

Το διαδίκτυο των πραγμάτων αποτελείται από τρεις βασικούς πυλώνες όπως αναφέρεται [9]. Το middleware που είναι συνυφασμένο με το διαδίκτυο των πραγμάτων, τα αντικείμενα που αποτελούν το ευφυές σύστημα όπως οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές και τέλος η γνώση εξ αυτών. Ο τομέας του IoT συνεχίζει να εξελίσσεται και να αναπτύσσεται με νέες εφαρμογές και δυνατότητες που αναμένεται να επηρεάσουν συνολικά το τρόπο ζωής των ατόμων, έτσι στη συνέχεια παρουσιάζονται και περιγράφονται τα κύρια χαρακτηριστικά του:

- **Συνδεσιμότητα:** Οι συσκευές IoT είναι συνδεδεμένες σε ένα δίκτυο, συνήθως στο διαδίκτυο, που τους επιτρέπει να ανταλλάσσουν δεδομένα και πληροφορίες μεταξύ τους.
- **Αισθητήρες:** Οι συσκευές IoT συνήθως διαθέτουν αισθητήρες που τους επιτρέπουν να ανιχνεύουν και να καταγράφουν πληροφορίες από το περιβάλλον τους.
- **Διαχείριση δεδομένων:** Το IoT επιτρέπει τη συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση και επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων που παράγονται από τις συσκευές. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πληροφορίες και αναλύσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συγκεκριμένες αποφάσεις.
- **Επικοινωνία:** Οι συσκευές IoT μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους, ανταλλάσσοντας πληροφορίες και δεδομένα, είτε με ανθρώπους είτε με άλλες συσκευές, μέσω ενσύρματης ή ασύρματης τεχνολογίας επικοινωνίας, όπως το Wi-Fi, το NFC και τα δεδομένα 5G.
- **Αυτοματισμός και έξυπνες λειτουργίες:** Το IoT επιτρέπει την αυτοματοποίηση διαδικασιών και λειτουργιών μέσω της αλληλεπίδρασης των συσκευών. Μπορεί να προσφέρει έξυπνες λειτουργίες και εφαρμογές που βασίζονται σε αυτόματες αποφάσεις.
- **Ασφάλεια και προστασία δεδομένων:** Λόγω της συνδεσιμότητας και της ανταλλαγής δεδομένων, η ασφάλεια και η προστασία δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας στο IoT. Πρέπει να υπάρχουν μηχανισμοί για την ασφαλή μετάδοση, αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων, καθώς και προστασία από κακόβουλες επιθέσεις και παραβιάσεις της ιδιωτικότητας.

Υπάρχει η παραδοχή πως σε 5 με 10 έτη το διαδίκτυο των πραγμάτων θα εισέλθει εκτός από τον τομέα του εμπορίου και σε άλλους κλάδους της σύγχρονης κοινωνίας που χρήζουν ανάπτυξη. Αρκετοί αναλυτές προβλέπουν πως το ενδιαφέρον επικεντρώνεται γύρω από το διαδίκτυο των πραγμάτων διότι σύμφωνα με τη Google όλο ένα και περισσότερες αναζητήσεις περιβάλλουν το Internet of Things (IoT) αλλά και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless Sensor Networks). Αυτή η τάση οφείλεται κυρίως στη μεγάλη κοινωνική αποδοχή των ατόμων για την ανάλυση δεδομένων και τεχνολογιών.

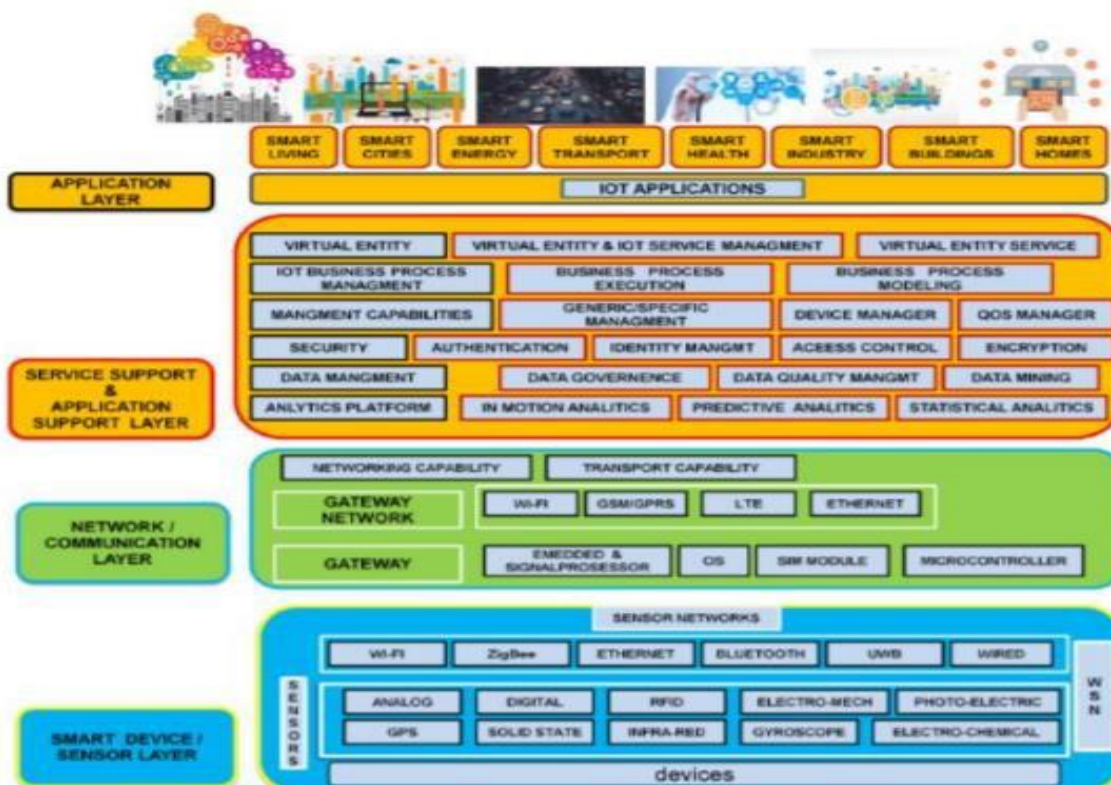
### **1.4 Η αρχιτεκτονική σχεδίαση του IoT**

Για την εμφάνιση στο ψηφιακό κόσμο του IoT θα χρειαστεί να μελετηθεί η αρχιτεκτονική του σχεδίαση καθώς και οι βαθμίδες που την περιβάλλουν. Πρόκειται για ένα σύνολο εργαλείων που συντονίζονται αρμονικά με στόχο την αμφίδρομη επικοινωνία. Παρακάτω

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT παρουσιάζονται με λεπτομέρειες οι συγκεκριμένες βαθμίδες:

- **Application Layer:** Αναφερόμαστε στα πρωτόκολλα επικοινωνίας και τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των εντολών.
- **Service Support & Application Support Layer:** Στη συγκεκριμένη βαθμίδα μελετάται η διαχείριση εφαρμογών και η παροχή υπηρεσιών. Υποβάλλονται τα δεδομένα και αναλύονται οι πιθανές στρατηγικές διαχείρισης με σκοπό την εύρεση της βέλτιστης.
- **Network/Communication Layer:** Στη συγκεκριμένη βαθμίδα επέρχεται η εισαγωγή στις επικοινωνίες, η συλλογή δεδομένων και η αποστολή αυτών των πληροφοριών. Ο όγκος των δεδομένων είναι τεράστιος για αυτό το λόγο απαιτείται ένα δίκτυο ικανό να ανταπεξέλθει στη συλλογή πληροφοριών. Συνεπώς, πρέπει να δημιουργηθούν περισσότερα από ένα δίκτυα που να προσαρμόζονται και να αλληλοεπιδρούν κατάλληλα μεταξύ τους. Τέλος, σε αυτό το σκέλος χρειάζονται ορισμένα εργαλεία που είναι ικανά για τη περάτωση γρήγορων εντολών ανάλυσης και επεξεργασίας. Έπειτα για το τέλειο εναρμονισμό των συστημάτων απαιτούνται Gateway Network, Gateway που θα προσφέρουν δυνατή κάλυψη στο τομέα της μεταφοράς δεδομένων είτε ενσύρματα είτε ασύρματα.
- **Smart Device/Sensor Layer:** Τέλος, η συγκεκριμένη βαθμίδα αποτελείται από τους αισθητήρες και γενικά όλα τα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται στο σύστημα μας. Η χρήση των εργαλείων αυτών γίνεται με σκοπό τη διασύνδεση του IoT με το φυσικό κόσμο. Δηλαδή, η δυνατότητα τους να λαμβάνουν δεδομένα και να αναπαρίστανται κατά τέτοιο τρόπο που να υποδηλώνουν φυσικές μεταβλητές, όπως η μέτρηση παλμών, η ποσότητα οξυγόνου κ.α. Οι αισθητήρες αυτοί μπορεί να διαφέρουν ανάλογα της περίπτωσης του συστήματος μας, ωστόσο έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό. Διασυνδέονται είτε σε ένα τοπικό δίκτυο είτε με τη μορφή Wi-Fi. Πέραν όμως των κοινών αισθητήρων υπάρχουν κάποιοι που έχουν τη δυνατότητα να πετυχαίνουν διασύνδεση κάνοντας χρήση ευρείας περιοχής δικτύου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το GSM.

Στη συνέχεια απεικονίζεται η αρχιτεκτονική σχεδίαση του διαδικτύου των πραγμάτων:



Εικόνα 2 - Η αρχιτεκτονική σχεδίαση του IoT[10]

## 1.5 Το διαδίκτυο των πραγμάτων στη σύγχρονη κοινωνία

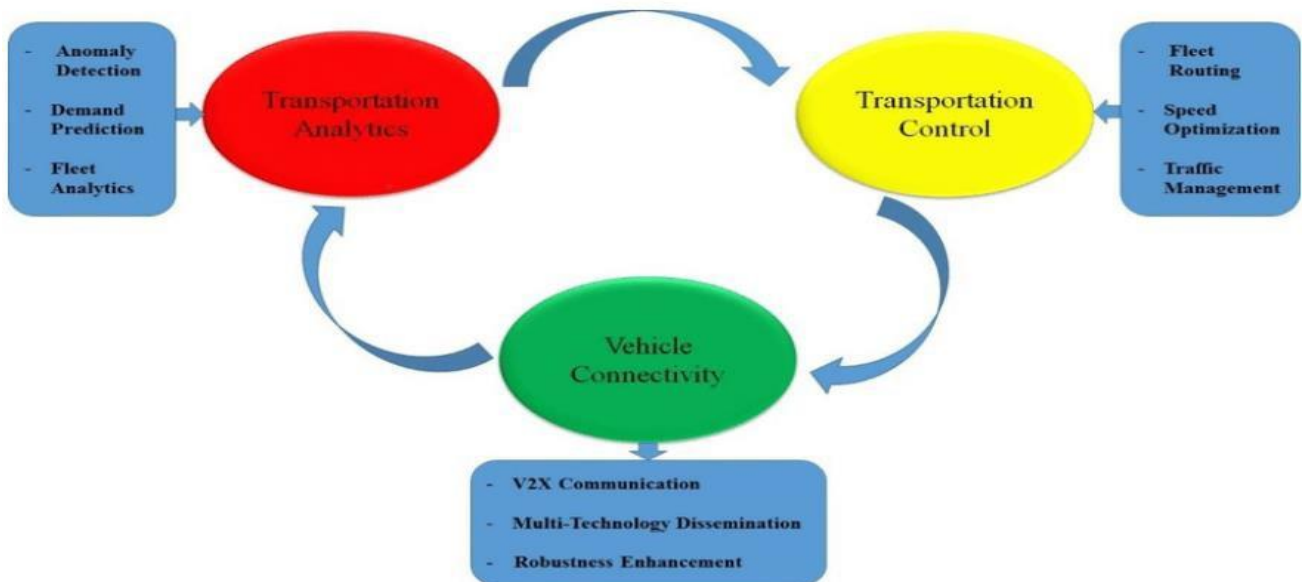
Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) έχει ένα σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη κοινωνία και έχει επηρεάσει πολλούς τομείς της ζωής μας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικοί από τους τρόπους που το IoT έχει επηρεάσει τη σύγχρονη κοινωνία:

- **Περίθαλψη:** Παρατηρούνται πολλές αναφορές του διαδικτύου των πραγμάτων στο κλάδο της περίθαλψης. Τέτοιες αναφορές υπάρχουν στους μηχανισμούς απομακρυσμένης παρακολούθησης των ασθενών ή ακόμη και στον εξοπλισμό των μηχανημάτων που αφορούν τη βίο-ιατρική. Με την χρήση του IoT επιτυγχάνεται η ορθή φροντίδα και εξασφάλιση της υγείας των ασθενών χωρίς να είναι αναγκαία η ανθρώπινη παρέμβαση σε ορισμένες περιπτώσεις. Με την χρήση αισθητήρων υγείας ακόμη και χειρουργικών βραχιόνων ή ρομπότ το IoT φέρνει στο φως νέες τεχνολογίες και εργαλεία που παρέχουν λύσεις τόσο στους ασθενείς όσο και στους εργαζόμενους σε τομείς της ιατρικής περίθαλψης. Ο κλάδος της ιατρικής περίθαλψης σε συνδυασμό με το IoT έχει την ικανότητα να συλλέγει δεδομένα από τους ασθενείς σε πραγματικό χρόνο τα οποία με τη σειρά τους μοιράζονται σε στρώματα υπηρεσιών (SSL) και στη συνέχεια περνούν σε έναν κεντρικό διακομιστή νέφους (Cloud Computing)[11]. Τα δεδομένα εισάγονται αυτόματα χωρίς την απαίτηση της ανθρώπινης παρέμβασης με σκοπό την χρήση τους ανά πάσα στιγμή από τους εργαζόμενους. Συνεπώς μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα σφάλματος.



Εικόνα 3 - Η έξυπνη περίθαλψη[12]

- **Μεταφορές:** Στο κλάδο των μεταφορών παρατηρείται αργοπορία στους χρόνους παράδοσης που οφείλεται στα ανθρώπινα λάθη προγραμματισμού. Συνεπώς, κρίνεται αναγκαία η προσαρμογή του κλάδου στα πρότυπα του διαδικτύου των πραγμάτων[13]. Με τη χρήση του IoT επιτυγχάνεται καλύτερη κατανομή των μεταφορέων που εξυπηρετούν τις παραδόσεις προϊόντων. Έτσι, οι εργαζόμενοι μπορούν να ενημερώνονται εγκαίρως και να λαμβάνουν ορισμένες αποφάσεις που ανταποκρίνονται στη καλύτερη και γρήγορη περάτωση του φόρτου εργασίας. Η τεχνολογία του IoT επιτρέπει την ενσωμάτωση αισθητήρων, λογισμικών και ψηφιακής πλατφόρμας κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η ορθότερη επικοινωνία μεταξύ εργαζόμενου και πελάτη. Έτσι, κερδίζεται πολύτιμος χρόνος αλλά και χρήματα τόσο από τη πλευρά του πελάτη όσο και του εργαζόμενου.



Εικόνα 4 - Τα βασικά στάδια του IoT στις μεταφορές[12]

• **Ενέργεια:** Η ανησυχία όλου του πληθυσμού στρέφεται προς το τομέα της ενέργειας. Λόγω της ανάλυσης από ορισμένους επιστήμονες πως τα αποθέματα από ορυκτές πηγές περιορίζονται και μέσα στα επόμενα χρόνια θα εκμηδενιστούν η ευαισθησία των ατόμων συνεχώς αυξάνεται. Συνεπώς, υπάρχει η πεποίθηση πως ο πλανήτης θα στραφεί προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στο περιβάλλον του IoT μπορεί να σχεδιαστεί και να αναπτυχθεί ένα ευφυές ηλεκτρικό δίκτυο (Smart Grid). Αυτό το δίκτυο θα έχει την ικανότητα να ελέγχει τις μεταπτώσεις της ενέργειας καθώς και να λαμβάνει μέτρα ικανά για τη ρύθμιση αυτών των μεταπτώσεων.

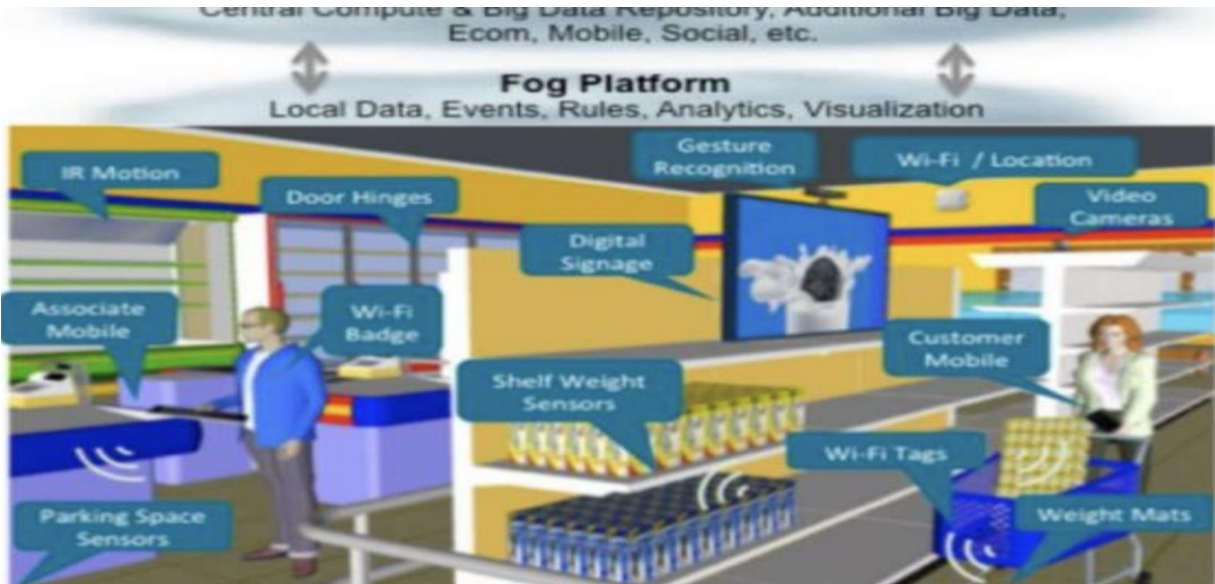


Εικόνα 5 - Η έξυπνη ενέργεια[12]



Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

• Λιανεμπόριο: Με την είσοδο του IoT στο κλάδο του λιανεμπορίου έχει επιτευχθεί μία σημαντική αύξηση στο κλάδο των πωλήσεων. Ειδικότερα ανεξαρτήτως ανθρώπινης παρέμβασης το διαδίκτυο των πραγμάτων έχει την ικανότητα να συνδέει διάφορα εργαλεία μεταξύ τους, ενσωματώνοντας τα σε μία ηλεκτρονική πλατφόρμα με στόχο την αντικειμενική πληροφόρηση των πελατών. Με τη χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων διαχειρίζεται καλύτερα το απόθεμα των προϊόντων του φυσικού καταστήματος, αυξάνονται οι πωλήσεις και ο αριθμός των ικανοποιημένων πελατών. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα αλληλεπίδρασης του καταναλωτή με το φυσικό κατάστημα μέσω ενδεχομένως κάποιας κριτικής.



Εικόνα 6 - Το έξυπνο λιανεμπόριο

• Έξυπνη πόλη: Ως έξυπνη πόλη υποδηλώνεται μία μεγάλη ομάδα καινοτομιών, όπως η έξυπνη κυκλοφορία, ο έξυπνος φωτισμός, το έξυπνο πάρκινγκ, ο έξυπνος έλεγχος πρόσβασης στα καταστήματα ακόμη και η διαχείριση του νερού που απαιτείται για να καλυφθούν οι ανάγκες μίας πόλης. Το IoT έχει ως στόχο τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ατόμων καθώς και να προσφερθούν λύσεις που θα είναι ικανές να βοηθήσουν με σκοπό την επίλυση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει η σύγχρονη κοινωνία.



Εικόνα 7 - Η έξυπνη πόλη[12]

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

• Έξυπνο σπίτι: Το έξυπνο σπίτι (Smart home) είναι μία από τις επικρατέστερες εφαρμογές και πλέον είναι συνυφασμένη με το διαδίκτυο των πραγμάτων. Παρατηρείται μία τάση των ατόμων να στρέφονται προς το έξυπνο σπίτι ειδικότερα εάν φτιάχνουν ένα νέο σπίτι. Με τη λειτουργία του έξυπνου σπιτιού δίνονται στο χρήστη πληθώρα πληροφοριών και τρόπων διαχείρισης του σπιτιού. Έτσι, με τη χρήση ενός tablet ή ενός smartphone ο κάθε χρήστης μπορεί να ελέγχει το χώρο, την ηλεκτρική του κουζίνα, το φωτισμό ακόμη και το θερμοσίφωνα. Επίσης, έχει τη δυνατότητα προγραμματισμού κάποιας λειτουργίας με σκοπό την αποβολή άγχους από το ίδιο το άτομο σε περίπτωση που δεν βρίσκεται στο σπίτι τη συνισταμένη χρονική στιγμή.



Εικόνα 8 - Οι λειτουργίες ενός έξυπνου σπιτιού[12]

• Φορητές συσκευές IoT: Στις φορητές συσκευές IoT (Wearable IoT Devices) περιλαμβάνονται τα έξυπνα ρολόγια (smartwatches) όπως και διάφορα GPS τύπου καρπού. Τα έξυπνα ρολόγια ενσωματώνουν μικροελεγκτές και αισθητήρες που έχουν την ικανότητα να υπολογίζουν διάφορες μετρήσεις όπως τους καρδιακούς παλμούς, την απόσταση που διανύουμε μέσα στην ημέρα και γενικά τη δραστηριότητα μας. Από την άλλη υπάρχουν διάφορα GPS που χρησιμοποιούνται για την εύρεση π.χ. κατοικίδιων ή ακόμη και από σωφρονιστικά ιδρύματα.



Εικόνα 9 - Έξυπνες συσκευές στην καθημερινή ζωή<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <https://www.electronicdesign.com/iot/develop-wearable-devices-iot-cutting-edge>  
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Γεώργιος Πολύζος

## 1.6 Προτερήματα και μειονεκτήματα

Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) παρόλο που παρουσιάζει πολλά προτερήματα, υπάρχουν εξίσου και ορισμένα μειονεκτήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Στη συνέχεια εξετάζονται αυτά τα προτερήματα και μειονεκτήματα.

Προτερήματα:

- **Ευκολία και άνεση:** Το IoT προσφέρει έξυπνες λύσεις που καθιστούν τη ζωή μας πιο εύκολη και άνετη. Είναι εφικτή η διαχείριση συσκευών από απόσταση έτσι ώστε να προσαρμόζει το σύστημα τις έξυπνες λειτουργίες.
- **Αυξημένη αποδοτικότητα:** Το IoT επιτρέπει την αυτοματοποίηση διαδικασιών και τη βελτίωση της αποδοτικότητας. Με τη συνδεσιμότητα και τη συνεργασία μεταξύ των συσκευών επιτυγχάνονται αυτόματες λειτουργίες, εξοικονομώντας παράλληλα χρόνο και πόρους.
- **Βελτίωση της ασφάλειας:** Το IoT μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της ασφάλειας. Επιτυγχάνεται προστασία του περιβάλλοντος μέσω αισθητήρων και συναγερμών που ειδοποιούν το χρήστη για πιθανά προβλήματα.
- **Βελτίωση της ποιότητας ζωής:** Μέσω του IoT, βελτιώνεται καθημερινά η ποιότητα της ζωής στη σύγχρονη κοινωνία μέσω έξυπνων λειτουργιών και υπηρεσιών, όπως έξυπνα συστήματα φωτισμού, θέρμανσης κ.α.

Μειονεκτήματα:

- **Ανησυχίες ιδιωτικότητας:** Η συλλογή και ανταλλαγή μεγάλου όγκου προσωπικών δεδομένων μπορεί να προκαλέσει ανησυχίες όσον αφορά την ιδιωτικότητα και ασφάλεια των πληροφοριών.
- **Ανεπάρκεια προτύπων ασφάλειας:** Η απουσία κοινών προτύπων ασφάλειας για το IoT μπορεί να αποτελέσει πρόκληση και να εκθέσει σε κινδύνους τις συνδεδεμένες συσκευές και τα δεδομένα τους.
- **Συμβατότητα:** Η συμβατότητα των IoT συσκευών μπορεί να περιορίζεται όσον αφορά άλλες συσκευές και πλατφόρμες.
- **Ανεπάρκεια ενεργειακής αυτονομίας:** Οι συσκευές IoT που λειτουργούν με μπαταρίες μπορεί να αντιμετωπίζουν προκλήσεις ως προς τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και την ενεργειακή τους αυτονομία.

Είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψιν τα προτερήματα και μειονεκτήματα του IoT κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση συστημάτων, προκειμένου να διασφαλιστεί η αποτελεσματική και ασφαλής λειτουργία τους.

## 1.7 Μοντέλα επικοινωνίας του διαδικτύου των πραγμάτων

Για την επικοινωνία του Διαδικτύου των Πραγμάτων απαιτείται η διασύνδεση διάφορων συσκευών και αισθητήρων μεταξύ τους δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο σύνολο. Έτσι, έχουν δημιουργηθεί τέσσερα διαφορετικά μοντέλα επικοινωνίας που εξυπηρετούν το καθένα με το δικό του τρόπο το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Διακρίνονται σε : Device to Device, Device to Cloud, Device to Gateway και Back-End Sharing .

Στη συνέχεια παρατίθενται τα προαναφερόμενα μοντέλα επικοινωνίας καθώς και τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν:

### 1.7.1 Device to Device

Ως έννοια Device to Device ορίζεται η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών χωρίς να απαιτείται ενδιάμεσος διακομιστής (Server). Η επικοινωνία επιτυγχάνεται μέσω διάφορων δικτύων κάνοντας χρήση πρωτοκόλλων όπως το Bluetooth, το Z-Wave κ.α.

Το συγκεκριμένο μοντέλο επικοινωνίας εμφανίζεται κυρίως σε συστήματα φωτισμού, συστήματα κλειδώματος κ.α. Σε αυτού του είδους τα συστήματα δεν απαιτείται μεταφορά μεγάλων πακέτων δεδομένων και παρουσιάζουν μικρό ρυθμό μετάδοσης των πληροφοριών. Τέτοιου είδους πληροφορίες αποτελούν τα μηνύματα ενεργοποίησης του φωτισμού ενός σπιτιού ή ενδεχομένως και το κλείδωμα / ξεκλείδωμα της κλειδαριάς ενός σπιτιού ή καταστήματος.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα του συγκεκριμένου μοντέλου επικοινωνίας μεταξύ συσκευών του Διαδικτύου των πραγμάτων αποτελεί η συσκευή παρακολούθησης των καρδιακών παλμών, του οξυγόνου καθώς και της ποιότητας του ύπνου που προσφέρονται από μία συσκευή smartwatch.

Σε αυτό το μοντέλο επικοινωνίας επιτυγχάνεται υψηλός βαθμός ασφάλειας και αυτό οφείλεται στο γεγονός πως τα συστήματα που χρησιμοποιούν το μοντέλο της επικοινωνίας Device to Device διασυνδέονται μεταξύ τους κάνοντας χρήση ασύρματης επικοινωνίας μικρής εμβέλειας. Το δημοφιλέστερο πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας μικρής εμβέλειας αποτελεί το Bluetooth [14].

Στη παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το μοντέλο επικοινωνίας Device to Device:



Εικόνα 10 - Μοντέλο επικοινωνίας Device to Device[14]

### 1.7.2 Device to Cloud

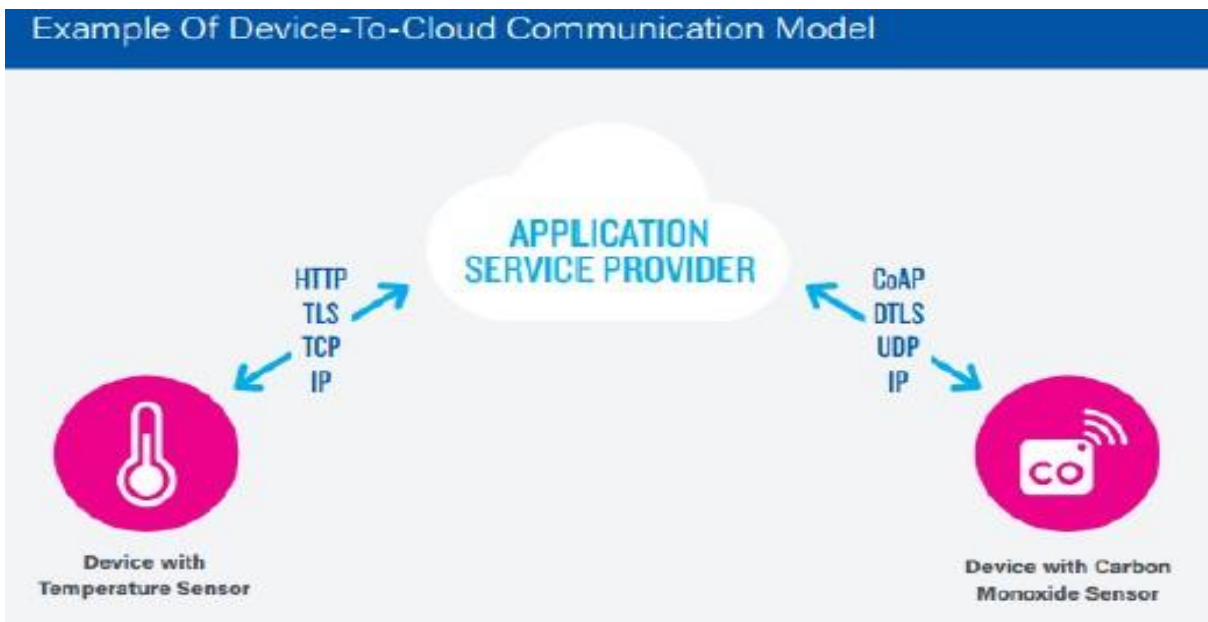
Το μοντέλο επικοινωνίας του Device to Cloud αποτελείται συνήθως από μία τουλάχιστον συσκευή IoT καθώς και μία πλατφόρμα Cloud που είναι υπεύθυνη για την ανταλλαγή δεδομένων και μηνυμάτων. Έχει τη δυναμική να ενσωματώνει τόσο ενσύρματες όσο και ασύρματες τεχνολογίες διασύνδεσης.

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

Με την διασύνδεση μέσω Cloud πλατφόρμας καθίστανται δυνατή η απομακρυσμένη επικοινωνία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του μοντέλου επικοινωνίας αποτελούν τα συστήματα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα όπου ο ιδιοκτήτης ενός καταστήματος μπορεί να επιβλέπει το κατάστημα απομακρυσμένα και τα δεδομένα να αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, οι κάμερες που ενδεχομένως υπάρχουν σε κάποιο κατάστημα ή ακόμη και σε ένα σπίτι αποτελούν μοντέλο επικοινωνίας Device to Cloud. Μέσω αυτού του μοντέλου ο χρήστης έχει πρόσβαση στο υλικό των καμερών, τόσο στην απευθείας μετάδοση των καμερών όσο και στην προβολή προηγούμενης εγγραφής των καμερών. Έτσι, ο χρήστης έχει πρόσβαση στην ιδιοκτησία του ανεξαρτήτως της θέσης που βρίσκεται την δεδομένη χρονική στιγμή.

Σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο παρουσιάζεται πολυπλοκότητα όσον αφορά την ασφάλεια του συστήματος λόγω απόστασης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως απαιτείται ταυτόχρονη επικοινωνία τόσο στην πρόσβαση στο διαδίκτυο όσο και στην πρόσβαση στη πλατφόρμα Cloud. Επίσης, κρίνεται αναγκαία η εξασφάλιση της ταυτόχρονης συνύπαρξης των συσκευών διότι ορισμένα συστήματα δεν επιδέχονται διασύνδεση με διαφορετικού κατασκευαστή Cloud υπηρεσίας [14].

Στη παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το μοντέλο επικοινωνίας Device to Cloud:



Εικόνα 11 - Μοντέλο επικοινωνίας Device to Cloud[14]

### 1.7.3 Device to Gateway

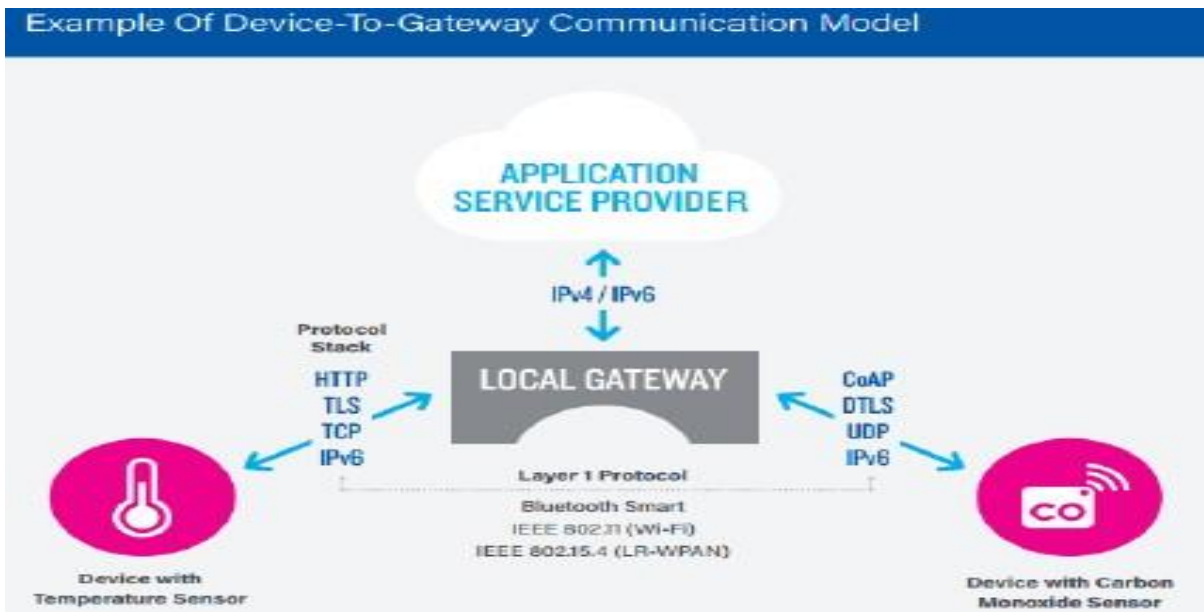
Το μοντέλο επικοινωνίας Device to Gateway παρουσιάζει πολυπλοκότητα σε σχέση με τα δύο προηγούμενα μοντέλα επικοινωνιών και αυτό συμβαίνει διότι εκτός από τις συσκευές IoT που ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν στο σύστημα καθώς και μία Cloud πλατφόρμα απαιτείται και μία επιπλέον συσκευή που είναι υπεύθυνη για την διασύνδεση της IoT συσκευής με την Cloud πλατφόρμα.

Αυτή η συσκευή είναι γνωστή και ως πύλη (Gateway) και είναι αρμόδια για την ασφάλεια του συστήματος καθώς προσθέτει ορισμένες λειτουργίες στο σύστημα με σκοπό την επίτευξη επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών IoT και της Cloud υπηρεσίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της συσκευής αποτελεί ένα κινητό τηλέφωνο (smartphone) που μέσω

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT συγκεκριμένης εφαρμογής έχει τη δυνατότητα αποστολής μηνυμάτων και δεδομένων σε μία ηλεκτρονική πλατφόρμα. Μία τέτοια συσκευή, όπως είναι ενδεχομένως ένα οξύμετρο, δεν έχει την δυνατότητα της διασύνδεσης σε Cloud υπηρεσία για αυτό το λόγο κρίνεται αναγκαία η χρήση μίας συσκευής IoT η οποία διασυνδεόμενη σε μία εφαρμογή παρουσιάζει την ικανότητα διασύνδεσης στην εν λόγω Cloud υπηρεσία.

Αυτές οι συσκευές – πύλες παρουσιάζονται ικανές να συνδυάσουν και να εναρμονίσουν τόσο διαφορετικές συσκευές IoT όσο και διαφορετικά πρωτόκολλα διαδικτύου. Παρουσιάζονται ωστόσο και ορισμένα μειονεκτήματα σε τέτοιου είδους μοντέλα επικοινωνιών καθώς αυξάνεται η πολυπλοκότητα και το κόστος του συστήματος [14].

Στη παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το μοντέλο επικοινωνίας Device to Gateway:



Εικόνα 12 - Μοντέλο επικοινωνίας Device to Gateway[14]

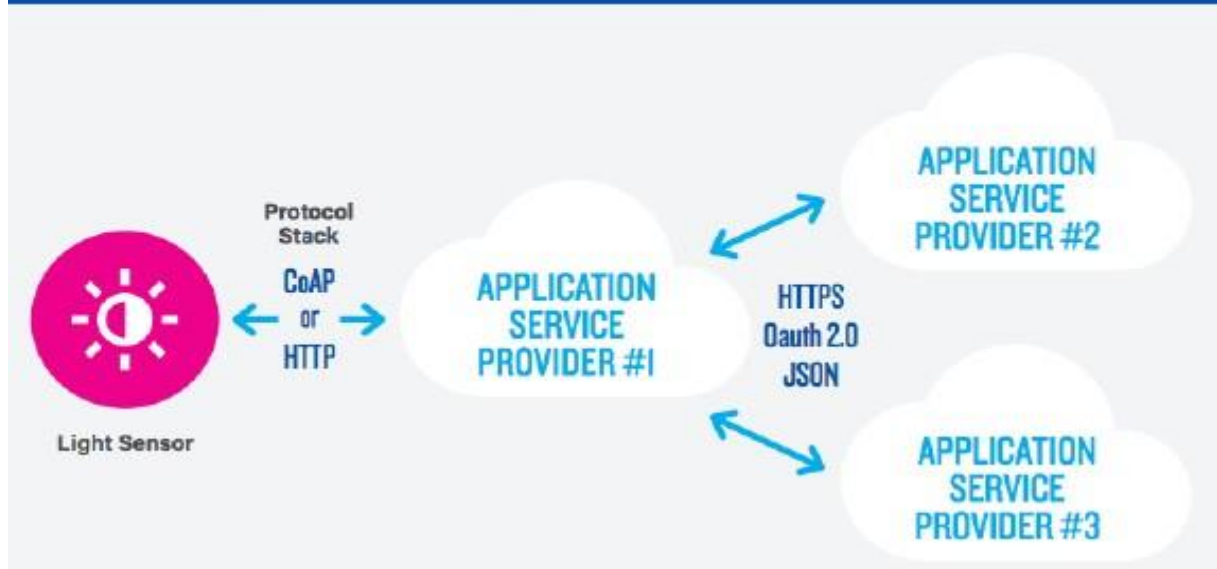
### 1.7.4 Back-End Data Sharing

Το μοντέλο επικοινωνίας Bank-End Data Sharing αποτελεί αναβάθμιση του μοντέλου Device to Cloud και μέσω αυτού ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει τα δεδομένα ή μηνύματα του συστήματος, να τα επεξεργάζεται και να τα αναλύει σε σχέση με άλλους πόρους πληροφοριών. Σημαντικό γνώρισμα αυτής της αρχιτεκτονικής αποτελεί η πρόσβαση τρίτων προσώπων στα δεδομένα του συστήματος όπως αυτά προβάλλονται στην Cloud πλατφόρμα.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του μοντέλου επικοινωνίας αποτελεί μία μεγάλη εύρους εταιρεία. Αυτό προκύπτει από το γεγονός πως εκτός από τον πρόεδρο της εταιρείας θα μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα της εταιρείας και άλλα υψηλόβαθμα στελέχη ή ενδεχομένως και άτομα που ανήκουν σε κλάδους και αρμοδιότητας τους είναι η συγκέντρωση και η ανάλυση των δεδομένων που προκύπτουν από τη λειτουργία της εταιρείας. Στο μοντέλο Back-End Data Sharing υπάρχουν αυτόνομες βάσεις δεδομένων όπου αποθηκεύονται ξεχωριστά τα δεδομένα των εκάστοτε συσκευών IoT. Μία βελτιστοποιημένη εφαρμογή του συγκεκριμένου μοντέλου επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα, όπως επίσης και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των διάφορων εφαρμογών του συστήματος.

Στη παρακάτω εικόνα απεικονίζεται το μοντέλο επικοινωνίας του Back-End Data Sharing:

## Back-End Data-Sharing Model



Εικόνα 13 - Μοντέλο επικοινωνίας Back-End Data Sharing[14]

### 1.7.5 Κέρδη των μοντέλων επικοινωνιών για το χρήστη

Όπως αναλύθηκαν εκτενώς παραπάνω, τα τέσσερα μοντέλα επικοινωνιών παρουσιάζουν ορισμένες διαφορές μεταξύ τους. Ωστόσο, με σκοπό την επίτευξη αρμονικής επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και το είδος των συσκευών που διασυνδέονται στο δίκτυο. Έτσι, γίνεται κατανοητό πως πρέπει να μελετηθούν αρκετοί παράγοντες πριν προχωρήσει ο χρήστης στην επιλογή του κατάλληλου μοντέλου επικοινωνίας καθώς και τον τελικό σχεδιασμό του συστήματος.

Όλα τα μοντέλα έχουν ως κοινό σημείο αναφοράς την δυνατότητα του χρήστη για την επιλογή της βέλτιστης πρόσβασης στις διάφορες συσκευές IoT έτσι ώστε λαμβάνοντας τα δεδομένα του συστήματος να ενισχύεται η συνολική απόδοση. Παρατηρείται πως στη πλειοψηφία των μοντέλων επικοινωνίας οι διασυνδεδεμένες συσκευές τελικώς συνδέονται με κάποιους είδους πλατφόρμα οπτικοποίησης και ανάλυσης δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά δημιουργούνται ορισμένα κανάλια επικοινωνίας και στη συνέχεια, ο εκάστοτε χρήστης έχει τη δυνατότητα της επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης των τελικών αποτελεσμάτων. Με αυτό τον τρόπο, εξάγονται σημαντικά αποτελέσματα σχετικά με την λειτουργία του συστήματος IoT. Τελικώς, τα μοντέλα επικοινωνιών αποτελούν κομβικό στάδιο της ανάπτυξης των πληροφοριών και συστημάτων.

Αξίζει να σημειωθεί πως σε αυτό το σημείο κρίνεται αναγκαία και η έρευνα σχετικά με το κόστος της διασύνδεσης στο δίκτυο. Τέλος, με την εφαρμογή ολοκληρωμένων μοντέλων επικοινωνίας γίνεται σαφές πως δημιουργούνται ευκαιρίες για περαιτέρω ανάπτυξη τόσο σε προϊόντα, όσο και σε υπηρεσίες προς το τελικό χρήστη.

## 1.8 Τεχνολογίες IoT

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο του IoT για τη σύνδεση και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συσκευών. Διακρίνονται σε ασύρματους και ενσύρματους τρόπους διασύνδεσης. Ο κλάδος των ασύρματων διασυνδέσεων αποτελείται από

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

δύο βασικές κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές αναφέρονται ως διασυνδέσεις μικρής και μεγάλης εμβέλειας αντίστοιχα. Οι διασυνδέσεις μεγάλης εμβέλειας ή αλλιώς ευρείας περιοχής ονομάζονται Low Power Wide Area Network (LPWAN) και διαχωρίζονται σε δύο επιμέρους υποκατηγορίες, σε αυτές που γίνεται χρήση αδειοδοτημένης ζώνης συχνοτήτων και σε αυτές που γίνεται χρήση μη αδειοδοτημένης ζώνης συχνοτήτων.

### 1.8.1 Ενσύρματοι τρόποι διασύνδεσης:

Στη συνέχεια παρατίθενται τρία μοντέλα ενσύρματης επικοινωνίας:

Prime (PLC):



Το Prime προέρχεται από τον όρο Power Intelligent Metering Evolution. Εντάσσεται στις διασυνδέσεις στενής ζώνης και για την μετάδοσή του βασίζεται στις γραμμές τροφοδοσίας. Ο ρυθμός δεδομένων περιορίζεται στα 128 Kbps ενώ το εύρος του ξεπερνάει τα 100Km [15].

HomePlug:



Το Home Plug αναπτύχθηκε από την Home Plug Powerline Alliance. Δημιουργήθηκε με στόχο την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών αλλά και την διασύνδεσή τους στο Διαδίκτυο. Έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα σε εφαρμογές τύπου Smart Energy. Επίσης το εύρος και η απόδοση του περιορίζεται στα 100 μέτρα και 2,4 Kbps αντίστοιχα [16].

G.hn:



Η τεχνολογία G.hn αρχικά αναπτύχθηκε από την διεθνής ένωση τηλεπικοινωνιών και στη συνέχεια από άλλους οργανισμούς εκ των οποίων ο πιο γνωστός είναι ο Home Grid. Προηγήθηκαν κάποιες τροποποιήσεις όπως οι λειτουργίες εξοικονόμησης ενέργειας, η διαχείριση PSD και το πρωτόκολλο διαχείρισης διαμόρφωσης Layer 2 LCMP. Η ταχύτητα απόδοσης οριοθετείται στα 2,4 Kbps ενώ η εμβέλεια του αγγίζει τα 500 μέτρα. Το αρχικό κίνητρο ανάπτυξης του G.hn ήταν η IPTV οικιακή δικτύωση με στόχο της παροχή υπηρεσιών φωνής και δεδομένων [17].



## 1.8.2 Ασύρματοι τρόποι διασύνδεσης:

Στη συνέχεια παρατίθενται τα μοντέλα ασύρματης επικοινωνίας. Διακρίνονται με βάση το εύρος λειτουργίας τους.

### 1.8.2.1 Ασύρματοι τρόποι διασύνδεσης μικρής εμβέλειας

Οι συγκεκριμένοι τρόποι διασύνδεσης ενδείκνυνται για εφαρμογές όταν πρόκειται για αποστολή δεδομένων σε μικρές αποστάσεις.

Wi-Fi:



Το Wi-Fi είναι ένα ασύρματο δίκτυο το οποίο βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.11. Χρησιμοποιείται για ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συσκευών σε κοντινή απόσταση. Είναι από τα πιο ευρέως διαδεδομένα δίκτυα και επιτρέπει την σύνδεση υπολογιστών, smartphones, τάμπλετ κ.α σε ένα τοπικό δίκτυο. Ο σχεδιασμός του έχει γίνει κατά τέτοιο τρόπο που να του επιτρέπει να συνεργάζεται με το ενσύρματο δίκτυο ethernet. Η μέγιστη εμβέλεια του αγγίζει το 1Km και η μέγιστη ταχύτητά του περιορίζεται στα 50Mbps περίπου [18].

Near Field Communication (NFC):



Το NFC αποτελείται από μία ομάδα πρωτοκόλλων επικοινωνιών με σκοπό την επίτευξη επικοινωνίας μεταξύ δύο συσκευών που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Επίσης οι συσκευές που υποστηρίζουν NFC λειτουργία μπορούν να πραγματοποιήσουν οποιοδήποτε είδους πληρωμές. Βασίζεται στην τεχνολογία RFID και το εύρος ζώνης που λειτουργεί είναι τα 13,56MHz [19].

Bluetooth:



Το Bluetooth είναι ένα ασύρματο πρότυπο διασύνδεσης που επιτυγχάνει την ανταλλαγή δεδομένων ή και αρχείων μεταξύ διάφορων συσκευών όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα ή οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Ενδείκνυνται για μικρές αποστάσεις. Κάνει χρήση ραδιοκυμάτων και η συχνότητα του περιορίζεται από 2,402Ghz μέχρι 2,48Ghz [20].

Z-Wave:



Πρόκειται για πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας που ο κύριος λόγος χρήσης του είναι οι αυτοματισμοί. Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών επιτυγχάνεται με ραδιοκύματα χαμηλής ενέργειας. Επίσης, άλλες υπηρεσίες που χρησιμοποιείτε το πρότυπο Z-Wave είναι σε συστήματα ασφαλείας, έλεγχο φωτισμού κλπ. Ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας αγγίζει τα 100Kbps ενώ η εμβέλεια του περιορίζεται στα 100m. Τέλος το εύρος των ραδιοσυχνοτήτων κυμαίνεται από 800 έως 900 MHz [21].

### 1.8.2.2 Ασύρματοι τρόποι διασύνδεσης μεγάλης εμβέλειας LPWAN (Low-Power- Wide-Area-Network)

Η τεχνολογία LPWAN διακρίνεται σε δύο κλάδους. Ο ένας κλάδος κάνει χρήση αδειοδοτημένης ζώνης συχνοτήτων ενώ ο δεύτερος μη αδειοδοτημένης ζώνης συχνοτήτων.

#### 1.8.2.2.1 Μη αδειοδοτημένη ζώνη συχνοτήτων

SigFox:



Η συγκεκριμένη τεχνολογία κάνει χρήση ενός συνόλου ασύρματων δικτύων μη αδειοδοτημένων ζωνών ISM. Μεταδίδονται πληροφορίες μεταξύ των συσκευών σε μικρό φάσμα. Βασίζεται στην αρχιτεκτονική star network και οι gateways είναι υπεύθυνοι για τον έλεγχο του δικτύου. Το εύρος κάλυψης του δικτύου είναι τεράστιο με αρκετά μικρή κατανάλωση. Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένα γνωρίσματα για την SigFox. <sup>2</sup>

Χαρακτηριστικά γνωρίσματα Sigfox:

1. Frequency: 868 / 902 MHz
2. Range: 30-50 Km (rural environments), 3-10 Km (urban environments)
3. Data Rates: 300bps

Weightless:



Η συγκεκριμένη τεχνολογία κατά την λειτουργία της διαίρει το φάσμα σε περισσότερα κανάλια των 12,5 GHz. Παρουσιάζει μέγιστη εμβέλεια τα 5 Km ενώ η ταχύτητα μετάδοσης περιορίζεται στα 9 Mbps. Οι ζώνες λειτουργία είναι οι : ISM sub-1 GHz και εμφανίζει κρυπτογραφημένη μετάδοση AES-128/256. <sup>3</sup>

<sup>2</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Sigfox>

<sup>3</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/WEIGHTLESS>

LORA:



Η εταιρεία ανάπτυξης και σχεδιασμού της LoRa ονομάζεται Semtech. Πρόκειται για μία τεχνολογία που ανήκει στον κλάδο των δικτύων ευρείας εμβέλειας καταναλώνοντας παράλληλα μικρή ισχύ.

Η τεχνολογία LoRa ενσωματώνει την τεχνολογία Forward Error Correcting(FEC). Με την συγκεκριμένη τεχνολογία επιτυγχάνεται αυτόματη διόρθωση λαθών. Δηλαδή έχει την ικανότητα να μεταδίδει πληροφορίες με χαμηλή ισχύ σε κατώτερα επίπεδα από το περιβάλλον θορύβου (Noise Floor) επιτυγχάνοντας με αυτό τον τρόπο επικοινωνίες σε μεγάλες αποστάσεις<sup>4</sup>.

Χαρακτηριστικά γνωρίσματα Lora:

1. Frequency: Various (sub-1 GHz)
2. Range: 2-5 Km (αστικό περιβάλλον), 15 Km (προαστιακό / αγροτικό περιβάλλον)

#### 1.8.2.2.2 Αδειοδοτημένη ζώνη συχνοτήτων

Long-Term Evolution (LTE):



Τα συστήματα LTE έχουν αναπτυχθεί με στόχο την ασύρματη ευρυζωνική επικοινωνία. Βασίζεται στην τεχνολογία GSM. Πρόκειται για μία εξέλιξη στα ήδη υπάρχοντα δίκτυα GSM/UMTS και CDMA2000. Το πρότυπο έχει σχεδιαστεί από την 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP) και είναι γνωστό ως 3.95G ή 4G LTE<sup>5</sup>.

NarrowBand-Internet-of-Things (NB-IoT):



Με τον όρο NarrowBand IoT (NB-IoT) ορίζουμε μία τεχνολογία LPWA (Low Power Wide Area) που χαρακτηρίζεται για την δυνατότητα της να επιτρέπει σε συσκευές και υπηρεσίες να συνδεθούν μεταξύ τους. Η συγκεκριμένη τεχνολογία αναπτύχθηκε από το 3GPP. Τα σημαντικότερα γνωρίσματα αυτής της τεχνολογίας είναι η χαμηλή κατανάλωση ισχύος από τις συσκευές που συνδέονται ενώ έχει και την ιδιότητα να λειτουργεί ακόμη και σε χώρους όπου ορισμένες συμβατικές τεχνολογίες παρουσιάζουν χαμηλή απόδοση. Επιπλέον παρουσιάζει

<sup>4</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/LoRa>

<sup>5</sup> <https://el.wikipedia.org/wiki/LTE>

*Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT*  
υγεία μπαταρίας των συνδεδεμένων συσκευών ίση ή και μεγαλύτερη των 10 ετών. Το NB-IoT αλληλοσυνδέεται με τα διάφορα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (2G, 3G, 4G). Συνεπώς κάνει χρήση των λειτουργιών ασφαλείας που επιδεικνύουν τα συγκεκριμένα δίκτυα. Υπάρχουν πολλοί οργανισμοί που παρέχουν υπηρεσίες NB – IoT. Ορισμένοι από αυτούς είναι η Deutsche Telekom, η China Telekom, η China Unicom καθώς και η Vodafone. Οι συγκεκριμένοι οργανισμοί υλοποίησαν την συγκεκριμένη τεχνολογία σε αρκετούς κλάδους της καθημερινότητας μας, όπως ο έξυπνος χώρος στάθμευσης, ο έξυπνος τρόπος ποτίσματος κ.α.<sup>6</sup>. Πρόκειται ουσιαστικά για μία τεχνολογία που οι ρίζες της ανήκουν στα LTE συστήματα. Ωστόσο παρατηρούνται κάποιες διαφορές στο εύρος ζώνης. Το NB – IoT χρησιμοποιεί εύρος ζώνης 180 – 200 KHz έναντι των LTE συστημάτων που χρησιμοποιούν 1.4 – 20 MHz [22].

## **1.9 Έννοιες συνυφασμένες με το διαδίκτυο των πραγμάτων**

### Διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων:

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των δικτύων εξαπλώνεται καθημερινά σε διάφορους τομείς με αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση του όγκου των δεδομένων. Εγκεκριμένες μελέτες δείχνουν ότι αρκετές συσκευές θα παράγουν μεγάλο όγκο δεδομένων και θα διαχειρίζονται πολλές εφαρμογές και υπηρεσίες [23]. Η ενσωμάτωση δεδομένων και υπηρεσιών που συνδέονται με το πραγματικό κόσμο είναι συνυφασμένα με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Παρατηρείται μία αισθητά μεγάλη αύξηση του όγκου δεδομένων και αυτό οφείλεται στο γεγονός πως τα τελευταία τρία χρόνια έχουν αναπτυχθεί το 80% των δεδομένων. Με στόχο την καλύτερη κατανόηση του φυσικού περιβάλλοντος το Διαδίκτυο των Πραγμάτων μας δίνει την δυνατότητα να συλλέγουμε δεδομένα από διάφορα εργαλεία και αισθητήρες και να τα παρακολουθούμε σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα δεδομένα έχουν την ικανότητα ενσωμάτωσης άλλων δεδομένων από την καθημερινότητα μας με στόχο την ορθή λήψη αποφάσεων, τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη διάφορων εφαρμογών και υπηρεσιών.

### Cloud Computing:

Οι κόσμοι του cloud και του IoT μπορεί να έχουν διαφορετική εξέλιξη ωστόσο η γρήγορη ανάπτυξη και των δύο τους επιτρέπει να είναι άρτια συνυφασμένοι. Επωφελούνται από την συνεργασία και είναι πιο ολοκληρωμένοι. Το IoT χωρίς το cloud θα είχε σημαντικούς περιορισμούς όσον αφορά την επικοινωνία, την ανάλυση των δεδομένων καθώς και την αποθήκευση. Με λογικά συμπεράσματα καταλήγουμε στο γεγονός πως το cloud διαθέτει τις λύσεις για την διαχείριση των υπηρεσιών που αναπτύσσονται στο IoT, ενώ το IoT διασυνδέει τον φυσικό κόσμο με τον ψηφιακό. Στο άμεσο μέλλον θα δημιουργηθούν περισσότερες και πολυπλοκότερες ανάγκες συνεπώς κρίνεται επιτακτική η εξέλιξη στην συλλογή δεδομένων, την διαχείριση καθώς και στις υπηρεσίες που θα προσφέρονται. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα καλείται cloud που ήδη από τα πρώτα στάδια συνεργασίας με το IoT φαίνεται να είναι ο κινητήριος μοχλός για την απλοποίηση της συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων. Επιπλέον το cloud φαίνεται να καλύπτει όλες τις ανάγκες του IoT με έναν πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

### Προστασία προσωπικών δεδομένων:

Η εξάπλωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων σε διάφορους τομείς της σύγχρονης κοινωνίας έχει επιφέρει την ανησυχία των χρηστών σχετικά με την υποκλοπή προσωπικών δεδομένων. Συνεπώς κρίνεται επιτακτική η ανάγκη ανάπτυξης αμοιβαίας εμπιστοσύνης. Αυτός ο πυλώνας

<sup>6</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Narrowband\\_IoT](https://en.wikipedia.org/wiki/Narrowband_IoT)  
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Γεώργιος Πολύζος

*Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT*  
είναι πολύ σημαντικός με στόχο την σωστή λειτουργία των εφαρμογών του IoT. Βάση της δυνατότητας του IoT στην βελτίωση της ασφάλειας είναι σημαντικό προνόμιο η εφαρμογή καινοτομιών με σκοπό την αξιοπιστία των χρηστών και των συστημάτων. Επίσης, κρίνεται αναγκαίος ο έλεγχος πρόσβασης και η αποφυγή παραβίασης δεδομένων ως ένα μέτρο που θα καθησυχάζει τους ίδιους τους χρήστες. Συνεπώς λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που διαχειρίζεται το IoT επιβάλλεται η θέσπιση της προστασίας ειδικά όταν αναφερόμαστε σε εφαρμογές και υπηρεσίες παγκοσμίου επιπέδου. Τρανταχτό παράδειγμα αποτελούν οι επιθέσεις DoD/DDOS.

## 2.1 Εισαγωγή στη τεχνολογία NB-IoT

Το NB – IoT εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 2016. Συγκεκριμένα τον Αύγουστο του 2016 εμφανίστηκε ως κομμάτι της προδιαγραφής Release 13 που ανήκει στην 3GPP. Στην αρχή το NB – IoT εμφανίστηκε ως LTE CAT – M2. Πρόκειται για μία αναβάθμιση της προδιαγραφής LTE CAT – M1 που την χαρακτηρίζει η κατανάλωση χαμηλότερης ισχύος. Στόχος ουσιαστικά ενός NB – IoT συστήματος είναι η ευελιξία που παρουσιάζει το πρωτόκολλο LTE (Long Term Evolution) να προσαρμόζεται πάνω σε ένα σύστημα NB-IoT χρησιμοποιώντας μηδαμινή ενέργεια από το κινητό δίκτυο. Επίσης παρατηρείται η ικανότητα του δικτύου NB -IoT να συνεργάζεται άψογα με το δίκτυο LTE. Όπως προκύπτει από τα παραπάνω μπορεί ένα δίκτυο NB – IoT να χρησιμοποιεί ορισμένες από τις λειτουργίες LTE, ωστόσο ορισμένα χαρακτηριστικά έχουν εξαλειφθεί με στόχο την διατήρηση ενός απλούστερου προτύπου έτσι ώστε να είναι μικρό το κόστος κατασκευής αλλά και εξαιρετικά μικρή η ενεργειακή κατανάλωση.

Το δίκτυο NB-IoT ανήκει στα ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών στην κατηγορία των LPWAN καθώς το εύρος λειτουργίας του επεκτείνεται από ένα χιλιόμετρο έως και τα δέκα. Κατά βάση το NB- IoT αποτελεί μία επέκταση των LTE συστημάτων και χαρακτηρίζεται για την χρήση του σε κυψελοειδής συσκευές που διακρίνονται για το χαμηλό κόστος και τη μικρή κατανάλωση ενέργειας. Χάριν της μικρής κατανάλωσης ενέργειας παρατηρείται διάρκεια ζωής της μπαταρίας της τάξεως έως και δέκα έτη. Παράλληλα, προσφέρεται ευρεία κάλυψη ακόμη και στις πιο δυσπρόσιτες περιοχές. Η τεχνολογία NB-IoT δεν αποτελεί μία καινούργια τεχνολογία αλλά επέκταση καθώς και μία πιο βελτιωμένη έκδοση του LPWAN. Η ανάγκη δημιουργίας αυτού του πρωτοκόλλου προήλθε από το γεγονός πως στις συμβατικές τεχνολογίες παρατηρείται αυξημένο τόσο το λειτουργικό κόστος όσο και το κόστος συντήρησης και επιπλέον, δεν είναι εγγυημένη η ασφάλεια και η αξιοπιστία.

Με βάση τα παραπάνω, η τεχνολογία του NB-IoT επιτυγχάνει προσπέλαση των παραπάνω μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν τα συμβατικά πρωτόκολλα επικοινωνίας, καθώς διακρίνεται για την κάλυψη του δικτύου του σε ένα μεγάλο και αρκετά ικανοποιητικό ποσοστό, την διάρκεια ζωής της μπαταρίας που οφείλεται κατά βάση στη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, του χαμηλού κόστους λειτουργικότητας καθώς και της ασφάλειας που προσφέρει στο σύνολο του ένα σύστημα NB-IoT. Συνεπώς, η εδραίωση αυτής της τεχνολογίας μοιάζει εξαιρετικά ιδανική επιλογή για την δημιουργία μίας σύγχρονης κοινωνίας.

Η εδραίωση του NB-IoT δικτύου αποτυπώνεται και στατιστικά καθώς από το 2019 και έπειτα έχουν υλοποιηθεί συστήματα που κάνουν χρήση του συγκεκριμένου δικτύου σε περίπου 69 χώρες και από 140 διαφορετικούς φορείς. Οι πάροχοι των τηλεπικοινωνιακών δικτύων έχουν επενδύσει στο παρόν δίκτυο και αυτό διαφαίνεται καθώς μεγάλοι όμιλοι όπως η Vodafone και η Cosmote πλέον υλοποιούν ένα μεγάλο μέρος των εφαρμογών τους κάνοντας χρήση του NB-IoT δικτύου<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> [https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl\\_downloads/dl\\_application/application\\_notes/1ma266/1MA266\\_0e\\_NB\\_IoT.pdf](https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma266/1MA266_0e_NB_IoT.pdf)  
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Γεώργιος Πολύζος

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT  
 Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του NB-IoT.

Specification	NB – IoT Technology Support
Standard	3GPP (release 13 / 2016)
Operational Frequencies	Subset of LTE bands, standalone on GSM bands
Modulation	QPSK & BPSK
Coverage Range (Km)	1 (urban) / 10 (rural)
Data Rate (Kbps)	20 – 200 (DL) / 20 – 50 (UL)
Topology	Star

Πίνακας 1– Τα βασικά χαρακτηριστικά του NB-IoT [24]

Για την επίτευξη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των διάφορων συσκευών του NB – IoT χρησιμοποιούμε 2 είδη μετάδοσης των δεδομένων. Αυτά τα είδη προσδιορίζονται με βάση εάν κάνουμε χρήση IP ή όχι.

- Χρήση IP: Στο παρόν είδος μετάδοσης υποστηρίζονται τα πρωτόκολλα IPv4 και IPv6. Επίσης υποστηρίζεται και το πρωτόκολλο TCP ωστόσο δεν εμφανίζεται και ως καταλληλότερο λόγω του ότι χρησιμοποιεί μεγάλο όγκο δεδομένων.
- Μη χρήση IP: Το παρόν δίκτυο μετάδοσης προτιμάται για τον λόγο ότι προσφέρει μικρό όγκο μετάδοσης δεδομένων.

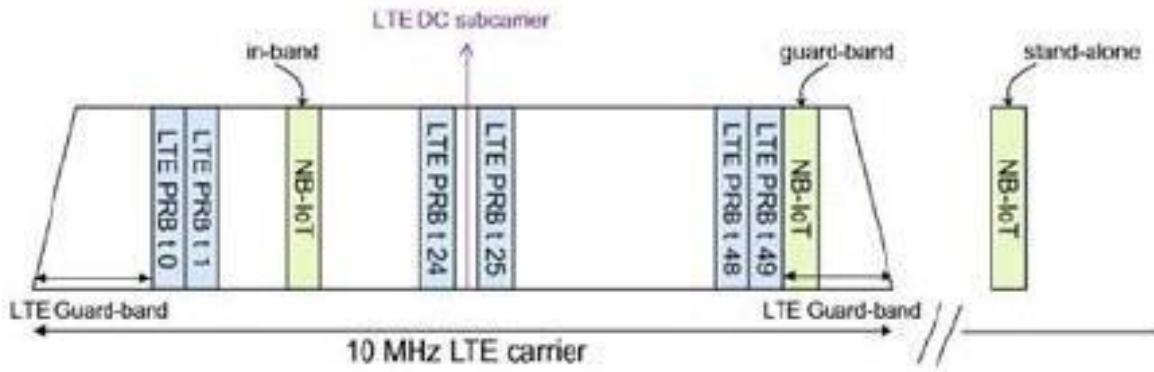
Αξίζει να σημειωθεί πως και στα 2 είδη μετάδοσης δεδομένων είναι εύκολη η χρήση πρωτοκόλλων όπως MQTT, oneM2M κ.α.

Στη συνέχεια παρατίθεται η εικόνα που προσδιορίζει τη μεταφορά των δεδομένων σε ένα δίκτυο NB- IoT.



Εικόνα 14 - Δίκτυο NB-IoT κάνοντας χρήση των δύο ειδών μεταφοράς δεδομένων<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Whitepaper NarrowBand IoT 2017: The Game Changer for the Internet of Things (English)  
 ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Γεώργιος Πολύζος



Εικόνα 15 - Παρουσίαση των τρόπων λειτουργίας του NB-IoT[25]

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα εξάγουμε τις εξής πληροφορίες:

- Stand-alone operation (Αυτόνομη λειτουργία): Στη συγκεκριμένη λειτουργία γίνεται χρήση των GSM ζωνών συχνοτήτων.
- Guard-band (Λειτουργία ζώνης προστασίας): Στη συγκεκριμένη λειτουργία γίνεται χρήση των μπλοκ πόρων που δεν χρησιμοποιούνται σε μία φέρουσα LTE (carrier).
- In-band (Λειτουργία εντός ζώνης): Στην συγκεκριμένη λειτουργία γίνεται χρήση των μπλοκ πόρων σε μία φέρουσα LTE (carrier)

Στην περίπτωση των λειτουργιών εντός ζώνης και ζώνης προστασίας (In-band operation & Guard-band) το δίκτυο χρησιμοποιεί αδειοδοτημένη ζώνη LTE ή GSM. Είναι γεγονός πως ένα δίκτυο NB – IoT μπορεί να συνδυαστεί με ένα LTE ή GSM κάτω από την ίδια ζώνη συχνότητας. Συνεπώς οι συχνότητες κάτω από τις οποίες μπορούν να συνυπάρξουν είναι για GSM (700, 800, 900 MHz) και για LTE (1-2 GHz). Τέλος στην αυτόνομη λειτουργία (Stand-alone operation) ένα δίκτυο NB – IoT λειτουργεί από μόνο του [25], [26], [27].

**Κατερχόμενη ζεύξη (downlink):** Σκοπός του δικτύου NB – IoT είναι με κάποιο τρόπο να επιτύχει διαίρεση της ζώνης συχνοτήτων στους Subcarriers. Αυτή η επίτευξη του στόχου γίνεται χρησιμοποιώντας την OFDM. Με την υλοποίηση ενός NB – IoT συστήματος δεν είναι αναγκαία η ταυτόχρονη λήψη και μετάδοση, ωστόσο θα πρέπει να επιτυγχάνεται αμφίδρομη επικοινωνία. Βασικό χαρακτηριστικό του NB – IoT είναι ότι χρησιμοποιεί τις τεχνικές διαμόρφωσης BPSK και QPSK [25].

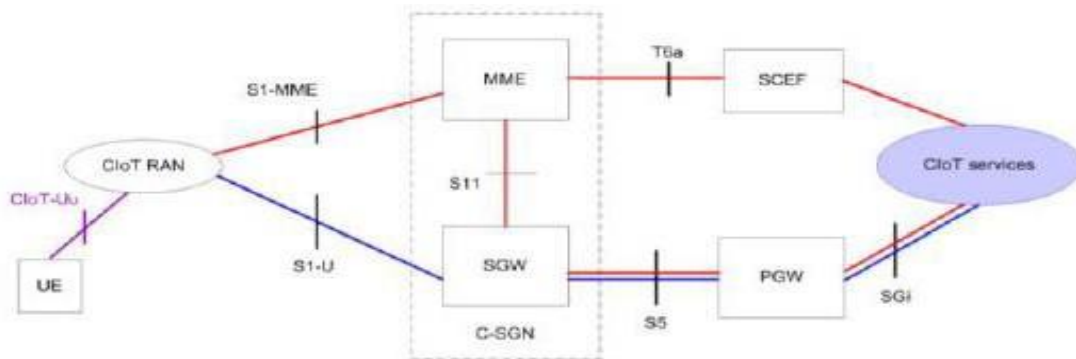
**Ανερχόμενη ζεύξη (uplink):** Ένα δίκτυο NB – IoT έχει τη δυνατότητα μετάδοσης multi-tone και single-tone. Αυτή η δυνατότητα πηγάζει από την ταχύτητα που μεταδίδονται τα δεδομένα της ανερχόμενης ζεύξης. Η μετάδοση multi – tone βασίζεται στο σχήμα πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση συχνότητας (SC – FDMA). Από την άλλη στην single – tone μετάδοση για γίνει η εκπομπή απαιτείται απλά ένα σήμα subcarrier (single – subcarrier). Το NB – IoT χρησιμοποιεί τις διαμορφώσεις BPSK και QPSK έναντι του LTE που χρησιμοποιεί την Quadrature Amplitude Modulation [25].



## 2.2 Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος NB-IoT

Ένα NB -IoT σύστημα αποτελείται από τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τον CN (Core Network): Είναι γνωστός ως Evolved Packet Core (EPC) και απαρτίζεται από λογικούς κόμβους.
- Ένα δίκτυο πρόσβασης E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network): Απαρτίζεται από έναν κόμβο και τα eNodeBS (Evolved NodeBS), και
- Τις συσκευές που απαρτίζουν το σύστημα UE (User Equipment)



Εικόνα 16 - Παρουσίαση της αρχιτεκτονικής ενός NB-IoT συστήματος<sup>9</sup>

Η αρχιτεκτονική του δικτύου NB – IoT είναι παρόμοια με του δικτύου LTE ωστόσο περιλαμβάνει κάποιες βελτιώσεις έτσι ώστε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες ενός IoT συστήματος. Το σύστημα είναι βασισμένο στο Evolved Packet System (EPS), ενώ υπάρχει και ένας κόμβος Service Capability Exposure Function (SCEF) που έχει ως στόχο να διαχειρίζεται τα δεδομένα. Επιπλέον, όπως φαίνεται στην εικόνα 12 υπάρχει το επίπεδο ελέγχου control panel CIoT EPS (control panel CIoT EPS) που διαδραματίζεται με κόκκινες γραμμές και το επίπεδο του χρήστη CIoT EPS (user plane CIoT EPS) που διαδραματίζεται με μπλε γραμμές.

Στο επίπεδο ελέγχου η επικοινωνία γίνεται από τον E – UTRAN. Έπειτα, η μετάδοση των δεδομένων γίνεται αρχικά στην SGW πύλη και αυτή την μεταβιβάζει στην πύλη PGW. Τα δεδομένα του συστήματος στέλνονται μέσω του κόμβου που είναι αρμόδιος για τη μετάδοση μη-IP δεδομένων όπου γίνεται έλεγχος της ταυτότητας και παρέχεται εξουσιοδότηση κάνοντας χρήση του SCEF.

Στο επίπεδο του χρήστη είτε γίνει χρήση IP είτε όχι τα πακέτα μεταδίδονται δια μέσω των δύο πυλών SGW και PGW. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται στο application server κάνοντας χρήση των radio bearers.

Τόσο στο επίπεδο του ελέγχου όσο και στο επίπεδο του χρήστη όσον αφορά τον έλεγχο και τα δεδομένα του χρήστη, επιλέγεται συνεχώς η βέλτιστη διαδρομή [25] , [26].

## 2.3 Η επικοινωνία ενός δικτύου NB-IoT

Ένα δίκτυο NB – IoT αποτελείται από τρία κανάλια κατερχόμενης ζεύξης (downlink) και δύο κανάλια ανερχόμενης ζεύξης (uplink). Στα LTE συστήματα υπάρχουν τρία επιπρόσθετα κανάλια κατερχόμενης ζεύξης και ένα ανερχόμενης. Ωστόσο, έχουν απαλειφθεί από ένα δίκτυο

<sup>9</sup> <http://www.techplayon.com/narrow-band-lte-narrow-band-iot-nb-iot/>

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT  
 NB – IoT για τον λόγο του ότι το συγκεκριμένο δίκτυο πρέπει να διατηρήσει την απλότητά του [25].

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σήματα και τα κανάλια που αποτελούν ένα δίκτυο NB-IoT.

Channel		Usage	
Uplink	NarrowBand Physical Uplink Shared Channel (NPUSCH)	Uplink dedicated data	Η δημιουργία του συγκεκριμένου καναλιού έχει γίνει με στόχο της μετάδοσης δεδομένων. Επίσης κάνοντας χρήση της HARQ (Hybrid Automatic Repeated Request) που πρόκειται για έναν συνδυασμό ελέγχου σφαλμάτων στέλνει μηνύματα Ack/Nack. Χαρακτηρίζεται για το εύρος της κάλυψης καθώς και τη διάρκεια ζωής τη μπαταρίας.
	NarrowBand Physical Random Access Channel (NPRACH)	Random Access	Με τον όρο NPRACH εννοούμε την διαδικασία που επιτρέπει στον χρήστη να πραγματοποιήσει σύνδεση με το eNodeB. Αρχικά γίνεται ο συγχρονισμός του σήματος εκπομπής κυψέλης και όταν φτάσει στο στάδιο λήψης των πληροφοριών διαμόρφωσης κυψέλης μεταδίδεται το σήμα NPRACH μέσω του UE. Το χαρακτηριστικό αυτής της διαδικασίας είναι ότι αποφεύγεται η παρεμβολή μεταξύ των χρηστών.
Downlink	NarrowBand Physical Downlink Shared Channel (NPDSCH)	Downlink Dedicated And Common Data	Το συγκεκριμένο κανάλι αποτελεί το βασικό κανάλι κατερχόμενης ζεύξης. Η χρήση του καναλιού NPDSCH έχει ως στόχο την υλοποίηση της μεταφοράς των δεδομένων του χρήστη στο UE. Ο ρόλος του συγκεκριμένου καναλιού είναι να υλοποιεί την μεταφορά του DL-SCH και του PCH για τους UEs του NB-IoT. Επιπλέον για το κανάλι NPDSCH ορίζονται τα 680 bits ως το μέγιστο μέγεθος μπλοκ μεταφοράς.
	NarrowBand Physical Downlink Control Channel (NPDCCH)	Uplink and Downlink scheduling information	Το συγκεκριμένο κανάλι έχει δημιουργηθεί με σκοπό την μεταφορά πληροφοριών για τον έλεγχο της κατερχόμενης ζεύξης. Τέτοιες πληροφορίες αφορούν τον UE που εκπέμπει το κανάλι NPDSCH, με ποια συχνότητα μεταδίδεται καθώς και τον χρόνο μετάδοσης. Επίσης το κανάλι NPDCCH περιλαμβάνει και τον DCI (δείκτη ελέγχου Downlink). Ο DCI αποσκοπεί στην μεταφορά των πληροφοριών κατερχόμενης και ανερχόμενης ζεύξης που αφορούν την κατανομή των πόρων.

	NarrowBand Physical Broadcast Channel (NPBCH)	Master Information for system access	<p>Πρόκειται για το βασικό κανάλι που είναι υπεύθυνο για την αποστολή των πληροφοριών στον εξοπλισμό του χρήστη.</p> <p>Το κανάλι NPBCH είναι υπεύθυνο για το MIB (Master Information Block). Πρόκειται για ένα μπλοκ πληροφοριών δικτύου που αναλύσει την παραμετροποίηση του δικτύου.</p> <p>Τέλος, χάρις το MIB επιτυγχάνεται η σύνδεση με τον eNodeB.</p>
	NarrowBand Synchronization Signal (NPSS/NSSS)	Time and frequency Synchronization	<p>Το NB-IoT με σκοπό να συγχρονίσει τον χρόνο και την συχνότητα χρησιμοποιεί τρία διαφορετικά σήματα. Συνεπώς έχουμε το πρωτεύον σήμα NPSS (NarrowBand Primary Synchronization Signal), το δευτερεύον σήμα NSSS (NarrowBand Secondary Synchronization Signal) και το σήμα NRS (NarrowBand Reference Signal).</p> <p>Όσον αφορά το σήμα NPSS, με τη χρήση του στοχεύουμε στην αναγνώριση της κυψέλης με σκοπό την επίτευξη της αρχικής σύνδεσης. Από την άλλη το σήμα NSSS είναι υπεύθυνο για την παροχή των πληροφοριών που απαιτούνται για την αποκωδικοποίηση του καναλιού NPBCH.</p>

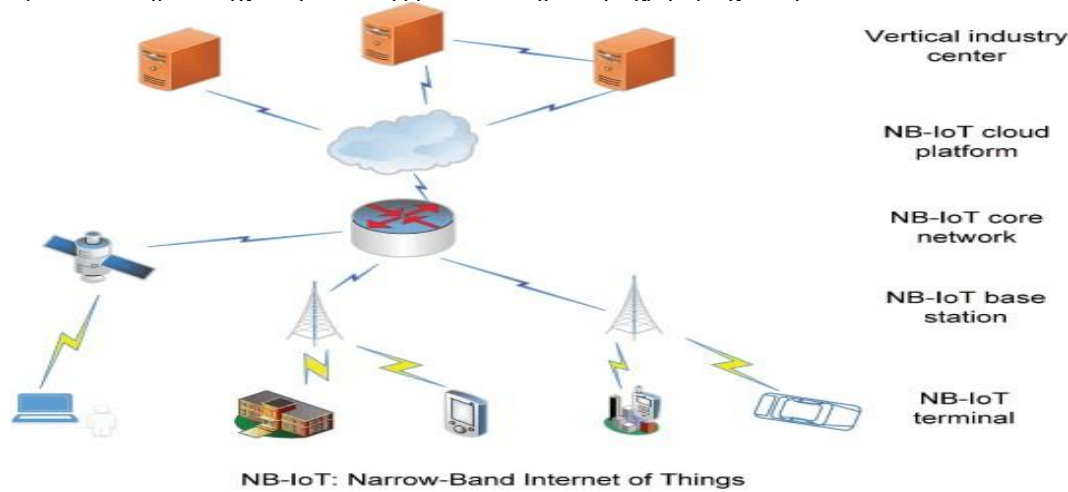
Πίνακας 2- Τα βασικά κανάλια και σήματα ενός δικτύου NB-IoT[25].

## 2.4 Οι κλάδοι ενός δικτύου NB-IoT

Στη συγκεκριμένη ενότητα θα αναγνωρισθούν και θα μελετηθούν οι πέντε βασικοί και αλληλένδετοι μεταξύ τους κλάδοι που συμπληρώνουν ένα λειτουργικό δίκτυο NB-IoT.

- Ο 1<sup>ος</sup> κλάδος ονομάζεται κάθετο επιχειρησιακό κέντρο. Αυτός ο κλάδος είναι υπεύθυνος για τα δεδομένα του δικτύου και επιπλέον εκεί γίνεται ο έλεγχος του τερματικού NB-IoT.
- Ο 2<sup>ος</sup> κλάδος ονομάζεται πλατφόρμα Cloud NB-IoT. Σε αυτό το κλάδο γίνεται η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων με τελικό σκοπό την προώθηση των συγκεκριμένων δεδομένων στο κλάδο του κάθετου επιχειρηματικού κέντρου ή στο τερματικό NB-IoT ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος.
- Ο 3<sup>ος</sup> κλάδος ονομάζεται κεντρικό δίκτυο NB-IoT. Ο συγκεκριμένος κλάδος είναι υπεύθυνος για τη διασύνδεση του σταθμού βάσης NB-IoT με το NB-IoT Cloud.
- Ο 4<sup>ος</sup> κλάδος ονομάζεται σταθμός βάσης NB-IoT. Ο συγκεκριμένος κλάδος αναφέρεται στους ομίλους που εκμεταλλεύονται το δίκτυο NB-IoT.
- Ο 5<sup>ος</sup> κλάδος ονομάζεται τερματικό NB-IoT. Αυτός ο κλάδος απαρτίζεται από τις διασυνδεδεμένες συσκευές IoT του συστήματος και έχει σαν προϋπόθεση τη χρησιμοποίηση της κατάλληλης κάρτας SIM για τη διασύνδεση στο δίκτυο.

Στην επόμενη εικόνα διαφαίνεται η δικτύωση του NB-IoT δικτύου σύμφωνα με όσα αναλύθηκαν προηγουμένως.



Εικόνα 17 - Δικτύωση του NB-IoT δικτύου<sup>10</sup>

## 2.5 Τα απαιτούμενα modems για τη διασύνδεση με το δίκτυο NB-IoT

Στο κλάδο της πληροφορικής χρησιμοποιούνται πολλών ειδών modules. Μία κατηγορία modules είναι και τα NB-IoT modules που επιτρέπουν την διασύνδεση στο δίκτυο NB-IoT. Όπως συμβαίνει και στα κοινότυπα module ο ρόλος του είναι αποκλειστικά η επίτευξη της ασύρματης διασύνδεσης. Όσον αφορά το μέγεθός τους, προσαρμόζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να συνδυάζουν την αξιοπιστία της αρχιτεκτονικής ενώ παράλληλα διατηρούν μικρό μέγεθος τόσο για αισθητικούς λόγους όσο και για την εξοικονόμηση του χώρου που απαιτείται για την υλοποίηση ενός πλήρους συστήματος. Εκτός από το μέγεθος του module σημαντικό σημείο αναφοράς αποτελεί η διασύνδεση του module. Συνεπώς, το βασικότερο γνώρισμα που θα πρέπει να έχει ένα τέτοιου είδους module είναι η εύκολη παραμετροποίηση έτσι ώστε να είναι φιλικό προς το χρήστη και να επιτυγχάνει διασύνδεση με όλα τα πρωτόκολλα IoT και όλους τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους.

Για τη λειτουργία ενός modem απαιτείται τροφοδοσία ρεύματος. Συνήθως, σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μπαταρίες και όχι απευθείας τροφοδοσία μέσω ρεύματος, οπότε προτιμώνται κατά βάση μπαταρίες που έχουν διάρκεια ζωής περίπου δέκα έτη καθιστώντας έτσι το σύστημα οικονομικά αποδοτικό.

Στην αγορά υπάρχουν διάφοροι κατασκευαστές τέτοιων modules. Κοινός γνώμονας όλων αποτελούν το χαμηλό κόστος, το μέγεθος καθώς και η επεκτασιμότητα που εμφανίζουν στη διασύνδεση στο εκάστοτε πρότυπο επικοινωνίας. Αυτά τα chips υποστηρίζουν 2G, 3G, 4G LTE, NB-IoT και πλέον επεκτείνονται και στα δίκτυα 5G. Ανάμεσα στους κατασκευαστές οι επικρατέστεροι που κυκλοφορούν στην αγορά, είναι οι:

- SIMCOM
- QUECTEL
- TELIT
- UBLOX

Τα συγκεκριμένα chips κατασκευάζονται κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να έχουν τη δυνατότητα να καλύπτουν ένα αρκετά μεγάλο φάσμα εφαρμογών και να ανταποκρίνονται άψογα σύμφωνα

<sup>10</sup> <https://translate.google.com/translate?hl=en&sl=vi&u=https://smartfactoryvn.com/technology/internet-of-things/so-sanh-lora-va-nb-iot-cong-nghe-iot-nao-phu-hop-cho-ban/&prev=search>  
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Γεώργιος Πολύζος

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστάματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT με τις απαιτήσεις του κάθε χρήστη, καθώς ανταποκρίνονται σε αρκετά είδη διάφορων τεχνολογιών.

## 2.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του NB-IoT

Στη συνέχεια αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας NB-IoT έναντι των άλλων συμβατικών τεχνολογιών.

Πλεονεκτήματα:

- Λόγω του ότι πρόκειται για τεχνολογία ασύρματης διασύνδεσης παρουσιάζει αυξημένη επεκτασιμότητα σχετικά με τις άλλες τεχνολογίες δικτύων LPWAN όπως π.χ. η LoRa που ανήκει στη κατηγορία μη αδειοδοτημένης ζώνης συχνοτήτων.
- Οι μπαταρίες παρουσιάζουν διάρκεια ζωής που αγγίζουν τα δέκα έτη.
- Συγκριτικά με τα συστήματα GSM παρέχεται ευρεία κάλυψη δικτύου.
- Υποστηρίζεται από διάφορους ομίλους παγκόσμια.
- Παρουσιάζει την ικανότητα μετάδοσης δεδομένων σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις.
- Τα chips που υποστηρίζουν το δίκτυο NB-IoT έχουν μηδαμινό κόστος σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες.

Μειονεκτήματα:

- Συγκριτικά με τη τεχνολογία LTE cat-M1 ο ρυθμός που αφορά την λήψη και την μεταμόρφωση των δεδομένων είναι μικρότερος.
- Δεν υποστηρίζεται η μετάδοση φωνητικών δεδομένων.
- Το Roaming δεν έχει ενσωματωθεί στη τεχνολογία αν και οι προβλέψεις υποστηρίζουν πως σύντομα θα ενταχθεί.

## 2.7 Επιμέρους σύγκριση των τεχνολογιών LoRa και NB-IoT

Στη συγκεκριμένη ενότητα θα μελετηθούν οι όποιες διαφορές προκύπτουν από τη σύγκριση των δύο τεχνολογιών. Οι κύριοι πυλώνες της σύγκρισης παρατίθενται στη συνέχεια:

Εμβέλεια δικτύου: Οι διαφορές των δύο τεχνολογιών όσον αφορά την εμβέλεια του δικτύου είναι εμφανής. Αρχικά η τεχνολογία LoRa στοχεύει πιο πολύ στην ακτίνα εκπομπής. Αυτό γίνεται κατανοητό εάν παρατηρήσουμε πως η ακτίνα κάλυψης αγγίζει τα 15Km σε αγροτικές περιοχές ενώ στις αστικές αγγίζει μετά βίας τα 5Km. Από την άλλη η τεχνολογία NB-IoT αγγίζει σε αγροτικές περιοχές τα 10Km ενώ στις αστικές περιορίζεται στο 1Km. Αυτό συμβαίνει διότι ενώ η τεχνολογία LoRa αποσκοπεί στην μεγαλύτερη εκπομπή λήψης η τεχνολογία NB-IoT ενδιαφέρεται κυρίως για τη λήψη σήματος υπό πιο αντίξοες συνθήκες όπως είναι ενδεχομένως ένα υπόγειο ενός καταστήματος ή γενικά σε χώρους που είναι δύσκολη η εκπομπή και λήψη σήματος [28].

Quality of services (Qos): Αρχικά να υπογραμμιστεί πως η τεχνολογία NB-IoT ανήκει στην κατηγορία των αδειοδοτημένων ζωνών συχνότητας. Επιπλέον έχει σχεδιαστεί στα πρότυπα LTE συστημάτων. Η συγκεκριμένη αναφορά μας επιτρέπει να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα πως η ποιότητα των υπηρεσιών είναι βέλτιστη για συστήματα που χρησιμοποιούν τεχνολογίες NB-IoT. Από την άλλη η τεχνολογία LoRa ανήκει στην κατηγορία μη αδειοδοτημένων ζωνών συχνότητας. Συνεπώς απαιτούνται περισσότερες διαδρομές μεταξύ των κλάδων καθ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνει μεταδόσεις χωρίς παρεμβολές. Εν κατακλείδι στις περιπτώσεις που κρίνεται αναγκαία η ποιότητα της υπηρεσίας είναι προτιμότερη η χρήση δικτύου NB-IoT έναντι της

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστάματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT LoRa [28] , [26].

Υποστήριξη μεγάλου αριθμού συσκευών: Και στις δυο περιπτώσεις τεχνολογιών παρατηρούμε πως υπάρχει η δυνατότητα διασύνδεσης παραπάνω από μία συσκευή. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι απόρροια του φυσικού κόσμου και της σύγχρονης κοινωνίας που απαιτεί την εν σύνδεση πολλών συσκευών κατά την ίδια χρονική στιγμή με στόχο την αλληλεπίδραση των συσκευών μεταξύ τους για την καλύτερη δυνατή λειτουργία οποιουδήποτε ευφυούς συστήματος. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της τεχνολογίας NB-IoT είναι η διασύνδεση 54K – 99K συσκευών ανά κλάδο. Από την άλλη φαίνεται πως η τεχνολογία NB-IoT υπερέχει της LoRa και στην αποστολή δεδομένων και συγκεκριμένα έχει την ικανότητα αποστολής 1600 bytes όταν η τεχνολογία της LoRa περιορίζεται στα 243 bytes [28].

Εξοικονόμηση Ενέργειας και Διάρκεια ζωής μπαταρίας: Παρατηρείται πως στην τεχνολογία της LoRa οι συσκευές εξοικονομούν ενέργεια και συγκεκριμένα η διάρκεια μπαταρίας είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την τεχνολογία NB-IoT. Αυτό συμβαίνει κατά κύριο λόγο εξαιτίας της αλληλεπίδρασης της ποιότητας των υπηρεσιών (QoS) με την τεχνολογία NB-IoT. Συμπερασματικά σε περιπτώσεις που δεν κρίνεται αναγκαία η αποστολή μεγάλου όγκου δεδομένων προτιμάται η LoRa Class A, διαφορετικά την καλύτερη επιλογή αποτελεί το NB-IoT LoRa [28], [26].

Εξοικονόμηση Χρημάτων και Κόστος των Τεχνολογιών: Στην συνέχεια παρατίθεται ένας ενδεικτικός πίνακας κόστους αξιοποίησης τεχνολογιών NB-IoT και LoRa. Αυτά τα κόστη αναφέρονται κυρίως στις συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση του συστήματος, η ανάπτυξη δικτύου και η ηλεκτρονική πλατφόρμα που θα αναπαρίστανται τα δεδομένα. Ενδεικτικά τα αποτελέσματα που πάρθηκαν από αυτή την σύγκριση είναι τα παρακάτω.

	Spectrum Cost	Deployment Cost	End-device cost
LoRaWAN	Free	>100€/gateway >1.000€/base station	3-5€
NB-IoT	>500.000.000 €/MHz	>15.000€/base station	>20€

Πίνακας 3 - Κόστος υλοποίησης συστημάτων με χρήση τεχνολογιών LoRa και NB-IoT[28], [26].

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως είτε κάνοντας χρήση τεχνολογιών NB-IoT είτε τεχνολογιών LoRa υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και στις δύο περιπτώσεις. Οπότε, για την επιλογή της καταλληλότερης τεχνολογίας δεν υπάρχει προφανής απάντηση. Για αυτόν τον λόγο η επιλογή καθορίζεται από εκάστοτε εφαρμογή που τίθεται προς υλοποίηση καθώς και τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.

#### Εφαρμογή χρήσης τεχνολογιών LoRa και NB-IoT στη σύγχρονη κοινωνία:

Είναι πλέον γνωστό πως τα δύο μοντέλα τεχνολογιών παρουσιάζουν ορισμένες διαφορές. Οι διαφορές αυτές ωστόσο τους επιτρέπουν είτε να καλύψουν ορισμένες εφαρμογές του IoT είτε

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT ένα κομμάτι τους. Εν κατακλείδι παρατηρούμε πως οι τεχνολογίες αυτές είναι αλληλένδετες και είτε η μία είτε η άλλη έχουν την ικανότητα να καλύψουν όλες τις ανάγκες που δημιουργούνται στο φυσικό κόσμο της σύγχρονης κοινωνίας στα πλαίσια του ΙοΤ. Επιγραμματικά ορισμένες από αυτές τις εφαρμογές είναι:

- Έλεγχος πρόσβασης σε οποιοδήποτε χώρο
- Ευφύες σύστημα ποτίσματος
- Έξυπνος φωτισμός
- Έξυπνο πάρκινγκ
- Ευφύες σύστημα περιθαλψης
- Ευφύες σύστημα μέτρησης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος

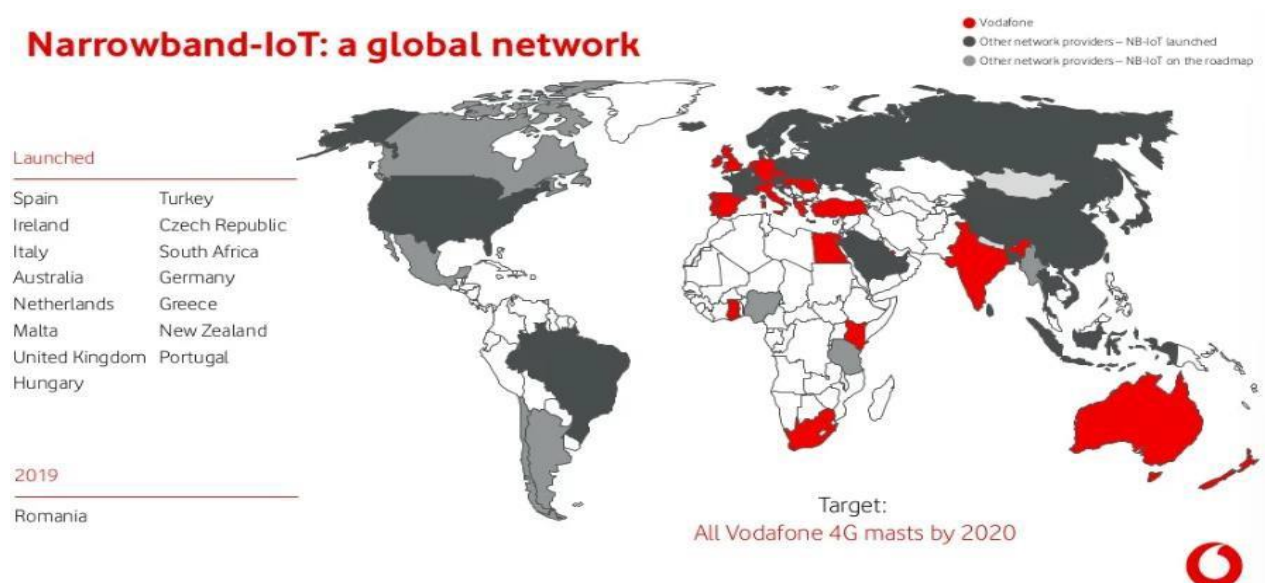
## 2.8 Αξιοποίηση τεχνολογιών NB-IoT από τους διάφορους ομίλους στην Ελλάδα

Η τεχνολογία NB-IoT προσφέρεται στην Ελλάδα από διάφορους παρόχους, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι όμιλοι της Vodafone και της Cosmote. Χάριν στο δίκτυο του NB-IoT προσφέρονται στο χρήστη εκατοντάδες λύσεις που στόχο έχουν την ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε αυτόν της ψηφιακής πλατφόρμας και προσφέρεται μία δυνατότητα του χρήστη να εξατομικεύσει όλες του τις συσκευές και να μπορεί να τις ελέγχει καθώς και να καθορίζει τις λειτουργίες τους σε πραγματικό χρόνο χωρίς να απαιτείται η ανθρώπινη αλληλεπίδραση.

Ορισμένα από τα προτερήματα που προσφέρει το NB-IoT είναι:

- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας: Οι μπαταρίες είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε οι συσκευές που χρησιμοποιούνται χρειάζονται μόνο μία φόρτιση. Πληροφοριακά με μία μόνο φόρτιση επιτυγχάνουμε αυτόνομη λειτουργία που διαρκεί έως και 10 έτη.
- Ισχυρή κάλυψη: Η αποστολή δεδομένων βελτιώνεται ακόμη και σε δυσπρόσιτα σημεία ή οπουδήποτε αλλού όπου με συμβατικές τεχνολογίες δεν θα είχαμε την δυνατότητα λήψης και αποστολής.
- Ασφάλεια των χρηστών: Επιτυγχάνεται προστασία και ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων του κάθε χρήστη.

Στη παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η κάλυψη του NB-IoT από το δίκτυο της Vodafone:



## 2.9 Αναδρομή στη πρώτη εφαρμογή που υλοποιήθηκε από τον όμιλο της Ελλάς Vodafone

Κατά την διάρκεια του 19<sup>ου</sup> Infocom World Congress παρουσιάστηκε από την Ελλάς Vodafone η πρώτη εφαρμογή που υλοποιήθηκε στην Ελλάδα κάνοντας χρήση τεχνολογιών NB-IoT του δικτύου της Vodafone. Πρόκειται για ένα ευφύες σύστημα παρακολούθησης κυψελών των μελισσών από απόσταση. Το ευφύες σύστημα αυτό αναπτύχθηκε από μία θυγατρική εταιρεία του ομίλου της Vodafone, την Zelitron. Σκοπός της ανάπτυξης του ευφούς συστήματος ήταν η επίτευξη της εξ' αποστάσεως διαχείρισης των μελισσών. Με αυτόν τον τρόπο παρέχονται στους μελισσοκόμους συγκεκριμένα εργαλεία και δεδομένα που ελαχιστοποιούν τους πόρους και το χρόνο που σε αντίθετη περίπτωση θα κρίνονταν αναγκαίο να σπαταλήσουν. Συγκεκριμένα ο εκάστοτε μελισσοκόμος κάνοντας χρήση των τεχνολογιών NB-IoT μπορεί να προβεί σε παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών, του βάρους της κάθε κυψέλης εστιάζοντας με πιο πολλές λεπτομέρειες στην παραγωγική διαδικασία. Τέλος, ο εξοπλισμός του χρήστη παρουσιάζει την δυνατότητα της συλλογής δεδομένων που αφορούν τον εντοπισμό της κυψέλης. Συνεπώς, σε περίπτωση που κάποιος μετακινήσει την κυψέλη η προσπαθήσει να υποκλέψει ποσότητα της παραγωγής υπάρχει η δυνατότητα ειδοποίησης του χρήστη.

## 2.10 Αναδρομή στις διάφορες εφαρμογές που υλοποιήθηκαν από τον όμιλο της Cosmote

### Smart Wine:

Μία από τις πιο χαρακτηριστικές εφαρμογές που υλοποιήθηκαν από τον όμιλο της Cosmote αποτελεί η εφαρμογή διασφάλισης της ποιότητας οίνου. Αυτή η εφαρμογή δημιουργήθηκε σε συνεργασία με ένα οινοποιείο χρησιμοποιώντας το NB-IoT και στόχος ήταν η εξασφάλιση την καλύτερης ποιότητας του κρασιού από το πρώτο βήμα της παραγωγής μέχρι το σημείο που φτάνει στο καταναλωτή.

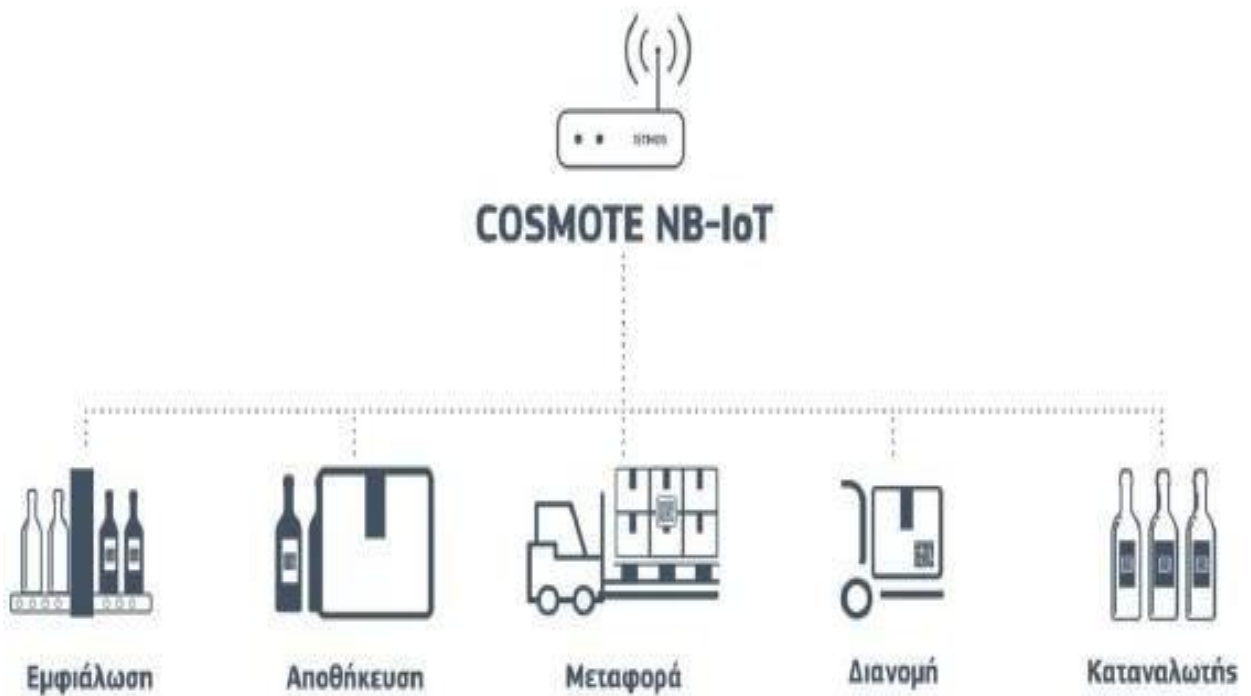
Αρχικά, δημιουργήθηκε μία έξυπνη εφαρμογή η οποία παρέχει στο χρήστη δεδομένα που αφορούν τη διαδικασία της παραγωγής, την διανομής καθώς και της λήψης του τελικού προϊόντος στο καταναλωτή. Στο συγκεκριμένο ευφύες σύστημα έχουν τοποθετηθεί ειδικοί αισθητήρες που συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τη θερμοκρασία, την υγρασία, την αποθήκη του διανομέα καθώς και την τελική μεταφορά. Τελικώς, όλα τα δεδομένα συλλέγονται σε μία πλατφόρμα κάνοντας χρήση του δικτύου NB-IoT της Cosmote<sup>12</sup>.

Στην παρακάτω εικόνα περιγράφεται η εφαρμογή της διασφάλισης του οίνου:

<sup>11</sup> <https://www.slideshare.net/DuncanPurves/vodafones-nbiot-rollout>

<sup>12</sup> [https://www.cosmote.gr/cs/business/gr/new\\_smart\\_wine.html](https://www.cosmote.gr/cs/business/gr/new_smart_wine.html)  
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Γεώργιος Πολύζος





Εικόνα 19 - Η εφαρμογή της διασφάλισης του οίνου

#### Asset Tracker:

Μία από τις πιο γνωστές εφαρμογές στο χώρο των επιχειρήσεων αποτελεί η εφαρμογή Asset Tracker. Αυτή η εφαρμογή κάνει χρήση της τεχνολογία του NB-IoT και προσφέρει τις εξής δυνατότητες:

- Το πλήρη έλεγχο των στοιχείων της εκάστοτε επιχείρησης.
- Τη συλλογή δεδομένων μέσα από ορισμένους αισθητήρες που έχουν ενταχθεί στο σύστημα και αφορούν τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας κ.α.
- Τη λήψη αποτελεσμάτων ώστε να διασφαλίζεται η αποφυγή επερχόμενων φθορών.

Κάνοντας χρήση της τεχνολογίας NB-IoT έναντι συμβατικών τεχνολογιών διασφαλίζεται η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας καθώς παρέχεται μεγάλη αυτονομία. Τέλος, για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιούνται ειδικοί αισθητήρες που ενσωματώνουν λειτουργίες GPS ενώ η προβολή των αποτελεσμάτων γίνεται μέσω μια ηλεκτρονικής εφαρμογής που διατίθεται για κινητά τηλέφωνα ή και υπολογιστή<sup>13</sup>.

#### Ευφυές σύστημα έξυπνου φωτισμού / στάθμευσης και διαχείριση υδάτων:

Οι πρώτες εφαρμογές που υλοποιήθηκαν από τον όμιλο της Cosmote και κάνει χρήση της τεχνολογίας NB-IoT αποτελεί το ευφυές σύστημα έξυπνης στάθμευσης καθώς και του έξυπνου φωτισμού. Για την υλοποίηση αυτών των εφαρμογών επιτευχθεί συνεργασία με το Δήμο Πάτρας.

<sup>13</sup> <https://www.naftemporiki.gr/story/1615629/lusi-apomakrusmenis-diaxeirisis-eksoplismou-epixeiriseon-meso-diktuou-nb-iot-apo-tin-cosmote>

*Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT*

Για την υλοποίηση αυτών των συστημάτων χρησιμοποιήθηκαν ειδικοί αισθητήρες στάθμευσης και φωτισμού. Συγκεκριμένα, όσον αφορά το σύστημα της στάθμευσης οι αισθητήρες ειδοποιούν τους χρήστες για το πλήθος των ελεύθερων θέσεων στάθμευσης ενώ παράλληλα τους παρέχουν πληροφορίες της συγκεκριμένης τοποθεσίας μέσω ειδικής εφαρμογής που έχει δημιουργηθεί. Από την άλλη, το ευφύες σύστημα έξυπνου φωτισμού έχει την δυνατότητα να επιλέγει τον κατάλληλο φωτισμό μέσω της συλλογής δεδομένων από τους αισθητήρες που του επιτρέπει να έχει πρόσβαση σε πληροφορίες που αφορούν την ώρα της ημέρας για την επιλογή της βέλτιστης έντασης του φωτισμού<sup>14</sup>.

Επιπλέον, από τον όμιλο της Cosmote σε συνεργασία με το Δήμο της Μονεμβασιάς δημιουργήθηκε ένα ευφύες σύστημα διαχείρισης υδάτων κάνοντας χρήση τεχνολογιών NB-IoT. Συγκεκριμένα, με σκοπό τη διαχείριση των υδάτων προστέθηκαν ειδικοί αισθητήρες και μετρητές για τη συλλογή δεδομένων καθώς και ελεγκτές για την πίεση του νερού. Με την υλοποίηση του συγκεκριμένου συστήματος ο Δήμος Μονεμβασιάς στοχεύει στη συλλογή δεδομένων που αφορούν τη πίεση του νερού, την ποιότητά του καθώς και στη διασφάλιση αποφυγής διαρροών<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> <https://www.capital.gr/market-news/3202838/cosmote-to-mellon-ton-exupnon-poleon-pilotika-stin-patra>

<sup>15</sup> <https://www.capital.gr/technology/3483171/cosmote-i-texnologia-summaxos-gia-na-ginoun-oi-poleis-mas-pio-filikes-kai-anthropines>

### 3.1 Εισαγωγή στο ευφύες σύστημα ελέγχου πρόσβασης

Το σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT είναι ένα ευφύες σύστημα που επιτρέπει τον έλεγχο και τη διαχείριση της πρόσβασης σε καταστήματα, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία NB-IoT για την ασύρματη σύνδεση και επικοινωνία μεταξύ των συσκευών.

Το σύστημα περιλαμβάνει IoT συσκευές που είναι τοποθετημένες στην είσοδο του καταστήματος, όπως αισθητήρες, κλειδαριές και κάμερες καθώς και έναν κεντρικό διακομιστή που χρησιμοποιεί την τεχνολογία NB-IoT για τη συνδεσιμότητα και την ανταλλαγή δεδομένων με τις συσκευές.

Τα βασικά στοιχεία του συστήματος ελέγχου πρόσβασης με την χρήση NB-IoT περιλαμβάνουν:

- **Αισθητήρες πρόσβασης:** Οι αισθητήρες που τοποθετούνται στην είσοδο του καταστήματος ανιχνεύουν την προσέγγιση και την αποχώρηση των πελατών. Μπορεί να πρόκειται για αισθητήρες κίνησης, αισθητήρες προσέγγισης ή αισθητήρες βασισμένους στην αναγνώριση προσώπου.
- **Ασύρματη συνδεσιμότητα:** Οι συσκευές IoT στο σύστημα επικοινωνούν με τον κεντρικό διακομιστή μέσω της τεχνολογίας NB-IoT, που παρέχει αξιόπιστη και ασφαλή ασύρματη συνδεσιμότητα.
- **Κεντρικός διακομιστής:** Ο κεντρικός διακομιστής λαμβάνει τα δεδομένα από τους αισθητήρες και λαμβάνει αποφάσεις βάση αυτών. Μπορεί να προγραμματίζει τη λειτουργία των κλειδαριών, να παρέχει πρόσβαση σε εξουσιοδοτημένα άτομα, να καταγράφει γεγονότα και να παρέχει αναφορές για την πρόσβαση.
- **Εφαρμογή και διαχείριση:** Η εφαρμογή συστήματος ελέγχου πρόσβασης επιτρέπει τη διαχείριση των παραμέτρων και των ρυθμίσεων του συστήματος, καθώς και την παρακολούθηση των γεγονότων και των αναφορών.

Με την υλοποίηση ενός ευφυούς συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα κάνοντας χρήση τεχνολογιών NB-IoT, επιτυγχάνεται βελτιωμένη ασφάλεια, ευκολία χρήσης, παρακολούθηση του φυσικού καταστήματος σε πραγματικό χρόνο αλλά και απομακρυσμένη διαχείριση.

Σε ένα ευφύες σύστημα είναι πολύ πιθανόν να εμφανιστούν και ορισμένες δυσλειτουργίες. Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η προστασία του συστήματος από οποιαδήποτε απειλή. Μία επικείμενη δυσλειτουργία του ευφυούς συστήματος μπορεί να οφείλεται στις καιρικές συνθήκες. Δεν αποτελεί απειλή μόνο για το ευφύες σύστημα καθώς όπως γίνεται αντιληπτό, στην καθημερινότητά των ατόμων πολλά αντικείμενα δυσλειτουργούν και αυτό οφείλεται στις καιρικές συνθήκες. Συνεπώς απαιτείται η διασφάλιση της προστασίας του συστήματος. Η προστασία του συστήματος μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους. Ένας εξ' αυτών είναι η παροχή του δικτύου σε μία άλλη πηγή ή χρησιμοποιώντας κάποιους προστατευτικούς μηχανισμούς που θα διασφαλίζουν την ακεραιότητα των αισθητήρων.

Επιπλέον, λόγω του ότι οι ανάγκες πληθύνονται καθημερινά, οι πλατφόρμες και τα λογισμικά δεν ενδείκνυνται για όλα τα συστήματα εξίσου ικανοποιητικά. Συνεπώς πρέπει να μελετηθεί μακροσκελώς η επεκτασιμότητα των συστημάτων.

Τέλος, με την έλευση ενός ευφυούς συστήματος δεν σημαίνει ότι πρέπει απαραίτητα να καταργηθούν οι παραδοσιακοί τρόποι λειτουργίας ενός καταστήματος. Αντιθέτως, κρίνεται αναγκαία η επίτευξη της αλληλεπίδρασης της ψηφιακής πλατφόρμας με τον φυσικό κόσμο.

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστάματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT  
Μόνο έτσι θα αποκομιστούν τα μέγιστα οφέλη και από τις δύο πλευρές και θα οδηγηθεί η σύγχρονη κοινωνία στην αντιμετώπιση των προβλημάτων που την ταλανίζει.

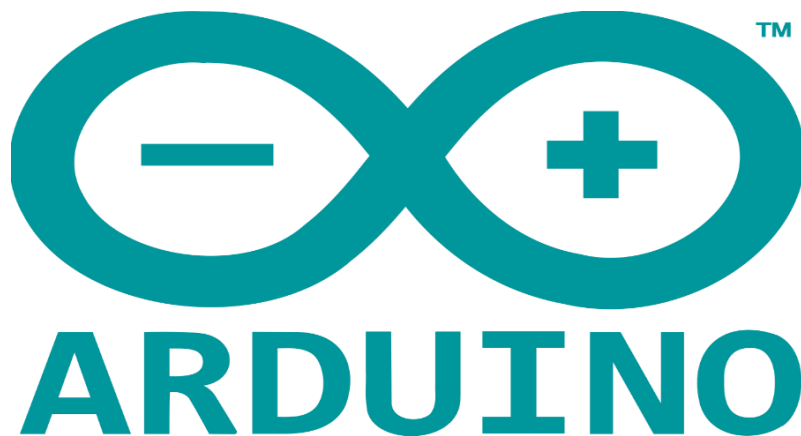
### 3.2 Εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος

Για την υλοποίηση της παρούσας Δ.Ε. χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά και εξαρτήματα:

- 1 x Πλακέτα Arduino Uno Rev3
- 1 x Πλακέτα Waveshare NB-IoT/Cat-M/GPRS/GNSS HAT – SIM7070G
- 1 x Display 16x2 character LCD – 3.3V Blue
- 1 x Πλακέτα Breadboard 300 οπών
- 1 x Plexiglass με διαστάσεις (Π14,5 x Μ15,5) cm και πάχους 1,4 cm
- 2 x Αισθητήρες υπέρυθρων (IR Proximity Sensors)
- 1 x Servo Motor
- Jumpers

#### 3.2.1 Πλακέτα Arduino Uno Rev3

Η συγκεκριμένη πλακέτα (Arduino Uno Rev3) αποτελεί την βασική πλακέτα από τις υπάρχουσες που ενσωματώνουν τεχνολογία Arduino. Η χρήση της ενδείκνυται τόσο για μαθησιακό επίπεδο όσο και για πιο πολύπλοκες κατασκευές. Πρόκειται ουσιαστικά για μία μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα. Αποτελείται από έναν ενσωματωμένο μικροελεγκτή και διάφορους εισόδους και εξόδους. Μπορούμε να προγραμματίσουμε την πλακέτα μας σε γλώσσα C++ καθώς και οι υπάρχουσες βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούνται υλοποιούνται στην ίδια γλώσσα. Μία οποιαδήποτε πλακέτα Arduino ενδείκνυται για υλοποίηση διάφορων εφαρμογών καθώς έχει την δυνατότητα να συνδεθεί σε έναν υπολογιστή μέσω Max/MSP, Pure Data, SuperCollider και Processing.



Εικόνα 20 - Λογότυπο Arduino<sup>16</sup>

Χαρακτηριστικά Πλακέτας Arduino:

- Μικροελεγκτής: ATmega328
- Αρχιτεκτονική ελεγκτή: RISK
- Τάση λειτουργίας: 5 VDC
- Τάση εισόδου: 7 – 12 VDC

<sup>16</sup> <https://www.arduino.cc/>  
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Γεώργιος Πολύζος

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

- Ψηφιακές εισοδοί/έξοδοι: 14
- PWM έξοδοι: 6
- Αναλογικές εισοδοί: 6
- Μέγιστο ρεύμα ανά ακροδέκτη εξόδου: 20 mA
- Μνήμη Flash: 32 KB
- Μνήμη SRAM: 2 KB
- Μνήμη EEPROM: 1 KB
- Συχνότητα συγχρονισμού: 16 MHz
- Βάρος Πλακέτας: 25g
- Διαστάσεις Πλακέτας (Μ x Π): 68.6mm x 53.4mm

Στη συνέχεια απεικονίζεται η πλακέτα Arduino Uno Rev3



Εικόνα 21 - Πλακέτα Arduino Uno Rev3<sup>17</sup>

### 3.2.2 Πλακέτα Waveshare NB-IoT/Cat-M/GPRS/GNSS HAT – SIM7070G

Πρόκειται για ένα τσιπ τηλεπικοινωνιών (SIM7070) που υποστηρίζει ζώνες όπως NB-IoT/Cat-M/GPRS και λειτουργία εντοπισμού θέσης GNSS. Παρουσιάζει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που το κάνουν ιδανικό για την ανάπτυξη IoT συστημάτων, όπως το μικρό του μέγεθος, η χαμηλή καθυστέρηση καθώς και η ευρεία κάλυψη.



Εικόνα 22 - Πλακέτα Waveshare NB-IoT/Cat-M/GPRS/GNSS HAT – SIM7070G<sup>18</sup>

<sup>17</sup> <https://www.actuellelectronics.gr/el/plaketa-arduino-uno-rev3-original-44520>

<sup>18</sup> <https://grobotronics.com/waveshare-nb-iot-cat-m-gprs-gnss-hat-sim7070g.html>  
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Γεώργιος Πολύζος

Χαρακτηριστικά πλακέτας Waveshare NB-IoT/Cat-M/GPRS/GNSS HAT – SIM7070G:

- Πρωτοκόλλα επικοινωνίας: TCP,UDP,HTTP,LWM2M,COAP,MQTT
- Υποστήριξη γεωεντοπισμού: GNSS
- UART: 1
- Κάρτα SIM (1,8V): ναι
- Ενδεικτικές λυχνίες LED: 2
- Baudrate: 300~3686400 bps
- Τροφοδοσία: 5VDC
- Τάση λειτουργίας: 5V / 3,3V
- Κατανάλωση ρεύματος: 41mA
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -40°C ~ 85°C
- Θερμοκρασία αποθήκευσης: -45°C ~ 90°C
- Διαστάσεις (Μ x Π): 30,50x65,00mm

Προδιαγραφές πλακέτας:

Ζώνη:

- NB-IoT: B1/B2/B3/B4/B5/B8/B12/B13/B18/B19/B20/B25/B26/B28/B66/B71/B85
- Cat-M: B1/B2/B3/B4/B5/B8/B12/B13/B14/B18/B19/B20/B25/B26/B27/B28/B66/B85
- GSM/GPRS/EDGE: 850/900/1800/1900

Ρυθμός δεδομένων:

- NB-IoT: 136Kbps (DL)/150Kbps (UL)
- Cat-M: 589Kbps (DL)/1119Kbps (UL)
- GPRS: 85,6Kbps (DL)/85,6Kbps (UL)
- EDGE: 236.8Kbps (DL)/236.8Kbps (UL)

Υποστήριξη κάρτας SIM: Κάρτα (NB-IoT/Cat-M/2G) SIM = 1,8V<sup>19</sup>

### 3.3 Χρήση λογισμικών που απαιτούνται για την ανάπτυξη του συστήματος

- Arduino Software (IDE)
- Tera Term & Terminal.exe

#### 3.3.1 Arduino Software (IDE)

Το Arduino Software (IDE) είναι ένα ενσωματωμένο περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό και την ανάπτυξη εφαρμογών για τις πλατφόρμες Arduino. Είναι ένα δωρεάν και ανοιχτού κώδικα πρόγραμμα που παρέχει ένα εύχρηστο περιβάλλον για την επεξεργασία του κώδικα, τη μεταγλώττιση και το μεταμορφωτή (upload) του προγράμματος στη πλακέτα Arduino.

---

<sup>19</sup> [https://www.waveshare.com/wiki/SIM7070G\\_Cat-M/NB-IoT/GPRS\\_HAT](https://www.waveshare.com/wiki/SIM7070G_Cat-M/NB-IoT/GPRS_HAT)  
ΠΑΔΑ, Τμήμα Η&ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Γεώργιος Πολύζος

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT  
Οι βασικές λειτουργίες του Arduino Software (IDE) περιλαμβάνουν:

- **Επεξεργασία:** Το IDE παρέχει έναν ενσωματωμένο κειμενογράφο για τη συντακτική επεξεργασία του κώδικα. Υποστηρίζει βασικές λειτουργίες όπως επισήμανση σύνταξης, αυτόματη συμπλήρωση κώδικα, αναδίπλωση κώδικα και αναγνώριση σύνταξης για γλώσσες προγραμματισμού.
- **Μεταγλώττιση:** Το IDE παρέχει εργαλεία για τη μεταγλώττιση του κώδικα και τον έλεγχο σφαλμάτων. Μετά τη μεταγλώττιση, γίνεται η μεταμόρφωση του προγράμματος στη πλακέτα Arduino μέσω της σειριακής θύρας ή γενικά κάποιας διαθέσιμης σύνδεσης.
- **Ενσωματωμένες βιβλιοθήκες:** Το IDE περιλαμβάνει μία ευρεία γκάμα από ενσωματωμένες βιβλιοθήκες που παρέχουν έτοιμες συναρτήσεις και λειτουργίες για διάφορες εφαρμογές. Οι χρήστες μπορούν να εισάγουν αυτές τις βιβλιοθήκες στο πρόγραμμα τους για να επεκτείνουν τις δυνατότητες της πλακέτας Arduino.
- **Παράθυρο ελέγχου:** Το IDE παρέχει ένα παράθυρο ελέγχου (Serial Monitor) που επιτρέπει την αναγνώριση και την αποστολή δεδομένων μέσω της σειριακής θύρας της πλακέτας Arduino. Αυτό είναι χρήσιμο για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του Arduino και του υπολογιστή.

Συνεπώς, το Arduino Software (IDE) είναι ένα ευέλικτο και δημοφιλές περιβάλλον ανάπτυξης αλγορίθμου κατάλληλο για αρχάριους και έμπειρους προγραμματιστές που επιθυμούν να αναπτύξουν εφαρμογές μέσω της πλατφόρμας Arduino.

### 3.3.2 Tera Term και Terminal.exe

**Tera Term:** Το Tera Term είναι ένα ελεύθερο και ανοιχτού κώδικα λογισμικό τερματικού που χρησιμοποιείται για την απομακρυσμένη σύνδεση και διαχείριση συσκευών μέσω πρωτοκόλλου σειριακής επικοινωνίας. Πρόκειται για ένα πολύ δημοφιλές εργαλείο, ιδιαίτερα χρήσιμο για την επικοινωνία με διάφορες συσκευές όπως μικροελεγκτές, δρομολογητές, διακομιστές κ.λπ.

Οι βασικές λειτουργίες του Tera Term περιλαμβάνουν:

- **Σειριακή επικοινωνία:** Το Tera Term υποστηρίζει τη σειριακή επικοινωνία μεταξύ του υπολογιστή και μιας συσκευής μέσω πρωτοκόλλων. Μπορεί να συνδεθεί με συσκευές που διαθέτουν θύρες σειριακής επικοινωνίας, όπως μικροελεγκτές ή δικτυακοί εξομοιωτές.
- **Απομακρυσμένη σύνδεση:** Το Tera Term επιτρέπει την απομακρυσμένη σύνδεση και διαχείριση συσκευών μέσω διάφορων πρωτοκόλλων, όπως το Telnet, SSH και άλλα. Μπορεί να συνδεθεί με δικτυακές συσκευές, διακομιστές και άλλες απομακρυσμένες συσκευές.
- **Απεικόνιση δεδομένων:** Το Tera Term παρέχει επιλογές για την απεικόνιση και την επεξεργασία δεδομένων που λαμβάνονται από τη συσκευή. Μπορεί να εμφανίσει πληροφορίες όπως κείμενο, κωδικοποίηση χρωμάτων, γραφήματα και πίνακες.
- **Συγκεκριμένες λειτουργίες:** Το Tera Term προσφέρει πολλές χρήσιμες λειτουργίες όπως αποστολή/λήψη αρχείων, δυνατότητα δημιουργίας σεναρίων (scripts), δυνατότητα αποθήκευσης και φόρτωσης ρυθμίσεων, και δυνατότητα αυτόματης σύνδεσης.

Επομένως, το Tera Term είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για όσους ασχολούνται με την απομακρυσμένη σύνδεση και τον έλεγχο συσκευών μέσω πρωτοκόλλου σειριακής επικοινωνίας.

**Terminal.exe:** Το Terminal.exe είναι το εκτελέσιμο αρχείο ενός προγράμματος τερματικού (terminal) σε ένα λειτουργικό σύστημα. Το τερματικό είναι μία εφαρμογή που επιτρέπει στους

*Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT*  
χρήστες να επικοινωνούν με το λειτουργικό σύστημα και να εκτελούν εντολές ή να διαχειρίζονται απομακρυσμένες συσκευές ή υπηρεσίες.

Το terminal.exe στο περιβάλλον των Windows αναφέρεται στο εκτελέσιμο αρχείο που ανοίγει ένα παράθυρο τερματικού. Μέσω αυτού του παραθύρου, ο χρήστης μπορεί να εισάγει εντολές και να αλληλοεπιδρά με το λειτουργικό σύστημα. Το terminal.exe επιτρέπει την εκτέλεση διάφορων

εντολών, την πλοήγηση στο σύστημα αρχείων, την αναζήτηση πληροφοριών και άλλες λειτουργίες που σχετίζονται με το λειτουργικό σύστημα.

Άρα, το terminal.exe αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για προγραμματιστές, διαχειριστές συστήματος και χρήστες που απαιτούν πρόσβαση σε γραμμή εντολών ή επιθυμούν να διαχειριστούν το σύστημα τους μέσω εντολών.

### **3.4 Η ψηφιακή πλατφόρμα του συστήματος**

Για την υλοποίηση του ευφυούς συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα επιλέχθηκε η ψηφιακή πλατφόρμα του ThingSpeak. Το ThingSpeak είναι μία ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα για το IoT που παρέχει λειτουργίες για τη συλλογή, την αποθήκευση, την ανάλυση και την οπτικοποίηση δεδομένων από συνδεδεμένες συσκευές. Η πλατφόρμα ThingSpeak παρέχει ένα πλήρες περιβάλλον διαχείρισης για την ανάπτυξη εφαρμογών IoT και την παρακολούθηση συνδεδεμένων συσκευών.

Ορισμένα βασικά στοιχεία και χαρακτηριστικά του ThingSpeak περιλαμβάνουν:

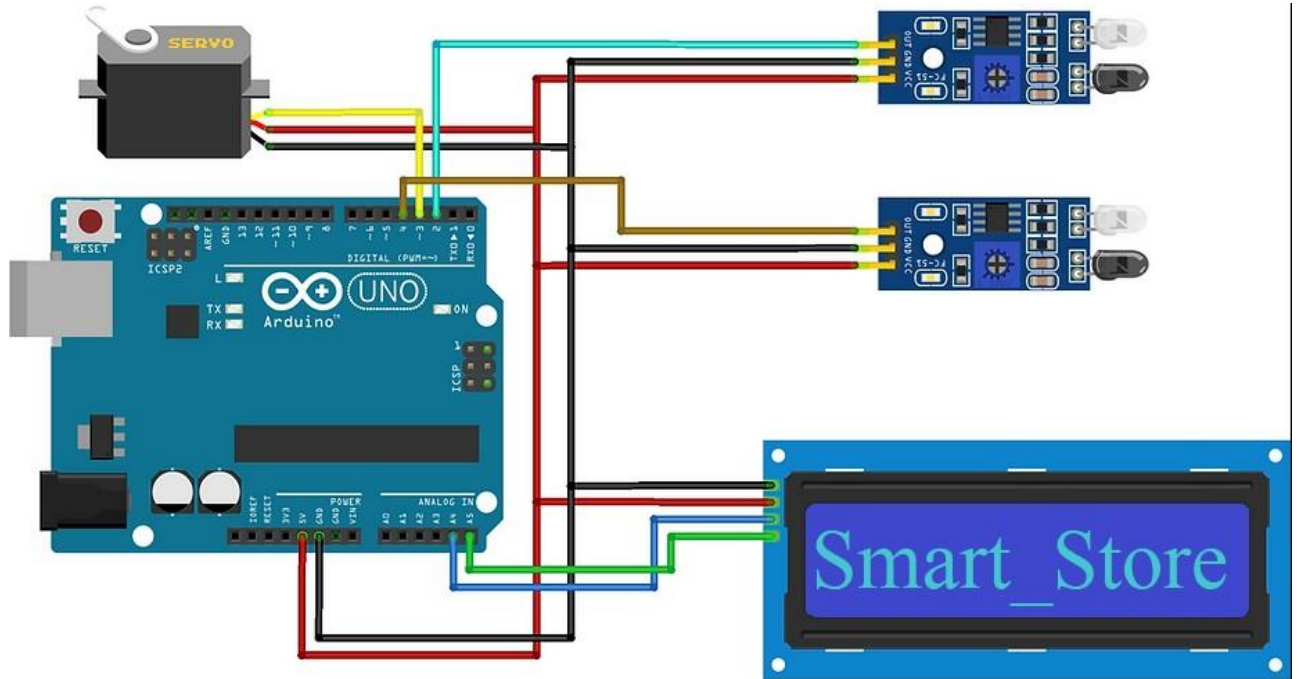
- Διαχείριση συσκευών: Το ThingSpeak παρέχει λειτουργίες διαχείρισης συνδεδεμένων συσκευών, όπως η εγγραφή συσκευών, απομακρυσμένη διαμόρφωση και ενημέρωση λογισμικού.
- Συλλογή και αποθήκευση δεδομένων: Το ThingSpeak μπορεί να συλλέγει και να αποθηκεύει δεδομένα από διάφορες συσκευές IoT. Υποστηρίζει πρωτόκολλα όπως MQTT, CoAP και HTTP για την αποστολή και τη λήψη δεδομένων.
- Διαχείριση κανόνων και αυτοματισμού: Το ThingSpeak παρέχει ένα σύστημα διαχείρισης κανόνων που επιτρέπει τον ορισμό και την εκτέλεση κανόνων βάσει δεδομένων αισθητήρων και ενεργειών. Αυτό επιτρέπει την υλοποίηση λειτουργιών αυτοματισμού και ενεργειών απόκρισης.
- Οπτικοποίηση δεδομένων: Το ThingSpeak παρέχει δυνατότητες οπτικοποίησης δεδομένων μέσω γραφημάτων, γραφικών, πινάκων και ελέγχου πραγματικού χρόνου. Οι χρήστες μπορούν να προσαρμόσουν και να δημιουργήσουν προσαρμοσμένα πίνακες ελέγχου για την απεικόνιση των δεδομένων που τους ενδιαφέρουν.
- Διαχείριση χρηστών και δικαιωμάτων πρόσβασης: Το ThingSpeak επιτρέπει τη διαχείριση των χρηστών, των ομάδων χρηστών και των δικαιωμάτων πρόσβασης. Αυτό επιτρέπει τον περιορισμό της πρόσβασης σε δεδομένα και λειτουργίες μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Εν κατακλείδι, η ηλεκτρονική πλατφόρμα του ThingSpeak αποτελεί μία πλατφόρμα IoT με πλούσια λειτουργικότητα και δυνατότητες που επιτρέπει την αποτελεσματική ανάπτυξη, διαχείριση και παρακολούθηση εφαρμογών IoT. Είναι σχεδιασμένο για να παρέχει ευκολία χρήσης και επεκτασιμότητα, καθιστώντας το κατάλληλο για μικρές έως μεγάλες εφαρμογές IoT.



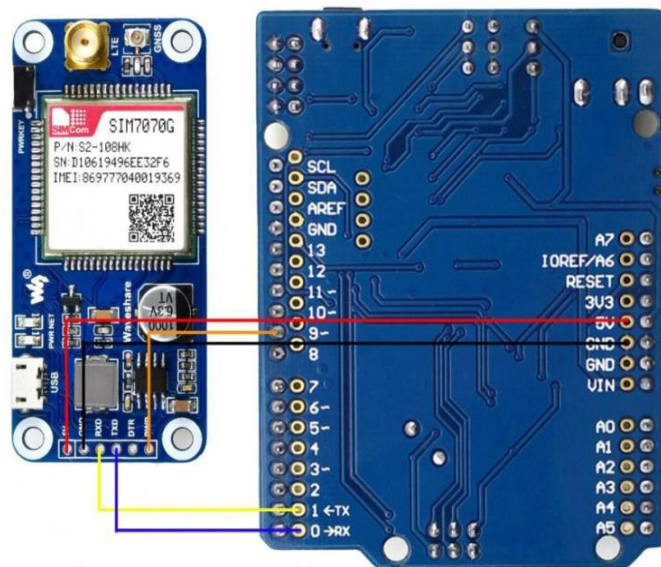
### 3.5 Περιγραφή της υλοποίησης του συστήματος

Αρχικά, έγινε η διασύνδεση των λοιπών μερών για την ανάπτυξη του συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα. Αξίζει να σημειωθεί, πως σε αυτό το βήμα δεν έχει ενσωματωθεί στο σύστημα η πλακέτα Waveshare NB-IoT/Cat-M/GPRS/GNSS-HAT SIM7070G. Πρόκειται ουσιαστικά για το βασικό σύστημα λειτουργίας του καταστήματος. Στη παρακάτω εικόνα αποτυπώνεται η συνδεσμολογία του συστήματος μεταξύ του Arduino, των αισθητήρων του συστήματος καθώς και του Display 16x2 character LCD – 3.3V Blue.



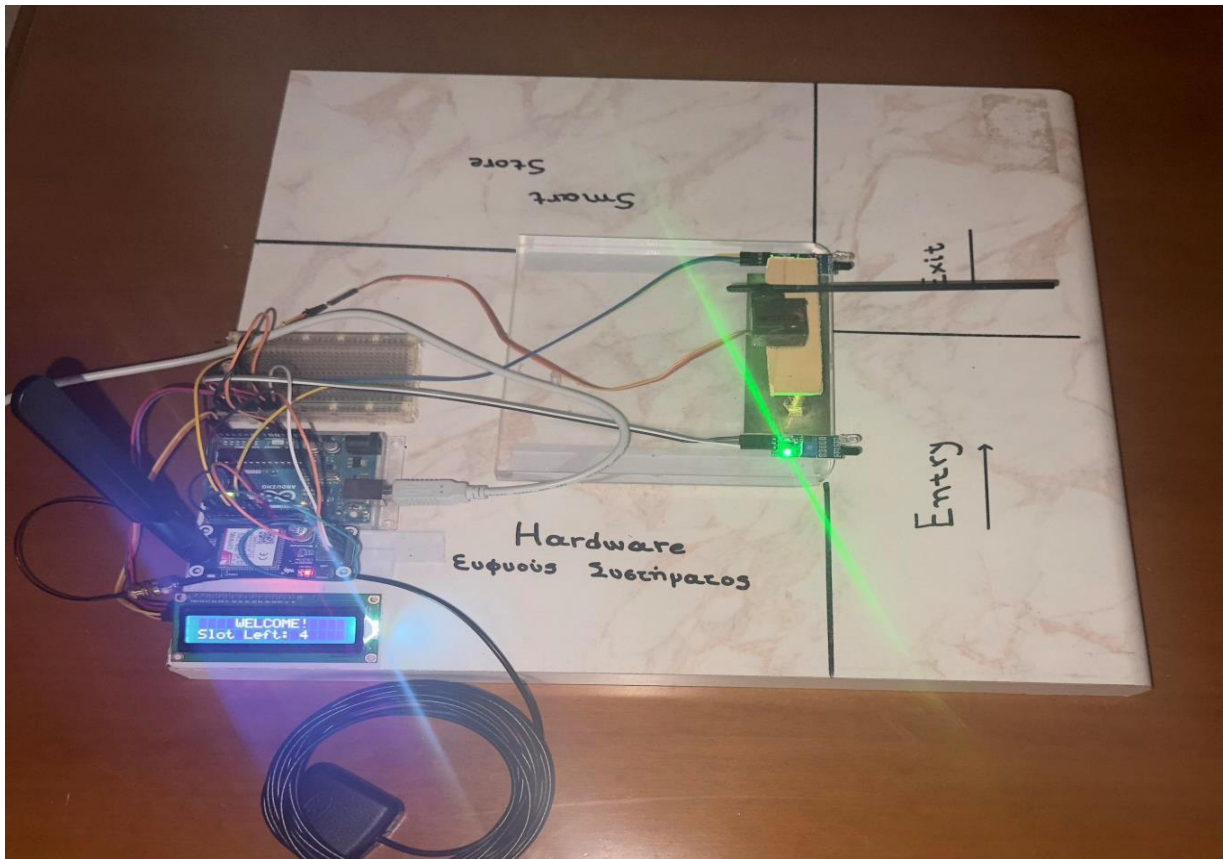
Εικόνα 23 - Το βασικό κύκλωμα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα

Στο επόμενο βήμα έγινε η διασύνδεση της πλακέτας του Arduino Uno με την πλακέτα του module Waveshare SIM7070G. Η διασύνδεση αυτή φαίνεται στη παρακάτω εικόνα και έχει ως στόχο την διασύνδεση του συστήματος στο NB-IoT δίκτυο της Cosmote κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται στο χρήστη η αποστολή δεδομένων του φυσικού καταστήματος σε μία ηλεκτρονική πλατφόρμα σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 24 - Η διασύνδεση μεταξύ Arduino Uno και module SIM7070g

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT  
Από τη στιγμή που έγινε η διασύνδεση του Arduino Uno με το module SIM7070g υλοποιήθηκε το πλήρες ευφυές σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα. Η υλοποίηση του συστήματος έγινε πάνω σε μία μακέτα και παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα ως εξής:



Εικόνα 25 - Αποτύπωση του ευφυούς συστήματος σε μακέτα

Μετά και την διασύνδεση της πλακέτας Waveshare NB-IoT/Cat-M/GPRS/GNSS HAT SIM7070G στο σύστημα ελέγχου πρόσβασης έγινε η προσπάθεια διασύνδεσης του συστήματος στο δίκτυο NB-IoT της Cosmote. Τα αποτελέσματα της διασύνδεσης φαίνονται αναλυτικά στα αποτελέσματα που πάρθηκαν από το Serial Monitor του περιβάλλοντος του Arduino IDE και φαίνονται στη παρακάτω εικόνα.

```
Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM11') Both NL & CR 9600 baud
21:05:54.766 -> AT
21:05:54.809 -> OK
21:05:55.809 -> AT+CGATT=1
21:05:55.809 -> OK
21:05:56.843 -> AT+CMMP=38
21:05:56.843 -> OK
21:05:57.832 -> AT+CMNB=2
21:05:57.832 -> OK
21:05:58.860 -> AT+CBANDCFG="NB-IOT",20
21:05:58.860 -> OK
21:05:59.886 -> AT+CGDCONT=1,"IPV6","iot"
21:05:59.886 -> OK
21:06:00.877 -> AT+COBS=1,2,"20201"
21:06:00.925 -> OK
21:06:01.921 -> AT+CGNAPN
21:06:01.921 -> +CGNAPN: 1,"iot"
21:06:01.955 ->
21:06:01.955 -> OK
21:06:02.913 -> AT+CGREG?
21:06:02.956 -> +CGREG: 0,1
21:06:02.956 ->
21:06:02.956 -> OK
21:06:03.944 -> AT+CSQ?
21:06:03.944 -> +CSQI: LTE NB-IoT,Online,202-01,0x1F40,26143561,56,E
```

Εικόνα 26 – Αποτελέσματα του Serial Monitor στο περιβάλλον του Arduino IDE

“AT”: Αυτό είναι το πρώτο μήνυμα που αποστέλλεται, με στόχο τον έλεγχο για την ανταπόκριση της συσκευής. Το “OK” που ακολουθεί αποτελεί την απάντηση που επιβεβαιώνει πως η εντολή εκτελέστηκε με επιτυχία.

“AT+CGATT=1”: Αυτή η εντολή ρυθμίζει τη σύνδεση GPRS Attach. Το “OK” επιβεβαιώνει ότι η σύνδεση έχει ενεργοποιηθεί επιτυχώς.

“AT+CNMP=38”: Αυτή η εντολή ρυθμίζει τον τύπο του δικτύου σε Narrowband IoT (NB-IoT). Το “OK” που ακολουθεί αποτελεί την απάντηση που επιβεβαιώνει πως η εντολή εκτελέστηκε με επιτυχία.

“AT+CMNB=2”: Αυτή η εντολή ρυθμίζει τον αριθμό των συνολικών συχνοτήτων που θα αναζητηθούν σε μία ευρεία περιοχή. Σε αυτή την περίπτωση, ρυθμίζεται σε 2. Αυτό σημαίνει, ότι η συσκευή θα προσπαθήσει να βρει και να συνδεθεί σε ένα δίκτυο NB-IoT χρησιμοποιώντας δυο διαφορετικές συχνότητες. Η επιλογή αυτή μπορεί να γίνει ανάλογα με το δίκτυο NB-IoT που είναι διαθέσιμο στη περιοχή καθώς και τις προδιαγραφές της συσκευής. Το “OK” που ακολουθεί αποτελεί την απάντηση που επιβεβαιώνει πως η εντολή εκτελέστηκε με επιτυχία.

“AT+CBANDCFG=“NB-IoT”,20”: Αυτή η εντολή ρυθμίζει την παράμετρο BAND. Σύμφωνα, με τις προδιαγραφές του παρόχου Cosmote ορίζεται στα 20. Το “OK” που ακολουθεί αποτελεί την απάντηση που επιβεβαιώνει πως η εντολή εκτελέστηκε με επιτυχία.

“AT+CGDCONT=1,“IPV6”,“iot””: Αυτή η εντολή ρυθμίζει το πρωτόκολλο σύνδεσης σε “IPV6” και το όνομα του σημείου πρόσβασης APN σε “iot”. Το “OK” που ακολουθεί αποτελεί την απάντηση που επιβεβαιώνει πως η εντολή εκτελέστηκε με επιτυχία.

“AT+COPS=1,2, “20201””: Αυτή η εντολή ρυθμίζει τον φορέα (Operator) και ορίζει την παράμετρο PLMN ίση με 20201. Το “OK” που ακολουθεί αποτελεί την απάντηση που επιβεβαιώνει πως η εντολή εκτελέστηκε με επιτυχία.

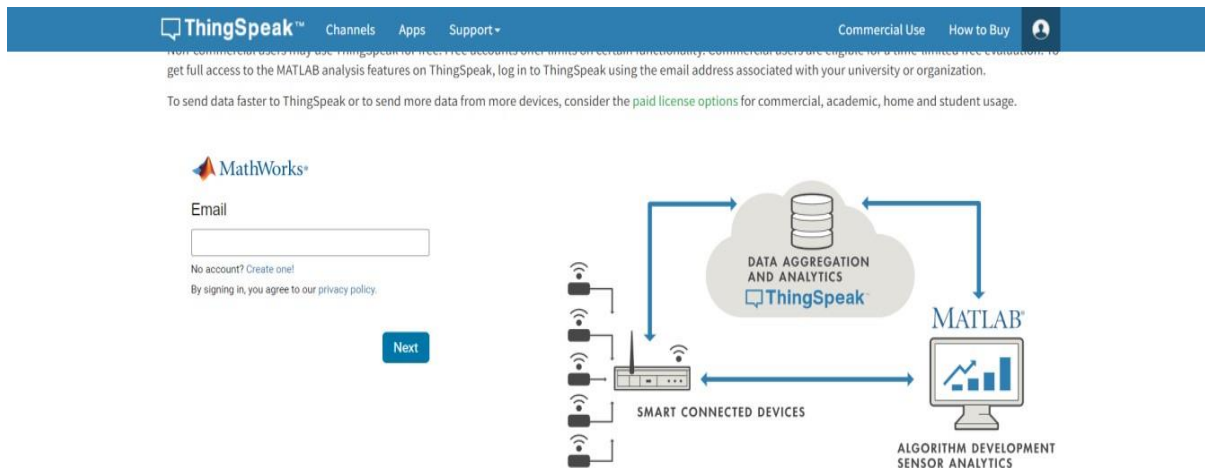
“AT+CGNAPN””: Αυτή η ανακτά το όνομα του APN εφόσον έχει οριστεί σωστά. Το “OK” που ακολουθεί αποτελεί την απάντηση που επιβεβαιώνει πως η εντολή εκτελέστηκε με επιτυχία.

“AT+CGREG?”: Αυτή η εντολή ελέγχει τη κατάσταση της καταχώρησης στο δίκτυο (Registration Status). Ο κωδικός “+CGREG” αναφέρεται στο πρωτόκολλο εγγραφής στο γενικό κατάλογο των εντολών AT. Το “0” σημαίνει ότι πρόκειται για την κατάσταση της εγγραφής στο κατάλογο των καθολικών σταθμών (PS), και το “1” υποδηλώνει ότι η εγγραφή είναι ενεργή. Συνεπώς, η συσκευή είναι εγγεγραμμένη στο δίκτυο. Τέλος, το “OK” υποδηλώνει ότι η εντολή εκτελέστηκε με επιτυχία.

“AT+CPSI?”: Αυτή η εντολή επιστρέφει τις πληροφορίες του δικτύου. Τέτοιου είδους πληροφορίες αποτελούν ο τύπος του δικτύου, η κατάσταση καθώς και διάφορες άλλες πληροφορίες. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επιστρέφει το τύπο του δικτύου (LTE NB-IoT), την κατάσταση (online), τον φορέα (202-01) και διάφορες άλλες πληροφορίες που αφορούν τη σύνδεση με το δίκτυο NB-IoT.

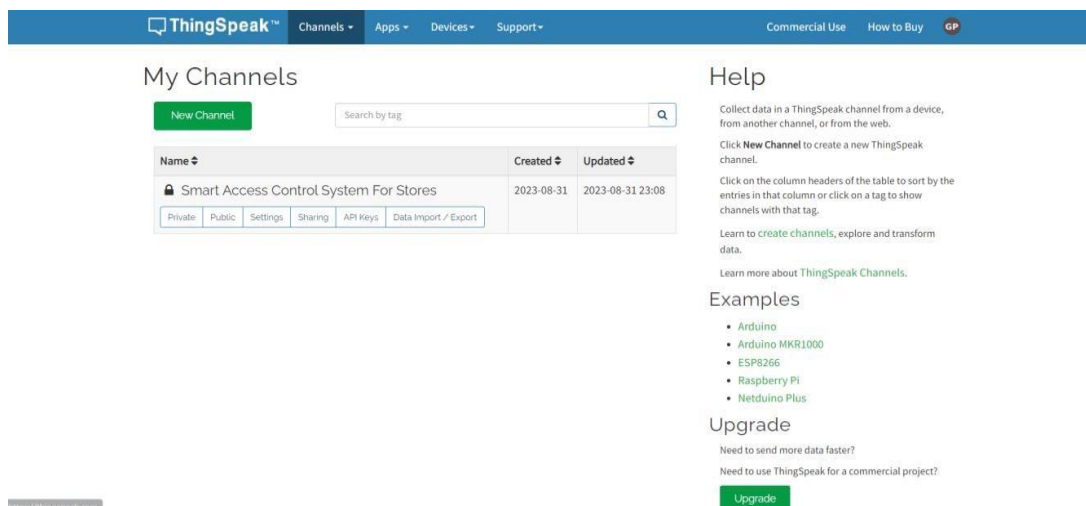
Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT. Έπειτα, έγινε η επιλογή της ψηφιακής πλατφόρμας του ThingSpeak. Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη ηλεκτρονική πλατφόρμα διότι παρουσιάζει ένα βασικό χαρακτηριστικό σε σχέση με τις υπόλοιπες πλατφόρμες. Το ThingSpeak προσφέρει μία δωρεάν επιλογή για τη δημιουργία λογαριασμού, προσφέροντας τη δυνατότητα αποστολής, επεξεργασίας και λήψης δεδομένων χωρίς επιβάρυνση κόστους.

Ανοίγοντας τη ψηφιακή πλατφόρμα του ThingSpeak ο κάθε χρήστης είναι υποχρεωτικό να δημιουργήσει έναν λογαριασμό (σε περίπτωση που δεν υπάρχει ήδη) και στη συνέχεια να κάνει την είσοδο του χρησιμοποιώντας το e-mail και το password που έχει ορίσει. Η εικόνα που θα βλέπει ο χρήστης τη στιγμή που προσπαθεί να κάνει την είσοδο του στο ThingSpeak παρουσιάζεται στη συνέχεια.



Εικόνα 27 - Είσοδος του χρήστη στο ThingSpeak

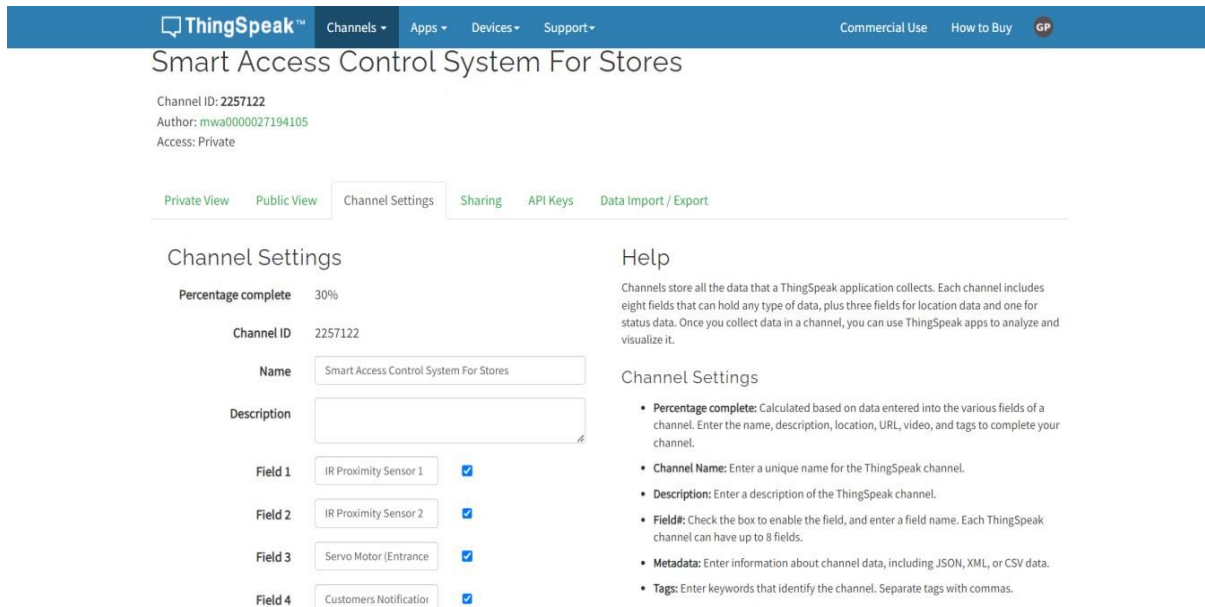
Στη συνέχεια, και αφού έχει ολοκληρωθεί το βήμα της δημιουργίας του λογαριασμού καθώς και της εισόδου στη πλατφόρμα του ThingSpeak απαιτείται η δημιουργία ενός καναλιού για την αποστολή των δεδομένων του ευφυούς συστήματος. Ο χρήστης δημιουργεί αυτό το κανάλι επιλέγοντας την ενότητα “New Channel” και στη συνέχεια παραμετροποιεί το κανάλι σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε συστήματος. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η δημιουργία του καναλιού για το ευφυές σύστημα έχοντας οριστεί ως “ Smart Access Control System for Stores” για τις ανάγκες της παρούσας Δ.Ε.



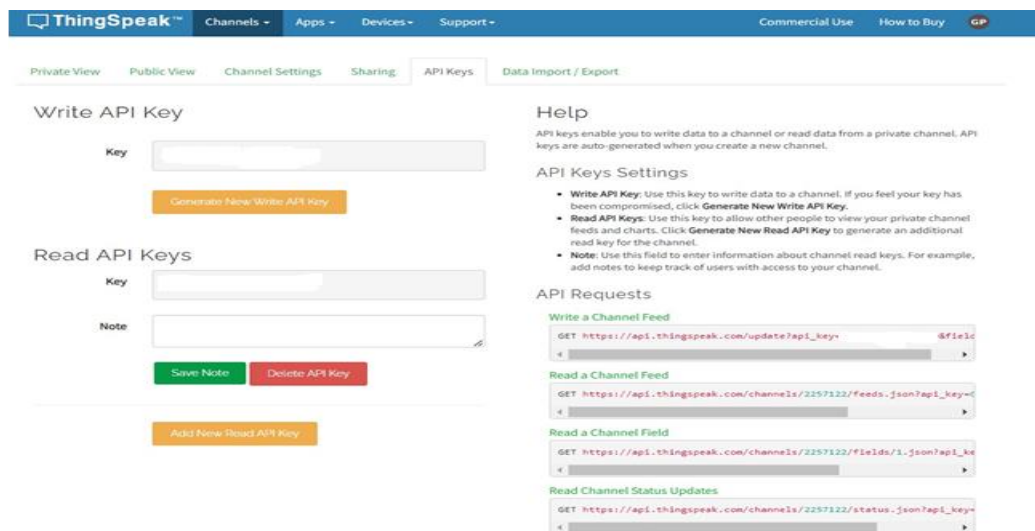
Εικόνα 28 - Δημιουργία καναλιού στο ThingSpeak

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

Τέλος, για την ολοκλήρωση της ψηφιακής πλατφόρμας με στόχο την οπτικοποίηση των δεδομένων του συστήματος απαιτείται η διαμόρφωση του καναλιού καθώς και η λήψη του μοναδικού “API KEY” μέσω του οποίου γίνεται η διασύνδεση του συστήματος με το ThingSpeak. Ο “API KEY” είναι μοναδικός για κάθε σύστημα και επιτρέπει δηλώνοντάς τον στο περιβάλλον του Arduino IDE την άμεση διασύνδεση του συστήματος με τη πλατφόρμα ThingSpeak. Οι δύο εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζουν την διαμόρφωση του καναλιού καθώς και την ενότητα των API REQUEST που στη συνέχεια θα ενσωματωθούν στο περιβάλλον του Arduino IDE.



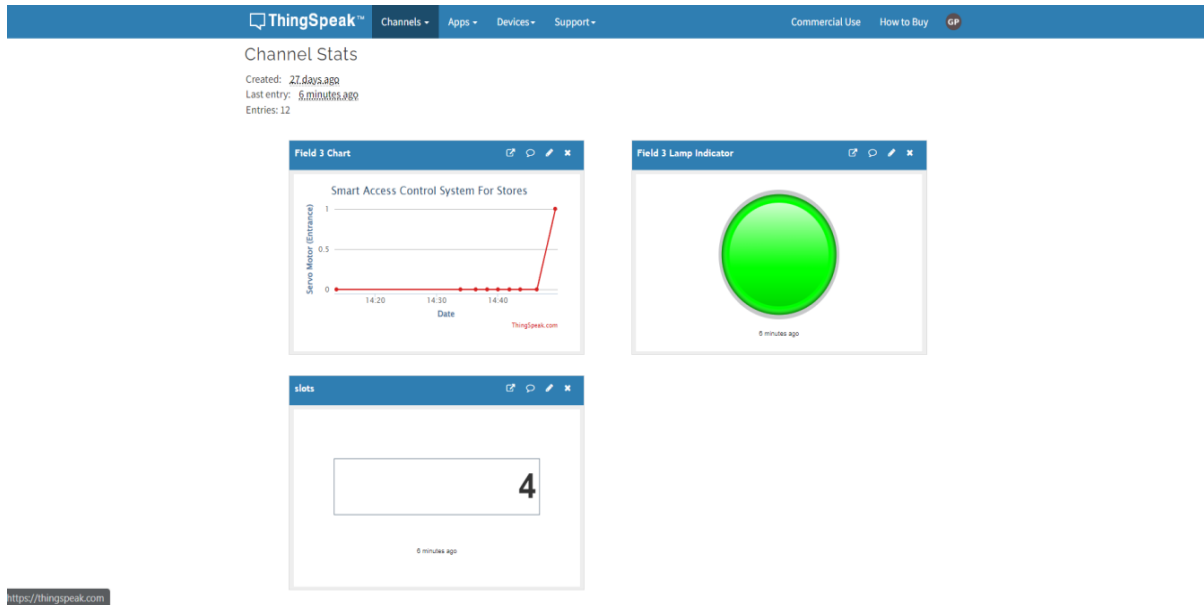
Εικόνα 29 - Διαμόρφωση του καναλιού του ThingSpeak



Εικόνα 30 - Λήψη του API KEY

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

Με την ολοκλήρωση, όλων των παραπάνω βημάτων ο χρήστης είναι έτοιμος να δει στην οθόνη του, το Dashboard που έχει δημιουργηθεί στο κανάλι όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 31 – Το Dashboard του ευφυούς συστήματος

### Επεξήγηση των απεικονίσεων του IoT Dashboard που δημιουργήθηκε:

Στη πρώτη απεικόνιση επάνω αριστερά παρουσιάζεται η λειτουργία του Servo Motor (δηλαδή η πρόσβαση). Όταν ανοίγει η πόρτα του καταστήματος παίρνει την τιμή 1 ενώ όταν παραμένει κλειστή παίρνει την τιμή 0.

Στη 2<sup>η</sup> απεικόνιση επάνω δεξιά παρουσιάζεται με τη μορφή Widget η είσοδος ή όχι του επόμενου πελάτη. Σε περίπτωση που επιτρέπεται η πρόσβαση στον επόμενο πελάτη ανάβει η πράσινη λυχνία. Σε αντίθετη περίπτωση καταλαβαίνει ο χρήστης πως απαγορεύεται η είσοδος διότι όλες οι διαθέσιμες θέσεις είναι κατειλημμένες.

Τέλος, στη 3<sup>η</sup> απεικόνιση κάτω αριστερά παρουσιάζονται οι διαθέσιμες θέσεις στο χώρο του καταστήματος. Συνεπώς, κάθε πελάτης που εισέρχεται στο κατάστημα θα μειώνονται και οι διαθέσιμες θέσεις.

## Συμπεράσματα – Μελλοντικές εργασίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας Δ.Ε. εξάχθηκαν ορισμένα συμπεράσματα που αφορούν την υλοποίηση ενός ευφυούς συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα. Αρχικά, ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να προσφέρει υψηλότερο επίπεδο ασφαλείας σε καταστήματα. Η χρήση τεχνολογιών NB-IoT επιτρέπει την συνδεσιμότητα μέσω ασφαλών ασύρματων δικτύων, ενισχύοντας την προστασία από ανεπιθύμητη πρόσβαση. Επιπλέον, εν αντιθέσει των παραδοσιακών μεθόδων πρόσβασης, όπως κλειδιά ή κάρτες, οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα κινητά τους τηλέφωνα ή άλλες ηλεκτρονικές συσκευές για την πρόσβαση. Τέλος, η χρήση της τεχνολογίας NB-IoT επιτρέπει την απομακρυσμένη διαχείριση του συστήματος ελέγχου πρόσβασης. Οι διαχειριστές μπορούν να ελέγχουν και να παρακολουθούν την πρόσβαση από απόσταση και να προβαίνουν σε αλλαγές στο σύστημα όποτε απαιτείται. Επίσης, εξάχθηκαν εύλογα συμπεράσματα και ως προς την εξέλιξη που μπορεί να δεχθεί ένα τέτοιο σύστημα. Έγινε σαφές πως είναι δυνατόν να προστεθούν περισσότερες λειτουργίες στο σύστημα, όπως είναι η επιπλέον επιλογές ασφάλειας, η ανίχνευση κίνησης, η καταγραφή γεγονότων και η ανάλυση των δεδομένων που λαμβάνει ο διαχειριστής. Ακόμη, το ευφυές σύστημα ελέγχου πρόσβασης μπορεί να ενσωματωθεί με άλλα συστήματα ασφάλειας και ελέγχου με σκοπό να δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα ασφάλειας και διαχείρισης. Με σκοπό την καλύτερη απόδοση και την επίτευξη εξοικονόμησης χρόνου το σύστημα επιδέχεται βελτιστοποίηση. Αξίζει να σημειωθεί πως ένα τέτοιο σύστημα επιδρά θετικά και στη σύγχρονη κοινωνία. Έχει την ικανότητα να παρέχει προστασία από ανεπιθύμητη πρόσβαση και επιτήρηση, ενισχύοντας την αίσθηση ασφάλειας και την προστασία των αγαθών και υπηρεσιών. Με τη χρήση τεχνολογιών NB-IoT, οι χρήστες μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση μέσω ασύρματων συνδέσεων, χωρίς την ανάγκη για φυσικά κλειδιά ή κάρτες, βελτιώνοντας την ταχύτητα πρόσβασης. Η εφαρμογή ευφυών συστημάτων ελέγχου πρόσβασης με τη χρήση τεχνολογιών NB-IoT συμβάλλει στη προώθηση της τεχνολογικής καινοτομίας, ενισχύεται η ανάπτυξη και η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και προωθείται η έξυπνη κοινωνία. Συνολικά, ένα έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης κάνοντας χρήση τεχνολογιών NB-IoT μπορεί να έχει θετική επίπτωση στη σύγχρονη κοινωνία, προσφέροντας αυξημένη ασφάλεια, ευκολία και άνεση, αποτελεσματική διαχείριση και παρακολούθηση καθώς και προώθηση της τεχνολογικής καινοτομίας.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] L. W. G. Y. L. L. H. Z. Y Yang, «A survey on security and privacy issues in Internet-of-Things,» *IEEE Internet of Things Journal*, 2017.
- [2] M. M.-J. A. P. S. C. MA Razzaque, «Middleware for Internet of Things: A Survey,» *IEEE Internet of Things Journal*, 2015.
- [3] K. Ashton, «That 'Internet of Things' Thing,» *RFID Journal*, 2009.
- [4] W. H. S. L. Li Da Xu, «Internet of Things in Industries: A Survey,» *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2014.
- [5] B. D. B. G. J. Y. W. P. Y Liu, «Combination of Cloud Computing and Internet of Things (IoT) in Medical Monitoring Systems,» *International Journal of Hybrid Information Technology*, 2015.
- [6] R. B. S. M. M. P. Jayavardhana Gubbi, «Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,» 2013.
- [7] N. K. D. S. P Saichaitanya, «Recent trends in IoT,» *International Journal of Electrical and computer engineering*, 2016.
- [8] R. N. C. D. K. R. B. Christian Vecchiola, «Deadline-driven provisioning of resources for scientific applications in hybrid clouds with Aneka,» *Future generation computers system*, 2011.
- [9] A. I. L. Atzori, «The Internet of Things: A survey,» *Computer Network*, 2015.
- [10] S. M. P. Keyur K Patel, «Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges,» 2016.
- [11] D. Niewolny, «How the Internet of Things Is Revolutionizing Healthcare,» p. 35, 2013.
- [12] E. S. A. A. Zeinab Kamal Aldein Mohammeda, «Internet of Things Applications, Challenges and Related Future Technologies,» 2017.
- [13] J. Bosse, «The Road to Success: The Value of IoT in Ground Transportation,» *IoT Evolution*, 2018.
- [14] S. E. L. C. K. Rose, «The internet of things: An overview,» *The Internet Society (ISOC)*, 2015.
- [15] A. S. J. A. Inigo Berganza, «PRIME: Powerline intelligent metering evolution,» σε *CIREC Seminar 2008: SmartGrids for Distribution*, Frankfurt, 2008.
- [16] R. E. N. H. A. L. S. K. L. Y. M. K. Lee, «HomePlug 1.0 powerline communication LANs—protocol description and performance results,» *International Journal of Communication Systems*, 2013.
- [17] E. Ben-Tvim, «ITU G.hn - broadband networking,» 2014.
- [18] V. Beal, «What is Wi-Fi (IEEE 802.11 x)?,» 2012. [Ηλεκτρονικό].
- [19] C. Faulkner, «What is NFC? Everything you need to know,» 2015.
- [20] Original, «The Bluetooth,» *Information Age*, 2008.
- [21] O. Kaven, «Zencys' Z-Wave Technology,» 2005.
- [22] B. S. Finnegan. J., «A Comparative Survey of LPWA Networking,» 2018.
- [23] R. Collins, «Blockchain: A New Architecture for Digital Content,» 2016.
- [24] W. S. A. E. N. F. M. M. & P. J. C. Ayoub, «Internet of Mobile Things: Overview of LoRaWAN, DASH7, and NB-IoT in LPWANs standards and Supported Mobility,» *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2018.
- [25] P. Niemelä, «Narrowband LTE in Machine to Machine Satellite Communication,» 2018.
- [26] Y. W. S.-H. H. Rashmi Sharan Sinha, «A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT,» 2017.
- [27] E. B. a. F. C. a. F. M. Kais Mekki a, «A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment,» 2018.
- [28] E. B. F. C. κ. F. M. Kais Mekki, «A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment,» 2018.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Κύριος Κώδικας για τη λειτουργία του συστήματος ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα

```
#include <SoftwareSerial.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <Servo.h>

SoftwareSerial sim7070gSerial(2, 3); // Δήλωση των αριθμών με τα pins του Arduino

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Δήλωση της HEX διεύθυνσης του LCD

Servo myservo1;

int servoPosition = 0; // Ενημέρωση της θέσης του Servo myservo1.write(servoPosition);

int IR1 = 4;

int IR2 = 6;

// Διάβασμα των τιμών των αισθητήρων

int IR1Value = digitalRead(IR1);

int IR2Value = digitalRead(IR2);

int Slot = 4; // Εισαγωγή συνολικού αριθμού θέσεων πελατών int flag1 = 0;

int flag2 = 0;

int lastSlot = -1; // Αρχική τιμή

void setup() {

  call_connect_sim(); //Κάλεσμα της συνάρτησης που έχουμε ορίσει για την επίτευξη της διασύνδεσης του
  module (sim7070g) με το δίκτυο NB-IoT

  lcd.init();

  lcd.backlight();

  pinMode(IR1, INPUT);

  pinMode(IR2, INPUT);
```

```
myservo1.attach(5);  
myservo1.write(100);  
  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("  ARDUINO  ");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print(" Smart Store ");  
delay(2000);  
lcd.clear();  
Serial.begin(9600); //Έναρξη της σειριακής επικοινωνίας με baud rate 9600  
}  
void loop() {  
if (digitalRead(IR1) == LOW && flag1 == 0)  
  
{ if (Slot > 0) {  
  
flag1 = 1;  
  
if (flag2 == 0) {  
  
myservo1.write(0);  
  
Slot = Slot - 1;  
}  
} else{  
  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("  Store Full  ");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print(" Please Wait ");  
delay(3000);
```

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

```
lcd.clear();

}

}

if (digitalRead(IR2) == LOW && flag2 == 0) { flag2 = 1;

if (flag1 == 0) { myservo1.write(0); Slot = Slot + 1;

}

}

if (flag1 == 1 && flag2 == 1) { delay(1000); myservo1.write(100);

flag1 = 0;

flag2 = 0;

}

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("    WELCOME! ");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("Slot Left: ");

lcd.print(Slot);

// Εκτύπωση μηνύματος όταν οι διαθέσιμες θέσεις έχουν εξαντληθεί if (digitalRead(IR1) == LOW &&

Slot <= 0) {

Serial.println("Store Full...Please Wait");

delay(1000); // Καθυστέρηση για να αποφευχθεί η εμφάνιση συνεχόμενων μηνυμάτων

}

// Εκτύπωση πληροφοριών στο Serial Monitor όταν εμφανίζεται αλλαγή της κατάστασης if (Slot !=

lastSlot) {

lastSlot = Slot; if (Slot > 0) {
```

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

```
Serial.print("WELCOME! Slot Left: "); Serial.println(Slot);

} else {

Serial.println("Store Full...Please Wait");

}

}

delay(1000); // Καθυστέρηση για να μην εκτυπώνονται δεδομένα πολύ συχνά

// Αποστολή δεδομένων στο ThingSpeak

sendToThingSpeak(); // Κάλεσμα της συνάρτησης που έχουμε ορίσει για την διασύνδεση και την
αποστολή των δεδομένων του συστήματος στο ThingSpeak

delay(20000); // Αναμονή 20 δευτερολέπτων πριν στείλουμε τα επόμενα δεδομένα

}
```

### **Κώδικας για το κάλεσμα της συνάρτησης όπου έγινε η διασύνδεση με το δίκτυο NB-IoT**

```
void call_connect_sim()

{

Serial.begin(9600);

sim7070gSerial.begin(9600);

sim7070gSerial.println("AT"); // Ενεργοποίηση του module

delay(1000);

ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+CGATT=1"); // Ενεργοποίηση του NB-IoT

delay(1000);

ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+CNMP=38"); // Ρύθμιση προτεραιότητας σύνδεσης στο NB-IoT

delay(1000);

ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+CMNB=2"); // Επιλογή NB network mode

delay(1000);
```

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT  
ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+CBANDCFG=\"NB-IOT\",20");// Ρύθμιση της BAND

delay(1000);

ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+CGDCONT=1,\"IPV6\",\"iot\");// Ρύθμιση του APN

delay(1000);

ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+COPS=1,2,\"20201\");// Επιλογή μη αυτόματης αναζήτησης δικτύου  
και επιλογή PLMN

delay(1000);

ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+CGNAPN");// Ερώτηση για το APN

ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+CSQ");// Έλεγχος ισχύος σήματος

delay(1000);

ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+CGREG?");// Έλεγχος κατάστασης δικτύου delay(1000);

ShowSerialData();

sim7070gSerial.println("AT+CPSI?");// Ερώτηση για τις πληροφορίες του συστήματος

delay(1000);

ShowSerialData();

}

void ShowSerialData()

{

while(sim7070gSerial.available() != 0)

Serial.write(sim7070gSerial.read());

delay(5000);

}

## Κώδικας για τη διασύνδεση και την αποστολή των δεδομένων του συστήματος στη πλατφόρμα ThingSpeak

```
// Ενημέρωση των πεδίων (fields) στο ThingSpeak
```

```
String apiKey = "P39PS*****"; // Δήλωση του API Key
```

```
// Εδώ προσθέτουμε τον κώδικά μας για την αποστολή των δεδομένων στο ThingSpeak
```

```
String data = "field3=" + String(servoPosition)"; // Αντικατάσταση των μεταβλητών σύμφωνα με τα δεδομένα του συστήματος
```

```
// Εκτύπωση πληροφοριών στο Thingspeak αν απαιτείται προειδοποίηση
```

```
if (digitalRead(IR1) == LOW && Slot <= 0) {
```

```
    data += "&field4=Κατάστημα γεμάτο... Παρακαλώ περιμένετε";
```

```
    } else {
```

```
        data += "&field4=Κατάστημα διαθέσιμο"; // Αν δεν υπάρχει προειδοποίηση, αφήνουμε το πεδίο κενό
```

```
    }
```

```
String request = "POST /update HTTP/1.1\r\n";
```

```
request += "Host: api.thingspeak.com\r\n";
```

```
request += "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n";
```

```
request += "Connection: close\r\n";
```

```
request += "Content-Length: " + String(data.length()) + "\r\n"; request += "X-
```

```
THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\r\n\r\n"; request += data;
```

```
sim7070gSerial.println("AT+HTTPINIT"); // Έναρξη HTTP συνεδρίας delay(1000);
```

```
sim7070gSerial.println("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"api.thingspeak.com/update\"); // Ορισμός της διεύθυνσης URL
```

```
delay(1000);
```

```
sim7070gSerial.println("AT+HTTTPARA=\"CID\", 1"); // Ορισμός του αριθμού σύνδεσης (CID)
```

```
delay(1000);
```

Έξυπνο σύστημα ελέγχου πρόσβασης για καταστήματα με χρήση τεχνολογιών NB-IoT

```
sim7070gSerial.println("AT+HTTPDATA=" + String(data.length()) + ",10000"); // Εισαγωγή
```

δεδομένων

```
delay(1000);
```

```
sim7070gSerial.println(request); // Αποστολή HTTP αιτήματος
```

```
delay(1000);
```

```
sim7070gSerial.println("AT+HTTPACTION=1"); // Εκτέλεση HTTP αιτήματος (1=POST)
```

```
delay(1000);
```

```
// Αναμονή για απάντηση HTTP
```

```
while (sim7070gSerial.available()) {
```

```
char c = sim7070gSerial.read();
```

```
Serial.write(c);
```

```
}
```

```
sim7070gSerial.println("AT+HTTPTERM"); // Τερματισμός HTTP
```

```
συνεδρίας delay(1000);
```

```
}
```