



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές
Τεχνολογίες»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN). Research and implementation on IoT Home Safety application for the elderly by utilizing LoRa node for data transfer through the open LoRaWAN network of The Things Network (TTN).
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Παναγιώτα Σασματζόγλου
Πατρώνυμο	Γεώργιος
Αριθμός Μητρώου	ΨΠΟΛ/19053
Επιβλέπων	Χρήστος Δουληγέρης, Καθηγητής

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Δουληγέρης Χρήστος
Καθηγητής

Δρ. Εμμανουήλ Σκόνδρας
Διδάσκων ΠΜΣ

Δρ. Κοτσιφάκος Δημήτριος
Διδάσκων ΠΜΣ

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	4
Abstract	4
Κατάλογος Εικόνων	5
Κατάλογος Πινάκων.....	6
Εισαγωγή – Σύντομη Περιγραφή Προβλήματος/Αντικειμένου	7
1. Σχετικές προηγούμενες έρευνες/δημοσιεύσεις	7
2. Θεωρητικό υπόβαθρο	15
2.1 IoT Πρωτόκολλα και LoRa/LoRaWAN	15
2.1.1 LoRa / LoRaWAN - Βασικές έννοιες.....	17
2.2 Περιγραφή εργαλείων υλοποίησης.....	20
2.2.1 Πλατφόρμες LoRaWAN.....	20
2.2.2 Διαθέσιμες επιλογές για LoRa node.....	22
2.2.3 Διαθέσιμες επιλογές διασύνδεσης	25
2.2.4 Διαθέσιμες επιλογές παρουσίασης δεδομένων	26
3. Υλοποίηση	28
3.1 Υλικό.....	28
3.2 Λογισμικό	29
3.2.1 Λογισμικό Arduino.....	29
3.3 Προσθήκη LoRa node στο TTN δίκτυο.....	32
3.4 Λογισμικό Node RED	37
3.5 Έλεγχος λειτουργίας εφαρμογής	50
4. Συζήτηση	57
4.1 Περιορισμοί υλοποίησης	57
4.2 Προβλήματα κατά την υλοποίηση και δοκιμή.....	58
4.2.1 Μεταφορά LoRa node στο The Things Stack V3 δίκτυο	58
4.2.2 Δημιουργία εσωτερικής πύλης στο The Things Stack V3 δίκτυο.....	63
5. Συμπεράσματα – Μελλοντικά βήματα.....	68
6. Βιβλιογραφία.....	69
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Χαρακτηριστικά και τρόπος λειτουργίας LoRa/LoRaWAN δικτύων .	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Κώδικας Arduino.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Κώδικας Node-RED.....	87

Περίληψη

Η τεχνολογία έχει υπάρξει αρωγός σε διάφορα θέματα της ανθρωπότητας, κάποιες φορές δρώντας πυροσβεστικά, είτε παρέχοντας τις ενέργειες που πρέπει να εκτελεστούν για την επίλυση ενός προβλήματος, είτε συμβάλλοντας στην πρόληψή του με την παρακολούθηση διάφορων χρήσιμων δεικτών και δεδομένων. Είναι αρκετά σημαντικό να μπορούν όλοι οι άνθρωποι, ανεξαρτήτως ηλικιακής ομάδας, επιπέδου μόρφωσης, φυλής, οικονομικής κατάστασης και άλλων παραγόντων να επωφελούνται από εφαρμογές οι οποίες τους βοηθούν στην καθημερινότητά τους, προσφέροντάς τους ένα επίπεδο ζωής που αξίζει να διασφαλίζεται για τους πάντες. Η εφαρμογή που υλοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή, έχει ως στόχο να βοηθήσει ανθρώπους προχωρημένης, κυρίως αλλά όχι απαραίτητα, ηλικίας ως προς τις συνθήκες ασφάλειας του σπιτιού τους ή του χώρου διαμονής τους. Μετά από μελέτη, ορίστηκαν κάποια κριτήρια που βοηθούν στην πρόληψη διαφόρων συμβάντων που μπορούν να συμβούν μέσα σε μια οικία και αυτά μετέπειτα μεταφράστηκαν στην υλοποίηση μιας LoRa συσκευής. Η συγκεκριμένη IoT συσκευή, λαμβάνει μετρήσεις από τους συνδεδεμένους με αυτήν αισθητήρες και αποστέλλει τα δεδομένα σε μορφή ραδιοκυμάτων, στο crowdsourcing ανοιχτό δίκτυο που ονομάζεται The Things Network. Τέλος, η HTTP εφαρμογή παρακολούθησης ασφάλειας σπιτιού, σχεδιασμένη πάνω στην πλατφόρμα του Node-RED, διαβάζει και προβάλλει τα δεδομένα που αποστέλλονται κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου MQTT, ενώ παράλληλα τα αποθηκεύει στη βάση δεδομένων της εφαρμογής.

Λέξεις κλειδιά: LoRa, The Things Network, IoT συσκευή, εφαρμογή παρακολούθησης ασφάλειας σπιτιού, Node-RED

Abstract

Technology has played a vast role in helping on various issues of humanity, for acting as a role of firefighter either by providing the actions that need to be taken in order a problem to be solved, or by preventing it by monitoring various useful indicators and data. It is quite important that all people, regardless of age group, level of education, race, financial status and other factors can benefit from applications that help them in their everyday lives, offering them a standard of living that should be ensured for everyone. The application that was implemented in this thesis aims to help people of advanced, mainly but not necessarily, age in terms of the security conditions of their home or living space. After a thorough research, some criteria were set for helping to prevent various incidents that may occur in a home, which these were later interpreted into the implementation of a LoRa device. This IoT device collects measurements from its connected sensors and sends their data in the form of radio waves to the open crowdsourcing network called The Things Network. Finally, the home safety monitoring HTTP application, designed on the Node-RED platform, reads and displays the data sent by the LoRa node using the MQTT protocol, while it, in parallel, stores in the database designed into the project work.

Keywords: LoRa, The Things Network, IoT device, home safety monitoring application, Node-RED

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Εργασίες/papers και χρήση ανά τεχνολογία.....	8
Εικόνα 2 Διαθέσιμες εφαρμογές στις εργασίες υπό σύγκριση	11
Εικόνα 3 Εργασίες ανά κατηγορία/τομέα.....	12
Εικόνα 4 LoRa και άλλα πρωτόκολλα	15
Εικόνα 5 Σύγκριση home automation IoT τεχνολογιών σύμφωνα με την εργασία An Overview of Home Automation Systems [9]	16
Εικόνα 6 Διαχωρισμός επιπέδων	18
Εικόνα 7 Infographic με εφαρμογές LoRa προς το κοινωνικό σύνολο	18
Εικόνα 8 Σύγκριση πρωτοκόλλου LoRa με άλλες IoT τεχνολογίες	19
Εικόνα 9 Πλεονεκτήματα TTN	22
Εικόνα 10 Luabby LoRa chip, UM402 LoRa module, Dragino LoRa shield	23
Εικόνα 11 Arduino UNO και Dragino LoRa Shield v1.4.....	23
Εικόνα 12 Δεσμευμένα και ελεύθερα pins του Dragino LoRa Shield v1.4.....	24
Εικόνα 13 Arduino UNO και BSFrance LoRa32ua II v1.3.....	24
Εικόνα 14 Δεσμευμένα και ελεύθερα pins του BSFrance LoRa32ua II v1.3.....	25
Εικόνα 15 Πρωτόκολλο MQTT	26
Εικόνα 16 Παραδείγματα υπηρεσίας IFTTT	26
Εικόνα 17 Προβολή δεδομένων IoT συσκευής στο myDevices Cayenne.....	27
Εικόνα 18 Αισθητήρες θερμοκρασίας/υγρασίας DHT11, αερίων MQ-2 και φλόγας	28
Εικόνα 19 Κύκλωμα Arduino σχεδιασμένο στο Tinkercad.....	29
Εικόνα 20 Prototype LoRa συσκευή	29
Εικόνα 21 Flowchart αλγορίθμου LoRa συσκευής	31
Εικόνα 22 Δημιουργία application στο TTN V2.....	32
Εικόνα 23 Δημιουργία application στο TTN V2 (συνέχεια)	32
Εικόνα 24 Δημιουργία end device στο TTN V2	32
Εικόνα 25 Πληροφορίες end device στο TTN V2.....	33
Εικόνα 26 Κώδικας για τον Decoder του payload format όσον αφορά τα uplink μηνύματα	33
Εικόνα 27 Διαδικασία join της LoRa συσκευής στο TTN δίκτυο και εμφάνιση uplink μηνυμάτων	34
Εικόνα 28 Κώδικας για επικοινωνία MQTT server/client και TTN κονσόλα	35
Εικόνα 29 Μετατροπή θερμοκρασίας από bytes σε επιθυμητή μορφή	35
Εικόνα 30 Ενεργοποίηση integration με myDevices Cayenne.....	36
Εικόνα 31 Αλλαγή του payload format, έτσι ώστε να υποστηρίζεται η μορφή για το integration με Cayenne LPP.....	36
Εικόνα 32 TTN κονσόλα με τη θερμοκρασία που αποστέλλεται από τη συσκευή σε μορφή Cayenne LPP	37
Εικόνα 33 Οθόνη MyDevices Cayenne με δεδομένα από τη LoRa εφαρμογή yiota_dragino_test.....	37
Εικόνα 34 Αρχεία Node RED μετά την επιτυχή εγκατάσταση	38
Εικόνα 35 Task Scheduler: Start Node RED on boot.....	38
Εικόνα 36 Node RED Flow TTN-Backend.....	39
Εικόνα 37 MQTT broker node configuration in Node Red.....	40
Εικόνα 38 Στοιχεία MQTT διασύνδεσης διαθέσιμα στη σελίδα TTN της συσκευής LoRa.....	40
Εικόνα 39 Template node για την εισαγωγή μετρήσεων στη βάση δεδομένων	41
Εικόνα 40 Template node για την εισαγωγή χαρακτηριστικών στη βάση δεδομένων	42
Εικόνα 41 Database Flow με πίνακες που εξυπηρετούν την εφαρμογή παρακολούθησης	42
Εικόνα 42 Frontend Flow με σελίδες εφαρμογής παρακολούθησης	43
Εικόνα 43 Dashboard flow εφαρμογής παρακολούθησης.....	44
Εικόνα 44 IFTTT applet για το event button_pressed	45
Εικόνα 45 Βήματα του event button_pressed.....	46
Εικόνα 46 Πρώτο μέρος event button_pressed με webhooks.....	46
Εικόνα 47 Δεύτερο μέρος event button_pressed με SMS	47
Εικόνα 48 Το SMS ελήφθη από την επαφή ορισμένη από τον χρήστη.....	47
Εικόνα 49 IFTTT applet για το event flame_on.....	48

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Εικόνα 50 Βήματα του event flame_on.....	49
Εικόνα 51 Πρώτο μέρος event flame_on με webhooks.....	49
Εικόνα 52 Δεύτερο μέρος event flame_on με Gmail	50
Εικόνα 53 Το e-mail ελήφθη από την επαφή ορισμένη από τον χρήστη	50
Εικόνα 54 Αρχική οθόνη εφαρμογής	52
Εικόνα 55 Πίνακας ελέγχου εφαρμογής.....	53
Εικόνα 56 Ανταπόκριση στο πάτημα Κουμπιού Πανικού.....	53
Εικόνα 57 Ανταπόκριση στο slider για το φως	54
Εικόνα 58 Μενού για επιλογή ιστορικών στοιχείων	54
Εικόνα 59 Σελίδα με τις ιστορικές τιμές δεδομένων αισθητήρων.....	55
Εικόνα 60 Σελίδα με τις ιστορικές τιμές τεχνικών χαρακτηριστικών δεδομένων	55
Εικόνα 61 Σελίδα με τις αντιστοιχισμένες επαφές με τη συγκεκριμένη συσκευή.....	56
Εικόνα 62 Σελίδα με πληροφορίες υλοποίησης εφαρμογής.....	56
Εικόνα 63 Χαρακτηριστικά ληφθέντων σημάτων	58
Εικόνα 64 Εντολή για επικύρωση πληροφοριών.....	59
Εικόνα 65 Εξαγωγή συσκευής yiota_dragino_test σε αρχείο devices.json	59
Εικόνα 66 Δημιουργία εφαρμογής στο The Things Stack V3.....	60
Εικόνα 67 Εισαγωγή αρχείου devices.json για τη μεταφορά της LoRa συσκευής.....	61
Εικόνα 68 Επιτυχής μεταφορά LoRa συσκευής yiota_dragino_test	62
Εικόνα 69 Λεπτομέρειες συσκευής yiota-dragino-test.....	63
Εικόνα 70 Εξωτερική πύλη eui-000080029c55ef83.....	64
Εικόνα 71 Διαδικασία διεκδίκησης πύλης TTIG	65
Εικόνα 72 Collaborator και δικαιώματα στην πύλη	66
Εικόνα 73 Κατάσταση πύλης TTIG στη κονσόλα του The Things Stack V3	66
Εικόνα 74 Λεπτομέρειες πύλης TTIG στη κονσόλα του The Things Stack V3	66
Εικόνα 75 Αποστολή δεδομένων από την συσκευή yiota-dragino-test.....	67
Εικόνα 76 Λήψη δεδομένων από τη TTIG πύλη yiota-ttig	67
Εικόνα 77 Λήψη δεδομένων από τη συσκευή με DevAddr 260BA27B	67
Εικόνα 78 Δίκτυο LoRaWAN: Πύλες δέχονται/μεταδίδουν μηνύματα από/προς LoRa συσκευές.....	71
Εικόνα 79 Τρόπος λειτουργίας Κλάσης A	72
Εικόνα 80 Τρόπος λειτουργίας Κλάσης B.....	73
Figure 81 Τρόπος λειτουργίας Κλάσης C.....	73
Εικόνα 82 Παράδειγμα υπολογισμού time on air.....	74
Εικόνα 83 Διακομιστής δικτύου στο δίκτυο LoRaWAN	75
Εικόνα 84 Διακομιστής Join στο δίκτυο LoRaWAN	76
Εικόνα 85 Επιλογές ενεργοποίησης συσκευής στο δίκτυο.....	77
Εικόνα 86 Διακομιστής εφαρμογής στο δίκτυο LoRaWAN	78

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά των υπό εξέταση ερευνητικών εργασιών - Μέρος 1.....	12
Πίνακας 2 Χαρακτηριστικά των υπό εξέταση ερευνητικών εργασιών - Μέρος 2.....	13
Πίνακας 3 Χρήση LoRa Spreading Factors για uplink μηνύματα και αντιστοίχιση χαρακτηριστικών	20
Πίνακας 4 Κίνδυνοι στο σπίτι και τρόποι αντιμετώπισης τους μέσω της συσκευής/εφαρμογής	51

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Εισαγωγή – Σύντομη Περιγραφή Προβλήματος/Αντικειμένου

Η μεταπτυχιακή διατριβή αποτελείται από επιμέρους στοιχεία που συνολικά συνθέτουν την εφαρμογή παρακολούθησης της οικιακής ασφάλειας (home safety) για ηλικιωμένους. Συγκεκριμένα, κάνει χρήση της τεχνολογίας LoRa για να στέλνει πληροφορίες περιβάλλοντος ασύρματα προς το ανοιχτό δίκτυο The Things Stack μέσω μιας IoT συσκευής Arduino. Το δίκτυο LoRaWAN λαμβάνει τα σήματα εκπομπής και τα προβάλλει στον διακομιστή δικτύου όπου από εκεί είναι διαθέσιμα τα δεδομένα τα οποία παρουσιάζονται σε πραγματικό χρόνο μέσω της προσβάσιμης μέσω φυλλομετρητή NodeRED εφαρμογής.

Η ιδέα για τη συγκεκριμένη λύση γεννήθηκε βλέποντας την ανάγκη που υπάρχει ως προς την ασφάλεια στο σπίτι και τις διαθέσιμες έρευνες/εφαρμογές. Πολλές από τις εφαρμογές ασφάλειας αναφέρονται στη φυσική ασφάλεια (safety), ενώ αυτές που πραγματεύονται την ασφάλεια (security) στο σπίτι δεν παρέχουν αρκετές δυνατότητες συνδυαστικά. Η εφαρμογή προσφέρει τη δυνατότητα στους χρήστες αλλά και στα οικεία πρόσωπα της επιλογής τους, να παρακολουθούν ανά 10 λεπτά στοιχεία του χώρου εγκατάστασης της συσκευής όπως θερμοκρασία, υγρασία, ύπαρξη φλόγας, εντοπισμό επικίνδυνων άοσμων αερίων καθώς και του βαθμού συγκέντρωσή τους, κουμπί πανικού αλλά και απομακρυσμένη διαχείριση έξυπνης λάμπας.

Καθ' όλη τη διάρκεια σχεδιασμού και υλοποίησης υπήρξαν διάφοροι προβληματισμοί και δυσκολίες σχετικά με την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού για την κατασκευή της IoT συσκευής και θέματα λειτουργίας αυτής λόγω περιορισμού πόρων. Επίσης, υπήρξαν τεχνικά προβλήματα κατά την επικοινωνία μέσω του δικτύου λόγω μη διαθεσιμότητας εξοπλισμού καθώς και λόγω δομικών αλλαγών στο δίκτυο για τα οποία έπρεπε να ληφθούν δραστικές αποφάσεις διότι επηρέαζαν τη συνολική λειτουργικότητα της λύσης.

Η δομή της μεταπτυχιακής διατριβής ξεκινάει με την αναφορά αντίστοιχων εφαρμογών που χρησιμοποιούν το LoRa πρωτόκολλο ή και άλλους τρόπους επικοινωνίας και έχουν κυρίως ως αντικείμενο εφαρμογής την ασφάλεια. Γίνεται σύγκριση αυτών των δημοσιεύσεων με την εν λόγω μεταπτυχιακή διατριβή με βάση διάφορα κριτήρια και προβάλλονται οι διαφορές τους καθώς και η επιπλέον αξία της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής. Στη συνέχεια, προχωράμε με το θεωρητικό υπόβαθρο όπου αναλύονται βασικές έννοιες όπως τα πρωτόκολλα LoRa/LoRaWAN και τα εργαλεία υλοποίησης που δοκιμάστηκαν ή/και προτιμήθηκαν. Πληροφορίες όπως το υλικό που σύνθεσε την IoT εφαρμογή, το λογισμικό που καθορίζει τη συμπεριφορά της καθώς και αυτό που παρουσιάζει τα δεδομένα αναφέρονται στο επόμενο κεφάλαιο. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι λειτουργίες της εφαρμογής, και περιγράφονται αναλυτικά τι προσφέρει κάθε σελίδα της εφαρμογής στους τελικούς χρήστες. Τέλος, καταλήγουμε στους περιορισμούς υλοποίησης, περιγράφοντας προβλήματα τα οποία έπρεπε να αντιμετωπιστούν ή να ξεπεραστούν με εναλλακτικό τρόπο και κάποια τελικά συμπεράσματα και επιλογές βελτίωσης της όλης λύσης. Επιπλέον, υπάρχουν τρία διαθέσιμα παραρτήματα με διάφορες εις βάθος τεχνικές πληροφορίες για τα πρωτόκολλα LoRa/LoRaWAN καθώς και οι πηγαίοι κώδικες που χρησιμοποιήθηκαν για τον προγραμματισμό της IoT συσκευής Arduino στο προγραμματιστικό περιβάλλον NODERED για τη δημιουργία της προαναφερθείσας εφαρμογής.

1. Σχετικές προηγούμενες έρευνες/δημοσιεύσεις

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής πραγματοποιήθηκε έρευνα και ανάλυση παρεμφερών ερευνητικών εργασιών και γενικότερα δημοσιεύσεων στον τομέα των IoT λύσεων. Με αυτόν τον τρόπο κατέστη εφικτή η σύγκριση των δυνατοτήτων και υπηρεσιών των εργασιών μεταξύ τους και κατ' επέκταση η ανάδειξη πρωτοτυπίας της εν λόγω μεταπτυχιακής διατριβής.

Μετά από έρευνα επιλέχθηκαν οκτώ (8) εργασίες με αντικείμενο τις IoT λύσεις για την αντιμετώπιση ποικίλων προβλημάτων/καταστάσεων υλοποιημένες με διάφορες τεχνολογίες. Το αντικείμενο των εργασιών ανήκει στις παρακάτω κατηγορίες:

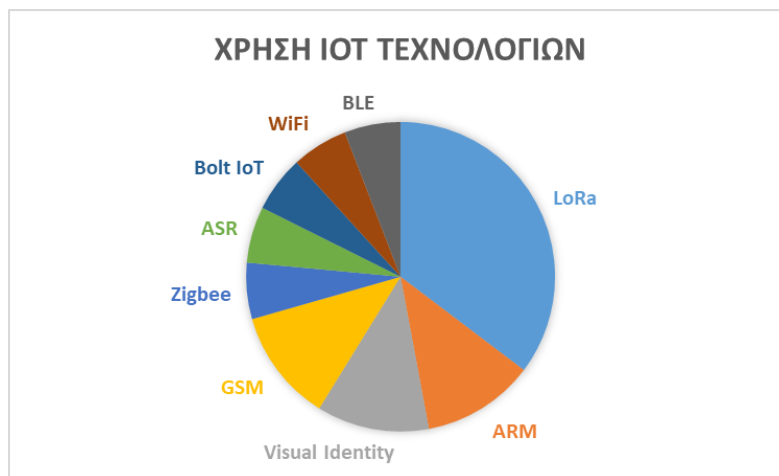
Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

- Έξυπνο σπίτι
- Φυσική ασφάλεια
- Ασφάλεια έξυπνου σπιτιού/βιομηχανιών
- Παρακολούθηση ασθενών
- Παρακολούθηση ηλικιωμένων
- Παρακολούθηση ασκούμενων σε υπαίθριες δραστηριότητες

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για τις IoT λύσεις είναι οι:

- LoRa/LoRaWAN, τεχνολογία/αρχιτεκτονική δικτύων ευρείας περιοχής για τη διασύνδεση IoT συσκευών με σκοπό τη μετάδοση και λήψη δεδομένων με μικρή κατανάλωση ενέργειας
- ARM, chips που κάνουν χρήση των επεξεργαστών ARM της εταιρίας Arm Limited και χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη IoT συσκευών
- Visual Identity, λειτουργία που επιτυγχάνεται μέσω μοντέλου νευρωνικών δικτύων για την αναγνώριση πτώσης
- GSM (Global System for Mobile communication), πρότυπο κινητού τηλεφώνου με παγκόσμια χρήση για πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων ή/και αποστολή μηνυμάτων
- ZigBee, πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για ασύρματη επικοινωνία μεταξύ συσκευών. Στις εργασίες χρησιμοποιείται ως μέσο επικοινωνίας μεταξύ αισθητήρων και άλλων συσκευών
- ASR (Automatic Speech Recognition), τεχνολογία η οποία μέσω μηχανικής μάθησης (machine learning) ή τεχνητής νοημοσύνης μετατρέπει ομιλία σε κείμενο. Στις δημοσιεύσεις γίνεται χρήση για αναγνώριση ομιλίας από τις IoT συσκευές
- Bolt IoT, πλατφόρμα μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η διασύνδεση και συλλογή δεδομένων IoT συσκευών
- Wi-Fi, τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης που προσφέρει πρόσβαση στο διαδίκτυο. Στις δημοσιεύσεις γίνεται χρήση της για αποθήκευση δεδομένων στο Cloud
- BLE (Bluetooth Low Energy), τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης μικρών αποστάσεων για αποστολή δεδομένων μεταξύ IoT συσκευών και περιφερειακών (wearables)

Η χρήση των εργασιών αυτών απεικονίζεται στο γράφημα της Εικόνας 1. Πρέπει, όμως, να σημειωθεί πως σε κάποιες εργασίες υλοποιήθηκαν παραπάνω από μία τεχνολογίες:



Εικόνα 1 Εργασίες/papers και χρήση ανά τεχνολογία

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

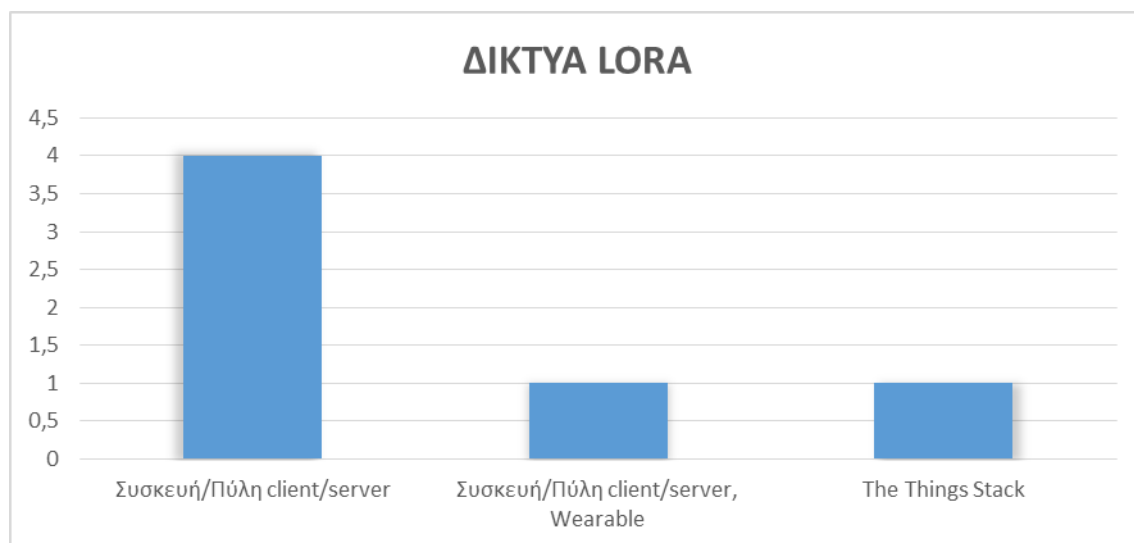
Ξεκινώντας από τον τύπο του δικτύου που χρησιμοποιούν οι οκτώ εργασίες, βλέπουμε πως οι πέντε (Prototype Design of Smart Home System Base on LoRa [3], A LoRa-driven home security system for a residential community in a retirement township [1], The IoT LoRa System Design for Tracking and Monitoring Patient with Mental Disorder [7], Monitoring and Support for Elderly People Using LoRa Communication Technologies: IoT Concepts and Applications [8], A Wearable LoRa-Based Emergency System for Remote Safety Monitoring [2]) κάνουν χρήση του πρωτοκόλλου LoRa και της προδιαγραφής LoRaWAN. Επίσης, η πλειοψηφία αυτών (Prototype Design of Smart Home System Base on LoRa [3], A LoRa-driven home security system for a residential community in a retirement township [1], Design of Smart Home Safety System for the Aged Based on ARM [4], Design of Wireless Smart Home Safety System Based on Visual Identity [5], Monitoring and Support for Elderly People Using LoRa Communication Technologies: IoT Concepts and Applications [8], A Wearable LoRa-Based Emergency System for Remote Safety Monitoring [2]) κάνει χρήση εσωτερικού ιδιωτικού δικτύου για την αποστολή και λήψη των δεδομένων που χρησιμοποιεί η κάθε εφαρμογή και χρήση ιδιοκατασκευών (δηλ. custom λύσεων) όσον αφορά τη συσκευή - LoRa node και την πύλη- LoRa Gateway.

Οι υπόλοιπες τρεις χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως ARM, Visual Identity και GSM για την υποστήριξη των λειτουργιών της εφαρμογής τους. Για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή, μας ενδιαφέρει περισσότερο να επικεντρωθούμε σε αυτές που έχουν υλοποιήσει λύσεις βασισμένες στο πρωτόκολλο LoRa. Είναι κατανοητό πως για τις ανάγκες του “prototyping” η λύση για “custom” πύλη είναι αποδεκτή αλλά δεν ενδείκνυται για παραγωγικές λύσεις καθώς υπάρχουν διάφοροι περιορισμοί για την κατασκευή και λειτουργία τους. Για παράδειγμα, τέτοιου τύπου πύλες μπορεί να υποστηρίζουν μόνο ένα κανάλι όπου αυτό σημαίνει πως λειτουργούν «ακούγοντας» μόνο σε μια συχνότητα και ένα ρυθμό διάδοσης. Επιπλέον, γίνεται χρήση λύσεων που βασίζονται στην υλοποίηση της λογικής επικοινωνίας client/server (Prototype Design of Smart Home System Base on LoRa [3]) και όχι της συσκευής/πύλης/διακομιστή δικτύου, σε περιπτώσεις που ο χρόνος απόκρισης για τις εν λόγω εφαρμογές είναι κρίσιμος και δεν επιτρέπονται καθυστερήσεις. Έτσι, όπως είναι εμφανές από την εξέταση παρόμοιων εργασιών αλλά και από τις προδιαγραφές λειτουργίας των LoRaWAN δικτύων, δεν ενδείκνυται για εφαρμογές που απαιτούν μετάδοση και λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως την αποστολή κρίσιμων μετρήσεων από αισθητήρες, αποστολή μηνυμάτων και διαχείριση κρίσιμων συσκευών - φορέσιμων συσκευών. Αντ’αυτού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες όπως GPRS/3G/LTE, ZigBee/Bluetooth όπως βλέπουμε σε πολλές σχετικές ερευνητικές εργασίες (An Overview of Home Automation Systems [9], Design of Wireless Smart Home Safety System Based on Visual Identity [5], The IoT LoRa System Design for Tracking and Monitoring Patient with Mental Disorder [7], A Wearable LoRa-Based Emergency System for Remote Safety Monitoring [2]).

Στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή η λύση που έχει επιλεγεί είναι αυτή της συσκευής TTIG gateway¹ η οποία υποστηρίζει την αξιοποίηση όλων των καναλιών, συχνοτήτων και ρυθμών μετάδοσης που υποστηρίζει το πρωτόκολλο LoRa. Με αυτή την απόφαση αποφεύγεται η απώλεια πακέτων, πέρα από το 10% του περιορισμού του δικτύου The Things Stack. Για τη διαχείριση της λάμπας έχει χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο Wi-Fi για να είναι εφικτή η επικοινωνία μεταξύ Node RED και λάμπας, ενώ οι ειδοποιήσεις (SMS και emails) πραγματοποιούνται μέσω του IFTTT.

¹ <https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/thethingsindoor>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 2 Υλοποιημένα δίκτυα LoRa

Ένα άλλο κριτήριο σύγκρισης είναι οι αισθητήρες/φορέσιμες συσκευές που χρησιμοποιούνται από κάθε εφαρμογή. Στην πλειοψηφία τους, οι υπό εξέταση εργασίες περιλαμβάνουν το πολύ δύο αισθητήρες, ενώ μεμονωμένα γίνεται χρήση GPS και αισθητήρων από wearables (όπου απαιτείται πρωτόκολλο όπως το BLE). Συνοπτικά, οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις εργασίες είναι:

- αισθητήρας θερμοκρασίας/υγρασίας,
- αισθητήρας υπέρυθρων (για διαχείριση ηλεκτρικών συσκευών),
- αισθητήρας δόνησης (για εντοπισμό εισβολέα),
- GPS (για αποστολή ακριβούς θέσης),
- αισθητήρας PPG καρδιακών παλμών από wearable.

Καμία άλλη εργασία/paper από αυτές που εξετάζονται και ανήκουν στον τομέα του έξυπνου σπιτιού δεν περιλαμβάνει τον ταυτόχρονο συνδυασμό αισθητήρων θερμοκρασίας/υγρασίας, αισθητήρα φλόγας και αισθητήρα αερίων όπως έχει υλοποιηθεί στη λύση που περιγράφεται εδώ.

Από τις πέντε εργασίες που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο LoRa, οι δύο περιλαμβάνουν στη λύση τους τη λειτουργία κουμπιού επείγοντος περιστατικού. Η εργασία των Abubaker Sherif, Suheib Sherif, Chee Pun Ooi, Wooi Haw Tan [1] η οποία προσφέρει λύση φυσικής ασφάλειας σε οικιστική περιοχή χρησιμοποιεί ένα κουμπί πανικού το οποίο μπορεί να πατήσει ο χρήστης για να δημιουργήσει χειροκίνητα ειδοποίηση η οποία θα γίνει αντιληπτή από τον φύλακα ασφαλείας. Επιπλέον, η εργασία των Gaby Bou Tayeh, Joseph Azar, Abdallah Makhoul, Christophe Guyeux, Jacques Demerjian [2] περιέχει επίσης χειροκίνητη αποστολή ειδοποίησης σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης και αποστολή θέσης GPS. Η εφαρμογή που έχει υλοποιηθεί για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή περιέχει επίσης κουμπί πανικού για την αποστολή SMS στις κοντινές επαφές που έχουν οριστεί από τον χρήστη.

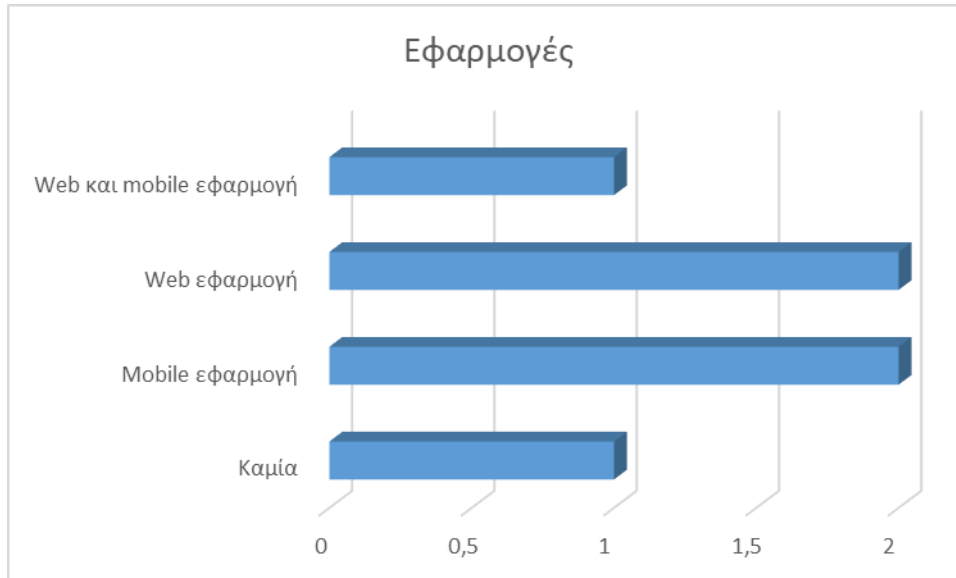
Ένα παραπάνω κριτήριο σύγκρισης των εργασιών είναι ο τρόπος διεπαφής με το σύστημα IoT που έχει υλοποιηθεί ανά εργασία. Στις εργασίες που έχουν υλοποιήσει λύσεις βασισμένες στο πρωτόκολλο LoRa παρατηρήθηκαν οι εξής τρόποι διεπαφής:

- καμία εφαρμογή διεπαφής,
- με χρήση mobile εφαρμογής,
- με χρήση Web εφαρμογής,

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

- με χρήση web και mobile εφαρμογής

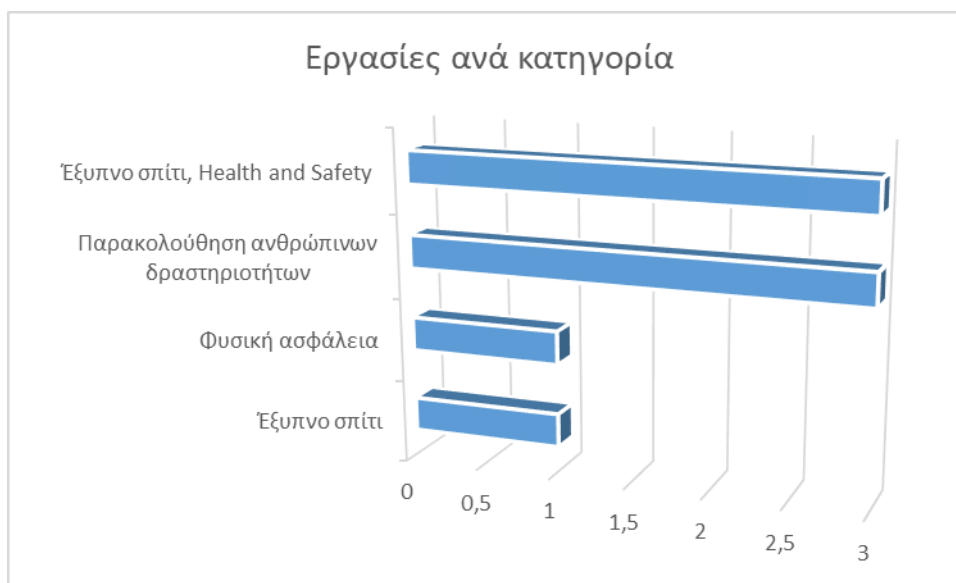
Η εφαρμογή παρακολούθησης που υλοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής, έχει υλοποιηθεί με χρήση του προγραμματιστικού εργαλείου Node RED που έχει τη δυνατότητα δημιουργίας διεπαφών βασισμένων στο Web.



Εικόνα 2 Διαθέσιμες εφαρμογές στις εργασίες υπό σύγκριση

Τέλος, όσον αφορά τον τομέα που ανήκουν οι υπό εξέταση εργασίες που χρησιμοποιούν το LoRa πρωτόκολλο, διακρίνονται σε λύσεις έξυπνου σπιτιού και ασφαλείας. Επειδή η ασφάλεια είναι πολύ ευρεία έννοια, θα πρέπει να διαχωρίσουμε τις εργασίες στη φυσική ασφάλεια και στην ασφάλεια όσον αφορά την υγεία μιας και η κύρια λειτουργία κάποιων εργασιών είναι η παρακολούθηση ανθρώπινων δραστηριοτήτων (ηλικιωμένων και ασκούμενων σε υπαίθριες δραστηριότητες). Η λύση που υλοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή, συνδυάζει τον τομέα του έξυπνου σπιτιού και της ασφαλείας μέσα σε αυτό και απευθύνεται ειδικότερα σε ηλικιωμένους, μιας και σκοπεύει να τους διευκολύνει στην καθημερινότητά τους, αλλά και σε ανθρώπους όλων των ηλικιών γενικότερα.

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφαλείας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 3 Εργασίες ανά κατηγορία/τομέα

Συνοπτικά, τα κύρια χαρακτηριστικά των εργασιών υπό εξέταση μπορούν να προβληθούν από τους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά των υπό εξέταση ερευνητικών εργασιών - Μέρος 1

<i>Τεχνολογία</i>	<i>Components</i>	<i>Αισθητήρες/ Modules</i>	<i>Τομέας</i>	<i>Εργασία</i>
<i>LoRa</i>	Συσκευή, Πύλη	LM35 θερμοκρασίας, Αισθητήρας υπέρυθρων	Έξυπνο σπίτι	Prototype Design of Smart Home System Base on LoRa [3]
<i>LoRa</i>	Συσκευή, Πύλη, Συσκευή με κουμπί	Αισθητήρας δόνησης για πόρτα	Φυσική ασφάλεια	A LoRa-driven home security system for a residential community in a retirement township [1]
<i>ARM, Visual Identity, GSM</i>	Συσκευή, Wearable, Κάμερα παρακολούθησης	DHT 11 θερμοκρασίας/ υγρασίας, Stepper motor, Automatic Speech Recognition (ASR)	Ασφάλεια έξυπνου σπιτιού	Design of Smart Home Safety System for the Aged Based on ARM [4]
<i>ARM, ZigBee, Automatic Speech Recognition(A SR), Visual Identity, GSM</i>	Συσκευή, Κάμερα παρακολούθησης	MQ-2, DHT11, Automatic Speech Recognition (ASR)	Ασφάλεια έξυπνου σπιτιού	Design of Wireless Smart Home Safety System Based on Visual Identity [5]

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

<i>Bolt IoT</i>	Συσκευές για έλεγχο συσκευών και ασφάλεια	LM35 θερμοκρασίας, Αισθητήρας υπέρυθρων, Motor driver, Servo motor	Ασφάλεια έξυπνου σπιτιού/βιομηχανίας	Industrial and Home Automation, Control, Safety and Security System using Bolt IoT Platform [6]
<i>LoRa, Wi-Fi, LTE</i>	Συσκευή, Πύλη	GPS	Παρακολούθηση ασθενών με ψυχικές διαταραχές	The IoT LoRa System Design for Tracking and Monitoring Patient with Mental Disorder [7]
<i>LoRa</i>	Συσκευή, Πύλη	DHT 22 θερμοκρασίας/υγρασίας, GPS	Παρακολούθηση ηλικιωμένων	Monitoring and Support for Elderly People Using LoRa Communication Technologies: IoT Concepts and Applications [8]
<i>LoRa, BLE</i>	Συσκευή, Πύλη, Wearable	GPS, αισθητήρας PPG καρδιακών παλμών	Παρακολούθηση ασφάλειας για υπαίθριες δραστηριότητες	A Wearable LoRa-Based Emergency System for Remote Safety Monitoring [2]

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά των υπό εξέταση ερευνητικών εργασιών - Μέρος 2

<i>Λειτουργίες</i>	<i>Δίκτυο</i>	<i>Εφαρμογή</i>	<i>Εργασία</i>
<i>Διαχείριση ηλεκτρικών συσκευών μέσω αποστολής κωδικών, Παρακολούθηση θερμοκρασίας</i>	Εσωτερικό	Web server/client	Prototype Design of Smart Home System Base on LoRa [3]
<i>Ειδοποίηση έκτακτης ανάγκης, Κουμπί πανικού, Chat</i>	Εσωτερικό	Web και mobile εφαρμογές	A LoRa-driven home security system for a residential community in a retirement township [1]
<i>Διαχείριση κουρτινών με φωνητικές εντολές, Εντοπισμός πτώσης, Αποστολή μηνύματος/πραγματοποίηση κλήσης, Κουμπί έκτακτης ανάγκης</i>	Εσωτερικό		Design of Smart Home Safety System for the Aged Based on ARM [4]
<i>Διαχείριση κουρτινών και ηλεκτρικών συσκευών με φωνητικές εντολές, Εντοπισμός πτώσης, Αποστολή ειδοποίησης, Κουμπί έκτακτης ανάγκης</i>	Εσωτερικό		Design of Wireless Smart Home Safety System Based on Visual Identity [5]

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

<i>Διαχείριση συσκευών (LED, ανεμιστήρας), Αποστολή SMS/κλήσεις σε κρίσιμες θερμοκρασίες και κλείσιμο πορτών στον εντοπισμό ξένου στον χώρο, Πρόβλεψη θερμοκρασίας</i>	Cloud	Web εφαρμογή	Industrial and Home Automation, Control, Safety and Security System using Bolt IoT Platform [6]
<i>Παρακολούθηση θέσης ασθενών, Ειδοποίηση ψυχιάτρων/φροντιστών μέσω εφαρμογής κινητού σε περίπτωση εκτός ζωνών εποπτείας, Αποθήκευση δεδομένων στο cloud</i>	Cloud, Wi-Fi, LTE	Mobile εφαρμογή	The IoT LoRa System Design for Tracking and Monitoring Patient with Mental Disorder [7]
<i>Παρουσίαση θερμοκρασίας, υγρασίας και θέση σε εφαρμογή παρακολούθησης</i>	Εσωτερικό	Web Εφαρμογή παρακολούθησης Cayenne LPP	Monitoring and Support for Elderly People Using LoRa Communication Technologies: IoT Concepts and Applications [8]
<i>Αποστολή ειδοποίησης και θέσης GPS σε περίπτωση επείγοντος περιστατικού, Αναγνώριση καρδιακών προβλημάτων και ακινησίας, Χειροκίνητη αποστολή ειδοποίησης και GPS</i>	Εσωτερικό, Cloud	Mobile εφαρμογή	A Wearable LoRa-Based Emergency System for Remote Safety Monitoring [2]

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

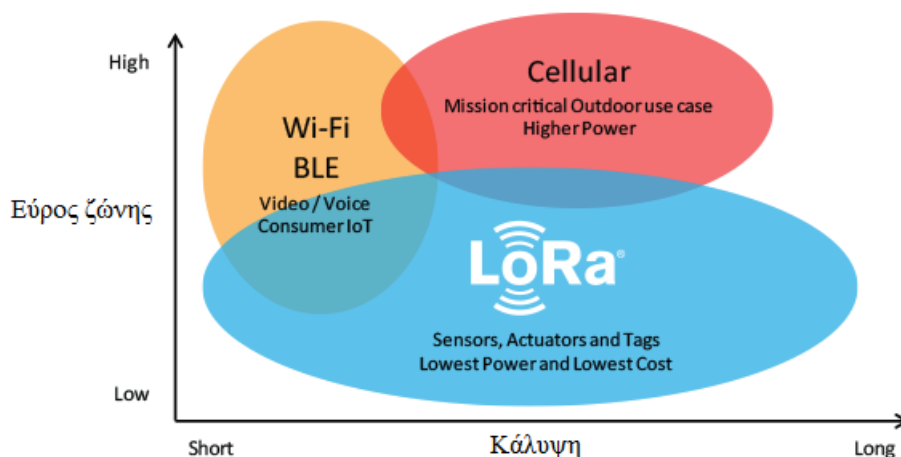
2. Θεωρητικό υπόβαθρο

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προσφερόμενες τεχνολογίες που μπορούν να καλύψουν τη λειτουργικότητα της εφαρμογής που υλοποιήθηκε, ενώ αναφέρονται και οι τελικές επιλογές που έγιναν και με βάση αυτές κτίστηκε η εφαρμογή IoT οικιακής ασφάλειας.

2.1 IoT Πρωτόκολλα και LoRa/LoRaWAN

Καθώς το IoT εδραιώνεται, συναντούμε όλο και περισσότερο στην καθημερινότητά μας εφαρμογές έξυπνων συσκευών που έχουν ως απώτερο σκοπό να κάνουν τη ζωή μας καλύτερη άμεσα ή έμμεσα. Η κάθε εφαρμογή, έχοντας ένα συγκεκριμένο σενάριο που υλοποιείται, θέτει δύο βασικές προϋποθέσεις όσον αφορά την αποστολή των δεδομένων της μέσω των έξυπνων συσκευών, τα οποία είναι το μέγεθος των δεδομένων που παράγονται και χρήζουν αποστολής καθώς επίσης και η εμβέλεια στην οποία μπορούν να εκπεμφθούν. Αυτά τα δύο στοιχεία αποτελούν τα κριτήρια για την επιλογή ανάμεσα στα διαθέσιμα ασύρματα IoT πρωτόκολλα επικοινωνίας, καθώς καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας των κόμβων του δικτύου από τον οποίο εξυπηρετείται η εκάστοτε εφαρμογή.

Συγκεκριμένα, το μέγεθος της πληροφορίας σχετίζεται με τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και κατ' επέκταση το εύρος ζώνης (bandwidth) το οποίο πρέπει να καλύπτει ένα πρωτόκολλο. Είναι σαφές πως όσο πιο επιτακτική η ανάγκη και η συχνότητα για μετάδοση μεγάλου αριθμού πληροφορίας τόσο πιο μεγάλο θα πρέπει να είναι και το εύρος ζώνης μετάδοσης δεδομένων που πρέπει να επιλεγεί. Εδώ έρχεται να προστεθεί κι ένας άλλος παράγοντας που δεν είναι άλλος από την κατανάλωση ενέργειας και είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τα δεδομένα. Αυτή η σχέση υφίσταται διότι οι έξυπνες συσκευές που εκπέμπουν πολύ συχνά μεγάλο αριθμό πληροφορίας, καταναλώνουν πιο γρήγορα τα αποθέματα ενέργειας που έχουν στη διάθεσή τους, πράγμα που σημαίνει πως είτε πρέπει να είναι συνεχώς συνδεδεμένες σε παροχή ενέργειας, είτε απαιτούν ανά τακτά χρονικά διαστήματα επαναφόρτιση της πηγής τους, δηλαδή των μπαταριών τους. Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως υπάρχει και ο παράγοντας της εμβέλειας αποστολής δεδομένων προς ένα σταθμό βάσης, όπου μπορεί να είναι από λίγα μέτρα έως και χιλιόμετρα.



Εικόνα 4 LoRa και άλλα πρωτόκολλα²

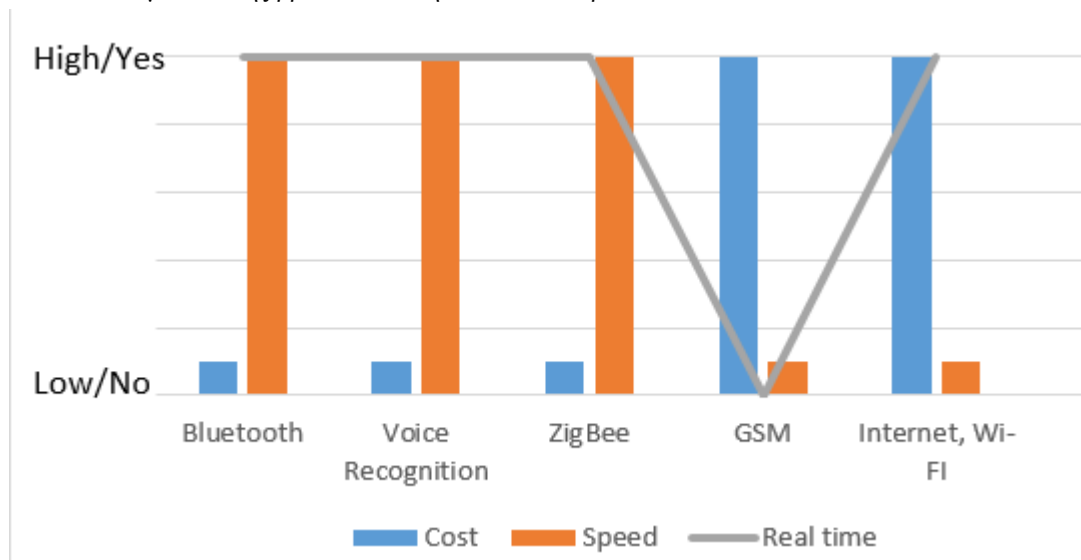
Ενδεικτικά, αναφέρονται παρακάτω κάποια πολύ γνωστά IoT πρωτόκολλα κατηγοριοποιημένα σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια:

² <https://ovyl.io/insights-and-news/wireless-technologies>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

- RFID/NFC: πρωτόκολλα μικρής εμβέλειας που στέλνουν μικρά πακέτα δεδομένων, χρησιμοποιούνται κυρίως για σκανάρισμα ετικετών (tags) και για ανέπαφες πληρωμές
- Wi-Fi, Bluetooth: πρωτόκολλα μέσης εμβέλειας με αποστολή μεγάλων πακέτων δεδομένων, χρησιμοποιούνται για μετάδοση υψηλής ανάλυσης ψηφιακού περιεχομένου
- ZigBee/Zigwave: πρωτόκολλα μέσης εμβέλειας με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και εύρους δεδομένων σε σχέση με τα Wi-Fi, Bluetooth
- LoRa, SigFox : LPWAN (Low Power Wide Area Network) πρωτόκολλα μεγάλης εμβέλειας, χρησιμοποιούνται για αποστολή μικρού πακέτου δεδομένων με χρήση περιορισμένου εύρους δεδομένων και με μικρή κατανάλωση ενέργειας.
- 3G/4G/5G: πρωτόκολλα μεγάλης εμβέλειας, μεγάλου εύρους δεδομένων, μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας

Όσον αφορά τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται από συστήματα αυτοματοποίησης σε σπίτια, έχει γίνει μια σύγκριση ανά τη χρήση τους με βάση κριτήρια που αφορούν κόστος, ταχύτητα και υποστήριξη real-time δεδομένων από την εργασία των Muhammad Asadullah, Ahsan Raza [9]. Τα αποτελέσματα αυτής βρίσκονται στην Εικόνα 5 παρακάτω:



Εικόνα 5 Σύγκριση home automation IoT τεχνολογιών σύμφωνα με την εργασία An Overview of Home Automation Systems [9]

Είναι γεγονός, πως τελευταία η πράσινη ανάπτυξη βρίσκεται στις άμεσες προτεραιότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης με αποτέλεσμα να προτιμώνται, όπου είναι δυνατόν, εναλλακτικές λύσεις για την επίτευξη ενός βιώσιμου πλανήτη μέσω της κλιματικής ουδετερότητας. Λαμβάνοντας τέτοιες εξελίξεις υπόψιν, μαζί με τα IoT πρωτόκολλα που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η εξοικονόμηση ενέργειας είναι προτιμητέα όπου φυσικά είναι κάτι τέτοιο δυνατόν. Οι αλλαγές στον πραγματικό κόσμο δημιουργούν ανάγκες στον αντίστοιχο τεχνολογικό και έτσι από το 2013 συναντάμε τα ασύρματα IoT επικοινωνιακά δίκτυα LPWAN (Low power Wide Area Network), εκ των οποίων τα τρία επικρατέστερα είναι τα Sigfox, NB-IoT και LoRa. Οι τεχνολογίες LPWA, έχουν σαν χαρακτηριστικά τη μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας με συνδεσιμότητα μεγάλης εμβέλειας. Επιπλέον, το εύρος επικοινωνίας δεδομένων είναι περιορισμένο και όλα αυτά επιτυγχάνονται με chipsets μικρού κόστους. Οι διαφορές μεταξύ των προαναφερθέντων LPWA υλοποιήσεων μπορούν να προσδιοριστούν μεταξύ άλλων βάσει το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση των δεδομένων, την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS), το κόστος και την εμβέλεια/κάλυψη δικτύου.

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Αναλυτικότερα, το SigFox ανήκει στα πιο παλιά LPWAN δίκτυα, καθώς ιδρύθηκε το 2010, στη Γαλλία και παρέχει παγκόσμιο δίκτυο επικοινωνίας για λύσεις IoT σε 70 χώρες³. Όπως και το LoRa, χρησιμοποιεί μη αδειοδοτημένο φάσμα συχνοτήτων, σε αντίθεση όμως με το NB-IoT. Επιπλέον, η εμβέλεια την οποία καλύπτουν τα δίκτυα που δημιουργούνται ποικίλλουν, όπως για παράδειγμα μια ολόκληρη πόλη μπορεί να καλυφθεί με έναν μόνο σταθμό βάσης (Sigfox) εμβέλειας πάνω από 40 χιλιόμετρα ή με τρεις σταθμούς βάσης με εμβέλεια έως 20 χιλιόμετρα (LoRa). Το NB-IoT καλύπτει μέχρι και 10 χιλιόμετρα και κάνει χρήση των σταθμών βάσεων LTE, γεγονός που το κάνει ακατάλληλο για υλοποιήσεις σε αγροτικές περιοχές ή όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμες LTE κεραιές. Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά την ποιότητα υπηρεσίας, το NB-IoT, με τίμημα το παραπάνω κόστος σε σύγκριση με τις άλλες δύο λύσεις, προσφέρει υψηλό QoS κάνοντας χρήση ενός πρωτοκόλλου βασισμένου στο LTE (4G) οπότε προτιμάται από εφαρμογές που το έχουν ως προαπαιτούμενο. Από την πλευρά της εξοικονόμησης ενέργειας και οι τρεις τεχνολογίες έχουν χαμηλή κατανάλωση μπαταρίας μιας και οι συσκευές που χρησιμοποιούνται παραμένουν σε κατάσταση «ύπνου» (sleep mode) όταν δεν στέλνουν ή λαμβάνουν δεδομένα. Μια NB-IoT συσκευή βέβαια, λόγω του υψηλού QoS και του τρόπου λειτουργίας της, καταναλώνει πιο γρήγορα το διαθέσιμο απόθεμα ενέργειας σε σχέση με τις άλλες δύο. Από την άλλη όμως, προσφέρει τη δυνατότητα χαμηλής καθυστέρησης (low latency) όπως και μια LoRa συσκευή κλάσης C που λειτουργεί κάνοντας χρήση συγκεκριμένης κατάστασης λειτουργίας κατά την οποία ουσιαστικά παραμένει ενεργή για να μπορεί να ακούει, όταν δεν μεταδίδει κάτι (uplink messages), τα εισερχόμενα μηνύματα (downlink messages). Όσον αφορά την επεκτασιμότητα και οι τρεις λύσεις προσφέρουν συνδεσιμότητα με πολλές συσκευές, όμως το NB-IoT προσφέρει τον μεγαλύτερο αριθμό διασυνδεδεμένων συσκευών, ενώ οι υπόλοιπες δύο καλύπτουν το μισό των δυνατοτήτων του NB-IoT. Τα πρωτεία παίρνει το NB-IoT και για το μέγεθος των δεδομένων (payload) που μπορεί να υποστηρίξει.

Σύμφωνα με έρευνα της Machina Research [10]⁴ η οποία από τον Νοέμβριο του 2016 αποτελεί μέρος του Gartner, μέχρι το 2024 θα υπάρχουν 3,6 δισεκατομμύρια LPWA συνδέσεις. Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω, δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός πως μέχρι τώρα οι LPWA έχουν γίνει από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες όσον αφορά το IoT, καθώς οι υπάρχουσες υλοποιήσεις με τα χαρακτηριστικά τους και τις διαφοροποιήσεις μεταξύ τους αποτελούν κατάλληλη λύση για ποικίλες εφαρμογές σύμφωνα με τους περιορισμούς / προαπαιτούμενα που μπορεί να υπάρχουν. Από την άλλη, συναντάμε επιπλέον και λύσεις με συνδυασμό τεχνολογιών όπως για παράδειγμα LPWA τεχνολογίες με 5G, Wi-Fi, Bluetooth ή και RFID, τα οποία κάνουν χρήση της αρχιτεκτονικής Multi-RAN (Radio Access Network)⁵. Λόγω των συνεχώς αυξανόμενων απαιτήσεων από τις IoT εφαρμογές, έχει δημιουργηθεί τάση με αποτέλεσμα πολλές εταιρίες να μελετούν τον σχεδιασμό λύσεων υλικού IoT συσκευών στις οποίες θα υποστηρίζεται η συνύπαρξη LPWA δικτύων με ασύρματες τεχνολογίες μικρής εμβέλειας, έτσι ώστε να μην διακινδυνεύεται η ποιότητα της προσφερόμενης υπηρεσίας, και να υπάρχει δυνατότητα επιλογής και προσαρμογής όσον αφορά τη δυνατότητα κάλυψης, την πολυπλοκότητα και το κόστος εφαρμογής.

2.1.1 LoRa / LoRaWAN - Βασικές έννοιες

Το LoRa είναι ένα LPWAN (low-power wide-area network) ασύρματο πρωτόκολλο κατασκευασμένο από τη Semtech, το οποίο ανήκει στο φυσικό επίπεδο (physical layer) κατά το μοντέλο αναφοράς OSI, δηλαδή είναι υπεύθυνο για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών του υλικού, την κωδικοποίηση και σηματοδότηση, την εκπομπή και λήψη δεδομένων, την τοπολογία και τον φυσικό σχεδιασμό του δικτύου. Ουσιαστικά το LoRa μπορεί να περιγραφεί ως μια τεχνολογία ασύρματης διαμόρφωσης η

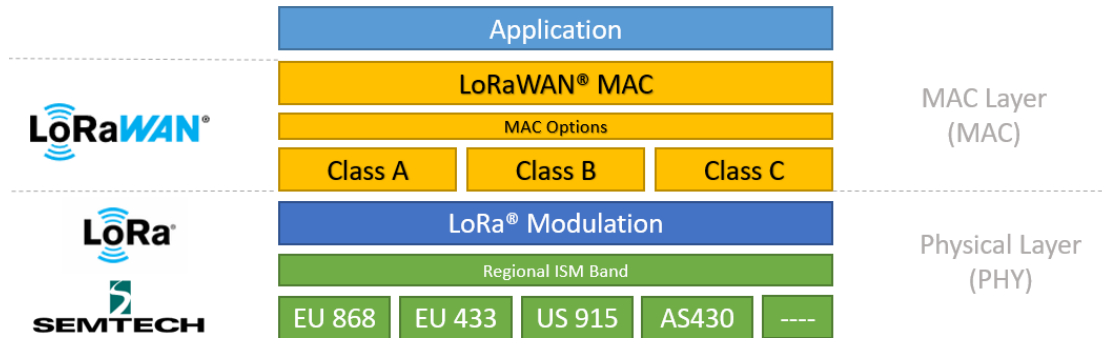
³ <https://www.sigfox.com/>

⁴ Gartner, IoT Forecast Tool (2015). "GLOBAL M2M MARKET TO GROW TO 27 BILLION DEVICES, GENERATING USD1.6 TRILLION REVENUE IN 2024"

⁵ <https://info.semtech.com/abi-research-white-paper>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

ποία κάνει χρήση της Chirp Spread Spectrum (CSS) τεχνολογίας, που συναντάται σε τεχνολογίες ραντάρ, και μιμείται εν μέρει τον τρόπο επικοινωνίας που συναντάται στη φύση σε δελφίνια και νυχτερίδες. Η τεχνολογία CSS είναι υπεύθυνη για τη μετάφραση των δεδομένων προς αποστολή σε σήματα ραδιοσυχνότητας με δυνατότητα κάλυψης μεγάλων αποστάσεων μετάδοσης.



Εικόνα 6 Διαχωρισμός επιπέδων⁶

Από την αρχή της δημιουργίας του, το 2015, μέχρι σήμερα, η Semtech έχει αναπτύξει και βελτιστοποιήσει τα LoRa chipsets του έτσι ώστε να επιτυγχάνει μειωμένη κατανάλωση ισχύος, αυξημένη ισχύ μετάδοσης και μειωμένο μέγεθος σε σύγκριση με παλαιότερες εκδόσεις. Επιπλέον, μέσω των LoRa συσκευών μπορεί να εντοπιστεί η γεωγραφική τοποθεσία τους ακόμα και αν αυτές είναι κινητές και αυτό γίνεται εφικτό μέσω των χρονικών σημάνσεων (timestamps) από τις πύλες (gateways). Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, κάθε τεχνολογία LPWAN είναι ιδανική για συγκεκριμένες υλοποιήσεις και προδιαγραφές. Αρχικά, το LoRa έγινε γνωστό ως μια τεχνολογία για εφαρμογές έξυπνων μετρητών (smart metering) όμως στην πορεία επεκτάθηκε και σε άλλους τομείς με αποτέλεσμα να έχουν δημιουργηθεί ποικίλες υλοποιήσεις που βοηθούν στο σύνολο την υγεία, την κοινότητα, το σπίτι. Παγκοσμίως, υπάρχουν πάνω από 280.000.000 LoRa συσκευές⁷ συνδεδεμένες στο δίκτυο, προερχόμενες από 160 χώρες⁸ με τις οποίες προσφέρονται έξυπνες λύσεις για την πρόληψη και αντιμετώπιση διαφόρων καιριών θεμάτων.



Εικόνα 7 Infographic με εφαρμογές LoRa προς το κοινωνικό σύνολο⁹

Τα χαρακτηριστικά του, όπως προσδίδει και το όνομά του, είναι η μεγάλης εμβέλειας (έως 10 χιλιόμετρα) μετάδοση μικρών πακέτων δεδομένων με κατανάλωση χαμηλής ισχύος, γεγονός που

⁶ <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/>

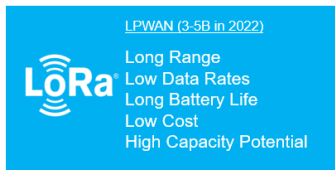
⁷ <https://www.semtech.com/lora>

⁸ <https://lora-alliance.org/lora-alliance-press-release/lorawan-roaming-now-available-in-more-than-25-countries/>

⁹ <http://info.semtech.com>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

το κάνει ιδανικό για χρήση και μετάδοση μετρήσεων από αισθητήρες που λειτουργούν με μπαταρίες σε IoT συσκευές.

<p><u>Traditional Cellular</u></p> <p>Long Range High Data Rates Low Battery Life High Cost</p>	 <p>LPWAN (3-5B in 2022)</p> <p>Long Range Low Data Rates Long Battery Life Low Cost High Capacity Potential</p>	<p><u>Cat-M1</u></p> <p>Long Range High Data Rates Low Battery Life Medium Cost</p>
<p><u>Local Area Network (Wi-Fi)</u></p> <p>Short Range High Data Rates Low Battery Life Medium Cost</p>	<p><u>Narrow-Band IoT (NB-IoT)</u></p> <p>Stationary Devices Short Range (indoor coverage) Low Data Rates Good Battery Life Low Cost</p>	<p><u>Personal Area Network (Bluetooth*)</u></p> <p>Very Short Range Low data rates Good Battery Life Low Cost</p>

Εικόνα 8 Σύγκριση πρωτοκόλλου LoRa με άλλες IoT τεχνολογίες¹⁰

Το φάσμα που χρησιμοποιεί είναι χωρίς άδεια και ανήκει στις ραδιοφωνικές ζώνες ISM (industrial, scientific, medical) οι οποίες προορίζονται διεθνώς για βιομηχανικούς, επιστημονικούς και ιατρικούς σκοπούς εκτός από τις τηλεπικοινωνίες. Επιπρόσθετα, η συχνότητα στην οποία εκπέμπει και δέχεται εξαρτάται από τη φυσική τοποθεσία της εκάστοτε εφαρμογής (868 MHz στην Ευρώπη, 915 MHz Αυστραλία και Βόρεια Αμερική, από 865 MHz έως 867 MHz στην Ινδία και τέλος, 923 MHz στην Ασία). Στην Ελλάδα συγκεκριμένα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι συχνότητες 863-870 MHz. Όσον αφορά τον ρυθμό δεδομένων, μπορεί να επιτύχει τιμές μεταξύ 0,3 kbit / s και 50 kbit / s ανάλογα με τον παράγοντα διάδοσης (spreading factor SF).

Η βασική λειτουργία του πρωτοκόλλου LoRa είναι η μετατροπή των δεδομένων προς αποστολή σε σήματα, χρησιμοποιώντας την διαμόρφωση LoRa. Ο τρόπος εφαρμογής κώδικα διάδοσης πάνω στο αρχικό σήμα δεδομένων καθορίζεται από τον παράγοντα διάδοσης (spreading factor) και οι διαθέσιμοι παράγοντες διάδοσης είναι έξι με τα ονόματα SF7 – SF12. Όσο πιο μεγάλος ο παράγοντας διάδοσης, τόσο πιο μακριά μπορεί να σταλεί το σήμα και να ληφθεί χωρίς λάθη από τον αποδέκτη ραδιοκυμάτων. Όμως, όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ανά παράγοντα διάδοσης, τόσο μικρότερος και ο αριθμός των bits ανά δευτερόλεπτο που μπορούν να υποστηριχθούν για την αποστολή των δεδομένων. Αυτομάτως, αυτό σημαίνει πως και ο χρόνος που το ραδιοκύμα βρίσκεται στον αέρα για την αποστολή αυξάνεται όσο μεγαλώνει και ο παράγοντας διάδοσης, άρα και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας εξαντλείται πιο γρήγορα διότι η συσκευή μένει ενεργή για περισσότερη ώρα. Για τα uplink μηνύματα γίνεται χρήση των SF7 – SF10, ενώ για τα downlink χρησιμοποιούνται όλοι οι διαθέσιμοι παράγοντες διάδοσης.¹¹

¹⁰ <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/>

¹¹ <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/#Footnote%202>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Πίνακας 5 Χρήση LoRa Spreading Factors για uplink μηνύματα και αντιστοίχιση χαρακτηριστικών¹³

Spreading Factor (For UL at 125 KHz)	Bit Rate	Range (Depends on Terrain)	Time on Air for an 11-byte payload
SF10	980 bps	8 km	371 ms
SF9	1760 bps	6 km	185 ms
SF8	3125 bps	4 km	103 ms
SF7	5470 bps	2 km	61 ms

Ένα χαρακτηριστικό των παραγόντων διάδοσης είναι ότι είναι εγγενώς ορθογώνιοι, πράγμα που σημαίνει πως σήματα που διαμορφώνονται με διαφορετικό παράγοντα διάδοσης αλλά μεταδίδονται την ίδια στιγμή σε κανάλι ίδιας συχνότητας, δεν παρεμβάλλονται μεταξύ τους και αντιμετωπίζονται το ένα το άλλο ως θόρυβο. Με αυτόν τον τρόπο, η πύλη που τα λαμβάνει, μπορεί να αποδιαμορφώσει και τα δύο, διαφορετικά αν αποστέλλονται πακέτα με τον ίδιο παράγοντα διάδοσης, στο ίδιο κανάλι και την ίδια χρονική στιγμή, τότε συγκρούεται το ένα με το άλλο και έχουμε απώλεια, εκτός αν το ένα από αυτά είναι δυνατότερο από έξι dB, το οποίο και επιβιώνει.

Το LoRaWAN είναι ένα MAC πρωτόκολλο που κατά το OSI ανήκει στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων, αλλά εμπεριέχει και λειτουργίες που περιγράφονται συνήθως στο επίπεδο δικτύου (network layer). Με τις προδιαγραφές του LoRaWAN ορίζεται η χρήση του LoRa υλικού από τους κόμβους μιας αρχιτεκτονικής βασισμένης στο LoRa, δηλαδή των LPWAN πυλών (Gateways) και των συσκευών που βρίσκονται σε τελικούς κόμβους (end-node devices). Το LoRaWAN, ως ένα ασύγχρονο πρωτόκολλο βασισμένο στο ALOHA, επιτρέπει στη συσκευή μετάδοσης να παραμένει σε κατάσταση ύπνου (sleep) για όσο επιθυμεί η εφαρμογή, γεγονός που μπορεί να εξασφαλίσει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Επιπλέον, το LoRaWAN καθορίζει για τις χρησιμοποιούμενες συχνότητες, τον ρυθμό δεδομένων και την ισχύ των συσκευών του δικτύου.

Η χωρητικότητα ενός δικτύου LoRaWAN είναι συνάρτηση της πυκνότητας των πυλών του. Επίσης, για τη μεγιστοποίηση της χωρητικότητας του δικτύου, είναι απαραίτητη η χρήση ενός μηχανισμού προσαρμοστικής ταχύτητας δεδομένων (ADR). Ο κύριος στόχος του ADR είναι να εξοικονομήσει ενέργεια από την μπαταρία των τελικών κόμβων. Έχοντας τους τελικούς κόμβους πιο κοντά σε μια πύλη μετάδοσης, χρησιμοποιώντας τον χαμηλότερο συντελεστή διάδοσης, ο χρόνος τους στον αέρα ελαχιστοποιείται, παρατείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας τους. Από την άλλη, πιο μακρινοί αισθητήρες εκπέμπουν με υψηλότερο συντελεστή διάδοσης. Γίνεται ουσιαστικά μια αντιστάθμιση μεταξύ ισχύος μπαταρίας και απόστασης, δεδομένου ότι ένας υψηλότερος συντελεστής διάδοσης επιτρέπει τη σύνδεση μιας πύλης με συσκευές που βρίσκονται πιο μακριά. Συνήθως, το ADR ενδείκνυται για σταθερές συσκευές και όχι κινητές και μπορεί να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί ανάλογα την περίπτωση.

Περισσότερες πληροφορίες για τις προδιαγραφές του πρωτοκόλλου βρίσκονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.

2.2 Περιγραφή εργαλείων υλοποίησης

2.2.1 Πλατφόρμες LoRaWAN

¹² <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/>

¹³ <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Τα δίκτυα LoRaWan ανάλογα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών που εξυπηρετούν μπορεί να είναι δημόσια, ιδιωτικά ή να αποτελούν ένα υβριδικό μοντέλο. Στην κατηγορία των δημόσιων LoRaWan δικτύων υπάρχουν δύο εναλλακτικές, η μια έχει κάποιο κόστος ενώ η άλλη είναι δωρεάν. Τα δημόσια LoRaWan δίκτυα με αμοιβή παρέχονται από τηλεπικοινωνιακούς παρόχους στους οποίους ανήκουν πύλες (gateways) και επιτρέπουν σε LoRa συσκευές να εγγραφούν στα δίκτυά τους με καταβολή χρέωσης. Η τιμολόγηση εξαρτάται συχνά από τον αριθμό των συνδεδεμένων συσκευών και τον αριθμό των πακέτων που στέλνεται ημερησίως. Επιπλέον, υπάρχουν και τα δωρεάν δημόσια δίκτυα όπως είναι το The Things Network (TTN) και το LORIIOT.io που είναι διαθέσιμα στη χώρα μας. Το TTN αποτελεί ένα crowdsourcing δίκτυο καθώς συντηρείται από χιλιάδες άτομα και οργανισμούς σε όλον τον κόσμο μέσω της διάθεσης πυλών με σκοπό την κάλυψη του δικτύου. Όλοι οι εγγεγραμμένοι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να προσθέσουν πύλες και να συνδέσουν τις τελικές τους συσκευές στο The Things Network. Από την άλλη, τα ιδιωτικά LoRaWan δίκτυα μπορούν να δημιουργηθούν και συντηρηθούν από ιδιώτες ή επιχειρήσεις, ενώ υπάρχουν κάποιες από αυτές που εξειδικεύονται στη συγκεκριμένη ενέργεια όπως:

- [Actility](#)
- [Everynet](#)
- [LORIIOT](#)
- [Orbiwise](#)
- [The Things Industries](#)
- [Zenner](#)

Η απόφαση για το τι τύπος δικτύου πρέπει να επιλεγεί για την εκάστοτε εφαρμογή, λαμβάνεται αναλύοντας τις ανάγκες και τα προαπαιτούμενά της. Για παράδειγμα, όταν χρειάζεται να γίνει υλοποίηση μεγάλου αριθμού συσκευών ή όταν πολλές συσκευές είναι οριοθετημένες σε ένα περιβάλλον όπως είναι ένα κτήριο, μια φάρμα ή ένα πανεπιστήμιο, από πλευράς κόστους είναι προτιμότερο η διαχείριση των πυλών να γίνει από την εταιρία στην οποία ανήκει η εφαρμογή.

Επίσης, αν η ίδια εταιρία διέπεται από κανόνες για τη διακυβέρνηση και προστασία δεδομένων, όπως ισχύει σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση με κανονισμούς που έχουν θεσπιστεί, θα πρέπει η δρομολόγηση και η αποθήκευση των δεδομένων από τις συσκευές να γίνεται μέσω διακομιστών που ανήκουν στην εταιρία.

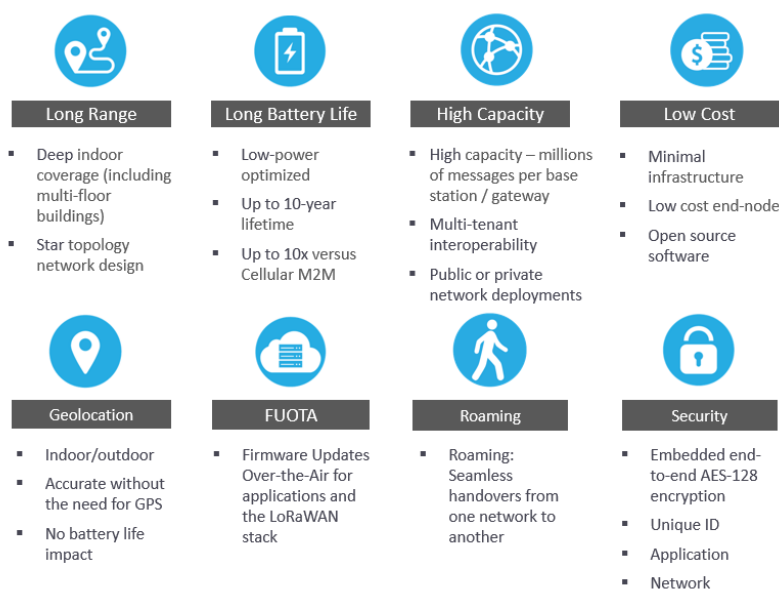
Το LoRa πρωτόκολλο και το LoRaWAN ανοιχτό δίκτυο TTN επιλέχθηκαν για τις ανάγκες της μεταπτυχιακής διατριβής διότι:

- Οι πληροφορίες αποστολής για την εφαρμογή IoT οικιακής ασφάλειας είναι μικρές σε μέγεθος.
- Οι πληροφορίες που εμφανίζονται στην εφαρμογή παρακολούθησης δεν χρειάζεται να είναι real time καθώς επιτρέπεται μια μικρή καθυστέρηση των 10 λεπτών (για τη λύση έχει επιλεγεί εσωτερική πύλη έτσι ώστε να εξασφαλίσουμε τη μικρότερη δυνατή απώλεια πακέτων).
- Η ζωή λειτουργίας μπαταρίας της συσκευής μας ενδιαφέρει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη.
- Επιτρέπεται η αποστολή δεδομένων μεγάλης εμβέλειας, άρα η συσκευή μπορεί να βρίσκεται χιλιόμετρα μακριά από την πύλη (gateway).
- Το κόστος της λύσης είναι φθηνότερο σε σχέση με άλλα πρωτόκολλα, άρα είναι πιο προσιτό προς τους χρήστες.

Σύμφωνα με την πολιτική ορθής χρήσης του The Things Network (TTN), ο χρόνος στον αέρα σε περίπτωση uplink δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τα 30 δευτερόλεπτα την ημέρα ανά node, ενώ τα downlink μηνύματα θα πρέπει να περιορίζονται σε 10 την ημέρα ανά node¹⁴.

¹⁴ <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/duty-cycle/>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 9 Πλεονεκτήματα TTN¹⁵

2.2.2 Διαθέσιμες επιλογές για LoRa node

Αξιοποιώντας το Developer Training¹⁶ στο επίσημο site της Semtech το οποίο αποτελεί μέρος του LoRaWAN Academy, πραγματοποιήθηκε η αρχική επαφή και η απαραίτητη εκπαίδευση όσον αφορά το LoRaWAN και μεταξύ άλλων και των υλικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν/συνδυαστούν για την κατασκευή της συσκευής. Για τη δημιουργία μιας LoRa συσκευής υπάρχουν πολλές επιλογές υλοποίησης, από έτοιμες συσκευές μέχρι περιφερειακές συσκευές όπου συνδυάζοντάς τις, δημιουργείται η τελική συσκευή. Όσον αφορά τη δεύτερη λύση, τη σύνθεση δηλαδή της συσκευής μέσω διαφόρων στοιχείων, τα απαραίτητα για την κατασκευή μιας custom LoRa συσκευής είναι:

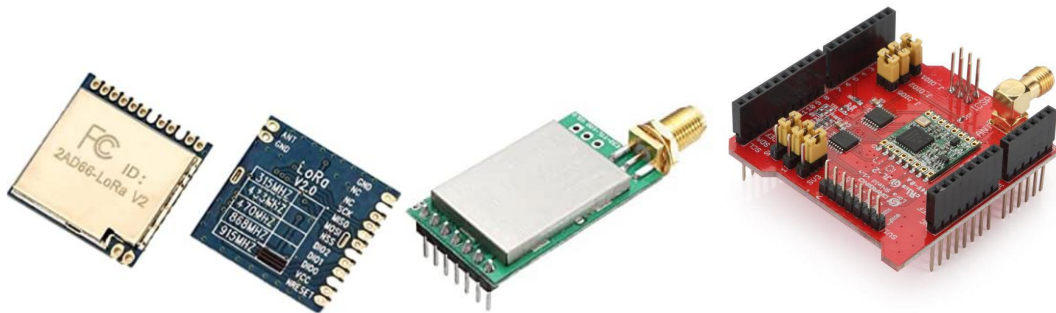
- το LoRa chip το οποίο μπορεί να είναι αυτούσιο ή να βρίσκεται ήδη εγκατεστημένο σε module ή shield,
- μια κεραία,
- και ένας μικροεπεξεργαστής ο οποίος θα μπορεί να επικοινωνεί με το LoRa chip και να τρέχει τις διαδικασίες που απαιτούνται από την εκάστοτε εφαρμογή που έχει σχεδιαστεί.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι κατανοητό πως η επιλογή για την κατασκευή της συσκευής βρίσκεται στο LoRa chip και σε ποια μορφή επιθυμούμε να βρίσκεται. Το chip προσφέρεται μόνο του, ενώ υπάρχουν και οι επιλογές των modules και shields. Η διαφορά μεταξύ των προσφερόμενων μορφών έγκειται στο γεγονός του κατά πόσο ο στόχος της συσκευής θέλουμε να είναι η μοναδικότητα και η πρωτοτυπία. Όσο ανεβαίνουμε από κατηγορία σε κατηγορία όλο και λιγότερες ενέργειες απαιτούνται από τον τελικό χρήστη που αφορούν συνδέσεις, συγκολλήσεις κλπ.

¹⁵ <https://lora-developers.semtech.com/uploads/documents/images/Advantages.png>

¹⁶ <https://lora-developers.semtech.com/learn/lorawan-academy>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

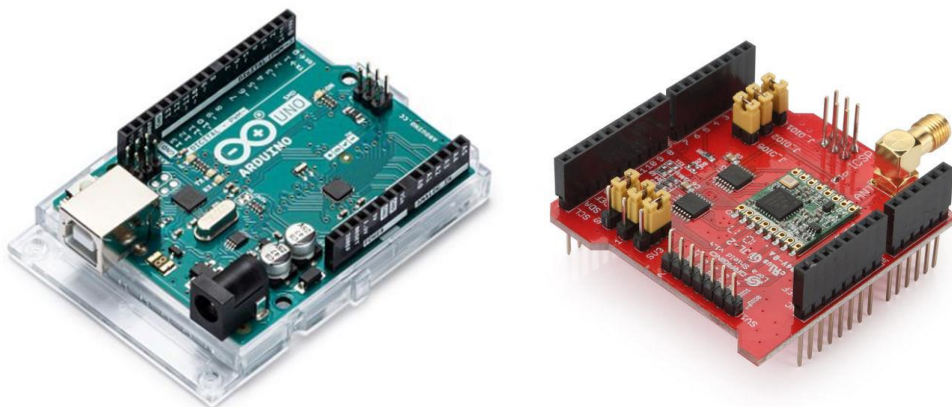


Εικόνα 10 Luabby LoRa chip, UM402 LoRa module, Dragino LoRa shield

Έχοντας τη συγκεκριμένη γνώση και ψάχνοντας στο διαδίκτυο, έγινε η επιλογή των δύο παρακάτω λύσεων:

1. Arduino Uno + Dragino LoRa Shield v1.4
2. Arduino Uno + BSFrance LoRa32ua II v1.3 (LoRa Module)

Η πρώτη λύση αποτελείται από τα στοιχεία της Εικόνας 11 όπου απεικονίζεται ένας μικροελεγκτής Arduino Uno και ένα Dragino LoRa shield (το οποίο είναι συμβατό με τη συγκεκριμένη έκδοση του Arduino).



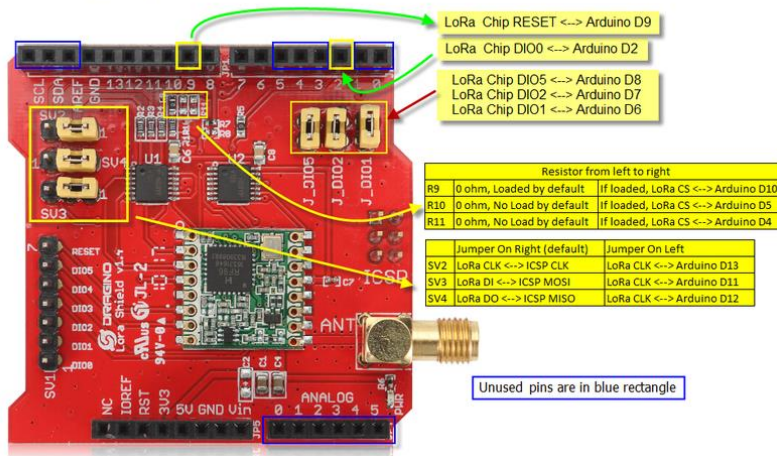
Εικόνα 11 Arduino UNO και Dragino LoRa Shield v1.4

Το LoRa shield ουσιαστικά κάθεται πάνω από τον μικροεπεξεργαστή Arduino, καθώς οι ακροδέκτες του (pins) συνδέονται στις αντίστοιχες υποδοχές του μικροελεγκτή και μαζί με την κεραία, διαμορφώνουν τη LoRa συσκευή. Στην εικόνα¹⁷ παρακάτω βλέπουμε πως κάποιες εισοδοί είναι δεσμευμένες στο Dragino LoRa module για εσωτερικές διαδικασίες και δεν υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης αισθητήρων ή φορέσιμων συσκευών σε αυτές τις θέσεις. Αυτές οι θέσεις των pins πρέπει να δηλωθούν αντίστοιχα και στον κώδικα στο λογισμικό της συσκευής.

¹⁷ https://wiki.dragino.com/index.php?title=Lora_Shield

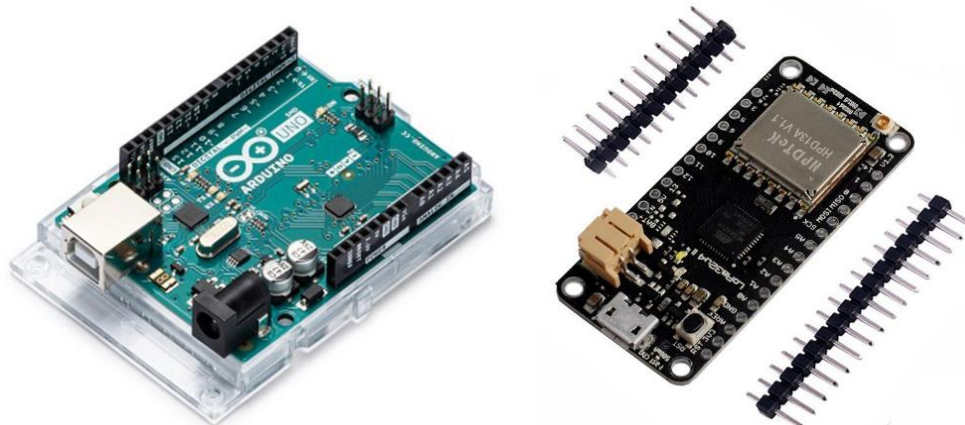
Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Pin Mapping For LoRa



Εικόνα 12 Δεσμευμένα και ελεύθερα pins του Dragino LoRa Shield v1.4¹⁸

Η δεύτερη λύση αποτελείται από τα στοιχεία της Εικόνας 13 όπου απεικονίζεται ένας μικροελεγκτής Arduino Uno και το LoRa module της BSFrance, LoRa32ua II v1.3.



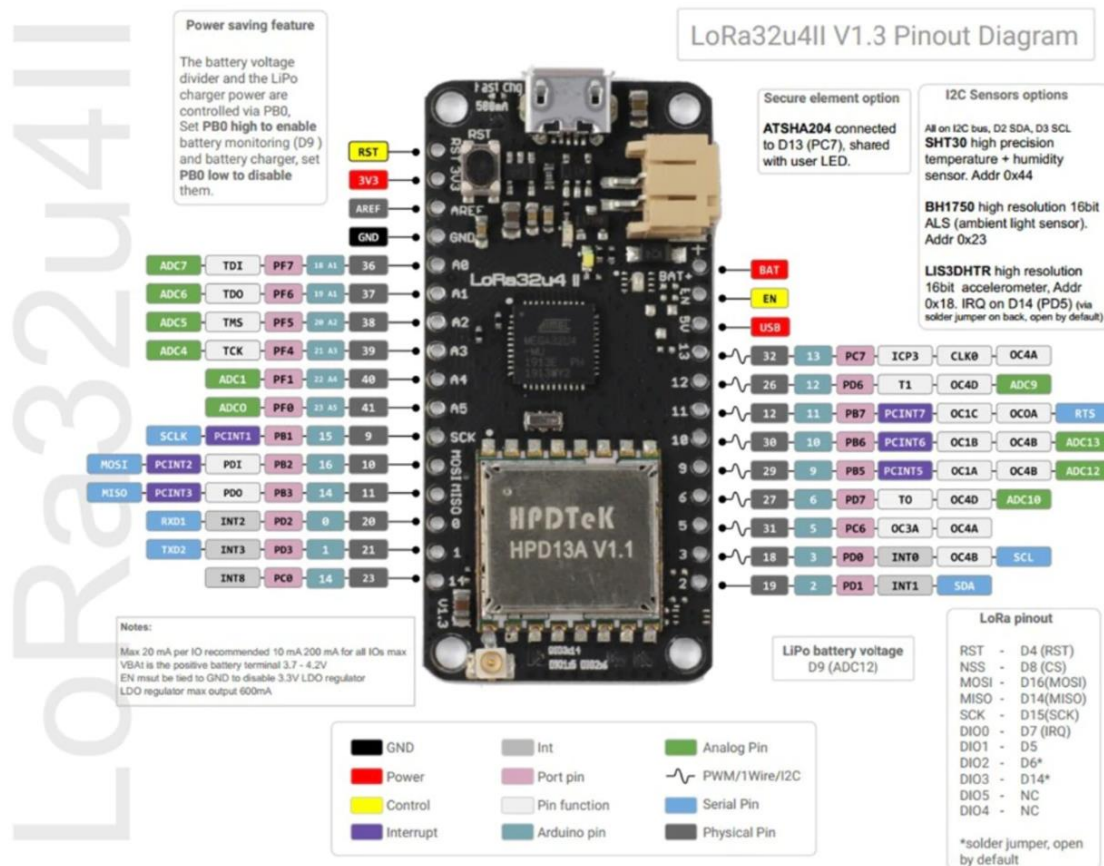
Εικόνα 13 Arduino UNO και BSFrance LoRa32ua II v1.3

Είναι ξεκάθαρο, πως σε σχέση με την πρώτη λύση, για τη διασύνδεση των δύο εξαρτημάτων απαιτούνται επιπλέον ενέργειες, ενώ επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη τα δεσμευμένα pins¹⁹ από διάφορες λειτουργίες.

¹⁸ https://wiki.dragino.com/index.php?title=Lora_Shield

¹⁹ www.bsfrance.fr

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 14 Δεσμευμένα και ελεύθερα pins του BSFrance LoRa32u4 II v1.3²⁰

Η επιλογή της πρώτης λύσης κρίθηκε ιδανική στα πλαίσια της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής, διότι το κυρίαρχο μέρος είναι η υλοποίηση της εφαρμογής ασφάλειας και όχι τόσο το μηχανικό/υλικο κομμάτι της σύνθεσης της συσκευής. Παρ'όλο που και οι δύο επιλογές αγοράστηκαν εξαρχής, η μεταπτυχιακή διατριβή προχώρησε με την πρώτη λύση, χωρίς βέβαια να αποκλείεται στο μέλλον ο επανασχεδιασμός της με τα υλικά της δεύτερης λύσης.

2.2.3 Διαθέσιμες επιλογές διασύνδεσης

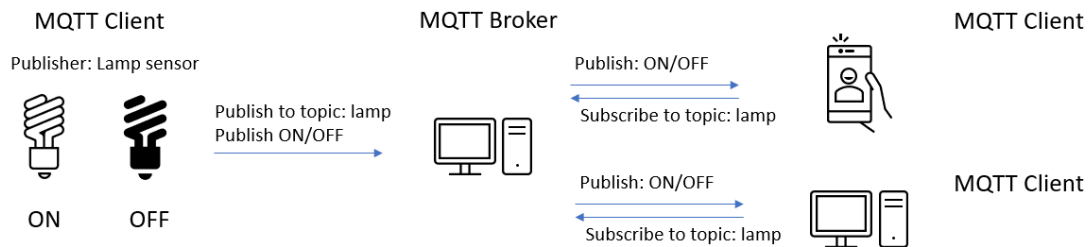
Το The Things Network/Stack (TTN/TTS) Internet of Things δίκτυο, προσφέρει ποικίλες επιλογές διασύνδεσης των υλοποιούμενων εφαρμογών όπως MQTT, Webhooks, Storage Integration, IFTTT αλλά και με Cloud υπηρεσίες όπως AWS IoT, Azure IoT και LoRa Cloud. Στη συνέχεια παρουσιάζονται επιγραμματικά οι υπηρεσίες MQTT και IFTTT οι οποίες επιλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής διατριβής.

Το MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) είναι ένα πρωτόκολλο μηνυμάτων που χρησιμοποιείται κατά κόρον από εφαρμογές IoT. Το The Things Network/Stack προσφέρει λειτουργικότητα MQTT server έτσι ώστε μέσω οποιουδήποτε MQTT client να μπορεί να επιτευχθεί σύνδεση και εγγραφή στα κανάλια των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ της συσκευής και του δικτύου (uplink και downlink μηνύματα). Για την αυθεντικοποίηση, απαιτείται ένα API κλειδί το οποίο εκδίδεται μέσω του TTN και μέσω αυτού καθώς και κάποιων άλλων πληροφοριών όπως

²⁰ www.bsfrance.fr

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

MQTT public address, TLS address, username, password γίνεται εφικτή η σύνδεση από κάποιον MQTT client. Αρχικά, δοκιμαστικά, είχαν γίνει προσπάθειες σύνδεσης με τον Mosquito client, και μέσω της χρήσης/ανάπτυξης κατάλληλου Python κώδικα. Τελικά επιλέχθηκε η λύση διασύνδεσης με τη χρήση προσφερόμενων εργαλείων μέσω του περιβάλλοντος προγραμματισμού Node-RED.



Εικόνα 15 Πρωτόκολλο MQTT

Το IFTTT (If This Then That) είναι μια υπηρεσία ιδιωτικής εταιρίας, μέσω της οποίας μπορεί να προγραμματιστεί μια απάντηση σε γεγονότα/συμβάντα που ικανοποιούν συγκεκριμένες συνθήκες. Σε συνεργασία με πολλούς παρόχους υπηρεσιών, ποικίλες είναι οι προσφερόμενες επιλογές ενεργειών που εκτελούνται υπό συνθήκη. Ενδεικτικά, κάποιες από αυτές είναι η αποστολή email, SMS, πραγματοποίηση κλήσης, άνοιγμα λάμπας κ.ά.

- Applet: IF your Fitbit Distance goal is achieved → THEN Send a notification
- Applet: Turn on my entryway lights based on outside brightness
- Applet: IF you start traveling to your vacation home → THEN heat some water for your stay
- Applet: IF tomorrow's forecast is clear → THEN schedule a long run
- Applet: IF there's a new post on Reddit → THEN post a Tweet with an image

Εικόνα 16 Παραδείγματα υπηρεσίας IFTTT²¹

Κάνοντας χρήση των προσφερόμενων applets της υπηρεσίας IFTTT είναι δυνατή η διασύνδεση εφαρμογών ή συσκευών, με σκοπό την επέκταση ή και προσθήκη δυνατοτήτων στην τελική λειτουργικότητα ενός προς υλοποίηση συστήματος. . Στα πλαίσια της μεταπτυχιακής διατριβής χρησιμοποιήθηκε η υπηρεσία του IFTTT μέσω του Node-RED, έτσι ώστε να εκτελούνται κάποιες ενέργειες βάσει συγκεκριμένων τιμών των αισθητήρων που αποστέλλονται από τη συσκευή.

2.2.4 Διαθέσιμες επιλογές παρουσίασης δεδομένων

Το Node RED²² είναι αρκετά δημοφιλές στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων γιατί επιτρέπει τη σύνδεση διάφορων κόμβων και την αλληλεπίδραση με αυτούς με διάφορους τρόπους χωρίς τη χρήση κώδικα. Η πλατφόρμα αυτή, είναι προσβάσιμη μέσω φυλλομετρητή (browser) έχοντας κατασκευαστεί με Node.js, μπορεί να τρέξει τοπικά, σε εξωτερική συσκευή ή και στο Cloud, ενώ διαθέτει πάνω από 225.000 modules διαθέσιμα για κατέβασμα και χρήση στο repository του²³. Τα flows που

²¹ <https://help.ifttt.com/hc/en-us/articles/360053657913-Example-Applets-using-queries-and-filter-code#Applet:Ifyoustarttravelingtoyourvacationhome%E2%86%92THENheatsomewaterforyourstay>

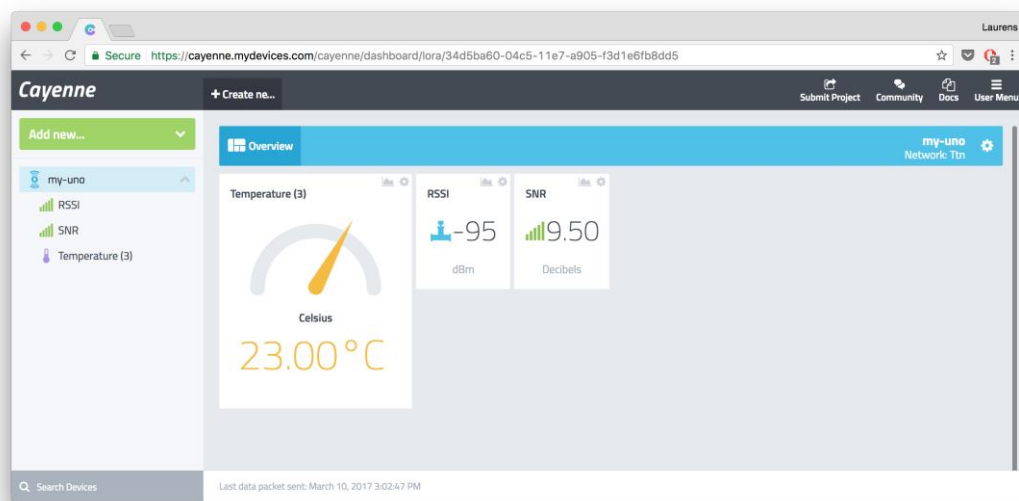
²² <https://nodered.org/>

²³ <https://nodered.org/>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

δημιουργούνται αποθηκεύονται σε μορφή JSON και μπορούν εύκολα να εξαχθούν και εισαχθούν. Το Node-RED χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της εφαρμογής οικιακής ασφάλειας “IoT Home Safety”, ενώ όλα τα flows αλλά και οι λειτουργίες περιγράφονται σε παρακάτω κεφάλαιο.

Επίσης, μέσω της IoT πλατφόρμας myDevices Cayenne²⁴, είναι εφικτή η διασύνδεση και η αλληλεπίδραση με IoT συσκευές. Κάποιες από τις δυνατότητες είναι η προβολή αλλά και αποστολή δεδομένων από/προς τις IoT συσκευές μέσω του της διαμόρφωσης ενός dashboard με απλές drag and drop κινήσεις. Ανάμεσα στις πολλές υποστηριζόμενες τεχνολογίες, βρίσκεται και το The Things Stack το οποίο προσφέρει απευθείας συνδεσιμότητα με την εν λόγω πλατφόρμα, προσφέροντας την επιλογή μετατροπής των δεδομένων της συσκευής στην αποδεκτή από myDevices Cayenne μορφή, Cayenne Low Power Payload (Cayenne LPP). Στο dashboard, εκτός από την προβολή τιμών αισθητήρων με χρήση διαφόρων τύπων διαγραμμάτων, υπάρχει και η δυνατότητα προβολής metadata που αποτελούν χαρακτηριστικά του σήματος όπως RSSI (received signal strength indicator), SNR (Signal-to-Noise Ratio).



Εικόνα 17 Προβολή δεδομένων IoT συσκευής στο myDevices Cayenne²⁵

²⁴ <https://mydevices.com/app/>

²⁵ <https://www.thethingsnetwork.org/docs/applications/cayenne/>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

3. Υλοποίηση

Σε αυτό το μέρος παρουσιάζονται οι τελικές λύσεις που επιλέχθηκαν και υλοποιήθηκαν, μετά την εκτενή έρευνα που προηγήθηκε, όσον αφορά την υλοποίηση της παρουσιαζόμενης παρακάτω εφαρμογής. Το IoT σύστημα που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής περιλάμβανε:

- την υλοποίηση του μέσω LoRa συνδεδεμένου υλικού (διασύνδεση μικροελεγκτή – LoRa συσκευής – αισθητήρων και φορέσιμων συσκευών),
- την ανάπτυξη και εφαρμογή του απαραίτητου λογισμικού (firmware) συσκευής
- καθώς επίσης και την HTTP εφαρμογή παρακολούθησης-διαχείρισης αυτού του IoT συστήματος.

Συνοπτικά, η LoRa συσκευή εκτός από το υλικό, περιλαμβάνει και λογισμικό με το οποίο έχει προγραμματιστεί η συμπεριφορά της. Η συγκεκριμένη συσκευή εξυπηρετεί μια εφαρμογή ασφάλειας στο σπίτι με επίκεντρο τις ανάγκες που έχουν ηλικιωμένοι, λεπτομέρειες της οποίας θα παρουσιαστούν στο υποκεφάλαιο της εφαρμογής.

3.1 Υλικό

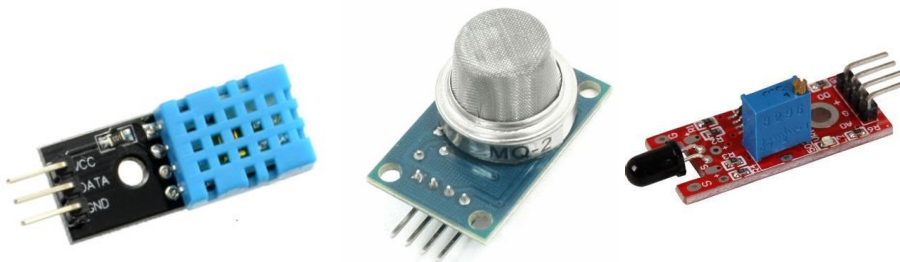
Στα πλαίσια της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής επιλέχθηκε, μετά από έρευνα και σύγκριση των διαθέσιμων επιλογών, η λύση του μικροεπεξεργαστή (MCU) Arduino UNO, ενώ ως LoRa module χρησιμοποιήθηκε το Dragino LoRa Shield v1.4 που είναι βασισμένο στο chip SX1276 της Semtech.

Οι αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι στη συσκευή είναι οι:

- Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11
- Αισθητήρας MQ-2 για H₂, LPG, CH₄, CO, Αλκοόλ, Καπνού και Προπάνιου
- Αισθητήρας φλόγας

Ενώ οι αντίστοιχες φορέσιμες συσκευές:

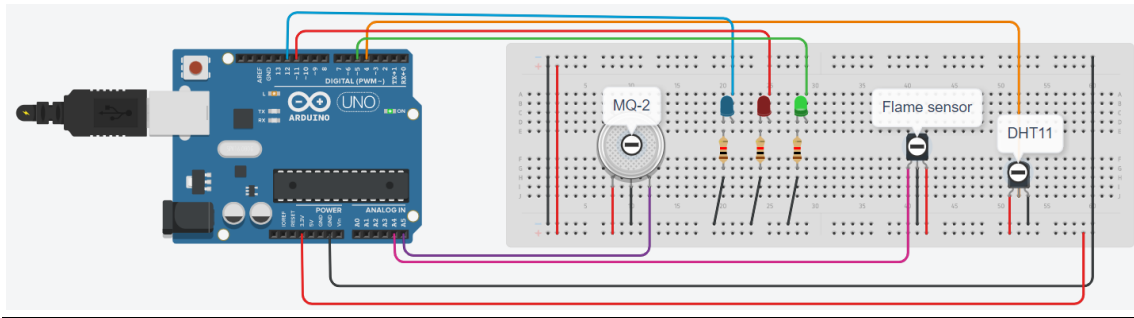
- Φώτα LED



Εικόνα 18 Αισθητήρες θερμοκρασίας/υγρασίας DHT11, αερίων MQ-2 και φλόγας

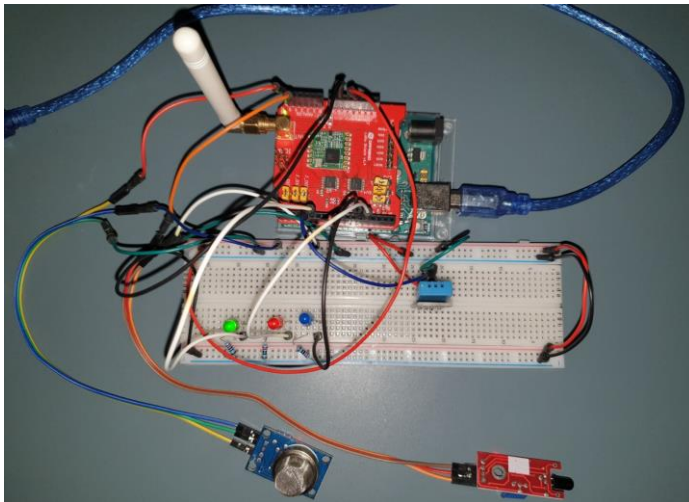
Τα παραπάνω περιφερειακά είναι συνδεδεμένα με την κεντρική συσκευή μέσω καλωδίων (jumper cables) τα οποία δεν χρειάζονται συγκόλληση. Για να επιτευχθεί η σύνδεση, έχει γίνει χρήση πλακέτας δοκιμών (solderless breadboard).

¹Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 19 Κύκλωμα Arduino σχεδιασμένο στο Tinkercad

Η prototype LoRa συσκευή που δημιουργήθηκε με βάση το κύκλωμα της Εικόνας 19, απεικονίζεται σε λειτουργία στην Εικόνα 20. Η συσκευή καθ' όλη τη διάρκεια της υλοποίησης ήταν συνδεδεμένη μέσω USB σε laptop έτσι ώστε να μπορεί να προγραμματιστεί, να φορτωθεί και να δοκιμαστεί ο κώδικας, ενώ μετά το πέρας της ολοκλήρωσης του προγραμματισμού είναι συνδεδεμένη με Powerbank που λειτουργεί ως πηγή ενέργειας και αποτελεί ουσιαστικά μπαταρία με πεπερασμένο μέγεθος μιλιαμπερωρίων mAh. Στο επόμενο υποκεφάλαιο, θα περιγραφεί ο τρόπος λειτουργίας της συσκευής που καθορίζεται από τον κώδικα κατά τον οποίο έχει προγραμματιστεί και εξυπηρετεί την εφαρμογή παρακολούθησης οικιακής ασφάλειας.



Εικόνα 20 Prototype LoRa συσκευή

3.2 Λογισμικό

Το λογισμικό που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της συγκεκριμένη μεταπτυχιακής διατριβής, χωρίζεται σε δύο βασικά κομμάτια. Το ένα είναι ο προγραμματισμός της LoRa συσκευής για τη μέτρηση τιμών των χρησιμοποιούμενων αισθητήρων και η μετάδοση αυτών των δεδομένων προς το The Things Stack δίκτυο, ενώ το άλλο αποτελεί η δημιουργία της HTTP εφαρμογής παρακολούθησης μέσω του Node RED.

3.2.1 Λογισμικό Arduino

Ο προγραμματισμός της LoRa συσκευής πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Arduino IDE. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες:

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

- MCCI LoRaWAN LMIC Library - lmic.h, έτσι ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί ο πομποδέκτης SX1276 που περιλαμβάνει το Dragino LoRa Shield v1.4,
- Serial Peripheral Interface (SPI²⁶) - SPI.h, για την επικοινωνία μικροεπεξεργαστή και περιφερειακών,
- dht.h, για τον αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας/υγρασίας.

Η LoRa συσκευή έχει προγραμματιστεί να ενεργοποιείται στο δίκτυο χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Over The Air Activation (OTAA)²⁷, ακολουθώντας τις πρακτικές του The Things Stack για μεγαλύτερη ασφάλεια και λόγω του ότι είναι σταθερή, ενώ κάνει και χρήση της δυνατότητας Adaptive Data Rate (ADR)²⁸ για την καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου. Αρχικά, πραγματοποιείται η δήλωση των αισθητήρων και περιφερειακών στον κώδικα, καθώς επίσης γίνεται χρήση των απαραίτητων συναρτήσεων/μεθόδων έτσι ώστε να λαμβάνονται οι επιθυμητές μετρικές. Η λογική πίσω από τον κώδικα, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα της Εικόνας 21, είναι η εξής:

1. Πραγματοποιείται ρύθμιση στον αισθητήρα αερίων σύμφωνα με τις συνθήκες περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται η συσκευή. Για να λειτουργήσει σωστά ο αισθητήρας, ενδείκνυται η ρύθμιση αυτή να γίνει σε συνθήκες καθαρού αέρα στον χώρο.
2. Έπειτα, η LoRa συσκευή θα πρέπει να ενεργοποιηθεί στο δίκτυο The Things Stack και αφού επικυρωθούν τα στοιχεία της συσκευής θα μπορεί να αρχίσει η μετάδοση της πληροφορίας.
3. Ο ρυθμός μετάδοσης έχει οριστεί στα δέκα λεπτά, οπότε ανά δέκα λεπτά η συσκευή μαζεύει τις αέριαιες τιμές από τους αισθητήρες θερμοκρασίας/υγρασίας, φλόγας και αερίων και τις μετατρέπει σε byte ως τύπο δεδομένων, έτσι ώστε τα δεδομένα προς αποστολή να έχουν το μικρότερο δυνατό μέγεθος. Με αυτόν τον τρόπο, γίνεται προσπάθεια σωστής αξιοποίησης του δικτύου, εκπέμποντας τον μικρότερο αριθμό δεδομένων από τη συσκευή.
4. Αναλόγως τις τιμές κάποιων αισθητήρων, ορίζεται και η κατάσταση των τριών LED που υπάρχουν στη συσκευή. Συγκεκριμένα:
 - a. Αν η τιμή του LPG είναι μικρότερη του 100, τότε το πράσινο LED ανάβει.
 - b. Αν ο αισθητήρας φλόγας εντοπίσει φλόγα με βάση την ευαισθησία άρα και την απόσταση με την οποία έχει παραμετροποιηθεί, ανάβει το κόκκινο LED. Διαφορετικά, ανάβει το μπλε LED.
5. Στη συνέχεια, γίνεται η μετάδοση των δεδομένων προς στο δίκτυο The Things Stack.
6. Η LoRa συσκευή μένει σε κατάσταση αδράνειας για 10 λεπτά μετά τη μετάδοση δεδομένων. Αυτό εξασφαλίζει την εξοικονόμηση μπαταρίας της συσκευής, μιας και η συσκευή σε sleep mode καταναλώνει ελάχιστη ενέργεια.
7. Τέλος, μετά το πέρας των 10 λεπτών επαναλαμβάνονται τα βήματα 3,4 και 5.

Για τον αισθητήρα αερίων όπου εντοπίζονται υγραέριο (προπάνιο και βουτάνιο), μονοξειδίο του άνθρακα και καπνός έγινε έρευνα έτσι ώστε να διαπιστωθούν οι τιμές και οι χρόνοι έκθεσης κατά τους οποίους μπορεί να προκληθεί βλάβη στον ανθρώπινο οργανισμό. Για παράδειγμα, όσον αφορά το μονοξείδιο του άνθρακα²⁹, αν η τιμή του εντοπίζεται άνω των 400 PPM πρέπει να υπάρξει ειδοποίηση από το σύστημα από 4 έως 15 λεπτά καθώς έπειτα από αυτό το χρονικό διάστημα παρατηρούνται από ανεπιθύμητα συμπτώματα έως και σοβαρές επιπτώσεις (ζαλάδα, αποπροσανατολισμός, ναυτία, θάνατος).

²⁶ <https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>

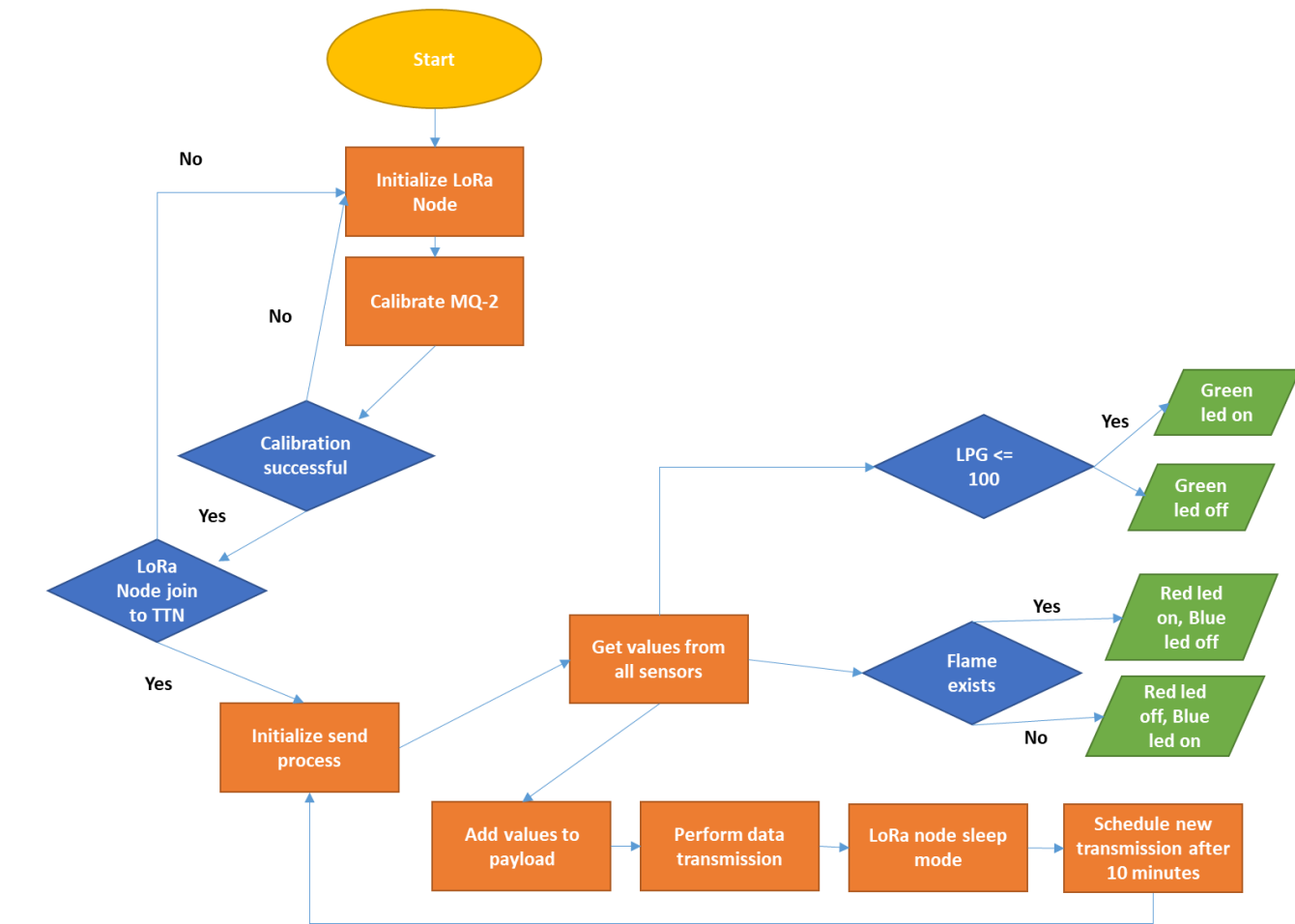
²⁷ <https://www.thethingsindustries.com/docs/devices/abp-vs-otaa/>

²⁸ <https://www.thethingsindustries.com/docs/devices/abp-vs-otaa/>

²⁹

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B7%CE%BB%CE%B7%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%83%CE%B7_%CE%B1%CF%80%CF%8C_%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BE%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%BF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%AC%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%B1

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 21 Flowchart αλγορίθμου LoRa συσκευής

Η περίοδος των δέκα λεπτών, που περιγράφηκε παραπάνω, υπακούει στους περιορισμούς duty cycle του The Things Stack κι έχει υπολογιστεί συναρτήσει του όγκου δεδομένων προς αποστολή, του παράγοντα διάδοσης, της συχνότητας περιοχής και τους εύρους δεδομένων μέσω του online εργαλείου LoRaWAN airtime calculator^{30 31}.

Στην Ευρώπη το duty cycle είναι 1%, άρα ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος για μηνύματα uplink είναι $86400 \times 1\% = 864$ δευτερόλεπτα ανά ημέρα ανά συσκευή. Παρ' όλα αυτά, το Fair Access Policy του TTN περιορίζει την κάθε συσκευή έτσι ώστε να μπορεί να μεταδίδει ένα μήνυμα uplink με 30 δευτερόλεπτα την ημέρα ανά συσκευή, ενώ για τα μηνύματα downlink επιτρέπει 10 ανά ημέρα. Αν θέλουμε να αποδείξουμε πως δεν γίνεται κατάχρηση του Fair Access Policy από τη συσκευή και το λογισμικό που έχει αναπτυχθεί, αρκεί να υπολογίσουμε το time interval με τον παρακάτω τύπο³²:

$$T_{int} = \frac{T_A}{D} - T_A$$

³⁰ <https://www.thethingsnetwork.org/airtime-calculator>

³¹ <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/duty-cycle/>

³² <https://www.youtube.com/watch?v=G3GKT2HQQF8>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Όπου Tint = Time interval

Ta = Time on air ~ 0,051456

D = Duty cycle = 30 / 86400 = 0,0003472

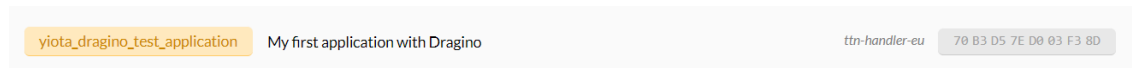
Άρα Tint = (0,051456 / 0,0003472) - 0,051456 = 148,15 δευτερόλεπτα

Οπότε το συμπέρασμα είναι πως γίνεται καλή χρήση του δικτύου από τη συσκευή, μιας και ο ρυθμός μετάδοσης μηνυμάτων είναι πιο αραιός από τον βέλτιστο (600 δευτερόλεπτα αντί για 149).

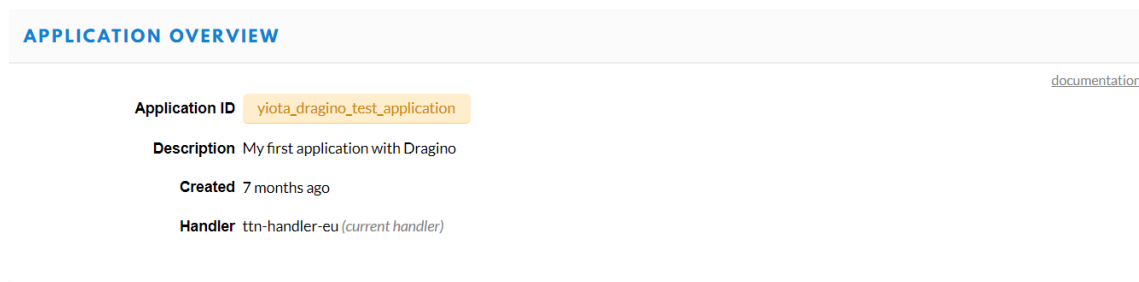
Έπειτα, τα δεδομένα λαμβάνονται από τις κοντινές πύλες του δικτύου TTN και αποστέλλονται στον διακομιστή δικτύου της Ευρώπης, πράγμα το οποίο δεν μπορεί να καθοριστεί από τον κώδικα της LoRa συσκευής αλλά εξαρτάται από το ίδιο το δίκτυο. Επιπλέον, σε αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινιστεί πως για το δίκτυο The Things Stack και τους χρήστες του, υπάρχει απώλεια πακέτων (packet loss) του ύψους 10%. Για παράδειγμα, για τη συσκευή μας που εκπέμπει 144 φορές ημερησίως, αναμένεται απώλεια πακέτων για 14 μεταδόσεις κάποια στιγμή μέσα στην ημέρα. Ο κώδικας που περιγράφεται παραπάνω και χρησιμοποιήθηκε για τον προγραμματισμό της συσκευής που υλοποιήθηκε φαίνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.

3.3 Προσθήκη LoRa node στο TTN δίκτυο

Μετά την υλοποίηση της LoRa συσκευής, η διαδικασία είναι να δηλωθεί στο TTN έτσι ώστε να δημιουργηθούν κάποιες πληροφορίες (Network Session Key, Application Session Key, Device Address) που χρησιμοποιούνται και στον κώδικα της συσκευής έτσι ώστε να μπορέσει να αναγνωριστεί από το TTN δίκτυο. Αρχικά, απαιτείται η δημιουργία λογαριασμού στην πλατφόρμα έτσι ώστε να μπορούν να δηλωθούν εφαρμογές, συσκευές ή/και πύλες. Για την μεταπτυχιακή διατριβή, δημιουργήθηκε μια εφαρμογή (application) με όνομα `yiota_dragino_test_application` και μια συσκευή με όνομα `yiota_dragino_test` (Εικόνα 22-25). Κατά τα πρώτα βήματα προγραμματισμού, για τη δοκιμή της LoRa συσκευής αυτή μετέδιδε ως μήνυμα το string "Hello, world!". Για τη μετατροπή των δεδομένων από bytes στην επιθυμητή μορφή (payload format) στην κονσόλα του TTN, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης του αποκρυπτογράφου (decoder) για το uplink αλλά και το downlink μήνυμα. Για παράδειγμα, μπορεί να γίνει χρήση κώδικα με την επιλογή Custom, όπως και έτσι εφαρμόστηκε για την εμφάνιση του μηνύματα σε string format (Εικόνα 26).



Εικόνα 22 Δημιουργία application στο TTN V2



Εικόνα 23 Δημιουργία application στο TTN V2 (συνέχεια)



Εικόνα 24 Δημιουργία end device στο TTN V2

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

DEVICE OVERVIEW

Application ID `yiota_dragino_test_application`

Device ID `yiota_dragino_test`

Description `Dragino device of Yiota - test`

Activation Method `OTAA`

Device EUI `<> ≡ [REDACTED] 📄`

Application EUI `<> ≡ [REDACTED] 📄`

App Key `<> ≡ 🔍 [REDACTED] 📄`

Status ● 5 months ago

Εικόνα 25 Πληροφορίες end device στο TTN V2

Default uplink payload formatter

Setup

Formatter type *

Custom Javascript formatter

Formatter code *

```

1 function Decoder(bytes, port) {
2   var decoded = {};
3   decoded.humidity = bytes[0];
4   decoded.temperature = bytes[1];
5   decoded.lpg = bytes[2];
6   decoded.co = bytes[3];
7   decoded.smoke = bytes[4];
8   decoded.flame = bytes[5];
9   return decoded;
10 }
```

Εικόνα 26 Κώδικας για τον Decoder του payload format όσον αφορά τα uplink μηνύματα

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Παρακάτω στην Εικόνα 27, φαίνονται τα δεδομένα που μεταδόθηκαν από τη συσκευή σε bytes και σε string αφού έγινε χρήση του κώδικα για την αποκρυπτογράφηση, καθώς επίσης η ώρα που λήφθηκαν. Όπως παρατηρείται, αρχικά η συσκευή προσπάθησε να συνδεθεί στο δίκτυο μέσω join requests, όπου και τελικά έγινε δεκτή και άρχισαν να εμφανίζονται στην κονσόλα τα μηνύματα που λήφθηκαν από τον διακομιστή δικτύου. Για λόγους δοκιμής, μιας και κάτι τέτοιο δεν υπακούει στους κανόνες ορθής λειτουργίας του δικτύου, η συσκευή βλέπουμε πως μετέδιδε ανά 2 λεπτά.

Time	Count	Retries	Action	Device ID	Payload	Value
17:09:48	3	1		yiota_dragino_test	48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 6F 72 6C 64 21	"Hello, world!"
17:07:46	2	1		yiota_dragino_test	48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 6F 72 6C 64 21	"Hello, world!"
17:05:43	1	1		yiota_dragino_test	48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 6F 72 6C 64 21	"Hello, world!"
17:03:41	0	1	retry	yiota_dragino_test	48 65 6C 6C 6F 2C 20 77 6F 72 6C 64 21	"Hello, world!"
17:03:35				yiota_dragino_test	dev addr: 26 01 4E 3E app eui: 70 B3D5 7E D003 F38D dev eui: 00 E2 4A C...	
16:55:40				yiota_dragino_test	dev addr: 26 01 40 D0 app eui: 70 B3D5 7E D003 F38D dev eui: 00 E2 4A C...	
16:51:50				yiota_dragino_test	dev addr: 26 01 60 DD app eui: 70 B3D5 7E D003 F38D dev eui: 00 E2 4A C...	
16:47:25				yiota_dragino_test	dev addr: 26 01 45 51 app eui: 70 B3D5 7E D003 F38D dev eui: 00 E2 4A C...	

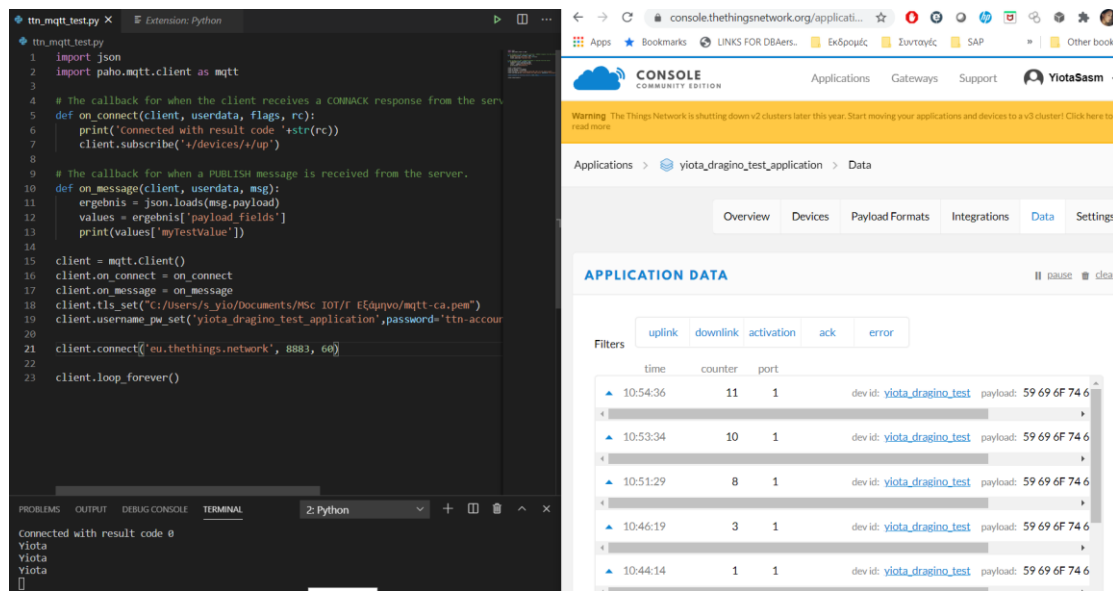
Εικόνα 27 Διαδικασία join της LoRa συσκευής στο TTN δίκτυο και εμφάνιση uplink μηνυμάτων

Τα δεδομένα που μεταδίδονται από τη LoRa συσκευή και λαμβάνονται από τον διακομιστή δικτύου του TTN είναι εμφανή μέσω της κονσόλα για το διάστημα που θα διαρκέσει το browser session. Στην περίπτωση ανάπτυξης εφαρμογής, θα χρειαστεί να λαμβάνουμε τα δεδομένα με κάποιο τρόπο για να τα εκμεταλλευτούμε περαιτέρω, είτε με αποθήκευση σε βάση δεδομένων είτε με απευθείας προβολή τους στην εφαρμογή μας. Ένας τρόπος πρόσβασης των δεδομένων είναι μέσω του integration του MQTT διακομιστή που υποστηρίζεται από το TTN δίκτυο. Ουσιαστικά, η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ανάπτυξη προγράμματος έτσι ώστε να υπάρξει εγγραφή (subscription) στο topic που επιθυμούμε, στην περίπτωση μας τα uplink μηνύματα που προκύπτουν από τη συσκευή μας, χρησιμοποιώντας για πιστοποίηση τα στοιχεία του id της εφαρμογής και του default access key ως συνθηματικό. Επιπλέον, μπορεί να υποστηριχτεί το κρυπτογραφικό πρωτόκολλο TLS για τη σύνδεση στον MQTT διακομιστή μέσω πιστοποιητικού με το οποίο επαληθεύεται η ταυτότητα του διακομιστή και εγγυάται η ασφαλής σύνδεση μεταξύ client – server.

1^η Δοκιμή

Κατά τη δοκιμή του MQTT integration, (η συσκευή LoRa μετέδιδε εκείνη τη στιγμή το μήνυμα “Yiota”) υλοποιήθηκε παράλληλα ένα πρόγραμμα σε γλώσσα Python έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί το subscription στο topic που αφορά τα uplink μηνύματα (up) (Εικόνα 28). Το συγκεκριμένο πρόγραμμα, συνδέεται στον MQTT διακομιστή μέσω TLS, εγγράφεται στο up topic της εφαρμογής yiota_dragino_test_application και εμφανίζει στο τερματικό τις τιμές που κάνει publish το συγκεκριμένο topic, δηλαδή το string “Yiota”. Το format των δεδομένων που επιστρέφει ο MQTT server είναι σε JSON, οπότε πρέπει να καλεστούν συγκεκριμένες λειτουργίες (functions) για να μπορέσουμε να διαβάσουμε το περιεχόμενο που επιθυμούμε.

¹Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 28 Κώδικας για επικοινωνία MQTT server/client και TTN κονσόλα

Στη συνέχεια, κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής, συνδέθηκε στη LoRa συσκευή ένας αισθητήρας θερμοκρασίας, προσαρμόστηκε αναλόγως ο κώδικας έτσι ώστε να αποστέλλει τις μετρήσεις στο TTN δίκτυο, ενώ ορίστηκε και κώδικας για την αποκωδικοποίηση των δεδομένων στο payload format. Μια οδηγία του TTN για την αποστολή δεδομένων είναι η μετατροπή τους σε bytes, έτσι ώστε να έχουν το μικρότερο δυνατό μέγεθος. Όσο πιο μικρός ο αριθμός των δεδομένων που αποστέλλονται, τόσο πιο μικρό θα είναι και το airtime του, άρα θα απασχολεί το ανοιχτό δίκτυο το λιγότερο δυνατόν και θα εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του από όλη την κοινότητα.

PAYLOAD FORMATS

Payload Format

The payload format sent by your devices

Custom

decoder

converter

validator

encoder

[remove decoder](#)

```

1 function Decoder(bytes, port) {
2   var decoded = {};
3   decoded.temperature = ((bytes[0] << 8) | bytes[1]) / 100.00;
4   return decoded;
5 }

```

decoder has no changes

Εικόνα 29 Μετατροπή θερμοκρασίας από bytes σε επιθυμητή μορφή

2^η Δοκιμή

Αντί για το custom payload format, όπου απαιτείται κώδικας για την αποκρυπτογράφηση, έγινε δοκιμή και του MyDevices Cayenne integration (Εικόνα 30 – 32), το οποίο αποτελεί εργαλείο απεικόνισης δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο αλλά και με διατήρηση ιστορικότητας, που

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

αποστέλλονται μέσω του TTN. Για να μπορέσουν τα δεδομένα να έχουν τη μορφή που υποστηρίζει το MyDevices Cayenne, πραγματοποιήθηκε επιπλέον αλλαγή στον κώδικα της LoRa συσκευής.

The screenshot shows the 'INTEGRATION OVERVIEW' section with the following details:

- Process ID:** 1846afb0-8c9a-11eb-883c-638d8ce4c23d
- Status:** Running
- Platform:** MyDevices (v2.6.0) [documentation](#)
- Author:** myDevices
- Description:** Quickly design, prototype and commercialize IoT solutions with myDevices Cayenne

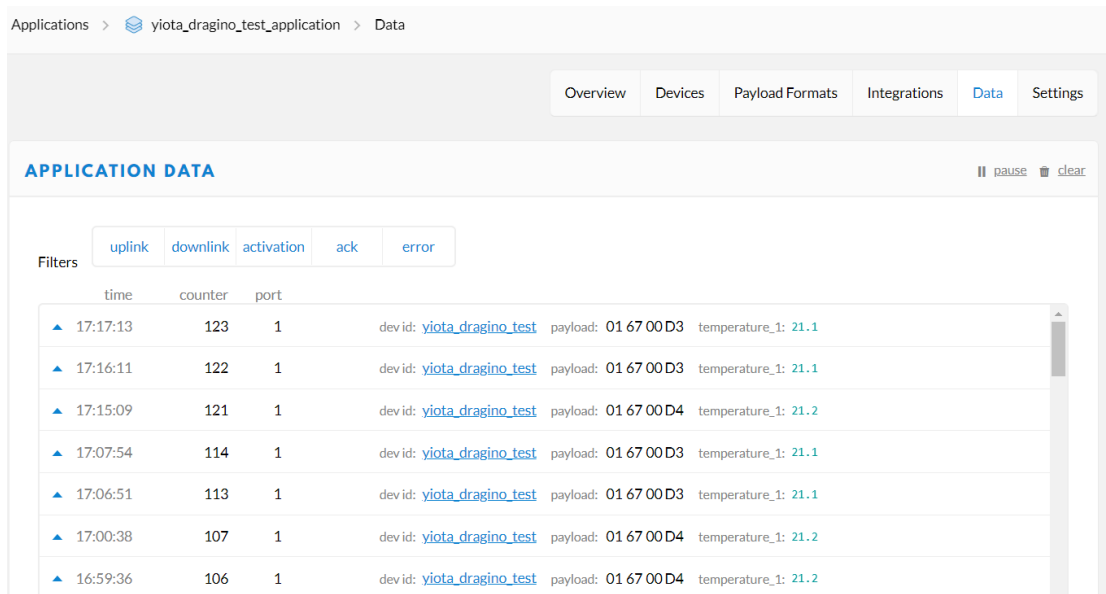
Below this is the 'SETTINGS' section, which includes an 'Access Key' dropdown menu. The dropdown is currently set to 'default key' and has 'devices' and 'messages' as visible options.

Εικόνα 30 Ενεργοποίηση integration με myDevices Cayenne

The screenshot shows the 'PAYLOAD FORMATS' section with a 'Payload Format' dropdown menu. The dropdown is currently set to 'Cayenne LPP'.

Εικόνα 31 Αλλαγή του payload format, έτσι ώστε να υποστηρίζεται η μορφή για το integration με Cayenne LPP

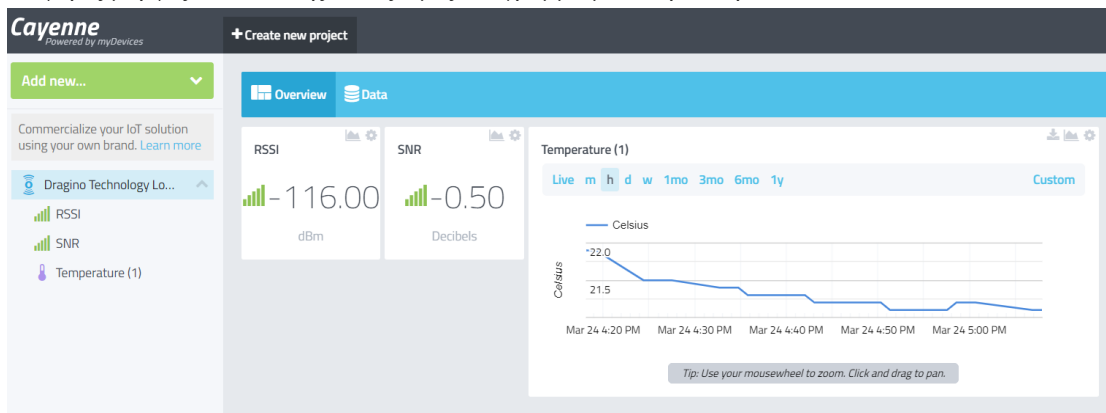
Μετά από τις παραπάνω αλλαγές, η κονσόλα δείχνει τη θερμοκρασία στη μεταβλητή temperature_1.



time	counter	port	dev id	payload	temperature_1
17:17:13	123	1	yiotra_dragino_test	01 67 00 D3	21.1
17:16:11	122	1	yiotra_dragino_test	01 67 00 D3	21.1
17:15:09	121	1	yiotra_dragino_test	01 67 00 D4	21.2
17:07:54	114	1	yiotra_dragino_test	01 67 00 D3	21.1
17:06:51	113	1	yiotra_dragino_test	01 67 00 D3	21.1
17:00:38	107	1	yiotra_dragino_test	01 67 00 D4	21.2
16:59:36	106	1	yiotra_dragino_test	01 67 00 D4	21.2

Εικόνα 32 TTN κονσόλα με τη θερμοκρασία που αποστέλλεται από τη συσκευή σε μορφή Cayenne LPP

Τα δεδομένα που εμφανίζονται στην οθόνη της εφαρμογής MyDevices Cayenne, μπορούν να είναι εκτός των αισθητήρων που επιθυμούμε, ενδείξεις που αφορούν την ποιότητα του σήματος που εκπέμφθηκε όπως για παράδειγμα τα RSSI, SNR (Εικόνα 33). Επίσης, μπορούν να υποστηριχθούν διάφορες μορφές απεικόνισης, όπως τιμές, διάγραμμα με ιστορικότητα κλπ.



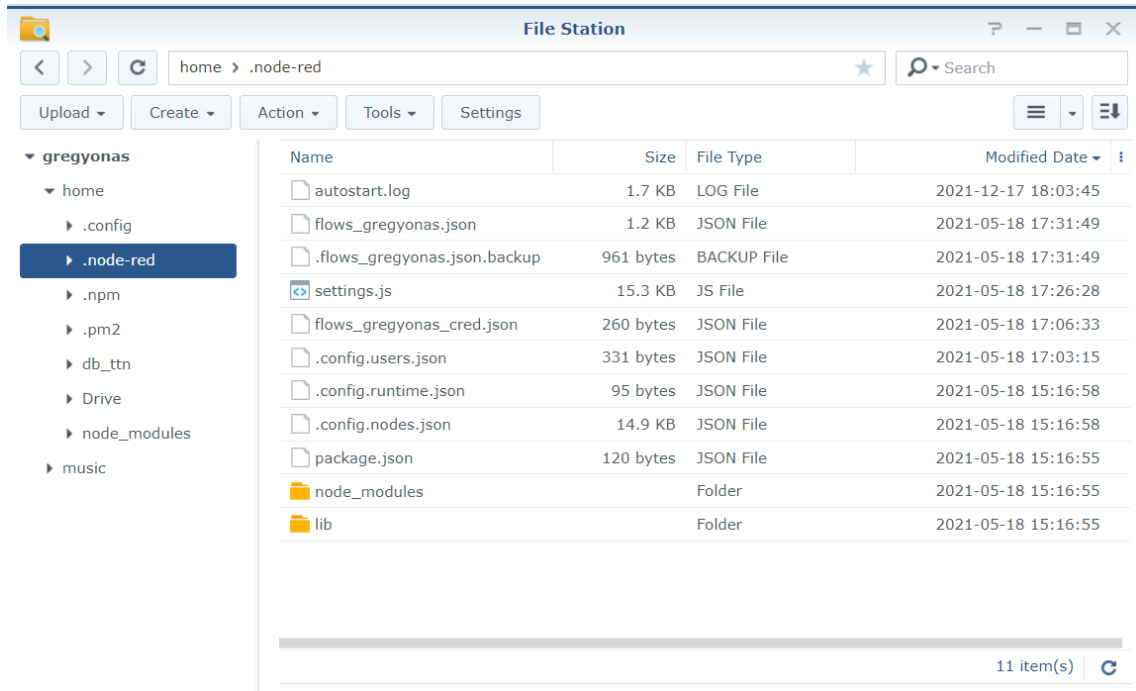
Εικόνα 33 Οθόνη MyDevices Cayenne με δεδομένα από τη LoRa εφαρμογή yiotra_dragino_test

3.4 Λογισμικό Node RED

Όσον αφορά την εφαρμογή παρακολούθησης, για την υλοποίηση χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο ανάπτυξης Node RED. Συγκεκριμένα, αυτό που στήθηκε για την μεταπτυχιακή διατριβή είναι πάνω σε NAS διακομιστή στον ίδιο χώρο που βρίσκονται η LoRa συσκευή και το gateway. Σύμφωνα με το επίσημο site³³ και τις οδηγίες για την εγκατάσταση, αρχικά στήθηκε το Node.js το οποίο αποτελεί προαπαιτούμενο για το Node RED. Στη συνέχεια, στήθηκε το Node RED με χρήση SSH session στον διακομιστή NAS και της εντολής npm του Node.js.

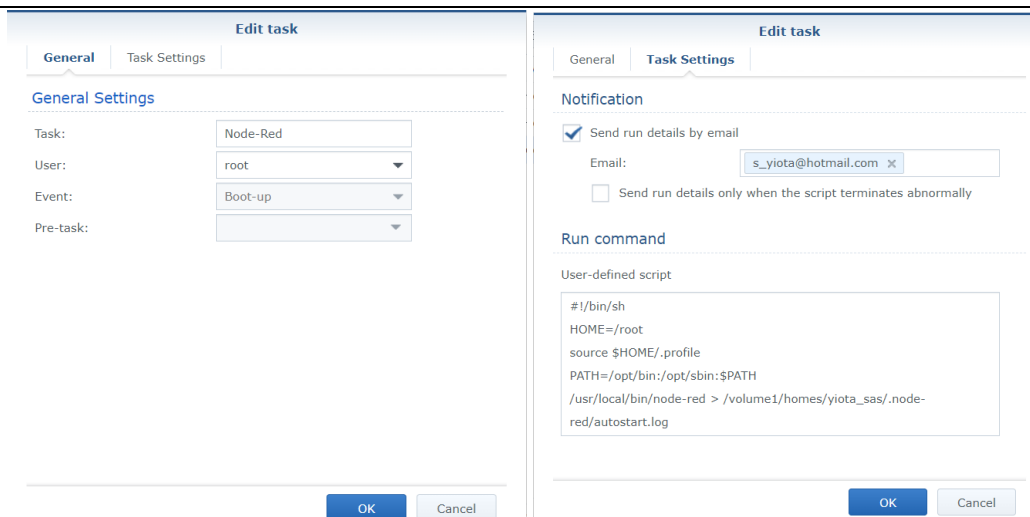
³³ <https://nodered.org/docs/getting-started/local>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 34 Αρχεία Node RED μετά την επιτυχή εγκατάσταση

Για να εξασφαλιστεί πως το Node RED θα είναι διαθέσιμο ακόμα και μετά από πιθανή επανεκκίνηση του NAS, ορίστηκε συγκεκριμένο task στον Task Scheduler με το οποίο πραγματοποιείται εκκίνηση του Node RED κατά τη διάρκεια εκκίνησης του NAS διακομιστή.



Εικόνα 35 Task Scheduler: Start Node RED on boot

Οι βασικές ανάγκες που έπρεπε να καλυφθούν με τη χρήση του Node RED για την εφαρμογή παρακολούθησης είναι οι εξής:

1. Αποθήκευση δεδομένων που αποστέλλονται από τη LoRa συσκευή και λαμβάνονται από το The Things Stack δίκτυο

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

2. Παρουσίαση δεδομένων σε κατανοητή και απλή μορφή για τους απλούς χρήστες

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορούν να ανακτηθούν τα δεδομένα από το The Things Stack, για τη συγκεκριμένη εφαρμογή επιλέχθηκε η λύση του MQTT Server που προσφέρει το The Things Stack. Έτσι, υλοποιώντας έναν MQTT broker στο Node RED, θα μπορούμε να διαβάζουμε real time τα δεδομένα που μεταδίδονται από τη LoRa συσκευή και λαμβάνονται από το δίκτυο, κάνοντας subscribe στα topics που επιθυμούμε. Έπειτα, αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων, έτσι ώστε να υπάρχει ιστορικότητα και να καταγράφονται για λόγους δημιουργίας αναφορών (reporting). Έτσι, εκτός από την προβολή των εκάστοτε live ρυθμίσεων, θα υπάρχει και η δυνατότητα προβολής όλων των μετρήσεων που έχουν μεταδοθεί από τη LoRa συσκευή. Τα δεδομένα προς προβολή μιας και απευθύνονται σε μεγαλύτερη ηλικία και σε ανθρώπους που δεν έχουν απαραίτητα επαφή με την τεχνολογία, θα πρέπει να παρουσιάζονται με τρόπο εύκολο και λιτό, άρα το user interface πρέπει να διαμορφωθεί αναλόγως για να εξυπηρετεί τις ανάγκες της εφαρμογής. Για την παρουσίαση των μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκε το Dashboard του Node RED όπως θα δούμε και παρακάτω, το οποίο προσφέρει γραφήματα και γενικότερα εξυπηρετεί στην οπτικοποίηση των δεδομένων (data visualization).

Με βάση τις ανάγκες υλοποίησης της HTTP εφαρμογής παρακολούθησης, εγκαταστάθηκαν οι παρακάτω βιβλιοθήκες:

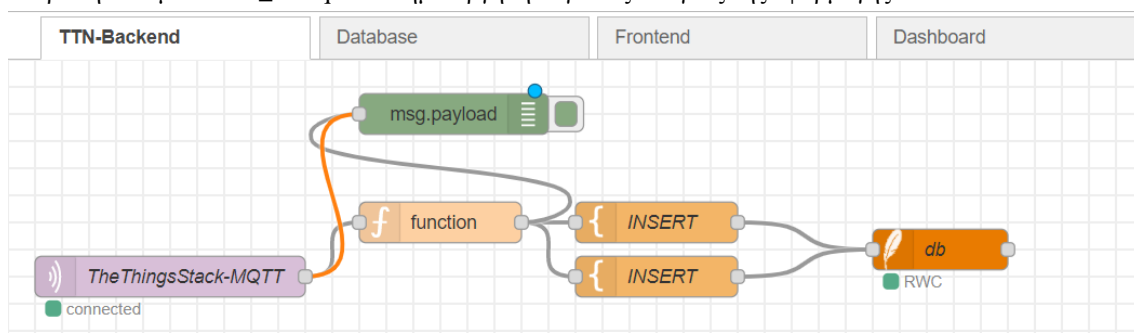
- node-red 1.3.5 βιβλιοθήκη που υπάρχει κατά την εγκατάσταση του Node RED,
- node-red-contrib-yeelight 1.0.7 βιβλιοθήκη που βοηθάει στην αλληλεπίδραση με το Yeelight Smart LED Bulb (διαχείριση έξυπνης λάμπας)³⁴,
- node-red-dashboard 3.1.2 βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται για το Dashboard που βλέπει ο χρήστης με τις ενδείξεις από τους αισθητήρες και άλλες λειτουργίες,
- node-red-node-sqlite βιβλιοθήκη που χρειάζεται για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων όπου αποθηκεύονται τα δεδομένα της εφαρμογής.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν τέσσερα Flows έτσι ώστε να διαχωριστούν τα διάφορα επίπεδα για τον σχεδιασμό της εφαρμογής. Τα Node RED Flows απαριθμούνται στα:

1. TTN-Backend,
2. Database,
3. Frontend,
4. Dashboard.

TTN-Backend Flow

Στο Flow TTN-Backend, έχουν προστεθεί nodes με τα οποία λαμβάνεται η uplink πληροφορία από τον MQTT server του The Things Stack, κάνοντας subscribe στο topic up, και αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων db_ttn.sql που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της εφαρμογής.

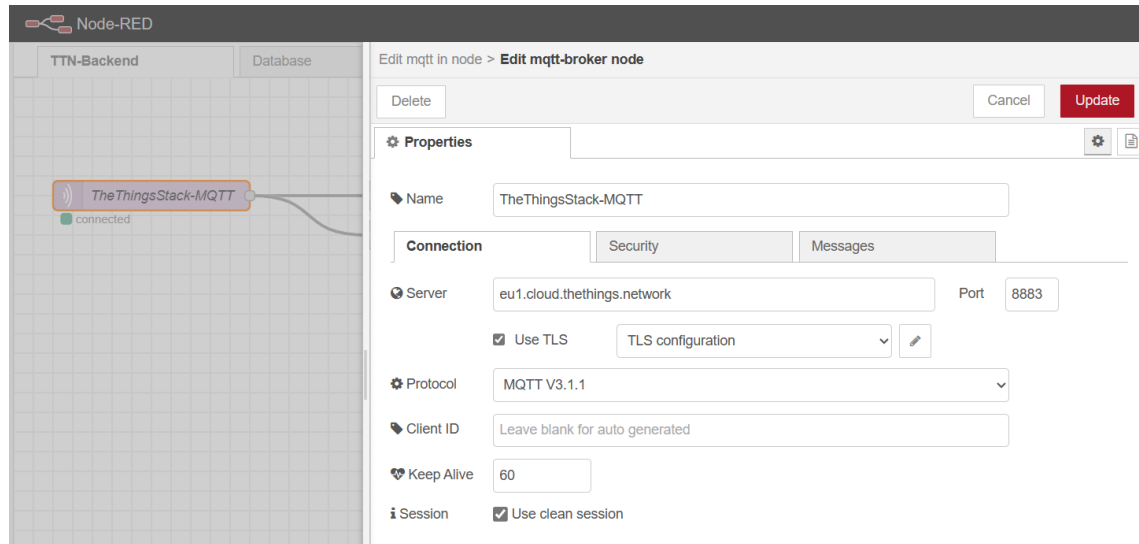


Εικόνα 36 Node RED Flow TTN-Backend

³⁴ [node-red-contrib-yeelight \(node\) - Node-RED \(nodered.org\)](https://www.npmjs.com/package/node-red-contrib-yeelight)

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Ουσιαστικά, υπάρχει ένα MQTT broker node το οποίο συνδέεται με ασφάλεια με τον The Things Stack MQTT server, κάνοντας χρήση του κρυπτογραφικού πρωτοκόλλου TLS. Το topic στο οποίο έχει παραμετροποιηθεί το MQTT broker node να κάνει subscribe είναι το uplink, πράγμα που σημαίνει πως κάθε φορά που η LoRa συσκευή στέλνει δεδομένα και λαμβάνονται από το the Things Stack, τότε τα λαμβάνει και ο MQTT broker του Node RED. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να βρεθούν στο TTN στα στοιχεία διασύνδεσης της εφαρμογής με άλλα πρωτόκολλα.



Εικόνα 37 MQTT broker node configuration in Node Red

Applications > yiota-dragino-app > MQTT

MQTT

MQTT is a publish/subscribe messaging protocol designed for IoT. Every application on TTS automatically exposes an MQTT endpoint. In order to connect to the MQTT server you need to create a new API key, which will function as connection password. You can also use an existing API key, as long as it has the necessary rights granted.

Further resources

[MQTT server](#) | [Official MQTT website](#)

Connection information

MQTT server host

Public address: eu1.cloud.thethings.network:1883

Public TLS address: eu1.cloud.thethings.network:8883

Connection credentials

Username: yiota-dragino-app@ttn

Password: [Generate new API key](#) [Go to API keys](#)

Εικόνα 38 Στοιχεία MQTT διασύνδεσης διαθέσιμα στη σελίδα TTN της συσκευής LoRa

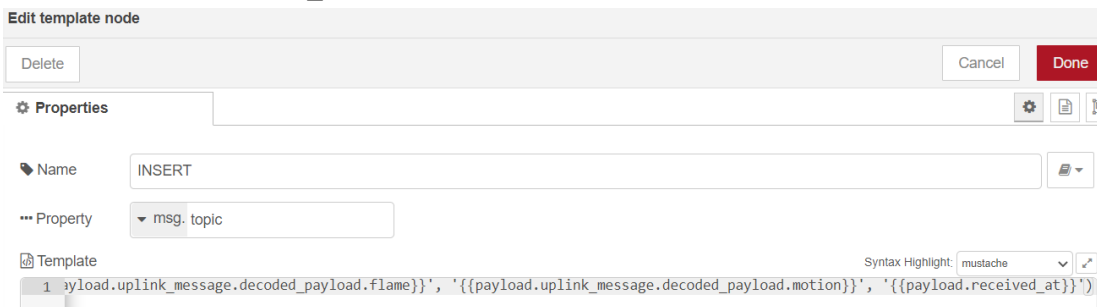
Έπειτα, με την ύπαρξη δύο template nodes, επιλέγουμε συγκεκριμένες τιμές από το topic up και το json response που αφορούν τις τιμές των αισθητήρων και πληροφορίες για το payload όπως για παράδειγμα τον παράγοντα διάδοσης και αποθηκεύονται σε δύο πίνακες payload_new και

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

payload_info στη βάση δεδομένων db_ttn.sql. Συγκεκριμένα, στον πίνακα με το payload εισαγάγουμε τις τιμές των παρακάτω αισθητήρων αφότου γίνει έλεγχος πως κάποιες συγκεκριμένες τιμές δεν είναι μηδενικές (θερμοκρασίας και υγρασίας), γεγονός που μπορεί να υποδεικνύει σφάλμα του αισθητήρα ή συνδεσιμότητάς του:

- Υγρασία,
- Θερμοκρασία,
- LPG,
- CO,
- Καπνό,
- Φλόγα και
- Ημερομηνία και ώρα λήψης.

```
INSERT INTO payload_new VALUES
('{{payload.uplink_message.decoded_payload.humidity}}',
 '{{payload.uplink_message.decoded_payload.temperature}}',
 '{{payload.uplink_message.decoded_payload.lpg}}',
 '{{payload.uplink_message.decoded_payload.co}}',
 '{{payload.uplink_message.decoded_payload.smoke}}',
 '{{payload.uplink_message.decoded_payload.flame}}',
 '{{payload.received_at}}')
```



Εικόνα 39 Template node για την εισαγωγή μετρήσεων στη βάση δεδομένων

Ενώ, στον πίνακα με τα χαρακτηριστικά των δεδομένων εισαγάγουμε τις τιμές από:

- Χρόνο ύπαρξης μηνύματος στον αέρα (airtime),
- Συχνότητα μετάδοσης μηνύματος,
- Εύρος δεδομένων (bandwidth),
- Παράγοντα διάδοσης (spreading factor),
- Ρυθμό κωδικοποίησης (coding rate),
- Ημερομηνία και ώρα λήψης.

```
INSERT INTO payload_info VALUES
('{{payload.uplink_message.consumed_airtime}}',
 '{{payload.uplink_message.settings.frequency}}',
 '{{payload.uplink_message.settings.data_rate.lora.bandwidth}}',
 '{{payload.uplink_message.settings.data_rate.lora.spreading_factor}}',
 '{{payload.uplink_message.settings.coding_rate}}',
 '{{payload.received_at}}')
```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

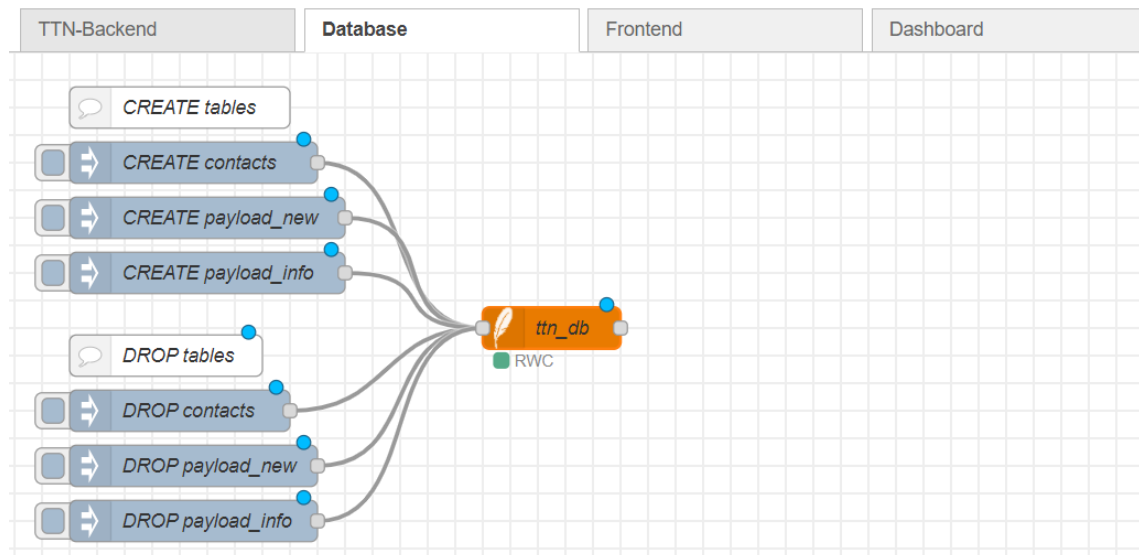


Εικόνα 40 Template node για την εισαγωγή χαρακτηριστικών στη βάση δεδομένων

Με αυτόν τον τρόπο, είναι εφικτή η αναδρομή σε παλαιά δεδομένα μέσω της βάσης δεδομένων μιας και η κονσόλα του The Things Stack, από την οποία μπορούμε να δούμε κάποια στοιχεία, δεν έχει ιστορικότητα και η πληροφορία που εμφανίζεται για τις ανταλλαγές μηνυμάτων στις συσκευές και τις πύλες είναι προσωρινή, μιας και περιορίζεται ανά session, ενώ μετά από κάποιο διάστημα κάνει timeout.

Database Flow

Στο flow που αφορά τη βάση δεδομένων ttn_db, έχουν προστεθεί inject nodes με τα οποία δημιουργούνται και διαγράφονται οι πίνακες που χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή και ένα sqlite node για τη σύνδεση στη βάση δεδομένων και εφαρμογή των αλλαγών. Οι πίνακες που χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή είναι τρεις και ονομάζονται payload_info, payload_new και contacts. Οι πρώτοι δύο πίνακες όπως είδαμε και νωρίτερα, αφορούν τα δεδομένα που μεταδίδονται από τη LoRa συσκευή, ενώ ο τρίτος πίνακας υπάρχει για να αποθηκεύει τις επαφές του χρήστη που θα ειδοποιούνται σε περίπτωση που κάποια μέτρηση υπερβεί τα επιτρεπτά όρια ή αν πατηθεί από τον χρήστη της εφαρμογής κάποιο κουμπί για βοήθεια. Επίσης, οι συγκεκριμένες επαφές θα έχουν και πρόσβαση στην εφαρμογή παρακολούθησης με τις ενδείξεις των αισθητήρων.



Εικόνα 41 Database Flow με πίνακες που εξυπηρετούν την εφαρμογή παρακολούθησης

Πέρα από τους πίνακες payload_new και payload_info, τα πεδία των οποίων αναφέρθηκαν και στο προηγούμενο flow, οι εγγραφές στον πίνακα contacts έχουν δεδομένα που σχετίζονται με:

- Όνομα επαφής,
- Επίθετο επαφής,

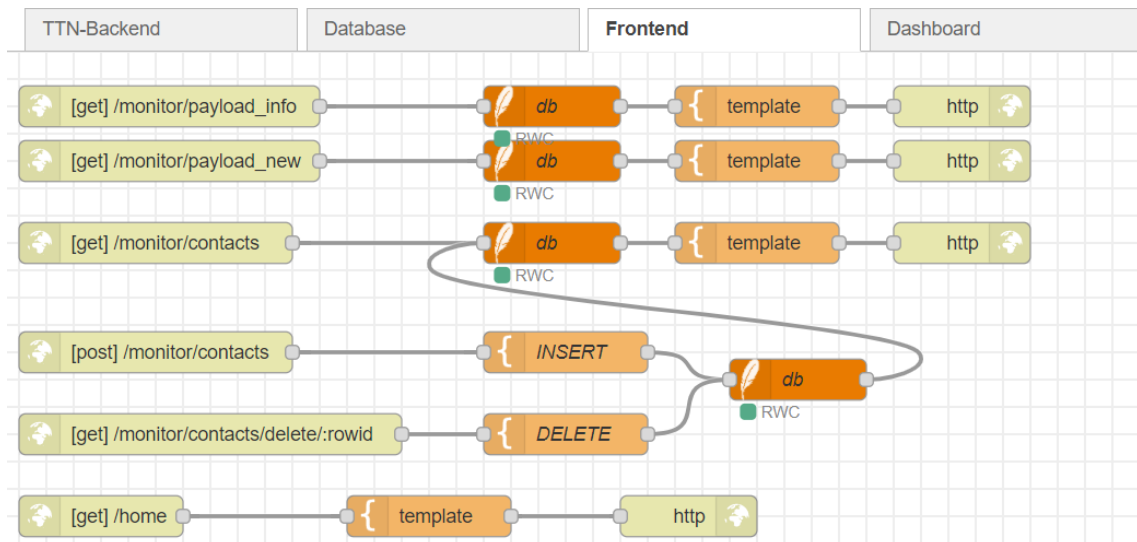
Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

- Αριθμός κινητού τηλεφώνου επαφής,
- Email επαφής.

Frontend Flow

Στη συνέχεια, στο Frontend flow, υπάρχουν οι διαφορετικές σελίδες στις οποίες μπορεί να περιηγηθεί ο χρήστης της εφαρμογής. Οι διαθέσιμες σελίδες έχουν δημιουργηθεί προσθέτοντας HTTP in nodes με το όνομά τους και το URL με το οποίο θα είναι προσβάσιμες, ενώ διαβάζουν συγκεκριμένους πίνακες μέσω sqlite nodes για να παρουσιάσουν το περιεχόμενό τους, κάνοντας χρήση template nodes για τη διαμόρφωση του περιεχομένου. Επιπλέον, κάθε σελίδα αποτελείται από html, css και js αρχεία για τη διαμόρφωση του περιεχομένου και τη μορφοποίησή της. Οι διαθέσιμες σελίδες είναι οι παρακάτω:

- Με το περιεχόμενο όλων των δεδομένων σε μορφή πίνακα που έχουν ληφθεί από το The Things Stack δίκτυο και από τη συγκεκριμένη LoRa συσκευή και αφορούν τον πίνακα payload_new, δηλαδή τις μετρήσεις των αισθητήρων και ημερομηνίες/ώρες λήψης,
- Με το περιεχόμενο όλων των δεδομένων σε μορφή πίνακα που έχουν ληφθεί από το The Things Stack δίκτυο και από τη συγκεκριμένη LoRa συσκευή και αφορούν τον πίνακα payload_info, δηλαδή τα χαρακτηριστικά με τα οποία είχαν αποσταλεί τα συγκεκριμένα δεδομένα,
- Με τις επαφές του χρήστη της εφαρμογής όπου επιτρέπεται η επεξεργασία αυτών (δημιουργία και διαγραφή) κάνοντας χρήση των template nodes για την εισαγωγή/διαγραφή των δεδομένων στον πίνακα contacts.
- Τέλος, υπάρχει και η αρχική σελίδα με την οποία μπορεί ο χρήστης να περιηγηθεί στο Dashboard, στις σελίδες με την ιστορικότητα των δεδομένων ή τις επαφές και σε διάφορα άλλα sections.



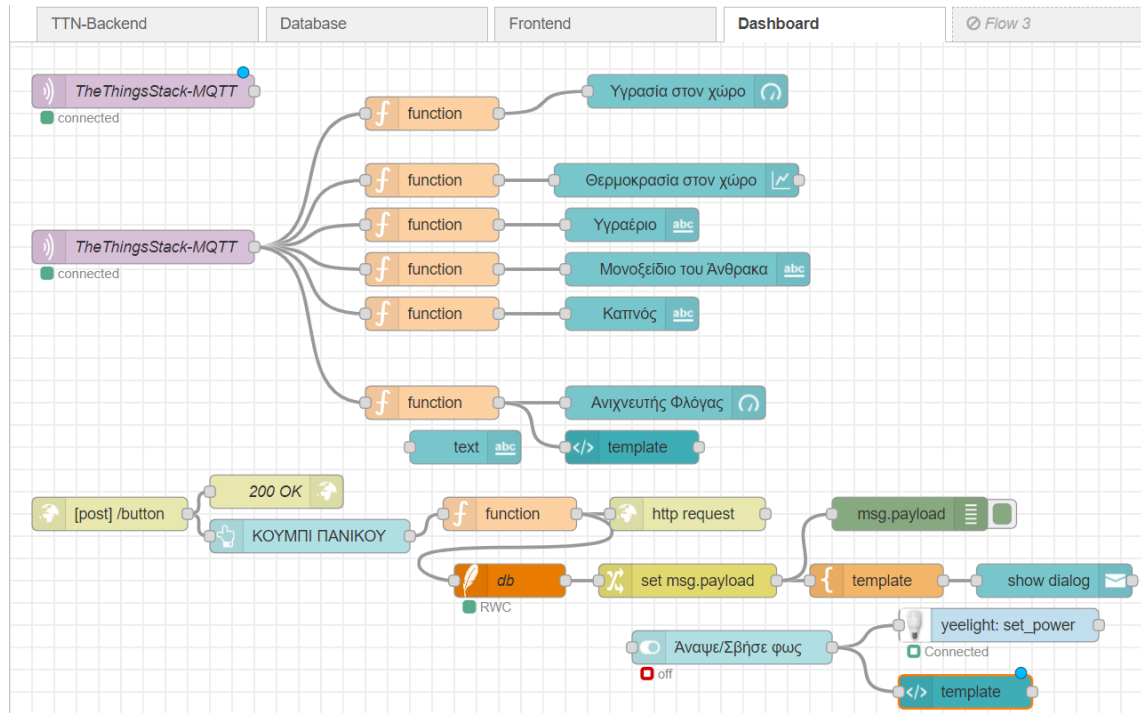
Εικόνα 42 Frontend Flow με σελίδες εφαρμογής παρακολούθησης

Dashboard Flow

Το Dashboard Flow είναι αυτό με το περισσότερο ενδιαφέρον, μιας και μέσω αυτού παρουσιάζεται η κατάσταση των αισθητήρων αλλά και υποστηρίζεται επιπλέον λειτουργικότητα όπως για παράδειγμα το άνοιγμα/σβήσιμο μιας έξυπνης λάμπας και το κουμπί πανικού. Αρχικά, για να ληφθούν οι τιμές των αισθητήρων θα πρέπει να γίνει χρήση MQTT in node που κάνει subscribe στο topic up (uplink). Επιπλέον, έχει προστεθεί ένα άλλο MQTT in node που κάνει subscribe σε όλα τα topics και μαζί με ένα debug node, μπορούμε να τα χρησιμοποιούμε για να ελέγχουμε την επικοινωνία MQTT server/client και να επιλύουμε τυχόν προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν. Όλα αυτά τα

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

μηνύματα εμφανίζονται ως debug messages σε ειδικό χώρο στην πλατφόρμα του Node RED. Στη συνέχεια, για κάθε τιμή των αισθητήρων, υπάρχει και από ένα function node όπου ελέγχει αν το object decoded_payload, που περιέχει τις τιμές των αισθητήρων υπάρχει στο json response που λήφθηκε από τον MQTT in node. Παρατηρήθηκε, πως κάποιες φορές το συγκεκριμένο object λείπει, οπότε χρειάζεται αυτός ο έλεγχος για να γνωρίζουμε αν τα nodes που θα προσθέσουμε για την οπτικοποίηση των δεδομένων θα έχουν δεδομένα να δείξουν ή όχι. Σε περίπτωση που το object decoded_payload υπάρχει, το msg.payload ορίζεται ως την τιμή του εκάστοτε αισθητήρα, διαφορετικά παίρνει την τιμή null. Έπειτα, για κάθε αισθητήρα έχει χρησιμοποιηθεί διαφορετικός τύπος node.



Εικόνα 43 Dashboard flow εφαρμογής παρακολούθησης

Συγκεκριμένα:

- Gauge node για την υγρασία και τον αισθητήρα φλόγας,
- Chart node για τη θερμοκρασία,
- Text node για το υγραέριο, μονοξείδιο του άνθρακα και καπνό

Η επιπλέον λειτουργικότητα που προσφέρεται μέσα από την εφαρμογή και είναι ανεξάρτητη των αισθητήρων αφορά ένα κουμπί πανικού και μια smart LED λάμπα. Για το κουμπί, έγινε χρήση ενός button node και του integration IFTTT (If This Then That). Το IFTTT είναι ένα εργαλείο αυτοματοποίησης με το οποίο ορίζονται κάποιες κανόνες και αν ικανοποιούνται ακολουθεί κάποια ενέργεια. Στο σενάριο της μεταπτυχιακής διατριβής, υπάρχουν δύο χρήσεις της διεπαφής με το IFTTT:

- Το πάτημα του κουμπιού πανικού
- Ο εντοπισμός φλόγας από τη LoRa συσκευή

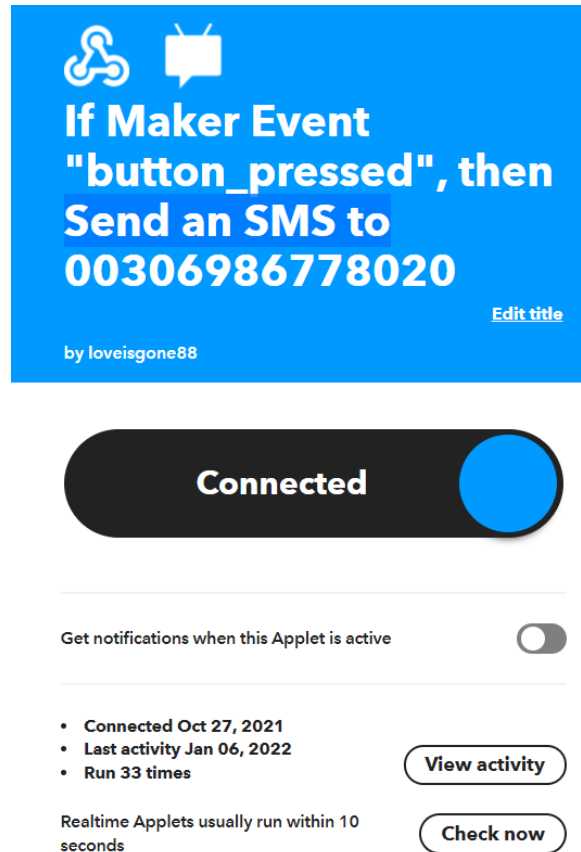
Αναλυτικά, με το πάτημα του κουμπιού πανικού αποστέλλεται ένα SMS στην επαφή που έχει οριστεί από τον χρήστη της συσκευής. Μέσω ενός function node καλείται το event button_pressed που έχει φτιαχτεί στο IFTTT και αποστέλλεται ένα SMS στην επαφή για τα επείγοντα που έχει ορίσει ο χρήστης. Τέλος, στον χρήστη εμφανίζεται ένα pop-up παράθυρο που περιλαμβάνει το κείμενο «Οι επαφές σας θα ειδοποιηθούν: {{payload}}!». Το μήνυμα ορίζεται σε ένα template

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

node αφού έχει ληφθεί το όνομα της επαφής στην οποία θα σταλεί το SMS μέσω της βάσης δεδομένων από τον πίνακα contacts και ενός sqlite node.

Στη σελίδα του IFTTT έχουν δημιουργηθεί ήδη τα applets που χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή. Παρακάτω παρουσιάζεται το applet που είναι για το event button pressed.

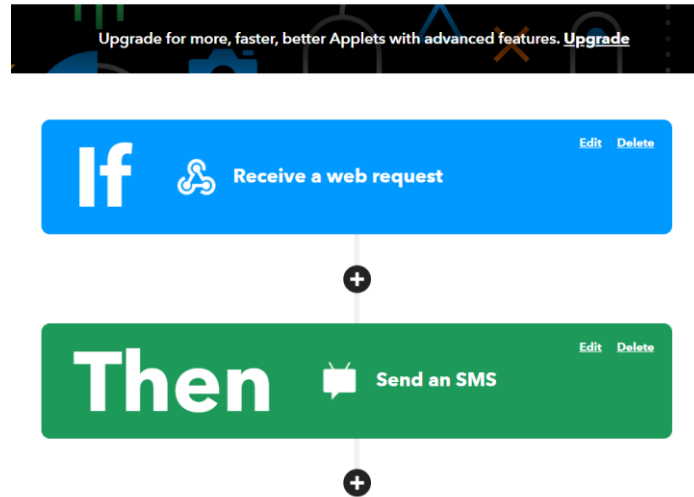
Αρχικά, πρέπει να γίνει η δημιουργία του applet στο οποίο θα δοθεί κι ένα όνομα. Για το κουμπί πανικού, δημιουργήθηκε ένα συμβάν με όνομα button_pressed.



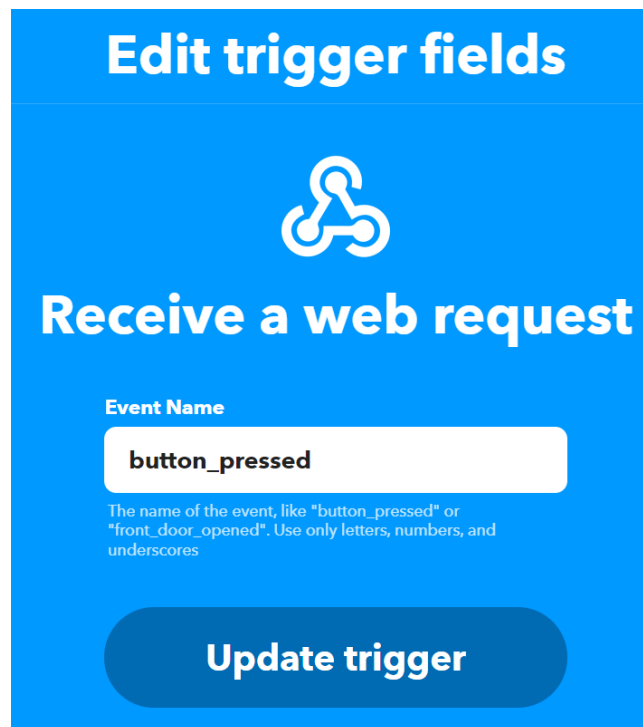
Εικόνα 44 IFTTT applet για το event button_pressed

Στη συνέχεια, επιλέγεται ο τύπος που θέλουμε να χρησιμοποιηθεί για το if condition, όπου στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το Webhooks αφού λαμβάνεται ένα web request. Έπειτα, ορίζεται το condition then, δηλαδή η πράξη που θα εκτελεστεί όταν ικανοποιείται το if condition. Για το κουμπί πανικού, έχει προδιαγραφεί να στέλνεται ένα SMS στην επαφή του χρήστη της εφαρμογής. Σε αυτήν τη φάση, ορίζεται ο αριθμός κινητού τηλεφώνου στον οποίο θα σταλεί το SMS καθώς επίσης και το περιεχόμενο του μηνύματος. Το μήνυμα που λαμβάνει η επαφή ειδοποίησης είναι: «Panic button was pressed by yiota-dragino-app at <DateTime>. Contact the person in need.».

Edit Applet



Εικόνα 45 Βήματα του event `button_pressed`



Εικόνα 46 Πρώτο μέρος event `button_pressed` με webhooks

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Edit action fields

Send an SMS

Phone number

00306986778020

Include country code e.g. 12024561111 **Add ingredient**

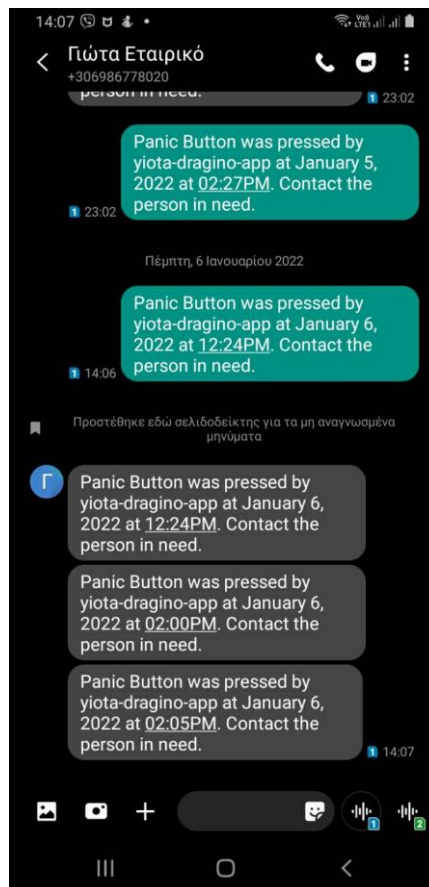
Message

Panic Button was pressed by yiota-dragino-app at **OccurredAt**.
Contact the person in need.

Add ingredient

Update action

Εικόνα 47 Δεύτερο μέρος event button_pressed με SMS



Εικόνα 48 Το SMS ελήφθη από την επαφή ορισμένη από τον χρήστη

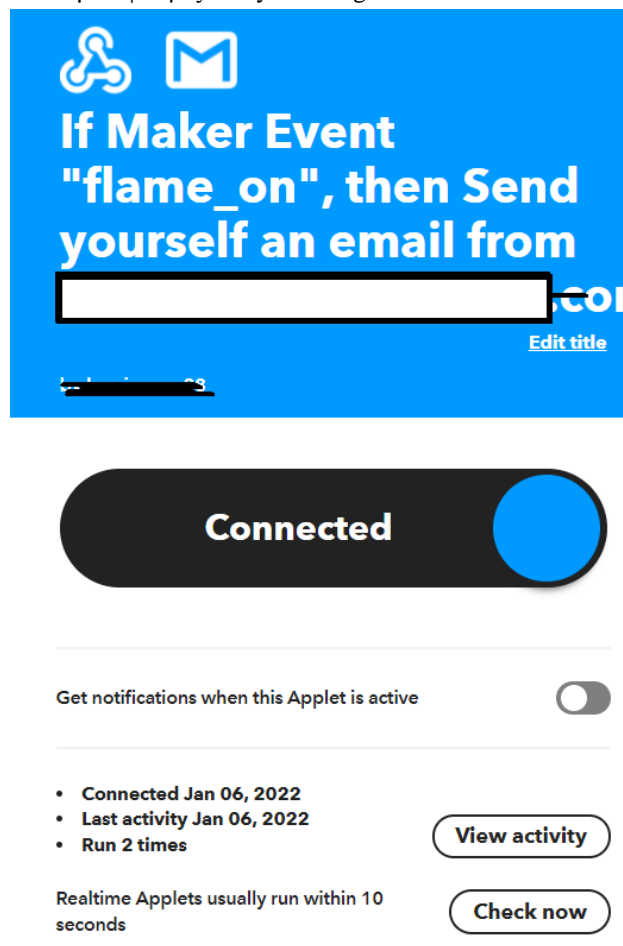
Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Ενώ, στο δεύτερο IFTTT σενάριο, για να αναγνωριστεί η ύπαρξη φλόγας στο uplink topic του MQTT in node, θα πρέπει το json object `msg.payload.uplink_message.decoded_payload.flame` να έχει την τιμή 1 (true). Αυτό πραγματοποιείται με την ύπαρξη ενός επιπλέον template node που κάνει αυτόν τον έλεγχο και σε περίπτωση που ισχύει, τρέχει το IFTTT out node το οποίο χαρακτηρίζεται από το event name που έχει οριστεί στο IFTTT και το ενεργοποιεί. Ουσιαστικά δηλαδή, με την ύπαρξη φλόγας, θα αποσταλεί ένα email στον λογαριασμό που έχει οριστεί για την επαφή του χρήστη. Παρακάτω παρουσιάζεται το applet που είναι για το event `flame_on`. Και σε αυτήν την περίπτωση, στο if condition ορίζεται μέσω Webhook, αφού λαμβάνεται τιμή μέσω κάποιου web request. Το then condition όμως είναι διαφορετικό, μιας και με την υποψία αναγνώρισης φλόγας, χρησιμοποιείται το Gmail με το οποίο αποστέλλεται ένα email στην επαφή του χρήστη της LoRa συσκευής. Το θέμα και το κείμενο του email καθώς επίσης και η διεύθυνση προσαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες. Ως θέμα έχει οριστεί το «The event named "flame_on" occurred on the Maker Webhooks service», ενώ ως κυρίως κείμενο:

«What: `flame_on`

When: `<DateTime>`

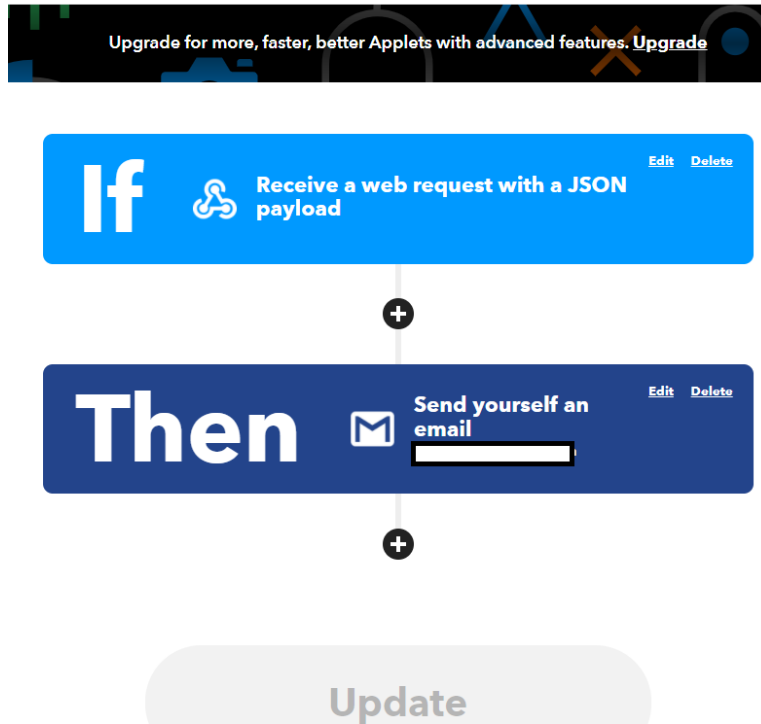
Πιθανή φωτιά λόγω εντοπισμού φλόγας από `yiota-dragino-test` ».



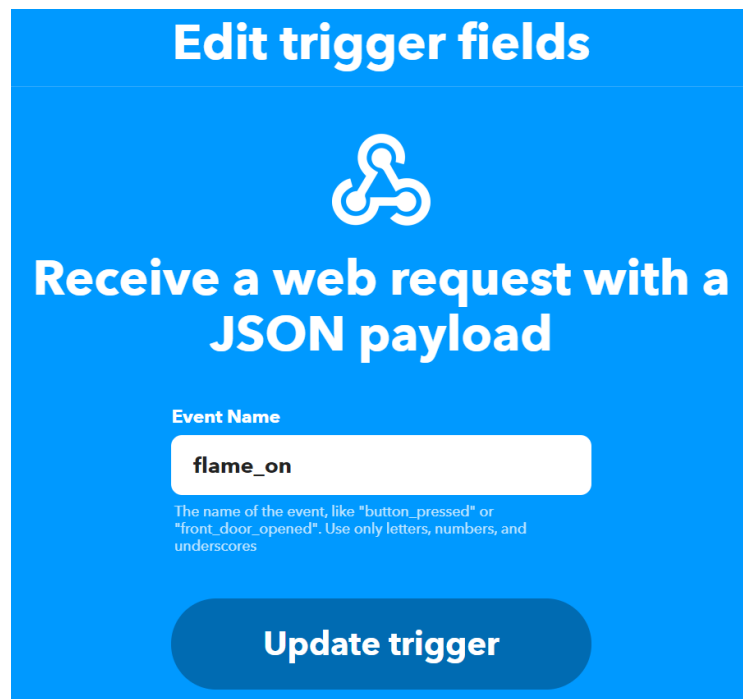
Εικόνα 49 IFTTT applet για το event `flame_on`

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Edit Applet



Εικόνα 50 Βήματα του event flame_on

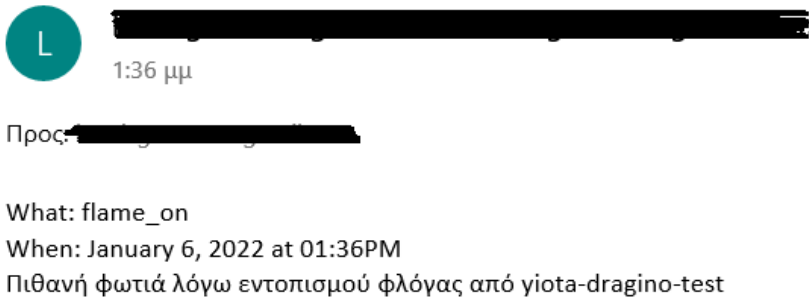


Εικόνα 51 Πρώτο μέρος event flame_on με webhooks

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Εικόνα 52 Δεύτερο μέρος event flame_on με Gmail

The event named "flame_on" occurred on the Maker Webhooks service



Εικόνα 53 Το e-mail ελήφθη από την επαφή ορισμένη από τον χρήστη

3.5 Έλεγχος λειτουργίας εφαρμογής

Η εφαρμογή παρακολούθησης εξυπηρετεί τις ανάγκες ενός έξυπνου σπιτιού αλλά αγγίζει παράλληλα τον τομέα υγείας και ασφάλειας και την παρουσίαση διάφορων σημαντικών ενδείξεων με τρόπο κατανοητό για όλες τις ηλικίες και κυρίως την τρίτη. Στόχος της μεταπτυχιακής διατριβής και της υλοποίησης είναι η δημιουργία μιας λύσης η οποία θα επιτρέψει στους χρήστες της να νιώσουν ασφαλείς στο σπίτι τους ή στον τόπο κατοικίας τους. Αυτό είναι δυνατόν, μιας και η όλη λύση έχει κτιστεί πάνω σε κάποια κριτήρια που εξασφαλίζουν την ασφάλεια σε ένα οικιστικό περιβάλλον αλλά προσφέρουν επίσης κάποιες δυνατότητες που είναι χρήσιμες αν αναλογιστεί κάποιος τις ανάγκες που

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

προκύπτουν στην καθημερινότητα των ηλικιωμένων. Επιπλέον, λόγω της φύσης της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, που είναι το πρωτόκολλο LoRa, έπρεπε να ληφθούν υπόψιν οι περιορισμοί αλλά και οι δυνατότητες που προσφέρει. Για παράδειγμα, τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να είναι μικρά σε μέγεθος, ενώ λόγω του ανοιχτού δικτύου The Things Network που αξιοποιείται, τα δεδομένα στην εφαρμογή παρακολούθησης δεν δύναται να είναι σε πραγματικό χρόνο.

Μετά από έρευνα, οι κίνδυνοι με τους οποίους ερχόμαστε αντιμέτωποι σε ένα σπίτι είναι οι παρακάτω:

- Δηλητηρίαση
- Πτώσεις
- Πυρκαγιές
- Ακραίες καιρικές συνθήκες μέσα στο σπίτι

Για να μπορέσουν να καλυφθούν οι ανάγκες που προκύπτουν από τους προαναφερθείς κινδύνους, στην εφαρμογή παρακολούθησης είναι διαθέσιμα τα παρακάτω:

Πίνακας 7 Κίνδυνοι στο σπίτι και τρόποι αντιμετώπισης τους μέσω της συσκευής/εφαρμογής

<i>Κίνδυνος</i>	<i>Λύση/Αντιμετώπιση</i>	<i>Λεπτομέρειες</i>
<i>Δηλητηρίαση</i>	Αισθητήρας εντοπισμού αερίων	Παρουσίαση δεδομένων για εντοπισμό επικίνδυνων αερίων, αντιληπτών μέσω της όσφρησης ή μη, όπως υγραέριο, μονοξείδιο του άνθρακα και καπνό
<i>Πυρκαγιές</i>	Αισθητήρας εντοπισμού φλόγας	Παρουσίαση δεδομένων για εντοπισμό φλόγας
<i>Ακραίες καιρικές συνθήκες μέσα στο σπίτι</i>	Αισθητήρας θερμοκρασίας, υγρασίας	Παρουσίαση δεδομένων για ιστορικότητα θερμοκρασίας και τρέχουσας υγρασίας

Επιπλέον, εντάχθηκαν στην εφαρμογή και δύο άλλες λειτουργίες που βοηθούν στην καθημερινότητα. Η μία αφορά τη διαχείριση έξυπνων λαμπών απομακρυσμένα, λαμβάνοντας υπόψιν την κρισιμότητα ύπαρξης φωτός μέσα σε έναν χώρο αλλά και την εύκολη διαχείριση αυτών μιας και δεν απαιτείται μετακίνηση για να επιτευχθεί. Τέλος, στην εφαρμογή είναι διαθέσιμο το κουμπί πανικού, μέσω του οποίου, αν πατηθεί φυσικά, ειδοποιούνται οι επιλεγμένες κοντινές επαφές για οποιοδήποτε επείγον συμβάν.

Η εφαρμογή παρακολούθησης είναι προσβάσιμη μόνο μέσα από το τοπικό δίκτυο αλλά μπορεί να παραμετροποιηθεί αναλόγως, έτσι ώστε και άλλες εξωτερικές IPs να μπορούν να βλέπουν το συγκεκριμένο περιεχόμενο.

Όσον αφορά τη διεπαφή των χρηστών, η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι απλή και κατανοητή από όλες τις ηλικίες, χωρίς απαραίτητη γνώση από πληροφορική.

Μέσω της εφαρμογής και του μενού πλοήγησης, μπορεί κάποιος να περιηγηθεί στις εξής σελίδες:

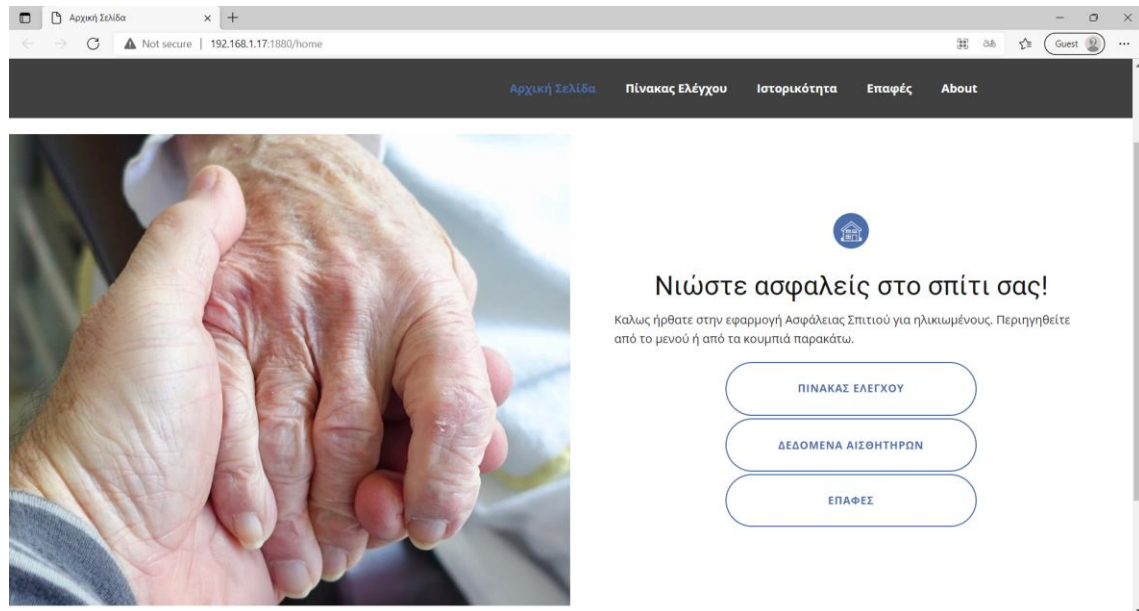
- Αρχική Σελίδα
- Πίνακας Ελέγχου
- Ιστορικότητα
 - Δεδομένων Αισθητήρων
 - Δεδομένων Χαρακτηριστικών
- Επαφές
- About

Η Αρχική Σελίδα αποτελείται από μια κεντρική οθόνη, όπου οι κύριες λειτουργίες παρουσιάζονται μέσω τριών μεγάλων κουμπιών και αφορούν:

¹Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

- τον Πίνακα Ελέγχου
- τα Δεδομένα Αισθητήρων
- τις Επαφές

Με αυτόν τον τρόπο καθίσταται εύκολη η πλοήγηση στα πιο σημαντικά σημεία της εφαρμογής με τα οποία μπορεί να αλληλοεπιδράσει ο χρήστης.

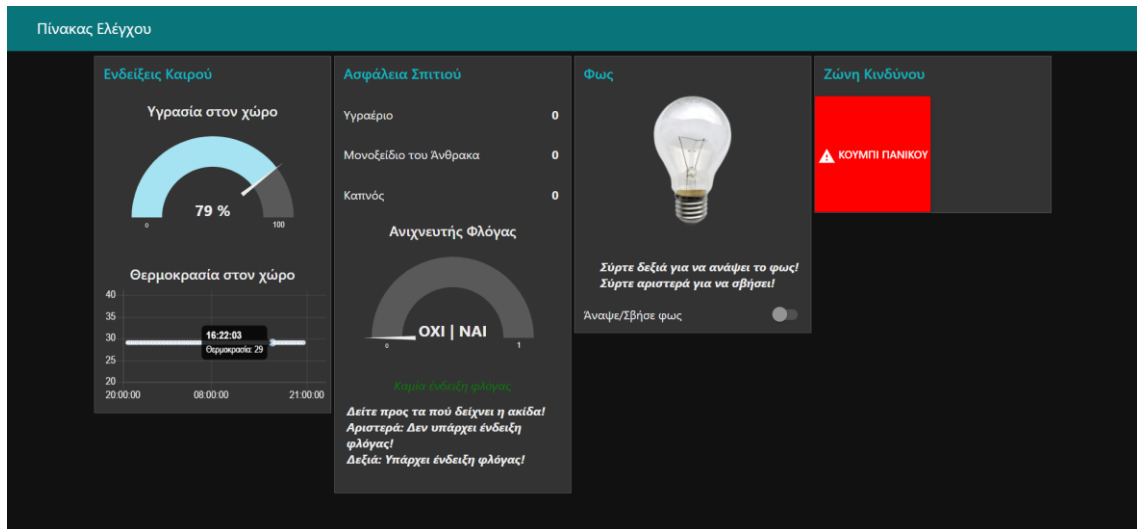


Εικόνα 54 Αρχική οθόνη εφαρμογής

Μέσω του πίνακα ελέγχου της εφαρμογής, μπορεί κάποιος να δει τις τιμές των τελευταίων 10 λεπτών (time interval - συχνότητα κατά την οποία η συσκευή στέλνει δεδομένα) των αισθητήρων υγρασίας/θερμοκρασίας, υγραερίου/μονοξειδίου του άνθρακα/καπνού και φλόγας. Επιπλέον, μπορεί να διαχειριστεί την έξυπνη λάμπα που είναι συνδεδεμένη στον χώρο που έχει επιλέξει και να πατήσει το κουμπί πανικού έτσι ώστε να ειδοποιηθούν μέσω SMS οι χρήστες που έχουν οριστεί στη σελίδα των επαφών. Όλες οι παραπάνω ενδείξεις έχουν κατηγοριοποιηθεί και ομαδοποιηθεί σε συγκεκριμένα πλαίσια:

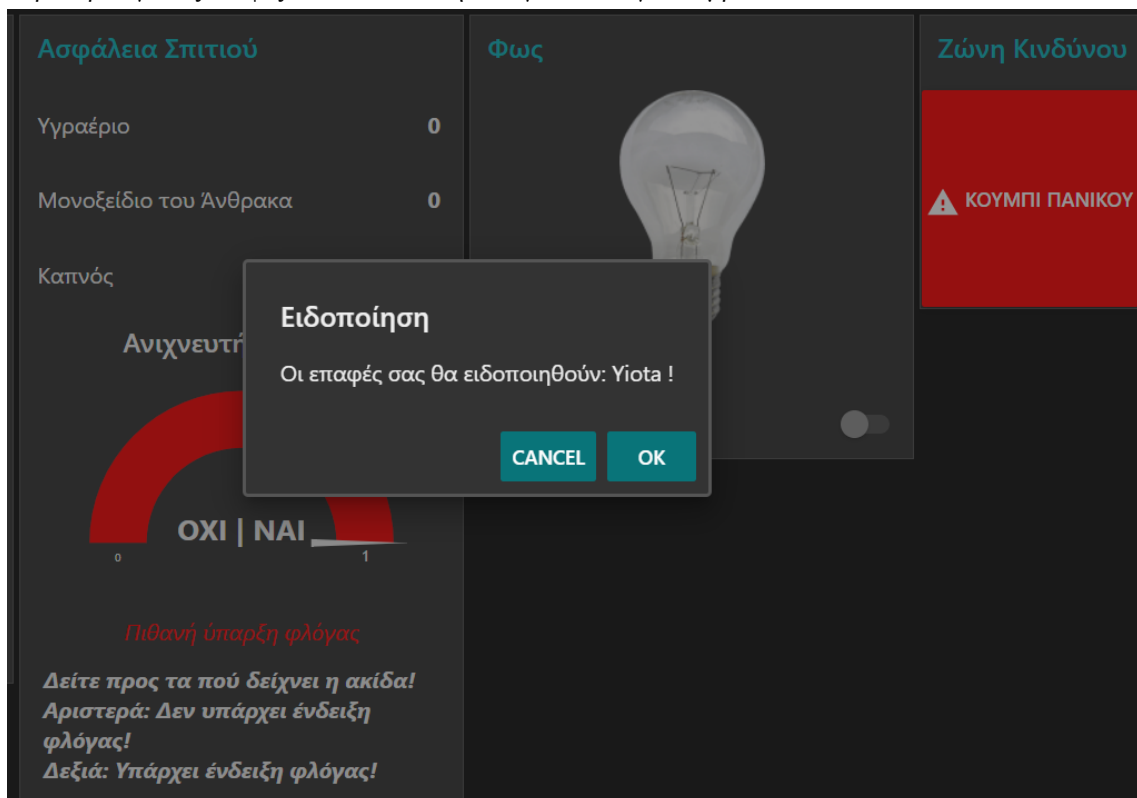
- Ενδείξεις καιρού: Υγρασία και Θερμοκρασία στον χώρο
- Ασφάλεια Σπιτιού: Τιμές υγραερίου/μονοξειδίου του άνθρακα/καπνού και ανιχνευτής φλόγας
- Φως: Διαχείριση λάμπας
- Ζώνη Κινδύνου: Κουμπί πανικού

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 55 Πίνακας ελέγχου εφαρμογής

Κατά το πάτημα του κουμπιού πανικού, ο χρήστης ενημερώνεται μέσω ενός pop up παραθύρου για τις επαφές που θα ειδοποιηθούν για το επείγον συμβάν.

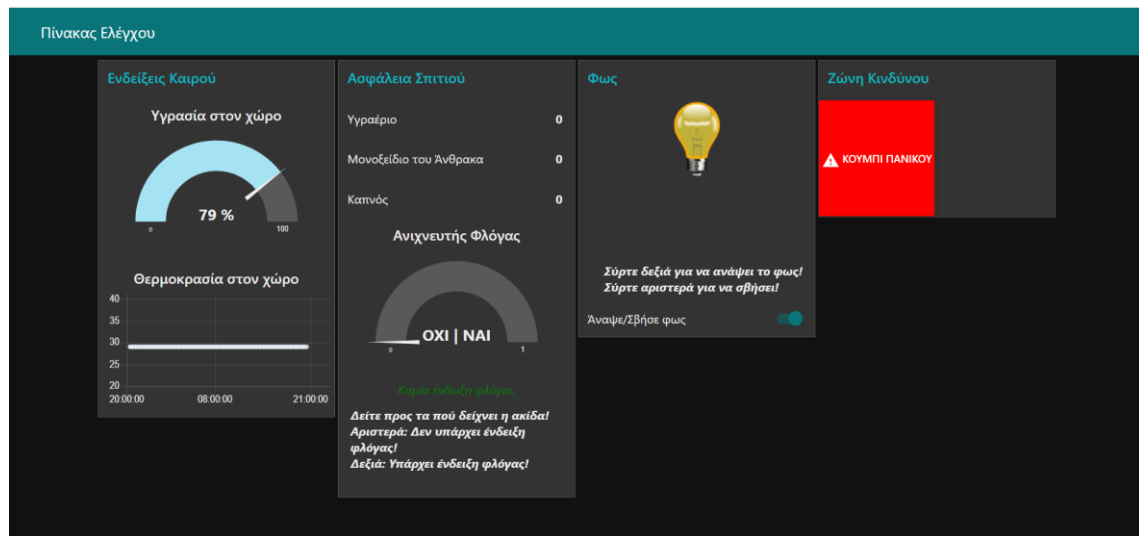


Εικόνα 56 Ανταπόκριση στο πάτημα Κουμπιού Πανικού

Επιπλέον, στο πλαίσιο που αφορά το φως όποτε ο χρήστης επιλέγει να ανάψει ή να κλείσει το φως, αυτό φαίνεται και μέσω μιας εικόνας που εναλλάσσεται και δείχνει μια αναμμένη ή μια σβηστή λάμπα. Επιπροσθέτως, όπου απαιτούνται, υπάρχουν επεξηγήσεις με οδηγίες για τον

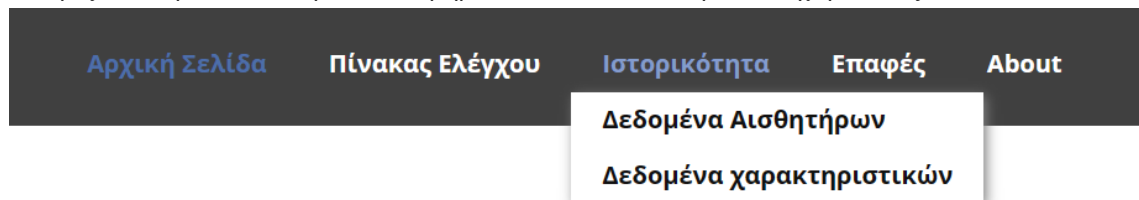
Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

ανιχνευτή φλόγας και το φως έτσι ώστε ο χρήστης να μην έχει αμφιβολίες όσον αφορά τη χρήση και ερμηνεία των ενδείξεων.



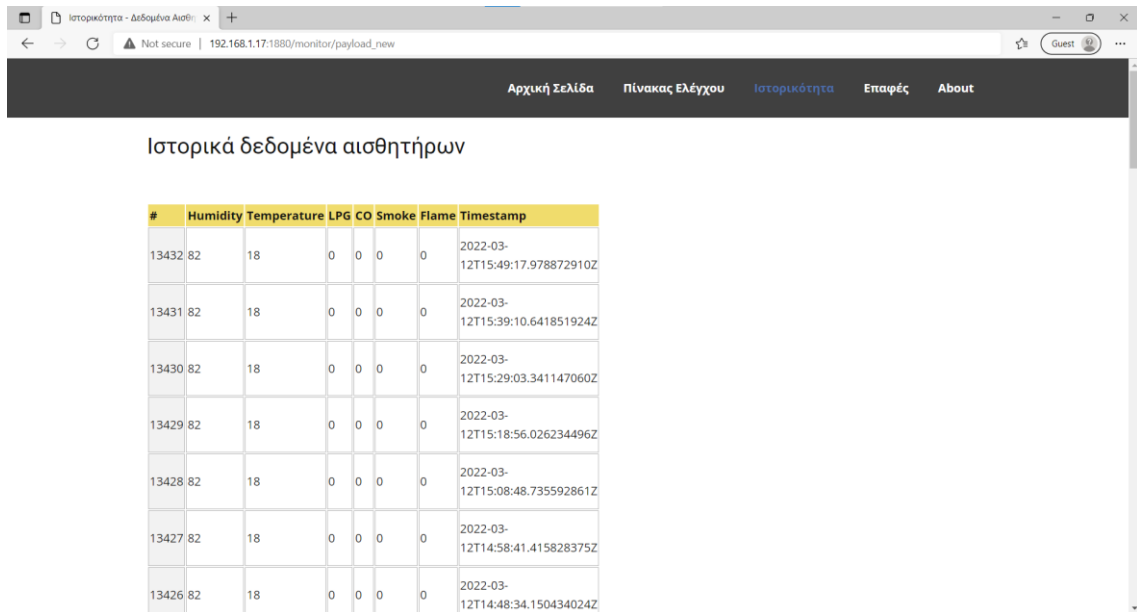
Εικόνα 57 Ανταπόκριση στο slider για το φως

Από πλευράς ιστορικότητας υπάρχουν δύο επιλογές, η σελίδα με τα ιστορικά στοιχεία που αφορούν τα δεδομένα των αισθητήρων και η σελίδα με τα ιστορικά δεδομένα χαρακτηριστικών των μηνυμάτων που ελήφθησαν από το TTN δίκτυο. Και στις δύο αυτές σελίδες μπορεί κανείς να δει τις τελευταίες 20 μετρήσεις, άρα στοιχεία από τουλάχιστον 3 ώρες πριν (200 λεπτά). Η σελίδα με τις ιστορικές τιμές δεδομένων αισθητήρων είναι χρήσιμη για τους χρήστες διότι δίνεται η δυνατότητα να ανατρέξουν στην κατάσταση των αισθητήρων και κατ' επέκταση και του χώρου τους.



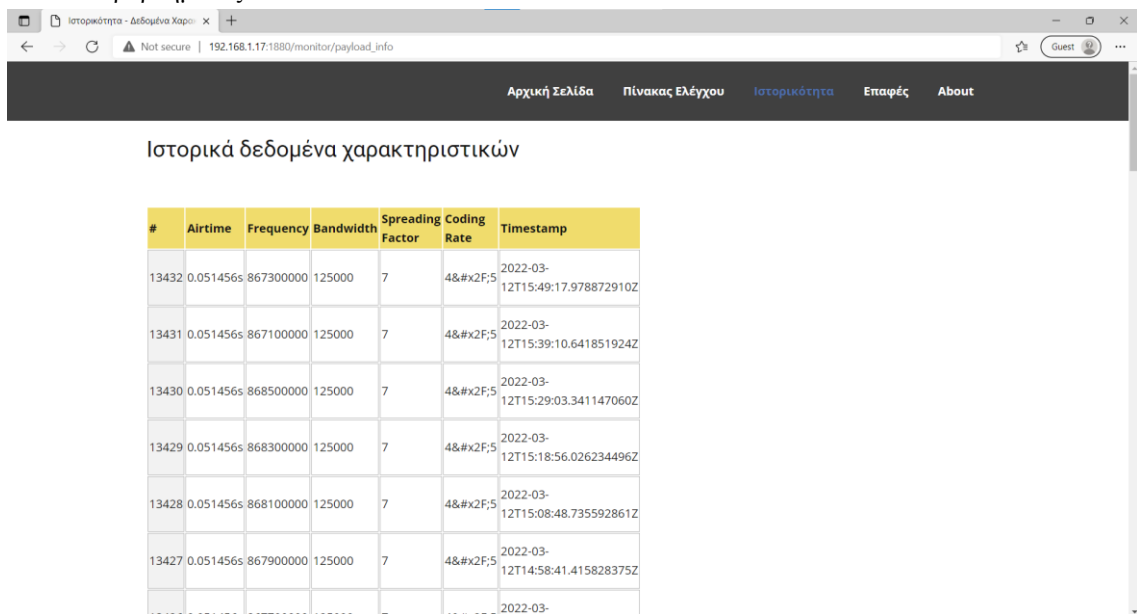
Εικόνα 58 Μενού για επιλογή ιστορικών στοιχείων

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 59 Σελίδα με τις ιστορικές τιμές δεδομένων αισθητήρων

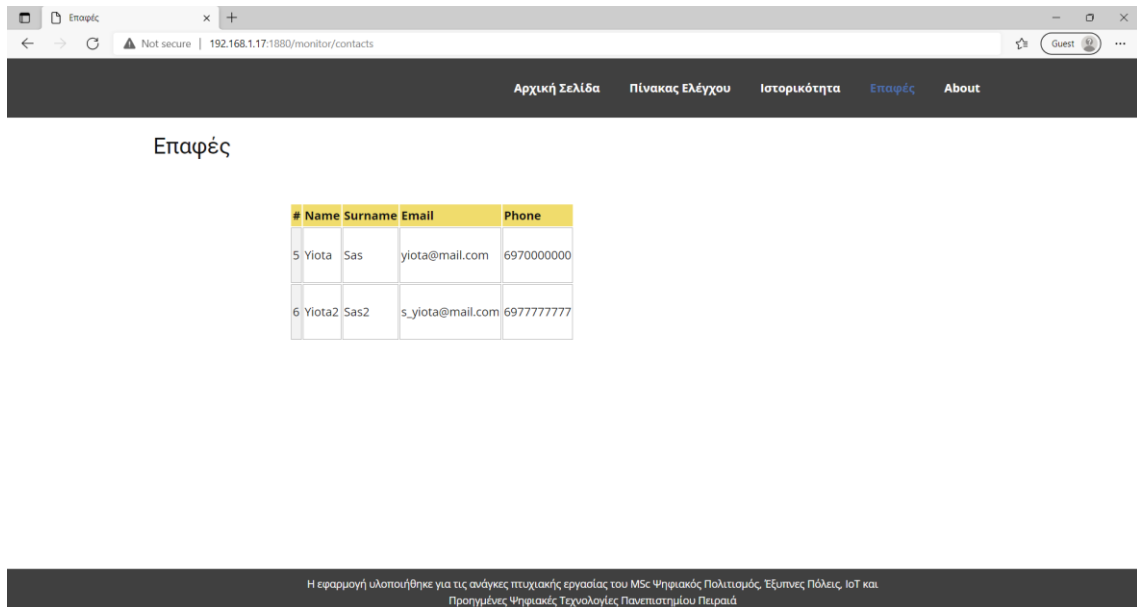
Αντιθέτως, η σελίδα με τις ιστορικές τιμές τεχνικών χαρακτηριστικών δεδομένων προορίζεται για τους διαχειριστές της εφαρμογής καθώς δίνεται η δυνατότητα μέσα από τα στοιχεία που απεικονίζονται, να γίνει έλεγχος καλής λειτουργίας του κυκλώματος και ενδεχομένως εξιχνίαση πιθανού προβλήματος.



Εικόνα 60 Σελίδα με τις ιστορικές τιμές τεχνικών χαρακτηριστικών δεδομένων

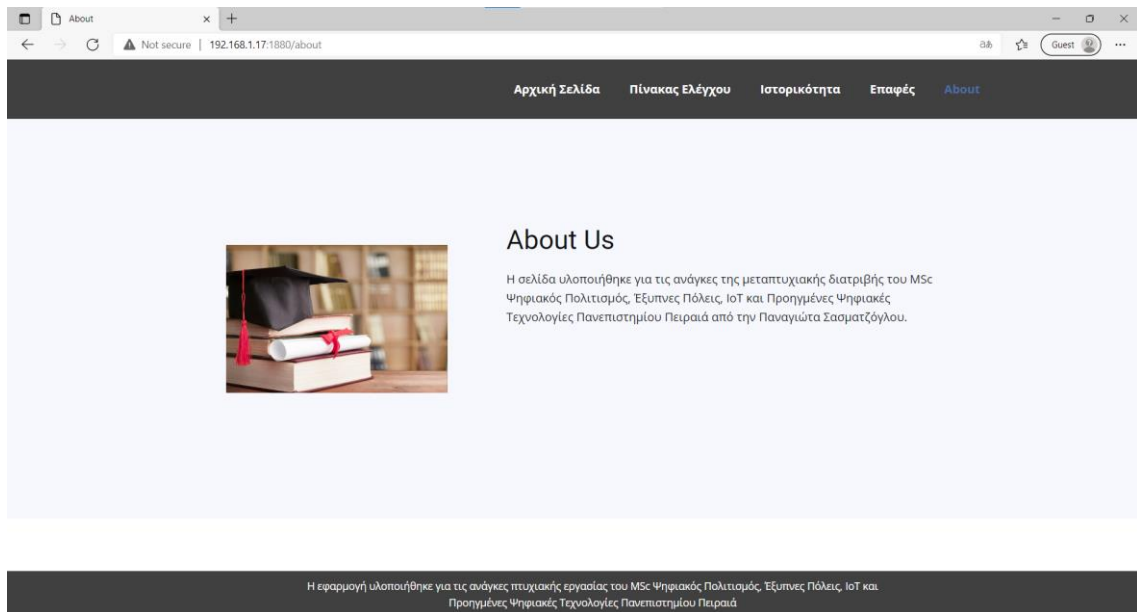
Έπειτα, ακολουθεί η σελίδα με τις επαφές του χρήστη, όπου προβάλλονται στοιχεία όπως ονοματεπώνυμο, email και τηλέφωνο επικοινωνίας τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορες ειδοποιήσεις ανάλογα με τις τιμές των αισθητήρων και τη λειτουργικότητα που αναλύθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια.

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 61 Σελίδα με τις αντιστοιχισμένες επαφές με τη συγκεκριμένη συσκευή

Τέλος, η σελίδα About Us περιγράφει επιγραμματικά τον σκοπό της σελίδας που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής.



Εικόνα 62 Σελίδα με πληροφορίες υλοποίησης εφαρμογής

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

4. Συζήτηση

Κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της συγκεκριμένης λύσης σε κάθε στάδιο υπήρχαν από ελάχιστοι έως αρκετοί περιορισμοί ή δυσλειτουργίες, τα οποία πολλές φορές μπορούσαν να επιλυθούν με ποικίλους τρόπους αντιμετώπισης αλλά υπήρχαν και περιπτώσεις όπου έπρεπε να ακολουθηθεί ένας μονόδρομος ή μια παραδοχή. Τα σημαντικότερα θέματα αναφέρονται στα παρακάτω κεφάλαια και αφορούν περιορισμούς υλοποίησης και προβλήματα που εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια της υλοποίησης και δοκιμής καθώς επίσης και οι τρόποι αντιμετώπισής τους.

4.1 Περιορισμοί υλοποίησης

Κατά τη μελέτη του πρωτοκόλλου LoRa και τη χρήση του ανοιχτού δικτύου TTN έγινε γνωστό πως κάθε συσκευή είναι φυσιολογικό να έχει απώλεια πακέτων κατά ένα ποσοστό 10%. Είναι σαφές, πως με τέτοιο ποσοστό δεν μπορούν να υποστηριχθούν ικανοποιητικά εφαρμογές που απαιτούν υψηλή διαθεσιμότητα και απόκριση. Αυτός ο συνδυασμός δηλαδή, δεν μπορεί να επιλεγεί για μια εφαρμογή που πρέπει να υποστηρίζει 100% επιτυχία στην υποδομή αλλά και στα δεδομένα που προβάλλει και επεξεργάζεται. Από την άλλη, υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης λύσεων σε πειραματικό στάδιο και δημιουργίας πρωτοτύπων κάνοντας αυτήν την παραδοχή, εξοικονομώντας παράλληλα χρήματα. Το συγκεκριμένο θέμα, δεν επιφέρει κάποιο ιδιαίτερα αρνητικό πρόσημο στη λύση που υλοποιήθηκε διότι τα δεδομένα που προβάλλονται επιτρέπουν κάποια λάθη/απώλειες καθώς επίσης λόγω φύσης της λύσης (πειραματικό στάδιο) επιτρέπεται η μη έγκαιρη λήψη και προβολή αυτών στο ποσοστό που αναφέρεται παραπάνω. Συγκεκριμένα για τη συσκευή που έχει υλοποιηθεί, αυτό μεταφράζεται σε 14 εκπομπές ημερησίως και 14 απώλειες κάποια στιγμή μέσα στην ημέρα. Λαμβάνοντας υπόψιν τη συχνότητα μετάδοσης δεδομένων που είναι στα 10 λεπτά, και τη λύση πρωτοτύπου μπορούμε να πούμε πως καλύπτονται οι ανάγκες για αυτό το στάδιο. Η συχνότητα δεδομένων επιλέχτηκε μετά από πολλές δοκιμές και εφαρμογή των προτεινόμενων καλών πρακτικών για τη χρήση του TTN. Εκμεταλλευόμενοι τη χρήση του ADR (Adaptive Data Rate) μιας και η συσκευή δεν κινείται και παραμένει σταθερή επιλέγεται κάθε φορά το ιδανικό spreading factor για την αποστολή του σήματος ενώ με το αντίστοιχο spreading factor εξασφαλίζεται καλύτερη διαχείριση μπαταρίας. Φτάνοντας στις τελικές μετρήσεις της συσκευής, παρατηρείται πως το spreading factor που χρησιμοποιείται είναι το μικρότερο άρα έχουμε γρήγορη αποστολή και εξοικονόμηση ενέργειας. Κατά την αρχή της υλοποίησης είχαν δοκιμαστεί διάφορες συχνότητες αποστολής δεδομένων, όμως σύμφωνα με τις καλές πρακτικές και τον σεβασμό στο ανοιχτό δίκτυο έπρεπε να επιλεγεί μια λύση που εξυπηρετεί τις ανάγκες του δικτύου αλλά και της εφαρμογής. Με τη συχνή αποστολή, εκτός από την παράβαση βασικών κανόνων, υπήρχε και γρηγορότερη απώλεια ενέργειας όπως και σημάτων.

#	Airtime	Frequency	Bandwidth	Spreading Factor	Coding Rate	Timestamp
22178	0.051456s	868500000	125000	7		2022-10-15T14:33:19.597762524Z
22177	0.051456s	868300000	125000	7		2022-10-15T14:23:12.293125784Z
22176	0.051456s	868100000	125000	7		2022-10-15T14:13:04.991453594Z
22175	0.051456s	867900000	125000	7		2022-10-15T14:02:57.695139169Z
22174	0.051456s	867700000	125000	7		2022-10-15T13:52:50.395279981Z
22173	0.051456s	867500000	125000	7		2022-10-15T13:42:43.082190275Z
22172	0.051456s	867300000	125000	7		2022-10-15T13:32:35.784353698Z
22171	0.051456s	867100000	125000	7		2022-10-15T13:22:28.505346410Z
22170	0.051456s	868500000	125000	7		2022-10-15T13:12:21.199064909Z
22169	0.046336s	868300000	125000	7		2022-10-15T13:02:13.907535604Z
22168	0.051456s	868100000	125000	7		2022-10-15T13:02:08.319372043Z
22167	0.051456s	867900000	125000	7		2022-10-15T12:52:00.996529265Z
22166	0.051456s	867700000	125000	7		2022-10-15T12:41:53.718326663Z
22165	0.051456s	867500000	125000	7		2022-10-15T12:31:46.400314545Z
22164	0.051456s	867300000	125000	7		2022-10-15T12:21:39.109213787Z
22163	0.051456s	867100000	125000	7		2022-10-15T12:11:31.813009665Z
22162	0.051456s	868500000	125000	7		2022-10-15T12:01:24.512160221Z
22161	0.051456s	868300000	125000	7		2022-10-15T11:51:17.210839003Z

Εικόνα 63 Χαρακτηριστικά ληφθέντων σημάτων

4.2 Προβλήματα κατά την υλοποίηση και δοκιμή

Κατά την κατασκευή της συσκευής, υπήρχαν διάφορες ιδέες για τους αισθητήρες και τις φορέσιμες συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν. Μια αρχική ιδέα ήταν η συσκευή να περιλαμβάνει βομβητή έτσι ώστε να εκπέμπει ηχητικό σήμα για την προειδοποίηση υπέρβασης κάποιων τιμών που είχαν οριστεί ως κατώφλια. Επιπλέον, στη συσκευή είχε προστεθεί και ένας αισθητήρας κίνησης (PIR sensor) μέσω του οποίου υπήρχε η ιδέα να ενεργοποιείται το άνοιγμα μιας λάμπας. Τα παραπάνω, ενώ ήταν καλές ιδέες στη θεωρία, στην πράξη δημιούργησαν ανεπιθύμητες ενέργειες και δυσλειτουργίες στην εφαρμογή οπότε αποφασίστηκε να μην αποτελούν μέρος της λύσης. Οι δυσλειτουργίες συνέβαιναν λόγω έλλειψης πόρων στον μικροεπεξεργαστή Arduino Uno, όσο αυξανόταν ο κώδικας για τη διαχείριση των αισθητήρων και φορέσιμων συσκευών που δοκιμάζονταν τόσο λιγότερη μνήμη και αποθηκευτικός χώρος έμεναν διαθέσιμα. Πέρα από τα παραπάνω θέματα κατά την επιλογή των αισθητήρων και τη σωστή λειτουργία τους, υπήρχαν και πιο σοβαροί τεχνικοί περιορισμοί που απέτρεπαν την εφαρμογή από το να μπορεί να είναι επιτυχής στον σκοπό της καθώς δεν υπήρχε η δυνατότητα λήψης δεδομένων από το ανοιχτό δίκτυο.

4.2.1 Μεταφορά LoRa node στο The Things Stack V3 δίκτυο

Τον Μάιο του 2021, ανακοινώθηκε η νέα έκδοση του The Things Stack 3.13 στην οποία έπρεπε να μεταφερθούν οι συσκευές και οι πύλες που ήταν μέχρι τότε μέρος του The Things Network V2. Το The Things Stack Community Edition είναι ένας διακομιστής δικτύου που διατίθεται δωρεάν στα μέλη της κοινότητας The Things Network έτσι ώστε να συμβάλλει στη διαδικασία ελέγχων και αξιολόγησης LoRaWAN έργων, ενώ δεν ενδείκνυται για εμπορική χρήση. Η υποδομή The Things Network V2, σύμφωνα με τις ανακοινώσεις θα γινόταν read-only στις 01/07/2021, ενώ θα σταματούσε τη λειτουργία της στις 01/12/2021, οπότε η ανάγκη για μετάβαση στη νέα ήταν επιτακτική. Επιπλέον, για τις πύλες που παραμένουν στο TTN μέχρι τέλος του έτους, μπορεί να εξυπηρετήσει ο Packet Broker, ο οποίος ανταλλάσσει τις μεταδιδόμενες πληροφορίες μεταξύ TTN

¹Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

και The Things Stack. Η διαδικασία για τη μετάβαση στο The Thing Stack περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Εντολή Dry run για επικύρωση πληροφοριών της εφαρμογής
2. Εξαγωγή της συσκευής από το TTN V2
3. Δημιουργία εφαρμογής στο The Things Stack
4. Δημιουργία συσκευής με βάση το αρχείο που παράχθηκε κατά το βήμα 2
5. Ενεργοποίηση συσκευής έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί νέα OTAA σύνδεση με το The Things Stack δίκτυο

Για να πραγματοποιηθεί η μετάβαση της συσκευής στη νέα υποδομή, έγινε χρήση εντολών (commands) μέσω του Windows εργαλείου Command Prompt. Αρχικά λοιπόν, όπως αναφέρεται και παραπάνω, γίνεται η επαλήθευση των πληροφοριών που υπάρχουν για τη LoRa συσκευή. Ως παράμετροι, χρειάζεται να οριστούν: το ID της εφαρμογής που έχει δηλωθεί στο δίκτυο TTN, το Access Key της εφαρμογής και το ID του Frequency plan. Μετά, πρέπει να εκτελεστεί το command `ttn-lw-migrate.exe` στο οποίο ως device θέτουμε το ID της LoRa συσκευής που θέλουμε να μεταφέρουμε και συσχετίζεται με την εφαρμογή που ορίσαμε προηγουμένως.

```
C:\Users\s_yio\Documents\MSc IoT\Γ Εξάμηνο\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64>set TTNV2_APP_ID=yiota_dragino_test_application
C:\Users\s_yio\Documents\MSc IoT\Γ Εξάμηνο\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64>set TTNV2_APP_ACCESS_KEY=ttn-account-v2.
C:\Users\s_yio\Documents\MSc IoT\Γ Εξάμηνο\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64>set FREQUENCY_PLAN_ID=EU_863_870_TTN
C:\Users\s_yio\Documents\MSc IoT\Γ Εξάμηνο\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64>ttn-lw-migrate.exe device --source ttnv2 "yiotadragino_test" --dry-run > devices-demo.json
INFO Clearing device keys dev_eui= device_id=yiota_dragino_test
```

Εικόνα 64 Εντολή για επικύρωση πληροφοριών

Έπειτα, πρέπει να τρέξει η εντολή χωρίς την επιλογή “--dry-run” έτσι ώστε να εκτελεστεί το command το οποίο θα εξάγει τα στοιχεία της συσκευής που ορίζεται. Η εντολή αυτή, παράγει ένα `.json` αρχείο με ονομασία `devices.json`, στο περιεχόμενο του οποίου βρίσκεται η πληροφορία που χρειάζεται η διαδικασία μεταφοράς της συσκευής στο The Things Stack δίκτυο. Μετά τη δημιουργία του αρχείου, τα Device Address, Network Session Key, App Session Key της συσκευής στο TTN έχουν διαγραφεί, πράγμα που σημαίνει πως η συσκευή δεν μπορεί πλέον να μεταδώσει μηνύματα στο δίκτυο TTN.

```
C:\Users\s_yio\Documents\MSc IoT\Γ Εξάμηνο\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64\lorawan-stack-migrate_0.5.0_windows_amd64>ttn-lw-migrate.exe device --source ttnv2 "yiotadragino_test" > devices.json
INFO Clearing device keys dev_eui= device_id=yiota_dragino_test
```

Εικόνα 65 Εξαγωγή συσκευής `yiotadragino_test` σε αρχείο `devices.json`

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία μιας εφαρμογής στο The Things Stack, αφού έχει πραγματοποιηθεί σύνδεση με τον προσωπικό χρήστη. Το ID της εφαρμογής δεν χρειάζεται να είναι το ίδιο με αυτό που είχε χρησιμοποιηθεί στο TTN, αλλά πρέπει να είναι μοναδικό στο δίκτυο.

Add application

Owner*

Application ID*

Application name

Description

Optional application description; can also be used to save notes about the application

Create application

Εικόνα 66 Δημιουργία εφαρμογής στο The Things Stack V3

Στη συνέχεια, γίνεται η διαδικασία του import device, όπου επιλέγεται το json αρχείο που δημιουργήθηκε από προηγούμενο βήμα και ως format του αρχείου ορίζεται το The Things Stack JSON.

Applications > yiota-dragino-app > End devices > Import

Import end devices

File import

Format*

The Things Stack JSON

Format information

File containing end devices in The Things Stack JSON format.

File*

Change file...

devices.json  Remove

Targeted components

Identity Server Network Server Join Server Application Server

Claiming

Set claim authentication code

Create end devices

Εικόνα 67 Εισαγωγή αρχείου devices.json για τη μεταφορά της LoRa συσκευής

Αν το παραπάνω βήμα εκτελεστεί με επιτυχία, εμφανίζεται το αντίστοιχο μήνυμα για την ολοκλήρωση της μεταφοράς. Για λόγους ασφάλειας, έχουν διαγραφεί από την εικόνα κάποιες πληροφορίες που χαρακτηρίζουν τη LoRa συσκευή.

Import end devices

Creating end devices...

Operation finished •

1 of 1 (100.00% finished)

```
{
  "app_s_key": {
    "key": ""
  },
  "started_at": "2021-05-15T09:39:09.780508921Z",
  "lorawan_version": "MAC_V1_0_2",
  "lorawan_phy_version": "PHY_V1_0_2_REV_B",
  "frequency_plan_id": "EU_863_870_TTN",
  "root_keys": {
    "app_key": {
      "key": ""
    }
  },
  "application_server_address": "eu1.cloud.thethings.network",
  "network_server_address": "eu1.cloud.thethings.network",
  "description": "Dragino device of Yiota - test",
  "name": "yiota_dragino_test",
  "join_server_address": "eu1.cloud.thethings.network"
}
```

Proceed

Εικόνα 68 Επιτυχής μεταφορά LoRa συσκευής yiota_dragino_test

Πλέον, η συσκευή yiota_dragino_test έχει μεταφερθεί στο δίκτυο The Things Stack και υπάρχει η δυνατότητα αποστολής δεδομένων κάνοντας χρήση της νέας υποδομής.



yiota_dragino_test

ID: yiota-dragino-test

• Last seen 8 minutes ago ↑ 27 ↓ n/a

Overview

Live data

Messaging

Location

Payload formatters

Claiming

General information

End device ID

yiota-dragino-test



Description

Dragino device of Yiotra - test

Created at

May 15, 2021 12:39:09

Activation information

AppEUI

70 B3 D5 7E D0 03 F3 8D



DevEUI

00 E2 4A C5 CB 67 93 77



Root key ID

n/a

AppKey

.....



NwkKey

n/a

Session information

Device address

26 0B A2 7B



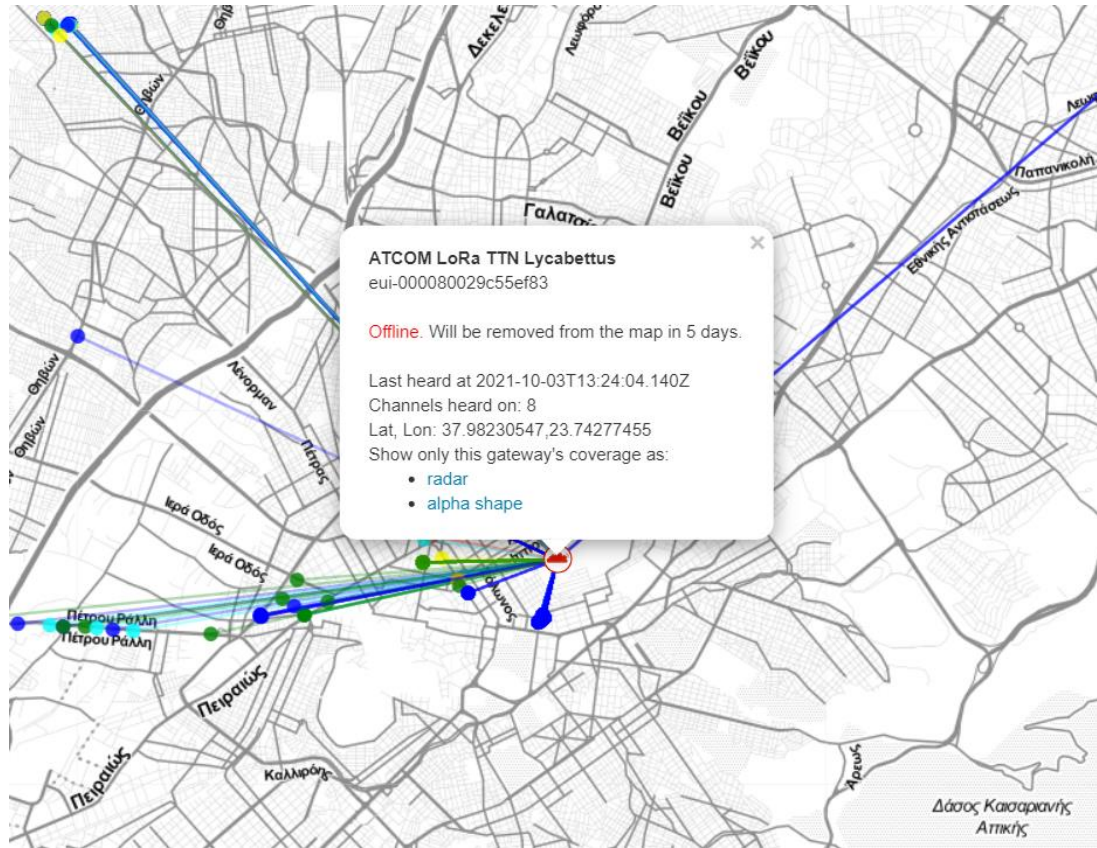
Εικόνα 69 Λεπτομέρειες συσκευής yiota-dragino-test

4.2.2 Δημιουργία εσωτερικής πύλης στο The Things Stack V3 δίκτυο

Κατά τη διάρκεια υλοποίησης και ελέγχου της συσκευής, συνέβη η αλλαγή στην αρχιτεκτονική του TTN δικτύου The Things Network V2 το οποίο μετονομάστηκε σε The Things Stack, όπου και απαιτήθηκαν ενέργειες για τη μετάβαση στη νέα έκδοση του TTN v.3 όσο στις LoRa συσκευές τόσο και στις πύλες που ήταν δηλωμένες στο δίκτυο, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα. Για μεγάλο διάστημα, η πύλη που δεχόταν τα δεδομένα της συσκευής βρισκόταν στον Λυκαβηττό, με id eu1-000080029c55ef83, η οποία λόγω του υψηλού υψομέτρου, είχε την κάλυψη που χρειαζόταν έτσι ώστε να λαμβάνει δεδομένα από την περιοχή Ζωγράφου. Για το διάστημα που η εφαρμογή υπήρχε στο

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

TTN, δηλαδή πριν τον Μάιο του 2021, η συγκεκριμένη πύλη λάμβανε τα μηνύματα που έστειλε το LoRa node, όμως μετά τη μετάβαση της εφαρμογής στο The Things Stack V3, γινόταν χρήση του Packet Broker. Το Packet Broker μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανταλλαγή κίνησης (traffic) με άλλα δίκτυα LoRaWAN (για παράδειγμα The Things Stack Open Source, The Things Stack Cloud, The Things Stack Enterprise, The Things Network) για κοινή κάλυψη και βελτίωση της συνολικής απόδοσης του δικτύου.



Εικόνα 70 Εξωτερική πύλη eui-000080029c55ef83³⁵

Η χρήση της μοναδικής δημόσιας πύλης στην περιοχή μαζί με το γεγονός ότι απαιτούνται ενέργειες μετάβασης από το ένα δίκτυο στο άλλο από τον ιδιοκτήτη κάθε εφαρμογής και πύλης για να διατηρηθούν στο δίκτυο, δεν εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητά της καθόλο το χρονικό διάστημα που μπορεί να χρειάζεται κάποιο LoRa node έτσι ώστε να μπορεί να αποστείλει τα δεδομένα του. Λόγω των παραπάνω, και της διακοπής λειτουργίας της εφαρμογής λόγω δυσλειτουργίας του Packet Broker³⁶, για να μπορέσει να προχωρήσει η υλοποίηση, αγοράστηκε η εσωτερική πύλη The Things Indoor Gateway (TTIG) έτσι ώστε να υπάρχει κάλυψη στον χώρο που βρίσκεται η LoRa συσκευή και να υπάρχει η δυνατότητα συνέχισης ελέγχων και δοκιμών.

Ως πρώτο βήμα, η πύλη πρέπει να συνδεθεί σε κάποιο Wi-Fi δίκτυο έτσι ώστε αργότερα να μπορέσει να επικοινωνήσει με τον διακομιστή δικτύου. Η διαδικασία της προσθήκης πύλης στο The Things Stack V3 δίκτυο περιλαμβάνεται και στις οδηγίες³⁷ του επίσημου site. Για τη συγκεκριμένη

³⁵ Πληροφορία από TTN mapper <https://ttnmapper.org/>

³⁶ Investigating - For some tenants the routing of Join Requests and Join Accept messages from the community Network (TTN V2 & V3) via Packet Broker is currently disabled. Oct 1, 16:12 CEST <https://status.packetbroker.net/>

³⁷ <https://www.thethingsindustries.com/docs/gateways/thethingsindoorgateway/>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

εσωτερική πύλη TTIG, θα πρέπει να ακολουθηθεί η διαδικασία διεκδίκησης (claim) και να συμπληρωθούν κάποια στοιχεία που βρίσκονται πάνω στη συσκευή όπως το EUI και το Wi-Fi password στη θέση του claim authentication code. Αφού πραγματοποιηθεί σύνδεση στο The Things Stack, η πύλη δηλώνεται στον collaborator που μπορεί να είναι είτε κάποιος χρήστης είτε κάποιος οργανισμός ο οποίος μπορεί να έχει συγκεκριμένα δικαιώματα για ενέργειες στην πύλη. Το όνομα της πύλης που συμπληρώνεται πρέπει να είναι μοναδικό στο δίκτυο. Επιπλέον, δηλώνεται το Frequency Plan, δηλαδή το 863 – 870 MHz που είναι ορισμένο για την Ευρώπη.

Claim gateway

Collaborator ID *

Type *

User

Organization

Gateway EUI ? *

Claim authentication code ? *

Gateway ID ? *

Frequency plan ?

Claim gateway

Εικόνα 71 Διαδικασία διεκδίκησης πύλης TTIG

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

yiota-ttig > Gateways > Collaborators

Collaborators (1)

User / Organization ID ▾

Rights ▾

 **yiotasasm (This is you)**


All possible rights

Εικόνα 72 Collaborator και δικαιώματα στην πύλη

Η TTIG πύλη, αφού συνδεθεί στο Wi-Fi συνδέεται μετά από κάποιο χρονικό διάστημα και στον διακομιστή δικτύου (LNS server) όπου και ανανεώνεται η κατάσταση της ως συνδεδεμένη.

ID	Name	Gateway EUI	Status	Created at
yiota-ttig		58 A0 CB FF FE 80 3C EE	Connected	Oct 17, 2021

Εικόνα 73 Κατάσταση πύλης TTIG στη κονσόλα του The Things Stack V3



yiota-ttig
ID: yiota-ttig

↑ 146 ↓ 1
Last activity 5 minutes ago

1 Collaborator
2 API keys

General information

Gateway ID: yiota-ttig

Gateway EUI: 58 A0 CB FF FE 80 3C EE

Gateway description: None

Created at: Oct 17, 2021 17:54:49

Last updated at: Sep 14, 2023 20:42:29

Gateway Server address: eu1.cloud.thethings.network

LoRaWAN information


Frequency plan: EU_863_870_TTN

Global configuration: [Download global_conf.json](#)

Live data See all activity →

- ↑ 21:40:16 Receive uplink message JoinEUI: 11 22 33 44 55 66 77 99
- ↑ 21:39:46 Receive uplink message JoinEUI: 11 22 33 44 55 66 77 99
- ↑ 21:39:26 Receive uplink message DevAddr: 26 0B F4 3A
- ↓ 21:39:22 Send downlink message Tx Power: 16.15 Data rate: SF7BW125
- ↑ 21:39:20 Receive uplink message JoinEUI: 70 B3 D5 7E D0 03 F3 8D
- ↑ 20:05:19 Receive uplink message JoinEUI: 70 B3 D5 00 20 00 00 8D

Location Change location settings →



Εικόνα 74 Λεπτομέρειες πύλης TTIG στη κονσόλα του The Things Stack V3

Όσο η πύλη είναι ενεργή και συνδεδεμένη στο δίκτυο βλέπουμε πως μπορεί να λάβει δεδομένα από συσκευές επιτυχώς. Λόγω του ότι είναι εσωτερική, λαμβάνει τα δεδομένα που στέλνει η εφαρμογή με όνομα yiota-dragino-app. Παρακάτω, είναι εμφανή τα δεδομένα που στέλνει η συσκευή yiota-dragino-test.

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Applications > yiota-dragino-app > Live data

Time	Entity ID	Type	Data preview	Verbose stream	Pause	Clear
16:55:39	yiota-dragino-test	Forward data message to Appl...	MAC payload: 32 54 BC F7 F6 1C	FPort: 1 Data rate: SF7BW125 SNR: 8.25 RSSI: -41		
16:55:39	yiota-dragino-test	Store upstream data message				
16:55:39	yiota-dragino-test	Forward uplink data message	Payload: { co: 0, flame: 0, humidity: 87, lpg: 0, smoke: 0, temperature: 21 } 57 15 00 00 00 00	FPort: 1		
16:55:39	yiota-dragino-test	Receive uplink data message				
16:55:39	yiota-dragino-test	Successfully processed data	DevAddr: 26 0B A2 7B FCnt: 27	FPort: 1 Data rate: SF7BW125 SNR: 8.25 RSSI: -41		
16:55:39	yiota-dragino-test	Receive data message	DevAddr: 26 0B A2 7B FCnt: 27	FPort: 1 Data rate: SF7BW125 SNR: 8.25 RSSI: -41		

Εικόνα 75 Αποστολή δεδομένων από την συσκευή yiota-dragino-test

Μέρος των πληροφοριών στην κονσόλα του The Things Stack για το uplink message είναι και το ID της πύλης που έλαβε τα δεδομένα που όπως βλέπουμε στην Εικόνα 72 είναι η yiota-ttig.

Applications > yiota-dragino-app > Live data

Time	Entity ID	Type	Data preview	Event details
16:55:39	yiota-dragino-test	Forward data message to Appl...	MAC payload: 32 54 BC F7 F6 1C	
16:55:39	yiota-dragino-test	Store upstream data message		
16:55:39	yiota-dragino-test	Forward uplink data message	Payload: { co: 0, flame: 0, humidity: 87, lpg: 0, smoke: 0, temperature: 21 } 57 15 00 00 00 00	<pre> 49 50 "f_cnt": 27, 51 "firm_payload": "VxUAAAAA", 52 "decoded_payload": { 53 "co": 0, 54 "flame": 0, 55 "humidity": 87, 56 "lpg": 0, 57 "smoke": 0, 58 "temperature": 21 59 }, 60 "rx_metadata": [61 { 62 "gateway_ids": { 63 "gateway_id": "yiota-ttig", 64 "eui": "58A0CBFFFE803CEE" 65 }, 66 "time": "2021-10-20T13:55:39.166256000Z", 67 "timestamp": 124482068, 68 "rssi": -41, 69 "channel_rssi": -41, 70 "snr": 8.25, 71 "uplink_token": "ChgKFgoKeWlvdGEtdHRpZxIIWkdL//6AP04Q10St 72 73 74 75 76 77 78 </pre>
16:55:39	yiota-dragino-test	Receive uplink data message		
16:55:39	yiota-dragino-test	Successfully processed data	DevAddr: 26 0B A2 7B	
16:55:39	yiota-dragino-test	Receive data message	DevAddr: 26 0B A2 7B	
16:52:18		Console: Verbose stream acti...	The event stream has be	
16:07:51	yiota-dragino-test	Forward uplink data message		

Εικόνα 76 Λήψη δεδομένων από τη TTIG πύλη yiota-ttig

Αντίστοιχα, στην πλευρά της πύλης, στην κονσόλα βλέπουμε πως έχουν ληφθεί δεδομένα που έχουν αποσταλεί από μια συσκευή με Device Address που αντιστοιχεί στη LoRa συσκευή yiota-dragino-test.

Gateways > yiota-ttig > Live data

Time	Type	Data preview	Verbose stream	Pause	Clear
16:55:39	Forward uplink message	cluster			
16:55:39	Forward uplink message	packetbroker			
16:55:39	Receive uplink message	DevAddr: 26 0B A2 7B FCnt: 27	FPort: 1 Data rate: SF7BW125 SNR: 8.25 RSSI: -41		

Εικόνα 77 Λήψη δεδομένων από τη συσκευή με DevAddr 260BA27B

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

5. Συμπεράσματα – Μελλοντικά βήματα

Η τελική μεταπτυχιακή διατριβή έχοντας ως συσκευή ένα πρωτότυπο, συνολικά προσφέρει αρκετές δυνατότητες στον τελικό χρήστη εξασφαλίζοντας ασφάλεια, αξιοπιστία αλλά και εξοικονόμηση ενέργειας και αυτονομία. Από τη σύνθεση της LoRa συσκευής και τον προγραμματισμό αυτής, τη χρήση της πύλης και τη σύνδεση των δύο στο δίκτυο TTN μέχρι και την ανάπτυξη web εφαρμογής μέσω NodeRED, οι προκλήσεις και οι δυσκολίες ήταν αρκετές αλλά τελικά όλα τα παραπάνω συνέθεσαν την τελική εικόνα, λειτουργώντας χωρίς κάποιο σφάλμα με επιτυχία. Πέρα από το ότι το κύκλωμα είναι σε πλήρη λειτουργία, αν εξεταστεί και το λειτουργικό κομμάτι, ο τελικός χρήστης της εφαρμογής έχει έναν αξιόπιστο πλήθος δεδομένων έτσι ώστε να ενημερωθεί για την κατάσταση ασφάλειας που επικρατεί στο σπίτι του αλλά και να ειδοποιηθεί για τυχόν κινδύνους που αποτελούν άμεση ή έμμεση απειλή για την υγεία του (εντοπισμός φλόγας, ανίχνευση επικίνδυνου αερίου/καπνού, ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας/υγρασίας). Επιπλέον, μπορεί να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την ιστορικότητα των μετρήσεων, μιας και η εφαρμογή διαθέτει τη συγκεκριμένη επιλογή καθώς επίσης παρέχεται δυνατότητα εξατομίκευσης έτσι ώστε να ορίζονται τα άτομα του κύκλου του, τα οποία επιθυμεί να λαμβάνουν ειδοποιήσεις για κάποιο έκτακτο συμβάν (κουμπί emergency). Τέλος, παρέχεται άμεσα απομακρυσμένη διαχείριση ενεργοποίησης/απενεργοποίησης λάμπας, γεγονός το οποίο βοηθάει στην ορατότητα του χώρου που έχει επιλέξει.

Κάποιες μελλοντικές βελτιώσεις θα μπορούσαν να είναι στο περιεχόμενο της εφαρμογής, στην αξιοπιστία της και στην κάλυψη δικτύου. Συγκεκριμένα, αν υποθέσουμε πως στην πραγματικότητα θα θέλαμε να εντοπίζεται μια φλόγα άμεσα και παράλληλα να ειδοποιούμαστε γρήγορα, θα πρέπει να καταφύγουμε σε μια λύση δικτύου που θα προσφέρει όσο το δυνατόν μικρότερη απώλεια πακέτων αλλά και συχνότερη αποστολή σημάτων, για παράδειγμα από τα 10 λεπτά στο 1. Όσον αφορά το ανοιχτό δίκτυο και την κάλυψή του, θα πρέπει στην περιοχή που θα τοποθετηθεί είτε να αγοραστούν εσωτερικές πύλες για τη δυνατότητα μετάδοσης και λήψης δεδομένων από το ανοιχτό δίκτυο TTN, είτε να γίνεται χρήση εξωτερικών πυλών που θα εξυπηρετούν μια συγκεκριμένη περιοχή, καλύπτοντας μια ακτίνα χιλιομέτρων. Με την εξάπλωση του TTN και την πάροδο του χρόνου στη χώρα μας, αυτή η πρόταση είναι πιο εφικτή και ελαχιστοποιεί το κόστος της υλοποίησης. Τέλος, θα μπορούσαν να προστεθούν δεδομένα και μετρήσεις από αισθητήρες και άλλες συσκευές καθώς και ηχητικές ειδοποιήσεις που θα εμπλουτίσουν την εμπειρία χρήστη και θα προσφέρουν περαιτέρω δυνατότητες, ενώ για να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία της συσκευής, θα πρέπει να επιλεγεί μικροεπεξεργαστής με περισσότερους πόρους.

6. Βιβλιογραφία

- [1] Abubaker Sherif, Suheib Sherif, Chee Pun Ooi, Wooi Haw Tan (2019). “A LoRa-driven home security system for a residential community in a retirement township”
- [2] Gaby Bou Tayeh, Joseph Azar, Abdallah Makhoul, Christophe Guyeux, Jacques Demerjian (2020). “A Wearable LoRa-Based Emergency System for Remote Safety Monitoring”
- [3] Sarah Opipah, Husnul Qodim, Deni Miharja, Sarbini, Eki Ahmad Zaki Hamidi, Tutun Juhana (2020). “Prototype Design of Smart Home System Base on LoRa”
- [4] Changhai Peng, Qiang Qi, Jufang Hu, Xiangyu Xie (2021). “Design of Smart Home Safety System for the Aged Based on ARM”
- [5] Qiang Qi, Xiangyu Xie, Changhai Peng, Jufang Hu (2021). “Design of Wireless Smart Home Safety System Based on Visual Identity”
- [6] Shaikh Rehan, Risha Singh (2020). “Industrial and Home Automation, Control, Safety and Security System using Bolt IoT Platform”
- [7] Nur Hayati, Muhammad Suryanegara (2017). “The IoT LoRa System Design for Tracking and Monitoring Patient with Mental Disorder”
- [8] José Paulo Lousado, Sandra Antunes (2020). “Monitoring and Support for Elderly People Using LoRa Communication Technologies: IoT Concepts and Applications”
- [9] Muhammad Asadullah, Ahsan Raza. “An Overview of Home Automation Systems”
- [10] Gartner, IoT Forecast Tool (2015). “GLOBAL M2M MARKET TO GROW TO 27 BILLION DEVICES, GENERATING USD1.6 TRILLION REVENUE IN 2024”
- Kais Mekki, Eddy Bajic, Frederic Chaxel, Fernand Meyer (2019). “A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment”
- [11] TTN Migration to v3. The Things Network. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://www.thethingsnetwork.org/docs/the-things-stack/migrate-to-v3/>
- [12] LoRaWAN Academy. Semtech. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://loradevelopers.semtech.com/learn/lorawan-academy>
- [13] Developer Portal. Semtech. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://forum.loradevelopers.semtech.com/>
- [14] Frequency Plans. The Things Network. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/frequency-plans/>
- [15] Regional parameters. The Things Network. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/regional-parameters/>
- [16] Duty Cycle. The Things Network. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/duty-cycle/>
- [17] Best practices for devices. The Things Network. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://www.thethingsindustries.com/docs/devices/best-practices/>
- [18] Cayenne. The Things Network. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://www.thethingsnetwork.org/docs/applications/cayenne/>
- [19] Integrations. The Things Network. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://www.thethingsindustries.com/docs/integrations/>
- [20] Fair Access Policy. The Things Network. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://www.thethingsnetwork.org/forum/t/limitations-data-rate-packet-size-30-seconds-uplink-and-10-messages-downlink-per-day-fair-access-policy-guidelines/1300>
- [21] Runtime. Node RED. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://nodered.org/docs/user-guide/runtime/>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

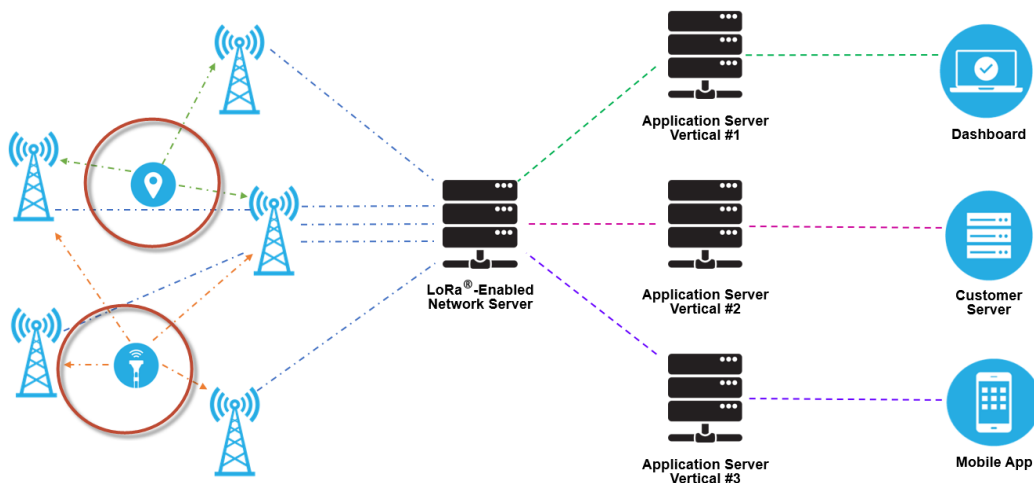
[22] Homepage. Semtech. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://info.semtech.com>

[23] Help Center. IFTTT. Ημ. πρόσβασης Δεκέμβριος 8, 2022, από <https://help.ifttt.com>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Χαρακτηριστικά και τρόπος λειτουργίας LoRa/LoRaWAN δικτύων

Αρχιτεκτονική δικτύου LoRaWAN

Ένα LoRaWAN δίκτυο έχει τοπολογία αστέρα (star topology) και αποτελείται από κόμβους (nodes) και συνδέσεις ή αλλιώς ζεύξεις (links) τις οποίες κάνει εφικτές το φυσικό πρωτόκολλο LoRa. Επιγραμματικά, η διαδικασία που πραγματοποιείται είναι η εξής. Τα δεδομένα εκπέμπονται ασύγχρονα από τις συσκευές τελικών κόμβων (End Devices) εάν και εφόσον υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα προς αποστολή κάνοντας χρήση τον αέρα ως μέσο διάδοσης και λαμβάνονται από τις πύλες (Gateways) οι οποίες δρομολογούν τα πακέτα δεδομένων σε έναν κεντρικό διακομιστή δικτύου (Network Server). Τέλος, ο κεντρικός διακομιστής δικτύου αφού πραγματοποιήσει ελέγχους και διαχείριση διπλών πακέτων, προωθεί τα δεδομένα στους διακομιστές εφαρμογών (Application Servers).



Εικόνα 78 Δίκτυο LoRaWAN: Πύλες δέχονται/μεταδίδουν μηνύματα από/προς LoRa συσκευές³⁸

Κόμβοι - LoRa συσκευές

Οι κόμβοι, τελικές συσκευές (End Devices) ή αλλιώς οι LoRa συσκευές αποτελούνται από:

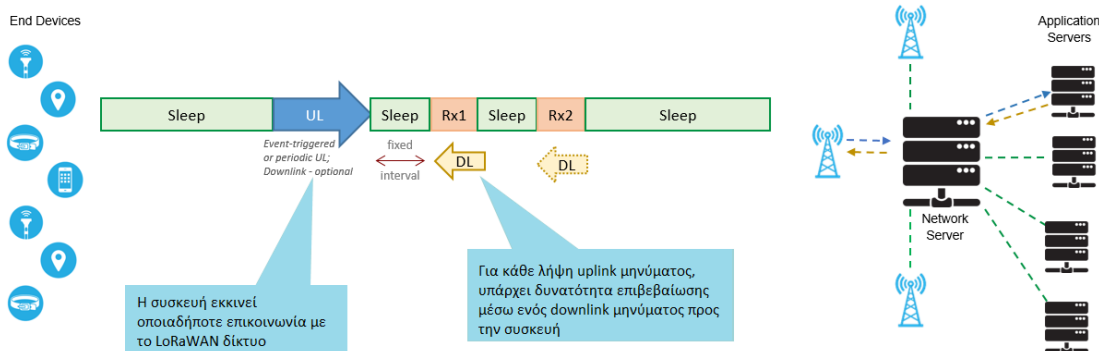
- Υλικό (hardware)
 - μια μονάδα μικροεπεξεργαστή (MicroController Unit - MCU) η οποία θεωρείται το μυαλό της συσκευής και αποτελείται από κεντρική μονάδα επεξεργαστή και μνήμη,
 - μια παροχή ρεύματος, συνήθως είναι μπαταρία,
 - περιφερειακά όπως αισθητήρες (sensors) και φορέσιμες συσκευές (actuators),
 - μια μονάδα LoRa (LoRa Radio module),
 - μια κεραία.
- Τρία επίπεδα λογισμικού (software)
 - Επίπεδο εφαρμογής για την υλοποίηση των λειτουργιών της εφαρμογής,
 - Μεσαίο επίπεδο (middleware) για τη διαχείριση της βιβλιοθήκης του πρωτοκόλλου επικοινωνίας LoRaWAN stack,
 - Επίπεδο οδηγών για τη διαχείριση των περιφερειακών.

³⁸ <https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Κατά τον σχεδιασμό, πρέπει να ληφθεί η απόφαση για τη μονάδα LoRa, της οποίας οι επιλογές είναι πολλές. Υπάρχουν τα chipsets όπως για παράδειγμα τα SX1272, SX1276 τα οποία έχουν υλοποιηθεί από τη Semtech³⁹, ή και από άλλες εταιρίες όπως το RFM95 της HopeRF⁴⁰, τα οποία χειρίζονται τη διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση των δεδομένων σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα και το αντίστροφο, και απαιτούν την ύπαρξη μικροεπεξεργαστή στη λύση έτσι ώστε να τρέξει η εφαρμογή και να υλοποιηθεί το LoRaWAN πρωτόκολλο μέσω ενός υλικολογισμικού (firmware) που πρέπει να εγκατασταθεί και ονομάζεται LoRaWAN protocol stack. Εναλλακτικά, υπάρχουν τα LoRa Radio Modules που αποτελούν λύσεις μικροεπεξεργαστών που περιέχουν το LoRaWAN protocol stack. Το RN2482 της πιστοποιημένης εταιρίας Microchip⁴¹ για παράδειγμα, αναλαμβάνει την όλη επικοινωνία LoRa και LoRaWAN. Σε αυτήν την επιλογή χρειάζεται ένας επιπλέον μικροεπεξεργαστής για το τρέξιμο της εφαρμογής. Τέλος, υπάρχει και η λύση του ενός μικροεπεξεργαστή ο οποίος διαχειρίζεται το LoRa και το LoRaWAN protocol stack. Τα χαρακτηριστικά των LoRa συσκευών είναι τα παρακάτω:

- μπορούν να στέλνουν και να δέχονται δεδομένα προς και από τους διακομιστές δικτύου μέσω των πυλών στα αντίστοιχα παράθυρα μετάδοσης και λήψης (uplink - Tx και downlink - Rx). Η στιγμή αποστολής και λήψης, η διάρκεια και η συχνότητα αυτών παραθύρων καθορίζονται από την κλάση λειτουργίας στην οποία έχει οριστεί να λειτουργεί η συσκευή LoRaWAN (class A, B, C)⁴²,
- έχουν υπολογιστική δύναμη μιας και προαπαιτούν μικροεπεξεργαστή με συγκεκριμένη μνήμη και κεντρική μονάδα επεξεργασίας,
- η διάρκεια ζωής τους που διαμορφώνεται από συγκεκριμένους παράγοντες μπορεί να διαρκέσει από μήνες έως χρόνια
- υποστηρίζουν αμφίδρομη επικοινωνία



Εικόνα 79 Τρόπος λειτουργίας Κλάσης A

Οι κλάσεις που αναφέρθηκαν νωρίτερα είναι τρεις στο σύνολο και καθορίζουν το πότε μπορεί μια συσκευή να δεχτεί downlink μηνύματα όπου και ορίζεται το παράθυρο λήψης μηνυμάτων RX. Μια συσκευή σε λειτουργία έχει τη δυνατότητα, αν έχει προγραμματιστεί αναλόγως, να αλλάξει μεταξύ των κλάσεων οποιαδήποτε στιγμή. Η κλάση A είναι αντίστοιχη με το πρωτόκολλο ALOHA και είναι ιδανική για συσκευές που στέλνουν δεδομένα σε καθορισμένο χρονικό διάστημα, για παράδειγμα κάθε 15 λεπτά, και για συσκευές που στέλνουν δεδομένα όταν ικανοποιηθεί μια συνθήκη ή συμβεί ένα γεγονός, για παράδειγμα όταν η θερμοκρασία που μετράει ένας αισθητήρας ξεπεράσει τους 20 βαθμούς Κελσίου. Οι συσκευές που κάνουν χρήση της κλάσης A μπορούν να στείλουν

³⁹ <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lor-connect>

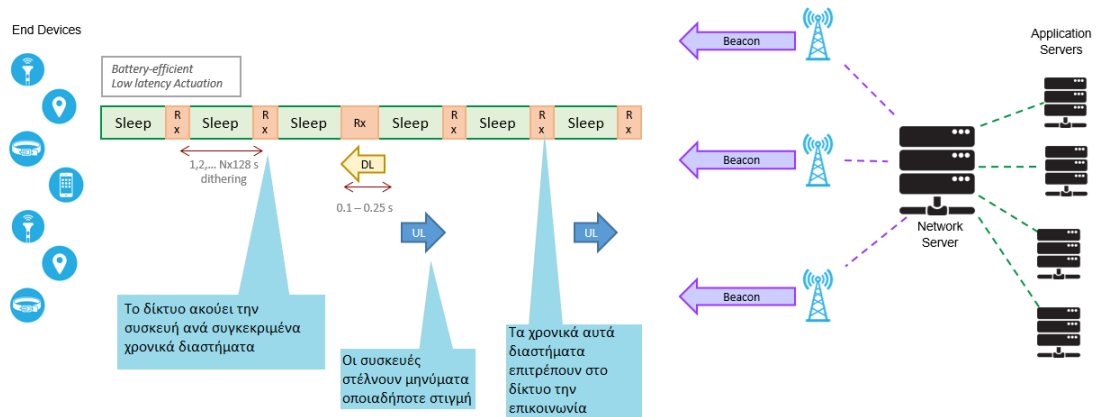
⁴⁰ <https://www.hoperf.com/modules/lor/RFM95.html>

⁴¹ <https://www.microchip.com/en-us/product/rn2483>

⁴² <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/classes/>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

δεδομένα οποιαδήποτε στιγμή, αλλά μπορούν να λάβουν δεδομένα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αφού η συσκευή στείλει το uplink προς τον διακομιστή δικτύου μέσω της πύλης, ακούει για κάποιο μήνυμα από τον διακομιστή δικτύου για διάρκεια δύο Rx παραθύρων, ενώ στο μεσοδιάστημα βρίσκεται σε κατάσταση ύπνου. Η κλάση A πρέπει να υποστηρίζεται από όλες τις συσκευές και είναι αυτή η οποία ευνοεί την εξοικονόμηση μπαταρίας καθώς μεταξύ των εκπομπών η συσκευή παραμένει σε κατάσταση ύπνου. Παρ’ όλα αυτά, δεν είναι γνωστό εκ των υστέρων το πότε ένα downlink μήνυμα μπορεί να αποσταλεί προς τη συσκευή μέσω της εφαρμογής ή του διακομιστή διότι και το uplink συμβαίνει τυχαία.



Εικόνα 80 Τρόπος λειτουργίας Κλάσης B

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το θέμα, υπάρχει η επόμενη κατηγορία συσκευών κλάσης B, οι οποίες μπορούν να λάβουν δεδομένα (downlinks) όχι μόνο αφού στείλουν δεδομένα αλλά και για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα που ορίζονται από τους διακομιστές δικτύου με τη βοήθεια σημάτων (beacons) που εκπέμπονται από τις πύλες. Με αυτόν τον τρόπο οι συσκευές συγχρονίζονται τα εσωτερικά ρολόγια τους με τους διακομιστές δικτύου με αποτέλεσμα σε γνωστά στους διακομιστές δικτύου και εφαρμογής τακτά χρονικά διαστήματα οι συσκευές να είναι ενεργοποιημένες και να μπορούν να λάβουν τυχόν μεταδόσεις από το δίκτυο προς αυτές (downlinks). Όταν λοιπόν ληφθούν τα beacons, οι συσκευές ανοίγουν παράθυρα λήψης που ονομάζονται και ring slots τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το δίκτυο για να ξεκινήσει μια επικοινωνία downlink. Με τη λήψη των beacons και τη δημιουργία των ring slots, είναι κατανοητό πως από τη συσκευή απαιτείται μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με την κλάση A, όμως υπάρχει δυνατότητα εναλλαγής λειτουργίας από την κλάση B στην κλάση A.

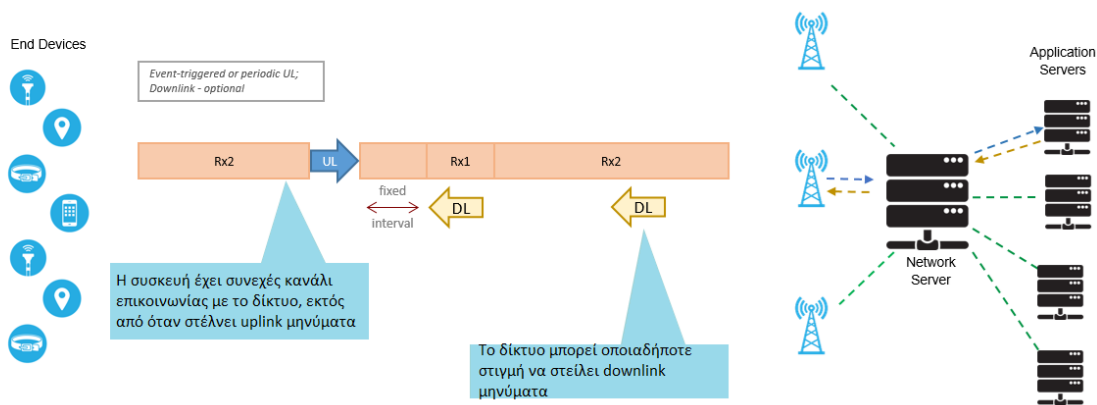


Figure 81 Τρόπος λειτουργίας Κλάσης C

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

Τέλος, μια συσκευή κλάσης C δεν μπαίνει σε κατάσταση ύπνου ποτέ, μιας και ακούει συνεχώς για μηνύματα downlink έχοντας ανοιχτά παράθυρα λήψης, εκτός από τις στιγμές που μεταδίδει δεδομένα. Ουσιαστικά, τα παράθυρα λήψης Rx είναι δύο, σαν της κλάσης A, μόνο που το δεύτερο δεν κλείνει, εκτός αν η συσκευή θέλει να μεταδώσει. Οι συσκευές που ανήκουν σε αυτήν την κλάση χρειάζονται μια σταθερή πηγή ενέργειας, μιας και δεν μπορούν να βασιστούν σε μπαταρίες με περιορισμένο απόθεμα ενέργειας.

Αξίζει να σημειωθεί πως για τα uplink και downlink μηνύματα υπάρχει περιορισμός ανάλογα το δίκτυο LoRaWAN που θα χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, το TTN μιας και είναι ένα δημόσιο LoRaWAN δίκτυο για να μπορεί να λειτουργεί σωστά, έχει ορίσει Fair Use Policy⁴³, πολιτική η οποία περιορίζει τον αριθμό uplink/downlink μηνυμάτων ανά ημέρα και τη διάρκεια χρόνου για αποστολή μηνύματος ανά ημέρα (time on air). Συγκεκριμένα, επιτρέπονται uplink μηνύματα που παραμένουν συνολικά στον αέρα όχι παραπάνω από 30 δευτερόλεπτα, ενώ τα downlink μηνύματα δεν μπορούν να ξεπερνούν τα 10 ανά ημέρα. Ο χρόνος στον αέρα εξαρτάται από τον συντελεστή διάδοσης (spreading factor), το μέγεθος των δεδομένων προς αποστολή σε bytes και του εύρους ζώνης⁴⁴. Για την Ευρώπη το bandwidth που μπορεί να επιλεγεί είναι μεταξύ 125 και 250 KHz, ενώ το μέγιστο επιτρεπόμενο μέγεθος των δεδομένων είναι στα 222 bytes.

LoRaWAN airtime calculator

Don't waste your airtime. Be mindful about the spreading factors you are using and always go for the highest transmission speed possible as this leads to a longer battery life and less gateway utilization.

Input Bytes	Spreading Factor	Region	Bandwidth
12	SF7	EU868	125 kHz

Result

61.7 ms

Time on air

Εικόνα 82 Παράδειγμα υπολογισμού time on air

Πύλες LoRaWAN - Gateways

Οι LoRaWAN πύλες (Gateways) λαμβάνουν τα διαμορφωμένα LoRa μηνύματα ραδιοσυχνοτήτων από τις συσκευές που βρίσκονται σε συγκεκριμένη απόσταση και τα προωθούν στον διακομιστή δικτύου (LoRaWAN Network Server - LNS) με τον οποίο συνδέονται μέσω Wi-Fi, Ethernet ή δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Οι συσκευές μπορούν να στείλουν τα δεδομένα τους σε όλες τις πύλες

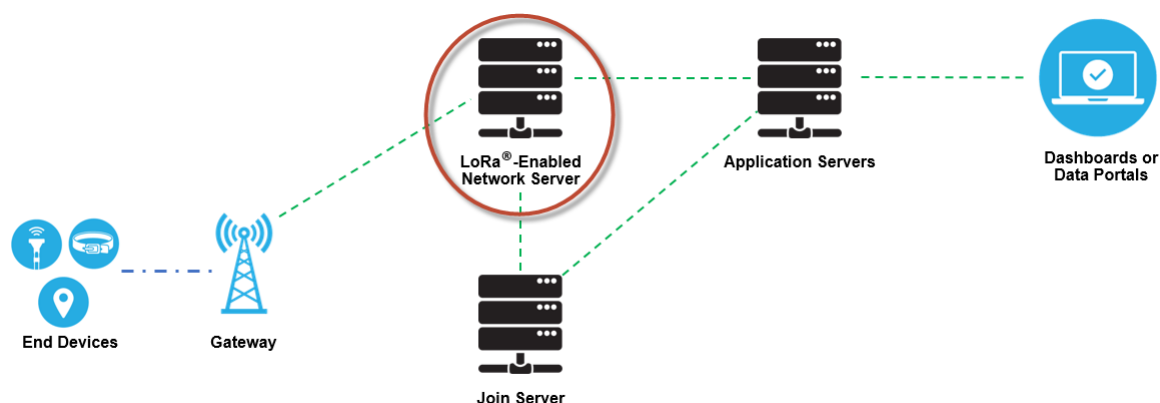
⁴³ <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/duty-cycle/#fair-use-policy>

⁴⁴ <https://www.thethingsnetwork.org/airtime-calculator>

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

των οποίων η εμβέλεια τις καλύπτει, άρα δεν υπάρχει απαραίτητα ένα προς ένα αντιστοιχία. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται χαμηλό ποσοστό απώλειας πακέτων μιας και μια τουλάχιστον πύλη θα λάβει το δεδομένα, μειώνεται η επιβάρυνση μπαταρίας των συσκευών ενώ μπορεί να επιτευχθεί ο γεωγραφικός εντοπισμός των συσκευών. Οι πύλες μπορεί να είναι εσωτερικές ή εξωτερικές ανάλογα τα σενάρια χρήσης της εφαρμογής που εξυπηρετούν. Για παράδειγμα σε εφαρμογές έξυπνων σπιτιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εσωτερικές πύλες, μιας και όλες οι συσκευές θα βρίσκονται σε συγκεκριμένη απόσταση ενώ για εφαρμογές έξυπνων πόλεων μπορεί να γίνει χρήση εξωτερικών πύλων. Αντίστοιχα, κάθε πύλη μπορεί να έχει συγκεκριμένες συχνότητες καναλιών που υποστηρίζει, δηλαδή 8, 16 και 64 κανάλια. Από τον αριθμό των καναλιών στις πύλες εξαρτάται και η χωρητικότητα του LoRaWAN δικτύου, καθώς μια πύλη με 8 κανάλια μπορεί να υποστηρίξει εκατοντάδες χιλιάδες μηνύματα μέσα σε μια ημέρα. Αυτό σημαίνει πως αν μια συσκευή στέλνει 10 μηνύματα ημερησίως, τότε μια μόνο πύλη μπορεί να υποστηρίξει περίπου 10.000 συσκευές. Οι πύλες με 8 και 16 κανάλια χρησιμοποιούνται για εσωτερική και εξωτερική χρήση, ενώ αυτές των 64 καναλιών είναι αποκλειστικά για εξωτερική. Τα κύρια χαρακτηριστικά των πύλων είναι τα εξής:

- Αποδιαμορφώνουν τα ληφθέντα σήματα σε δυαδικά δεδομένα και μέσω Wi-Fi, Ethernet ή δικτύου κινητής τηλεφωνίας αποστέλλουν τα πακέτα δεδομένων στους διακομιστές δικτύου.
- Είναι διαφανείς, καθώς δεν αναγνωρίζουν τις συσκευές ούτε διαβάζουν το περιεχόμενο των δεδομένων, ο ρόλος του είναι το να προωθούν τα μηνύματα. Οι LoRaWAN μηχανισμοί εκτελούνται μέσω των διακομιστών δικτύου, εφαρμογής και εγγραφής (join).
- Στα μηνύματα που έρχονται από τις συσκευές (uplinks) οι πύλες προσθέτουν κάποια metadata που αφορούν: το RSSI (received signal strength indicator), το ToA (Time of Arrival), το κανάλι εκπομπής (channel) και τον ρυθμό δεδομένων (data rate).



Εικόνα 83 Διακομιστής δικτύου στο δίκτυο LoRaWAN⁴⁵

Διακομιστές Δικτύου, Σύνδεσης, Εφαρμογής – Network, Join, Application Servers

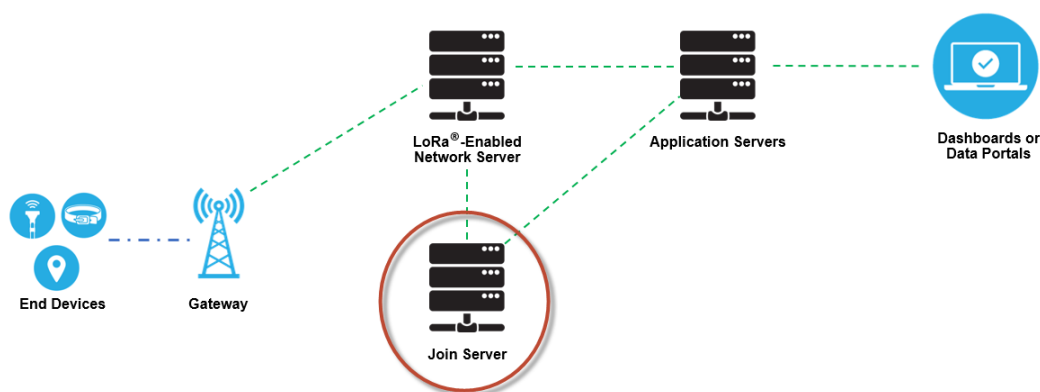
Οι διακομιστές δικτύου (LNS) έχουν τον ρόλο διαχειριστή στο δίκτυο, καθώς είναι υπεύθυνοι για όλες τις παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν τη συμπεριφορά και τον φόρτο του δικτύου ενώ εξασφαλίζουν παράλληλα την ασφαλή επικοινωνία μεταξύ των διάφορων οντοτήτων του LoRaWAN δικτύου. Μια από τις λειτουργίες που εκτελεί ονομάζεται Adaptive Data Rate (ADR) κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου ADR με το οποίο βελτιστοποιεί την ταχύτητα με την οποία οι συσκευές στέλνουν τα δεδομένα τους. Με αυτήν την τεχνική αυξομειώνεται η χωρητικότητα του δικτύου, μιας και μπορεί να επιλεγεί και οριστεί ο ιδανικός ρυθμός δεδομένων σε σχέση με την ισχύ του σήματος για τις συσκευές. Συνεπώς, όσες συσκευές βρίσκονται κοντά σε μια πύλη, εκπέμπουν με υψηλό ρυθμό δεδομένων, επιτυγχάνοντας παράλληλα και μικρότερο χρόνο μετάδοσης άρα και χρόνο του

⁴⁵ https://lora-developers.semtech.com/uploads/documents/images/Network_server.png

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

μεταδιδόμενου πακέτου στον αέρα, με αποτέλεσμα να απασχολούν για μικρότερο χρόνο το δίκτυο. Επίσης, με την προσθήκη μιας επιπλέον πύλης που πιθανόν να επιτρέπει καλύτερα χαρακτηριστικά επικοινωνίας με κάποιες τελικές συσκευές, αναδιαμορφώνεται και όλο το δίκτυο καθώς οι συσκευές θα αναπροσαρμόσουν τον συντελεστή εξάπλωσής τους (spreading factor - SF) πιθανότατα σε μικρότερο, μειώνοντας έτσι τον χρόνο στον αέρα. Έτσι, με αυτόν τρόπο μπορεί να επιτευχθεί αύξηση της χωρητικότητας του δικτύου όπως και επέκταση της εμβέλειάς του.

Ο LNS ταυτοποιεί τις συσκευές και την ακεραιότητα των δεδομένων που αποστέλλονται χωρίς να μπορεί όμως να διαβάσει το περιεχόμενό τους το οποίο προωθεί στους διακομιστές εφαρμογών. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, πολλές πύλες μπορούν να λάβουν το ίδιο μήνυμα από μια συσκευή και ένας από τους ρόλους του διακομιστή δικτύου είναι να εκτελεί διαδικασίες εύρεσης διπλότυπων και διαγραφή τους. Από τα metadata που προσθέτουν οι πύλες, ο διακομιστής δικτύου διαβάζει το RSSI και επιλέγει την πύλη όπου σημειώθηκε το υψηλότερο RSSI για να τη χρησιμοποιήσει σε περίπτωση που προκύψει downlink μήνυμα, διότι η συγκεκριμένη πύλη βρίσκεται πιο κοντά στη συσκευή από τις υπόλοιπες.



Εικόνα 84 Διακομιστής Join στο δίκτυο LoRaWAN⁴⁶

Πριν μια συσκευή αποστείλει uplink μηνύματα, πραγματοποιείται μια άλλη διαδικασία για να εγγραφεί και να ενεργοποιηθεί στο δίκτυο η οποία ονομάζεται activation ή join. Στη διαδικασία εγγραφής μιας συσκευής στο δίκτυο συμμετέχουν οι διακομιστές δικτύου, εφαρμογής και εγγραφής. Η διαδικασία κατά την οποία μια συσκευή συνδέεται στο LoRaWAN δίκτυο ακολουθεί συγκεκριμένους κανόνες ασφαλείας έτσι ώστε να εξασφαλιστεί πως η κυκλοφορία του δικτύου δεν μπορεί να εντοπιστεί, να υποκλαπεί και να επαναληφθεί από εξωτερικούς παράγοντες και πως μόνο νόμιμες και αναγνωρίσιμες συσκευές από το δίκτυο μπορούν να συνδεθούν σε αυτό. Το LoRaWAN στις προδιαγραφές του ορίζει τα κλειδιά ασφαλείας NwkSKey, AppSKey και AppKey. Κατά τη διαδικασία join με την οποία ανταλλάσσονται join request (uplink) και join accept (downlink) μηνύματα μεταξύ των συσκευών και του διακομιστή εγγραφής, παράγονται τα NwkSKey το οποίο μοιράζεται στον διακομιστή δικτύου και AppSKey το οποίο παραμένει ιδιωτικό. Το πρότυπο Advanced Encryption Standard (AES) NwkSKey (Network Session Key) 128 bits, χρησιμοποιείται κατά την αλληλεπίδραση συσκευής και διακομιστή δικτύου επιτυγχάνοντας ασφαλής δικτυακή σύνδεση. Παράλληλα, η επικύρωση της ακεραιότητας των μηνυμάτων γίνεται μέσω του Message Integrity Code (MIC check) των ανταλλάσσόμενων πακέτων. Το πρότυπο Advanced Encryption Standard (AES) AppSKey (Application Session Key) 128 bits χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση των δεδομένων στη συσκευή και στον διακομιστή εφαρμογής αντίστοιχα, έτσι ώστε μόνο ο κάτοχος και διαχειριστής συσκευής/εφαρμογής να έχει πρόσβαση στο περιεχόμενο των μηνυμάτων που αποστέλλονται και λαμβάνονται και όχι οι ενδιάμεσοι κόμβοι (πύλες, διακομιστής δικτύου). Αυτά τα κλειδιά χρησιμοποιούνται για όσο διαρκέσει η περίοδος σύνδεσης ενώ ανάλογα τον τύπο ενεργοποίησης που θα χρησιμοποιηθεί

⁴⁶ https://lora-developers.semtech.com/uploads/documents/images/Join_server.png

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

αλλάζουν σε κάθε ενεργοποίηση (OTAA) ή παραμένουν ως έχουν μέχρι να αλλαχθούν χειροκίνητα (ABP). Τέλος, υπάρχει και το AppKey (Application Key) το οποίο είναι γνωστό μεταξύ της συσκευής και της εφαρμογής. Οι συσκευές που ενεργοποιούνται με OTAA το χρησιμοποιούν έτσι ώστε να παράξουν τα δύο κλειδιά συνεδρίας NwkSKey και AppSKey που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Για την ενεργοποίηση της συσκευής στο δίκτυο υπάρχουν δύο επιλογές, η προτεινόμενη και πιο ασφαλής Over The Air Activation (OTAA) και το Activation by Personalization (ABP) με το οποίο δεν τρέχουν οι διαδικασίες join και τα κλειδιά AppSKey και NwkSKey έχουν σταθερές τιμές. Οι λόγοι που προτιμάται η μέθοδος OTAA είναι:

- η ασφάλεια διότι η διαδικασία ενεργοποίησης είναι πιο αξιόπιστη και τα κλειδιά συνεδρίας θα ανανεώνονται με κάθε ενεργοποίηση,
- η ευελιξία αφού σε αντίθεση με το ABP η συσκευή δεν είναι δεμένη με έναν συγκεκριμένο διακομιστή δικτύου και υπάρχει η δυνατότητα να συνδεθεί σε κάποιον διαφορετικό απ' ό,τι πριν χωρίς προγραμματιστικές αλλαγές
- και η επεκτασιμότητα γιατί με την ενεργοποίηση, η συσκευή λαμβάνει από τον διακομιστή δικτύου μια λίστα με τις επιπλέον συχνότητες που μπορεί να χρησιμοποιήσει για να ανταλλάξει μηνύματα.

Over-the-Air Activation (OTAA)	Activation by Personalization (ABP)
<ul style="list-style-type: none"> • Device manufacturers autonomously generate essential provisioning parameters • Secure keys (session-long and derived) can be renewed regularly • Devices can store multiple “identities” to dynamically and securely switch networks and operators during its lifetime • High-grade, tamper-proof security options are available 	<ul style="list-style-type: none"> • A simplified (less secure) commissioning process • IDs and Keys are personalized at fabrication • Devices become immediately functional upon powering up; the Join procedure is skipped • Devices are tied to a specific network/service; the NetID is a portion of the device network address

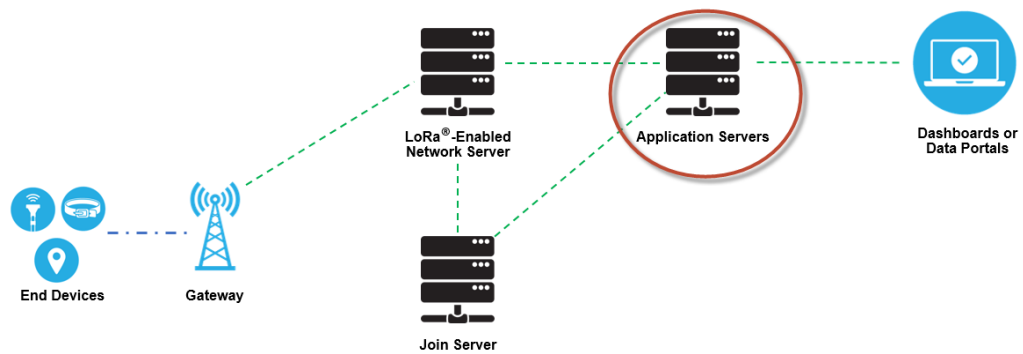
Εικόνα 85 Επιλογές ενεργοποίησης συσκευής στο δίκτυο⁴⁷

Έτσι, ο διακομιστής εγγραφής για κάθε OTAA συσκευή που διαχειρίζεται έχει τις παρακάτω πληροφορίες:

- DevEUI, μοναδικό σειριακό αναγνωριστικό συσκευής
- AppKey, Application Root key εφαρμογής
- NwkKey, Network Root key δικτύου
- Application Server identifier
- Service Profile συσκευής

⁴⁷ https://loradevelopers.semtech.com/uploads/documents/images/Activation_types.png

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).



Εικόνα 86 Διακομιστής εφαρμογής στο δίκτυο LoRaWAN⁴⁸

Οι διακομιστές εφαρμογής είναι υπεύθυνοι για τον ασφαλή χειρισμό και ερμηνεία των δεδομένων εφαρμογής που έρχονται από τις συσκευές. Επιπλέον, μπορούν να παράξουν downlink μηνύματα προς τις συσκευές.

⁴⁸ https://lora-developers.semtech.com/uploads/documents/images/Application_server_deployment.png

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Κώδικας Arduino

```

/*****
Copyright (c) 2015 Thomas Telkamp and Matthijs Kooijman
This uses OTAA (Over-the-air activation), where where a DevEUI and
application key is configured, which are used in an over-the-air
activation procedure where a DevAddr and session keys are
assigned/generated for use with all further communication.
Note: LoRaWAN per sub-band duty-cycle limitation is enforced (1% in
g1, 0.1% in g2), but not the TTN fair usage policy (which is probably
violated by this sketch when left running for longer!)
*****/

#include <lmic.h>
#include <hal/hal.h>
#include <SPI.h>
#include <dht.h>
#define dht_apin 4 // Analog Pin sensor is connected to
#define MQ_PIN          (5) //define which analog input channel you are going to use
#define RL_VALUE        (5) //define the load resistance on the board, in kilo ohms
#define RO_CLEAN_AIR_FACTOR          (9.83) //RO_CLEAR_AIR_FACTOR=(Sensor
resistance in clean air)/RO, which is derived from the chart in datasheet
#define CALIBARAION_SAMPLE_TIMES    (50) //define how many samples you are going
to take in the calibration phase
#define CALIBRATION_SAMPLE_INTERVAL (500) //define the time interal(in milisecond)
between each samples in the cablibration phase
#define READ_SAMPLE_INTERVAL        (50) //define how many samples you are going to
take in normal operation
#define READ_SAMPLE_TIMES           (5) //define the time interal(in milisecond) between
each samples in normal operation
#define GAS_LPG                    (0)
#define GAS_CO                      (1)
#define GAS_SMOKE                   (2)

// This EUI must be in little-endian format, so least-significant-byte first. When copying an EUI from
ttmct output, this means to reverse the bytes. For TTN issued EUIs the last bytes should be 0xD5,
0xB3, 0x70.
static const u1_t PROGMEM APPEUI[8] = { 0x8D, 0xF3, 0x03, 0xD0, 0x7E, 0xD5, 0xB3, 0x70 };
void os_getArtEui (u1_t* buf) {
  memcpy_P(buf, APPEUI, 8);
}

// This should also be in little endian format, see above.
static const u1_t PROGMEM DEVEUI[8] = { };
void os_getDevEui (u1_t* buf) {
  memcpy_P(buf, DEVEUI, 8);
}

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

// This key should be in big endian format (or, since it is not really a number but a block of memory, endianness does not really apply). In practice, a key taken from ttnc1 can be copied as-is. The key shown here is the semtech default key.

```
static const u1_t PROGMEM APPKEY[16] = { };
void os_getDevKey (u1_t* buf) {
  memcpy_P(buf, APPKEY, 16);
}
dht DHT;
int led_pin = 5; //LED Pin
int led_pin_pir_off = 12;
int led_pin_pir_on = 11;
int flame_pin = A4; // Flame Pin
int flame_threshold = 500;
int flame_final = 0;
//int buzzer_pin = 11; // Buzzer Pin
static osjob_t sendjob;
float LPGCurve[3] = {2.3, 0.21, -0.47}; //two points are taken from the curve.with these two
points, a line is formed which is "approximately equivalent" to the original curve. data format:{ x, y,
slope}; point1: (lg200, 0.21), point2: (lg10000, -0.59)
float COCurve[3] = {2.3, 0.72, -0.34}; //two points are taken from the curve.with these two
points, a line is formed which is "approximately equivalent" to the original curve.data format:{ x, y,
slope}; point1: (lg200, 0.72), point2: (lg10000, 0.15)
float SmokeCurve[3] = {2.3, 0.53, -0.44}; //two points are taken from the curve.with these two
points, a line is formed which is "approximately equivalent" to the original curve.data format:{ x, y,
slope}; point1: (lg200, 0.53), point2: (lg10000, -0.22)
float Ro = 10; //Ro is initialized to 10 kilo ohms

const unsigned TX_INTERVAL = 600; // Schedule TX every this many seconds (might become
longer due to duty cycle limitations).
const lmic_pinmap lmic_pins = { // Pin mapping
  .nss = 10,
  .rxtx = LMIC_UNUSED_PIN,
  .rst = 9,
  .dio = {2, 6, 7},
};
void onEvent (ev_t ev) {
  Serial.print(os_getTime());
  Serial.print(" ");
  switch (ev) {
    case EV_SCAN_TIMEOUT:
      Serial.println(F("EV_SCAN_TIMEOUT"));
      break;
    case EV_BEACON_FOUND:
      Serial.println(F("EV_BEACON_FOUND"));
```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).


```

    break;
case EV_BEACON_MISSED:
    Serial.println(F("EV_BEACON_MISSED"));
    break;
case EV_BEACON_TRACKED:
    Serial.println(F("EV_BEACON_TRACKED"));
    break;
case EV_JOINING:
    Serial.println(F("EV_JOINING"));
    break;
case EV_JOINED:
    Serial.println(F("EV_JOINED"));
    {
        u4_t netid = 0;
        devaddr_t devaddr = 0;
        u1_t nwkKey[16];
        u1_t artKey[16];
        LMIC_getSessionKeys(&netid, &devaddr, nwkKey, artKey);
        Serial.print("netid: ");
        Serial.println(netid, DEC);
        Serial.print("devaddr: ");
        Serial.println(devaddr, HEX);
        Serial.print("artKey: ");
        for (int i = 0; i < sizeof(artKey); ++i) {
            if (i != 0)
                Serial.print("-");
            Serial.print(artKey[i], HEX);
        }
        Serial.println("");
        Serial.print("nwkKey: ");
        for (int i = 0; i < sizeof(nwkKey); ++i) {
            if (i != 0)
                Serial.print("-");
            Serial.print(nwkKey[i], HEX);
        }
        Serial.println("");
    }
    // Disable link check validation (automatically enabled during join, but because slow data rates
    change max TX size, we don't use it in this example.
    LMIC_setLinkCheckMode(0);
    break;
case EV_RFU1:
    Serial.println(F("EV_RFU1"));

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

    break;
case EV_JOIN_FAILED:
    Serial.println(F("EV_JOIN_FAILED"));
    break;
case EV_REJOIN_FAILED:
    Serial.println(F("EV_REJOIN_FAILED"));
    break;
    break;
case EV_TXCOMPLETE:
    Serial.println(F("EV_TXCOMPLETE (includes waiting for RX windows)"));
    if (LMIC.txrxFlags & TXRX_ACK)
        Serial.println(F("Received ack"));
    if (LMIC.dataLen) {
        Serial.println(F("Received "));
        Serial.println(LMIC.dataLen);
        Serial.println(F(" bytes of payload"));
    }
    // Schedule next transmission
    os_setTimedCallback(&sendjob, os_getTime()+sec2osticks(TX_INTERVAL), do_send);
    break;
case EV_LOST_TSYNC:
    Serial.println(F("EV_LOST_TSYNC"));
    break;
case EV_RESET:
    Serial.println(F("EV_RESET"));
    break;
case EV_RXCOMPLETE:
    // data received in ping slot
    Serial.println(F("EV_RXCOMPLETE"));
    break;
case EV_LINK_DEAD:
    Serial.println(F("EV_LINK_DEAD"));
    break;
case EV_LINK_ALIVE:
    Serial.println(F("EV_LINK_ALIVE"));
    break;
default:
    Serial.println(F("Unknown event"));
    break;
}
}
void do_send(osjob_t* j) {
    // Check if there is not a current TX/RX job running

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλίκια με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

if (LMIC.opmode & OP_TXRXPEND) {
  Serial.println(F("OP_TXRXPEND, not sending"));
}
else {
  digitalWrite(led_pin_pir_off, LOW);
  digitalWrite(led_pin_pir_on, LOW);
  digitalWrite(led_pin, LOW);
  byte payload[7];
  DHT.read11(dht_apin);
  uint32_t humidity = DHT.humidity;
  uint32_t temperature = DHT.temperature;
  uint32_t flame = analogRead(flame_pin);
  uint32_t lpg = MQGetGasPercentage(MQRead(MQ_PIN) / Ro, GAS_LPG);
  uint32_t co = MQGetGasPercentage(MQRead(MQ_PIN) / Ro, GAS_CO);
  uint32_t smoke = MQGetGasPercentage(MQRead(MQ_PIN) / Ro, GAS_SMOKE);
  Serial.print(humidity);
  Serial.println(temperature);
  Serial.println(lpg);
  Serial.println(co);
  Serial.println(smoke);
  Serial.println(flame);
  digitalWrite(led_pin, lpg <= 100 ? HIGH : LOW);
  // if (lpg >= 0 && lpg <= 10) {
  //   Serial.println("Low LPG Level");
  // }
  // else if (lpg > 50 && lpg <= 100) {
  //   Serial.println("Medium LPG Level");
  // }
  // else {
  //   Serial.println("High LPG Level");
  // }
  // if (co >= 0 && co <= 50) {
  //   Serial.println("Low CO Level");
  // }
  // else if (co > 50 && co <= 100) {
  //   Serial.println("Medium CO Level");
  // }
  // else {
  //   Serial.println("High CO Level");
  // }
  // if (smoke >= 0 && smoke <= 50) {
  //   Serial.println("Low smoke Level");
  // }
}

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

// else if (smoke > 50 && smoke <= 100) {
//   Serial.println("Medium smoke Level");
// }
// else {
//   Serial.println("High smoke Level");
// }
if (flame <= flame_threshold) {
  //Serial.println("High Flame Detected");
  //Serial.println("Red LED on");
  digitalWrite(led_pin_pir_on, HIGH);
  digitalWrite(led_pin_pir_off, LOW);
  flame_final = 1;
}
// else if (flame == flame_threshold) {
//   //Serial.println("Low Flame Detected");
//   //Serial.println("Red LED on");
//   flame_final = 1;
// }
else {
  //Serial.println("No Flame detected");
  //Serial.println("Blue LED on");
  digitalWrite(led_pin_pir_on, LOW);
  digitalWrite(led_pin_pir_off, HIGH);
  flame_final = 0;
}
payload[0] = humidity;
payload[1] = temperature;
payload[2] = lpg;
payload[3] = co;
payload[4] = smoke;
payload[5] = flame_final;
// Prepare upstream data transmission at the next possible time.
LMIC_setTxData2(1, payload, sizeof(payload) - 1, 0);
Serial.println(F("Packet queued"));
}
// Next TX is scheduled after TX_COMPLETE event.
}

```

```

void setup() {
  delay(5000);
  pinMode(led_pin, OUTPUT); //Led at position digital 7
  //pinMode(buzzer_pin, OUTPUT); //Piezo buzzer at position digital 10
  pinMode(flame_pin, INPUT); //Flame sensor at position digital 1

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

pinMode(led_pin_pir_on, OUTPUT);
pinMode(led_pin_pir_off, OUTPUT);
Serial.begin(9600);
Serial.println(F("Starting"));
Serial.print("Calibrating...\n");
Ro = MQCalibration(MQ_PIN); //Calibrating the sensor. Please make sure the sensor
is in clean air when you perform the calibration
Serial.print("Calibration is done...\n");
#ifdef VCC_ENABLE
// For Pinoccio Scout boards
pinMode(VCC_ENABLE, OUTPUT);
digitalWrite(VCC_ENABLE, HIGH);
delay(1000);
#endif
// LMIC init.
os_init();
// Reset the MAC state. Session and pending data transfers will be discarded.
LMIC_reset();
// Disable link-check mode and ADR, because ADR tends to complicate testing.
LMIC_setLinkCheckMode(0);
// Set the data rate to Spreading Factor 7. This is the fastest supported rate for 125 kHz channels, and
it
// minimizes air time and battery power. Set the transmission power to 14 dBi (25 mW).
LMIC_setDrTxpow(DR_SF7, 14);

// Start job (sending automatically starts OTAA too)
do_send(&sendjob);
}
void loop() {
os_runloop_once();
}
float MQResistanceCalculation(int raw_adc)
{
return ( ((float)RL_VALUE * (1023 - raw_adc) / raw_adc));
}
float MQCalibration(int mq_pin)
{
int i;
float val = 0;
for (i = 0; i < CALIBARAION_SAMPLE_TIMES; i++) { //take multiple samples
val += MQResistanceCalculation(analogRead(mq_pin));
delay(CALIBRATION_SAMPLE_INTERVAL);
}
}

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

    val = val / CALIBARAION_SAMPLE_TIMES;           //calculate the average value
    val = val / RO_CLEAN_AIR_FACTOR;                //divided by RO_CLEAN_AIR_FACTOR
yields the Ro
//according to the chart in the datasheet
    return val;
}
float MQRead(int mq_pin)
{
    int i;
    float rs = 0;
    for (i = 0; i < READ_SAMPLE_TIMES; i++) {
        rs += MQResistanceCalculation(analogRead(mq_pin));
        delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
    }
    rs = rs / READ_SAMPLE_TIMES;
    return rs;
}
int MQGetGasPercentage(float rs_ro_ratio, int gas_id)
{
    if ( gas_id == GAS_LPG ) {
        return MQGetPercentage(rs_ro_ratio, LPGCurve);
    } else if ( gas_id == GAS_CO ) {
        return MQGetPercentage(rs_ro_ratio, COCurve);
    } else if ( gas_id == GAS_SMOKE ) {
        return MQGetPercentage(rs_ro_ratio, SmokeCurve);
    }
    return 0;
}
int MQGetPercentage(float rs_ro_ratio, float *pcurve)
{
    return (pow(10, ((log(rs_ro_ratio) - pcurve[1]) / pcurve[2]) + pcurve[0]]));
}

```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Κώδικας Node-RED

```
[{"id":"231c949a.fefd0c","type":"tab","label":"TTN-Backend","disabled":false,"info":""},{ "id":"f9ab77f.98a3488","type":"tab","label":"Database","disabled":false,"info":""},{ "id":"2d27bb85.61a964","type":"tab","label":"Frontend","disabled":false,"info":""},{ "id":"341ae706.65b2c8","type":"tab","label":"Dashboard","disabled":false,"info":""},{ "id":"f0dca4e3.cacb38","type":"tab","label":"Flow3","disabled":true,"info":""},{ "id":"5989cb62.434e94","type":"mqtt-broker","name":"TheThingsStack-MQTT","broker":"eu1.cloud.thethings.network","port":"8883","tls":"937e0541.99da58","clientid":"","usetls":true,"protocolVersion":"4","keepalive":"60","cleansession":true,"birthTopic":"","birthQos":0,"birthPayload":"","birthMsg":{"closeTopic":"","closeQos":0,"closePayload":"","closeMsg":{"willTopic":"","willQos":0,"willPayload":"","willMsg":{"sessionExpiry":""}},"id":"1d38fb66.9896b5","type":"sqlitedb","db":"/volume1/homes/yiota_sas/db_ttn/db_ttn.sql","mode":"RWC"},"id":"937e0541.99da58","type":"tls-config","name":"","cert":"","key":"","ca":"","certname":"","keyname":"","caname":"mqtt-ca.pem","servername":"","verifyservercert":false},{ "id":"dbd9576d.fcdf78","type":"ui_tab","name":"Πίνακας Ελέγχου","icon":"dashboard","disabled":false,"hidden":false},{ "id":"c97dfde6.4305e","type":"ui_base","theme":{"name":"theme-dark","lightTheme":{"default":"#0094CE","baseColor":"#0094CE","baseFont":"-apple-system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif"},"edited":true,"reset":false},"darkTheme":{"default":"#097479","baseColor":"#097479","baseFont":"-apple-system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif"},"edited":true,"reset":false},"customTheme":{"name":"Untitled Theme 1","default":"#4B7930","baseColor":"#4B7930","baseFont":"-apple-system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif"},"reset":false},"themeState":{"base-color":{"default":"#097479","value":"#097479","edited":false},"page-titlebar-background-color":{"value":"#097479","edited":false},"page-background-color":{"value":"#111111","edited":false},"page-sidebar-background-color":{"value":"#333333","edited":false},"group-text-color":{"value":"#0eb8c0","edited":false},"group-border-color":{"value":"#555555","edited":false},"group-background-color":{"value":"#333333","edited":false},"widget-text-color":{"value":"#eeeeee","edited":false},"widget-background-color":{"value":"#097479","edited":false},"widget-border-color":{"value":"#333333","edited":false},"base-font":{"value":"-apple-system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif"}},"angularTheme":{"primary":"indigo","accents":"blue","warn":"red","background":"grey","palette":"light"},"site":{"name":"Εφαρμογή Ασφάλειας Σπιτιού","hideToolbar":"false","allowSwipe":"false","lockMenu":"false","allowTempTheme":"false","dateFormat":"DD/MM/YYYY","sizes":{"sx":48,"sy":48,"gx":6,"gy":6,"cx":6,"cy":6,"px":0,"py":0}}},{ "id":"9e9d05fe.c8f2b8","type":"ui_group","name":"Ενδείξεις Καιρού","tab":"dbd9576d.fcdf78","order":1,"disp":true,"width":"6","collapse":false,"className":""},{ "id":"b5d86f3c.9c6a5","type":"ui_group","name":"Home","tab":"","order":1,"disp":true,"width":"6","collapse":false,"className":""},{ "id":"4679cd0c.6f3b84","type":"ui_group","name":"Default","tab":"","order":1,"disp":true,"width":"6","collapse":false,"className":""},{ "id":"d16c467e.e5d428","type":"yeelight-config"}, {"id":"960efd71.530c8","type":"ui_group","name":"Ασφάλεια Σπιτιού","tab":"dbd9576d.fcdf78","order":2,"disp":true,"width":6,"collapse":false,"className":""},{ "id":"c4ec6264.7ec66","type":"ui_group","name":"Φως","tab":"dbd9576d.fcdf78","order":3,"disp":true,"width":"6","collapse":false,"className":""},{ "id":"9297dbac.7adcc8","type":"ui_group","name":"Ζώνη Κινδύνου","tab":"dbd9576d.fcdf78","order":4,"disp":true,"width":"6","collapse":false,"className":""}
```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

},{ "id": "3d9e45e.bcd50ba", "type": "ui_group", "name": "Radial
Gauges", "tab": "", "order": 2, "disp": true, "width": "6", "collapse": false }, { "id": "aaf2913b.d4fb2", "type": "u
i_group", "name": "SDR VFO A - San Francisco Memory
Bank", "tab": "", "order": 3, "disp": true, "width": "7", "collapse": false }, { "id": "7fb7ae04.feeca", "type": "ui_
group", "name": "Reciver
Status", "tab": "", "order": 1, "disp": false, "width": "15", "collapse": false }, { "id": "b930fe7e.897db", "type": "
ui_group", "name": "picture", "tab": "250de740.57ee78", "order": 9, "disp": true, "width": "6", "collapse": fal
se }, { "id": "250de740.57ee78", "type": "ui_tab", "name": "Dashboard", "icon": "dashboard", "order": 1, "disa
bled": false, "hidden": false }, { "id": "c773d8c5.5b66e8", "type": "ui_spacer", "z": "341ae706.65b2c8", "nam
e": "spacer", "group": "9297dbac.7adcc8", "order": 2, "width": 3, "height": 1 }, { "id": "c3a414eb.640718", "ty
pe": "ui_spacer", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "spacer", "group": "9297dbac.7adcc8", "order": 3, "widt
h": 3, "height": 1 }, { "id": "ac7be951.abd258", "type": "ui_spacer", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "spacer
", "group": "9297dbac.7adcc8", "order": 4, "width": 3, "height": 1 }, { "id": "72967f01.4df0a", "type": "ui_spac
er", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "spacer", "group": "960efd71.530c8", "order": 7, "width": 1, "height":
1 }, { "id": "1a8f7ba4.9b1304", "type": "mqtt
in", "z": "231c949a.fefd0c", "name": "TheThingsStack-
MQTT", "topic": "v3/yiota-dragino-app@ttn/devices/yiota-dragino-
test/up", "qos": "1", "datatype": "json", "broker": "5989cb62.434e94", "nl": false, "rap": true, "rh": 0, "x": 140,
"y": 120, "wires": [ [ "17ee1ca3.22f0c3", "3b3fabbb.b3db94" ] ], { "id": "17ee1ca3.22f0c3", "type": "templat
e", "z": "231c949a.fefd0c", "name": "payload_new", "field": "topic", "fieldType": "msg", "format": "handle
bars", "syntax": "mustache", "template": "INSERT INTO payload_new VALUES
( { { payload.uplink_message.decoded_payload.humidity } }',
' { { payload.uplink_message.decoded_payload.temperature } }',
' { { payload.uplink_message.decoded_payload.lpg } }',
' { { payload.uplink_message.decoded_payload.co } }',
' { { payload.uplink_message.decoded_payload.smoke } }',
' { { payload.uplink_message.decoded_payload.flame } }',
' { { payload.received_at } } )", "output": "str", "x": 430, "y": 120, "wires": [ [ "201bdd1a.08e652" ] ], { "id": "79
d029af.749f68", "type": "template", "z": "231c949a.fefd0c", "name": "payload_info", "field": "topic", "field
Type": "msg", "format": "handlebars", "syntax": "mustache", "template": "INSERT INTO payload_info
VALUES
( { { payload.uplink_message.consumed_airtime } }',
' { { payload.uplink_message.settings.frequency } }',
' { { payload.uplink_message.settings.data_rate.lora.bandwidth } }',
' { { payload.uplink_message.settings.data_rate.lora.spreading_factor } }',
' { { payload.uplink_message.settings.coding_rate } }',
' { { payload.received_at } } )", "output": "str", "x": 430, "y": 80, "wires": [ [ "201bdd1a.08e652" ] ], { "id": "201
bdd1a.08e652", "type": "sqlite", "z": "231c949a.fefd0c", "mydb": "1d38fb66.9896b5", "sqlquery": "msg.topi
c", "sql": "", "name": "db", "x": 670, "y": 100, "wires": [ [ ] ], { "id": "3e08a88b.e0e428", "type": "comment", "
z": "f9ab77f.98a3488", "name": "Create
tables", "info": "", "x": 160, "y": 40, "wires": [ [ ] ], { "id": "fe6b3b.5a3174c8", "type": "comment", "z": "f9ab77f.
98a3488", "name": "Drop
tables", "info": "", "x": 170, "y": 280, "wires": [ [ ] ], { "id": "514104e1.45b88c", "type": "inject", "z": "f9ab77f.98
a3488", "name": "Create
payload", "props": [ { "p": "payload" }, { "p": "topic", "vt": "str" } ], "repeat": "", "crontab": "", "once": false, "onc
eDelay": 0.1, "topic": "CREATE TABLE payload (humidity, temperature, timestamp,
UNIQUE(timestamp))", "payload": "", "payloadType": "date", "x": 150, "y": 100, "wires": [ [ "cf1b62be.be8b
9" ] ], { "id": "cf1b62be.be8b9", "type": "sqlite", "z": "f9ab77f.98a3488", "mydb": "1d38fb66.9896b5", "sql
query": "msg.topic", "sql": "", "name": "db", "x": 510, "y": 260, "wires": [ [ ] ], { "id": "483f9950.7a89b8", "typ
e": "inject", "z": "f9ab77f.98a3488", "name": "Create
contacts", "props": [ { "p": "payload" }, { "p": "topic", "vt": "str" } ], "repeat": "", "crontab": "", "once": false, "onc
eDelay": 0.1, "topic": "CREATE TABLE contacts (name, surname, telephone,
email)", "payload": "", "payloadType": "date", "x": 160, "y": 140, "wires": [ [ "cf1b62be.be8b9" ] ], { "id": "45e
69679.bcb108", "type": "inject", "z": "f9ab77f.98a3488", "name": "Create
payload_new", "props": [ { "p": "payload" }, { "p": "topic", "vt": "str" } ], "repeat": "", "crontab": "", "once": false
, "onceDelay": 0.1, "topic": "CREATE TABLE payload_new (humidity, temperature, lpg, co, smoke,

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).


```

timestamp,
flake, UNIQUE(timestamp))", "payload": "", "payloadType": "date", "x": 150, "y": 180, "wires": [[{"cf1b62be.be8b9"}]], {"id": "20977e4.7c09682", "type": "inject", "z": "f9ab77f.98a3488", "name": "Create payload_info", "props": [{"p": "payload"}, {"p": "topic", "vt": "str"}], "repeat": "", "crontab": "", "once": false, "onceDelay": 0.1, "topic": "CREATE TABLE payload_info (airtime, frequency, bandwidth, spreading_factor, coding_rate, timestamp, UNIQUE(timestamp))", "payload": "", "payloadType": "date", "x": 150, "y": 220, "wires": [[{"cf1b62be.be8b9"}]], {"id": "c041cbee.fe2a78", "type": "inject", "z": "f9ab77f.98a3488", "name": "Drop payload", "props": [{"p": "payload"}, {"p": "topic", "vt": "str"}], "repeat": "", "crontab": "", "once": false, "onceDelay": 0.1, "topic": "DROP TABLE payload", "payload": "", "payloadType": "date", "x": 150, "y": 340, "wires": [[{"cf1b62be.be8b9"}]], {"id": "1bfb3f01.fd9291", "type": "inject", "z": "f9ab77f.98a3488", "name": "Drop contacts", "props": [{"p": "payload"}, {"p": "topic", "vt": "str"}], "repeat": "", "crontab": "", "once": false, "onceDelay": 0.1, "topic": "DROP TABLE contacts", "payload": "", "payloadType": "date", "x": 160, "y": 380, "wires": [[{"cf1b62be.be8b9"}]], {"id": "54e3c31f.5dd08c", "type": "inject", "z": "f9ab77f.98a3488", "name": "Drop payload_new", "props": [{"p": "payload"}, {"p": "topic", "vt": "str"}], "repeat": "", "crontab": "", "once": false, "onceDelay": 0.1, "topic": "DROP TABLE payload_new", "payload": "", "payloadType": "date", "x": 160, "y": 420, "wires": [[{"cf1b62be.be8b9"}]], {"id": "2efde9c.eb1a516", "type": "inject", "z": "f9ab77f.98a3488", "name": "Drop payload_info", "props": [{"p": "payload"}, {"p": "topic", "vt": "str"}], "repeat": "", "crontab": "", "once": false, "onceDelay": 0.1, "topic": "DROP TABLE payload_info", "payload": "", "payloadType": "date", "x": 160, "y": 460, "wires": [[{"cf1b62be.be8b9"}]], {"id": "5d3110e1.d16e9", "type": "mqtt in", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "TheThingsStack-MQTT", "topic": "#", "qos": "1", "datatype": "json", "broker": "5989cb62.434e94", "nl": false, "rap": true, "rh": "0", "x": 120, "y": 100, "wires": [[]], {"id": "1e178dc1.e799e2", "type": "http in", "z": "2d27bb85.61a964", "name": "", "url": "/monitor/payload_info", "method": "get", "upload": false, "swaggerDoc": "", "x": 160, "y": 80, "wires": [{"dc3abb35.3bdbc8"}]}, {"id": "dc3abb35.3bdbc8", "type": "sqlite", "z": "2d27bb85.61a964", "mydb": "1d38fb66.9896b5", "sqlquery": "fixed", "sql": "SELECT rowid, * FROM payload_info ORDER BY timestamp DESC LIMIT 30;", "name": "db", "x": 390, "y": 80, "wires": [{"aed12bd3.d764b8"}]}, {"id": "aed12bd3.d764b8", "type": "template", "z": "2d27bb85.61a964", "name": "", "field": "payload", "fieldType": "msg", "format": "handlebars", "syntax": "mustache", "template": "<!DOCTYPE html>\n<html style='font-size: 16px;'>\n<head>\n  <meta name='viewport' content='width=device-width, initial-scale=1.0'>\n  <meta charset='utf-8'>\n  <meta name='keywords' content='\"Ασφάλεια Σπιτιού για ηλικιωμένους\">\n  <meta name='description' content='\"\">\n  <meta name='page_type' content='\"np-template-header-footer-from-plugin\">\n  <title>Ιστορικότητα</title>\n  <link rel='\"stylesheet\" href='\"nicepage.css\" media='\"screen\">\n  <link rel='\"stylesheet\" href='\"Ιστορικότητα.css\" media='\"screen\">\n  <script class='\"u-script\" type='\"text/javascript\" src='\"jquery.js\" defer='\"\"></script>\n  <script class='\"u-script\" type='\"text/javascript\" src='\"nicepage.js\" defer='\"\"></script>\n  <meta name='\"generator\" content='\"Nicepage 4.2.6, nicepage.com\">\n  <link id='\"u-theme-google-font\" rel='\"stylesheet\" href='\"https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:100,100i,300,300i,400,400i,500,500i,700,700i,900,900i|Open+Sans:300,300i,400,400i,600,600i,700,700i,800,800i\">\n  <script type='\"application/ld+json\">{\n    \"@context\": \"http://schema.org\", \n    \"@type\": \"Organization\", \n    \"name\": \"\"</script>\n  <meta name='\"theme-color\" content='\"#4d6eaa\">\n  <meta property='\"og:title\" content='\"Ιστορικότητα\">\n  <meta property='\"og:type\" content='\"website\">\n</head>\n<body class='\"u-body\"><header class='\"u-clearfix u-grey-75 u-header u-sticky u-header\" id='\"sec-cf1f\"><div class='\"u-clearfix u-sheet u-sheet-1\">\n  <nav class='\"u-menu u-menu-dropdown u-offcanvas u-menu-1\">\n    <div class='\"menu-collapse\" style='\"font-size: 1rem; letter-spacing: 0px; font-weight: 700;\">\n      <a class='\"u-button-style u-custom-left-right-menu-spacing u-custom-padding-bottom u-custom-top-bottom-menu-spacing u-nav-link u-text-active-palette-1-base u-text-hover-palette-2-base\" href='\"#\">\n        <svg viewBox='\"0 0 24 24\"><use

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xlink:href="#"menu-hamburger"></use></svg>\n
<svg version="1.1" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"><defs><symbol id="menu-hamburger"
viewBox="0 0 16 16" style="width: 16px; height: 16px;"><rect y="1" width="16"
height="2"></rect><rect y="7" width="16" height="2"></rect><rect y="13" width="16"
height="2"></rect></symbol>\n</defs></svg>\n </a>\n </div>\n <div
class="u-custom-menu u-nav-container">\n <ul class="u-nav u-unstyled u-nav-1"><li
class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link u-text-active-palette-1-base u-text-hover-
palette-2-base" href="http://192.168.1.17:1880/home" style="padding: 10px 20px;">Αρχική
Σελίδα</a>\n</li><li class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link u-text-active-palette-
1-base u-text-hover-palette-2-base" href="http://192.168.1.17:1880/ui" style="padding: 10px
20px;">Πίνακας Ελέγχου</a>\n</li><li class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link u-
text-active-palette-1-base u-text-hover-palette-2-base" style="padding: 10px
20px;">Ιστορικότητα</a><div class="u-nav-popup"><ul class="u-h-spacing-20 u-nav u-unstyled
u-v-spacing-10 u-nav-2"><li class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link u-white"
href="http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_new" >Δεδομένα Αισθητήρων</a>\n</li><li
class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link u-white"
href="http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_info" >Δεδομένα
χαρακτηριστικών</a>\n</li></ul>\n</div>\n</li><li class="u-nav-item"><a class="u-button-style
u-nav-link u-text-active-palette-1-base u-text-hover-palette-2-base"
href="http://192.168.1.17:1880/monitor/contacts" style="padding: 10px
20px;">Επαφές</a>\n</li><li class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link u-text-
active-palette-1-base u-text-hover-palette-2-base" href="About.html" style="padding: 10px
20px;">About</a>\n</li></ul>\n </div>\n <div class="u-custom-menu u-nav-container-
collapse">\n <div class="u-black u-container-style u-inner-container-layout u-opacity u-
opacity-95 u-sidenav">\n <div class="u-inner-container-layout u-sidenav-overflow">\n
<div class="u-menu-close"></div>\n <ul class="u-align-center u-nav u-popupmenu-items
u-unstyled u-nav-3"><li class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link"
href="http://192.168.1.17:1880/home" style="padding: 10px 20px;">Αρχική Σελίδα</a>\n</li><li
class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link" href="http://192.168.1.17:1880/ui"
style="padding: 10px 20px;">Πίνακας Ελέγχου</a>\n</li><li class="u-nav-item"><a class="u-
button-style u-nav-link" href="http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_new" style="padding:
10px 20px;">Ιστορικότητα</a><div class="u-nav-popup"><ul class="u-h-spacing-20 u-nav u-
unstyled u-v-spacing-10 u-nav-4"><li class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link"
href="http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_new" >Δεδομένα Αισθητήρων</a>\n</li><li
class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link"
href="http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_info" >Δεδομένα
χαρακτηριστικών</a>\n</li></ul>\n</div>\n</li><li class="u-nav-item"><a class="u-button-style
u-nav-link" href="http://192.168.1.17:1880/monitor/contacts" style="padding: 10px
20px;">Επαφές</a>\n</li><li class="u-nav-item"><a class="u-button-style u-nav-link"
href="http://192.168.1.17:1880/about" style="padding: 10px 20px;">About</a>\n</li></ul>\n
</div>\n </div>\n <div class="u-black u-menu-overlay u-opacity u-opacity-
70"></div>\n </div>\n </nav>\n </div></header>\n <section class="u-clearfix u-
section-1" id="sec-3037">\n <div class="u-clearfix u-sheet u-sheet-1">\n<table class="table
table-striped table-hover ">\n <thead>\n <tr>\n <th>#</th>\n <th>Airtime</th>\n
<th>Frequency</th>\n <th>Bandwidth</th>\n <th>Spreading Factor</th>\n <th>Coding
Rate</th>\n <th>Timestamp</th>\n </tr>\n </thead>\n <tbody>\n {{#payload}}\n <tr>\n
<td>{{ rowid }}</td>\n <td>{{ airtime }}</td>\n <td>{{ frequency }}</td>\n
<td>{{ bandwidth }}</td>\n <td>{{ spreading_factor }}</td>\n <td>{{ coding_rate }}</td>\n
<td>{{ timestamp }}</td>\n </tr>\n {{/payload}}\n </tbody>\n</table>\n</div>\n <footer
class="u-align-center u-clearfix u-footer u-grey-75 u-footer" id="sec-c7b6"><div class="u-clearfix
u-sheet u-sheet-1">\n <p class="u-small-text u-text u-text-variant u-text-1">Η εφαρμογή
υλοποιήθηκε για τις ανάγκες πτυχιακής εργασίας του MSc Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις,
IoT και Προηγμένες Ψηφιακές Τεχνολογίες Πανεπιστημίου Πειραιά</p>\n </div></footer>\n

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

</body>\n","output":"str","x":540,"y":80,"wires":[["5c8acf37.19d76"]]],{"id":"9736118f.39c53","type":
"e":"http
in","z":"2d27bb85.61a964","name":"","url":"/monitor/payload_new","method":"get","upload":false,"swag
gerDoc":"","x":170,"y":120,"wires":[["8a17cd7d.e685"]]],{"id":"33d5ef84.416b1","type":"http
in","z":"2d27bb85.61a964","name":"","url":"/monitor/contacts","method":"get","upload":false,"swag
gerDoc":"","x":160,"y":160,"wires":[["d6ed43c4.d712"]]],{"id":"8a17cd7d.e685","type":"sqlite","z":
"2d27bb85.61a964","mydb":"1d38fb66.9896b5","sqlquery":"fixed","sql":"SELECT rowid, * FROM
payload_new ORDER BY timestamp DESC LIMIT
30","name":"db","x":390,"y":120,"wires":[["657be147.0173d"]]],{"id":"d6ed43c4.d712","type":"sqli
te","z":"2d27bb85.61a964","mydb":"1d38fb66.9896b5","sqlquery":"fixed","sql":"SELECT rowid, *
FROM
contacts","name":"db","x":390,"y":160,"wires":[["8d4d1f38.80f26"]]],{"id":"657be147.0173d","type
":"template","z":"2d27bb85.61a964","name":"","field":"payload","fieldType":"msg","format":"handle
bars","syntax":"mustache","template":"<!DOCTYPE html>\n<html>\n <head>\n <link
rel=\"stylesheet\" href=\"//cdn.jsdelivr.net/npm/bootswatch@4.5.2/dist/sandstone/bootstrap.min.css\"
integrity=\"sha384-
zEpdAL7W11eTKeOBJK1g79kg19qjP7g84KfK3AZsuonx38n8ad+f5ZgXtoSDxPOh\"
crossorigin=\"anonymous\">\n </head>\n<body>\n<n<h1>The Things Stack - Home Safety for
Elderly Application</h1>\n<div class=\"container\">\n<table class=\"table table-striped table-hover
\">\n <thead>\n <tr>\n <th>#</th>\n <th>Humidity</th>\n <th>Temperature</th>\n
<th>LPG</th>\n <th>CO</th>\n <th>Smoke</th>\n <th>Flame</th>\n
<th>Motion</th>\n <th>Timestamp</th>\n </tr>\n </thead>\n <tbody>\n {{#payload}}\n
<tr>\n <td>{{rowid}}</td>\n <td>{{humidity}}</td>\n <td>{{temperature}}</td>\n
<td>{{lpg}}</td>\n <td>{{co}}</td>\n <td>{{smoke}}</td>\n <td>{{flame}}</td>\n
<td>{{motion}}</td>\n <td>{{timestamp}}</td>\n </tr>\n {{/payload}}\n
</tbody>\n</table>\n</div>\n</body>\n</html>\n","output":"str","x":540,"y":120,"wires":[["757465
1d.94089c"]]],{"id":"8d4d1f38.80f26","type":"template","z":"2d27bb85.61a964","name":"","field":"
payload","fieldType":"msg","format":"handlebars","syntax":"mustache","template":"<!DOCTYPE
html>\n<html>\n <head>\n
href=\"//cdn.jsdelivr.net/npm/bootswatch@4.5.2/dist/sandstone/bootstrap.min.css\"
integrity=\"sha384-
zEpdAL7W11eTKeOBJK1g79kg19qjP7g84KfK3AZsuonx38n8ad+f5ZgXtoSDxPOh\"
crossorigin=\"anonymous\">\n </head>\n<body>\n<n<h1>The Things Stack - Home Safety for
Elderly Application</h1>\n<div class=\"container\">\n<table class=\"table table-striped table-hover
\">\n <thead>\n <tr>\n <th>#</th>\n <th>Name</th>\n <th>Surname</th>\n
<th>Email</th>\n <th>Phone</th>\n <th></th>\n </tr>\n </thead>\n <tbody>\n
{{#payload}}\n <tr>\n <td>{{rowid}}</td>\n <td>{{surname}}</td>\n <td>{{telephone}}</td>\n
<td>{{email}}</td>\n <td><a
href=\"/monitor/contacts/delete/{{rowid}}\" class=\"btn btn-danger\">Delete</a></td>\n
</tr>\n {{/payload}}\n </tbody>\n</table>\n<form method=\"POST\" action=\"/monitor/contacts\">\n
<label for=\"name\">Name</label>\n <input type=\"text\" class=\"form-control\" id=\"name\"
name=\"name\">\n <label for=\"surname\">Surname</label>\n <input type=\"text\"
class=\"form-control\" id=\"surname\" name=\"surname\">\n <label
for=\"telephone\">Telephone</label>\n <input type=\"text\" class=\"form-control\"
id=\"telephone\" name=\"telephone\">\n <label for=\"email\" >E-mail</label>\n <input
type=\"email\" class=\"form-control\" placeholder=\"Email\" id=\"email\" name=\"email\">\n
<button type=\"submit\" class=\"btn btn-
primary\">Add</button>\n</form>\n</div>\n</body>\n</html>\n","output":"str","x":540,"y":160,"w
ires":[["331d53a6.50651c"]]],{"id":"5c8acf37.19d76","type":"http
response","z":"2d27bb85.61a964","name":"","statusCode":"","headers":{"x":690,"y":80,"wires":[]},
{"id":"7574651d.94089c","type":"http
response","z":"2d27bb85.61a964","name":"","statusCode":"","headers":{"x":690,"y":120,"wires":[]
}},{ "id":"331d53a6.50651c","type":"http
response","z":"2d27bb85.61a964","name":"","statusCode":"","headers":{"x":690,"y":160,"wires":[]
}

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

}, {"id": "4c7fcc72.f60b24", "type": "mqtt", "in": true, "z": "341ae706.65b2c8", "name": "TheThingsStack-MQTT", "topic": "v3/yiota-dragino-app@ttn/devices/yiota-dragino-test/up", "qos": "1", "datatype": "json", "broker": "5989cb62.434e94", "nl": false, "rap": true, "rh": 0, "x": 120, "y": 240, "wires": [{"id": "eb19ab2e.a68aa8", "bd33cae.c4c6138", "6598dda7.9dd334", "dec1ff3a.7c429", "21043535.99902a", "c3903a20.1e45c8"}]}, {"id": "3b3fabbf.b3db94", "type": "template", "z": "231c949a.fefd0c", "name": "payload_info", "field": "topic", "fieldType": "msg", "format": "handlebars", "syntax": "mustache", "template": "INSERT INTO payload_info VALUES ({{payload.uplink_message.consumed_airtime}}, {{payload.uplink_message.settings.frequency}}, {{payload.uplink_message.settings.data_rate.lora.bandwidth}}, {{payload.uplink_message.settings.data_rate.lora.spreading_factor}})", "outputs": [{"x": 380, "y": 120, "wires": [{"id": "eb19ab2e.a68aa8", "type": "function", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "func": "if (msg.payload.uplink_message.decoded_payload.humidity !== null && msg.payload.uplink_message.decoded_payload.humidity !== 0) {\n    msg.payload = msg.payload.uplink_message.decoded_payload.humidity;\n    return msg;\n}\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "initialize": "", "finalize": "", "libs": [], "x": 380, "y": 120, "wires": [{"id": "b1e8612f.ed6da", "type": "ui_gauge", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "group": "9e9d05fe.c8f2b8", "order": 1, "width": 0, "height": 0, "gtype": "gage", "title": "Υγρασία στον χώρο", "label": "", "format": "{{value}} %", "min": 0, "max": 100, "colors": ["#0055ff", "#64bce8", "#a6e3f2"], "seg1": "33", "seg2": "66", "className": "", "x": 610, "y": 100, "wires": [{"id": "bd33cae.c4c6138", "type": "function", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "func": "if (msg.payload.uplink_message.decoded_payload.temperature !== null && msg.payload.uplink_message.decoded_payload.temperature !== 0) {\n    //m = msg.payload;\n    //var output = {\n        labels: [\"Θερμοκρασία\"],\n        data: [msg.payload.uplink_message.decoded_payload.temperature];\n    }\n    //return {payload: [output]};\n    msg.topic = \"Θερμοκρασία\";\n    msg.payload = msg.payload.uplink_message.decoded_payload.temperature;\n    return msg;\n}\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "initialize": "", "finalize": "", "libs": [], "x": 380, "y": 180, "wires": [{"id": "bcb4304.18bd7d", "type": "ui_chart", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "group": "9e9d05fe.c8f2b8", "order": 2, "width": 0, "height": 0, "label": "Θερμοκρασία στον χώρο", "chartType": "line", "legend": "false", "xformat": "HH:mm:ss", "interpolate": "linear", "nodata": "", "dot": true, "ymin": 20, "ymax": 40, "removeOlder": 1, "removeOlderPoints": "", "removeOlderUnit": "86400", "cutout": 0, "useOneColor": false, "useUTC": false, "colors": ["#1f77b4", "#aec7e8", "#ff7f0e", "#2ca02c", "#98df8a", "#d62728", "#ff9896", "#9467bd", "#c5b0d5"], "outputs": 1, "useDifferentColor": false, "className": "", "x": 600, "y": 180, "wires": [{"id": "6598dda7.9dd334", "type": "function", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "func": "if (msg.payload.uplink_message.decoded_payload.lpg !== null) {\n    msg.payload = msg.payload.uplink_message.decoded_payload.lpg;\n    return msg;\n}\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "initialize": "", "finalize": "", "libs": [], "x": 380, "y": 220, "wires": [{"id": "dec1ff3a.7c429", "type": "function", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "func": "if (msg.payload.uplink_message.decoded_payload.co !== null) {\n    msg.payload = msg.payload.uplink_message.decoded_payload.co;\n    return msg;\n}\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "initialize": "", "finalize": "", "libs": [], "x": 380, "y": 260, "wires": [{"id": "dcfaea9c.3b7e8", "type": "function", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "func": "if (msg.payload.uplink_message.decoded_payload.smoke !== null) {\n    msg.payload = msg.payload.uplink_message.decoded_payload.smoke;\n    return msg;\n}\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "initialize": "", "finalize": "", "libs": [], "x": 380, "y": 300, "wires": [{"id": "acac67db.b1f578", "type": "function", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "func": "if (msg.payload.uplink_message.decoded_payload.flame !== null) {\n    msg.payload = msg.payload.uplink_message.decoded_payload.flame;\n    return msg;\n}\n", "outputs": 1, "noerr": 0, "initialize": "", "finalize": "", "libs": [], "x": 380, "y": 380, "wires": [{"id": "f5378404.5bfae8", "bf36d849.afb958"}]}, {"id": "eca7ca41.2d2ed8", "type": "ui_button", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "group": "9297dbac.7adcc8", "order": 1, "width": 3, "height": 3, "passthru": false, "label": "ΚΟΥΜ ΠΙ"}

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).

```

ΠΑΝΙΚΟΥ", "tooltip": "", "color": "", "bgcolor": "red", "className": "", "icon": "warning", "payload": "", "p
ayloadType": "str", "topic": "topic", "topicType": "msg", "x": 270, "y": 500, "wires": [{"de7e7bc4.c9d868"}]
}, {"id": "22962844.8f1318", "type": "ui_text", "z": "341ae706.65b2c8", "group": "960efd71.530c8", "order
": 1, "width": 0, "height": 0, "name": "", "label": "Υγραέριο", "format": "{{value}}", "layout": "row-
spread", "className": "", "x": 560, "y": 220, "wires": [], {"id": "dcfaea9c.c3b7e8", "type": "ui_text", "z": "34
1ae706.65b2c8", "group": "960efd71.530c8", "order": 2, "width": 0, "height": 0, "name": "", "label": "Μονοξ
είδιο του Ανθρακιά", "format": "{{value}}", "layout": "row-
spread", "className": "", "x": 610, "y": 260, "wires": [], {"id": "acac67db.b1f578", "type": "ui_text", "z": "34
1ae706.65b2c8", "group": "960efd71.530c8", "order": 3, "width": 0, "height": 0, "name": "", "label": "Καπνός
", "format": "{{value}}", "layout": "row-
spread", "className": "", "x": 560, "y": 300, "wires": [], {"id": "f5378404.5bfae8", "type": "ui_gauge", "z": "
341ae706.65b2c8", "name": "", "group": "960efd71.530c8", "order": 4, "width": 0, "height": 0, "gtype": "gage
", "title": "Ανιχνευτής Φλόγας", "label": "", "format": "OXI
NAI", "min": 0, "max": 1, "colors": [{"#ffffff", "#fa0000", "#fa0000"}], "seg1": "0,00001", "seg2": "", "classN
ame": "", "x": 590, "y": 380, "wires": [], {"id": "619f956a.a77dec", "type": "yeelight", "z": "341ae706.65b2c
8", "name": "", "command": "set_power", "config": "d16c467e.e5d428", "x": 890, "y": 580, "wires": [{}], {"i
d": "e43b6086.a159c", "type": "ui_switch", "z": "341ae706.65b2c8", "name": "", "label": "Αναψε/Σβήσε
φος", "tooltip": "", "group": "c4ec6264.7ec66", "order": 3, "width": 0, "height": 0, "passthru": true, "decouple
": "false", "topic": "payload", "topicType": "msg", "style": "", "onvalue": "1", "onvalueType": "num", "onicon
": "", "oncolor": "", "offvalue": "0", "offvalueType": "num", "officon": "", "offcolor": "", "animate": false, "clas
sName": "", "x": 650, "y": 600, "wires": [{"619f956a.a77dec", "2b665912.f4a216"}], {"id": "e04b4115.173
72", "type": "http
in", "z": "2d27bb85.61a964", "name": "", "url": "/home", "method": "get", "upload": false, "swaggerDoc": "",
"x": 210, "y": 40, "wires": [{"9e82f58d.f0c868"}], {"id": "9e82f58d.f0c868", "type": "template", "z": "2d27
bb85.61a964", "name": "", "field": "payload", "fieldType": "msg", "format": "handlebars", "syntax": "musta
che", "template": "<!DOCTYPE html>\n<html style=\"font-size: 16px;\">\n <head>\n <meta
name=\"viewport\" content=\"width=device-width, initial-scale=1.0\">\n <meta charset=\"utf-8\">\n
<meta name=\"keywords\" content=\"Ασφάλεια Σπιτιού για ηλικιωμένους\">\n <meta
name=\"description\" content=\"\">\n <meta name=\"page_type\" content=\"np-template-header-
footer-from-plugin\">\n <title>Αρχική Σελίδα</title>\n <link rel=\"stylesheet\"
href=\"nicepage.css\" media=\"screen\">\n<link rel=\"stylesheet\" href=\"Αρχική-Σελίδα.css\"
media=\"screen\">\n <script class=\"u-script\" type=\"text/javascript\" src=\"jquery.js\"
defer=\"\"></script>\n <script class=\"u-script\" type=\"text/javascript\" src=\"nicepage.js\"
defer=\"\"></script>\n <meta name=\"generator\" content=\"Nicepage 4.2.6, nicepage.com\">\n
<link id=\"u-theme-google-font\" rel=\"stylesheet\"
href=\"https://fonts.googleapis.com/css?family=Roboto:100,100i,300,300i,400,400i,500,500i,700,700
i,900,900i|Open+Sans:300,300i,400,400i,600,600i,700,700i,800,800i\">\n\n <script
type=\"application/ld+json\">{\n |@context\": \"http://schema.org\",\n |@type\":
\"Organization\",\n |name\": \"\"</script>\n <meta name=\"theme-color\"
content=\"#4d6eaa\">\n <meta property=\"og:title\" content=\"Αρχική Σελίδα\">\n <meta
property=\"og:type\" content=\"website\">\n </head>\n <body class=\"u-body u-stick-
footer\"><header class=\"u-clearfix u-grey-75 u-header u-sticky u-header\" id=\"sec-cf1f\"><div
class=\"u-clearfix u-sheet u-sheet-1\">\n <nav class=\"u-menu u-menu-dropdown u-offcanvas u-
menu-1\">\n <div class=\"menu-collapse\" style=\"font-size: 1rem; letter-spacing: 0px; font-
weight: 700;\">\n <a class=\"u-button-style u-custom-left-right-menu-spacing u-custom-
padding-bottom u-custom-top-bottom-menu-spacing u-nav-link u-text-active-palette-1-base u-text-
hover-palette-2-base\" href=\"#\">\n <svg viewBox=\"0 0 24 24\"><use
xmlns:xlink=\"http://www.w3.org/1999/xlink\" xlink:href=\"#menu-hamburger\"></use></svg>\n
<svg version=\"1.1\" xmlns=\"http://www.w3.org/2000/svg\"
xmlns:xlink=\"http://www.w3.org/1999/xlink\"><defs><symbol id=\"menu-hamburger\"
viewBox=\"0 0 16 16\" style=\"width: 16px; height: 16px;\"><rect y=\"1\" width=\"16\"
height=\"2\"></rect><rect y=\"7\" width=\"16\" height=\"2\"></rect><rect y=\"13\" width=\"16\"
height=\"2\"></rect></symbol></defs></svg>\n </a>\n </div>\n <div
class=\"u-custom-menu u-nav-container\">\n <ul class=\"u-nav u-unstyled u-nav-1\"><li

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).


```

\Organization\", \n
\name\": \|\n\</script>\n <meta name=\"theme-color\"
content=\"#4d6eaa\">\n <meta property=\"og:title\" content=\"About\">\n <meta
property=\"og:type\" content=\"website\">\n </head>\n <body class=\"u-body\"><header class=\"u-
clearfix u-grey-75 u-header u-sticky u-header\" id=\"sec-cf1f\"><div class=\"u-clearfix u-sheet u-
sheet-1\">\n <nav class=\"u-menu u-menu-dropdown u-offcanvas u-menu-1\">\n <div
class=\"menu-collapse\" style=\"font-size: 1rem; letter-spacing: 0px; font-weight: 700;\">\n <a
class=\"u-button-style u-custom-left-right-menu-spacing u-custom-padding-bottom u-custom-top-
bottom-menu-spacing u-nav-link u-text-active-palette-1-base u-text-hover-palette-2-base\"
href=\"#\">\n <svg viewBox=\"0 0 24 24\"><use
xmlns:xlink=\"http://www.w3.org/1999/xlink\" xlink:href=\"#menu-hamburger\"></use></svg>\n
<svg version=\"1.1\" xmlns=\"http://www.w3.org/2000/svg\"
xmlns:xlink=\"http://www.w3.org/1999/xlink\"><defs><symbol id=\"menu-hamburger\"
viewBox=\"0 0 16 16\" style=\"width: 16px; height: 16px;\"><rect y=\"1\" width=\"16\"
height=\"2\"></rect><rect y=\"7\" width=\"16\" height=\"2\"></rect><rect y=\"13\" width=\"16\"
height=\"2\"></rect></symbol></defs></svg>\n </a>\n </div>\n <div
class=\"u-custom-menu u-nav-container\">\n <ul class=\"u-nav u-unstyled u-nav-1\"><li
class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link u-text-active-palette-1-base u-text-hover-
palette-2-base\" href=\"http://192.168.1.17:1880/home\" style=\"padding: 10px 20px;\">Αρχική
Σελίδα</a>\n</li><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link u-text-active-palette-
1-base u-text-hover-palette-2-base\" href=\"http://192.168.1.17:1880/ui\" style=\"padding: 10px
20px;\">Πίνακας Ελέγχου</a>\n</li><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link u-
text-active-palette-1-base u-text-hover-palette-2-base\" href=\"http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_new\"
style=\"padding: 10px 20px;\">Ιστορικότητα</a></li><div class=\"u-nav-popup\"><ul class=\"u-h-spacing-20 u-nav u-unstyled
u-v-spacing-10 u-nav-2\"><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link u-white\"
href=\"http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_new\">Δεδομένα Αισθητήρων</a>\n</li><li
class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link u-white\" href=\"http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_info\">Δεδομένα
χαρακτηριστικών</a>\n</li></ul>\n</div>\n</li><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style
u-nav-link u-text-active-palette-1-base u-text-hover-palette-2-base\" href=\"http://192.168.1.17:1880/monitor/contacts\"
style=\"padding: 10px 20px;\">Επαφές</a>\n</li><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link u-text-
active-palette-1-base u-text-hover-palette-2-base\" href=\"http://192.168.1.17:1880/about\"
style=\"padding: 10px 20px;\">About</a>\n</li></ul>\n </div>\n <div class=\"u-custom-
menu u-nav-container-collapse\">\n <div class=\"u-black u-container-style u-inner-container-
layout u-opacity u-opacity-95 u-sidenav\">\n <div class=\"u-inner-container-layout u-
sidenav-overflow\">\n <div class=\"u-menu-close\"></div>\n <ul class=\"u-align-
center u-nav u-popupmenu-items u-unstyled u-nav-3\"><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-
style u-nav-link\" href=\"http://192.168.1.17:1880/home\" style=\"padding: 10px 20px;\">Αρχική
Σελίδα</a>\n</li><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link\"
href=\"http://192.168.1.17:1880/ui\" style=\"padding: 10px 20px;\">Πίνακας Ελέγχου</a>\n</li><li
class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link\" href=\"http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_new\"
style=\"padding: 10px 20px;\">Ιστορικότητα</a></li><div class=\"u-nav-popup\"><ul class=\"u-h-spacing-20 u-nav u-unstyled
u-v-spacing-10 u-nav-4\"><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link\"
href=\"http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_new\">Δεδομένα Αισθητήρων</a>\n</li><li
class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link\" href=\"http://192.168.1.17:1880/monitor/payload_info\">Δεδομένα
χαρακτηριστικών</a>\n</li></ul>\n</div>\n</li><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style
u-nav-link\" href=\"http://192.168.1.17:1880/monitor/contacts\" style=\"padding: 10px
20px;\">Επαφές</a>\n</li><li class=\"u-nav-item\"><a class=\"u-button-style u-nav-link\"
href=\"http://192.168.1.17:1880/about\" style=\"padding: 10px 20px;\">About</a>\n</li></ul>\n
</div>\n </div>\n <div class=\"u-black u-menu-overlay u-opacity u-opacity-
70\"></div>\n </div>\n </nav>\n </div></header>\n <section class=\"u-clearfix u-

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).


```

1;,"name":"db","x":450,"y":540,"wires":[["742104e3.30277c"]],{"id":"742104e3.30277c","type":"c
hange","z":"341ae706.65b2c8","name":"","rules":[{"t":"set","p":"payload","pt":"msg","to":"payload[
0].name","tot":"msg"}],"action":"","property":"","from":"","to":"","reg":false,"x":610,"y":540,"wires"
:[["544cfe27.0435e"]],{"id":"544cfe27.0435e","type":"template","z":"341ae706.65b2c8","name":"","
'field':"payload","fieldType":"msg","format":"handlebars","syntax":"mustache","template":"Οι
επαφές
      σας
      θα
      ειδοποιηθούν:
      {{payload}}
!","output":"str","x":780,"y":540,"wires":[["2b5fcf5c.22886"]],{"id":"2b5fcf5c.22886","type":"ui_to
ast","z":"341ae706.65b2c8","position":"dialog","displayTime":"3","highlight":"","sendall":true,"outp
uts":1,"ok":"OK","cancel":"Cancel","raw":false,"className":"","topic":"Ειδοποίηση","name":"","x":
940,"y":540,"wires":[[]],{"id":"de7e7bc4.c9d868","type":"function","z":"341ae706.65b2c8","name":
":"","func":"msg.event = \"button_pressed\";\nmsg.payload = {\\"Value1\": \\"testValue\", \\"value2\":
\"testVae2\"};\nreturn
msg;","outputs":1,"noerr":0,"initialize":"","finalize":"","libs":[],"x":450,"y":480,"wires":[["4426a004.
92827","70be88b3.d72d78"]],{"id":"449f3042.fc01b","type":"ui_text","z":"341ae706.65b2c8","grou
p":"c4ec6264.7ec66","order":2,"width":0,"height":0,"name":"","label":"","format":"<i>Σύρτε
δεξιά
για να ανάψει το φως! <br> Σύρτε αριστερά για να σβήσει!</i>","layout":"row-
spread","className":"","x":690,"y":640,"wires":[]]

```

Έρευνα και υλοποίηση μιας εφαρμογής οικιακής ασφάλειας βασισμένης στο Διαδίκτυο των πραγμάτων για την τρίτη ηλικία με κατασκευή LoRa node για την αποστολή δεδομένων μέσω του ανοιχτού LoRaWAN δικτύου The Things Network (TTN).