



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

**Φοιτητής: Αλέξανδρος Καρυστινός
ΑΜ: 45081**

Επιβλέπων Καθηγητής

**Παπαγέωργας Παναγιώτης
Καθηγητής**

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2021

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο



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

Diploma Thesis

Flood early warning systems

Student: Alexandros Karystinos
Registration Number: 45081

Supervisor

Papageorgas Panagiotis
Professor

ATHENS-EGALEO, JUNE 2021

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

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

Παπαγέωργας Παναγιώτης, Καθηγητής	Ραγκούση Μαρία, Καθηγήτρια	Βόκας Γεώργιος, Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Αλέξανδρος Καρυστινός του Νικολάου, με αριθμό μητρώου 45081 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Ο Δηλών
Αλέξανδρος Καρυστινός



Υπογραφή φοιτητή

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική, θα πραγματοποιηθεί μια βιβλιογραφική αναζήτηση των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης ξαφνικής πλημμύρας (Flood Early warning system - FEWS) σε συνθήκες πραγματικού χρόνου (real time) προτείνοντας μια open source υλοποίηση που θα ταιριάζει σε τέτοιου είδους συστήματα. Πιο συγκεκριμένα, θα υλοποιηθεί ένας σταθμός παρατήρησης για την παρακολούθηση των φυσικών παραμέτρων: α) ύψους στάθμης νερού, β) θερμοκρασία και γ) υγρασία (ενός δωματίου) και δ) δείκτη λαμβανόμενης ισχύς σήματος (RSSI), σε πραγματικό χρόνο. Ειδικά για το ύψος στάθμης νερού την στιγμή που θα ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή (την οποία ονομάζουμε threshold) θα αποστέλλεται με μήνυμα σε μια open source πλατφόρμα IoT (Διαδικτύου των Αντικειμένων) συλλογής δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε, αλλά και με email, προειδοποίηση ότι υπάρχει κίνδυνος. Αξίζει να σημειωθεί, ότι ο λόγος για τον οποίο θα προτείνουμε μια τέτοια υλοποίηση, είναι το φαινόμενο της καταστροφής από την ξαφνική πλημμύρα στην Μάνδρα Αττικής, το οποίο πραγματοποιήθηκε στις 15 Νοεμβρίου 2017. Οπότε στην ουσία σαν περιπτώσιολογική μελέτη (case study) στηριζόμαστε σε αυτό το φαινόμενο.

Λέξεις κλειδιά: σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμύρας, πλατφόρμα συλλογής δεδομένων, Διαδίκτυο των Αντικειμένων, πλημμύρα

ABSTRACT

This thesis begins with a bibliographic search of the Flood Early warning system (FEWS) in real time and continues to propose an open source implementation that suits such systems. More specifically, an observation station is implemented to monitor these physical parameters: a) water level, b) temperature, c) humidity and d) received signal strength indicator (RSSI) in real time. Specifically, if the water level exceeds a specific value (threshold), a message is sent to the open source IoT (Internet of Things) data collection platform that is employed. Also, an email is sent from the IoT platform with warning that there is a flood risk. It is worth mentioning that the initiative to propose such an implementation is the flood disaster that took place in the area of Mandra of Attica, Greece, on November 15, 2017. So, in this thesis, as a case study, we rely on this event and proceed to propose an early warning system.

Keywords: flood early warning system, open source platform, Internet of Things, flood

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Παναγιώτη Παπαγέωργα, επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου για την εκπληκτική συνεργασία και βοήθεια που μου προσέφερε όχι μόνο σε απαντήσεις των αποριών μου αλλά και σε συμβουλές κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνεργάτη του εργαστηρίου κ. Κυριάκο Αγκαβανάκη, τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Γεώργιο Σαρηγιάννη, τον μεταπτυχιακό φοιτητή κ. Αθανάσιο Τρίγκα και τον μεταπτυχιακό φοιτητή κ. Σπύρο Δαούση για την βοήθεια που μου παρείχαν σε όλη την διάρκεια της εργασίας μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ-ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	11
Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN).....	11
Γενικά χαρακτηριστικά ασύρματων δικτύων αισθητήρων.....	11
Δομή και λειτουργία των ασύρματων δικτύων αισθητήρων.....	12
Εφαρμογές Ασύρματων δικτύων αισθητήρων.....	14
Διαδίκτυο των Αντικειμένων.....	14
Τεχνολογίες επίτευξης του Διαδικτύου των Αντικειμένων.....	15
Εφαρμογές του Διαδικτύου των Αντικειμένων.....	17
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΤΗΝ ΜΑΝΔΡΑ ΑΤΤΙΚΗΣ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	20
1.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ	20
1.1.1 Περιγραφή συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης.....	20
1.1.2 Ανάγκες ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης.....	22
1.2 Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμύρα	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	28
2.1 Τεχνολογίες συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης.....	28
2.1.1 Τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας.....	28
2.1.2 Τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας 4G	29
2.1.3 Wi-fi τεχνολογία.....	31
2.1.4 Τεχνολογία GSM	32
2.2 LPWAN δίκτυα	33
2.2.1 SigFox τεχνολογία	33
2.2.2 Τεχνολογία Nb-IoT	34
2.2.3 Τεχνολογία LoRa	36
2.2.4 Zigbee τεχνολογία	37
2.2.5 Τεχνολογία LTE-M	38
2.3 Σύγκριση μεταξύ κάποιων τεχνολογιών επικοινωνιών	39
2.3.1 SigFox - LoRa - Nb-IoT:.....	39
2.4 Πρωτόκολλο επικοινωνίας MQTT.....	40
2.5 REST API	42
2.6 Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμύρας.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	46

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ	46
3.2 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΙοT ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	47
3.2.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ	47
3.2.2 ΠΥΛΕΣ (GATEWAYS)	47
3.2.3 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	48
3.2.4 ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ	49
3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ	50
3.3.1 Επικοινωνία μεταξύ sensory node και gateway	51
3.3.2 Κάποιες πληροφορίες για το LoRa όσον αφορά τους κώδικες	54
3.3.3 Επικοινωνία μεταξύ των 2 Arduino και του Node-red	55
3.3.4 Ειδοποίηση Κινδύνου	60
3.3.5 Παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο	63
3.3.6 Λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιήσαμε την τεχνολογική λύση LoRa	64
3.3.7 Συνδεσμολογία του κυκλώματος	65
3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΜΑΝΔΡΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	67
3.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	74
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αρχικά ως εισαγωγή θα αναλύσουμε κάποιες βασικές έννοιες, όπως τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης (θα επεκταθούμε όμως σε αντίστοιχη ενότητα), την πλημμύρα, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και το διαδίκτυο των αντικειμένων, σαν επιστημονικό χώρο καθώς και θα αναφέρουμε το φαινόμενο της πλημμύρας στην Μάνδρα Αττικής εφόσον αυτό είναι η αφορμή για την υλοποίηση μιας διάταξης που θα προτείνουμε. Πιο συγκεκριμένα, για τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων θα αναφέρουμε τα γενικά τους χαρακτηριστικά, την δομή και την λειτουργία τους και τις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται. Ο λόγος που θα τα αναλύσουμε είναι επειδή χρησιμοποιούνται στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης (άρα και στην πλημμύρα), οπότε καλό είναι να γνωρίζουμε κάποια βασικές γνώσεις γύρω από αυτά. Για το διαδίκτυο των αντικειμένων, θα αναλύσουμε τις τεχνολογίες επίτευξής του, καθώς και τις εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιείται. Στη συνέχεια, στο πρώτο κεφάλαιο θα αφοσιωθούμε στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης (γενικά) αλλά πιο ειδικά για πλημμυρικό κίνδυνο, αναλύοντας κάποιες έννοιες καθώς και τις ανάγκες ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης. Έπειτα, στο δεύτερο κεφάλαιο θα προτείνουμε κάποιες τεχνολογίες για αυτά τα συστήματα, εστιάζοντας στα LPWAN δίκτυα ως καταλληλότερα για εφαρμογές όπως αυτή που διαπραγματεύεται η παρούσα εργασία, από τις οποίες θα επιλέξουμε μία συγκεκριμένη τεχνολογική λύση για την υλοποίησή μας. Ο λόγος για τον οποίον θα αναλύσουμε αρκετά τις τεχνολογίες LPWAN αλλά και γενικότερα το διαδίκτυο των αντικειμένων είναι επειδή χρησιμοποιούνται σαν «εργαλεία» στην διάταξη την οποία θα προτείνουμε, καθώς και στην περίπτωση μελέτης του φαινομένου της Μάνδρας Αττικής. Επιπρόσθετα, θα αναφέρουμε και τί είδους αισθητήρες χρησιμοποιούνται γενικότερα σε τέτοια συστήματα αλλά και ποιους αισθητήρες συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσουμε για την υλοποίηση της διάταξής μας. Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο θα αναλυθεί με λεπτομέρειες ο σταθμός παρατήρησης για την παρακολούθηση των φυσικών παραμέτρων που αναφέραμε και στην περίληψη, καθώς και θα γίνει μια περιγραφή για το πώς αυτός ο σταθμός παρακολούθησης θα ήταν στημένος στην περίπτωση της Μάνδρας Αττικής.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ-ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Πλημμύρα: Πρόκειται για μια φυσική καταστροφή κατά την οποία υπερχειλίζουν τα ύδατα σε περιοχές όπου δεν υπάρχει αρκετή κάλυψη από νερό [1].

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης: Πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο παρέχει έγκαιρες και αποτελεσματικές πληροφορίες μέσω αναγνωρισμένων ιδρυμάτων, που επιτρέπει σε άτομα που εκτίθενται σε κίνδυνο να αναλάβουν δράση προκειμένου να αποφύγουν ή έστω να μειώσουν τον κίνδυνο και να προετοιμαστούν σε κάθε περίπτωση για αποτελεσματική ανταπόκριση.

Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN): είναι ένα δίκτυο το οποίο αποτελείται από ενεργειακά αυτόνομους κόμβους οι οποίοι «αισθάνονται», παρατηρούν φυσικά μεγέθη (θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, κίνηση, εικόνα, ήχο) και μεταδίδουν την επεξεργασμένη ή μη μέτρησή τους με τελική κατεύθυνση σε ένα σταθμό βάσης. Η επικοινωνία των κόμβων είναι αμφίδρομη, δηλαδή όπως μεταδίδουν πληροφορίες στο σταθμό βάσης μπορούν να δεχτούν πληροφορίες και από αυτόν [2].

Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT): Αποτελεί ένα νέο τεχνολογικό επίτευγμα και έχει να κάνει με την σύνδεση και αλληλεπίδραση συσκευών συνδεδεμένες στο δίκτυο [3].

Παρακάτω, θα αναφέρουμε πιο αναλυτικά κάποιες υποενότητες των ασύρματων δικτύων αισθητήρων και του Διαδικτύου των Αντικειμένων.

Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN)

Γενικά χαρακτηριστικά ασύρματων δικτύων αισθητήρων

Όπως γνωρίζουμε όλοι μας, η τεχνολογία έχει εξελιχθεί πάρα πολύ τα τελευταία χρόνια και αυτό να έχει ως συνέπεια να δημιουργηθούν και να εισαχθούν στην ζωή μας νέες τεχνολογίες οι οποίες γίνονται όλο και πιο χρήσιμες. Εδώ είναι που ανήκει και η τεχνολογία των αισθητήρων-κόμβων. Είναι ουσιαστικά πομποδέκτες οι οποίοι μπορούν και συλλέγουν πληροφορίες από το περιβάλλον, να τις επεξεργάζονται και να δημιουργούν ένα δίκτυο με τη βοήθεια του οποίου έχουν την δυνατότητα να ανταλλάσσουν πληροφορίες, με ασύρματη επικοινωνία [4].

Οι αισθητήρες συνήθως είναι πολλοί μαζί και τοποθετούνται σε διασκορπισμένα σημεία ώστε να συλλέγουν δεδομένα. Τα δεδομένα που μπορούν να συλλέγουν είναι

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

πάρα πολλών ειδών, έτσι ώστε να είναι πάρα πολλές και με πολλές δυνατότητες εφαρμογές της τεχνολογίας αυτής [4].

Ένα ακόμη βασικό χαρακτηριστικό των αισθητήρων-κόμβων, είναι ότι μπορούν και ανιχνεύουν διάφορες χημικές ουσίες ακόμα και στον αέρα ή και επίπεδα μόλυνσης στην ατμόσφαιρα. Καταλαβαίνουμε ότι είναι πάρα πολύ χρήσιμοι αν σκεφτούμε συνδυαστικά την δυνατότητά τους και ότι μπορούν να επικοινωνούν και μεταξύ τους [4].

Τέλος, έχουμε περιορισμό στις δυνατότητες που αφορούν την ισχύ που μπορούν να καταναλώσουν. Οι πηγές που ενσωματώνονται μέσα στους αισθητήρες δεν γίνεται να είναι πάρα πολύ ισχυρές και κατά συνέπεια στα δίκτυα αυτά ο βασικός σκοπός είναι να καταναλωθεί όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια. Αυτός ο σκοπός, είναι και πιο σημαντικός από την ποιότητα των υπηρεσιών του δικτύου [4].

Δομή και λειτουργία των ασύρματων δικτύων αισθητήρων

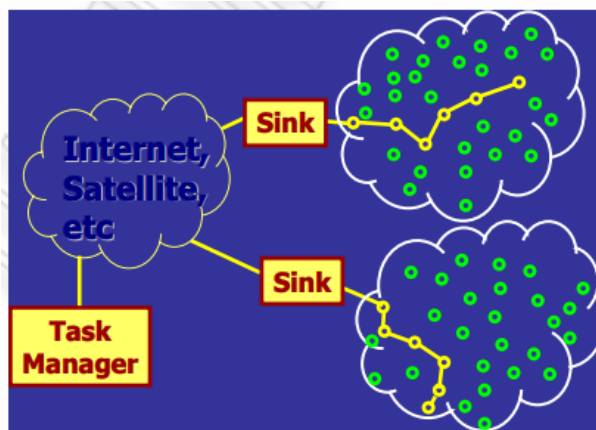
Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αλλά και γενικά όλα τα ασύρματα δίκτυα, λειτουργούν βάση του διαχωρισμού των εργασιών σε διαφορετικά επίπεδα (layers). Αυτή η διαδικασία ονομάζεται διαστρωμάτωση. Τα επίπεδα που συμμετέχουν στην μετάδοση ενός πακέτου πληροφορίας είναι τα εξής:

- Το φυσικό επίπεδο (Physical Layer)
- Το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων (MAC Layer)
- Το επίπεδο δικτύου (IP Layer)
- Το επίπεδο μεταφοράς (Transport Layer) και
- Το επίπεδο εφαρμογής (Application Layer)

Παρακάτω θα σας παρουσιάσουμε δύο εικόνες που σχετίζονται με την διαστρωμάτωση αλλά και με την δομή ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων.



Εικόνα 1: Διαστρωμάτωση ασύρματων δικτύων αισθητήρων [4]



Εικόνα 2: Δομή ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων [4]

Γενικά ένας αισθητήρας δέχεται κάποια πληροφορία από το περιβάλλον, την μεταδίδει στο δίκτυο με την βοήθεια πολλαπλών βημάτων (hops) και τελικά η πληροφορία καταλήγει σε έναν κόμβο με πιο μεγάλη πολυπλοκότητα, ο οποίος την προωθεί σε ένα άλλον δίκτυο έως ότου φτάσει στον τελικό χρήστη [4].

Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό για να λειτουργήσει ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, είναι οι αλγόριθμοι που έχουν να κάνουν με τις εργασίες των στρωμάτων με σκοπό την τελική προώθηση της πληροφορίας. Αξίζει να σημειωθεί, ότι απαιτείται ξεχωριστός αλγόριθμος για ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ενός WSN. Για παράδειγμα, η λειτουργία του φυσικού στρώματος και συγκεκριμένα οι τεχνικές ψηφιακής διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης των προς μετάδοση δεδομένων έχουν πολύ διαφορετικές απαιτήσεις σε σχέση με εκείνες που χρησιμοποιούνται σε δίκτυα

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

παραδοσιακών δομών. Γενικότερα, όσον αφορά το επίπεδο δικτύου σε ένα WSN πρέπει ο κάθε κόμβος να μπορεί να εντοπίζει την θέση του συγκριτικά με τους γειτονικούς κόμβους και να αποφασίσει σχετικά με ποιόν θα διαλέξει για να του προωθήσει την πληροφορία που πρέπει να μεταδοθεί. Τέλος, ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μπορεί να λειτουργεί ως σύνολο , όμως η δομική του μονάδα είναι απλά ο πομποδέκτης – αισθητήρας [4].

Εφαρμογές Ασύρματων δικτύων αισθητήρων

Οι βασικές εφαρμογές των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι έξι και είναι οι εξής:

- Περιβαλλοντικές εφαρμογές
- Εφαρμογές υγείας
- Οικιακές εφαρμογές
- Βιομηχανικές εφαρμογές
- Στρατιωτικές εφαρμογές

Διαδίκτυο των Αντικειμένων



Εικόνα 3: Διαδίκτυο των Αντικειμένων [5]

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω, το Διαδίκτυο των Αντικειμένων είναι στην ουσία ένα νέο τεχνολογικό επίτευγμα και έχει να κάνει με την σύνδεση και αλληλεπίδραση συσκευών συνδεδεμένες στο δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών ΠΑΔΑ, Τμήμα Η& ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Αλέξανδρος Καρυστινός

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

Μηχανικών) το Διαδίκτυο των Αντικειμένων περιγράφεται ως ένα αυτό-διαμορφωτικό, προσαρμοστικό, πολύπλοκο δίκτυο που διασυνδέει συσκευές με το διαδίκτυο αξιοποιώντας πρωτόκολλα επικοινωνίας. Αυτές οι συσκευές, μπορούν να αναπαριστούν είτε φυσικά είτε εικονικά στον ψηφιακό κόσμο, έχουν επίσης την δυνατότητα ανίχνευσης ή ενεργοποίησης, να προγραμματιστούν και είναι και αναγνωρίσιμες. Στην αναπαράσταση που προαναφέραμε, συμπεριλαμβάνονται πληροφορίες όπως η ταυτότητα, η κατάσταση, η θέση ή οποιαδήποτε άλλη ιδιωτική πληροφορία [3].

Οι συσκευές αυτές μπορούν και προσφέρουν υπηρεσίες ανεξάρτητα με την παρέμβαση ή όχι του ανθρώπου. Για την ακρίβεια, υπάρχει αυτή η δυνατότητα χάρη στην συλλογή δεδομένων και την δυνατότητα ενεργοποίησης. Αυτές οι υπηρεσίες χρησιμοποιούνται μέσω της χρήσης των έξυπνων διασυνδέσεων και είναι διαθέσιμες οπουδήποτε, οποτεδήποτε και για οτιδήποτε λαμβάνει υπόψη την ασφάλεια [3].

Τεχνολογίες επίτευξης του Διαδικτύου των Αντικειμένων

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες που επιτρέπουν την σύνδεση στο διαδίκτυο οι οποίες μπορεί να είναι είτε ασύρματες είτε ενσύρματες. Οι τεχνολογίες αυτές φαίνονται αναλυτικά παρακάτω:

Διευθυνσιοδότηση [3]

Η διευθυνσιοδότηση βοηθάει στην αλληλεπίδραση μεταξύ έξυπνων τηλεφώνων, τηλεοράσεων διαδικτύου, RFID ετικετών, αισθητήρων και οργάνων δράσης και να συνεργάζονται με τα γειτονικά τους αντικείμενα για την υλοποίηση κοινών στόχων.

Ασύρματα δίκτυα μικρής εμβέλειας [3]

Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τα εξής:

- **Bluetooth mesh networking**: Είναι ένα πρωτόκολλο που στηρίζεται στην τεχνολογία Bluetooth Low Energy και επιτρέπει σε πολλές συσκευές να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ασύρματου Bluetooth.
- **Near-field communication (NFC)**: Πρωτόκολλα επικοινωνίας με τα οποία υπάρχει δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ δύο συσκευών σε απόσταση τεσσάρων εκατοστών.

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- **QR codes and barcodes:** Μηχανικές αναγνώσιμες οπτικές ετικέτες, που αποθηκεύουν πληροφορίες που έχουν να κάνουν με το αντικείμενο με το οποίο είναι συνδεδεμένοι.
- **Radio-frequency identification (RFID):** Τεχνολογία που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά πεδία για να διαβάσει δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί σε ετικέτες ενσωματωμένες σε άλλα στοιχεία.
- **Transport Layer Security (TLS):** Πρωτόκολλο που πραγματοποιεί κρυπτογράφηση των δεδομένων έτσι ώστε να παρέχει ασφάλεια επικοινωνιών μέσω ενός δικτύου υπολογιστών.
- **Z-Wave:** Πρωτόκολλο επικοινωνίας που είναι υπεύθυνο για την μεταφορά δεδομένων μικρής εμβέλειας και χαμηλής καθυστέρησης σε ρυθμούς τέτοιους όπου να καταναλώνεται ενέργεια μικρότερη συγκριτικά με το Wi-Fi. Χρησιμοποιείται κυρίως για οικιακή αυτοματοποίηση.

Ασύρματα δίκτυα μεσαίας εμβέλειας [3]

Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τις εξής τεχνολογίες:

- **Hallow:** Παρόμοιο με το Wi-Fi αλλά παραλλαγμένο, παρέχοντας μεγάλη εμβέλεια για επικοινωνία χαμηλής κατανάλωσης με χαμηλότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων.
- **LTE-Advanced:** Εφαρμόζονται στα κινητά δίκτυα και οι προδιαγραφές τους σχετίζονται με υψηλές ταχύτητες. Παρέχει βελτιώσεις στο πρότυπο LTE με εκτεταμένη κάλυψη, υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερη καθυστέρηση.

Ασύρματα δίκτυα μεγάλης εμβέλειας [3]

Σε αυτή την κατηγορία έχουμε τις εξής τεχνολογίες:

- **Low-power wide-area networking (LPWAN):** Από τα πιο γνωστά δίκτυα ευρέως. Έχουν σχεδιαστεί με σκοπό την ύπαρξη επικοινωνίας μεγάλης εμβέλειας σε χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, εξασθενώντας την ισχύ και μειώνοντας το κόστος μετάδοσης. Οι διαθέσιμες τεχνολογίες και πρωτόκολλα είναι τα εξής: LoRa, Sigfox, Nb-IoT, τα οποία θα τα αναλύσουμε αναλυτικά στην συνέχεια της εργασίας.
- **Very small aperture terminal (VSAT):** Η τεχνολογία αυτή, έχει να κάνει με δορυφορικές επικοινωνίες και χρησιμοποιεί μικρές κεραιές για στενές ζώνες και ευρυζωνικά δεδομένα.

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

Εφαρμογές του Διαδικτύου των Αντικειμένων

Οι βασικές εφαρμογές του Διαδικτύου των Αντικειμένων είναι έξι και είναι οι εξής:

- Υγειονομική περίθαλψη
- Βιομηχανική παραγωγή
- Λιανεμπόριο
- Τηλεπικοινωνίες
- Μεταφορές
- Ενέργεια

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΤΗΝ ΜΑΝΔΡΑ ΑΤΤΙΚΗΣ

Πριν αναφέρουμε το φαινόμενο ας αναφέρουμε λίγα λόγια τόσο για την τοποθεσία, όσο και για την μορφολογία της περιοχής Μάνδρας. Ο Δήμος Μάνδρας είναι Δήμος της Περιφέρειας Αττικής. Έδρα του Δήμου Μάνδρας είναι η πόλη της Μάνδρας. Η έκταση του νέου Δήμου είναι 426 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ο νόμιμος πληθυσμός του 17.722 κάτοικοι σύμφωνα με μια απογραφή που πραγματοποιήθηκε από την ΕΛΣΤΑΤ το 2011. Ο Δήμος της Μάνδρας είναι ένας από τους μεγαλύτερους σε έκταση Δήμους της χώρας και δυτικά συνορεύει με τον Κορινθιακό κόλπο, βόρεια με την Περιφέρεια Βοιωτίας, Νοτιοανατολικά με τον Δήμο Ελευσίνας και νοτιοδυτικά με τον Δήμο των Μεγαρέων. Παρακάτω φαίνεται ένας χάρτης που έχει να κάνει με την έκταση Δήμου Μάνδρας:



Εικόνα 4: Χάρτης έκτασης Δήμου Μάνδρας [6]

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

Τις ημερομηνίες 14-16 Νοεμβρίου, εμφανίστηκαν καταιγίδες με πολύ μεγάλη ένταση οι οποίες σύμφωνα με την Μετεωρολογική Υπηρεσία οφειλόταν σε έντονη αστάθεια της ανώτερης ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα να εμφανιστούν σε μεγάλο μέρος της χώρας. Η περιοχή της Μάνδρας επηρεάστηκε από αυτά τα ακραία καιρικά φαινόμενα κυρίως την ημέρα της 15^{ης} Νοεμβρίου και πιο συγκεκριμένα τις πρωινές ώρες. Σύμφωνα με δορυφορικά δεδομένα της περιοχής, παρατηρήθηκε από μετεωρολόγους ότι γύρω από το Όρος Πατέρας η καταιγίδα ήταν επαναλαμβανόμενη συνεχώς. Το γεγονός αυτό, είναι και η αιτία που προκλήθηκε η ξαφνική πλημμύρα (flash flood) σε αυτή την γεωγραφική περιοχή και ειδικότερα στα ρέματα που απορρέουν στην πεδιάδα της Νέας Περάμου και στην πεδινή περιοχή της Μάνδρας και της ΒΠΠΕ Μάνδρας. Οι χείμαρροι, ενεργοποίησαν τις προσχώσεις πετρωμάτων που είχαν σχηματιστεί από την προσφορά ιζημάτων εντός του Τεταρτογενούς με συνέπεια το φαινόμενο των πλημμυρών με μεγάλη ποσότητα φερτών υλικών. Η ανάπτυξη των οικισμών κάθετα στη ροή του νερού και πάνω στα πετρώματα που προαναφέραμε, εμπόδισαν την ομαλή αποστράγγιση των υδάτων προς τη θάλασσα με αποτέλεσμα να προκληθούν πλημμύρες στους οικισμούς λόγω των υδάτων. Ακόμα, τόσο η ανάπτυξη του οδικού όσο και του σιδηροδρομικού δικτύου κάθετα στη ροή σταμάτησε την ομαλή ροή με αποτέλεσμα την ενίσχυση της έκτασης της πλημμύρας όσον αφορά το πλάτος (εικόνα 5). Όσον αφορά άλλες καταστροφές-συνέπειες της καταιγίδας που προκάλεσε ξαφνική πλημμύρα υπήρξαν 23 απώλειες ανθρώπων, ο τραυματισμός πολλών κατοίκων καθώς και υλικές ζημιές γενικότερα στην περιοχή (εικόνα 6) [1].



Εικόνα 5: Φθορές στο οδικό δίκτυο μετά την καταστροφή [1]



Εικόνα 6: Υλικές ζημιές στην περιοχή της Μάνδρας [1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

1.1.1 Περιγραφή συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης

Σε μια εποχή που αλλάζουν πράγματα παγκοσμίως, οι πολίτες κάθε χώρας επιδιώκουν να αντιμετωπίσουν τις αναπόφευκτες και συχνά μεγάλες αλλαγές που συμβαίνουν στον πλανήτη, όπως για παράδειγμα η αύξηση της μόλυνσης του περιβάλλοντος, η μείωση των διαθέσιμων φυσικών πόρων και πολλά άλλα. Εκτός από αυτά τα προβλήματα, τον τελευταίο καιρό πραγματοποιούνται όλο και περισσότερες φυσικές καταστροφές και συχνές πλημμύρες οι οποίες μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο τα νησιά με το πιο χαμηλό υψόμετρο αλλά και πολυσύχναστους ποταμούς. Η μεταβολή του κλίματος προξενεί επιπλέον περιβαλλοντικές πιέσεις και κοινωνικές κρίσεις σε περιοχές που είναι ήδη ευάλωτες σε φυσικούς κινδύνους, φτώχεια και συγκρούσεις. Για όλους τους παραπάνω λόγους προ προαναφέραμε, καλό είναι να υλοποιηθεί ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης (Early Warning System). Οι ανάγκες θα πρέπει να εντοπίζονται ώστε να καθορίζονται οι κατευθυντήριες γραμμές με σκοπό την ανάπτυξη ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης. Οι ανάγκες πληροφόρησης των διαχειριστών φυσικών καταστροφών διακρίνονται σε δύο διαφορετικές, αλλά στενά συναφείς κατηγορίες δραστηριοτήτων οι οποίες είναι οι εξής [7]:

- Δραστηριότητες πριν την φυσική καταστροφή: σε αυτές τις δραστηριότητες πραγματοποιείται ανάλυση και έρευνα (με στόχο την βελτίωση της υφιστάμενης γνώσεων), αξιολόγηση κινδύνων, πρόληψη, μετριασμός και ετοιμότητα.
- Δραστηριότητες μετά την φυσική καταστροφή: σε αυτές τις δραστηριότητες πραγματοποιούνται αντίδραση, αποκατάσταση και ανασυγκρότηση.

Κατά τη διάρκεια της έγκαιρης προειδοποίησης, παρέχεται αποτελεσματική πληροφόρηση μέσω πιστοποιημένων ιδρυμάτων και οργανισμών ώστε να αποφευχθεί ή να μειωθεί κατά πολύ ο κίνδυνος των ατόμων. Υπάρχουν τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά τα οποία διαμορφώνουν μια έγκαιρη προειδοποίηση ως ολοκληρωμένη, τα οποία είναι τα εξής:

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- Γνώση κινδύνου: όλοι οι κίνδυνοι μαζί και τα τρωτά σημεία σε ένα συγκεκριμένο μέρος προκαλούν τον κίνδυνο. Για την αξιολόγηση του κινδύνου απαιτείται όχι μόνο συστηματική συλλογή και ανάλυση δεδομένων, αλλά και έλεγχος της δυναμικής φύσης των κινδύνων και των τρωτών σημείων που προκύπτουν από διαδικασίες όπως η αστικοποίηση (της αλλαγής της χρήσης της υπαίθρου), της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και της κλιματικής αλλαγής. Η εκτίμηση του κινδύνου μας δίνει σημαντικές πληροφορίες για να καθοριστούν οι προτεραιότητες, οι στρατηγικές πρόληψης καθώς και η παροχή κίνητρων στους ανθρώπους με αποτέλεσμα την ύπαρξη ενός κατάλληλου σχεδιασμού των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης [7].
- Παρακολούθηση και πρόβλεψη: για την παροχή έγκαιρης εκτίμησης του κινδύνου που έρχονται αντιμέτωπες οι κοινωνίες και το περιβάλλον, επιβάλλονται συστήματα με αξιόπιστες δυνατότητες παρακολούθησης και πρόβλεψης. Οι έννοιες αυτές έχουν να κάνουν με μια λογική συνέχεια για τον τρόπο με τον οποίο οι κίνδυνοι και οι τρωτότητες μεταβάλλονται στο πέρασμα του χρόνου [7].
- Διάδοση πληροφοριών: αξίζει να σημειώσουμε ότι η πρόβλεψη και η προειδοποίηση δεν ταυτίζονται σαν έννοιες (θα επεκταθούμε σε επόμενη ενότητα για αυτές τις δύο έννοιες). Αρκετοί από τους τεχνικούς επιστήμονες που κάνουν πρόγνωση στην εξέλιξη ενός γεγονότος, θεωρούν ότι αυτό είναι σημαντικό για την αποφυγή των απωλειών ή τη διάδοση μιας ακριβούς πρόβλεψης. Συνέπεια αυτής της λογικής, είναι οι επιδόσεις των προβλέψεων και των προειδοποιήσεων να μετριοούνται με καθαρά τεχνικούς όρους, αρκετά συχνά δεν φτάνουν ή δεν γίνονται αντιληπτοί σε αυτούς που βρίσκονται σε κίνδυνο [7].
- Ανταπόκριση: είναι πολύ σημαντικό, οι κοινωνίες να αντιλαμβάνονται τους κινδύνους που τους απειλούν, να δείχνουν σεβασμό στην υπηρεσία προειδοποίησης και να γνωρίζουν πώς να ανταπεξέλθουν. Ο συντονισμός, η καλή διακυβέρνηση και τα κατάλληλα σχέδια δράσης θεωρούνται θεμελιώδη στοιχεία για την αποτελεσματική και έγκαιρη προειδοποίηση. Επίσης κάποια ακόμα στοιχεία που αποτελούν κρίσιμες πτυχές μετριασμού των καταστροφών, είναι η ευαισθητοποίηση του κοινού και η εκπαίδευση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα όπου οι ακριβείς ειδοποιήσεις δεν έχουν αντίκτυπο, είναι όταν οι πολίτες μιας κοινωνίας δεν είναι προετοιμασμένοι ή ακόμα και όταν οι ειδοποιήσεις λαμβάνονται αλλά δεν διαδίδονται από τις κατάλληλες υπηρεσίες [7].

1.1.2 Ανάγκες ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης

Όπως είναι κατανοητό, ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης έχει κάποιες ανάγκες. Δηλαδή υπάρχουν κάποιοι λόγοι που το φτιάχνουμε και που κάνουμε όλη αυτή την διαδικασία μελέτης. Οι ανάγκες αυτές φαίνονται παρακάτω:

- Πρόβλεψη ενός οποιοδήποτε κινδύνου. Δηλαδή με βάση την εκπαίδευση του ανθρώπου και την οριοθέτηση που του βάζουμε εμείς, να μπορεί να προβλέψει τον κίνδυνο που πρόκειται να συμβεί σε σχετικά γρήγορο χρονικό διάστημα.
- Να αντιμετωπίσει τον οποιονδήποτε κίνδυνο συμβεί χρησιμοποιώντας πολύ συγκεκριμένες τεχνικές και διαδικασίες, οι οποίες μπορεί αναλόγως την περίπτωση να είναι από απλές έως και πολύ δύσκολες και σύνθετες.
- Να προειδοποιήσει τους πολίτες για τον κίνδυνο που πρόκειται να συμβεί. Αυτή η ανάγκη είναι ίσως η σημαντικότερη από την άποψη ότι πρέπει το σύστημα να ενημερώσει τον κόσμο για την καταστροφή που πρόκειται να γίνει με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν απώλειες ανθρώπων (όπως με την ξαφνική πλημμύρα στην Μάνδρα Αττικής). Είναι πολύ πιο σημαντικό αυτό και μετά έχουν βαρύτητα τα υπόλοιπα. Δηλαδή οι επιπτώσεις των καταστροφών στην περιοχή σε τομείς όπως η κοινωνία και η οικονομία.

Τελειώνοντας με το κομμάτι της περιγραφής των συστημάτων έγκαιρης ειδοποίησης θα αναλύσουμε κάποιες σχετικές έννοιες:

Καταστροφή: Είναι στην ουσία μια σοβαρή διατάραξη μιας κοινωνίας προκαλώντας ανθρώπινες, οικονομικές, ή περιβαλλοντικές απώλειες που ξεπερνούν την ικανότητα της πληγείσας κοινότητας να τις αντιμετωπίσει αξιοποιώντας τους δικούς της μεμονωμένους τρόπους [8]. Γενικά οι καταστροφές περιγράφονται ως απόρροια ενός συνδυασμού:

- Της έκθεσης στο φαινόμενο
- Των υφιστάμενων συνθηκών τρωτότητας και
- Ανεπάρκειας των μέτρων που λαμβάνονται από μια κοινωνία να μειώσουν τις ενδεχόμενες αρνητικές συνέπειες ή να ανταπεξέλθουν σε αυτές.

Κίνδυνος: Η έννοια αυτή εκφράζει ένα επικίνδυνο φυσικό φαινόμενο, ή ανθρώπινη δραστηριότητα που μπορεί να καταλήξει σε απώλειες ζωής, τραυματισμό ή άλλες επιπτώσεις στην υγεία, υλικές ζημιές, κοινωνικές και οικονομικές διαταραχές ή ακόμα και περιβαλλοντικές καταστροφές. Για τον κίνδυνο μπορούμε να δώσουμε τον

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

ακόλουθο ορισμό: «είναι η πιθανότητα εκδήλωσης ενός φυσικού φαινομένου ή τεχνολογικού συμβάντος ή και λοιπών καταστροφών σε συνδυασμό με την ένταση καταστροφών, που μπορεί να έχει επιρροή στους πολίτες, στα αγαθά, στις πλουτοπαραγωγικές πηγές και στις υποδομές μιας περιοχής». Τα επικίνδυνα φαινόμενα που προαναφέραμε μπορεί να είναι πολλών προελεύσεων όπως γεωλογικών, μετεωρολογικών, υδρολογικών, βιολογικών και τεχνολογικών [8].

Επικινδυνότητα: είναι ένα επικίνδυνο φαινόμενο, ουσία, δραστηριότητα, ή συνθήκη, που μπορεί να προκαλέσει απώλεια ζωής, τραυματισμό ή άλλες επιπτώσεις στην υγεία, απώλεια περιουσίας και υπηρεσιών, κοινωνική και οικονομική διαταραχή ή περιβαλλοντική ζημιά [9].

Τρωτότητα: Η έννοια αυτή αναφέρεται στα χαρακτηριστικά και τις συνθήκες μιας κοινωνίας, ενός συστήματος, ή μιας υποδομής που τα κάνουν ευπαθή στην επίδραση ενός επικίνδυνου φαινομένου. Υπάρχουν πολλές οπτικές της τρωτότητας που σχετίζονται με διάφορους φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς καθώς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Παραδείγματα τέτοιων παραγόντων μπορεί να είναι η χαμηλή ποιότητα μελέτης και κατασκευής κτιρίων και έργων υποδομής, η ανεπαρκής συντήρηση υποδομών, το έλλειμμα στην ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των πολιτών, η κακή εκτίμηση της επικινδυνότητας και η υστέρηση στη λήψη κατάλληλων μέτρων [9].

Ανθεκτικότητα: Η ανθεκτικότητα είναι η δυνατότητα ενός συστήματος, μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας που έρχεται αντιμέτωπη με έναν κίνδυνο, να ανταπεξέρχεται, να απορροφά, να αφομοιώνει και να ανακάμπτει από τις επιπτώσεις των κινδύνων με γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο περιέχοντας την συντήρηση και αποκατάσταση σημαντικών δομών και λειτουργιών. Η ανθεκτικότητα μιας κοινωνίας προσδιορίζεται από το βαθμό τον οποίο η ίδια κοινωνία είναι σε θέση να αυτοδιοργανώνεται, να αντιστέκεται και να επανέρχεται στην αρχική της κατάσταση όχι μόνο πριν, αλλά και κατά περιόδους έκτακτης ανάγκης [10].

Μείωση κινδύνου καταστροφών: Η μείωση κινδύνου των καταστροφών γίνεται μέσω της διαχείρισης του κινδύνου καταστροφών, δηλαδή την ιδέα και την πρακτική μείωσης αυτών μέσω συστηματικών προσπαθειών ανάλυσης και διαχείρισης των παραγόντων που προκαλούν καταστροφές, περιλαμβάνοντας τη μείωση της έκθεσης στις επικινδυνότητες, τη μείωση της τρωτότητας ανθρώπων και περιουσίας, την

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

προσεκτική διαχείριση της γης και του περιβάλλοντος και την βελτίωση της προετοιμασίας έναντι επικίνδυνων φαινομένων [11].

1.2 Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμύρα

Οι ξαφνικές πλημμύρες (flash floods) αποτελούν προκλήσεις όσον αφορά τους τομείς πρόγνωσης και ανίχνευσής τους, λόγω του ότι δεν προκύπτουν μόνο από την ύπαρξη ή όχι μετεωρολογικών φαινομένων. Τέτοιου είδους πλημμύρες προκαλούνται στην περίπτωση που συνυπάρχουν συγκεκριμένες μετεωρολογικές και υδρολογικές συνθήκες. Εκτός από την έντονη βροχόπτωση που αποτελεί βασική αιτία για ένα τέτοιο συμβάν, πολύ σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν ο όγκος του νερού καθώς και η διάρκεια της βροχής, στο αν τελικά θα παρουσιαστεί πλημμύρα ή όχι. Κύριο παράγοντα σε αυτό αποτελούν τα υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής όπου συμβαίνει η βροχή [12].

Πέρα από τις έντονες βροχοπτώσεις που αποτελούν βασική αιτία για την πρόκληση μιας ξαφνικής πλημμύρας, υπάρχουν και άλλες αιτίες που μπορούν να ωθήσουν στο να εμφανιστεί ένα τέτοιο φαινόμενο. Αυτές οι αιτίες μπορεί να είναι:

- Αστοχίες φράγματος και αναχωμάτων
- Γρήγορο λιώσιμο πάγων
- Ice jams
- Βροχοπτώσεις πάνω από πρόσφατα καμένες ή αποψιλωμένες λεκάνες απορροής

Όσον αφορά τις ξαφνικές πλημμύρες του πρώτου και του τελευταίου αιτίου έχουν μελετηθεί ευρέως. Οι άλλες δύο αιτίες γενικά δεν είναι εύκολο να ανιχνευτούν και να υποστηρίξουν ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης εκτός από συγκεκριμένες περιπτώσεις [12].

Σε προηγούμενη υποενότητα είχαμε αναφέρει κάποια βασικά χαρακτηριστικά που κάνουν ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης ολοκληρωμένο, ένα από τα οποία ήταν η διάδοση πληροφοριών. Συγκεκριμένα για αυτό το χαρακτηριστικό στην περίπτωση του πλημμυρικού κινδύνου, αξίζει να σημειώσουμε ότι επιβάλλεται να σχεδιαστεί ένα επιχειρησιακό κέντρο παρακολούθησης το οποίο θα το παρουσιάσουμε στην συνέχεια ως εικόνα. Σύμφωνα με το αυτό, η λειτουργία ενός EWS ξεκινάει με την προσπάθεια υπολογισμού της πιθανότητας πλημμύρας στην περιοχή μελέτης. Αυτό γίνεται αφού μοντελοποιηθεί η λεκάνη απορροής της περιοχής

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

και των χαρακτηριστικών αυτής, αλλά και χρησιμοποιώντας διαθέσιμες μετεωρολογικές προβλέψεις. Είναι πολύ βασικό επίσης να κατανοηθούν και να καταγραφούν τα τρωτά σημεία της περιοχής, καθώς και η προσθήκη αυτών στην μοντελοποίηση. Στη συνέχεια, εφόσον κριθεί αναγκαίο από τους αρμόδιους φορείς για τη λειτουργία του συστήματος, ακολουθούν η σύνταξη και η έκδοση της προειδοποίησης. Αφού λοιπόν εκδοθεί η προειδοποίηση και η παροχή των απαραίτητων στοιχείων, σειρά έχει η πολιτεία όπου πρέπει να εφαρμόσει ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης ώστε πρωτίστως να ελαχιστοποιηθούν όσο το δυνατό οι ανθρώπινες ζωές και δευτερευόντως οι υλικές ζημιές [12].

Επιπρόσθετα, πολύ σημαντικός είναι ο τρόπος κατά τον οποίο συντάσσεται και διαδίδεται η προειδοποίηση. Επιβάλλεται ολόκληρη μελέτη για τον ιδανικό τρόπο. Πρέπει να συμπεριλαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι τόσο τα μεμονωμένα άτομα όσο και οι κοινωνίες, πρέπει να κατανοούν το περιεχόμενο του μηνύματος και να μπορούν να αναλάβουν άμεση και κατάλληλη ενέργεια τη στιγμή της προειδοποίησης. Αυτό γενικά αποτελεί συνηθισμένο λάθος που έχει γίνει αντιληπτό μετά από μελέτες περιστάσεων και έχει σημειωθεί ότι χρειάζεται προσοχή [12].



Εικόνα 7: Απεικόνιση ενός ενδεικτικού συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης πλημμύρας [12]

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη υποενότητα, οι προειδοποιήσεις για πλημμύρες δεν είναι το ίδιο με τις προβλέψεις, μιας και οι πρώτες εκδίδονται όταν ένα γεγονός είναι επικείμενο ή συμβαίνει ήδη. Οι προειδοποιήσεις πλημμυρών πρέπει να μεταδίδονται σε μια σειρά διαφόρων χρηστών. Οι στόχοι που πρέπει να πετύχει ένα EWS είναι οι εξής: α) να προειδοποιήσει τις επιχειρησιακές ομάδες και το προσωπικό έκτακτης ανάγκης, οι οποίοι πρέπει να βρίσκονται σε ετοιμότητα, β) να προειδοποιήσει το κοινό σχετικά με το χρόνο και τον τόπο εκδήλωσης του φαινομένου, γ) να ενημερώσει για τις πιθανές συνέπειες στους δρόμους, τις κατοικίες, τις αντιπλημμυρικές δομές και αλλού, δ) να δώσει χρονικό περιθώριο στα άτομα και στους φορείς για να προετοιμαστούν και ε) στην περίπτωση πολύ άσχημων περιπτώσεων, να βοηθήσει για τη διεξαγωγή διαδικασιών εκκένωσης και έκτακτης ανάγκης [12].

Οπότε λοιπόν, η δυνατότητα πρόβλεψης κρίσιμων συμβάντων χρονικά, χωρικά, αλλά και ποσοτικά, είναι πολύτιμη για την πρόβλεψη και την προειδοποίηση όσον αφορά τις πλημμύρες. Οι γνώσεις των μετεωρολόγων που συνδέονται με την προειδοποίηση για τις πλημμύρες έχουν να κάνουν με την κλιματολογία και τη μετεωρολογία. Η αντίληψη των τύπων αυτών των καιρικών συστημάτων από τα οποία μπορεί να εμφανιστεί η πλημμύρα, βοηθάει σημαντικά στη λήψη αποφάσεων για το είδος των συστημάτων παρατήρησης και πρόγνωσης που επιβάλλονται. Οι υδρομετεωρολογικές παράμετροι είναι ζωτικής σημασίας για τις διαδικασίες πρόβλεψης και προειδοποίησης σχετικά με τις πλημμύρες. Τα υδρομετεωρολογικά δεδομένα πρέπει οπωσδήποτε να είναι σε πραγματικό χρόνο ώστε να παρέχουν προβλέψεις και προειδοποιήσεις για τις πλημμύρες [12].

Για την πρόβλεψη και την προειδοποίηση πλημμυρικού κινδύνου χρειάζεται ένα εύρος δεδομένων που περιλαμβάνουν [12]:

- Υδρολογικά δεδομένα: επίπεδο στάθμης ποταμού και τύπος ροής, γενικά και ειδικά για σημεία πρόβλεψης και σημεία κινδύνου.
- Μετεωρολογικά δεδομένα: στην κατηγορία αυτή έχουμε τα δεδομένα βροχοπτώσεων, προγνώσεις καιρού και προειδοποιήσεις για επικίνδυνα γεγονότα βροχόπτωσης.
- Τοπογραφικά δεδομένα: εδώ έχουμε τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την απορροή και συνήθως χρειάζονται για τα μοντέλα.

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- Διαρθρωτικά και κοινωνικά δεδομένα: παραδείγματα αυτών είναι η τοποθεσία του πληθυσμού, περιοχές κινδύνου, αντιπλημμυρικά έργα, υποδομές ενέργειας και μεταφορών.

Παρακάτω θα αναφέρουμε κάποιες βασικές έννοιες οι οποίες σχετίζονται γενικά με συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο εφόσον όμως θυμίσουμε για μια ακόμη φορά την έννοια της πλημμύρας η οποία είναι πολύ βασική για να κατανοηθούν και οι υπόλοιπες.

«Πλημμύρα είναι η προσωρινή κατάκλιση του εδάφους από το νερό, το οποίο υπό κανονικές συνθήκες δεν είναι καλυμμένο από νερό». Στην έννοια αυτή περιέχονται πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους και υδατορεύματα εφήμερης ροής, υπερχειλίσεις λιμνών και πλημμύρες από υπόγεια ύδατα και τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές. Εφόσον έχει ξεκαθαριστεί η έννοια της πλημμύρας τώρα μπορούμε να αναφερθούμε και στις παρακάτω έννοιες:

κίνδυνος πλημμύρας: ορίζεται ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται με αυτή την πλημμύρα [13].

Επικινδυνότητα πλημμύρας: είναι η δυνατότητα εμφάνισης πλημμύρας σε συγκεκριμένο χώρο (ποσοτικοποιούμενη μέσω του βάθους νερού, της ταχύτητας ροής ή άλλου χαρακτηριστικού υδρολογικού ή υδραυλικού μεγέθους) που αντιστοιχεί σε δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης [13].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Τεχνολογίες συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναφέρουμε τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται γενικά στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης (επομένως και στις πλημμύρας). Οι τεχνολογίες αυτές που χρησιμοποιούνται ανήκουν κυρίως σε δύο κατηγορίες: α) τις τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας, β) τεχνολογίες ασύρματης μετάδοσης και γ) τις LPWAN τεχνολογίες. Παρακάτω θα αναλύσουμε κάθε μία ξεχωριστά.

2.1.1 Τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας

Λειτουργία κινητής τηλεφωνίας: Η κινητή τηλεφωνία είναι η ικανότητα επικοινωνίας αξιοποιώντας φωνή, κείμενο και δεδομένα με τη βοήθεια ασύρματης μετάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Συνέπεια αυτού, είναι η επικοινωνία να κινείται χωρίς περιορισμούς και καλώδια και ανεξαρτήτως από τις γεωγραφικές ιδιομορφίες μιας περιοχής. Η δυνατότητα αυτή οφείλεται στην εγκατάσταση ενός ασύρματου δικτύου κινητής τηλεφωνίας, το οποίο απαρτίζουν οι σταθμοί βάσης (κεραίες), τα κινητά τηλέφωνα και τα ψηφιακά τηλεφωνικά κέντρα. Το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας αξιοποιεί τους σταθμούς βάσης για να παρέχει τηλεπικοινωνιακή κάλυψη στους χώρους που βρίσκονται οι πολίτες [14]. Πρακτικά, κάθε φορά που εμείς κάνουμε μια κλήση (από το κινητό μας), υπάρχει εκπομπή και λήψη ηλεκτρομαγνητικών σημάτων προς τον πιο κοντινό σταθμό βάσης. Αυτός με την σειρά του μεταβιβάζει την πληροφορία είτε ενσύρματα είτε ασύρματα στα τηλεφωνικά κέντρα, ώστε να μπορούμε να επικοινωνήσουμε με κάποιον που επιθυμούμε.

Σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας: Ο σταθμός βάσης στην ουσία απαρτίζεται από πολλές εγκαταστάσεις εταιρείας κινητής τηλεφωνίας, που είναι τοποθετημένες σε μια περιοχή με σκοπό να υποστηρίξουν το ασύρματο δίκτυό της. Οι σταθμοί βάσης απαρτίζονται τόσο από πολλές κεραίες εκπομπής και λήψης (ηλεκτρομαγνητικού σήματος) όσο και από ηλεκτρονικό εξοπλισμό για την επεξεργασία αυτών των σημάτων. Οι κεραίες που αναφέραμε πιο πάνω είναι στερεωμένες σε μεταλλικούς πυλώνες ή ιστούς που έχουν ύψωμα και συνεπώς αυτή είναι η αιτία που τις περισσότερες φορές είναι τοποθετημένες στις ταράτσες των σπιτιών [15].

Λειτουργία σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας: Ο κάθε σταθμός βάσης δημιουργεί κυψέλες ραδιοκάλυψης (συνήθως τρείς) σε στενά γεωγραφικές περιοχές. Η κάθε κυψέλη «επικαλύπτεται» (αλλά όχι ολοκληρωτικά) από τις γειτονικές κυψέλες με

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

αποτέλεσμα να μην υπάρχουν κενά στην ραδιοκάλυψη. Οι κυψέλες οι οποίες καλύπτουν μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή δεν έχουν την ίδια μορφή. Το γεγονός αυτό, συμβαίνει επειδή η γεωγραφία μεταβάλλεται ανομοιόμορφα από περιοχή σε περιοχή και για αυτό τον λόγο πρέπει να τροποποιηθεί η εμβέλεια και το σχήμα των κυψελών για την επίτευξη της βέλτιστης δυνατής κάλυψης με τις μικρότερες δυνατές παρεμβολές [16].

Εκπομπή κεραιών κινητής τηλεφωνίας: Πρακτικά, η εκπομπή της ακτινοβολίας των κεραιών κινητής τηλεφωνίας δεν είναι σφαιρική αλλά κατευθυντική (δηλαδή σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις), ώστε να επικοινωνούν με τα κινητά τηλέφωνα που βρίσκονται στην περιοχή που καλύπτει ο σταθμός βάσης. Δηλαδή στην ουσία, είναι κατευθυντικές όχι μόνο στο οριζόντιο αλλά και στο κατακόρυφο επίπεδο. Οι κεραίες αυτές ακτινοβολούν περισσότερο προς τα εκεί όπου κατευθύνεται η κύρια δέσμη τους και λιγότερο στις υπόλοιπες κατευθύνσεις [17].

Παρακάτω θα αναλύσουμε κάποιες τεχνολογίες της ασύρματης μετάδοσης δεδομένων οι οποίες είναι σύγχρονες στις μέρες μας (για τα πλαίσια της Ελλάδας), αλλά ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται (όχι τόσο συχνά όσο τα δίκτυα LPWAN) και στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης.

2.1.2 Τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας 4G



Εικόνα 8: Δίκτυο 4G [18]

Το δίκτυο 4G είναι μια σειρά νέων υπηρεσιών και προτύπων. Παρέχει τις υπηρεσίες του στους χρήστες ασταμάτητα, ακόμα και αν αυτός χάσει τη σύνδεση με το δίκτυο. Κάποιες από τις εφαρμογές του φαίνονται παρακάτω:

- Tele-geoprocessing εφαρμογές: στην εφαρμογή αυτή συνδυάζεται το GIS (γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών) με το GPS (σύστημα παγκόσμιας

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

πλοήγησης) στο οποίο ένας χρήστης μπορεί να βρεί την θέση με αναζήτηση. Γενικά θεωρείται καινοτόμα εφαρμογή [19].

- Διαχείριση κρίσης (το οποίο μας αφορά κιόλας στην παρούσα εργασία): είναι προφανές ότι οι φυσικές καταστροφές μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στα συστήματα επικοινωνιών. Στη σύγχρονη εποχή για την αποκατάσταση του συστήματος μπορεί να χρειαστούν ολόκληρες μέρες ή και βδομάδες ακόμα. Το 4G όμως έχει την ικανότητα να αποκαθιστά τέτοια θέματα κρίσης μέσα σε διάστημα κάποιων ωρών [19].
- Εκπαίδευση: Το 4G είναι γενικά μια καλή ευκαιρία για όσους επιθυμούν να αφοσιωθούν στην δια βίου εκπαίδευση. Οι άνθρωποι όπου και να βρίσκονται, έχουν τη δυνατότητα να συνεχίσουν την εκπαίδευσή τους μέσω διαδικτύου, τόσο με οικονομικό όσο και με αποδοτικό τρόπο [19]. Στην δική μας περίπτωση μπορούμε να το συνδυάσουμε ως εξής: μπορούν οι πολίτες να ενημερώνονται για τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης μέσω του δικτύου 4G.

Παρακάτω θα αναλύσουμε κάποια από τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του 4G.

Πλεονεκτήματα κινητής τηλεφωνίας 4G: [20]

- Οι γρήγορες ταχύτητες που παρέχουν στο downloading (κατέβασμα από το διαδίκτυο) και στο uploading (ανέβασμα από το διαδίκτυο) δεδομένων όπου είναι 500 Mbps και 1 Gbps αντίστοιχα
- Μεγαλύτερη μπάντα συχνοτήτων συγκριτικά με το 3G αλλά και με παλαιότερες τεχνολογίες. Πιο συγκεκριμένα, η μπάντα συχνοτήτων κυμαίνεται από 2-8 GHz
- Οι υπηρεσίες που παρέχει έχουν αρκετά καλή ποιότητα και αξιοπιστία
- Μειωμένη καθυστέρηση συγκριτικά με το 3G και παλαιότερες τεχνολογίες

Μειονεκτήματα κινητής τηλεφωνίας 4G: [20]

- Το κόστος εκκίνησης των παροχών υπηρεσιών και των καταναλωτών για αναβαθμίσεις εξοπλισμού είναι υψηλό
- Περιορισμένη χρήση διαδικτύου
- Υψηλότερη κατανάλωση δεδομένων

2.1.3 Wi-fi τεχνολογία



Εικόνα 9: Δίκτυο Wi-Fi [21]

Το Wi-fi ανήκει στην κατηγορία της ασύρματης επικοινωνίας, αξιοποιείται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και επιτρέπει σε συσκευές (πχ tablets, smartphones) να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους και να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Επιπρόσθετα, αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες τεχνολογίες των τελευταίων χρόνων, η οποία συνδυάζει πλήθος ιδιαιτεροτήτων και χαρακτηριστικών, με στόχο να απλουστεύσει τις συνδέσεις μεταξύ ασύρματων συσκευών. Το Wi-fi χωρίζεται στα εξής πρότυπα: α) 802.11, β) 802.11a, γ) 802.11b, δ) 802.11g και ε) 802.11n. Τα μόνα στοιχεία στα οποία διαφέρουν αυτά τα πρότυπα, είναι οι συχνότητες λειτουργίας τους καθώς και ο ρυθμός μετάδοσης [22].

Όπως όλες οι τεχνολογίες, έτσι και το Wi-fi παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα και κάποια μειονεκτήματα τα οποία θα τα αναλύσουμε παρακάτω:

Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Wi-fi : [23]

- κινητικότητα χρήστη
- ευκολία, ευελιξία και απλότητα στην εγκατάσταση
- επεκτασιμότητα
- χαμηλό κόστος
- παραγωγικότητα

Μειονεκτήματα τεχνολογίας Wi-fi: [23]

- σχεδιασμένο για εφαρμογές μικρής ακτίνας εσωτερικού χώρου
- όχι καλή ασφάλεια
- δεν είναι αρκετά αξιόπιστο
- μη ικανοποιητική ταχύτητα

Εφόσον αναφερθήκαμε στις τεχνολογίες ασύρματης μετάδοσης δεδομένων, θα σας παρουσιάσουμε μια από τις τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας.

2.1.4 Τεχνολογία GSM



Εικόνα 10: Τεχνολογία GSM [24]

Τεχνικές λεπτομέρειες GSM: Με το σύστημα GSM οι συνδρομητές έχουν τη δυνατότητα να κινούνται και μέσα στο ίδιο κελί, αλλά και σε διαφορετικό χωρίς να διακόπτεται η σύνδεση, χρησιμοποιώντας το κινητό τηλέφωνο. Η μέγιστη ταχύτητα κίνησης μπορεί να είναι έως 240 χιλιόμετρα ανά ώρα για την αποφυγή προβλημάτων μετατόπισης συχνότητας λόγω του φαινομένου Doppler. Η εκπομπή από τον σταθμό βάσης γίνεται στην περιοχή συχνοτήτων 935-960 MHz, ενώ η λήψη του σταθμού βάσης προς τους κινητούς σταθμούς πραγματοποιείται στην περιοχή συχνοτήτων 890-915 MHz. Η μέγιστη ισχύς εκπομπής για τους σταθμούς βάσης κυμαίνεται από 2.5 έως 320 Watt, ενώ στην πραγματικότητα φτάνουν τα 10 Watt για εμβέλεια 35 χιλιομέτρων. Η μέγιστη ισχύς για τους κινητούς σταθμούς κυμαίνεται από 0.8 έως 200 Watt ενώ κανονικά τα κινητά εκπέμπουν ισχύ μέχρι 2 Watt. Κάθε σταθμός βάσης μπορεί να χειριστεί ταυτόχρονα ένα μεγάλο πλήθος καναλιών χρησιμοποιώντας την τεχνική FDMA (Frequency Division Multiple Access) ή αλλιώς πολλαπλή πρόσβαση διαίρεση συχνότητας σε ελληνική μετάφραση [25].

Παρακάτω θα δούμε ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα της τεχνολογία GSM.

Μειονεκτήματα GSM: [26]

- Πιθανή παραμόρφωση της ομιλίας στην ψηφιακή επεξεργασία και μετάδοση δεδομένων
- Η δυνατότητα επικοινωνίας σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 120 km από τον πλησιέστερο σταθμό
- Καθυστέρηση εύρους ζώνης

Πλεονεκτήματα GSM: [26]

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- Επικοινωνία καλής ποιότητας
- Πολύ διαδεδομένη σχεδόν σε όλο τον κόσμο
- Εκτεταμένη κάλυψη
- Χωρίς χρεώσεις περιαγωγής για διεθνείς κλήσεις

2.2 LPWAN δίκτυα

Τα δίκτυα LPWAN (Low Power Wide Area) θεωρούνται από τα πιο σημαντικά για τον κλάδο του Διαδικτύου των Αντικειμένων, στον οποίο υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης εκατομμυρίων συσκευών μεταξύ τους. Τα δίκτυα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για εφαρμογές όπου απαιτείται χαμηλή ισχύ και κάλυψη ευρείας περιοχής. Οι τεχνολογίες LPWAN μπορούν να θεωρηθούν ως μια καλή λύση στον τομέα «βιομηχανικό IoT» λόγω του χαμηλού κόστους τους και της πολύ καλής απόδοσης ισχύος [27]. Τέσσερις βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα LPWAN είναι οι εξής: α) LoRa, β) SigFox και γ) Nb-IoT, δ) LTE-M. Εκτός από αυτές, θα αναλύσουμε και τις τεχνολογίες: α) Zigbee, β) MQTT και γ) REST API.

Παρακάτω θα αναλύσουμε την κάθε τεχνολογία ξεχωριστά.

2.2.1 SigFox τεχνολογία



Εικόνα 11: SigFox τεχνολογία [28]

Το SigFox είναι μια πρόσφατη ανάπτυξη της τεχνολογίας LPWAN με ευρύ φάσμα χωρίς χρέωση. Χρησιμοποιεί τεχνολογία στενής ζώνης αξιοποιώντας την διαμόρφωση μετατόπισης κατά φάση (BPSK). Η ζώνη συχνοτήτων που είναι διαθέσιμη ώστε η τεχνολογία SigFox να ανταλλάσσει μηνύματα στον αέρα, είναι 192 kHz. Οι υπηρεσίες της λειτουργούν παγκοσμίως στις ζώνες ISM στην περιοχή συχνοτήτων 862 έως 928 MHz. Πιο συγκεκριμένα, στην Ευρώπη το SigFox λειτουργεί σε συχνότητες 915 kHz και στην Αμερική λειτουργεί με συχνότητες 868 MHz. Επιπρόσθετα, το SigFox χρησιμοποιεί μια ζώνη χωρίς άδεια με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα από τις συσκευές να μεταδίδουν δεδομένα στο cloud με χαμηλή κατανάλωσης και ενέργειας αλλά και κόστους [29]. Παρακάτω θα αναφέρουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας SigFox:

Πλεονεκτήματα SigFox: [30]

- Χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, όπως έξυπνη πόλη, μέτρηση, αυτοκινητοβιομηχανία κ.λπ.
- Είναι ένα ελαφρύ πρωτόκολλο που χειρίζεται μικρότερα μηνύματα αποτελεσματικά. Χρησιμοποιεί περίπου 26 bytes για μεταφορά 12 bytes δεδομένων.
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας άρα και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής μπαταρίας.
- Υποστηρίζει ευρεία περιοχή κάλυψης και χρησιμοποιείται για εφαρμογές χαμηλού ρυθμού δεδομένων
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας δικτύου και ιδιοκτησίας
- Χρησιμοποιεί αλγόριθμους επεξεργασίας σήματος για προστασία από παρεμβολές διαφορετικών ειδών.

Μειονεκτήματα SigFox: [30]

- Το CSMA (Carrier Sense Multiple Access) και άλλες παρόμοιες τεχνικές για ανίχνευση σύγκρισης και αποφυγής, δεν χρησιμοποιούνται στο Sigfox.
- Το Sigfox υποστηρίζει μονόδρομη επικοινωνία χωρίς αναγνώριση. Αυτό απαιτεί πολλαπλές μεταδόσεις εάν ο διακομιστής (server) δεν λαμβάνει δεδομένα χωρίς σφάλματα. Λόγω αυτού, η κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί, η οποία εξαρτάται από τον αριθμό των αναμετάδοσης.
- Λόγω χαμηλής υποστήριξης δεδομένων δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές υψηλού ρυθμού δεδομένων.
- Το σύστημα Sigfox λειτουργεί καλά σε σταθερή τοποθεσία. Υπάρχουν ζητήματα όπως παρεμβολές και ανακρίβειες συχνότητας στα περιβάλλοντα κινητικότητας.

2.2.2 Τεχνολογία Nb-IoT



Εικόνα 12: Nb-IoT τεχνολογία [31]

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

Η ορολογία Nb βγαίνει από το Narrowband που σημαίνει στενή μπάντα. Το Nb-IoT είναι μια τεχνολογία της LPWAN βασισμένη σε τεχνολογία στενής ζώνης και το τυποποιεί το πρόγραμμα συνεργασίας τρίτης γενιάς (3GPP). Στην Ευρώπη βρίσκεται ακόμα υπο δοκιμή. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να συνυπάρχει τόσο με το GSM όσο και με το LTE (το οποίο θα αναφέρουμε πιο κάτω) υπο ζώνες συχνοτήτων με άδεια (πχ 700 MHz). Συγκεκριμένα για το LTE, το Nb-IoT μειώνει τις λειτουργίες πρωτοκόλλου του στο ελάχιστο και τις βελτιώνει όπως χρειάζεται για εφαρμογές IoT. Τέλος, όσον αφορά την ανερχόμενη (uplink, από τον αισθητήρα στο σταθμό βάσης) και την κατερχόμενη (downlink, από τον σταθμό βάσης στον αισθητήρα) ζεύξη στην πρώτη χρησιμοποιεί την διαμόρφωση πολλαπλή πρόσβαση διαίρεσης συχνότητας μονού φορέα (FDMA) και στην δεύτερη χρησιμοποιεί το ορθογώνιο FDMA (OFDMA) [27].

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας Nb-IoT.

Πλεονεκτήματα Nb-IoT: [32]

- Καθώς χρησιμοποιεί ασύρματο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, προσφέρει καλύτερη επεκτασιμότητα, ποιότητα υπηρεσίας και ασφάλεια συγκριτικά με δίκτυα LPWAN χωρίς άδεια όπως το LoRa και το SigFox.
- Προσφέρει μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας
- Διάφοροι φορείς εκμετάλλευσης δικτύου στην Ευρώπη και την Ασία το υποστηρίζουν.
- Μεταδίδει δεδομένα με χαμηλούς ρυθμούς bit σε μεγάλες αποστάσεις.
- Οι μονάδες Nb-IoT αναμένεται να είναι διαθέσιμες με μέτριο κόστος.

Μειονεκτήματα Nb-IoT: [32]

- Προσφέρει χαμηλότερο ρυθμό δεδομένων (download 250 kbps και upload 20 kbps) συγκριτικά με το LTE. Το εύρος ζώνης είναι περίπου 200 KHz. Ως εκ τούτου το Nb-IoT είναι κατάλληλο αποκλειστικά για σταθερές συσκευές.
- Δεν υποστηρίζεται η περιαγωγή σε αντίθεση με τα LTE-M και SigFox.

2.2.3 Τεχνολογία LoRa



Εικόνα 13: LoRa τεχνολογία [33]

Η συντομογραφία LoRa βγαίνει από τις λέξεις ‘Long Range’ και ανήκει στα δίκτυα LPWAN όπως αναφέραμε και πριν. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν μεγάλες αποστάσεις και υποστηρίζεται από την IBM και την Semtech. Κύριο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας αυτής, είναι η χαμηλή ισχύς και η μετάδοση πακέτων (μέσω των τελικών συσκευών) σε συγκεκριμένο χρόνο. Το LoRa λειτουργεί σε ζώνη ISM 433, 868 η 915 MHz (αναλόγως την τοπική τοποθέτηση) με ρυθμό μετάδοσης που κυμαίνεται από 0,25 kbps έως 50kbps. Επιπρόσθετα, το φυσικό επίπεδο LoRa επιτρέπει τη σύνδεση μεγάλης εμβέλειας [34]. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιήσουμε την τεχνολογία αυτή, αξιοποιώντας δύο Dragino shields τα οποία θα αναφέρουμε αργότερα.

Έχοντας αναφέρει κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας αυτής, μπορούμε να αναφερθούμε στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζει:

Πλεονεκτήματα τεχνολογίας LoRa: [35]

- Χρησιμοποιεί ζώνες ISM 868 MHz / 915 MHz που είναι διαθέσιμες παγκοσμίως.
- Έχει πολύ μεγάλη εμβέλεια κάλυψης περίπου 5 χιλιόμετρα σε αστικές περιοχές και 15 χιλιόμετρα σε προαστιακές περιοχές.
- Χρησιμοποιείται ευρέως για εφαρμογές M2M (Machine to Machine) / IoT.
- Το LoRaWAN υποστηρίζει τρεις διαφορετικούς τύπους συσκευών, δηλαδή, τάξη-A, τάξη-B και τάξη-C.
- Καταναλώνει λιγότερη ισχύ και επομένως η μπαταρία θα διαρκέσει για μεγαλύτερη διάρκεια.
- Υπάρχει μια συσκευή η Single LoRa Gateway που έχει σχεδιαστεί για τη φροντίδα των 1000s τελικών συσκευών ή κόμβων
- Είναι εύκολο να αναπτυχθεί λόγω της αρχιτεκτονικής του

Μειονεκτήματα τεχνολογίας LoRa: [35]

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε εφαρμογές που απαιτούν χαμηλό ρυθμό δεδομένων, δηλαδή έως 27 kbps
- Το μέγεθος του δικτύου LoRaWAN περιορίζεται με βάση την παράμετρο που ονομάζεται κύκλος λειτουργίας. Ορίζεται ως το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο μπορεί να καταληφθεί το κανάλι. Αυτή η παράμετρος προκύπτει από τον κανονισμό ως βασικός περιοριστικός παράγοντας για την κίνηση που εξυπηρετείται στο δίκτυο LoRaWAN.
- Δεν είναι ιδανικό υποψήφιο για χρήση σε εφαρμογές που απαιτούν χαμηλότερη καθυστέρηση

2.2.4 Zigbee τεχνολογία



Εικόνα 14: Zigbee τεχνολογία [36]

Πρόκειται για τεχνολογία που εξυπηρετεί στην προσθήκη περαιτέρω ελέγχου σε εφαρμογές που απαιτούν ευρύ φάσμα, βελτιώνοντας την ασφάλεια, την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα. Το Zigbee είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο που χρησιμοποιείται για εφαρμογές WSN (ασύρματων δικτύων αισθητήρων) χαμηλού κόστους και χαμηλής ισχύος. Το πρότυπο Zigbee βασίζεται στο επίπεδο φυσικού συνδέσμου που λειτουργεί στο IEEE 802.15.4 το οποίο περιέχει τρεις ζώνες: α) 2,4 GHz παγκόσμια, β) 915 MHz στην Αμερική και γ) 868 MHz στην Ευρώπη. Και στις τρεις ζώνες μετάδοσης ο ρυθμός δεδομένων είναι από 20 Kbps έως 250 Kbps. Στην κορυφή του φυσικού επιπέδου, το Zigbee απαρτίζεται από δύο επιπλέον επίπεδα τα οποία είναι της εφαρμογής και του δικτύου. Κάθε επίπεδο εκτελεί ορισμένες ενέργειες (που είναι υπηρεσίες) για το παραπάνω επίπεδο [37].

Ας δούμε τώρα ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας Zigbee.

Πλεονεκτήματα τεχνολογίας Zigbee: [38]

- Η εγκατάσταση του δικτύου είναι πολύ απλή και εύκολη

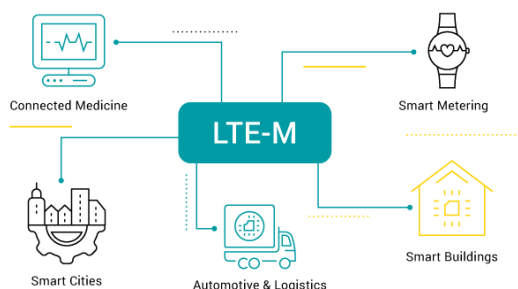
Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- Θα αντικαταστήσει τις υπάρχουσες συσκευές που βασίζονται στην τεχνολογία υπερύθρων. Αυτό θα εξοικονομήσει κόστος αντικατάστασης μπαταρίας, καθώς το Zigbee χρησιμοποιεί μπαταρίας λίθου που διαρκεί πολύ.
- Το δίκτυο Zigbee είναι επεκτάσιμο και είναι εύκολο να προστεθεί κάποια τελική συσκευή.

Μειονεκτήματα τεχνολογίας Zigbee: [38]

- Δεν είναι τόσο ασφαλές όσο άλλες τεχνολογίες (όπως το Wi-fi για παράδειγμα)
- Το κόστος αντικατάστασης θα είναι υψηλό όταν παρουσιαστεί οποιοδήποτε πρόβλημα σε οικιακές συσκευές που είναι συμβατές με το Zigbee.
- Όπως και άλλα ασύρματα συστήματα, η επικοινωνία με βάση το Zigbee είναι επιρρεπής σε επιθέσεις από μη εξουσιοδοτημένα άτομα.
- Η κάλυψη είναι περιορισμένη και ως εκ τούτου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εξωτερικό ασύρματο σύστημα επικοινωνίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εσωτερικές ασύρματες εφαρμογές.

2.2.5 Τεχνολογία LTE-M



Εικόνα 15: Τεχνολογία LTE-M [39]

Η τεχνολογία LTE-M (Long Term Evolution for Machines) είναι βασισμένη σε πρότυπα 3GPP και λειτουργεί στο φάσμα LTE με άδεια. Βασικό της χαρακτηριστικό, είναι ότι αυξάνει την χωρητικότητα και την ταχύτητα του δικτύου αξιοποιώντας καινοτόμες τεχνικές διαμόρφωσης. Όσον αφορά την ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, το LTE-M έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει λήψεις με 300 Mbps το δευτερόλεπτο ή και παραπάνω αναλόγως τα πειράματα που πραγματοποιούνται. Σκοπός της τεχνολογίας αυτής, είναι να προσφέρει ψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων με όσο πιο

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

χαμηλή καθυστέρηση γίνεται [40]. Στην ουσία αυτό είναι το βέλτιστο που μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε σύστημα.

Αφού περιγράψαμε την τεχνολογία LTE-M τώρα είμαστε σε θέση να αναφέρουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της.

Πλεονεκτήματα τεχνολογίας LTE-M: [41]

- Χρησιμοποιείται για εφαρμογές IoT που απαιτούν μικρή μεταφορά δεδομένων χρησιμοποιώντας χαμηλό εύρος ζώνης με χαμηλό κόστος.
- Προσφέρει πολύ καλή κάλυψη
- Καθώς χρησιμοποιεί TCP το δίκτυο μπορεί να συνδεθεί με οποιονδήποτε server.
- Προσφέρει γρήγορους ρυθμούς δεδομένων.
- Είναι γενικά εύκολο να αναπτυχθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία

Μειονεκτήματα τεχνολογίας LTE-M: [41]

- Το κόστος συστήματος είναι υψηλότερο συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες LPWAN
- Οι αναβαθμίσεις υλικολογισμικού φορέα καταναλώνουν αρκετή ενέργεια
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ποσότητες μεγάλες δεδομένων
- Δεν προσφέρει μεταφορά δεδομένων υψηλής ταχύτητας σε αντίθεση με άλλες τεχνολογίες όπως 4G, 5G κ.λπ.

2.3 Σύγκριση μεταξύ κάποιων τεχνολογιών επικοινωνιών

2.3.1 SigFox - LoRa - Nb-IoT: [42]

Τεχνολογία	SigFox	LoRa	Nb-IoT
Εύρος	10-40 χλμ	5-20 χλμ	1-10 χλμ
Εύρος ζώνης	100 Hz	250 kHz και 125 kHz	200 kHz
Συχνότητα	Ζώνες ISM χωρίς άδεια. 868 MHz στην Ευρώπη και 915 MHz στην Βόρεια Αμερική	Ζώνες ISM χωρίς άδεια. 868 MHz στην Ευρώπη και 915 MHz στην Βόρεια Αμερική	Αδειοδοτημένη συχνότητα LTE. Συγκεκριμένα 700,800 και 900 MHz

Έλεγχος ταυτότητας-κρυπτογράφηση	Ανυποστήρικτος	Υποστηριζόμενο	Κρυπτογράφηση κατηγορίας LTE
----------------------------------	----------------	----------------	------------------------------

2.4 Πρωτόκολλο επικοινωνίας MQTT

Την MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) τεχνολογία την συναντάμε αρκετά συχνά στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης και σε πολλά άλλα. Είναι ένα πρωτόκολλο με το οποίο ανταλλάσσονται μηνύματα μεταξύ συσκευών-μηχανών (M2M). Χρησιμοποιεί κυρίως της αρχιτεκτονική publish-subscribe. Σύμφωνα με την βασική ιστοσελίδα του MQTT (<https://mqtt.org/>) είναι ένα πρωτόκολλο τυπικών μηνυμάτων OASIS για το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (IoT). Έχει σχεδιαστεί ως μια εξαιρετικά ελαφριά μεταφορά μηνυμάτων δημοσίευσης/εγγραφής (η αρχιτεκτονική που αναφέραμε πιο πάνω) που είναι ιδανική για τη διασύνδεση απομακρυσμένων συσκευών σε μικρό αποτύπωμα κώδικα και ελάχιστο εύρος ζώνης δικτύου [43]. Η τοπολογία που χρησιμοποιείται για το πρωτόκολλο αυτό λέγεται server-client. Το MQTT το απαρτίζουν τα εξής στοιχεία [44]:

- MQTT Broker. Πρακτικά είναι ο server όλων των μηνυμάτων. Επίσης λαμβάνει αλλά και διαχειρίζεται τα δεδομένα. Ένας ευρέως γνωστός MQTT Broker είναι ο Mosquitto.
- MQTT Publisher. Στην ουσία είναι αυτός που ενημερώνει τον server. Στη θέση αυτού μπορεί να είναι κάποιος αισθητήρας για παράδειγμα.
- MQTT Subscriber. Είναι αυτός που συνδέεται με τον server και αντλεί τα δεδομένα.

Το MQTT σαν τεχνολογία έχει τα εξής οφέλη για όλα τα συστήματα στα οποία χρησιμοποιείται [45]:

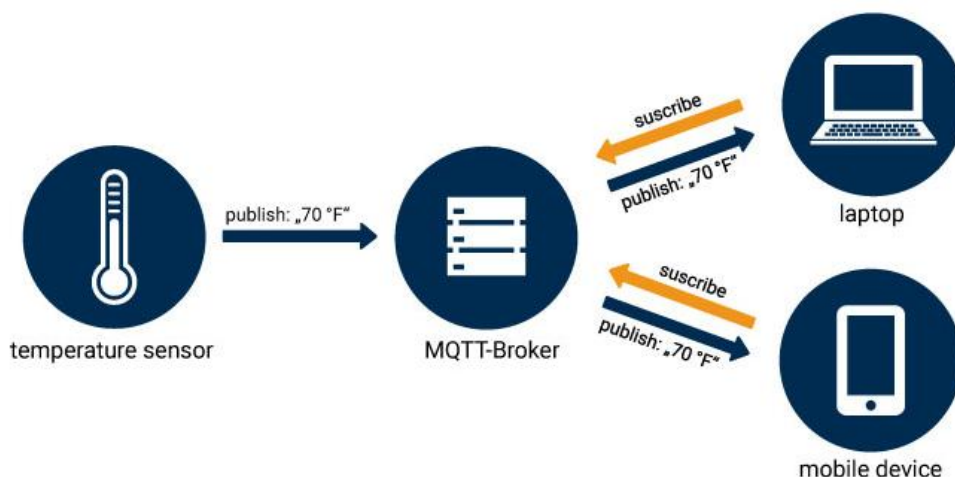
- Μειώνει δραστικά την κατανάλωση εύρους ζώνης του δικτύου
- Εξασφαλίζει την παράδοση των μηνυμάτων
- Είναι ελαφρύ σαν πρωτόκολλο
- Είναι σχεδιασμένο για την επικοινωνία M2M (Machine to Machine)
- Η αρχιτεκτονική publish-subscribe έχει τη δυνατότητα ότι κάνει εφικτή την αποστολή μηνυμάτων σε πολλαπλούς χρήστες

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- Χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο TCP (Transmission Control Protocol) το οποίο είναι πρωτόκολλο προσανατολισμένης σύνδεσης ή αλλιώς oriented connection, διορθώνει σφάλματα και εγγυάται ότι τα πακέτα λαμβάνονται με τη σωστή σειρά
- Υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης μεταξύ MQTT Client και Broker ακόμα και να μην στέλνει μήνυμα ο Client.

Όλα τα παρακάτω πλεονεκτήματα αποτελούν και τους λόγους για τους οποίους την τεχνολογία MQTT την χρησιμοποιούμε πολύ συχνά στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης (EWS).

Παρακάτω φαίνεται μια χαρακτηριστική εικόνα που έχει να κάνει με την μέτρηση θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας MQTT Broker, Publisher και Subscriber ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα αυτές τις έννοιες:



Εικόνα 16: Μέτρηση θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας MQTT Broker, Publisher και Subscriber [46]

Όπως βλέπουμε και από την εικόνα 16 χρησιμοποιούνται ό,τι αναφέραμε πιο πάνω. Στη θέση του server έχουμε τον υπολογιστή, στη θέση του Publisher έχουμε τον αισθητήρα θερμοκρασίας και στη θέση του Subscriber έχουμε μια συσκευή η οποία είναι κινητό τηλέφωνο. Με το MQTT μεταδίδονται τα μηνύματα αξιόπιστα διαθέτοντας τρία επίπεδα διασφάλισης ποιότητας υπηρεσιών (Quality of Service) τα οποία είναι τα εξής: QoS=0, QoS=1 και QoS=2.

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

Στο QoS=0 ο publisher στέλνει ένα μήνυμα μία φορά χωρίς να ελέγχει αν έφτασε στον προορισμό του. Ο δέκτης δεν απαντάει και το μήνυμα δεν ξαναστέλνεται. Το QoS=0 ονομάζεται αλλιώς: «αποστέλλω και ξεχνώ» και η πληροφορία δεν αποκλείεται να χαθεί τελείως [45].

Στο QoS=1 το μήνυμα θα φτάσει τουλάχιστον μια φορά στον παραλήπτη. Σε αυτή την φορά ο αποστολέας ελέγχει για τη λήψη του μηνύματος μέσω της λέξης PUBACK. Αν αυτή η λέξη δεν σταλεί, ο Broker ξαναστέλνει το μήνυμα έως ότου ληφθεί το PUBACK [45].

Στο QoS=2 κάθε πληροφορία λαμβάνεται ακριβώς μία φορά λόγω της χειραψίας τεσσάρων κατευθύνσεων. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει πιθανότητα καθυστέρησης αποστολής του μηνύματος αλλά όχι απώλεια. Το μήνυμα φτάνει στον αποστολέα ότι και να γίνει [45].

Εφόσον είπαμε κάποιες βασικές λεπτομέρειες για την τεχνολογία MQTT, έχει νόημα να αναφέρουμε λίγα λόγια για την τεχνολογία REST (Representational State Transfer) μιας και θεωρείται αντιμέτωπη με την MQTT.

2.5 REST API

Στην σύγχρονη εποχή ένα REST (Representational State Transfer) API είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς τρόπους για την ανάπτυξη ενός Web API. Το REST API χρησιμοποιεί το HTTP (Hypertext Transfer Protocol) πρωτόκολλο ή αλλιώς πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου σε ελληνική μετάφραση, καθώς και είναι εύκολο στην υλοποίηση και στην χρήση του. Στην ουσία με τον όρο REST API εννοούμε ένα πρόγραμμα που υπάρχει και εκτελείται σε κάποιο μηχάνημα (server) το οποίο χρησιμοποιεί HTTP ερωτήματα (τα οποία θα τα αναφέρουμε στη συνέχεια) για παραποίηση των δεδομένων του. Η λειτουργία του έχει ως εξής: ο server (εξυπηρετητής) διαθέτει πόρους (resources) που προσδιορίζονται από τα URL τους (Uniform Resource Locator). Οι clients (πελάτες) μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτούς τους πόρους στέλνοντας ένα HTTP ερώτημα σε κάποιο από τα διαθέσιμα URL's, η απάντηση που θα πάρουν εξαρτάται από το HTTP ερώτημα που έστειλαν και θα είναι της μορφής text/json/xml συνήθως. Όπως μπορούμε να συμπεράνουμε και στην περίπτωση του REST API «εμπλέκονται» οι έννοιες client και server [47]. Τα HTTP ερωτήματα που αναφέραμε είναι τα παρακάτω:

- ✓ POST → δημιουργία νέου πόρου

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- ✓ GET → ανάκτηση διαθέσιμου πόρου
- ✓ PUT → ενημέρωση υπάρχοντος πόρου
- ✓ DELETE → διαγραφή πόρου

Άρα γενικά, η λειτουργία του REST API βασίζεται πιο πολύ σε ιστοσελίδες και συγκεκριμένα σε αυτά τα ερωτήματα HTTP. Το πρωτόκολλο MQTT βασίζεται κυρίως στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων, οπότε αυτός είναι και ο λόγος που το προτείνουμε για τέτοιου είδους συστήματα αντί του REST API.

2.6 Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμύρας

Αναλόγως το κάθε σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμύρας (δηλαδή εξετάζοντας διαφορετικές περιπτώσεις), μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται οι οποίοι είναι οι εξής:

- Temperature sensors (αισθητήρες θερμοκρασίας)
- Humidity sensors (αισθητήρες υγρασίας)
- Rain gauges (βροχόμετρα)
- Pressure water sensors (αισθητήρες πίεσης νερού)
- water level sensors (αισθητήρες ύψους στάθμης νερού)
- Flow water velocity sensors (αισθητήρες ταχύτητας ροής νερού)

Στην υλοποίηση που προτείνουμε, θα χρησιμοποιήσουμε συγκεκριμένα δύο από τους αισθητήρες που αναφέραμε μόλις τώρα οι οποίοι είναι οι εξής: α) ο αισθητήρας DHT22 ο οποίος είναι θερμοκρασίας και υγρασίας μαζί και β) ο αισθητήρας ύψους στάθμης νερού. Παρακάτω θα περιγράψουμε τον κάθε αισθητήρα καθώς και θα σας τους παρουσιάσουμε με αντίστοιχες εικόνες.

Αισθητήρας water level sensor: είναι ένας από τους αισθητήρες που θα χρησιμοποιήσουμε στην παρούσα εργασία και φαίνεται παρακάτω:



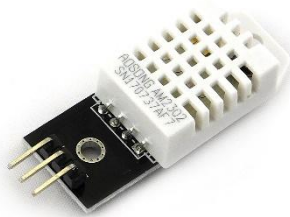
Εικόνα 17: Αισθητήρας στάθμης ύψους νερού [48]

Περιγραφή αισθητήρα: Ο αισθητήρας αυτός μετράει το ύψος στάθμης νερού, είναι εύχρηστος, οικονομικός και λαμβάνεται από μια σειρά παράλληλων καλωδίων που έχουν εκτεθεί ίχνη για την μέτρηση σταγονιδίων και ποσότητας νερού. Η μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό γίνεται εύκολα ώστε να μπορεί να διαβαστεί και άνετα από τον μικροελεγκτή Arduino. Χάρη σε αυτή την ευκολία μπορεί να επιτευχθεί και το αποτέλεσμα του συναγερμού της στάθμης του νερού (όταν υπερβεί μια συγκεκριμένη τιμή) [48]. Τέλος, για τη χρήση αυτού του αισθητήρα απαιτούνται τα εξής: α) Vcc (τροφοδοσία), β) gnd (γείωση) και γ) output (έξοδος) .

Προδιαγραφές αισθητήρα:

- Τάση λειτουργίας: DC 3-5 V
- Ρεύμα λειτουργίας: λιγότερο από 20 mA
- Τύπος αισθητήρα: αναλογικός
- Περιοχή ανίχνευσης: 40mm x 16mm
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 10 – 30 βαθμοί κελσίου
- Υγρασία: 10% - 90%
- Βάρος παραγωγής: 3,5 gr
- Διαστάσεις: 62mm x 20 mm x 8mm

Αισθητήρας DHT22: αυτός είναι ο δεύτερος αισθητήρας που θα χρησιμοποιήσουμε στην διάταξη που θα υλοποιήσουμε και φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 18: Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας DHT22 [49]

Περιγραφή αισθητήρα: Η ψηφιακή θερμοκρασία & υγρασία DHT22 είναι μια έξοδος ψηφιακού σήματος με βαθμονομημένο συνδυασμό θερμοκρασίας και υγρασίας. Χρησιμοποιείται ως ειδική ψηφιακή μονάδα και απόκτηση τεχνολογίας αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας [50]. Βασικό του χαρακτηριστικό, είναι ότι είναι συμβατό με το Arduino Uno αλλά και άλλους μικροελεγκτές. Γενικά απαιτούνται μόνο τρεις συνδέσεις για τη χρήση αυτού του αισθητήρα: α) Vcc (τροφοδοσία), β) gnd (γείωση) και γ) output (έξοδος) .

Προδιαγραφές:

- Τάση τροφοδοσίας: 3,3-5 V
- Εύρος μέτρησης: υγρασία 0-100% RH και θερμοκρασία -40 έως +125 βαθμοί κελσίου
- Ακρίβεια: υγρασία +- 2% RH και θερμοκρασία +-0,5% RH
- Ο ρυθμός δειγματοληψίας δεν είναι περισσότερο από 0,5 Hz (μια φορά κάθε δύο δευτερόλεπτα)

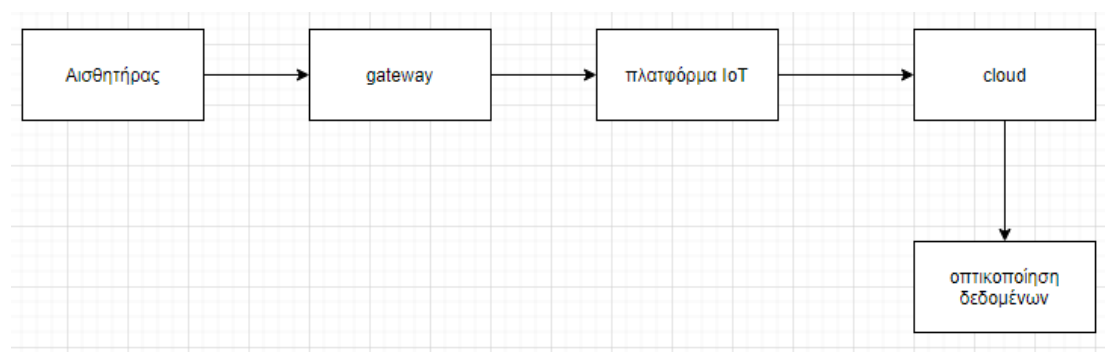
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ

Στο πειραματικό κομμάτι της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, θα υλοποιήσουμε έναν σταθμό παρακολούθησης δεδομένων, κατά τον οποίο θα στέλνεται ειδοποίηση για το ύψος στάθμης νερού με τη βοήθεια ενός κατάλληλου αισθητήρα (water level sensor), την στιγμή που ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή, ότι υπάρχει κίνδυνος. Η διαδικασία έχει ως εξής: τα δεδομένα που παράγει ο αισθητήρας, θα στέλνονται στον ένα μικροελεγκτή Arduino Uno, ο οποίος έχει τον ρόλο της πύλης (gateway). Ο μικροελεγκτής θα επεξεργάζεται τα δεδομένα και θα τα στέλνει σειριακά στο Node-red. Το Node-red λειτουργεί ως πλατφόρμα IoT ανοιχτού κώδικα στο σύστημά μας. Στη συνέχεια, με την βοήθεια του το Node-red θα δημιουργήσουμε γραφικές παραστάσεις των μετρήσεων που έχουμε λάβει και θα δούμε να αλλάζουν σε πραγματικό χρόνο επεμβαίνοντας στο σύστημα πραγματοποιώντας κάποιες αλλαγές. Οπότε στην ουσία θα έχουμε και οπτικοποίηση των δεδομένων μας.

Τα δύο βασικότερα γεγονότα είναι ότι θα υπάρχει και παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο αλλά και θα υπάρχει ειδοποίηση την στιγμή που το ύψος στάθμης νερού ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή. Είναι σημαντικό να κατανοούν όλοι τα αποτελέσματα από τέτοιου είδους μετρήσεις αλλά και γενικά από οποιοδήποτε αντίστοιχη υλοποίηση.

Όσον αφορά τη δομή του συστήματος είναι η εξής: αποτελείται από δύο Arduino Uno, έναν αισθητήρα ύψους στάθμης νερού, έναν ακόμη αισθητήρα ο οποίος είναι και υγρασίας και θερμοκρασίας (DHT22) και τέλος από δύο Dragino shields τα οποία θα είναι συνδεδεμένα με τα Arduino Uno . Η διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω μπορεί να σχεδιαστεί και με ένα διάγραμμα ως εξής:



Εικόνα 19: Διάγραμμα της προτεινόμενης διάταξης

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

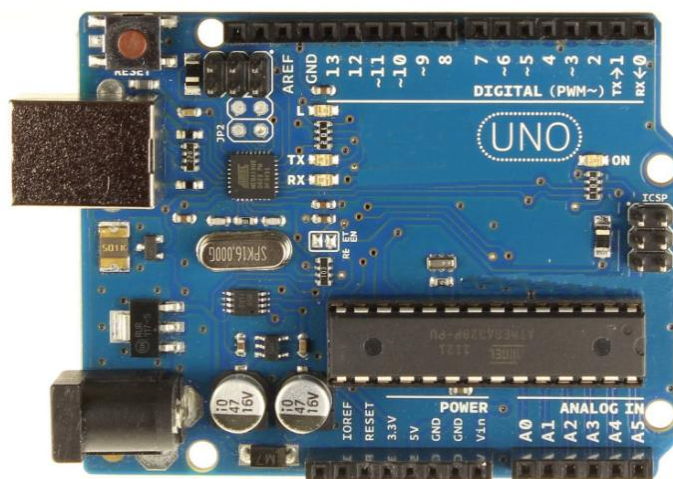
3.2 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΙoT ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΔΕΛΟΜΕΝΩΝ

3.2.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

- α) Αισθητήρας water level sensor
- β) Αισθητήρας θερμοκρασίας-υγρασίας DHT22

3.2.2 ΠΥΛΕΣ (GATEWAYS)

Gateway: Στην παρούσα εργασία ως gateway θα χρησιμοποιήσουμε όπως αναφέραμε και πιο πριν τον μικροελεγκτή Arduino. Πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσουμε τον μικροελεγκτή Arduino Uno, ο οποίος φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 20: μικροελεγκτής Arduino Uno [51]

Πριν αναφέρουμε τα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino Uno συγκεκριμένα θα αναφέρουμε τί είναι γενικά το Arduino και ποιο είναι το βασικό του πλεονέκτημα. Περισσότερες λεπτομέρειες θα αναφέρουμε στο παράρτημα I.

Το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα (open source) η οποία είναι εύκολη προς τους χρήστες τόσο και στο hardware όσο και στο software. Το βασικό του πλεονέκτημα, είναι η τεράστια κοινότητα που το υποστηρίζει και η οποία έχει δημιουργήσει, συντηρεί και επεκτείνει ανάλογου μεγέθους online γνωσιακή βάση [52].

Χαρακτηριστικά-περιεχόμενα Arduino Uno:

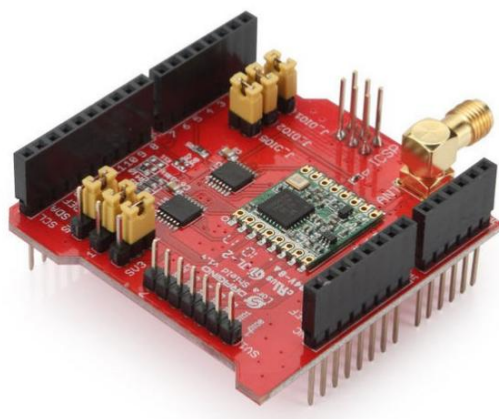
Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- Επεξεργαστής: ATmega 328 16 MHz
- Μνήμη: 2 KB SRAM και 32 KB flash
- Κουμπί reset
- Ρυθμιστή τάσης
- Led τροφοδοσίας
- Αναλογικά pins εισόδου/εξόδου
- USB σύνδεση σε H/Y
- Τροφοδοσία 7-12 V
- Led RX/TX/SS (είναι για λειτουργία πομπού και δέκτη)

3.2.3 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Dragino LoRa shield: Το Dragino LoRa shield είναι το μικρό εξάρτημα που αναφέραμε πιο πάνω ότι θα χρησιμοποιήσουμε για να έχουμε επικοινωνία με τεχνολογία LoRa.

Περιγραφή: Το Dragino LoRa shield είναι μια πλακέτα για να στέλνει και να λαμβάνει δεδομένα μέσω LoRa επικοινωνίας. Είναι βασισμένη πάνω στο πρότυπο σχεδίασης της Semtech και μπορεί να φτάσει σε ευαισθησία ως -148 dBm. Διατίθεται σε τρεις διαφορετικές μπάντες συχνοτήτων οι οποίες είναι οι εξής : α) 915 MHz, β) 868 MHz, γ) 433 MHz. [53]. Παρακάτω φαίνεται το Dragino LoRa shield ως εικόνα.



Εικόνα 21: Dragino LoRa Shield [54]

Χαρακτηριστικά:

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- Συμβατό με 3,3 V ή 5 V I/O Arduino Board
- Συχνότητα εύρους: 868 MHz
- Χαμηλή κατανάλωση ισχύος
- Συμβατό με Arduino Uno, Leonardo, Mega, DUE
- Διαθέτει εξωτερική κεραία (ώστε να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ πομπού και δέκτη)

Προδιαγραφές:

- Ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας και ένδειξη χαμηλής μπαταρίας
- Ενσωματωμένος συγχρονιστής bit για ανάκτηση ρολογιού
- Διαμόρφωση FSK, GFSK, MSK, GMSK, και LoRa
- Χαμηλό ρεύμα RX (δέκτη) 10,3 mA
- Υψηλή ευαισθησία έως -148 dBm
- Προγραμματιζόμενος ρυθμός μετάδοσης bit έως 300 kbps

3.2.4 ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ

Node-red: Αρχικά πριν αναφερθούμε στο Node-red αξίζει να πούμε με ποια κριτήρια επιλέγουμε γενικά μια πλατφόρμα IoT. Αυτά φαίνονται παρακάτω:

- Αρχικά θέλουμε η πλατφόρμα που θα επιλέξουμε να είναι δωρεάν προς χρήση (free) ή έστω να χρειάζεται ένα μικρό χρηματικό ποσό για την εκτέλεση της εργασίας μας.
- Ύστερα χρειαζόμαστε αμεσότητα στα δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι δεν πρέπει να υπάρχει (ιδανικά) καθόλου καθυστέρηση στην ροή των δεδομένων ώστε το σύστημά μας να είναι όλο και πιο γρήγορο.
- Χρειαζόμαστε επίσης η πλατφόρμα να είναι γενικά όσο πιο πολύ γίνεται ανθεκτική στα σφάλματα, ώστε αν κάτι δεν πάει καλά κατά την εκτέλεση της διαδικασίας να μπορούμε να το διορθώσουμε.
- Παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Αυτό είναι από τα πιο σημαντικά κριτήρια επιλογής πλατφόρμας IoT δεδομένου ότι ο χρήστης πολύ πιθανό να χρειαστεί να επέμβει στο σύστημα για διάφορους λόγους. Οπότε ουσιαστικά, ο χρήστης πρέπει να μπορεί να παρακολουθεί την διαδικασία ώστε αν χρειαστεί να τροποποιήσει κάποια παράμετρο ή οτιδήποτε άλλο.
- Ένα ακόμη κριτήριο για να επιλέξουμε την κατάλληλη πλατφόρμα IoT (για την περίπτωση μας δεν είναι τόσο σημαντικό αλλά καλό είναι να το

αναφέρουμε) είναι να υποστηρίζει πολλαπλά πρωτόκολλα επικοινωνίας, όπου το Node-red το κάνει αυτό. Για παράδειγμά σε μια εφαρμογή κάποιος για λόγους πολυπλοκότητας (μπορεί να είναι πολύπλοκη η εφαρμογή) μπορεί να θέλει να χρησιμοποιήσει και πρωτόκολλο LoRa και πρωτόκολλο Nb-IoT. Τα πρωτόκολλα αυτά τα αναφέρουμε τυχαία, μπορεί να είναι φυσικά συνδυασμός άλλων.

Η πλατφόρμα Node-red πληροί όλα τα παραπάνω κριτήρια και αυτοί είναι οι λόγοι για τους οποίους καταλήξαμε σε αυτή την απόφαση.

Το Node-red είναι μια ανοιχτή πλατφόρμα κώδικα η οποία χρησιμοποιείται για το διαδίκτυο των αντικειμένων (IoT) και βασίζεται στο node.js και διατίθεται δωρεάν από την IBM. Προσφέρει ένα γραφικό-οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού, το οποίο χρησιμοποιεί ένα μοντέλο που είναι βασισμένο σε ροές. Αυτές οι ροές αποθηκεύονται σαν αρχεία με την μορφή JSON. Με τον όρο node που αναφέραμε πριν εννοούμε μαύρο κουτί που σημαίνει ότι ο χρήστης του Node-red δεν μπορεί να δει την διαδικασία που γίνεται κατά την εκτέλεση του προγραμματισμού. Το Node-red είναι γενικά εύκολο στη χρήση, καθώς το κύριο χαρακτηριστικό του που πρέπει να κάνει κάποιος για να προγραμματίσει σε αυτό το περιβάλλον είναι απλά να τοποθετήσει τους κόμβους (nodes) στο γραφικό περιβάλλον και να τους καλωδιώσει μεταξύ τους [55]. Περισσότερες λεπτομέρειες θα αναφέρουμε στο Παράρτημα II.

3.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ

Στην συγκεκριμένη διάταξη, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, θα μετράμε κάποια δεδομένα στα οποία θα επιτευχθεί η παρακολούθησή τους σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα αυτά, τα στέλνουμε μέσω του Arduino και σαν τελικό στάδιο θα έρχεται ειδοποίηση όχι μόνο στο node-red που αναφέραμε πριν, αλλά και στο gmail, ότι υπάρχει κίνδυνος την στιγμή που το ύψος στάθμης νερού ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή. Όπως σημειώσαμε και πιο πριν, στην διάταξη αυτή θα χρησιμοποιήσουμε δύο Arduino. Ο λόγος που το κάνουμε αυτό είναι επειδή θα τα συνδέσουμε με δύο Dragino shields ώστε να έχουμε σύζευξη LoRa. Τους λόγους για τους οποίους χρησιμοποιούμε την τεχνολογική λύση LoRa, θα τους αναφέρουμε σε αντίστοιχη υποενότητα.

Επομένως εφόσον θα χρησιμοποιήσουμε δύο Arduino σημαίνει ότι για τον συγκεκριμένο σταθμό παρακολούθησης θα χρειαστούμε δύο κώδικες. Ο ένας

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

κώδικας Arduino χρησιμοποιείται ως sensory node (κόμβος με αισθητήρες) και ο άλλος κώδικας χρησιμοποιείται ως gateway (πύλη). Με άλλα λόγια, ο sensory node έχει το ρόλο του πομπού LoRa και ο gateway έχει τον ρόλο του δέκτη LoRa. Η σύνδεση του Arduino με το Dragino είναι αρκετά απλή, καθώς αυτό που πρέπει να γίνει, είναι η τοποθέτηση των ακροδεκτών του Dragino στα αντίστοιχα pins του Arduino. Περισσότερες λεπτομέρειες για την συνδεσμολογία του κυκλώματος θα αναφέρουμε επίσης σε αντίστοιχη υποενότητα.

3.3.1 Επικοινωνία μεταξύ sensory node και gateway

Τους δύο κώδικες του Arduino (του sensory node και του gateway) καθώς και κάποιες λεπτομέρειες για αυτούς, θα τους αναφέρουμε στο παράρτημα III. Ωστόσο, έχει νόημα να πούμε κάποια λόγια που έχουν να κάνουν με τον sensory node και τον gateway. Αρχικά, εξετάζουμε την επικοινωνία των 2 Dragino shields στην περίπτωση όπου είναι το ένα δίπλα στο άλλο, δηλαδή είναι και τα δύο συνδεδεμένα σε δύο σειριακές θύρες του υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα, το Dragino που λειτουργεί ως sensory node είναι συνδεδεμένο στη θύρα COM4 του υπολογιστή και το Dragino που λειτουργεί ως gateway, είναι συνδεδεμένο στην σειριακή θύρα COM5 του υπολογιστή. Αυτή είναι η μία περίπτωση. Η άλλη περίπτωση που εξετάζουμε, είναι όταν το ένα Dragino (συγκεκριμένα αυτό που λειτουργεί ως sensory node) είναι απομακρυσμένο από το άλλο. Ο λόγος που το κάνουμε αυτό, είναι για να δούμε πόσο μεταβάλλεται ο δείκτης RSSI (Received Signal Strength Indicator) ή αλλιώς δείκτης στάθμης λαμβανόμενου σήματος σε ελληνική μετάφραση.

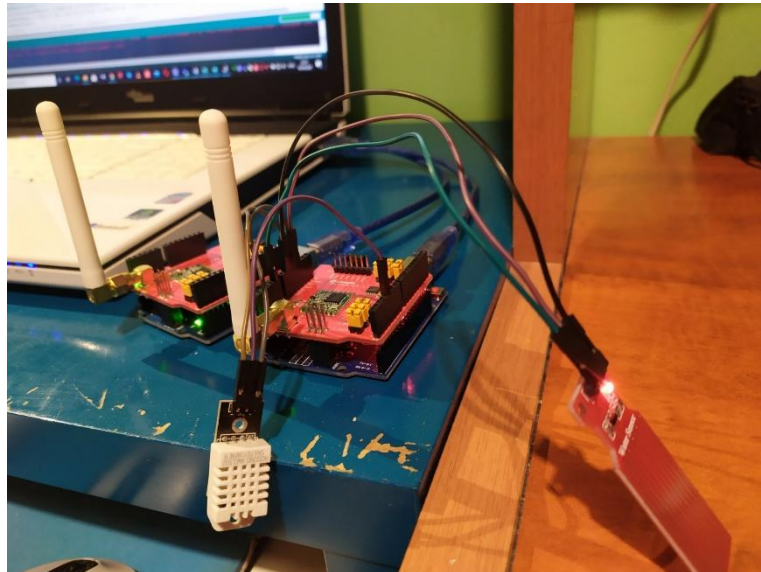
Πραγματοποιήθηκε μια δοκιμή κατά την διάρκεια της υλοποίησης της διάταξης, η οποία ήταν η εξής: με τη βοήθεια ενός power bank τοποθετήσαμε το ένα Dragino στην τσάντα του σπιτιού και το άλλο ήταν κανονικά συνδεδεμένο στην σειριακή θύρα COM5. Παρατηρήσαμε ότι υπάρχει επικοινωνία LoRa μεταξύ των δύο Dragino με την έννοια ότι ο δείκτης RSSI αυξήθηκε αρκετά (κατά απόλυτη τιμή). Στη συνέχεια, θα φανούν κάποιες αντίστοιχες εικόνες για να γίνουν πιο αντιληπτά αυτά που αναφέραμε.

Τα δεδομένα, τα βλέπουμε στο περιβάλλον Arduino IDE μέσω του interface το οποίο παρατηρεί την σειριακή θύρα (“serial monitor”). Στο interface αυτό ουσιαστικά έχουμε τη δυνατότητα να βλέπουμε τις μετρήσεις που λαμβάνουν οι αισθητήρες μας.

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

Παρακάτω θα δείξουμε σε εικόνες τις δύο περιπτώσεις που αναφέραμε πιο πριν όπου τα 2 Dragino είναι δίπλα το ένα στο άλλο και όταν είναι απομακρυσμένα.

Περίπτωση 1: Τα Dragino είναι δίπλα το ένα στο άλλο:



Εικόνα 22: Περίπτωση που τα δύο Dragino είναι δίπλα μεταξύ τους

```
humidity:
54
temperature:
21
this is the water level:
0
RSSI:
-22
```

Autoscroll Show timestamp Both NL & CR 115200 baud Clear output

Εικόνα 23: Αποτέλεσμα δείκτη RSSI στην περίπτωση που τα δύο Dragino είναι δίπλα μεταξύ τους

Περίπτωση 2: Τα Dragino είναι απομακρυσμένα:



Εικόνα 24: Περίπτωση που τα δύο Dragino είναι σε απόσταση μεταξύ τους

```
humidity:
48
temperature:
16
this is the water level:
0
RSSI:
-83
```

Autoscroll Show timestamp Both NL & CR 115200 baud Clear output

Εικόνα 25: Αποτέλεσμα δείκτη RSSI στην περίπτωση που τα δύο Dragino είναι σε απόσταση μεταξύ τους

Αξίζει να σημειωθεί ότι η απόσταση που απέχουν τα 2 Dragino μεταξύ τους, είναι περίπου ίση με 6,5 μέτρα (απόσταση από το γραφείο του υπολογιστή μέχρι το σημείο που βρίσκεται πάνω από το δάπεδο της ταράτσας). Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, το RSSI έχει μεταβληθεί κατά 61 βαθμούς. Αυτή η μεταβολή ισχύει μόνο στα 6,5 μέτρα. Οπότε μπορούμε να φανταστούμε πόσο μεγάλη μεταβολή θα ισχύει για δεκάδες μέτρα ή και περισσότερα.

3.3.2 Κάποιες πληροφορίες για το LoRa όσον αφορά τους κώδικες

Αρχικά, και για τους δύο κώδικες έχουμε αντλήσει πληροφορίες από την βιβλιοθήκη rf95. Για αυτή την βιβλιοθήκη υπάρχει ένας κώδικας σε C++ ο οποίος έχει το όνομα: RH_RF95.cpp (λόγω της βιβλιοθήκης RF95) και περιέχει πληροφορίες για το φυσικό επίπεδο LoRa. Παρακάτω φαίνεται μια εικόνα σχετικά με τις πληροφορίες που αναφέραμε πιο πάνω οι οποίες βρίσκονται μέσα σε αυτόν τον κώδικα:

```
setModemConfig(Bw125Cr45Sf128); // Radio default
// setModemConfig(Bw125Cr48Sf4096); // slow and reliable?
setPreambleLength(8); // Default is 8
// An innocuous ISM frequency, same as RF22's
setFrequency(868.0);
// Lowish power
setTxPower(14);
```

Εικόνα 26: Βασικές πληροφορίες για τις συνθήκες του LoRa

- Εντολή setModemConfig (Bw125Cr45Sf128). Στην εντολή αυτή, δηλώνουμε το Bandwidth (Bw) ή αλλιώς το εύρος ζώνης στο οποίο λειτουργεί το LoRa το οποίο είναι 125 KHz. Επίσης, δηλώνουμε το Coding rate (Cr) ή αλλιώς τον ρυθμό κωδικοποίησης ο οποίος είναι 4/5. Τέλος, δηλώνουμε και το Spreading factor (Sf) ή αλλιώς τον συντελεστή εξάπλωσης ο οποίος είναι ίσος με 7. Το 7 προκύπτει από την πράξη $2^7=128$, που είναι το αποτέλεσμα στην παραπάνω παρένθεση.
- Εντολή setPreambleLength(8). Στην εντολή αυτή, ουσιαστικά δηλώνονται τα header-bits για τον συγχρονισμό πομπού και δέκτη.
- Εντολή setFrequency(868.0). Στην εντολή αυτή, δηλώνεται η συχνότητα λειτουργίας του πομποδέκτη LoRa, όπου η συχνότητα 868 MHz είναι επιτρεπτή στην ISM της Ευρώπης.
- Εντολή setTxPower(14). Στην εντολή αυτή, δηλώνεται η ισχύς πομπού του πομποδέκτη LoRa, η οποία είναι 14 dBm για να είναι επιτρεπτό στην Ευρώπη.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφέρουμε κάποια από αυτά τα νούμερα όπως αυτό της παραμέτρου bandwidth (εύρος ζώνης) και της παραμέτρου frequency (συχνότητα), τα αλλάξαμε γιατί ο κώδικας αυτός ήταν γραμμένος για τεχνολογία LoRa με νομοθεσία Αμερικής. Οπότε ουσιαστικά τα τροποποιήσαμε για νομοθεσία Ευρώπης. Πρακτικά, στέλνουμε δεδομένα σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία του LoRa που εκπέμπει

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

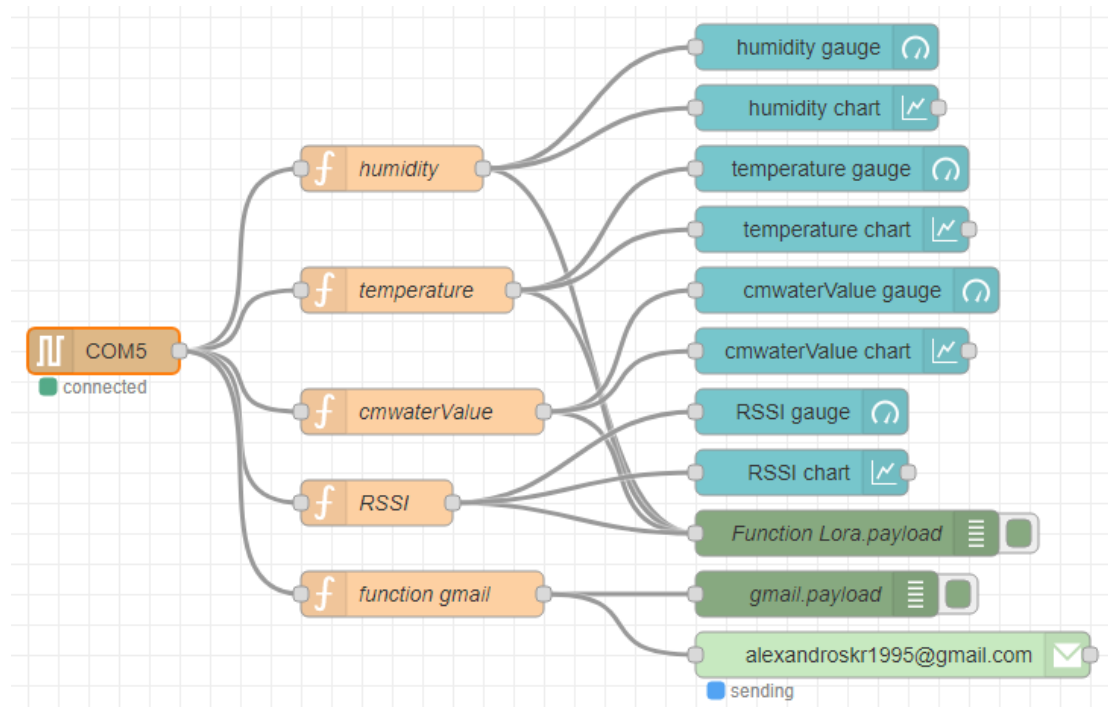
στην ελεύθερη μπάντα των 868 MHz. Αυτά που μπορούμε να συμπεράνουμε από τα bullets είναι τα εξής:

- Ο sensory node εκπέμπει σε συχνότητα 868 MHz.
- Ο sensory node στέλνει δεδομένα γενικά με εύρος ζώνης 125 kHz.
- Ο sensory node στέλνει δεδομένα στο gateway με ισχύ 14 dBm.

3.3.3 Επικοινωνία μεταξύ των 2 Arduino και του Node-red

Αρχικά, πριν αναφέρουμε για τις λεπτομέρειες της επικοινωνίας μεταξύ των δύο Arduino και του Node-red θα αναλύσουμε κάποια πράγματα όσον αφορά τους κόμβους του Node-red. Θα παρουσιάσουμε κάποιες εικόνες που έχουν να κάνουν με την συνολική ροή των κόμβων, με το περιεχόμενο των συναρτήσεων που χρησιμοποιούνται, καθώς και το περιεχόμενο του κόμβου εισόδου. Όλα τα παραπάνω θα τα εξηγήσουμε με λεπτομέρειες.

Ροή κόμβων:



Εικόνα 27: Ροή κόμβων στην πλατφόρμα Node-red

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα έχουμε συνολικά τεσσάρων ειδών διαφορετικούς κόμβους. Θα αναλύσουμε ξεχωριστά τον κάθε κόμβο.

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

- ✓ Κόμβος COM5: ο κόμβος αυτός είναι στην ουσία ο κόμβος εισόδου. Δηλαδή, πρακτικά τα δεδομένα του Arduino που λειτουργεί ως gateway τα στέλνει στους υπόλοιπους κόμβους του Node-red. Όπως είχαμε αναφέρει και πιο πάνω το όνομα COM5 είναι όνομα σειριακής θύρας (λόγω του ότι στέλνουμε δεδομένα σειριακά). Περισσότερες λεπτομέρειες θα αναφέρουμε στην σχετική εικόνα του περιεχόμενου του.
- ✓ Κόμβοι humidity, temperature, RSSI, cmwaterValue: οι κόμβοι αυτοί δέχονται τα δεδομένα από τον κόμβο COM5 και τους έχουμε ονομάσει με αυτό τον τρόπο γιατί στην ουσία είναι όλα τα δεδομένα που στέλνουμε (χρησιμοποιώντας LoRa) και ο καθένας δέχεται από μία μεταβλητή. Ο κόμβος humidity δέχεται την υγρασία, ο κόμβος temperature την θερμοκρασία, ο κόμβος RSSI, τον δείκτη RSSI και ο κόμβος cmwaterValue το ύψος στάθμης νερού σε εκατοστά. Αυτό επιτυγχάνεται με έναν συγκεκριμένο τρόπο που θα το εξηγήσουμε πιο αναλυτικά σε σχετικές εικόνες των περιεχομένων τους.
- ✓ Κόμβος function gmail: ο κόμβος αυτός είναι «υπεύθυνος» για να στείλει ειδοποίηση κινδύνου στο gmail (για αυτό κιόλας ονομάζεται έτσι). Περισσότερες λεπτομέρειες θα αναφέρουμε στην σχετική εικόνα του περιεχόμενου του.
- ✓ Κόμβος function LoRa.msg.payload: ο κόμβος αυτός πρακτικά, είναι η έξοδος (το αποτέλεσμα) των κόμβων humidity, temperature, cmwaterValue και RSSI.
- ✓ Κόμβος gmail.payload: ο κόμβος αυτός είναι η έξοδος του κόμβου function gmail.
- ✓ Κόμβος alexandroskr1995@gmail.com: ο κόμβος αυτός είναι ουσιαστικά το username του gmail στο οποίο θα σταλεί η ειδοποίηση κινδύνου.
- ✓ Κόμβοι humidity gauge, temperature gauge, RSSI gauge, cmwaterValue gauge: οι κόμβοι αυτοί στην ουσία μας δείχνουν πόσο είναι η τιμή της κάθε μεταβλητής με τη βοήθεια ενός συγκεκριμένου σχήματος το οποίο μοιάζει με το κοντέρ ενός αυτοκινήτου. Βασικό χαρακτηριστικό αυτών, είναι ότι μας βοηθούν να δούμε την αλλαγή των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
- ✓ Κόμβοι humidity chart, temperature chart, RSSI chart, cmwaterValue chart: οι κόμβοι αυτοί αποσκοπούν στην γραφική παράσταση των τιμών αυτών των μεταβλητών και επίσης μέσα από αυτούς μπορούμε να δούμε την αλλαγή τους σε πραγματικό χρόνο.

Περιεχόμενα των κόμβων:

➤ COM5:

The screenshot shows the configuration window for a COM5 serial port. The 'Serial Port' field is set to 'COM5'. The 'Settings' section includes: Baud Rate (115200), Data Bits (8), Parity (None), and Stop Bits (1). Hardware flow control options (DTR, RTS, CTS, DSR) are all set to 'auto'. The 'Input' section is configured to 'Optionally wait for a start character of' (empty), 'Split input' (after a timeout of 100 ms), and 'and deliver' (ascii strings). The 'Output' section has 'Add character to output messages' set to 'false'. The 'Request' section has 'Default response timeout' (empty) ms. A yellow tip box states: 'Tip: In timeout mode timeout starts from arrival of first character.' At the bottom, the configuration is 'Enabled', used by '2 nodes', and set to 'On all flows'.

Εικόνα 28: Περιεχόμενο κόμβου COM5

Εδώ έχουμε κάποιες πληροφορίες σχετικά με τις ρυθμίσεις, την είσοδο του κόμβου και την έξοδο του. Όπως βλέπουμε, ο ρυθμός συμβόλων (baud rate) είναι 115200. Αξίζει να σημειωθεί, ότι αυτός ο ρυθμός συμβόλων πρέπει να είναι ίδιος και στον κώδικα του Arduino. Επίσης έχουμε πληροφορίες για τα bits των δεδομένων που στέλνουμε, τα οποία είναι 8 όπως παρατηρούμε. Όσον αφορά την είσοδο του COM5 από ότι μπορούμε να δούμε δεχόμαστε τα δεδομένα μας με τη μορφή «string». Τέλος, τα δεδομένα εισόδου τα έχουμε ρυθμίσει έτσι ώστε να «διαχωρίζονται» 100 ms μεταξύ τους.

➤ Function humidity:

Setup	Function
<pre> 1 var pl = msg.payload.trim(); 2 if(!pl) return null; 3 var parts = pl.trim().split(","); 4 if(parts.length < 1) return null; 5 var msg1 = { 6 topic: "humidity", 7 payload: Number(parts[0]) 8 } 9 return msg1; </pre>	

Εικόνα 29: Περιεχόμενο κόμβου function humidity

Στον κώδικα αυτόν, το πιο σημαντικό που πρέπει να αναφέρουμε είναι η εντολή «split» η οποία στην ουσία είναι αυτή που επιτρέπει το Node-red να ξεχωρίσει τα δεδομένα και να καταλάβει (την υγρασία) σαν μία και μόνο τιμή και όχι πολλές μαζί (πχ msg.payload.object). Η συνάρτηση Number (parts [0]), είναι μια συνάρτηση στην οποία δηλώνουμε ότι τα δεδομένα μας θέλουμε να φαίνονται σαν νούμερα στην έξοδο. Στο msg.payload όπως θα δούμε αργότερα, έχουμε τα δεδομένα μας τα οποία είναι ενός είδους συνολικά. Επίσης με την συνθήκη if που έχουμε γράψει, σημαίνει ότι αν τα δεδομένα που στέλνουμε είναι κάτω από ένα είδος τότε η συνάρτηση να μας επιστρέψει null (δηλαδή κενό). Κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο είναι γραμμένες και οι υπόλοιπες συναρτήσεις με την μόνη διαφορά ότι αλλάζουμε το νούμερα μέσα στην συνάρτηση Number (parts[0]) , δηλαδή βάζουμε 1 για την θερμοκρασία, 2 για την στάθμη ύψους νερού και 3 για τον δείκτη RSSI και επιστρέφουμε αντιστοίχως msg2, msg3 και msg4.

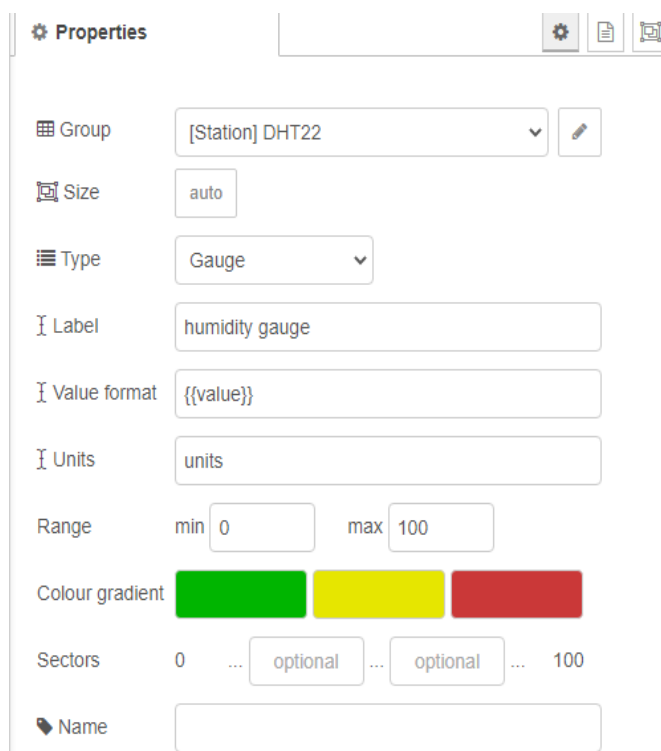
➤ Function gmail:

Setup	Function
<pre> 1 var pl = msg.payload.trim(); 2 var parts = pl.split(","); 3 var message= ""; 4 msg.payload = Number(parts[2]); 5 if (msg.payload>3) 6 { 7 msg.payload="danger"; 8 } 9 else 10 { 11 msg.payload="normal"; 12 } 13 return msg; </pre>	

Εικόνα 30: Περιεχόμενο κόμβου function gmail

Στον κώδικα αυτόν, το σημαντικό είναι ότι παίρνουμε συγκεκριμένα την περίπτωση του ύψους στάθμης νερού και εξετάζουμε την περίπτωση που είναι πάνω από 3 εκατοστά και την περίπτωση που είναι κάτω από 3 εκατοστά. Στην πρώτη περίπτωση, θα έρθει ειδοποίηση και στο Node-red αλλά και στο gmail ότι υπάρχει κίνδυνος και στην δεύτερη περίπτωση θα έρθει ειδοποίηση ότι όλα είναι φυσιολογικά. Απαραίτητη προϋπόθεση, είναι να δηλώσουμε το ύψος στάθμης νερού (cmwaterValue) σαν αριθμό ώστε να το “καταλάβει” το Node-red.

Humidity gauge:



Εικόνα 31: Περιεχόμενο κόμβου humidity gauge

Στο περιεχόμενο αυτού του κόμβου όπως μπορούμε να δούμε, ορίζουμε την ομάδα (group) για την οποία γίνεται αυτή η μέτρηση, όπου στην περίπτωσή μας αφορά τον αισθητήρα DHT22. Επίσης, σημαντική επιλογή είναι το εύρος (range) που έχουμε δηλώσει να μετράει από το 1 έως το 100. Κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο, διαμορφώνονται και οι υπόλοιποι κόμβοι gauge με το μόνο να αλλάζει να είναι η ετικέτα (label) όπου εκεί βάζουμε τα ονόματα των υπόλοιπων μεταβλητών.

Humidity chart:

The image shows a 'Properties' panel for a 'humidity chart' widget. The settings are as follows:

- Group:** [Station] DHT22
- Size:** auto
- Label:** humidity chart
- Type:** Line chart (with an 'enlarge points' checkbox that is unchecked)
- X-axis:** last 1 hours OR 1000 points
- X-axis Label:** HH:mm:ss (with an 'as UTC' checkbox that is unchecked)
- Y-axis:** min 0 max 100
- Legend:** None (with an 'Interpolate' dropdown set to 'linear')
- Series Colours:** A grid of 9 color swatches (blue, light blue, orange, green, light green, red, pink, purple, light purple).
- Blank label:** display this text before valid data arrives
- Name:** Name

Εικόνα 32: Περιεχόμενο κόμβου humidity chart

Στο περιεχόμενο αυτού του κόμβου όπως μπορεί να παρατηρήσει κανείς, μοιάζει αρκετά με τον κόμβο gauge με την διαφορά ότι σε αυτόν εδώ έχει επιλογές για τους άξονες x και y για το πώς θέλουμε εμείς να είναι διαμορφωμένοι. Συγκεκριμένα, για την υγρασία έχουμε επιλέξει ο y άξονας να μετράει από 0 έως 100. Ο άξονας y και η ονομασία label είναι τα μόνα που αλλάζουν για τις υπόλοιπες μεταβλητές. Για την θερμοκρασία, ο άξονας y είναι από 0 έως 40, για το ύψος στάθμης νερού είναι από 0 έως 10 και για τον δείκτη RSSI είναι από -100 έως 0.

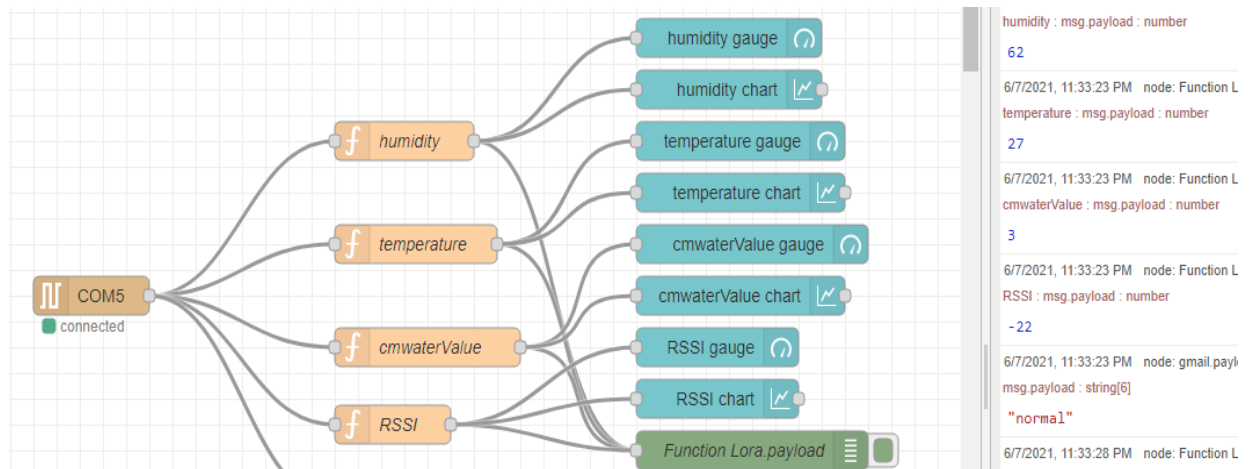
3.3.4 Ειδοποίηση Κινδύνου

Αφού αναλύσαμε κάποια βασικά στοιχεία για την συνολική ροή και για το περιεχόμενο των κόμβων ας δούμε τώρα τα δεδομένα που στέλνουμε από το Arduino πώς έρχονται (σε τι μορφή). Παρακάτω θα παρουσιαστούν δύο εικόνες στις οποίες

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

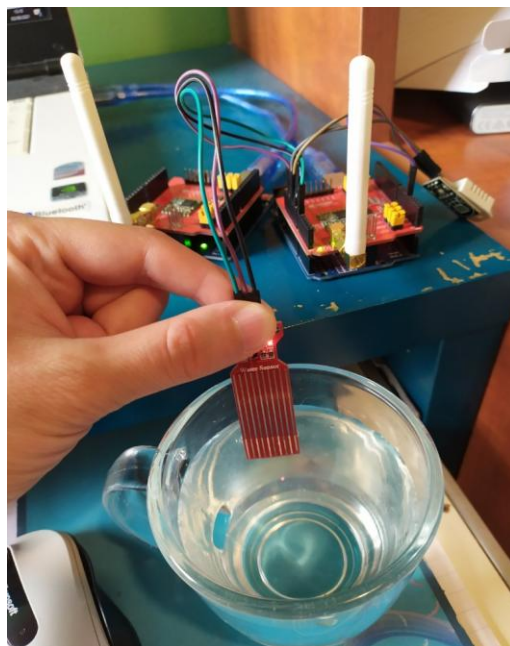
έχουμε την περίπτωση όπου δεν υπάρχει κίνδυνος και την περίπτωση όπου υπάρχει ο κίνδυνος.

Περίπτωση χωρίς κίνδυνο:



Εικόνα 33: Αποτέλεσμα του Node-red στην περίπτωση χωρίς κίνδυνο

Επίσης, έχει νόημα να δείξουμε μια εικόνα όπου έχουμε βάλει τον αισθητήρα βυθισμένο λίγο μέσα στο νερό και για αυτό τον λόγο είναι ίσο με 3 cm.



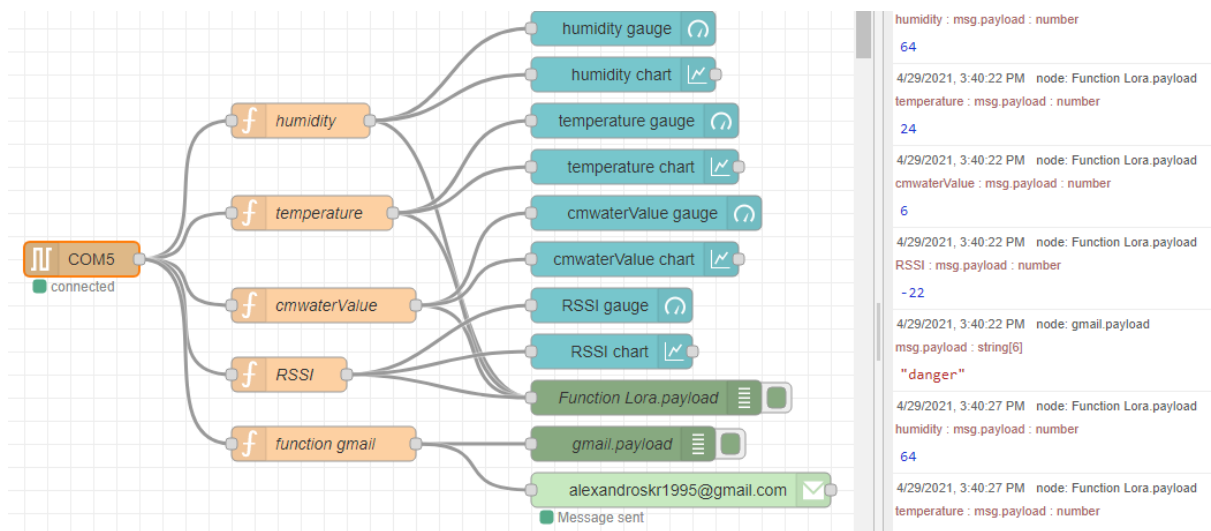
Εικόνα 34: Περίπτωση που ο αισθητήρας ύψους στάθμης είναι βυθισμένος λίγο μέσα στο νερό

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, έρχεται ειδοποίηση στο Node-red «normal» όπως περιμέναμε εφόσον ο αισθητήρας είναι βυθισμένος λίγο μέσα σε νερό. Επίσης κάτω από τον κόμβο του gmail μας βγάζει το μήνυμα «message sent» που σημαίνει ότι η ειδοποίηση έχει πάει στο gmail και όντως φαίνεται παρακάτω:



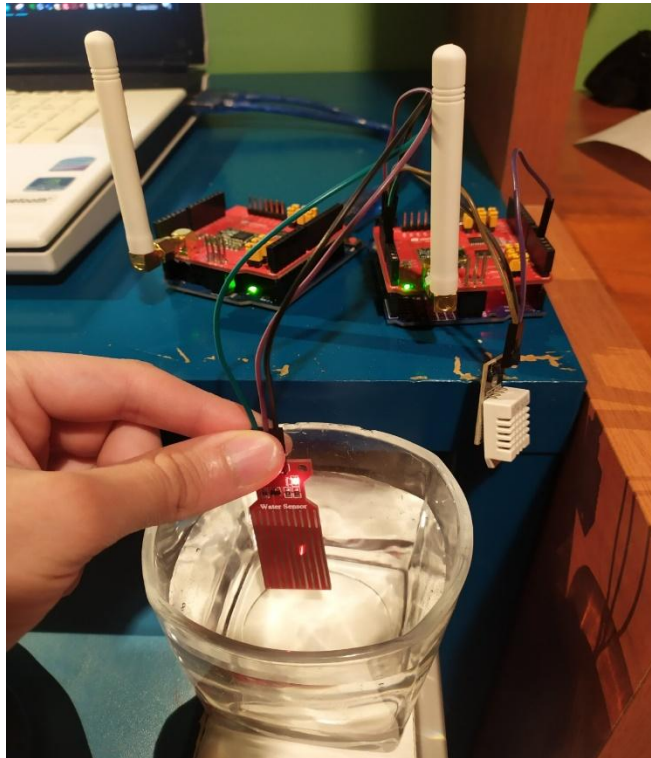
Εικόνα 35: Ειδοποίηση στο gmail στην περίπτωση χωρίς κίνδυνο

Περίπτωση με κίνδυνο:



Εικόνα 36: Αποτέλεσμα του Node-red στην περίπτωση με κίνδυνο

Σε αυτή την περίπτωση τον αισθητήρα νερού τον έχουμε τοποθετήσει ως εξής:



Εικόνα 37: Περίπτωση που ο αισθητήρας ύψους στάθμης είναι αρκετά βυθισμένος μέσα στο νερό

Αντίστοιχα έχουμε και την ειδοποίηση κινδύνου στο gmail που φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 38: Ειδοποίηση στο gmail στην περίπτωση με κίνδυνο

Όπως φαίνεται τα δεδομένα στο Node-red τα στέλνουμε ξεχωριστά και η μορφή τους είναι `msg.payload.number`. Δηλαδή το Node-red «καταλαβαίνει» ποια μεταβλητή είναι ποια επειδή δεν έρχονται όλες σαν μία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να μπορούμε να πραγματοποιήσουμε 4 διαφορετικές γραφικές απεικονίσεις, πράγμα το οποίο είναι κατανοητό προς τον αναγνώστη.

3.3.5 Παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο

Στην υποενότητα αυτή, θα παρουσιάσουμε τρία μικρά βίντεο στα οποία ουσιαστικά αποδεικνύεται ότι γίνεται η παρακολούθηση των δεδομένων που λαμβάνουμε σε πραγματικό χρόνο. Την στιγμή εκείνη που πραγματοποιούνται οι μεταβολές στα

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

δεδομένα μας επεμβαίνουμε εμείς, διαφορετικά σε κάθε περίπτωση. Κάτω από κάθε βίντεο θα αναφέρουμε αναλυτικά τον τρόπο με τον οποίο επεμβαίνουμε.

Παρακολούθηση δεδομένων θερμοκρασίας-υγρασίας:

D:\ApowerREC\20210428_173105.mp4

Στο βίντεο αυτό, έχουμε κάνει την εξής παρέμβαση και φαίνεται αυτή η αλλαγή σε πραγματικό χρόνο: δίπλα από τον αισθητήρα DHT22 έχουμε βάλει ένα κερί αναμμένο και αναμεσά τους ένα κέρμα (λόγω του ότι είναι από μέταλλο και όπως ξέρουμε το μέταλλο είναι καλός αγωγός θερμότητας οπότε η θερμοκρασία θα διαπεραστεί). Επίσης, αυτό που μπορούμε να παρατηρήσουμε είναι ότι εκεί που έχει η γραφική παράσταση μια κάθετη γραμμή είναι η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας και της υγρασίας την στιγμή που σβήσαμε το κερί (δεν σημαίνει ότι έχει μηδενιστεί κατευθείαν).

Παρακολούθηση δεδομένων ύψους στάθμης νερού:

D:\ApowerREC\20210428_162237.mp4

Στο βίντεο αυτό, η παρέμβαση που έχουμε κάνει είναι ότι έχουμε βάλει τον αισθητήρα μας μέσα στο νερό μέχρι τα 7 εκατοστά και εκείνη την ώρα τον βγάλαμε. Για αυτό και άλλωστε η μέγιστή του τιμή φτάνει τόσο.

Παρακολούθηση δεδομένων δείκτη RSSI:

D:\ApowerREC\20210428_174248.mp4

Στο βίντεο αυτό, η παρέμβαση που έχουμε κάνει είναι ότι το ένα Dragino (συγκεκριμένα αυτό που έχει τον ρόλο του sensory node) το έχουμε συνδέσει σε μια πρίζα στο χολ του σαλονιού με τη βοήθεια ενός φορτιστή κινητού. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε, ο δείκτης RSSI φτάνει μέχρι την τιμή -40. Αναμενόμενο το αποτέλεσμα, δεδομένου ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που απέχουν μεταξύ τους τα δύο Dragino τόσο μεγαλύτερη είναι και η τιμή του δείκτη RSSI κατά απόλυτη τιμή.

3.3.6 Λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιήσαμε την τεχνολογική λύση

LoRa

Γενικά σε κάθε σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης (όχι μόνο πλημμύρας, αλλά οποιασδήποτε φυσικής καταστροφής) καλό είναι να αιτιολογούμε για ποιους λόγους

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

έχουμε καταλήξει σε μια συγκεκριμένη τεχνολογική λύση (πχ LoRa, Nb-IoT, SigFox κλπ), ώστε να καταλάβει και ο αναγνώστης ποια η χρησιμότητα της για ένα αποτελεσματικό σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης. Στην παρούσα εργασία όπως είδατε επιλέξαμε την τεχνολογία LoRa. Παρακάτω θα σας αναφέρουμε τους πιο σημαντικούς λόγους για τους οποίους καταλήξαμε σε αυτή την απόφαση:

- Το LoRa παρέχει κάλυψη μεγάλων αποστάσεων εντός και εκτός πόλης. Είναι πολύ σημαντικό να μην έχουμε περιορισμό (μικρό) στην απόσταση. Όπως είδαμε και πιο πριν, το ένα Dragino στο πείραμα το είχαμε τοποθετήσει στην ταράτσα. Πρακτικά μπορούμε να το τοποθετήσουμε αρκετά χιλιόμετρα μακριά (για την ακρίβεια μέχρι 15 km) από το σπίτι και να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ πομπού και δέκτη.
- Όπως αναφέραμε και στα πλεονεκτήματα, η τεχνολογική λύση LoRa έχει σαν χαρακτηριστικό την πολύ μικρή κατανάλωση ισχύος οπότε αυτό γενικά μας βοηθάει πολύ στο σύστημά μας από οικονομική άποψη.
- Το LoRa υποστηρίζει και μία μορφή κρυπτογράφησης. Αυτό είναι σημαντικό από την άποψη ότι υπάρχει μεγάλη πιθανότητα τα δεδομένα που λαμβάνουμε να μην κλαπούν ή να μην παραποιηθούν.

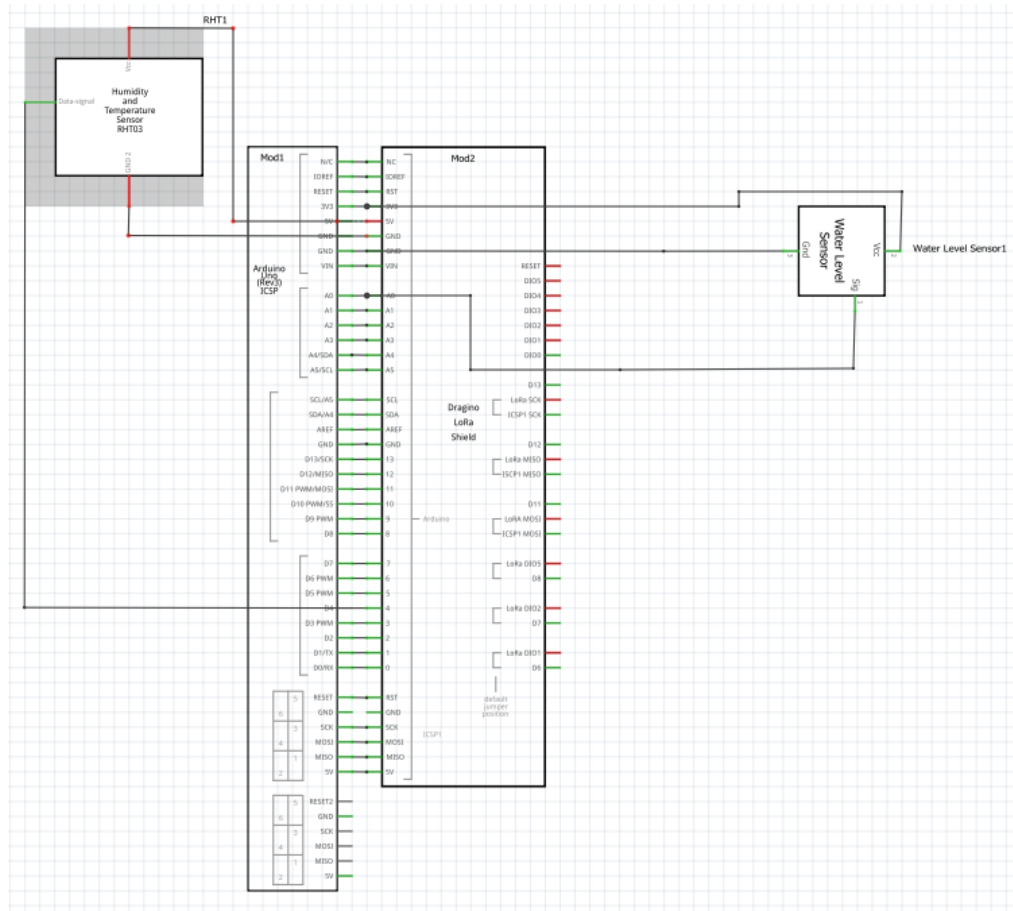
Η συνολική διάταξή μας προσφέρει:

- Αρκετή ευελιξία από την άποψη ότι μπορούμε να προσθέσουμε όσους αισθητήρες μας επιτρέπει η συσκευή του Dragino (για την ακρίβεια μέχρι να μην υπάρχει άλλος χώρος από θέμα των pins του) και το payload του LoRa, να τους δηλώσουμε τόσο στον κώδικα του Arduino όσο και στον κώδικα του αντίστοιχου κόμβου στο Node-red και να έχουμε σαν έξοδο όσες περισσότερες τιμές και γραφικές παραστάσεις γίνεται. Αυτό είναι πολύ σημαντικό στην περίπτωση που θέλουμε να ελέγξουμε πολλά δεδομένα ταυτόχρονα.

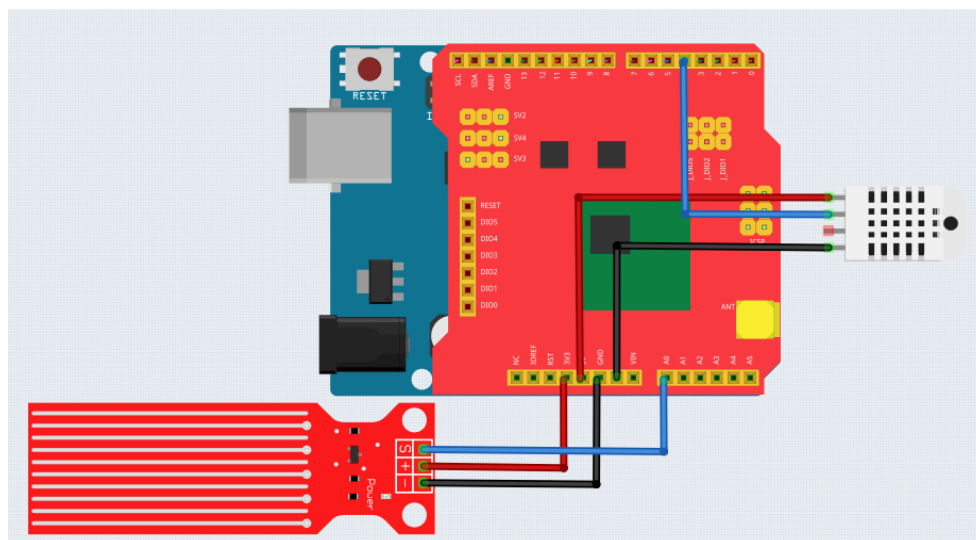
3.3.7 Συνδεσμολογία του κυκλώματος

Η συνδεσμολογία του κυκλώματος είναι σχετικά απλή. Ωστόσο θα σας την παρουσιάσουμε με δύο σχηματικά (το ένα είναι σχηματικό που έχει ονομαστικά όλα τα pins και το άλλο είναι απλά σχεδιασμένο σε breadboard) με τη βοήθεια του προγράμματος Fritzing, εξηγώντας την διαδρομή κάθε καλωδίου.

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο



Εικόνα 39: Σχηματικό της προτεινόμενης διάταξης



Εικόνα 40: Σχέδιο σε breadboard της προτεινόμενης διάταξης

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

Όπως φαίνεται από το σχηματικό η συνδεσμολογία έχει ως εξής:

- ✓ Το pin A0 του Dragino καταλήγει στο pin σήματος εξόδου του water level sensor
- ✓ Το pin Gnd του Dragino καταλήγει στο pin (-) του water level sensor
- ✓ Το pin Gnd (2^ο) του Dragino καταλήγει στο pin (-) του DHT22 αισθητήρα
- ✓ Το pin 5V του Dragino καταλήγει στο pin (+) του DHT22 αισθητήρα
- ✓ Το pin 3,3V του Dragino καταλήγει στο pin (+) του water level sensor
- ✓ Το pin 4 του Dragino καταλήγει στο pin σήματος εξόδου του DHT22 αισθητήρα

Στην ουσία, στη συνδεσμολογία αυτή απλώς έχουμε τροφοδοτήσει τους δύο αισθητήρες, τους έχουμε γειώσει και τους έχουμε ορίσει pin σήματος εξόδου.

3.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΜΑΝΔΡΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Εφόσον έχουμε πάρει σαν περιπτωσιολογική μελέτη (case study) την περίπτωση της Μάνδρας Αττικής, έχει νόημα να περιγράψουμε πώς ο συγκεκριμένος σταθμός παρακολούθησης δεδομένων που έχουμε υλοποιήσει, ο οποίος αποτελεί τμήμα ενός ολοκληρωμένου συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης (σε μια μικρή κλίμακα), θα ήταν στην πραγματικότητα στημένος σε αυτή την περιοχή, δηλαδή πώς θα ήταν σε μια πραγματική-μεγάλη κλίμακα. Αρχικά, θα αναφέρουμε ποια αισθητήρια όργανα και γενικότερα τα «εργαλεία» τα οποία θα χρειαστούν για μια τέτοια περίπτωση.

Αισθητήρια όργανα-εργαλεία τα οποία απαιτούνται:

- Βροχόμετρο
- Αισθητήρες ύψους στάθμης νερού
- Μετεωρολογικός σταθμός
- Καταγραφική μονάδα για συλλογή και αποστολή των δεδομένων
- Λογισμικό διαχείρισης δεδομένων

Βροχόμετρο: Στην περίπτωση του συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης πλημμύρας για την Μάνδρα Αττικής, το βροχόμετρο πρέπει να είναι τοποθετημένο στην κορυφή του όρους Πατέρας. Ο λόγος για τον οποίο πρέπει να τοποθετηθεί στην κορυφή του όρους, είναι επειδή στην ουσία από εκεί πηγάζει το νερό. Οπότε εφόσον τοποθετηθεί

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

σε αυτό το σημείο, θα πάρει και τις περισσότερες μετρήσεις, άρα θα έχουμε και μεγαλύτερη ακρίβεια. Στην δικιά μας υλοποίηση, δεν χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουμε βροχόμετρο, όμως σε μια πραγματική κλίμακα όπως αυτή της περίπτωσης της Μάνδρας είναι προφανές ότι είναι αναγκαίο. Όσον αφορά για τον αριθμό των βροχόμετρων, ένα αρκεί για μια τέτοια περίπτωση.

Αισθητήρες ύψους στάθμης νερού: Οι αισθητήρες ύψους στάθμης νερού πρέπει να τοποθετηθούν στην πεδιάδα της Νέας Περάμου. Ο λόγος που πρέπει να τοποθετηθούν σε αυτό το σημείο, είναι επειδή με βάση την μελέτη που έχει γίνει από την μετεωρολογική υπηρεσία, ο τεράστιος όγκος νερού κατέληξε εκεί. Οπότε για αυτό και πρέπει να τους τοποθετήσουμε εκεί. Όπως καταλαβαίνουμε, επειδή δεν ξέρουμε μέχρι ποιο ύψος μπορεί να φτάσει το νερό, αυτό που πρέπει να γίνει είναι να τοποθετηθούν διάφοροι αισθητήρες ο ένας πάνω στον άλλον. Είναι αποδεδειγμένο από έρευνες ότι ο πρώτος αισθητήρας ύψους στάθμης νερού που πρέπει να τοποθετηθεί είναι στο μισό μέτρο. Ο λόγος που ισχύει αυτό, είναι επειδή στο μισό μέτρο μπορούν να συμβούν δύο πράγματα: πρώτον να παρασυρθεί ο άνθρωπος και δεύτερον να παρασυρθεί η ρόδα ενός αυτοκινήτου, οπότε και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει μεγάλος κίνδυνος. Στην συνέχεια, πρέπει να τοποθετηθούν επιπλέον αισθητήρες πάνω από αυτόν και αναλόγως το πόσο ανεβαίνει το νερό, να δηλώσουμε ότι υπάρχει ο αντίστοιχος κίνδυνος κάθε φορά εφόσον ξεπεράσει κάποιες συγκεκριμένες τιμές σε εκατοστά. Η πληροφορία αυτή ουσιαστικά θα στέλνεται σαν σήμα κινδύνου σε έναν σταθμό βάσης. Στη θέση αυτών των αισθητήρων εμείς έχουμε χρησιμοποιήσει τον water level sensor που είχαμε αναφέρει σε προηγούμενη υποενότητα. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι για να πούμε με ακρίβεια πόσοι αισθητήρες πρέπει να τοποθετηθούν και πόσο ακριβώς πρέπει να απέχουν ο ένας από τον άλλον χρειάζεται ολόκληρη έρευνα για μια τέτοια απάντηση.

Μετεωρολογικός σταθμός: Ο μετεωρολογικός σταθμός πρέπει επίσης να τοποθετηθεί στην κορυφή του βουνού. Για την ακρίβεια, θεωρείται ορθό να τοποθετηθεί δίπλα από το βροχόμετρο. Αξίζει να σημειωθεί, ότι για να πούμε με ακρίβεια σε ποιο σημείο του βουνού θα τοποθετηθεί χρειάζεται μεγάλη χωροταξική μελέτη, οπότε για αυτό τον λόγο δεν δηλώνουμε το σημείο με απόλυτη σιγουριά. Ωστόσο, ο λόγος που πρέπει να τοποθετηθεί και αυτός στην κορυφή του βουνού είναι αντίστοιχος με τον λόγο που αναφέραμε και για το βροχόμετρο. Δηλαδή στην ουσία, εφόσον είναι τοποθετημένος στο μέγιστο σημείο, θα υπάρχει η δυνατότητα να «παρακολουθεί»

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

ολόκληρη την περιοχή. Πιο συγκεκριμένα, θα μετράει θερμοκρασία, υγρασία, πίεση καθώς και ταχύτητα ανέμου. Γενικά, ένας μετεωρολογικός σταθμός αρκεί για την περίπτωση της Μάνδρας. Στην υλοποίηση που προτείνουμε εμείς ουσιαστικά δεν έχουμε ολοκληρωμένο μετεωρολογικό σταθμό λόγω του ότι δεν μετράμε όλα τα απαραίτητα φυσικά μεγέθη, αλλά έχουμε έναν σταθμό παρακολούθησης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο στη θέση αυτού σε μικρή κλίμακα.

Καταγραφική μονάδα για συλλογή και αποστολή δεδομένων: Θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυτή η καταγραφική μονάδα αντικαθιστά τον μικροελεγκτή μας Arduino, εφόσον μιλάμε για συλλογή και αποστολή δεδομένων. Αυτή η καταγραφική μονάδα έχει το ρόλο της πύλης (gateway), για αυτό κιόλας το συσχετίζουμε με το Arduino.

Λογισμικό διαχείρισης δεδομένων: Στην δική μας περίπτωση χρησιμοποιήσαμε την πλατφόρμα Node-red για την διαχείριση των δεδομένων μας. Στην περίπτωση της Μάνδρας, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο λογισμικό το οποίο να μπορεί να διαχειρίζεται με αρκετά γρήγορη ταχύτητα τα δεδομένα (εφόσον μιλάμε για μια επείγουσα περίπτωση) αλλά και ίσως μεγάλο όγκο δεδομένων, στην περίπτωση που είναι αναγκαίο. Επίσης, θα πρέπει να είναι γενικά αρκετά ασφαλής ώστε να μην υπάρχει κλοπή των δεδομένων.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να σημειώσουμε ότι στην ουσία η υλοποίηση που προτείνουμε εμείς είναι παρόμοια με εκείνες που προτείνουν οι εταιρείες. Για παράδειγμα η εταιρία stormsensor (<https://www.stormsensor.io/>) για συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης πλημμύρας προτείνει αντίστοιχους αισθητήρες και πρωτόκολλο LoRa σαν τεχνολογική λύση για την ασύρματη μετάδοση δεδομένων για την παρακολούθησή τους σε πραγματικό χρόνο. Αντίστοιχα και εμείς, χρησιμοποιήσαμε την ίδια τεχνολογική λύση για την παρακολούθηση δεδομένων στην πλατφόρμα Node-red σε πραγματικό χρόνο αλλά με αισθητήρες οι οποίοι αρμόζουν στη δική μας κλίμακα. Ουσιαστικά, η υλοποίηση που προτείνουμε στην παρούσα εργασία, σχετίζεται με την τηλεμετρία των δεδομένων, όπως αντίστοιχα ασχολούνται εταιρίες με την ίδια διαδικασία.

Όπως καταλαβαίνουμε, όλες οι έννοιες που αναφέραμε και στην εισαγωγή αλλά και στα υπόλοιπα κεφάλαια της παρούσας εργασίας, δηλαδή τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, το Διαδίκτυο των Αντικειμένων καθώς και οι LPWAN τεχνολογίες (πιο συγκεκριμένα η LoRa τεχνολογική λύση) χρησιμοποιούνται στην περίπτωση του φαινομένου της Μάνδρας Αττικής. Πιο συγκεκριμένα: όλοι οι αισθητήρες μαζί που ΠΑΔΑ, Τμήμα Η& ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Αλέξανδρος Καρυστινός

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

αναφέραμε (ύψους στάθμης νερού, βροχόμετρο, μετεωρολογικός σταθμός) εφόσον στηθούν με κατάλληλο τρόπο και είναι σωστός ο αριθμός αυτών, αποτελούν ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων. Στη συνέχεια, «εμπλέκεται» και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, εφόσον υπάρχει μια καταγραφική μονάδα η οποία συλλέγει και στέλνει τα δεδομένα στο λογισμικό διαχείρισης δεδομένων και από εκεί σε έναν σταθμό βάσης (άρα υπάρχει επικοινωνία μεταξύ συσκευών) και οι LPWAN τεχνολογίες εμπλέκονται σε αυτήν ακριβώς την διαδικασία (της αποστολής των δεδομένων) που μπορούν να γίνουν με τη βοήθεια της LoRa τεχνολογικής λύσης (αλλά και όχι μόνο). Οπότε στην ουσία, όλες αυτές τις έννοιες αξιοποιούνται σαν «εργαλεία» στην περίπτωση μας αλλά και γενικά σε τέτοιου είδους συστήματα.

3.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία, προτείναμε την υλοποίηση μιας διάταξης, για την ακρίβεια έναν σταθμό παρακολούθησης δεδομένων, ο οποίος αφορά τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο. Οι δύο στόχοι που επιτεύχθηκαν, ήταν να μας έρθει ειδοποίηση είτε σε email είτε στην πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιήσαμε ότι υπάρχει κίνδυνος την στιγμή όπου η στάθμη του νερού ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή και να παρακολουθήσουμε τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο παρατηρώντας τα γραφικά. Αυτό το καταφέραμε χρησιμοποιώντας δύο αισθητήρες και δύο Dragino Shields συνδεδεμένα πάνα σε δύο Arduino Uno όσον αφορά επίπεδο εξαρτημάτων (Hardware) και χρησιμοποιώντας το Διαδίκτυο των Αντικειμένων, τις LPWAN τεχνολογίες και πιο συγκεκριμένα την τεχνολογική λύση LoRa, καθώς και τους δύο κώδικες του Arduino Uno όσον αφορά το επίπεδο λογισμικού (Software). Εφόσον το υλοποιήσαμε αυτό, αναφέραμε πώς ένα αντίστοιχο σύστημα (σε αληθινή κλίμακα) θα μπορούσε να στηθεί στην περίπτωση του φαινομένου της Μάνδρας Αττικής εφόσον πήραμε σαν περιπτωσιολογική μελέτη αυτό το φαινόμενο. Τέλος, αυτό που συμπαιράναμε είναι ότι και στην δική μας περίπτωση που προτείνουμε αυτή τη διάταξη αλλά και σε εταιρείες που ασχολούνται με τέτοιου είδους συστήματα, τα «εργαλεία» που χρησιμοποιούνται είναι παρόμοια με τα δικά μας, απλά σε περιπτώσεις που συμβαδίζουν με πραγματικούς κινδύνους.

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ARDUINO

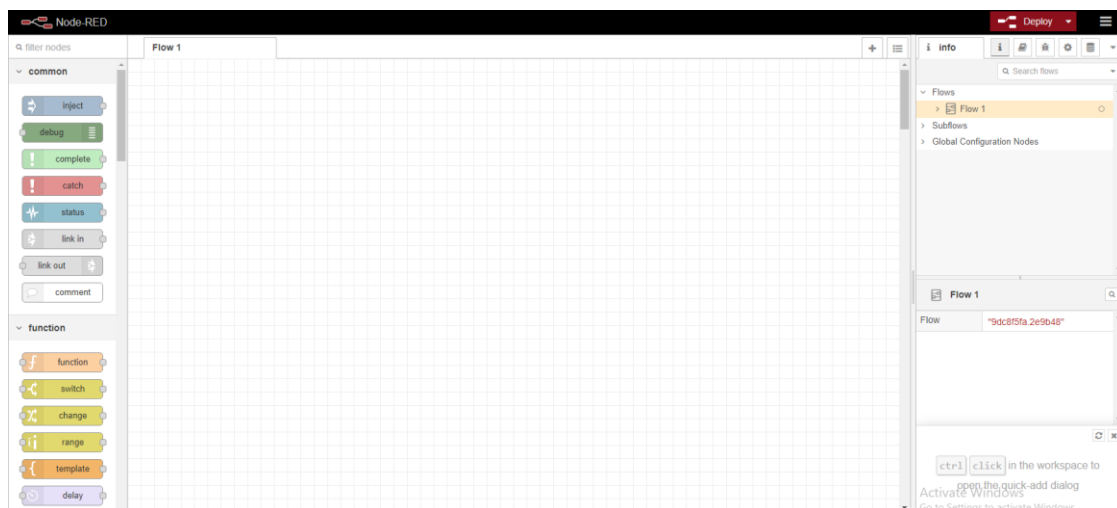
- Υπάρχουν τα shields τα οποία είναι ουσιαστικά κάρτες που μπορούν να συνδεθούν πάνω από το PCB (printed circuit board) του Arduino επεκτείνοντας τις δυνατότητές του. Τα shields είναι γενικά εύκολο να τοποθετηθούν και είναι και αρκετά οικονομικά στην παραγωγή [52].
- Το λογισμικό που χρειάζεται για να προγραμματίσουμε το Arduino (οποιοδήποτε φυσικά, όχι μόνο το UNO) είναι το Arduino IDE. Σε αυτό το περιβάλλον ο χρήστης προγραμματίζει σε γλώσσα C/C++, τον οποίο τον μεταγλωττίζει και τον μεταμορφώνει στη μονάδα του [52].
- Μπορεί να λειτουργήσει με ρεύμα από τη θύρα USB του υπολογιστή ή και με αυτόνομη παροχή ρεύματος από μπαταρία. Η έξοδος του Arduino είναι σταθερή και ίση με 5 V [52].
- Μπορεί να πραγματοποιηθεί και παροχή ρεύματος στη μονάδα από εξωτερική πηγή, η οποία δέχεται τροφοδοσία από εξωτερικό βύσμα που είναι ίση με 7 V έως 12 V ώστε να μπορεί να λειτουργήσει και να δώσει σταθερά στην έξοδο 5 V [52].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ NODE-RED

Στην πλατφόρμα Node-red υπάρχει και η επιλογή χειρόγραφου κώδικα σε κάποια από τα nodes ο οποίος κώδικας ουσιαστικά δίνει κάποιες παραπάνω δυνατότητες (προγραμματιστικά) στο σύστημα το οποίο θέλουμε να προγραμματίσουμε. Ο κώδικας αυτός γράφεται σε γλώσσα Javascript [55].

Υπάρχουν πολλών ειδών nodes, καθένα από τα οποία εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία. Οι ροές που αναφέραμε πιο πάνω, ουσιαστικά δημιουργούνται ως εξής: ένας κόμβος (node) δέχεται κάποια δεδομένα, τα επεξεργάζεται και τα στέλνει στον επόμενο ο οποίος κάνει ακριβώς το ίδιο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ροές. Πρακτικά, είναι επικοινωνία μεταξύ κόμβων. Μια από τις βασικές δυνατότητες που έχει το Node-red είναι ότι μπορεί να διασυνδέσει εύκολα μεταξύ τους APIS (application interfaces) και διαδικτυακές υπηρεσίες (πέρα από συσκευές) [55]. Παρακάτω φαίνεται μια εικόνα του γραφικού περιβάλλοντος node-red:



Εικόνα 21: πλατφόρμα node-red

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

Όπως φαίνεται από την εικόνα υπάρχουν στα αριστερά οι κόμβοι (nodes) που είχαμε αναφέρει. Οι πιο «βασικοί-γνωστοί» από αυτούς είναι οι εξής: α) inject, β)function και γ)debug. Ο πρώτος ουσιαστικά εισάγει μια μεταβλητή στην ροή, ο δεύτερος εκτελεί μια συγκεκριμένη διαδικασία (είναι ο κόμβος που μπορούμε να γράψουμε κώδικα Javascript) και ο τελευταίος στην ουσία τυπώνει ένα μήνυμα το οποίο φαίνεται στην οθόνη μας. Πάνω δεξιά φαίνεται η εντολή «deploy». Η εντολή αυτή ουσιαστικά εκτελεί όλη τη διαδικασία που πραγματοποιείται στο Node-red. Πρακτικά, κάνει «run» το πρόγραμμα [55].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Γενικά στους κώδικες, το νόημα είναι πώς λειτουργεί η επικοινωνία μεταξύ sensory node και gateway με τη βοήθεια της τεχνολογικής λύσης LoRa. Χρησιμοποιούνται κάποιες βιβλιοθήκες που είναι βοηθητικές (είτε για τους αισθητήρες είτε για άλλους λόγους). Επίσης και οι δύο κώδικες αποτελούνται από τις συναρτήσεις «void setup» και «void loop», όπου στην πρώτη ορίζονται οι βασικές παράμετροι και στην δεύτερη οι εντολές που έχουν να κάνουν με επανάληψη. Δίπλα από κάθε εντολή υπάρχουν επεξηγηματικά σχόλια, ώστε να προσανατολιστεί ο αναγνώστης για τις διεργασίες που εκτελεί κάθε εντολή. Παρακάτω, φαίνονται οι δύο κώδικες αναλυτικά.

Κώδικας sensory node:

```
#include "DHT.h" // χρησιμοποιούμε την βιβλιοθήκη DHT.h λόγω του αισθητήρα DHT22

#define DHTPIN 4 // ορίζουμε το pin στο οποίο συνδέουμε τον αισθητήρα DHT22

#define DHTTYPE DHT22 // ορίζουμε τον τύπο του αισθητήρα DHT

#include <SPI.h> //χρησιμοποιούμε την βιβλιοθήκη SPI

#include <RH_RF95.h> //χρησιμοποιούμε την βιβλιοθήκη RH_RF95.h

RH_RF95 rf95; // εκκίνηση της βιβλιοθήκης RH_RF95.h

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // με την εντολή αυτή δηλώνουμε στην ουσία ότι το pin του αισθητήρα είναι τύπου DHT

const int waterSensor = A0; //ορίζουμε το pin στο οποίο συνδέουμε τον αισθητήρα ύψους στάθμης νερού

int waterValue = 0; // αρχικοποιούμε την στάθμη

int cmwaterValue = 0; // την αρχικοποιούμε πάλι αλλά συγκεκριμένα σε cm (centimeter)

void setup() { //εκκίνηση εντολών κυρίως κώδικα

  Serial.begin(115200); // εκκίνηση σειριακής θύρας με τον συγκεκριμένο ρυθμό συμβόλων
```

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

```
dht.begin(); // εκκίνηση του αισθητήρα

if (!rf95.init()) // αν δεν είναι διαθέσιμη η βιβλιοθήκη rf95

    Serial.println("init failed");// δεν βρέθηκε κίνηση του πομποδέκτη LoRa

rf95.setFrequency(868.0); // συχνότητα λειτουργίας του πομποδέκτη LoRa

}

void loop() { //έναρξη εντολών επανάληψης

    float h = dht.readHumidity(); // ορίζουμε την υγρασία

    float t = dht.readTemperature(); // ορίζουμε την θερμοκρασία

    int waterValue = analogRead(waterSensor); // δηλώνουμε την μεταβλητή του νερού
    και την διαβάζουμε με έναν αισθητήρα μέσω ενός αναλογικού pin του Arduino

    cmwaterValue = map(waterValue, 0, 1023, 0, 40); //αντιστοιχίζουμε το ελάχιστο και
    το μέγιστο της μεταβλητής waterValue με τα ελάχιστα και μέγιστα bytes(0 με 0 και
    40 με 1023)

    //Serial.println(cmwaterValue);

    if (isnan(h) || isnan(t)) { // αν δεν υπάρχει μέτρηση είτε της θερμοκρασίας είτε της
    υγρασίας

        Serial.println("Failed to read from DHT sensor!"); // δεν υπάρχει η δυνατότητα να
        διαβαστούν δεδομένα από τον αισθητήρα

        return; //επιστρέφουμε την τιμή 0

    }

    Serial.print("Humidity: "); // τυπώνουμε την λέξη Humidity

    Serial.print(h); // τυπώνουμε την τιμή της υγρασίας

    Serial.print(" %\t"); // σε ποσοστό επί τις %

    Serial.print("Temperature: "); // τυπώνουμε την λέξη Temperature
```

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

```
Serial.print(t); τυπώνουμε την τιμή της θερμοκρασίας

Serial.println(" *C "); // σε βαθμούς κελσίου

Serial.print("this is water depth: "); // τυπώνουμε το μήνυμα this is water depth

Serial.print(cmwaterValue); // τυπώνουμε την τιμή του ύψους στάθμης νερού

Serial.println("cm"); // σε cm

String data = String(h) + "-" + String(t)+ "-" +String(cmwaterValue); // με αυτό τον
τρόπο "ξεχωρίζουμε" τα δεδομένα σαν τρία διαφορετικά

int dataLength = data.length(); // ορίζουμε το μήκος που θα έχουν τα δεδομένα

dataLength++; //αυξάνουμε το μήκος κατά 1

uint8_t total[dataLength];// το uint8_t είναι ένας ακέραιος αριθμός μήκους 1 byte

data.toCharArray(total, dataLength); //αντιγράφει τους χαρακτήρες του String που
αναφέραμε πιο πάνω στο περιεχόμενο του buffer

Serial.println(data); //τυπώνουμε τα δεδομένα string

rf95.send(total, dataLength); // με την εντολή αυτή στέλνουμε τα δεδομένα

rf95.waitPacketSent(); // πραγματοποιείται μια αναμονή μέχρι να σταλούν τα
πακέτα

}

//uint8_t buf[RH_RF95_MAX_MESSAGE_LEN]; // μέσα στον buffer έχουμε το
μέγιστο μήκος μηνυμάτων

//uint8_t len = sizeof(buf); //ορίζουμε το μέγεθος του buffer

//if (rf95.waitAvailableTimeout(500)) // αναμονή 500 ms να επιβεβαιώσουμε ότι ο
server είναι διαθέσιμος

//{{

// περιμένουμε κάποια απάντηση από τον gateway node

//if (rf95.recv(buf, &len)) //αν ο server λαμβάνει μηνύματα
```

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

```
// {  
  
    //Serial.print("got reply: "); //απαντάει στον client το μήνυμα got reply  
  
    //Serial.print("RSSI: "); //τυπώνεται η λέξη RSSI  
  
    //Serial.println(rf95.lastRssi(), DEC); //τυπώνεται η τιμή του δείκτη RSSI  
  
    //delay(10000); // πραγματοποιείται μια καθυστέρηση 10 δευτερολέπτων για την  
    επόμενη εκπομπή  
  
    //}  
  
    //}  
  
    //}
```

Σημείωση:

Οι τελευταίες εντολές είναι σαν σχόλια, γιατί στην περίπτωσή μας το Dragino που λειτουργεί ως gateway (server) δεν στέλνει RSSI στο άλλο Dragino. Όμως καλό είναι να αναφέρουμε και το τμήμα του κώδικα στην περίπτωση που περιμένουμε κάποια απάντηση.

Κώδικας gateway:

```
#include <SPI.h> //χρησιμοποιούμε την βιβλιοθήκη SPI  
  
#include <RH_RF95.h> //χρησιμοποιούμε την βιβλιοθήκη RH_RF95.h  
  
#include <Wire.h> // χρησιμοποιούμε την βιβλιοθήκη Wire.h  
  
RH_RF95 rf95; // εκκίνηση της βιβλιοθήκης RH_RF95.h  
  
unsigned long int millisBefore; // μεταβλητή μεγέθους που αποθηκεύει αριθμούς και  
32 bits  
  
int turn = 0; // ορίζουμε τον κύκλο λήψης μηνυμάτων  
  
int h, t, cmwaterValue; // ορίζουμε την θερμοκρασία, την υγρασία και το ύψος  
στάθμης νερού σε cm (centimeter)  
  
void setup() //έναρξη εντολών κυρίως κώδικα
```

ΠΑΔΑ, Τμήμα Η& ΗΜ, Διπλωματική Εργασία, Αλέξανδρος Καρυστινός

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

```
{  
  
  Serial.begin(115200); // ρυθμός συμβόλων  
  
  while (!Serial) ; // περιμένουμε να γίνει διαθέσιμη η σειριακή πόρτα  
  
  if (!rf95.init()) // αν δεν είναι διαθέσιμη η βιβλιοθήκη rf95  
  
    Serial.println("init failed"); // δεν βρέθηκε κίνηση του πομποδέκτη LoRa  
  
  rf95.setFrequency(868.0); // συχνότητα λειτουργίας του LoRa  
  
}  
  
void loop() //έναρξη εντολών επανάληψης  
  
{  
  
  uint8_t buf[RH_RF95_MAX_MESSAGE_LEN]; //ως περιεχόμενο του buffer  
  έχουμε το μέγιστο μήκος μηνυμάτων  
  
  uint8_t len = sizeof(buf); // ορίζουμε το μέγεθος του buffer  
  
  if (rf95.waitForAvailable(500)) // αναμονή 500 ms για να επιβεβαιώσουμε ότι ο  
  client (sensory node) είναι διαθέσιμος  
  
  {  
  
    if (rf95.recv(buf, &len)) // αν λαμβάνει μηνύματα ο client  
  
    {  
  
      String dataTotal = (char*)buf; //ορίζουμε ένα σύνολο δεδομένων από string  
      χαρακτήρες  
  
      Serial.println(dataTotal); //τυπώνουμε την τιμή της μεταβλητής dataTotal  
  
      explode(dataTotal); // η συνάρτηση explode ξεχωρίζει τα δεδομένα από τις  
      παύλες  
  
    }  
  
    else  
  
    {  
  
      Serial.println("recv failed"); //τυπώνεται μήνυμα σφάλματος στον δέκτη
```


Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

```
    }  
    }  
    }  
void explode(String req) { //καλείται η συνάρτηση explode  
    char str[20]; //στο άγκυστρο μέσα είναι το μήκος των string χαρακτήρων  
    req.toCharArray(str, 20); // αντιγράφει τους χαρακτήρες του String που αναφέραμε  
    πιο πάνω στο περιεχόμενο του buffer  
    char * pch; // pch είναι μια μεταβλητή που μετράει τα ληφθέντα δεδομένα  
    pch = strtok (str, "-"); // η συνάρτηση strtok στην ουσία τοποθετεί τις τιμές την μία  
    κάτω από την άλλη  
    while (pch != NULL) // καθώς η μεταβλητή pch είναι κενή  
    {  
        String sementara = pch; // εκχωρούμε τον μετρητή pch στην μεταβλητή sementara  
        η οποία βοηθάει στην μετατροπή από κωδικοποιημένη μορφή σε πραγματικό αριθμό  
        turn++; //αυξάνουμε την μεταβλητή turn κατά 1  
        if (turn == 1) { //αν επιστρέφουμε τον αριθμό 1  
            Serial.println(h); //τυπώνουμε την τιμή της υγρασίας  
            h = sementara.toFloat(); // μετατροπή από κωδικοποιημένη υγρασία σε  
            πραγματικό αριθμό  
        }  
        if (turn == 2) { //αν επιστρέφουμε τον αριθμό 2  
            Serial.println(t); //τυπώνουμε την τιμή της θερμοκρασίας  
            t = sementara.toFloat(); // μετατροπή από κωδικοποιημένη θερμοκρασία σε  
            πραγματικό αριθμό  
        }  
    }  
}
```

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

```
if (turn ==3) { //αν επιστρέφουμε τον αριθμό 3

    Serial.println(cmwaterValue); //τυπώνουμε την τιμή του ύψους στάθμης νερού

    cmwaterValue = sementara.toFloat(); // μετατροπή από κωδικοποιημένη τιμή
    ύψους στάθμης νερού σε πραγματικό αριθμό

}

    pch = strtok (NULL, "-"); //πραγματοποιείται η λειτουργία της συνάρτησης strtok
και εκχωρείται στην μεταβλητή pch

    delay(100); // πραγματοποιείται καθυστέρηση 100 ms

}

Serial.println("humidity: "); //τυπώνουμε την λέξη humidity

Serial.println(h); //τυπώνουμε την τιμή της υγρασίας

delay(5000); // βάζουμε καθυστέρηση 5000 ms για να ξεχωρίσει το Node-red τα
δεδομένα από το Arduino

Serial.println("temperature: "); //τυπώνουμε την λέξη temperature

Serial.println(t); //τυπώνουμε την τιμή της θερμοκρασίας

delay(5000); //πραγματοποιείται καθυστέρηση 5000 ms

Serial.println("this is the water level: "); //τυπώνουμε το μήνυμα this is the water
level

Serial.println(cmwaterValue); //τυπώνουμε την τιμή του ύψους στάθμης νερού

delay(5000); //πραγματοποιείται καθυστέρηση 5000 ms

Serial.println("RSSI: "); //τυπώνουμε την λέξη RSSI

Serial.println(rf95.lastRssi(), DEC); //τυπώνουμε την τιμή του δείκτη RSSI

delay(5000); //πραγματοποιείται καθυστέρηση 5000 ms

String data = String(h) + "," + String(t) + "," + String(cmwaterValue) + "," +
String(rf95.lastRssi(),DEC) + "\n"; // με αυτό τον τρόπο "ξεχωρίζουμε" τα δεδομένα
σαν τρία διαφορετικά
```

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο

```
//Serial.println(data); //τυπώνουμε αυτά τα δεδομένα
```

```
delay(5000); // πραγματοποιείται μια καθυστέρηση 5 s για την επόμενη εκπομπή
```

```
turn = 0; //επιστρέφουμε την τιμή 0
```

```
}
```

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] GEORGIOS SARIGIANNIS The Use of a CPS (Cyber-Physical System) to Monitor and Alert in Disasters Management- Case Study: Mandra, Attica
<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2780723/theFile>

[2] <http://www.apel.ee.upatras.gr/pk/dipl/AndreouCh/2011-Andreou-PPT.pdf>

[3] Καλπουζάνης Γεώργιος, «Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων στους αυτοματισμούς των έξυπνων κατοικιών» <http://estia.hua.gr/file/lib/default/data/19971/theFile>

[4] Γεώργιος Ν. Μπράβος, «Μελέτη προσαρμοστικών τεχνικών μετάδοσης πληροφορίας σε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων»
<https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/2687/Bravos.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

[5]
<https://medialysis.net/2016/05/03/%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%84%CE%BF-%CE%BC%CE%AD%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD-%CE%B5/>

[6] <https://www.megaratv.gr/metonomasia-dimou-mandras-eydyllias-erythron/>

[7] Τασιόπουλος Ηλίας, «Σύστημα πρόληψης και προειδοποίησης στην διαχείριση πυρκαγιών»
<https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/12865/1/%ce%94%ce%b9%cf%80%ce%bb%cf%89%ce%bc%ce%b1%cf%84%ce%b9%ce%ba%ce%ae%20%ce%b5%cf%81%ce%b3%ce%b1%cf%83%ce%af%ce%b1%20%ce%a4%ce%b1%cf%83%cf%83%cf%8c%cf%80%ce%bf%cf%85%ce%bb%ce%bf%cf%82%20%ce%97%ce%bb%ce%af%ce%b1%cf%82.pdf>

[8] <http://okeanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/4840>

[9] Μιράντα Δανουλάκη, «πολιτική προστασία και αυτοδιοίκηση»
<https://www.eetaa.gr/ekdoseis/pdf/137.pdf>

[10] Ερευνητική εργασία «επικινδυνότητα πλημμύρας κα αστική ανθεκτικότητας»
http://ikee.lib.auth.gr/record/325100/files/LITSIOYTZENH881_EE.pdf

[11] Μιράντα Δανδουλάκη, «Κίνδυνοι και Καταστροφές»
file:///C:/Users/Alex/Downloads/00_master_document_9_16-KOY.pdf

[12] Παναγιώτα Καραμούστου, «Συστήματα Έγκαιρης Προειδοποίησης για ξαφνικές πλημμύρες – Η περίπτωση της Μάνδρας, Αττικής»
https://www.researchgate.net/publication/346548616_Systemata_Enkaires_Proeidopoeses_gia_xaphnikes_plemmyres_-_E_periptose_tes_Mandras_Attikes

[13]
https://floods.ypeka.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=500

<http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/7250/%ce%91%ce%a0%ce%9f%ce%9c%ce%91%ce%9a%ce%a1%ce%a5%ce%a3%ce%9c%ce%95%ce%9d%ce%9f%ce%a3%20%ce%95%ce%9b%ce%95%ce%93%ce%a7%ce%9f%ce%a3%20%ce%9c%ce%95%20%ce%a7%ce%a1%ce%97%ce%a3%ce%97%20%ce%a4%ce%95%ce%a7%ce%9d%ce%9f%ce%9b%ce%9f%ce%93%ce%99%ce%91%ce%a3%20GSM%20%20AND%20%20WIFI..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[26] <https://www.techwalla.com/articles/the-advantages-and-disadvantages-of-gsm>

[27] Nikolaos Tsavalos & Ahmad Abu Hashem, Low Power Wide Area Network (LPWAN) Technologies for Industrial IoT Applications <https://www.eit.lth.se/sprapport.php?uid=1134>

[28] <https://www.sigfox.com/en>

[29] Arrizky Ayu Faradila Purnama, «SigFox-based Internet of Things Network Planning for Advanced Metering Infrastructure Services in Urban Scenario» <https://sci-hub.se/https://ieeexplore.ieee.org/document/9172022>

[30] <https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/advantages-and-disadvantages-of-Sigfox-wireless-technology.html>

[31] <https://www.ursalink.com/en/blog/china-drives-cellular-iot-adoption-nbiot/>

[32] <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-NB-IoT.html>

[33] <https://devopedia.org/lora>

[34] 1st Dania Eridani, 2nd Eko Didik Widiyanto, 3rd Richard Dwi Olympus Augustinus, 4th Al Arthur Faizal, «Monitoring System in Lora Network Architecture using Smart Gateway in Simple LoRa Protocol» <https://sci-hub.se/https://ieeexplore.ieee.org/document/9034612>

[35] <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-Lora-or-LoRaWAN.html>

[36] <https://developer.bosch-iot-suite.com/iot-devices-zigbee/>

[37] Hameed Madwar, «The design and evaluation of Wireless Sensor Networks for applications in industrial locations» <https://scholarworks.uni.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1508&context=etd>

[38] <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-zigbee.html>

[39] <https://www.avsystem.com/blog/LTE-M/>

[40] Αγγελής Αλέξανδρος, «Δημιουργία LTE σεναρίων με το λογισμικό προσομοίωσης ns3» http://eureka.teithe.gr/jspui/bitstream/123456789/10668/1/Angelis_Alexandros.pdf

[41] <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-LTE-M.html>

[42] Kais Mekki, Eddy Bajic, Frederic Chaxel, Fernand Meyer, «A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment» https://www.researchgate.net/publication/322018958_A_comparative_study_of_LPWAN_technologies_for_large-scale_IoT_deployment

[43] <https://mqtt.org/>

[44] <https://www.doomster.eu/thoughts/mqtt-ti-einai-kai-poy-xrisimopoieitai/>

[45] Γρηγόριος Κουλούρας Διαδίκτυο των Πραγμάτων 6η Διάλεξη «Το πρωτόκολλο επικοινωνίας MQTT»

[46] <https://www.opc-router.com/what-is-mqtt/>

[47] Μπανάτσας Χρίστος, «Εφαρμογή Android για εύρεση και βαθμολογία παιδότοπων» <https://people.iee.ihu.gr/~euclid/temp/ptixiaki%20Mpanatsas.pdf>

[48] <https://ardubotics.eu/en/sensors/528-water-level-sensor-depth-of-detection-water-sensor-for-arduino.html>

[49] <https://www.nyerekatech.com/shop/dht22-digital-temperature-humidity-sensor-module/>

[50] <https://learnelectronics.gr/%CE%BC%CE%AD%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%85%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82-%CE%BC%CE%B5-%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82-dht11-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-dht22/>

[51] <https://www.hellasdigital.gr/go-create/arduino/arduino-uno-r3-atmega328p-board-dip-version/>

[52] Νούσης Βασίλης, «Arduino για αρχάριους» <http://3gym-igoum.thesp.sch.gr/images/Arduino/book.pdf>

[53] <https://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/5029>

[54] https://wiki.dragino.com/index.php?title=File:Lora_Shield_v1.4.jpg

[55] Ευάγγελος Τσιάτσιος, «Το RESTful παράδειγμα αρχιτεκτονικής σε εφαρμογές Διαδικτύου Αντικειμένων (IoT): Σύνθεση υπηρεσιών με την χρήση Node-RED» <https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/11383/1/%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7%20%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B1%20-%20%CE%95%CF%85%CE%B1%CE%B3%CE%B3%CE%B5%CE%BB%CE%BF%CF%82%20%CE%A4%CF%83%CE%B9%CE%B1%CF%84%CF%83%CE%B9%CE%BF%CF%82%20-%20227945.pdf>