Διερεύνηση της δυνατότητας διασύνδεσης κτηνοτροφικών ζωών με το διαδίκτυο των πραγμάτων

Κωνσταντίνος Ιωάννου
Εντεταλμένος Ερευνητής, ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Email:
Email:ioanko@elgo.gr

Περίληψη

Το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things – IoT), δηλαδή η δυνατότητα διασύνδεσης στο διαδίκτυο κάθε είδους συσκευής είναι μια πραγματικότητα διαρκώς επεκτεινόμενη τα τελευταία χρόνια κυρίως λόγο της μείωσης του κόστους των συσκευών και της υιοθέτησης των νέων δικτύων πέμπτης γενιάς (5G) τα οποία επιτρέπουν την ταυτόχρονη διασύνδεση και ανταλλαγή πληροφοριών από πολλές συσκευές. Πρόκειται για μια ταχέως αναπτυσσόμενη βιομηχανία, με δισεκατομμύρια συσκευές συνδεδεμένες στο διαδίκτυο και ένα συνεχώς διευρυνόμενο φάσμα εφαρμογών και περιπτώσεων χρήσης. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παρακολούθηση της υγείας των κτηνοτροφικών ζώων. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια πειραματική διάταξη η οποία επιτρέπει την συνεχή καταγραφή των καρδιακών παλμών και της θερμοκρασίας κτηνοτροφικών ζώων, την ενημέρωση μια βάσης δεδομένων καθώς και την ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο των χρηστών μέσω μιας ειδικής εφαρμογής για κινητές συσκευές.

Λέξεις κλειδιά: IoT, θερμοκρασία, καρδιακοί παλμοί

Εισαγωγή

Με τον όρο Internet of Things (IoT) αναφερόμαστε στο «Διαδίκτυο των πραγμάτων». Δηλαδή στο δίκτυο φυσικών συσκευών, οχημάτων, οικιακών συσκευών και άλλων αντικειμένων που έχουν ενσωματωμένα ηλεκτρονικά, λογισμικό, αισθητήρες και δυνατότητα επικοινωνίας η οποία τις επιτρέπει στις συσκευές να συνδέονται, να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα (Ioannou et al. 2021). Το IoT επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση, έλεγχο και επικοινωνία αυτών των αντικειμένων μέσω του Διαδικτύου ή άλλων δικτύων. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τις συσκευές μπορούν να αναλυθούν για να εξαχθούν πληροφορίες, να αυτοματοποιηθούν οι διαδικασίες και να βελτιστοποιηθούν οι λειτουργίες. Το IoT έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους, όπως: η υγειονομική περίθαλψη, η γεωργία, η μεταποίηση οι μεταφορές, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα, μειώνοντας το κόστος και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής (Shafiq et al. 2022).

Η ιδέα του IoT χρονολογείται από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, όταν ο Kevin Ashton, επινόησε για πρώτη φορά τον όρο «Internet of Things» (Ashton 2015). Ωστόσο, η ιδέα της σύνδεσης συσκευών και αντικειμένων στο διαδίκτυο υπήρχε από νωρίτερα.

Στις αρχές της δεκαετίας του 2000, άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες συσκευές IoT, όπως έξυπνες συσκευές, συστήματα ασφαλείας και ιατρικές συσκευές. Ωστόσο, το υψηλό κόστος των αισθητήρων και η τεχνολογία συνδεσιμότητας περιόρισε την υιοθέτησή τους (Friedemann and Floerkemeier 2010). Το 2008, η εισαγωγή του IPv6, ενός νέου

πρωτοκόλλου Διαδικτύου που προσέφερε ουσιαστικά απεριόριστο αριθμό διευθύνσεων IP, κατέστησε δυνατή τη σύνδεση σχεδόν απεριόριστου αριθμού συσκευών στο διαδίκτυο, τροφοδοτώντας την ανάπτυξη του IoT (Deering and Hinden 1998). Τα επόμενα χρόνια παρατηρήθηκε άνοδος στις συσκευές και τις εφαρμογές IoT, με εταιρείες όπως η Nest, η Fitbit και η Philips να παρουσιάζουν έξυπνες οικιακές συσκευές και φορητές συσκευές. Το 2011 αναπτύχθηκε το πρώτο πρότυπο IoT, το MQTT, το οποίο επέτρεπε στις συσκευές να επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας μια κοινή γλώσσα (Stanford-Clark and HongLinh 2013). Η έκρηξη των smartphones και των εφαρμογών για κινητά έπαιξε επίσης σημαντικό ρόλο στην προώθηση της ανάπτυξης του IoT, καθώς αυτές οι συσκευές έγιναν πύλη για τον έλεγχο και την αλληλεπίδραση με συσκευές IoT.

Σήμερα, το IoT είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη βιομηχανία, με δισεκατομμύρια συσκευές συνδεδεμένες στο διαδίκτυο και ένα συνεχώς διευρυνόμενο φάσμα εφαρμογών και περιπτώσεων χρήσης. Η τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας, τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής σε διάφορους κλάδους, από την υγειονομική περίθαλψη και τη γεωργία έως την κατασκευή και τις μεταφορές.

Τρόπος εφαρμογής

Το IoT μπορεί να εφαρμοστεί με διάφορους τρόπους ανάλογα με τη συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης και τον κλάδο. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα για το πώς εφαρμόζεται το IoT:

1. Αισθητήρες: Οι συσκευές IoT είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες που μπορούν να ανιχνεύσουν και να μετρήσουν αλλαγές στη θερμοκρασία, την υγρασία, την πίεση, την κίνηση και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο διαφόρων διαδικασιών και εξοπλισμού.
2. Συνδεσιμότητα: Οι συσκευές IoT συνδέονται στο διαδίκτυο ή σε άλλα δίκτυα, δίνοντάς τους τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν δεδομένα και να επικοινωνούν με άλλες συσκευές ή συστήματα.
3. Ανάλυση δεδομένων: Οι συσκευές IoT συλλέγουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων, τα οποία μπορούν να αναλυθούν χρησιμοποιώντας μηχανική μάθηση και άλλα αναλυτικά εργαλεία για την εξαγωγή πληροφοριών, τον εντοπισμό προτύπων και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών.
4. Αυτοματισμός: Οι συσκευές IoT μπορούν να προγραμματιστούν για να εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες ή ενέργειες με βάση προκαθορισμένες συνθήκες ή συμβάντα, μειώνοντας την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση.
5. Απομακρυσμένη παρακολούθηση: Οι συσκευές IoT μπορούν να παρακολουθούνται και να ελέγχονται εξ αποστάσεως, επιτρέποντας ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, προληπτική συντήρηση και ταχύτερους χρόνους απόκρισης σε περίπτωση προβλημάτων ή ανωμαλιών.
6. Cloud Computing: Τα δεδομένα IoT μπορούν να αποθηκευτούν και να υποβληθούν σε επεξεργασία στο cloud, επιτρέποντας επεκτασιμότητα, ευελιξία και εξοικονόμηση κόστους.

Εφαρμογές του IoT στο περιβάλλον την γεωργία και την κτηνοτροφία

Το IoT χρησιμοποιείται στη γεωργία για τη βελτίωση των αποδόσεων των καλλιεργειών, τη μείωση των απορριμμάτων και τη βελτιστοποίηση της χρήσης των πόρων. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα για το πώς εφαρμόζεται το IoT στη γεωργία:

1. Παρακολούθηση εδάφους: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους, των επιπέδων θρεπτικών ουσιών και άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Αυτά τα

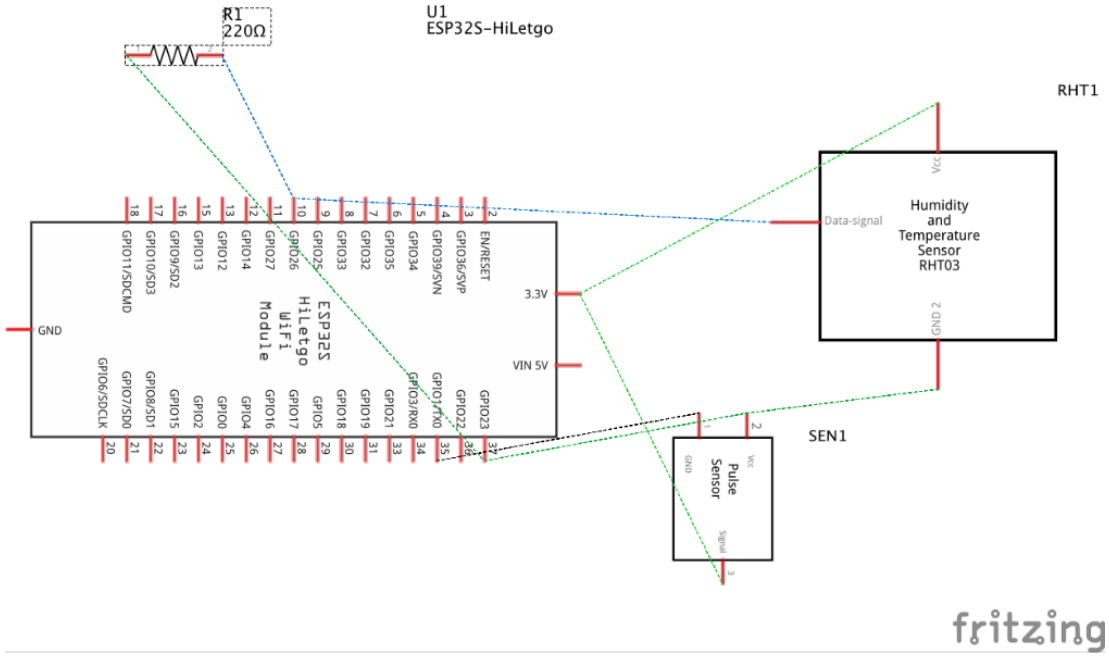
δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση της άρδευσης, την εφαρμογή λίπανσης και άλλων εισροών, με αποτέλεσμα καλύτερες αποδόσεις των καλλιεργειών και μειωμένη χρήση νερού (Ioannou et al. 2021).
2. Παρακολούθηση ζωικού κεφαλαίου: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της υγείας, της θέσης και της συμπεριφοράς των ζώων, επιτρέποντας στους κτηνοτρόφους να ανιχνεύουν και να θεραπεύουν ασθένειες ή τραυματισμούς, να αποτρέπουν απώλειες και να βελτιστοποιούν τη χρήση των ζωοτροφών και του νερού (Ramnath et al. 2017).
3. Παρακολούθηση κλίματος: Οι αισθητήρες IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση καιρικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η βροχόπτωση, επιτρέποντας στους καλλιεργητές να προσαρμόσουν τα προγράμματα φύτευσης και συγκομιδής, να προστατεύσουν τις καλλιέργειες από ζημιές που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες και να βελτιστοποιήσουν τη χρήση των πόρων (Ioannou και συν. 2021).
4. Παρακολούθηση καλλιεργειών: Οι αισθητήρες IoT και τα drones μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της ανάπτυξης των καλλιεργειών, τον εντοπισμό παρασίτων και ασθενειών και τον εντοπισμό περιοχών που χρειάζονται προσοχή. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση της χρήσης φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων, τη μείωση των αποβλήτων και την αύξηση των αποδόσεων (Nukala et al. 2016).
5. Έξυπνη άρδευση: Οι συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση των συστημάτων άρδευσης, με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την υγρασία του εδάφους, τον καιρό και άλλους παράγοντες. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τους καλλιεργητές να κάνουν αποδοτικότερη τη χρήση νερού, να εξοικονομήσουν χρόνο και να βελτιώσουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών (Kansara et al. 2015).
6. Γεωργία Ακριβείας: Τα δεδομένα IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία χαρτών ακριβείας των χωραφιών, δίνοντας τη δυνατότητα να βελτιστοποιηθεί η φύτευση, η λίπανση και άλλες εισροές με βάση τη μεταβλητότητα του εδάφους και άλλους παράγοντες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο κόστος, αυξημένη απόδοση και υψηλότερες αποδόσεις (Madushanki et al. 2019).

Έρευνες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί από κτηνίατρους έχουν υποδείξει ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση της υγείας των ζώων με την καρδιακή λειτουργίας και θερμοκρασίας τους, καθώς αυτές οι μετρήσεις μπορούν με μεγάλη ακρίβεια να διαγνώσουν πιθανές ασθένειες, οίστρο κτλ. Συνεπώς είναι εξαιρετικά σημαντική η παρακολούθηση της καρδιακής λειτουργίας καθώς και της θερμοκρασίας των κτηνοτροφικών ζώων (Indarjulianto et al. 2022; Talmon et al. 2023; Anwar et al. 2020). Στο ιδεατό σενάριο υπάρχει συνεχής καταγραφή των δύο αυτών παραμέτρων και ενημέρωση των κτηνοτρόφων για πιθανές αλλαγές.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε ένα χαμηλού κόστους σύστημα το οποίο μπορεί να προσαρμοστεί σε μεγάλα κτηνοτροφικά ζώα (π.χ. αγελάδες) και να παρακολουθεί τους καρδιακούς παλμούς και την θερμοκρασία του ζώου σε εικοσιτετράωρη βάση. Τα δεδομένα παρακολούθησης αποστέλλονται μέσω του Internet of Things και είναι προσβάσιμα μέσω μια ειδικής εφαρμογής από τον κτηνοτρόφο. Με αυτόν τον τρόπο ο κτηνοτρόφος μπορεί να γνωρίζει σε πραγματικό χρόνο την κατάσταση των ζώων.

Υλικά και Μέθοδοι

Για την υλοποίηση της πειραματικής διάταξης χρησιμοποιήθηκαν, ένα ESP32 της εταιρείας Espressif, ένας αισθητήρας μέτρησης παλμών SEN-11574, ένα αδιάβροχο θερμόμετρο DS18B20 καθώς και ένα powerbank το οποίο τροφοδοτεί την πειραματική διάταξη με ενέργεια.



Εικόνα 1. Η συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε

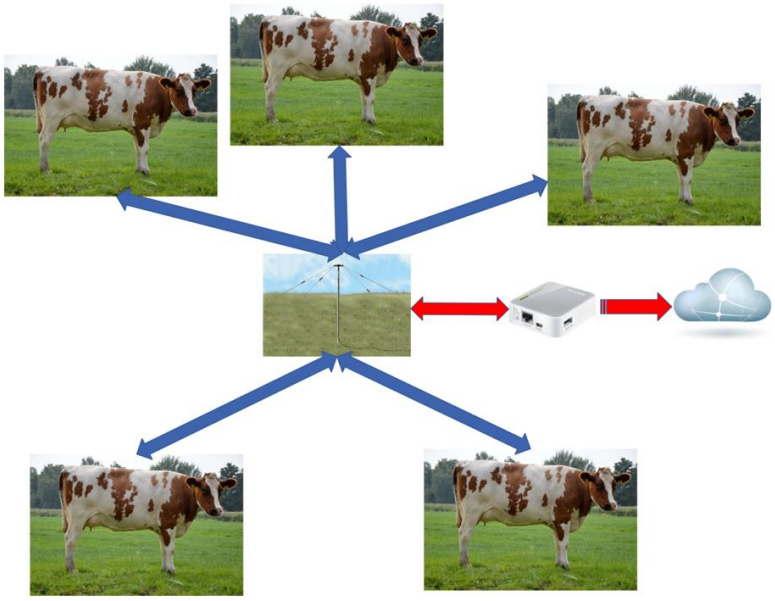
Το σύνολο του πρωτότυπου λογισμικού το οποίο πραγματοποιεί την διαδικασία των μετρήσεων, την σύνδεση του ESP32 με τους αισθητήρες καθώς και την αποστολή των δεδομένων γράφτηκε κάνοντας χρήση του Arduino Integrated Development Board (IDE).

Το ESP32 είναι μια σειρά χαμηλού κόστους SoC (System On a Chip) συστημάτων μικροελεγκτή με ενσωματωμένο Wi-Fi (802.11 b/g/n) και Bluetooth 4.2/BLE ή 5.0 (ανάλογα με το μοντέλο), κατασκευασμένων με τεχνολογία υπερχαμηλής κατανάλωσης. Έχουν σχεδιαστεί για χρήση με κινητές ή φορετές συσκευές (wearables) και εφαρμογές IoT. Διαθέτουν προηγμένα χαρακτηριστικά εξοικονόμησης ενέργειας, όπως λειτουργία ύπνωσης και αφύπνισης υπό συνθήκη, καθώς και δυναμική κλιμάκωση ισχύος του εκπεμπόμενου σήματος, με σκοπό την αντιστάθμιση μεταξύ του εύρους, του ρυθμού δεδομένων και της κατανάλωσης ενέργειας. Το τελευταίο χαρακτηριστικό είναι εξαιρετικά σημαντικό καθώς επιτρέπει την μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και συνεπώς την μεγάλη αυτονομία της διάταξης (Espressif 2020).Το σύνολο των καταγραφόμενων τιμών αποστέλλονται στο (IoT) με την χρήση της εφαρμογής Blynk σε ένα ειδικά κατασκευασμένο user interface.

Ο αισθητήρας SEN-11574 είναι ένας τυπικός αισθητήρας μέτρησης παλμών ο οποίος είναι σε θέση να πραγματοποιεί μετρήσεις με την χρήση μιας οπτικής διάταξης. Οι μετρήσεις του αισθητήρα πρέπει στην συνέχεια να μετατραπούν σε καρδιακούς χτύπους ανά λεπτό (Beats per Second – BPM). Τέλος ο αισθητήρας DS18B20 είναι ένας αδιάβροχος ψηφιακός αισθητήρας θερμοκρασίας με δυνατότητα μετρήσεων σε εύρος από -55°C έως +125°C με ανάλυση 9-12 bits και ακρίβεια ±0.5°C βαθμών.

Τοπολογία Δικτύου

Για το έλεγχο της πειραματικής διάταξης καθώς και την επικοινωνία αυτής με το διαδίκτυο επιλέχθηκε η εφαρμογή της τοπολογίας αστέρα. Στην υλοποίηση αυτή χρησιμοποιήθηκε μια omni directional WiFi 802.11a κεραία υψηλής απολαβής η οποία ήταν συνδεδεμένη πάνω σε ένα 4Grouter. Με τον τρόπο αυτό πετύχαμε μέγιστη εμβέλεια της τάξης του 1 χιλιομέτρου από την θέση εκπομπής και συνεπώς είχαμε μια θεωρητική κάλυψη 775 περίπου στρεμμάτων με την χρήση μια και μοναδικής κεραίας. Η εμβέλεια αυτή μπορεί να αυξηθεί απεριόριστα χρησιμοποιώντας repeater έτσι ώστε να πετύχουμε πλήρη κάλυψη ενός λιβαδιού.

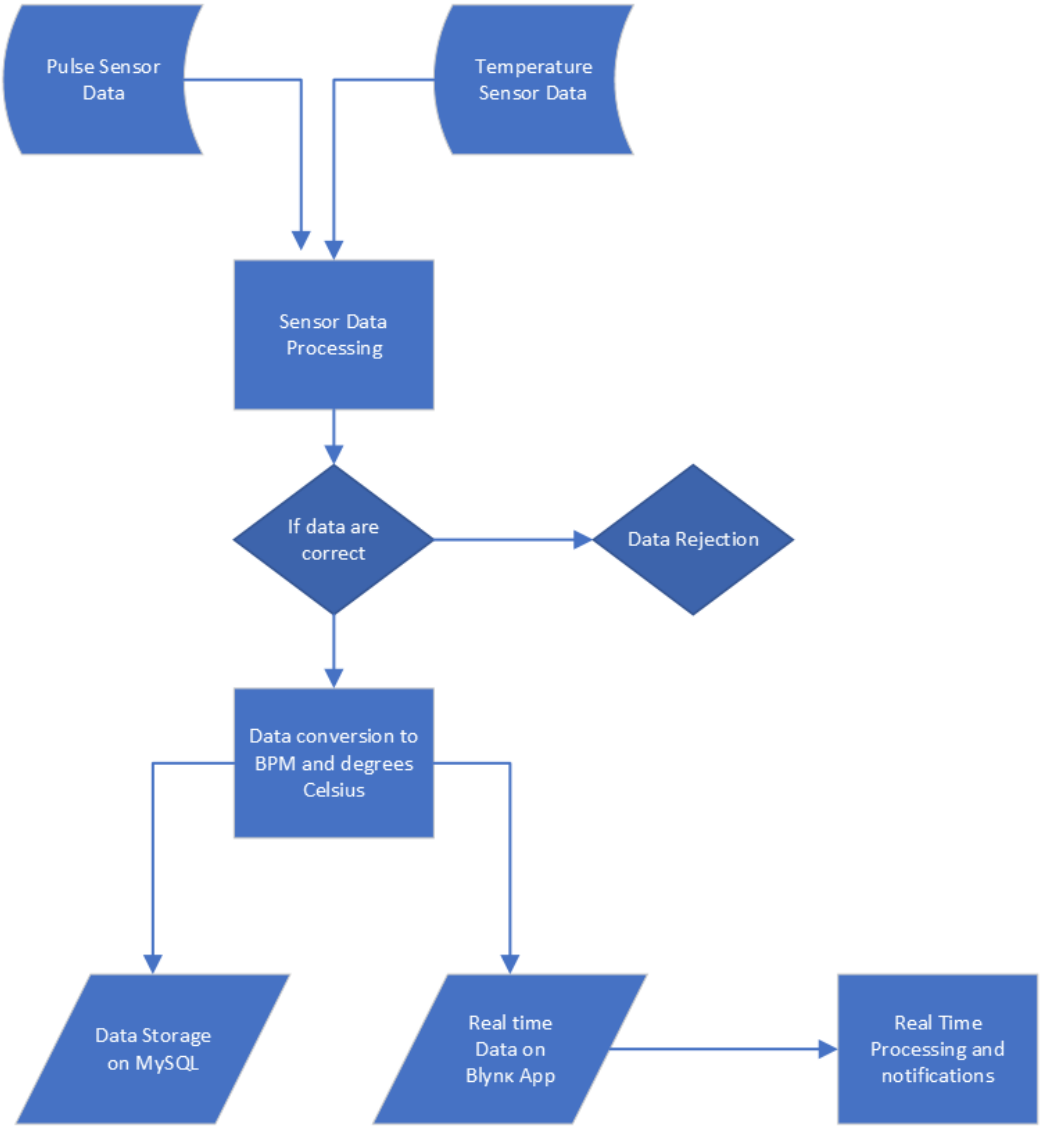


Εικόνα 2. Η προτεινόμενη τοπολογία δικτύου

Ροή πληροφοριών

Τα δεδομένα από τους 2 αισθητήρες μεταφέρονται και επεξεργάζονται στο ESP32 όπου και πραγματοποιείται έλεγχος των μετρήσεων και απόρριψη τιμών οι οποίες είναι εσφαλμένες από λάθος του αισθητήρα. Στην συνέχεια τα δεδομένα αποστέλλονται σε κεντρικό διακομιστή όπου και αποθηκεύονται για κάθε ζώο ξεχωριστά σε μια βάση δεδομένων MySQL. Παράλληλα παρέχεται και η επιπλέον δυνατότητα επιτήρησης σε πραγματικό χρόνο των δεδομένων μετρήσεων κάνοντας χρήση του Internet of Things.

Αναλυτικότερα διαμέσου της εφαρμογής Blynk αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο οι τρέχουσες μετρήσεις κάθε ζώου ενώ παράλληλα μπορούν να οριστούν όρια τιμών έτσι ώστε μόλις παρατηρηθούν αποκλίσεις από το φυσιολογικό ο κτηνοτρόφος να λαμβάνει ειδοποίηση για το ζώο που παρουσιάζει πρόβλημα.



Εικόνα 3. Η ροη πληροφοριών και επεξεργασίας δεδομένων

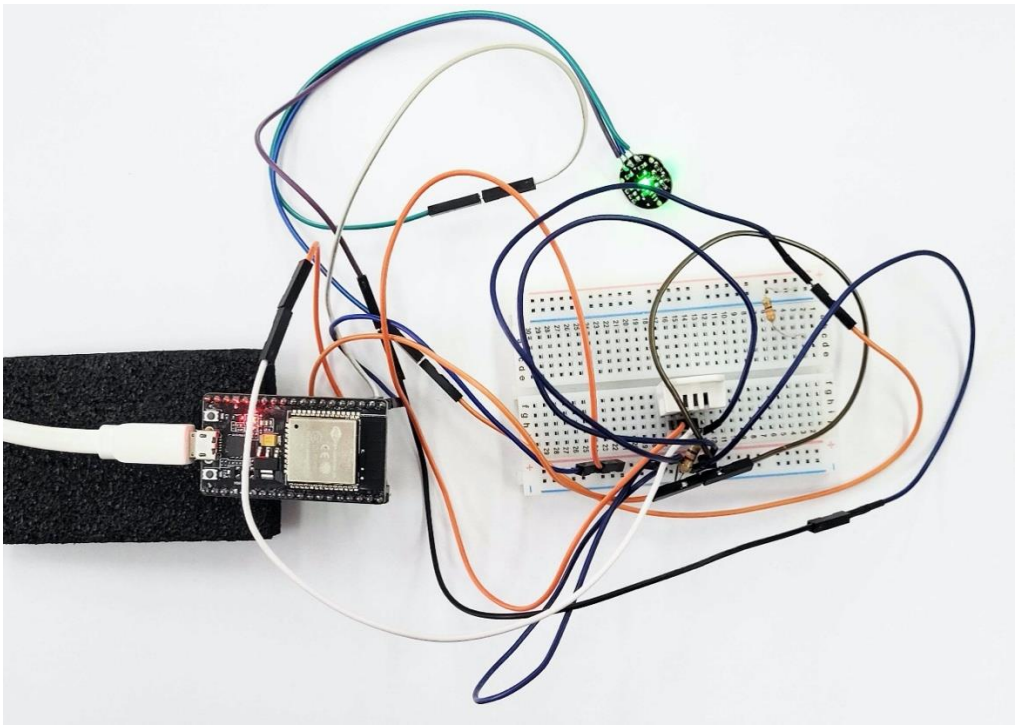
Υπόδειγμα κώδικα μετατροπής σε παλμούς ανά λεπτο

Τα δεδομένα από τον αισθητήρα παλμών πρέπει να μετατραπούν σε δεδομένα χτύπων καρδιάς ανά λεπτό. Για να πετύχουμε την μετατροπή έχει αναπτυχθεί ειδικός κώδικας ο οποίος διαβάζει τον αισθητήρα παλμών και περιμένει μέχρις ότου να αναγνωριστεί ένα επιτυχής παλμός. Ακολούθως καταγράφεται ο αριθμός παλμών για 10 δευτερόλεπτα και πολλαπλασιάζεται με το έξι για να υπολογιστεί ο αριθμός χτύπων του ζώου σε ένα λεπτό.

```
int myBPM = pulseSensor.getBeatsPerMinute
if (Instructions_view< 500) {
Instructions_view++;
}
if (pulseSensor.sawStartOfBeat()) {
Serial.println("♥ A HeartBeatHappened ! ");
Serial.print("BPM: ");
Serial.println(myBPM);
```

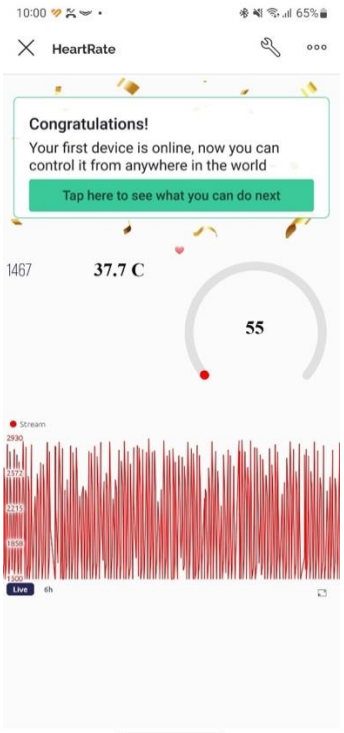
Αποτελέσματα

Για τις ανάγκες δοκιμών το προτεινόμενο σύστημα υλοποιήθηκε κάνοντας χρήση μιας μπαταρίας 18650 χωρητικότητας 2000mah για την τροφοδοσία του. Η μπαταρία αυτή συνδέθηκε με το ESP32 με την χρήση ενός ανορθωτή τάσης, ενώ όλη η συνδεσμολογία πραγματοποιήθηκε εργαστηριακά με την χρήση ενός breadboard (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Η πειραματική διάταξη

Η διάταξη τοποθετήθηκε μαζί με την τροφοδοσία σε ένα ειδικά εκτυπωμένο κουτί. Οι καταγραφόμενες μετρήσεις αποστέλλονται στην εφαρμογή blynk στην οποία έχει δημιουργηθεί ένα dashboard απεικόνισης των πληροφοριών (Εικόνα 5). Η εφαρμογή παρέχει την δυνατότητα να οριστούν σενάρια τα οποία ενημερώνουν τον χρήστη σε μήνυμα για την εμφάνιση ακραίων τιμών.



Εικόνα 5. Η απεικόνιση πληροφοριών στο Blynk

Επιπλέον πραγματοποιείται και αποθήκευση του συνόλου των πληροφοριών σε μια βάση δεδομένων mySQL (Εικόνα 6) στην βάση αυτή καταγράφονται σε ξεχωριστούς πίνακες για κάθε ζώο οι τιμές των μετρήσεων, μαζί με την σχετική χρονοσήμανση (ημέρα και ώρα παρατήρησης), παρέχοντας με αυτό τον τρόπο πλήρη καταγραφή για μεγάλες περιόδους.

Εμφάνιση όλων | Αριθμός εγγραφών: 25 Φιλτράρισμα εγγραφών: Αναζήτηση σε αυτόν τον πίνα Ταξινόμηση ανά κλειδί: Καμία

+ Επιλογές

	cow_id	BPM	Temperature	Date	Time
Επεξεργασία Αντιγραφή Διαγραφή	1	67	38	20032023	03:11:09
Επεξεργασία Αντιγραφή Διαγραφή	2	68	38	20032023	03:11:19

Επιλογή όλων Με τους επιλεγμένους: Επεξεργασία Αντιγραφή Διαγραφή Εξαγωγή

Εμφάνιση όλων | Αριθμός εγγραφών: 25 Φιλτράρισμα εγγραφών: Αναζήτηση σε αυτόν τον πίνα Ταξινόμηση ανά κλειδί: Καμία

Εικόνα 6. Η βάση δεδομένων

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια καινούργια, χαμηλού κόστους μεθοδολογία για την διασύνδεση κάθε κτηνοτροφικού ζώου με το διαδίκτυο των πραγμάτων. Ο κυριότερος λόγος αυτής της διασύνδεσης είναι η συνεχής καταγραφή δεδομένων υγείας των ζώων καθώς και η ταυτόχρονη ενημέρωση των κτηνοτρόφων για την εμφάνιση ανώμαλων τιμών. Έρευνες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν έχουν δείξει μεγάλο βαθμό συσχέτισης μεταξύ των αυξημένων καρδιακών παλμών και της θερμοκρασίας των ζώων με την εμφάνιση ασθενειών (Indarjulianto et al. 2022; Talmon et al. 2023; Anwar et al. 2020).

Στόχος λοιπόν της μεθοδολογίας είναι η διαρκής καταγραφή δεδομένων και η παροχή δυνατότητας προληπτικών ελέγχων στα ζώα διαμέσου της έγκυρης ενημέρωσης για πιθανά προβλήματα.
Η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος παρουσιάζει πολλαπλά οφέλη καθώς:

1. Θα βελτιώσει την ποιότητα ζωής των ζώων
2. Θα μειώσει τις ανάγκες χορήγησης φαρμάκων
3. Θα αυξήσει την ποιότητα τόσο των παραγόμενων προϊόντων όσο και την ποσότητα αυτών.

Παράλληλα δημιουργείται ένα ψηφιακό αρχείο της κατάστασης της υγείας του κάθε ζώου με πλήρη 24ωρη καταγραφή τιμών. Το αρχείο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους κτηνιάτρους ή/και τους κτηνοτρόφους για την επίλυση και άλλων προβλημάτων υγείας τα οποία δεν έχουν διαγνωστεί εγκαίρως.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία είναι πλήρως προσαρμόσιμη στις ανάγκες του χρήστη. Αναλυτικότερα ο τελικός χρήστης μπορεί απλά και γρήγορα να αλλάξει το είδος και τον πλήθος των ενημερώσεων που λαμβάνει, τα κανάλια επικοινωνίας, τον ρυθμό δειγματοληψίας κτλ. Μπορεί συνεπώς να προσαρμόσει το σύνολο των λειτουργιών με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετούνται καλύτερα και αποτελεσματικότερα οι ανάγκες του.

Η διάταξη που παρουσιάστηκε βασίζεται στην χρήση ενός breadboard για την επικοινωνία των αισθητήρων με το ESP32. Φυσικά στην τελική της μορφή αυτό θα αντικατασταθεί με το κατάλληλο Printed Circuit Board (PCB) το οποίο θα εξασφαλίσει την καλύτερη επικοινωνία των αισθητήρων, ενώ παράλληλα θα ελαχιστοποιήσει και τις διαστάσεις της συσκευής.

Προτάσεις

Η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να αποτελέσει την βάση για την ανάπτυξη πληθώρας λύσεων οι οποίες θα ικανοποιούν τις ανάγκες τόσο της ενσταβλισμένης κτηνοτροφίας όσο και τις ανάγκες της κτηνοτροφίας ελευθέρας βοσκής. Η χρήση της πλατφόρμας ESP32 η οποία περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό αναλογικών και ψηφιακών μονάδων εισόδου/εξόδου παρέχει την δυνατότητα διασύνδεσης επιπλέον μεγάλου αριθμού αισθητήρων οι οποίοι μπορούν να καταγράφουν πληθώρα διαφορετικών παραμέτρων.
Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Αισθητήρας θέσης για την αποτύπωση του χρόνου σίτισης
- Αισθητήρας GPS για την αποτύπωση του ακριβούς στίγματος του ζώου
- Αισθητήρας υπέρυθρων για την αποτύπωση της ποιότητας της βλάστησης
- Προσθήκη δικτύωσης LoRa

Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να προστεθούν στην πειραματική διάταξη που παρουσιάστηκε και να ενεργοποιηθούν κάνοντας προσθήκες στον ήδη υπάρχοντα προγραμματιστικό κώδικα. Η διαδικασία είναι απλή ενώ οι μονάδες μπορούν να ενημερωθούν αυτόματα.

Βιβλιογραφία

Anwar, M.R., Y.M. Abd El-Raof, H. M., El-Attar, A.E. Hefnawy and M.M. Ghanem. Evaluation of clinical and hematobiochemical alterations in naturally occurring bovine respiratory disease in feedlot cattle calves in Egypt. Espressif (2020-09-25). "Eco workarounds and bugs in ESP32" (PDF). Retrieved 2022-04-06.

Ashton, K. 2015. “How to fly a horse: The secret history of creation, invention, and discovery”, Doubleday, ISSN 0385538596.

Deering, S. and R. Hinden. 1998. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, Internet Engineering Task Force (IETF), RFC 2460.

Indarjulianto, S., Nururrozi, A., Datrianto, D. S., Fen, T. Y., Priyo Jr, T. W., &Setyawan, E. M. N. (2022). Physiology Value of Breath, Pulse and Body Temperature of Cattle. In BIO Web of Conferences (Vol. 49, p. 01007). EDP Sciences.

Ioannou, K., D. Karampatzakis, P., Amanatidis, V., Aggelopoulos and I. Karmiris. 2021. Low-cost automatic weather stations in the internet of things. Information, *12*(4), 146.

Kansara, K., V. Zaveri, S. Shah, S. Delwadkar and K. Jani. 2015. Sensor based automated irrigation system with IOT: A technical review. Inter. J. Comp. Sci. Inform. Tech., 6(6): 5331-5333.

Madushanki, A.R., M.N. Halgamuge, W.S. Wirasagoda and S. Ali. 2019. Adoption of the Internet of Things (IoT) in agriculture and smart farming towards urban greening: A review. Inter. J. Adv. Comp. Sci. Applic., 10(4).

Mattern, F. and C. Floerkemeier. 2010. "From the Internet of Computer to the Internet of Things", Informatik-Spektrum. 33 (2): 107 121. Bibcode:2009InfSp..32..496H. doi:10.1007/s00287-010-0417-7.

Nukala, R., K. Panduru, A. Shields, D. Riordan, P. Doody and J. Walsh. 2016. Internet of Things: A review from 'Farm to Fork'. In 2016 27th Irish signals and systems conference (ISSC) (pp. 1-6). IEEE.

Ramnath, S., A. Javali, B. Narang, P. Mishra and S.K. Routray. 2017. IoT based localization and tracking. In *2017 International Conference on IoT and Application (ICIOT)* (pp. 1-4). IEEE.

Shafiq, M., Z. Gu, O. Cheikhrouhou, W. Alhakami and H. Hamam. 2022. "The Rise of "Internet of Things": Review and Open Research Issues Related to Detection and Prevention of IoT-Based Security Attacks". *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2022: e8669348. doi:10.1155/2022/8669348. ISSN 1530-8669.

Stanford-Clark, A. and L.T. Hong. 2013. "MQTT For Sensor Networks (MQTT-SN) Protocol Specification Version 1.2".

Talmón, D., M. Zhou, M. Carriquiry, A.J. Aarnink and W.J. Gerrits. 2023. Effect of animal activity and air temperature on heat production, heart rate, and oxygen pulse in lactating Holstein cows. J. Dairy Sci., 106(2): 1475-1487.

On the interconnection of farm animals with the Internet of Things

Konstantinos Ioannou
Principal Researcher, HAO – DEMETER, Forest Research Institute,
Email: ioanko@elgo.gr

Abstract
The Internet of Things (IoT), i.e. the ability to connect any kind of device to the Internet. IoT is a reality that has been constantly expanding in recent years, mainly due to the reduction in the cost of devices and the adoption of the new fifth generation (5G) networks which allow the simultaneous interconnection and exchange of information from several devices. It is a rapidly growing industry, with billions of devices connected to the internet and an ever-expanding range of applications and use cases. This technology can also be used to monitor the health of farm animals. In the present work, an experimental setup is presented which allows the continuous recording of the heart rate and temperature of farm animals, the measurements are used for updating a MySQL database as are presentedin real-time to the users using a special application for mobile devices.

Keywords: IoT, temperature, heart beats per minute, MySQL