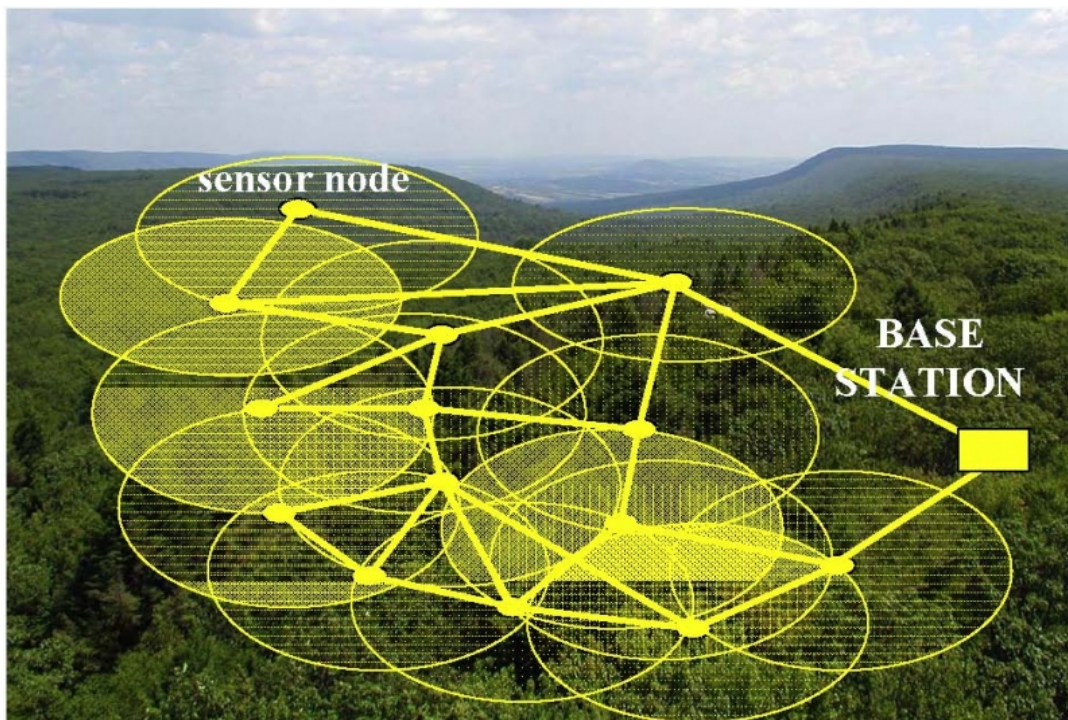


**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
(πρώην ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ)
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
(πρώην ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ)**

Πτυχιακή εργασία με θέμα: Ασύρματοι
αισθητήρες στη Γεωργία και στη
Βιομηχανία Τροφίμων – Πρόσφατες
εξελίξεις και μελλοντικές προοπτικές.



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ
ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΟΥΤΑΛΙΔΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ
ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2014**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
<u>1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	<u>5</u>
<u>2. ΓΙΑΤΙ ΧΡΕΙΑΖΟΜΑΣΤΕ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ</u>	<u>7</u>
<u>3. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ HARDWARE ΚΑΙ SOFTWARE ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΟΜΒΟΥΣ</u>	<u>9</u>
<u>4. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΚΤΗΤΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ</u>	<u>11</u>
<u>5. ΑΣΥΡΜΑΤΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΕΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ (SMART TRANSDUCERS)</u>	<u>17</u>
<u>6.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΙΑ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ</u>	<u>19</u>
6.1)ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	19
6.1.1) ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙΡΟΥ	19
6.1.2) ΓΕΩ-ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	20
6.2) ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	22
6.2.1) ΣΥΛΛΟΓΗ ΧΩΡΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	22
6.2.2) ΆΡΔΕΥΣΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	24
6.2.3) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ	24
6.2.4) ΕΝΗΜΕΡΩΝΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΑΓΡΟΤΕΣ ΜΕ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ	25
6.3) ΈΛΕΓΧΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ – M2M	26
6.3.1) ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ	26
6.3.2) ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ	27

6.3.3) ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	28
6.3.4) ΈΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ	28
6.4) ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	29
6.4.1) ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ	29
6.4.2) ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΖΩΩΝ	31
6.5) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ (RFID)	33
6.5.1) ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΥΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ.	33
6.5.2) ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	35
6.5.3) ΜΕΤΑΦΟΡΑ	36
6.5.4) ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΑΓΗΤΟΥ	36
<u>7.ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΓΟΡΑΣ</u>	<u>38</u>
<u>8.ΕΜΠΟΔΙΑ</u>	<u>42</u>
<u>9. ΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ</u>	<u>44</u>

Περίληψη

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και της μικροηλεκτρονικής τα τελευταία χρόνια, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, η εφαρμογή τους εντοπίζεται σε παρά πολλούς τομείς της καθημερινότητας μας την τελευταία 15ετια. Μεγάλη επίδραση αυτής της ανάπτυξης παρατηρείται και στους τομείς της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Χρήση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων έχει γίνει πλέον απαραίτητη για τη γεωργία, η σύγχρονη αυτή τάση που επικρατεί ονομάζεται γεωργία ακριβείας (precision agriculture). Οι στόχοι που επιτάσσει η γεωργία ακριβείας, απαιτούν τη χρήση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων ως στοιχείο της προσπάθειας για σύγχρονες μεθόδους ελέγχου και αξιοποίησης της πληροφορίας. Η εργασία αυτή έχει ως στόχο να παρουσιάσει τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων στη γεωργία, τα τμήματα από τα οποία αποτελείται ένα τέτοιο δίκτυο, την αρχιτεκτονική τους και πως συνδέονται αυτά μεταξύ τους για να αποστείλουν την πληροφορία στον τελικό χρήστη. Τελος αναφέρονται κάποια στοιχεία που αφορούν τη μελλοντική εξέλιξη κι ανάπτυξη τους.

1.Εισαγωγή

Οι ασύρματες τεχνολογίες, βρίσκονται σε ταχύτατη εξέλιξη τα τελευταία χρόνια. Τα είδη των ασύρματων τεχνολογιών που μελετούνται είναι από απλά **IrDA** που χρησιμοποιούν υπέρυθρες για αποστάσεις μικρού βεληνεκούς από ένα σημείο επικοινωνίας προς ένα άλλο σημείο επικοινωνίας, ασύρματα δίκτυα προσωπικής επικοινωνίας (**WPAN-Wireless Personal Area Networks**) για περιοχές μικρής εμβέλειας και για επικοινωνία από ένα σημείο προς περισσότερα σημεία, όπως το Bluetooth και το ZigBee ,για μεσαίας εμβέλειας και μεγάλης απόστασης τηλεφωνικά συστήματα, όπως **GSM/GPRS** και **CDMA**.

Οι περισσότεροι άνθρωποι νιώθουν τον ισχυρό αντίκτυπο της ασύρματης τεχνολογίας κυρίως λόγω της κατακόρυφης αύξησης της αγοράς κινητών τηλεφώνων. Παρόλα αυτά, λίγοι άνθρωποι έχουν συνειδητοποιήσει ότι το εύρος ζώνης για ασύρματες διαπροσωπικές επικοινωνίες, όπως τα κινητά τηλέφωνα, σύντομα θα αποτελεί τη μειονότητα του ολικού διαθέσιμου εύρους ζώνης, ίσως μόνο το 3% μέχρι το τέλος της δεκαετίας. Μια σπουδαιότερη προοπτική υπάρχει για την εξέλιξη και την εφαρμογή άλλων ειδών ασύρματων τεχνολογιών, ειδικά ασύρματων αισθητήρων και αισθητήρων ξεκινώντας από στρατιωτική και περιβαλλοντική παρακολούθηση, κινούμενη αρχικά από επικοινωνία μηχανής προς μηχανή (**M2M**), και εντέλει αγγίζοντας όλα τα κομμάτια της ζωής μας.

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, είναι ένα σύστημα αποτελούμενο από πομπούς ραδιοσυχνοτήτων (**RF**), αισθητήρων, μικροχειριστηρίων και πηγών ενέργειας. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων με ικανότητες αυτό-οργάνωσης, αυτό-ρύθμισης, αυτό-διάγνωσης και αυτό-ίασης έχουν αναπτυχθεί για να λύνουν προβλήματα ή να δημιουργήσουν εφαρμογές που οι

παραδοσιακές τεχνολογίες δε μπορούν να φέρουν εις πέρας. Μόλις καταστούν διαθέσιμες αυτές οι τεχνολογίες, θα μας επιτρέψουν να ανακαλύψουμε πολλές καινούργιες εφαρμογές που δε θεωρούνταν εφικτές πριν.

Η τεχνολογία του ασύρματων αισθητήρων βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης. Εφαρμογές ασύρματων αισθητήρων στη γεωργία και στη βιομηχανία τροφίμων είναι ακόμα σπάνιες. Αύτη η πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να δώσει μια εικόνα των διαθέσιμων τεχνολογιών ασύρματων αισθητήρων οι οποίοι είναι εφαρμόσιμοι στη γεωργία και στη βιομηχανία τροφίμων.

2. Γιατί χρειαζόμαστε ασύρματους αισθητήρες

Ένα προφανές πλεονέκτημα της ασύρματης μετάδοσης είναι η σημαντική μείωση και απλοποίηση στη καλωδίωση. Εκτιμάται ότι το τυπικό κόστος καλωδίωσης στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι 130 – 650 U.S.A. dollars ανά μέτρο και η υιοθέτηση της ασύρματης τεχνολογίας θα εξαλείψει το 20-80% του κόστους. Επιπρόσθετη εξοικονόμηση στο ολικό κόστος μπορεί να ληφθεί από εκτενέστερο έλεγχο του εξοπλισμού μέσω καλύτερης παρακολούθησης του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα η εταιρεία Honeywell εγκατέστησε ένα ασύρματο σύστημα για να παρακολουθήσει ατμοπαγίδες και έτσι, εξοικονόμησε στην εταιρεία 100.000-300.000 \$ το χρόνο.

Οι ασύρματοι αισθητήρες επιτρέπουν μεταξύ άλλων απίστευτες εφαρμογές αισθητήρων, όπως το να παρακολουθούν επικίνδυνες, χωρίς καλωδίωση ή μακρινές περιοχές και τοποθεσίες. Αυτή η τεχνολογία παρέχει σχεδόν απεριόριστη ευελιξία στην εγκατάσταση αισθητήρων και αύξησε τη δύναμη των δικτύων. Επιπλέον, η ασύρματη τεχνολογία μειώνει τη πολυπλοκότητα της συντήρησης και το κόστος.

Τα δίκτυα ασύρματων αισθητήρων επιτρέπουν τη ταχύτερη ανάπτυξη και εγκατάσταση μίας μεγάλης ποικιλίας αισθητήρων επειδή πολλά από αυτά τα δίκτυα παρέχουν ικανότητες αυτό-οργάνωσης, αυτό-ρύθμισής, αυτό-διάγνωσης και αυτό-ίασης στους κόμβους του δικτύου αισθητήρων. Κάποιοι από αυτούς επιπλέον επιτρέπουν ευέλικτη επέκταση του δικτύου.

Η τεχνολογία των ασύρματων αισθητήρων επιτρέπει στους αισθητήρες **MEMS(Microelectromechanical systems)** να ενσωματωθούν με σήμα-condition και τις ραδιομονάδες να διαμορφώσουν "μικρά-μόρια (motes)" με απίστευτα χαμηλό κόστος, μικρό μέγεθος και χαμηλής ενέργειας προδιαγραφές. Οι

αισθητήρες **MEMS**, οι αισθητήρες πίεσης, οι αισθητήρες θερμοκρασίας, οι αισθητήρες υγρασίας και οι αισθητήρες πυκνωτή για εγγύτητα, τοποθεσία, ταχύτητα, επιτάχυνση και μέτρηση κραδασμών έχουν ενσωματωθεί σε κόμβους ασύρματων αισθητήρων και έχουν καταστεί διαθέσιμοι στην αγορά.

Ένα άλλο πλεονέκτημα των ασύρματων αισθητήρων είναι η ικανότητα τους να κινηθούν και να μεταφερθούν. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν σε μεταφορικά οχήματα για να καταγράψουν το "εν κινήσει/στο δρόμο" περιβάλλον. Επίσης μπορούν να τοποθετηθούν σε περιστρεφόμενο εξοπλισμό, όπως ένα άξονα για τη μέτρηση κρίσιμων παραμέτρων.

Οι περισσότεροι ασύρματοι αισθητήρες έχουν μονάδες επεξεργασίας σήματος εγκατεστημένες στη τοποθεσία των αισθητήρων και μεταφέρουν σήματα σε ψηφιακή μορφή. Ως αποτέλεσμα, ο θόρυβος pick-up έγινε ένα πρόβλημα ελάσσονος σημασίας. Εξάλλου, από τότε που τα καλώδια αφαιρέθηκαν από τη μετάδοση, η αξιοπιστία της μετάδοσης του σήματος έχει ενισχυθεί.

3. Απαιτήσεις σε Hardware και Software για τους ασύρματους αισθητήρες και κόμβους

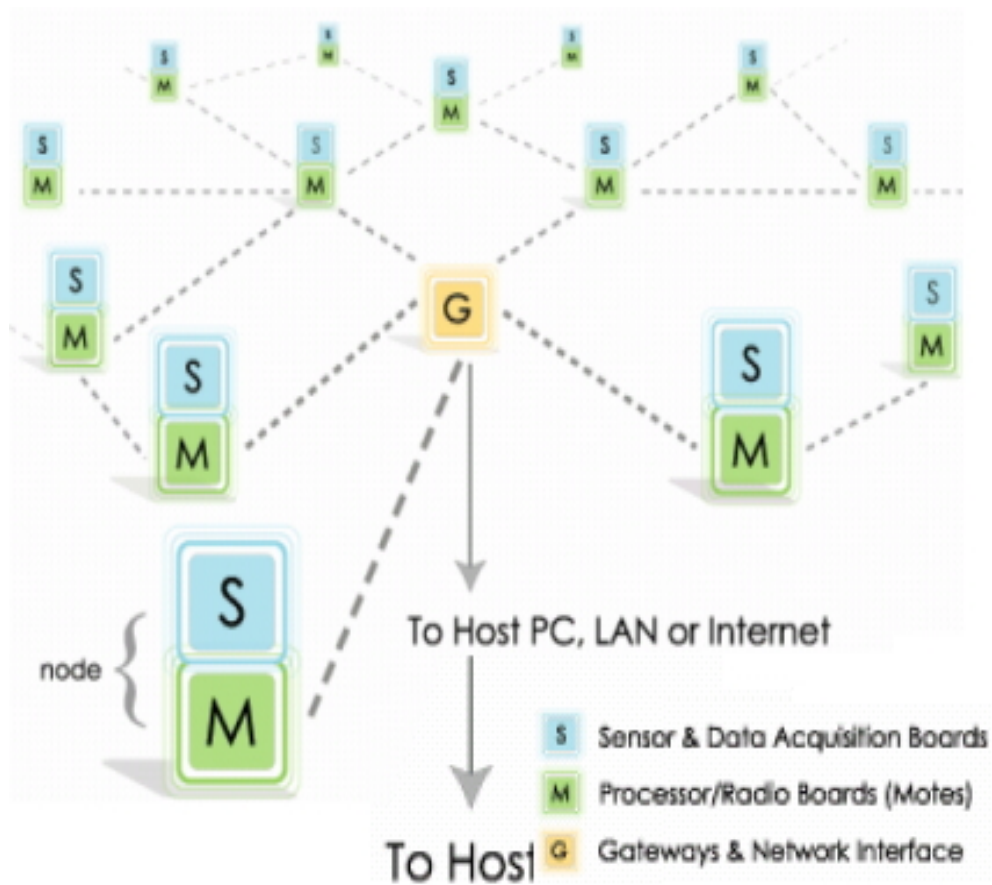
Οι απαιτήσεις hardware για τους ασύρματους αισθητήρες περιλαμβάνουν:

1. Ισχυρή ραδιοφωνική τεχνολογία.
2. Χαμηλού κόστους, ενεργειακής απόδοσης επεξεργαστή.
3. Ευέλικτο I/O για διαφόρων ειδών αισθητήρες.
4. Μεγάλης διάρκειας πηγή ενέργειας.
5. Ευέλικτη, πλατφόρμα ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού κώδικα.

Πολλά είδη κόμβων, τα οποία είναι ενσωματωμένα στον επεξεργαστή ραδιοφωνικών μονάδων, έχουν αναπτυχθεί για να ικανοποιήσουν αυτές τις απαιτήσεις. Οι απαιτήσεις λογισμικού (software) για ασύρματους αισθητήρες περιλαμβάνουν:

1. Μικρό ίχνος-αποτύπωμα για να μπορεί να τρέξει σε μικρούς επεξεργαστές
2. Αποδοτική ενεργειακή χρήση
3. Ικανότητα συγχρονισμού των πληροφοριών
4. Μεγάλη ικανότητα σπονδυλωτής τοποθέτησης
5. Ισχυρή **ad hoc** δικτύωση που απαιτεί χαμηλή ενέργεια

Το λειτουργικό σύστημα "**TinyOS**" είναι ένα καλό παράδειγμα για τέτοιου είδους λογισμικά.



Σε μία ρύθμιση του δικτύου ασύρματων αισθητήρων, ένας κόμβος στο δίκτυο μπορεί να σχηματιστεί από έναν αισθητήρα/πλακέτα σύλληψης δεδομένων και ένα μικρό μόριο (mote). Αυτοί οι κόμβοι μπορούν να επικοινωνήσουν μέσω μιας μονάδας- πύλης, η οποία έχει την ικανότητα να επικοινωνεί με άλλους υπολογιστές μέσω άλλων δικτύων, όπως **LAN**, **WLAN**, **WPAN** και το **Internet**. Πίνακες ασύρματων αισθητήρων είναι διαθέσιμοι στην αγορά περιλαμβάνοντας επιταχυνσιόμετρα, αισθητήρες βερομετρικής πίεσης, αισθητήρες φωτομονάδες **GPS**, αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, ακουστικούς αισθητήρες, μαγνητικούς **RPM** αισθητήρες, μαγνητόμετρα, πυροηλεκτρικούς **IR** ανιχνευτές πληρότητας, αισθητήρες ηλιακής ακτινοβολίας, υγρασίας εδάφους, θερμοκρασίας εδάφους, αισθητήρες ταχύτητας ανέμου, βροχομετρητές και σεισμικούς αισθητήρες.

4. Ασύρματα πρότυπα και ιδιόκτητες ασύρματες τεχνολογίες αισθητήρων

Διάφορα ασύρματα πρωτόκολλα έχουν καθιερωθεί. Ανάμεσα τους, τα πρότυπα για ασύρματο LAN, IEEE 802.11b (WiFi) (IEEE, 1999b) και ασύρματο PAN, IEEE 802.15.1 (Bluetooth) (IEEE, 2002) και IEEE 802.15.4 (ZigBee) (IEEE, 2003), χρησιμοποιούνται περισσότερο για μετρήσεις και αυτοματοποιημένες εφαρμογές. Όλα αυτά τα πρότυπα χρησιμοποιούν τις οργανικές, επιστημονικές και ιατρικές (ISM) ραδιοσυχνότητες, συμπεριλαμβανομένων των ζωνών υπό-μεγακύκλων (sub-GHz) των 902 – 928 MHz στην Αμερική, 868 – 870 MHz στην Ευρώπη, 433.05 – 434.79 MHz σε Αμερική και Ευρώπη, και 314 – 316 MHz στην Ιαπωνία. Οι ζώνες των μεγακύκλων (GHz) της τάξεως των 2400 – 2.4835 GHz είναι οι αποδεκτοί σε παγκόσμιο επίπεδο . Γενικότερα, η χαμηλότερη συχνότητα επιτρέπει μεγαλύτερο εύρος μετάδοσης και έχει μεγαλύτερη ικανότητα να διαπερνάει τοίχους και γυαλί. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι τα ραδιοκύματα με χαμηλότερες συχνότητες είναι ευκολότερο να απορροφηθούν από διάφορα υλικά, όπως το νερό και τα δέντρα, τα ραδιοκύματα υψηλότερων συχνοτήτων είναι ευκολότερο να αποσταλούν, η αποτελεσματική απόσταση μετάδοσης για σήματα που μεταδίδονται από ραδιοκύματα υψηλής συχνότητας μπορεί να μην είναι απαραίτητα μικρότερη από τα χαμηλότερης συχνότητας που έχουν την ίδια δύναμη μεταφοράς. Τα 2.4 GHz έχουν μεγαλύτερο εύρος ζώνης που επιτρέπει περισσότερα κανάλια, μεγαλύτερο εύρος αλλαγής συχνοτήτων και περισσότερες αδειοδοτημένες κεραίες.

Το ασύρματο LAN είναι ένα ευέλικτο πρωτόκολλο επικοινωνίας δεδομένων, προκειμένου να μπορεί να επεκταθεί ή αντικατασταθεί από ένα τοπικό ενσύρματο δίκτυο, όπως το Ethernet. Το εύρος ζώνης των 802.11b είναι 11 Mbits και λειτουργεί στη συχνότητα των 2.4GHz. Το Bluetooth είναι ένα

ασύρματο πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για μικρής εμβέλειας επικοινωνία. Χρησιμοποιεί τα 2.4GHz, τις ραδιοσυχνότητες 915 και 868 GHz για επικοινωνία στο 1Mbit μέχρι και με 8 συσκευές παράλληλα. Το Bluetooth λογίζεται ως ένα εναλλακτικό 'καλώδιο' για φορητές συσκευές. Είναι κυρίως σχεδιασμένο για να μεγιστοποιεί τον ad hoc λειτουργικό δικτύωσης.

Το IEEE 802.15.4 (ZigBee) είναι το πλέον διαδεδομένο στις μέρες μας και ειδικά στο τομέα της γεωργίας και τη κτηνοτροφίας. Είναι ένα φυσιολογικών προδιαγραφών πρωτόκολλο ραδιοφώνου που παρέχει συνδεσιμότητα χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων ανάμεσα σε απλές εφάμιλλες συσκευές που απαιτούν ελάχιστη ενέργεια και μια τυπική σύνδεση για μικρές αποστάσεις. Είναι ιδανικό για εφαρμογές παρακολούθησης, έλεγχου, αυτοματοποίησης, ανίχνευσης και εντοπισμού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οικιακές, ιατρικές και βιομηχανικές περιοχές. Χαρακτηριστικά των συσκευών του πρωτοκόλλου 802.15.4 περιλαμβάνουν :

- Τη ζώνη 868 MHz, 1 καναλιού, 20kbps
- Τη ζώνη 915 MHz, 10 καναλιών, 40 kbps
- Τη ζώνη ISM 2.4 GHz, 16 καναλιών, 250kbps
- Συνδέεται έως και σε 255 συσκευές ανά δίκτυο
- Πλήρως αξιόπιστο πρωτόκολλο μεταφοράς
- Έλεγχος λειτουργίας χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας



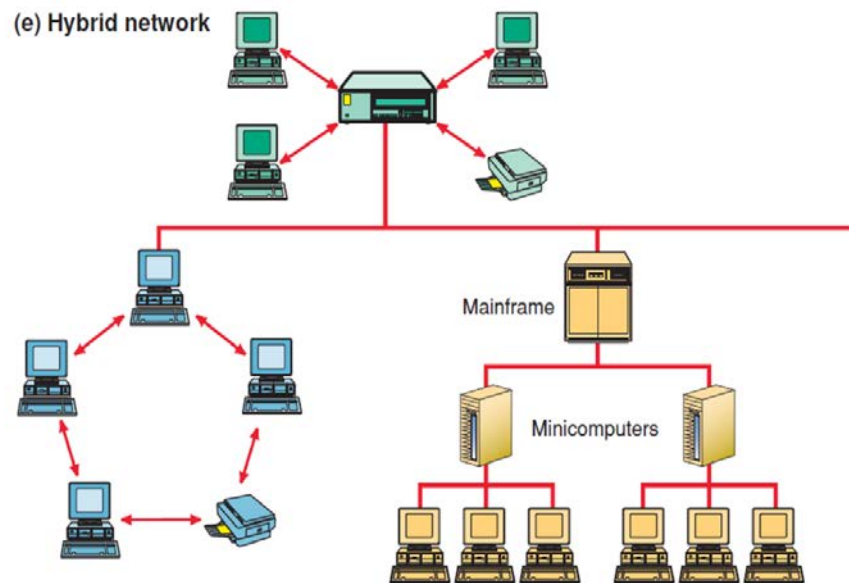
Η ZigBee έχει καθιερωθεί από τη ZigBee Alliance που υποστηρίζεται από περισσότερες από 70 εταιρείες – μέλη. Παρέχει δικτύωση, ασφάλεια και λογισμικό εφαρμογών (software) στο 802.15.4 πρότυπο. Ο πίνακας 1 συγκρίνει τρία ασύρματα πρωτόκολλα που είναι τα πιο συμβατά για ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.

Επίσης, τα ασύρματα πρωτόκολλα αντιμετωπίζουν τα ζητήματα δικτύου ασύρματων αισθητήρων. Έχουμε 3 είδη δικτύων τα οποία έχουν αναπτυχθεί και τυποποιηθεί:

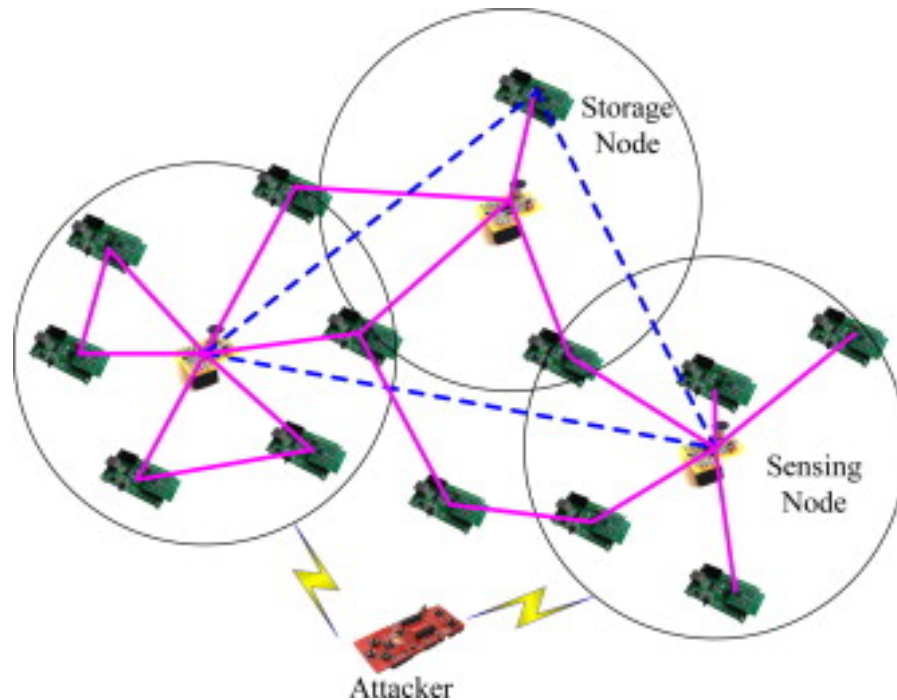
- Δίκτυο αστέρα (Star network)



- Υβριδικό δίκτυο (Hybrid network)



➤ Δίκτυο πλέγματος (Mesh network)



Η Bluetooth τεχνολογία χρησιμοποιεί star network, που αποτελείται από δίκτυα pico (piconets) και δίκτυα scatter (scatternets). Το κάθε piconet συνδέει ένα κύριο κόμβο (master node) μέχρι και με 7 υπό- κόμβους (slave nodes), ενώ κάθε scatternet συνδέει πολλαπλά piconets, για το σχηματισμό ενός ad hoc δικτύου. Η ZigBee τεχνολογία χρησιμοποιεί δίκτυα hybrid star, χρησιμοποιώντας πολλαπλούς master nodes με ικανότητες δρομολόγησης για τη σύνδεση των slave nodes, που δεν έχουν καμία ικανότητα δρομολόγησης.

Η πιο αποτελεσματική τεχνολογία δικτύωσης χρησιμοποιεί peer-to-peer (πηγή σε πηγή), mesh networks, που επιτρέπουν σε όλους τους κόμβους του δικτύου να έχουν ικανότητα δρομολόγησης. Τα mesh networks επιτρέπουν αυτόνομους

κόμβους που μπορούν να αυτό-εγκαθίστανται στο δίκτυο. Επίσης επιτρέπει πληροφορίες από αισθητήρες να διαδίδονται στο δίκτυο με μεγάλη αξιοπιστία και σε μεγάλη εμβέλεια. Επιπρόσθετα, επιτρέπει συγχρονισμό και κατανάλωση ελάχιστης ενέργειας για τους συντονισμένους 'ακροατές' στο δίκτυο και ως παρελκόμενο αυτού, η ζωή της μπαταρίας μεγαλώνει.

Όταν ένας μεγάλος αριθμός ασύρματων αισθητήρων χρειάζεται να ενωθεί σε ένα δίκτυο, ίσως χρειάζεται να συνδυαστούν διάφορα «επίπεδα» δικτύωσης. Για παράδειγμα, ένα WiFi mesh network που περιλαμβάνει κόμβους υψηλής τονικότητας, όπως μονάδες Gateway, μπορούν να εναποτεθούν σε ένα ZigBee δίκτυο αισθητήρων για να διατηρηθεί μια υψηλού βαθμού απόδοση στο δίκτυο. Ένας απομακρυσμένος διακομιστής (Remote Application Server) μπορεί επίσης να τοποθετηθεί σε ένα μέρος κοντά σε δίκτυο αισθητήρων για να διαχειρίζεται αυτό το δίκτυο, να συλλέγει δεδομένα, να έχει εφαρμογές βασιζόμενες στο διαδίκτυο, να μπορεί να έχει πρόσβαση εξ' αποστάσεως με GSM/GPRS ή CDMA-based modem και τέλος να μπορεί να έχει πρόσβαση στο Internet και στους χρήστες.

Ιδιόκτητες ασύρματες τεχνολογίες αισθητήρων έχουν αναπτυχθεί πριν τη δημιουργία διαφόρων προτύπων. Σαν παράδειγμα, η Crossbow Technology παρήγαγε μια σειρά από προϊόντα ασύρματων αισθητήρων, που έχουν motes που λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες, διάφορους δείκτες αισθητήρων και μονάδες Gateway. Ένα νέο μοντέλο motes σχεδιάστηκε προσφάτως για να προσαρμοστεί στη ZigBee. Ένα άλλο καινούργιο μοντέλο motes που αναπτύσσεται, θα επιτρέπει να μεταδίδεται σήμα σε απόσταση πολλών χιλιομέτρων. Η Freescale Semiconductor παρέχει και πρότυπο-προσαρμογής και δικά της προϊόντα hardware και software για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

5. Ασύρματοι αισθητήρες και έξυπνοι μετατροπείς (smart transducers)

Οι “έξυπνοι μετατροπείς” είναι αισθητήρες ή ενεργοποιητές που έχουν ενσωματωμένους μικροελεγκτές (microcontrollers) για να παρέχουν γρήγορες λύσεις και ικανότητα παροχής δικτύου. Οι προσπάθειες για τυποποίηση ξεκίνησαν από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (National Institute of Standards and Technology, NIST) οδήγησαν στην ανάπτυξη του προτύπου IEEE 1451 (IEEE, 1997, 1999a) για έξυπνους μετατροπείς. Η αρχιτεκτονική για τους έξυπνους μετατροπείς περιλαμβάνει, μια μονάδα διασύνδεσης έξυπνων μετατροπέων (smart transducer interface module, STIM), ένα ικανό δίκτυο επεξεργασίας εφαρμογών (network capable application transducers, NCAP), ένα ανεξάρτητο σύστημα αισθητήρων (transducer-independent interface, TII) μεταξύ του STIM και NCAP, και ενός δικτύου. Κάθε μονάδα STIM και NCAP έχει ένα ανεξάρτητο μικροελεγκτή. Οι μετατροπείς (αισθητήρες ή ενεργοποιητές) και η κατάσταση του κυκλώματος του σήματος λογίζονται σαν μέρη του STIM. Τα αναλογικά και ψηφιακά σήματα από τους αισθητήρες μπορούν να διαβαστούν στο μικροεπεξεργαστή STIM μέσω ενός αναλογικού-ψηφιακού μετατροπέα (analog-to-digital converter, ADC) και ψηφιακές εισόδους (digital input, DI) αντίστοιχα. Τα σήματα ελέγχου μπορούν να σταλούν στους ενεργοποιητές μέσω ενός ψηφιακού-αναλογικού μετατροπέα (digital-to-analog converter, DAC) ή απο ψηφιακές εξόδους (digital output, DO) των επεξεργαστών. Έτσι, μια μονάδα STIM μπορεί να περιλαμβάνει μια ευρύτερη γκάμα αισθητήρων και ενεργοποιητών. Τα πρότυπα επίσης προσδιορίζουν μια ηλεκτρονική οθόνη μετατροπής δεδομένων (

transducer electronics data sheet, TEDS) μέσα στο STIM για να περιγράψει χαρακτηριστικά και μετατροπές. Η NCAP λειτουργεί σαν πύλη μεταξύ μιας δομής δικτύου και το STIM. Έχει πρόσβαση στο STIM μετατροπέα δεδομένων από μια πλευρά μέσω του TII συστήματος και αποκτά πρόσβαση στο δίκτυο δεδομένων στην άλλη πλευρά. Το TII και το NCAP μαζί παρέχουν ένα ικανό δίκτυο και ικανότητα ανεξαρτητοποίησης για έξυπνους μετατροπείς.

Ένα νέο πρότυπο (IEEE 1451.5) αναπτύσσεται για να ενώνει τους ασύρματους αισθητήρες με τους έξυπνους μετατροπείς για να παραχθούν έξυπνοι ασύρματοι αισθητήρες που συνδυάζουν αίσθηση, ικανότητα υπολογισμών και μετάδοση. Χρησιμοποιώντας αυτό το πρότυπο, οι έξυπνοι αισθητήρες και ενεργοποιητές μπορούν να συνδεθούν σε ένα κοινό δίκτυο μέσω ενσύρματων ή ασύρματων κεραιών για να εκτελούν εξελιγμένες λειτουργίες. Το πρότυπο IEEE 1451.5 θα ολοκληρώνει την ενσωμάτωση των έξυπνων μετατροπέων με διάφορα ασύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας όπως το WiFi, Bluetooth, ZigBee. Το πρότυπο θα έχει απαιτήσεις για τις ασύρματες επικοινωνίες, συμπεριλαμβανομένων θεμάτων που αφορούν το μοντέλο ασύρματου αισθητήρα, TEDS, απαιτήσεις χρήστη, ακεραιότητα των δεδομένων, ασφάλεια και εύρος ζώνης. Το σύστημα που θα ορίζεται σε αυτό το πρότυπο θα αντικαταστήσει το TII σύστημα με ασύρματους συνδέσμους.

6.Εφαρμογές για ασύρματους αισθητήρες και δίκτυα στη γεωργία και στη παραγωγή τροφίμων

Η ανάπτυξη των ασύρματων αισθητήρων και δικτύων στη γεωργία και στη βιομηχανία τροφίμων είναι ακόμη σε αρχικό στάδιο. Οι εφαρμογές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε: 1) παρακολούθηση περιβάλλοντος, 2) γεωργία ακριβείας, 3) μηχανήματα και διαδικασίες ελέγχου, 4) αυτοματισμοί κατασκευής και εγκατάστασης, 5) συστήματα εντοπισμού.

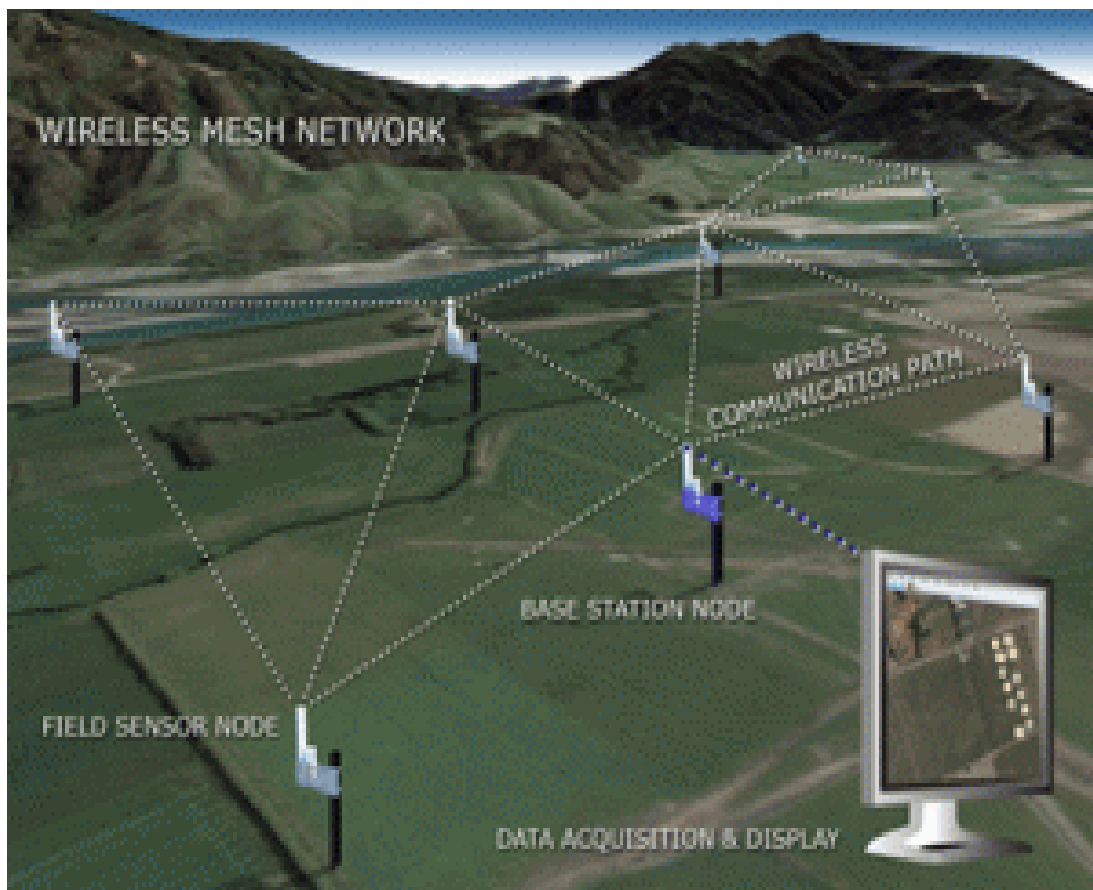
6.1) Παρακολούθηση περιβάλλοντος

Παρά τη ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας υπολογιστών, οι μετρήσεις των περιβαλλοντολογικών αλλαγών στον αγρό, όπως του καιρού και της ποιότητας του νερού του εδάφους, ακόμη εξαρτώνται από αισθητήρες και καταγραφείς δεδομένων που βρίσκονται σε σταθμούς, σε μολύβια και τετράδια, που απαιτούν περισσότερες ώρες εργασίας και είναι αναξιόπιστα όσο αναφορά τη καταγραφή λαθών κατά την αντιγραφή.

6.1.1) Παρακολούθηση καιρού

Το Discovery Channel (2003) ανέφερε μια εφαρμογή για ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων σε ένα αμπελώνα στο Καναδά. 65 motes είχαν εγκατασταθεί σε ένα στρέμμα γης για να καταγράφουν εξ' αποστάσεως τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ένταση του ηλιακού φωτός σε ένα κεντρικό υπολογιστή κάθε 5 λεπτά. Ο ιδιοκτήτης μπορούσε εύκολα να παρακολουθήσει κάθε περιοχή του αμπελώνα του σε πραγματικό χρόνο ώστε να μπορεί να αποφύγει τυχόν παγετό, να διαχειρίζεται την άρδευση, να ορίζει εφαρμογές για λίπανση και επίσης να μπορεί να

προγραμματίζει τη συγκομιδή του. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων που λειτουργεί με ηλιακή ενέργεια αναφέρθηκε από τη Crossbow Technology Inc. (2004) για να παρέχει πληροφορίες για τον καιρό στους αγρούς. Ένας server που μπορούσε να διαχειρίζεται από απόσταση, αναμετέδιδε δεδομένα από δίκτυο αισθητήρων σε τοπικούς χρήστες μέσω WLAN και πιο απομακρυσμένους χρήστες μέσω ενός κινητού δικτύου και το Internet.



6.1.2) Γεω-αναφερόμενα περιβαλλοντικά δεδομένα

Ο Vivoni και Camilli (2003) ανέπτυξαν ένα πρότυπο ασύρματο σύστημα για να δέχεται, να αποθηκεύει, να προβάλλει

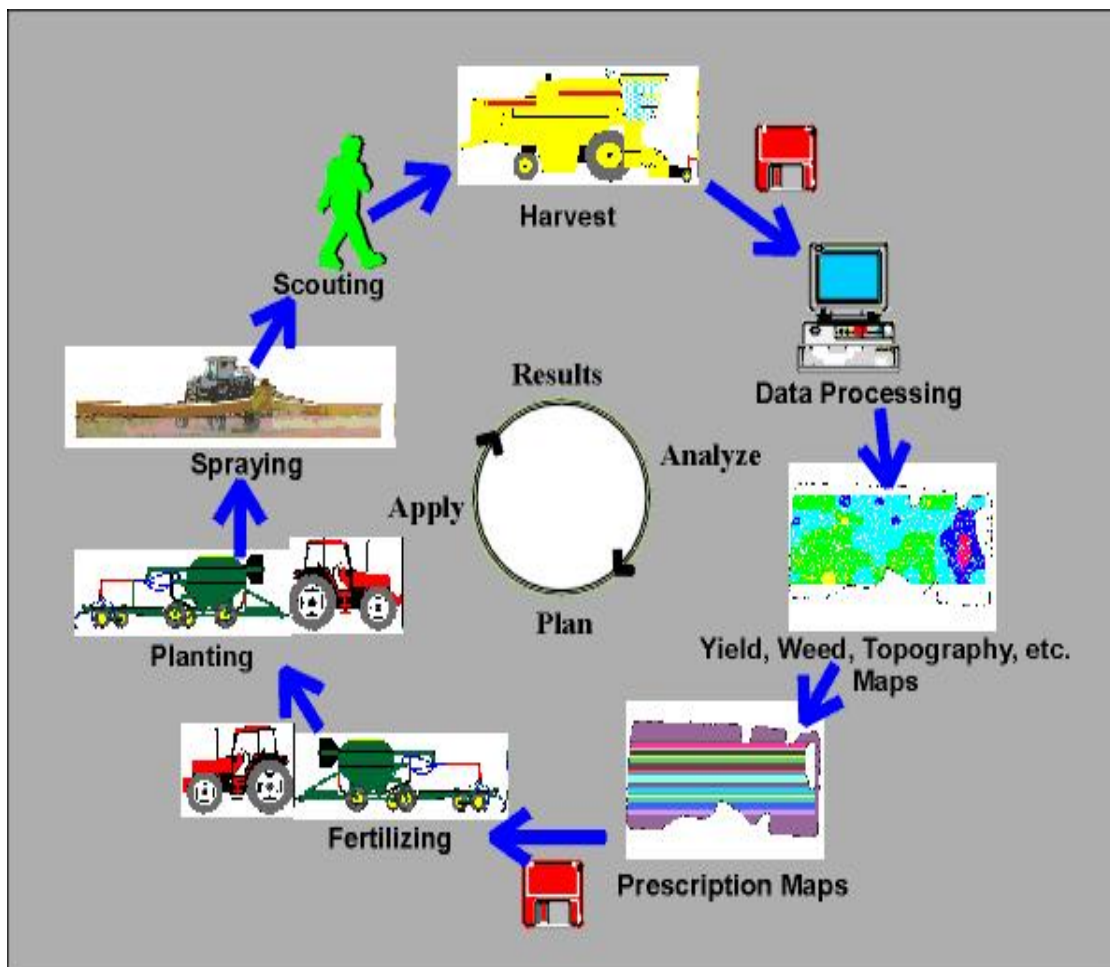
και να μεταδίδει σε πραγματικό χρόνο, Γεω-αναφερόμενα περιβαλλοντικά δεδομένα μεταξύ πολλαπλών ομάδων σε χωράφια και απομακρυσμένες τοποθεσίες. Στο σύστημα, αυτές οι ομάδες με ατομικές μονάδες συλλογής πληροφοριών επικοινωνούσαν μεταξύ τους ή με ένα server τοποθετημένο στον αγρό μέσω WLAN. Αυτός ο server συνδύαζε τις πληροφορίες που έπαιρνε απ' όλες τις ομάδες και ανά τακτά χρονικά διαστήματα ανέφερε σε ένα απομακρυσμένο web/data server μέσω μιας διπλής συχνότητας κινητού τηλεφώνου (GSM/GPRS service στα 900 MHz και 1.9 GHz). Τεστ σε αγρούς που διεξήχθησαν στη πολιτεία της Μασαχουσέτης των ΗΠΑ, στη Νέα Νοτία Ουαλία στην Αυστραλία επέδειξαν εξαιρετικές προοπτικές για να εξελίξουμε την ικανότητα και ακρίβεια σε συλλογή δεδομένων περιβάλλοντος σε αγρό.

Ο Perkins et. al. (2002), παρουσίασε ένα μικρού κόστους, χαμηλής ενέργειας, αυτό- οργανωτικό δίκτυο αισθητήρων, το **neuRFon®** που αναπτύχθηκε από τη Motorola Labs. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέπει γεωργικές, περιβαλλοντικές και διαδικαστικές παραμέτρους.

Ένα απομακρυσμένο παθητικό σύστημα αισθητήρων και ταυτοποίησης αναπτύχθηκε από τον Rusko et. al. (1999) χρησιμοποιώντας μια πλατφόρμα αντήχησης ωστικού κύματος στους ευρωπαϊκούς 433.92 MHz ISM-band. Το σύστημα είχε μεγάλη αντοχή και ήταν σε περιβαλλοντική αρμονία για εφαρμογές ταυτοποίησης και περιβαλλοντικής παρακολούθησης.

6.2) Γεωργία ακριβείας

Οι ασύρματοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται στην γεωργία ακριβείας για να βοηθούν στην (1) συλλογή χωρικών πληροφοριών (2) άρδευση ακριβείας (3) σε τεχνολογίες μεταβλητού ποσοτού και (4) στη προμήθεια δεδομένων στους αγρότες.



6.2.1) Συλλογή χωρικών πληροφοριών

Ένα κινητό σύστημα δικτύου απόκτησης δεδομένων αναπτύχθηκε από τον Gomide et al. (2001) για να συλλέγει δεδομένα για τη διαχείριση της σοδειάς για μελέτες χωρικής μεταβλητότητας. Το σύστημα αποτελείται από ένα όχημα

συλλογής πληροφοριών, ένα διαχειριστικό όχημα απόκτησης δεδομένων και συστήματα ελέγχου σε αγροτικά μηχανήματα. Το σύστημα είναι ικανό να διεξάγει έρευνες σε τοπικούς αγρούς και να συλλέγει δεδομένα για τη διαθεσιμότητα εδαφικού νερού, για το πόσο συνεκτικό-συμπαγές είναι το έδαφος, τη γονιμότητα εδάφους, τη παραγωγή βιομάζας, τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας, τη θερμοκρασία των φύλλων, το ποσοστό χλωροφύλλης των φύλλων, το ποσοστό νερού των φυτών, δεδομένα τοπικού κλίματος, προσβολές από έντομα, αρρώστιες, ζιζάνια, την απόδοση των σιτηρών κ.τ.λ. Το όχημα συλλογής πληροφοριών ανακτά δεδομένα από τα αγροτικά μηχανήματα μέσω WLAN και τα αναλύει, τα αποθηκεύει και μεταδίδει τις πληροφορίες στο όχημα διαχείρισης ασύρματα. Οι διαχειριστές και μηχανικοί στο όχημα διαχείρισης παρακολουθούν τις αποδόσεις των αγροτικών μηχανημάτων και των συστημάτων απόκτησης δεδομένων, και αντιμετωπίζουν τυχόν προβλήματα που προκύπτουν από τα δεδομένα που δέχονται.

Ο Lee et al. (2002) ανέπτυξε ένα σύστημα χαρτογράφησης φρέσκου χορταριού, που περιελάμβανε ένα GPS, δυναμοκυψέλες, έναν αισθητήρα υγρασίας και μια μονάδα ασύρματης επικοινωνίας Bluetooth. Ο αισθητήρας υγρασίας και ο πομπός επικοινωνίας Bluetooth έχουν εισαχθεί σε ένα ελικόπτερο. Σήμα από τον αισθητήρα υγρασίας αποστέλλεται σε ένα δέκτη Bluetooth σε ένα PC με ρυθμό δεδομένων της τάξεως των 115kbrps και χρησιμοποιείται για να διορθώνουν τα δεδομένα απόδοσης.

Ο Mahan και Wanjura (2004) συνεργάστηκαν με μια ιδιωτική εταιρεία για να αναπτύξουν ένα ασύρματο, θερμομετρικό σύστημα υπέρυθρων για συλλογή πληροφοριών μέσα στον αγρό. Το σύστημα αποτελείται από υπέρυθρους αισθητήρες, από προγραμματισμένους ελεγκτές και χαμηλής

ενέργειας ραδιοφωνικούς πομπούς για τη συλλογή δεδομένων στον αγρό και τη μετάδοση τους σε ένα απομακρυσμένο δέκτη εκτός χωραφίου.

6.2.2) Άρδευση ακριβείας

Ο Damas et al. (2001) ανέπτυξε και δοκίμασε ένα σύστημα που διανέμει, έχει απομακρυσμένο έλεγχο, έχει αυτόματη άρδευση για να ελέγχει μια περιοχή 1500 ΗΑ αρδευόμενης περιοχής στην Ισπανία. Η περιοχή είχε διαιρεθεί σε 7 υπό περιοχές με 1850 υδρολήπτες να έχουν εισαχθεί. Κάθε υπό περιοχή παρακολουθούταν και ελεγχόταν από ένα τομέα ελέγχου. Οι 7 τομείς ελέγχου επικοινωνούσαν μεταξύ τους και με ένα κεντρικό τομέα ελέγχου μέσω ενός δικτύου WLAN. Οι έλεγχοι στον αγρό έδειξαν ότι είχαμε 30-60% οικονομία στο χρησιμοποιούμενο νερό.

Οι Evans και Bergman (2003) ηγούνταν ενός γκρουπ έρευνας στο United States Department of Agriculture για τη μελέτη του ελέγχου της άρδευσης ακριβείας από αυτοκινούμενο, γραμμικής κίνησης και περιστροφής συστήματα άρδευσης. Οι ασύρματοι αισθητήρες χρησιμοποιούνταν στο σύστημα για να βοηθούν το πρόγραμμα άρδευσης χρησιμοποιώντας συνδυαστικά τρέχοντα δεδομένα καιρού, απομακρυσμένα δεδομένα αισθητήρων και προτιμήσεις καλλιεργητών.

6.2.3) Τεχνολογίες μεταβλητού ποσοστού

Ο Cugati et al. (2003) ανέπτυξε μια αυτόματη εφαρμογή λίπανσης για δενδρώνες. Το σύστημα αποτελούνταν από μια εισαγωγική μονάδα για GPS και ένα αισθητήρα απόκτησης δεδομένων πραγματικού χρόνου μια μονάδα αποφάσεων για τον υπολογισμό της βέλτιστης ποσότητας και το μοτίβο εξάπλωσης

της λίπανσης, και μια μονάδα εξόδου για τη ρύθμιση του ρυθμού λιπάνσεως. Η επικοινωνία δεδομένων μεταξύ αυτών των μονάδων καθορίστηκε να είναι βάση του πρωτοκόλλου Bluetooth.

6.2.4) Ενημερώνοντας τους αγρότες με πληροφορίες

Αναπτύχθηκε ένας ιστότοπος από τον Jensen et al. (2000) που έδινε πληροφορίες για επιδημίες, ασθένειες και μετεωρολογικές προβλέψεις. Οι αγρότες μπορούσαν να κατεβάσουν τις πληροφορίες κατευθείαν μέσω Internet και να τις χρησιμοποιήσουν για προγραμματισμό λειτουργίας. Το United States Department of Agriculture (Flores, 2003) συνέταξε μια έρευνα στο Mississippi για την ανάπτυξη ενός ταχύτατου συστήματος με ασύρματο δίκτυο για να βοηθά τους αγρότες να κατεβάζουν αεροφωτογραφίες μέσω WLAN στο PC τους, laptop ή PDA τους. Οι εφαρμογές χρησιμοποιούνται κυρίως για εφαρμογές για γεωργία ακριβείας.

6.3) Έλεγχος μηχανημάτων και διαδικασιών - M2M

Η M2M (Machine to Machine) είναι μια τεχνολογία που υποστηρίζει ενσύρματες ή ασύρματες (WPAN, WLAN....) επικοινωνίες από μηχάνημα σε μηχάνημα, από μηχάνημα σε κινητή συσκευή ή από κινητή συσκευή σε μηχάνημα. Η M2M τεχνολογία βελτιστοποιεί την αυτοματοποίηση ενός συστήματος (ένα σύστημα μηχανημάτων, μια διεργασία ή μια επιχείρηση) και ενσωματώνει διακεκριμένα στοιχεία μέσα στο σύστημα με ένα IT σύστημα. Μέχρι σήμερα, έχει αναπτυχθεί κυρίως για βιομηχανίες και επιχειρήσεις. Παράδειγμα εφαρμογών M2M στη γεωργία δίνονται στη συνέχεια και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε (1) καθοδήγηση οχημάτων, (2) διαχείριση μηχανημάτων, (3) ρομποτικός έλεγχος και (4) έλεγχο διαδικασιών, παρόλα αυτά καμία από αυτές τις εφαρμογές δε χρησιμοποιεί στο έπακρο το M2M με τις πραγματικές του δυνατότητες.

6.3.1) Καθοδήγηση μηχανημάτων

Ένα πραγματικού χρόνου οχήματος προς όχημα σύστημα επικοινωνίας WLAN, καθιερώθηκε από τον Guo και Zhan (2002) για να ανταλλάσσει πληροφορίες μεταξύ των οχημάτων για την κατάσταση των οχημάτων αυτών και τις μεταβλητές ελέγχου λειτουργίας. Δοκιμές σε εργαστήρια κ σε αγρούς απέδειξαν την χρησιμότητα της ασύρματης επικοινωνίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ οχημάτων σε αυτόνομους, master-slave καθοδηγητές μηχανημάτων.

Οι Charles και Stenz (2003) δημιούργησαν ένα αυτόνομο τρακτέρ για τις εργασίες ψεκασμού σε αγρό. Κατά τη διάρκεια του ψεκασμού, το τρακτέρ κινούνταν εντελώς αυτόνομα τουλάχιστον στο 90% του χρόνου. Αυτό το τρακτέρ μπορούσε επίσης να ελεγχθεί με ακρίβεια από ένα επόπτη μέσω ενός ραδιο-συνδέσμου.

Ο Ribeiro et al. (2002) ανέπτυξε ένα αυτόματα καθοδηγούμενο τρακτέρ για εργασίες ψεκασμού σε ελαιώνες στην Ισπανία. Ένας φιλικός προς το χρήστη οπτικοποιητής σχεδιάστηκε ώστε να ελέγχει απομακρυσμένα και να επιβλέπει μη επανδρωμένα τρακτέρ στον αγρό μέσω WLAN.

Ο Stenz et al. (2002) ανέπτυξε ένα ασύρματο σύνδεσμο μεταξύ των τρακτέρ και των εποπτών για ένα συγκεκριμένο πλήθος ημι-αυτόνομων τρακτέρ. Το κάθε τρακτέρ έχει την ικανότητα να εντοπίζει ανθρώπους, ζώα και άλλα μηχανήματα στη προκαθορισμένη διαδρομή του και να σταματά πριν χτυπήσει κάποιο από αυτά τα εμπόδια, μέχρι να λάβει εντολές από τον επόπτη μέσω ενός ασύρματου συνδέσμου.

Μια προσωπική ασύρματη ράδιο-συσκευή ασφαλείας (WPSRD) αναπτύχθηκε για να αποφεύγονται συγκρούσεις μεταξύ ανθρώπων και οχημάτων (Chung et al., 2001). Το WPSRD σύστημα περιελάμβανε ένα σύστημα “υποδοχής” (host system), ένα αριθμό σταθερών ραδιοφωνικών μονάδων με προκαθορισμένες ιδιότητες, και ένα αριθμό κινητών ραδιοφωνικών μονάδων που κουβαλιούνται σε προσωπικά ή αυτόνομα οχήματα που καλύπτει μια γνωστή περιοχή. Το σύστημα υποδοχής επικοινωνούσε με όλες τις σταθερές και κινητές μονάδες ασύρματα, δείχνοντας την απόσταση μεταξύ των δύο μονάδων, και δίνοντας διάφορες εντολές και προειδοποιήσεις σε τυχόν εντοπισμό πιθανής σύγκρουσης.

6.3.2) Διαχείριση μηχανημάτων

Ο McKinion et al. (2003,2004 a, b) καθιέρωσε ένα WLAN δίκτυο δεδομένων επικοινωνίας για να συνδέει ένα αγροτικό σταθμό με μηχανήματα, όπως οι συλλέκτες βαμβακιού, ποικίλης δυναμικής εξοπλισμό λίπανσης και ενός προσωπικού, μικρού μεγέθους ψηφιακό βοηθητικό υπολογιστή στον αγρό και

επέτρεπαν μια ταχύτατη και αμφίδρομη επικοινωνία δεδομένων και πληροφοριών μεταξύ τους.

Οι Krallmann και Foelster (2002) ανέφεραν ένα σύστημα απομακρυσμένης βοήθειας για γεωργικά μηχανήματα που παρείχε τη μέγιστη δυναμικότητα και το μικρότερο χρόνο αναμονής σε βλάβη μέχρι τη διόρθωσή της. Ένα ασύρματο LAN σύστημα με ρυθμό μετάδοσης δεδομένων της τάξεως των 11Mbits χρησιμοποιούνταν σαν μέσω επικοινωνίας.

6.3.3) Ρομποτικός έλεγχος

Ο Hirakawa et al. (2002) σχεδίασε ένα ασύρματο διαμοιραζόμενο ρομποτικό σύστημα ελέγχου, στο οποίο το ρομπότ ελέγχου, ελεγχόταν από τοπικούς συνδέσμους (links) ελέγχου. Ένας κύριος ελεγκτής εντολών αποστολής / λήψης και δεδομένων από / προς κάθε τοπικό ελεγκτή μεταδίδεται μέσω μιας ράδιο-συχνότητας. Εν τω μεταξύ, ένα σύστημα ασύρματης μετάδοσης σχεδιάστηκε χρησιμοποιώντας αξονικούς μετατροπείς. Αυτός ο ασύρματος έλεγχος εξάλειψε τα σύρματα και τα καλώδια, αύξησε τη φορητότητα των ρομποτικών εξαρτημάτων και βελτίωσε την προσαρμοστικότητα των ρομπότ.

6.3.4) Έλεγχος διαδικασιών

Ο Heimerdinger (2000) σχεδίασε ένα ασύρματο διερευνητικό σύστημα (WPS) για να ελέγχει τα ποσοστά υγρασίας στο ξύλο κατά τη διάρκεια της αποξήρανσης σε πραγματικό χρόνο. Το WPS τοποθετήθηκε σε διάφορες περιοχές του ξύλου και είχαν ραδιομεταδότες αυτόνομης ενέργειας για να στέλνουν δεδομένα προς ένα πομποδέκτη σε ένα κεντρικό σταθμό χρησιμοποιώντας μη αδειοδοτημένες ISM ζώνες των 900 MHz στη Β. Αμερική 433 MHz στην Ευρώπη. Το πείραμα απέδειξε ότι

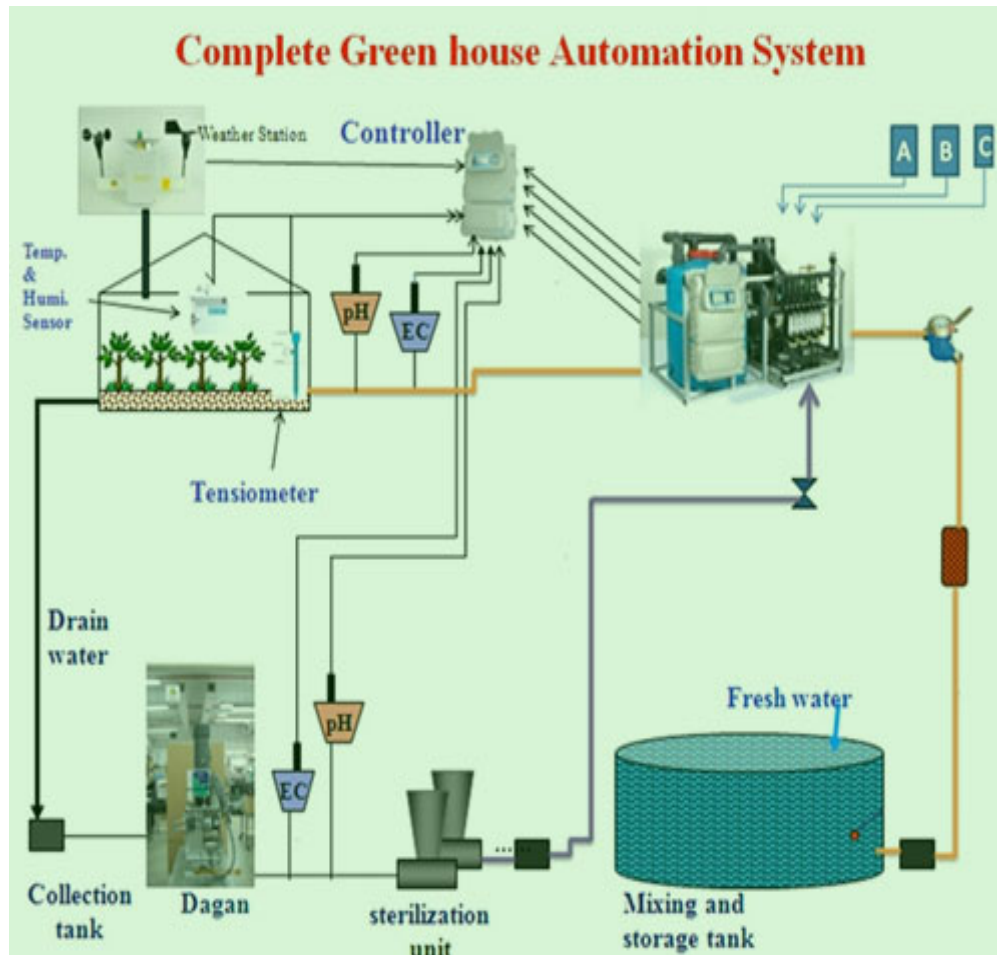
το WPS βελτίωσε εντυπωσιακά την ακρίβεια και την αποδοτικότητα της αποξήρασης και μείωσε το κόστος του συστήματος απόκτησης δεδομένων.

6.4) Αυτοματοποίηση εγκαταστάσεων

Οι γεωργικές εγκαταστάσεις, όπως τα θερμοκήπια και οι εγκαταστάσεις εκτροφής ζώων, περιλαμβάνουν HVAC (heating, ventilation, and air conditioning), έλεγχο φωτισμού, διαχείριση ενέργειας, έλεγχο πρόσβασης, Δομική παρακολούθηση και πυρασφάλεια. Τα πρότυπα για τα ενσύρματα συστήματα ελέγχου HVAC (Lon-Works, BacNet, etc.) έχουν καθιερωθεί πριν πολύ καιρό. Τα πρότυπα για τα ασύρματα συστήματα είναι προς το παρόν υπό ανάπτυξη. (Crossbow Technology Inc., 2004)

6.4.1) Έλεγχος θερμοκηπίων

Ο Serodio et al. (1998,2001) ανέπτυξε και δοκίμασε ένα παρόμοιο διανεμημένο σύστημα απόκτησης δεδομένων και ένα σύστημα ελέγχου για τη διαχείριση μιας ομάδας θερμοκηπίων. Διάφορες τεχνικές επικοινωνίας χρησιμοποιούνταν για την μεταφορά δεδομένων. Σε ένα χαμηλότερο επίπεδο εποπτείας, μέσα σε κάθε θερμοκήπιο, ένα WLAN δίκτυο με ραδιοσυχνότητα 433,92 MHz χρησιμοποιείται για να συνδέει ένα δίκτυο αισθητήρων σε ένα τοπικό ελεγκτικό μηχανισμό. Ένα δίκτυο ελέγχου περιοχής (CAN) παρεχόταν για να συνδέει ένα δίκτυο παρακίνησης με το τοπικό ελεγκτή. Μέσω ενός άλλου συνδέσμου RF (458 MHz), διάφοροι τοπικοί ελεγκτές συνδέονταν σε ένα κεντρικό PC. Μια υψηλού επιπέδου μετάδοση δεδομένων παρεχόταν μέσω ETHERNET για να συνδέει το κεντρικό PC σε ένα απομακρυσμένο δίκτυο.



Ο Morais et al. (1996) κατασκεύασε ένα ασύρματο δίκτυο απόκτησης δεδομένων για να συλλέγει δεδομένα κλίματος και για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους για θερμοκήπια στη Πορτογαλία. Αρκετοί σταθμοί απόκτησης δεδομένων που δουλεύουν με ηλιακή ενέργεια (SPWAS) έχουν εγκατασταθεί εσωτερικά και εξωτερικά για να μετρούν και να καταγράφουν τα δεδομένα κλίματος. Οι σύνδεσμοι RF καθιερώθηκαν μεταξύ πολλαπλών (έως 32) SPWAS και ενός σταθμού-βάσης, που χρησιμοποιούνται για να ελέγχει τα SPWAS και να αποθηκεύει δεδομένα.

Οι Liu και Ying (2003) ανέφεραν ένα σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου θερμοκηπίου χρησιμοποιώντας

τεχνολογία Bluetooth. Το σύστημα συνέλλεγε περιβαλλοντικά δεδομένα από ένα δίκτυο αισθητήρων σε ένα θερμοκήπιο και μετέδιδαν τα δεδομένα σε ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου.

Ο Mizunuma et al. (2003) ανέπτυξε ένα WLAN στον αγρό και το θερμοκήπιο για να παρακολουθεί την ανάπτυξη των φυτών και κατασκεύασε ένα τηλεχειριστήριο για το σύστημα παραγωγής. Πίστευαν ότι η στρατηγική των τηλεχειριστηρίων μπορούσε να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό την παραγωγή και να μειώσει τις απαιτήσεις σε εργασία.

6.4.2) Εγκαταστάσεις εκτροφής ζώων

Παρακολουθώντας τις κλιματικές εναλλαγές μέσα σε ένα στάβλο μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της καλής υγείας των ζώων. Οι Pessel και Denzer (2003) ανέπτυξαν ένα φορητό, ευκίνητο όργανο για να μετράει τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, το θόρυβο, τη φωτεινότητα και το ποσοστό αμμωνίας στον αέρα μέσα σε στάβλο και να μεταφέρει τα δεδομένα ασύρματα σε ένα PC μέσω ενός συνδέσμου υπερύθρων.



Download from
Dreamstime.com

This watermarked comp image is for previewing purposes only.

ID 20240169

© Yademons | Dreamstime.com

Η ποιότητα του εσωτερικού-περιβάλλοντος σε ένα υπόδρομο είναι τόσο σημαντική για τα άλογα όσο και για τους αναβάτες. Για να παρακολουθηθούν η θερμοκρασία και η υγρασία, διάφορα Hobo Pro καταγραφικά με ασύρματα ράδιο-modem (Onset Computer Corporation Pacasset, MA) χρησιμοποιούνταν από τον Wheeler et al. (2003) για να μετράνε θερμοκρασία και υγρασία μέσα σε αρένες. Τα δεδομένα μεταδίδονται σε ένα κεντρικό ελεγκτή μέσω της αδειοδοτημένης ζώνης ISM των 900 MHz για να πραγματοποιεί on-line, εσωτερικό περιβαλλοντικό έλεγχο.

6.5) Συστήματα ανίχνευσης (RFID)

Με τη αύξηση της ζήτησης για ασφάλεια, αποδεικτικά έγγραφα για φαγώσιμα προϊόντα, από τον αγρό στον πελάτη, έχουν γίνει πάρα πολύ απαιτητικά (Thyssen, 2000). Τα συστήματα RFID έχουν γίνει αποδεκτά ως μια νέα τεχνολογία για ένα καλά δομημένο σύστημα ανίχνευσης για συλλογή δεδομένων και στη παρακολούθηση ανθρώπων, ζώων και προϊόντων (Sahin et al., 2002). Έχει προβλεφθεί ότι οι εφαρμογές RFID θα αναπτυχθούν ταχύτατα στα επόμενα 10 χρόνια με ένα ετήσιο βαθμό προόδου (2003 -2010) της τάξεως του 32.2% (Sangani, 2004). Για να υποστηρίξουμε αυτές τις εξαιρετικές δυνατότητες των εφαρμογών RFID, έχει επιτελεστεί μεγάλη έρευνα.

6.5.1) Ταυτοποίηση και παρακολούθηση υγείας των ζώων.

Ο Nag et al. (2003) σχεδίασε ένα απομακρυσμένο σύστημα για τη παρακολούθηση της υγείας στα βοοειδή ενσωματώνοντας διάφορους αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένου ενός GPS, ενός παλμικού οξυμέτρου, ενός αισθητήρα θερμοκρασίας στον πυρήνα του σώματος, μια ηλεκτρονική ζώνη, έναν αισθητήρα αναπνοής και έναν αισθητήρα περιβαλλοντικής θερμοκρασίας. Το σύστημα επικοινωνούσε ασύρματα με ένα σταθμό-βάση μέσω τηλεμετρίας Bluetooth. Οι Taylor και Mayer (2004) ανέφεραν μια μελέτη για ένα "έξυπνο", νοήμων σύστημα διαχείρισης ζώων. Κάθε ζώο που τρέφονταν, είχε ένα ασύρματο αισθητήρα και ένα mote, που μπορούσαν να παρέχουν ακριβείς μετρήσεις τοποθεσίας και πληροφορίες σχετικά με την υγεία του ζώου ασύρματα. Ο Haarala (2003) δοκίμασε την απόδοση των ηλεκτρονικών ετικετών αναγνώρισης και διάφορα άλλα αναγνωριστικά σχετικά με τα βοοειδή κάτω από εξαιρετικά παγωμένες συνθήκες στη Φιλανδία. Ο Brown-Brandl et al. (2001)

δοκίμασε ένα μικρής εμβέλειας τηλεμετρικό σύστημα για να μετράει τη θερμοκρασία του πυρήνα στα πουλερικά και στα βοοειδή. Μια μικρή καταγραφική μονάδα CorTemp™ λάμβανε τα δεδομένα θερμοκρασίας ασύρματα. Τα αποτελέσματα των δοκιμών έδειξαν ικανοποιητική ακρίβεια, ανάλυση, και χρόνο απόκρισης για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Ο Kononoff et al. (2002) χρησιμοποίησε ένα ασύρματο αυτόματο σύστημα για να καταγράφει τη μασητική και μηρυκαστική συμπεριφορά για τη μελέτη των διατροφικών παραγόντων που επηρεάζουν τη φυσική λειτουργία της μεγάλης κοιλίας των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής.



που επηρεάζουν τη φυσική λειτουργία της μεγάλης κοιλίας των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής.

Ο Butler et al. (2004) ανέπτυξε ένα " εικονικά κινούμενο φράχτη " αλγόριθμο για τη βοσκή των αγελάδων. Κάθε ζώο στο βοσκότοπο του δινόταν ένα έξυπνο κολάρο αποτελούμενο από ένα GPS, ένα PDA, μια ραδιομονάδα (WLAN) και ένα ενισχυτή

ήχου. Η τοποθεσία του ζώου εκτιμόνταν βάση του GPS και επιβεβαιωνόταν μέσω μιας μέτρησης εγγύτητας της αγελάδας σε συνδυασμό με τα όρια του φράχτη. Όταν πλησίαζαν την περίμετρο, στο ζώο αντηχούσε ένας διεγερτικός ήχος που τα οδηγούσε μακριά από το φράχτη.

6.5.2) Συσκευασία τροφίμων

Ο Wentworth (2003) συνέταξε μια μελέτη που στόχευε σε φθηνές, διαθέσιμες RFID ετικέτες βίο-αισθητήρων που χρησιμοποιούνται σε φαγώσιμα προϊόντα για έλεγχο προέλευσης, μόλυνσης και έλεγχο απογραφής εμπορευμάτων. Οι βίο-αισθητήρες στηρίζονταν σε μια πλατφόρμα ακουστικού κύματος και χρησιμοποιούσαν μια αντίδραση αντιγόνων-αντισωμάτων για να εντοπίζει βακτήρια. Ο Chandler (2003) συζήτησε την προοπτική των RFID ετικετών για 'έξυπνη συσκευασία', αυτόματο έλεγχο, 'έξυπνες εφαρμογές', 'έξυπνη ανακύκλωση' και ευκαιρίες marketing/promotion. Πιστεύεται ότι αυτού του τύπου η τεχνολογία μπορούσε να βελτιώσει την ασφάλεια, την παραγωγικότητα, τον έλεγχο απογραφής, την ιχνηλασιμότητα και το κεφάλαιο με την εξοικονόμηση των λειτουργικών εξόδων.



6.5.3) Μεταφορά

Οι Gebresenbet et al. (2003) και Geers et al. (1998) πρότειναν ένα σύστημα παρακολούθησης 'στη κίνηση' για ζώα κατά τη μεταφορά. Το σύστημα περιελάμβανε αισθητήρες που είχαν εισαχθεί στην καρότσα που ήταν τα ζώα για να αναγνωρίζουν που είναι τα ζώα και να παρακολουθούν την ποιότητα του αέρα, τις δονήσεις και τις συμπεριφορές των ζώων. Ένα GPS παρείχε την τοποθεσία του οχήματος. Μια μονάδα μεταφοράς δεδομένων στέλνει συχνά δεδομένα σε μια κεντρική υπηρεσία μέσω του δικτύου GSM. Αναφέρθηκε ότι το σύστημα βελτίωσε πάρα πολύ τις συνθήκες διαβίωσης των ζώων κατά το χειρισμό και τη μεταφορά.

6.5.4) Επιθεώρηση φαγητού

Ο Majjar et al. (1997) ανέπτυξε ένα handheld PC για ποιοτικούς ελέγχους σε ένα εργοστάσιο επεξεργασίας τροφίμων. Το σύστημα επέτρεπε στους επιθεωρητές να διαλέγουν μια φόρμα, να τη συμπληρώνουν και να στέλνουν τα δεδομένα στον υπολογιστή του διευθυντή του εργοστασίου μέσω ενός 16-bit,

εντελώς αμφίδρομου ήχου, και 2Mb/s ασύρματης επικοινωνίας δεδομένων. Το σύστημα επέτρεπε επίσης στους εργάτες να χρησιμοποιούν τις φωνές τους αντί τα χέρια τους για να εισάγουν δεδομένα από οπουδήποτε στο εργοστάσιο.



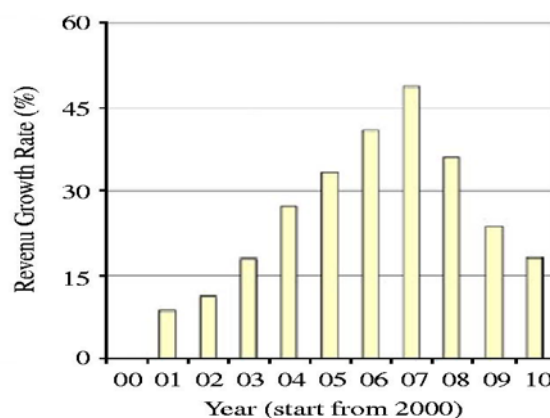
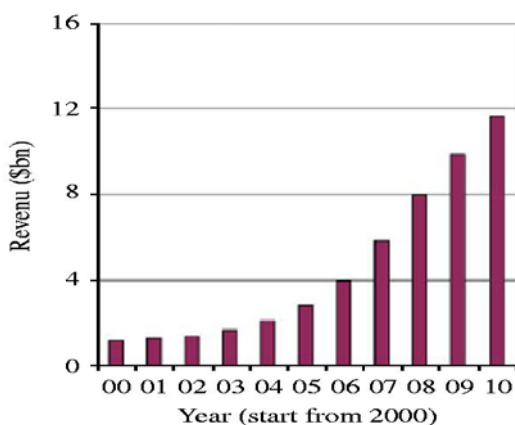
Τα τελευταία χρόνια, οι ασύρματοι αισθητήρες έχουν προσαρμοστεί στην επεξεργασία φαγητού για να παρακολουθούν και να ελέγχουν τα ποιοτικά γνωρίσματα των φαγώσιμων προϊόντων. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας μπορεί να εισαχθεί μέσα σε μια κονσέρβα φαγώσιμων για να καταγράψει την εξέλιξη της θερμοκρασίας, και να μεταδίδει τα δεδομένα της θερμοκρασίας ασύρματα σε ένα κεντρικό ελεγκτή-υπολογιστή. Οι Marra και Romano (2003) ανέπτυξαν ένα μαθηματικό τύπο για τη μελέτη των επιδράσεων των διαφορετικών μεθόδων εισαγωγής ασύρματων αισθητήρων θερμοκρασίας μέσα σε κονσέρβες φαγώσιμων για την παρακολούθηση της θερμικής στέρωσης.

Ένας ασύρματος, παθητικός ηχητικός αισθητήρας αναπτύχθηκε από τον Ong et al. (2001) για να ελέγχει τις βακτηριακές μάζες στα φαγώσιμα προϊόντα. Ο αισθητήρας είχε τοποθετηθεί σε ένα λεπτό film με ένα LC ηχητικό κύκλωμα και

τοποθετήθηκε σε ένα βιολογικό μέσο. Τα ηχητικά σήματα που αφορούσαν τις βακτηριακές μάζες στο μέσο, εντοπιζόντουσαν απομακρυσμένα από μια κεραία. Ο αισθητήρας έδειξε εξαιρετικές προοπτικές στον έλεγχο ποιότητας φαγητού.

7. Ανάπτυξη αγοράς

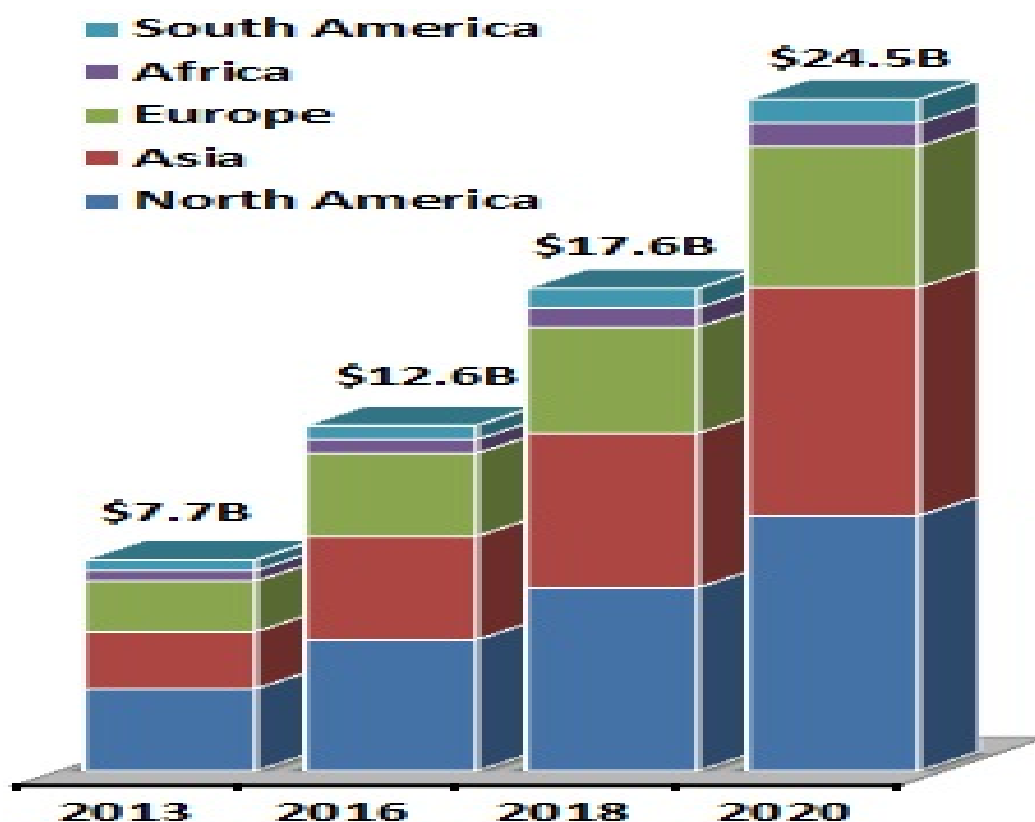
Όσο οι αισθητήρες πολλαπλασιάζονται ταχύτατα σε ευρεία ποικιλία εφαρμογών και βιομηχανίες, το κόστος τους μειώνεται συνέχεια. Η τελευταία μόδα, της ανάπτυξης νέων προτύπων με τη βοήθεια βιομηχανικών συνεταιίρων έχει βοηθήσει πολύ τη βιομηχανία να ρίξει το κόστος, και να έχει υψηλότερη λειτουργικότητα στα ασύρματα συστήματα. Η ανάπτυξη και υιοθεσία των ασύρματων τεχνολογιών παραμένουν διασκορπισμένες με κανένα προμηθευτή να μη κυριαρχεί στις παραγγελίες. Η ασύρματη τηλεσκόπηση και γενικά το 'μηχάνημα σε μηχάνημα' παράδειγμα συνεχίζει να αποδεικνύεται οικονομικά επικερδές όταν αντιμετωπίζουμε βραχυπρόθεσμες προτεραιότητες των επιχειρήσεων.



Source: Frost & Sullivan (2004)

Η αγορά των ασύρματων αισθητήρων είχε σταθερή αύξηση τη περασμένη δεκαετία. Το 2004, 200.000-500.000 δίκτυα ασύρματων αισθητήρων πουλήθηκαν. Αυξήθηκε στα 6-10 εκατομμύρια το 2006. Σε δολάρια, οι μεταφορές ασύρματων προϊόντων αυξήθηκαν κατά 3 φορές από το 2003 έως το 2006. Προβλέπεται μια αύξηση στα 1,8 δισεκατομμύρια μέχρι το 2024. Η On World Inc. (2004) μια εταιρεία διαδικτυακής έρευνας αγορών, προέβλεψε επίσης ότι 'όταν η αγορά θα έφτανε στο κρίσιμο σημείο το 2008,... αυτό το τμήμα θα αναπτυσσόταν τουλάχιστον 200% κάθε χρόνο μέχρι να κορεστεί η αγορά'.

Σαν σημαντικό μέρος της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων, η πρόοδος των RFID προϊόντων είχε επίσης προβλεφθεί ότι θα έχει σταθερή αύξηση τα επόμενα 6 χρόνια έως το 2010. Το 2012 ήταν σχεδόν στα 6,98 δισεκατομμύρια. Υπολογίζεται ότι η αγορά θα αυξηθεί στα 24,5 δισεκατομμύρια το 2020 με κύριο ρόλο να παίζουν εφαρμογές σωματικής ασφάλειας. Την έρευνα πραγματοποίησε η IDTechEx, μια εταιρεία έρευνας τεχνολογικής ανάπτυξης, που έχει τη βάση της στο Cambridge.



Είχε επίσης προβλεφθεί ότι το κόστος των ασύρματων αισθητήρων θα μειωθεί δραματικά στα επόμενα χρόνια . Η τιμή θα έπεφτε στο 50% κάθε 18 μήνες (Crossbow Technologies Inc., 2004).

Οι σύμμαχοι της ασύρματης δικτυακής βιομηχανίας (WINA) υπό την αιγίδα του US Department of Energy's Office of Industrial Technology πρόβλεψε ότι η εκτενής χρήση των ασύρματων αισθητήρων μπορεί να βελτιώσει τη βιομηχανική παραγωγή και την ενεργειακή αποδοτικότητα κατά 10%. Η WINA δήλωσε: 'τα συστήματα ασύρματης τεχνολογίας και ασύρματης δικτύωσης έχουν εξαιρετικές προοπτικές για να βοηθήσει τη US βιομηχανία να χρησιμοποιήσει την ενέργεια και τα υλικά πιο αποτελεσματικά, έχοντας χαμηλότερο κόστος συστημάτων και υποδομών, χαμηλότερο κόστος παραγωγής και αύξηση της παραγωγικότητας'.

Η επιχείρηση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων θεωρείται ότι, θα γίνει μια πολύ-δισεκατομμυριούχα ενέργεια, μόνο αν γίνει εντέλει μια εξαιρετική ανάπτυξη στα πρωτόκολλα και στην τεχνολογία τους.

8.Εμπόδια

Η ανάπτυξη της ασύρματης τεχνολογίας αισθητήρων έχει βρει αρκετά εμπόδια στο δρόμο της. Παρά το γεγονός ότι έχουν αναγνωριστεί οι εξαιρετικές προοπτικές αυτής της τεχνολογίας από πολλούς και η ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας υποστηρίζεται από ενθουσιώδεις βιομηχανικούς συνεταιίρους, η υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας δεν είναι τόσο γρήγορη όσο θα φανταζόταν κάποιος. Τα κυριότερα εμπόδια είναι:

1. Η τυποποίηση δεν έχει ολοκληρωθεί. Μια μεγάλη επιγραφή «υπό κατασκευή» είναι στο μυαλό των περισσοτέρων.
2. Οι πρώτες εφαρμογές είναι ακόμη στο περίμενε και πολλά προγράμματα με προοπτικές περιμένουν στις επάλξεις για αποδείξεις ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχημένα και με ασφάλεια.
3. Τα ογκώδη δεδομένα που δημιουργούνται από ασύρματους αισθητήρες που έχουν τη δυνατότητα να υπερβάλλουν ενώ παρέχουν περιορισμένες τιμές μέχρι η δομή και οι διεργασίες να μπορούν να υποστηρίξουν πλήρως όλες τις δυνατότητες τους.
4. Η υπάρχων υποδομή IT, υπερισχύει της ενσύρματης δομής επικοινωνίας, απλά δεν έχει σχεδιαστεί γι'αυτή την υπάρχων ενέργεια και χρειάζεται σημαντικές διορθώσεις.
5. Η συμβατότητα με τα παλαιότερα συστήματα δεν υπάρχει και έτσι πολλά από τα υπάρχοντα συστήματα εμποδίζουν την υιοθέτηση των ασύρματων προϊόντων. Η ολοκληρωτική υιοθέτηση ίσως απαιτεί κατάργηση των υπάρχοντων, ενσύρματων υποδομών και αλλαγές στο status quo. Μόλις εφαρμοστούν, η ευελιξία των υποδομών μπορεί να περιοριστεί.

6. Θέματα ασφάλειας πρέπει να λυθούν. Η χρήση ασφάλειας WLAN μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παράδειγμα.
7. Η πολυπλοκότητα και το υψηλό κόστος για κάλυψη μεγάλων εργοστασίων εμποδίζουν την γρήγορη υιοθέτηση.
8. Η παροχή ενέργειας είναι πάντα πρόβλημα για τα ασύρματα συστήματα.
9. Η αξιοπιστία των ασύρματων συστημάτων παραμένει αναπόδεικτη και υπολογίζεται ότι έχει πολύ ρίσκο για τον διαδικαστικό έλεγχο.
10. Η έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού για λύσεις προβλημάτων.

9. Τάσεις του μέλλοντος

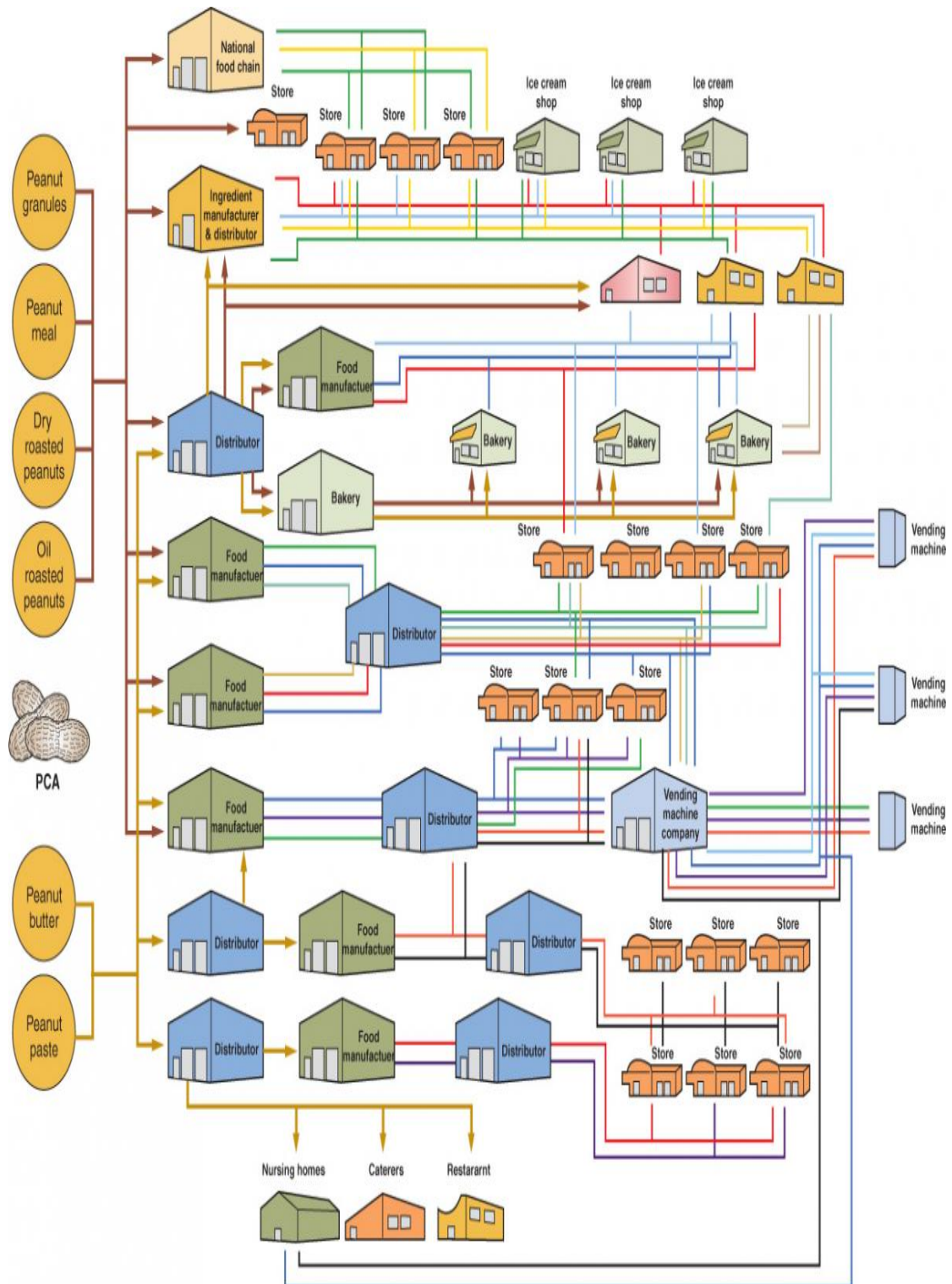
Στο παρελθόν, η υπερβολική καλωδίωση λογιζόταν ως σημάδι τεχνολογικής προόδου για τα κινητά οχήματα. Το 1995, το συνολικό μήκος των ηλεκτρικών συρμάτων σε ένα αυτοκίνητο ήταν περίπου 45m. Αυτός ο αριθμός αυξήθηκε στα 4km σε υψηλής τεχνολογίας όχημα το 2002. Παρότι τα δίκτυα στα κινητά οχήματα, όπως το δίκτυο ελέγχου περιοχής, έχουν μειώσει εξαιρετικά το πλήθος των καλωδίων, πιο προηγμένες τεχνολογίες σε μοντέρνα οχήματα έχουν ακόμη στενούς δεσμούς με τα καλώδια. Αντικαθιστώντας κάτι ενσύρματο με κάτι ασύρματο θεωρείται ακόμη σχετικά ανασφαλές και αναξιόπιστο αλλά υπάρχει γενικά μεγάλη πρόοδος. Καθώς η αυτοκινητοβιομηχανία ξεκίνησε να συζητάει την αντικατάσταση των ενσύρματων χειριστηρίων, η επαναστατική M2M δεν έχει ξεκινήσει να το κάνει για τα γεωργικά μηχανήματα. Είχε προβλεφθεί τελικά ότι, η αυτοκινητοβιομηχανία θα άρχιζε να προσαρμόζει τις ασύρματες τεχνολογίες πριν τα τέλη του 2000 και προβλέφθηκε ότι αυτή η τάση θα γίνει αρωγός για τις βιομηχανίες αγροτικών προϊόντων, μόνο με μία φάση καθυστέρηση.

Μεγάλης ενέργειας και μεγάλου βάρους αγροτικά μηχανήματα είναι τα de-facto μηχανήματα για τις αγροτικές εργασίες. Αυτά τα μηχανήματα προκαλούν μόνιμες ζημιές στους αγρούς λόγω σύμπτυξης του εδάφους. Καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες καυσίμων, και το μεγάλο μέγεθος τους εμποδίζει την ατομική καλλιέργεια και περιποίηση των φυτών. Έχουν προταθεί, μικρά robot που μπορούν προγραμματισθούν να εκτελούν διάφορες λειτουργίες στον τομέα των καλλιεργειών, σε θερμοκήπια, σε οπωρώνες, στη δασοκομία και σε φυτείες, αντικαθιστώντας τα μεγάλα οχήματα. Οι ασύρματοι αισθητήρες και τα ελεγχόμενα από υπολογιστή robot είναι ο τέλειος συνδυασμός για να ταιριάξει σε αυτή τη τάση. Τοπικά ασύρματα

δίκτυα αισθητήρων μπορούν να καλυφθούν με ένα WLAN για να πετύχουν διάφορες αγροτικές εργασίες με ένα συστηματικό, ακριβές και καλά διαχειριζόμενο τρόπο.

Όσο οι απαιτήσεις για ποιότητα φαγητού, υγεία και ασφάλεια αυξάνεται, έχει γίνει επιτακτικός ο αυστηρότερος έλεγχος των αγροτικών προϊόντων. Επίσης έχει γίνει ιδιαίτερα απαιτητική η 'ιχνηλασιμότητα' που απαιτεί, όχι μόνο αυστηρές επιθεωρήσεις, αλλά επίσης συστηματική ανίχνευση, τιτλοφόρηση, καταγραφή ποιότητας και των παραμέτρων ασφάλειας, αρχειοθετώντας έτσι ολόκληρη την αλυσίδα παραγωγής, από τον αγρό έως το τραπέζι του καταναλωτή. Το RFID λογίζεται ως το πιο σημαντικό εργαλείο εξακρίβωσης ώστε να μπορέσει να καθιερώσει ένα αποτελεσματικό 'εργαλείο ανίχνευσης' (Sahin et al., 2002). Συγκρίνοντας με τη παραδοσιακή μέθοδο με barcodes, το RFID επιτρέπει μια 'έξυπνη ετικέτα' τοποθετημένη σε κάθε προϊόν ξεχωριστά για να διαβάζεται από κάθε θέση χωρίς σωματική επαφή με τους αναγνώστες. Επιπλέον, η 'έξυπνη ετικέτα' μπορεί να ενημερώνεται καθ' όλη την αλυσίδα προμήθειας για να παρέχει ολοκληρωμένα αρχεία πληροφόρησης για την ανάπτυξη, τις διεργασίες, το πακετάρισμα, τη μεταφορά, τη διανομή, την αποθήκευση, τη τοποθέτηση στα ράφια και την ανακύκλωση. Συνδυαζόμενα με τους ασύρματους αισθητήρες, το RFID σύστημα μπορεί να καταγράψει περιβαλλοντικές παραμέτρους και συγκεκριμένης ποιότητας/ασφάλειας γνωρίσματα του προϊόντος καθ' όλη την αλυσίδα.

**ΑΣΥΡΜΑΤΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ -
ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ - ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΚΟΥΤΑΛΙΔΗΣ
2014**



Μπορεί να προβλεφθεί ότι η ανάπτυξη του RFID και των ασύρματων αισθητήρων στα συστήματα ανίχνευσης θα έχουν τεράστια άνοδο στο προσεχές μέλλον.

Από τότε που οι υπολογιστές μπήκαν στη ζωή μας, 60 χρόνια πριν, έχουν περάσει 3 κύματα. Το πρώτο κύμα (1940-1980) ήταν μεγάλοι υπολογιστές όπου έναν υπολογιστή το μοιράζονταν πολλοί άνθρωποι. Το δεύτερο κύμα, βάζει με δυσχέρειες μεγάλες τον κάθε άνθρωπο ξεχωριστά πίσω από ένα desktop. Το τρίτο κύμα, δίνει τη δυνατότητα να ελέγχονται πολλοί υπολογιστές από έναν άνθρωπο, οπουδήποτε στο κόσμο. Αυτή η εποχή καλείται ως 'calm technology' (ήρεμη τεχνολογία) από τον κόσμο, όπου η τεχνολογία φαίνεται σε κάθε πτυχή της ζωής μας για να μας απελευθερώσει από διάφορες εργασίες και να επικεντρωθούμε καλύτερα στους κύριους στόχους μας (Weiser, 1996). Το περιοδικό Sensor (2004) ερμήνευσε αυτή την εποχή της calm technology ως: 'πρακτικά τα πάντα μπορούν να προσαρμοστούν με μικρά ασύρματης-βάσης συστήματα, τα οποία μπορούν να ενωθούν σε ένα τεράστιο δίκτυο από άλλες συσκευές που επηρεάζουν διάφορες αλλαγές αντί να το κάνει ο άνθρωπος'. Προφανώς, αυτό το σχέδιο μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα πράγματα, συμπεριλαμβανομένου και της γεωργίας και βιομηχανίας προϊόντων. Οι ασύρματοι αισθητήρες και τα δίκτυα αισθητήρων μόλις εισχώρησαν σε φάρμες και φυτείες. Θα έχουν λαμπρό μέλλον.

Πηγές:

- ALEXANDER RESOURCES, 2004. WIRELESS M2M AND TELEMETRIC: GAINING VALUE IN VERTICAL MARKETS, [HTTP://WWW.ALEXANDERRESOURCES.COM](http://www.alexanderresources.com).
- BROWN-BRANDL, T.M., YANAGI, T., XIN, H., GATES, R.S., BUCKLIN, R., ROSS, G., 2001. TELEMETRY SYSTEM FOR MEASURING CORE BODY TEMPERATURE IN LIVESTOCK AND POULTRY. ASAE PAPER No.: 01-4032. THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURE ENGINEERS, ST. JOSEPH, MICHIGAN, USA.
- BUTLER, Z., CORKE, P., PETERSON, R., RUS, D., 2004. VIRTUAL FENCES FOR CONTROLLING COWS. IN: PROCEEDINGS OF THE 2004 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION, NEW ORLEANS, LA, USA, APRIL 26–MAY 1, PP. 4429–4436.
- CHANDLER, S., 2003. VISION OF THE FUTURE FOR SMART PACKAGING FOR BRAND OWNERS. IN: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART AND INTELLIGENT PACKAGING, BARCELONA, SPAIN, OCTOBER 28–29, PP. 253–269.
- CHARLES, K., STENZ, A., 2003. AUTOMATIC SPRAYING FOR NURSERIES. USDA ANNUAL REPORT. PROJECT NUMBER: 3607-21620-006-03. SEPTEMBER 22, 2000–AUGUST 31, 2003. USDA, USA.
- CHUNG, Y.C., OLSEN, S.L., WOJCIK, L., SONG, Z., HE, C., ADAMSON, S., 2001. WIRELESS SAFETY PERSONNEL RADIO DEVICE FOR COLLISION AVOIDANCE SYSTEM OF AUTONOMOUS VEHICLES. IN: DIGEST OF 2001 IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM, BOSTON, MA. USA, JULY 8–13, PP. 121–124.
- CROSSBOW TECHNOLOGY INC., 2004. SMART DUST/MOTE TRAINING SEMINAR. CROSSBOW TECHNOLOGY, INC., SAN FRANCISCO, CALIFORNIA, JULY 22–23.
- CUGATI, S., MILLER, W., SCHUELLER, J., 2003. AUTOMATION CONCEPTS FOR THE VARIABLE RATE FERTILIZER APPLICATOR FOR TREE FARMING. IN: THE PROCEEDINGS OF THE 4TH EUROPEAN CONFERENCE IN PRECISION AGRICULTURE, BERLIN, GERMANY, JUNE 14–19.
- DAMAS, M., PRADOS, A.M., GÓMEZ, F., OLIVARES, G., 2001. HIDROBUS® SYSTEM: FIELDBUS FOR INTEGRATED MANAGEMENT OF EXTENSIVE AREAS OF IRRIGATED LAND. MICROPROCESSORS MICROSYST. 25, 177–184.
- DISCOVERY CHANNEL, 2003. [HTTP://WWW.EXN.CA/VIDEO/?VIDEO=EXN20030925-WINE.ASX](http://www.exn.ca/video/?video=exn20030925-wine.asx).
- EVANS, R., BERGMAN, J., 2003. RELATIONSHIPS BETWEEN CROPPING SEQUENCES AND IRRIGATION FREQUENCY UNDER SELF-PROPELLED IRRIGATION SYSTEMS IN THE

NORTHERN GREAT PLAINS (NGP). USDA ANNUAL REPORT. PROJECT NUMBER: 5436-13210-003-02. JUNE 11, 2003–DECEMBER 31, 2007.

FLORES, A., 2003. SPEEDING UP DATA DELIVERY FOR PRECISION AGRICULTURE. AGRIC. RES. MAG.: THE UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) 51 (6), 17.

FREESCALE SEMICONDUCTOR, 2004. [HTTP://WWW.FREESCALE.COM](http://www.freescale.com).

FROST AND SULLIVAN, 2004. [HTTP://WWW.MINDBRANCH.COM/PRODUCTS/R49-216.HTML](http://www.mindbranch.com/products/R49-216.html).

GEBRESENBET, G., LJUNGBERG, D., VAN DE WATER, G., GEERS, R., 2003. INFORMATION MONITORING SYSTEM FOR SURVEILLANCE OF ANIMAL WELFARE DURING TRANSPORT. IN: PROCEEDINGS OF THE 4TH EUROPEAN CONFERENCE IN PRECISION AGRICULTURE, BERLIN, GERMANY, JUNE 14–19.

GEERS, R., SAATKAMP, H.W., GOOSSENS, K., VAN CAMP, B., GORSSEN, J., ROMBOUITS, G., VANTHEMSCHÉ, P., 1998. TETRAD: AN ON-LINE TELEMATIC SURVEILLANCE SYSTEM FOR ANIMAL TRANSPORTS. IN: COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE, VOL. 21. ELSEVIER, PP. 107–116.

GOMIDE, R.L., INAMASU, R.Y., QUEIROZ, D.M., MANTOVANI, E.C., SANTOS, W.F., 2001. AN AUTOMATIC DATA ACQUISITION AND CONTROL MOBILE LABORATORY NETWORK FOR CROP PRODUCTION SYSTEMS DATA MANAGEMENT AND SPATIAL VARIABILITY STUDIES IN THE BRAZILIAN CENTER-WEST REGION. ASAE PAPER No.: 01-1046. THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURE ENGINEERS, ST. JOSEPH, MICHIGAN, USA.

GUO, L.S., ZHANG, Q., 2002. A WIRELESS LAN FOR COLLABORATIVE OFF-ROAD VEHICLE AUTOMATION. IN: PROCEEDINGS OF AUTOMATION TECHNOLOGY FOR OFF-ROAD EQUIPMENT CONFERENCE, CHICAGO, ILLINOIS, USA, JULY 26–27, PP. 51–58.

HAAPALA, H.E.S., 2003. OPERATION OF ELECTRONIC IDENTIFICATION OF CATTLE IN FINLAND. IN: THE PROCEEDINGS OF THE 4TH EUROPEAN CONFERENCE IN PRECISION AGRICULTURE, BERLIN, GERMANY, JUNE 14–19.

HEIMERDINGER, U., 2000. WIRELESS PROBES REVOLUTIONIZE MOISTURE MEASUREMENT WHEN DRYING WOOD. IN: PROCEEDINGS OF THE 51ST WESTERN DRY KILN ASSOCIATION MEETING, RENO, NEVADA, USA, MAY 5–7, PP. 63–66.

HIRAKAWA, A.R., SARAIVA, A.M., CUGNASCA, C.E., 2002. WIRELESS ROBUST ROBOT FOR AGRICULTURAL APPLICATIONS. IN: PROCEEDINGS OF THE WORLD CONGRESS OF COMPUTERS IN AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES, IGUAÇU FALLS, BRAZIL, MARCH 13–15, PP. 414–420.

IEEE, 1997. SMART TRANSDUCER INTERFACE FOR SENSORS AND ACTUATORS-TRANSDUCER TO MICROPROCESSOR COMMUNICATION PROTOCOL AND TRANSDUCER ELECTRONIC DATA SHEET. IEEE STANDARD 1451.2. THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS INC., 345 EAST 47TH STREET, NEW YORK, NY.

IEEE, 1999A. SMART TRANSDUCER INTERFACE FOR SENSORS AND ACTUATORS-NETWORK CAPABLE APPLICATION PROCESSOR (NCAP) INFORMATION MODEL. IEEE

STANDARD 1451.1. THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS INC., 345 EAST 47TH STREET, NEW YORK, USA.
IEEE, 1999B. WIRELESS MEDIUM ACCESS CONTROL (MAC) AND PHYSICAL LAYER (PHY) SPECIFICATIONS: HIGHER-SPEED PHYSICAL LAYER EXTENSION IN THE 2.4 GHZ BAND. IEEE STANDARD 802.11B. THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS INC., 345 EAST 47TH STREET, NEW YORK, USA.
IEEE, 2002. WIRELESS MEDIUM ACCESS CONTROL (MAC) AND PHYSICAL LAYER (PHY) SPECIFICATIONS FOR WIRELESS PERSONAL AREA NETWORKS (WPANS).
IEEE STANDARD 802.15.1. THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS INC., 345 EAST 47TH STREET, NEW YORK USA.
IEEE, 2003. WIRELESS MEDIUM ACCESS CONTROL (MAC) AND PHYSICAL LAYER (PHY) SPECIFICATIONS FOR LOW-RATE WIRELESS PERSONAL AREA NETWORKS (LR-WPANS). IEEE STANDARD 802.15.4. THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS INC., 345 EAST 47TH STREET, NEW YORK, USA.
JENSEN, A.L., BOLL, P.S., THYSEN, I., PATHAK, B.K., 2000. PL@NTEINFO: A WEB-BASED SYSTEM FOR PERSONALIZED DECISION SUPPORT IN CROP MANAGEMENT. COMPUT. ELECT. AGRIC. 25, 271–293.
KONONOFF, P.J., LEHMAN, H.A., HEINRICHS, A.J., 2002. A COMPARISON OF METHODS USED TO MEASURE EATING AND RUMINATING ACTIVITY IN CONFINED DAIRY CATTLE. J. DAIRY SCI. 85, 1801–1803.
KRALLMANN, J., FOELSTER, N., 2002. REMOTE SERVICE SYSTEMS FOR AGRICULTURAL MACHINERY. IN: PROCEEDINGS OF THE 2002 ASAE AUTOMATION TECHNOLOGY FOR OFF-ROAD EQUIPMENT, CHICAGO, ILLINOIS, USA, JULY 26–27, PP. 59–68.
LEE, W.S., BURKS, T.F., SCHUELLER, J.K., 2002. SILAGE YIELD MONITORING SYSTEM. ASAE PAPER No.: 02-1165. THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURE ENGINEERS, ST. JOSEPH, MICHIGAN, USA.
LIU, G., YING, Y., 2003. APPLICATION OF BLUETOOTH TECHNOLOGY IN GREENHOUSE ENVIRONMENT, MONITOR AND CONTROL. J. ZHEJIANG UNIV., AGRIC. LIFE SCI. 29, 329–334.
MAHAN, J., WANJURA, D., 2004. UPCHURCH, DESIGN AND CONSTRUCTION OF A WIRELESS INFRARED THERMOMETRY SYSTEM. THE USDA ANNUAL REPORT. PROJECT NUMBER: 6208-21000-012-03. MAY 01, 2001–SEPTEMBER 30, 2004.
MARRA, F., ROMANO, V., 2003. A MATHEMATICAL MODEL TO STUDY THE INFLUENCE OF WIRELESS TEMPERATURE SENSOR DURING ASSESSMENT OF CANNED FOOD STERILIZATION. J. FOOD ENG. 59, 245–252.
MCKINION, J.M., JENKINS, J.N., WILLERS, J.L., READ, J.J., 2003. DEVELOPING A WIRELESS LAN FOR HIGH-SPEED TRANSFER OF PRECISION AGRICULTURE INFORMATION.

IN: PROCEEDINGS OF THE 4TH EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, BERLIN, GERMANY, JUNE 15–19, PP. 399–404.

MCKINION, J.M., TURNER, S.B., WILLERS, J.L., READ, J.J., JENKINS, J.N., MCDADE, J., 2004A. WIRELESS TECHNOLOGY AND SATELLITE INTERNET ACCESS FOR HIGH-SPEED WHOLE FARM CONNECTIVITY IN PRECISION AGRICULTURE. *AGRIC. SYST.* **81**, 201–212.

MCKINION, J.M., WILLERS, J.L., JENKINS, J.N., 2004B. WIRELESS LOCAL AREA NETWORKING FOR FARM MANAGEMENT. *ASAE PAPER: 04-3012*. THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURE ENGINEERS, ST. JOSEPH, MICHIGAN, USA.

MIZUNUMA, M., KATOH, T., HATA, S., 2003. APPLYING IT TO FARM FIELDS—A WIRELESS LAN. *NTT TECH. REV.* **1**, 56–60.

MORAIS, R., CUNHA, J.B., CORDEIRO, M., SERODIO, C., SALGADO, P., COUTO, C., 1996. SOLAR DATA ACQUISITION WIRELESS NETWORK FOR AGRICULTURAL APPLICATIONS.

IN: PROCEEDINGS OF THE 19TH IEEE CONVENTION OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS IN ISRAEL, JERUSALEM, ISRAELI, NOVEMBER 5–6, PP. 527–530.

NAGL, L., SCHMITZ, R., WARREN, S., HILDRETH, T.S., ERICKSON, H., ANDRESEN, D., 2003. WEARABLE SENSOR SYSTEM FOR WIRELESS STATE-OF-HEALTH DETERMINATION IN CATTLE. IN: PROCEEDINGS OF THE 25TH IEEE EMBS CONFERENCE, CANCUN, MEXICO, SEPTEMBER 17–21.

NAJJAR, L.J., THOMPSON, J.C., OCKERMAN, J., 1997. WEARABLE COMPUTER FOR QUALITY ASSURANCE INSPECTORS IN A FOOD PROCESSING PLANT. IN: PROCEEDINGS OF THE 1ST IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WEARABLE COMPUTERS, CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS, USA, OCTOBER 13–14, PP. 163–164.

ONG, K.G., PUCKETT, L.G., SHARMA, B.V., LOISELLE, M., GRIMES, C.A., CRAIG, A., BACHAS, L.G., 2001. WIRELESS, PASSIVE, RESONANT-CIRCUIT SENSORS FOR MONITORING FOOD QUALITY. IN: PROCEEDINGS OF SPIE—THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, VOL. 4575, BOSTON, MA. USA, OCTOBER 28–NOVEMBER 2, PP. 150–159.

ON WORLD INC., 2004. [HTTP://ONWORLD.COM](http://onworld.com).

PERKINS, M., CORREAL, N., O’DEA, B., 2002. EMERGENT WIRELESS SENSOR NETWORK LIMITATIONS: A PLEA FOR ADVANCEMENT IN CORE TECHNOLOGIES. IN: PROCEEDINGS OF THE 1ST IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SENSORS, ORLANDO, FLORIDA, USA, JUNE 12–14, PP. 1505–1509.

PESEL, G.J., DENZER, H., 2003. PORTABLE AND MOBILE INSTRUMENT FOR CONTINUOUS STABLE CLIMATE MEASUREMENT. IN: PROCEEDINGS OF THE 4TH EUROPEAN CONFERENCE IN PRECISION AGRICULTURE AND THE 1ST EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION LIVESTOCK FARMING, BERLIN, GERMAN, JUNE 14–19.

RIBEIRO, A., GARCIA-PEREZ, L., GARCIA-ALEGRE, GUINEA, M.C., 2003. A FRIENDLY MAN-MACHINE VISUALIZATION AGENT FOR REMOTE CONTROL OF AN AUTONOMOUS

- TRACTOR GPS GUIDED. IN: THE PROCEEDINGS OF THE 4TH EUROPEAN CONFERENCE IN PRECISION AGRICULTURE, BERLIN, GERMANY, JUNE 14–19.
- RUSKO, M., BUFF, W., BINHACK, M., GOROLL, M., EHRENPFORDT, J., KLETT, S., 1999. PASSIVE RESONATOR IDENTIFICATION TAG FOR NARROW-BAND WIRELESS TELEMETRY. IN: PROCEEDINGS OF THE IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM, VOL. 1, CAESARS TAHOE, NV, USA, OCTOBER 17–20, PP. 377–380.
- SAHIN, E., DALLERY, Y., GERSHWIN, S., 2002. PERFORMANCE EVALUATION OF A TRACEABILITY SYSTEM: AN APPLICATION TO THE RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION TECHNOLOGY. IN: PROCEEDINGS OF THE 2002 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS, VOL. 3, YASMINE HAMMAMET, TUNISIA, OCTOBER 6–9, PP. 647–650.
- SANGANI, K., 2004. RFID SEES ALL. IEE REV. 50, 22–24.
- SENSICAST, 2004. [HTTP://WWW.SENSICAST.COM/](http://www.sensicast.com/).
- SENSORS MAGAZINE, 2004. EDITORIAL: THIS CHANGES EVERYTHING—MARKET OBSERVERS QUANTIFY THE RAPID ESCALATION OF WIRELESS SENSING AND EXPLAIN ITS EFFECTS. WIRELESS FOR INDUSTRY, SUPPLEMENT TO SENSORS MAGAZINE, SUMMER, PP. S6–S8.
- SERˆODIO, C., MONTEIRO, J.L., COUTO, C.A., 1998. INTEGRATED NETWORK FOR AGRICULTURAL MANAGEMENT APPLICATIONS. IN: PROCEEDINGS OF THE 1998 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 2, PRETORIA, SOUTH AFRICA, JULY 7–10, PP. 679–683.
- SERˆODIO, C., CUNHA, J.B., MORAIS, R., COUTO, C.A., MONTEIRO, J.L., 2001. A NETWORKED PLATFORM FOR AGRICULTURAL MANAGEMENT SYSTEMS. IN: COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE, VOL. 31. ELSEVIER, PP. 75–90.
- STENTZ, A., DIMA, C., WELLINGTON, C., HERMAN, H., STAGER, D., 2002. A SYSTEM FOR SEMI-AUTONOMOUS TRACTOR OPERATIONS. AUTONOMOUS ROBOTS 13, 87–104.
- TAYLOR, K., MAYER, K., 2004. TINYDB BY REMOTE. IN: PRESENTATION IN AUSTRALIAN MOTE USERS' WORKSHOP, SYDNEY, AUSTRALIA, FEBRUARY 27.
- THYSEN, I., 2000. AGRICULTURE IN THE INFORMATION SOCIETY. J. AGRIC. ENG. RES. 76, 297–303.
- VIVONI, E.R., CAMILLI, R., 2003. REAL-TIME STREAMING OF ENVIRONMENTAL FIELD DATA. COMPUT. GEOSCI. 29, 457–468.
- WEISER, M., 1996. OPEN HOUSE, [HTTP://WWW.UBIQ.COM/HYPertext.WEISER/WHOLEHOUSE.DOC](http://www.ubiq.com/hypertext.weiser/wholehouse.doc).
- WENTWORTH, S.M., 2003. MICROBIAL SENSOR TAGS. IN: THE 2003 IFT (THE INSTITUTE OF FOOD ENGINEERING) ANNUAL MEETING BOOK OF ABSTRACTS, CHICAGO, ILLINOIS, USA, JULY 12–16.
- WHEELER, E.F., ZAJACZKOWSKI, J.L., DIEHL, N.K., 2003. TEMPERATURE AND HUMIDITY IN INDOOR RIDING ARENAS DURING COLD WEATHER. ASAE PAPER No.:

03-4090. THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURE ENGINEERS, ST. JOSEPH, MICHIGAN, USA.
WINA, 2004. [HTTP://WINA.ORG](http://WINA.ORG).
INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND MOBILE COMPUTING, VOL.3 ISSUE.4, APRIL- 2014, PG. 891-897
[HTTP://IJCSMC.COM/DOCS/PAPERS/APRIL2014/V3I4201499B33.PDF](http://IJCSMC.COM/DOCS/PAPERS/APRIL2014/V3I4201499B33.PDF)
WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN) MARKET ANALYSIS 2014 AND 2024
FORECAST RESEARCH REPORT
[HTTP://WWW.PRWEB.COM/RELEASES/2014/03/PRWEB11679040.HTM](http://WWW.PRWEB.COM/RELEASES/2014/03/PRWEB11679040.HTM)