

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΗΜΑ  
ΚΡΗΤΗΣ-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ-ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ



Σπουδαστής : Μιχάλης Τζιράκης

Εισηγητής : κ.Φραγκιαδάκης Νικόλαος

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>                                                        | <b>3</b>  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ</b>                                                  | <b>6</b>  |
| <b>1.0.ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ</b>                                          | <b>6</b>  |
| <b>1.1.ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ</b>        | <b>9</b>  |
| <b>1.2.ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ</b>                                  | <b>13</b> |
| <b>1.3.ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>                                    | <b>17</b> |
| <b>1.4.ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</b>                                   | <b>35</b> |
| <b>1.5.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟΝ ΈΛΕΓΧΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ</b>                   | <b>37</b> |
| <b>1.6.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ</b>                               | <b>38</b> |
| <b>1.7.ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</b>                                          | <b>39</b> |
| <b>1.8.ΛΟΙΠΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ</b>                                            | <b>40</b> |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ</b>                                                | <b>42</b> |
| <b>2.0.ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ</b>                                          | <b>42</b> |
| <b>2.1.ΤΑ ΣΗΜΕΡΙΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ<br/>ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ</b> | <b>44</b> |
| <b>2.2.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.</b>                                   | <b>51</b> |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ</b>                                                  | <b>52</b> |
| <b>3.0.ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ-ΓΕΝΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ</b>                     | <b>52</b> |
| <b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>                                                    | <b>69</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>                                                    | <b>71</b> |

## Introduction

In the past few years the growth and the development of Microelectronics are rapid. Infrastructures that were used yesterday became past suddenly and they were used in order to develop the said intelligent sensors.

In these notes after a brief reference to the evolution of intelligent sensors, is presented:

- What is an intelligent sensor
- How are executed the processes of treatment of data
- The auto-calibration and compensation
- The implementation of reasonable actions
- The communication with other appliances or provisions
- Examples are given and appeared the object in all the dimensions as well as its prospects

At the first chapter is analyzed the general characteristics of sensors. The subsequent chapters analyzed these sensors which are used in a wide range of laboratory, research and industrial applications.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη και η εξέλιξη της Μικροηλεκτρονικής είναι ραγδαία. Υποδομές οι οποίες χρησιμοποιούνταν χθες έγιναν παρελθόν ξαφνικά και χρησιμοποιήθηκαν για να εξελιχθούν οι λεγόμενοι έξυπνοι αισθητήρες.

Σε αυτή την πτυχιακή αφού γίνει μια σύντομη αναφορά στην εξέλιξη των έξυπνων αισθητήρων, παρουσιάζεται:

- τι είναι ένας έξυπνος αισθητήρας
- πως εκτελούνται οι διαδικασίες επεξεργασίας δεδομένων
- η λειτουργία αυτόματης βαθμονόμησης και αντιστάθμισης
- η εκτέλεση λογικών πράξεων
- η επικοινωνία με άλλες συσκευές ή διατάξεις
- Δίνονται παραδείγματα και προβάλλεται το αντικείμενο σε όλες του τις διαστάσεις όπως επίσης και οι προοπτικές του.

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή δημιουργία και εισαγωγή στη ζωή μας νέων τεχνολογιών, μερικές από τις οποίες αποδεικνύονται περισσότερο από χρήσιμες. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει και η τεχνολογία των κόμβων – αισθητήρων. Πρόκειται για μικρούς πομποδέκτες οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να συλλέγουν πληροφορίες από το περιβάλλον, να τις επεξεργάζονται αλλά και να

δημιουργούν μεταξύ τους ένα δυναμικό δίκτυο μέσω του οποίου μπορούν να ανταλλάσσουν τις πληροφορίες αυτές, επικοινωνώντας ασύρματα.

Οι αισθητήρες συνήθως χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες μαζί και διασκορπίζονται κοντά στο φαινόμενο το οποίο θέλουμε να παρατηρήσουμε συλλέγοντας δεδομένα. Όπως προαναφέρθηκε, όλοι οι κόμβοι έχουν πομπούς και δέκτες για επικοινωνία και το δίκτυο το οποίο δημιουργείται μεταξύ τους είναι δυναμικό, δηλαδή οι θέσεις τους δεν είναι προκαθορισμένες αλλά τυχαίες και δυνατόν να αλλάζουν. Τα δεδομένα τα οποία μπορούν να συλλέγουν ποικίλλουν, και κατά συνέπεια είναι πάρα πολλές και οι δυνατές εφαρμογές της τεχνολογίας αυτής.

Για παράδειγμα, οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να φανούν πολύ χρήσιμοι σε τομείς όπως η υγεία, ο στρατός, η μετεωρολογία, η ασφάλεια κλπ. Θα μπορούσαν να δίνουν σημαντικότερες πληροφορίες σε έναν γιατρό για κάποιον ασθενή, εφόσον τοποθετηθούν σε κατάλληλο σημείο. Επίσης είναι δυνατόν να ανιχνεύουν διάφορες χημικές ουσίες στον αέρα ή στο νερό ή ακόμα και να ανιχνεύουν επίπεδα μόλυνσης στην ατμόσφαιρα. Γενικότερα η δυνατότητά τους τόσο να συλλέγουν δεδομένα όσο και να επικοινωνούν μεταξύ τους, τους κάνει ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο σε πάρα πολλές περιπτώσεις.

Ένα ακόμα σημαντικό χαρακτηριστικό των αισθητήρων αυτών, είναι οι περιορισμένες δυνατότητες τι οποίες έχουν όσον αφορά την ισχύ την οποία μπορούν να καταναλώνουν. Οι πηγές οι οποίες ενσωματώνονται μέσα στους αισθητήρες δεν είναι δυνατό να είναι πολύ ισχυρές, με αποτέλεσμα τελικά στα δίκτυα αυτά πρωταρχικός στόχος να είναι η επίτευξη της κατανάλωσης όσο το

δυνατόν λιγότερης ενέργειας, στόχος ακόμα σημαντικότερος και από την ποιότητα των υπηρεσιών του δικτύου, καθώς σχετίζεται άμεσα με τη βιωσιμότητά του.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ**

### **1.0. ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ**

Η σημασία των αισθητήρων για τον άνθρωπο είναι σχεδόν αυτονόγη. Οι πρώτοι αισθητήρες εμφανίζονται μαζί με τα έμβρυα όντα και αποτελούν όργανα τους.

Το μάτι και το αυτί είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα, το πρώτο ανιχνεύει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και το δεύτερο τον ήχο. Αργότερα ο άνθρωπος συνειδητοποιεί ότι χρειάζεται όργανα μέτρησης για να λύσει τα καθημερινά του προβλήματα, όπως τη μέτρηση του βάρους, του μήκους αλλά και τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, όπως τη θερμοκρασία.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πρώτο θερμόμετρο εμφανίστηκε το 1585, ενώ το βαρόμετρο το 1643<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Φλόκα Αθ., Αποστόλου. Μαθήματα Μετεωρολογίας και κλιματολογίας , Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1992

Οι πρώτοι αισθητήρες και τα πρώτα όργανα μέτρησης είναι μηχανικά. Η αρχή λειτουργίας του πρώτου θερμόμετρου βασίζεται στη μεταβολή των διαστάσεων των σωμάτων με τη θερμοκρασία, ενώ του βαρόμετρου στη μεταβολή της στάθμης ενός ρευστού ανάλογα με την ασκούμενη πίεση.

Η συστηματική μελέτη του ηλεκτρισμού οδήγησε στην ανάπτυξη νέων αισθητήρων - ηλεκτρικών - η έξοδος των οποίων ήταν ένα αναλογικό σήμα. Η ανάπτυξη των ημιαγωγών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αισθητήρων ημιαγωγών αλλά και ψηφιακών οργάνων μέτρησης.

Για να συνειδητοποιήσει κανείς τη ραγδαία εξέλιξη στον τομέα των αισθητήρων, αρκεί να γνωρίσει ότι τα αυτοκίνητα παραγωγής της δεκαετίας του '60 και του '70, περιελάμβαναν δύο μόνο απλούς ηλεκτρικούς αισθητήρες, ένα για την μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού και ένα για την μέτρηση της στάθμης του καυσίμου. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν πολλαπλάσιους αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για:

- μέτρηση της πίεσης των ελαστικών,
  - μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής,
  - ανίχνευση βροχής,
  - μέτρηση της φωτεινότητας του περιβάλλοντος,
  - ανάγκη ενεργοποίησης των ζωνών ασφαλείας και των αερόσακων,
  - ανάγκη ενεργοποίησης του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών,
- και για πληθώρα άλλων αναγκών.

Σημαντική ώθηση στην εξέλιξη των αισθητήρων έδωσε η ανάγκη αντιμετώπισης των προβλημάτων της σύγχρονης έρευνας στις θετικές επιστήμες καθώς και της εξέλιξης της τεχνολογίας.

Ενδεικτικά αναφέρονται οι αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται στη διαστημική τεχνολογία και στη Φυσική των Σωματιδίων.

Ο «έξυπνος αισθητήρας (*smart sensor*)» είναι η συσκευή πάνω στην οποία έχει ολοκληρωθεί τουλάχιστον ένα αισθητήριο στοιχείο και ένα κύκλωμα επεξεργασίας σήματος. Ο όρος *έξυπνος* (*smart*) διατηρείται για να δηλώσει την επιμέρους ή την ολοκληρωτική ενσωμάτωση της κύριας μονάδας επεξεργασίας, η οποία προσθέτει ευφυΐα. Υπάρχει μία μικρή σύγχυση στον πρακτικό αυτό ορισμό, διότι όλοι οι έξυπνοι αισθητήρες πρέπει να είναι ολοκληρωμένοι και ευφυείς, ενώ κάθε αισθητήρας ο οποίος έχει σημαντική ευφυΐα αλλά δεν είναι πλήρως ενσωματωμένος μπορεί να ονομαστεί *αισθητήρας ευφυΐας* (*intelligent sensor*). Εξίσου, ο ορισμός ο οποίος προτάθηκε από τους Breckenbridge και Husson λαμβάνει κατά κάποιο τρόπο υπόψη την δουλειά η οποία έχει γίνει στην τεχνητή νοημοσύνη και έχει ως εξής :

«Ο έξυπνος αισθητήρας από μόνος του έχει μία λειτουργία επεξεργασίας δεδομένων, όπως και μία λειτουργία αυτόματης βαθμονόμησης ή αυτόματης αντιστάθμισης, κατά την οποία ο αισθητήρας ανιχνεύει και εξαλείφει τις μη κανονικές ή τις ακραίες τιμές.



Ενσωματώνει έναν αλγόριθμο ο οποίος είναι δυνατό να τροποποιηθεί και να έχει ένα συγκεκριμένο βαθμό λειτουργιών μνήμης.»

Οι μέθοδοι σχεδιασμού διατάξεων αισθητήρων έχουν εξελιχθεί χρονικά σε διάφορα στάδια.

Οι μελλοντικοί εξελιγμένοι αισθητήρες αναμένεται ότι θα προκύψουν από την έρευνα στη νανοτεχνολογία και τη βιοτεχνολογία.

Στο πρώτο κεφάλαιο των σημειώσεων αναλύονται τα γενικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων, ενώ στα επόμενα κεφάλαια εξετάζονται συγκεκριμένοι αισθητήρες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ πεδίο εργαστηριακών, ερευνητικών αλλά και βιομηχανικών εφαρμογών<sup>2</sup>

### **1.1. ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ**

Σε έναν έξυπνο αισθητήρα, εκτός από τον υπολογισμό του μετρούμενου μεγέθους, η μονάδα επεξεργασίας πραγματοποιεί λειτουργίες όπως:

- αυτοέλεγχο,
- πολυανίχνευση (multisensing),
- αυτόματη βαθμονόμηση (auto-calibration),

---

<sup>2</sup> Gardner, J.W 2000 *Μικροαισθητήρες – Αρχές και Εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Τζιόλα

- επικοινωνία με αναλογικούς και ψηφιακούς διαύλους επικοινωνίας (πχ. 4-20 mA, RS232, κλπ.),
- έλεγχο ενεργοποιητών, κλπ.

Ανάλογα με την εφαρμογή, η έξοδος ενός έξυπνου αισθητήρα μπορεί να είναι αναλογική ή ψηφιακή. Έτσι, ο αισθητήρας μετασχηματίζεται από ένα απλό παθητικό εξάρτημα σε ένα ολοκληρωμένο περιφερειακό υποσύστημα μιας διάταξης μέτρησης και ελέγχου. Η ανάπτυξη των έξυπνων αισθητήρων συμβάλλει στη μείωση του μεγέθους και του κόστους των συστημάτων μέτρησης, καθώς η ρύθμιση και η επεξεργασία του σήματος του αισθητήρα γίνονται εσωτερικά σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, χωρίς να απαιτούνται εξωτερικές ηλεκτρονικές διατάξεις και καλωδιώσεις.

Επιπλέον σημαντικές λειτουργίες οι οποίες εκτελούνται σε μία διάταξη έξυπνου αισθητήρα είναι οι ακόλουθες:

#### **α. Έλεγχος της διέγερσης του αισθητήρα (sensor excitation)**

Παράδειγμα εφαρμογής αυτής της λειτουργίας είναι η μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας μιας «γέφυρας Wheatstone», η οποία αποτελείται από ημιαγωγικούς πιεζοαντιστάτες, με σκοπό την αντιστάθμιση της μεταβολής της ευαισθησίας τους με τη θερμοκρασία. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις είναι επιθυμητό να διακόπτεται η παροχή τροφοδοσίας στον αισθητήρα για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας (πχ. όταν η διάταξη μέτρησης τροφοδοτείται από συσσωρευτή).

## **β. Ενίσχυση του σήματος το οποίο παράγει ο αισθητήρας**

Στην περίπτωση πολλών αναλογικών εισόδων από διαφορετικούς αισθητήρες, όπου το απαιτούμενο κέρδος για την ενίσχυση του σήματος κάθε αισθητήρα είναι διαφορετικό, ο έξυπνος αισθητήρας μπορεί να περιλαμβάνει αναλογικό πολυπλέκτη και ενισχυτή προγραμματιζόμενου κέρδους.

## **γ. Μετατροπή A/D**

Ο μετατροπέας απόκτησης δεδομένων σε ψηφιακό (A/D) αποτελεί βασική μονάδα των ψηφιακών συστημάτων και χρησιμοποιείται για την παραγωγή της ψηφιακής αναπαράστασης της επιθυμητής στιγμιαίας τιμής ενός αναλογικού σήματος εισόδου (τάση ή ρεύμα), ώστε να είναι κατάλληλη για περαιτέρω ψηφιακή επεξεργασία. Συγκρίνει το αναλογικό σήμα εισόδου με ένα αναλογικό σήμα αναφοράς(τάση ή ρεύμα) και η ψηφιακή λέξη η οποία παράγεται εκφράζει το ποσοστό της τιμής του σήματος εισόδου ως προς το σήμα αναφοράς. Επιτρέπει επίσης την εφαρμογή αλγορίθμων ψηφιακής επεξεργασίας σήματος μέτρησης μέσα στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του έξυπνου αισθητήρα. Με αυτό τον τρόπο γίνεται η διασύνδεση του έξυπνου αισθητήρα με ψηφιακά συστήματα συλλογής δεδομένων και με συστήματα διαύλου πεδίου.

## **δ. Επεξεργασία σήματος**

Για την βελτίωση της ποιότητας των μετρήσεων (πχ. φιλτράρισμα, αύξηση γραμμικότητας, αντιστάθμιση θερμοκρασίας κλπ.) ή για τον υπολογισμό ενός μεγέθους ως συνάρτηση των μετρήσεων διαφορετικών αισθητήρων, απαιτείται επεξεργασία των μετρήσεων του αισθητήρα. Σε έναν έξυπνο αισθητήρα η διαδικασία της επεξεργασίας σήματος μπορεί να υλοποιείται με αναλογικά ή ψηφιακά κυκλώματα περιλαμβάνοντας σημαντικές λειτουργίες όπως η αυτόματη βαθμονόμηση.

Η διαδικασία της βαθμονόμησης του αισθητήρα πραγματοποιείται από κατάλληλα αναλογικά ή ψηφιακά κυκλώματα, τα οποία έχουν κατασκευαστεί μέσα στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του έξυπνου αισθητήρα.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αυτόματη βαθμονόμηση (auto-calibration).

Η δυνατότητα αυτή συμβάλλει στην ταχύτερη βαθμονόμηση των έξυπνων αισθητήρων κατά τη βιομηχανική και με χαμηλότερο κόστος παραγωγή τους.

Ο έξυπνος αισθητήρας μπορεί να εφαρμόσει αυτή τη διαδικασία σε ένα σύστημα μέτρησης σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να μειώσει την επίδραση της ολίσθησης των χαρακτηριστικών λειτουργίας του πάνω στην ακρίβεια των μετρήσεων.

Το σήμα βαθμονόμησης XREF, το οποίο παράγεται εσωτερικά στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του έξυπνου αισθητήρα με τη βοήθεια ενός ενεργοποιητή χρησιμοποιείται ως διέγερση του αισθητήρα ταυτόχρονα με την εξωτερική διέγερση XEXT, η οποία μετράται από τον έξυπνο αισθητήρα. Η απόκριση η οποία οφείλεται στην εσωτερικά παραγόμενη διέγερση YREF, διαχωρίζεται από την απόκριση YEXT, η οποία οφείλεται στη μετρούμενη διέγερση XEXT .

Στη συνέχεια, το παραγόμενο σήμα YREF συγκρίνεται με γνωστό σήμα αναφοράς.

## **1.2. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ**

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό κόμβων -αισθητήρων- οι οποίοι αναπτύσσονται μέσα σε μια περιοχή προκειμένου να ανιχνεύσουν κάποια σημαντικά γεγονότα (π.χ. έλεγχος άγριας φύσης, έλεγχος δασών για φωτιά, στρατιωτικές εντολές, έξυπνα κριτήρια, ευφυείς επικοινωνίες, έλεγχος κυκλοφορίας).

Αυτοί οι μικροσκοπικοί κόμβοι αισθητήρων, αποτελούνται από στοιχεία αισθητήρων, επεξεργασίας δεδομένων και επικοινωνίας. Κάθε ένας από αυτούς τους κόμβους είναι σε θέση να συλλέγει και να στέλνει στοιχεία σε έναν σταθμό βάσης μέσω ενός multi-hop ασύρματου δικτύου.

Τα δίκτυα αισθητήρων έχουν ορισμένους περιορισμούς στην τοπική μνήμη, τη διάρκεια των μπαταριών, την ικανότητα υπολογισμών και επικοινωνίας ενώ εύκολα μπορεί να συμβεί και το φαινόμενο αποτυχίας ενός κόμβου (node failure).

Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών, το θέμα της ασφάλειας στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αντιμετωπίζεται αρκετά διαφορετικά σε σχέση με τους παραδοσιακούς τρόπους οι οποίοι χρησιμοποιούνται στα ασύρματα ad hoc δίκτυα. Είναι πολύ σημαντικό η ασφάλεια των δικτύων αισθητήρων να ελέγχεται με συστήματα ανίχνευσης εισβολών (Intrusion Detection Systems – IDS) για να εξασφαλιστεί η σωστή συμπεριφορά όλων των κόμβων του δικτύου. Αυτή είναι η πρόκληση σε ένα περιβάλλον όπου το δίκτυο έχει σχεδιαστεί για να είναι ευέλικτο.

Λιγότερο προφανείς αλλά επίσης σημαντικές εφαρμογές οι οποίες απαιτούν αυξημένα επίπεδα ασφαλείας είναι:

#### **α. Καταστροφές :**

Σε πολλά σενάρια καταστροφής, ειδικά σε εκείνα τα οποία προκαλούνται από τρομοκρατικές επιθέσεις, μπορεί να είναι απαραίτητο να προστατευθεί η θέση των θυμάτων από αυθαίρετη αποκάλυψη.

## **β. Δημόσια ασφάλεια:**

Στις εφαρμογές όπου ελέγχονται οι χημικές, βιολογικές ή άλλες περιβαλλοντικές απειλές, είναι ζωτικής σημασίας η διαθεσιμότητα του δικτύου να μην απειλείται ποτέ. Οι επιθέσεις οι οποίες προκαλούν ψεύτικους συναγερμούς μπορούν να οδηγήσουν σε απαντήσεις πανικού ή ακόμα χειρότερα στη συνολική αγνόηση των σημάτων.

## **γ. Εφαρμογές υγείας:**

Μερικές από τις εφαρμογές υγείας για τα δίκτυα αισθητήρων είναι :

- η παροχή διεπαφών για άτομα με ειδικές ανάγκες,
- η ολοκληρωμένη παρακολούθηση ασθενών,
- τα διαγνωστικά,
- η διαχείριση φαρμάκων στα νοσοκομεία,
- η τηλε-παρακολούθηση της ψυχολογικής κατάστασης του ασθενούς,
- ο έλεγχος και η καταγραφή κινήσεων γιατρών και ασθενών μέσα σε ένα νοσοκομείο.

Τα δίκτυα αισθητήρων συνήθως δημιουργούνται και στη συνέχεια αφήνονται στο φυσικό περιβάλλον χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση, για ένα μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα το οποίο κυμαίνεται από μέρες έως χρόνια. Ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίο έχει δημιουργηθεί το δίκτυο, υπάρχουν διαφορετικές

απαιτήσεις σε θέματα αξιοπιστίας, απομακρυσμένου ελέγχου, ανοχής σε σφάλματα, ενώ η διάρκεια ζωής του δικτύου αισθητήρων μπορεί να είναι διαφορετική σε κάθε περίπτωση. Η διάρκεια ζωής των μεμονωμένων αισθητήρων καθορίζει τη διάρκεια ζωής ολόκληρου του δικτύου.

Γενικά, οι κόμβοι μπορούν να αποτύχουν ή η επικοινωνία θα αποκαλύψει ότι ένας κόμβος έχει αποτύχει. Η πραγματική ερώτηση για την αποτυχία των κόμβων είναι μέχρι ποιο σημείο η εφαρμογή μπορεί να την ανεχτεί. Μερικές εφαρμογές μπορούν να δεχτούν τις αποτυχίες κόμβων και να προσπαθήσουν απλά να εργαστούν με όσο το δυνατόν περισσότερους κόμβους. Για άλλες εφαρμογές, μπορεί να είναι πολύ σημαντικό ότι ορισμένοι βασικοί κόμβοι δεν αποτυγχάνουν ποτέ.

Για μερικές εφαρμογές ελέγχου, μπορούμε να επιθυμούμε να συλλέγουμε τα στοιχεία πολύ συχνά. Παραδείγματος χάριν, μια ειδοποίηση κάθε φορά που περνούν τα αυτοκίνητα από ένα σημείο σε μια εθνική οδό. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορούμε μόνο να επιθυμούμε ειδοποίηση για τον αριθμό αυτοκινήτων των οποίων πέρασε κατά τη διάρκεια μιας ώρας. Για μερικές εφαρμογές μπορούμε να συλλέξουμε τα στοιχεία πολύ σπάνια π.χ., ένας άνθρωπος μπαίνει σε ένα δωμάτιο, επειδή θέλουμε να λάβουμε μέτρα βασισμένα σε αυτές τις πληροφορίες.



### 1.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Έχοντας τονίσει την πληθώρα των εφαρμογών όπου ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μπορεί να λειτουργήσει, είναι προφανές ότι αντίστοιχα ευρύ είναι και το φάσμα των διαφορετικών περιβαλλόντων, στα οποία τα δίκτυα αυτά καλούνται να μεταδώσουν πληροφορίες. Το περιβάλλον στο οποίο μπορεί να λειτουργεί και να αναπτύσσεται ένα δίκτυο αισθητήρων είναι ιδιαίτερα σημαντικό και μπορεί να μας βοηθήσει να καταλάβουμε το μέγεθος των προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν. Συγκεκριμένα, ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να βρίσκεται:

- Στο εσωτερικό μηχανών
- Στο βάθος του ωκεανού
- Μέσα σε έναν τυφώνα
- Σε ένα πεδίο μάχης
- Πάνω ή και μέσα στο σώμα ανθρώπων ή ζώων

- Μέσα σε ένα ποτάμι ή λίμνη

Αυτές είναι μερικές μόνο περιπτώσεις, από τις οποίες φαίνεται καθαρά ότι οι συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργούν οι αισθητήρες μπορεί να είναι αντίξοες:

- σε υψηλή πίεση,
- σε πολύ ζέστη ή κρύο,
- σε ανώμαλα εδάφη.

Είναι επιτακτική λοιπόν η ανάγκη του σχεδιασμού των αισθητήρων με γνώμονα και την φυσική αντοχή τους στις καταστάσεις αυτές.

## Προβλήματα και Προκλήσεις

Η ιδιαίτερη δομή των ασύρματων δικτύων αισθητήρων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ξεχωριστών απαιτήσεων και προβλημάτων προς επίλυση, σε σχέση με τις υπάρχουσες δομές. Με μια πρώτη προσέγγιση, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες με τα ad – hoc δίκτυα. Παρόλα αυτά, και παρά τη φαινομενική ομοιότητά τους, τα δίκτυα αυτά

διαφέρουν αρκετά. Γι' αυτό εξάλλου και τα πρωτόκολλα τα οποία έχουν προταθεί κατά καιρούς και χρησιμοποιούνται στα ad – hoc δίκτυα δεν είναι κατάλληλα για τους αισθητήρες αυτούς.

### **Ασφάλεια σε Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων**

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από διαφορετικά είδη αισθητήρων οι οποίοι ελέγχουν το περιβάλλον. Λόγω του χαμηλού κόστους και της ευελιξίας, τα δίκτυα αισθητήρων γρήγορα επεκτείνονται για ποικίλες εφαρμογές, όπως :

- ο έλεγχος οικολογίας και περιβάλλοντος,
- στρατιωτικές εφαρμογές,
- περιοχές έκτακτης ανάγκης,
- έξυπνα σπίτια,
- υγεία και εμπορικές περιοχές.

Εντούτοις, οι αισθητήρες έχουν πολύ περιορισμένους πόρους (CPU, μνήμη, εύρος ζώνης, ενέργεια). Κατά συνέπεια, ο σχεδιασμός αποδοτικών πρωτοκόλλων είναι μια σημαντική πρόκληση κατά το σχεδιασμό των δικτύων αισθητήρων. Άλλα ζητήματα περιλαμβάνουν την ασφάλεια, την ανοχή σε σφάλματα, την ικανότητα επιβίωσης κάτω από δύσκολες συνθήκες και την εξελισιμότητα του δικτύου.

Δεδομένου ότι τα δίκτυα αισθητήρων λειτουργούν στον πραγματικό κόσμο, υπάρχει μια ανάγκη να προστατευθούν από τους διάφορους τύπους επιθέσεων. Αυτό είναι βεβαίως πρόκληση σε ένα περιβάλλον όπου το δίκτυο σχεδιάζεται για να είναι ευέλικτο. Οι σημαντικότερες προκλήσεις στην αντιμετώπιση της ασφάλειας δικτύων αισθητήρων, περιλαμβάνουν τη συντήρηση ενέργειας για τους κινητούς αισθητήρες, τη συνεργασία μεταξύ των ετερογενών αισθητήρων, την ευελιξία σε επίπεδο ασφάλειας, ώστε να ταιριάξουν οι ανάγκες των εφαρμογών και παράλληλα να συντηρηθούν οι κρίσιμοι πόροι του δικτύου, η εξελισιμότητα του δικτύου, οι αποφάσεις εμπιστοσύνης και ασφάλειας για τις εφαρμογές, η διατήρηση της κινητικότητας, της μεταβλητότητας και της προστασίας του δικτύου από εξωτερικές και εσωτερικές εισβολές. Εν συντομία, πρέπει να εξετάσουμε τρεις σημαντικούς παράγοντες για την ασφάλεια των δικτύων αισθητήρων οι οποίοι είναι: ενέργεια, επεξεργασία και επικοινωνία.

Λόγω της έλλειψης πόρων στους κόμβους αισθητήρων, το θέμα ασφάλεια σε ένα δίκτυο αισθητήρων είναι αρκετά διαφορετικό σε σχέση με τους παραδοσιακούς τρόπους που χρησιμοποιούνται και περιλαμβάνουν γενικά τη διαχείριση και την ασφαλή κράτηση ενός μικρού αριθμού ιδιωτικών και δημόσιων κλειδιών. Η αποκάλυψη ενός κλειδιού με κάθε πακέτο απαιτεί πάρα πολλή ενέργεια. Η αποθήκευση μιας μονόδρομης αλυσίδας μυστικών κλειδιών κατά μήκος μιας διαδρομής απαιτεί αρκετή μνήμη και πολλούς υπολογισμούς στους κόμβους στη συγκεκριμένη διαδρομή. Η διαχείριση κλειδιών, η οποία χρησιμοποιεί έναν εμπιστευμένο τρίτο πάροχο, απαιτεί πάλι μια κατασκευασμένη λύση η οποία την καθιστά ακατάλληλη για τις εφαρμογές δικτύων αισθητήρων. Αν και το ασύμμετρο σύστημα κρυπτογραφίας δεν

απαιτεί έναν εμπιστευμένο κεντρικό υπολογιστή, η ανάκληση κλειδιών δυσχεραίνει τη λειτουργία του δικτύου, δεδομένου ότι περιλαμβάνει μια αρχή η οποία διατηρεί έναν κατάλογο ανακλημένων κλειδιών σε έναν κεντρικό υπολογιστή ή που ζητά το δημόσιο κλειδί άμεσα από τον ιδιοκτήτη.

Υπάρχουν δύο τύποι επιτιθέμενων, οι εξωτερικοί και οι εσωτερικοί. Ένας επιτιθέμενος μπορεί να αναλάβει τον έλεγχο σε οποιοδήποτε κόμβο μέσα σε ένα δίκτυο. Η υπονόμηση ενός κόμβου σημαίνει ότι, όλοι οι κόμβοι οι οποίοι βρίσκονται μέσα στην ακτίνα επικοινωνίας εκείνου του κόμβου, μπορούν να αρνηθούν τη λήψη οποιωνδήποτε πληροφοριών. Επομένως, ο στόχος είναι να ελαχιστοποιηθεί ο αντίκτυπος ενός υπονομευμένου κόμβου στο υπόλοιπο δίκτυο. Ένας μόνο κόμβος δεν πρέπει να χορηγήσει στον επιτιθέμενο τη δυνατότητα να υπονομεύσει ολόκληρο το δίκτυο. Σε ένα δίκτυο με μια ενιαία πύλη (δηλαδή ένα σταθμό βάσης), ο επιτιθέμενος πρέπει να επιτεθεί σε εκείνο τον έναν κόμβο για να καταστήσει το δίκτυο ανενεργό. Προκειμένου να είναι σε θέση να εμπιστευτεί τα δεδομένα τα οποία στέλνουν οι αισθητήρες, η πηγή πρέπει να επικυρωθεί έτσι ώστε οι κακόβουλοι αισθητήρες να μην μπορούν να στείλουν ψεύτικα στοιχεία. Για τον έλεγχο της ακεραιότητας των στοιχείων, πρέπει να είμαστε σε θέση να ανιχνεύσουμε την τροποποίηση αυτών. Επιπλέον, τα στοιχεία πρέπει να είναι εμπιστευτικά έτσι ώστε κανένας να μην μπορεί αλλιώς να τα διαβάσει. Κατά συνέπεια οι απειλές τις οποίες ένα δίκτυο αισθητήρων μπορεί να αντιμετωπίσει είναι:

- eavesdropping,
- παρεμβολή μηνυμάτων (injection),

- επανάληψη μηνυμάτων,
- τροποποίηση μηνυμάτων (message modification) και
- άρνηση της υπηρεσίας (denial of service).

## **DoS Επιθέσεις σε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων**

Πολλές εγκαταστάσεις ασύρματων δικτύων αισθητήρων δεν είναι αρκετά ασφαλείς και οι επιθέσεις ενάντια σε αυτές μπορούν να δημιουργήσουν πραγματική ζημιά στη υγεία και την ασφάλεια των ανθρώπων. Αποτυχίες υλικού, ελαττώματα, η εξάντληση των πόρων, οι κακόβουλες επιθέσεις και οι περιβαλλοντικές συνθήκες μπορούν να επιφέρουν μείωση ή ακόμα και εξόντωση της λειτουργίας των δικτύων. Τέτοιες συνθήκες ορίζονται στη βιβλιογραφία ως επιθέσεις άρνησης υπηρεσιών (Denial of Service – DoS).

## **Επιθέσεις σε φυσικό επίπεδο**

Οι κόμβοι σε ένα δίκτυο αισθητήρων χρησιμοποιούν ασύρματες τεχνολογίες για την επικοινωνία τους, λόγω του ότι η ad hoc αρχιτεκτονική του δικτύου καθιστά οτιδήποτε άλλο ανεπαρκές. Οι σταθμοί βάσης και οι κόμβοι συγκέντρωσης δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιήσουν και ενσύρματες τεχνολογίες αλλά και δορυφορικές. Οι περιορισμοί τους όμως σε ενέργεια και

η ανάγκη για κινητικότητα μερικές φορές κάνουν τις παραπάνω δύο επιλογές σπάνιες. Οι πιο συνηθισμένες επιθέσεις στο φυσικό επίπεδο ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων είναι οι παρεμβολές και οι πλαστογραφίες.

- Παρεμβολές (Jamming): Ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος επίθεσης στις ασύρματες επικοινωνίες είναι η παρεμβολή στη συχνότητα την οποία χρησιμοποιούν οι κόμβοι του δικτύου. Στα δίκτυα τα οποία εκπέμπουν σε μια μόνο συχνότητα, αυτός ο τρόπος επίθεσης είναι πολύ εύκολος, αλλά και πολύ αποδοτικός. Ένας κακόβουλος χρήστης μπορεί να διακόψει την ομαλή λειτουργία του δικτύου, παρεμβάλλοντας λίγους κόμβους αλλά βγάζοντας εκτός λειτουργίας ένα αρκετά μεγάλο μέρος των κόμβων του δικτύου. Ο συνηθισμένος τρόπος άμυνας απέναντι σε τέτοιες επιθέσεις περιλαμβάνει διάφορες μορφές του λεγόμενου spread – spectrum communication.
- Πλαστογραφίες: Οι κόμβοι μπορούν να πέσουν θύματα φυσικής παρέμβασης, ειδικά εάν είναι μέρος ενός δικτύου το οποίο καλύπτει μια απέραντη περιοχή. Τέτοια δίκτυα μπορούν να δεχτούν καταστροφικές brute force επιθέσεις αλλά και περιπλοκότερη ανάλυση (sophisticated analysis). Ένας επιτιθέμενος μπορεί να βλάψει έναν αισθητήρα, να αντικαταστήσει ολόκληρο κόμβο ή μέρος του υλικού του, ή ακόμα και να παρέμβει ηλεκτρονικά στους κόμβους ώστε να αποκτήσει πρόσβαση σε ευαίσθητες πληροφορίες, όπως τα κοινά κρυπτογραφικά κλειδιά και το πώς μπορεί να έχει πρόσβαση σε υψηλότερα στρώματα επικοινωνίας.

## Επιθέσεις στο στρώμα ζεύξης δεδομένων

Το στρώμα ζεύξης δεδομένων ή media access control ( MAC ) παρέχει «έλεγχο» καναλιού για επικοινωνίες οι οποίες γίνονται μεταξύ γειτονικών κόμβων. Τα συνεργατικά σχήματα (cooperative schemes) τα οποία βασίζονται στο carrier sense, το οποίο δίνει τη δυνατότητα στους κόμβους να ανιχνεύουν εάν άλλοι κόμβοι μεταδίδουν δεδομένα, είναι ιδιαίτερως ευάλωτα σε DoS επιθέσεις. Επιθέσεις οι οποίες μπορούν να γίνουν ενάντια στο στρώμα ζεύξης ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων είναι οι συγκρούσεις, η εξάντληση των πόρων και η unfairness.

- Συγκρούσεις (collisions) : Οι συγκρούσεις είναι ένας τύπος παρεμβολής όπου γίνεται στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων. Εάν ο επιτιθέμενος αλλάξει την αλληλουχία των bit στη μετάδοση, τότε δε θα προκύψει σωστό άθροισμα ελέγχου και το πακέτο θα απορριφτεί από το δέκτη. Αλλοιωμένα μηνύματα ACK συνήθως οδηγούν σε μεγάλη αύξηση του κόστους ενέργειας σε ορισμένα πρωτόκολλα MAC. Ένας κακόβουλος κόμβος, μπορεί επίσης σκόπιμα και επανειλημμένα να αρνηθεί την πρόσβαση σε ένα κανάλι, ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας τη λιγότερη δυνατή ενέργεια η οποία απαιτείται ώστε να μπλοκάρει το κανάλι.



- Εξάντληση πόρων (Exhaustion): Η εξάντληση των πόρων των μπαταριών μπορεί να εμφανιστεί όταν προσπαθούν οι εφαρμογές του στρώματος ζεύξης δεδομένων την επαναλαμβανόμενη αναμετάδοση ακόμα και μετά από τις κατά ασυνήθιστο τρόπο καθυστερημένες συγκρούσεις, όπως είναι αυτές οι οποίες προκαλούνται στο τέλος ενός frame. Μια παραλλαγή αυτής της επίθεσης είναι όταν ένας κόμβος θυσιάζεται ζητώντας την πρόσβαση σε ένα κανάλι στέλνοντας RTS ( Request To Send) μηνύματα, αναγκάζοντας τους γείτονές του να αποκριθούν με ένα CTS ( Clear to send ) για να στείλει μήνυμα.
- Unfairness: Αυτή η επίθεση μπορεί να δημιουργηθεί με κατάχρηση της προτεραιότητας των MAC schemes. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας επίθεσης είναι ότι μπορεί να υποβιβάσει την υπηρεσία, για παράδειγμα αναγκάζοντας τους χρήστες ενός σε πραγματικό χρόνο πρωτόκολλου MAC να χάσουν τις προθεσμίες τους.

### **Επιθέσεις στο επίπεδο δικτύου**

Τα υψηλότερα στρώματα του πρωτοκόλλου μπορούν να μην απαιτήσουν μια πλήρως αξιόπιστη μετάδοση των δεδομένων, αλλά το στρώμα δικτύων

παρέχει πολύ κρίσιμες υπηρεσίες. Σε μια μεγάλης κλίμακας εγκατάσταση ασύρματου δικτύου αισθητήρων, τα μηνύματα μπορούν να περάσουν από πολλούς κόμβους πριν φθάσουν στον τελικό προορισμό τους. Δυστυχώς, καθώς το συνολικό κόστος αναμετάδοσης ενός πακέτου στο δίκτυο αυξάνεται, κάνει έτσι μεγαλύτερη και την πιθανότητα ότι το δίκτυο θα κόψει ή θα δώσει λανθασμένη κατεύθυνση στα πακέτα κατά μήκος της διαδρομής. Η απουσία προϋπάρχουσας υποδομής στα δίκτυα αισθητήρων, σημαίνει ότι, οι περισσότεροι εάν όχι όλοι οι κόμβοι, θα χρησιμεύσουν ως δρομολογητές για τη μεταφορά των πακέτων. Δεδομένου ότι κάθε κόμβος είναι ενδεχομένως ένας δρομολογητής, αυτό δημιουργεί νέα ευάλωτα σημεία δικτύου, τα οποία είναι γνωστά και στο διαδίκτυο. Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης πρέπει να είναι αρκετά απλά ώστε να χρησιμοποιούνται σε μεγάλα δίκτυα, αλλά να είναι και αρκετά γερά ώστε να αντιμετωπίσουν τις ενδεχόμενες αποτυχίες που εμφανίζονται μακριά από την πηγή.

- Neglect and greed: Μια πολύ συνηθισμένη επίθεση στους κόμβους είναι η αλλαγή των πακέτων πληροφορίας τα οποία αποστέλλονται. Ένας κακόβουλος κόμβος μπορεί να συμμετέχει στο επίπεδο δικτύου και να στέλνει αλλαγμένα πακέτα, ή ακόμα και να απορρίπτει μηνύματα άλλων κόμβων. Το dynamic source routing (DSR) [Johnson και Maltz, 1996] είναι ευάλωτο σε αυτή την επίθεση. Επειδή το δίκτυο αποθηκεύει τις διαδρομές, οι επικοινωνίες από μια περιοχή μπορούν όλες να χρησιμοποιούν την ίδια διαδρομή για έναν προορισμό. Εάν ένας κόμβος κατά μήκος εκείνης της διαδρομής είναι κακόβουλος,

μπορεί να μειώσει ή να εμποδίσει την κυκλοφορία δεδομένων από την περιοχή προς για παράδειγμα έναν σταθμό βάσης.

- Homing: Στα περισσότερα δίκτυα αισθητήρων ορισμένοι κόμβοι έχουν ειδικές ευθύνες, όπως το να είναι υπεύθυνοι για το συντονισμό μιας ομάδας κόμβων, διαχειριστές κρυπτογραφημένων κλειδιών, ελέγχουν τα σημεία πρόσβασης κ.α. Αυτοί οι κόμβοι γίνονται στόχος επίθεσης συχνότερα διότι παρέχουν κρίσιμες υπηρεσίες στο δίκτυο. Πρωτόκολλα δικτύων τα οποία βασίζονται στην τοποθεσία και στηρίζονται στη σωστή προώθηση των πακέτων, είναι εκτεθειμένα σε homing attacks. Εδώ ο κακόβουλος χρήστης παρατηρεί την κίνηση των δεδομένων και μαθαίνει για την ύπαρξη και την τοποθεσία των κρίσιμων πόρων. Μόλις τα βρίσκει, αυτοί οι κόμβοι δέχονται επιθέσεις από συνεργάτες του επιτιθέμενου ή κινητούς εχθρούς.
- Misdirection: Ο σκοπός αυτής της επίθεσης είναι να παρασυρθεί όλη η κίνηση προς ένα κακόβουλο σημείο του δικτύου. Αυτό επιτυγχάνεται με το να κάνεις έναν κακόβουλο κόμβο ελκυστικό για το υπόλοιπο δίκτυο, διαφημίζοντας υψηλής ποιότητας διαδρομές με χαμηλή καθυστέρηση. Οι κόμβοι οι οποίοι έχουν παραπλανηθεί, θα στείλουν όλα τα δεδομένα που προορίζονται για το σταθμό βάσης, στον κόμβο ο οποίος λέει ψέματα.

- Black holes: Τα distance vector πρωτόκολλα ( Perkins και Bhagwat, 1994) παρέχουν άλλον έναν εύκολο δρόμο για αποτελεσματικές επιθέσεις. Οι κόμβοι διαφημίζουν διαδρομές μηδενικού κόστους σε οποιοδήποτε άλλο κόμβο, δημιουργώντας routing back holes μέσα στο δίκτυο ( Cheung και Levit, 1997). Όσο η διαφήμιση συνεχίζεται, το δίκτυο δρομολογεί όλο και περισσότερη κίνηση προς την μεριά τους. Εκτός από την διακοπή της παράδοσης των μηνυμάτων, αυτή η επίθεση προκαλεί έντονες διαμάχες για τους πόρους οι οποίοι βρίσκονται γύρω από τον κακόβουλο κόμβο, καθώς οι γειτονικοί κόμβοι ανταγωνίζονται για το περιορισμένο εύρος ζώνης. Αυτοί οι γειτονικοί κόμβοι μπορούν να εξαντληθούν πρόωρα, προκαλώντας μια τρύπα ή ένα χώρισμα στο δίκτυο.

### **Επιθέσεις στο επίπεδο μεταφοράς**

Το επίπεδο μεταφοράς διεκπεραιώνει τη μεταφορά των δεδομένων από χρήστη σε χρήστη. Τα δίκτυα αισθητήρων χρησιμοποιούν απλά πρωτόκολλα ώστε να ελαχιστοποιήσουν τα acknowledgements και τις αναμεταδόσεις πακέτων.

- Flooding: Ο στόχος μιας επίθεσης flooding είναι να εξαντλήσει τους πόρους σε μνήμη του συστήματος του θύματος. Όπως και στο συνηθισμένο TCP SYN flood [Schuba et al., 1997], ο επιτιθέμενος στέλνει πάρα πολλές αιτήσεις για συνδέσεις, αναγκάζοντας το θύμα να ελευθερώσει μνήμη του συστήματος, ώστε να διατηρήσει την κατάσταση της κάθε σύνδεσης.
- Desynchronization: Μια σύνδεση μεταξύ δύο σημείων μπορεί να αποσυγχρονιστεί. Ο επιτιθέμενος ( hacker ) μπορεί να πλαστογραφήσει μεταξύ των δύο σημείων. Control flags και sequence numbers είναι αυτά τα οποία συνήθως τροποποιούνται. Εάν ο επιτιθέμενος μπορεί να δει το συγχρονισμό σωστά, τότε έχει την δυνατότητα να εμποδίσει τα δύο σημεία από το να ανταλλάξουν μηνύματα, αφού θα ζητούν συνεχώς την αναμετάδοση των προηγούμενων λανθασμένων μηνυμάτων.

### **Στοιχεία ασφάλειας**

Εξετάζοντας την ασφάλεια ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων, ο καθένας βρίσκεται αντιμέτωπος με την επίτευξη μερικών ή όλων από τους παρακάτω στόχους:

- Διαθεσιμότητα ( Availability ): Τα στοιχεία του δικτύου πρέπει να είναι διαθέσιμα στους εξουσιοδοτημένους χρήστες όποτε τα χρειάζονται και το δίκτυο αισθητήρων πρέπει να εξασφαλίσει τη διαθεσιμότητα των υπηρεσιών του δικτύου, παρά τις επιθέσεις άρνησης υπηρεσιών ( Denial of service attack- DoS ). Για να εξασφαλίσει τη διαθεσιμότητα της προστασίας των μηνυμάτων, το δίκτυο αισθητήρων πρέπει επίσης να προστατεύσει τους πόρους ώστε να ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση ενέργειας.
- Εμπιστευτικότητα ( Confidentiality ): Ένα δίκτυο αισθητήρων δεν πρέπει να διαρρεύσει τις πληροφορίες, οι οποίες συλλέγονται από τους αισθητήρες, σε άλλα δίκτυα. Συνήθως οι κόμβοι ανταλλάσσουν ευαίσθητα στοιχεία μεταξύ τους. Προκειμένου να προστατευθούν αυτά τα σημαντικά στοιχεία, κρυπτογραφούνται με ένα μυστικό κλειδί το οποίο μόνο οι παραλήπτες των μηνυμάτων το έχουν. Επιπλέον, δημιουργούνται ασφαλή κανάλια επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων και των σταθμών βάσεων
- Αυθεντικοποίηση ( Authentication ): Δεδομένου ότι ένας επιτιθέμενος μπορεί εύκολα να τροποποιήσει τα μηνύματα, πρέπει να υπάρξει ένας τρόπος με τον οποίο να βεβαιώνει το δέκτη για την προέλευση των δεδομένων. Με την αυθεντικοποίηση των στοιχείων επιτρέπουμε στο

δέκτη να ελέγξει ότι τα στοιχεία εστάλησαν από συγκεκριμένο αποστολέα. Σε περίπτωση επικοινωνίας δύο σημείων, ο αποστολέας και ο δέκτης μπορούν να μοιραστούν ένα μυστικό κλειδί. Αλλά αυτή η μέθοδος δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε broadcast αναμετάδοση, όπου καθένας μπορεί να υποδυθεί τον αποστολέα και να στείλει τα μηνύματα σε άλλους δέκτες.

- Ακεραιότητα ( Integrity): Εξασφαλίζεται ότι τα δεδομένα δεν έχουν τροποποιηθεί με μη εξουσιοδοτημένο τρόπο κατά τη μετάδοσή τους.
- Πρόσφατα δεδομένα ( Freshness ): Επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα είναι πρόσφατα και εξασφαλίζει ότι από κανέναν επιτιθέμενο δε θα επαναληφθούν παλιότερα μηνύματα.
- Εξελιξιμότητα ( Scalability): Τα δίκτυα αισθητήρων δε μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα σχέδιο διαμόρφωσης κλειδιών το οποίο έχει μικρές δυνατότητες εξελισιμότητας με βάση το κόστος ενέργειας ή τη λανθάνουσα κατάσταση. Γενικά, ο αριθμός των γειτονικών κόμβων και της απόστασης, ή η δύναμη η οποία απαιτείται για να σταλούν τα μηνύματα από τον ένα κόμβο στον άλλο, δε θα είναι γνωστά εκ των προτέρων.

- Υπάρχει ένα αντικρουόμενο ενδιαφέρον στην ασφάλεια ενός δικτύου αισθητήρων, μεταξύ της ελαχιστοποίησης της κατανάλωσης πόρων των κόμβων αισθητήρων και της μεγιστοποίησης της ασφάλειας του δικτύου. Οι πόροι σε αυτό το περιβάλλον περιλαμβάνουν κυρίως την ενέργεια, καθώς επίσης και τους υπολογιστικούς πόρους, όπως είναι η μνήμη την οποία έχει ο κάθε κόμβος. Οι δυνατότητες και οι περιορισμοί των κόμβων αισθητήρων επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τους μηχανισμούς ασφάλειας, οι οποίοι μπορούν να φιλοξενηθούν σε μια πλατφόρμα κόμβων αισθητήρων. Η ενέργεια είναι ίσως ο μεγαλύτερος περιορισμός στις δυνατότητες των κόμβων αισθητήρων. Η πρόσθετη ενέργεια η οποία θα χρησιμοποιηθεί από τους κόμβους αισθητήρων μπορεί να οφείλεται σε διάφορες λειτουργίες ασφάλειας, όπως :
  - η κρυπτογράφηση,
  - η αποκρυπτογράφηση,
  - η ταυτοποίηση δεδομένων ή αποθήκευση κλειδιού.
  - Η προστασία από επιθέσεις πλαστογραφίσεων

Κατά το σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής ασφάλειας των δικτύων αισθητήρων πρέπει να υποθέσουμε ότι ένας ή περισσότεροι κόμβοι αισθητήρων μέσα στο δίκτυο μπορούν να παραβιαστούν (compromised). Λόγω της έλλειψης προστασίας από τις πλαστογραφίσεις στους κόμβους αισθητήρων, ένας



αρκετά ικανός αντίπαλος μπορεί να εξάγει τις κρυπτογραφικές πληροφορίες από έναν κόμβο.

Οι τεχνολογίες ανίχνευσης πλαστογραφήσεων, μπορούν να παρέχουν την ένδειξη ότι έγινε μια επίθεση πλαστογραφίας, αλλά έχουν περιορισμένη αξία σε μεγάλης διάρκειας και χωρίς συντήρηση λειτουργίες.

Η ad hoc τοπολογία δικτύωσης καθιστά ένα δίκτυο αισθητήρων ευάλωτο στις επιθέσεις συνδέσεων. Αντίθετα από τα ενσύρματα δίκτυα με τους μηχανισμούς άμυνας, όπως είναι τα firewalls και τα gateways, οι επιθέσεις στα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να προέλθουν από όλες τις κατευθύνσεις και να στοχεύσουν σε οποιοδήποτε κόμβο. Δεδομένου ότι είναι δύσκολο να εντοπιστεί ένας συγκεκριμένος κινητός κόμβος σε ένα μεγάλης κλίμακας δίκτυο αισθητήρων, οι επιθέσεις από έναν παραβιασμένο κόμβο είναι πιο επικίνδυνες και πολύ πιο δύσκολο να ανιχνευτούν. Όλο αυτό δείχνει ότι οποιοσδήποτε κόμβος πρέπει να είναι προετοιμασμένος για να λειτουργήσει με έναν τρόπο σύμφωνα με τον οποίο δε θα εμπιστεύεται κανέναν άλλον κόμβο.

Νέοι κόμβοι μπορούν να προστεθούν ή οι τρέχοντες κόμβοι μπορούν να αφαιρεθούν. Κατά συνέπεια ένα δίκτυο αισθητήρων έχει μια δυναμική δομή δρομολόγησης. Οι συχνές αλλαγές δρομολόγησης μπορούν να σημάνουν ότι οι ενδιάμεσοι κόμβοι οι οποίοι επεξεργάζονται τα στοιχεία για μια σύνδεση σημείο προς σημείο μπορούν να αλλάξουν. Επίσης, δεδομένου ότι πολλές υπηρεσίες ασφάλειας θα λειτουργούν σε μια βάση « κόμβος με κόμβο», η διαδικασία κρυπτογράφησης θα εμφανιστεί ανάμεσα στους γειτονικούς κόμβους στην τοπολογία δρομολόγησης.

Εάν γίνουν αλλαγές δρομολόγησης, το σύνολο των τοπικών γειτονικών κόμβων μπορεί να αλλάξει και έτσι η διαδικασία κρυπτογράφησης μπορεί να πρέπει να επαναληφθεί. Εξετάζοντας έναν μεγάλο αριθμό κόμβων σε ένα χαρακτηριστικό δίκτυο αισθητήρων, δεν είναι πρακτικό να χρησιμοποιηθούν συγκεντρωτικά μέτρα ασφάλειας. Η εισαγωγή οποιασδήποτε κεντρικής οντότητας στην ασφάλεια των κόμβων, μπορεί να προκαλέσει μια επίθεση σε ολόκληρο δίκτυο, μόλις παραβιαστεί η κεντρική οντότητα. Γενικά, η λήψη αποφάσεων σε ένα δίκτυο αισθητήρων αποκεντρώνεται και πολλοί αλγόριθμοι ασφάλειας στηρίζονται στη συνεργασία όλων των κόμβων ή μερικών κόμβων. Η φύση της ad hoc δικτύωσης απαιτεί περιορισμένη αρχική διαμόρφωση, προκειμένου να υποστηριχθεί ένα ευέλικτο και εύκολα αναπτυσσόμενο δίκτυο. Έτσι περιορίζεται ο τύπος των κρυπτογραφικών σχεδίων που πρέπει να είναι απαραίτητα ώστε να δημιουργηθεί ένα ασφαλές δίκτυο αισθητήρων.

Οι κόμβοι αισθητήρων μπορούν να είναι χωρίς συντήρηση για μεγάλες χρονικές περιόδους. Για παράδειγμα, οι μακρινές αποστολές αναγνώρισης πίσω από τις εχθρικές γραμμές, μπορούν να μην έχουν οποιαδήποτε φυσική επαφή με τις φιλικές δυνάμεις μόλις αναπτυχθούν. Αν και μπορούν να ρυθμιστούν από απόσταση, γενικά οι κόμβοι αισθητήρων δεν έρχονται σε φυσική αντίχτυση της πλαστογραφίας και φυσικής συντήρησης (π.χ. αντικατάσταση μπαταριών). Άλλες λειτουργίες συντήρησης είναι δυνατές (π.χ. αναπροσαρμογές λογισμικού, ενημέρωση κλειδιού), αλλά πρέπει να γίνουν

απομακρυσμένα. Το χρονικό διάστημα για το οποίο ένας αισθητήρας αφήνεται χωρίς συντήρηση, αυξάνει την πιθανότητα ένας αντίπαλος να τον έχει παραβιάσει.

#### **1.4.ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

Όσον αφορά το τομέα του περιβάλλοντος η εφαρμογή των αισθητήρων μπορεί να είναι άμεση. Άλλωστε η προστασία του περιβάλλοντος από διάφορες καταστροφές αποτελεί ένα μείζον θέμα και ίσως ένα από τα κυριότερα προβλήματα της εποχής μας και κάθε είδους τεχνολογία η οποία αποσκοπεί στην επίλυση του, έστω και μερικά, είναι ευπρόσδεκτη να προσφέρει πιθανές λύσεις.

Οι αισθητήρες, διασκορπισμένοι σε κατάλληλα σημεία σε ένα δάσος, θα μπορούσαν να φανούν πολύ χρήσιμοι στην ανίχνευση εστιών πυρκαγιάς και στην έγκαιρη ενημέρωση των υπευθύνων, όπως και στη πιθανή καταγραφή και τον εντοπισμό των δραστών. Άμεσο αποτέλεσμα αυτής της κίνησης θα ήταν η κινητοποίηση και κατά συνέπεια η αποφυγή των εκτεταμένων ζημιών και η διάσωση πολλών περιουσιών από τις φλόγες.

Επιπλέον, οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη παρακολούθηση της άγριας ζωής. Πιο συγκεκριμένα, στο νησί Great Duck κοντά την ακτή του Maine των ΗΠΑ, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν ένα πρότυπο δίκτυο αισθητήρων για να ελέγχουν τις δυσπρόσιτες φωλιές των θαλάσσιων πουλιών. Κόμβοι – αισθητήρες όπου δεν ξεπερνούν σε μέγεθος

ένα μικρό νόμισμα, τοποθετούνται στις σπηλιές όπου βρίσκονται οι φωλιές και ελέγχουν συνεχώς μεγέθη όπως η φωτεινότητα, η θερμοκρασία και η

βαρομετρική πίεση. Οι μετρήσεις αυτές μεταδίδονται σε τοπικούς υπολογιστές των επιστημονικών εγκαταστάσεων και κατόπιν, σε πραγματικό χρόνο, στο εργαστήριο για την επεξεργασία και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Με αυτό το τρόπο οι βιολόγοι έχουν τη δυνατότητα να συλλέξουν τις πληροφορίες τις οποίες θέλουν για την παρατήρηση των πουλιών και την προστασία του βιότοπου, με την ελάχιστη δυνατή ανθρώπινη παρέμβαση.

Επιπλέον παράδειγμα αποτελεί το σύστημα το οποίο έχει δημιουργήσει το πανεπιστήμιο του Princeton, το λεγόμενο “Zebnet” για τη παρακολούθηση της μετανάστευσης, της συνύπαρξης με άλλα είδη και της νυχτερινής συμπεριφοράς των πληθυσμών ζέμπρας στην Αφρική.

Επιπροσθέτως, τα δίκτυα αισθητήρων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο πλημμυρών, αλλά και σε πολλές άλλες εφαρμογές, όπως σε διαστημικές αποστολές για τη συλλογή πληροφοριών από πλανήτες, για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, στον τομέα της μετεωρολογίας για την μελέτη και πρόβλεψη δεδομένων κλπ.



Εικόνα: Κόμβος – Αισθητήρας για παρακολούθηση θερμοκρασίας, υγρασίας κτλ

### **1.5.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟΝ ΈΛΕΓΧΟ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Οι κατασκευές (κτήρια, γέφυρες κτλ) υπόκεινται σε μακροπρόθεσμες καταπονήσεις που φθείρουν την ακεραιότητά τους λόγω εκτεταμένης λειτουργικής ζωής, διαβρώσεων, τριβών μεταξύ τους και σεισμικών δυνάμεων. Είναι πολύ σημαντικό να επεκτείνεται η ενεργή ζωή των υποδομών μέσω της συστηματικής συλλογής ποιοτικών πληροφοριών σε τακτά χρονικά διάστημα για τη τρέχουσα κατάστασή τους.

Έτσι με τη τοποθέτηση των αισθητήρων σε στρατηγικές θέσεις στις κατασκευές είναι δυνατόν να καταγράφεται οποιαδήποτε ανωμαλία η οποία μπορεί να σημαίνει πρόβλημα στην ακεραιότητα της κατασκευής. Οι πληροφορίες αυτές μεταδίδονται σε τοπικούς υπολογιστές και έπειτα στο τμήμα διαχείρισης και ανάλυσης στοιχείων. Με αυτό το τρόπο, οι μηχανικοί θα μπορούν να πραγματοποιούν προληπτικές επισκευές βασιζόμενοι περισσότερο σε μετρήσεις απόδοσης και λιγότερο σε προγραμματισμένες συντηρήσεις και θα προβαίνουν σε επισκευές που θα κρατήσουν τη γέφυρα ασφαλή σε περίπτωση σεισμού ή άλλης φυσικής καταστροφής.

## **1.6.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ**

Στον τομέα της υγείας η εφαρμογή των δικτύων αισθητήρων είναι πολλαπλή και μπορεί να βοηθήσει σε σημαντικά προβλήματα.

Ενδεικτικά αναφέρεται πως με τη βοήθεια των αισθητήρων, οι οποίοι τοποθετούνται σε διάφορα σημεία στο σώμα του ασθενή, ο γιατρός μπορεί να συλλέξει πληροφορίες για διάφορα θέματα, όπως πχ. για συμπτώματα ασθενειών πριν αυτά γίνουν αντιληπτά εμφανώς, ενώ είναι δυνατός και ο έλεγχος και η παρακολούθηση ηλικιωμένων ή ατόμων με ειδικές ανάγκες.

Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση διαφόρων παραμέτρων σε ασθενείς.

Για παράδειγμα, μπορεί ένας αισθητήρας να μεταδίδει πληροφορίες οι οποίες αφορούν τη παρακολούθηση των παλμών της καρδιάς, ένας άλλος για τη πίεση του αίματος κλπ. Ομοίως και οι γιατροί θα μπορούν να φέρουν πάνω τους αισθητήρες, οι οποίοι θα επιτρέπουν σε συναδέλφους τους να τους εντοπίζουν μέσα στο νοσοκομείο σε περίπτωση ανάγκης.

Τέλος, οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό αλλεργιών στους ασθενείς με αποτέλεσμα να περιορίζονται οι πιθανότητες να λάβουν ακατάλληλη φαρμακευτική αγωγή.

## **1.7.ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

Στην καθημερινή ζωή η εφαρμογή των δικτύων αισθητήρων μπορεί να φανεί εξίσου χρήσιμη. Τοποθετημένοι μέσα σε διάφορες οικιακές συσκευές, οι αισθητήρες μπορούν να συμβάλλουν στην οργάνωση της χρήσης τους από τους ιδιοκτήτες μέσω του διαδικτύου ή ακόμα και μέσω δορυφόρου για απομακρυσμένες περιοχές χωρίς επίγειες υποδομές δημιουργώντας έτσι τις βάσεις για την είσοδο του αυτοματισμού και του αυτόματου ελέγχου στη ζωή του σπιτιού.

Πέρα από τις οικιακές συσκευές, οι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν και σε διάφορα μέρη του σπιτιού, όπως έπιπλα. Επικοινωνώντας μεταξύ τους

αλλά και με έναν κεντρικό εξυπηρετητή του κάθε δωματίου, μπορούν να συμβάλλουν στην άρτια οργάνωση της λειτουργίας του σπιτιού και να δίνουν πολύτιμες πληροφορίες υλοποιώντας στη πράξη μορφές «έξυπνου σπιτιού».

## **1.8.ΛΟΙΠΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

Εκτός από τις παραπάνω ομαδοποιημένες εφαρμογές, υπάρχουν πολλές άλλες περιπτώσεις όπου θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμα τα δίκτυα αισθητήρων. Σε μεγάλα κτήρια εταιριών, ένα δίκτυο αισθητήρων θα μπορούσε να ελέγχει και να καθορίζει με μεγάλη ακρίβεια την θερμοκρασία των δωματίων όντας συνδεδεμένο με το σύστημα κλιματισμού. Μάλιστα, σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, έχει υπολογιστεί ότι ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να μειώσει τη κατανάλωση ενέργειας λόγω κλιματισμού κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό.

Σε μουσεία, με τη χρήση των αισθητήρων μπορεί να είναι δυνατή η αμεσότερη επαφή με τα εκθέματα. Με την τοποθέτηση τέτοιων αισθητήρων στα εκθέματα, αυτά αποκτούν την δυνατότητα να «ανταποκρίνονται» στις αντιδράσεις (ομιλία, άγγιγμα) των ανθρώπων, καθώς ουσιαστικά ελέγχονται από έναν κεντρικό κόμβο ο οποίος χειρίζεται κάποιος υπεύθυνος του



μουσείου. Τέτοια συστήματα έχουν ήδη αρχίσει να εμφανίζονται, όπως για παράδειγμα στο San Francisco Exploratorium.

Πολλές πολυεθνικές εταιρίες όπως η British Petroleum (BP) συνειδητοποίησαν τις τεράστιες προοπτικές των ΑΔΑ τεχνολογιών και έχουν επενδύσει στην ανάπτυξη τους σε μεγάλο εύρος. Σε μια πειραματική εφαρμογή μετρούσαν κατά τη διάρκεια πειραμάτων γεώτρησης τους τις μη φυσιολογικές δονήσεις και προειδοποιούν τους μηχανικούς για πιθανή επερχόμενη βλάβη του εξοπλισμού της εταιρίας. Επίσης η εταιρία στοχεύει στη χρήση των ΑΔΑ στην εξ'αποστάσεως παρακολούθηση του επιπέδου πληρότητας των δεξαμενών υγραερίου. Με τη χρήση υπερηχητικού αισθητήρα στο πάτο της δεξαμενής μετράνε τη πληρότητα της και έπειτα εκπέμπεται σήμα μέσω δορυφόρου χαμηλής τροχιάς σε ένα σταθμό βάσης με αποτέλεσμα να ενημερώνονται οι πελάτες και η ίδια η εταιρία πριν τελειώσουν τα αποθέματά τους.

Η μείωση της εγκληματικότητας θα μπορούσε επίσης να βοηθηθεί από την καινούρια αυτή τεχνολογία. Για παράδειγμα αισθητήρες σε αυτοκίνητα θα μπορούσαν να δίνουν τη δυνατότητα ελέγχου και έγκαιρης αντίδρασης σε περίπτωση προσπάθειας κλοπής τους.

Γενικότερα, είναι σαφές ότι οι εφαρμογές των δικτύων αισθητήρων είναι πάρα πολλές και πρόκειται για καινούρια τεχνολογία η οποία έχει πολλά ακόμα να προσφέρει στην ανθρωπότητα..

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ**

### **2.0.ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ**

Η ισχύς από ένα σύστημα πολυπλέκτη αποδεικνύεται εύκολα στο εργοστάσιο αυτοματισμού. Σε πολλές περιπτώσεις, οι χρήστες έχουν ολοκληρώσει μια εγκατάσταση με ένα σύστημα καλωδίων πολυπλέκτη με ένα ή δύο άτομα μέσα σε μία μέρα, ενώ παλαιότερα αυτό το έργο γινόταν με ένα πλήρωμα από τεχνικούς μέσα σε αρκετές ημέρες. Επίσης, αυτές οι εργασίες εγκαταστάσεων έγιναν με επιτυχία την πρώτη φορά, με αποτέλεσμα την σημαντική μείωση του κόστους.

Η καλωδίωση για το σύστημα πολυπλέκτη αποτελείται από συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, ισχύ και γείωση, η οποία σε μεγάλο βαθμό απλοποιεί τη διαδικασία της διασύνδεσης.

Η λύση λοιπόν είναι ένα ανοιχτό πρότυπο και ικανότητα του Plug-and-Play. Η προδιαγραφή του τομέα διαύλου θα καθορίσει την εφαρμογή, τη σύνδεση δεδομένων και φυσικά τα επίπεδα του προτύπου ISO.

Ο τομέας διαύλου δεν έχει ολοκληρωθεί και τα προϊόντα ημιαγωγών δεν είναι διαθέσιμα για την υλοποίηση των κόμβων ελέγχων. Δύο πρωτόκολλα, τα οποία

έχουν απήχηση σε έναν αριθμό βιομηχανικών χρηστών βασισμένα στη διαθεσιμότητα των προϊόντων του πυριτίου, είναι το CAN και το LonTalk™.<sup>3</sup> Το πρωτόκολλο BACnet έχει αναπτυχθεί από τη βιομηχανία αυτοματισμού κτιρίων. Το Ethernet, το Arcnet™, το MS/TP και το LonWorks™ είναι μεταξύ των δικτύων, τα οποία θα μπορούσαν να επικοινωνήσουν πάνω στο προτεινόμενο συμβατό σύστημα BACnet, το οποίο αναπτύχθηκε από την Αμερικανική Εταιρεία Θέρμανσης και Ψύξης. Η κτιριακή ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης της ενέργειας, αναπτύσσεται επίσης πάνω σε αυτό το πρότυπο. Ο IBI δίαυλος έχει αναπτυχθεί από το «Ινστιτούτο Έξυπνων Κτιρίων». Τα έξυπνα κτίρια γραφείων προσφέρουν ένα υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης..

Σε γραφεία, οι κομβικές αλλαγές στο περιβάλλον και η αποστολή της κατάστασης και ο έλεγχος των μηνυμάτων σε άλλους κόμβους είναι η απάντηση γι' αυτές τις αλλαγές. Οι δυναμικοί κόμβοι είτε κλείνουν, είτε ανοίγουν τους αποσβεστήρες αλλάζουν την ταχύτητα του συστήματος και δημιουργούν άλλες προσαρμογές με βάση τις πληροφορίες αυτές. Άλλες πλευρές αυτών των συστημάτων είναι:

- η αυτό-διάγνωση,
- η καταγραφή δεδομένων,
- η πυρανίχνευση,
- τα συστήματα καταιονισμού,

---

<sup>3</sup> Randy F. *Understanding smart sensors*

- η παρακολούθηση της ενεργειακής χρήσης και τα συστήματα ασφαλείας.<sup>4</sup>

## **2.1.ΤΑ ΣΗΜΕΡΙΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ**

### **ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ**

Σήμερα, τα πληροφοριακά συστήματα επεξεργασίας στοιχείων χρειάζονται αισθητήρες για να αποκτήσουν τις φυσικές, μηχανικές και χημικές πληροφορίες, ώστε να είναι σε θέση να λειτουργήσουν. Για την εκτεταμένη χρήση των αισθητήρων σε βιομηχανικά εργαλεία παραγωγής και των προτιμήσεων των καταναλωτών, όπως τα ευφυή αυτοκίνητα και τα έξυπνα σπίτια, η αξιοπιστία των αισθητήρων πρέπει να βελτιωθεί και να μειωθεί το κόστος δραματικά. Η βελτίωση της αξιοπιστίας, σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους, μπορεί να επιτευχθεί μόνο με έξυπνα συστήματα αισθητήρων. Εξελίξεις στην ενσωμάτωση των αισθητήρων με ηλεκτρονικά κυκλώματα για την παραγωγή έξυπνων αισθητήρων και των ευφυών συστημάτων αισθητήρων αυξάνονται ως έρευνα στον τομέα αυτό, ο οποίος εξακολουθεί να επεκτείνεται. Μέσα σε αυτό το περιβάλλον, στην Ελλάδα έχει αναπτυχθεί πλέον μια μικρή κοινότητα βιομηχανιών και ερευνητικών κέντρων, τα οποία σχεδιάζουν, αναπτύσσουν και εξάγουν τέτοια τεχνολογία σε όλο τον κόσμο, παίζοντας όλο και πιο σημαντικό ρόλο.

---

<sup>4</sup> Randy F. *Understanding smart sensors*

Η τεχνολογία αυτή στηρίζεται στην ύπαρξη και κατασκευή κυκλωμάτων με τσιπάκια και στη χρήση των έξυπνων αισθητήρων και στο μέλλον τους.

Στον τομέα λοιπόν των έξυπνων συστημάτων, μεταξύ άλλων παρουσιάστηκε η κατασκευή ενός μικροκυκλώματος το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην ανίχνευση της πίεσης των ματιών για εφαρμογές στην οφθαλμολογία, καθώς και υπέρ-ακριβείς αισθητήρες ανίχνευσης αερίων, όπως το μεθάνιο, το αιθάνιο, το οξειδίο του αζώτου κ.ά., τα οποία αναμένεται να βρουν εφαρμογή σε συστήματα ασφαλείας στη βιομηχανία όπως και σε συστήματα ελέγχου της μόλυνσης του ατμοσφαιρικού αέρα.

Δεν προχωράει μόνο η έρευνα με πολύ γρήγορους ρυθμούς αλλά και η υιοθέτηση των καινοτομιών αυτών από τη βιομηχανία, υπάρχουν πλέον 19 τουλάχιστον εταιρείες στην Ελλάδα με διεθνείς προοπτικές και καθώς προχωράει η έρευνα είναι βέβαιο ότι θα δημιουργηθούν και άλλες.

### **Προκλήσεις Μελλοντικής Εξέλιξης Έξυπνων Αισθητήρων**

Η εξελισσόμενη νανοτεχνολογία υπόσχεται νέα εποχή στο σχεδιασμό και την κατασκευή αισθητήρων αξιόπιστων και σε μεγέθη της τάξεως μερικών νανομέτρων.

Επόμενη εξέλιξη προς μελέτη είναι η βιοσυμβατότητα καθώς πολλοί αισθητήρες εμφυτεύονται στο ανθρώπινο σώμα σε συνάρτηση με ένα άλλο βασικό κεφάλαιο των ασύρματων αισθητήρων, την ενεργειακή κατανάλωση και το χρόνο ζωής.

Στις αρχές του 21ου αιώνα, το διαδίκτυο και οι τεχνολογίες ασύρματων επικοινωνιών διευκολύνουν την άμεση πρόσβαση σε πληροφορίες ξεπερνώντας φραγμούς απόστασης και χρόνου. Σε αυτήν τη νέα εποχή συστήματα αισθητήρων από τα γνωστά μας μικρόφωνα ως τις «έξυπνες» κεραίες και από τα μικροεπιταχυνόμετρα και τους βίοαισθητήρες ως τις κάμερες απεικόνισης αρχίζουν να έχουν σημαντική απήχηση τόσο στη βιομηχανία, όσο και στην καθημερινή μας ζωή.

Στο μέλλον, η ενσωμάτωση των έξυπνων αισθητήρων στις τηλεπικοινωνίες και την πληροφορική θα διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο σε πληθώρα σημαντικών εφαρμογών, όπως:

- παρακολούθηση περιβάλλοντος,
- δημόσια ασφάλεια και διάσωση,
- έλεγχος των υποδομών και των κατασκευών,
- ιατρική και βιολογία.<sup>5</sup>

Το 2020 θα γνωρίζουμε και θα μπορούμε ανά πάσα στιγμή να εντοπίσουμε όλα τα υπάρχοντα μας, η κλοπή του αυτοκινήτου μας θα είναι κάτι το ασυνήθιστο, καθώς κάθε τι πολύτιμο το οποίο θα φεύγει από το χώρο μας θα ελέγχεται κατά την έξοδό του και θα ειδοποιείται το κινητό μας τηλέφωνο.

---

<sup>5</sup> Ιστοσελίδα : [www.smartprint.media](http://www.smartprint.media) (2010)

Επίσης, το σπίτι και το γραφείο θα αντιλαμβάνονται την παρουσία μας, ακόμη και την πορεία μας από δωμάτιο σε δωμάτιο. Ο φωτισμός, η θέρμανση και οι άλλες ανέσεις θα ρυθμίζονται αναλόγως. Εάν ψάχνουμε για ένα δωμάτιο συσκέψεων, θα γνωρίζουμε το κοντινότερο το οποίο είναι διαθέσιμο.

Το 2020, ένα ίχνος έξυπνης σκόνης σε κάθε ένα από τα δάχτυλα μας θα διαβιβάζει συνεχώς την κίνηση των άκρων στον υπολογιστή μας, ο οποίος θα καταλαβαίνει όταν δακτυλογραφούμε, δείχνουμε, χειρονομούμε ή παίζουμε κιθάρα στον αέρα. Τα νήπια δεν θα κινδυνεύουν να πνιγούν χωρίς να στέλνεται ένα μήνυμα συναγερμού στους γονείς τους.

Από την άλλη το αυτοκίνητό μας θα γνωρίζει με ακρίβεια την κίνηση στον αγαπημένο μας δρόμο για το σπίτι, θα μπορεί να μας προτείνει εναλλακτικές και πιο σύντομες διαδρομές και θα μας ενημερώνει για το πόση ώρα θα μας πάρει όπως και θα πληροφορεί τον ή τη σύζυγό μας αν το επιθυμούμε.

Στο μέλλον λοιπόν οποιοδήποτε χρήσιμο αντικείμενο θα ενσωματώνει ένα σύνολο αισθητήρων για να μας ενημερώνει, (π.χ. αν η πίεση του δεξιού λάστιχου είναι χαμηλή, αν η γέφυρα η οποία βρίσκεται μπροστά μας είναι εκτός λειτουργίας, αν το γάλα στο ψυγείο έχει χαλάσει). Το 2020, δε θα υπάρχουν απρόβλεπτες ασθένειες. Μοσχεύματα αισθητήρων θα ελέγχουν όλα τα σημαντικά συστήματα στο ανθρώπινο σώμα και θα παρέχουν έγκαιρες προειδοποιήσεις για μια επικείμενη γρίπη ή θα σώζουν τη ζωή μας αναγνωρίζοντας τα πρώτα στάδια του καρκίνου. Έτσι, *μικροσκοπικοί αισθητήρες θα βρίσκονται παντού και θα αισθάνονται ουσιαστικά τα πάντα.*

Παίρνοντας ενέργεια από δωρεάν πηγές όπως:

- το φως του ήλιου,
- μικρές δονήσεις,
- θερμικές εναλλαγές
- παρασιτικές ραδιοσυχνότητες,

αυτοί οι αισθητήριοι κόκκοι θα είναι αθάνατες, αυτάρκης υπολογιστικές μηχανές με αισθήσεις και αντίληψη και με δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας.

Επομένως, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι μια ανερχόμενη τεχνολογία με στόχο την παρακολούθηση και τον έλεγχο του φυσικού κόσμου χρησιμοποιώντας μια διάταξη πυκνής κατανομής αισθητήριων κόμβων με δυνατότητες τοπικής επεξεργασίας της πληροφορίας και της ασύρματης επικοινωνίας. Είναι μια τεχνολογία η οποία θα μπορούσε να αποδειχθεί τόσο σημαντική όσο το διαδίκτυο, γιατί ακριβώς όπως το διαδίκτυο επιτρέπει στους υπολογιστές να ανακαλύψουν την ψηφιακή πληροφορία οπουδήποτε και αν είναι αποθηκευμένη, έτσι και τα δίκτυα αισθητήρων θα επεκτείνουν τη δυνατότητα των ανθρώπων να αλληλεπιδρούν με το φυσικό κόσμο.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Ιστοσελίδα : [www.smartprint.media](http://www.smartprint.media) (2010)



## Το Μέλλον Με Το Διαδίκτυο

- «Sensing everywhere», δηλαδή δυνατότητα τοποθέτησης αισθητήρων παντού.
- «Integrating Radio in Silicon Everywhere», δηλαδή σύνδεση παντού και πάντα.
- Χαμηλού κόστους ασύρματη σύνδεση.
- Χιλιάδες μικροσκοπικοί αισθητήρες με δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας, οι οποίοι θα ενσωματώνονται σε δρόμους, αγροκτήματα, νοσοκομεία, εργοστάσια, κτίρια γραφείων, ενδύματα, πισίνες, κρεβάτια μωρών, οχήματα, ακόμη και σε ιατρικούς επιδέσμους.
- Μια πανταχού παρούσα υπολογιστική ισχύς στην οποία οι ενδιαφερόμενοι σε όλο τον κόσμο θα μπορούν να έχουν πρόσβαση μέσω του διαδικτύου.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Ιστοσελίδα : [www.Artemis.Cslab.gr//](http://www.Artemis.Cslab.gr//) (2010)

## Σε κλοιό « Έξυπνων Αισθητήρων »

«Σε 50 χρόνια κάθε Βρετανός θα παρακολουθείται από 1.000.000 συσκευές. Μελλοντικά θα μπορούμε να καταγράψουμε ολόκληρη τη ζωή του ατόμου από την γέννηση μέχρι τον θάνατο, χάρη στην ύπαρξη ευρύτατου δικτύου έξυπνων αισθητήρων», υποστηρίζει ο Μάρτιν Σάντλερ, ειδικός επιστήμων ηλεκτρονικών υπολογιστών. Μέχρι το 2057, εξηγεί ο βρετανός κ. Σάντλερ θα υπάρχουν τουλάχιστον ένα εκατομμύριο συσκευές παρακολούθησης για κάθε κάτοικο της Βρετανίας.

Οι προβλεπόμενες εξελίξεις στην ικανότητα αποθήκευσης δεδομένων και τις απεικονιστικές δυνατότητες των μηχανών λήψης σε συνδυασμό με το διαρκώς μειούμενο κόστος τους, θα επιτρέψει την έκρηξη των παρακολουθήσεων.

Ήδη ζούμε σ' έναν κόσμο περικυκλωμένοι από αισθητήρες και μηχανές καταγραφής ήχου και εικόνας, εξηγεί ο καθηγητής κ. Σάντλερ. Ανάμεσα στις συχνότερα χρησιμοποιούμενες είναι:

- οι κάμερες κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης,
- οι διάφορες συσκευές παρακολούθησης άγριων ζώων,
- οι φωτογραφικές μηχανές των κινητών τηλεφώνων και
- οι συσκευές εντοπισμού θέσης μέσω δορυφόρου.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Ιστοσελίδα : Άρθρο από εφημερίδα «Καθημερινή» ( 3-07-2010 )

## 2.2.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο τεράστιος όγκος των προσωπικών δεδομένων, όπου θα είναι δυνατόν να συλλεγούν - και να χρησιμοποιηθούν κατά το δοκούν - θα γεννήσει πληθώρα ηθικών διλημμάτων.

Έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε το 2002 υπολόγισε ότι λειτουργούσαν στη Βρετανία 4,2 εκατομμύρια τέτοιες κάμερες κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης, μία δηλαδή ανά 14 κατοίκους.

Ο μέσος Ευρωπαίος εν κινήσει, αποτελεί αντικείμενό τους περίπου 300 φορές την ημέρα. Όμως ο αριθμός τους θα αυξηθεί κατακόρυφα. «Αν κανείς προσπαθήσει να οραματιστεί πώς θα είναι ο κόσμος σε 50 χρόνια από σήμερα, θα πρέπει να γνωρίζει ότι κάθε Ευρωπαίος θα έχει εστραμμένους πάνω του περί το ένα εκατομμύριο αισθητήρες. Και αυτός είναι ένας πολύ συντηρητικός υπολογισμός. Σύμφωνα με πιο ακραίους υπολογισμούς θα λειτουργούν 20 εκατομμύρια αισθητήρες ανά άτομο.

Ήδη ερευνητές σε Microsoft, Hewlett Packard και MIT έχουν οδηγήσει στην κατασκευή συσκευών οι οποίες μπορούν να καταγράφουν κάθε κίνηση. Τελικά αν κανείς συνυπολογίσει την πρόοδο στην τεχνογνωσία και την κατασκευαστική τεχνική είναι εύκολο να αντιληφθεί ότι τελικώς θα μπορεί να παρακολουθεί ο μέσος άνθρωπος ότι και όποτε θέλει. Πάρα πολλές από τις εφαρμογές θα είναι ακίνδυνες και δεν θα έχουν δόλιους σκοπούς. Μετά από 50 χρόνια

- οδικό δίκτυο
- ποτάμια
- ακτές
- αγροκτήματα
- επιχειρήσεις
- κατοικίες
- γειτονιές

ακόμα και το σώμα μας θα είναι γεμάτο με αισθητήρες.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ**

### **3.0.ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ-ΓΕΝΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ**

***1.1005.54.000 Αισθητήρας Θερμοκρασίας κ Υγρασίας Αέρα του οίκου***

**ADOLF THIES Γερμανίας**

Σειρά Hydro Thermo Transmitter Compact

Ο τύπος του αισθητήρα Υγρασίας είναι πυκνωτικός

Ο τύπος του αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα είναι PT 100, class B, 1/3 DIN tolerance

Ο αισθητήρας διαθέτει φίλτρο από τεφλόν για την προστασία των ευαίσθητων στοιχείων του από σκόνη και από ανέμους μέχρι και 10m/s σε απευθείας έκθεση στο περιβάλλον (χωρίς τον κλωβό προστασίας)

- Η έξοδος του αισθητήρα υγρασίας είναι 0-1 V
- Περιοχή μέτρησης της υγρασίας 0-100%
- Η ακρίβεια μέτρησης στην περιοχή 5 –95%, είναι 2%
- Η περιοχή μέτρησης της θερμοκρασίας είναι  $-30^{\circ}\text{C}$  έως  $+70^{\circ}\text{C}$
- Η ακρίβεια μέτρησης της θερμοκρασίας είναι  $0.1^{\circ}\text{C}$
- Ο βαθμός προστασίας των ηλεκτρονικών είναι IP 65
- Τάση λειτουργίας 12-30 V DC
- Η κατανάλωση ισχύος είναι περίπου 3mA

### **1.1025.55.000 Κλωβός Προστασίας (Radiation Shield) του οίκου ADOLF THIES Γερμανίας**

Ο κλωβός προστατεύει τα αισθητήρια από την απευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία

Είναι κατασκευασμένος από αλληπάλληλους πεταλώδης δίσκους από λευκό ανθεκτικό στην UV ακτινοβολία.

Λόγω του γεωμετρικού σχήματος των δίσκων και του υλικού κατασκευής τους, επιτυγχάνεται πολύ καλή ανάκληση της ηλιακής ακτινοβολίας, πολύ χαμηλή θερμική αγωγιμότητα και εξαιρετική αντοχή στις περιβαλλοντολογικές συνθήκες.

Ο κλωβός διαθέτει βραχίονα για την τοποθέτηση του σε ιστό

Η διάμετρος του κλωβού είναι 120mm και το ύψος του 140mm

Ο αισθητήρας τοποθετείται ακριβώς στο κέντρο του κλωβού.

**1405-PK-040 Αισθητήρας ταχύτητας κ διεύθυνσης ανέμου με υπερήχους,οίκου GILL Αγγλίας,σειρά WINDSONIC**

Πρόκειται για αισθητήρα, ο οποίος αντικαθιστά τα κλασικά κυπελλοφόρα, ή με προπέλα ανεμόμετρα, καθώς και τους κλασικούς ανεμοδείκτες

Ο αισθητήρας βασίζεται στην τεχνική των υπερήχων παρέχοντας :

- χαμηλό κόστος αγοράς και μεγάλη ακρίβεια
- Είναι κατάλληλος για χρήση σε οποιοδήποτε περιβάλλον
- Είναι μικρού βάρους,
- κατασκευασμένος από υλικά με εξαιρετική αντοχή στην διάβρωση
- Δεν έχει κανένα κινητό μέρος

- Δεν απαιτεί συντήρηση
- Δεν απαιτεί περιοδική βαθμονόμηση
- Είναι εξαιρετικά απλό στην εγκατάσταση του και
- Μπορεί να συνδεθεί είτε με data logger, είτε απευθείας σε PC, ή άλλες διατάξεις με RS-232 / 422/ 485 είσοδο
- Διαθέτει προγραμματιζόμενο ρυθμό εξόδου 1,2, ή 4 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο
- Παρέχει μετρήσεις ταχύτητας / διεύθυνσης ανέμου, ή UV

Μετρά στις παρακάτω μονάδες:

- Μέτρα ανά δευτερόλεπτο
- Κόμβους
- Μίλια ανά ώρα
- Χιλιόμετρα ανά ώρα
- Πόδια ανά λεπτό
- Περιοχή μέτρησης της ταχύτητας 0 – 60m/sec, με ακρίβεια 2% και ανάλυση 0.01 m/sec
- Περιοχή μέτρησης της διεύθυνσης 0 –360<sup>0</sup>, ΧΩΡΙΣ ΝΕΚΡΗ ΖΩΝΗ, με ακρίβεια 3<sup>0</sup> και ανάλυση 1<sup>0</sup>

- Τάση λειτουργίας 9 – 30 V DC
- Κατανάλωση 14.5mA
- Κατώφλι (μικρότερη ανιχνεύσιμη ταχύτητα), 0.01m/sec

Διατίθεται με τρεις διαφορετικές διαμορφώσεις εξόδων :

- Μόνο με RS-232
- Με RS-232 και RS-422 και RS-485
- Με RS-232 και RS-422 και RS-485 και αναλογική 0-5V, ή 4-20mA
- Βαθμός προστασίας IP65
- Θερμοκρασία λειτουργίας –35<sup>0</sup>C έως +70<sup>0</sup>C
- Διαστάσεις 142 X 160mm
- Βάρος 0.5 κιλά

**4.3150.00.110 Αισθητήρας διεύθυνσης ανέμου First Class του οίκου  
ADOLF THIES Γερμανίας**

Ανιχνεύει και μετρά την οριζόντια διεύθυνση του ανέμου

- Εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια
- Χαμηλή ταχύτητα εκκίνησης
- Διαθέτει μαγνητική ζεύξη μεταξύ άξονα – πτερυγίου και



ποτενσιόμετρου, εκμηδενίζοντας έτσι υστέρηση και φθορές

- Εύκολη αλλαγή ρουλεμάν
- Κατασκευασμένο από ελαφρύ αλουμίνιο
- Περιοχή μέτρησης 0-360<sup>0</sup> χωρίς νεκρή ζώνη στον βορά
- Ακρίβεια μέτρησης 0.25%, δηλαδή καλύτερη από 1<sup>0</sup>
- Μέγιστη ταχύτητα επιβίωσης, 85m/s
- Θερμοκρασία λειτουργίας -50<sup>0</sup>C έως +80<sup>0</sup>C
- Έξοδος ποτενσιομέτρου 0 -10 ΚΩ
- Γραμμικότητα 0.25%
- Ταχύτητα εκκίνησης 0.5m/s με 10<sup>0</sup> πλάτος
- Σταθερά απόστασης < 1m σύμφωνα με το ASTM D 53666-96
- Damping ratio D>0.25 σύμφωνα με το ASTM D 53666-96
- Διαθέτει σύστημα θέρμανσης το οποίο διατηρεί την θερμοκρασία του λαιμού πάνω από 0<sup>0</sup>C, με ταχύτητα ανέμου 20<sup>0</sup>C και θερμοκρασία -10<sup>0</sup>C
- Τάση τροφοδοσίας συστήματος θέρμανσης 24 V DC ή AC
- Ισχύς συστήματος θέρμανσης 25 W
- Βάρος 0.7 κιλά
- Συνολικό μήκος ανεμουρίου 59cm
- Συνολικό ύψος 46cm (μαζί με το ύψος του ανεμουρίου)

#### **4.3515.30.000 Αισθητήρας ταχύτητας ανέμου του οίκου THIES CLIMA**

##### **Γερμανίας μοντέλο wind transmitter**

Ο αισθητήρας είναι κατασκευασμένος από πλαστικά εξαιρετικής

Υψηλής πιστότητας αισθητήρας για μόνιμη εγκατάσταση στο πεδίο.

- Μέγιστη ταχύτητα 60m/s
- Περιοχή μέτρησης 0.5 – 40m/s (=1,8 - 144 Km/h)
- Χαμηλότερη ταχύτητα μέτρησης (ταχύτητα εκκίνησης) 0.5m/s
- Η έξοδος του αισθητήρα είναι παλμοί μέσω reed switch με αντοχή 5 X 10<sup>8</sup> περιστροφές
- Αποτελείται από το ηλεκτρονικό μέρος και τρία κύπελλα συνδεδεμένα κάθετα στον άξονα περιστροφής και σε γωνία 120<sup>0</sup> μεταξύ τους
- Η τάση διέγερσης παρέχεται από το καταγραφικό
- Διαθέτει καλώδιο LiYY 2 X 0.5mm<sup>2</sup> μήκους 8 μέτρων με ηλεκτρομαγνητική θωράκιση .
- Βάρος 300 γραμμάρια

#### **4.3519.00.167 Αισθητήρας ταχύτητας ανέμου του οίκου THIES CLIMA**

##### **Γερμανίας**

##### Αισθητήρας μέτρησης της οριζόντιας ταχύτητας του ανέμου

Ο αισθητήρας είναι τύπου τριών ημισφαιρικών κυπέλλων

Η μέτρηση περιστροφών των κυπέλλων γίνεται με οπτοηλεκτρονικό μηχανισμό

- Η έξοδος του αισθητήρα είναι 0-2 V DC γραμμική
- Η περιοχή μέτρησης είναι 0 – 50m/sec
- Η ανάλυση μέτρησης είναι 0.1m/sec
- Η ακρίβεια μέτρησης είναι 3%
- Το κατώφλι εκκίνησης είναι 0.5m/sec
- Η τάση λειτουργίας είναι 9 – 30 V DC
- Η θερμοκρασία λειτουργίας είναι –30<sup>0</sup>C έως +70<sup>0</sup>C

#### **5.4000.00.000 Βροχόμετρο του Οίκου THIES CLIMA Γερμανίας**

- Κύλινδρος μέτρησης: 200 cm<sup>3</sup>, 10 mm
- Διαβάθμιση: 0,1 mm
- Περιοχή συλλογής: 200 cm<sup>2</sup>
- Δοχείο συλλογής: 1,4 λίτρα
- Σύμφωνα με το DIN 58666 C
- Από ανοξείδωτο ατσάλι
- Διαστάσεις: Ø 190 x 450 mm
- Βάρος: 3,2 κιλά

#### **5.4037.00.40 Transmitter βροχόμετρου του οίκου THIES CLIMA**

##### **Γερμανίας**

- Οι παλμοί από τον αισθητήρα βροχόπτωσης αθροίζονται στην μνήμη του transmitter και μετατρέπονται σε ρεύμα
- Το ρεύμα παραμένει σταθερό και ανάλογο των παλμών
- Όταν η μέτρηση ξεπεράσει την κλίμακα τότε το ρεύμα μηδενίζει

αυτόματα.

- Η διαδικασία μηδενισμού μπορεί αν γίνει αυτόματα με εξωτερικό σκανδαλισμό.

- Η έξοδο είναι στην περιοχή 0 – 20mA
- Η περιοχή μέτρησης (έως τον αυτόματο μηδενισμό) είναι

10mm

- Τάση λειτουργίας 220 V / 50 Hz
- Θερμοκρασία λειτουργίας 0-40°C

#### **51004 Πλαστικό βροχόμετρο του Οίκου TURONI Ιταλίας**

- Εσωτερική διάμετρος ανοίγματος: 7,5 cm
- Χωρητικότητα: 40 mm/m<sup>2</sup>
- Ύψος: 20 cm
- Σταθερό χερούλι

**ARG 100 RGB1 Αισθητήρας Βροχόπτωσης και βάση οριζοντίωσης,  
οίκου ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS Αγγλίας**

Ο αισθητήρας είναι κατασκευασμένος από λευκό UV protected πλαστικό  
Η διαμόρφωση του έχει αεροδυναμικό σχήμα ώστε να μην επηρεάζεται η  
μέτρηση από ρεύματα αέρα

- Κατάλληλος για μόνιμη εγκατάσταση στο πεδίο και στις συνθήκες της Ελληνικής υπαίθρου.
- Τεχνική μέτρησης, ανατρεπόμενα σκαφίδια (tipping bucket)
- Ευαισθησία / ακρίβεια / ανάλυση 0.2mm βροχής ανά tipping
- Κατάλληλος για σύνδεση σε οποιαδήποτε data logger με δυνατότητα μέτρησης παλμών
- Διαθέτει εσωτερικά στην βάση του αλφάδι σταγόνας για την οριζοντίωση του
- Μετρά το ύψος βροχής με ακρίβεια  $\pm 2\%$  για οποιαδήποτε ποσότητα βροχής (ο αισθητήρας είναι self emptying, οπότε δεν έχει περιορισμό για το ύψος βροχής που μπορεί να μετρήσει) και για ένταση βροχής έως 24mm/h
- Η διακριτική ικανότητα του αισθητήρα είναι 0,2 mm / tip
- Το δοχείο συλλογής έχει εμβαδόν επιφανείας 500 cm<sup>2</sup> σύμφωνα με τους κανονισμούς του W.M.O.

Ο προτεινόμενος αισθητήρας είναι παγκοσμίως γνωστός και αποτελεί βασικό αισθητήρα αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών υψηλής ακρίβειας

***BF3 Όργανο μέτρησης διάχυτης και ολικής ακτινοβολίας καθώς και της διάρκειας ηλιοφάνειας***

- Το όργανο είναι του Οίκου Delta-T Αγγλίας
- Μετρά την ολική και διάχυτη ακτινοβολία
- Μετρά την διάρκεια ηλιοφάνειας
- Δεν απαιτεί κανενός είδους περιοδική ρύθμιση
- Μπορεί να λειτουργήσει σε οποιοδήποτε υψόμετρο
- Δεν έχει και δεν απαιτεί κανενός είδους κινητό μέρος (δακτύλιο σκίασης, κτλ)
- Η μέτρηση της ολικής και διάχυτης ακτινοβολίας μπορεί να προγραμματιστεί είτε για ενέργεια ( $W/m^2$ ) είτε για PAR ( $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ), είτε για ένταση φωτός (LUX)
- Ο αισθητήρας διαθέτει ενσωματωμένο μικροεπεξεργαστή
- Διαθέτει αναλογικές εξόδους για την ολική, και διάχυτη ακτινοβολία, καθώς και έξοδο για την διάρκεια ηλιοφάνειας, ώστε να μπορεί να συνδεθεί σε οποιοδήποτε data logger
- Είναι κατασκευασμένος για μόνιμη εγκατάσταση στο πεδίο

- Διαθέτει πόρτα RS-232 για επικοινωνία με υπολογιστή
  - Συνοδεύεται από λογισμικό για τον έλεγχο του αισθητήρα και τον προγραμματισμό του είδους μέτρησης ( $W/m^2$ ,  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ , LUX)
  - Περιοχή μέτρησης της ολικής PAR, 0 -2500  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ , με ακρίβεια 12% επί της ένδειξης
  - Περιοχή μέτρησης της διάχυτης PAR, 0 -2500  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ , με ακρίβεια 15% επί της ένδειξης
- 
- Περιοχή μέτρησης της ολικής ακτινοβολίας (total radiation) , 0 -1250  $W/m^2$  , με ακρίβεια 12% επί της ένδειξης
  - Περιοχή μέτρησης της διάχυτης ακτινοβολίας (total radiation) , 0 - 1250  $W/m^2$  , με ακρίβεια 15% επί της ένδειξης
  - Περιοχή μέτρησης της ολικής ένστασης φωτός, 0-200 KLUX, με ακρίβεια 12% επί της ένδειξης
  - Περιοχή μέτρησης της διάχυτης ένστασης φωτός, 0-200 KLUX, με ακρίβεια 15% επί της ένδειξης
  - Όλοι οι έξοδοι είναι γραμμικοί και στην περιοχή 0 – 2500 mV, εκτός της εξόδου των lux που είναι 0-2000mV
  - Η διακριτική ικανότητα μέτρησης της διάρκειας ηλιοφάνειας είναι ίση με τον ρυθμό καταγραφής του data logger (η συνηθέστερη διακριτική ικανότητα είναι 1min)
  - Ακρίβεια μέτρησης της διάρκειας ηλιοφάνειας 10% σύμφωνα με τους ορισμούς της WMO

- Ακρίβεια διόρθωσης συνημίτονου 10% της εισερχόμενης ακτινοβολίας στη περιοχή 0-90<sup>0</sup> της γωνίας ζενίθ
- Ακρίβεια αζιμουθίου 5% σε όλη την περιοχή των 360<sup>0</sup>
- Θερμοκρασιακός συντελεστής 0.15% / °C
- Θερμοκρασία λειτουργίας -20<sup>0</sup>C έως +70<sup>0</sup>C
- Απαιτούμενος έλεγχος βαθμονόμησης κάθε 2 χρόνια
- Χρόνος απόκρισης 200ms
- Διαθέτει μόνωση IP65
- Σε κατάσταση λειτουργίας η κατανάλωση του αισθητήρα είναι 6.5mA και σε κατάσταση αναμονής λιγότερο από 30μΑ
- Τάση τροφοδοσίας 5 – 15 V DC (ή με εσωτερικές μπαταρίες)
- Διαστάσεις 120 X 122 X 95mm
- Βάρος 556gr

***RHT2nl Αισθητήρας Σχετικής Υγρασίας και θερμοκρασίας αέρα του Οίκου Delta-T Αγγλίας***

- Η κλίμακα μέτρησης της θερμοκρασίας αέρα είναι -50<sup>0</sup>C έως +150<sup>0</sup>C με ακρίβεια 0.1<sup>0</sup>C
- Η κλίμακα μέτρησης της Σχετικής Υγρασίας αέρα είναι από 0 έως 100% με ακρίβεια μέτρησης 2% στην περιοχή από 5 έως 95%.



- Οι αισθητήρες θα τοποθετηθούν σε ύψος 2 μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους

Οι παραπάνω αισθητήρες βρίσκονται εντός ειδικού κλωβίσκου προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία και την βροχή, αποτελούμενο από επάλληλους θερμοπλαστικούς δίσκους οι οποίοι επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα.

Ο αισθητήρας έχει αναλογική έξοδο για σύνδεση με τον καταχωρητή δεδομένων. Συγκεκριμένα η έξοδος του αισθητήρα Σχετικής Υγρασίας είναι 0 – 1000mV απολύτως γραμμική. Η έξοδος του αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα είναι μεταβολή αντίστασης μη γραμμική (πολυώνυμο δευτέρου βαθμού)

- Θερμοκρασία λειτουργίας –50 έως 150<sup>0</sup>C
- Περιοχή σχετικής υγρασίας 0 – 100%

***WINDOBSERVER II, Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου, του οίκου GILL Αγγλίας***

Ο αισθητήρας αποτελεί την πλέον δόκιμη λύση για την μέτρηση της ταχύτητας και της διεύθυνσης ανέμου, όπου απαιτείται υψηλής ακρίβεια, χαμηλό κόστος και μηδενική συντήρηση

Ο συνδυασμός της κατασκευής του αισθητήρα από ανοξείδωτο χάλυβα και της λειτουργίας του χωρίς κινούμενα μέρη, εξασφαλίζουν την συνεχή λειτουργία του, χωρίς την ανάγκη επαναβαθμονόμησης

Η θερμαινόμενη κεφαλή του αισθητήρα, εξασφαλίζει την συνεχή του λειτουργία με οποιασδήποτε καιρικές συνθήκες (πάγος, χιόνι, κτλ)

Ο αισθητήρας είναι εξαιρετικά ευέλικτος με δυνατότητα διαμόρφωσης της εξόδου του σε οποία μορφή απαιτεί η εκάστοτε εφαρμογή

Συνοδεύεται από το λογισμικό WindCom, μέσω του οποίου ο αισθητήρας μπορεί να λειτουργήσει σε ποικίλα modes, όπως μέτρηση U και V, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, κτλ

Η standard επικοινωνία του αισθητήρα είναι με το πρωτόκολλο RS-422 bi-directional, γεγονός το οποίο επιτρέπει πολλούς αισθητήρες να συνδεθούν σε δίκτυο και η συλλογή των μετρήσεων να γίνεται με αξιοπιστία

Ο αισθητήρας έχει ελεγχθεί διεθνώς με βάση τα αυστηρότερα standards και καλύπτει τα αυστηρότερα κριτήρια για λειτουργία σε αεροδρόμια, λιμάνια, διυλιστήρια, μετεωρολογικές υπηρεσίες, κτλ

- Διαστάσεις 405mm X 210mm
- Βάρος 1.5kg
- Έξοδος, επιλεγόμενη 1Hz, 4Hz, 10Hz
- Μετρούμενες παράμετροι, UV, Polar, NMEA, Tunnel
- Μονάδες μέτρησης επιλεγόμενες σε, m/s, Knots, MPH, KPH, ft/min
- Ευελιξία στην μέτρηση του μέσου όρου με διάστημα καθοριζόμενο από τον χρήστη στην περιοχή 1 – 3600sec
- Περιοχή μέτρησης της ταχύτητας 0 – 65m/sec
- Κατώφλι εκκίνησης 0.01m/s
- Ακρίβεια μέτρησης 2%
- Ανάλυση μέτρησης 0.01m/s

- Offset +/-0.01m/s
- Περιοχή μέτρησης της διεύθυνσης ανέμου 0 - 359<sup>0</sup>
- Δεν υπάρχει νεκρή ζώνη στον βορά
- Ακρίβεια μέτρησης 2<sup>0</sup>
- Ανάλυση μέτρησης 1<sup>0</sup>
- Θερμοκρασία λειτουργίας -40<sup>0</sup>C έως +70<sup>0</sup>C
- Επικοινωνία RS422 full duplex
- Ρυθμιζόμενη ταχύτητα επικοινωνίας 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400 bps
- Προαιρετικά μπορεί να δεχθεί module με αναλογικές εξόδους. Το module παρέχει τρεις αναλογικές εξόδους, μια για την ταχύτητα ανέμου, μια για την διεύθυνση ανέμου και μία για την κατάσταση θερμοκρασίας των υπερήχων (2.5 V, ή 0 – 5V, ή 4-20mA)
- Βαθμός προστασίας IP68
- Ασφαλής λειτουργία με ρυθμό βροχόπτωσης έως 300mm/h
- EMC σύμφωνα με το EN 61000-6-2:200, EN 61000-6-3:200
- Προστασία από πάγο σύμφωνα με MILSTD810E Method 521/1 procedure
- Standards, traceable to NAMAS standards
- Τάση τροφοδοσίας 9-30 V DC (40mA @ 12 V DC)
- Τροφοδοσία συστήματος θέρμανσης 3A @ 24 V AC ή DC

## **AN1 Αισθητήρας ταχύτητας ανέμου του οίκου DELTA-T Αγγλίας**

Το προτεινόμενο ανεμόμετρο είναι ένα αξιόπιστο και ανθεκτικό αισθητήριο. Ο αισθητήρας διαθέτει τρία ημισφαιρικά κύπελλα τα οποία είναι κατασκευασμένα από ABS πλαστικό, έτσι ώστε να έχουν εξαιρετική αντοχή και μεγάλη ευαισθησία.

- Περιοχή μετρήσεων 0 - 75 m/sec
- Ακρίβεια μετρήσεων 1% (+/-0.1m/sec)
- Κατώφλι λειτουργίας 0.25 m/sec
- Σταθερά απόστασης 2.5 m
- Η έξοδος του αισθητήρα είναι παλμοί (συνδέεται σε ψηφιακή είσοδο Data Logger)
- Ο αισθητήρας δεν απαιτεί εξωτερική τροφοδοσία.
- Θερμοκρασιακή περιοχή λειτουργίας -30<sup>0</sup> έως +70<sup>0</sup>C

Τα εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες μέρη του είναι κατασκευασμένα από μη οξειδωμένα υλικά. Συγκεκριμένα, το σώμα του αισθητήρα είναι κατασκευασμένο από αναδιωμένο αλουμίνιο, η βάση, ο άξονας και ακτίνες των κυπέλλων είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα και τα ημισφαιρικά κύπελλα είναι κατασκευασμένα από ABS πλαστικό.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> <http://www.scientact.com>

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως όλες οι καινοτόμες τεχνολογίες, έτσι και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μαζί με τις νέες ευκαιρίες τις οποίες φέρνουν, μπορούν να δημιουργήσουν και κάποιες “άχαρες καταστάσεις” στην κοινωνία. Ο έλεγχος μέσω ενός εκτεταμένου δικτύου αισθητήριων καμερών μπορεί πχ. να παράσχει μεγαλύτερη ασφάλεια, αλλά με κόστος την παρέμβαση στην προσωπική μας ζωή. Υπάρχει η δυνατότητα χρήσης τέτοιων δικτύων ως μέσων ελέγχου για αντικοινωνικές – τρομοκρατικές - πράξεις, αλλά και ως μέσων παρακολούθησης για το πού βρισκόμαστε και τι κάνουμε ανά πάσα στιγμή.

Μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι τα δίκτυα αισθητήρων θα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε και χρησιμοποιούμε τους δημόσιους χώρους καθώς και στην μορφή την οποία θέλουμε να δώσουμε στα περιβάλλοντα της καθημερινής μας ζωής. Αυτά τα ζητήματα θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με διάλογο και δημόσιο προβληματισμό, αλλά και μέσα από την εκπαίδευση των φοιτητών τόσο σε σχετικά τεχνικά θέματα, όσο και σε θέματα τα οποία άπτονται των κοινωνικών επιστημών, της δημόσιας πολιτικής, ακόμα και της φιλοσοφίας της επιστήμης.

Γνωρίζουμε, ότι η τεχνολογία σήμερα προοδεύει ραγδαία και οι εξελίξεις τρέχουν ξεπερνώντας κάθε προσδοκία, προχωρώντας στην δημιουργία και την κατασκευή των λεγομένων «μικροαισθητήρων» και «έξυπνων αισθητήρων»,

όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, και τα τεράστια οφέλη τα οποία προκύπτουν από αυτές τις διατάξεις.

Οι περίπλοκες συσκευές οι οποίες υπάρχουν σήμερα σε χώρους εργασίας, στα σπίτια καθώς και σε άλλους τομείς περιλαμβάνουν τεχνολογίες οι οποίες μόλις πριν από κάμποσα χρόνια αποτελούσαν την πραγματικότητα στις εργαστηριακές εφευρέσεις. Το κύριο αίτιο φυσικά για την ύπαρξη, την ραγδαία ανάπτυξη και διαθεσιμότητα αυτού του εξοπλισμού είναι η εξέλιξη της μικροηλεκτρονικής, των υπολογιστών και μικροεπεξεργαστών σε συνδυασμό πάντα με τα σημερινά υψηλής τεχνολογίας συστήματα μέτρησης. Εντούτοις, πρέπει φυσικά να σημειωθεί, ότι η λειτουργία τέτοιων συστημάτων θα ήταν πολύ φτωχή εάν τα προγράμματα του υπολογιστή τα οποία λαμβάνουν αποφάσεις δεν τροφοδοτούνταν από κατάλληλη, σύγχρονη και υψηλού επιπέδου πληροφορία.

Η γρήγορη ανάπτυξη, τα μικροσυστήματα και η μικροηλεκτρονική σε ένα σύνολο προάγουν περαιτέρω ανάπτυξη των διαφορετικών ψηφιακών και σχεδόν ψηφιακών έξυπνων αισθητήρων και μετατροπών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Gardner, J.W 2000 *Μικροαισθητήρες – Αρχές και Εφαρμογές*.  
Θεσσαλονίκη :
- Randy F. *Understanding smart sensors*
- Randy F. *Understanding smart sensors*
- Εκδόσεις Τζιόλα
- Ιστοσελίδα : [www.Artemis.Cslab.gr//](http://www.Artemis.Cslab.gr//) (2010)
- Ιστοσελίδα : [www.smartprint.media](http://www.smartprint.media) (2010)
- Ιστοσελίδα : Άρθρο από εφημερίδα «Καθημερινή» (προσπελάθηκε στις 3-07-2010)
- Φλόκα Αθ., Αποστόλου. Μαθήματα Μετεωρολογίας και κλιματολογίας , Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1992
- <http://www.scientact.com>