

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

## ΕΞΥΠΝΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ «SMART SENSORS»

Πτυχιακή Εργασία



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΒΕΡΥΚΟΚΙΑΔΗΣ ΜΑΝΩΛΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : ΚΟΡΝΗΛΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010

---

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b><u>Εισαγωγή</u></b> .....	4
<b><u>Ιστορική Αναδρομή Αισθητήρων</u></b> .....	6
<b><u>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : «Αισθητήρες» (σελ : 8)</u></b>	
- 1.1 : Μετρήσεις, αισθητήρες και συστήματα μέτρησης.....	9
- 1.2 : Η δομή ενός συστήματος μέτρησης.....	12
- 1.3 : Στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων.....	16
- 1.4 : Δυναμικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων.....	24
- 1.5 : Πεδία εφαρμογών αισθητήρων.....	26
<b><u>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : « Οι Κατηγορίες των Αισθητήρων» (σελ : 27)</u></b>	
- 2.1 : Οι κατηγορίες των Αισθητήρων.....	28
- 2.2 : Επαγωγικοί – Χωρητικοί – Μαγνητικοί Αισθητήρες.....	29
- 2.3 : Αισθητήρες Laser.....	30
- 2.4 : Αισθητήρες Πιέσεως.....	31
- 2.5 : Αισθητήρες Θερμοκρασίας.....	35
- 2.6 : Αισθητήρες Στάθμης.....	37
- 2.7 : Αισθητήρες Υγρασίας.....	39
- 2.8 : Αισθητήρες Ταχύτητας.....	40
- 2.9 : Αισθητήρες Ανίχνευσης Αερίων.....	40
<b><u>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : «Έξυπνοι Αισθητήρες» (σελ : 42)</u></b>	
- 3.1 : Ορισμοί έξυπνου αισθητήρα.....	43
- 3.2 : Χαρακτηριστικά λειτουργίας των έξυπνων αισθητήρων.....	47
- 3.3 : Παραδείγματα σχεδιασμού έξυπνων αισθητήρων.....	51
- 3.4 : Επικοινωνία για έξυπνους αισθητήρες και πρότυπα τους.....	54
- 3.5: Ασύρματοι αισθητήρες και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.....	65
- 3.6 : Βιομηχανικά δίκτυα.....	73
- 3.7 : Νευρωνικά δίκτυα.....	79
- 3.8 : Οι επιπτώσεις των έξυπνων αισθητήρων & των προτύπων-Κόστος.....	81
- 3.9 : Τα σημερινά δεδομένα των έξυπνων αισθητήρων – Καινοτομίες.....	82

- 3.10: Συμπεράσματα.....	86
<b><u>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup></u> : «Εφαρμογές Έξυπνων Αισθητήρων» (σελ : 88)</b>	
- 4.1 : Εισαγωγή στους τομείς εφαρμογών των έξυπνων αισθητήρων.....	89
- 4.2 : Το Έξυπνο Σπίτι (Smart Home). Ο Αυτοματισμός στη ζωή μας.....	90
- 4.3 : Εφαρμογές Αυτοοργανωμένων δικτύων.....	94
- 4.4 : Περιβαλλοντική εφαρμογή έξυπνου αισθητήρα.....	99
- 4.5 : Γενικές εφαρμογές συστήματος έξυπνου αισθητήρα.....	102
- 4.6 : Βιομηχανικές εφαρμογές έξυπνου αισθητήρα.....	105
<b><u>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup></u> : Επίλογος - Συμπεράσματα.....</b>	108
<b><u>Σχετική Βιβλιογραφία.....</u></b>	109
<b><u>Παράρτημα 1 .....</u></b>	112

---

## Εισαγωγή

---

**Αισθητήρας (sensor)** είναι μία διάταξη που χρησιμοποιείται για την μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους. Μετατρέπει το φυσικό μέγεθος που μετριέται (μετρούμενο μέγεθος) σε ηλεκτρικό σήμα. Διευκρινίζεται ότι η γενική έκφραση «ηλεκτρικό σήμα εξόδου» ενός αισθητήρα είναι, είτε η τάση (αν ο αισθητήρας μετατρέπει το μετρούμενο μέγεθος σε τάση), είτε το ρεύμα (αν ο αισθητήρας μετατρέπει το μετρούμενο μέγεθος σε ρεύμα). Μερικά παραδείγματα φυσικών μεγεθών που συνήθως μετρώνται με αισθητήρες είναι η θερμοκρασία, η θέση και η μετατόπιση ενός αντικειμένου, η στάθμη υγρών, η ταχύτητα και η επιτάχυνση ενός κινούμενου αντικειμένου, η δύναμη, η ροή ρευστού, η τάση, το ρεύμα, η υγρασία, η ακτινοβολία και άλλα. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφοριών (δεδομένων) από ένα σύστημα, καθώς και για τον έλεγχο των συστημάτων.

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία μελετώνται οι «έξυπνοι αισθητήρες», η χρήση των οποίων είναι εκτεταμένη στη σημερινή εποχή.

Η ανάπτυξη και η σύγχρονη πορεία των αισθητήρων και των ηλεκτρονικών συστημάτων μέτρησης, αναφέρονται στην ιστορική αναδρομή. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται αναλυτικά στον ορισμό της «μέτρησης», στα συστήματα μέτρησης, στον ορισμό του «αισθητήρα» και στα γενικά χαρακτηριστικά αισθητήρων. Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει αρκετές κατηγορίες αισθητήρων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε πολλές βιομηχανικές και επιστημονικές εφαρμογές.

Ακολουθεί το τρίτο κεφάλαιο, το οποίο περιγράφει την ορολογία που χρησιμοποιείται στο πεδίο των «έξυπνων αισθητήρων». Ορίζει λεπτομερώς *τι εννοείται* λέγοντας «έξυπνος αισθητήρας», τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του, παραδείγματα σχεδιασμού έξυπνων αισθητήρων, τον ορισμό της επικοινωνίας του έξυπνου αισθητήρα με άλλες συσκευές και τα πρότυπα επικοινωνίας. Αναφέρονται εξίσου τα ασύρματα, βιομηχανικά και νευρωνικά δίκτυα των έξυπνων αισθητήρων, σε συνδυασμό με τα πρότυπά τους.

Οι επιπτώσεις των έξυπνων αισθητήρων και των προτύπων τους, καθώς και το κόστος αναφέρονται στο ίδιο κεφάλαιο ενώ ακολουθούν οι καινοτομίες και οι προκλήσεις της μελλοντικής εξέλιξης τους.

Στη συνέχεια ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο, στο οποίο περιγράφονται οι εφαρμογές των έξυπνων αισθητήρων σε διάφορους τομείς (λεπτομερειακά), χρησιμοποιώντας παραδείγματα και εικόνες. Για αυτό το λόγο ακολουθεί βοήθημα(παράρτημα 1) όπου παρουσιάζονται εφαρμογές των αισθητήρων στον τομέα της ιατρικής.

Τέλος, ακολουθεί ο επίλογος της εργασίας και ένας πλήρης κατάλογος αναφορών (βιβλιογραφία).

---

## Ιστορική Αναδρομή

---

Η σημασία των αισθητήρων για τον άνθρωπο είναι μεγάλη. Οι πρώτοι αισθητήρες εμφανίστηκαν μαζί με τα έμβια όντα και αποτέλεσαν αναπόσπαστο τμήμα τους.

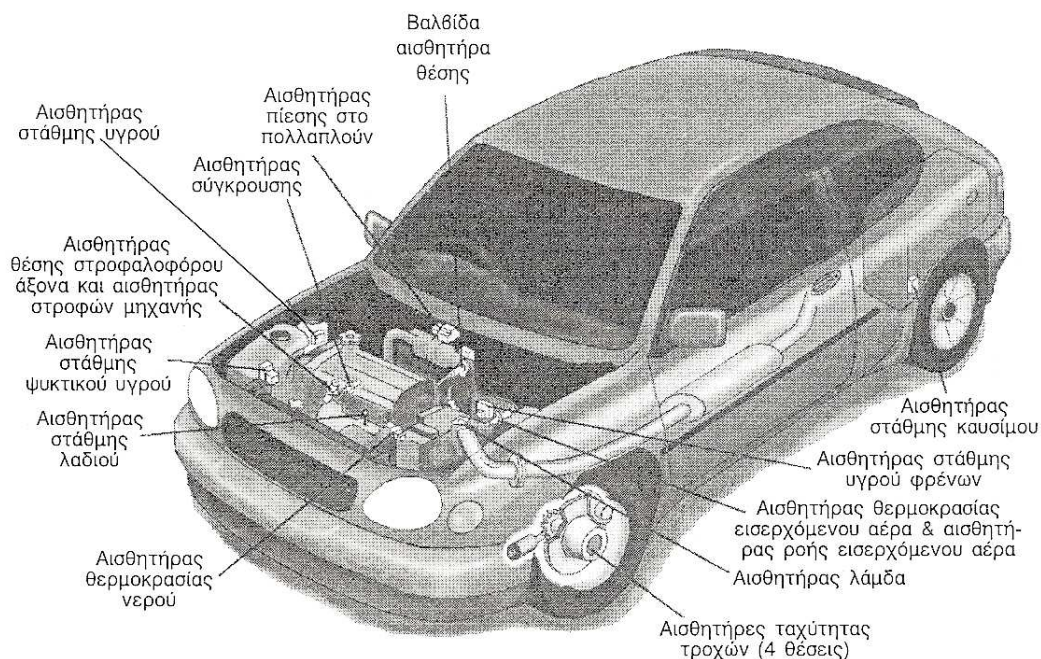
Το μάτι και το αυτί είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα: το πρώτο ανιχνεύει τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και το δεύτερο τον ήχο, δηλαδή ένα κύμα πίεσης.

Με το πέρασμα των χρόνων ο άνθρωπος συνειδητοποιεί ότι χρειάζεται όργανα μέτρησης για να αντιμετωπίσει καθημερινά πρακτικά προβλήματα, όπως τη μέτρηση του μήκους, του βάρους ή του όγκου. Για το λόγο αυτό άρχισε να χρησιμοποιεί συστήματα μέτρησης. Ενδεικτικά αναφέρουμε, ότι το πρώτο θερμόμετρο εμφανίζεται το 1585, ενώ το πρώτο βαρόμετρο το 1643 [14]. Η αρχή λειτουργίας του πρώτου θερμομέτρου βασιζόταν στη μεταβολή των διαστάσεων των σωμάτων με την θερμοκρασία, ενώ του βαρομέτρου στην μεταβολή της στάθμης ενός ρευστού ανάλογα με την ασκούμενη σε αυτό πίεση.

Οι πρώτοι αισθητήρες και τα όργανα μέτρησης ήταν μηχανικά. Η συστηματική μελέτη του ηλεκτρισμού οδήγησε στην ανάπτυξη νέων αισθητήρων ηλεκτρικών, των οποίων η έξοδος ήταν ένα αναλογικό σήμα. Η ανάπτυξη των ημιαγωγών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αισθητήρων ημιαγωγών αλλά και ψηφιακών οργάνων μέτρησης. Για να συνειδητοποιήσει κάποιος λοιπόν τη ραγδαία εξέλιξη στον τομέα των αισθητήρων αρκεί να θυμηθεί, ότι τα αυτοκίνητα παραγωγής της δεκαετίας του '60 και του '70 περιλάμβαναν δύο μόνο απλούς ηλεκτρικούς αισθητήρες: έναν για την μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού και έναν δεύτερο για την μέτρηση της στάθμης του καυσίμου[14]. Αντίθετα, τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν πολλαπλάσιους αισθητήρες (αρκετοί από τους οποίους φαίνονται στο παρακάτω σχήμα) που χρησιμοποιούνται:

- ✚ Για τη μέτρηση της πίεσης των ελαστικών
- ✚ Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής,
- ✚ Για την ανίχνευση βροχής,
- ✚ Για τη μέτρηση της φωτεινότητας του περιβάλλοντος,
- ✚ Για την ανάγκη ενεργοποίησης των ζωνών ασφαλείας και των αερόσακων,
- ✚ Για την ανάγκη ενεργοποίησης του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών και για πληθώρα άλλων αναγκών για τις οποίες δεν μπορούμε να επεκταθούμε εδώ.

Σημαντική ώθηση στην εξέλιξη των αισθητήρων ήταν η ανάγκη αντιμετώπισης των προβλημάτων της σύγχρονης έρευνας στις θετικές επιστήμες, καθώς και της εξέλιξης της τεχνολογίας. Οι μελλοντικοί εξελιγμένοι αισθητήρες αναμένονται να προκύψουν από την έρευνα στη νανοτεχνολογία και στη βιοτεχνολογία.[14]



**Σχήμα 1 : Μερικοί από τους αισθητήρες που υπάρχουν σε ένα αυτοκίνητο**

## Κεφάλαιο Πρώτο

### «Αισθητήρες»





## ➤ **1.1 Μετρήσεις, αισθητήρες και συστήματα μέτρησης**

*Μέτρηση* (measurement) είναι ο προσδιορισμός ενός μεγέθους ή ποσού με βάση ένα μέγεθος αναφοράς του ίδιου τύπου, που χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης (measurement unit, πχ. το μέτρο, το κιλό κλπ.). Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα συστήματα μέτρησης (measurement systems).

Οι μετρήσεις των φυσικών και των χημικών φαινομένων αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα πολλών ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ο άνθρωπος από πολύ παλιά χρησιμοποίησε τη μέτρηση για να μπορέσει να εκφράσει ποσότητες (πχ. του λαδιού, της απόστασης κλπ.), ώστε να μπορέσει να επικοινωνήσει με τους άλλους ανθρώπους και να διεξάγει πλήθος δραστηριοτήτων (πχ. πωλήσεις και αγορές προϊόντων κλπ).

Σύμφωνα με το Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας, το 6 - 7% του Ακαθάριστου Εθνικού Προϊόντος (ΑΕΠ) των ανεπτυγμένων χωρών δαπανάται για την πραγματοποίηση μετρήσεων, που σχετίζονται με διάφορες οικονομικές, τεχνικές και εμπορικές δραστηριότητες (πχ. έλεγχοι ποσοτήτων κατά τις συναλλαγές, έλεγχοι ποιότητας των προϊόντων, μετρήσεις για την προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος κλπ.).

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της βιομηχανίας, οι μετρήσεις εκτός από την έκφραση του μεγέθους μιας ποσότητας άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως στα λεγόμενα συστήματα αυτόματου ελέγχου (automatic control systems). Στα συστήματα αυτά μετράται ένα μέγεθος, η μέτρηση συγκρίνεται με μια επιθυμητή τιμή και στη συνέχεια η διαφορά τους χρησιμοποιείται για να ελέγξει μια διαδικασία, έτσι ώστε το μετρούμενο μέγεθος να συμπέσει τελικά με την επιθυμητή τιμή. Στις μέρες μας δεν υπάρχει καμία βιομηχανική μονάδα χωρίς συστήματα αυτόματου ελέγχου, μέρος των οποίων είναι τα συστήματα μέτρησης.

Παλιότερα, πολλά συστήματα μέτρησης βασιζόταν σε χειροκίνητες, μηχανικές ή άλλες διαδικασίες για την πραγματοποίηση της μέτρησης (πχ. η μέτρηση των διαστάσεων ενός αντικειμένου με χάρακα, η μέτρηση του βάρους ενός αντικειμένου με ζυγό ισορροπίας και χρήση πρότυπων βαρών, η μέτρηση της θερμοκρασίας με θερμόμετρο υδραργύρου, κλπ.). Με την έκρηξη όμως της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών, η συντριπτική πλειοψηφία των μετρήσεων βασίζεται πλέον στην μετατροπή ενός φυσικού μεγέθους (πχ. θερμοκρασία, πίεση, κλπ.) στο αντίστοιχο ηλεκτρικό σήμα (συνήθως τάση). Ο λόγος είναι ότι το ηλεκτρικό σήμα είναι εύκολο να ενισχυθεί (στην περίπτωση μέτρησης μικρών μεγεθών), να φιλτραρισθεί (στην περίπτωση που επιδρούν διαταραχές στη μέτρηση του μεγέθους), να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις (στην περίπτωση που η λήψη της μέτρησης πρέπει να γίνει σε απομακρυσμένο σημείο), να απεικονιστεί εύκολα και ευανάγνωστα, καθώς και να αποθηκευτεί για μελλοντική επεξεργασία και χρήση.

Την μετατροπή του φυσικού μεγέθους στο αντίστοιχο ηλεκτρικό σήμα αναλαμβάνει μια μονάδα που ονομάζεται **αισθητήρας** (sensor). Σήμερα έχουν αναπτυχθεί αισθητήρες για πολύ μεγάλο αριθμό φυσικών μεγεθών και με διαρκείς ερευνητικές προσπάθειες προκύπτουν νέοι αισθητήρες για μεγέθη για τα οποία δεν υπήρχαν τέτοιοι, όπως επίσης βελτιώνονται διαρκώς οι υπάρχοντες αισθητήρες και οι αντίστοιχες ηλεκτρονικές διατάξεις που συνιστούν το σύστημα μέτρησης.

Επακόλουθο της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας των αναλογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ήταν η ραγδαία ανάπτυξη των ψηφιακών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (hardware) και του αντίστοιχου λογισμικού (software). Εξαιτίας των σημαντικών πλεονεκτημάτων που παρέχουν τα ψηφιακά ηλεκτρονικά συστήματα, το μεγαλύτερο μέρος των συστημάτων μέτρησης σήμερα βασίζεται σε ψηφιακά ηλεκτρονικά (CPUs, μικροεπεξεργαστές, μικροελεγκτές, PCs, κλπ).

Πραγματικά, τα ψηφιακά συστήματα προσφέρουν εξαιρετική ακρίβεια, πολύ μεγάλες δυνατότητες επεξεργασίας του σήματος (σύνθετους αλγορίθμους φιλτραρίσματος και μετατροπής, στατιστική ανάλυση, κλπ.), δυνατότητα μεταφοράς της μέτρησης σε πολύ μεγάλες αποστάσεις (σε οποιοδήποτε σημείο της γης ή ακόμα και σε διαστημικές αποστάσεις), απεικόνιση με μεγάλη ανάλυση (πχ. πολλά δεκαδικά ψηφία) χωρίς να επεμβαίνει η υποκειμενικότητα του παρατηρητή, και αναλλοίωτη στο χρόνο αποθήκευση των μετρήσεων. Επίσης, το λογισμικό επαναπρογραμματίζεται εύκολα για την προσαρμογή του συστήματος μέτρησης σε νέες απαιτήσεις. Επιπλέον, η ύπαρξη μονάδας επεξεργασίας δίνει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης με το σύστημα μέτρησης και του συστήματος αυτόματου ελέγχου, το οποίο αναφέρθηκε παραπάνω. Αυτό αποτελεί κανόνα πλέον στη βιομηχανία, αλλά και σε συσκευές καθημερινής χρήσης (πχ. στα σύγχρονα φωτοτυπικά μηχανήματα μετράται με κατάλληλους αισθητήρες η ποιότητα του πρωτότυπου εγγράφου και ρυθμίζονται ανάλογα οι διαδικασίες για την παραγωγή του καλύτερου δυνατού αντιγράφου).

Στη συνέχεια εξετάζονται τα συστήματα μέτρησης. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από αναλογικά ή /και ψηφιακά ηλεκτρονικά στοιχεία. Βασικά δομικά στοιχεία όλων των ηλεκτρονικών συστημάτων μέτρησης είναι οι αισθητήρες, οι οποίοι αποτελούν το συνδετικό κρίκο μεταξύ του μετρούμενου φαινόμενου και του συστήματος μέτρησης.

## ➤ 1.2 Η δομή ενός συστήματος μέτρησης

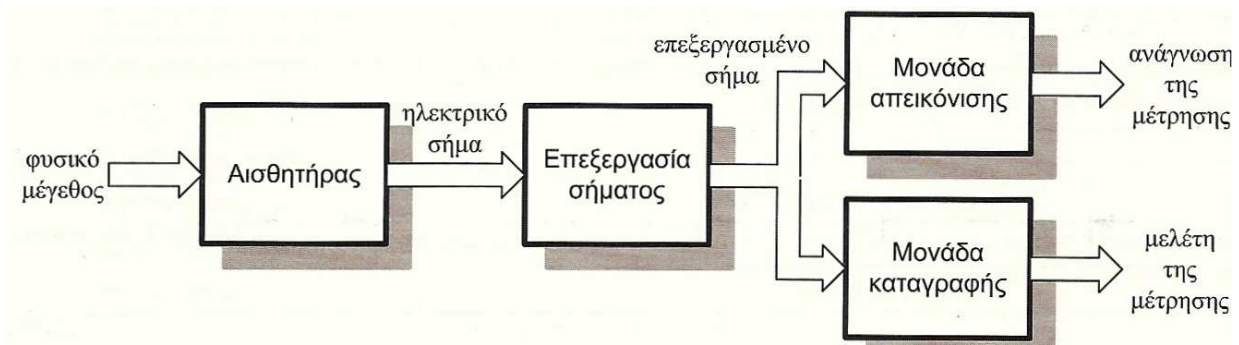
Η γενική δομή ενός συστήματος μέτρησης εικονίζεται στο σχήμα 1.2.1. Το ηλεκτρικό σήμα που αντιστοιχεί στη μετρούμενη φυσική ποσότητα παρέχεται από το αισθητήριο (sensor) ή μετατροπέα φυσικών μεγεθών (transducer). Στη βιβλιογραφία οι δύο όροι χρησιμοποιούνται ελεύθερα για να περιγράψουν τη διάταξη μετατροπής του φυσικού μεγέθους. Εντούτοις, ένας ποιο αυστηρός ορισμός θεωρεί, ως αισθητήριο αποκλειστικά τη διάταξη ανίχνευσης του φυσικού μεγέθους και μετατροπέα ένα πλήρες σύστημα που περιλαμβάνει εκτός από τη συσκευή ανίχνευσης πρόσθετα ηλεκτρονικά κυκλώματα προσαρμογής και μορφοποίησης του σήματος από το αισθητήριο. Η τάση των κατασκευαστών σήμερα είναι να παρέχουν ολοκληρωμένα μετρητικά στοιχεία, τα οποία περιλαμβάνουν τη διάταξη ανίχνευσης του φυσικού μεγέθους μαζί με ηλεκτρονικά κυκλώματα μορφοποίησης του ηλεκτρικού σήματος. Έτσι, τα δύο πρώτα μέρη στο γενικό σύστημα μέτρησης τείνουν να ενοποιηθούν.

Το σύστημα προσαρμογής (conditioner), είτε είναι ενσωματωμένο με το αισθητήριο ή ανεξάρτητο συνδέεται από την πλευρά της εισόδου με το αισθητήριο και παρέχει στην πλευρά της εξόδου ένα ηλεκτρικό σήμα κατάλληλο για τη μετάδοση στο σύστημα επεξεργασίας. Ένα σύστημα προσαρμογής περιλαμβάνει κυκλώματα ενίσχυσης, φιλτραρίσματος, μείωσης του θορύβου, γραμμικοποίησης και ακόμη διατάξεις μετατροπής της τάσης σε ρεύμα, σε συχνότητα ή σε ψηφιακή μορφή.

Το ηλεκτρικό σήμα σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή από το σύστημα προσαρμογής μεταδίδεται στο σταθμό επεξεργασίας. Η μετάδοση γίνεται είτε ενσύρματα, με διάφορα είδη αγωγών ανάλογα με τη μορφή του σήματος, είτε ασύρματα.

Χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος μέτρησης είναι:

- Μεγάλη ευαισθησία
- Μικρή κατανάλωση ισχύος
- Μεγάλη ταχύτητα απόκρισης
- Εύκολη μετάδοση του σήματος εξόδου σε απόσταση
- Υψηλή αξιοπιστία

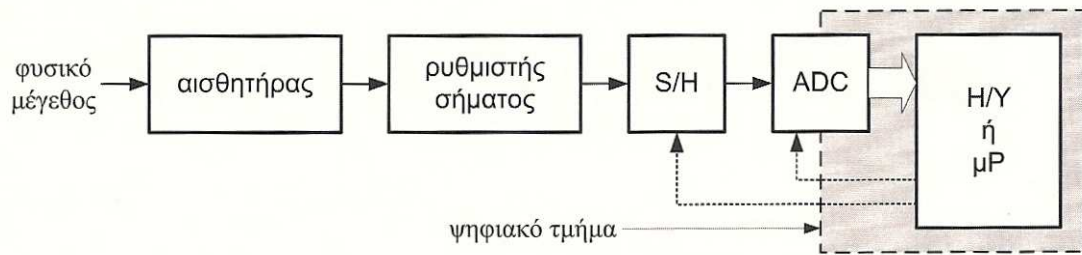


**Σχήμα 1.2.1 Η δομή ενός συστήματος μέτρησης**

Στο σύστημα αυτό ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, είτε να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τη μέτρηση, είτε να επεξεργάζεται σε μελλοντικό χρόνο τις μετρήσεις που έχουν καταγραφεί για εξαγωγή στατιστικών στοιχείων, συμπερασμάτων, κλπ.

Η μονάδα απεικόνισης μπορεί να είναι αναλογική, όπως (πχ. ένα αναλογικό βολτόμετρο με βελόνα ένδειξης). Επίσης η μονάδα καταγραφής μπορεί να είναι αναλογική, όπως (πχ. ένα καταγραφικό με ακίδα μελάνης σε τύμπανο χαρτιού, όπως αυτό των σειсмоγράφων). Παρόλο που σε μερικές περιπτώσεις αυτού του είδους η απεικόνιση και η καταγραφή επαρκούν για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εφαρμογής, σε πολλές άλλες περιπτώσεις η εκμετάλλευση της ψηφιακής τεχνολογίας που είναι διαθέσιμη σήμερα δίνει ασύγκριτα περισσότερα πλεονεκτήματα.

Για παράδειγμα, η ψηφιακή απεικόνιση της μέτρησης παρέχεται με αντικειμενικότητα στο χειριστή, δίνοντας μια ένδειξη με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από την αναλογική. Επίσης, η ψηφιακή καταγραφή των μετρήσεων δίνει τη δυνατότητα στον χειριστή να αναλύσει καλύτερα και να επεξεργαστεί τις μετρήσεις. Η τυπική δομή ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης δίνεται στο Σχήμα 1.2.2

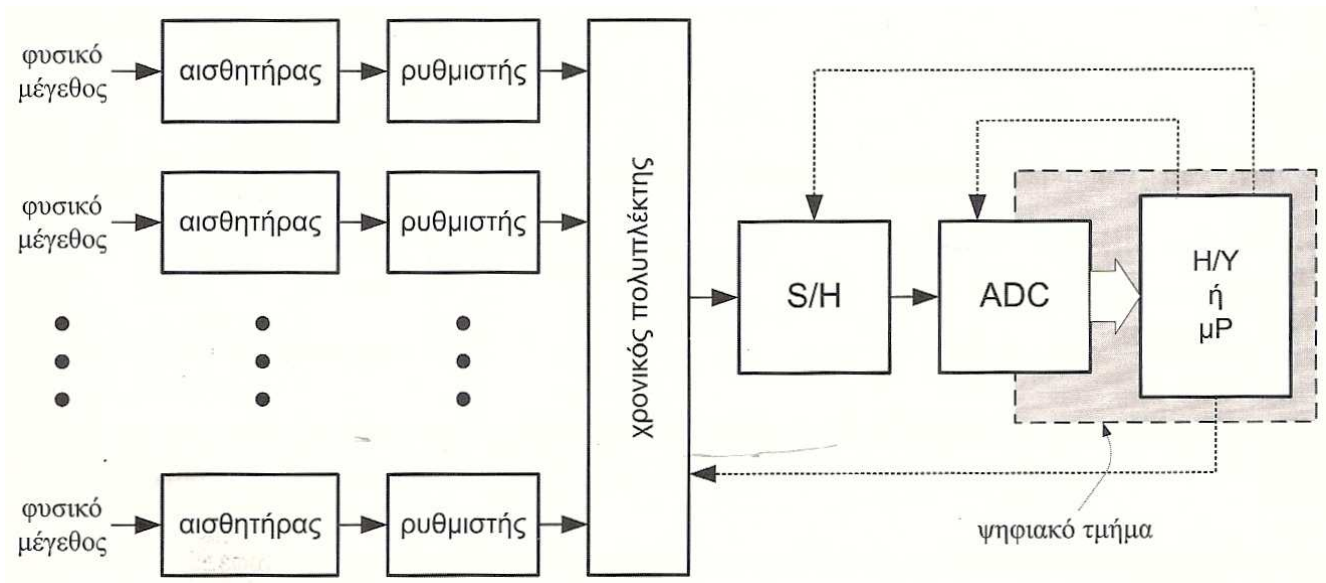


**Σχήμα 1.2.2 Η δομή ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης**

Η μονάδα δειγματοληψίας και συγκράτησης (sample and hold, S/H) και ο μετατροπέας του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/D converter, ADC) εξασφαλίζουν την μετατροπή του σήματος σε ψηφιακή μορφή με το επιθυμητό μήκος ψηφιακής λέξης (8 bit, 10 bit, 12 bit κλπ.). Το σύστημα ελέγχεται από έναν H/Y ή ένα μικροεπεξεργαστή (μP), ο οποίος μπορεί να απεικονίζει τις μετρήσεις στην οθόνη, να τις επεξεργάζεται με κάποιον αλγόριθμο και να τις αποθηκεύει, είτε σε μνήμες (RAM, EEPROM, Flash κλπ.), είτε σε άλλα μέσα (σκληρό δίσκο, δισκέτες, CD-ROM, DVD κλπ.), αλλά και να τις μεταδίδει σε μεγάλες αποστάσεις μέσω του κατάλληλου δικτύου (LAN, Internet, κλπ.).

Ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα των ψηφιακών συστημάτων μέτρησης είναι και η δυνατότητα ταυτόχρονης μέτρησης πολλών μεγεθών, αξιοποιώντας το ίδιο ψηφιακό τμήμα του συστήματος.

Ένα τέτοιο σύστημα παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.2.3.



**Σχήμα 1.2.3** Η δομή ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης πολλών μεγεθών ταυτόχρονα

Ο χρονικός πολυπλέκτης, ο οποίος ελέγχεται από H/Y, επιλέγει ποιο από τα φυσικά μεγέθη που παρακολουθεί το σύστημα θα μετρηθεί σε κάθε χρονική στιγμή. Έτσι, μπορούν να μετρώνται ταυτόχρονα πολλά μεγέθη, να υφίστανται επεξεργασία και να αποθηκεύονται στον ίδιο H/Y ή και να μεταδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις.

Η ταυτόχρονη μέτρηση των μεγεθών δίνει επίσης τη δυνατότητα: (α) για συσχέτισμό διαφορετικών φυσικών μεγεθών και των αντίστοιχων φαινομένων που μετρώνται και (β) για την έμμεση μέτρηση μεγεθών τα οποία δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα.

Τα ολοκληρωμένα συστήματα μέτρησης φυσικών μεγεθών τα οποία εμπεριέχουν τον αισθητήρα (ή τους αισθητήρες), όσο και τις ηλεκτρονικές και μηχανικές διατάξεις που απαιτούνται για τη λειτουργία του συστήματος μέτρησης αναφέρονται και ως *μετρητές* (meters).

### ➤ 1.3 Στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων

Στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων ονομάζονται κάποιες παράμετροι που χαρακτηρίζουν τους αισθητήρες. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτρέπουν, (α) την αξιολόγηση της ποιότητας του αισθητήρα και (β) επιτρέπουν την επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα για τη συγκεκριμένη εφαρμογή μέτρησης. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να επεκταθούν και στα ηλεκτρονικά κυκλώματα που συνδέονται στην έξοδο του αισθητήρα για να επεξεργαστούν το σήμα του αισθητήρα (πχ. ενίσχυση, φιλτράρισμα, περιορισμός θορύβου, κλπ.). Σε αυτήν την περίπτωση το σήμα εισόδου είναι το σήμα εξόδου του αισθητήρα.

#### Ακρίβεια

Ο όρος *ακρίβεια* (accuracy) εκφράζει τον βαθμό ελευθερίας του αισθητήρα από τυχαία σφάλματα. Αν πάρουμε μεγάλο αριθμό μετρήσεων από έναν ακριβή αισθητήρα, τότε η μεταξύ τους διασπορά θα είναι μικρή. Η ακρίβεια συγγέεται συχνά με την πιστότητα. Η μεγάλη ακρίβεια δεν σημαίνει κατ' ανάγκην και μεγάλη πιστότητα.

Ένας ακριβής αισθητήρας μπορεί να έχει κακή πιστότητα. Κακής πιστότητας μετρήσεις από έναν ακριβή αισθητήρα, σημαίνει ότι η μετρήσεις έχουν συστηματικό σφάλμα, γεγονός το οποίο μπορεί να διορθωθεί με βαθμονόμηση (διακρίβωση) του αισθητήρα.

#### Πιστότητα

Η *πιστότητα* δε σχετίζεται με τον αριθμό των δεκαδικών ψηφίων με τον οποίο μπορεί να γίνει η μέτρηση, αλλά με το κατά πόσο το αποτέλεσμα που δίνει ο αισθητήρας πλησιάζει την φυσική πραγματικότητα, μέσα σε ένα λογικό εύρος τιμών. Η πιστότητα δίνεται συνήθως «ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας του αισθητήρα».[10]

Για παράδειγμα εάν ένας αισθητήρας πίεσης, περιοχής λειτουργίας 0-10 bar έχει πιστότητα  $\pm 1.0\%$  της πλήρους κλίμακας τότε η μέγιστη αβεβαιότητα του αισθητήρα θα είναι ίση με 0,1 bar. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο αισθητήρας δίνει ως αποτέλεσμα 1 bar τότε η μέγιστη αναμενόμενη αβεβαιότητα θα είναι ίση με



το 10% της τιμής αυτής. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει το εύρος λειτουργίας των αισθητήρων να είναι όσο το δυνατόν εγγύτερα στο εύρος των μετρούμενων τιμών, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή πιστότητα των μετρήσεων. Αν δηλαδή έχουμε μία εφαρμογή στην οποία οι πιέσεις μεταβάλλονται στο διάστημα 0-1 bar είναι λάθος να επιλέξουμε αισθητήρα περιοχής λειτουργίας 0-10 bar.

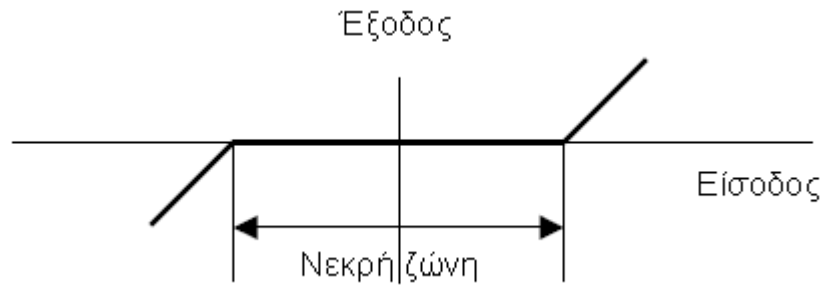
### **Βαθμονόμηση**

Η *βαθμονόμηση* (calibration) είναι η διαδικασία καθορισμού της *συνάρτησης μεταφοράς* ενός αισθητήρα ή γενικότερα ενός συστήματος μέτρησης. Η γνώση της *συνάρτησης μεταφοράς* του αισθητήρα είναι απαραίτητη κατά τη διαδικασία των μετρήσεων, έτσι ώστε μετρώντας την τιμή του ηλεκτρικού σήματος εξόδου που παράγει ο αισθητήρας να υπολογίζεται μέσω της *συνάρτησης μεταφοράς* και η αντίστοιχη τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Κατά τη διαδικασία της *βαθμονόμησης* εφαρμόζονται γνωστές τιμές του μετρούμενου φυσικού μεγέθους στον αισθητήρα και μετρώνται οι αντίστοιχες τιμές του ηλεκτρικού σήματος εξόδου του. Η ακρίβεια με την οποία έχει καθοριστεί η *συνάρτηση μεταφοράς* του αισθητήρα επηρεάζει σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων, που λαμβάνονται κατά τη χρήση του αισθητήρα σε ένα σύστημα μέτρησης.

### **Νεκρή ζώνη**

*Νεκρή ζώνη* (dead-zone, dead-band), αποκαλείται η περιοχή μετρήσεων (συνήθως γύρω από το μηδέν) για την οποία ο αισθητήρας δεν αποκρίνεται στις μεταβολές της μετρούμενης ποσότητας.

Το σχήμα 1.3.1 δείχνει τα χαρακτηριστικά μίας νεκρής ζώνης. Δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει νεκρή ζώνη καθ' όλο το εύρος ενός οργάνου και συχνά οι υπολογίσιμες νεκρές ζώνες εμφανίζονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες.[6]



Σχήμα 1.3.1 Νεκρή ζώνη

### Διαστάσεις

Οι διαστάσεις ενός αισθητήρα ή συστήματος μέτρησης είναι το μέτρο του φυσικού του μεγέθους και αναγράφονται σχεδόν πάντοτε στις προδιαγραφές του .[6]

### Ολίσθηση

*Ολίσθηση* (drift) είναι η αργή μεταβολή του σήματος εξόδου του αισθητήρα, ενώ το μετρούμενο φυσικό μέγεθος παραμένει σταθερό. Μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες, όπως η θερμοκρασία λειτουργίας, υγρασία κλπ.

Η μακροχρόνια ολίσθηση(long term drift) είναι η μεταβολή των χαρακτηριστικών του αισθητήρα με την πάροδο μεγάλου χρονικού διαστήματος και μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες, όπως η διάβρωση τμημάτων του αισθητήρα, η ρύπανση του αισθητήρα, η γήρανση των υλικών κατασκευής κλπ.[41]

### Σφάλμα

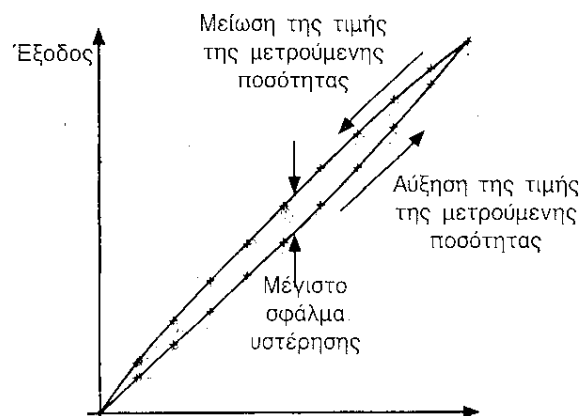
Το *σφάλμα* ισούται με τη διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και την πραγματική τιμή μίας ποσότητας. Τα σφάλματα μπορούν συχνά να εκφράζονται επί τοις εκατό (%), οπότε τότε αντιπροσωπεύουν την ακρίβεια του συστήματος.[6]

### Υστέρηση

Η *υστέρηση* προκαλεί διαφορές στην έξοδο που δίνει ένας αισθητήρας, όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί. Με τον τρόπο αυτό παράγεται σφάλμα και επηρεάζεται η ακρίβεια της συσκευής. Το σχήμα 1.3.2 που ακολουθεί παρουσιάζει την επίδραση της υστέρησης με την βοήθεια μίας γραφικής παράστασης.

Η είσοδος του αισθητήρα, δηλαδή η μετρούμενη ποσότητα αυξάνεται με σταθερό βήμα. Όταν φτάσει τη μέγιστη δυνατή τιμή μειώνεται με το ίδιο σταθερό βήμα έως ότου λάβει ξανά την τιμή μηδέν. Η γραφική παράσταση δείχνει τη διαφορά που υπάρχει στην έξοδο του αισθητήρα, όταν η μετρούμενη ποσότητα αυξάνεται ή μειώνεται. Αυτό το γεγονός ονομάζεται υστέρηση του συστήματος.

Δεν εμφανίζουν υστέρηση όλοι οι αισθητήρες και τα συστήματα μέτρησης. Η υστέρηση προκαλείται από διάφορους παράγοντες, ειδικότερα τη μηχανική τάση και την τριβή. Η χαλάρωση των συστημάτων γραναζιών και ο «τζόγος» σε συστήματα κοχλιών αποτελούν επίσης σημαντικά αίτια. Τα συστήματα μέτρησης που είναι πιθανό να εμφανίσουν υστέρηση πρέπει να περιέχουν μηχανικά γρανάζια, ρουλεμάν και άλλα κινητά μέρη, τα οποία να τείνουν να είναι ελαστικά, όπως είναι το λάστιχο, τα πλαστικά και κάποια μέταλλα.[6]



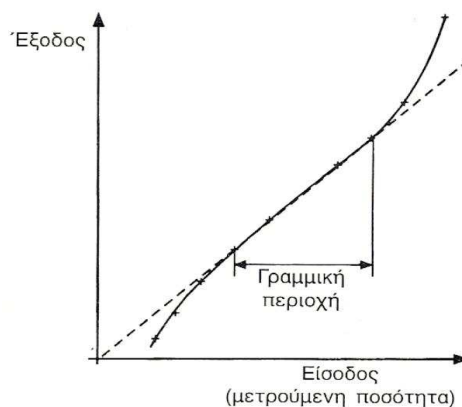
Σχήμα 1.3.2 : Γραφική παράσταση του φαινομένου της υστέρησης.

### **Καθυστέρηση**

*Καθυστέρηση (lag)* ονομάζεται η καθυστέρηση της αλλαγής της τιμής εξόδου ενός αισθητήρα ως προς την αλλαγή της εισόδου του. Μετριέται σε δευτερόλεπτα ή συνηθέστερα σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Σε μερικές εφαρμογές, όπως είναι ο έλεγχος η καθυστέρηση μπορεί να επηρεάζει αποφασιστικά την απόδοση.[6]

## Γραμμικότητα

Η *γραμμικότητα* (linearity) ενός αισθητήρα αποτελεί το βαθμό στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μία ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός σε μία περιοχή τιμών εισόδου όπως απεικονίζεται στο σχήμα 1.3.3. Επίσης, η γραμμικότητα μπορεί να εκφράζεται ως προς το μέγιστο βαθμό απόκλισης από την ευθεία γραμμή σε όλο το εύρος τιμών εισόδου και τότε αναφέρεται ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας.[6]



**Σχήμα 1.3.3 Γραμμικότητα**

## Χρόνος λειτουργίας

Ο *χρόνος λειτουργίας* (operating life) ενός αισθητήρα αποτελεί ένδειξη του χρόνου κατά τον οποίο αυτός αναμένεται να λειτουργεί στα πλαίσια των προδιαγραφών του. Εκφράζεται σε μονάδες χρόνου ή με τον αριθμό των λειτουργιών ή των κύκλων λειτουργίας που μπορεί να διεκπεραιώσει με επιτυχία.[6]

## Επαναληψιμότητα

Η *επαναληψιμότητα* μίας συσκευής είναι ο βαθμός στον οποίο αυτή παράγει το ίδιο αποτέλεσμα, όταν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές τροφοδοτείται με ακριβώς την ίδια είσοδο. Στα αγγλικά αποδίδεται με τη λέξη «precision», η οποία συχνά συγχέεται με την καθημερινή έννοια της ακρίβειας (accuracy).

Εντούτοις, στην ορολογία των συστημάτων μέτρησης ένας αισθητήρας μπορεί να έχει υψηλή επαναληψιμότητα και να δίνει παρόμοια έξοδο όταν μετρά πολλές φορές μία

συγκεκριμένη είσοδο, αλλά, εάν υπάρχει σημαντικό σφάλμα στην έξοδο τότε η έξοδος δεν είναι ακριβής.[6]

### **Εύρος**

Το *εύρος* λειτουργίας (operating range) μίας συσκευής ισούται με τα όρια, στα οποία μπορεί η συσκευή να λειτουργεί αξιόπιστα. Το εύρος λειτουργίας ενός αισθητήρα εκφράζεται συνήθως με την ελάχιστη και μέγιστη τιμή που είναι ικανός να μετρά. Άλλες έννοιες του εύρους που αναγράφονται συχνά στις προδιαγραφές είναι το «θερμοκρασιακό εύρος», δηλαδή η περιοχή θερμοκρασιών στην οποία μπορεί να λειτουργεί ο αισθητήρας. Συχνά αναφέρονται επίσης το εύρος τιμών πίεσης και το εύρος τιμών υγρασίας.

### **Απόκριση**

Η *απόκριση* (response) μίας συσκευής ισούται με το χρόνο που απαιτεί η συσκευή για να λάβει την τελική τιμή εξόδου της για μια δεδομένη είσοδο. Μπορεί να εκφραστεί σε δευτερόλεπτα ή κλάσματα του δευτερολέπτου, ή κάποιες φορές ως ποσοστό επί της τελικής τιμής εξόδου.

Για παράδειγμα, εάν οι προδιαγραφές ορίζουν ότι ο χρόνος απόκρισης 95% είναι 3 sec αυτό σημαίνει, ότι η συσκευή χρειάζεται 3 sec για να λάβει η έξοδος της το 95% της τελικής τιμής.[6]

### **Διακριτική ικανότητα**

Η *διακριτική ικανότητα* (resolution) με την οποία μία συσκευή ή ένας αισθητήρας ανιχνεύει ή εμφανίζει μία τιμή αναφέρεται στην μικρότερη είσοδο ή αλλαγή εισόδου που μπορεί αυτός να ανιχνεύσει. Εκφράζεται συνήθως ως προς το μικρότερο διάστημα που μπορεί να ανιχνευθεί ή μετρηθεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η διακριτική ικανότητα ενός ενδείκτη, τόσο μικρότερο είναι το βήμα που μπορεί ο αισθητήρας να μετρήσει.[6]

## Ευστάθεια

Η *ευστάθεια* (stability) αποτελεί το μέτρο της μεταβολής της εξόδου μίας συσκευής, όταν η είσοδος και οι συνθήκες παραμένουν σταθερά, κατά τη διάρκεια μίας μεγάλης χρονικής περιόδου.[6]

## Στατικό σφάλμα

Το *στατικό σφάλμα* (static error) είναι ένα σταθερό σφάλμα που υπεισέρχεται καθ' όλο το εύρος τιμών εισόδου μίας συσκευής. Εάν αυτό το σφάλμα είναι γνωστό, τότε μπορεί να αντισταθμιστεί χωρίς να υπάρξει υποβάθμιση της ακρίβειας του συστήματος.[6]

## Ανοχή

Η *ανοχή* (tolerance) μίας συσκευής είναι το μέγιστο ποσό σφάλματος που μπορεί να υπάρξει κατά τη διάρκεια λειτουργίας της. Ανάλογα με τη φύση της συσκευής μπορεί συχνά να αναφέρεται η ανοχή αντί της ακρίβειας στις προδιαγραφές.[6]

## Ευαισθησία

Η *ευαισθησία* (sensitivity) εκφράζει τη σχέση ανάμεσα στην αλλαγή της εξόδου και την αντίστοιχη αλλαγή της εισόδου, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η ευαισθησία ενός αισθητήρα είναι ίση με τη διαφορά των τιμών εξόδου προς τη διαφορά των αντίστοιχων τιμών της εισόδου, δηλαδή της μετρούμενης ποσότητας.[6]

Άρα είναι :

$$\text{Ευαισθησία} = \frac{\text{μέγιστη τιμή εξόδου} - \text{ελάχιστη τιμή εξόδου}}{\text{μέγιστη τιμή εισόδου} - \text{ελάχιστη τιμή εισόδου}}$$

Οι μονάδες στις οποίες μετριέται η ευαισθησία ορίζονται από την παραπάνω εξίσωση και επομένως διαφέρουν ανάλογα με τη φύση του αισθητήρα και τη μετρούμενη ποσότητα. Για παράδειγμα, υπάρχουν αισθητήρες που μετρούν μικρές αποστάσεις όπου κινείται κάποιο αντικείμενο και παρέχουν τάση. Στην περίπτωση αυτή η ευαισθησία θα εκφράζεται σε volt ανά mm.

Εάν η σχέση ανάμεσα στη μετρούμενη ποσότητα και την έξοδο είναι γραμμική, η ευαισθησία μπορεί να εκφράζεται ως προς το όλο εύρος. Εάν δεν είναι γραμμική, τότε η ευαισθησία της συσκευής θα διαφέρει από περιοχή και θα αναφέρεται ως προς συγκεκριμένες περιοχές τιμών εισόδου.[6]

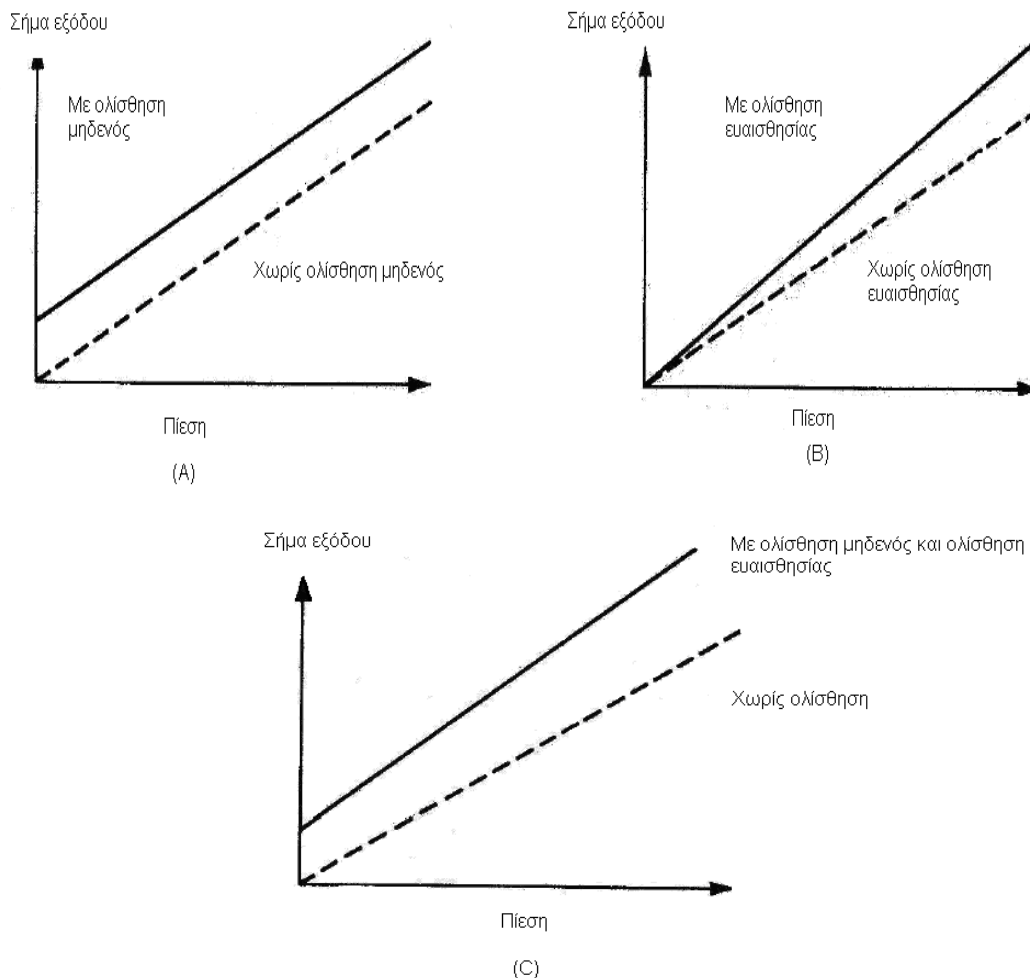
### **Ευαισθησία στη διαταραχή**

Η βαθμονόμηση και τα χαρακτηριστικά ενός αισθητήρα ισχύουν, όταν αυτό λειτουργεί εντός συγκεκριμένου εύρους περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η σχετική υγρασία κ.λ.π. Το εύρος καθορίζεται από τον κατασκευαστή του αισθητήρα.

Μεταβολή κάποιας από τις παραμέτρους αυτές ενδέχεται να μεταβάλλει κάποιο από τα στατικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα. Η μεταβολή αυτή ορίζεται ως η *ευαισθησία στη διαταραχή*. Τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα που μεταβάλλονται είναι κυρίως δύο και είναι γνωστά ως ολίσθηση του μηδενός (zero drift) και ολίσθηση ευαισθησίας (sensitivity drift).

Η ολίσθηση του μηδενός είναι το μη μηδενικό σήμα εξόδου του αισθητήρα, όταν το σήμα εισόδου είναι μηδέν, λόγω μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών. Μετριέται συνήθως σε  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  στην περίπτωση (π.χ. βολτόμετρου το οποίο έχει επηρεαστεί από τη μεταβολή της θερμοκρασίας).

Αν ένας αισθητήρας επηρεάζεται από περισσότερες από μία περιβαλλοντικές παραμέτρους, τότε αυτός χαρακτηρίζεται από αντίστοιχες σε αριθμό ολισθήσεις του μηδενός. Χαρακτηριστική ολίσθηση μηδενός αισθητήρα πίεσης, φαίνεται στο Σχήμα 1.3.4.[6]



**Σχήμα 1.3.4 : α) Ολίσθηση μηδενός, β) Ολίσθηση ευαισθησίας και γ) Συνδυασμένη επίδραση των δύο ολισθήσεων**

## ➤ 1.4 Δυναμικά χαρακτηριστικά αισθητήρων

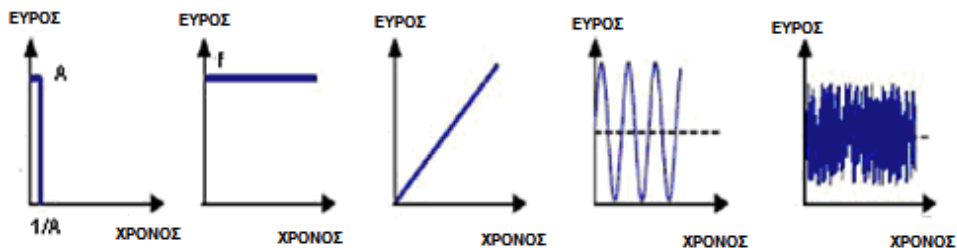
Η απόκριση ενός αισθητήρα σε ένα μεταβαλλόμενο σήμα εισόδου είναι διαφορετική από την απόκριση του σε ένα σταθερό ή αργά μεταβαλλόμενο σήμα εισόδου.

Η απόκριση χαρακτηρίζεται από μια δυναμική συμπεριφορά που δε μπορεί να περιγράψει ικανοποιητικά από τα στατικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι λόγοι αυτής της διαφοροποίησης είναι ότι οι αισθητήρες περιλαμβάνουν στοιχεία που συσσωρεύουν ενέργεια όπως μάζες, πυκνωτές, επαγωγικά ή θερμικά στοιχεία κ. α.



Τα δυναμικά χαρακτηριστικά ενός αισθητήρα προσδιορίζονται εξετάζοντας την απόκριση του σε διάφορες κυματομορφές του σήματος εισόδου.

Αυτές μπορεί να είναι κυματομορφές ώθησης, βήματος, γραμμικές, ημιτονοειδείς ή θορύβου.



**Σχήμα 1.4.1** Κυματομορφές ώθησης, βήματος, γραμμικές, ημιτονοειδείς ή θορύβου

<b>Χαρακτηριστικά</b>	<b>Ιδανική τιμή</b>
Απόκριση	Γραμμική
Αρχική τιμή εξόδου	Μηδέν
Χρόνος απόκρισης	Μηδέν
Εύρος συχνοτήτων	Άπειρο
Χρόνος ως το 90 %	Μηδέν
Ένδειξη πλήρους κλίμακας	Βαθμονομημένη μέγιστη έξοδος
Περιοχή λειτουργίας	Άπειρη
Ευαισθησία	Υψηλή και σταθερή
Διακριτική ικανότητα	Άπειρη

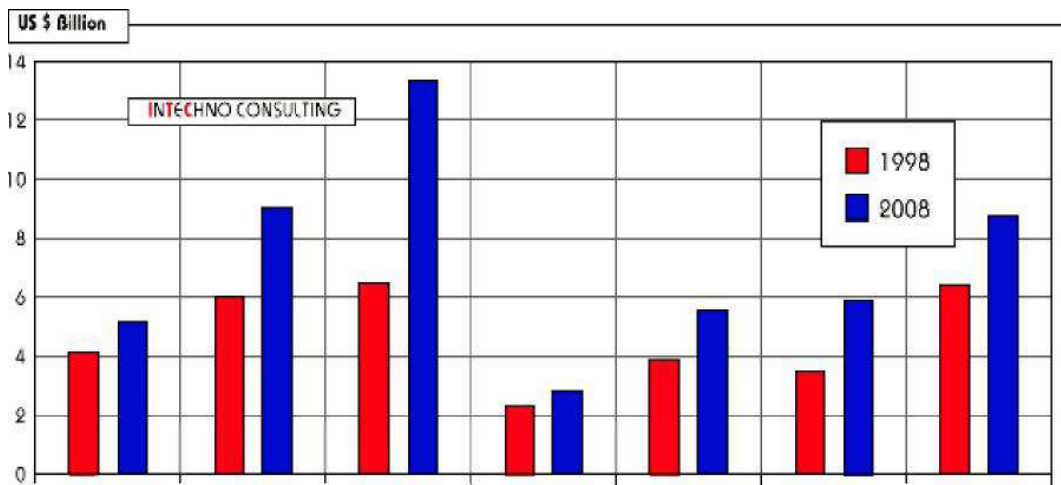
**Πίνακας 1.4.2** Επιθυμητά χαρακτηριστικά αισθητήρα

Τα ιδανικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένας αισθητήρας αναγράφονται συνοπτικά στον πίνακα 1.4.2, σ' ένα όμως πραγματικό αισθητήρα η συμπεριφορά και τα χαρακτηριστικά του διαφέρουν αρκετά. Οι αιτίες είναι τόσο τα κατασκευαστικά προβλήματα που προκύπτουν όσο και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν τη λειτουργία του, επιπλέον αν ο αισθητήρας συνοδεύεται από κάποιο ηλεκτρονικό κύκλωμα, τότε αυτό το κύκλωμα μπορεί επίσης να επιβάλλει περιορισμούς στην λειτουργία του.[6]

## ➤ 1.5 Πεδία Εφαρμογών Αισθητήρων

Οι αισθητήρες έχουν άπειρες εφαρμογές. Δεν υπάρχει συσκευή που να μην χρησιμοποιεί κάποιας μορφής αισθητήρα. Συνοπτικά ανάλογα με τον κλάδο που τους χρησιμοποιεί, οι εφαρμογές των αισθητήρων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- ➔ **Διαγνωστική** : ολοκληρωμένα συστήματα ανάλυσης
- ➔ **Φαρμακευτική** : ανίχνευση και έλεγχος φαρμάκων
- ➔ **Ιατρική** : διαγνωστική
- ➔ **Βιομηχανία τροφίμων και αγροτική οικονομία** : διαγνωστική τροφίμων
- ➔ **Βιοτεχνολογία** : ψηφίδες DNA, ψηφίδες πρωτεϊνών, ψηφίδες κυττάρων
- ➔ **Χημεία** : Ειδικοί αισθητήρες μεγέθους ολοκληρωμένου κυκλώματος ( lab-on-a-chip)
- ➔ **Τεχνολογία περιβάλλοντος**: μετρήσεις περιβαλλοντολογικές του αέρα νερού αποβλήτων
- ➔ **Αυτοκινητοβιομηχανία** : Κατασκευή αυτοκινήτων από robot, έλεγχος της ποιότητας των καυσίμων, ανάλυση αερίων, αερόσακοι.



Σχήμα 1.5.1

### Παγκόσμια αγορά αισθητήρων

Στο σχήμα 1.5.1 καταγράφεται η αύξηση πωλήσεων στην παγκόσμια αγορά αισθητήρων για τους κυριότερους τομείς εφαρμογών, η οποία αναμενόταν το 2008 σε σχέση με το 1998. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της παγκόσμιας αγοράς αισθητήρων για το διάστημα 1998-2008 υπολογίζεται περίπου 4.5%. [6]

## Κεφάλαιο Δεύτερο

### «Κατηγορίες αισθητήρων»



## ➤ **2.1 Οι κατηγορίες των Αισθητήρων**

Οι αισθητήρες καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα εφαρμογών και έχουν καταστεί τόσο συνηθισμένοι στη σύγχρονη κοινωνία, που συχνά θεωρούμε την ύπαρξή τους ως δεδομένη.

Αυτό δημιουργεί φυσικά την απαίτηση οι τεχνικοί και οι μηχανικοί να έχουν μία πρακτική γνώση για αυτούς, ώστε να μπορούν να επιλέξουν την κατάλληλη συσκευή από ένα κατάλογο με αναλυτικές προδιαγραφές ή να επισκευάζουν, να επιλέγουν και να βαθμονομούν τους αισθητήρες που υπάρχουν σε κάποιο τμήμα εξοπλισμού που λειτουργεί.

Η ταξινόμηση των αισθητήρων γίνεται, είτε σύμφωνα με τη λειτουργία που επιτελούν (όπως π.χ. τη μέτρηση της θερμοκρασίας), είτε με βάση τη φυσική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους.

Η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου είναι σημαντική για την καλή λειτουργία του συστήματος. Από την στιγμή που έχει ξεκαθαριστεί η μεταβλητή, η οποία θα μετρηθεί πρέπει να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα :

- Ποιο είναι το εύρος της μέτρησης, ποια είναι η επιθυμητή διακριτική ικανότητα του οργάνου, ποια είναι η απόκριση χρόνου του αισθητήρα, δηλαδή το πόσο γρήγορα εκτελεί την μέτρηση.
- Μετά την εκλογή του κατάλληλου αισθητήρα πρέπει να ακολουθήσει η εκλογή της τοποθέτησης του στο όλο σύστημα. Πολλές φορές έχουμε την δυνατότητα να μετρήσουμε την ίδια μεταβλητή σε πολλά σημεία του συστήματος.

Σε μία τέτοια περίπτωση πρέπει να διαλέξουμε την πιο κατάλληλη θέση, εκεί δηλαδή που η μέτρηση θα γίνει και θα είναι πιο αξιόπιστη. [8]

Στηριζόμενοι λοιπόν στις παραμέτρους, οι αισθητήρες κατηγοριοποιούνται ως εξής :

## ➤ 2.2 Επαγωγικοί, Χωρητικοί και Μαγνητικοί Αισθητήρες

- Οι Επαγωγικοί Αισθητήρες εκμεταλλεύονται το φυσικό φαινόμενο της μεταβολής του συντελεστή ποιότητας σε ένα κύκλωμα συντονισμού, η οποία οφείλεται σε απώλειες δινορευμάτων σε αγώγιμα υλικά. Αυτή η αρχή επιτρέπει την χωρίς επαφή ανίχνευση όλων των αγώγιμων υλικών (μεταλλικά αντικείμενα, γραφίτης κλπ).

- Οι Χωρητικοί Αισθητήρες υπολογίζουν την μεταβολή της χωρητικότητας, που οφείλεται στην εισαγωγή ενός αντικειμένου σε ρόλο διηλεκτρικό στο ηλεκτρικό πεδίο ενός πυκνωτή. Οι χωρητικοί αισθητήρες προσέγγισης, αντίθετα με τους επαγωγικούς, δεν ανιχνεύουν μόνο αγώγιμα υλικά, όπως πχ τα μέταλλα, αλλά λόγω της αρχής λειτουργίας τους ανιχνεύουν επίσης και μη αγώγιμα υλικά, όπως κεραμικά, ξύλο, πλαστικό, γυαλί, υγρά κτλ.

- Οι Μαγνητικοί Αισθητήρες ανιχνεύουν χωρίς επαφή μαγνητικά αντικείμενα. Παρόλο που χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο όπως και οι επαγωγικοί, η αρχή λειτουργίας τους επιτρέπει την ανίχνευση σε μεγάλες αποστάσεις ακόμα και από μικρούς διακόπτες. Οι μαγνητικοί αισθητήρες βοήθησαν στο να αναλυθούν και να ελεγχθούν εκατοντάδες παράγοντες για αρκετές δεκαετίες. Οι υπολογιστές έχουν απεριόριστη μνήμη χάρη στη χρήση μαγνητικών αισθητήρων στους μαγνητικούς σκληρούς δίσκους και στις δισκέτες εγγραφής. Τα αεροπλάνα πετούν με υψηλότερα στάνταρ ασφάλειας εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας των διακοπών χωρίς επαφή οι οποίοι έχουν μαγνητικούς αισθητήρες. Οι βιομηχανίες έχουν υψηλή παραγωγικότητα εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας και του χαμηλού κόστους των μαγνητικών αισθητήρων.[9]

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να ανιχνεύσεις το μαγνητικό πεδίο, οι περισσότεροι από αυτούς βασίζονται στην στενή σχέση μεταξύ των μαγνητικών και ηλεκτρικών φαινομένων. Ένα κοινό στοιχείο όλων των εφαρμογών είναι ότι οι μαγνητικοί αισθητήρες εξασφαλίζουν μία αξιόπιστη τεχνολογία συγκρινόμενοι με άλλες τεχνολογίες αισθητήρων.

## ➤ 2.3 Αισθητήρες Laser

- Αισθητήρες Φωτοκύτταρα

Τα Φωτοκύτταρα έχουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο σε εφαρμογές αυτοματισμού, επειδή επιτρέπουν την ανίχνευση αντικειμένων με ακρίβεια σε μεγάλες αποστάσεις. Όπου υπάρχει περιορισμός χώρου ή και υψηλές θερμοκρασίες, η χρήση των οπτικών ινών επιτρέπει την υλοποίηση ιδιαίτερα αποτελεσματικών συστημάτων ανίχνευσης. Η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των φωτοκύτταρων είναι η εξής: ένας δέκτης λαμβάνει το εκπεμπόμενο φως (ορατό ή μη ορατό, υπέρυθρο) και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα.[9]

Οι αισθητήρες laser αποτελούν τη λύση σε αμέτρητες βιομηχανικές εφαρμογές ειδικά, όταν το μέγεθος του προς ανίχνευση αντικειμένου είναι πολύ μικρό ή όταν αυτό βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση. Η μέτρηση ροής υγρών είναι απαραίτητη σε πολλές βιομηχανίες. Η ροή διακρίνεται σε ροή ανοιχτού καναλιού και σε ροή κλειστού αγωγού. Τα περισσότερα όργανα μετράνε την ροή έμμεσα και διαχωρίζονται σε αυτά που μετράνε ταχύτητα και σε αυτά που μετράνε πίεση ή στάθμη.

### Αισθητήρες Laser Υπερήχων

Οι αισθητήρες ροής υπερήχων *doppler* (φαινόμενο Doppler) μετρούν τη ροή εξωτερικά του αγωγού μέσω δετού αισθητήρα. Εκπέμπουν συνεχώς υπέρηχους στα 640 kHz που διασχίζουν τα τοιχώματα του σωλήνα και το τρεχούμενο υγρό. Ο ήχος ανακλάται πίσω στον αισθητήρα από σωματίδια ή φυσαλίδες που υπάρχουν στο υγρό. Για παράδειγμα, αν το υγρό ρέει, η ηχώ επιστρέφει σε διαφορετική συχνότητα ανάλογη της ταχύτητας ροής. Οι μετρητές ροής doppler μετρούν διαρκώς αυτές τις μεταβολές συχνότητας για να υπολογίσουν τη ροή.

Το «φαινόμενο doppler» παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1842 από έναν Αυστριακό φυσικό, τον Christian Doppler. Η τεχνική doppler εφαρμόζεται μόνο σε υγρά που περιέχουν σωματίδια ή φυσαλίδες που αντανακλούν το σήμα.[9]

Υπάρχουν ορισμένα «δύσκολα» υγρά που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στους κανονικούς μετρητές ροής: παχύρρευστα, κατακάθια, λήμματα, στιλβωτικά, διαβρωτικά χημικά κλπ. Επιπλέον, λόγω της εξωτερικής εγκατάστασης του αισθητήρα δεν προκαλείται πτώση της πίεσης ή παρεμπόδιση του υγρού.

Για καλύτερα αποτελέσματα οι αισθητήρες doppler πρέπει να τοποθετούνται μακριά από αναταράξεις και διαταραχές της ροής, όπως γωνίες σωληνώσεων και μακριά από εξαρτήματα επιτάχυνσης της ροής, όπως πχ βαλβίδες ελέγχου και αντλίες. Η τυπική ακρίβεια είναι  $\pm 2\%$  της πλήρους κλίμακας. Το σύστημα περιλαμβάνει ένα δετό αισθητήρα, καλώδιο σύνδεσης και μονάδα ελέγχου, που μπορεί να τοποθετηθεί σε μια βολική θέση (εντός 150 m). Οι αισθητήρες αυτού του είδους θεωρούνται εξαιρετικά ασφαλείς για εφαρμογές σε επικίνδυνες περιοχές.[9]

- Αισθητήρες Laser Θερμιδομετρικοί

Σε πολλούς τομείς της βιομηχανικής παραγωγής τα υγρά και τα αέρια παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στον ποιοτικό έλεγχο και στην ασφάλεια λειτουργίας. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής που βασίζονται στη θερμιδομετρική αρχή είναι οι πλέον κατάλληλοι για την ορθή επιτήρηση ροής. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής βασίζονται στην αρχή της θερμικής αγωγιμότητας. Ο επιτηρητής ροής αποτελείται από έναν αισθητήρα, ο οποίος μετατρέπει το φυσικό μέγεθος σε ένα ηλεκτρικό σήμα και ένα ελεγκτή που μετατρέπει τα σήματα του αισθητήρα σε δυαδικό σήμα εξόδου. Ο αισθητήρας τοποθετείται εντός του μέσου σε επαφή με αυτό.[9]

## ➤ 2.4 Αισθητήρες Πίεσεως

Η Πίεση και η μηχανική τάση έχουν τον ίδιο βασικό ορισμό, καθώς αποτελούν μέτρα της δύναμης που ασκείται πάνω σε μία επιφάνεια. Επομένως μετρούνται και τα δύο με τις ίδιες μονάδες, που είναι «νιούτον ανά τετραγωνικό μέτρο( $\text{Nm}^{-2}$ )». Η λέξη πίεση αποτελεί ένα γενικό όρο και γενικά είναι μία μορφή μηχανικής τάσης. Όταν αναλύουμε τη δύναμη που παράγεται από ένα ρευστό, για

παράδειγμα τον αέρα ή κάποιο υγρό, χρησιμοποιούμε συνήθως τη λέξη «πίεση». Η δύναμη που προκαλείται από ένα στερεό αντικείμενο ή ασκείται σε ένα στερεό αντικείμενο, αναφέρεται ως μηχανική τάση.

Οι αισθητήρες που μετρούν την πίεση, η οποία ασκείται σε υγρά ή αέρια, ονομάζονται αισθητήρες πίεσεως. Ένας μετατροπέας πίεσεως ανιχνεύει ενέργεια με την μορφή πίεσης και τη μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα (ρεύμα ή τάση). Η σχέση ανάμεσα στην πραγματική ηλεκτρική έξοδο και στην θεωρητική κλίμακα της πίεσης του οργάνου ορίζεται ως η ακρίβεια του μετατροπέα ή μεταδότη. Η πίεση είναι μια σημαντική παράμετρος στις βιομηχανικές εφαρμογές, στην διαχείριση συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, όπως επίσης και σε μετεωρολογικούς σταθμούς.[9]

- Ελαστικοί αισθητήρες πίεσης

Οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης (elastic pressure sensors) ονομάζονται έτσι, επειδή κάποιο τμήμα τους μπορεί να καμφθεί, να τεντωθεί ή παροδικά να παραμορφωθεί, όταν εφαρμόζεται σε αυτό μία πίεση.

**Σημαντικό σημείο:** Οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης αρχικά μετατρέπουν την πίεση σε μετατόπιση.

Ένας μετρητής πίεσης με σωλήνα Bourdon μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτή τη μέτρηση. Έχει ονομαστεί από τον Eugene Bourdon και είναι ο πιο δημοφιλής μετρητής πίεσης. Οι σωλήνες Bourdon κατασκευάζονται στην απλούστερη περίπτωση από μεταλλικά κράματα, όπως είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας και ο ορείχαλκος. Αποτελούνται από ένα σωλήνα με ελλειπτική ή οβάλ διατομή, ο οποίος είναι σφραγισμένος στο ένα άκρο. Ο σωλήνας συνδέεται με μία ενδεικτική βελόνα. Η βελόνα μετακινείται επάνω σε μια βαθμονομημένη κλίμακα. Όταν εφαρμόζεται κάποια πίεση, η κίνηση του σωλήνα είναι σχετικά μικρή και έτσι για να αυξηθεί η απόκλιση της βελόνας πραγματοποιείται



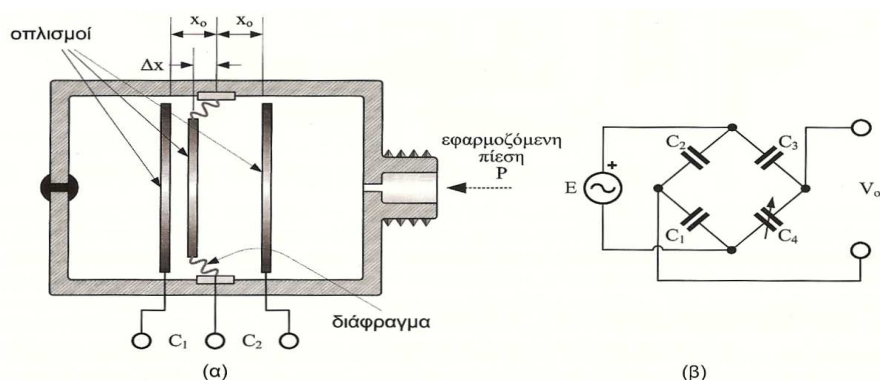
μηχανική ενίσχυση. Στην περίπτωση μετρήσεων από απόσταση, η μετατόπιση που υφίσταται ο σωλήνας Bourdon λόγω αλλαγών πίεσης μπορεί να ανιχνευθεί από κάποιον κατάλληλο αισθητήρα μετατόπισης.

Υπάρχουν διάφορες μορφές σωλήνων Bourdon, όπως είναι ο σπειροειδής, ο ελικοειδής και ο συνεστραμμένος. Οι σωλήνες Bourdon τείνουν να είναι σχετικά φθηνοί, επειδή παράγονται μαζικά και έχουν μειωμένο κόστος παραγωγής. Είναι κατάλληλοι για χρήση σε υγρά και αέρια και χρησιμοποιούνται σε ευρύ πεδίο εφαρμογών, βιομηχανικών και οικιακών.

Μερικοί αισθητήρες πίεσης ονομάζονται με βάση, τη μέθοδο που χρησιμοποιούν για να μετρούν αυτήν την μετατόπιση, όπως οι *πιεζοηλεκτρικοί* και οι *χωρητικοί αισθητήρες πίεσης*.

- Χωρητικοί Αισθητήρες Πίεσης

Η κατασκευή ενός χωρητικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης απεικονίζεται στο σχήμα 2.4.1. Το διάφραγμα βρίσκεται ανάμεσα σε δύο οπλισμούς, οπότε το διάφραγμα και κάθε οπλισμός σχηματίζουν έναν πυκνωτή. Οι δύο πυκνωτές συνδέονται σε γέφυρα, όπως φαίνεται στο σχήμα, η οποία ισορροπεί όταν η εφαρμοζόμενη πίεση είναι μηδέν. Η κίνηση του διαφράγματος εξαιτίας της εφαρμοζόμενης πίεσης μεταβάλλει τη χωρητικότητα των πυκνωτών, η ισορροπία της γέφυρας διαταράσσεται και συνακόλουθα αναπτύσσεται τάση ανάλογη της πίεσης.[41]



**Σχήμα 2.4.1 Χωρητικός αισθητήρας απόλυτης πίεσης : (α) Η κατασκευή και (β) Η γέφυρα μέτρησης**

Οι τιμές των χωρητικών  $C_1$  και  $C_2$  σε σχέση με τη θέση του διαφράγματος δίνονται από τις σχέσεις:

$$C_1 = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{x_0 - \Delta x} \quad \text{και} \quad C_2 = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{x_0 + \Delta x}$$

όπου η  $\epsilon_r$  είναι η σχετική διηλεκτρική σταθερά του υλικού ανάμεσα στους οπλισμούς και  $\epsilon_0$  είναι η διηλεκτρική σταθερά του κενού με τιμή:

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} [\text{Cb}^2 \text{J}^{-1} \text{m}^{-1}]$$

Το  $A$  είναι η ενεργός επιφάνεια των οπλισμών,  $x_0$  η απόσταση του κάθε οπλισμού από το μεσαίο οπλισμό στη θέση ισορροπίας και  $\Delta x$  η μετατόπιση του μεσαίου οπλισμού (διάφραγμα) μετά την εφαρμογή της πίεσης.

Από τις παραπάνω σχέσεις προκύπτει:

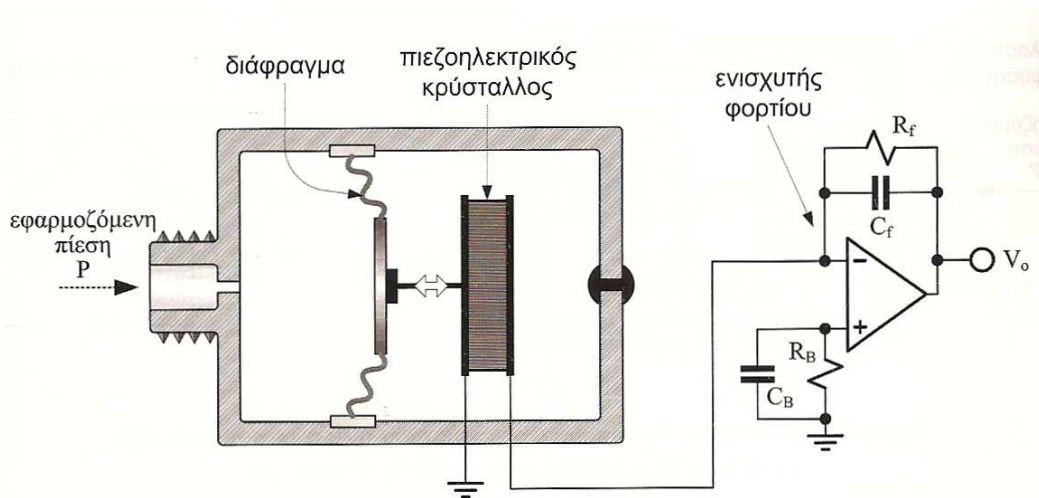
$$\frac{\Delta x}{x_0} = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}$$

Εναλλακτικά, αντί για συνδεσμολογία γέφυρας, η μεταβλητή χωρητικότητα χρησιμοποιείται, ώστε να προκαλεί μεταβολή της συχνότητας ενός ταλαντωτή, οπότε η συχνότητα του ταλαντωτή είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης πίεσης. Οι χωρητικοί αισθητήρες πίεσης έχουν καλή ακρίβεια, αλλά παρουσιάζουν ευαισθησία στις ταλαντώσεις και τη θερμοκρασία.

#### • Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες Πίεσης

Λόγω των δυναμικών χαρακτηριστικών λειτουργίας των πιεζοηλεκτρικών υλικών, οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση δυναμικών φαινομένων πίεσης (πχ. λόγω εκρήξεων, δονήσεων σε κινητήρες κλπ.). Η κατασκευή ενός πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης παρουσιάζεται στο σχήμα 2.4.2.

Όταν εφαρμόζεται η μετρούμενη πίεση προκαλείται μετατόπιση του διαφράγματος. Για τη μέτρηση αυτής της μετατόπισης χρησιμοποιείται ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος.



Σχήμα 2.4.2 Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας απόλυτης πίεσης με τον αντίστοιχο ενισχυτή φορτίου

Όταν χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί αισθητήρες μετατόπισης, η μέθοδος ανίχνευσης της αλλαγής πίεσης χρησιμοποιεί ένα διάφραγμα. Ολοκληρώνοντας οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης μετρούν την πίεση διαφορετικά.[14]

## ➤ 2.5 Αισθητήρες Θερμοκρασίας

Θερμοκρασία ονομάζεται ο βαθμός κατά τον οποίο ένα σώμα, ουσία ή μέσο είναι θερμό σε σύγκριση με κάποιο άλλο. Όταν μετράμε τη θερμοκρασία συγκρίνουμε το βαθμό θερμότητας με κάποιο άλλο συγκεκριμένο σημείο αναφοράς χρησιμοποιώντας κάποιες θερμοκρασιακές κλίμακες.

Η θερμοδυναμική κλίμακα Κέλβιν χρησιμοποιεί το απόλυτο μηδέν ως σημείο αναφοράς. Η κλίμακα Κελσίου χρησιμοποιεί ως πρώτο σημείο αναφοράς το σημείο πήξης του νερού ( $0^{\circ}\text{C}$ ) και ως δεύτερο σημείο αναφοράς το σημείο βρασμού του νερού ( $100^{\circ}\text{C}$ ). Η θερμοκρασία είναι ένα από τα συνηθέστερα μετρούμενα φυσικά μεγέθη. Για το λόγο αυτό ο αριθμός των αισθητήριων και των τρόπων μέτρησης είναι ένας μακρύς δρόμος. Η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει με αισθητήρες επαφής και υπερύθρων.[9]

- Αισθητήρες Θερμοκρασίας με επαφή

Σε εφαρμογές μέτρησης θερμοκρασίας συναντάμε συνήθως θερμοζεύγη επαφής και θερμοαντιστάσεις (RTD). Στα RTD η αγωγιμότητα αυξάνεται όσο αυξάνεται και η θερμοκρασία. Ο θετικός αυτός συντελεστής ονομάζεται «Άλφα» και εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το RTD. Για παράδειγμα, ο χαλκός έχει συντελεστή 0,0038, η πλατίνα 0,0039, το βολφράμιο 0,0045 και το νικέλιο 0,0067.

Στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται η αποδοτικότητα και η γραμμικότητά του και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο αισθητήρα. Το εύρος λειτουργίας του κυμαίνεται στις θερμοκρασίες από (-400° C) μέχρι (+1700 ° C). Το καλύτερο υλικό είναι η πλατίνα, η οποία χρησιμοποιείται για μετρήσεις σε θερμοκρασίες από (-270 ° C) μέχρι (+660 ° C). Ο πίνακας που ακολουθεί αναφέρεται στις θερμοκρασίες και στις αντίστοιχες τιμές της αντίστασης του RTD

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (F)	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (Ω)
0	93,01
32	100
100	114,68
200	135,97
300	156,90
400	177,47
500	197,70
600	217,56
700	237,06
800	256,21
900	274,99

**Πίνακας 2.5.1 Αναφορά θερμοκρασιών και αντίστοιχων τιμών αντιστάσεων RTD**

Η καρδιά ενός τυπικού RTD είναι ένα αισθητήριο στοιχείο κατασκευασμένο από μία συρμάτινη πλατίνα περιτριγυρισμένη από ένα κεραμικό πηνίο.

Το στοιχείο αυτό προσεχτικά τοποθετημένο και ακινητοποιημένο ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος καταστροφής και καταπόνησης. Επίσης η βάση του είναι από ανοξείδωτο ατσάλι με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχει καλή μεταφορά θερμοκρασίας και προστασία από την υγρασία.

Εξαιτίας της μεγάλης ηλεκτρικής εξόδου, το RTD παρέχει ακρίβεια στην είσοδο σε καταγραφικά, ελεγκτές, σαρωτές και υπολογιστές. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του είναι το μέγεθός του, αφού δεν ξεπερνάει το μέγεθος της μύτης ενός μολυβιού.

- Αισθητήρες Θερμοκρασίας χωρίς επαφή (Υπερύθρων)

Σε πολλές βιομηχανίες, οι διεργασίες λαμβάνουν χώρα κάτω από πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ο σωστός αυτοματισμός και ο ποιοτικός έλεγχος απαιτεί ασφαλή ανίχνευση και επιτήρηση των θερμοκρασιών από απόσταση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες θερμότητας απορροφούν τη θερμική ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα.

Το πλεονέκτημα της έλλειψης μηχανικής επαφής μεταξύ του αισθητήρα και του αντικειμένου καθιστά τους υπέρυθρους αισθητήρες ιδανικούς για εφαρμογές επιτήρησης θερμοκρασίας, όπως πχ. κινούμενα αντικείμενα σε χώρους με δύσκολη πρόσβαση, αγωγή ή κολλώδη υλικά σε διαβρωτικά μέσα, όπου αφενός απαιτούνται μικροί χρόνοι απόκρισης και αφετέρου είναι επικίνδυνη η απ' ευθείας επαφή.[9]

## ➤ 2.6 Αισθητήρες Στάθμης

Η μέτρηση στάθμης αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των διαδικασιών ελέγχου και χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανίες. Τέτοιες βιομηχανίες παρέχουν αισθητήρες για μέτρηση στάθμης σημείου/σημείων και συνεχούς μετρήσεως.

Οι αισθητήρες στάθμης σημείου/σημείων χρησιμοποιούνται γενικά για έλεγχο υψηλής/χαμηλής στάθμης, ελάχιστου και μέγιστου ύψους στάθμης ή για ενεργοποίηση συναγερμού. Οι αισθητήρες στάθμης συνεχούς μέτρησης χρησιμοποιούνται για μέτρηση της στάθμης εντός ορισμένων ορίων και εξασφαλίζουν συνεχή επιτήρηση στάθμης.[9]

- Αισθητήρες Στάθμης Σημείων

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για έλεγχο σημείων είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν λύσεις σε πολλές εφαρμογές.

Παραδείγματα αισθητήρων Στάθμης Σημείων είναι :

- Προσέγγισης χωρητικοί
- Χωρητικότητας
- Φωτοκύτταρων
- Υπερήχων
- Λείζερ
- Υπερύθρων

- Αισθητήρες Συνεχής Στάθμης

Παραδείγματα αισθητήρων Συνεχής Στάθμης είναι:

- Χωρητικότητας
- Υπερήχων
- Πίεσης
-

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για συνεχή μέτρηση στάθμης είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν μια αναλογική έξοδο που αντιστοιχεί με το περιεχόμενο της δεξαμενής. Οι αισθητήρες υπερήχων τοποθετούνται στην κορυφή της δεξαμενής ή σε κάποια θέση πάνω από το υπό μέτρηση υλικό.

Ο αισθητήρας μεταδίδει συνεχώς ηχητικούς παλμούς υψηλής συχνότητας (τυπικά 42 kHz), οι οποίοι ανακλώνται στην επιφάνεια του υλικού και κατόπιν επιστρέφουν στον αισθητήρα. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του οργάνου μετράνε τον χρόνο που μεσολαβεί από την εκπομπή μέχρι τη λήψη του ηχητικού σήματος. Με αναφορά την ταχύτητα του ήχου στον αέρα, η ακριβής απόσταση της επιφάνειας του υγρού από τον αισθητήρα μπορεί να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια ( $\pm 0.25\%$  της μέγιστης κλίμακας).

Καθώς η ταχύτητα του ήχου επηρεάζεται από την θερμοκρασία του αέρα, οι αισθητήρες στάθμης υπερήχων διαθέτουν έναν ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας. Επίσης γίνεται αυτόματη αντιστάθμιση των μετρήσεων στάθμης/απόστασης σε όλη την κλίμακα θερμοκρασίας του αισθητήρα.

Ο αισθητήρας πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να «βλέπει» απ' ευθείας στην επιφάνεια του υλικού και μακριά από σκάλες, σωλήνες και άλλα εμπόδια. Συνίσταται μια απόσταση 30 cm από το πλευρικό τοίχωμα για κάθε 3 m βάθους. Η ανεπιθύμητη ηχώ από αναδευτήρες (που κινούνται κάτω από τον αισθητήρα) από αναταραχές και κύματα φιλτράρονται και αγνοούνται από το όργανο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι από απλούς μεταδότες στάθμης 4-20mA μέχρι έξυπνα συστήματα επιτήρησης, ελέγχου και καταγραφής.[9]

## ➤ **2.7 Αισθητήρες Υγρασίας**

Η υγρασία είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους, που μετρούνται μαζί με την θερμοκρασία. Η υγρασία είναι στην πράξη μόρια νερού στον αέρα και πολλές χημικές αντιδράσεις, διαδικασίες ξήρανσης, μετεωρολογικές παράμετροι ακόμα και οι συνθήκες εργασίας μέσα στα γραφεία επηρεάζονται από αυτήν. Πρέπει να διακρίνουμε την απόλυτη από την σχετική υγρασία του αέρα.

Η *απόλυτη υγρασία* είναι το βάρος του περιεχομένου του νερού στον αέρα, δηλαδή η πυκνότητα του νερού. Η μονάδα μέτρησης είναι gr/m<sup>3</sup>.

Η *σχετική υγρασία* δείχνει το ποσοστό της μέγιστης δυνατής ποσότητας υδρατμού στον αέρα με αναφορά την θερμοκρασία τη στιγμή της μέτρησης. Η μέτρηση γίνεται επί τοις εκατό (%). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης της σχετικής υγρασίας.[9]

## ➤ **2.8 Αισθητήρες ταχύτητας**

Η διατήρηση της ροής του αέρα σε επιθυμητό επίπεδο είναι κρίσιμη σε ορισμένες εφαρμογές, ειδικά σε συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού. Η ταχύτητα αέρα (διανυόμενη απόσταση ανά μονάδα χρόνου) εκφράζεται συνήθως σε πόδια ανά λεπτό ή σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec). Ο όγκος του αέρα μπορεί να προσδιοριστεί πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα του αέρα με την επιφάνεια της εγκάρσιας τομής ενός αγωγού. Συνήθως μετριέται σε κυβικά πόδια ανά λεπτό (cfm) ή κυβικά μέτρα ανά ώρα (m<sup>3</sup>/h). [9]

## ➤ **2.9 Αισθητήρες Ανίχνευσης Αερίων**

Η καθημερινή χρήση του αερίου (φυσικού ή υγραερίου) για μαγείρεμα, θέρμανση, ζεστό νερό, αλλά και η χρήση διαφόρων αερίων και των παραγώγων τους στη βιομηχανία δημιουργεί την ανάγκη ανίχνευσης των πιθανών διαρροών, που μπορεί να προκληθούν, είτε από το σύστημα διανομής, είτε ακόμη και από τις ίδιες τις συσκευές αερίου.

### • Τύποι Ανιχνευτών

Υπάρχουν πολλοί τύποι ανιχνευτών. Οι διαφορές συνίστανται συνήθως στην μέθοδο ανίχνευσης, που έχει σχέση με τον τύπο του αισθητήρα (gas sensor) και



στην κατηγορία του περιβάλλοντος, όπου λειτουργούν (π.χ. αντιεκρηκτικού τύπου).

- Τύποι Αισθητήρα (GAS SENSOR)

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι αισθητήρα είναι:

- » α. Καταλυτικοί με πυρακτωμένο στοιχείο (Hot-wire catalytic type).

Χρησιμοποιούνται πολύ συχνά, κυρίως για ανίχνευση εκρηκτικών αερίων.

- » β. Ηλεκτροχημικοί (Electrochemical type).

Χρησιμοποιούνται πιο σπάνια και κυρίως για ανίχνευση τοξικών αερίων σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση.

- » γ. Υπέρυθροι (IR). Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση τοξικών αερίων σε χαμηλή συγκέντρωση.

## Κεφάλαιο Τρίτο

### « Έξυπνοι Αισθητήρες (Smart Sensors) »

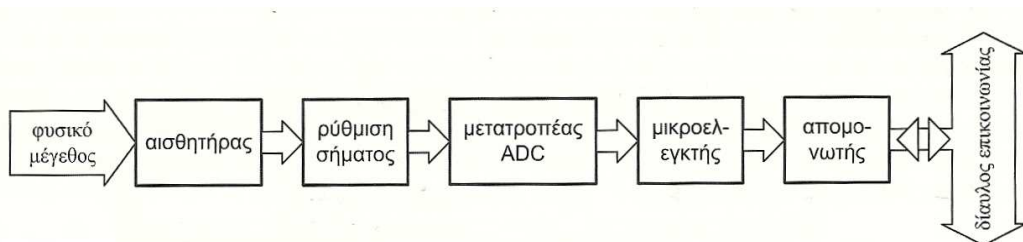


### ➤ 3.1 Εισαγωγή

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 που έχει σημαντική ευφυΐα αλλά δεν είναι πλήρως ενσωματωμένος μπορεί να ονομαστεί *ευφυΐας αισθητήρας* (*intelligent sensor*). Εξίσου, ο ορισμός που προτάθηκε από τους Breckenbridge και Husson λαμβάνει κατά κάποιο τρόπο υπόψη την δουλειά, που 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.

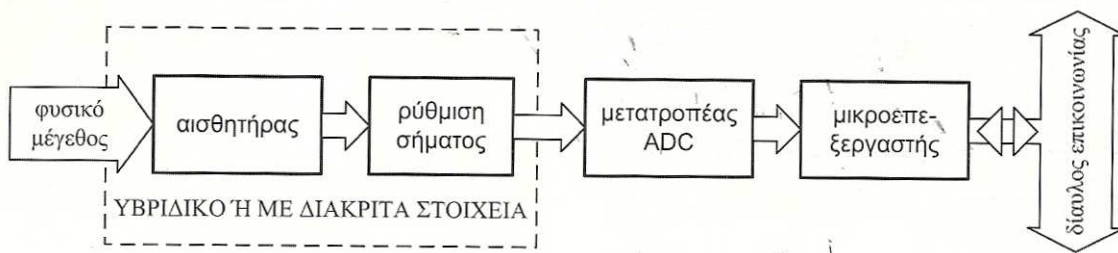
Ενσωματώνει έναν αλγόριθμο, ο οποίος είναι δυνατό να τροποποιηθεί και να έχει ένα συγκεκριμένο βαθμό λειτουργιών μνήμης.»

Οι μέθοδοι σχεδιασμού διατάξεων αισθητήρων έχουν εξελιχθεί χρονικά σε διάφορα στάδια. Οι αισθητήρες «1ης γενιάς» συνδέονται με στοιχειώδη (ή καθόλου) ηλεκτρονικά κυκλώματα ενίσχυσης και επεξεργασίας του σήματος τους, ενώ οι αισθητήρες «2ης γενιάς» αποτελούν τμήμα αναλογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων στα οποία η ρύθμιση και η επεξεργασία του σήματος του αισθητήρα γίνεται μακριά από τον αισθητήρα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1.1



**Σχήμα 3.1.1. Παραστατικό διάγραμμα ενός αισθητήρα 2ης γενιάς.**

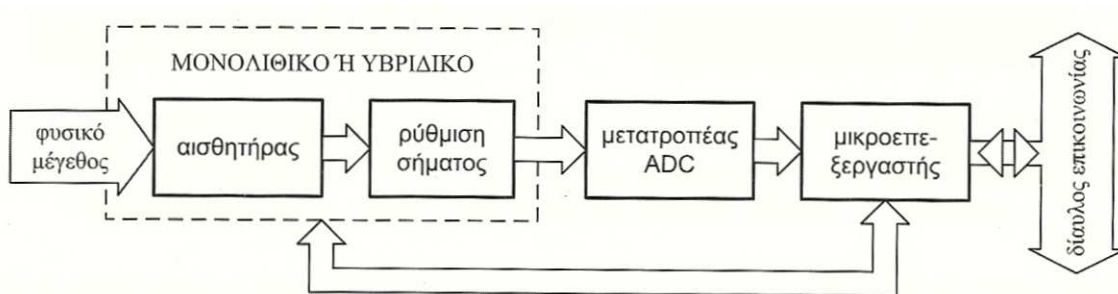
Στους αισθητήρες «3ης γενιάς», ο αισθητήρας και η μονάδα ρύθμισης του σήματος του αισθητήρα αποτελούνται, είτε από διακριτά στοιχεία (ολοκληρωμένα κυκλώματα και παθητικά στοιχεία) στο ίδιο άρθρωμα (module), είτε κατασκευάζονται σε υβριδικά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Η μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και η επεξεργασία των μετρήσεων γίνονται από μετατροπέα A/D και μικροεπεξεργαστή, που βρίσκονται εκτός της διάταξης του αισθητήρα. Το λειτουργικό διάγραμμα ενός αισθητήρα «3ης γενιάς» φαίνεται στο Σχήμα 3.1.2



**Σχήμα 3.1.2** Λειτουργικό διάγραμμα αισθητήρα 3ης γενιάς.

Στους αισθητήρες «4ης γενιάς», ο αισθητήρας και τα κυκλώματα ρύθμισης του σήματος του αισθητήρα κατασκευάζονται στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα, ενώ ο μετατροπέας A/D και τα ψηφιακά κυκλώματα επεξεργασίας και επικοινωνίας υλοποιούνται με διακριτά στοιχεία και βρίσκονται εκτός της διάταξης του αισθητήρα. Η διάταξη του αισθητήρα παράγει αναλογική έξοδο και μπορεί να έχει αμφίδρομη διασύνδεση με το μικροεπεξεργαστή, καθώς και δυνατότητες αυτοελέγχου (self-testing).

Το λειτουργικό διάγραμμα ενός αισθητήρα «4ης γενιάς» παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.1.3.

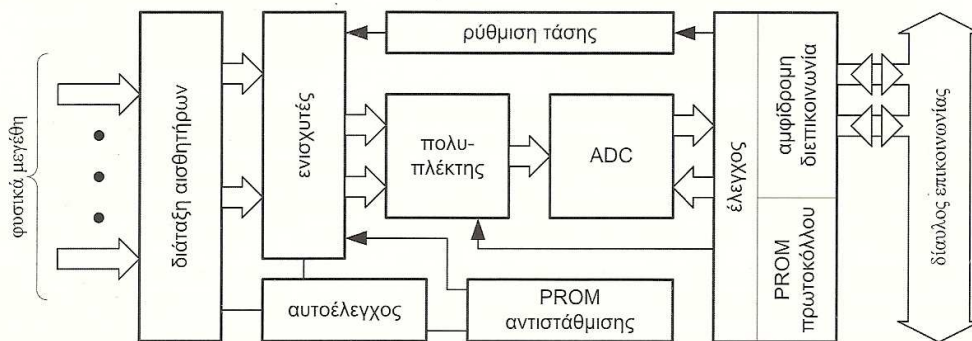


**Σχήμα 3.1.3** Λειτουργικό διάγραμμα αισθητήρα 4ης γενιάς.

Στους αισθητήρες «5ης γενιάς», ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό βρίσκεται στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα με τον αισθητήρα και το ρυθμιστή του σήματος του αισθητήρα. Ανάλογα με τη σχεδίαση τους, αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να παράγουν ψηφιακή έξοδο με δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με μικροελεγκτή ή H/Y ή να υποστηρίζουν το κατάλληλο πρωτόκολλο για την επικοινωνία με το σύστημα υποδοχής (πχ. H/Y, μικροελεγκτής, κλπ.) μέσω συστήματος διαύλου πεδίου (CAN, Foundation Fieldbus κλπ.) ή μέσω ασύρματου δικτύου.

Επίσης, περιλαμβάνουν δυνατότητες: (α) μέτρησης σημάτων από πολλούς αισθητήρες, (β) αυτοελέγχου (ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων των μετρήσεων) και (γ) αντιστάθμισης παραγόντων που επηρεάζουν τη λειτουργία του αισθητήρα (πχ. θερμοκρασία, υγρασία, κλπ). Όλες οι παραπάνω λειτουργίες υλοποιούνται με κυκλώματα που αποτελούν τις διατάξεις ρύθμισης και επεξεργασίας του σήματος του αισθητήρα και κατασκευάζονται στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα με τον αισθητήρα.

Το λειτουργικό διάγραμμα ενός αισθητήρα «5ης γενιάς» φαίνεται στο Σχήμα 3.1.4



**Σχήμα 3.1.4** Αισθητήρας 5<sup>ης</sup> γενιάς που έχει κατασκευαστεί με τεχνολογία VLSI

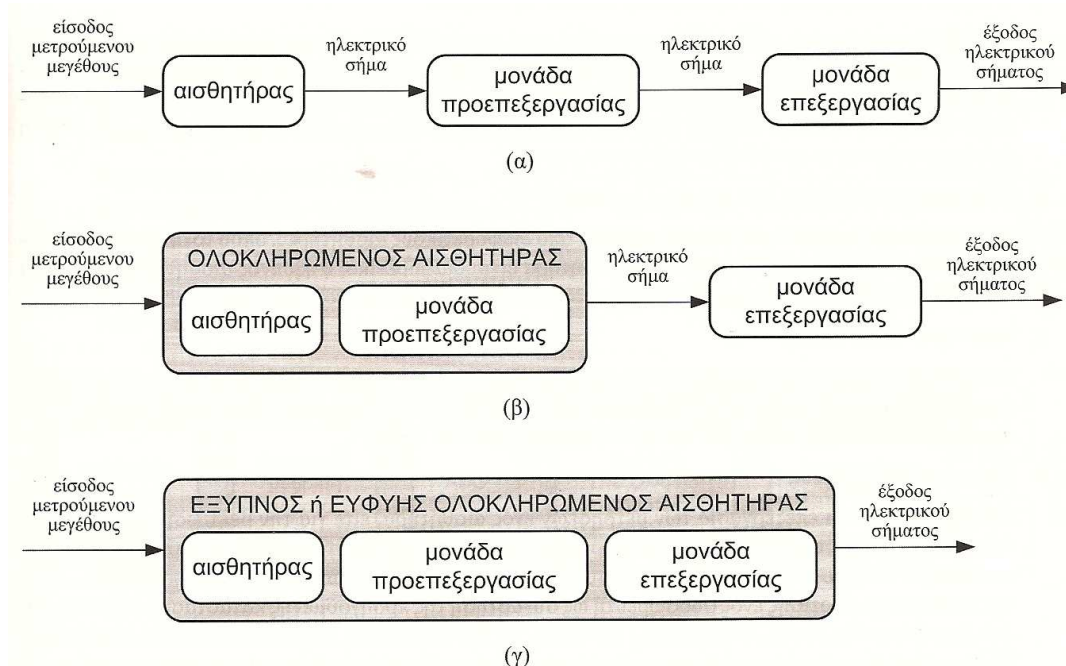
Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι διατάξεις μέτρησης με αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής τους, στις ακόλουθες κατηγορίες:

**1.** Ο αισθητήρας, η μονάδα προεπεξεργασίας, που πραγματοποιεί τη ρύθμιση του σήματος του αισθητήρα (πχ. ενίσχυση, φιλτράρισμα κλπ.) και η μονάδα επεξεργασίας, που υπολογίζει το μετρούμενο μέγεθος σύμφωνα με τις μετρήσεις

που παρέχει ο αισθητήρας αποτελούνται από διακριτά κυκλώματα, Σχήμα 3.1.5(α). Όλοι οι αισθητήρες «1ης και 2ης γενιάς», καθώς και μερικοί από τους αισθητήρες «3ης γενιάς» ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.

2. Ο αισθητήρας και η μονάδα προεπεξεργασίας κατασκευάζονται πάνω στο ίδιο μονολιθικό ή υβριδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα και αποτελούν έναν ολοκληρωμένο αισθητήρα, Σχήμα 3.1.5(β). Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν μερικοί από τους αισθητήρες «3ης γενιάς» και όλοι οι αισθητήρες «4ης γενιάς».

3. Τόσο ο αισθητήρας, όσο και οι μονάδες προεπεξεργασίας και επεξεργασίας περιλαμβάνονται στο ίδιο υβριδικό ή μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα και αποτελούν έναν έξυπνο ή ευφυή ολοκληρωμένο αισθητήρα (smart sensor), Σχήμα 3.1.5(γ). Οι αισθητήρες «5ης γενιάς» ανήκουν σε αυτή την κατηγορία.



**Σχήμα 3.1.5. Ταξινόμηση διατάξεων αισθητήρων σε σχέση με τον τρόπο κατασκευής τους: (α) Σύστημα αισθητήρα με διακριτά κυκλώματα προεπεξεργασίας και επεξεργασίας, (β) Ολοκληρωμένος αισθητήρας και (γ) Έξυπνος αισθητήρας.**

## ➤ 3.2 Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των έξυπνων αισθητήρων

Σε έναν έξυπνο αισθητήρα, εκτός από τον υπολογισμό του μετρούμενου μεγέθους, η μονάδα επεξεργασίας πραγματοποιεί λειτουργίες, όπως αυτοέλεγχο, πολυανίχνευση (multisensing), αυτόματη βαθμονόμηση (auto-calibration), 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 που 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 που 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 που 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 επίσης τις παρακάτω σημαντικές λειτουργίες:

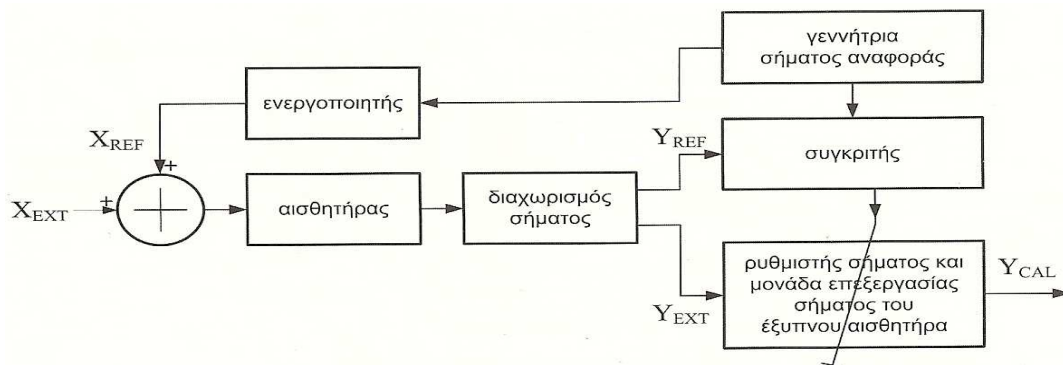
- Αυτόματη βαθμονόμηση

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



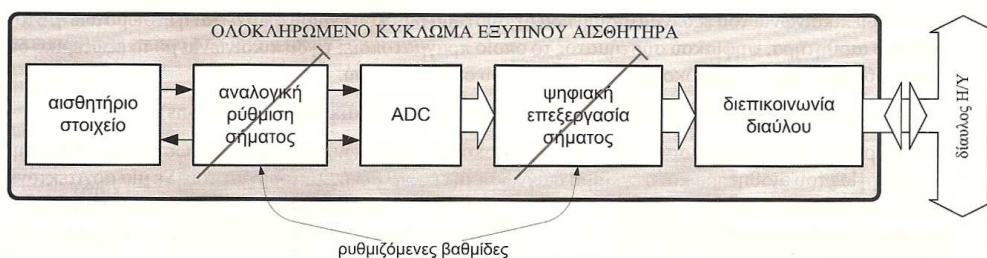
Το γενικό διάγραμμα της διαδικασίας αυτόματης βαθμονόμησης σε έναν έξυπνο αισθητήρα φαίνεται στο Σχήμα 3.2.1.



**Σχήμα 3.2.1 Το γενικό διάγραμμα της διαδικασίας αυτοβαθμονόμησης σε έναν έξυπνο αισθητήρα.**

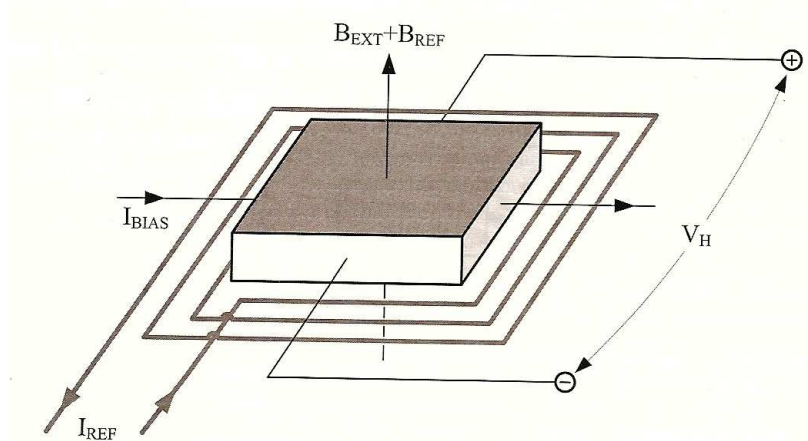
Το σήμα βαθμονόμησης  $X_{REF}$ , που παράγεται εσωτερικά στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του έξυπνου αισθητήρα με τη βοήθεια ενός ενεργοποιητή χρησιμοποιείται ως διέγερση του αισθητήρα ταυτόχρονα με την εξωτερική διέγερση  $X_{EXT}$ , που μετράται από τον έξυπνο αισθητήρα. Η απόκριση που οφείλεται στην εσωτερικά παραγόμενη διέγερση  $Y_{REF}$ , διαχωρίζεται από την απόκριση  $Y_{EXT}$ , η οποία οφείλεται στη μετρούμενη διέγερση  $X_{EXT}$ .

Στη συνέχεια, το παραγόμενο σήμα  $Y_{REF}$  συγκρίνεται με γνωστό σήμα αναφοράς. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της συνάρτησης μεταφοράς του ρυθμιστή σήματος και της μονάδας επεξεργασίας σήματος του έξυπνου αισθητήρα, όπως φαίνεται στο διάγραμμα του Σχήματος 3.2.2. Η διαδικασία αυτοβαθμονόμησης έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή από τον έξυπνο αισθητήρα του διορθωμένου σήματος μέτρησης  $Y_{CAL}$ , όταν η αντίστοιχη απόκριση λόγω του μετρούμενου μεγέθους  $X_{EXT}$ , είναι η  $Y_{EXT}$ .



**Σχήμα 3.2.2 Η ρύθμιση της συνάρτησης μεταφοράς διατάξεων του έξυπνου αισθητήρα κατά τη διαδικασία της αυτοβαθμονόμησης.**

Ένα παράδειγμα διάταξης αυτοβαθμονόμησης ενός αισθητήρα Hall του οποίου η ευαισθησία μεταβάλλεται (πχ. λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας) κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, φαίνεται στο Σχήμα 3.2.3. Χρησιμοποιείται μια περιέλιξη, η οποία έχει κατασκευαστεί μέσα στο ολοκληρωμένο κύκλωμα του αισθητήρα. Κατά τη διαδικασία της αυτοβαθμονόμησης, η περιέλιξη αυτή διαρρέεται από καθορισμένο ρεύμα  $I_{REF}$  το οποίο προκαλεί την ανάπτυξη ενός μαγνητικού πεδίου με μαγνητική επαγωγή. Το ρεύμα  $I_{REF}$  είναι διαμορφωμένο (πχ. παλμικό) σε συχνότητα διαφορετική από αυτή του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου που μετρείται από τον αισθητήρα  $B_{EXT}$ , ώστε η απόκριση του αισθητήρα λόγω του πεδίου  $B_{REF}$  να μπορεί να διαχωριστεί από την αντίστοιχη απόκριση του λόγω του πεδίου  $B_{EXT}$ . Η τιμή της τάσης εξόδου του αισθητήρα λόγω του πεδίου  $B_{REF}$  χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση του κέρδους των διατάξεων ενίσχυσης του αισθητήρα, σύμφωνα με τη διαδικασία που έχει περιγραφεί παραπάνω.



**Σχήμα 3.2.3 Παράδειγμα διάταξης αυτοβαθμονόμησης σε ένα αισθητήρα Hall**

- Μείωση της ευαισθησίας σε δευτερεύοντα φυσικά μεγέθη

Η έξοδος ενός αισθητήρα συνήθως επηρεάζεται και από δευτερεύουσες παραμέτρους, εκτός από το φυσικό μέγεθος που μετράει ο αισθητήρας. Για παράδειγμα, η τάση εξόδου ενός αισθητήρα Hall, εκτός από το μετρούμενο μαγνητικό πεδίο μεταβάλλεται και με τη θερμοκρασία, η οποία αποτελεί τη δευτερεύουσα παράμετρο. Για να αυξηθεί η ακρίβεια των μετρήσεων, η ευαισθησία του συστήματος μέτρησης σε δευτερεύουσες παραμέτρους πρέπει να μειωθεί σε αποδεκτά επίπεδα και η διαδικασία αυτή ονομάζεται «cross sensitivity correction»

### **ε. Διεπικοινωνία με σύστημα διαύλου πεδίου**

Για τη διεπικοινωνία του έξυπνου αισθητήρα με σύστημα διαύλου πεδίου απαιτείται η ενσωμάτωση στον έξυπνο αισθητήρα ψηφιακού συστήματος, το οποίο πραγματοποιεί τη διεπικοινωνία με το εξωτερικό δίκτυο σύμφωνα με το πρωτόκολλο λειτουργίας του δικτύου αυτού.

### **ζ. Λειτουργίες παρακολούθησης (monitoring) και διάγνωσης (diagnostic functions)**

Σε εφαρμογές συστημάτων ασφαλείας (πχ. Αερόσακοι αυτοκινήτων) απαιτείται η γνώση της κατάστασης λειτουργίας του αισθητήρα και η έγκαιρη διάγνωση της εσφαλμένης λειτουργίας του. Σε μία αρχιτεκτονική έξυπνου αισθητήρα αυτή η απαίτηση υλοποιείται από το ίδιο το σύστημα του έξυπνου αισθητήρα με μετρήσεις εσωτερικών σημάτων αναφοράς, καθώς και με την εφαρμογή εσωτερικών λειτουργιών ελέγχου (πχ. watchdog timer). Στη συνέχεια, η πληροφορία σχετικά με την κατάσταση λειτουργίας του έξυπνου αισθητήρα μεταδίδεται από τον έξυπνο αισθητήρα σε μία κεντρική μονάδα ελέγχου του συστήματος μέτρησης.

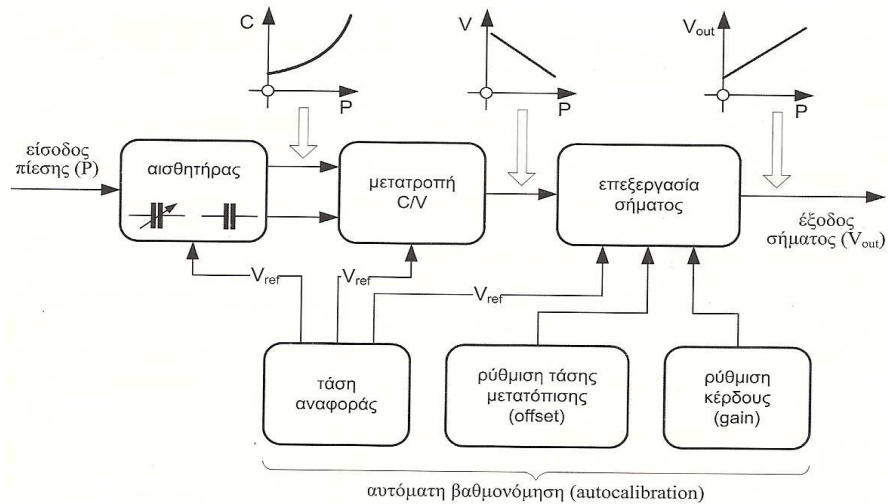
## **➤ 3.3 Παραδείγματα σχεδιασμού έξυπνων αισθητήρων**

### **🚦 Παράδειγμα 1**

Το γενικό διάγραμμα ενός έξυπνου χωρητικού αισθητήρα μέτρησης πίεσης φαίνεται στο Σχήμα 3.3.1. Η χωρητικότητα του αισθητήρα μεταβάλλεται με την μετρούμενη πίεση με μια μη-γραμμική σχέση. Οι διατάξεις μετατροπής της χωρητικότητας του αισθητήρα σε τάση (μετατροπή  $C/V$ ) και επεξεργασίας σήματος κατασκευάζονται στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα με τον αισθητήρα και σχεδιάζονται έτσι ώστε, η τάση εξόδου που παράγεται να μεταβάλλεται γραμμικά σε σχέση με τη μετρούμενη πίεση με ρυθμιζόμενες τιμές τάσης μετατόπισης (offset) και κέρδους (gain).

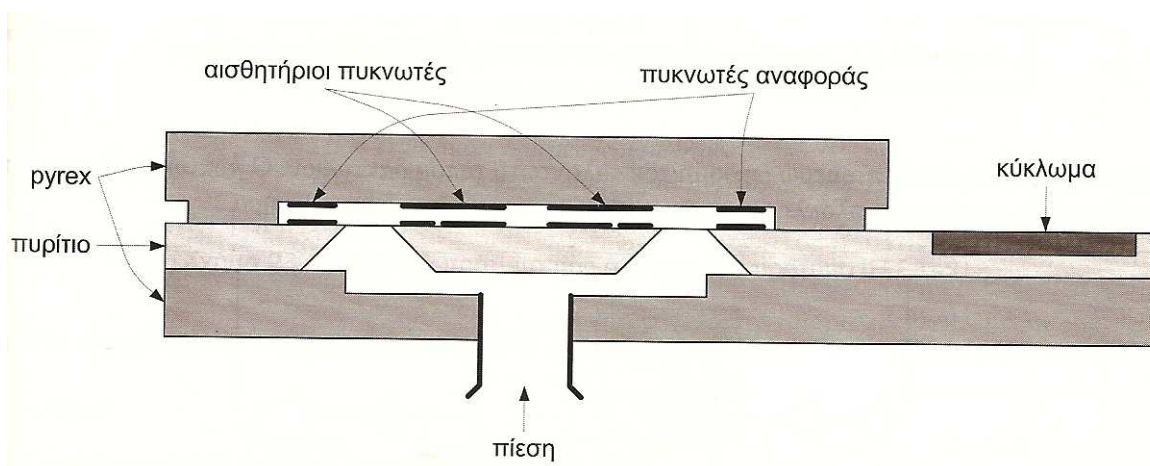
Στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα κατασκευάζεται και η διάταξη παραγωγής της τάσης αναφοράς  $V_{ref}$ , που απαιτείται για την τροφοδοσία των υποσυστημάτων του έξυπνου αισθητήρα.

Για την αντιστάθμιση της μεταβολής της ευαισθησίας του χωρητικού αισθητήρα με τη θερμοκρασία και επομένως για την αύξηση της ακρίβειας των μετρήσεων, η τάση αναφοράς που παράγεται μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία.



**Σχήμα 3.3.1** Λειτουργικό διάγραμμα έξυπνου χωρητικού αισθητήρα πίεσης

Η κατασκευή του ολοκληρωμένου κυκλώματος του έξυπνου χωρητικού αισθητήρα πίεσης παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3.2. Τόσο οι αισθητήριοι πυκνωτές, όσο και τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του έξυπνου αισθητήρα κατασκευάζονται επάνω στο ίδιο στρώμα πυριτίου.

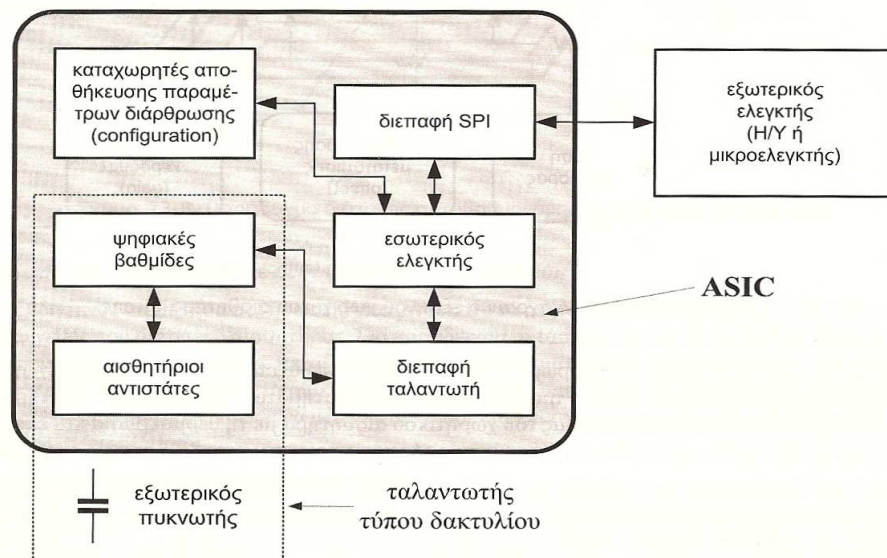


**Σχήμα 3.3.2** Η κατασκευή του ολοκληρωμένου κυκλώματος του έξυπνου χωρητικού αισθητήρα πίεσης.

## Παράδειγμα 2

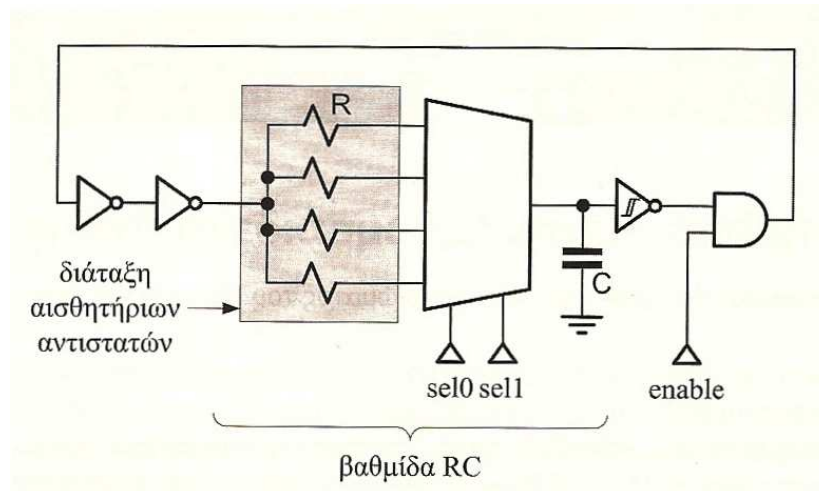
Το γενικό διάγραμμα ενός έξυπνου αισθητήρα για τη μέτρηση της συγκέντρωσης κάποιου αερίου στον ατμοσφαιρικό αέρα φαίνεται στο Σχήμα 3.3.3. Η λειτουργία του αισθητήρα στηρίζεται στην αύξηση της ωμικής αντίστασης του ενεργού υλικού που χρησιμοποιείται, ανάλογα με τη συγκέντρωση του αερίου. Ο τύπος του ενεργού υλικού που χρησιμοποιείται καθορίζεται κατά την κατασκευή του ολοκληρωμένου κυκλώματος και εξαρτάται από το αέριο που πρόκειται να ανιχνευθεί (πχ. χρησιμοποιείται  $\text{SnO}_2$  για την ανίχνευση  $\text{CO}$ , ενεργό υλικό από  $\text{WO}_3$  για την ανίχνευση  $\text{NO}_2$  κλπ.).

Ένας ταλαντωτής τύπου δακτυλίου (ring oscillator) χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός τετραγωνικού σήματος εξόδου με περίοδο ανάλογη της αντίστασης του ενεργού υλικού και επομένως της συγκέντρωσης του αερίου. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν απαιτείται μετατροπέας A/D για τη μετατροπή της εξόδου του αισθητήρα σε ψηφιακό σήμα. Η περίοδος του τετραγωνικού σήματος μετράται με κατάλληλα ψηφιακά κυκλώματα, μετατρέπεται σε ψηφιακό αριθμό των 8 bit και μεταδίδεται σε έναν εξωτερικό ελεγκτή (H/Y ή μικροελεγκτή), μέσω ενός διαύλου επικοινωνίας, που λειτουργεί σύμφωνα με το πρωτόκολλο Serial Protocol Interface (SPI) για περαιτέρω επεξεργασία και αποθήκευση.



Σχήμα 3.3.3. Ο ταλαντωτής τύπου δακτυλίου που χρησιμοποιείται στον έξυπνο αισθητήρα για τη μέτρηση της συγκέντρωσης αερίου στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Στο Σχήμα 3.3.4 φαίνεται λεπτομερώς η δομή του ταλαντωτή τύπου δακτυλίου. Ο πυκνωτής C τοποθετείται εξωτερικά από το χρήστη του ολοκληρωμένου κυκλώματος του έξυπνου αισθητήρα.



Σχήμα 3.3.4. Λειτουργικό διάγραμμα έξυπνου αισθητήρα για τη μέτρηση της συγκέντρωσης αερίου στον ατμοσφαιρικό αέρα.

### ➤ 3.4 Επικοινωνία για έξυπνους αισθητήρες και πρότυπα

Η πληροφορία, η οποία προκύπτει από τη μέτρηση που λαμβάνεται από ένα σύστημα μέτρησης πρέπει να μεταφερθεί σε μία άλλη συσκευή για περαιτέρω επεξεργασία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διασύνδεση των μονάδων που επικοινωνούν δεν μπορεί να γίνει με απλή καλωδίωση από την οποία διέρχονται τα αναλογικά σήματα μέτρησης. Αντίθετα αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται μέσω των συστημάτων διεπικοινωνίας που είναι διαθέσιμα για τα συστήματα μέτρησης, στα οποία η λειτουργία τους βασίζεται σε κατάλληλες μεθόδους μετάδοσης της πληροφορίας των μετρήσεων.

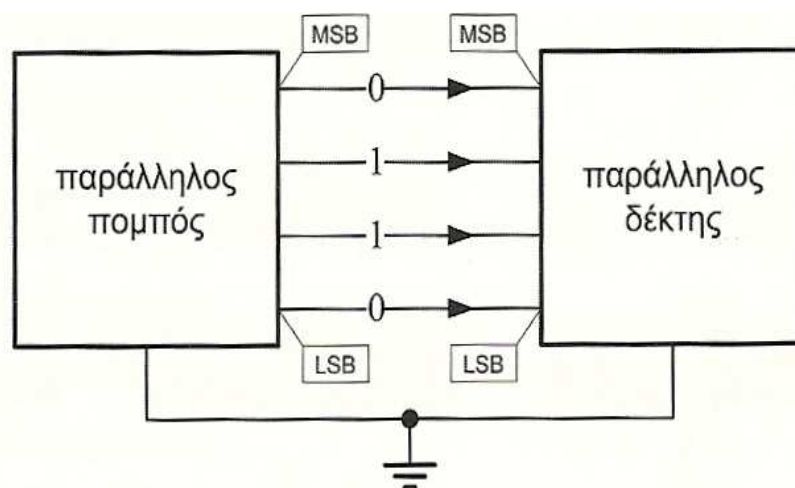
Σε πολλές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα σε αυτοματισμούς σε κτίρια («έξυπνα κτίρια»), η πληροφορία που συλλέγεται από τα συστήματα μετρήσεων πρέπει να μεταδίδεται σε απομακρυσμένα συστήματα επεξεργασίας των μετρήσεων. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται τηλεμετρία.(telemetry)

Εκτός από τις εφαρμογές της τηλεμετρίας, η δυνατότητα διεπικοινωνίας των διατάξεων μέτρησης είναι επίσης απαραίτητη για την ανάπτυξη συστημάτων μέτρησης και ελέγχου, τα οποία αποτελούνται από δίκτυα, αποτελούμενα από αισθητήρες, ενεργοποιητές και ελεγκτές. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται και συστήματα διαύλου πεδίου και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές.

- Παράλληλη επικοινωνία:

Κατά την παράλληλη επικοινωνία(parallel communication) διατίθενται τόσες γραμμές διασύνδεσης, όσα και τα bits της ψηφιακής λέξης που μεταδίδεται και επιπλέον μια γραμμή γείωσης, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 3.4.1.

Πρακτικά απαιτούνται επιπλέον μερικές γραμμές ελέγχου της ροής των δεδομένων.



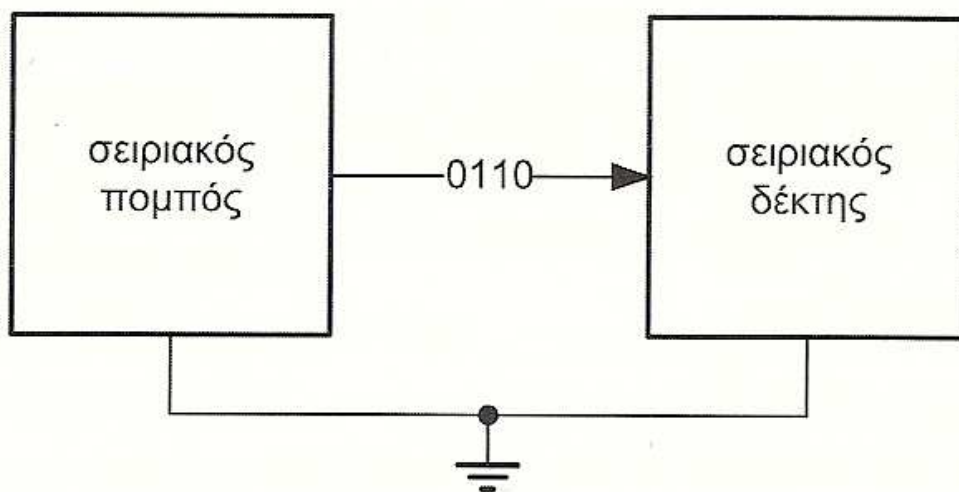
**Σχήμα 3.4.1. Μετάδοση δεδομένων με παράλληλη επικοινωνία**

Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου επικοινωνίας είναι, ότι η απόσταση πομπού – δέκτη δεν μπορεί να είναι μεγάλη και η διασύνδεση απαιτεί πολλές γραμμές.

Έχει όμως το πλεονέκτημα της υψηλής ταχύτητας μετάδοσης, διότι όλα τα bits που συνθέτουν την ψηφιακή λέξη που αποστέλλεται, μεταδίδονται ταυτόχρονα. Παράδειγμα εφαρμογής της παράλληλης επικοινωνίας είναι η διασύνδεση του Η/Υ με έναν εκτυπωτή.

- Σειριακή επικοινωνία:

Η σειριακή επικοινωνία(serial communication) χρησιμοποιείται ευρύτατα και είναι διαθέσιμη, τόσο για τους υπολογιστές, όσο για τις συσκευές μέτρησης(πχ για καταγραφή δεδομένων), όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4.2. Η αποστολή της πληροφορίας γίνεται ανά 1bit(σειριακά), μέχρι να συμπληρωθεί η μετάδοση ολόκληρου του byte, που αποστέλλεται. Είναι πιο αργή από την παράλληλη επικοινωνία, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις.



**Σχήμα 3.4.2. Μετάδοση δεδομένων με σειριακή επικοινωνία**



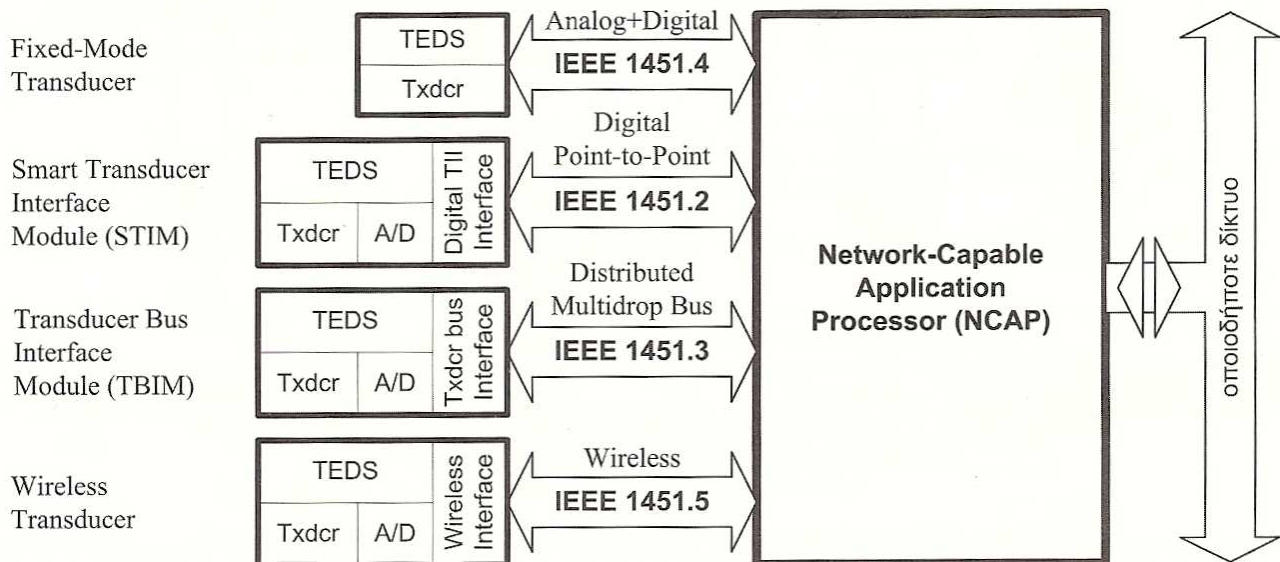
## Πρότυπα Επικοινωνίας

### Το πρότυπο IEEE 1451

Λόγω του μεγάλου αριθμού διαθέσιμων πρωτοκόλλων διαύλων πεδίου και ασύρματων δικτύων η σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων με δυνατότητα σύνδεσης σε τέτοια δίκτυα καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη, διότι κάθε έξυπνος αισθητήρας μπορεί να είναι συμβατός *μόνο* με το συγκεκριμένο δίκτυο για το οποίο έχει αρχικά σχεδιαστεί χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα υποστήριξης νέων τεχνολογιών δικτύων αισθητήρων.

Έτσι, έχει αναπτυχθεί το πρότυπο IEEE 1451, το οποίο είναι ένα σύνολο υποπροτύπων που καθορίζουν τη διεπικοινωνία έξυπνων αισθητήρων (Smart Transducer Interface, STI) με τα συστήματα διαύλων επικοινωνίας ανεξάρτητα από το πρωτόκολλο του διαύλου που χρησιμοποιείται. Ο σκοπός των προτύπων είναι ο διαχωρισμός του σχεδιασμού του αισθητήρα από τον ελεγκτή δικτύου (network controller), ο οποίος υλοποιεί τη διεπικοινωνία με το επιθυμητό σύστημα διαύλου.

Στο Σχήμα 3.4.3 παρουσιάζονται τα διάφορα υποπρότυπα από τα οποία αποτελείται το πρότυπο IEEE 1451. Στο πρότυπο IEEE 1451 η διάταξη του αισθητήρα ονομάζεται *Άρθρωμα Διεπαφής Έξυπνου Μετατροπέα* (Smart Transducer Interface Module - STIM) και ο ελεγκτής δικτύου (network controller) ονομάζεται *Επεξεργαστής Εφαρμογών Δικτυακών Δυνατοτήτων* (Network Capable Application Processor - NCAP).[41]



*TII = Transducer Independent Interface*  
*Txdcrcr = Μετατροπέας (Αισθητήρας ή Ενεργοποιητής)*  
*TEDS = Transducer Electronic Data Sheet*

**Σχήμα 3.4.3. Τα υπό-πρότυπα που ανήκουν στο πρότυπο IEEE 1451.**

- Ακολουθεί περιγραφή των υποπροτύπων του IEEE 1451

#### **IEEE 1451.0**

Καθορίζει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των διαδικασιών ελέγχου και διαχείρισης των δομικών στοιχείων των συστημάτων έξυπνων αισθητήρων, οι οποίες είναι κοινές σε όλα τα υποπρότυπα του IEEE 1451 με στόχο να διευκολύνεται η διαλειτουργικότητα (interoperability) των αναπτυσσόμενων εφαρμογών μεταξύ αυτών των υποπροτύπων.

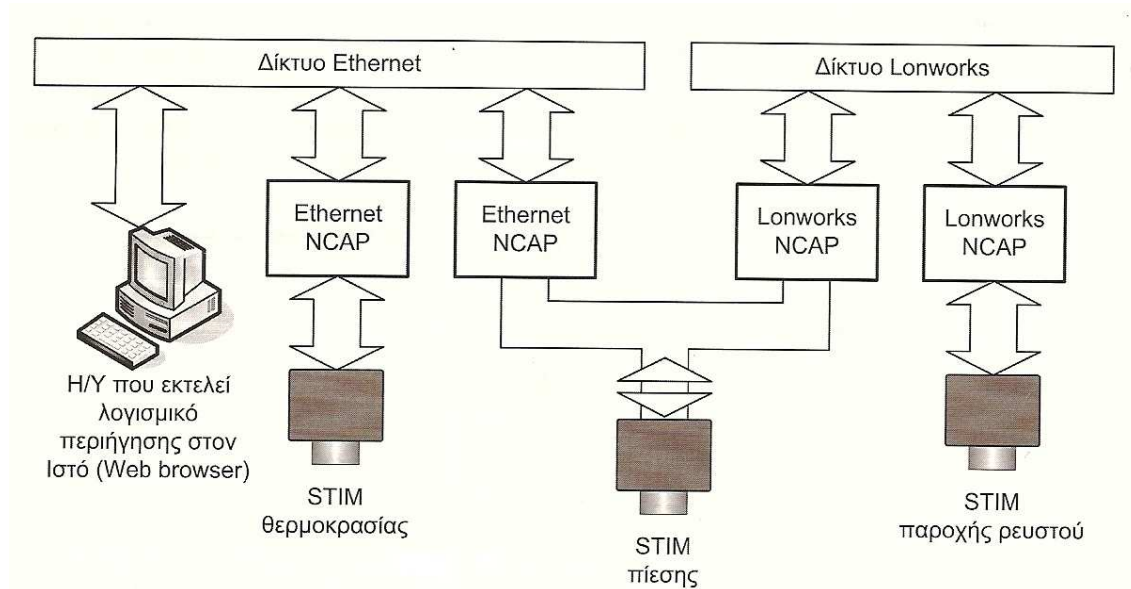
## IEEE 1451.1

Καθορίζει το γενικό μοντέλο λειτουργίας των διεπαφών, που πρέπει να αναπτύσσονται στον NCAP για τη διασύνδεση του με τη διάταξη του αισθητήρα και με το δίκτυο.

## IEEE 1451.2

Καθορίζει τη διεπικοινωνία μεταξύ της διάταξης του αισθητήρα (STIM) και του ελεγκτή δικτύου (NCAP). Ο κατασκευαστής του έξυπνου αισθητήρα πρέπει να υλοποιήσει μόνο το τμήμα STIM του προτύπου IEEE 1451.2 και στη συνέχεια επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος NCAP για τη διασύνδεση με το επιθυμητό δίκτυο. Το STIM και ο NCAP είναι δύο διαφορετικά συστήματα που αναπτύσσονται ανεξάρτητα ακόμα και από διαφορετικούς κατασκευαστές. Έτσι μειώνεται σημαντικά ο χρόνος ανάπτυξης του έξυπνου αισθητήρα, ενώ ταυτόχρονα ο ίδιος έξυπνος αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικούς τύπους δικτύου, συνδέοντας τον με τον κατάλληλο NCAP κάθε φορά χωρίς να απαιτείται επανασχεδίαση ενός τμήματος του έξυπνου αισθητήρα και επανακατασκευή του έξυπνου αισθητήρα.

Ένα παράδειγμα τέτοιου δικτύου φαίνεται στο Σχήμα 3.4.4.



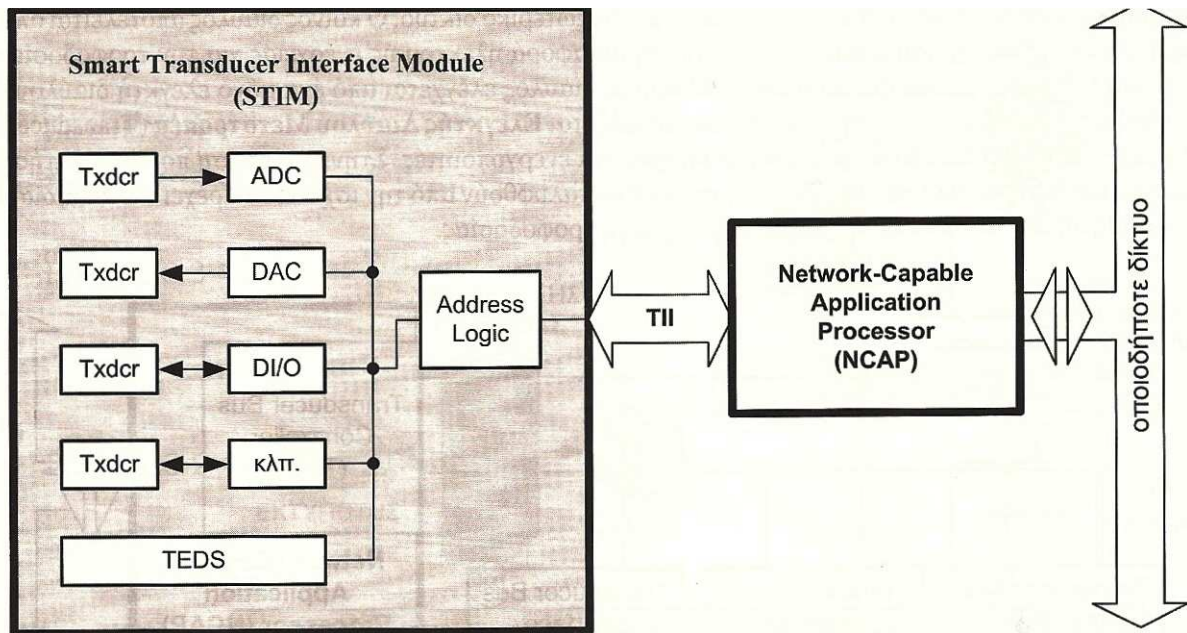
**Σχήμα 3.4.4. Η δυνατότητα σύνδεσης του ίδιου STIM σε οποιοδήποτε δίκτυο (Ethernet LonWorks κλπ.) μέσω του κατάλληλου NCAP.**

Το γενικό διάγραμμα ενός συστήματος, που σχεδιάζεται σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 1451.2 φαίνεται στο Σχήμα 3.4.5. Ένα STIM μπορεί να αποτελείται από 1 έως 255 αισθητήρες και ενεργοποιητές που ονομάζονται κανάλια (channels).

Περιλαμβάνει το υλικό λογισμικό (firmware) που απαιτείται για την επικοινωνία με τον NCAP μέσω ενός διαύλου επικοινωνίας, ο οποίος ονομάζεται Ανεξάρτητη Διεπαφή Μετατροπέα (Transducer Independent Interface - TII).

Επίσης, το STIM περιέχει τα Ηλεκτρονικά Φύλλα Δεδομένων Μετατροπέα (Transducer Electronic Data Sheets - TED) στα οποία αποθηκεύονται πληροφορίες που χρησιμοποιούνται από τον NCAP (πχ. τύποι αισθητήρων, ονομασία του κατασκευαστή, σειριακοί αριθμοί ταυτοποίησης, παράμετροι βαθμονόμησης αισθητήρων κλπ.), ώστε να γνωρίζει τις παραμέτρους λειτουργίας του STIM με το οποίο έχει συνδεθεί και (των καναλιών που αυτό το STIM περιέχει). Η σύνδεση του STIM στον NCAP είναι τύπου «plug and play». Ο NCAP λειτουργεί ως γέφυρα που συνδέει το επιθυμητό δίκτυο με το TII και το STIM. Το TII είναι ένα σειριακό πρωτόκολλο επικοινωνίας με σύγχρονη, ημιαμφίδρομη (half-duplex) μετάδοση δεδομένων και λειτουργεί με ονομαστική τάση 5V. Υποστηρίζει μόνο ένα ζεύγος NCAP-STIM, όπου ο NCAP λειτουργεί ως master και ο STIM ως slave.

Τόσο ο NCAP, όσο και το STIM υποστηρίζουν λειτουργία τύπου τοποθέτησης ή αφαίρεσης εν θερμώ (hot-insertion ή removal), η λειτουργία αυτή ονομάζεται και εναλλαγή εν θερμώ, (hot-swapping). Τα σήματα επικοινωνίας του πρωτοκόλλου TII φαίνονται στον Πίνακα 3.4.6. Το TII λειτουργεί ως σύστημα με χάρτη μνήμης (memory-mapped) και ο NCAP στέλνει εντολές στον STIM γράφοντας στο δίαυλο TII τη διεύθυνση που αντιστοιχεί στην επιθυμητή λειτουργία (πχ. διάβασμα από αισθητήρα, εντολή σε ενεργοποιητή κλπ.).



*TII = Transducer Independent Interface*  
*Txdc = Μετατροπέας (Αισθητήρας ή Ενεργοποιητής)*  
*TEDS = Transducer Electronic Data Sheet*

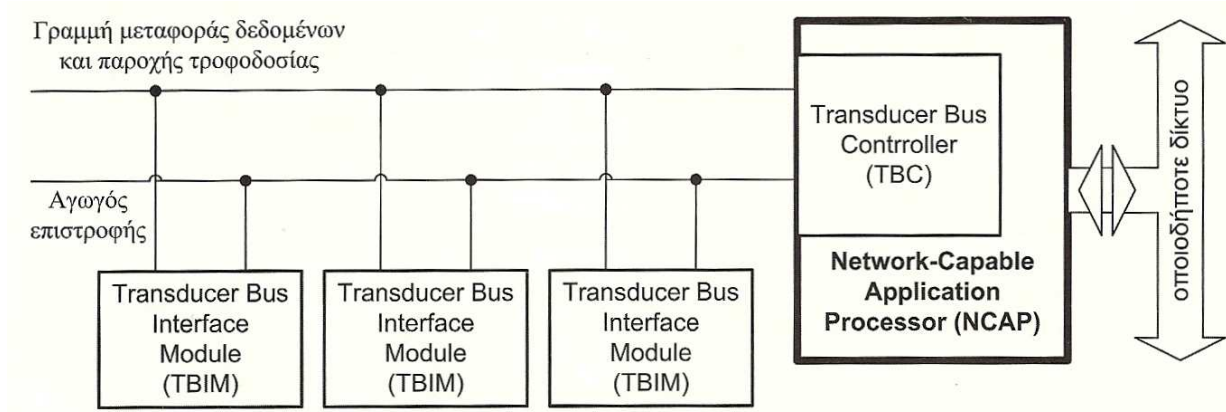
**Σχήμα 3.4.5. Το γενικό διάγραμμα ενός συστήματος που σχεδιάζεται σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 1451.2**

Line	Name	Function
DIN	Data In	Διεύθυνση και δεδομένα από το NCAP προς το STIM.
DOUT	Data Out	Δεδομένα από το STIM προς το NCAP.
DCLK	Data Clock	Γραμμή ρολογιού για το συγχρονισμό των DIN και DOUT.
NIOE	Output Enable	Σηματοδοτεί ότι το NCAP οδηγεί την γραμμή δεδομένων. Χρησιμοποιείται επίσης για τον διαχωρισμό των πλαισίων δεδομένων (data frames).
NTRIG	Trigger	Χρησιμοποιείται για τον σκανδαλισμό του STIM (σηματοδοτεί μια αίτηση εγγραφής ή ανάγνωσης).
NACK	Acknowledge	Χρησιμοποιείται από το STIM για να βεβαιώσει το σκανδαλισμό ή την αίτηση δεδομένων.
NINT	Interrupt	Χρησιμοποιείται από το STIM για αποστολή αίτησης προς το NCAP.
NSDET	STIM Detect	Χρησιμοποιείται από το NCAP για την ανίχνευση προσαρτημένου STIM. Χρησιμοποιείται για την εναλλαγή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.
POWER	Power	Γραμμή τροφοδοσίας με ονομαστική τάση +5 V.
COMMON	Ground	Γείωση σήματος.

**Πίνακας 3.4.6. Τα σήματα επικοινωνίας του πρωτοκόλλου TII.**

### IEEE 1451.3

Αποτελεί επέκταση του προτύπου IEEE 1451.2 με σκοπό τον έλεγχο πολλών αισθητήρων από έναν NCAP, μέσω ενός κοινού διαύλου στον οποίο συνδέονται. Το γενικό διάγραμμα ενός συστήματος που σχεδιάζεται σύμφωνα με αυτό το πρότυπο φαίνεται στο Σχήμα 3.4.7.



**Σχήμα 3.4.7. Το γενικό διάγραμμα ενός συστήματος που σχεδιάζεται σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 1451.3**

Αποτελείται από τα Αρθρώματα Διεπαφής Διαύλου Μετατροπέα (Transducer Bus Interface Modules - TBIM), τα οποία συνδέονται σε έναν κοινό δίαυλο και τον NCAP, ο οποίος συνδέει αυτόν τον κοινό δίαυλο με το επιθυμητό εξωτερικό δίκτυο. Ο κοινός δίαυλος αποτελείται από μία γραμμή σύνδεσης που χρησιμοποιείται τόσο για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδοσία των TBIM, όσο και για τη μεταφορά δεδομένων. Ο κοινός δίαυλος ελέγχεται από ένα μόνο ελεγκτή διαύλου (bus controller), ο οποίος υλοποιείται στον NCAP και ονομάζεται Ελεγκτής Διαύλου Μετατροπέα (Transducer Bus Controller - TBC). Κάθε TBIM περιέχει αισθητήρες και ενεργοποιητές. Στην περίπτωση που οι απαιτήσεις ισχύος ενός αισθητήρα είναι υψηλές και δεν μπορούν να καλυφθούν από την ισχύ που παρέχει ο κοινός δίαυλος, τότε ο αισθητήρας τροφοδοτείται από εξωτερική πηγή τροφοδοσίας.

#### IEEE 1451.4

Έχει σκοπό τον καθορισμό ενός προτύπου διεπικοινωνίας με δυνατότητα τόσο αναλογικής, όσο και ψηφιακής λειτουργίας (Mixed-Mode Interface) μεταξύ του NCAP και κόμβων, που αποτελούνται από αναλογικούς αισθητήρες ή και ενεργοποιητές και TEDS. Για την επικοινωνία του αναλογικού αισθητήρα (ή ενεργοποιητή) με τον NCAP χρησιμοποιείται η αναλογική λειτουργία της γραμμής επικοινωνίας, ενώ για την επικοινωνία των αντίστοιχων TEDS με τον NCAP χρησιμοποιείται η ψηφιακή λειτουργία της ίδιας γραμμής επικοινωνίας. Ένα μόνο είδος λειτουργίας (αναλογική ή ψηφιακή) μπορεί να εκτελείται σε κάθε χρονική στιγμή. Με τη μέθοδο αυτή μειώνεται το κόστος των απαιτούμενων καλωδιώσεων διασύνδεσης.

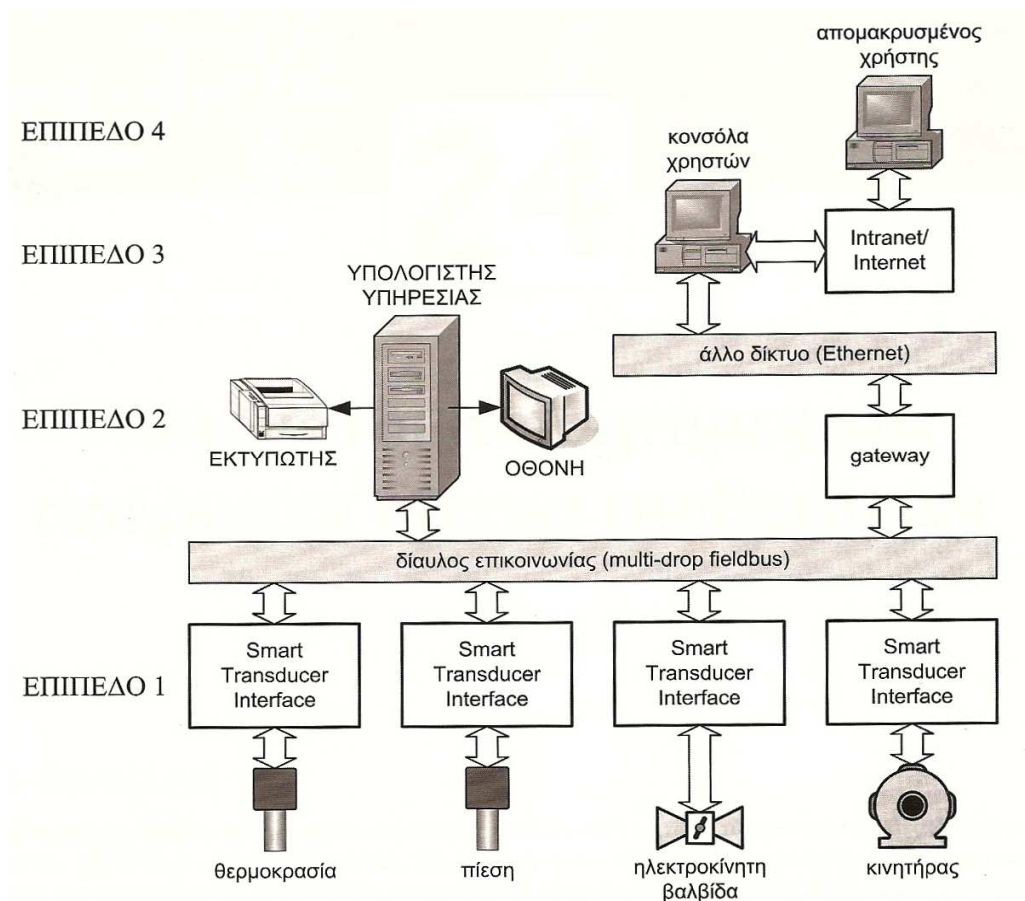
#### IEEE 1451.5

Έχει σκοπό τον καθορισμό ενός προτύπου διεπικοινωνίας για την ασύρματη διασύνδεση αισθητήρων (που περιλαμβάνουν TEDS) με τον NCAP, χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα ασύρματης επικοινωνίας, όπως το 802.11(Wi-Fi), το 802.15.1 (Bluetooth) και το 802.15.4 (ZigBee).

Η σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων με βάση το πρότυπο IEEE 1451 επιτρέπει την ανάπτυξη εφαρμογών κατανεμημένων συστημάτων μέτρησης και ελέγχου (Distributed Measurement and Control, DMC), όπως το σύστημα που φαίνεται στο Σχήμα 3.4.8. Στο πρώτο επίπεδο του συστήματος οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές σχεδιάζονται σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 1451 και συνδέονται σε έναν κοινό δίαυλο επικοινωνίας (πχ. Foundation Fieldbus, CAN κλπ.).

Ένας Η/Υ ή ένα σύστημα βασισμένο σε μικροελεγκτή ελέγχει τη λειτουργία των αισθητήρων και των ενεργοποιητών (επίπεδο 2) μέσω αυτού του κοινού διαύλου επικοινωνίας.[41]

Στον ίδιο δίαυλο μπορεί να συνδέεται επίσης κάποιο τοπικό δίκτυο (επίπεδο 3) μέσω κατάλληλης πύλης δικτύου (gateway), καθώς και απομακρυσμένοι χρήστες (επίπεδο 4) μέσω δικτύου Internet ή Intranet το οποίο συνδέεται στο τοπικό δίκτυο του προηγούμενου επιπέδου.



Σχήμα 3.4.8. Το γενικό διάγραμμα ενός κατακεντρωμένου συστήματος μέτρησης και ελέγχου.

### ➤ 3.5 Ασύρματοι αισθητήρες και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

#### • Εισαγωγή

Το τελευταία χρόνια παρατηρείται τεράστια ανάπτυξη στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών και στα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (Wireless Local Area Networks, WLANs). Από το 1997 μέχρι σήμερα έχουν υιοθετηθεί μια σειρά προτύπων, που καθορίζουν τα πρωτόκολλα επικοινωνιών, δίνοντας ώθηση στην ανάπτυξη εφαρμογών ασύρματων δικτύων. Έτσι, οι αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι σε μεγάλη γεωγραφική έκταση μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα, σχηματίζοντας ένα κατακεντρωμένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Distributed Wireless Sensor Network, DWSN).

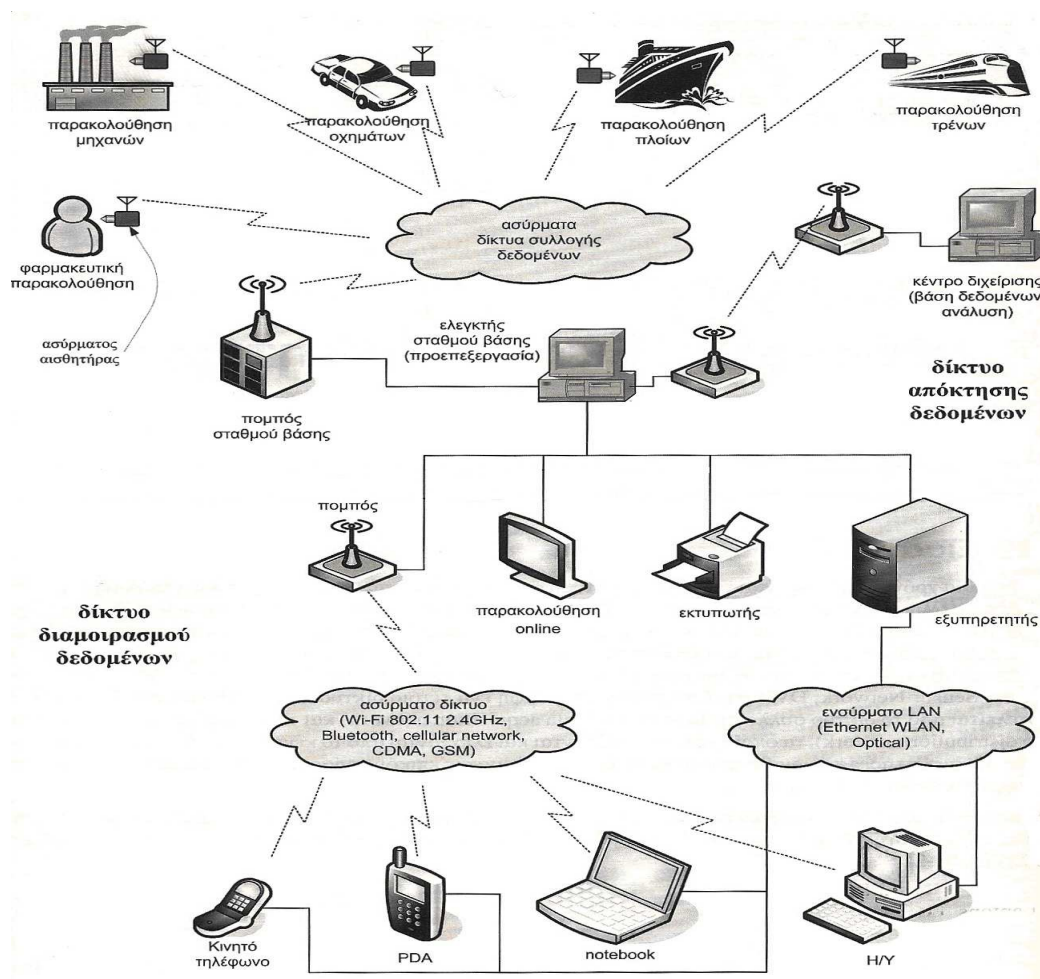


Στη γενική του μορφή ένα τέτοιο δίκτυο παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.5.1.

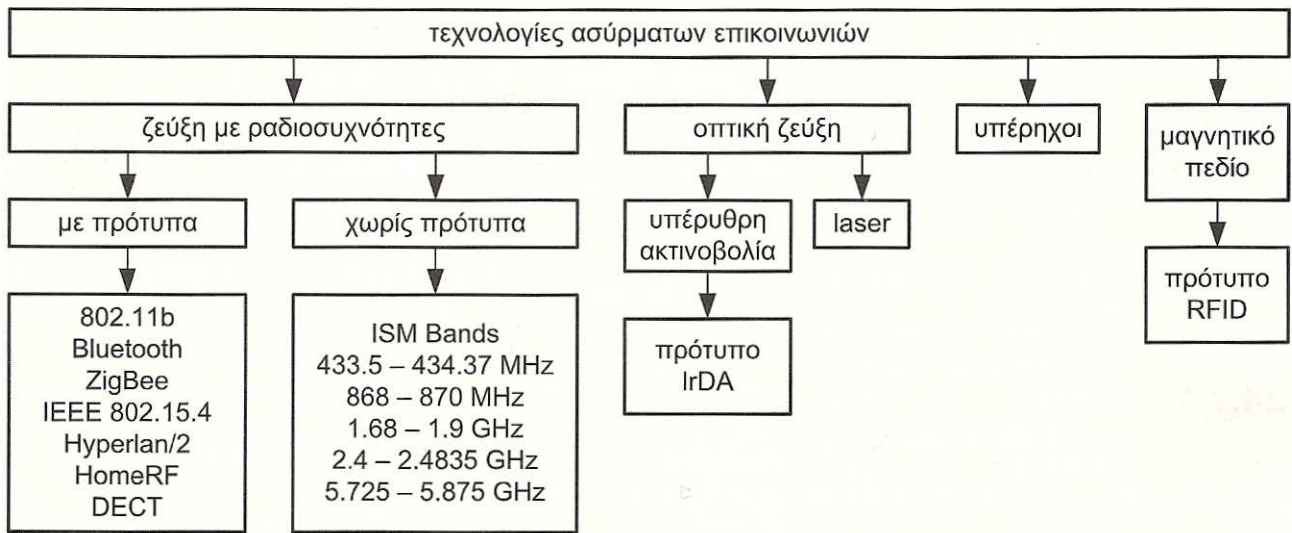
Αποτελείται από το δίκτυο συλλογής δεδομένων (data acquisition network) και το δίκτυο διανομής δεδομένων (data distribution network), τα οποία παρακολουθούνται και ελέγχονται από το κέντρο διαχείρισης (management center).

Οι αισθητήρες που διαθέτουν τη δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας αναφέρονται ως «ασύρματοι αισθητήρες» (wireless sensors).

Η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων υλοποιείται χρησιμοποιώντας RF (radio frequency), οπτική ζεύξη (πχ. υπέρυθρη), ζεύξη με υπερήχους και μαγνητική ζεύξη, όπως φαίνεται παραστατικά στο Σχήμα 3.5.2.



Σχήμα 3.5.1 Ένα κατακεντρωμένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων



**Σχήμα 3.5.2 Τεχνικές ασύρματης επικοινωνίας σε ασύρματα δίκτυα**

Στον Πίνακα 3.5.3 φαίνονται οι ζώνες συχνοτήτων που είναι διαθέσιμες για βιομηχανικές, επιστημονικές και ιατρικές εφαρμογές (Industrial, Scientific and Medical bands, ISM). Στις περισσότερες χώρες, οι ζώνες αυτές είναι ελεύθερες για χρήση χωρίς να απαιτείται κάποια ειδική άδεια και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές WLAN.

Περιοχή συχνοτήτων	Κεντρική συχνότητα
6.765...6.795 MHz	6.780 MHz
13.553....13.567 MHz	13.560 MHz
26.957....27.283 MHz	27.120 MHz
40.66...40.70 MHz	40.68 MHz
433.05...434.79 MHz	433.92 MHz
868...870 MHz	869 MHz
902...928 MHz	915 MHz
2.400...2.500 GHz	2.450 GHz
5.725...5.875 GHz	5.800 GHz

**Πίνακας 3.5.3 Οι ζώνες συχνοτήτων ISM**

Η οπτική ζεύξη με υπέρυθρη ακτινοβολία έχει τα πλεονεκτήματα του χαμηλού κόστους και της ανοχής σε παρεμβολές από ηλεκτρικά σήματα και χρησιμοποιείται ευρύτατα

στην επικοινωνία υπολογιστικών συστημάτων (πχ. Laptops, PCs κλπ.) με περιφερειακές συσκευές.

Σε εφαρμογές τηλεμετρίας η ασύρματη μετάδοση των δεδομένων που παράγονται από τα συστήματα μετρήσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM (Global System for Mobile Communications) χρησιμοποιώντας GSM μόντεμ ή GPRS (General Packet Radio Service) μόντεμ.

- Πρότυπα ασύρματης επικοινωνίας

Τα Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (Wireless Personal Area Networks, WPANs) είναι δίκτυα χωρίς προκαθορισμένη δικτυακή υποδομή, όπου οι κόμβοι του δικτύου επικοινωνούν μεταξύ τους σε ακτίνα, συνήθως της τάξης των αρκετών μέτρων.

Οι ασύρματοι αισθητήρες μπορούν να λειτουργούν ως κόμβοι τέτοιων δικτύων αρκεί να διαθέτουν την κατάλληλη διεπαφή, σύμφωνα με το αντίστοιχο πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του δικτύου. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των σημαντικότερων τυποποιημένων προτύπων ασύρματης επικοινωνίας, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την ανάπτυξη Ασύρματων Προσωπικών Δικτύων, περιγράφονται στη συνέχεια:

- Πρότυπο IEEE 802.11

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα τα οποία είναι συμβατά με το πρότυπο IEEE 802.11 ονομάζονται και δίκτυα Wi-Fi (Wireless Fidelity). Συχνά χρησιμοποιούνται και για τη διασύνδεση με το Internet. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα σημεία πρόσβασης (Access Points, AP) που ενώνουν το ασύρματο δίκτυο με ένα ενσύρματο δίκτυο.

Σε ένα ασύρματο δίκτυο που ακολουθεί το πρότυπο IEEE 802.11, οι σταθμοί (πχ. laptops, PCs, κλπ.) μπορούν να επικοινωνούν, είτε μεταξύ τους, είτε με το AP. Ένα Basic Service Set (BSS) αποτελείται από μία ομάδα σταθμών που επικοινωνούν μεταξύ τους και ένας σταθμός σε ένα BSS μπορεί να επικοινωνεί με οποιονδήποτε άλλο σταθμό στο ίδιο BSS. Τα δίκτυα που βασίζονται στο πρότυπο IEEE 802.11 χρησιμοποιούν την ζώνη συχνοτήτων UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) των 5 GHz με μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων τα 54 Mbps και

μέγιστη απόσταση επικοινωνίας 15 m. Αυτά που βασίζονται στο πρότυπο IEEE 802.11 λειτουργούν στην ISM ζώνη 2.4 - 2.4835 GHz με μέγιστη ταχύτητα 11 Mbps και μέγιστη απόσταση επικοινωνίας 45 m . Το πρότυπο IEEE 802.11 αποτελεί επέκταση των προτύπων 802.11a και 802.11b και λειτουργεί στην ISM ζώνη 2.4 - 2.4835 GHz με μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων 54 Mbps και μέγιστη απόσταση επικοινωνίας 45 m.

#### Το πρότυπο HomeRF

Το πρότυπο HomeRF είχε αρχικά σχεδιαστεί για οικιακές εφαρμογές. Υποστηρίζει τη μετάδοση δεδομένων και φωνής και μπορεί να διασυνδεθεί τόσο με το Internet, όσο και με ένα δίκτυο τηλεφωνίας.

Βασίζεται στην ασύρματη RF επικοινωνία στην ISM περιοχή συχνοτήτων των 2.45 GHz με μέγιστη απόσταση επικοινωνίας τα 50 m. Ένα δίκτυο HomeRF μπορεί να περιλαμβάνει έως 127 κόμβους και η μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων είναι 10 Mbps. Από το 2003 η περαιτέρω ανάπτυξη του προτύπου HomeRF έχει διακοπεί.

#### Το πρότυπο Bluetooth

Το πρότυπο Bluetooth (IEEE 802.15.1) άρχισε να χρησιμοποιείται το 1998 και με στόχο την ασύρματη RF επικοινωνία ηλεκτρονικών συσκευών (πχ. PCs, laptops, εκτυπωτές, κλπ.) μεταξύ τους και με το Internet. Στο πρότυπο Bluetooth η ασύρματη RF επικοινωνία πραγματοποιείται στην ISM περιοχή συχνοτήτων των 2.45 GHz (χρησιμοποιούνται οι συχνότητες 2.402 - 2.480 GHz). Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι έως 1 Mbit/s για το Bluetooth 1.0 και 3 Mbit/s για το Bluetooth 2.0. Η μέγιστη απόσταση των συσκευών που επικοινωνούν κυμαίνεται από 1 m έως 100m. Κάθε συσκευή μπορεί να είναι ο «master» και να επικοινωνεί με έως 7 (slaves). Ο «master» και οι slaves αποτελούν ένα δίκτυο που ονομάζεται «piconet». Διαφορετικά piconets μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με γέφυρες (bridges).

### Το πρότυπο IrDA

Το πρότυπο Infrared Data Association (IrDA) είναι τεχνολογίας WPAN και χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία και τη δικτυακή σύνδεση συσκευών με υπέρυθρη ακτινοβολία. Η μέγιστη απόσταση επικοινωνίας είναι 1m (στην έκδοση χαμηλής ισχύος η μέγιστη απόσταση είναι 0.1m) και ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων κυμαίνεται από 2.4 kbit/s έως 16 Mbit/s.

### Το πρότυπο ZigBee

Το πρότυπο ZigBee (IEEE 802.15.4) επιτρέπει την ασύρματη, δικτυακή επικοινωνία συσκευών και σε αντίθεση με τα πρότυπα Bluetooth και Wi-Fi χαρακτηρίζεται από το χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το χαμηλό κόστος. Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιείται ευρύτατα σε αυτοματισμούς και εφαρμογές ελέγχου από απόσταση (πχ. ιατρικές συσκευές, αυτοματισμούς κτιρίων και κατοικιών, συστήματα συναγερμού, κλπ.). Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε οι κόμβοι του δικτύου να λειτουργούν με μπαταρία επειδή η κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλή, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι αρκετά μεγάλη (1 με 2 χρόνια). Η απόσταση μετάδοσης για κάθε κόμβο κυμαίνεται από 10 m έως 75 m , ανάλογα με την ισχύ του πομπού. Η RF επικοινωνία μεταξύ των κόμβων του δικτύου γίνεται στις ISM περιοχές των (2.45 GHz και 915 MHz στις ΗΠΑ ή 869 MHz στην Ευρώπη και στην Ιαπωνία). Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι >kbps για μετάδοση στα 2.45 GHz, 40 kbps για μετάδοση στα 915 MHz και 20 kbps για μετάδοση στα 869MHz.

### Το πρότυπο RFID

Τα συστήματα RFID (Radio Frequency Identification) αναπτύχθηκαν αρχικά ως εναλλακτική λύση στο σύστημα γραμμωτού κώδικα (barcode) και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές ασύρματης ηλεκτρονικής ταυτοποίησης, όπως σε συσκευασίες προϊόντων, σε ταυτότητες και διαβατήρια, σε πιστωτικές κάρτες, στον έλεγχο βιβλίων μιας βιβλιοθήκης, στον έλεγχο της διάβασης από διόδια κλπ. Επίσης, το πρότυπο RFID χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με αισθητήρες που κατασκευάζονται σε ολοκληρωμένα κυκλώματα (πχ. MEMS) για την ανάπτυξη ασύρματων δικτύων αισθητήρων.

Ένα σύστημα μεταφοράς πληροφορίας σύμφωνα με το πρότυπο RFID αποτελείται από μία ή περισσότερες ετικέτες (tags) που τοποθετούνται στα αντικείμενα και αποθηκεύουν τη χρήσιμη πληροφορία, η οποία σχετίζεται με κείμενο που φέρει την ετικέτα (πχ. κωδικό αναγνώρισης, μετρήσεις από αισθητήρες κλπ.), καθώς και μία ή περισσότερες σταθερές ή κινητές συσκευές ασύρματης εγγραφής ή ανάγνωσης της πληροφορίας που αποθηκεύεται στις ετικέτες, οι οποίες ονομάζονται αναγνώστες (readers). Κάθε ετικέτα έχει ένα μοναδικό κωδικό ανάγνωσης, ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να τη διακρίνει από τις υπόλοιπες ετικέτες του συστήματος. Μια ετικέτα περιλαμβάνει μία διάταξη εκπομπής ή λήψης των δεδομένων και ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα για την αποθήκευση των πληροφοριών και τον έλεγχο της επικοινωνίας της ετικέτας με έναν ή περισσότερους αναγνώστες.

Στις παθητικές ετικέτες η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων τους συλλέγεται μαγνητική ή χωρητική σύζευξη της ετικέτας και του αναγνώστη, είτε μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει ο αναγνώστης τα οποία διαδίδονται στο χώρο μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας. Στις ενεργές ετικέτες η ενέργεια αυτή παρέχεται από συσσωρευτή, οπότε οι ενεργές ετικέτες έχουν τη δυνατότητα να ξεκινούν την επικοινωνία τους με τον αναγνώστη. Οι ημι-παθητικές ετικέτες τροφοδοτούνται από συσσωρευτή, αλλά μπορούν να επικοινωνούν με τον αναγνώστη μόνο όταν τους ζητηθεί από αυτόν, ενώ κατά το υπόλοιπο διάστημα παραμένουν ανενεργές, εξοικονομώντας έτσι την ενέργεια του συσσωρευτή. Κάθε αναγνώστης μπορεί να επικοινωνεί με όσες ετικέτες βρίσκονται μέσα στην περιοχή εμβέλειας του με σκοπό την εγγραφή ή και ανάγνωση δεδομένων. Η πληροφορία που λαμβάνεται από τον αναγνώστη μεταφέρεται στη συνέχεια σε μία κεντρική μονάδα (πχ. Η/Υ) για περαιτέρω επεξεργασία. Η επικοινωνία μεταξύ ετικετών και αναγνώστων για τη μεταφορά της πληροφορίας πραγματοποιείται, είτε με αμφίδρομη μετάδοση (full-duplex), είτε με ημιαμφίδρομη μετάδοση (half-duplex). Τόσο η μεταφορά των δεδομένων, όσο και η μεταφορά ενέργειας από τον αναγνώστη στην ετικέτα πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας τις ίδιες διατάξεις εκπομπής ή λήψης.

Η μεταφορά των δεδομένων από τον αναγνώστη στην ετικέτα και αντίστροφα, υλοποιείται με μία από τις παρακάτω μεθόδους :

- Μέσω μαγνητικής σύζευξης της ετικέτας και του αναγνώστη, όπου οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι πηνία με μαγνητική σύζευξη μεταξύ τους.
- Μέσω χωρητικής σύζευξης της ετικέτας και του αναγνώστη, όπου οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι αγωγίμες επιφάνειες που αποτελούν τους οπλισμούς πυκνωτών.
- Μέσω της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει είτε ο πομπός του αναγνώστη, είτε ο πομπός της ετικέτας, ανάλογα με την κατεύθυνση μεταφοράς της πληροφορίας.
- Μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπει ο αναγνώστης και τα οποία διαδίδονται στο χώρο μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας και στη συνέχεια ανακλώνται στην ετικέτα (οι διατάξεις εκπομπής ή λήψης είναι κεραίες). Στην περίπτωση αυτή η ετικέτα δεν διαθέτει πομπό μετάδοσης των δεδομένων, οπότε δεν μπορεί να ξεκινήσει η ίδια την επικοινωνία με τον αναγνώστη.

Για να αποστείλει πληροφορία η ετικέτα προς τον αναγνώστη μεταβάλλει την αντίσταση φορτίου της κεραίας της, οπότε μεταβάλλεται (διαμορφώνεται) ανάλογα με τη μεταδιδόμενη πληροφορία η ποσότητα της ισχύος που ανακλάται στην ετικέτα και στη συνέχεια φτάνει στον αναγνώστη (backscattering).

Η συχνότητα που χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας σε ένα σύστημα RFID εξαρτάται από τον τρόπο μεταφοράς των δεδομένων μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας (μαγνητική, χωρητική ή ηλεκτρομαγνητική σύζευξη). Οι συχνότητες επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται συνήθως στα συστήματα RFID είναι η περιοχή των 120 - 140 kHz (περιοχή Low Frequency, LF), τα 13.56 MHz (περιοχή High Frequency, HF), η περιοχή των 868 - 928 MHz (περιοχή Ultra High Frequency, UHF), τα 2.45 GHz και τα 5.8 GHz .

Η μέγιστη δυνατή απόσταση επικοινωνίας μεταξύ ετικέτας και αναγνώστη φτάνει, ανάλογα με τη συχνότητα ασύρματης επικοινωνίας, έως περισσότερο από 100m. Για τη μεταφορά των δεδομένων μεταξύ ετικέτας και αναγνώστη χρησιμοποιείται κατάλληλη διαμόρφωση του σήματος εκπομπής, όπως για παράδειγμα, «Διαμόρφωση Μετατόπισης Πλάτους» (Amplitude Shift Keying - ASK), «Διαμόρφωση Μετατόπισης Συχνότητας» (Frequency Shift Keying - FSK) ή «Διαμόρφωση Μετατόπισης

Φάσης»(Phase Shift Keying - PSK). Για την αξιόπιστη επικοινωνία πολλών ετικετών με έναν αναγνώστη χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι αποφυγής σύγκρουσης (anti-collision), όπως και στα συμβατικά δίκτυα επικοινωνίας (πχ. των H/Y). Για την ασφάλεια κατά τη μετάδοση της πληροφορίας χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι κωδικοποίησης και κρυπτογράφησης. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά λειτουργίας των συστημάτων RFID καθορίζονται από πρότυπα που αναπτύσσονται από διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης (πχ. ISO, IEC, κλπ.).

Στις εφαρμογές του προτύπου RFID στην ανάπτυξη ασύρματων δικτύων αισθητήρων, κάθε ετικέτα περιλαμβάνει, επιπλέον, αισθητήρα και μετατροπέα A/D.

Για παράδειγμα, για τη μέτρηση και επιτήρηση των συνθηκών αποθήκευσης ή μεταφοράς ευπαθών προϊόντων αναπτύσσεται ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων με την τοποθέτηση μιας ετικέτας, που περιλαμβάνει αισθητήρα (πχ. θερμοκρασίας, υγρασίας, επιτάχυνσης, κλπ.) σε κάθε αντικείμενο που αποθηκεύεται ή μεταφέρεται.

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μπορεί να αναπτυχθεί επίσης, χρησιμοποιώντας τους αναγνώστες πολλών ανεξάρτητων συστημάτων RFID ως κόμβους ενός ασύρματου δικτύου. Στην περίπτωση αυτή, κάθε αναγνώστης συλλέγει δεδομένα από ετικέτες διάσπαρτες σε μια γεωγραφική έκταση οι οποίες περιλαμβάνουν αισθητήρες, και τα προωθεί μέσω του ασύρματου δικτύου σε μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας.

### ➤ **3.6 Βιομηχανικά Δίκτυα**

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.



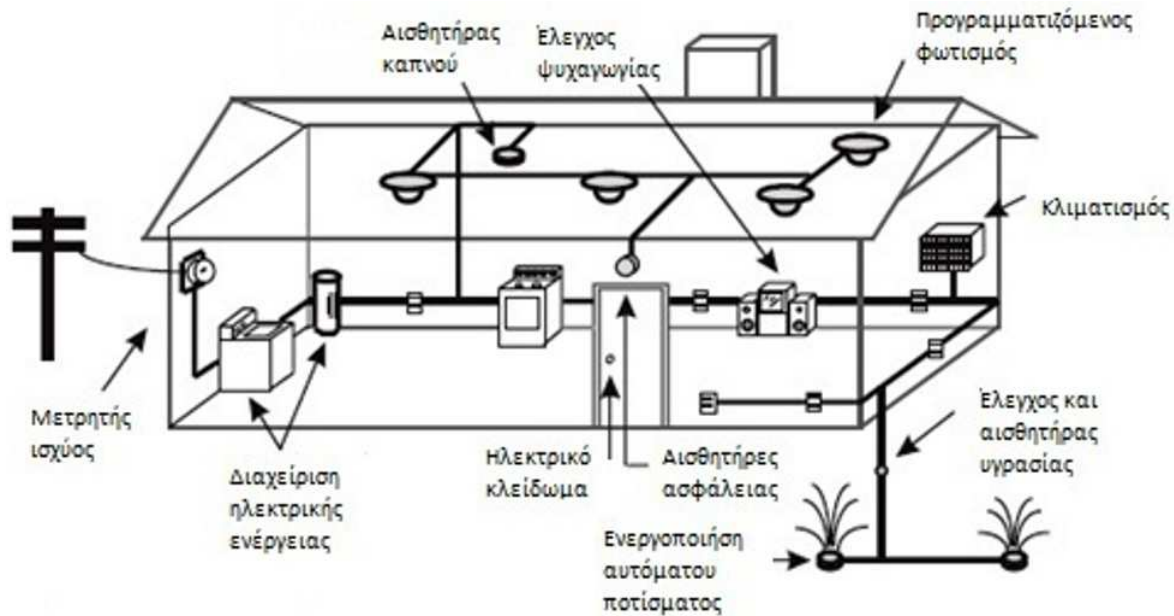
Η καλωδίωση για το σύστημα πολυπλέκτη αποτελείται από συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, ισχύ και γείωση, η οποία σε μεγάλο βαθμό απλοποιεί τη διαδικασία της διασύνδεσης.

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™.[19]

Επίσης, το πρωτόκολλο BACnet έχει αναπτυχθεί από τη βιομηχανία αυτοματισμού κτιρίου. 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.

Το παρακάτω Σχήμα 3.6.1 απεικονίζει τη διασύνδεση διαφόρων συστημάτων. 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, η παρακολούθηση της ενεργειακής χρήσης και τα συστήματα ασφαλείας.[19]



**Εικόνα 3.6.1 Αυτοματισμός κτιρίων**

- Πρότυπα Βιομηχανικών Δικτύων

- Το πρότυπο CEBus

Ο ηλεκτρονικός καταναλωτής διαύλου (CEBus) εισήχθη από την ομάδα ηλεκτρονικών καταναλωτών από τον Όμιλο Ηλεκτρονικών Βιομηχανίας (EIA). Ο CEBus προβλέπει μαζί δεδομένα και κανάλια ελέγχου και χειρίζεται κατ' ανώτατο όριο 10 Kbps. Αυτό έχει αυξανόμενη αποδοχή στον κλάδο της βιομηχανίας.[19]

Το Σχήμα 3.6.2 απεικονίζει ένα τυπικό Cebus δίκτυο με τρία μέσα ενημέρωσης, τα οποία είναι διασυνδεδεμένα με δρομολογητές. Συσκευές και αισθητήρες είναι συνδεδεμένοι σε δίκτυο του Cebus. Το συγκεκριμένο σύμπλεγμα απεικονίζεται στο σχήμα και είναι υπεύθυνο για την οργάνωση μιας εφαρμογής, όπως του φωτισμού ή της διαχείρισης της ενέργειας .



Σχήμα 3.6.2 Παράδειγμα Cebus Τοπολογία

#### ✚ Το πρότυπο Lon Talk™

Το πρωτόκολλο LonTalk εφευρέθηκε από το Echelon και αποτελεί το αντικείμενο πολυάριθμων διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας που σχετίζονται με καινοτόμα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες του. Το LonTalk είναι καταχωρημένο με την επωνυμία Echelon για το υποκείμενο πρωτόκολλο της πλατφόρμας LonWorks. Είναι γνωστό σήμερα από την αριθμητική ονομασιών, οι οποίες αποδίδονται από τα πρότυπα φορέων που έχουν υιοθετήσει το πρωτόκολλο. Η αποδοχή του πρωτοκόλλου LonTalk ως πρότυπο ANSI ενισχύθηκε επιπλέον ως πρότυπο σε διάφορες βιομηχανίες σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων, το IEEE 1473-L (σε ελέγχους αμαξοστοιχίας). Πιο πρόσφατα το 2005 η Ευρωπαϊκή Κοινότητα χορήγησε το LonWorks, το οποίο βασίζεται στο EN-14908 πρότυπο για τον αυτοματισμό κτιρίου.

Η διαθεσιμότητα των πλήρων OSI επιπέδων και η λειτουργικότητα του είναι οι λόγοι, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για το περιβάλλον του αυτοματισμού του σπιτιού. Επίσης σημαντικά χαρακτηριστικά ιδίως για πρόσθετο εξοπλισμό είναι η απλότητα και η ευκολία εγκατάστασης. Η ευρεία αποδοχή σε άλλες αγορές μπορεί επίσης να κατευθύνει την καμπύλη γνώσης για την μείωση του κόστους, που αυτή απαιτεί στην αγορά.[19]

### Το πρότυπο Πυριτίου

Μερικά πρωτόκολλα που ήδη έχουν αναφερθεί παραπάνω έχουν εφαρμοστεί σε υλικό πυριτίου και είναι διαθέσιμα από πολλαπλές πηγές. Σε ορισμένες περιπτώσεις το πρωτόκολλο είναι ένα αυτόνομο ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Για παράδειγμα, το «Lin Πρωτόκολλο Πυριτίου» το οποίο επιταχύνει τη διανομή πληροφοριών στο πλαίσιο των αυτοκινήτων PIC16C432 και PIC16C433, ενσωματωμένο σε ένα μικροελεγκτή (MCU). Το πρωτόκολλο Lin(Local Interconnect Network) είναι χαμηλού κόστους, μικρών αποστάσεων και χαμηλής ταχύτητας δικτύου η οποία είναι σχεδιασμένη κάτω από μία CAN πλατφόρμα, η οποία αποσκοπεί στο να αντιμετωπίσει την αυξανόμενη ζήτηση μεταξύ των πελατών της αυτοκινητοβιομηχανίας για νέα χαρακτηριστικά, υψηλές επιδόσεις και μια βελτιωμένη εμπειρία ασφαλέστερης οδήγησης.



**Εικόνα 3.6.3 Lin Πρωτόκολλο Πυριτίου**

Με μια δοκιμασμένη αρχιτεκτονική οι νέες συσκευές προσφέρουν υψηλές επιδόσεις με 2K της μνήμης OTP προγράμματος, 128 bytes δεδομένων μνήμης RAM και απαιτούνται μόνο 35 ισχυρές οδηγίες του κύκλου σε κάθε 14 bit επίπεδο του προγράμματος.

Μελλοντικά οι νέες συσκευές θα παρέχουν αποτελεσματική διασύνδεση με το αναλογικό κόσμο με ένα 8-bit A/D μετατροπέα στο πρόγραμμα.

(**Τιμολόγηση** σε 10.000-μοναδιαίες ποσότητες για το PIC 16C432-I & S είναι 2,46 δολάρια το καθένα και για το PIC16C433-I/SO είναι 2,31 δολάρια το καθένα.)

## Αυτοματισμός σπιτιού

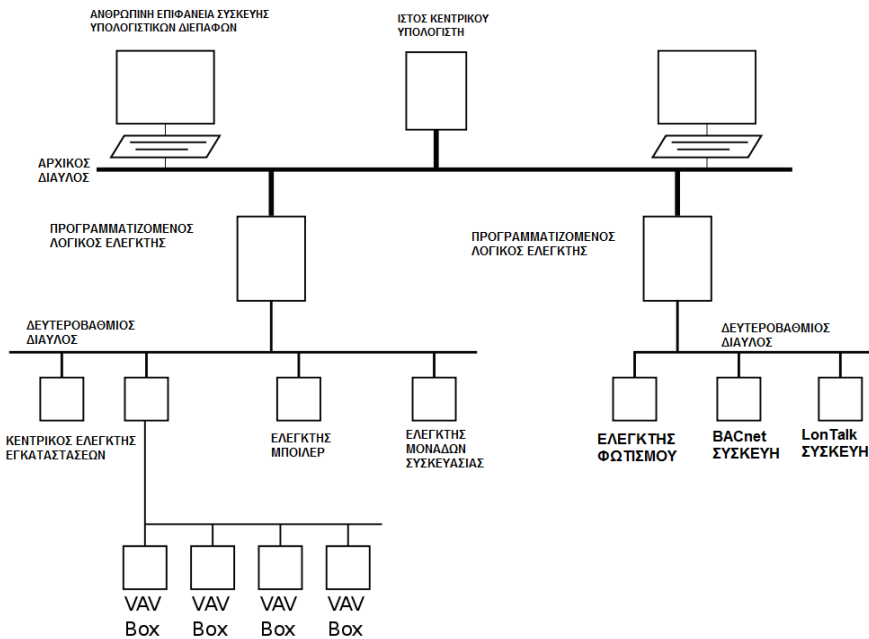
Ένα σύστημα αυτοματισμού κτιρίου (BAS) είναι παράδειγμα ενός αυτόματου συστήματος ελέγχου. Το σύστημα ελέγχου είναι ένα «έξυπνο» δίκτυο των ηλεκτρονικών συσκευών, με σκοπό την παρακολούθηση και τον έλεγχο των συστημάτων (π.χ φωτισμού σε ένα κτίριο).

Η BAS λειτουργία του πυρήνα διατηρεί το κλίμα του κτιρίου εντός ενός συγκεκριμένου φάσματος, παρέχει φωτισμό με βάση ένα χρονοδιάγραμμα πληρότητας και παρακολουθεί τις επιδόσεις του συστήματος και τις αποτυχίες της συσκευής και παρέχει e-mail ή ανακοινώσεις σε μορφή κειμένου για την οικοδόμηση. Ένα κτίριο που ελέγχεται από BAS συχνά αναφέρεται ως ένα έξυπνο σύστημα δόμησης.

Εντούτοις, γνωρίζουμε ότι ο έλεγχος μέσω υπολογιστών των μελλοντικών σπιτιών είναι στόχος του σχεδίου των «Έξυπνων Σπιτιών». Μεταξύ των πιθανών υποψηφίων για διασύνδεση με το δίκτυο ανήκουν η θέρμανση, ο εξαερισμός και ο κλιματισμός του συστήματος. Η ανάγνωση εξ' αποστάσεως των μετρητών και η διαχείριση της ζήτησης από επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας είναι κινητήριες δυνάμεις για τις χρήσεις των σπιτιών.

Η ταχύτητα των συγκεκριμένων συστημάτων θα μπορούσε να κυμανθεί από χαμηλή σε υψηλή, ανάλογα με τις συσκευές που συνδέονται με το σύστημα. Επίσης το μέγεθος του μηνύματος και η πολυπλοκότητα του μηνύματος του πρωτοκόλλου θα μπορούσαν να γίνουν μεσοπρόθεσμα.

Πριν από δύο δεκαετίες, μία εταιρεία ανέπτυξε το X-10 πρωτόκολλο για τα σπίτια, το οποίο χρησιμοποιούταν εκτενώς για τον φωτισμό και τον έλεγχο των συσκευών. Πρόσφατα, το Smart House Applications Language (SHAL) ανέπτυξε εφαρμογές και έχει περιλάβει πάνω από 100 τύπους μηνυμάτων για συγκεκριμένες λειτουργίες. Το σύστημα μπορεί να αντιμετωπίσει 900 κόμβους και να λειτουργήσει με την μέγιστη ταχύτητα των 9,6 Kbps. Δύο επιπλέον διεκδικητές σε αυτό το πεδίο είναι το CEBus και το LonTalk™.[19]



Σχήμα 3.6.4 Ένα σύστημα αυτοματισμού σπιτιού

### ➤ 3.7 Νευρωνικά Δίκτυα

Παραδοσιακά, ο όρος *νευρωνικό δίκτυο* είχε χρησιμοποιηθεί για να αναφερθεί σε ένα δίκτυο ή κύκλωμα των βιολογικών νευρώνων. Η σύγχρονη χρήση του όρου αναφέρεται συχνά σε τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, τα οποία αποτελούνται από τεχνητές νευρώνων ή κόμβους. Έτσι, ο όρος έχει δύο διαφορετικές χρήσεις:

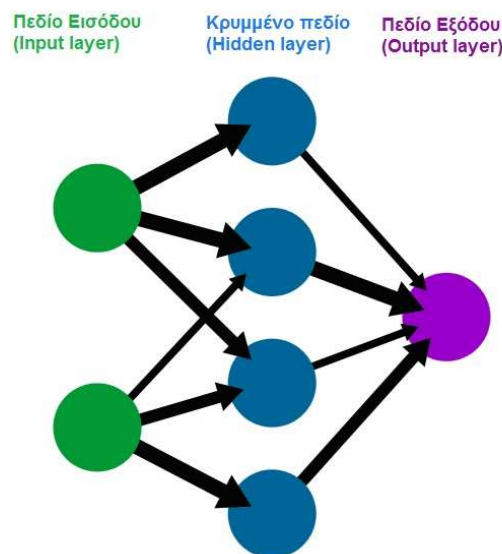
- Τα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα που αποτελούνται από πραγματικούς βιολογικούς νευρώνες, που συνδέονται λειτουργικά μέσα στο περιφερειακό νευρικό σύστημα και το κεντρικό νευρικό σύστημα. Στον τομέα των νευροεπιστημών, που συχνά εντοπίζονται ως ομάδες των νευρώνων που εκτελούν μια συγκεκριμένη φυσιολογική λειτουργία σε εργαστηριακή ανάλυση.
- Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα που αποτελούνται από διασύνδεση τεχνητών νευρώνων (προγραμματισμός κατασκευών, ο οποίος μιμείται τις ιδιότητες των βιολογικών νευρώνων). Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα μπορούν είτε να χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση των βιολογικών νευρωνικών δικτύων ή για την επίλυση των προβλημάτων τεχνητής νοημοσύνης χωρίς να δημιουργεί κατ' ανάγκη ένα μοντέλο πραγματικού βιολογικού συστήματος. Το πραγματικό, βιολογικό νευρικό σύστημα είναι εξαιρετικά

περίπλοκο και περιλαμβάνει ορισμένα χαρακτηριστικά που μπορεί να φαίνονται περιττά στηριζόμενα στην κατανόηση των τεχνητών δικτύων

Μία σειρά Νευρωνικών Δικτύων (ANN: Artificial Neural Network ) είναι ένα παράδειγμα επεξεργασίας των πληροφοριών, που είναι εμπνευσμένο από τον βιολογικό τρόπο του νευρικού συστήματος, όπως ο εγκέφαλος για να επεξεργάζεται τις πληροφορίες. Το βασικό στοιχείο αυτού του προτύπου είναι η νέα δομή του συστήματος επεξεργασίας των πληροφοριών. Αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό διασυνδεδεμένων στοιχείων επεξεργασίας (νευρώνες) που εργάζονται αρμονικά για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων.

Οι ANN, όπως και οι άνθρωποι μαθαίνουν από το παράδειγμα. Μια ANN έχει διαμορφωθεί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή, όπως η αναγνώριση προτύπων ή ταξινόμηση δεδομένων μέσα από μια διαδικασία εκμάθησης.

Η μάθηση μέσα σε βιολογικά συστήματα προϋποθέτει ρυθμίσεις για τις συνοπτικές συνδέσεις, οι οποίες υπάρχουν μεταξύ των νευρώνων.



**Σχήμα 3.7.1** Απλό Νευρωνικό Δίκτυο

Ένα νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο νευρώνων, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με ορισμένο τρόπο όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.7.1. Ωστόσο, το κρυμμένο πεδίο δεν απαιτείται και μπορεί να υπάρχει περισσότερο από ένα. Επίσης, ο αριθμός των νευρώνων δεν πρέπει να είναι ο ίδιος σε κάθε πεδίο.

Τα νευρωνικά δίκτυα είναι χρήσιμα σε συστήματα που είναι δύσκολο να προσδιοριστούν. Έχουν το επιπλέον πλεονέκτημα να είναι σε θέση να λειτουργούν σε ένα περιβάλλον υψηλού θορύβου. Πολύπλοκα ή πολυάριθμα πρότυπα εισόδου είναι προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα νευρωνικά δίκτυα. [21]

Ολοκληρώνοντας, ένα άλλο παράδειγμα μίας ενδεχόμενης εφαρμογής για ένα νευρωνικό δίκτυο είναι ο έλεγχος του συστήματος έγχυσης καυσίμου του αυτοκινήτου. Η παραγωγή οχημάτων ανταποκρίνεται στις τρέχουσες ρυθμίσεις των εκπομπών, χρησιμοποιώντας τη βαθμονόμηση και τους πίνακες αναζήτησης.

Ωστόσο, οι ρυθμίσεις εκπομπών για το 2005 έχουν περαιτέρω μειώσεις των υδρογονανθράκων (HC), των οξειδίων αζώτου (NOX) και των μονοξειδίων του άνθρακα(CO), τα οποία μπορούν να απαιτήσουν τη λειτουργία προσέγγισης, τη μάθηση και την προσαρμοστική ικανότητα των νευρωνικών δικτύων.

Με τη χρήση νευρωνικών δικτύων ελέγχου, η στοιχειομετρική αναλογία αέρα καυσίμου μπορεί να διατηρηθεί σε ολόκληρη την διάρκεια της ζωής του οχήματος, ακόμη και αν η δυναμική του κινητήρα αλλάξει.

### ➤ **3.8 Οι επιπτώσεις των έξυπνων αισθητήρων και των προτύπων .**

#### **Κόστος**

Όπως όλες οι καινοτόμες τεχνολογίες, έτσι και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μαζί με τις νέες ευκαιρίες που φέρνουν μπορούν να δημιουργήσουν και σημαντικά προβλήματα 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 μέσω ελέγχου για αντικοινωνικές πράξεις, αλλά και ως μέσω παρακολούθησης για το πού βρισκόμαστε και τι κάνουμε ανά πάσα στιγμή.[31]

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 που θέλουμε να δώσουμε στο περιβάλλον 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 αντικείμενα, όσο και σε θέματα που άπτονται των κοινωνικών επιστημών, της δημόσιας πολιτικής, ακόμα και της φιλοσοφίας της επιστήμης.[31]

Βιομηχανικά πρότυπα για έξυπνους αισθητήρες, συμπεριλαμβάνουν το IEEE 1451 και άλλα, τα οποία έχουν εισαχθεί για τον έλεγχο των εφαρμογών και θα πρέπει να επιτύχουν ότι έχουν οραματιστεί οι αρχιτέκτονες : δηλαδή, α) τη μείωση των εμποδίων για την αποδοχή και β) την επιτάχυνση της ανάπτυξης και της χρήσης των νέων έξυπνων αισθητήρων σε υφιστάμενα και προηγμένα συστήματα. Μερικές από τις δυνατότητες που το IEEE 1451 πρότυπο έχει επιτρέψει, έχουν ήδη αποδειχθεί. Άλλες πάλι δυνατότητες προτείνονται και αναπτύσσονται από εταιρίες μαζί με ένα όραμα για το μέλλον.

- Κόστος έξυπνων Αισθητήρων

Οι έξυπνοι αισθητήρες αποτελούν συνδυασμό μικροεπεξεργαστών, χρησιμοποιώντας λειτουργικά συστήματα, που τους δίνουν τη δυνατότητα να συνδέονται με άλλους αισθητήρες και να πραγματοποιούν τις μετρήσεις με ασυνεχή τρόπο.

Οι έξυπνοι αισθητήρες χρησιμοποιώντας ειδικούς αλγόριθμους μπορούν να οργανωθούν μόνοι τους μέσα σε έξυπνα δίκτυα, με την χαμηλότερη κατανάλωση ρεύματος, πραγματοποιώντας διάφορες λειτουργίες. Είναι αρκετά φτηνοί, αλλά και αρκετά ευαίσθητοι. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά δεκάδες ή και εκατοντάδες, δημιουργώντας ένα νέο είδος επιστημονικού οργάνου μέτρησης και καταγραφής.

Ταυτόχρονα, είναι αρκετά έξυπνοι ώστε να βρίσκουν αυτόματα τον «σύντομο δρόμο» επικοινωνίας με άλλους αισθητήρες. Έτσι μεταδίδουν τις πληροφορίες που συλλέγουν, μέχρι εκείνες να φτάσουν σε κάποιο σταθμό εργασίας συνδεδεμένο με το Internet και να υποβληθούν σε επεξεργασία. [33]

### ➤ 3.9 Τα σημερινά δεδομένα των έξυπνων αισθητήρων Καινοτομίες

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: 1)σχεδιάζουν, 2)αναπτύσσουν και 3)εξάγουν τέτοια τεχνολογία σε όλο τον κόσμο, παίζοντας όλο και πιο σημαντικό ρόλο. Η τεχνολογία αυτή στηρίζεται στην ύπαρξη και κατασκευή κυκλωμάτων με τσιπάκια και στη χρήση των έξυπνων αισθητήρων και στο μέλλον τους. [33]

#### • Καινοτομίες

Στον τομέα λοιπόν των έξυπνων συστημάτων, μεταξύ άλλων παρουσιάστηκε η κατασκευή ενός μικροκυκλώματος που 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 οξείδιο του αζώτου κ.ά., που αναμένεται να βρουν εφαρμογή σε συστήματα ασφαλείας στη βιομηχανία, καθώς και 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», λέει η κυρία Νασιοπούλου. «Αυτό που μας κάνει ιδιαίτερα περήφανους όμως είναι ότι υπάρχουν πλέον 19 τουλάχιστον εταιρείες στην Ελλάδα με

διεθνείς προοπτικές. Και καθώς προχωράει η έρευνα είναι βέβαιο ότι θα δημιουργηθούν και άλλες».[28]

• 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.

Η βιοσυμβατότητα είναι ένα άλλο κεφάλαιο προς μελέτη αφού 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» κεραιές και από τα μικροεπιταχυνόμετρα και τους βιο-αισθητήρες 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 η παρακολούθηση του περιβάλλοντος, η δημόσια ασφάλεια και η διάσωση, ο έλεγχος των υποδομών και των κατασκευών, η ιατρική και η βιολογία.[28]

Το 2020 θα γνωρίζουμε και θα μπορούμε ανά πάσα στιγμή να εντοπίσουμε όλα τα υπάρχοντα μας, που κοστίζουν πάνω από μερικά ευρώ. Η κλοπή του αυτοκινήτου μας θα είναι κάτι το ασυνήθιστο, καθώς κάθε τι πολύτιμο που φεύγει από το χώρο μας θα ελέγχεται κατά την έξοδό του και ειδοποιώντας μας στο κινητό τηλέφωνο.

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 που 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 που 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 και παρασιτικές ραδιοσυχνότητες, αυτοί οι αισθητήριοι κόκκοι θα είναι αθάνατες, αυτόματες 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 που 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. [28]

- 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, που 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.[30]

- Σε κλοιό «Έξυπνων Αισθητήρων»

Σε 50 χρόνια κάθε Βρετανός θα παρακολουθείται από 1.000.000 συσκευές. Μελλοντικά θα μπορούμε να καταγράφουμε ολόκληρη τη ζωή του ατόμου από την γέννηση μέχρι τον θάνατο, χάρη στην ύπαρξη ευρύτατου δικτύου «έξυπνων αισθητήρων», υποστηρίζει ο Μάρτιν Σάντλερ, ειδικός επιστήμονας της εταιρείας ηλεκτρονικών υπολογιστών. Μέχρι το 2057, εξηγεί ο Βρετανός επιστήμονας 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. [29]

### ➤ 3.10 Συμπεράσματα

Γνωρίζουμε, ότι η τεχνολογία σήμερα προοδεύει ραγδαία και οι εξελίξεις τρέχουν πέρα από κάθε προσδοκία, προχωρώντας στην δημιουργία και την κατασκευή των λεγομένων «μικροαισθητήρων» και «έξυπνων αισθητήρων», όπως παρουσιάσαμε παραπάνω και τα τεράστια οφέλη που προκύπτουν από αυτές τις διατάξεις. Οι περίπλοκες συσκευές που 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 σημειώσουμε, ότι η λειτουργία τέτοιων συστημάτων θα ήταν πολύ φτωχή, εάν τα προγράμματα του υπολογιστή που λαμβάνουν αποφάσεις δεν τροφοδοτούνταν από κατάλληλη, σύγχρονη και υψηλού επιπέδου πληροφορία.

Εφόσον αυτή η πληροφορία συλλέγεται από τους αισθητήρες, ρυθμίζεται να έχει την κατάλληλη μορφή και στη συνέχεια παρέχεται στο σύστημα του Η/Υ, όπου εκεί αξιοποιείται και δημιουργεί μία κατάλληλη απόκριση. Όλα τα στοιχεία μίας διάταξης αισθητήρα θα πρέπει να παρέχουν το απαιτούμενο επίπεδο απόδοσης. Η γρήγορη ανάπτυξη, τα μικροσυστήματα και η μικροηλεκτρονική σε ένα σύνολο προάγουν περαιτέρω ανάπτυξη των διαφορετικών ψηφιακών και σχεδόν ψηφιακών έξυπνων αισθητήρων και μετατροπέων. Σήμερα, υπάρχουν αισθητήρες συχνότητας χρονικών περιοχών ουσιαστικά για οποιαδήποτε μορφή φυσικών και χημικών, ηλεκτρικών και μη ηλεκτρικών ποσοτήτων. Αυτές οι συσκευές λειτουργούν στα ευρέα φάσματα συχνότητας: από διάφορα εκατοστά μέρη του Hz μέχρι διάφορα MHz.

Η επέκταση τους, οι «ευφυείς» ικανότητες συμπεριλαμβανομένης της ευφυούς επεξεργασίας σήματος επισημαίνονται. Η διαδικασία της μικρογράφησης ωθεί τη δημιουργία πολυδιαυλικού πολλών χρήσεων (multiparameter) έξυπνων αισθητήρων και σειρών αισθητήρων.[20]

Συνοψίζοντας, έχουμε τα εξής :

- Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν το δυναμικό να επηρεάσουν την κοινωνία σε πολλά επίπεδα.
- Η καινοτόμα αυτή νέα τεχνολογία θα βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς. Πολλοί τομείς έρευνας αυτή τη στιγμή διερευνούν για τη βέλτιστη καθώς και μέγιστη υλοποίηση τέτοιων συστημάτων.
- Οι ήδη υπάρχουσες εφαρμογές των αυτοοργανωμένων δικτύων έχουν ωφελήσει πολλαπλώς την κοινωνία, όπως παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.[20]

## Κεφάλαιο Τέταρτο

### Εφαρμογές έξυπνων Αισθητήρων

#### ΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟ 2010 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ





## ➤ 4.1 Εισαγωγή στους τομείς εφαρμογών των έξυπνων αισθητήρων

Ο κλάδος των ασύρματων δικτύων αισθητήρων (Wireless Sensor Networks - WSNs) συνδυάζει δυνατότητα υπολογισμού και επικοινωνίας σε μια μικρή συσκευή. Ενώ οι δυνατότητες ενός κόμβου αισθητήρα (mote) είναι ελάχιστες, η συνύπαρξη πολλών τέτοιων συσκευών συνδεδεμένων σε δίκτυο μπορεί να οδηγήσουν σε νέες τεχνολογικές δυνατότητες. Κύριος στόχος αυτών των μικρών συσκευών - κόμβων είναι η δειγματοληψία διάφορων φυσικών μεγεθών, η επεξεργασία αυτών των μεγεθών - μετρήσεων και τέλος η επικοινωνία του κάθε κόμβου με άλλους, με στόχο την μετάδοση αυτών των μετρήσεων και της πληροφορίας αξιόπιστα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των κόμβων, όπως μικρό μέγεθος, χαμηλό κόστος, αυτονομία και δυνατότητα επικοινωνίας είναι που τα κάνουν τόσο ευέλικτα προσδίδοντας έτσι τη δυνατότητα για ανάπτυξη και υλοποίηση χιλιάδων εφαρμογών. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να συμβάλουν σε κρίσιμες εφαρμογές που δεν περιορίζονται αποκλειστικά στον ερευνητικό και επιστημονικό χώρο αλλά επεκτείνονται και στον χώρο της υγείας και της ασφάλειας, όπως παρακολούθηση και επίβλεψη ασθενών, πρόβλεψη και αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, οικιακές εφαρμογές «έξυπνο σπίτι» και στοχεύουν στην βελτίωση της ποιότητας ζωής του ατόμου και της κοινωνίας ως σύνολο.

Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις εφαρμογές του ευρύ φάσματος των έξυπνων αισθητήρων:

- » Άμυνα, ασφάλεια σπιτιού «έξυπνο σπίτι»
- » Δημόσια ασφάλεια
- » Περιβαλλοντικός έλεγχος – Βιολογία άγριας φύσης
- » Ιατρική (Βλέπε παράρτημα 1.)
- » Συστήματα για την παρακολούθηση εργασιών(έξυπνα video πχ σε μια επιχείρηση, παρακολούθηση κυκλοφορίας κ.α.)
- » Βιομηχανία

## ➤ 4.2 Έξυπνο Σπίτι ( Smart Home). Ο Αυτοματισμός στη ζωή μας

Το σύνολο των αυτοματισμών που επιτρέπουν την εξελιγμένη κεντρική διαχείριση και τον τεχνολογικά προηγμένο έλεγχο κτιριακών συστημάτων, είτε μιλάμε για μια κατοικία, είτε για έναν επαγγελματικό χώρο, ονομάζεται συνήθως «έξυπνο σπίτι» «έξυπνο κτίριο» ή αλλιώς «*smart home*».

Τι εννοούμε όμως, όταν λέμε ότι ένα σπίτι διαθέτει δείκτη νοημοσύνης; Κυρίως αυτό σημαίνει, ότι χρησιμοποιώντας την τελευταία λέξη της τεχνολογίας σε διάφορα λειτουργικά συστήματα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, η διαχείριση γίνεται όσο το δυνατόν πιο αυτοματοποιημένη και βασίζεται σε αρχές αυτοματισμού, τηλεχειρισμού, χρονοπρογραμματισμού, οπτικοποίησης κ.τ.λ.

Τα «έξυπνα κτίρια» αναλαμβάνουν από μόνα τους πρωτοβουλίες, όπως να ρυθμίσουν την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου, να κλείσουν την κεντρική θέρμανση ή τον κλιματισμό όταν έχει ξεχαστεί ανοιχτό κάποιο παράθυρο, να ανεβάσουν μόνα τους τις τέντες όταν φυσάει πολύ, να προσομοιώσουν κάποια λειτουργία στο κτίριο π.χ. ανοιγοκλείνοντας τα φώτα και τα ρολά, ώστε να αποθαρρύνουν τους διαρρήκτες κατά την απουσία των ιδιοκτητών ή απλά να τους ενημερώσουν για την κατάσταση του κτιρίου μέσω κινητού τηλεφώνου ή Internet όσο αυτοί βρίσκονται μακριά.

Το γεγονός είναι, ότι η ποιότητα φωτισμού, η σκίαση, η θερμική άνεση, το υγιές περιβάλλον, οι τηλεχειρισμοί, ο κλιματισμός, η πισίνα, τα ρολά, τα ηχητικά συστήματα, το τηλεφωνικό δίκτυο αποτελούν βασικά συστατικά του ίδιου οικιακού συστήματος. Ζητούμενο είναι πάντα η εξασφάλιση υγιεινής και ευχάριστης διαβίωσης.

Ένα «έξυπνο σπίτι» μας επιτρέπει, όταν είμαστε μέσα να ενεργούμε εύκολα, χωρίς να πηγαينوερχόμαστε στους χώρους για να προσαρμόσουμε κάποια λειτουργία. Όλα τα συστήματα μπορούν να ελέγχονται εύκολα από μια οθόνη αφής, έναν απλό διακόπτη τοίχου ή ένα τηλεχειριστήριο. Ένα κτίριο με δείκτη νοημοσύνης επιτρέπει να ελέγχονται οι λειτουργίες του από μακριά μέσω τηλεφώνου ή διαδικτύου, τόσο εύκολα σαν να είμαστε εκεί. Σίγουρα αυτή η δυνατότητα δεν ανήκει πλέον στη σφαίρα της φαντασίας, αλλά ανήκει στην καθημερινότητα μας.

Συχνά αναφερόμαστε σε μία αυτόματη συσκευή, π.χ. μια φωτογραφική μηχανή που μπορεί να επιλέγει μόνη της τον χρόνο έκθεσης και το διάφραγμα χωρίς να χρειάζεται ρύθμιση από τον χρήστη.

Γενικά, ονομάζουμε «αυτόματες» αυτές τις συσκευές που εκτελούν τις αναμενόμενες λειτουργίες «από μόνες τους», δηλαδή χωρίς την καταβολή ανθρώπινης προσπάθειας.

Ο αυτοματισμός είναι το πεδίο της επιστήμης και της τεχνολογίας, που ασχολείται με αυτά ακριβώς τα φαινόμενα. Ασχολείται ουσιαστικά με την επιβολή μιας επιθυμητής συμπεριφοράς στα φαινόμενα. Το αντικείμενο του αυτοματισμού είναι γενικό και πολύπλευρο.

Εφαρμογές υπάρχουν πολυάριθμες στην καθημερινή ζωή και στη βιομηχανία. Πρόκειται μάλιστα για ένα από τα πιο ιστορικά πεδία της επιστήμης, διότι η ανάπτυξη του συνοδεύει την εξέλιξη όλων των άλλων τεχνολογιών.

Ο αυτοματισμός στην καθημερινή ζωή έχει σκοπό να κάνει τη ζωή των ανθρώπων πιο εύκολη. Με την βοήθεια των ειδικών μπορείτε κι εσείς να εγκαταστήσετε αυτοματοποιημένες εφαρμογές «έξυπνου κτιρίου» κερδίζοντας σε άνεση, χρόνο και χρήμα.

Τρεις είναι οι βασικοί παράγοντες που ωθούν όλο και περισσότερους κατασκευαστές, αλλά και ιδιοκτήτες να υιοθετούν τις αρχές λειτουργίας του «έξυπνου κτιρίου» και τις νέες τεχνολογίες αυτοματοποίησης, που διαρκώς γίνονται διαθέσιμες στην αγορά:

α) Η άνοδος του βιοτικού επιπέδου δημιουργεί μεγαλύτερες ανάγκες για άνετες, ποιοτικές συνθήκες διαβίωσης στους χώρους εργασίας και κατοικίας.

β) Οι ιδιαίτερες ανάγκες που έχουν ομάδες πληθυσμού, π.χ. άτομα με νοητικά και κινητικά προβλήματα, ηλικιωμένοι.

γ) Η ολοένα αυξανόμενη περιβαλλοντική συνείδηση των πολιτών και η ανησυχία για το φαινόμενο του θερμοκηπίου δημιουργεί την ανάγκη για την εξοικονόμηση ενέργειας και την ορθολογική διαχείριση κάθε κτιριακού συστήματος.

Η ανάγκη για περισσότερη άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας γίνεται διαρκώς μεγαλύτερη στα σύγχρονα κτίρια. Ειδικά στη βιομηχανία, η εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση πόρων και αντίστοιχη αύξηση της παραγωγικότητας.

Ενδεικτικά αναφέρονται κάποιοι συντηρητικοί υπολογισμοί των οικονομιών που επιτυγχάνονται:

- » Αύξηση παραγωγής κατά 5 - 35%
- » Μείωση κατανάλωσης ενέργειας κατά 10 - 35%
- » Αύξηση του χρόνου ζωής των μηχανών κατά 10 - 25%
- » Μείωση σπατάλης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 15 - 40%
- » Μείωση εξόδων συντήρησης μηχανημάτων κατά 10 - 20%

Για παράδειγμα, μια κατοικία 120m<sup>2</sup> η κατασκευή ενός συστήματος «έξυπνου σπιτιού» που καλύπτει είκοσι φωτιστικά σημεία εκ των οποίων τα τέσσερα είναι ρυθμιζόμενα (dimmable), οκτώ ηλεκτρικά ρολά και διαχειρίζεται την θέρμανση, το κόστος του αυτοματισμού όπου περιλαμβάνει τα υλικά instabus EIB και τον προγραμματισμό ανέρχεται στα 3000 Euro (με χρήση συμβατικών διακοπών για ελαχιστοποίηση του κόστους). Είναι φανερό με συντηρητικούς υπολογισμούς ότι ο ιδιοκτήτης του κτιρίου θα κάνει απόσβεση του συστήματος στα επόμενα ένα με δύο χρόνια.

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος «έξυπνου κτιρίου» δεν είναι μια απλή υπόθεση, ειδικά επειδή ο συγκεκριμένος τομέας βρίσκεται σε τροχιά ανάπτυξης και συνεχώς κυκλοφορούν νέα συστήματα και νέες εφαρμογές, που μόνο κάποιος ειδικός απόλυτα εξοικειωμένος με τη φιλοσοφία του αυτοματισμού και της τεχνολογίας μπορεί να γνωρίζει.

Πριν από την εγκατάσταση ενός συστήματος είναι απαραίτητο για τον ιδιοκτήτη ή μελλοντικό χρήστη του κτιρίου να συνεργαστεί στενά με τον σχεδιαστή της ηλεκτρικής εγκατάστασης, ώστε να καταγραφούν οι ιδιαίτερες ανάγκες και επιθυμίες ως προς τις παροχές αυτοματοποίησης που θα έκαναν πιο εύκολη τη ζωή του.

Είναι χρήσιμο να προσδιοριστούν για κάθε χώρο ξεχωριστά οι επιθυμητές, αυτοματοποιημένες και μη λειτουργίες, που αφορούν τον φωτισμό, τη θέρμανση, τον αερισμό, τον κλιματισμό, τη διαχείριση ηλεκτρικών φορτίων, τη χρήση κινούμενων ρολών, το πότισμα κήπου, τη σήμανση εγκαταστάσεων κ.α. Θα πρέπει να προσδιοριστεί ο επιθυμητός βαθμός αυτοματοποίησης (και τηλεχειρισμού) κάθε συστήματος και να εξεταστεί κατά πόσο υπάρχουν διαθέσιμες τεχνικές λύσεις για να πραγματοποιηθεί κάθε εφαρμογή.

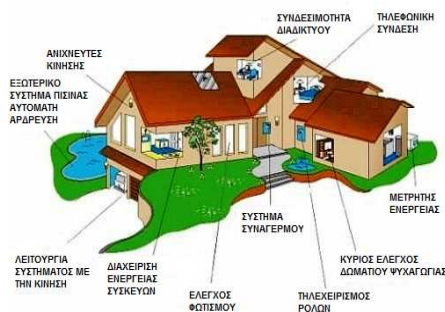
Στην τελική απόφαση εφαρμογής πρέπει να συνυπολογισθούν η επιλογή και η αξιοπιστία του κατασκευαστή των υλικών (υλικά από επώνυμες εταιρείες και όχι αναμφίβολες «πατέντες»), το σύστημα αυτοματισμού, το κόστος προμήθειας των υλικών, το κόστος συντήρησης, η δυναμική των υλικών στη αγορά, η επιλογή του σχεδιαστή, η εμπειρία από αντίστοιχες εφαρμογές σε άλλες κτιριακές εφαρμογές.

Είναι επίσης σημαντικό να εξεταστούν οι δυνατότητες επέκτασης και προσαρμογής της εγκατάστασης σε μελλοντικές ανάγκες και εφαρμογές, ειδικά τη στιγμή που η συγκεκριμένη αγορά συνεχώς αναπτύσσεται και οι τεχνολογικές εξελίξεις τρέχουν.

• Πώς μπορεί ένα «Smart Home» να βοηθήσει άτομα με ειδικές ανάγκες και τους ηλικιωμένους;

Ένα έξυπνο σπίτι μπορεί να βοηθήσει άτομα με ειδικές ανάγκες και τους ηλικιωμένους να διάγουν ασφαλή και ανεξάρτητη ζωή στα ίδια τους τα σπίτια. Ένα έξυπνο σπίτι μπορεί να:

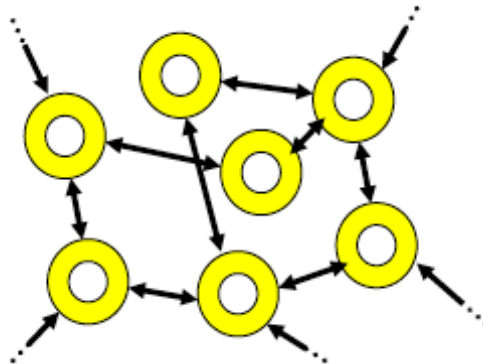
- Παρέχει ένα περιβάλλον που παρακολουθείται συνεχώς για να εξασφαλιστεί ο ιδιοκτήτης και να είναι ασφαλής (παρακολούθηση δραστηριότητα)
- Παρέχει ένα ασφαλές και σίγουρο περιβάλλον (προειδοποιεί τον ιδιοκτήτη του τις δυνητικά επικίνδυνες δραστηριότητες)
- Διευκολύνει την αποκατάσταση των νοικοκυριών (με την επίδοση των οπτικοαουστικών μέσων)



**Εικόνα 4.2.1 Το «Έξυπνο Σπίτι»**

### ➤ 4.3 Εφαρμογές Αυτοοργανωμένων Δικτύων

- Συνεργασία σε επιχειρησιακό ή εκπαιδευτικό περιβάλλον, ανταλλαγή πληροφοριών, επικοινωνία μεταξύ διαφόρων ηλεκτρονικών συσκευών.
- Επιχειρησιακό στρατιωτικό σχεδιασμό για εχθρικές τοποθεσίες δικτύων.
- Δίκτυα αισθητήρων για επικοινωνία μεταξύ «έξυπνων αισθητήρων» και για την ανταλλαγή πληροφοριών.



**Σχήμα 4.3.1. «A Smart Sensor Network»:** Ένα έξυπνο δίκτυο αισθητήρα

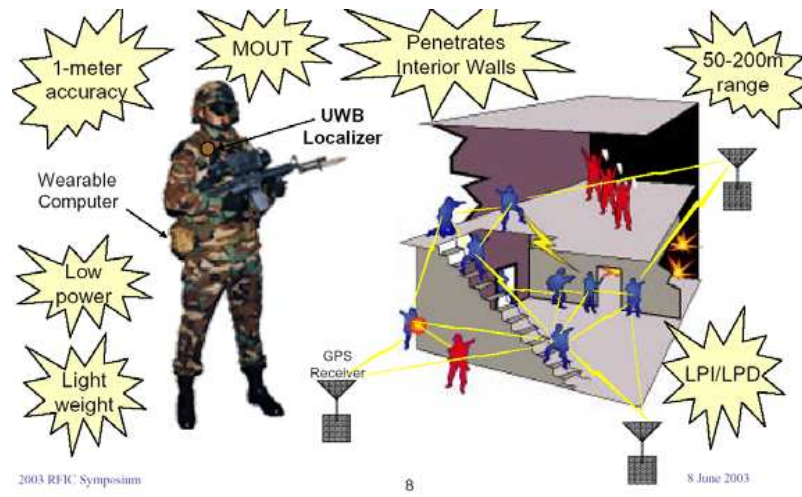
Τα αυτοργανώμενα δίκτυα εξαιτίας του πολυμορφικού τους χαρακτήρα τυγχάνουν πολλών χρήσεων.[32]

Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές εφαρμογές με την εμπορική σημασία. Εδώ μια δειγματοληψία μερικών πιθανών εφαρμογών, σε καμία ιδιαίτερη κατάταξη:

- Αμυντικές εφαρμογές



- Επιτήρηση πεδίων μαχών, έλεγχος συνθήκης, έλεγχος μεταφορών, κυνήγι Σκούντ)  
(Ο βαθμός κινδύνου μειώνεται για επιχειρησιακές εφαρμογές στο πεδίο της μάχης με την λειτουργία του ασύρματου εντοπισμού θέσης)



(Οι δυνατότητες που παρέχονται από την τεχνολογία αυτή είναι ιδιαίτερα χρηστικές εξαιτίας της ακρίβειας τους 1 μέτρο ακρίβειας, της χαμηλής κατανάλωσης, της διαπερατότητας, του μικρού τους βάρους που τα καθιστά φορητά και τέλος της εμβέλειας τους 50 ως 200 μέτρα)

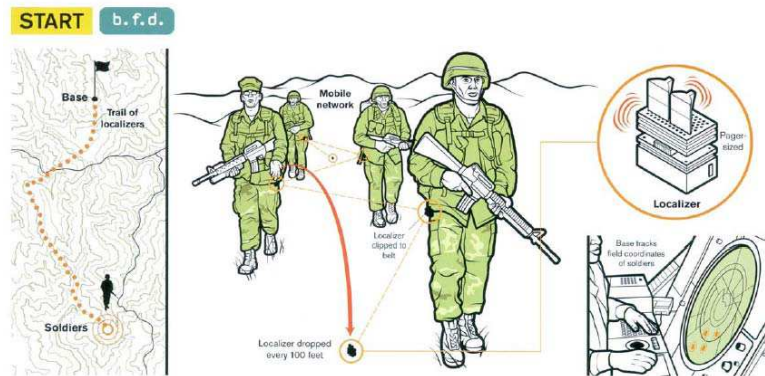
Οι εφαρμογές στον στρατό είναι ιδιαίτερα πρακτικές. Τα σημερινά μέσα δεν παρέχουν επαρκή πληροφόρηση για εντοπισμό σε εσωτερικούς χώρους, υστερούν σε θέματα συντονισμού και ελέγχου. Στο πεδίο της μάχης υπάρχουν διάφοροι ήχοι, που δυσκολεύουν την επικοινωνία και αποσυντονίζουν τις παρευρισκόμενες διάφορες ομάδες.[32]



Τα αυτοργανώμενα δίκτυα διευκολύνουν τις επιχειρησιακές ομάδες στο πεδίο της μάχης με την αυτοματοποίηση της επικοινωνίας, τον εντοπισμό της θέσης και την

αμεσότητα της πληροφόρησης. Γνωστή εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής αποτελεί το «smart dust».

Το «smart dust» δεν είναι άλλο από μια δικτυακή υποδομή που δημιουργείται με ρίψη κόμβων από ιπτάμενο μέσο(π.χ. αεροπλάνο, ελικόπτερο). Την δικτυακή υποδομή αυτή την χρησιμοποιούν στρατιώτες που εκτελούν επιχειρήσεις στην περιοχή εκείνη.



(Οι εφαρμογές του «smart dust» είναι ιδιαίτερα χρήσιμες σε πεδία μάχης, όπου το δίκτυο επικοινωνίας για τους στρατιώτες είναι ανύπαρκτο. Το σύστημα αυτό που τοποθετείται με μία απλή ρίψη από ιπτάμενο μέσο.)[32]

- Έλεγχος υλικού(αποθήκης - στοκ)

Η επικοινωνία πραγματοποιείται από το χαρτοκιβώτιο στο κιβώτιο, τα κιβώτια στην παλέτα, οι παλέτες στο φορτηγό(truck), και το φορτηγό στην αποθήκη εμπορευμάτων και τέλος η αποθήκευση εμπορευμάτων στο διαδίκτυο. Το σήμα του δικτύου είναι αρκετά ισχυρό ώστε να διατηρείται η επικοινωνία ακόμα και μέσα από container.[32]





(Οι αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι σε διάφορα αποθηκευμένα αντικείμενα μεταφέρονται από αντικείμενο σε αντικείμενο (hoping), μέχρι να καταλήξουν στην βάση δεδομένων του πληροφοριακού συστήματος και έπειτα με κόκκινο σημείο παρουσιάζονται στα αντικείμενα της αποθήκης)[32]

- Έλεγχος ποιότητας των προϊόντων

- θερμοκρασίας, έλεγχος υγρασίας του κρέατος, έλεγχος προϊόντων, γαλακτοκομικών προϊόντων

- έλεγχος κραδασμών και θερμοκρασίας

- Έξυπνους χώρους γραφείων

Η εταιρία «center for the built environment» έχει στον ενεργητικό της πολλά σχέδια για το γραφείο του μέλλοντος. Στο γραφείο του μέλλοντος οι περιβαλλοντικές συνθήκες θα προσαρμόζονται στις επιθυμίες κάθε ατόμου. Ίσως σύντομα όλοι θα φοράμε αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, καθώς οι περιβαλλοντικοί αισθητήρες άνεσης θα ράβονται στα ενδύματά μας και θα επικοινωνούν συνεχώς με τους χώρους εργασίας μας, όπου οι συνθήκες θα προσαρμόζονται στις ανάγκες μας.[32]

- Interface για τα άτομα με ειδικές ανάγκες

Η ύπαρξη μικρό-αισθητήρων σε ένα τετραπληγικό πρόσωπο, για να ελέγξει και να αναβοσβήνει συσκευές, ανάλογα με τις συσπάσεις του προσώπου του, καθώς και η αποστολή τους ως εντολές σε μια συσκευή wheelchair ή computer ή other.[32]



- Διάσωση Πυροσβεστών

Η ύπαρξη μικρό-αισθητήρων στη στολή των πυροσβεστών αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τον εντοπισμό και διάσωση υπό συνθήκες δύσκολες (καπνός, φασαρία, έλλειψη οξυγόνου)

Επίσης αποτελεί και εργαλείο τηλεπικοινωνιακό, όσο αφορά τον συντονισμό και την επικοινωνία της ομάδας των πυροσβεστών κατά την επιχείρηση της κατάσβεσης.

(Στη φωτογραφίες εικονίζεται ένα πυροσβέστης την ώρα του καθήκοντος με ιδιαίτερα δύσκολες συνθήκες ορατότητας. Η επιχείρηση συντονίζεται από τον ψηφιακό χάρτη καθώς οι πυροσβέστες γνωρίζουν με ακρίβεια την θέση των μελών της ομάδας στο κτίριο)[32]



- Ανάπτυξη αισθητήρων

Ένα ολοένα σημαντικότερο θέμα στην έρευνα πάνω σε δίκτυα αισθητήρων αποτελεί η ανάπτυξη των αισθητήρων. Εξαιτίας του μεγάλου αριθμού (πληθυσμού) ανάπτυξης των αισθητήρων, η κατ' άτομο τοποθέτηση των αισθητήρων δεν αποτελεί βιώσιμη λύση. Τυπικά οι αισθητήρες τοποθετούνται τυχαία σε μια περιοχή. Οι στρατηγικές ανάπτυξης οφείλουν να μεγιστοποιήσουν την περιοχή εμβέλειας, σε συνάρτηση κάποιων περιορισμών κόστους ή αντίστοιχα να μειώσουν το κόστος ανάπτυξης σε συνάρτηση κάποιων περιορισμών εμβέλειας. Μετά από αυτή την ανάπτυξη, οι κομβικοί αισθητήρες πρέπει να αυτό-οργανωθούν σε κάποια δικτυακή τοπολογία.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τον κάθε κόμβο να υπακούει τοπικούς κανόνες, να αναλύει τους γειτονικούς κόμβους αισθητήρων και να συγκροτεί μια λίστα με αυτούς.[32]

#### ➤ **4.4 Περιβαλλοντική εφαρμογή έξυπνου αισθητήρα:**

Οι αισθητήρες και τα δίκτυα αισθητήρων έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων. Οι εφαρμογές των έξυπνων αισθητήρων σε πολλούς τομείς, όπως τα έξυπνα ηλεκτρικά δίκτυα, τα έξυπνα κτίρια και οι έξυπνες βιομηχανικές διαδικασίες ελέγχου συμβάλουν σημαντικά στην πιο αποτελεσματική χρήση των πόρων και κατά συνέπεια στην μείωση εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και άλλων πηγών ρύπανσης.

Η επανεξέταση των μελετών και η αξιολόγηση των επιπτώσεων του αισθητήρα στη μείωση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου αποκαλύπτει, ότι η τεχνολογία έχει μεγάλες δυνατότητες να συμβάλει στη μείωση τους σε διάφορα πεδία εφαρμογής.

Λαμβάνοντας υπόψη, ότι οι μελέτες εκτιμούν σαφώς μια συνολική ισχυρή θετική επίδραση σε έξυπνα δίκτυα, έξυπνα κτίρια, που παρουσιάστηκαν παραπάνω και σε έξυπνες βιομηχανικές εφαρμογές, τα αποτελέσματα στον τομέα των ευφυών αισθητήρων είναι αναμενόμενα.

Ειδικότερα τα ευφυή συστήματα μεταφορών καταστούν τις μεταφορές πιο αποτελεσματικές, ταχύτερες και φθηνότερες. Αυτό δείχνει το σημαντικό ρόλο που οι κυβερνήσεις πρέπει να αυξάνουν τις θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η αυξημένη αποδοτικότητα των προϊόντων θα πρέπει να προχωρήσει παράλληλα με τη διαχείριση της ζήτησης για την εσωτερική του περιβαλλοντικού κόστους. Παραπάνω, τα ελάχιστα πρότυπα στον τομέα των έξυπνων κτιρίων και έξυπνων δικτύων όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση μπορούν να είναι σημαντικά για την μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου.

#### • 4.4.1 Κατανάλωση ενέργειας

Τα μέσα μετάδοσης για την επικοινωνία συμπεριλαμβάνουν: ραδιοκύματα, υπέρυθρες και οπτικά. Τα ραδιοκύματα αποτελούν την περισσότερο διαδεδομένη λύση με τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση, η οποία μπορεί να παρέμβει και με τις άλλες υπάρχουσες εφαρμογές.

Οι υπέρυθρες ως μέσο επικοινωνίας χαμηλού κόστους και χαμηλής κατανάλωσης απαιτεί οπτικό ορίζοντα επαφής, πράγμα που το καθιστά δύσκολο κατά την ανάπτυξη των κομβικών αισθητήρων. Η κατανάλωση ενέργειας αποτελεί μείζον θέμα για τους δικτυακούς αισθητήρες μιας και η τροφοδοσία είναι αναντικατάστατη ή δύσκολα προσεγγίσιμη. Η ενεργειακή επάρκεια επιδρά άμεσα στη διάρκεια ζωής του δικτύου. Οι αισθητήρες καταναλώνουν την τροφοδοσία στους αισθητήρες των τηλεπικοινωνιών και την επεξεργασία των δεδομένων.

Η περισσότερη κατανάλωση γίνεται κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας, η οποία συμπεριλαμβάνει την εκπομπή και τη λήψη. Η κατανάλωση ενέργειας δεν πραγματοποιείται μόνο, όταν η επικοινωνία είναι ενεργή, αλλά και κατά τη διάρκεια εκκίνησης της επικοινωνίας. Η ενεργειακή κατανάλωση του RF μέρους είναι ιδιαίτερα εξαρτώμενη από το σχέδιο συντονισμού του συστήματος. Παρ' όλο το γεγονός ότι το RF είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στο θόρυβο, τα wideband RF τσιπ απαιτούν ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία για την επεξεργασία πολύ επίπεδων πρωτοκόλλων. Σε αντίθεση τα narrowband τσιπ είναι περισσότερο απλά και έχουν σημαντικότερες ενεργειακές απολαβές, λόγω της μειωμένης τους λογικής.

Η βιομηχανία κατευθύνεται προς συσκευές συχνότητας 2,4 GHz εξαιτίας της ευρύτερης αποδοχής αλλά και των κανονισμών. Το λειτουργικό περιβάλλον αποτελεί επίσης πρωτεύον παράγοντα για την ενεργειακή κατανάλωση του δικτύου. Στις περισσότερες εφαρμογές υπάρχουν πολλά εμπόδια στο σήμα. Τα εμπόδια μεταξύ των κόμβων παρέχουν τετραδική μείωση της δύναμης του σήματος, όπως παρατίθεται σε μια μείωση τετραγωνικής αντιστροφής για ανοιχτό πεδίο. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος μπορούν να τοποθετηθούν περισσότεροι κόμβοι στο δρόμο της εκπομπής.[32]

Οι υπερβολικοί περιορισμοί στους ασύρματους αισθητήρες απαιτούν την απασχόληση multi hopping. Η μείωση του κύκλου εργασίας και της διανομής στους «δρόμους» του δικτύου μπορεί να επιμηκύνει τη ζωή της μπαταρίας. Τα ανώτερα επίπεδα του δικτυακού πρωτοκόλλου μπορούν να σχεδιαστούν πολύ προσεκτικά, ώστε να εφαρμοστούν στους χαμηλούς κύκλους εργασίας του κόμβου χωρίς τη διακοπή ή την επέμβαση στο διαμοιραζόμενο κανάλι ή στη διανομή των δεδομένων. Αυτές οι τεχνικές επιτρέπουν τους αισθητήρες να λειτουργούν έως και 2 χρόνια με μπαταρίες μεγέθους κέρματος.

Κατά τον προσδιορισμό ανίχνευσης ενός γεγονότος πρέπει να υπολογιστεί το ελάχιστο ποσοστό δειγματοληψίας. Οι προσαρμοσμένες ρουτίνες δειγματοληψίας μπορούν να συνεισφέρουν σε ενεργειακή μείωση με την αποφυγή υπερβολικών δειγματοληψιών.

Όταν έχει δρομολογηθεί ένα γεγονός από τον αισθητήρα, η ενέργεια που καταναλώθηκε για την ανίχνευση πρέπει να ελαχιστοποιείται. Ένας άλλος τρόπος για να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση και ο κύκλος εργασιών είναι η αποθήκευση των δεδομένων τοπικά μέχρι την κατάσταση επάρκειας, που είναι αναγκαία για την δικαιολόγηση της αποστολής ενός γεγονότος. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να επεκταθεί σε μεγαλύτερα δίκτυα.

Η κατά κόμβο κίνηση των δεδομένων είναι αντιστρόφως ανάλογη με το μέγεθος του δικτύου, πράγμα που καθιστά τη δρομολόγηση της κίνησης τοπικά χρήσιμη. [32]

Σε αυτή την περίπτωση η αποστολή της κίνησης κατά μήκος του δικτύου γίνεται σε μεγάλα πακέτα.

- Συμπεράσματα

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν το δυναμικό να επηρεάσουν την κοινωνία σε πολλά επίπεδα. Η καινοτόμα αυτή νέα τεχνολογία θα βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς. Πολλοί τομείς έρευνας αυτή τη στιγμή διερευνούν για τη βέλτιστη καθώς και μέγιστη υλοποίηση τέτοιων συστημάτων. Οι ήδη υπάρχουσες εφαρμογές των αυτοργανώμενων δικτύων έχουν ωφελήσει πολλαπλώς την κοινωνία. Σημαντικότερα παραδείγματα αποτελούν : η ανίχνευση φωτιάς, ο εντοπισμός θέσης φορτίων, κοντίνερ και ο επιχειρησιακός συντονισμός στρατιωτών στο πεδίο μάχης.[32]

## ➤ 4.5 Γενικές εφαρμογές συστήματος έξυπνου αισθητήρα:

Τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών έχουν πιστοποιήσει την χρήση τους και συνεχίζονται να ισχυροποιούν την θέση τους ακόμα περισσότερο.

Το RFID σύστημα, σώζει ζωές, βοηθάει στην αποφυγή ιατρικών λαθών, αποτρέπει εγκλήματα στην διασκέδαση και έχουν πολλές εφαρμογές στην εφοδιαστική αλυσίδα, για τον μελλοντικό προγραμματισμό της παραγωγής μιας εταιρείας, (IDTechEx). Με την βοήθεια των RFID συστημάτων μειώνεται το κόστος για όλη την εφοδιαστική αλυσίδα, από τον παραγωγό ή τον κατασκευαστή και μέχρι τον καταναλωτή. Η έξυπνη συσκευασία δημιουργεί μεγάλο ενδιαφέρον στους περισσότερους τομείς της κοινωνίας, σε κλάδους π.χ. φαρμακοβιομηχανίας, τις ταχυδρομικές υπηρεσίες, τον στρατό, τις βιβλιοθήκες, τις εταιρείες διαχείρισης, την εκπαίδευση, κ.λπ.[24]

### • Εφαρμογές στα έντυπα

• **Έξυπνες κάρτες:** Ονομάζουμε τις κάρτες με τσιπ-κύκλωμα. Περιλαμβάνουν επάνω τους μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας και γίνονται ορισμένες λειτουργίες με τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα μέσα στην μονάδα.

• **Έξυπνες ετικέτες:** Η έξυπνη ετικέτα είναι ένα επίπεδο υπόστρωμα και έχει ηλεκτρονικές δυνατότητες. Οι περισσότερες έξυπνες ετικέτες είναι επίπεδες, γιατί με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το κόστος κατασκευής και μπορούν να τοποθετηθούν σε δύσκολα σημεία. Μερικές φορές οι άνθρωποι περιορίζουν την χρήση του όρου της ευφυούς συσκευασίας μόνο στα ηλεκτρονικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα.

Αποτελείται από ηλεκτρονικά στοιχεία, που περιλαμβάνουν έναν μοναδικό αριθμό που αποκωδικοποιείται ψηφιακά και επιτρέπουν να διαβαστεί ο αριθμός από απόσταση. Οι ετικέτες μπορούν να είναι μόνο ανάγνωσης ή ανάγνωσης και αποθήκευσης.[24]

• **Έξυπνο video:** Στις μέρες μας ένας τεράστιος όγκος από video καταγράφεται, αλλά λόγω έλλειψης χρόνου ποτέ δεν παρακολουθείται ή επισκοπείται. Ως εκ τούτου, συμβάντα και δραστηριότητες διαφεύγουν και η ύποπτη συμπεριφορά δεν γίνεται αντιληπτή έγκαιρα για να προληφθούν τα περιστατικά. Αυτό έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη του Έξυπνου Video (Intelligent Video).

Ως *Έξυπνο Video* ορίζεται κάθε λύση όπου το σύστημα επιτήρησης εκτελεί αυτόματα μια ανάλυση του βιντεοσκοπούμενου χώρου. Οι εφαρμογές εκτείνονται από μαθηματική ανάλυση, όπως την ανίχνευση κίνησης και ήχου ή θορύβου, έως πιο προηγμένα συστήματα, συμπεριλαμβανομένων την ανίχνευση της παραβίασης της κάμερας, την καταμέτρηση ανθρώπων, την εικονική περιήραξη και την αναγνώριση αριθμών κυκλοφορίας οχημάτων.

- Τι είναι το έξυπνο video

Το Έξυπνο Video αποσκοπεί στη μείωση του τεράστιου όγκου πληροφοριών που περιέχονται στη βιντεοσκόπηση κάνοντας έτσι πιο επιδεκτικό για τα συστήματα και τους ανθρώπους. Η κατασκευή αυτού του είδους μαθηματικής ανάλυσης στις δικτυακές κάμερες έχει μείζοντα πλεονεκτήματα, όπως ένα πιο αξιόπιστο και ευέλικτο σύστημα επιτήρησης και δραστηκής μείωσης του φόρτου εργασίας του προσωπικού.

Η έξυπνη δικτυακή κάμερα ποτέ δεν είναι αδρανής, αλλά υποστηρίζει τον χειριστή ή επιτηρητή 24 ώρες την ημέρα για 7 ημέρες την εβδομάδα.

Είναι μόνιμα σε επαγρύπνηση, περιμένοντας το ερέθισμα για να αρχίσει την καταγραφή ή την αποστολή ειδοποίησης στον χειριστή ή επιτηρητή.

Επιπρόσθετα, τα Συστήματα Έξυπνης Εικονοσκόπησης μπορούν να εξάγουν εικονοσκόπηση και πληροφορίες από την εικονοροή του Συστήματος Επιτήρησης και να ενσωματώσουν αυτές τις πληροφορίες σε άλλες εφαρμογές, όπως συστήματα διαχείρισης λιανικών πωλήσεων ή συστήματα ελέγχου πρόσβασης, δημιουργώντας έτσι νέα οφέλη και ανοίγοντας νέες επιχειρηματικές προοπτικές.

Η «ευφυΐα» στις εφαρμογές έξυπνης εικονοσκόπησης σχεδιάζει την ανάλυση των βιντεοσκοπούμενων εικόνων και την αυτοματοποιημένη χρήση των συνακόλουθων δεδομένων. Τα οφέλη των έξυπνων συστημάτων εικονοσκόπησης είναι πολυάριθμα.

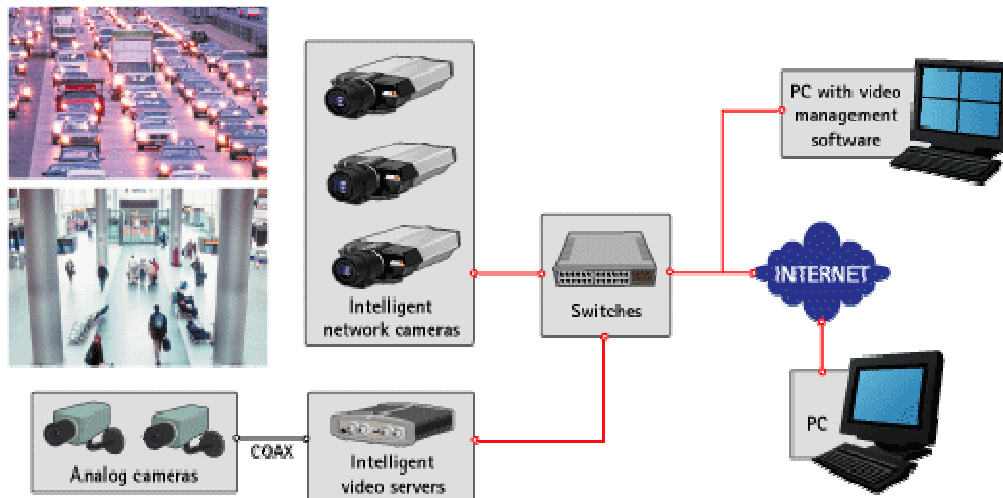


- Συστήματα «δικτυακού video» και κατανεμημένη ευφυΐα

Το δικτυακό video επιτρέπει μια εντελώς διαφορετική στρατηγικά «κατανεμημένη ευφυΐα». Οι κατανεμημένες αρχιτεκτονικές είναι σχεδιασμένες να ξεπερνούν τους περιορισμούς των κεντροποιημένων αρχιτεκτονικών με το να διανέμουν την επεξεργασία σε διαφορετικά στοιχεία στο δίκτυο. Η πιο επεκτάσιμη, λιγότερο δαπανηρή και ευέλικτη αρχιτεκτονική βασίζεται στην «ευφυΐα στο άκρο», που σημαίνει, όσο το δυνατόν περισσότερη επεξεργασία του video από τις δικτυακές κάμερες και τους κωδικοποιητές video αυτούς καθαυτούς. Αυτή η αρχιτεκτονική συνεπάγει την ελάχιστη χρήση του εύρους ζώνης, αφού οι κάμερες μπορούν να στείλουν δεδομένα προς το δίκτυο και να υπολογίσουν με έξυπνο τρόπο «ποιό video χρειάζεται να σταλεί». Αυτό μειώνει δραστικά το κόστος και την πολυπλοκότητα του μοντέλου δικτυακής κεντρικής επεξεργασίας και εξαλείφει εντελώς τα μηνύματα της κεντροποιημένης τεχνολογίας. Εάν οι κάμερες για παράδειγμα διαθέτουν ανίχνευση κίνησης, τότε αντί να οδεύουν όλο το video, οδεύουν μόνο το video που παρουσιάζει ενδιαφέρον και περιέχει κίνηση το οποίο μπορεί να σταλεί στον σταθμό εποπτείας για περαιτέρω ενέργεια και ανάλυση.

Για εξειδικευμένη μαθηματική ανάλυση, όπου χρειάζονται μόνο τα δεδομένα και όχι η εικόνα τέτοια, όπως η καταμέτρηση ανθρώπων ή η αναγνώριση αριθμών κυκλοφορίας οχημάτων και η εκτέλεση των εφαρμογών στην κάμερα έχει εντυπωσιακό αντίκτυπο, αφού οι κάμερες μπορούν να εξάγουν τα απαιτούμενα δεδομένα και να στείλουν μόνο αυτές τις πληροφορίες, συνοδευόμενες από μερικά στιγμιότυπα.





Σχήμα 4.5.1. Έξυπνο δίκτυο καμερών

(**Analog cameras:** Αναλογικές κάμερες, **Intelligent video servers:** Διακομιστές έξυπνων βίντεο, **Intelligent network cameras:** έξυπνο δίκτυο καμερών, **Switches:** Διακόπτες, **Pc with video management software:** Η/Υ με διαχείριση βίντεο λογισμικού)

#### ➤ 4.6 Βιομηχανικές εφαρμογές έξυπνου αισθητήρα:

Κατανεμημένες αρχιτεκτονικές για βιομηχανικές εφαρμογές αποτελούν μια νέα ευκαιρία για την πραγματοποίηση οικονομικά αποδοτικά, ευέλικτα, επεκτάσιμα και αξιόπιστα συστήματα. Η άμεση διεπαφή των αισθητήρων και ενεργοποιητών με το βιομηχανικό δίκτυο επικοινωνίας βελτιώνει την απόδοση του συστήματος, επειδή τα δεδομένα και η διαγνωστική διαδικασία μπορεί να είναι διαθέσιμη ταυτόχρονα σε πολλά συστήματα, καθώς και από κοινού στον Παγκόσμιο Ιστό.

Ωστόσο, οι αισθητήρες ιδίως εκείνοι με χαμηλό κόστος δεν μπορούν να χρησιμοποιούν τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας, κατάλληλα για υπολογιστές και PLC. Στην πραγματικότητα, οι αισθητήρες απαιτούν συνήθως μια κυκλική, ισοχρονισμένη σε πραγματικό χρόνο ανταλλαγή δεδομένων των λίγων, ενώ οι υπολογιστές και PLCs απαιτούν ανταλλαγή μεγάλου όγκου δεδομένων με ήπιους περιορισμούς σε πραγματικό κόστος.

Εξετάζοντας τα βιομηχανικά συστήματα επικοινωνίας, αυτός ο διαχωρισμός είναι ευδιάκριτος: διαφορετικές διεπαφές διαύλων έχουν σχεδιαστεί για συγκεκριμένες περιοχές εφαρμογών αισθητήρων, λαμβάνοντας υπόψη, το υψηλό επίπεδο βιομηχανικής χρήσης εξοπλισμών ενσύρματης ή ασύρματης Ethernet και Διαδικτύου τεχνολογιών. Πρόσφατα, οι παραδοσιακές διεπαφές διαύλου αντικαθίσταται από πραγματικού χρόνου πρωτόκολλα Ethernet, τα οποία είναι «εκτεταμένες» εκδόσεις του Ethernet, που πληρούν τις απαιτήσεις σε πραγματικό χρόνο λειτουργίας. Εκτός αυτού, σε πραγματικό χρόνο η ασύρματη δικτύωση του αισθητήρα φαίνεται πολλά υποσχόμενη, όπως αποδεικνύεται από τις αυξανόμενες ερευνητικές δραστηριότητες.

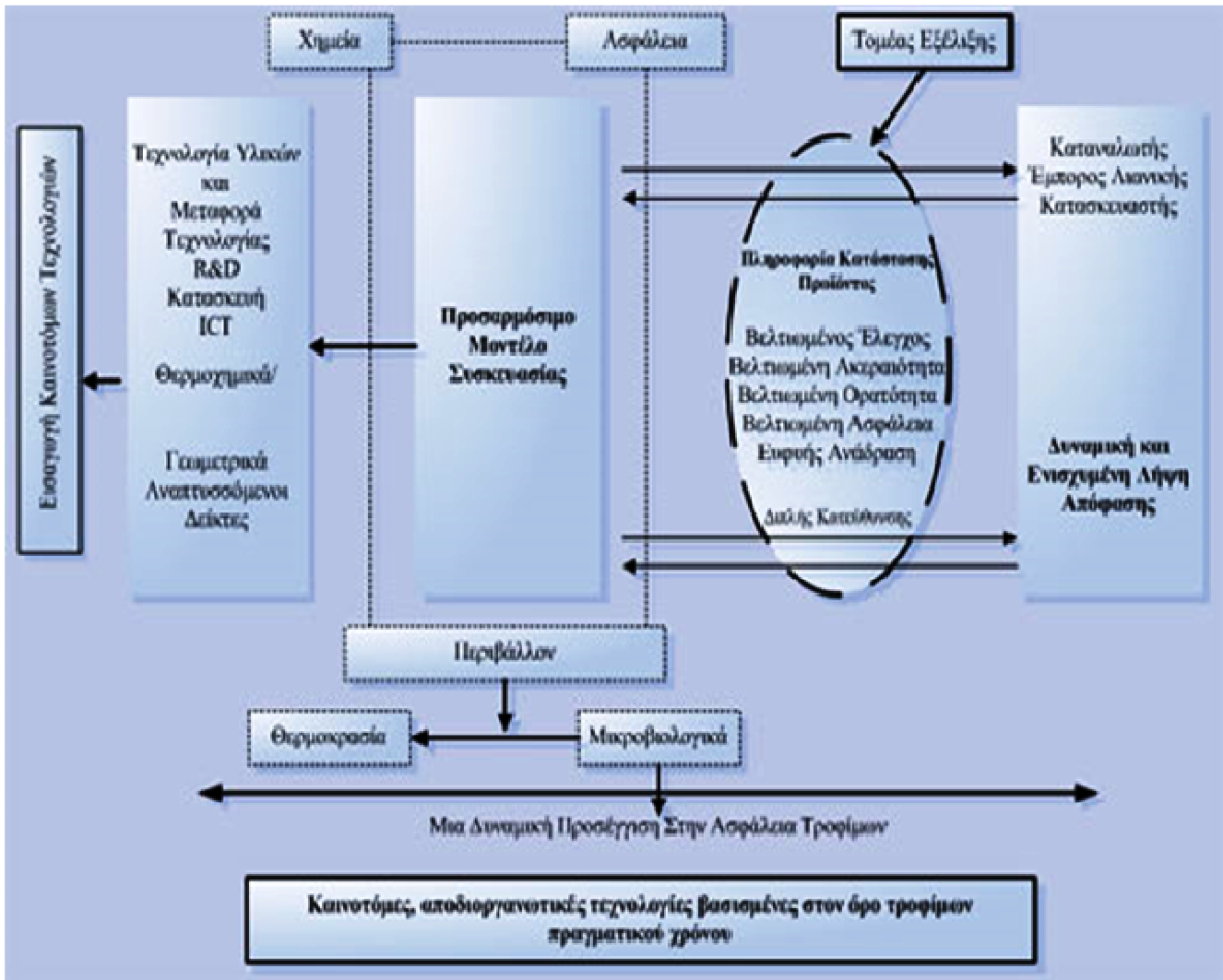
- Διάγραμμα για την εφαρμογή τεχνολογίας τροφίμων με αισθητήρες :

Τα πλεονεκτήματα χρήσης των RFID είναι στη βιομηχανία τροφίμων, ποτών, αυτοκινητοβιομηχανία, περίθαλψη, φωτοβολταϊκών, οθονών, κ.α. και σε άλλες εφαρμογές.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι όλα τα τρόφιμα και τα ποτά κλπ, χρησιμοποιούν την συσκευασία για προώθηση, προστασία και διάθεση και χρησιμοποιούν υποστρώματα από χαρτί, χαρτόνι, πλαστικό. Αυτό δίνει την δυνατότητα να έχουμε εκτυπωμένα «ηλεκτρονικά» έντυπα με δυνατότητες εφαρμογής.[24]

Οι (Cooney και Winkless) αποτυπώνουν τη νέα τεχνολογία και τη νέα κατάσταση στην εφοδιαστική αλυσίδα και τη συμπεριφορά στα τρόφιμα, η οποία θα τροποποιηθεί και παρουσιάζεται παρακάτω :

Cooney and Winkless, εφαρμογές και έξυπνη συμπεριφορά σε προϊόντα



Διάγραμμα 4.3.1 : Cooney and Winkless [24]

## ➤ 5.1 Επίλογος – Συμπεράσματα Πτυχιακής Εργασίας

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν οι «έξυπνοι αισθητήρες» και η χρησιμότητά τους.

Ο αισθητήρας είναι μια ηλεκτρονική διάταξη, η οποία χρησιμοποιείται για να μετρήσει μια φυσική ποσότητα, όπως τη θερμοκρασία, την πίεση ή την υγρασία και να τη μετατρέψει σε ηλεκτρικό σήμα(πχ. τάση). Ο *έξυπνος αισθητήρας* είναι το αποτέλεσμα της ενσωμάτωσης αισθητήριων στοιχείων και των δυνατοτήτων επεξεργασίας και επικοινωνίας. Οι έξυπνοι αισθητήρες αντιπροσωπεύουν μια τεχνολογία με μεγάλο ενδιαφέρον σε πολλούς τομείς της βιομηχανίας και της ιατρικής. Οι αισθητήρες αποτελούνται από «έξυπνα» χαρακτηριστικά και δυνατότητες, οι οποίες επιτρέπουν στους μηχανικούς να επεκτείνουν τα πεδία εφαρμογών της τεχνολογίας των αισθητήρων. Στόχος των κατασκευαστών των έξυπνων αισθητήρων είναι να καταφέρουν να καταστήσουν τους αισθητήρες με περισσότερη ακρίβεια σε ένα σύστημα, για τη μέτρηση του φυσικού μεγέθους και την επεξεργασία για καλύτερη απόδοση.

Στις μέρες μας η χρησιμότητα των αισθητήρων είναι πλέον αναγκαία, καθώς χρησιμοποιούνται στις πιο απλές οικιακές ανάγκες μέχρι και στις τελευταίες σύγχρονες βιομηχανίες. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας των ασύρματων δικτύων και της πληροφορικής, ο σύγχρονος άνθρωπος έχει την ανάγκη να πληροφορείται οποιαδήποτε στιγμή και από όποια γεωγραφική θέση βρίσκεται, χωρίς να δεσμεύεται στο χώρο στον οποίο έχει τοποθετηθεί το σύστημα ελέγχου. Έτσι μπορεί να λαμβάνει πληροφορίες (π.χ. για την κατάσταση του σπιτιού ή του γραφείου του) με ένα απλό μήνυμα στο κινητό του.

Την επόμενη δεκαετία η ανάπτυξη στο πεδίο των έξυπνων αισθητήρων θα είναι ίσως η χημική και βιολογική ανίχνευση.

Τέλος, ο σχεδιασμός και η ολοκλήρωση ευφών αλγορίθμων επεξεργασίας στους (βίο)χημικούς μικροαισθητήρες θα μπορούσαν να διορθώσουν τις αδυναμίες αυτές και να δημιουργήσουν μεγαλύτερες αγορές και πιο ευέλικτες εφαρμογές σε πεδία, όπως ο περιβαλλοντικός έλεγχος και η ιατρική διάγνωση.

## ➤ Σχετική Βιβλιογραφία

- [1] Bicking R.E. *Fundamentals of Pressure Sensor Technology*. www.sensormag.com. 1998.
- [2] Capgo Data Acquisition and Data Logging Web Page: <http://www.capgo.com/R.esourees/Sensors/Temperature/TempHome/TempMeasurement.html>.
- [3] *Controls and Sensors Power Transmission Design*, Jan. 1995,
- [4] Costlow, T. *Java Challenges Embedded-Systems World Electronic Engineering Times*, 1996
- [5] Doebelin E. *Measurement Systems Application and Design*. McGraw-Hill International Editions, New York, 1990.
- [6] Elgar, P. 2000 *Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου*. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Τζιόλα
- [7] Frank, R., and D. Zehrbach, *Testing the System on a Chip*. Proc. Sensors Expo, San Jose, 1998
- [8] Gardner, J.W 2000 *Μικροαισθητήρες – Αρχές και Εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Τζιόλα
- [9] Καραγιάννη Μ.Ι *Χημική Οργανολογία - Εισαγωγικά Μαθήματα*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 1992.
- [10] Logan, L. *Are you on the right bus-sensors*, 1997
- [11] Metrohm Ltd. *The backgrounds of pH measurement and hints for your daily work*. Metrohm Ltd., 1999.
- [12] Miethalski L., Eckersdorf K, McGee J. *Temperature Measurement*. John Wiley and Sons, 1991.
- [13] Morris A.S. *Principles of Measurement and Instrumentation*. Prentice Hall, New York, 1993

- [14] National Instruments. *Strain gauge measurements - A tutorial*, Application Note 078. [www.ni.com](http://www.ni.com). 1998.
- [15] Nicholas J.v., White D.R. *Traceable Temperatures - An Introduction to Temperature Measurement and Calibration*. John Wiley and Sons, 1994
- [16] Omega dyne, *Pressure Transducers - Installation and Use*: <http://www.omegadyne.com>.
- [17] Omega dyne, *Waterhammer - A complex phenomenon with a simple solution*: <http://www.omegadyne.com>.
- [18] Omega Engineering Inc. *Omega Temperature Measurement Handbook and Encyclopedia*. Omega Engineering Inc, 1992.
- [19]Randy F. *Understanding smart sensors*
- [20]*Sensors and traducers*, 1985 Published by Mac Milan Publishers
- [21]Wright,M. *Neural Networks Tackle Real-World Problems*, 1996
- [22] Yates, W. *Test Chips Detect Semiconductor Problems* Electronic Products, Sept. 1991,
- [23] Άρθρο από ιστοσελίδα : [www.icsforth.gr](http://www.icsforth.gr)// Tsakalidis paper(2004)
- [24] Ιστοσελίδα : [www.iimas.uclacuk.gr](http://www.iimas.uclacuk.gr)// Violakis Petros.
- [25] Ιστοσελίδα : [www.tehniki.noi.gr](http://www.tehniki.noi.gr)// paper (2004)
- [26] Ιστοσελίδα: [www.di.noa.gr](http://www.di.noa.gr)// theodoridis poster.mas.gr
- [27] *Sensors and traducers*. (1991). Ian. Sinclair
- [28] Ιστοσελίδα : [www.smartprint.media](http://www.smartprint.media) (2009)
- [29] Ιστοσελίδα : Άρθρο από εφημερίδα «Καθημερινή» (προσπελάθηκε στις 31-08-2007)
- [30] Ιστοσελίδα : [www.Artemis.Cslab.gr](http://www.Artemis.Cslab.gr)// (2008)
- [31] Ιστοσελίδα : [www.entthesis.net](http://www.entthesis.net). «Αισθητήρες όλου του κόσμου, ενωθείτε»

- [32] Ιστοσελίδα : [www.ics.forth.gr//](http://www.ics.forth.gr//) (προσπελάθηκε στις 07-05-2004) : «Εφαρμογές Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων σε τεχνικές κατασκευές»
- [33] Ιστοσελίδα : [www.rizospastis.gr//](http://www.rizospastis.gr//) (01-08-2004)
- [34] Ιστοσελίδα : [www.papasotiriou.gr](http://www.papasotiriou.gr).
- [35] Ιστοσελίδα : [www.books.gr](http://www.books.gr)
- [36] Ιστοσελίδα: [www.issnip.unimelb.edu.au/about/issnip\\_research\\_themes/intelligent\\_sensors](http://www.issnip.unimelb.edu.au/about/issnip_research_themes/intelligent_sensors)
- [37] Ιστοσελίδα: [www.sensorsportal.com/HTML/SENSORS/TEDS\\_Sensors.htm](http://www.sensorsportal.com/HTML/SENSORS/TEDS_Sensors.htm)
- [38] Ιστοσελίδα: [http://en.wikipedia.org/wiki/Neural\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Neural_network)
- [39] Ιστοσελίδα: [http://www.researchandmarkets.co.uk/reportinfo.asp?report\\_id=679464](http://www.researchandmarkets.co.uk/reportinfo.asp?report_id=679464)
- [40] Ιστοσελίδα: <http://www.cat.inist.fr>
- [41] Καλαϊτζάκης, Κ και Κουτρούλης, Ε 2010 *Ηλεκτρικές Μετρήσεις και Αισθητήρες*. Αθήνα. Εκδόσεις : Κλειδάριθμος ΕΠΕ

# Καινοτομία στην Βιοϊατρική Τεχνολογία





- Περιεχόμενα Παραρτήματος

- Ορισμοί
- Η Ιατρική Τεχνολογία σήμερα
- Σύγχρονες τάσεις
- Μοντέλο Ιατρικής Τεχνολογίας
- Παραδείγματα – «τεχνολογίες αιχμής»
- Προώθηση Ερευνητικών Αποτελεσμάτων
- Ανάλυση Κινδύνων

## - Ιατρική Τεχνολογία

- αφορά τη *διαγνωστική ή θεραπευτική εφαρμογή της επιστήμης και της τεχνολογίας* και αποσκοπεί στην αντιμετώπιση των διαφόρων προβλημάτων υγείας
- οι τεχνολογίες μπορούν να περιλαμβάνουν *οποιοδήποτε μέσο για την αναγνώριση ενός προβλήματος υγείας ή την παρέμβαση με χρήση συσκευών, φαρμακολογικών, βιολογικών ή άλλων μεθόδων, με στόχο την αύξηση της διάρκειας ζωής ή την βελτίωση της ποιότητάς της.*[29]

## - (Βίο) Ιατρική Τεχνολογία

- Η Βιοϊατρική τεχνολογία αναφέρεται στην εφαρμογή των αρχών των θετικών επιστημών και των παραγώγων τους στην ανάλυση και την επίλυση προβλημάτων στους τομείς της ιατρικής και της βιολογίας.
- Η έρευνα στην Βιοϊατρική τεχνολογία στοχεύει κυρίως στην μέτρηση και μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων των ανθρωπίνων ιστών, στην ανάλυση των βιοϊατρικών σημάτων και στην ανάλυση άλλων παραγόντων του ανθρώπινου οργανισμού, κ.α.[29]

## **- Σύγχρονες Εφαρμογές στον τομέα της Ιατρικής**

- Καταγραφή και επεξεργασία ζωτικών σημάτων
- Τεχνολογία ιατρικών οργάνων και τεχνητών μελών
- Έξυπνα συστήματα υποστήριξης ιατρικής απόφασης (π.χ. διάγνωση, πρόγνωση, «Σύντηξη Δεδομένων» (data fusion))
- Συστήματα εξαγωγής ιατρικών συμπερασμάτων (π.χ. εξαγωγή στατιστικών στοιχείων, μοντέλων κοινής συμπεριφοράς)
- Τεχνικές και μέθοδοι αυτόματης παρακολούθησης ιατρικών και βιολογικών παραμέτρων (π.χ. ζωτικών σημάτων), προειδοποίησης, ελέγχου, αξιολόγησης)
- Εφαρμογές θεραπευτικών μεθόδων και αποκατάστασης ασθενών.
- Κατασκευές ολοκληρωμένων μικρό-ηλεκτρονικών συστημάτων, φορητών, εμφυτεύσιμων ιατρικών συσκευών.
- Αποκωδικοποίηση του DNA, κ.α.[29]

## - Τάσεις (Α΄ Μέρος)

### Συσκευές:

- Φορητές (portable), Φορητές (wearable), Εμφυτεύσιμες (implantable)
- Σμίκρυνση (nanotechnology(νανοτεχνολογία)).
- Έξυπνοι αισθητήρες[29]

### Τεχνητά μέλη και όργανα:

- Εμφύτευση τεχνητών μελών ή οργάνων και δημιουργία συστημάτων παρακολούθησης (π.χ. μηχανική καρδιά)
- Δημιουργία ιστού και οργάνων (π.χ. τεχνητό δέρμα, νεφρά)

Διαγνωστικές μέθοδοι βασισμένες στη Μοριακή Βιολογία και τη Γενετική για την πρόγνωση ασθενειών και την αποτελεσματικότερη θεραπεία ή αντιμετώπιση[29]

## - Τάσεις (Β΄ Μέρος)

### Τεχνολογίες Πληροφορικής και Δικτύων:

- Ασύρματη, γρήγορη, ασφαλής πρόσβαση στην πληροφορία
- Άμεση επεξεργασία και συνδυασμός δεδομένων (data fusion, multidimensional data processing) – Συστήματα Υποστήριξης Απόφασης
- Ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης (π.χ. Electronic Patient Records)
- Ολοκληρωμένα Συστήματα [29]

## - Μοντέλο Ιατρικής Τεχνολογίας (Α΄ Μέρος)

- Σχεδιασμός και ανάπτυξη πρωτοτύπου (απαιτήσεις χρηστών, τεχνικές προδιαγραφές)
- Συμβατότητα με πρωτόκολλα
- Ιατρικά και κλινικά (διάγνωσης, αντιμετώπισης, θεραπείας)
- Τεχνολογικά (ασφάλειας, κωδικοποίησης – ορολογίας, μετάδοσης δεδομένων, ηλεκτρονικού σχεδιασμού)
- Άλλα (π.χ. Νομικά)
- Τεχνικός έλεγχος

## - Μοντέλο Ιατρικής Τεχνολογίας (Β΄ Μέρος) :

Κλινικές Δοκιμές και Εγκρίσεις από οργανισμούς:

- Περιγραφή κλινικής μελέτης (τεχνολογική εφαρμογή, δείγμα δοκιμής, φάσεις, χρονικός προγραμματισμός, διαχείριση ανεπιθύμητων επεισοδίων , αξιολόγηση, διαδικασίες)
- Έγκριση από το Συμβούλιο Θεώρησης Ιδρύματος (π.χ. αρμόδια επιτροπή νοσοκομείου)
- Έγκριση από τον Εθνικό Οργανισμό Φαρμάκων
- Ενημέρωση προσωπικού
- Ενημέρωση δείγματος δοκιμών και ασφαλιστική κάλυψη

- Δημιουργία πρωτοκόλλου κλινικών δοκιμών, συλλογή δεδομένων και δημοσιοποίηση αποτελεσμάτων
- Πρωτοτυπία, κατοχύρωση τεχνογνωσίας και πνευματικών δικαιωμάτων, δίπλωμα ευρεσιτεχνίας [29]

#### - **Τεχνολογίες Αιχμής**

- Ιατρική Τεχνολογία σε «Έξυπνα Σπίτια» (Smart Home Medical Technology)
- Ευφυή φορητά συστήματα (Intelligent Wearable Systems)
- Διαχείριση Γνώσης (Knowledge Management)
- Αυτόματη Διάγνωση (Automated Diagnosis)
- Συνδυασμός κλινικών και γονιδιακών πληροφοριών (Clinico-genomic data integration)

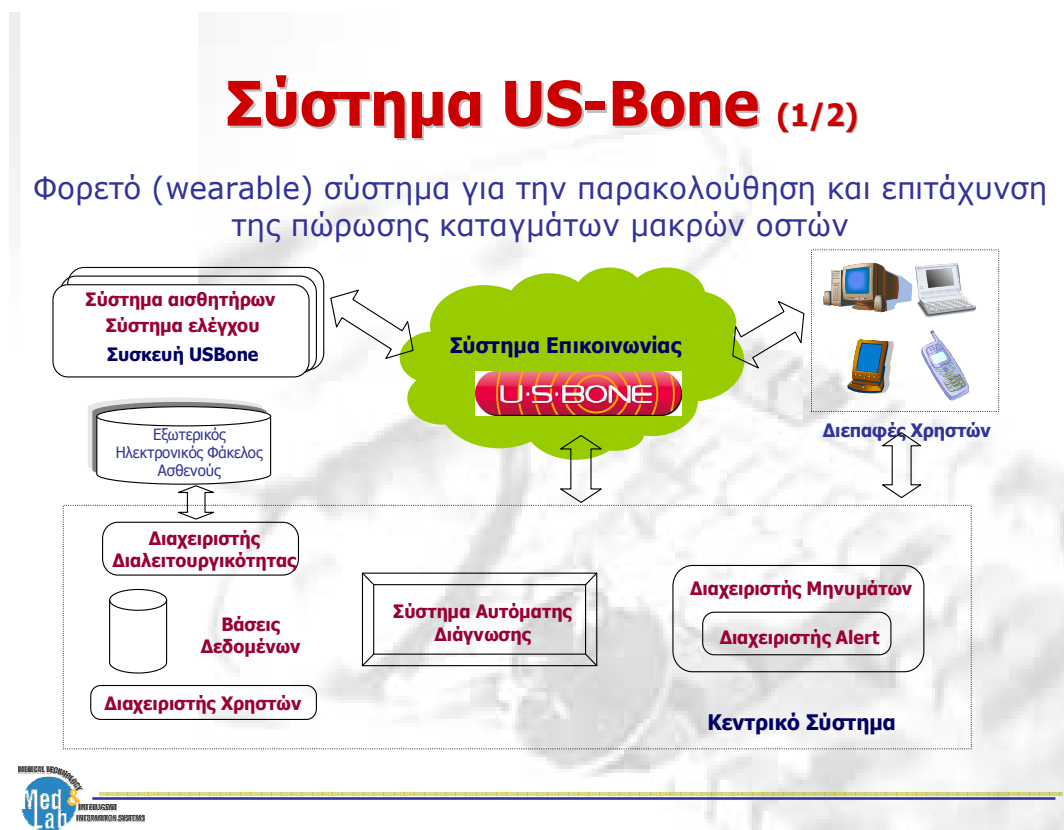
\* Παραδείγματα

# Φαντασία ή πραγματικότητα;



## - Φορητές Συσκευές

- Έξυπνες Συσκευές για την
  - παρακολούθηση βιοσημάτων,
  - τη διάγνωση,
  - την πρόληψη
  - την αποκατάσταση και θεραπεία
- Εμφυτεύσιμες, ημι-εμφυτεύσιμες ή φορητές συσκευές (όχι απλά φορητές)



Πηγή 2 : Ιατρική Τεχνολογία [29]



### - **Σύστημα Aubade (1/2)**

- Φερόμενη πολυαισθητηριακή συσκευή, η οποία αναγνωρίζει τη συναισθηματική κατάσταση των χρηστών της σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας κατά βάση

- ηλεκτρομυογραφήματα προσώπου καθώς επίσης και
- άλλα σήματα (Καρδιακός Ρυθμός, Αναπνευστικός Ρυθμός, Ηλεκτρική αγωγιμότητα δέρματος) που λαμβάνονται από το πρόσωπο[29]

### - **Σύστημα Aubade (2/2)**

- Εφαρμόζει προηγμένες τεχνικές ανάλυσης και επεξεργασίας βίο-ιατρικών σημάτων για την εξαγωγή των κύριων χαρακτηριστικών τους.

- Η αναγνώριση της ψυχολογικής κατάστασης των χρηστών γίνεται μέσω της ταξινόμησης και ανάλυσης των χαρακτηριστικών των βίο-ιατρικών σημάτων σε συνδυασμό με στοιχεία από το αρχείο υγείας του χρήστη, χρησιμοποιώντας ευφυείς τεχνικές και αλγορίθμους (Ασαφή Λογική, Νευρωνικά Δίκτυα).[29]

- Αναπνευστικός και καρδιακός ρυθμός σε συνθήκες ήρεμης και γρήγορης οδήγησης[29]

### - **Σύστημα NOESIS (1/4)**

- Παρέχει ένα εξατομικευμένο σύστημα για την υποστήριξη των γιατρών κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης για πρόληψη, διάγνωση και θεραπεία.

- Πεδίο πιλοτικής εφαρμογής: **καρδιαγγειακές παθήσεις**

- Παρέχει ένα έξυπνο σύστημα αναζήτησης ιατρικών πληροφοριών και ένα μηχανισμό υποστήριξης.

## - Σύστημα NOESIS (2/4)

- Η βάση του είναι ένα προηγμένο σύστημα διαχείρισης ιατρικής γνώσης που αξιοποιεί αποτελεσματικά αλγορίθμους επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, βάσεις δεδομένων και οντολογίες, έξυπνη αναζήτηση και διεύρυνση ερωτήσεων δυναμικά και εργαλεία υποστήριξης απόφασης.
- Παρέχει:
  - Αποσύνθεση της ερώτησης και επεξεργασία φυσικής γλώσσας
  - Εμπλουτισμό της ερώτησης με όρους της οντολογίας
  - Εμπλουτισμό της ερώτησης με βάση το προφίλ του χρήστη
  - Αναζήτηση πηγών πληροφόρησης
  - Εμπλουτισμό των αποτελεσμάτων με βάση τις αναζητήσεις «παρόμοιων χρηστών» (Usage mining) και του πραγματικού κειμένου που ο χρήστης διάβασε σε προηγούμενες ιστοσελίδες.
  - Σύγκριση αποτελεσμάτων, ταξινόμηση και παρουσίαση
  - Web of Trust: Επιτρέπει στους χρήστες να εκφράσουν την «εμπιστοσύνη» τους (trust ratings) για πηγές πληροφορίας, συγγραφέας ή παροχής πληροφοριών.[29]

### - Σύστημα IN FACE(δηλαδή «μπροστά στα μάτια του») (1/3)

- Αφορά την ανάπτυξη ευφών και φιλικών επαφών χρήστη που θα καθοδηγήσουν το χρήστη στο σχηματισμό σύνθετων ερωτήσεων για την αναζήτηση ιατρικής πληροφορίας σε μορφή κειμένου ή πολυμέσων που επί το πλείστον σχετίζεται με παθήσεις.
- Σχεδίασε και ανέπτυξε ευφείς αλγόριθμους για τον εντοπισμό στο διαδίκτυο, την επιλογή, την ανάλυση, την προσωποποίηση και την παρουσίαση στο χρήστη της πληροφορίας σε απλό και κατανοητό τρόπο.
- Πεδίο πιλοτικής εφαρμογής: οι **παθήσεις του στήθους**.
- Απευθύνεται: σε επαγγελματίες του χώρου της ιατρικής.
- Γλώσσες: Ελληνικά, Γαλλικά, Αγγλικά.[29]

### - Σύστημα INFACE (2/3)

- Υποβοηθούμενος από τον «Έξυπνο Βοηθό» του IN FACE ο χρήστης θέτει το ερώτημα του προς το σύστημα είτε με χρήση πληκτρολογίου, είτε φωνητικά, είτε με χρήση έτοιμων μικρογραφιών (αναγνώριση εικόνας) ή εικόνων της προτίμησης του.
- Το σύστημα λαμβάνει υπόψη του το προφίλ του, τις προτιμήσεις του και την προηγούμενη συμπεριφορά του και με χρήση των ευφών αλγόριθμων προσωποποίησης, αναζήτησης και αναγνώρισης του επιστρέφει πληροφορίες που έχει εντοπίσει στο διαδίκτυο, ταιριάζουν στα ενδιαφέροντα του και είναι αξιολογημένες από το IN FACE για την ποιότητα.
- Ο χρήστης μπορεί να χειριστεί περαιτέρω τις πληροφορίες που επιστράφηκαν π.χ. να συνδυάσει πηγές ή όρους, να αξιολογήσει τις πληροφορίες, ή να επιλέξει από τις προτάσεις του συστήματος.[29]

## - Αυτόματη Διάγνωση

Ευφυή συστήματα για :

- τον αυτόματο εντοπισμό ισχαιμίας,
- την ανίχνευση και ταξινόμηση αρρυθμιών,
- την αναγνώριση χρόνιων καρδιακών παθήσεων μέσω του Ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ),
- την αξιολόγηση νευρομυϊκών παθήσεων με την χρήση του Ηλεκτρομυογραφήματος (ΗΜΓ),
- την μελέτη και διάγνωση επιληψίας με την αξιοποίηση του Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (ΕΕΓ),
- την ανίχνευση μικροαποτιτανώσεων σε μαστογραφία,
- την ανίχνευση και αξιολόγηση οστεονέκρωσης με την επεξεργασία ιατρικών εικόνων (image processing)[29]

## - Έρευνα και Ανάπτυξη Ιατρικής Τεχνολογίας & Προϊόντων

- Αξιοποίηση και ανάπτυξη της έρευνας και της γνώσης που παράγεται στην ιατρική τεχνολογία από ερευνητικά εργαστήρια, ερευνητικούς και εκπαιδευτικούς οργανισμούς.
- Δημιουργία και ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων (προϊόντων και υπηρεσιών) στην Ελλάδα και το εξωτερικό στο χώρο της ιατρικής τεχνολογίας.[29]

- **Βήματα:**

- Σύνταξη και κατάθεση αίτησης διπλώματος ευρεσιτεχνίας
- Κόστος 200 € για κατάθεση αίτησης στην Ελλάδα (OBI), >3000 € στην Ευρώπη και παγκοσμίως [29]
- Χρόνος σύνταξης βιομηχανικού σχεδίου και υποδείγματος εκτιμάται σε 3-4 μήνες. Ανάγκη νομικής υποστήριξης του ερευνητή ή του εφευρέτη για τη σύνταξη του σχεδίου ή και συνεργασίας με έμπειρο εξωτερικό γραφείο (κόστος > 10.000 €)
- Κατάρτιση επιχειρηματικού σχεδίου (Business Plan). Διάρκεια 6 μήνες, κόστος > 10.000 € [29]
- Επιχειρηματική λειτουργία με τη δημιουργία Τεχνοβλαστών (Spin-Off - ο Ν.2919/2001 και το ΠΔ 17/2001 ορίζουν τους τρόπους δραστηριοποίησης των εταιριών αυτών).
- Όμως και άλλα σχήματα είναι πιθανά.

Ενέργειες ανεύρεσης επιχειρηματικών κεφαλαίων

- Θεσμικοί επενδυτές
- Ιδιωτικά κεφάλαια
- Διαδικασίες ενίσχυσης από (ΠΡΑΞΕ, κτλ.)[29]

## - Ανάλυση Κινδύνων

- Διαδικασία έναρξης κλινικών μελετών. Απαιτείται η σύνταξη δελτίου και η έγκριση του από την Εθνική Επιτροπή Δεοντολογίας και Βιοηθικής, καθώς επίσης και από την Επιστημονική Επιτροπή Βιοηθικής των νοσοκομείων που πραγματοποιείται η μελέτη (διάρκεια 40 ημέρες).
- Η διεξαγωγή κλινικών δοκιμών πολλές φορές απαιτεί πολυκεντρικές μελέτες σε διάφορα (εθνικά και διεθνή) ερευνητικά κέντρα. Διάρκεια 1-3 χρόνια
- Πιστοποίηση των προϊόντων ιατρικής τεχνολογίας από ΕΟΦ και την (νέα) ευρωπαϊκή επιτροπή European Agency. Απαιτείται η υποβολή φακέλου και συχνά προ-απαιτείται η διεξαγωγή κλινικών μελετών (pre-market approval). Χρόνος πιστοποίησης > 1 χρόνο. Για τις ΗΠΑ απαιτείται έγκριση και το κόστος σε πολλές περιπτώσεις ανέρχεται σε 400 εκ. €.[29]

Εξασφάλιση χρηματοδότησης εμφανίζει ιδιαιτερότητες.

- Έλλειψη εμπειρίας στην Ελλάδα στην χρηματοδότηση ιατρικών προϊόντων
- Η διεξαγωγή κλινικών δοκιμών και η έγκριση του προϊόντος από τους οργανισμούς είναι χρονοβόρα, χωρίς να εξασφαλίζονται επιτυχή αποτελέσματα. Αποθάρρυνση επενδυτών, ανάγκες υψηλής χρηματοδότησης, καθυστέρηση ή αποτυχία ολοκλήρωσης προϊόντος
- Ανταγωνισμός από πολυεθνικές εταιρείες ιατρικής τεχνολογίας που είναι ήδη στην αγορά
- Συνεργασία με εταιρίες ή αντιπροσώπους για την διανομή του προϊόντος που έχουν ήδη το contact-list(λίστα επαφής) της αγοράς και γνωρίζουν τις ιδιαιτερότητες του χώρου.[29]

