

**University of Macedonia**  
**Master in Information Systems**  
**Computer Networks**  
**Professor: A. A. Economides**

---

**Real Cases of Sensor Networks for Culture Heritage (e.g.  
Archeological Sites, Museums)**

*Anastasia Xarchakou (mis 16018)*

*Zinon Papadimitriou (mis 16001)*

*Angeliki Sotiriadou (mis 16038)*

*A' semester*

**Thessaloniki 2016**

**Πανεπιστήμιο Μακεδονίας**  
**ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα**  
**Δίκτυα Υπολογιστών**  
**Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης**

Πραγματικές περιπτώσεις Δικτύων Αισθητήρων για την Πολιτιστική Κληρονομιά (π.χ. Αρχαιολογικοί χώροι, Μουσεία)

*Αναστασία Ξαρχάκου (mis 16018)*

*Ζήνων Παπαδημητρίου (mis 16001)*

*Αγγελική Σωτηριάδου (mis 16038)*

*Α' εξάμηνο*

**Θεσσαλονίκη 2016**

## SUMMARY

Cultural Heritage comprises all forms of monuments, archaeological sites, artifacts ,books, literature, works of art, language , landscapes, traditions and in general anything that has marked the history and the physical identity of a nation ,a country or a community throughout the years and are still in presence and need to be continued in the future. In this paper we quote some examples of how the elements of culture heritage (paintings, sculptures, works of art) in a museum and archaeological sites are monitored, controlled, and get kept in good condition with the help of Sensor Networks, a system of autonomous devices connected (mainly wirelessly) between them with the help of wireless technology that is being implemented a lot in the recent years, in this sector

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο όρος Πολιτιστική Κληρονομιά περιλαμβάνει όλες τις μορφές των μνημείων, αρχαιολογικών χώρων , αντικειμένων , βιβλίων, λογοτεχνίας, έργων τέχνης, φυσικών τοπίων, παραδόσεων και γενικώς οτιδήποτε έχει σημαδέψει την ιστορία και την φυσική ταυτότητα ενός έθνους μιας χώρας ή μιας κοινότητας στο πέρασμα των χρόνων , υπάρχουν στο παρόν και χρειάζεται να διατηρηθούν και να συνεχίσουν να υπάρχουν στο μέλλον. Σε αυτή την εργασία γίνεται αναφορά σε μερικά παραδείγματα του πώς μερικά στοιχεία της πολιτιστικής κληρονομιάς ( πίνακες ζωγραφικής, γλυπτά, έργα τέχνης) σε ένα μουσείο και σε αρχαιολογικούς χώρους , μετρούνται , ελέγχονται και διατηρούνται σε καλή κατάσταση με την βοήθεια των Δικτύων Αισθητήρων , ενός ή πολλών συστημάτων αυτόνομων συσκευών συνδεδεμένων (κατά κύριο λόγο) ασύρματα μεταξύ τους με την βοήθεια της ασύρματης τεχνολογίας , η οποία εφαρμόζεται αρκετά τα τελευταία χρόνια σε αυτό τον τομέα.

## TABLE OF CONTENTS

1) INTRODUCTION.....	5
2) REAL CASES OF SENSOR NETWORKS FOR CULTURE HERITAGE(analysis, examples, classification )	
a)Museum of Barna.....	6
b)Earthquake prevention sensors.....	7
c)Museum of Fortaleza.....	8
d)Temperature sensors, liquidly, CO2, lighting in museums.....	8
e)Security sensors.....	10
f)Leaning sensors.....	10
3) ADVANTAGES & DISADVANTAGES OF SUCH NETWORKS.....	12
4) CONCLUSION – SUGGESTIONS FOR FUTURE RESEARCH.....	13
5) REFERENCES.....	14

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
2) ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ (ανάλυση, παραδείγματα, ταξινόμηση ).	
α)Μουσείο της Βάρνας.....	6
β)Αισθητήρες πρόληψης σεισμικότητας.....	7
γ)Μουσείο της Fortaleza.....	8
δ)Αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, διοξειδίου του άνθρακα και φωτεινότητας σε μουσείο.....	8
ε)Αισθητήρες ασφάλειας.....	10
ζ)Αισθητήρες κλίσης.....	10
3) ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	12
4) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	13
5) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	14

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων αποτελούνται από μικρές αυτόνομες συσκευές, τους Ασύρματους Κόμβους (sensor nodes) , που είναι ικανοί να «αισθάνονται» τον φυσικό κόσμο, μέσω κατάλληλων αισθητήρων, να επεξεργάζονται ή και να αποθηκεύουν τις μετρήσεις και να επικοινωνούν ασύρματα. Τροφοδοτούνται συνήθως από μπαταρίες, που η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται άμεσα από το χρησιμοποιούμενο υλικό, την επεξεργαστική ισχύ της υπολογιστικής μονάδας, αλλά κυρίως από τον τρόπο με τον οποίο το λογισμικό του κόμβου διαχειρίζεται το διαθέσιμο υλικό και την επικοινωνία . Σε περίπτωση που οι αισθητήρες επικοινωνούν μεταξύ τους αυτό επιτυγχάνεται μέσω Bluetooth ή wi -fi (ιντερνέτ )τα οποία στέλνουν δεδομένα σε ένα κεντρικό επεξεργαστή που αυτός με την σειρά του απεικονίζει τα δεδομένα στον τελικό χρήστη.[1]

Τα τελευταία χρόνια αυτού του είδους η τεχνολογία κερδίζει έδαφος όλο και πιο πολύ σε όλα τα σύγχρονα περιβάλλοντα, είτε αφορά τις κατασκευές, τον πολιτισμό, την γεωργία , την αλιεία, την ασφάλεια των μεταφορών, τις ερευνητικές προσπάθειες μεγάλων οργανισμών και γενικότερα οτιδήποτε χρήσιμο στοιχείο χρειάζεται παρατήρηση και καταγραφή. Πολλές φορές τα ασύρματα δίκτυα είναι παθητικοί ή ενεργητικοί δέκτες οι οποίοι δέχονται ερεθίσματα για να καταγράψουν φυσικά φαινόμενα σε μετρήσιμες μονάδες και να αποτυπωθούν από κάποιο κεντρικό επεξεργαστή (sink -node). Δίνεται έμφαση ,δηλαδή ,στην χαμηλού κόστους ασύρματη τεχνολογία που προσφέρουν αυτά τα δίκτυα, σε σχέση με παλαιότερες ενσύρματες συσκευές. [2] Στην παρούσα εργασία θα παραθέσουμε περιπτώσεις δικτύων αισθητήρων που έχουν εφαρμογή σε τομείς και χώρους πολιτιστικής κληρονομιάς όπως μουσεία και αρχαιολογικούς χώρους .

[1]<http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/5941/1/PD2008-0019.pdf>, Μαζαράκης ,διδακτορική διατριβή 2007, σχόλη ηλεκτρολόγων μηχανικών Μετσόβιο πολυτεχνείο, σελ. 21.

[2]Wireless Sensor Networks by Krishna Sivalingam p. 18 ,2006.

## 2. ΑΝΑΛΥΣΗ – ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΜΟΥΣΕΙΑ ΚΑΙ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Οι αισθητήρες και τα δίκτυα που συνθέτουν αυτή, όπως αναφέραμε είναι συσκευές που ανιχνεύουν ένα φυσικό μέγεθος και παράγουν μια μετρήσιμη έξοδο προς μελέτη και παρακολούθηση. Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε συσκευές που συναντούμε καθημερινά όπως κουμπιά ανελκυστήρων που ανταποκρίνονται στην αφή, ή σε λάμπες φωτισμού που αντιδρούν στο πως χρησιμοποιούμε την βάση τους και σε

αμέτρητες συσκευές όπως σε μέσα μεταφοράς, συστήματα ασφάλειας και καταγραφής δεδομένων. [3]

Όταν αναφερόμαστε σε δίκτυα αισθητήρων σε μουσεία και αρχαιολογικούς χώρους, η σκέψη μας αυτόματα πηγαίνει σε συσκευές αισθητήρων όσον αφορά την ασφάλεια, την πυροπροστασία, την μέτρηση επισκεπτών (επισκεψιμότητα) και την ασφάλεια των εκθεμάτων – έργων τέχνης. Μια κατηγορία δικτύων αισθητήρων για μουσεία και αρχαιολογικούς χώρους, είναι αυτοί που σχετίζονται με θερμικά στοιχεία, μηχανικά, μαγνητικά, στοιχεία ακτινοβολίας, μετρήσιμα στοιχεία, και άλλα. Αναφέραμε πως ένα δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από κόμβους (nodes) συνδεδεμένους μεταξύ τους ή και ανεξαρτήτους, οι οποίοι μέσω των τμημάτων που διαθέτουν (πομπός/δεκτής/κεραία/- μικροελεγκτής- αισθητήρες (ψηφιακές είσοδοι)-την μπαταρία για την ενέργεια, και την μνήμη που διαθέτουν), δέχονται δεδομένα μέσω κατάλληλου λογισμικού. Τα δεδομένα αυτά προωθούνται μέσω ραδιοσυχνοτήτων ή laser στον κεντρικό επεξεργαστή, ο οποίος με την σειρά του βγάζει τα αποτελέσματα μετρήσεων που αποτελούν χρήσιμες πληροφορίες είτε για αρχαιολόγους, είτε για τους επισκέπτες, είτε για τους διαχειριστές των μουσείων (διευθυντές, υπάλληλοι, πολιτικό προσωπικό). Αναφερόμαστε ουσιαστικά στην συμβολή των δικτύων αισθητήρων στην διαχείριση των μουσείων, των αρχαιολογικών χώρων και στα αποτελέσματα που δίνουν τα οποία είναι χρήσιμα για μετρήσεις φυσικών φαινομένων (θερμοκρασία χώρου, υγρασία χώρου και έργων τέχνης –προτάσεις για συντήρηση, ασφάλεια χώρου μουσείου (monitoring)) αλλά και συγχρόνως παρέχουν στατιστικές πληροφορίες, όπως η επισκεψιμότητα του χώρου.

[3][http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/hlk/2012/TritsonisAntonios,TertisGeorgios/attached-document-1342087665-580594-5982/TritsonisAntonios\\_TertisGeorgios2012.pdf](http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/hlk/2012/TritsonisAntonios,TertisGeorgios/attached-document-1342087665-580594-5982/TritsonisAntonios_TertisGeorgios2012.pdf)

Τριτσώνης Αντώνιος ΤΕΙ Κρήτης τμήμα ηλεκτρονικής πτυχιακή 2012.

### **3. Μερικές περιπτώσεις παρατίθενται παρακάτω:**

#### **A) Μουσείο Βάρνας στην Βουλγαρία**

Κατά την ανακαίνιση του μουσείου τοποθετήθηκαν στην είσοδο του δυο κιόσκια σε βάθρο, " κιόσκια αισθητήρων". Σε αυτά μπορεί ο επισκέπτης πατώντας άπλα την οθόνη, <<ξεφυλλίζοντας>> ουσιαστικά τα εκθέματα του μουσείου, να μάθει πληροφορίες για το πλήθος των έργων τέχνης, την προέλευση τους και την ιστορία τους, Τα κιόσκια είναι συνδεδεμένα με τον κεντρικό υπολογιστή, στέλνουν δεδομένα



εκεί ,μέσω του λογισμικού τους (προγράμματος για αποθήκευση και επεξεργασία πληροφοριών ) και ο κεντρικός υπολογιστής τα παρουσιάζει μέσω της οθόνης και του ήχου στο κοινό (sink-node). [4]

[4][http://www.sim-on.org/project\\_kiosken.htm](http://www.sim-on.org/project_kiosken.htm). (ηλεκτρονικό περιοδικό sim-on 2010)



## B) Αισθητήρες πρόληψης σεισμικότητας

«Ευχής έργο» σύμφωνα με τις δηλώσεις του κ. Σπυράκου, πρόεδρου του Τεχνικού Συμβουλίου του Υπουργείου Παιδείας (25/03/2016) και διευθυντή του Εργαστηρίου Αντισεισμικής Τεχνολογίας, στην ηλεκτρονική εφημερίδα news.gr «είναι να τοποθετηθούν όργανα παρακολούθησης για σεισμό σε όσα γίνεται περισσότερα μνημεία στην Ελλάδα. Στην Ιταλία και σε άλλες χώρες ήδη έχει προχωρήσει η τάση για ενόργανη παρακολούθηση των μνημείων». Το κόστος για ένα μνημείο είναι της τάξης των 50.000 έως 150.000 ευρώ, ανάλογα με τον επιθυμητό αριθμό οργάνων και τον όγκο των προς συλλογή στοιχείων. «Το ποσό δεν είναι τεράστιο και το όφελος είναι πάρα πολύ μεγάλο», προσθέτει.

Ο κ. Σπυράκος υπογραμμίζει ότι «πολλά αρχαία μνημεία όπως η Ακρόπολη έχουν πολύ καλή σεισμική συμπεριφορά και το έχουν δείξει στην πορεία του χρόνου. Όταν ένα μνημείο έχει αντέξει στον χρόνο, είτε δεν έχει υποστεί πολύ ισχυρό σεισμό, είτε έχει ικανή αντοχή. Όμως στο μέλλον μπορεί να υπάρξουν ισχυρότεροι σεισμοί. Κανείς δεν μπορεί να το αποκλείσει εκατό τοις εκατό, ανάλογα και με τα ρήγματα κάθε περιοχής. Αν ένα κτίριο, σύγχρονο ή ιστορικό, έχει αντέξει έως τώρα, δεν σημαίνει κατ' ανάγκη ότι θα αντέξει και στο μέλλον. Θέλουμε να παρέμβουμε στις ιστορικές κατασκευές για να αντέξουν σε ένα πιθανό ισχυρότερο σεισμό μελλοντικά». [5]

Άλλωστε από το άρθρο που δημοσιεύτηκε στα <http://www.parapolitika.gr/article/126720/erhetai-efarmogi-gia-kinita-poy-tha-proeidopoiei-gia-seismo>[6] ηλεκτρονική εφημερίδα στις 13/11/2014, μια πρωτοποριακή εφαρμογή για smartphone που θα προειδοποιεί για τον ερχομό και την ένταση ενός σεισμού, αναπτύσσει η εταιρεία "Early Warning Labs" στις Ηνωμένες Πολιτείες, σύμφωνα με τη Daily Mail. Το QuakeAlert αποτελεί μέρος ενός μεγαλύτερου πρότζεκτ από το Γεωλογικό Ινστιτούτο των ΗΠΑ (USGS) ώστε να γίνει η ανάπτυξη ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης σεισμών.

Η εφαρμογή θα δουλεύει με ένα δίκτυο από σεισμικούς αισθητήρες που θα ανιχνεύουν τα πρώτα κύματα, τη θέση αλλά και την ένταση μιας δόνησης, στέλνοντας την πρώτη ειδοποίηση.

Στη συνέχεια, το σύστημα θα υπολογίζει πόσο μακριά θα εξαπλωθεί και σε τι πλάτος. Αμέσως μετά



θα στέλνει μια δεύτερη ειδοποίηση λίγο πριν φτάσει το λεγόμενο S-Wave, το οποίο φέρνει την ισχυρή ανατάραξη που συνήθως προκαλεί τη μεγαλύτερη καταστροφή. Μάλιστα θα υπάρχει και αντίστροφη μέτρηση, αλλά και συμβουλές, όπως τι πρέπει να κάνουμε αν βρισκόμαστε στο σπίτι, στο γραφείο, στο αυτοκίνητο κλπ. Το app θα συνοδεύεται από έναν συναγερμό για τα κτίρια ή τις κατοικίες.

Το σύστημα αυτό **έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία στην Ιαπωνία, την Ταϊβάν, το Μεξικό** και άλλες χώρες με διάφορους βαθμούς πολυπλοκότητας και κάλυψης. Και ενώ το σύστημα μπορεί να προειδοποιήσει τους χρήστες λίγα δευτερόλεπτα πριν από το σεισμό, ανάλογα με την απόστασή τους από το κέντρο, ο χρόνος θα είναι αρκετός ώστε να λάβουν μέτρα ασφαλείας. Φωτογραφία αισθητήρα σεισμού [http://www.nhm.org/site/sites/default/files/mineral/QCN\\_Sensor\\_480px.jpg](http://www.nhm.org/site/sites/default/files/mineral/QCN_Sensor_480px.jpg)

Οι προγραμματιστές μάλιστα προσθέτουν ότι θα υπάρχει αρκετός χρόνος για τις υπηρεσίες να κλείνουν για παράδειγμα τις γραμμές του φυσικού αερίου. Η εφαρμογή βρίσκεται σε ανάπτυξη και **θα είναι διαθέσιμη δωρεάν σε λιγότερο από 3 χρόνια**. Ο συναγερμός ωστόσο που θα βρίσκεται σε κάθε σπίτι, θα κοστίζει 100 δολάρια.

[5]<http://www.news.gr/ellada/koinonia/article/246242/giati-kindynefoyn-apo-seismoys-ta-arhaia-mnhmeia-s.html>.

[6] <http://www.parapolitika.gr/article/126720/erhetai-efarmogi-gia-kinita-poy-tha-proeidopoiei-gia-seismo>

### Γ) Μουσείο Fortaleza de São Tiago do Funchal νήσος Μαδέρα στην Πορτογαλία

Wireless Sensor Network deployment in an exposition room of Fortaleza São Tiago (Εφαρμογή συσκευής ασύρματου δικτύου αισθητήρων σε αίθουσα του μουσείου Fortaleza São Tiago Μαδέρα Πορτογαλία)[7]

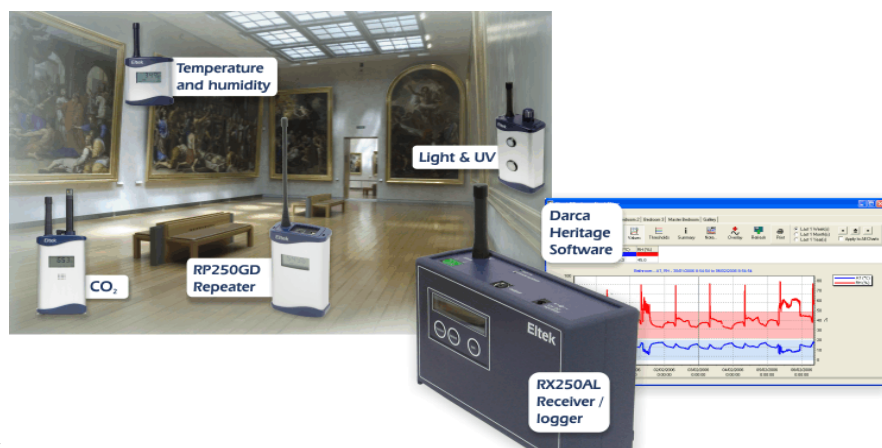
Σε αυτό το μουσείο καθηγητές του Πανεπιστήμιου της Μαδέρα Πορτογαλίας ανέπτυξαν μια εφαρμογή δικτύου αισθητήρων για την μέτρηση των στοιχείων του περιβάλλοντος του μουσείου όπως θερμοκρασία, υγρασία, φωτεινότητα και μόλυνση του χώρου μέσω αισθητήρων όπως φαίνεται στην φωτογραφία καθώς και συσκευών μέτρησης της υγρασίας του χώρου για την καλύτερη συντήρηση των εκθεμάτων.



[7][http://www.iariajournals.org/networks\\_and\\_services/](http://www.iariajournals.org/networks_and_services/) 2010, © Copyright by authors, Published under agreement with IARIA - [www.iaria.org](http://www.iaria.org) Article part of a special issue on Wireless Sensor Networks.



#### Δ) Αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, διοξειδίου του άνθρακα, φωτεινότητας σε μουσείο.



Σημαντικός παράγοντας στη διατήρηση των αρχαιολογικών χώρων και των μουσείων ( τέχνης, αρχαίων, ρωμαϊκών , βιβλιοθήκες κτλ) είναι οι αισθητήρες υγρασίας, θερμοκρασίας, διοξειδίου του άνθρακα και φωτεινότητας (σε μουσεία κυρίως ). Οι αισθητήρες υγρασίας βοηθούν στην γρήγορη παραλαβή



πληροφοριών για την αλλοίωση των σημαντικών διατηρητέων εκθεμάτων, ώστε να μην δημιουργηθεί μούχλα, μύκητες και βακτήρια, καθώς και σαράκι, που διαβρώνουν και καταστρέφουν ιστορικά εκθέματα με την πάροδο των χρόνων.

#### Εγκατάσταση συσκευή σένσορα θερμοκρασίας και επιπέδου ρύπανσης (Bologna Italy) (Φώτο 1)

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας βοηθούν στη μετάδοση ειδοποιήσεων του ελέγχου της θερμοκρασίας, ώστε τα εκθέματα να διατηρούνται περίπου στους 18-20° c ή σε σταθερή προκαθορισμένη θερμοκρασία δωματίου προκειμένου να μην δημιουργούνται υδρατμοί – υγρασία – οξειδώσεις.

Οι αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα συμβάλλουν στην προειδοποίηση των υψηλών επιπέδων μικροοργανισμών – σωματιδίων που δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα ( σε αρχαιολογικούς χώρους κυρίως από πυρκαγιές, μόλυνση από γύρω εργοστάσια) ή από τους επισκέπτες στο χώρο ( μεγάλη επισκεψιμότητα, συνωστισμός).

Οι αισθητήρες φωτεινότητας ειδοποιούν για το αν είναι σε φυσιολογικά επίπεδα και με συγκεκριμένες ακτίνες φωτός οι λαμπτήρες που φωτοβολούν τα εκθέματα, κυρίως σε πίνακες ζωγραφικής και γλυπτά.

Οι παραπάνω αναφορές δίνουν τις απαραίτητες πληροφορίες σε έναν κεντρικό server – rack, όπου οι υπεύθυνοι ελέγχουν το μουσείο μέσω του ασύρματου δικτύου αισθητήρων.

## Παράδειγμα

Εδώ παραθέτουμε ένα sensor της εταιρίας STIL που μετράει τα επίπεδα βερνικιού (varnish) και την διάβρωση με το πέρασμα των αιώνων στο μοναδικό έργο Μονά Λίζα στο μουσείο του Λούβρου στα πλαίσια έρευνας που διεξήγαγε το Γαλλικό Κέντρο Έρευνας και Αναστήλωσης Έργων Τέχνης .



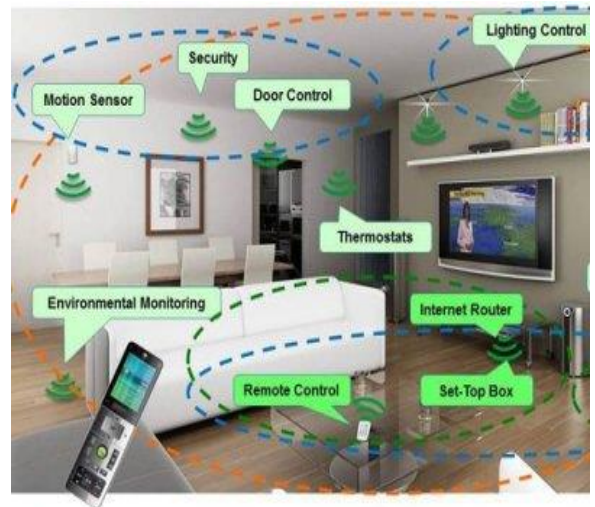
The Mona Lisa analyzed by the C2RMF with STIL sensors. ( 2010) e-site

<http://www.stilsa.com/EN/news/infos17.htm>

## Ε) Αισθητήρες ασφαλείας

Κάθε μνημείο πολιτιστικής κληρονομιάς απαιτεί ασφάλεια και αντικλεπτικά συστήματα . Έτσι, για την αποφυγή κλοπής ή παραβίασης των χώρων χρησιμοποιούνται αισθητήρες ασφαλείας και αντικλεπτικών μηχανισμών. Παράδειγμα τέτοιων αισθητήρων αποτελούν οι αισθητήρες αντίβαρου, αισθητήρες laser και αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης στο χώρο.

Φωτογραφια συσκευων αισθητηρων ασφαλειας σε οικια.



## Ζ) Αισθητήρες κλίσης

Αρκετά διαδεδομένη είναι η χρήση αισθητήρων κλίσης, καθώς βοηθούν σε αρκετά μνημεία τα οποία έχουν μεγάλο ύψος και με την πάροδο των χρόνων τα θεμέλια αποσταθεροποιούνται και αλλοιώνονται. Έτσι οι αισθητήρες βοηθούν στην έγκυρη καταμέτρηση και αποτύπωση πληροφοριών που



χρησιμεύουν τόσο στη σωστή αντιμετώπιση και συντήρηση των κτιρίων ως προς την αποφυγή κατάρρευσης ή μερικής αποκόλλησης δομικών υλικών.

*Engineers installing sensors along the Asinelli & Garisenda Towers.(Bologna Italy)(φωτ  
2) Μηχανικοί τοποθετούν σένσορες πλάγια του Πύργου  
Asinelli.*[http://www.nextgeosolutions.com/en/case\\_studies/structural\\_monitoring\\_bologna](http://www.nextgeosolutions.com/en/case_studies/structural_monitoring_bologna).



*Evaluating the inclination of the tower. = Υπολογίζοντας την κλίση των πύργων  
(σένσορας)(Φώτο 3).*

Πρόσφατα (2011) η εταιρία Next Geosolutions Ltd. 4th Floor House, 15 Kingsway WC2B 6UN — London με έδρα το Λονδίνο (εταιρία μελετών και εφαρμογών εγκαταστάσεων μηχανικών και θαλάσσιων και πάσης φύσης αναστηλώσεων ) ανέλαβε την εγκατάσταση δικτύου αισθητήρων – συσκευών παρακολούθησης στους δυο μεσαιωνικούς πύργους Asinelli & Garisenda ,σήμερα κατατεθέν στην Μπολόνια της Ιταλίας. Η διαδικασία έχει ως εξής : Καθορίζονται τα πεδία προς μέτρηση ,μελέτη και εξαγωγή συμπερασμάτων για την συντήρηση των πύργων ,μέσω του δικτύου των αισθητήρων (συσκευές ) που εγκαθίστανται στους πύργους. Η εγκατάσταση και λειτουργία των αισθητήρων ελέγχει και καταγράφει τις παραμορφώσεις και την αντοχή των πύργων (χρήσιμο για την συντήρηση των μνημείων και ασφάλεια των τουριστών). Είναι ένα κλασικό παράδειγμα εφαρμογής δικτύων αισθητήρων σε μνημείο πολιτιστικής κληρονομιάς , της Ιταλίας συγκεκριμένα ,με την διαρκή παρακολούθηση ,συλλογή ,ανάλυση και μεταφορά δεδομένων μέσω του δικτύου και του διαδικτύου σε πραγματικό χρόνο. Τα συστήματα των διαφόρων αισθητήρων στέλνουν δεδομένα σε έναν απομακρυσμένο κεντρικό υπολογιστή (data capture system ) ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι μετρήσεις έδειξαν ότι και οι δύο πύργοι εμφανίζουν κλίση λόγω αλλαγών θερμοκρασίας και διάβρωσης του εδάφους .Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω πρωτοκόλλων μεταφοράς δεδομένων GPRS και TCP/IP. Οι σένσορες που χρησιμοποιούνται για αυτές τις μετρήσεις και παρακολουθήσεις είναι διαφόρων τύπων και μορφών : α) αυτοί που τοποθετούνται πλάγια στην τοιχοποιία β) αυτοί που τοποθετούνται στις ρωγμές, γ) διαξονικά κλινόμετρα (μετράνε την κλίση) ,γ) αισθητήρες λέιζερ ,δ) αισθητήρες θερμοκρασίας , ε) σταθμοί (βάσεις ) μετεωρολογικοί. Με αυτή την τεχνολογία έχουμε σημαντικές πληροφορίες για την συντήρηση (πρόληψη καταστροφών) αυτών των μνημείων ,την περιβαλλοντική προστασία και την συλλογή δεδομένων.

Τέλος, θα θέλαμε να επισημάνουμε πως παρόλη την χρήση των δικτύων αισθητήρων σε μουσεία και αρχαιολογικούς χώρους, αυτά τα δίκτυα συναντώνται ευρέως και σε



οικείες /σπίτια ανθρώπων με μεγάλη οικονομική επιφάνεια που έχουν συλλογές από μοναδικά και ανεκτίμητης αξίας έργα τέχνης τα οποία από μόνα τους αποτελούν πολιτιστική κληρονομιά. Ζωγραφικοί πίνακες ,πανάκριβα χειροποίητα χαλιά, γλυπτά, αντίκες, είναι μερικά αντικείμενα που βρίσκονται σε ένα σπίτι και με την βοήθεια των δικτύων αισθητήρων δημιουργείται σύστημα ασφαλείας το οποίο το προφυλλάσει ειδικά όταν απουσιάζει ο ιδιοκτήτης.

Όπως αναφέραμε παραπάνω, τα δίκτυα αισθητήρων είναι τύπος ad hoc δικτύων (αυτοοργανωμένα ή αυτόνομα δίκτυα) τα οποία συνδέονται με πολλαπλούς κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους μέσω ζεύξεων (links) . Υπάρχουν τεχνολογίες και πρωτοκολλά λειτουργίας των δικτύων αισθητήρων (NP2, OPNET, NetSim) . Παρακάτω παραθέτουμε ένα πίνακα με διαφορές εφαρμογές και τύπους αισθητήρων σε μουσεία και αρχαιολογικούς χώρους .

ΕΤΑΙΡΙΑ/ΠΗΓΗ	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ & ΔΙΚΤΥΑ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ & ΟΡΓΑΝΑ	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ /ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
1)Εταιρία Telecom.Tech Ηράκλειο Κρήτης	Αισθητήρες έλεγχοι εκπομπών CO2, ρυπανσης,	Κάμερες υψηλής ανάλυσης, αισθητήρες κίνησης και θερμότητας για προστασία από τρωκτικά και ανθρώπους.	Οι συσκευές λειτουργούν και χωρίς ρεύμα με αυτονομία μπαταρίας / Αδυναμία εύρεσης πηγών χρηματοδότησης λόγω της δύσκολης οικονομικής συγκυρίας
2) <a href="http://www.enet.gr/?i=news.el.article&amp;id=362915">http://www.enet.gr/?i=news.el.article&amp;id=362915</a>	Εφαρμογή "Το άγγιγμα του Μίδα εφαρμογή για τυφλούς ανθρώπους που βρίσκονται σε μουσεία	4 φοιτητές του Χάρβαρντ το 2013 εφάρμοσαν δίκτυο αισθητήρων με εσοχές μέσα σε γλυπτά και πίνακες ζωγραφικής που συνδέονται με κεντρικό Η/Υ. Μόλις ακουμπήσουν το έκθεμα οι τυφλοί εκπέμπονται ηχητικά μηνύματα για το κάθε έργο τέχνης	Εξυπηρέτηση για τα άτομα με αναπηρία όρασης .
3) <a href="https://dimartblog.com/2013/08/03/sound-art/">https://dimartblog.com/2013/08/03/sound-art/</a> Άρθρο της Marina Galperina στις 03/08/2013	Έκθεση MOMA Μουσείο Σύγχρονης Τέχνης Νέας Υόρκης	Α)Συσκευές εφαρμογές Αισθητήρες Motor Matter Bench =πάγκος αγωγιμότητας οστών όπου οι ίδιοι επισκέπτες με το	Απουσία καλωδίωσης, μικρό μέγεθος αισθητήρων, επί τόπου παράγωγη αποτελεσμάτων/ Απευθύνεται σε εξειδικευμένο κοινό-καλλιτέχνες.

		που κάθονται στους εκθεσιακούς χώρους παράγεται μουσική. B) Microtonal Wall. 1500 μικροσκοπικά ηχεία όπου παράγουν μουσικά κομμάτια με το που περνάει ο επισκέπτης από μπροστά τους .	
4) Νέο Μουσείο της Ακρόπολης <a href="http://www.ktirio.gr/κτιρια/κτιρια-δημοσια-εκπαιδευσης-υγεια/νέο-μουσείο-ακρόπολης">http://www.ktirio.gr/κτιρια/κτιρια-δημοσια-εκπαιδευσης-υγεια/νέο-μουσείο-ακρόπολης</a>	Η μελέτη των δυο αρχιτεκτόνων Bernard Tschumi και Μιγάλη Φωτιάδη βραβεύτηκε. Δομικά υλικά με αισθητήρες	Ειδικά υφασμάτινα ρολά σκίασης με αισθητήρες 3 προσώπων, Υβριδικό σύστημα κλιματισμού στην βάση των γυάλινων δαπέδων .Η βάση από γυαλί είναι η ίδια αγωγός κλιματισμού που παράγει παγωμένο αέρα προς το δάπεδο κρατώντας σταθερή την θερμοκρασία σε ζεστές μέρες	Διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας εντός των εκθεσιακών χωρών στους 23 ° C

#### **4)ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΧΡΗΣΕΙΣ**

Αρχικά, πρέπει να αναφερθούμε στον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν οι παραπάνω αισθητήρες στην ασφάλεια, προστασία και συντήρηση των μνημείων-εκθεμάτων. Η τοποθέτηση τους στο χώρο και η εύρυθμη λειτουργία τους διασφαλίζουν τη μακροχρόνια διατήρηση της μεγάλης πολιτιστικής κληρονομιάς, που φυλάσσεται στον εκάστοτε χώρο. Η ασύρματη λειτουργία τους και η αναμετάδοση χρήσιμων και καίριων πληροφοριών προλαμβάνει τη διάβρωση, την παραβίαση, την απόσπαση και καταστροφή τους. Παράλληλα, αποτελούν το μοναδικό σύμμαχο – εργαλείο για τους συντηρητές/εργαζομένους/επαγγελματίες που συσχετίζονται με τους χώρους αυτούς. Ταυτόχρονα, αποστέλλει σήματα στις βάσεις δεδομένων, ώστε να συλλέγονται στατιστικά και συλλογιστικά στοιχεία για την άψογη εξαγωγή συμπερασμάτων και την αποφυγή προβλημάτων, που ενδεχομένως θα προκύψουν στο μέλλον.

Από την άλλη πλευρά, οι λύσεις μερικές φορές προκαλούν και προβλήματα, όπως υποκλοπή μέσω των ενσύρματων και ασύρματων δικτύων. Προβλήματα μπορεί επίσης να προκληθούν από αλλοίωση δικτύωσης, κακοσυντήρησης δικτύου και απροστάτευτου χώρου πληροφοριών (εύκολη πρόσβαση χάκερ, αλλοίωση από

τρωκτικά, παραποίηση δεδομένων μέσω ανθρώπινης παρέμβασης – παραβίαση πρωτοκόλλου). Για παράδειγμα, λόγω έλλειψης χρηματικών επιδοτήσεων-στενότητας/ρευστότητας , δεν μπορεί να εξασφαλιστεί η καλή συντήρηση των δικτύων στο διηνεκές του χρόνου και ορισμένες φορές η έλλειψη έμπειρου προσωπικού. Ύστερα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε ( [www.anaco.gr](http://www.anaco.gr)) και πληροφορίες που μας παρασχέθηκαν, διαπιστώσαμε ότι η ανάληψη μιας πλήρους κάλυψης αισθητήρων σε όλο το εύρος του αρχαιολογικού χώρου ή ενός μουσείου, ξεπερνά των προϋπολογισμό και το αρχικό κόστος για μια κατηγορία αισθητήρων, που ξεκινά από 3.000 μέχρι και 70.000 ευρώ για ορισμένη κάλυψη τετραγωνικών μέτρων.

Εν κατακλείδι, η σωστή διατήρηση των αισθητήρων, αποτελεί μια δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία, η οποία πάρα ταύτα διευκολύνεται με την ύπαρξη και την «υποστήριξη» του συνόλου των αισθητήρων. Επίσης, παρότι οι αισθητήρες, είναι το μέγιστο εργαλείο της διάσωσης της πολιτιστικής κληρονομιάς, την τελική διαδικασία ολοκληρώνει, ο σωστός προγραμματισμός λογισμικού ( software) και εξοπλισμός ( hardware ), για την απόδοση της αποτελεσματικότητας του συνόλου των πληροφοριών. Ο κακός προγραμματισμός λογισμικών, οδηγεί σε λάθος ενέργειες και συμπεράσματα. Η χρήση των σωστών κονδυλίων που δίνονται από την άντληση προγραμμάτων- επιδοτήσεων ( πχ. ΕΣΠΑ), είναι η καταληκτική αξιοποίηση του συνόλου.

<b>ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</b>	<b>ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ</b>
Ασφάλεια	Λογισμικό ( κακή χρήση)
Συντήρηση	Υποκλοπή
Διάσωση- Διαφύλαξη	Αλλοίωση καλωδίων – Δικτύωση
Σύμμαχος εργαζομένων	Παραβίαση δικτύων
Εργαλείο Λογισμικού	Παραποίηση δεδομένων
Αποφυγή Προβλημάτων	Κακός προγραμματισμός λογισμικού
Κονδύλια – Επιδοτήσεις	Παραβίαση πρωτοκόλλου
Για εξαγωγή εύκολων συμπερασμάτων	Δαπανηρό

## 5) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της μικροηλεκτρονικής, οι εφαρμογές των δικτύων αισθητήρων σε τομείς της πολιτιστικής κληρονομιάς ενός έθνους ή μια επικράτειας γενικά συμβάλλουν στην συντήρηση των έργων τέχνης και στην διατήρηση σε καλή κατάσταση των Αρχαιολογικών μνημείων . Ουσιαστικά τα δίκτυα αισθητήρων είναι μια M2M (machine to machine) τεχνολογία από συνδεδεμένες συσκευές χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση καθατή για την μέτρηση, αποθήκευση, επεξεργασία μετρήσεων και παρατηρήσεων και την εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων . Ειδικά για τα μουσεία τα οποία είναι κυρίως κλειστοί χώροι ,είναι σημασίας η απόφαση για την επιλογή σωστής κεραίας των κόμβων (nodes) για καλύτερο σήμα άρα καλύτερη αποθήκευση δεδομένων και καλύτερη απόδοση του συστήματος. Οι προκλήσεις που υπάρχουν για καλύτερη απόδοση των συστημάτων δικτύων αισθητήρων επιβάλλουν έρευνα για παραγωγή και εύρεση καλύτερων συσκευών αισθητήρων, καλύτερων μπαταριών των συσκευών για μεγαλύτερη διάρκεια και αντοχή, και εύρεση ιδανικότερων λογισμικών μετάδοσης δεδομένων από τους κόμβους στον κεντρικό επεξεργαστή. [8]

[8]Edgar Callaway Jr, Wireless Sensor Networks,Auerbach,2004).

Ύστερα από την έρευνα και την εύρεση των ιδανικών λύσεων για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς του κόσμου, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η τεχνολογία έχει βοηθήσει και συμβάλλει στην διάσωση θησαυρών ανά τους αιώνες. Αυτό όχι μόνο βοηθάει, αλλά και αναπτύσσει το αίσθημα της εξέλιξης των αισθητήρων και σε άλλα επίπεδα, που σύντομα η ανθρώπινη παρέμβαση θα έχει δευτερεύοντα ρόλο. Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να αναλωθεί σε εύρεση αισθητήρων πιο αποτελεσματικών, με μεγαλύτερη χρονική διάρκεια αυτονομίας και με δυνατότητα συνδυασμού περισσότερων λειτουργιών ανά αισθητήρα. Επίσης, θα μπορούσαν να καλυφθούν περισσότερες ανάγκες, όπως για παράδειγμα η αυτονομία πληροφοριών ακόμα και για τους επισκέπτες, εξασφαλίζοντας την πολυπολιτισμικότητα και την επικοινωνία των επιστημόνων ανά τον κόσμο. Κατ' ουσία, να παρέχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε μια μεγάλη βάση δεδομένων διαδικτυακά, χωρίς την αλλοίωση και παραβίαση των δεδομένων αυτών. Αυτό θα βελτιώνει τα λογισμικά και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων, ώστε να παρέχουν αδιάκοπα πληροφορίες σε όλους και θα προωθούσαν την έρευνα και την ανάπτυξη σε όλους τους τομείς των επιστημών.

## 6) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ

1. «Wireless Sensor Networks by Krishna Sivalingam», p. 18 ,2006
2. Εταιρία Eltek Data Loggers  
[http://www.eltekdataloggers.co.uk/sectors/museums\\_conservation.html](http://www.eltekdataloggers.co.uk/sectors/museums_conservation.html)
3. Μαζαράκης, διδακτορική διατριβή, 2007, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
<http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/5941/1/PD2008-0019.pdf>
4. Τριτσώνης Αντώνιος, ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Ηλεκτρονικής πτυχιακή 2012  
[http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/hlk/2012/TritsonisAntonios,TertisGeorgios/attached-document-1342087665-580594-5982/TritsonisAntonios\\_TertisGeorgios2012.pdf](http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/hlk/2012/TritsonisAntonios,TertisGeorgios/attached-document-1342087665-580594-5982/TritsonisAntonios_TertisGeorgios2012.pdf)
5. [http://www.sim-on.org/project\\_kiosken.htm](http://www.sim-on.org/project_kiosken.htm). (ηλεκτρονικό περιοδικό sim-on 2010)
6. Άρθρο του κ. Σπυράκου, πρόεδρος του Τεχνικού Συμβουλίου του Υπουργείου Παιδείας, 25/03/2016 , διευθυντής του Εργαστηρίου Αντισεισμικής Τεχνολογίας στην ηλεκτρονική εφημερίδα news.gr  
<http://www.news.gr/ellada/koinonia/article/246242/giati-kindynefoyn-apo-seismoysta-arhaia-mnhmeia-s.html>
7. <http://www.parapolitika.gr/article/126720/erhetai-efarmogi-gia-kinita-poy-tha-proeidopoiiei-gia-seismo> ,ηλεκτρονική εφημερίδα στις 13/11/2014
8. [http://www.iariajournals.org/networks\\_and\\_services/](http://www.iariajournals.org/networks_and_services/) 2010, © Copyright by authors, Published under agreement with IARIA - [www.iaria.org](http://www.iaria.org) Article part of a special issue on Wireless Sensor Networks
9. [http://www.eltekdataloggers.co.uk/sectors/museums\\_conservation.html](http://www.eltekdataloggers.co.uk/sectors/museums_conservation.html)
10. <http://www.stilsa.com/EN/news/infos17.html>
11. [http://www.nextgeosolutions.com/en/case\\_studies/structural\\_monitoring\\_bologna](http://www.nextgeosolutions.com/en/case_studies/structural_monitoring_bologna)
12. <http://www.bullfax.com/?q=node-what-home-future-will-look> , 18/01/2013  
άρθρο του e-site bullfax.com
13. . Χουλιάρόπουλος Αναστάσιος , 2011, Διπλωματική Εργασία στο Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής,<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4940/1/Thesis.pdf>
14. «Wireless Sensor Networks», Edgar Callaway Jr, , Auerbach, 2004.