



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων
Πληροφορικής

ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΚΛΙΝΟΜΕΤΡΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΣΕΛΙΚΑΣ ΣΑΒΒΑΣ

Επιβλέπων: Καθ. Φ. Κωνσταντίνου

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΙΟΣ 2008



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων
Πληροφορικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων : Καθ. Φ. Κωνσταντίνου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 19^η Μαΐου 2008.

.....
Φ. Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ν. Ουζούνoglou
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Χ. Καψάλης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΙΟΣ 2008

.....
Σάββας Ν. Τσελίκας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Σάββας Ν. Τσελίκας, 2008

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας, Καθηγητή Ε.Μ.Π. κ. Φ. Κωνσταντίνου που μου εμπιστεύθηκε το θέμα της εργασίας αυτής.

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου και ένα μεγάλο ευχαριστώ για την υποστήριξη και συμπαράστασή τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου, στους γονείς μου Νίκο και Ελισσάβετ, στα αδέρφια μου Γιάννη και Μαρία.

Επίσης ενά μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου Σπύρο, Αριάδνη, Αγγελική.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον γαμπρό μου. Ι. Πουλάκη για την αμέριστη βοήθειά του και τον θείο μου Ν. Καρβουναρίδη για την ουσιαστική συνεισφορά του στην επαγγελματική μου σταδιοδρομία.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υλοποίηση ενός συστήματος, ικανού για την παρακολούθηση, καταγραφή και επιτήρηση λειτουργίας μηχανικών κατασκευών των οποίων η απόδοση εξαρτάται άμεσα από τη σχετική τους θέση ως προς το φυσικό επίπεδο.

Το σύστημα που υλοποιήθηκε βασίζεται στην επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και στην ασύρματη μεταφορά τους. Για τη βελτιστοποίηση του συστήματος καταγραφής δεδομένων ελήφθησαν υπόψη η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται και η αξιόπιστη μεταφορά των προς επεξεργασία δεδομένων. Άλλοι παράγοντες που δρουν καθοριστικά στην απόδοση ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων είναι η χαμηλή κατανάλωση ισχύος για μεγαλύτερη αυτονομία, ο όγκος καθώς και η ευελιξία του συστήματος να μεταφέρεται εύκολα και να αναπτύσσεται σε μικρό χρονικό διάστημα.

Λέξεις Κλειδιά

Καταγραφή δεδομένων, μεταφορά δεδομένων, αισθητήρες, κλινόμετρα, κλίση επιπέδου, ασύρματη μεταφορά δεδομένων, RF modems, ZigBee.

Abstract

The objective of this diploma thesis is the implementation of a system, capable of monitoring, recording and surveying the functional performance of mechanical constructions, whose efficiency is depended by their relevant position towards the natural level.

The system which has been implemented is based on the incoming data processing in real time and their wireless transfer to the processing unit. For the optimization of the specific implementation we took in mind the better accuracy of the sensors being used and the reliable transfer of the collected data from the sensors to the processing unit. Other factors which are essential for the efficiency for a data acquisition system, is the low power consumption for bigger autonomy, the volume and the suppleness of the system to be easily transportable and deployable in a small period of time.

Key Words

Data recording, data transfer, sensors, inclinometer, level inclination, wireless data transfer, RF modems, ZigBee.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	10
2. Περιγραφή Προβλήματος	11
3. Μεθοδολογία Λύσεων	12
4. Περιγραφή Συστήματος	13
4.1 Αισθητήρες	13
4.2 Μεταφορά Δεδομένων	15
4.2.1 NonBeacon.....	17
4.2.2 NonBeacon (w/ Coordinator).....	18
4.2.3 Καταστάσεις Λειτουργίας.....	18
4.3 Καταγραφή και Επεξεργασία Δεδομένων (Φορητός υπολογιστής – Linux).....	20
4.3.1 Εφαρμογή Προτεινόμενης Υλοποίησης	31
4.3.2 Άλλες Εφαρμογές	37
Βιβλιογραφία	39
Παραρτήματα.....	40
Παράρτημα Α. Ασύρματοι Πομποδέκτες ZigBee	40
Α.1 Τεχνικές Προδιαγραφές	40
Α.2 Τύποι Εγκεκριμένων Κεραιών	42
Α.3. Πρωτόκολλο Επικοινωνίας RS-232 - Συνδεσμολογίες και Διαγράμματα....	46
Παράρτημα Β Κλινόμετρα.....	48
Β.1 Τεχνικές Προδιαγραφές	48
Β.2 Διαστάσεις.....	49
Β.3 Συνδεσμολογία	49
Β.4 Προδιαγραφές τύπου καλωδίου προς εγκατάσταση	50

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Κλινόμετρο NS-5/P2 της HLPanar	13
Εικόνα 2: Μέτρηση αγωγιμότητας ηλεκτρολυτικού υγρού.....	14
Εικόνα 3: XBee-PRO RS-232 RF Modem	15
Εικόνα 4: Διασύνδεση υπολογιστή με εξωτερική συσκευή σειριακής επικοινωνίας..	16
Εικόνα 5: Διασύνδεση μεταξύ δύο υπολογιστών	17
Εικόνα 6: Peer-to-Peer τοπολογία για συστήματα συστήματα NonBeacon.....	17
Εικόνα 7: Τοπολογία συστημάτων NonBeacon (w/ Coordinator)	18
Εικόνα 8: Καταστάσεις λειτουργίας των modem	19
Εικόνα 9: Παράθυρο εκκίνησης του προγράμματος	20
Εικόνα 10: Στήλες τιμών κλίσης Tilt-X και Tilt-Y	21
Εικόνα 11: Κλινόμετρο 1 και τιμές Tilt-X και Tilt-Y	21
Εικόνα 12: Επιλογή κλινόμετρων	22
Εικόνα 13: Κλίμακα δειγματοληψίας	22
Εικόνα 14: Κουμπιά START, PAUSE και STOP	23
Εικόνα 15: Βαθμονόμηση – Επιλογή “Get Angle”	23
Εικόνα 16: Ειδοποίηση στροφής κλινόμετρων κατά 180°	24
Εικόνα 17: Τιμή κλίσης πριν τη βαθμονόμηση	24
Εικόνα 18: Βαθμονόμηση – Επιλογή Get Angle μετά τη στροφή 180°	25
Εικόνα 19: Βαθμονόμηση – Επιλογή “Update”	26
Εικόνα 20: Ολοκλήρωση βαθμονόμησης	26
Εικόνα 21: Ένδειξη κλινόμετρου μετά τη βαθμονόμηση.....	27
Εικόνα 22: Επιλογή “Print”	28
Εικόνα 23: Επιλογή “Settings”	29
Εικόνα 24: Επιλογή “About”	29
Εικόνα 25: Επιλογή “Exit”	30
Εικόνα 26: Επιβεβαίωση επιλογής τερματισμού	30
Εικόνα 27: Ενδείξεις ON LINE και OFF LINE	31
Εικόνα 28: Πλάκα Αναφοράς	32
Εικόνα 29: Πλάκα Αναφοράς	32
Εικόνα 30: Σύνδεση κλινόμετρου στη πλάκα αναφοράς.....	33
Εικόνα 31: Σύνδεση κλινόμετρου με τον ασύρματο πομποδέκτη	34

Εικόνα 32: Σύνδεση κλινόμετρου με τον ασύρματο πομποδέκτη	34
Εικόνα 33: Σύνδεση H/Y με ασύρματο πομποδέκτη.....	35
Εικόνα 34: Σύνδεση H/Y με ασύρματο πομποδέκτη.....	35
Εικόνα 35: Τιμές κλίσης	36

1. Εισαγωγή

Η ανάγκη για την παρακολούθηση και καταγραφή της εξέλιξης φυσικών φαινομένων τόσο για επιτήρηση όσο και για μετέπειτα επεξεργασία, για την δημιουργία ενός μοντέλου περιγραφής του φαινομένου, καθώς επίσης και η ανάγκη παρακολούθησης αυτοματοποιημένων μονάδων παραγωγής, οδήγησαν στη δημιουργία **Συστημάτων Παρακολούθησης και Καταγραφής Δεδομένων (Data Acquisition Systems)**. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από τους αισθητήρες μέτρησης των δεδομένων, τη διάταξη αποθήκευσης, τη διάταξη επεξεργασίας σε πραγματικό χρόνο (για συστήματα που απαιτούν άμεση παρακολούθηση και επεξεργασία) και τη διάταξη μεταφοράς των δεδομένων.

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής, τα συστήματα αυτά είναι σχεδιασμένα για αδιάλειπτη λειτουργία.

Σημαντικοί παράγοντες για την βελτιστοποίηση ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια των αισθητήρων και ο βέλτιστος ρυθμός δειγματοληψίας.

Όσον αφορά τη μεταφορά δεδομένων σημαντική είναι η αξιόπιστη μεταφορά των προς επεξεργασία δεδομένων. Άλλοι παράγοντες που δρουν καθοριστικά στην απόδοση ενός συστήματος καταγραφής δεδομένων είναι η κατανάλωση ισχύος για μεγαλύτερη αυτονομία, ο όγκος καθώς και η ευελιξία του συστήματος να μεταφέρεται εύκολα και να αναπτύσσεται σε μικρό χρονικό διάστημα.

2. Περιγραφή Προβλήματος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την υλοποίηση ενός ασύρματου δικτύου καταγραφής δεδομένων από κλινόμετρα για τον υπολογισμό και την παρακολούθηση κλίσεων επιπέδων σε πραγματικό χρόνο.

Ο υπολογισμός και η παρακολούθηση της κλίσεως επιπέδων τόσο σε δομικά κατασκευαστικά έργα όσο και σε ναυπηγικά, αποτελεί σημαντικό παράγοντα κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου καθώς και για τον έλεγχο αυτού μετά την περάτωσή του.

3. Μεθοδολογία Λύσεων

Στο σύστημα το οποίο προτείνεται προς υλοποίηση, χρησιμοποιώντας κατάλληλους αισθητήρες παρέχεται η δυνατότητα παρακολούθησης κλίσεων σε πραγματικό χρόνο.

Ο σχεδιασμός ενός συστήματος μέτρησης κλίσεως επιπέδων σε πραγματικό χρόνο, σε εγκαταστάσεις που καθιστούν εξαιρετικά ασύμφορη τη χρήση καλωδίων, επιβάλλουν τη χρήση διατάξεων ασύρματης μεταφοράς δεδομένων από τους αισθητήρες στη μονάδα καταγραφής. Για την μεγαλύτερη αυτονομία του συστήματος απαιτείται οι διατάξεις ασύρματης μεταφοράς δεδομένων να έχουν όσο το δυνατό χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος.

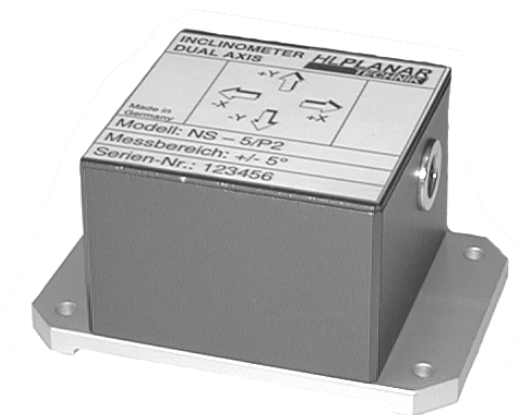
4. Περιγραφή Συστήματος

Ειδικά για το σύστημα που υλοποιείται, το σύστημα καταγραφής δεδομένων Clisis αποτελείται από τις παρακάτω μονάδες:

- ☐ Αισθητήρων
- ☐ Μεταφοράς δεδομένων
- ☐ Καταγραφής
- ☐ Επεξεργασίας δεδομένων

4.1 Αισθητήρες

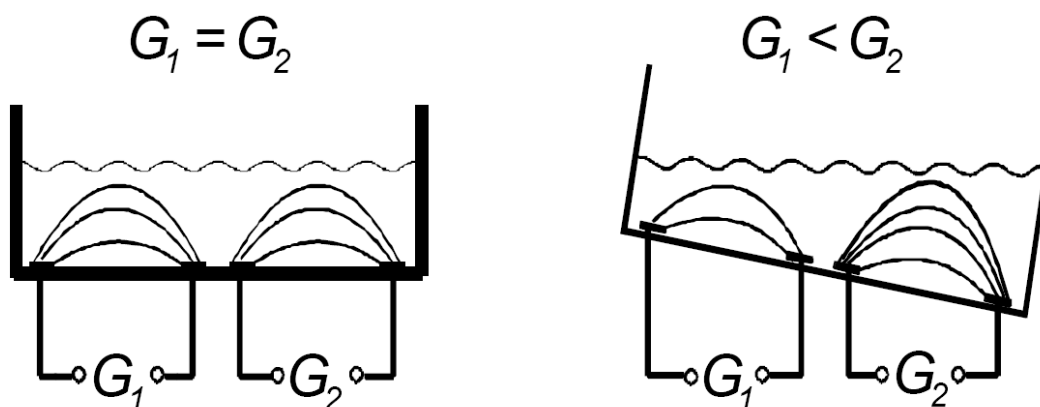
Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται είναι ψηφιακά κλινόμετρα δυο αξόνων, δηλαδή όργανα για μέτρηση κλίσεων ή υψώσεων δυο αξόνων X και Y. Τα κλινόμετρα που χρησιμοποιούμε είναι τα NS-5/P2 της HLPlanar.



Εικόνα 1: Κλινόμετρο NS-5/P2 της HLPlanar

Κάθε κλινόμετρο αποτελείται από δυο αισθητήρες κλίσης, ένα για κάθε άξονα. Κάθε αισθητήρας αποτελείται από χυτό κεραμικό περίβλημα, το οποίο μέσω υάλινου μονωτικού περιβλήματος συνδέεται με ένα κεραμικό υπόστρωμα το οποίο περιέχει πέντε ηλεκτρόδια από λεπτή μεμβράνη λευκόχρυσου. Τα ηλεκτρόδια βρίσκονται σε ένα θάλαμο, ο οποίος περιέχει μικρή ποσότητα ηλεκτρολυτικού υγρού.

Το πλεονέκτημα χρήσης ηλεκτρολυτικού υγρού οφείλεται στην πιο αξιόπιστη μέτρηση αγωγιμότητας του υγρού με βάση το ύψος του πάνω από τα ηλεκτρόδια εάν το επίπεδο που ορίζουν είναι απόλυτα παράλληλο με τον άξονα περιστροφής του επιπέδου προς μέτρηση. Όταν μεταξύ δυο ηλεκτροδίων διαρέεται εναλλασσόμενο ρεύμα, ρεύμα διέρχεται μέσα από το ηλεκτρολυτικό υγρό δημιουργώντας έτσι σκέδαση μεταξύ των ηλεκτροδίων, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2: Μέτρηση αγωγιμότητας ηλεκτρολυτικού υγρού

Όταν το κλινόμετρο λαμβάνει κλίση ως προς ένα άξονα, μειώνεται το ύψος του ηλεκτρολυτικού υγρού στη μια πλευρά του θαλάμου με αποτέλεσμα να περιορίζεται το πεδίο που έχει δημιουργηθεί στην πλευρά αυτή. Αύξηση του ύψους του ηλεκτρολυτικού υγρού στην αντίθετη πλευρά του θαλάμου έχει το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα. Αυτός ο περιορισμός και η επέκταση του πεδίου μέσα στο θάλαμο έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της αγωγιμότητας. Επειδή τα ηλεκτρόδια είναι τοποθετημένα σε ζεύγη σε κάθε πλευρά του κλινόμετρου (μία για κάθε άξονα), μια βασική διαφορική μέτρηση θα αποδώσει το μέγεθος και την κατεύθυνση της κλίσης. Το κλινόμετρο υπολογίζει την κάθε κλίση και παρέχει σε μια έξοδο τις υπολογισμένες τιμές.

Η έξοδος του κλινόμετρου λαμβάνεται σειριακά, με πρωτόκολλο RS-232. Η επικοινωνία με το κλινόμετρο είναι full duplex με ταχύτητα που μπορεί να ρυθμιστεί από 2400 έως 9600 baud.

Η κατασκευή του κλινόμετρου που χρησιμοποιείται πληρεί προδιαγραφές IP65, ιδανική για χρήση σε βιομηχανικές, ναυπηγικές και αεροναυπηγικές εφαρμογές.

4.2 Μεταφορά Δεδομένων

Για τη μεταφορά δεδομένων χρησιμοποιούνται ασύρματοι πομποδέκτες τεχνολογίας ZigBee. Οι πομποδέκτες αυτοί είναι οι XBee-PRO RS-232 RF Modem της MaxStream. Τα Modem αυτά είναι συμβατά με το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 για την μεταξύ τους επικοινωνία, ενώ ενσωματώνουν σειριακή επικοινωνία πρωτοκόλλου RS-232 για τη διασύνδεσή τους με άλλες συσκευές. Τα Modem αυτά είναι ικανά να επιτύχουν δυο με τρεις φορές μεγαλύτερη εμβέλεια από άλλες τυπικές 802.15.4 υλοποιήσεις.



Εικόνα 3: XBee-PRO RS-232 RF Modem

Τα κύρια χαρακτηριστικά που το καθιστούν ιδανικό για την εφαρμογή που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία είναι:

Εμβέλεια

Εσωτερικοί χώροι ή αστικές περιοχές μέχρι 100m

Εξωτερικοί χώροι χωρίς εμπόδια μέχρι 1,6km

Ισχύς Εκπομπής

60mW (18 dBm), 100mW (20dBm) EIRP

Ευαισθησία Δέκτη

-100dBm

RF Ρυθμός Μετάδοσης Δεδομένων

250kbps

Χαμηλή Κατανάλωση Ισχύος

Κατανάλωση Ρεύματος κατά τη Λήψη 80 mA με τροφοδοσία 9VDC

Κατανάλωση Ρεύματος κατά την Εκπομπή 300 mA

Κατανάλωση Ρεύματος κατά τη Διακοπή Λειτουργίας < 6 mA

Advanced Networking & Security

Retries and Acknowledgements

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Each direct sequence channels has over 65,000 unique network addresses available

Source/Destination Addressing

Unicast & Broadcast Communications

Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported

Coordinator/End Device operations

Transparent and API Operations

128-bit Encryption

Εύκολο στη χρήση

Compact structure

Built-in RS-232 interfacing

Small form factor

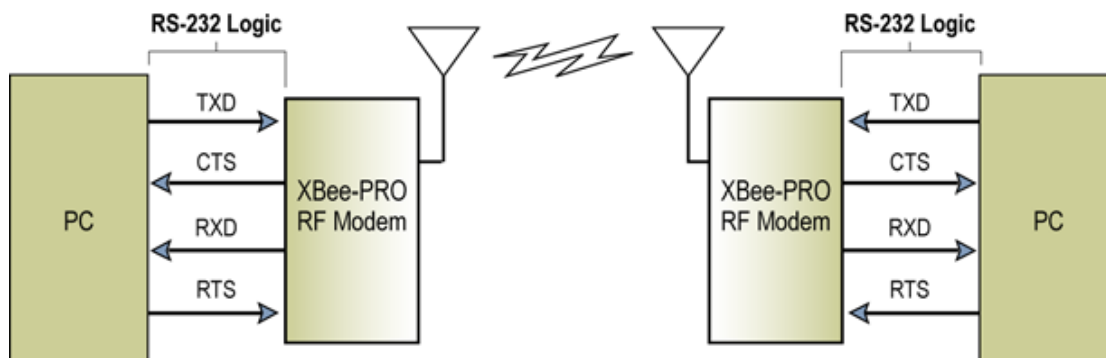
Network compatible with other 802.15.4 devices

Μια τυπική εφαρμογή διασύνδεσης ενός υπολογιστή με μια εξωτερική συσκευή σειριακής επικοινωνίας, φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 4: Διασύνδεση υπολογιστή με εξωτερική συσκευή σειριακής επικοινωνίας

Ή μεταξύ δυο υπολογιστών:

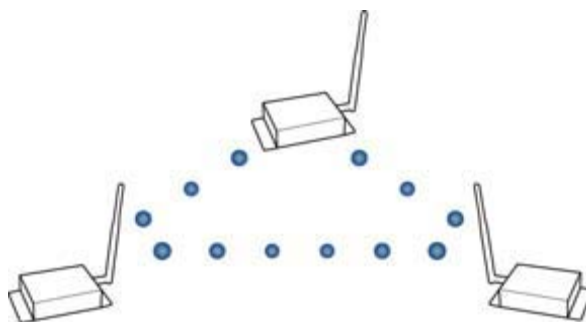


Εικόνα 5: Διασύνδεση μεταξύ δύο υπολογιστών

Τα ασύρματα modem που χρησιμοποιούμε είναι συμβατά IEEE 802.15.4 δίκτυα που περιγράφονται στις παραγράφους 4.2.1 *NonBeacon* και 4.2.2 *NonBeacon (w/ Coordinator)*.

4.2.1 *NonBeacon*

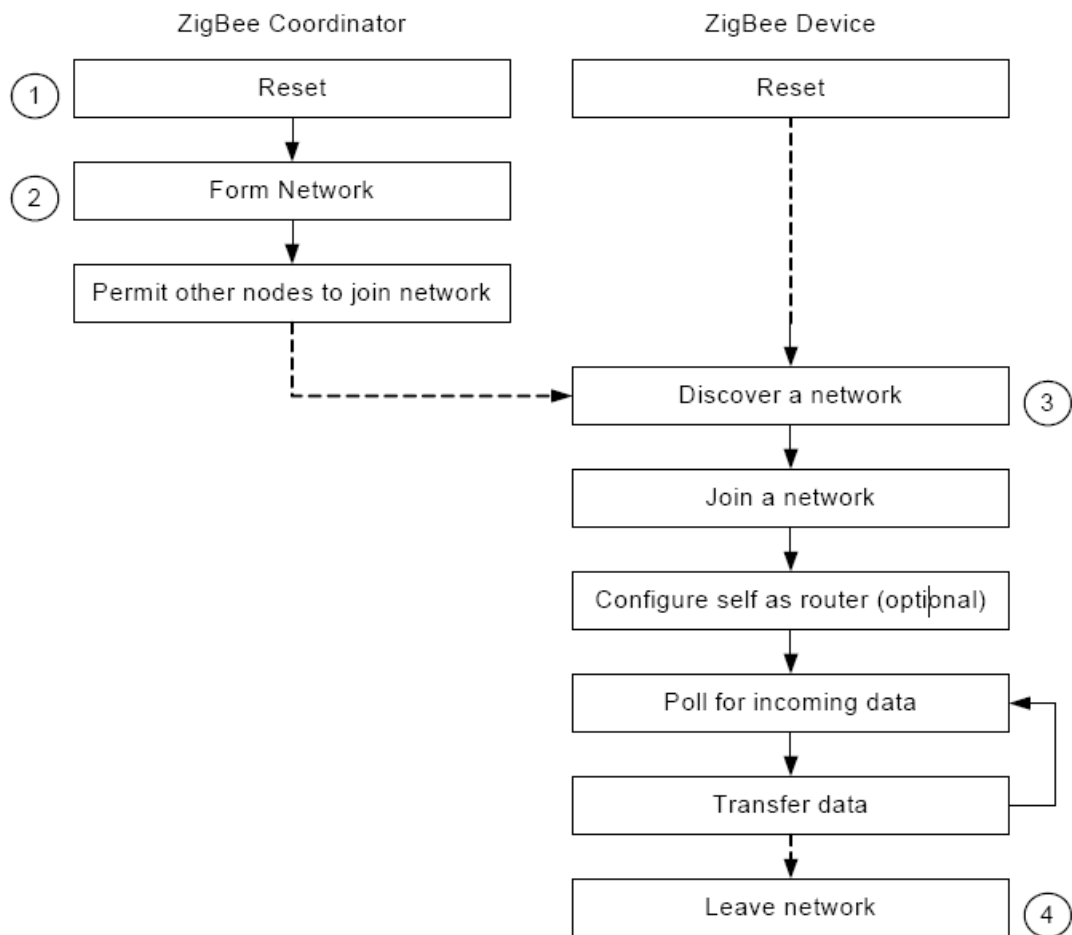
Τα συστήματα *NonBeacon* λειτουργούν σε τοπολογίες Peer-to-Peer και δεν εξαρτώνται από την ύπαρξη Master/Slave στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι τα modems παραμένουν συγχρονισμένα μεταξύ τους χωρίς την ύπαρξη κάποιου master/server, κάθε modem στο δίκτυο μοιράζεται master και slave ρόλους για την επίτευξη της μεταξύ τους επικοινωνίας.



Εικόνα 6: Peer-to-Peer τοπολογία για συστήματα *NonBeacon*

4.2.2 NonBeacon (w/ Coordinator)

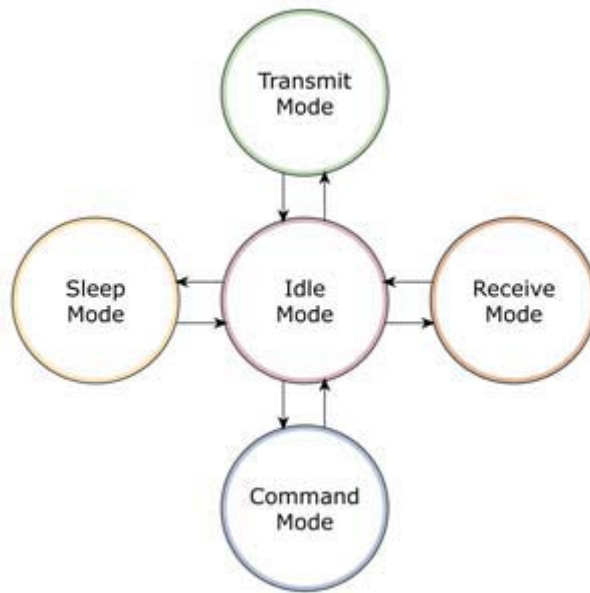
Στα συστήματα NonBeacon (w/ Coordinator) υπάρχει ένα modem το οποίο παίζει το ρόλο του Διαχειριστή/Συντονιστή του δικτύου, στον οποίο αποστέλλονται όλα τα δεδομένα από κάθε τελική συσκευή.



Εικόνα 7: Τοπολογία συστημάτων NonBeacon (w/ Coordinator)

4.2.3 Καταστάσεις Λειτουργίας

Τα Modems που χρησιμοποιούμε διαθέτουν πέντε καταστάσεις λειτουργίας



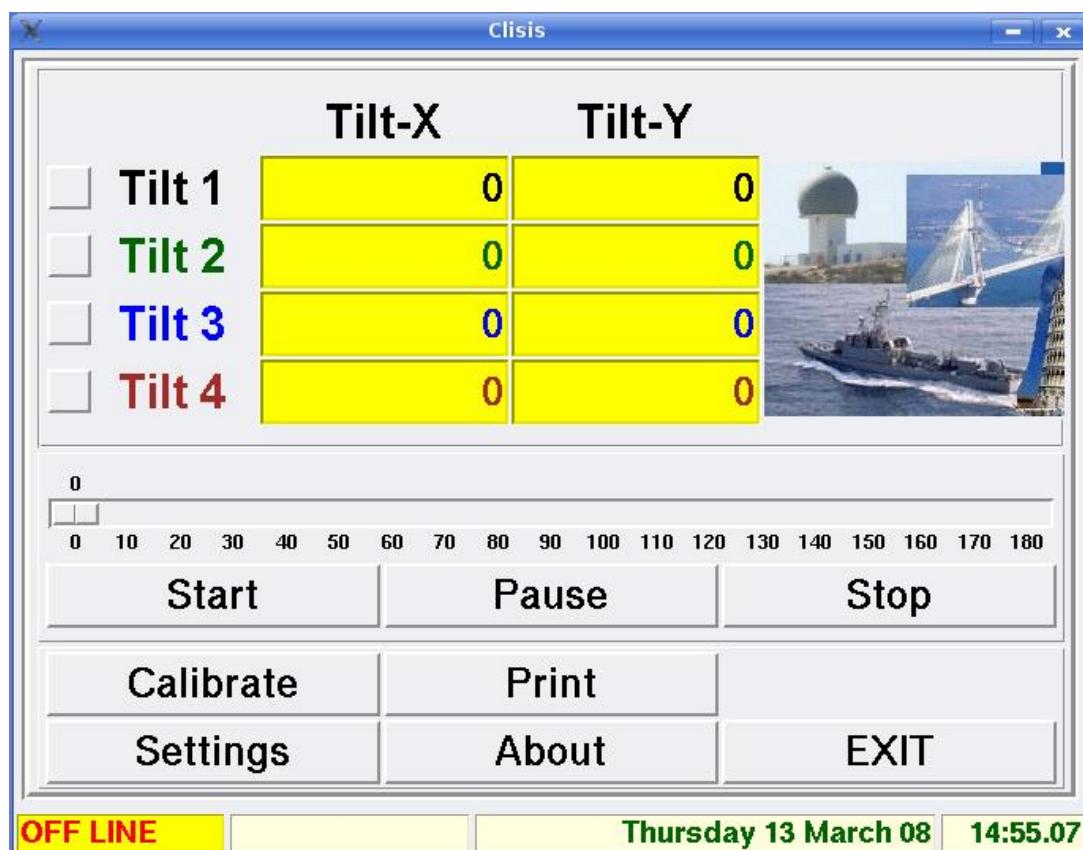
Εικόνα 8: Καταστάσεις λειτουργίας των modem

- ❑ **Idle Mode.** Όταν το modem δεν στέλνει ή δεν λαμβάνει δεδομένα. Από αυτή τη λειτουργία το modem μπορεί να μεταβεί στις εξής καταστάσεις λειτουργίας.
- ❑ **Transmit Mode.** Μετάβαση σε αυτήν την κατάσταση λειτουργίας έχουμε όταν δεδομένα λαμβάνονται στη σειριακή είσοδο του modem.
- ❑ **Receive Mode.** Μετάβαση σε αυτήν την κατάσταση λειτουργίας έχουμε όταν έγκυρα RF δεδομένα λαμβάνονται από την κεραία του modem.
- ❑ **Sleep Mode.** Μετάβαση σε αυτήν την κατάσταση λειτουργίας έχουμε όταν το Modem βρίσκεται σε Idle Mode μετά από προκαθορισμένο χρόνο ή όταν η DTR (Data Terminal Ready) δεν είναι ενεργή. Η λειτουργία Sleep Mode θέτει το modem σε κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης ισχύος για όση ώρα παραμένει σε αυτή.
- ❑ **Command Mode.** Μετάβαση σε αυτήν την κατάσταση λειτουργίας έχουμε όταν πρέπει να τροποποιήσουμε τις ρυθμίσεις του Modem ή όταν θέλουμε να ελέγξουμε τις ρυθμίσεις που είναι ήδη προγραμματισμένες.

4.3 Καταγραφή και Επεξεργασία Δεδομένων (Φορητός υπολογιστής – Linux)

Το πρόγραμμα το οποίο έχει υλοποιηθεί για της ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας καλείται Clisis Data Acquisition System. Το πρόγραμμα αυτό έχει υλοποιηθεί για να λαμβάνει ταυτόχρονα μετρήσεις μέχρι και από τέσσερα κλινόμετρα σε άμεση επικοινωνία. Η εφαρμογή τρέχει σε Ηλεκτρονικό Υπολογιστή Desktop ή Laptop με λειτουργικό σύστημα Linux. Η λήψη των δεδομένων γίνεται από μια σειριακή ή USB θύρα. Η λειτουργία του προγράμματος αυτού είναι απλή και φιλική προς τον χρήστη και παρουσιάζεται παρακάτω.

Κατά την εκκίνηση του προγράμματος εμφανίζεται το ακόλουθο αρχικό παράθυρο.



Εικόνα 9: Παράθυρο εκκίνησης του προγράμματος

Σε αυτό το παράθυρο γίνονται όλες οι απαραίτητες ρυθμίσεις για την ενεργοποίηση της διαδικασίας μέτρησης, όλες οι απαραίτητες ρυθμίσεις κατά τη διάρκεια της μέτρησης καθώς και η απεικόνιση των δεδομένων.

Αναλυτικότερα, στη στήλη Tilt-X απεικονίζονται οι τιμές της μετρούμενης κλίσης στον άξονα +X/-X σε μοίρες, πρώτα και δεύτερα λεπτά της μοίρας ενώ στη στήλη Tilt-Y απεικονίζονται οι τιμές της μετρούμενης κλίσης στον άξονα +Y/-Y σε μοίρες, πρώτα και δεύτερα λεπτά της μοίρας

Tilt-X	Tilt-Y
0	0
0	0
0	0
0	0

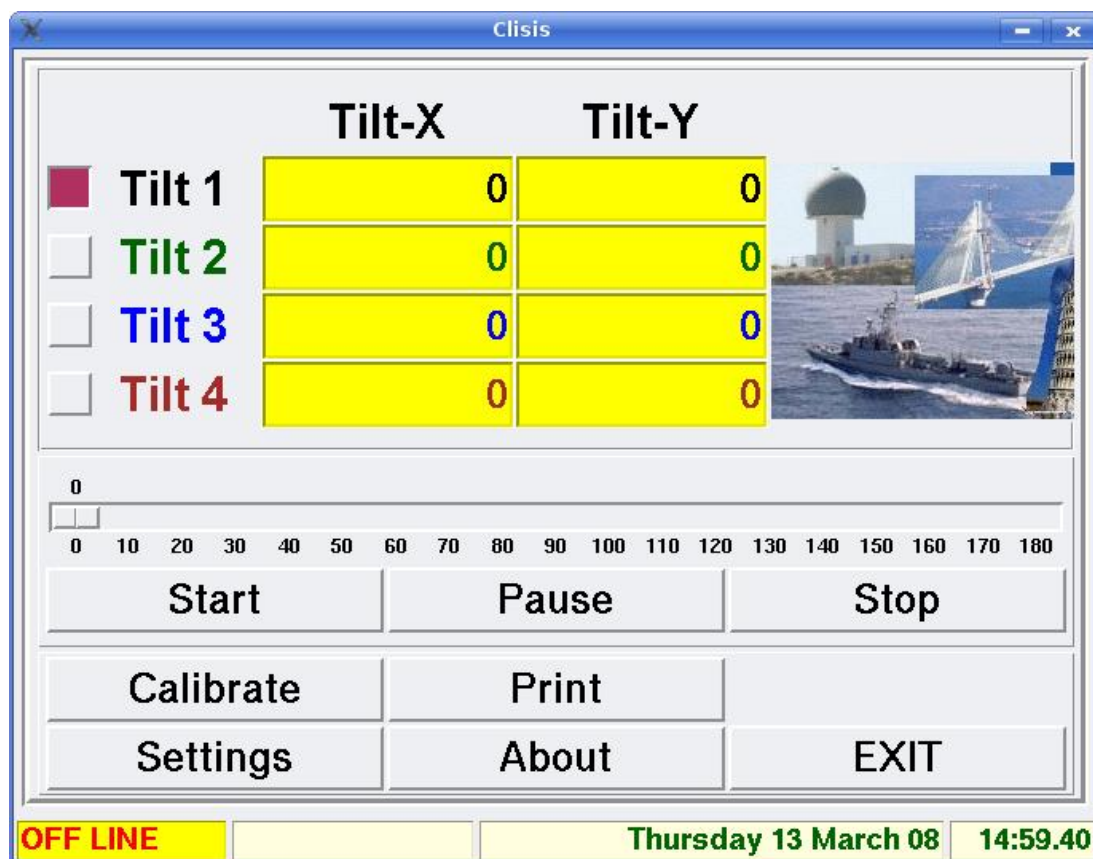
Εικόνα 10: Στήλες τιμών κλίσης Tilt-X και Tilt-Y

Αριστερότερα από το πεδίο απεικόνισης των μετρούμενων κλίσεων βρίσκονται τα τέσσερα πιθανά κλινόμετρα που μπορούν να συνδεθούν στο σύστημα. Δεξιότερα από κάθε κλινόμετρο βρίσκεται το πεδίο όπου απεικονίζονται οι τιμές κλίσης X και Y για το συγκεκριμένο κλινόμετρο όπως φαίνεται παρακάτω.

☐ Tilt 1	0	0
---------------------------------	---	---

Εικόνα 11: Κλινόμετρο 1 και τιμές Tilt-X και Tilt-Y

Για να ξεκινήσει η μέτρηση πρέπει αρχικά να επιλέξουμε πόσα κλινόμετρα και ποια θα πρέπει το πρόγραμμα να αναγνωρίσει. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιλογή του κουμπιού που βρίσκεται πριν από τη λέξη Tilt.



Εικόνα 12: Επιλογή κλινόμετρων

Στη μέση του παραθύρου, κάτω από το πεδίο απεικόνισης των μετρούμενων τιμών βρίσκεται μια διαβαθμισμένη κλίμακα από το 0 έως το 180. Αυτή η ρύθμιση αφορά τον αριθμό των δειγμάτων που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για το φιλτράρισμα του θορύβου στη λήψη μετρήσεων. Για αριθμό δειγμάτων n , $0 < n \leq 180$ κάθε δευτερόλεπτο, η κλίση που αναγράφεται αφορά το μέσο όρο των τελευταίων n δειγμάτων.



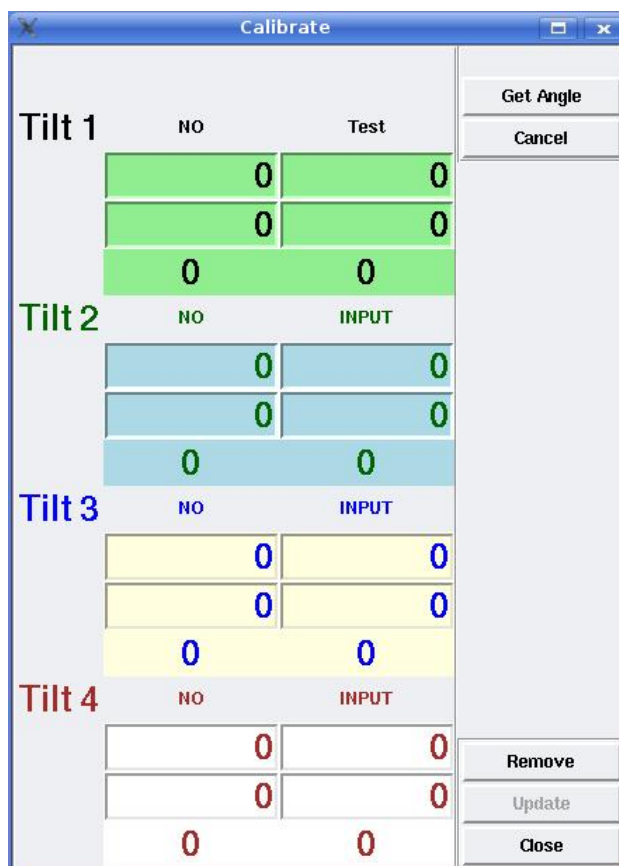
Εικόνα 13: Κλίμακα δειγματοληψίας

Ακριβώς κάτω από τη κλίμακα δειγματοληψίας βρίσκονται τρία κουμπιά, τα START, PAUSE και STOP. Αυτά είναι υπεύθυνα για την έναρξη λειτουργίας του προγράμματος, για την προσωρινή παύση του καθώς και για τον τερματισμό λειτουργίας του αντίστοιχα.



Εικόνα 14: Κουμπιά START, PAUSE και STOP

Ενεργοποιώντας το κουμπί Calibrate εκκινούμε τη διαδικασία βαθμονόμησης του κλινόμετρου. Κάθε μέτρηση κλίσης πρέπει να πραγματοποιείται με κλινόμετρα τα οποία επιβάλλεται να είναι βαθμονομημένα, ώστε τα αποτελέσματα που δίνουν να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβή. Η διαδικασία της βαθμονόμησης με τη βοήθεια του συγκεκριμένου προγράμματος εξυπηρετεί στην μέτρηση κλίσεων ως προς διαφορετικές επιφάνειες αναφοράς. Αν επιθυμούμε να μετρήσουμε τη κλίση μιας επιφάνειας ως προς μια συγκεκριμένη επιφάνεια αναφοράς, πρώτα βαθμονομούμε το κλινόμετρο σε μια σταθερή επιφάνεια αναφοράς και στη συνέχεια τοποθετούμε το κλινόμετρο στην επιφάνεια που θέλουμε να μετρήσουμε. Η διαδικασία βαθμονόμησης είναι η ακόλουθη, τοποθετούμε το κλινόμετρο στην βάση αναφοράς και ενεργοποιούμε το πρόγραμμα από το κουμπί START. Επιλέγουμε το κουμπί calibrate. Στα παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε το κουμπί Get Angle.



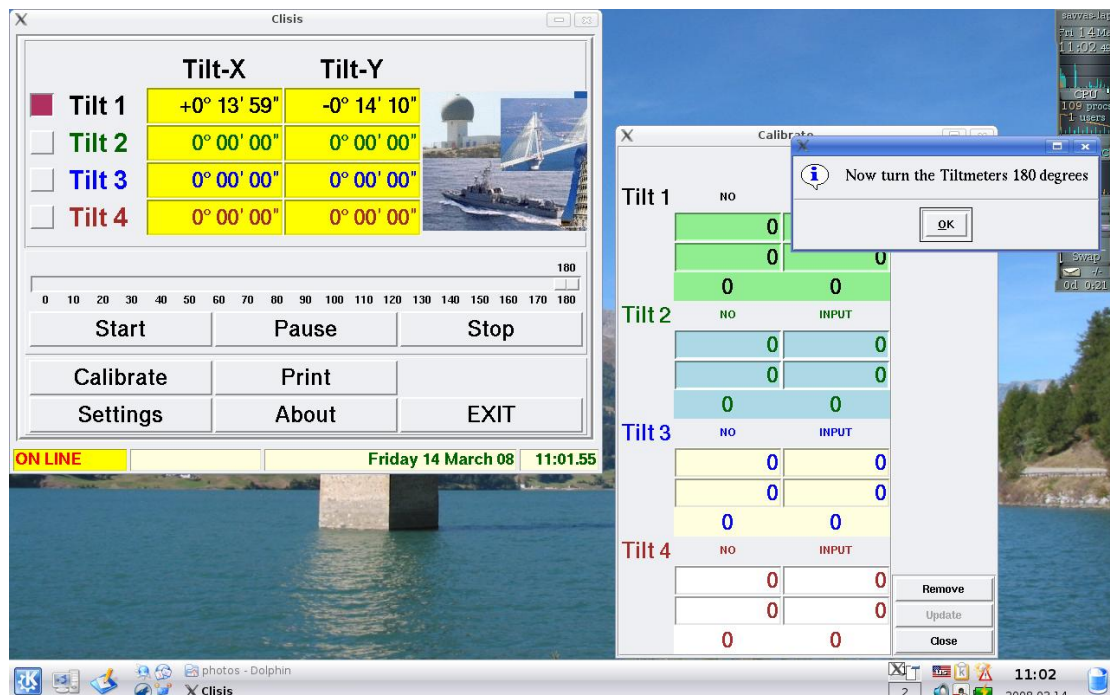
Εικόνα 15: Βαθμονόμηση – Επιλογή “Get Angle”

Εμφανίζεται η ειδοποίηση να στρέψουμε τα κλινόμετρα ακριβώς 180°,



Εικόνα 16: Ειδοποίηση στροφής κλινόμετρων κατά 180°

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η τιμή κλίσης στην βάση αναφοράς πριν τη διαδικασία βαθμονόμησης.



Εικόνα 17: Τιμή κλίσης πριν τη βαθμονόμηση

Μετά την στροφή του κλινόμετρου αφού επιλέξουμε OK, επιλέγουμε ξανα το κουμπί Get Angle.

Calibrate		
		Step 1
		Get Angle
		Cancel
Tilt 1	NO	Test
	1066	1418
	0	0
Tilt 2	NO	INPUT
	0	0
	0	0
Tilt 3	NO	INPUT
	0	0
	0	0
Tilt 4	NO	INPUT
	0	0
	0	0
		Remove
		Update
		Close

Εικόνα 18: Βαθμονόμηση – Επιλογή Get Angle μετά τη στροφή 180°

Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε το κουμπί Update για να ολοκληρωθεί η διαδικασία βαθμονόμησης. Οι τιμές που φαίνονται στο παράθυρο αυτό είναι σε δεύτερα της μοίρας.

Tilt	NO	Test
Tilt 1	1066	1418
	1076	1433
	1071	1426
Tilt 2	0	0
	0	0
	0	0
Tilt 3	0	0
	0	0
	0	0
Tilt 4	0	0
	0	0
	0	0

Buttons: Step 2, Get Angle, Cancel, Remove, Update, Close

Εικόνα 19: Βαθμονόμηση – Επιλογή “Update”

Με τη διαδικασία αυτή αποθηκεύονται οι τιμές σε ένα αρχείο. Κάθε φορά που πραγματοποιείται η διαδικασία της βαθμονόμησης διαγράφονται οι προηγούμενες τιμές. Με την επιλογή του κουμπιού OK, ολοκληρώνεται η διαδικασία της βαθμονόμησης.

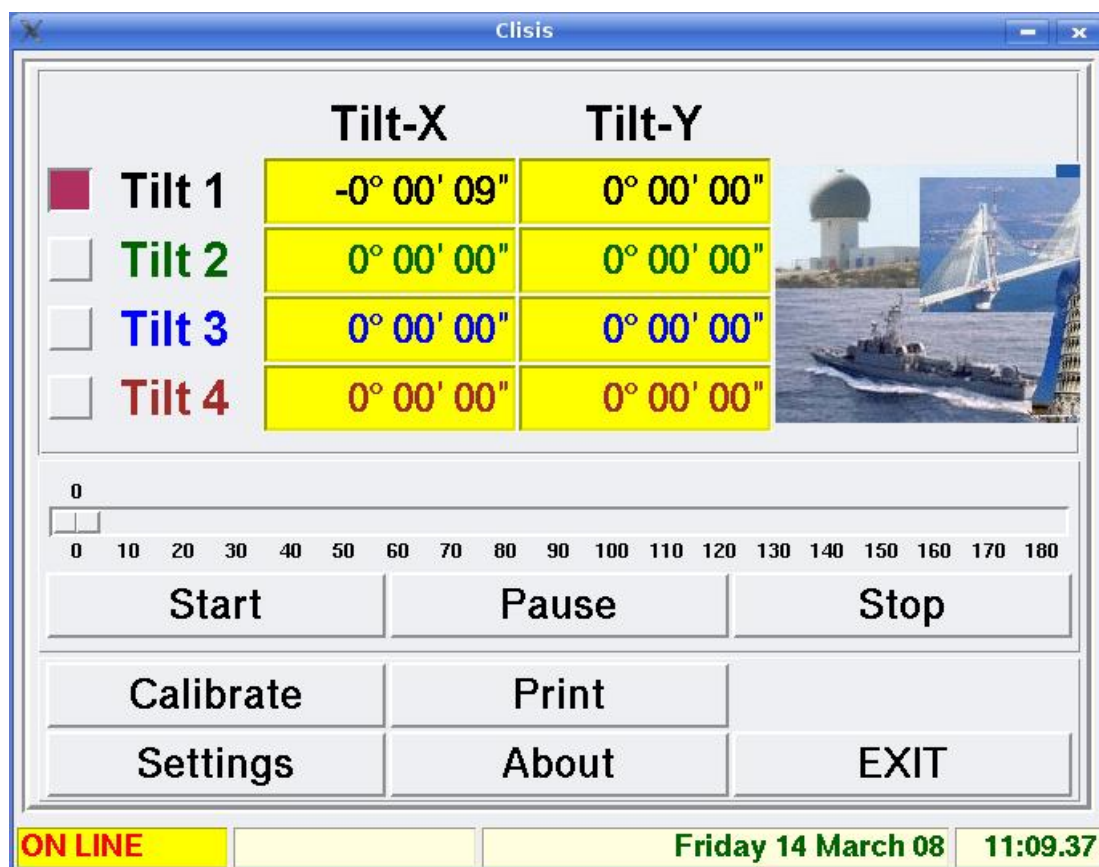
Confirm Calibration

Update will overwrite older values !!

Buttons: OK, Cancel

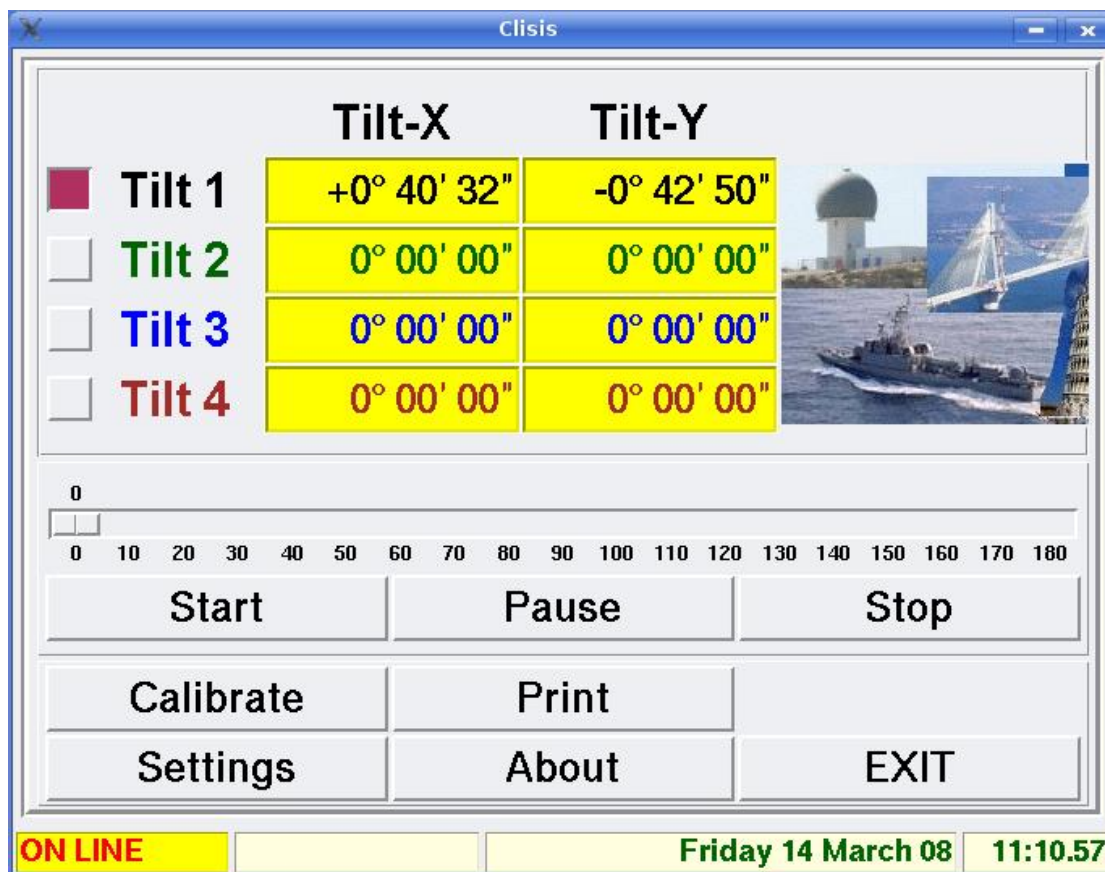
Εικόνα 20: Ολοκλήρωση βαθμονόμησης

Μετά τη βαθμονόμηση και το κλινόμετρο όντας στην αρχική του θέση στη βάση αναφοράς δείχνει τις παρακάτω τιμές κλίσης.



Εικόνα 21: Ένδειξη κλινόμετρου μετά τη βαθμονόμηση

Επιλέγοντας το κουμπί Print εμφανίζεται ένας Cursor σε μορφή σταυρού, αν επιλέξουμε το παράθυρο του προγράμματος αποθηκεύονται στο αρχείο από όπου εκτελείται το πρόγραμμα ένα αρχείο εικόνας με τις μετρήσεις που εμφανίζονται εκείνη την στιγμή.



Εικόνα 22: Επιλογή "Print"

Ενεργοποιώντας το κουμπί Settings εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο εισάγουμε λεπτομέρειες που αφορούν δεδομένα επιμελητείας. Στο πεδίο Area μπορούμε να εισάγουμε την περιοχή ή τον τόπο στον οποίο γίνεται η εκάστοτε μέτρηση. Στο πεδίο Working Team μπορούμε να εισάγουμε μέχρι και τέσσερα ονοματεπώνυμα του συνεργείου που εκτελεί τη μέτρηση. Στο πεδίο Sensors και συγκεκριμένα στη θέση Tilt 1 μπορούμε να γραψουμε συνοπτικά μια περιγραφή του εκάστοτε κλινομέτρου. Η περιγραφή αυτή εμφανίζεται και στο αρχικό παράθυρο. Στο πεδίο δεξιά από αυτό που προαναφέραμε μπορούμε να δώσουμε περισσότερα στοιχεία εφόσον απαιτείται. Με τα κουμπιά Cancel, Clear και Accept ακυρώνουμε το συγκεκριμένο παράθυρο, διαγράφουμε όλα τα στοιχεία τα οποία μπορεί να υπάρχουν ήδη στο παράθυρο αυτό και αντίστοιχα επιβεβαιώνουμε τις όποιες καταχωρήσεις έχουμε κάνει.

Information.

Date: **Thursday 13 March 08**

Area:

Working Team

	First Name	Last Name
1		
2		
3		
4		

Sensors

1	Tilt 1	
2	Tilt 2	
3	Tilt 3	
4	Tilt 4	

Cancel Clear Accept

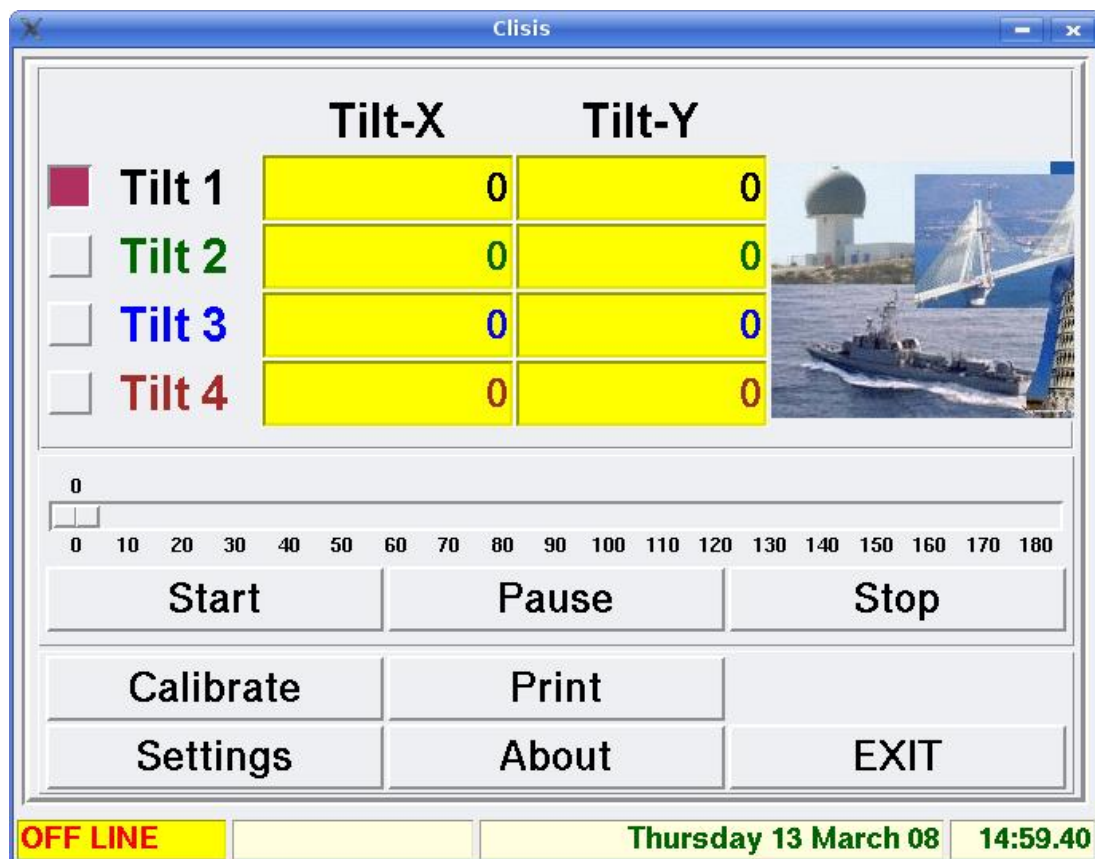
Εικόνα 23: Επιλογή “Settings”

Με το κουμπί About εμφανίζουμε πληροφορίες για το πρόγραμμα.



Εικόνα 24: Επιλογή “About”

Με το κουμπί Exit επιλέγουμε να τερματίσουμε το πρόγραμμα.



Εικόνα 25: Επιλογή “Exit”

Κάθε φορά που επιλέγουμε αυτό το κουμπί εμφανίζεται μια οθόνη επιβεβαίωσης σε περίπτωση εσφαλμένης επιλογής τερματισμού. Είναι σημαντικό κάθε φορά που επιθυμούμε να τερματίσουμε το πρόγραμμα, να έχουμε πρώτα επιλέξει το κουμπί Stop για τερματιστούν οι διεργασίες επικοινωνίας με τα κλινόμετρα και η ροή των μετρούμενων δεδομένων.



Εικόνα 26: Επιβεβαίωση επιλογής τερματισμού

Στο κάτω μέρος του αρχικού παραθύρου υπάρχει μια ενημερωτική μπάρα, η οποία δείχνει την ημερομηνία και την ώρα καθώς επίσης και μια ένδειξη που περιγράφει αν το πρόγραμμα έχει ενεργοποιηθεί για επικοινωνία με τα κλινόμετρα πατώντας το κουμπί START, ένδειξη ON LINE, ή δεν έχει ενεργοποιηθεί ή έχει πατηθεί το κουμπί STOP, ένδειξη OFF LINE.



Εικόνα 27: Ενδείξεις ON LINE και OFF LINE

4.3.1 Εφαρμογή Προτεινόμενης Υλοποίησης

Υπάρχουν συστήματα εγκατεστημένα σε διαφόρων τύπων πλοία τα οποία για να αποδόσουν αυτά που ορίζουν οι προδιαγραφές τους πρέπει να ελέγχονται εν όρμω και υπο συνθήκες νηνεμίας μέχρι κάποιες μοίρες κλίσης ως προς την πρόνευση κατά το εγκάρσιο και το διαμήκες του πλοίου (Pitch και Roll). Η προτεινόμενη σχεδίαση υλοποιεί ένα σύστημα που αποσκοπεί στην παρακολούθηση αυτής της κλίσης προς δυο άξονες X και Y.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν φορητό υπολογιστή με λειτουργικό σύστημα Linux στον οποίο είναι εγκατεστημένο το πρόγραμμα Clisis Data Acquisition System, ένα κλινόμετρο δύο αξόνων και δυο ασύρματοι πομποδέκτες τεχνολογίας ZigBee, των οποίων οι προδιαγραφές φαίνονται στο παράρτημα.

Στο προς μέτρηση σύστημα ή ανάλογα με τον τύπο πλοίου στο ίδιο το πλοίο υπάρχει εγκατεστημένη από τη ναυπήγηση του μια κατασκευή ή οποία καλείται πλάκα αναφοράς η οποία είναι απόλυτα ευθυγραμμισμένη με το εγκάρσιο και το διαμήκες του πλοίου.



Εικόνα 28: Πλάκα Αναφοράς

Συνήθως η πλάκα αυτή είναι διαγραμμισμένη σε μοιρές από 0° έως 360° . Η ένδειξη 0° κατευθύνει προς την πλώρη ενώ οι 180° προς την πρύμη του πλοίου.

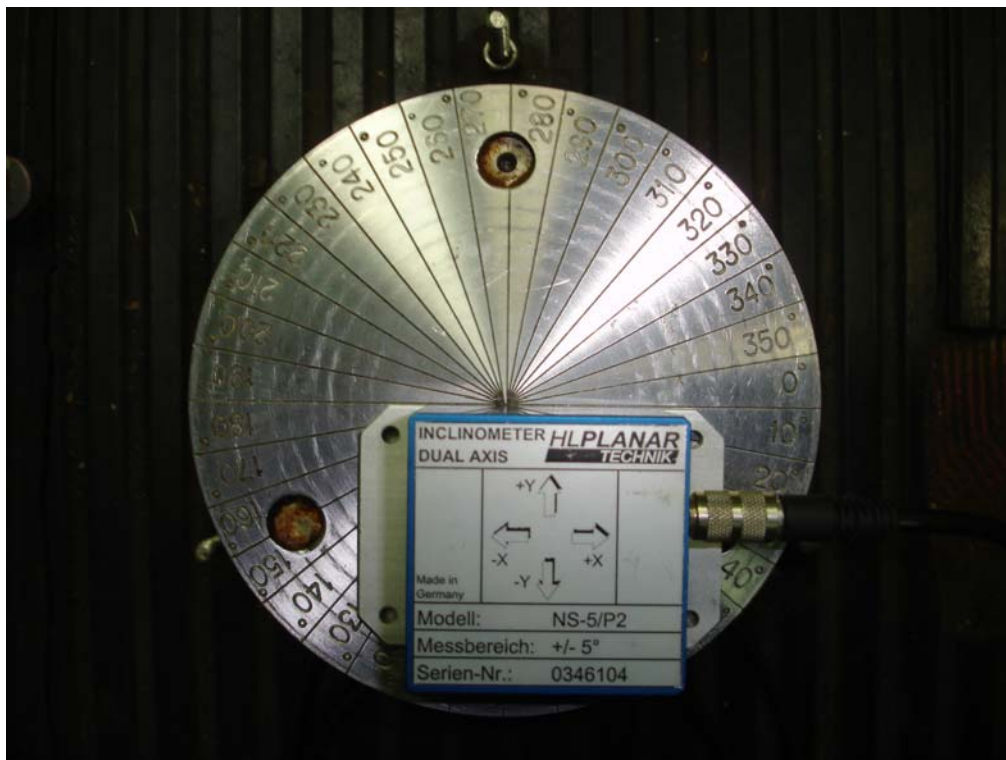


Εικόνα 29: Πλάκα Αναφοράς

Η συγκεκριμένη διάταξη χρησιμοποιείται επειδή πρέπει να γίνουν ρυθμίσεις κατά τη διάρκεια ενεργοποίησης συστημάτων, των οποίων ο κατασκευαστής

προδιαγράφει ότι οι ρυθμίσεις αυτές πρέπει να γίνουν υπο συνθήκες νηνεμίας με μέγιστες τιμές κλίσης ως προς την πρόνευση κατά το εγκάρσιο και το διαμήκες του πλοίου τη μια μοίρα (1°). Για την επιτυχή διαδικασία ρύθμισης τέτοιων συστημάτων χρησιμοποιούμε το σύστημα που περιγράφηκε παραπάνω.

Τοποθετούμε το κλινόμετρο στην πλάκα αναφοράς ώστε ο άξονας +X/-X του κλινόμετρου να συμπίπτει με τον διαμήκη άξονα του πλοίου, που περιγράφεται στην πλάκα αναφοράς ως η ευθεία που ορίζουν οι ενδείξεις των 0° και των 180° , για το λόγο αυτό η ένδειξη +X πρέπει να ταυτίζεται με τις 0° . Σε αυτή την περίπτωση η φορά του +Y θα βρίσκεται προς τις 270° .



Εικόνα 30: Σύνδεση κλινόμετρου στη πλάκα αναφοράς

Συνδέουμε το κλινόμετρο σειριακά με τον ασύρματο πομποδέκτη και τοποθετούμε την μπαταρία των 9V για την τροφοδοσία του κλινόμετρου και του πομποδέκτη.



Εικόνα 31: Σύνδεση κλινόμετρου με τον ασύρματο πομποδέκτη



Εικόνα 32: Σύνδεση κλινόμετρου με τον ασύρματο πομποδέκτη

Σε ένα χώρο όπου μπορούμε να εργαστούμε συνδέουμε μέσω μιας σειριακής θύρας ή μιας θύρας USB τον δεύτερο ασύρματο πομποδέκτη και εκκινούμε το πρόγραμμα καταγραφής δεδομένων.

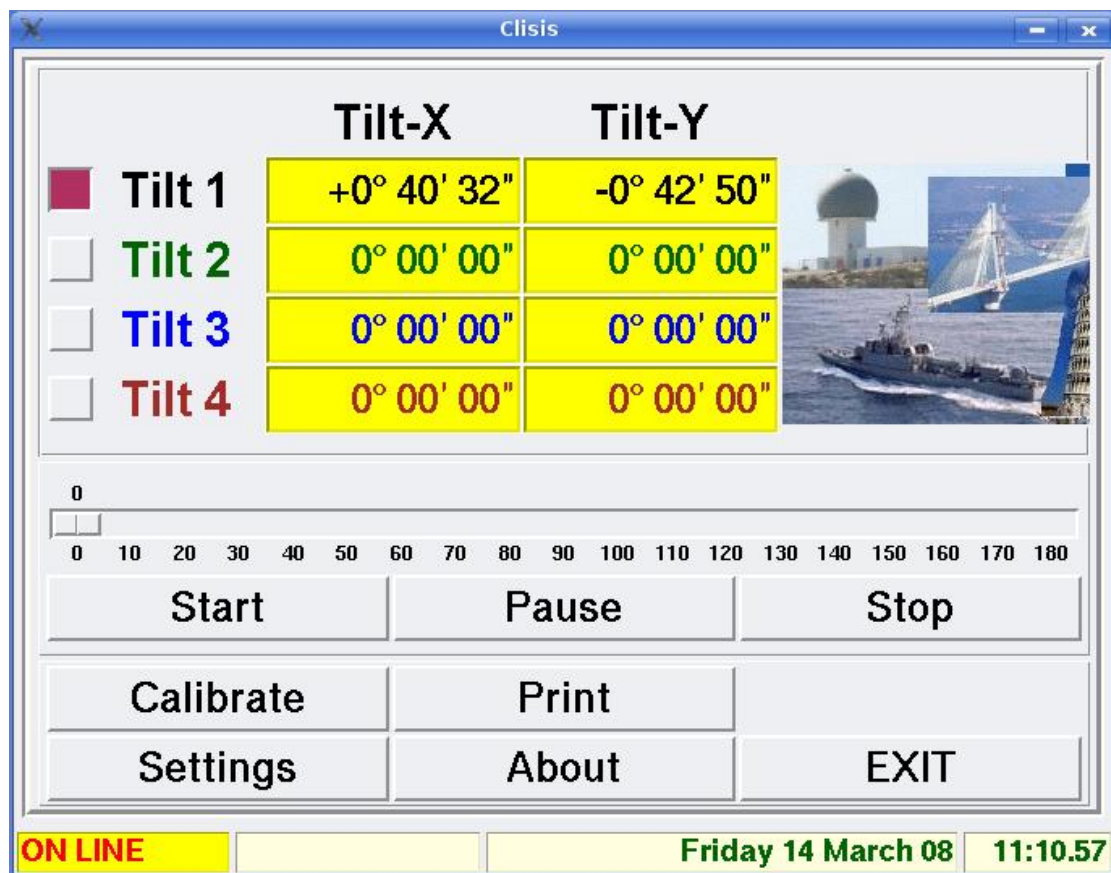


Εικόνα 33: Σύνδεση Η/Υ με ασύρματο πομποδέκτη



Εικόνα 34: Σύνδεση Η/Υ με ασύρματο πομποδέκτη

Στο πρόγραμμα Clisis Data Acquisition System επιλέγουμε το ένα κλινόμετρο που είναι συνδεδεμένο και λαμβάνουμε τιμές κλίσης στον άξονα +X/-X και +Y/-Y.



Εικόνα 35: Τιμές κλίσης

Δεδομένου ότι το κλινόμετρο που χρησιμοποιούμε έχει βαθμονομηθεί σε μια σταθερή πλάκα αναφοράς, οι τιμές που λαμβάνουμε για την κλίση ως προς το εγκάρσιο και το διαμήκες μας δίνουν τις αντίστοιχες κλίσεις ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

4.3.2 Άλλες Εφαρμογές

Η υλοποίηση του παραπάνω συστήματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί, ανάλογα με τον αριθμό των κλινομέτρων που χρησιμοποιούμε, σε εφαρμογές που αφορούν γεωστατικά, κατασκευαστικά ή μηχανολογικά έργα.

4.3.2.1 Γεωστατικά

Παράλληλα με την καταγραφή και παρακολούθηση των μετρήσεων, δειγματοληπτικά μπορεί να προκύψει ένα ακριβές ιστορικό για την κίνηση μιας κατασκευής που μπορεί να υποδηλώνει μια πιθανή στατική καταστροφή. Τυπικές εφαρμογές είναι:

- ❑ Παρακολούθηση κλίσης ενός επιπέδου που μπορεί να προκληθεί κατά τη διάρκεια εξορύξεων σε ορυχεία.
- ❑ Παρακολούθηση κλίσης ενός επιπέδου που μπορεί να προκληθεί κατά τη διάρκεια εργασιών διάνοιξης συρράγγων.
- ❑ Παρακολούθηση κλίσης ενός επιπέδου που μπορεί να προκληθεί λόγω πιθανών καθιζήσεων σε περιοχές με κατάλληλο ιστορικό.
- ❑ Παρακολούθηση κλίσης ενός επιπέδου που μπορεί να προκληθεί λόγω ανασκαφών με κίνδυνο για το εργαζόμενο προσωπικό.
- ❑ Παρακολούθηση κλίσης εδάφους σε περιοχές κοντά σε ενεργά ηφαίστεια από τη μετακίνηση μαγματος που μπορεί να υποδηλώσουν επερχόμενη ενεργοποίηση.
- ❑ Παρακολούθηση κλίσεων και καθιζήσεων εδάφους για την ανίχνευση ζωνών κίνησης καθώς και την παρακολούθηση αν αυτές οι κινήσεις είναι συνεχείς, επιταχυνόμενες ή βελτιώμενες.

4.3.2.2 Κατασκευαστικά

Τυπικές εφαρμογές σε κατασκευαστικά έργα είναι:

- ❑ Παρακολούθηση κλίσης φραγμάτων σε υδάτινους ταμιευτήρες κατά τη διάρκεια κατασκευής εάν πληρούνται οι προδιαγραφές καθώς και κατά την ενεργοποίηση και λειτουργία για την παρακολούθηση της στατικής κατάστασης του φράγματος.
- ❑ Ευθυγράμμιση πλατφόρμων που απαιτούν ακριβή τοποθέτηση.

- ❑ Προειδοποίηση σε περίπτωση υπέρβασεως κλίσεων σε μηχανήματα με όριο εργασίας κάποιες μοίρες.
- ❑ Παρακολούθηση μεταλλικών κατασκευών εάν υπάρχουν αποκλίσεις από τις σχεδιαστικές απαιτήσεις καθόλη τη διάρκεια της κατασκευής.

4.3.2.3 Μηχανολογικά

Τυπικά παραδείγματα εφαρμογής σε μηχανολογικά έργα είναι:

- ❑ Παρακολούθηση της κλίσης ενός αεροσκάφους ή ενός πλοίου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.
- ❑ Ενδειξη γωνίας κλίσης σε ανυψωτικά μηχανήματα με μεγάλους βραχίονες.
- ❑ Ενδειξη κινήσεως πλοίων η αεροσκαφών κατά το εγκάρσιο η το διαμήκες τους.
- ❑ Παρακολούθηση της παρεκτροπής πυροβόλων όπλων.

Βιβλιογραφία

- [1] Daly, Gregg M., and Hugh J. Flye. “Dataloggers Deliver.” *Engineered Systems* 17, no. 8 (2000):84-89.

- [2] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., IEEE Std. 802.15.4-2003, IEEE Standard for Information Technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Area Networks — Specific Requirements — Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs). New York: IEEE Press. 2003.

Παραρτήματα

Παράρτημα Α. Ασύρματοι Πομποδέκτες ZigBee

Α.1 Τεχνικές Προδιαγραφές

Specifications		XBee-PRO PKG-R (RS-232)	XBee-PRO PKG-U (USB)
Performance	Indoor/Urban Range (w/ 2.1 dB dipole antenna)	up to 300 ft. (100 m)	
	Outdoor RF line-of-sight Range (w/ 2.1 dB dipole)	up to 1 mile (1.6 km)	
	Transmit Power Output	60 mW (18 dBm), 100 mW (20 dBm) EIRP	
	Receiver Sensitivity	-100 dBm (1% PER (Packet Error Rate))	
	Interface Data Rate (software selectable)	1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported)	
	RF Data Rate	250,000 bps	
Networking & Security	Frequency Range	ISM 2.4 GHz	
	Spread Spectrum	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	
	Modulation	OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying)	
	Supported Network Topologies	Peer-to-peer (no master/slave dependencies), Point-to-point, Point-to-multipoint & Mesh (coming soon)	

Specifications		XBee-PRO PKG-R (RS-232)	XBee-PRO PKG-U (USB)
	Number of channels (software selectable)	13 Direct Sequence Channels	
	Filtration Options	PAN ID, Channel & Destination/Source Addresses	
Antenna	Connector Options	RPSMA (reverse polarity SMA)	
	Impedance	50 ohms unbalanced	
Certifications (partial list)	United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEEPRO	
	Industry Canada (IC)	4214A-XBEEPRO	
	Europe (EC)	ETSI (10 dBm max TX output)	
Power Requirements	Power Supply Voltage	5 - 14 VDC	USB bus power
	Transmit Current	300 mA (@ 9V)	300 mA
	Receive Current	80 mA	90 mA
	Power Down Current	< 6 mA	< 25 mA
Physical Properties	Size	11.4cm x 7.0cm x 2.9cm	
	Weight	150 g	
	Data Connection	female DB-9	USB
	Operating	-40 to 85° C (Industrial)	0 to 70° C (Commercial)

A.2 Τύποι Εγκεκριμένων Κεραιών

Οι κεραιές που χρησιμοποιήθηκαν στους πομποδέκτες στην εφαρμογή που περιγράφηκε παραπάνω, είναι ένα δίπολο με χαρακτηριστικά, 2.1 dBi, Omni-directional, Articulated RPSMA και part number A24-HABSM, χωρίς καλώδιο απευθείας συνδεδεμένο στον πομποδέκτη. Στους πομποδέκτες αυτούς μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και άλλους τύπους κεραιών, χωρίς καλώδιο απευθείας συνδεδεμένο στον πομποδέκτη είτε με καλώδιο. Παρακάτω φαίνονται οι εγκεκριμένοι τύποι κεραιών.

Antennas Approved for Use Whereas Cable-Loss is Not Required				
Part Number	Type (Description)	Gain	Application	Min. Separation
A24-HSM-450	Dipole (Half-wave articulated RPSMA - 4.5")	2.1 dBi	Fixed/Mobile	20 cm
A24-HABSM	Dipole (Articulated RPSMA)	2.1 dBi	Fixed	20 cm
A24-HABUF-P5I	Dipole (Half-wave articulated bulkhead mount U.F.L. w/ 5" pigtail)	2.1 dBi	Fixed	20 cm
A24-QI	Monopole (Integrated whip)	1.5 dBi	Fixed	20 cm

Antennas Approved for Use Whereas Cable-Loss is Required					
Part Number	Type (Description)	Gain	Application	Min. Separation	Required Cable-loss

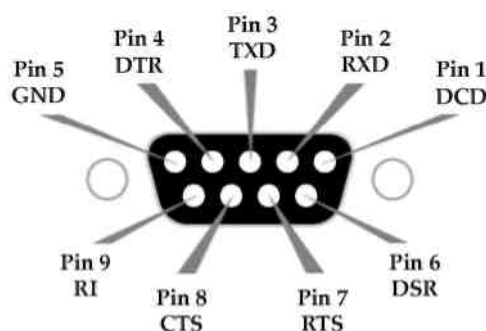
Antennas Approved for Use Whereas Cable-Loss is Required					
Part Number	Type (Description)	Gain	Application	Min. Separation	Required Cable-loss
A24-C1	Surface Mount	-1.5 dBi	Fixed/Mobile	20 cm	-
A24-Y4NF	Yagi (4-element)	6.0 dBi	Fixed	2 m	8.1 dB
A24-Y6NF	Yagi (6-element)	8.8 dBi	Fixed	2 m	10.9 dB
A24-Y7NF	Yagi (7-element)	9.0 dBi	Fixed	2 m	11.1 dB
A24-Y9NF	Yagi (9-element)	10.0 dBi	Fixed	2 m	12.1 dB
A24-Y10NF	Yagi (10-element)	11.0 dBi	Fixed	2 m	13.1 dB
A24-Y12NF	Yagi (12-element)	12.0 dBi	Fixed	2 m	14.1 dB
A24-Y13NF	Yagi (13-element)	12.0 dBi	Fixed	2 m	14.1 dB
A24-Y15NF	Yagi (15-element)	12.5 dBi	Fixed	2 m	14.6 dB
A24-Y16NF	Yagi (16-element)	13.5 dBi	Fixed	2 m	15.6 dB
A24-Y16RM	Yagi (16-element, RPSMA connector)	13.5 dBi	Fixed	2 m	15.6 dB
A24-Y18NF	Yagi (18-element)	15.0 dBi	Fixed	2 m	17.1 dB
A24-F2NF	Omni-directional (Fiberglass base station)	2.1 dBi	Fixed/Mobile	20 cm	4.2 dB

Antennas Approved for Use Whereas Cable-Loss is Required					
Part Number	Type (Description)	Gain	Application	Min. Separation	Required Cable-loss
A24-F3NF	Omni-directional (Fiberglass base station)	3.0 dBi	Fixed/Mobile	20 cm	5.1 dB
A24-F5NF	Omni-directional (Fiberglass base station)	5.0 dBi	Fixed/Mobile	20 cm	7.1 dB
A24-F8NF	Omni-directional (Fiberglass base station)	8.0 dBi	Fixed	2 m	10.1 dB
A24-F9NF	Omni-directional (Fiberglass base station)	9.5 dBi	Fixed	2 m	11.6 dB
A24-F10NF	Omni-directional (Fiberglass base station)	10.0 dBi	Fixed	2 m	12.1 dB
A24-F12NF	Omni-directional (Fiberglass base station)	12.0 dBi	Fixed	2 m	14.1 dB
A24-F15NF	Omni-directional (Fiberglass base station)	15.0 dBi	Fixed	2 m	17.1 dB
A24-W7NF	Omni-directional (Base station)	7.2 dBi	Fixed	2 m	9.3 dB
A24-M7NF	Omni-directional (Mag-mount base station)	7.2 dBi	Fixed	2 m	9.3 dB
A24-P8SF	Flat Panel	8.5 dBi	Fixed	2 m	8.6 dB
A24-P8NF	Flat Panel	8.5 dBi	Fixed	2 m	8.6 dB

Antennas Approved for Use Whereas Cable-Loss is Required					
Part Number	Type (Description)	Gain	Application	Min. Separation	Required Cable-loss
A24-P13NF	Flat Panel	13.0 dBi	Fixed	2 m	13.1 dB
A24-P14NF	Flat Panel	14.0 dBi	Fixed	2 m	14.1 dB
A24-P15NF	Flat Panel	15.0 dBi	Fixed	2 m	15.1 dB
A24-P16NF	Flat Panel	16.0 dBi	Fixed	2 m	16.1 dB
A24-P19NF	Flat Panel	19.0 dBi	Fixed	2m	19.1dB

A3. Πρωτόκολλο Επικοινωνίας RS-232 - Συνδεσμολογίες και Διαγράμματα

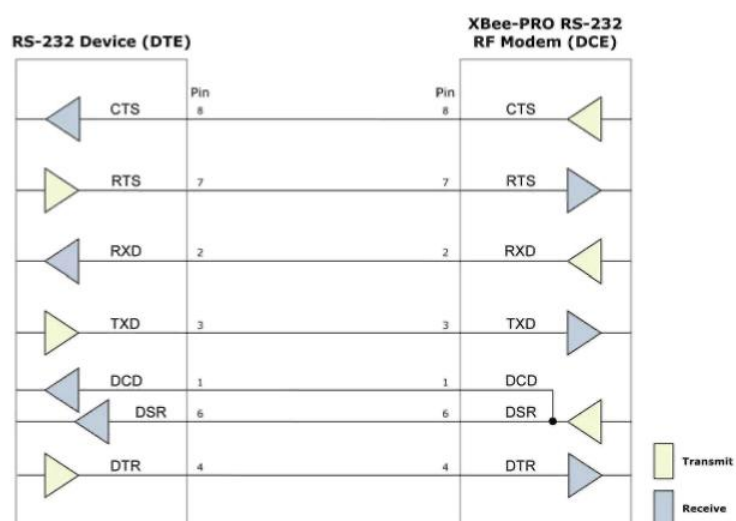
Η επικοινωνία του κλινομέτρου και του ασύρματου πομποδέκτη επιτυγχάνεται από ένα Socket RS-232 (DB-9) Serial Connector στον πομποδέκτη.



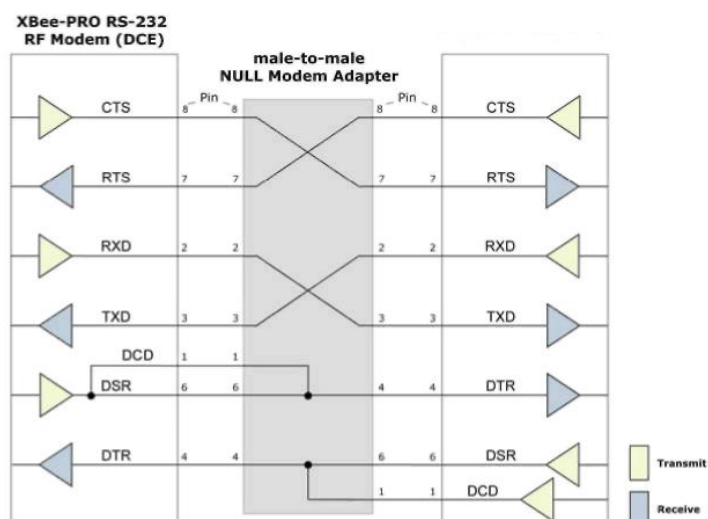
Pin Assignments and Implementations			
DB-9 Pin	RS-232 Name	Description	Implementation
1	DCD	Data-Carrier-Detect	Connected to DSR (pin6)
2	RXD	Received Data	Serial data exiting the RF Modem (to host)
3	TXD	Transmitted Data	Serial data entering into the RF Modem (from host)
4	DTR	Data-Terminal-Ready	Can enable Power-down on the RF modem
5	GND	Ground Signal	Ground
6	DSR	Data-Set-Ready	Connected to DCD
7	RTS / CMD	Request-to-Send / Command Mode	Provides RTS flow control or enables "Command Mode" on the RF modem

Pin Assignments and Implementations			
DB-9 Pin	RS-232 Name	Description	Implementation
8	CTS	Clear-to-Send	Provides CTS flow control
9	RI	Ring Indicator	Optional power input that is connected internally to the positive lead of the front power connector

DTE RS-232 Device to a DCE RF Modem



DCE RF Modem to an DCE RS-232 Device

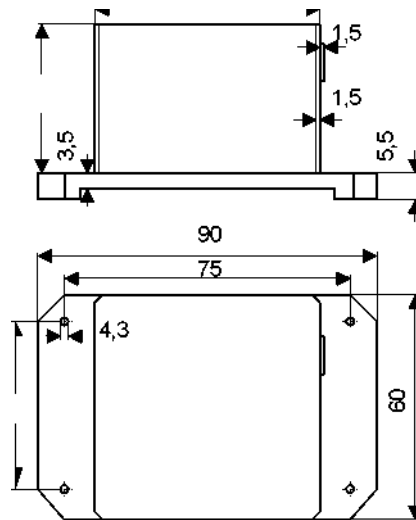


Παράρτημα Β Κλινόμετρα

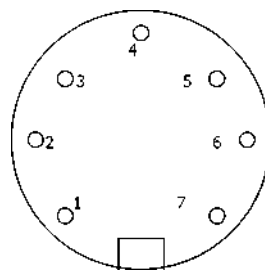
Β.1 Τεχνικές Προδιαγραφές

Specifications	NS-5/P2 Dual Axis Inclinometer
Measurement Range:	+/- 5°
Linearity:	< 0.035%
Precision:	
Digital:	+/- 0.01°
Resolution:	0.0005°
Measurement time:	t ₉₀ = 0.3s
Banking sensitivity:	< 0.3% to +/-10°
Temperature coefficient:	
Zero point:	< 5*10 ⁻⁴ /°C
Sensitivity:	< 1*10 ⁻³ /°C
Supply voltage:	+5 VDC ... +24 VDC
Current consumption:	Approx. 35 mA
Operating temp. Range:	-25°C ... +85°C
Storage temp. Range:	-40°C ... +85°C
Output signal:	
Digital:	RS-232
Transmission rate:	Adjustable (2400 ... 9600 Baud)
Format:	ASCII
Output :	In degrees
Protection class:	IP 65 NEMA 4

B.2 Διαστάσεις



B.3 Συνδεσμολογία



Series 712 sub-miniature circular Waterproof connector

Pin	Name	Description
1	+Ub	Supply Voltage
2	GND	Ground
3	Earth	Earth
4	n.c.	Not Connected
5	n.c.	Not Connected
6	RxD	Input Digital RS-232
7	TxD	Output Digital RS-232

B.4 Προδιαγραφές τύπου καλωδίου προς εγκατάσταση

Specifications		Cable Type
Type	LiYCY 7x0,14mm ² Li: Flexible Cable Y: PVC Insulation C: Shield of Braided Copper Wire Y: PVC Sheath	
Electrical Data		
Temperature Range Static	-30°C to +70°C	
Peak Working Voltage (not for power purposes)	250V	
Test Voltage	1200V	
Conductor Resistance	130Ω/km	
Capacitance Unbalanced at 1kHz	300pF/100m	
Mutual Capacitance	120nF/km	
Insulation Resistance	20MΩ/km	