



**Πανεπιστήμιο Μακεδονίας**  
**ΔΠΜΣ στα Πληροφοριακά Συστήματα**  
**Μάθημα: Δίκτυα Υπολογιστών**  
**Καθηγητής Οικονομίδης Αναστάσιος**  
**<http://conta.uom.gr>**

**Πραγματικές περιπτώσεις δικτύων αισθητήρων για τη δημόσια ασφάλεια,  
διαχείριση έκτακτης ανάγκης και διαχείριση καταστροφών.**

**Real cases of Sensor Networks for Public Safety, Emergency Response & Disaster  
Management.**

**Αναστασιάδου Κατερίνα (mis15046)**

**Γιαπουντζή Ελένη (mis15047)**

**Θεσσαλονίκη, 2017**

## Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	2
Παρουσίαση θέματος/προβλήματος .....	3
Πραγματικές περιπτώσεις Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων.....	4
Μείωση της συμφόρησης στους δρόμους του Σαν Χοσέ των ΗΠΑ από την Proxim .....	4
Παρακολούθηση διακίνησης ναρκωτικών στην πόλη Iguazu της Βραζιλίας από την Proxim.....	6
Ασύρματο δίκτυο τηλεοπτικής επιτήρησης στην πόλη Bordrum της Τουρκίας από την Proxim .....	7
Σύστημα Cradlepoint σε αστυνομικά οχήματα του FBI.....	8
Ασύρματο δίκτυο πυρκαγιάς στην περιοχή Pinole Point Regional Park στο Σαν Φρανσίσκο .....	10
Παρακολούθηση χιονόπτωσης στους αυτοκινητοδρόμους του Winchester του Ηνωμένου Βασιλείου από τη Libelium .....	11
Σύστημα ασύρματης παρακολούθησης για κατολισθήσεις που προκαλούνται από βροχοπτώσεις .....	12
Σύστημα προειδοποίησης GITEWS για τσουνάμι.....	14
Πρόβλεψη εκρήξεων του ηφαιστείου Masaya με ασύρματο αισθητήρα από τη Libelium.....	16
Δίκτυο FireNet.....	18
Σύγκριση των περιπτώσεων .....	20
Συμπεράσματα και Προτάσεις για μελλοντική έρευνα .....	21
Πίνακας Εικόνων.....	22
Βιβλιογραφία .....	23
Άρθρα .....	23
Ιστοσελίδες.....	23

## Εισαγωγή

Οι κύριοι στόχοι των οργανισμών δημόσιας ασφάλειας είναι να κρατήσουν τους πολίτες, τις κοινότητες και τους δημόσιους χώρους ασφαλείς, με γρήγορη απόκριση, βελτιωμένη λειτουργική αποδοτικότητα και μείωση του κόστους. (Gianmarco Baldini, 2013)

Η δημόσια ασφάλεια και οι προκλήσεις για ανταπόκριση σε έκτακτη ανάγκη αυξάνονται όσον αφορά την πολυπλοκότητα όπως επίσης αυξάνονται και οι προσδοκίες με την αυξανόμενη ζήτηση για κρίσιμες επικοινωνίες σε ένα αυξανόμενο φάσμα φωνής, δεδομένων και βίντεο. Σε μια κρίσιμη κατάσταση, κάθε δευτερόλεπτο μετράει. Ενδεχομένως καταστάσεις απειλητικές για τη ζωή αλλάζουν εν ριπή οφθαλμού και αποφάσεις πρέπει να λαμβάνονται μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. (Cisco.com, 2015)

Το IoT (Internet of Things) ανοίγει νέες δυνατότητες για την σύνδεση των γραφείων στις πιο δύσκολες περιοχές λειτουργίας και ενίσχυση της επίγνωσης της κατάστασης και τις ικανότητες ανταπόκρισης σε όλο το περιβάλλον αποστολής, βοηθώντας με την παροχή επίγνωσης της κατάστασης σε πραγματικό χρόνο, ανάλυση δεδομένων και ανταλλαγή πληροφοριών, αυξημένη εμπλοκή της κοινότητας και υποστήριξη για ανθρωπιστικές αποστολές. (Nascio, 2014)

Έτσι, με τη βοήθεια των διαφόρων μηχανημάτων και της ανθρώπινης επικοινωνίας, τη συνεργασία και την ανάλυση των δεδομένων, είναι δυνατό να προβλεφθούν κίνδυνοι που αφορούν τη δημόσια ασφάλεια, να προβλεφθούν φυσικές καταστροφές και να υπάρξει σωστός χειρισμός αυτών. (Konrad Lorincz, 2004)

Σε αυτή την εργασία, παρουσιάζονται και αναλύονται περιπτώσεις χρήσης ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων που σχετίζονται με τη δημόσια ασφάλεια, τη γρήγορη ανταπόκριση και τον χειρισμό καταστροφών. Αναφέρονται οι τρόποι χρήσης τους, καθώς και τα θετικά αποτελέσματα που μας δίνει η εφαρμογή τους σε αυτά.

Τέλος, καταγράφονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη χρήση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων καθώς και οι μελλοντικοί στόχοι.

## Παρουσίαση θέματος/προβλήματος

Τα WSN (wireless sensor networks) στη δημόσια ασφάλεια είναι ένα ζήτημα που εξετάζεται έντονα τα τελευταία χρόνια. Απαιτείται αναβάθμιση με τον εκσυγχρονισμό των λειτουργιών και παράλληλα να γίνουν τα δεδομένα πιο προσιτά στις υπηρεσίες επιβολής του νόμου, στους ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης και στις εθνικές υπηρεσίες ασφάλειας.

Γίνεται η προσπάθεια να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο τα βίντεο και άλλα πολυμέσα μπορούν να μοιραστούν σε ολόκληρη τη δημόσια ασφάλεια. Οι ανταποκριτές έκτακτης ανάγκης σε μια σκηνή ενός περιστατικού αναζητούν νέους τρόπους πρόσβασης στα δεδομένα προτού εισέλθουν σε μια περιοχή όπου έχει επέλθει καταστροφή. (Andreas Meissner, 2002)

Με την υπάρχουσα τεχνολογία έχουν σχεδιαστεί και εφαρμοστεί εφαρμογές που χρησιμοποιούν WSN, για τη δημόσια ασφάλεια διαχείρισης έκτακτης ανάγκης και διαχείρισης καταστροφών και παρουσιάζονται παρακάτω στο κύριο μέρος της εργασίας. Βέβαια, κάποιες από αυτές τις εφαρμογές WSN είναι ακόμα στο στάδιο μελέτης και σκέψης υλοποίησης τους.

Τέλος, θα αναφερθούν οι μελλοντικοί στόχοι και οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ειδικοί, όσον αφορά την εφαρμογή των WSN, στον τομέα της δημόσιας ασφάλειας, της διαχείρισης έκτακτης ανάγκης και της διαχείρισης καταστροφών.

## Πραγματικές περιπτώσεις Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων

Ακολουθούν μερικές χαρακτηριστικές περιπτώσεις πραγματικών Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων που αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις που παρουσιάσαμε προηγουμένως.

### Μείωση της συμφόρησης στους δρόμους του Σαν Χοσέ των ΗΠΑ από την Proxim

Το Σαν Χοσέ θεωρείται η πρωτεύουσα της Silicon Valley και το σπίτι μιας από τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις τεχνολογικών εταιριών. Έχοντας επίγνωση του πληθυσμού και της αύξησης της κυκλοφορίας, το Σαν Χοσέ αποφάσισε να αναβαθμίσει το σύστημα διαχείρισης για το συγχρονισμό των φώτων κυκλοφορίας, πρόγραμμα ύψους 20 εκατομμυρίων δολαρίων.

Για το νέο σύστημα κυκλοφορίας, η υπεύθυνη ομάδα απαίτησε ένα δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN) για να καλύψει τη μητρόπολη, επιτρέποντας 900 σήματα κυκλοφορίας και 230 κάμερες παρακολούθησης της κυκλοφορίας. Το WAN υποστηρίζει επίσης την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με την κυκλοφορία μεταξύ των περιφερειακών κέντρων διαχείρισης της κυκλοφορίας, των παρόχων υπηρεσιών δημόσιας ασφάλειας και των κέντρων έκτακτης ανάγκης. Επιπλέον όλες οι μεταφορές, όπως τα φώτα LED του δρόμου και τα σήματα ανάδρασης ταχύτητας οχήματος, θα βασίζονταν σε αυτό το WAN ώστε να υποστηρίζουν δυνατότητες διαχείρισης σε πραγματικό χρόνο.

Τα Tsunami είναι ηλιακά πολυάριθμα ασύρματα προϊόντα για την κάλυψη υπαίθριων απαιτήσεων. Αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα WORP και nLoS. Τα προϊόντα αυτά ήταν σε θέση να καλύψουν τις ανάγκες τις πόλης. Τα Tsunami μεταδίδουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο με QoS και υψηλό χρόνο λειτουργίας παρά το γεγονός ότι είναι εγκαταστημένα μεταξύ πυκνού φυλλώματος που εμποδίζει την ασύρματη οπτική ίνα. Το δίκτυο υποστηρίζει 130 ελεγκτές του σήματος κυκλοφορίας, 12 δώδεκα πύλες φώτων LED δρόμου και πολλά σήματα ανάδρασης οχημάτων. (proxim.com, 2017)



Εικόνα 1: Αισθητήρας για τη μείωση της συμφόρησης στους δρόμους



## Παρακολούθηση διακίνησης ναρκωτικών στην πόλη Iguaçu της Βραζιλίας από την Proxim

Η πόλη Foz do Iguaçu της Βραζιλίας βρίσκεται ανάμεσα στα σύνορα της Βραζιλίας, της Αργεντινής και της Παραγουάης και αποτελεί ένα δρόμο για παράνομη διακίνηση ναρκωτικών, όπλων και λαθρεμπορίου. Σκοπός της πρωτοβουλίας αυτής είναι να δημιουργηθεί ένα σύστημα παρακολούθησης με βίντεο σε όλη την πόλη καθώς και να υπάρχει παρακολούθηση όλης της απομακρυσμένης περιοχής όλο το εικοσιτετράωρο. Το δίκτυο περιλαμβάνει 120 κάμερες, που κυμαίνονται από θόλους ταχύτητας μέχρι θερμικές κάμερες και κάμερες OCR εγκαταστημένες σε περισσότερες από 100 τοποθεσίες και 16 πύργους σε έκταση 618 τετραγωνικών χιλιομέτρων.

Το έργο περιλαμβάνει τη σύνδεση αυτών των φωτογραφικών μηχανών υψηλού εύρους ζώνης σε ένα ενιαίο ενοποιημένο δίκτυο για την επιστροφή όλων των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο σε ένα κεντρικό κέντρο παρακολούθησης. Περιέχει μια σύνδεση backhaul που θα έπρεπε να είναι οικονομική παρά το πυκνό φύλλωμα και τους καταρράκτες.

Η λύση για να πραγματοποιηθεί το σύστημα αυτό δόθηκε από τις ServImagem και ProximWireless. Το σύστημα επιτήρησης που δόθηκε περιλαμβάνει μεγάλες μονάδες ισχύος του Tsunami σε point-to-multipoint και point-to-point γύρω από την πόλη. Το δίκτυο αποτελείται από κεντρικούς σταθμούς πύργων, οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με συνδέσμους Tsunami QuickBridge 8200 που συνδέονται με διάφορες κάμερες μέσω των συνδρομητών. Το QuickBridge 8200 συγκεντρώνει σε αυτούς τους πύργους και επιστρέφει τη ροή βίντεο από τις κάμερες HD στο κεντρικό κέντρο παρακολούθησης.

Το νέο αυτό δίκτυο λειτουργεί καλά παρόλα τα προβλήματα όπως τις ακραίες παρεμβολές και τις σοβαρές συνθήκες nLoS. Με την αυτόματη επιλογή καναλιών της Proxim και τη δυνατότητα προγραμματισμού καναλιών, το ServImagem μπόρεσε να επιθεωρήσει και να επιλέξει κανάλια χωρίς παρεμβολές, εξασφαλίζοντας υψηλό χρόνο λειτουργίας και μεγάλη χωρητικότητα. (proxim.com, 2017)



Εικόνα 2: Αισθητήρας παρακολούθησης για την διακίνηση ναρκωτικών στην πόλη Iguaçu

## Ασύρματο δίκτυο τηλεοπτικής επιτήρησης στην πόλη Bordrum της Τουρκίας από την Proxim

Η πόλη του Bordrum είναι η δεύτερη μεγαλύτερη τουριστική πόλη στην Τουρκία, με τουριστικό πληθυσμό άνω των 1,5 εκατομμυρίων ανθρώπων κατά τη διάρκεια των τουριστικών μηνών. Στο πλαίσιο μιας πρωτοβουλίας του Υπουργείου Εσωτερικών της Τουρκίας για την εγκατάσταση βιντεοεπιτήρησης σε ολόκληρη τη χώρα, η αστυνομική υπηρεσία της Αλικαρνασσού ανέθεσε την κατασκευή ασύρματου δικτύου τηλεοπτικής επιτήρησης σε όλη την πόλη.

Το Αστυνομικό Τμήμα του Bordrum στράφηκε στην STM, εταιρεία παροχής ολοκληρωμένων ασύρματων λύσεων, και στην Corvus, έναν διανομέα της Proxim, για τον γενικό σχεδιασμό και την υλοποίηση του δικτύου. Τα ασύρματα της Proxim έχουν βελτιστοποιηθεί ώστε να επιτρέπουν τις συνδέσεις up-link υψηλής απόδοσης, υποχρεωτικές για backhaul βίντεο, και μπορούν να υποστηρίξουν τη χωρητικότητα για 70 βιντεοκάμερες.

Συνολικά, η STM και η Corvus ανέπτυξαν 67 σταθμούς συνδρομητών πολλαπλών σημείων Tsunami της Proxim, που συνδέονται με 37 σταθμούς βάσης. Έχουν αναπτύξει πάνω από 70 κάμερες ψηφιακής επιτήρησης Pelco, καθένα από τα οποία απαιτούσε τουλάχιστον 3,5 Mbps ανά πάσα στιγμή για να παρέχει απόδοση 25 frames ανά δευτερόλεπτο και ποιότητα βίντεο 4CIF. Για να επιτρέπεται η συνεγκατάσταση σταθμών βάσης σε παρακείμενα κανάλια με άδεια χρήσης, το GPS χρησιμοποιήθηκε για τον συγχρονισμό των σταθμών βάσης για προαιρετική απόδοση.

Χρησιμοποιώντας τα προϊόντα Tsunami της Proxim, η πόλη Bordrum έσωσε περίπου 60.000 δολάρια το μήνα σε κόστος μισθωμένων γραμμών, αποφεύγοντας παράλληλα το υψηλό κόστος (και ζημιές στην ιστορική πόλη) που θα προέκυπταν από την εκσκαφή για ίνες. Τα ασύρματα της Proxim επέτρεψαν επίσης την ανάπτυξη του δικτύου σε διάστημα μηνών, σε αντίθεση με τα χρόνια που θα χρειαζόταν για την ανάπτυξη της απαραίτητης ενσύρματης τηλεπικοινωνιακής υποδομής. (proxim.com, 2017)



Εικόνα 3: Αισθητήρας τηλεοπτικής επιτήρησης στην πόλη Bordrum της Τουρκίας

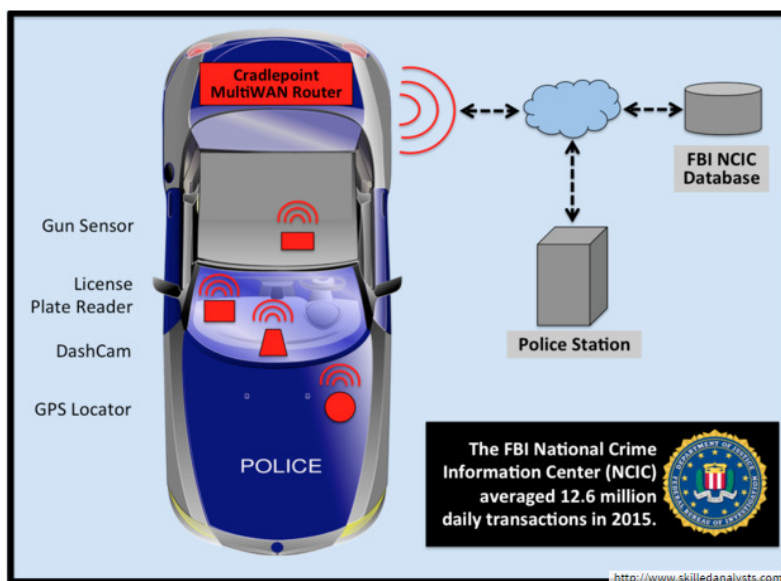


## Σύστημα Cradlepoint σε αστυνομικά οχήματα του FBI

Ας υποθέσουμε ότι έχει αναφερθεί πιθανό έγκλημα και αποστέλλεται ένα αστυνομικό αυτοκίνητο για να αποκριθεί. Κατά την οδήγηση στη σκηνή του εγκλήματος, οι πινακίδες κυκλοφορίας αυτοκινήτων πρέπει να σαρωθούν για να διαπιστωθεί εάν ένα όχημα έχει κλαπεί ή εάν ο οδηγός καταζητείται. Η ακριβής θέση και η κίνηση του αστυνομικού αυτοκινήτου πρέπει να παρακολουθούνται σε περίπτωση που απαιτούνται ενισχύσεις. Συναντήσεις με πιθανούς ύποπτους πρέπει να καταγράφονται για στοιχεία που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αργότερα.

Στο αστυνομικό αυτοκίνητο υπάρχει ένα LAN στο οποίο συνδέονται μεμονωμένες συσκευές. Το LAN συνδέεται και με τις δυο online πηγές του εγκλήματος και του αστυνομικού τμήματος μέσω μιας ανθεκτικής πύλης 3G/4G/LTE εγκατεστημένης στον κορμό του αυτοκινήτου. Επίσης, υπάρχει ένας δρομολογητής πολλαπλών WAN ο οποίος υποστηρίζει πολλαπλούς μεταφορείς που παρέχουν ανακατεύθυνση και παρέχουν πρόσθετο εύρος ζώνης όταν μία κυψελοειδής σύνδεση έχει χαθεί ή έχει υπερφορτωθεί. Αυτός ο δρομολογητής υποστηρίζει επίσης τη ζώνη 14, η οποία είναι μια ειδική συχνότητα που έχει εκχωρηθεί από την FCC για χρήση από τους πρώτους ανταποκριτές.

Η σάρωση της πινακίδας κυκλοφορίας ενός κινούμενου αυτοκινήτου και ο έλεγχος για να διαπιστωθεί εάν ο οδηγός πρέπει να αμφισβητηθεί δεν είναι εύκολος. Τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισης πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR), όπως το AutoVu, τα οποία αυτοματοποιούν την ανάγνωση και τον προσδιορισμό της πινακίδας κυκλοφορίας, διευκολύνουν την επιβολή του νόμου για τον εντοπισμό ενδιαφερομένων οχημάτων. Μια ροή βίντεο με τις πινακίδες αυτοκινήτων μεταφορώνεται μέσω του Cradlepoint LAN στο αυτοκίνητο της αστυνομίας στο AutoVu. Οι πινακίδες ελέγχου ελέγχονται ηλεκτρονικά από τη βάση δεδομένων του Εθνικού Κέντρου Πληροφόρησης για το Έγκλημα (NCIC) και ο αστυνομικός ειδοποιείται για την ύπαρξη θετικής αντιστοίχισης. (networkworld.com, 2017)



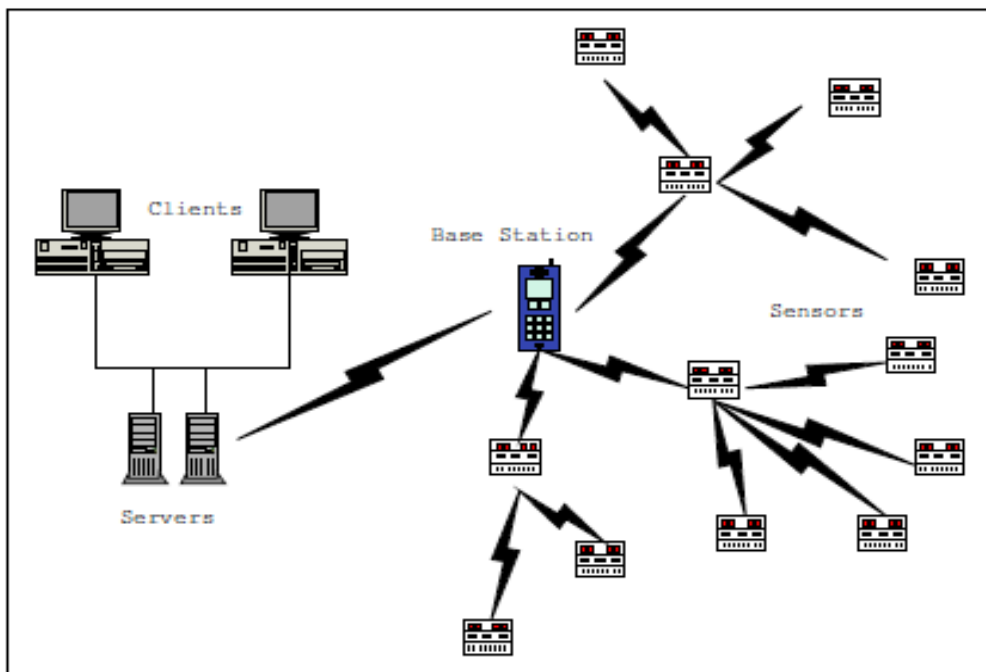
Εικόνα 4: Σύστημα παρακολούθησης Cradlepoint του FBI



## Ασύρματο δίκτυο πυρκαγιάς στην περιοχή Pinole Point Regional Park στο Σαν Φρανσίσκο

Το ακόλουθο έργο είναι μια ευρύτερη διεπιστημονική προσπάθεια που πραγματοποιήθηκε από το Αμερικάνικο Ίδρυμα Πληροφορικής στα πλαίσια του ερευνητικού τους προγράμματος για την ανάπτυξη ενός συνόλου διαχείρισης βάσεων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο καθώς και με εργαλεία συλλογής δεδομένων για τη γρήγορη και αποτελεσματική αξιολόγηση των επιπτώσεων που προέρχονται από καταστροφικά γεγονότα όπως σεισμούς, πλημμύρες και τυφώνες.

Η αρχιτεκτονική του WILDFIRE MONITORING SYSTEM έχει σχεδιαστεί ώστε να απαιτείται ελάχιστη εκπαίδευση για τη λειτουργία του συστήματος μετά την εγκατάσταση. Αρχικά, τα δεδομένα από τους αισθητήρες motes αποθηκεύονται σε μια βάση MySQL η οποία ερωτάται από ένα πρόγραμμα περιήγησης το οποίο αλληλεπιδρά με ένα server. Η αρχιτεκτονική επιτρέπει το σύστημα να λειτουργεί χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε πρόγραμμα περιήγησης στο διαδίκτυο. Υπάρχει μια off-the-shelf αρχιτεκτονική η οποία χρησιμοποιείται σε όλο το σύστημα και η οποία περιλαμβάνει τους αισθητήρες motes, ένα πρόγραμμα περιήγησης και μια βάση δεδομένων. Κάθε στοιχείο επικοινωνεί με το σύστημα και αλληλεπιδρά με τα υπόλοιπα μέσω μιας διεπαφής, η οποία διευκολύνει την εφαρμογή. (David M. Doolina και Nicholas Sitar, 2005)



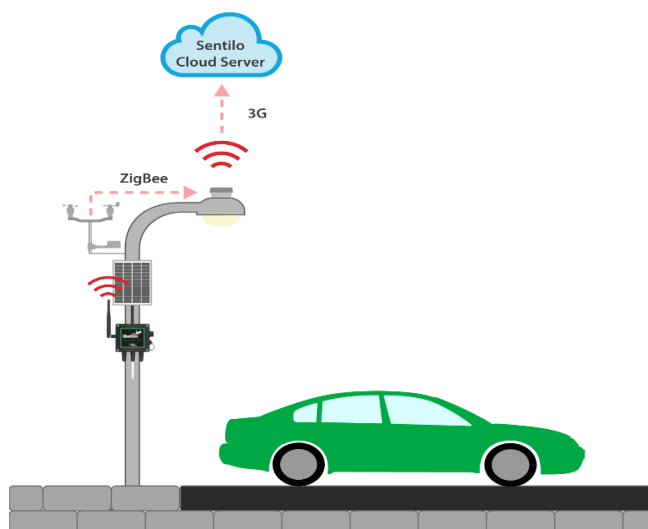
Εικόνα 5: Αρχιτεκτονική του Wild Fire Monitoring System

## Παρακολούθηση χιονόπτωσης στους αυτοκινητοδρόμους του Winchester του Ηνωμένου Βασιλείου από τη Libelium

Το έργο έχει αναπτυχθεί σε διάφορες τοποθεσίες σε μια διαδρομή στην περιοχή Winchester του Ηνωμένου Βασιλείου. Πρόκειται για μια πλατφόρμα αισθητήρων για την ανάπτυξη ενός πρωτοποριακού έργου που επιτρέπει στις ομάδες συντήρησης των αυτοκινητοδρόμων να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες αποφάσεις σε σχέση με τις τοπικές καιρικές συνθήκες.

Αυτά τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων παρακολουθούν τις θερμοκρασίες της επιφάνειας του οδοστρώματος και τις καιρικές συνθήκες ειδικά στις διαδρομές διάστρωσης, επιτρέποντας στις ομάδες των ατόμων που εργάζονται τον χειμώνα να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις. Οι συσκευές είναι προσαρτημένες σε στήλες φωτισμού οδών που χρησιμοποιούν το δίκτυο ελέγχου φωτισμού δρόμου Mayflower Smart Control για να επικοινωνούν με πλατφόρμες ανάλυσης.

Στο έργο, οι συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι οι Wasmote Plug&Sense! Smart Agriculture PRO και ο μετεωρολογικός σταθμός WS-300 με διαφορετικούς αισθητήρες: ατμοσφαιρικής πίεσης, υγρασίας, θερμοκρασίας, ανεμόμετρο, βηματομετρητή και ανεμοδείκτη. Αυτές οι εγκαταστάσεις σε πέντε σημεία των δρόμων επιτρέπουν την παρακολούθηση των καιρικών συνθηκών, όπως τις ριπές του ανέμου, της ταχύτητας των βροχοπτώσεων για την αποτροπή και την ανίχνευση της ανάγκης λείανσης των δρόμων.

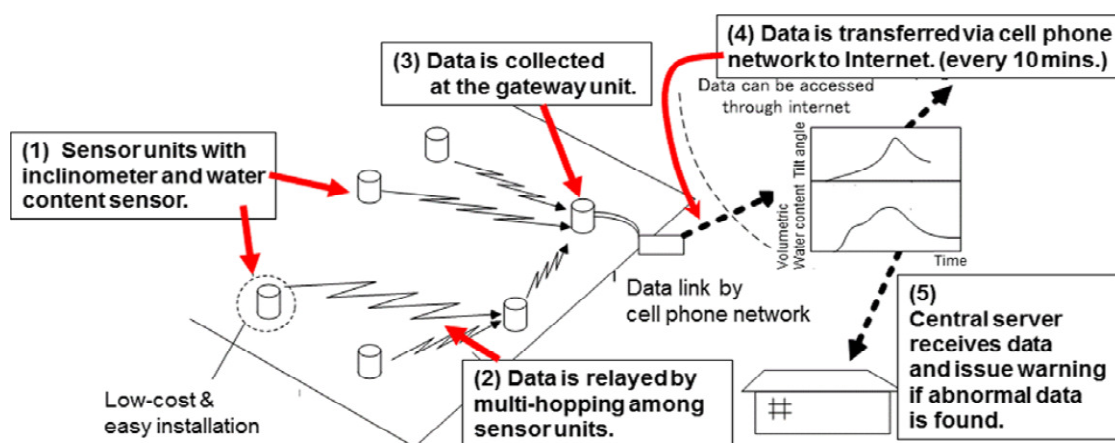


Εικόνα 6: Διάγραμμα ανάπτυξης του συστήματος παρακολούθησης χιονόπτωσης

Το σύστημα ελέγχου της Mayflower βασίζεται στο πρωτόκολλο επικοινωνίας ZigBee και οι πλατφόρμες αισθητήρων Libelium που χρησιμοποιούνται σε αυτό το έργο προσφέρονται με τις συσκευές συμβατές με ZigBee. Οι πλατφόρμες αισθητήρων στέλνουν τις πληροφορίες από τους αισθητήρες μέσω του ZigBee στη Mayflower Gateway. Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται στην πύλη αποστέλλονται στο Cloud χρησιμοποιώντας 2G και 3G για να απεικονιστούν στην πλατφόρμα Sentilo, με βάση τις υπηρεσίες Amazon Web Services. Αυτές οι πληροφορίες είναι χρήσιμες για τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο αλλά και για μελλοντικές προβλέψεις για τις καιρικές και οδικές συνθήκες. (libelium.com, 2017)

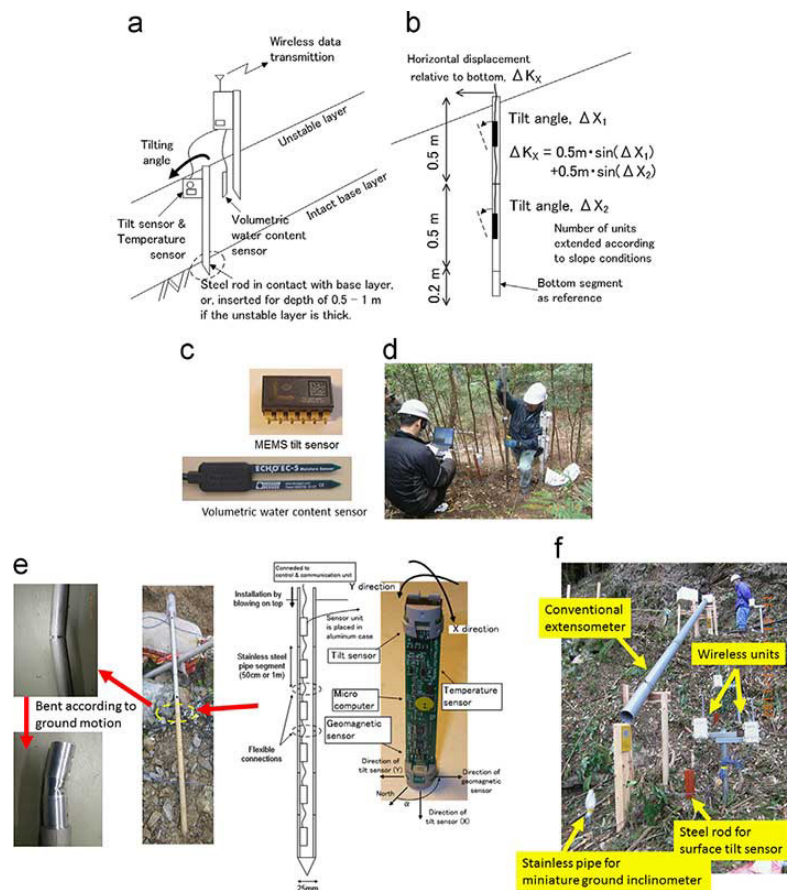
## Σύστημα ασύρματης παρακολούθησης για κατολισθήσεις που προκαλούνται από βροχοπτώσεις

Το συγκεκριμένο σύστημα ασύρματης παρακολούθησης αποτελείται από μια ομάδα απλών αισθητήρων τοποθετημένων σε πλαγιάς βουνών. Οι μονάδες αισθητήρων μετρούν περιοδικά την κατάσταση της πλαγιάς σε ένα διάστημα πχ. δέκα λεπτών. Τα δεδομένα μεταφέρονται σε μια μονάδα, η οποία είναι επίσης τοποθετημένη κοντά στην πλαγιά, με ραδιοεπικοινωνία. Η μονάδα συλλέγει τα δεδομένα από όλες τις μονάδες αισθητήρων και τα στέλνει σε έναν dataserver στο Διαδίκτυο μέσω ενός τηλεφωνικού δικτύου. Έτσι τα δεδομένα μπορούν να εξεταστούν οπουδήποτε και ανά πάσα στιγμή στην ιστοσελίδα. Τα δεδομένα υφίστανται επεξεργασία από τον διακομιστή και αν ανιχνευθεί μία μη φυσιολογική συμπεριφορά της πλαγιάς, τότε εκδίδεται μια προειδοποίηση για προφύλαξη της πτώσης.



Εικόνα 7: Δομή του ασύρματου συστήματος παρακολούθησης για κατολισθήσεις

Αναπτύχθηκαν δύο είδη μονάδων αισθητήρων, ένας αισθητήρας κλίσης επιφάνειας και ένα κλισιόμετρο πολλαπλών τεμαχίων. Είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρα κλίσης MEMS καθώς και με ένα ογκομετρικό αισθητήρα περιεκτικότητας νερού. Επιπλέον, χρησιμοποιείται ένα ακόμα αισθητήρας θερμοκρασίας για την αντιστάθμευση της θερμοκρασίας για τον αισθητήρα κλίσης επιφάνειας. Κάθε μονάδα αισθητήρα τροφοδοτείται με αλκαλικές μπαταρίες και λειτουργεί καλά στον τομέα για πάνω από ένα χρόνο. Με την τοποθέτηση μιας προαιρετικής ηλιακής μπαταρίας, ο αισθητήρας μπορεί να λειτουργήσει ημι-μόνιμα χωρίς να υπάρχει ανησυχία για τις μπαταρίες.



Εικόνα 8: Αισθητήρες του συστήματος παρακολούθησης για κατολισθήσεις

Ο αισθητήρας κλίσης επιφάνειας μετράει τη γωνία κλίσης μιας ράβδου χάλυβα, που έχει τοποθετηθεί σε βάθος ενός μέτρου, ή και παραπάνω, στο ασταθή στρώμα του εδάφους της επιφάνειας της πλαγιάς. Ο ογκομετρικός αισθητήρας περιεκτικότητας νερού τοποθετείται σε μια ρηχή θέση στη πλαγιά. Αυτός ο αισθητήρας μετράει τη διηλεκτρική σταθερά του εδάφους, η οποία είναι μια παράμετρος του εδάφους ευαίσθητη στο περιεχόμενο του νερού.

Ακόμα, αναπτύχθηκε μια καινούρια συσκευή αισθητήρα, ένα κλισιόμετρο πολλαπλών τεμαχίων, που είναι κατάλληλο να εντοπίζει τις συμπεριφορές των βαθιών επιπέδων της πλαγιάς. Αυτός είναι ένας μεγάλος σωλήνας από ανοξείδωτο χάλυβα που αποτελείται από μικρά τμήματα σωλήνα. Αυτό μπορεί να εισαχθεί απ' ευθείας μέσα στο έδαφος μαζί με τις μονάδες αισθητήρα μέσα σε αυτό, χρησιμοποιώντας ένα μικρό σφυρί.

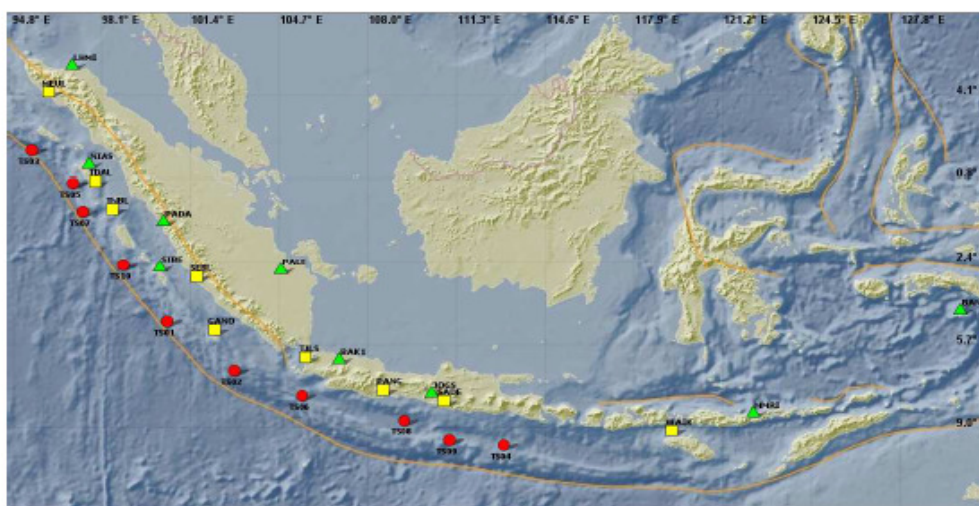
Κάθε τμήμα είναι εξοπλισμένο με μία μονάδα αισθητήρα μέσα σε αυτό, η οποία περιλαμβάνει έναν αισθητήρα κλίσης MEMS, έναν γεωμαγνητικό αισθητήρα, και ένα κύκλωμα ελέγχου. Ο γεωμαγνητικός αισθητήρας χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της κατεύθυνσης του αισθητήρα κλίσης, διότι το τμήμα μπορεί να περιστραφεί οριζόντια στην τρύπα κατά τη διαδικασία εγκατάστασης. Τα τμήματα επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ευλύγιστων αλουμινένιων κομματιών που δουλεύουν ως εύκαμπτοι σύνδεσμοι. Η συσκευή κουνιέται μαζί με τη μετατόπιση του εδάφους και οι αισθητήρες μετατόπισης το ανιχνεύουν στο αντίστοιχο βάθος. (Taro Uchimura, 2015)



## Σύστημα προειδοποίησης GITEWS για τσουνάμι

Το σύστημα σχεδιάστηκε για να λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. Στόχος είναι τα αποτελέσματα να είναι αξιόπιστα μετά από 5 λεπτά. Τα αποκτηθέντα δεδομένα από τις κεραιές GPS υποστηρίζουν τη διαδικασία προειδοποίησης με διάφορους τρόπους. Οι μετρήσεις από τα GPS εργαλεία για τους σημαντήρες επιτρέπουν το νωρίτερο πιθανή ανίχνευση ή επιβεβαίωση για κύματα τσουνάμι στους ωκεανούς. Το 2005, η γερμανική κυβέρνηση ξεκίνησε το GITEWS ως αντίδραση για το τσουνάμι στον Ινδικό Ωκεανό στις 26 Δεκεμβρίου του 2004. Ορισμένα στοιχεία του συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης βασίζονται στη τεχνολογία GNSS (Global Navigation Satellite System) χρησιμοποιώντας σήματα από το σύστημα GPS.

Στην συγκεκριμένη εικόνα αναπαρίστανται οι GITEWS GPS τοποθεσίες στην Ινδονησία. Συγκεκριμένα, οι αριθμοί στα τετράγωνα την κατάσταση εγκατάστασης τον Δεκέμβριο του 2009. Τα πράσινα τρίγωνα είναι 9 σταθμοί GPS σε πραγματικό χρόνο. Τα πράσινα τρίγωνα είναι οι σταθμοί αναφοράς, 9 GPS κίτρινα τετράγωνα είναι οι παλιρροιακές ρυθμίσεις και οι 10 GPS σημαδούρες είναι οι κόκκινοι κύκλοι.

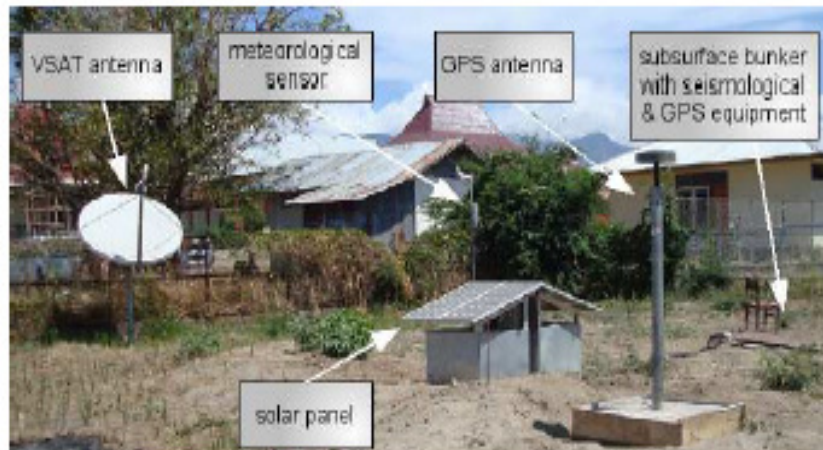


Εικόνα 9: Σύστημα προειδοποίησης GITEWS για τσουνάμι

Υπάρχουν τέσσερις ομάδες συστημάτων αισθητήρων GPS που χρησιμοποιούνται στο GITEWS. Τρεις από τις ομάδες έχουν αναπτυχθεί εντός GITEWS για τις ειδικές αποστολές. Η τέταρτη ομάδα αισθητήρων περιέχει εξωτερικούς σταθμούς GPS ως μέρος του παγκόσμιου IGS (International GNSS Service) δικτύου. Η πρώτη ομάδα σταθμών είναι πραγματικού χρόνου αισθητήρες GPS που διανέμονται πάνω από τα κύρια νησιά της Ινδονησίας, κυρίως στη χερσαία περιοχή και σε συνδυασμό με σεισμολογικές εγκαταστάσεις.

Η δεύτερη ομάδα των αισθητήρων GPS συναρμολογούνται στους σταθμούς μετρητών παλίρροιας κατά μήκος των ακτογραμμών. Η τρίτη ομάδα αισθητήρων GPS είναι εγκατεστημένη σε σημαντήρες, τα οποία είναι εγκατεστημένα σε θέσεις ανοικτής θάλασσας. Οι σταθμοί αισθητήρων χρησιμοποιούν διπλή συχνότητα γεωδαιτικού τύπου δέκτες GPS με κεραιές δακτυλίου τσοκ, αισθητήρες μετεωρολογίας (Vaisala) και υπολογιστές χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας με βάση το πρότυπο PC 104. Όλοι οι σταθμοί αισθητήρων χρησιμοποιούν τερματικό VSAT ή το BGAN

(Broadband Global Area Network) ως το κύριο σύστημα δορυφορικής επικοινωνίας. Οι σταθμοί γεωμέτρησης και παλίνρροιας λειτουργούν με συλλογή δεδομένων ανά 10 λεπτά και μεταφορά δεδομένων σε μερικές ώρες. Μόνιμη ροή δεδομένων με 1 Hz και συλλογή δεδομένων σε αντίγραφα αρχείων, τα οποία χρησιμοποιούνται για να γεμίσουν τα κενά μετά από προσωρινή διακοπή επικοινωνίας. Τέλος οι τύποι δεδομένων μεταφέρονται ως ακατέργαστη δυαδική μορφή. (nat-hazards-earth-syst-sci.net, 2010)



Εικόνα 10: Σταθμός GPS RTR στην πόλη Maumere

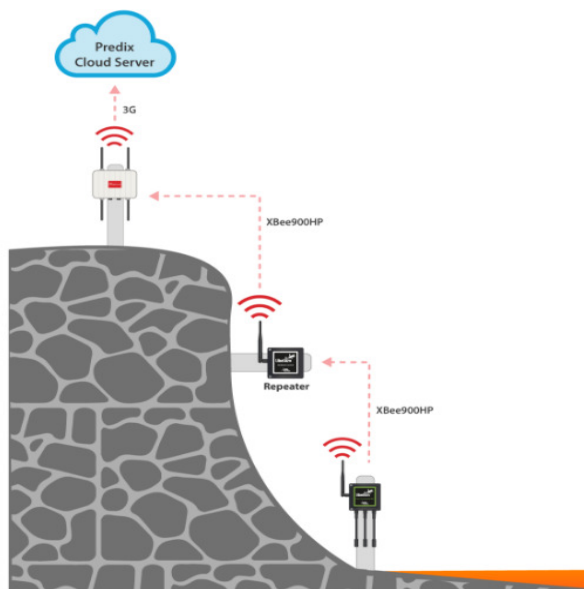


## Πρόβλεψη εκρήξεων του ηφαιστείου Masaya με ασύρματο αισθητήρα από τη Libelium

Για την υλοποίηση του παρακάτω έργου εργάστηκαν η ομάδα Qwake, με τον εξερευνητή και σκηνοθέτη Sam Cossman, η κυβέρνηση της Νικαράγουας, η εταιρεία Libelium και η General Electric (GE). Η αποστολή πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 2016. Η ομάδα ήθελε ένα ασύρματο σύστημα παρακολούθησης ικανό να συλλέγει, να μεταδίδει και να αποθηκεύει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Για το λόγο αυτό, επέλεξαν τη Libelium για να λάβουν πληροφορίες απευθείας από τον κρατήρα.

Η ομάδα ανέπτυξε ένα σύστημα zip-line για να κατεβαίνει αποτελεσματικά στον κρατήρα το προσωπικό και τα εργαλεία. Επιχείρησε την εγκατάσταση των πλατφορμών αισθητήρων Wasmote δίπλα στον κρατήρα για να πάρει δεδομένα σε ένα από τα πιο ακραία και δύσκολα περιβάλλοντα.

Οι πλατφόρμες αισθητήρων που αναπτύχθηκαν στο ηφαίστειο Masaya ήταν Wasmote Plug&Sense και Wasmote Plug&Sense Ambient Control ως αναμεταδότες δεδομένων. Αισθητήρες συνδεδεμένοι στο Wasmote Plug&Sense. Το έξυπνο αυτό περιβάλλον ήταν πάνω από 80 και μέτρησε το CO<sub>2</sub>, το H<sub>2</sub>S, τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ατμοσφαιρική πίεση.



Εικόνα 11: Διάγραμμα ανάπτυξης του ασύρματου δικτύου στο ηφαίστειο Masaya

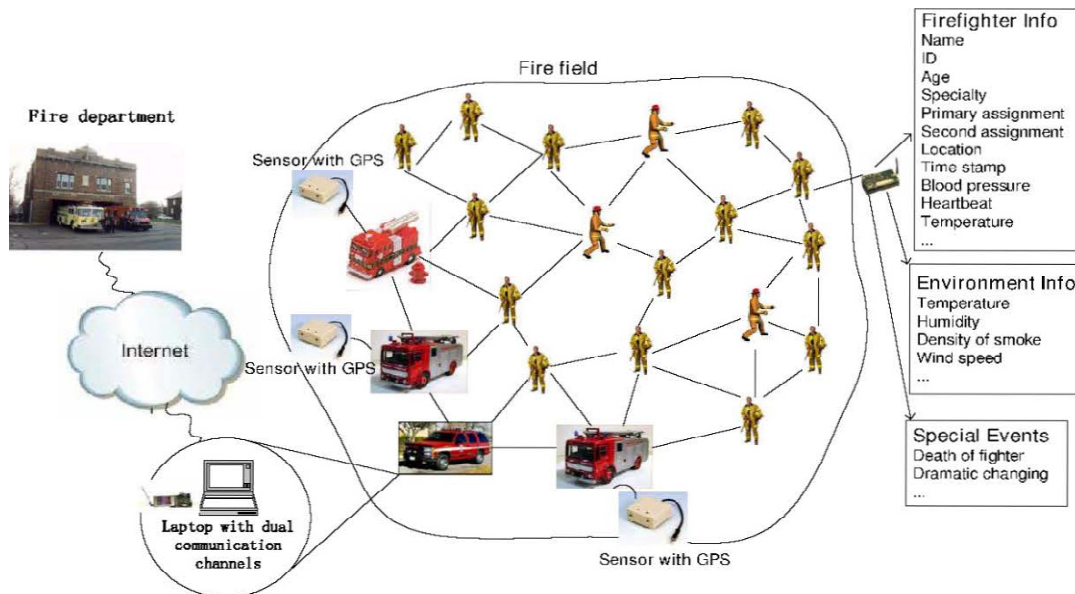
Οι πλατφόρμες αισθητήρων στεγανοποιήθηκαν ώστε να προστατεύονται από τη θερμότητα μέσα στον κρατήρα και επίσης σε περιοχές δίπλα στο ηφαίστειο. Το Wasmote Plug&Sense! Smart Environment PRO έστειλε πληροφορίες απευθείας στο Meshlium Gateway και σε μερικές περιπτώσεις στο Wasmote Plug&Sense! Ambient Control όταν υπήρχε χαμηλό σήμα, λειτουργώντας ως σταθμοί επαναλήπτη.

Αυτά τα δεδομένα αποστέλλονται μέσω του XBee900HP. Η πύλη IoT συγκέντρωσε δεδομένα και έστειλε τις πληροφορίες μέσω 3G στη βάση δεδομένων της GE μετά την προβολή της στο Predix, μιας cloud-based πλατφόρμας λογισμικού που αναπτύχθηκε για το βιομηχανικό διαδίκτυο. (libelium.com, 2017)



*Εικόνα 12: Αισθητήρες Waspmote Plug &Sense στο Σαντιάγκο και στο Meshlium στο ηφαίστειο Masaya*

## Δίκτυο FireNet



Εικόνα 13 Αρχιτεκτονική FireNet

Σε σύγκριση με τα παραδοσιακά ενσύρματα συστήματα αισθητήρων, η καινοτομία του WSN έγκειται στο ότι οι αισθητήρες αναπτύσσονται στο πεδίο του αισθητήρα σε ένα συνδεδεμένο δίκτυο ad-hoc μέσω μιας ασύρματης σύνδεσης επικοινωνίας. Το συγκεκριμένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για την εφαρμογή πυρόσβεσης ονομάστηκε FireNet. Στο FireNet τα οχήματα και οι πυροσβέστες είναι εφοδιασμένοι με αισθητήρες που σχηματίζουν ένα αυτο-οργανωμένο ετερογενές ασύρματο δίκτυο αισθητήρων. Στο όχημα του κυβερνήτη ένας ισχυρός φορητός υπολογιστής συνδέεται με έναν ισχυρό αισθητήρα που ενεργεί ως πύλη του WSN. Στο όχημα που υπάρχει η σκάλα διάσωσης και στα δύο οχήματα τοποθετούνται αισθητήρες που διαθέτουν GPS. Αυτά τα οχήματα μπορούν να λειτουργήσουν ως ορόσημο για ολόκληρο το WSN, επειδή θα έχουν σχετικά σταθερή θέση δηλαδή, άλλοι αισθητήρες μπορούν να υπολογίσουν τη θέση τους με βάση αυτών των οχημάτων. Κάθε πυροσβεστικό φέρει στο πεδίο αισθητήρα έναν αισθητήρα, συνδεδεμένο με τη διαθέσιμη πλακέτα αισθητήρων η οποία μπορεί να αισθανθεί τις ενδιαφέρουσες παραμέτρους, ενεργώντας ως ενεργό σήμα

Το ενεργό σήμα καταγράφει όλες τις πληροφορίες που αναμένονται από τον κυβερνήτη και την πυροσβεστική υπηρεσία, όπως πληροφορίες με το πεδίο της φωτιάς και αναδυόμενα γεγονότα. Κάθε αισθητήρας έχει 2 πτυχές, την ανίχνευση των δεδομένων και την προώθηση των πακέτων. Το σημείο συγκέντρωσης των δεδομένων του FireNet, που βρίσκεται στο όχημα του κυβερνήτη του συμβάντος συνδέεται μέσω του Διαδικτύου, με τον επικεφαλής της έδρας του τμήματος και έτσι το WSN και το πυροσβεστικό τμήμα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να διατηρείται η επαφή.

Μετά τη φωτιά η ομάδα αρχίζει τη δουλειά της, οι αισθητήρες που συνδέονται με τα οχήματα και τους πυροσβέστες, αυτο-οργανώνονται σε ένα WSN μέσω ασύρματης επικοινωνίας. Στη συνέχεια, οι αισθητήρες αρχίζουν να λειτουργούν σύμφωνα με το προεγκατεστημένο πρόγραμμα. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες που συνδέονται με τους πυροσβέστες θα συλλέξουν τις πληροφορίες

των πυροσβεστών, δοκιμάζοντας τις παραμέτρους του περιβάλλοντος και δημιουργώντας τα ζωτικά γεγονότα που συνέβησαν στο πεδίο της πυρκαγιάς.

Αυτά τα δεδομένα θα δηλώνονται στο σημείο συγκέντρωσης των δεδομένων από το πρωτόκολλο δρομολόγησης και θα μεταφέρονται στην πυροσβεστική υπηρεσία μέσω του Διαδικτύου. Στη συνέχεια, ο κυβερνήτης του συμβάντος και οι υπάλληλοι στο πυροσβεστικό τμήμα έχουν την ευθύνη και τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο από το πεδίο της πυρκαγιάς, που αφαιρείται και παρουσιάζεται από το ισχυρό προ-εγκατεστημένο λογισμικό στο σημείο συγκέντρωσης ή στο πυροσβεστικό τμήμα. Με αυτόν τον τρόπο, το σύνολο του πεδίου της πυρκαγιάς παρακολουθείται και η κατάσταση κάθε πυροσβέστη είναι σαφή στον κυβερνήτη και στην πυροσβεστική υπηρεσία. Με βάση αυτό, ο κυβερνήτης και η πυροσβεστική υπηρεσία μπορούν να καταρτίσουν ένα βελτιστοποιημένο σχέδιο για την καταπολέμηση της πυρκαγιάς, σύμφωνα με την πρόταση του έξυπνου λογισμικού.

Εκτός από την ικανότητα επικοινωνίας, κάθε αισθητήρας έχει τη δικιά του CPU και τοπική μνήμη ώστε να μπορεί να κάνει κάποιους υπολογισμούς, όπως η συγκέντρωση δεδομένων και η αποθήκευση των δεδομένων για μια χρονική περίοδο. (Kewei Sha, 2006)

## Σύγκριση των περιπτώσεων

Περίπτωση	Τεχνολογίες
Μείωση της συμφόρησης στους δρόμους του Σαν Χοσέ των ΗΠΑ από την Proxim	<u>Αισθητήρες</u> : TSUNAMI Point-to-Multipoint <u>Δίκτυο</u> : WORP <u>Δεδομένα</u> : Σήματα φωτεινών σηματοδοτών, ταχύτητα οχημάτων, λειτουργία προβολών LED
Παρακολούθηση διακίνησης ναρκωτικών στην πόλη Iguazu της Βραζιλίας από την Proxim	<u>Αισθητήρες</u> : TSUNAMI Point-to-Point και Point-to-Multipoint <u>Δίκτυο</u> : WORP <u>Δεδομένα</u> : Βίντεο HD, ταχύτητα οχημάτων, θερμικές κάμερες
Ασύρματο δίκτυο τηλεοπτικής επιτήρησης στην πόλη Bordrum της Τουρκίας από την Proxim	<u>Αισθητήρες</u> : TSUNAMI Point-to-Multipoint <u>Δίκτυο</u> : WORP <u>Δεδομένα</u> : Βίντεο 4CIF, GPS
Σύστημα Cradlepoint σε αστυνομικά οχήματα του FBI	<u>Δίκτυα</u> : 4G, Ethernet <u>Δεδομένα</u> : GPS, Βίντεο, Αριθμοί Πινακίδων, αισθητήρες πυροκρότητας
Ασύρματο δίκτυο πυρκαγιάς στην περιοχή Pinole Point Regional Park στο Σαν Φρανσίσκο	<u>Αισθητήρες</u> : Mica2 <u>Δίκτυα</u> : WiFi, Internet <u>Δεδομένα</u> : GPS, θερμοκρασία, βαρομετρική πίεση, υγρασία
Παρακολούθηση χιονόπτωσης στους αυτοκινητοδρόμους του Winchester του Ηνωμένου Βασιλείου από τη Libelium	<u>Αισθητήρες</u> : Waspmote <u>Δίκτυα</u> : 4G, ZigBee <u>Δεδομένα</u> : ατμοσφαιρική πίεση, υγρασία, θερμοκρασία, ανεμόμετρο, βηματομετρητής, ανεμοδείκτης
Σύστημα ασύρματης παρακολούθησης για κατολισθήσεις που προκαλούνται από βροχοπτώσεις	<u>Αισθητήρες</u> : MEMS <u>Δίκτυα</u> : Bluetooth, WiFi <u>Δεδομένα</u> : κλίση πλαγιάς, θερμοκρασία, περιεκτικότητα νερού
Σύστημα προειδοποίησης GITEWS για τσουνάμι	<u>Δίκτυα</u> : VSAT, BGAN (Δορυφορικά) <u>Δεδομένα</u> : GPS, θερμοκρασία, βαρομετρική πίεση, υγρασία
Πρόβλεψη εκρήξεων του ηφαιστείου Masaya με ασύρματο αισθητήρα από τη Libelium	<u>Αισθητήρες</u> : Waspmote <u>Δίκτυα</u> : 3G, ZigBee <u>Δεδομένα</u> : CO2, H2S, θερμοκρασία, υγρασία, ατμοσφαιρική πίεση
Δίκτυο FireNet	<u>Αισθητήρες</u> : Mica2 <u>Δίκτυα</u> : WiFi, Internet <u>Δεδομένα</u> : θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου, καπνός

## Συμπεράσματα και Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω περιπτώσεις-παραδείγματα αυτής της εργασίας, η χρήση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, παίζουν καθοριστικό ρόλο στον τρόπο με τον οποίο παρέχεται η δημόσια ασφάλεια από τις υπηρεσίες και όχι μόνο, όπως και σε ότι έχει να κάνει με τη διαχείριση έκτακτης ανάγκης και τη διαχείριση καταστροφών.

Η Proxim με το ασύρματο δίκτυο βιντεοκαμερών δίνει τη δυνατότητα για μια συνολική βιντεοεπιτήρηση χώρων έτσι ώστε να προλαμβάνονται αδικήματα όπου είναι δυνατό, τη δυνατότητα παρακολούθησης διακίνησης ναρκωτικών, και την παρακολούθηση της κυκλοφορίας με σκοπό τη μείωσή της, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Επίσης, η εταιρεία Libelium με τα συστήματα αισθητήρων που παρέχει, μπορεί να συμβάλει στην παρακολούθηση χιονόπτωσης στους αυτοκινητοδρόμους και έτσι να αποφευχθούν ατυχήματα. Ακόμα, όπως και στην περίπτωση πρόβλεψης εκρήξεων του ηφαιστείου Masaya, τα συστήματα αυτά των αισθητήρων μπορούν να σώσουν ζωές.

Επιπρόσθετα, κάποιες από τις περιπτώσεις αισθητήρων που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι ακόμα σε ερευνητικό στάδιο και δεν έχουν εφαρμοστεί ακόμα στην πραγματική ζωή. Παρόλα αυτά, οι περιπτώσεις αυτές φαίνονται ιδιαίτερα χρήσιμες η καθεμιά για την περίπτωση που αναφέρεται, όπως αυτή της πρόβλεψης κατολίσθησης από βροχόπτωση, ένα φαινόμενο που μπορεί να αποβεί επικίνδυνο για τους ανθρώπους και να προκαλέσει καταστροφές.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι υπηρεσίες, σε συνεργασία πολλές φορές με τις κυβερνήσεις, κατάφεραν να πετύχουν σημαντική μείωση τους κόστους των συστημάτων αισθητήρων και παράλληλα να λειτουργήσουν αποτελεσματικά και ιδιαίτερα χρήσιμα, καθώς με τη χρήση της ασύρματης δικτύωσης η εγκατάσταση των αισθητήρων ήταν ελάχιστα παρεμβατική και σημαντικά οικονομικότερη σε σχέση με την παραδοσιακή ενσύρματη δικτύωση. Στη χρήση τους, υπήρξαν θετικά αποτελέσματα και έτσι βοήθησαν σημαντικά τόσο στη διαχείριση καταστροφών όσο και στη δημόσια ασφάλεια.

Τελικά διαπιστώνουμε ότι ο ρυθμός εξάπλωσης και υιοθέτησης των ασύρματων δικτύων αισθητήρων σε συνδυασμό με τη χρήση των νέων τεχνολογιών ασύρματης δικτύωσης (3G, 4G, WiFi, Bluetooth) είναι αρκετά μεγάλος καθώς όλο και περισσότεροι κυβερνητικοί φορείς στρέφονται σε αυτές τις λύσεις. Στο μέλλον προβλέπεται να αυξηθεί επιπλέον αυτός ο ρυθμός, καθώς οι τεχνολογίες βελτιώνονται συνεχώς, τόσο στην ασύρματη δικτύωση (5G, WiMAX, Bluetooth 5) όσο και στους επεξεργαστές αισθητήρων (καλύτερη απόδοση, λιγότερη ενεργειακή κατανάλωση), αλλά και στις υπηρεσίες διαδικτύου (συστήματα Cloud), με το οικονομικό κόστος να μικραίνει.

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Αισθητήρας για τη μείωση της συμφόρησης στους δρόμους .....	4
Εικόνα 2: Αισθητήρας παρακολούθησης για την διακίνηση ναρκωτικών στην πόλη Iguacu .....	6
Εικόνα 3: Αισθητήρας τηλεοπτικής επιτήρησης στην πόλη Bordrum της Τουρκίας .....	7
Εικόνα 4: Σύστημα παρακολούθησης Cradlepoint του FBI .....	8
Εικόνα 5: Αρχιτεκτονική του Wild Fire Monitoring System.....	10
Εικόνα 6: Διάγραμμα ανάπτυξης του συστήματος παρακολούθησης χιονόπτωσης .....	11
Εικόνα 7: Δομή του ασύρματου συστήματος παρακολούθησης για κατολισθήσεις .....	12
Εικόνα 8: Αισθητήρες του συστήματος παρακολούθησης για κατολισθήσεις .....	13
Εικόνα 9: Σύστημα προειδοποίησης GITEWS για τσουνάμι .....	14
Εικόνα 10: Σταθμός GPS RTR στην πόλη Maumere.....	15
Εικόνα 11: Διάγραμμα ανάπτυξης του ασύρματου δικτύου στο ηφαίστειο Masaya .....	16
Εικόνα 12: Αισθητήρες Waspote Plug &Sense στο Σαντιάγκο και στο Meshlium στο ηφαίστειο Masaya .....	17
Εικόνα 13 Αρχιτεκτονική FireNet.....	18



## Βιβλιογραφία

### Άρθρα

Baldini, G. Survey of wireless communication technologies for public safety *IEEE 16*, (2).

Ανακτήθηκε 11 Απριλίου, 2017, από [http://eprints.whiterose.ac.uk/87438/5/Survey\\_of\\_wireless\\_communication\\_technologies\\_for\\_public\\_safety.pdf](http://eprints.whiterose.ac.uk/87438/5/Survey_of_wireless_communication_technologies_for_public_safety.pdf).

Lorincz, K. Sensor networks for emergency response: challenges and opportunities *IEEE 3*, (4).

Ανακτήθηκε 6 Απριλίου, 2017, από [http://www.eecs.harvard.edu/~konrad/papers/CodeBlue\\_IEEE-PVC.pdf](http://www.eecs.harvard.edu/~konrad/papers/CodeBlue_IEEE-PVC.pdf).

Meissner, A. Design Challenges for an Integrated Disaster Management Communication and Information System *IEEE*. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου, 2017, από

<http://www.l3s.de/~risse/pub/P2002-01.pdf>.

Sha, K. Using Wireless Sensor Networks for Fire Rescue Applications: Requirements and Challenges. *Electro/information Technology, 2006 IEEE International Conference*, East Landing, 7 - 10 Μαΐου 2006. 9133196, 130.

Uchimura, T. Precaution and early warning of surface failure of slopes using tilt sensors. *Elsevier 55*, (5),1087. Ανακτήθηκε 1 Απριλίου, 2017, από

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038080615001122>

David M. Doolin and Nicholas Sitar, Wireless sensors for wildfire monitoring

Ανακτήθηκε 11 Απριλίου 2017, από

<https://pdfs.semanticscholar.org/2479/f3e517961d9b62d1b55ffb5be21af6c66a0b.pdf>

### Ιστοσελίδες

Cisco. Ανακτήθηκε 6 Μαρτίου, 2017, από

[http://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/solutions/industries/docs/gov/connected-public-safety.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/gov/connected-public-safety.pdf).

Libellium. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου, 2017, από <http://www.libellium.com/snow-and-ice-monitoring-in-uk-winter-highways-for-a-smart-road-management/>

Libellium. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου, 2017, από <http://www.libellium.com/predicting-eruptions-in-the-masaya-volcano-with-wireless-sensors/>

Nascio. Ανακτήθηκε 9 Μαρτίου, 2017, από

<http://www.nascio.org/events/sponsors/vrc/Public%20Safety%20Justice%20and%20the%20Internet%20of%20Everything.pdf>.



Nat-hazards-earth-syst-sci Ανακτήθηκε 10 Απριλίου, 2017, από <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/181/2010/nhess-10-181-2010.pdf>

Networkworld. Ανακτήθηκε 7 Μαρτίου, 2017, από <http://www.networkworld.com/article/2842552/internet-of-things/how-the-internet-of-things-is-transforming-law-enforcement.html>

Proxim. Ανακτήθηκε 10 Μαρτίου, 2017, από <http://www.proxim.com/solutions/transportation/city-of-san-jose>

Proxim. Ανακτήθηκε 10 Μαρτίου, 2017, από <http://www.proxim.com/solutions/video-surveillance/the-city-of-iguacu>

Proxim. Ανακτήθηκε 11 Μαρτίου, 2017, από <http://www.proxim.com/solutions/video-surveillance/video-surveillance-turkey>.