



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΧΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, ΤΗΛΕΠΙ-
ΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ



Ανάπτυξη Εφαρμογής Επεξεργασίας Εικόνας για τη χρήση σε Ολοκλη-
ρωμένο Σύστημα Ασφάλειας βασισμένο σε Τεχνολογία WSN

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

Λεωνίδα Μ. Ροβίθη

Καθηγητής: Δρ. Ευμορφόπουλος Νέστορας

Επιβλέπων: Δρ. Ακρίτας Αλκιβιάδης

Βόλος, Φεβρουάριος 2012

Ανάπτυξη Εφαρμογής Επεξεργασίας Εικόνας για τη χρήση σε Ολοκληρωμένο Σύστημα Ασφάλειας Βασισμένο σε Τεχνολογία WSN

Ροβίθης Λεωνίδας

Εκπονήθηκε στα πλαίσια εκπλήρωσης των απαραίτητων προϋποθέσεων για την απόκτηση του διπλώματος του

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΠΟΥΔΩΝ,
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ, ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ**

ΤΟΥ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Φεβρουάριος 2012**

Επιβλέπων : Ευμορφόπουλος Νέστορας
Καθηγητής ΤΜΗΥΤΔ

Εγκρίθηκε από την διμελή εξεταστική επιτροπή την^η Φεβρουαρίου 2012.

(Υπογραφή)

.....

Ευμορφόπουλος Νέστορας
Λέκτορας ΤΜΗΥΤΔ

(Υπογραφή)

.....

Ακρίτας Αλκιβιάδης
Αναπληρωτής Καθηγητής

(Υπογραφή)

.....

Ροβίθης Λεωνίδα

© 2012 – All rights reserved

Περίληψη

Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSN), χάρη στις ραγδαίες εξελίξεις στο τομέα τεχνολογιών κατασκευής κυκλωμάτων, χρησιμοποιούνται σήμερα σε ευρεία κλίμακα σε διάφορους τομείς της καθημερινής μας ζωής κάνοντας την ευκολότερη, ασφαλέστερη, εξοικονομώντας χρήματα και πολλές φορές περιορίζοντας τα μοιραία λάθη που μπορεί να προκαλέσει ο ανθρώπινος παράγοντας. Χαρακτηριστικοί τομείς όπου εφαρμόζονται τα WSN με σπουδαία αποτελέσματα είναι ο έλεγχος της (εναέριας ή επίγεια) κυκλοφορίας, η εποπτεία κλειστών ή ανοιχτών χώρων με σκοπό την ασφάλεια τους, η παρακολούθηση κλιματικής αλλαγών με σκοπό την αντιμετώπιση πιθανών φυσικών κινδύνων, στο Σύστημα υγείας με καινοτόμες διαγνωστικές, απεικονιστικές και θεραπευτικές προσεγγίσεις και γενικότερα η οποιαδήποτε συλλογή δεδομένων από το (φυσικό) περιβάλλον για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών.

Αντικειμενικός σκοπός της εργασίας αυτής είναι η επέκταση υπάρχοντος Συστήματος Ασφαλείας το οποίο αλληλεπιδρά με Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων χρησιμοποιώντας τεχνολογίες Υπολογιστικής Όρασης (Computer Vision) και Αναγνώρισης Προτύπων (Pattern Recognition) ώστε να εντοπίζει τις πραγματικές απειλές που μπορούν να βλάψουν το χώρο στον οποίο είναι εγκατεστημένο, φιλτράροντας έτσι τις αναπόφευκτες φυσιολογικές μεταβολές του περιβάλλοντος που θα ενεργοποιούσαν λανθασμένα το Σύστημα. Όπως θα ήταν για παράδειγμα το τυχαίο πέταγμα κάποιου εντόμου στο χώρο εποπτείας ενός αισθητήρα κίνησης. Συγκεκριμένα, σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο εμπλουτισμός του Συστήματος με τη δυνατότητα να αναγνωρίζει την ανθρώπινη φιγούρα.

Πρόκειται λοιπόν για μια προσπάθεια βελτίωσης του υπάρχοντος Συστήματος Ασφαλείας ώστε να αντιμετωπίζει «εξυπνότερα» τον κίνδυνο μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης στο χώρο εποπτείας του, μειώνοντας έτσι τον χρόνο που χρειάζεται ο χειριστής του ώστε να αποφανθεί ο ίδιος για το τι πραγματικά συμβαίνει.

Abstract

Wireless Sensor Networks (WSN), thanks to rapid developments in the circuit manufacturing technologies field, are now being used widely in various areas of our daily life by making it easier, safer, cheaper and at times reducing fatal mistakes that are caused by the human factor. Typical areas where WSN are applied with important results is vehicles traffic control, surveillance of closed or open spaces for safety reasons, monitoring climate changes to address potential natural hazards, in the health system with innovative diagnostic, imaging and therapeutic approaches, and generally any collection of data from the (natural) environment leading to conclusions or dealing with emergencies.

The objective of this work is to extend an existing security system interacting with Wireless Sensor Networks using Computational Vision Technologies (Computer Vision) and Pattern Recognition (Pattern Recognition) to identify the real threats that can harm the setting in which it is installed, thus filtering inevitable physical changes of the environment that would activate the system wrongly. For example an insect flying by chance inside the monitored space of a motion sensor. Specifically, the purpose of this paper is to enrich the system with the ability to recognize the human figure.

This is therefore an attempt to improve the existing security systems to tackle the risk of unauthorized access to the site supervisor "more intelligently", thus reducing the time necessary for the operator to decide for himself what is really happening.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	6
Abstract	7
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	9
Εισαγωγή.....	11
Α. Ορισμός Ερευνητικού προβλήματος	11
Β. Αντικείμενο Εργασίας	11
Γ. Μεθοδολογία	11
Δ. Δομή Εργασίας.....	12
Κεφάλαιο 1 ^ο	14
Α. Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSN)	14
1. Ορισμός - Περιγραφή	14
2. Εφαρμογές.....	15
Β. Δομικά στοιχεία ενός Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων	20
1. Αισθητήρες	20
2. Λειτουργικό Σύστημα Αισθητήρων	24
Κεφάλαιο 2 ^ο	27
Α. Μηχανική όραση (Computer Vision)	27
OpenCV	28
Β. Αναγνώριση Προτύπων (Pattern Recognition).....	29
Μηχανική Μάθηση (machine learning)	30
Κεφάλαιο 3 ^ο	35
Α. Μέσα υλοποίησης	35
1. NetBeans IDE 6.9.1	35
2. Java Media Framework 2.1.1e (JMF).....	35
3. MySQL Server 5.1.....	35
Β. Βασικά Προγράμματα υλοποίησης	36
1. Sec	36

2. Eyeratch	47
Κεφάλαιο 4 ^ο	57
A. Υλοποίηση	57
1. Σχεδίαση	57
2. Εκπαίδευση για την Αναγνώριση Προτύπων	58
3. Διαδικασία Αναγνώρισης.	64
4. Προσθήκες στο συστήματος ασφαλείας Sec.	64
B. Σενάριο Λειτουργίας	65
Κεφάλαιο 5 ^ο	70
A. Βελτιώσεις	70
B. Προοπτικές	71
Γ. προτάσεις	71
Βιβλιογραφία	74

Εισαγωγή

A. Ορισμός Ερευνητικού προβλήματος

Στην προσπάθεια δημιουργίας ενός αποδοτικού Συστήματος Ασφάλειας το οποίο μάλιστα έχει ως είσοδο ποικίλα δεδομένα από πλήθος διαφορετικών αισθητήρων γίνεται άμεσα αντιληπτή η ανάγκη για όσο το δυνατόν γρηγορότερη και εγκυρότερη επεξεργασία των δεδομένων αυτών ώστε ο χρήστης να γίνει αποδέκτης μόνο εκείνης της πληροφορίας που θα τον ενημερώσει ορθά για τον κίνδυνο που αντιμετωπίζει ο χώρος εποπτείας του Συστήματος. Διαφορετικά, ελλοχεύει ο κίνδυνος ο χρήστης, συνηθισμένος σε λανθασμένους συναγερμούς του Συστήματος, να αγνοήσει μια ορθή προειδοποίηση ή να καταλήξει να σπαταλά πολύτιμο χρόνο (και πόρους) για την αντιμετώπιση ανύπαρκτων απειλών.

Καθίσταται λοιπόν σαφές πως πρέπει, με τη βοήθεια κατάλληλων αισθητήρων, να αναπτυχθούν εκείνοι οι μηχανισμοί που θα παρέχουν στο χρήστη αξιόπιστα αποτελέσματα για την εκάστοτε κατάσταση του χώρου που εποπτεύει το Σύστημα. Η λύση που προτείνεται από την παρούσα εργασία βασίζεται σε αλγορίθμους κατηγοριοποίησης (Classification Algorithms) ικανούς, ύστερα από κατάλληλη εκπαίδευση, να αναγνωρίσουν πρότυπα (και συγκεκριμένα ανθρώπινη φιγούρα) προσδίδοντας έτσι στο σύστημα τη δυνατότητα Μηχανικής Όρασης.

B. Αντικείμενο Εργασίας

Σύμφωνα με τα παραπάνω αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η ανεύρεση του κατάλληλου αισθητήρα ο οποίος θα μπορεί να παρέχει τα δεδομένα που απαιτούνται σε πραγματικό χρόνο καθώς και ο αποδοτικότερος αλγόριθμος που θα επεξεργάζεται τα δεδομένα αυτά και θα επιστρέφει αξιόπιστα αποτελέσματα σε συνεργασία πάντα με το υπάρχον Σύστημα.

Γ. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας έχει ως εξής :

1. Μελέτη υπάρχοντος Συστήματος Ασφαλείας και του Ασύρματου Δικτύου Ασφάλειας με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον τρόπο λειτουργίας του και την ανεύρεση τρόπων ώστε να προστεθούν οι επιπλέον Δυνατότητες.
2. Αναζήτηση των κατάλληλων Τεχνολογιών (συμβατών με το υπάρχον πρόγραμμα) που θα επέτρεπαν υλοποίηση και ενσωμάτωση της επιθυμητής λειτουργίας.
3. Υλοποίηση της εν λόγω λειτουργίας και προσθήκη της στο υπάρχον Σύστημα.
4. Έλεγχος ορθής λειτουργίας.
5. Εξαγωγή συμπερασμάτων και προοπτικών.

Δ. Δομή Εργασίας

Το παρόν τεύχος αυτής διπλωματικής εργασίας έχει την ακόλουθη δομή:

- ✚ Αρχικά, υπάρχει μια σύντομη περίληψη της εργασίας, όπου παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια σημεία της. Στη συνέχεια ακολουθεί ο πίνακας περιεχομένων.
- ✚ **Εισαγωγή** : πρόκειται για το παρόν κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάζονται το ερευνητικό πρόβλημα που καλείται να επιλύσει η εργασία αυτή, το αντικείμενο της, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την υλοποίησή της, καθώς και η δομή της.
- ✚ **Κεφάλαιο 1^ο** : Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εκτενής αναφορά στα Ασύστατα Δίκτυα Αισθητήρων και στις τεχνολογίες που υλοποιούν τόσο το υλικό όσο και το λογισμικό τους, καθώς και τους τομείς εφαρμογής τους.
- ✚ **Κεφάλαιο 2^ο** : Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εκτενής αναφορά για τη Μηχανική-Υπολογιστική Όραση, τη μηχανική μάθηση και τη διαδικασία Αναγνώρισης Προτύπων.
- ✚ **Κεφάλαιο 3^ο** : Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά οι τεχνολογίες και τα προγράμματα που συνέβαλαν στην υλοποίηση της εργασίας αυτής.
- ✚ **Κεφάλαιο 4^ο** : στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται ολόκληρη η διαδικασία υλοποίησης της ζητούμενης λειτουργικότητας αναγνώρισης ανθρώπινου προτύπου, καθώς και ένα σενάριο λειτουργίας της.
- ✚ **Κεφάλαιο 5^ο** : Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτονται οι μελλοντικές βελτιώσεις και οι προοπτικές του Συστήματος Ασφαλείας όπως προέκυψε μετά την εργασία αυτή, καθώς και κάποιες προτάσεις.
- ✚ **Βιβλιογραφία**: εδώ παραθέτεται αναφορικά όλο το υλικό στο οποίο βασίστηκε η συγγραφή και η υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής.

αποτελεί ότι η εγκατάσταση ενός τέτοιου δικτύου είναι **ad hoc**, καθιστώντας το έτσι ανεξάρτητο από την εκ των προτέρων γνώση της τοπολογίας του. Συγκεκριμένα, τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων αποτελούν εξειδίκευση των ασύρματων ad-hoc mesh δικτύων. Ένα WSN μπορεί να απαρτίζεται από χιλιάδες κόμβους-αισθητήρες τοποθετημένους στην περιοχή εποπτείας, γεγονός που δεικνύει τη μεγάλη τους ικανότητα για κλιμάκωση. Βασικά χαρακτηριστικά τους είναι:

- αυτοργάνωση,
- αυτοϊασιμότητα,
- χαμηλό κόστος και
- χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης λειτουργία.

Η ανάπτυξη των δικτύων αισθητήρων απαίτησε τη χρήση τεχνογνωσίας από τρεις διαφορετικούς τομείς έρευνας:

- ανίχνευσης (**sensing**),
- τηλεπικοινωνιών (**communication**) και
- υπολογισμού (**computing**).

Σκοπός των Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων αποτελεί η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων από το χώρο εποπτείας, ο καθορισμός υπό συγκεκριμένες συνθήκες ενός γεγονότος ανίχνευσης, και τέλος η προώθηση της πληροφορίας για την αξιοποίησή της σε έναν τελικό προορισμό. Παρόλο που η έρευνα στον τομέα αυτό έχει τις ρίζες στα στρατιωτικά προγράμματα κατά την περίοδο του Ψυχρού Πολέμου, σήμερα γνωρίζει πληθώρα εφαρμογών σε διάφορους τομείς τις καθημερινής μας ζωής, όπως θα δούμε στην επόμενη υποενότητα.

2. Εφαρμογές

Όπως είδαμε και στην προηγούμενη υποενότητα, τα Ασύρματα δίκτυα Αισθητήρων έχουν κάποια συγκριτικά πλεονεκτήματα που τα καθιστούν κατάλληλα για τη χρήση τους σε πληθώρα εφαρμογών. Η ποικιλομορφία στα χαρακτηριστικά του τρόπου λειτουργίας και η ευκαμψία στον τρόπο υλοποίησης ενός τέτοιου συστήματος, συνετέλεσαν και συντελούν στη δυνατότητα ανάπτυξης πολυάριθμων εφαρμογών σε τομείς ενδιαφέροντος από ασφάλεια εγκαταστάσεων έως και παροχή εξειδικευμένων υπηρεσιών. Στην υποενότητα αυτή θα αναφερθούμε σε μερικές από τις εφαρμογές των Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων στην καθημερινή μας ζωή (και όχι μόνο) όπως ενδεικτικά φαίνονται στην Εικόνα 2.

- **Αισθητήρια όργανα & Ενεργοποιητές (Sensors/actuators).** Αποτελείται από τις συσκευές παρατήρησης του περιβάλλοντα χώρου με σκοπό τον εντοπισμό και τη συλλογή των ζητούμενων (αναλογικών) ερεθισμάτων και τη μετατροπή τους σε ψηφιακά σήματα ώστε να είναι κατάλληλα για επεξεργασία. Εδώ αξίζει να σημειώσουμε πως τα Αισθητήρια όργανα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:
 - **Παθητικοί, παγκατευθυντικοί.** Δεν αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον και ερευνούν – ανιχνεύουν προς κάθε κατεύθυνση (π.χ. μικρόφωνο, θερμομέτρο).
 - **Παθητικοί, κατευθυντικοί.** Δεν αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον και ερευνούν – ανιχνεύουν προς συγκεκριμένη κατεύθυνση (π.χ. κάμερα).
 - **Ενεργητικοί.** Προκαλούν διαταραχές στο χώρο επιτήρησης ώστε να μπορέσουν να συλλέξουν τα ζητούμενα δεδομένα (π.χ. σόναρ).
- **Μνήμη (Memory).** Είναι η μονάδα που προσφέρει τον απαιτούμενο χώρο για την εγκατάσταση του λειτουργικού κώδικα και την αποθήκευση των δεδομένων που συλλέγονται ή επεξεργάζονται. Διαφορετικοί τύποι μνήμης, RAM ή flash, προορίζονται αντιστοίχως για προγράμματα και δεδομένα.

Τεχνολογίες υλοποίησης

Για την υλοποίηση του Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων το οποίο συνεργάζεται με το Σύστημα Ασφαλείας, που θα παρουσιάσουμε αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο και αποτελεί βασικό στοιχείο της εργασίας αυτής, χρησιμοποιήθηκαν ο αισθητήρας Tmote Sky και η πλατφόρμα WiEye.

Tmote Sky

Είναι ένας ασύρματος αισθητήρας χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και υψηλού ρυθμού δειγματοληψίας δεδομένα για χρήση σε δίκτυα αισθητήρων και σε εφαρμογές ελέγχου. Είναι εφοδιασμένο με αισθητήρια όργανα μέτρησης θερμοκρασίας, υγρασίας, καθώς και ηλιακής ακτινοβολίας (*Photosynthetically Active Radiation*, και *Total Solar Radiation*). Ήταν η πρώτη πλατφόρμα με αρκετά ευμεγέθη χωρητικότητα on-chip RAM της τάξης των 10kB και επικοινωνία στα πρότυπα του πρωτοκόλλου IEEE 802.15.4. Σχεδιάστηκε το 2005 στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας, Berkeley από τους δημιουργούς του TinyOS (λειτουργικό σύστημα για τη διαχείριση αισθητήρων). Ακόμα έχει τη δυνατότητα διασύνδεσης μέσω θύρας USB. Βασικά του τεχνικά χαρακτηριστικά είναι:

- 250kbps 2.4GHz IEEE 802.15.4 Chipcon Wireless Transceiver.
- Σύνδεση με άλλες IEEE 802.15.4 συσκευές.
- 8MHz Texas Instruments MSP430 microcontroller (10k RAM, 48k Flash).
- Εξωτερική μνήμη flash 1MB.
- Ενσωματωμένο ADC, DAC, Supply Voltage Supervisor, and DMA Controller.

σώπων, η ομαδοποίηση/ταξινόμηση κειμένων από το Διαδίκτυο, η Ρομποτική, η Βιοπληροφορική, κλπ..

Η αναγνώριση προτύπων διαχωρίζεται κυρίως από τον τύπο της διαδικασίας εκμάθησης που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία των δεδομένων εξόδου, η διαδικασία αυτή καλείται μηχανική μάθηση.

Μηχανική Μάθηση (machine learning)

Η **μηχανική μάθηση** είναι η περιοχή της τεχνητής νοημοσύνης η οποία αφορά αλγόριθμους και μεθόδους που επιτρέπουν στους υπολογιστές να «μαθαίνουν». Με τη μηχανική μάθηση καθίσταται εφικτή η κατασκευή *προσαρμόσιμων* (adaptable) προγραμμάτων υπολογιστών τα οποία λειτουργούν με βάση την αυτοματοποιημένη ανάλυση συνόλων δεδομένων και όχι τη διαίσθηση των μηχανικών που τα προγραμμάτισαν. Η μηχανική μάθηση επικαλύπτεται σημαντικά με τη στατιστική, αφού και τα δύο πεδία μελετούν την ανάλυση δεδομένων.

Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα του αλγόριθμου. Οι συνηθέστερες κατηγορίες είναι οι εξής:

- Επιτηρούμενη μάθηση, επιβλεπόμενη μάθηση ή μάθηση με επίβλεψη (supervised learning), όπου ο αλγόριθμος κατασκευάζει μια συνάρτηση που απεικονίζει δεδομένες εισόδους σε γνωστές, επιθυμητές εξόδους (*σύνολο εκπαίδευσης*), με απώτερο στόχο τη γενίκευση της συνάρτησης αυτής και για εισόδους με άγνωστη έξοδο (*σύνολο ελέγχου*).
- Μη επιτηρούμενη μάθηση, ανεπίβλεπτη μάθηση ή μάθηση χωρίς επίβλεψη (unsupervised learning), όπου ο αλγόριθμος κατασκευάζει ένα μοντέλο για κάποιο σύνολο εισόδων χωρίς να γνωρίζει επιθυμητές εξόδους για το σύνολο εκπαίδευσης.
- Ημιεπιτηρούμενη μάθηση ή μερικής επίβλεψης μάθηση (semi-supervised learning), συνδυασμός Επιτηρούμενης μάθησης και μη Επιτηρούμενης μάθησης, όπου ο αλγόριθμος κατασκευάζει ένα μοντέλο για κάποιο σύνολο εισόδων σε (συνήθως λίγες) γνωστές, επιθυμητές εξόδους μαζί με άγνωστες.
- Ενισχυτική μάθηση (reinforcement learning), όπου ο αλγόριθμος μαθαίνει μια στρατηγική ενεργειών για μια δεδομένη παρατήρηση.
- Μεταγωγή (transduction) προσπαθεί να προβλέψει νέες εξόδους που βασίζονται στις εισόδους εκπαίδευσης, εξόδους εκπαίδευσης, καθώς και σε δοκιμαστικές εισόδους.
- Μαθαίνοντας να μαθαίνω (Learning to learn) ο αλγόριθμος μαθαίνει επαγωγικά προϊ-
δεασμένος από την προηγούμενη εμπειρία του.

Στην εργασία αυτή η διαδικασία της αναγνώρισης προτύπων επιτυγχάνεται με τη χρήση χαρακτηριστικών τύπου Haar (Haar features), ενώ διαδικασία της εκμάθησης καθώς και η υλοποίηση του απαραίτητου ταξινομητή βασίζεται στον αλγόριθμο Adaboost.

Χαρακτηριστικά τύπου Haar.

Για να ανιχνεύσουμε αντικείμενα απαιτείται κατάλληλη επεξεργασία και αναπαράσταση του περιεχομένου τους. Για την αναπαράσταση του περιεχομένου της εικόνας χρησιμοποιούμε τα χαρακτηριστικά τύπου Haar, τα οποία προκύπτουν από την εφαρμογή του μετασχηματισμού κυματιδίων σε μια εικόνα με χρήση των συναρτήσεων τύπου Haar. Η χρησιμοποίηση των συναρτήσεων Haar στο μετασχηματισμό κυματιδίων ξεκινά από την παρατήρηση ότι η τιμή της φωτεινότητας κάθε εικονοστοιχείου επηρεάζεται έντονα από τις αλλαγές στο φωτισμό της σκηνής. Αυτή η αλλαγή όμως, επηρεάζει αρκετά ομοιόμορφα όλα τα εικονοστοιχεία της εικόνας. Έτσι, η τιμή μιας συνάρτησης που εξετάζει τη μέση διαφορά ανάμεσα σε δύο ή τρεις περιοχές της ίδιας εικόνας, θα παραμένει σε μεγάλο βαθμό ανεπηρέαστη. Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, τις συναρτήσεις Haar, η διαδικασία της ανίχνευσης αντικειμένων δε θα επηρεάζεται από τις διαφορές στη φωτεινότητα από εικόνα σε εικόνα. Οι συναρτήσεις Haar υπολογίζουν τη διαφορά ανάμεσα στους μέσους όρους των τιμών των εικονοστοιχείων δύο (ή τριών) περιοχών, η διαφορά αυτή είναι η τιμή του Haar χαρακτηριστικού.

Εφαρμόζοντας το μετασχηματισμό κυματιδίων με τη συναρτησιακή βάση Haar, προκύπτει ένας περιορισμένος αριθμός χαρακτηριστικών. Στο μονοδιάστατο μετασχηματισμό, η απόσταση ανάμεσα σε δύο γειτονικά κυματίδια, σε επίπεδο n , θα είναι 2^n . Η απόσταση αυτή είναι πολύ μεγάλη, κι έτσι δεν λαμβάνουμε όσες πληροφορίες θέλουμε από μια εικόνα ώστε να την περιγράψουμε λεπτομερώς. Για να έχουμε, λοιπόν, μια πιο λεπτομερή, χωρικά, αναπαράσταση του περιεχομένου της εικόνας χρειαζόμαστε ένα σύνολο από πλεονάζουσες συναρτήσεις βάσης. Για να το πετύχουμε αυτό, εφαρμόζουμε τις συναρτήσεις Haar με μεταξύ τους απόσταση ένα εικονοστοιχείο κάθε φορά. Έτσι, θα έχουμε μια πολύ πιο πυκνή αναπαράσταση. Επίσης, στο μετασχηματισμό κυματιδίων, το μέγεθος των συναρτήσεων Haar, κανονικά διπλασιάζεται σε κάθε επανάληψη. Για να αυξήσουμε ακόμα περισσότερο την λαμβανόμενη πληροφορία από την εικόνα, ορίζουμε ότι το μέγεθος των συναρτήσεων Haar θα αυξάνει κάθε φορά κατά ένα μόνο εικονοστοιχείο. Έτσι, το σύνολο των χαρακτηριστικών Haar σε μία εικόνα γίνεται υπερπολλαπλάσιο του αρχικού. Αυξάνουμε, δηλαδή, την ποσότητα της πληροφορίας που αντλούμε από μια εικόνα, αυξάνοντας τα χαρακτηριστικά τύπου Haar που θα υπολογιστούν σε αυτήν.

Τα κλασικά Haar χαρακτηριστικά φαίνονται στην Εικόνα 24α. Είναι σχετικά απλά και μπορούν να εντοπίσουν ακμές οριζόντια και κατακόρυφα καθώς και διαγώνιες γραμμές. Για να μπορέσουμε να αναπαραστήσουμε γραμμές, ράβδους και τετράγωνα καλύτερα, προσθέτουμε τα χαρακτηριστικά που φαίνονται στην Εικόνα 24β, τα οποία υπολογίζονται χωρίς να αυξάνεται

συνδυάζει μια συλλογή ασθενών συναρτήσεων ταξινόμησης χρησιμοποιώντας άπληστο αλγόριθμο, ώστε να σχηματίσει από αυτούς έναν ισχυρότερο ταξινομητή. Η βελτίωση του ασθενούς αλγορίθμου ταξινόμησης πραγματοποιείται, καλώντας τον αλγόριθμο να επιλύσει μια αλληλουχία προβλημάτων ταξινόμησης. Αρχικά, όλα τα παραδείγματα (θετικά και αρνητικά) παίρνουν μια τιμή βάρους, η οποία είναι ίδια για όλα. Δίνονται στον αλγόριθμο τα παραδείγματα και πραγματοποιείται ο πρώτος κύκλος εκμάθησης, όπου ο αλγόριθμος ταξινομεί όλα τα παραδείγματα με κάθε διαθέσιμη συνάρτηση ταξινόμησης. Έπειτα, οι συναρτήσεις ταξινόμησης διατάσσονται σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, λαμβάνοντας υπόψη το βάρος κάθε παραδείγματος. Επιλέγεται ένας μικρός αριθμός συναρτήσεων ταξινόμησης, από αυτές με τα καλύτερα αποτελέσματα, που αποτελούν τον πρώτο ασθενή ταξινομητή. Ο πρώτος κύκλος εκμάθησης ολοκληρώνεται και τα βάρη των παραδειγμάτων ισοσταθμίζονται, δίνοντας μεγαλύτερο βάρος στα παραδείγματα που ταξινομήθηκαν λανθασμένα από τον πρώτο ασθενή ταξινομητή. Έτσι, στο δεύτερο κύκλο εκμάθησης ο αλγόριθμος ταξινόμησης θα θεωρήσει πιο σημαντικά τα παραδείγματα που ταξινομήθηκαν λανθασμένα από τον προηγούμενο ταξινομητή. Τα βήματα επαναλαμβάνονται διαδοχικά, μέχρι να φτάσουμε στο επίπεδο του συνολικού λόγου λανθασμένης ταξινόμησης που επιθυμούμε. Τελικά, ο ισχυρός ταξινομητής προκύπτει από το συνδυασμό των ασθενών ταξινομητών που επιλέχθηκαν και ένα κατώφλι (threshold). Κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης ενός υποπαραθύρου εικόνας από τον ισχυρό ταξινομητή, εφαρμόζονται στο υποπαραθύρο όλοι οι ασθενείς ταξινομητές. Τα αποτελέσματα των ασθενών ταξινομητών αθροίζονται, και αν το άθροισμα ξεπερνά το κατώφλι του ταξινομητή, το υπό εξέταση αντικείμενο ταξινομείται ως θετικό, αλλιώς ως αρνητικό.

Ο αλγόριθμος AdaBoost παρέχει αρκετά ισχυρές εγγυήσεις για την ορθότητά του. Έχει αποδειχθεί, ότι το σφάλμα ταξινόμησης του ισχυρού ταξινομητή που προκύπτει από την εφαρμογή του αλγορίθμου, τείνει προς το μηδέν εκθετικά ως προς τον αριθμό των κύκλων εκπαίδευσης. Επίσης, η όλη διαδικασία της εκμάθησης πραγματοποιείται με μεγάλη ταχύτητα.

Στο ακριβώς από κάτω πεδίο (Επιλεγμένοι Τρόποι Εξόδου) φαίνονται ποιοι από τους διαθέσιμους τρόπους εξόδου των αποτελεσμάτων έχουν επιλεχθεί για τα συγκεκριμένα φίλτρα. Στο παράδειγμα που ακολουθεί έχει επιλεγεί η μορφή *XML over TCP on Port 8000*:

```
</FRAME>
<FRAME ID="Human recognition Filter">
<BoundingBoxes X="96" Y="112" WIDTH="6" HEIGHT="6" />
<BoundingBoxes X="20" Y="108" WIDTH="6" HEIGHT="6" />
<BoundingBoxes X="40" Y="56" WIDTH="42" HEIGHT="42" />
```

Εδώ φαίνεται το φίλτρο που ενεργοποιήθηκε και οι αντίστοιχες περιοχές ενδιαφέροντος.

Στη δεξιά στήλη του παραθύρου ο χρήστης μπορεί να δει στο πάνω μέρος (Βίντεο Εισόδου) το ακατέργαστο ζωντανό ή μαγνητοσκοπημένο βίντεο που εισέρχεται στο Egeratch είτε κατευθείαν από την κάμερα είτε από κάποιο αρχείο. Ενώ στο κάτω μέρος (Φιλτραρισμένο Βίντεο Εξόδου) φαίνονται μόνο τα αποτελέσματα της αναγνώρισης μέσα σε τετράγωνα με χρωματισμένο πλαίσιο ανάλογα με το φίλτρο που αντιστοιχούν. Όταν δεν ενεργοποιείται κανένα φίλτρο τότε το πεδίο αυτό παραμένει μαύρο. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε περισσότερα από ένα φίλτρα, τα τετράγωνα αναγνώρισης θα εμφανιστούν σκοτεινότερα στις περιοχές που ενεργοποίησαν μόνο τα αντίστοιχα φίλτρα και φωτεινότερα στις περιοχές που ενεργοποίησαν **όλα** το επιλεγμένα φίλτρα.

Λειτουργία Εκπαίδευσης (training mode)

Το Egeratch χρησιμοποιεί μια διαδραστική προσέγγιση εκμάθησης βασισμένη κυρίως σε βίντεο και όχι σε ακίνητες εικόνες. Αυτό είναι σημαντικό για την αναγνώριση δυναμικών ακολουθιών κίνησης, και απλοποιεί τη διαδικασία λήψης μεγάλων σε όγκο δεδομένο εκμάθησης.

Για να ξεκινήσει ο χρήστης την εκπαίδευση για την αναγνώριση ενός νέου προτύπου πρέπει πρώτα να επιλέξει είτε ένα ήδη μαγνητοσκοπημένο βίντεο (Open Video...) είτε να μαγνητοσκοπήσει ένα (Record Video...) εκείνη τη στιγμή επιλέγοντάς το από το αναδυόμενο μενού **File** από τη γραμμή μενού. Το βίντεο αυτό εμφανίζεται στο πάνω αριστερά μέρος του παραθύρου όπως φαίνεται και στην Εικόνα 42. Κάνοντας αριστερό κλικ και κρατώντας το πατημένο, ο χρήστης επιλέγει εκείνες τις περιοχές (σε όποιο καρέ του βίντεο θέλει) που θα χρησιμοποιηθούν ως θετικά παραδείγματα εκπαίδευσης, ενώ ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με δεξί κλικ επιλέγει τα αρνητικά παραδείγματα. Θετικά και αρνητικά παραδείγματα αρχειοθετούνται στο πάνω δεξί τμήμα του παραθύρου στα πεδία **Positive Image Examples** και **Negative Image Examples** αντίστοιχα. Εκεί ο χρήστης μπορεί να προσθέσει επιπλέον παραδείγματα από εξωτερική πηγή επιλέγοντας "**Open Sample(s)...**" από το μενού **File** που είδαμε παραπάνω. Σέρνοντας (Drag & Drop) κάποια εικόνα εκτός κάποιου εκ των δυο πεδίων αυτομάτως μεταφέρεται στο (από κάτω) πεδίο **Trash** γεγονός που υποδηλώνει πως εικόνα πλέον δεν αποτελεί α-

Στη συνέχεια κάνοντας κλικ στο κουμπί **“Learn from Examples”** ξεκινάει η εκπαίδευση του προτύπου αναγνώρισης σύμφωνα με τα παραδείγματα που έχουν δοθεί και τις προδιαγραφές του αλγορίθμου που επιλέχτηκε. Όπως φαίνεται και απ' τις παραπάνω εικόνες στο κάτω αριστερά και μεσαίο πεδίο του παραθύρου εκπαίδευσης εμφανίζονται οι απαιτούμενοι παράμετροι που προσδιορίζουν το κάθε φίλτρο. Ο χρήστης έχει, επίσης, τη δυνατότητα να ρυθμίσει την ακρίβεια του φίλτρου από τη μπάρα **filter threshold** ώστε να πετύχει την καλύτερη ισορροπία μεταξύ θορύβου και επιτυχημένης αναγνώρισης. Τέλος, αν το φίλτρο είναι ικανοποιητικό μπορούμε να το αποθηκεύσουμε πατώντας το κουμπί **“Save Filter”**, το φίλτρο μεταφέρεται στο πεδίο κάτω δεξιά, όπου μπορούμε να το μετονομάσουμε δίνοντάς του ένα αντιπροσωπευτικό όνομα σύμφωνα με την λειτουργία που επιτελεί.

Κεφάλαιο 4^ο

A. Υλοποίηση

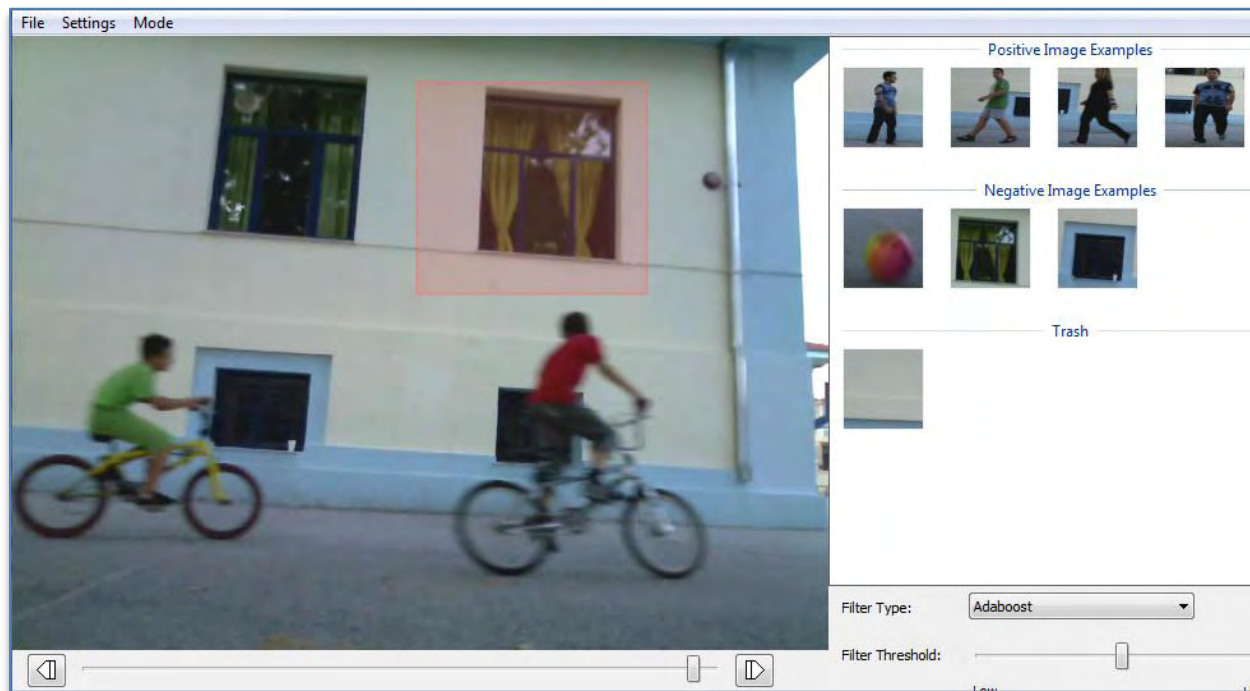
Στην ενότητα αυτή θα παρατεθεί ολόκληρη η διαδικασία που ακολουθήθηκε ώστε να υλοποιηθεί η παρούσα εργασία. Ύστερα από την έρευνα που διεξήχθη για την ανεύρεση της κατάλληλης τεχνολογίας υλοποίησης της λειτουργίας αναγνώρισης ανθρώπινου προτύπου, επιλέχθηκε το πρόγραμμα EYERATCH. Το πρόγραμμα αυτό προσφέρει πλήθος δυνατοτήτων, όπως το συνδυασμό δύο ή περισσότερων (ίδιου ή διαφορετικού τύπου) φίλτρων ταυτόχρονα ώστε να επιτυγχάνεται πιο στοχευμένη αναζήτηση. Το γεγονός αυτό μας επιτρέπει να προσαρμόζουμε ανάλογα με τις ανάγκες μας τα κριτήρια αναζήτησης κάνοντας π.χ. πιο συγκεκριμένα ή πιο γενικά. Η επεξεργασία της εικόνας γίνεται σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας έτσι την άμεση αναγνώριση του κινδύνου (που είναι σημαντικό γι' αυτή την εργασία), επιπλέον συγκριτικό πλεονέκτημα του EYERATCH αποτελεί η δυνατότητα του να στέλνει τα αποτελέσματα του πάνω από ένα δίκτυο. Έτσι μπορεί να βρίσκεται εγκατεστημένο σε πολλούς διαφορετικούς κόμβους που ο καθένας εποπτεύει μια ξεχωριστή περιοχή και τα αποτελέσματα να αποστέλλονται στον κεντρικό κόμβο όπου είναι εγκατεστημένο το σύστημα ασφαλείας. Στις επόμενες υποενότητες θα αναλυθεί εκτενώς ο τρόπος υλοποίησης της εργασίας αυτής.

1. Σχεδίαση

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν όλες οι τεχνολογίες και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την εργασία. Δεδομένης της ύπαρξης του συστήματος ασφαλείας SEC, το οποίο εποπτεύει την περιοχή ενδιαφέροντος με τη βοήθεια ενός WSN, η σχεδίαση της εργασίας έπρεπε να προσαρμοστεί πάνω σ' αυτή την παράμετρο. Συγκεκριμένα, στην αρχική σχεδίαση του Συστήματος Ασφαλείας (Εικόνα 25 κεφάλαιο 3) προστέθηκε η ζητούμενη λειτουργικότητα αναγνώρισης ανθρώπινου προτύπου μεταξύ της κάμερας που εποπτεύει τον χώρο και του συστήματος ασφαλείας (camera και Security System αντίστοιχα) όπως φαίνεται στην εικόνα 50. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε κυρίως:

- ✓ Την ανεξάρτητη και αυτόνομη λειτουργία του WSN που ελέγχει το χώρο διαμέσου των αισθητήρων υγρασίας, θερμοκρασίας, φωτεινότητας κ.α. και του Eyeratch που εποπτεύει το χώρο σύμφωνα με τα φίλτρα αναγνώρισης που έχει δημιουργήσει ο χρήστης. Επιτυγχάνοντας επιπλέον την διατήρηση της εποπτείας της περιοχής ενδιαφέροντος σε περίπτωση που κάποιο από τα παραπάνω υποσυστήματα παρουσιάσει βλάβη.
- ✓ Την άμεση ενημέρωση του συστήματος για τυχόν ενεργοποίηση κάποιου φίλτρου.
- ✓ Την προσθήκη, διαγραφή, τροποποίηση κριτηρίων αναγνώρισης ή ολόκληρων φίλτρων σύμφωνα με τις ανάγκες που παρουσιάζονται χωρίς να απαιτείται τροποποίηση του συστήματος ασφαλείας.

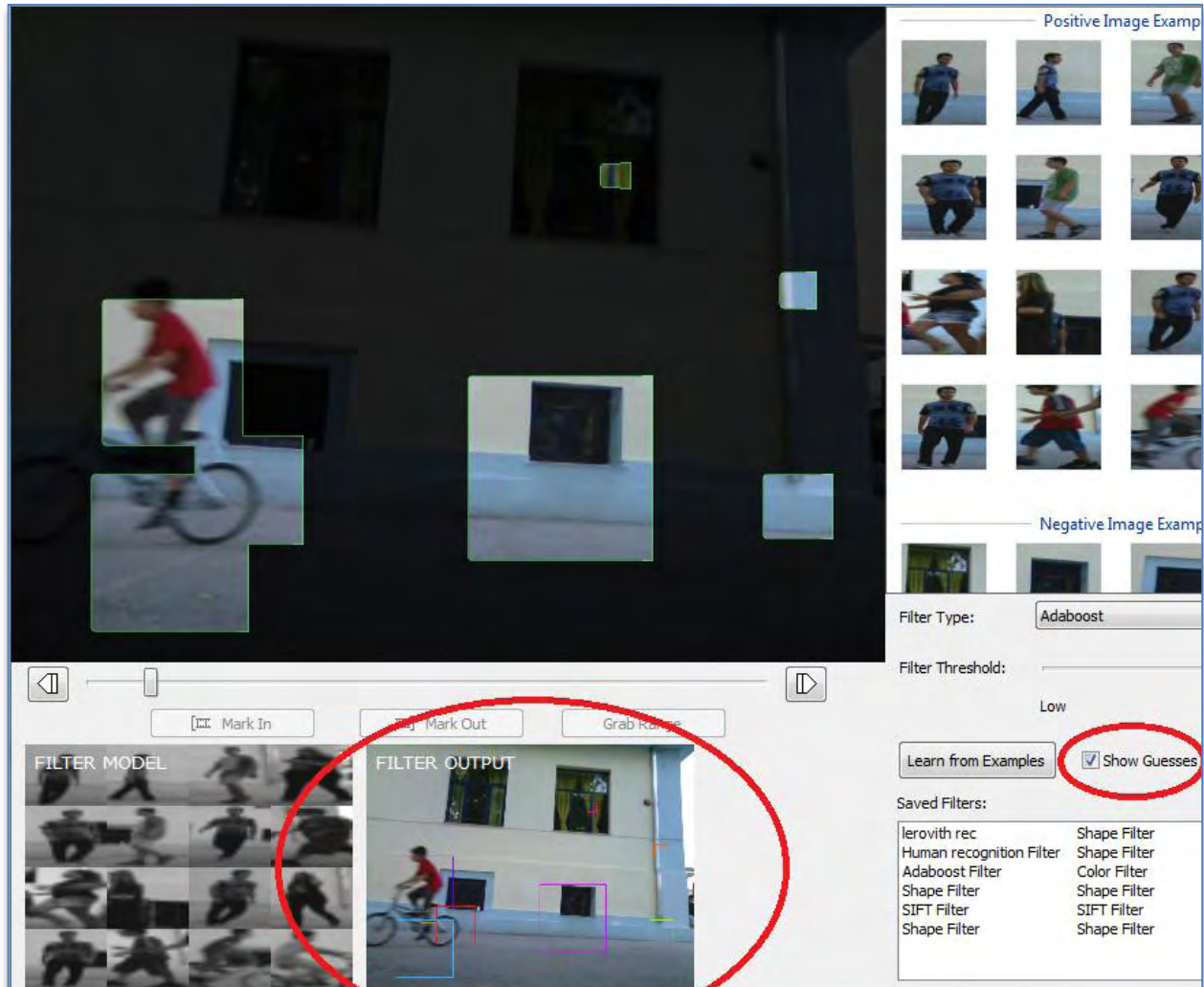
θε πολύπλοκο αντικείμενο του φόντου, όπως κάποιο παράθυρο ή λούκι υδρορροής κτλ. Ακόμα και κάποια αντικείμενα που μπορεί να χρησιμοποιούν οι άνθρωποι στο βίντεο, όπως κινητά τηλέφωνα, μπάλες, ποδήλατα κ.α. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της διαδικασίας της φαίνεται στην Εικόνα 53.



Εικόνα 53 – Στιγμιότυπο δημιουργίας αρνητικού παραδείγματος εκπαίδευσης.

- Επιπλέον, αν θέλουμε ένα παράδειγμα που έχουμε ορίσει ως θετικό να το μετατρέψουμε σε αρνητικό και αντίστροφα, αρκεί να «σύρουμε» (κάνοντας Drag & Drop) τη μικρογραφία του από το ένα πεδίο στο άλλο (Εικόνα 54).
 - Ενώ αν θέλουμε να αφαιρέσουμε κάποιο παράδειγμα, είτε θετικό είτε αρνητικό, αρκεί να «σύρουμε» (κάνοντας Drag & Drop) τη μικρογραφία του οπουδήποτε εκτός των πεδίων παραδειγμάτων ή κατ' ευθείαν στο πεδίο **Trash** (Εικόνα 55). Για να αδειάσουμε το πεδίο αυτό από τα άχρηστα παραδείγματα κάνουμε κλικ στην επιλογή Empty Trash στο μενού File.
 - Επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω βήματα μέχρις ότου να φτιάξουμε το ζητούμενο σύνολο εκπαίδευσης.
- Έχοντας δημιουργήσει το σύνολο εκπαίδευσης, επιλέγουμε από τη μπάρα **Filter Threshold** πόσο ακριβής θέλουμε να είναι η ανίχνευση σύμφωνα με τα δεδομένα εκπαίδευσης. Η επιλογή αυτή είναι ιδιαίτερα κρίσιμη καθώς μια πολύ χαμηλή τιμή κατωφλίου θα έχει ως αποτέλεσμα το φίλτρο να παρουσιάζει αυξημένο ποσοστό λανθασμένων αναγνωρίσεων και γενικότερα ενεργοποίησης του ανάλογα με την ποιότητα (θόρυβος, φωτεινότητα κτλ) της εικόνας εισόδου και των μεταβολών στο φόντο. Το γεγονός αυτό θα σήμαινε πλήθος λανθασμένων συναγεμίων για το σύστημα ασφαλείας.

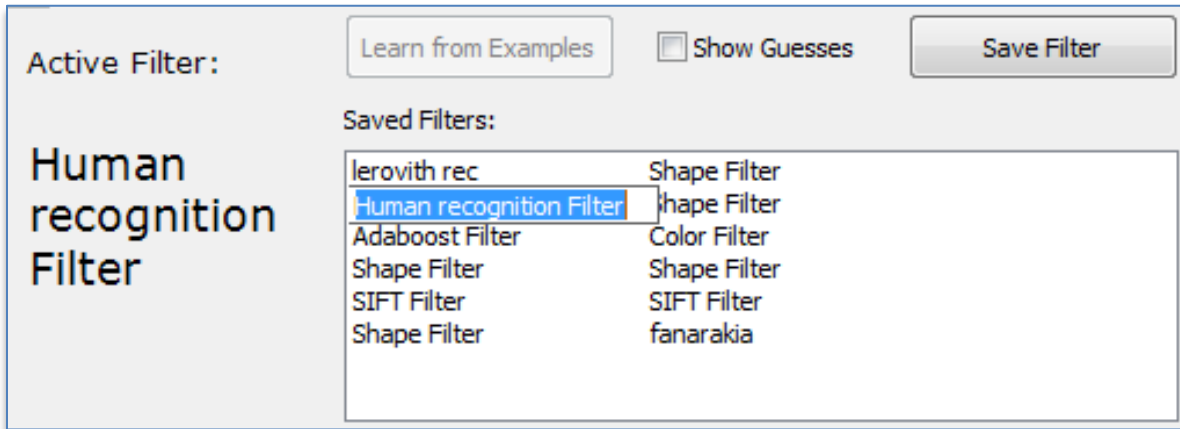
δεύουμε το φίλτρο σύμφωνα με το νέο σύνολο παραδειγμάτων εκπαίδευσης πατώντας το πλήκτρο **Learn from Examples**.



Εικόνα 56 - Μαντεψιές αναγνώρισης του φίλτρου.

- Επαναλαμβάνουμε το προηγούμενο βήμα φροντίζοντας να εναλλάσσουμε τη τιμή του Filter Threshold ανάλογα με τις επιδόσεις του φίλτρου κάθε φορά, προσπαθώντας να επιτύχουμε υψηλό ποσοστό αναγνώρισης ανθρώπινου προτύπου με μείωση των λανθασμένων ενεργοποιήσεων του φίλτρου. Επιπλέον, για τη βελτίωση των επιδόσεων του ακολουθούμε την ίδια διαδικασία και σε άλλα βίντεο, ενώ μπορούμε να εισάγουμε επιπρόσθετα παραδείγματα εκπαίδευσης από φωτογραφικό υλικό επιλέγοντας **“Open Sample(s)...”** από το μενού **File**.
- Αφού τελειώσουμε με τη διαδικασία υλοποίησης του φίλτρου πατάμε το πλήκτρο **“Save Filter”** ώστε να το αποθηκεύσουμε. Το φίλτρο εμφανίζεται πλέον στο πεδίο κάτω δεξιά έχοντας το όνομα του αλγορίθμου κατηγοριοποίησης που έχουμε επιλέξει και εί-

ναί έτοιμο να χρησιμοποιηθεί. Για να το μετονομάσουμε αρκεί να κάνουμε δύο φορές αριστερό κλικ πάνω του και στη συνέχεια να πληκτρολογήσουμε το επιθυμητό όνομα (Εικόνα 57).



Εικόνα 57 – Αποθήκευση & Μετονομασία φίλτρου.

Το φίλτρο που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής έχει Filter Threshold περίπου 80% και για τη δημιουργία του χρησιμοποιήθηκαν τρία βίντεο.

3. Διαδικασία Αναγνώρισης.

Για να ξεκινήσουμε τη λειτουργία της αναγνώρισης του Eyepatch από το μενού Mode επιλέγουμε **Run Recognizers**. Από το πεδίο Custom Filters επιλέγουμε το φίλτρο που κατασκευάσαμε πριν (Human recognition Filter) κάνοντας διπλό κλικ πάνω του. Το φίλτρο εμφανίζεται στο διπλανό πεδίο, Active Filters, κάνοντας διπλό κλικ εμφανίζονται οι ρυθμίσεις εξόδου για το φίλτρο. Φροντίζουμε να έχουμε ενεργοποιήσει οπωσδήποτε την επιλογή **BoundingBoxes**. Στη συνέχεια στο πεδίο Outputs κάνουμε διπλό κλικ στην επιλογή **“XML over TCP on Port 8000”**. Τέλος, πατώντας το κουμπί **“Run on Live Video!”** η λειτουργία της αναγνώρισης ξεκινά έχοντας ως είσοδο το βίντεο που μας στέλνει σε πραγματικό χρόνο η κάμερα που βρίσκεται εγκατεστημένη στο χώρο εποπτείας (πεδίο INPUT VIDEO). Τα αποτελέσματα της ανίχνευσης φαίνονται στο πεδίο FILTERED VIDEO ενώ ταυτόχρονα στέλνονται σε μορφή XML σύμφωνα με το πρωτόκολλο TCP στην πόρτα 8000, ώστε να παραληφθούν από το σύστημα ασφαλείας Sec, όπως θα δούμε στην υποενότητα που ακολουθεί.

4. Προσθήκες στο συστήματος ασφαλείας Sec.

Μετά τη δημιουργία του φίλτρου και την έναρξη της διαδικασίας αναγνώρισης ανθρώπινου προτύπου απομένει η συλλογή και η διαχείριση των αποτελεσμάτων από το πρόγραμμα ασφαλείας. Συγκεκριμένα για το σκοπό αυτό προστέθηκε η κλάση **EyepatchSocketClient** η οποία υλοποιεί ένα Socket Client που αναμένει δεδομένα από την πόρτα 8000 του τοπικού u-

πολογιστή (διότι εκεί τρέχει το Eyeratch στην συγκεκριμένη περίπτωση, θα μπορούσε να βρίσκεται σε διαφορετικό κόμβο εγκατεστημένο). Επιπλέον, ελέγχει για την ύπαρξη του υπολογιστή που αναμένουμε τα δεδομένα και αν μπορεί να επιτευχθεί σύνδεση με τον υπολογιστή αυτό.

Εφόσον η σύνδεση επιτευχθεί τα δεδομένα που λαμβάνονται αποθηκεύονται σ' ένα buffer γραμμή προς γραμμή. Σ' αυτό το σημείο ελέγχονται για το αν έχει ενεργοποιηθεί το φίλτρο αναγνώρισης ανθρώπινου προτύπου. Αναλυτικότερα, λόγω του ότι έχουμε ζητήσει από το Eyeratch να μας επισημαίνει τις περιοχές εκείνες που προκαλούν την ενεργοποίηση του φίλτρου (επιλογή BoundingBoxes από τις ρυθμίσεις εξόδου του φίλτρου) αναζητούμε στα δεδομένα που έχουμε αποθηκεύσει στο buffer αν βρίσκεται η λέξη κλειδί *BoundingBoxes*. Επιπροσθέτως, εξετάζουμε να μην είναι ήδη ενεργοποιημένος ο συναγερμός. Αν ικανοποιούνται οι δύο παραπάνω συνθήκες τότε εκτυπώνεται η ένδειξη «!!!ALARM!!!» και ενεργοποιείται ο συναγερμός, καλώντας τη μέθοδο *play()* από την κλάση **AlarmPlayer** που δημιουργήθηκε για να υλοποιεί τη λειτουργία του ηχητικού συναγερμού. (Διαφορετικά πραγματοποιούμε απλή εκτύπωση των δεδομένων για λόγους ελέγχου.)

B. Σενάριο Λειτουργίας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται ένα σενάριο λειτουργίας του Συστήματος Ασφαλείας Sec με την επιπρόσθετη λειτουργία της αναγνώρισης ανθρώπινου προτύπου. Θεωρούμε ως δεδομένα:

- Την εγκατάσταση κάμερας στο χώρο εποπτείας η οποία είναι συνδεδεμένη με το Eyeratch.
- Την εγκατάσταση κάμερας στο χώρο εποπτείας η οποία είναι συνδεδεμένη με το Σύστημα Ασφαλείας Sec.
- Το φίλτρο αναγνώρισης έχει δημιουργηθεί και έχει ξεκινήσει η διαδικασία ανίχνευσης.
- Το πρόγραμμα ασφαλείας βρίσκεται σε λειτουργία και διαβάζει χωρίς επιπλοκές από εξωγενείς παράγοντες τα δεδομένα που αποστέλλει το Eyeratch.

Υποθέτουμε, λοιπόν, πως αρχικά ο χώρος είναι ασφαλής και δεν υπάρχει παρουσία ανθρώπου. Στην Εικόνα 58 φαίνεται ένα στιγμιότυπο με τι θα μπορούσε να δείχνει το Eyeratch σε λειτουργία αναγνώρισης εκείνη τη στιγμή, ενώ το Sec δέχεται ως είσοδο:

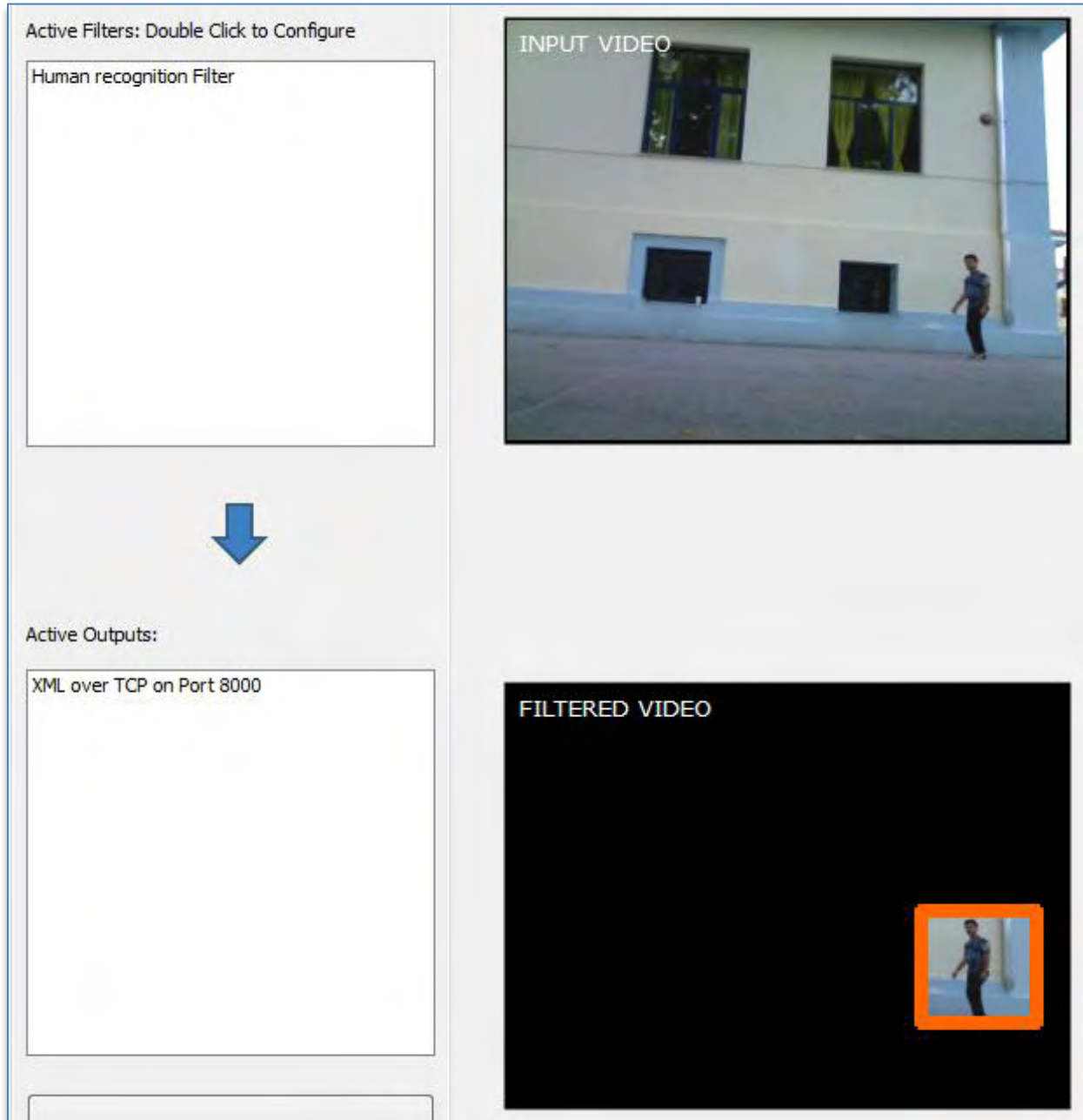
```
</FRAME>  
<FRAME ID="Human recognition Filter">
```

Και τα ανατυπώνει προσθέτοντας στην αρχή την ένδειξη «Eyeratch: », δηλαδή τυπώνει τα εξής:

</FRAME>

<FRAME ID="Human recognition Filter">

<BoundingBoxes X="83" Y="46" WIDTH="41" HEIGHT="41" />



Εικόνα 59 - Στιγμιότυπο λειτουργίας του Egeratch όπου στο χώρο εποπτείας εισέρχεται κάποιος άνθρωπος.

Επομένως το Σύστημα Ασφαλείας θα εντοπίσει την ενεργοποίηση του φίλτρου και αφού δεν είναι ήδη ενεργοποιημένος ο ηχητικός συναγερμός, θα τον ενεργοποιήσει τυπώνοντας ταυτό-

Κεφάλαιο 5^ο

Σαν επίλογο για την εργασία αυτή ο συγγραφέας της θα ήθελε να τονίσει το μεγάλο ενδιαφέρον που παρουσιάζει ο σχετικά νέος τομέας της Υπολογιστικής Όρασης (Computer Vision), ο οποίος έχει ήδη βρει τη θέση του στη βιομηχανία μέσω της μηχανικής όρασης (Machine Vision), σε συνδυασμό με την τεχνολογία των αισθητήρων. Έχει ήδη αρχίσει να επεκτείνεται με γοργούς ρυθμούς σε διάφορα υπολογιστικά συστήματα που χρησιμοποιούμε στη καθημερινότητα μας, όπως ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές με δυνατότητες αναγνώρισης προσώπου, χαμόγελου κτλ, αυτοκίνητα που αντιλαμβάνονται το περιβάλλον γύρω τους και αντιδρούν κατάλληλα ενεργοποιώντας τους υαλοκαθαριστήρες ή τα φώτα πορείας, επιβραδύνοντας ή ακόμα εντοπίζοντας και κατανοώντας τις πινακίδες της κυκλοφορίας και αντιδρούν ανάλογα κ.α. Δεν είναι μακριά η εποχή που τα σπίτια μας θα λειτουργούν εντελώς αυτόματα φροντίζοντας για την ασφάλεια μας, θα αυτοκαθαρίζονται με τη βοήθεια έξυπνων οικιακών συσκευών, θα ελέγχουν την υγρασία και τη θερμοκρασία του αέρα, ακόμα τα αποθέματα τροφίμων στο ψυγείο ή τα ντουλάπια μας. Συνειδητοποιούμε, λοιπόν, πώς η Υπολογιστική Όραση και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι δύο τεχνολογίες που εισάγουν την Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) στη ζωή μας βελτιώνοντας την ποιότητα της και καθιστώντας την ευκολότερη.

Στις επόμενες ενότητες του κεφαλαίου αυτού θα παρατεθούν μερικές πιθανές βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν, οι προοπτικές που θα μπορούσε να έχει ένα τέτοιο σύστημα ασφαλείας, καθώς και μερικές προτάσεις επέκτασής του.

A. Βελτιώσεις

Κατά τη διαδικασία υλοποίησης της παρούσας εργασίας εντοπίστηκαν κάποια σημεία τα οποία βελτιώνοντας τα θα μπορούσε να αυξηθεί η απόδοση του Συστήματος Ασφαλείας Sec, του προγράμματος Eyeratch αλλά και γενικότερα να βελτιωθεί η μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Πιο συγκεκριμένα:

- ❖ Παρατηρήθηκε πως το Eyeratch κατά τη λειτουργία αναγνώρισης με ορισμένα φίλτρα γεμίζει τη μνήμη του συστήματος φτάνοντας σε σημείο λυγισμού (thrashing), το γεγονός αυτό εξαρτάται κυρίως από την πολυπλοκότητα του εκάστοτε αλγορίθμου κατηγοριοποίησης και το μέγεθος της ανάλυσης του βίντεο. Παρά την προσπάθεια που έγινε για επικοινωνία με τους δημιουργούς του Eyeratch δεν υπήρξε αποτέλεσμα.
- ❖ Θα πρέπει να μελετηθεί η δυνατότητα του συστήματος να εποπτεύει πολλούς διαφορετικούς χώρους ταυτόχρονα. Να εξεταστεί, δηλαδή, η δυνατότητα κλιμάκωσης του και ο τρόπος που επηρεάζεται η απόδοση του όταν αυξάνεται ο αριθμός των κόμβων του

WSN και οι περιοχές που χρήζουν εποπτείας. Η παρούσα εργασία δεν ήταν εφικτό να ασχοληθεί με το θέμα αυτό λόγω έλλειψης υλικοτεχνικής υποδομής.

- ❖ Να αναζητηθούν δυναμικότερες υλοποιήσεις της αλληλεπίδρασης Sec – Eyeratch με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης.

B. Προοπτικές

Σύμφωνα με τις αρχικές προοπτικές του Συστήματος Ασφαλείας Sec, αλλά και με αυτές που εμφανίστηκαν ύστερα από αυτή την εργασία θα μπορούσε στο μέλλον να υλοποιηθούν:

- ✓ Η λειτουργία αποστολής προειδοποιητικού μηνύματος στο χρήστη, είτε μέσω email, είτε με κάποιο μήνυμα (SMS) σε προεπιλεγμένο αριθμό κινητού τηλεφώνου, όταν ενεργοποιηθεί κάποιος συναγερμός του συστήματος επισυνάπτοντας τις παραμέτρους των μετρήσεων και ένα στιγμιότυπο του χώρου εποπτείας εκείνης της χρονικής στιγμής.
- ✓ Η δυνατότητα αποθήκευσης βίντεο με την ενεργοποίηση του συναγερμού, για λόγους αρχείου και όχι μόνο.
- ✓ Υποστήριξη παρακολούθησης περισσοτέρων από μια κάμερες σε πολλαπλές οθόνες.
- ✓ Υλοποίηση φίλτρου ανίχνευσης κίνησης προς συγκεκριμένη κατεύθυνση με σκοπό το συνδυασμό του με την λειτουργικότητα αυτής της εργασίας. Έγινε μια προσπάθεια στα πλαίσια αυτής της εργασίας..

Γ. προτάσεις

Με αφορμή τις προοπτικές της εργασίας αυτής αλλά και με διάφορες ιδέες που δημιουργήθηκαν κατά την διεκπεραίωση της, γεννήθηκαν πολλές ενδιαφέροντες ιδέες που συνοψίζονται στις ακόλουθες προτάσεις:

- ✚ Συνδυασμός των αισθητήρων κίνησης που διαθέτει το WSN που ελέγχει το Sec με τις δυνατότητες αναγνώρισης του Eyeratch για τον αποδοτικότερο εντοπισμό των απειλών και τη μείωση του περιθωρίου λανθασμένου συναγερμού.
- ✚ Υλοποίηση δυνατότητας απομακρυσμένης πρόσβασης στο σύστημα μέσω ιντερνέτ ή και ακόμα μέσω εφαρμογής σε smartphone.
- ✚ Υλοποίηση συστήματος πυρασφάλειας συνδυάζοντας τους αλγορίθμους φωτεινότητας του Eyeratch και του αισθητήρα θερμοκρασίας του WSN του Sec.
- ✚ Προσθήκη στο σύστημα καμερών με δυνατότητες κίνησης (σε οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα, δυνατότητα περιστροφής και εστίασης) που θα μπορούν να ακολουθούν τον εισβολέα του συστήματος σύμφωνα με τα δεδομένα από τα αποτελέσματα της αναγνώρισης.
- ✚ Προγραμματισμός του συστήματος ώστε να αναγνωρίζει τα φίλια πρόσωπα, όπως πχ μέλη του προσωπικού ασφαλείας, ιδιοκτήτες, πελάτες κτλ, είτε με τη βοήθεια ανα-

γνώρισης βιομετρικών χαρακτηριστικών, είτε με τον εφοδιασμό των ατόμων αυτών με συσκευή-ταυτότητα που θα την εντοπίζει το σύστημα μέσω του WSN και δεν θα σημαίνει το συναγερμό.

- ✚ Προγραμματισμός του συστήματος ώστε να δέχεται οπτικές εντολές βασισμένες στον αλγόριθμο αναγνώρισης χειρονομιών το Eyeratch.

Βιβλιογραφία

- Ολοκληρωμένο Σύστημα Ασφάλειας βασισμένο σε Δίκτυα Αισθητήρων: Σχεδιασμός - Ανάπτυξη. Δημήτριος Αναγνωστόπουλος (2008)
- Σύστημα διαχείρισης στάθμευσης με χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων σε πραγματικό περιβάλλον. Νικόλαος Λαρίσης (2011)
- Καταγραφή και απεικόνιση δεδομένων δικτύου ασύρματων αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο. Λεωνίδα Περλεπές
- http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network
- www.tinyos.net
- <http://en.wikipedia.org/wiki/TinyOS>
- Memsic Inc. "Mica2_Datasheet.pdf"
- Object Detection and Semi-Automatic Image Annotation. C. Varytimidis (2008)
- en.wikipedia.org/wiki/Computer_Vision
- [En.wikipedia.org/wiki/Machine_Learning](http://en.wikipedia.org/wiki/Machine_Learning)
- [En.wikipedia.org/wiki/Pattern_Recognitions](http://en.wikipedia.org/wiki/Pattern_Recognitions)
- Opencv.willowgarage.com
- www.cs.uoi.gr/kblekas/courses/pr
- www.netbeans.org
- [En.wikipedia.org/wiki/NetBeans](http://en.wikipedia.org/wiki/NetBeans)
- [En.wikipedia.org/wiki/Java_Media_Framework](http://en.wikipedia.org/wiki/Java_Media_Framework)
- www.ontomedia.de/credits.html
- <http://hci.stanford.edu/research/eyepatch/>
- Eyepatch: Prototyping Camera based interaction through Examples. Dan Maynes-Aminzade, Terry Winograd (Stanford University – Computer Science Department) & Takeo Igarashi (University of Tokyo – Computer Science Department)
- <http://code.google.com/p/eyepatch/>

- Interactive Visual Prototyping of Computer Vision Applications Dan Maynes-Aminzade (Stanford University – Computer Science Department)
- Designing Interactions When Computers Can See. Terry Winograd (Computer Science Department). Human-Computer Interaction Group Hasso Plattner Institute of Design (d.school) (2007)
- [En.wikipedia.org/wiki/Real_Time_Transport_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Real_Time_Transport_Protocol)
- [En.wikipedia.org/wiki/XML](http://en.wikipedia.org/wiki/XML)
- [En.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol)
- [En.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol)
- [En.wikipedia.org/wiki/Open_Sound_Control](http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Sound_Control)
- Investigation into Shape Recognition. Jonathan Preece (2010)