



# Cognitive SLAM: Knowledge-Based Simultaneous Localization and Mapping

**Davide Tateo**

Relatore: Andrea Bonarini

3 Ottobre 2014

## Il Problema

### Problema:

- Localizzazione di robot autonomi in complessi ambienti indoor
- Utilizzo della conoscenza di un esperto per estrarre informazione dall'ambiente

### Obiettivi:

- Estrazione di feature ad alto livello (oggetti)
- Tracking a lungo termine degli oggetti
- Localizzazione basata su oggetti come landmark

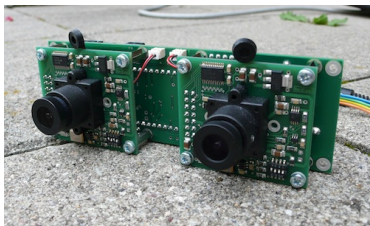
# Sommario

1. Stato dell'Arte
2. Struttura logica del sistema
3. Architettura del sistema
4. Risultati
5. Conclusioni

# Stato dell'Arte

## Sensori:

- Sonar
- Laser
- Videocamere
- RGB-D
- IMU
- Magnetometro

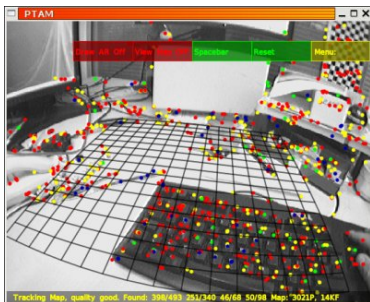


## Feature:

- Punti
- Linee

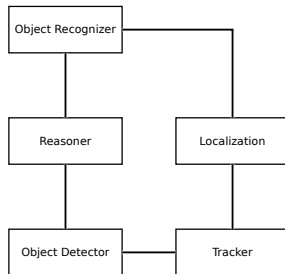
## Algoritmi:

- EKF-SLAM
- FastSLAM



# Struttura logica del sistema

- Sistema modulare
  - Reasoning
  - Individuazione degli oggetti
  - Riconoscimento degli oggetti
  - Tracking
  - Localizzazione
- Utilizzo di knowledge base
- Tracking a lungo termine feature
- Approccio Full-SLAM



- Utilizzo della logica fuzzy per affrontare incertezze
  - Incertezza sensori
  - Incertezza modello
- Classificazione degli oggetti tramite classificatore fuzzy ad albero
- Definizione di due linguaggi formali:
  - Classificatore (modello oggetti)
  - Knowledge base (symbol grounding)
- Algoritmo di reasoning
  - Classificazione gerarchica
  - Relazioni tra gli oggetti

## Individuazione e riconoscimento

- Basati sulle proprietà geometriche dell'immagine
  - Linee (trasformata di Hough)
  - Cluster (DBSCAN)
  - Rettangoli
- Posa del robot per filtrare le linee orizzontali e verticali
- Euristiche per riconoscere i rettangoli dalle linee
- Classificazione delle feature tramite classificatore fuzzy ad albero

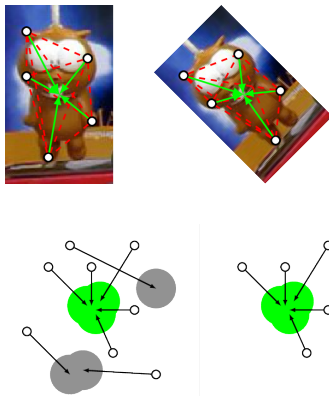
## Individuazione e riconoscimento





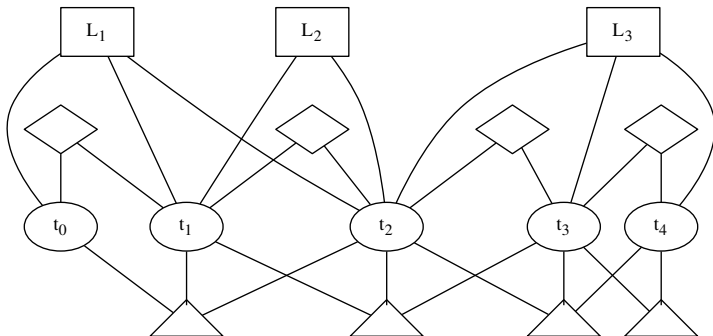
## CMT: Consensus-based Matching and Tracking of Keypoints

- Algoritmo di tracking a lungo termine
- Basato su keypoint
  - BRISK per estrarre e descrivere keypoint
  - Optical flow per trackare i keypoint estratti
- Stima di:
  - scala
  - rotazione
- Clustering e politica di consenso per determinare il centro di massa



## Mapping

- Minimizzazione dell'errore di riproiezione
- Stima dei landmark e pose simultanea (Approccio full-slam)
- Sensor fusion per integrare informazioni dagli altri sensori
- Stima di massima verosimiglianza su factor graph



## Errore sulle track

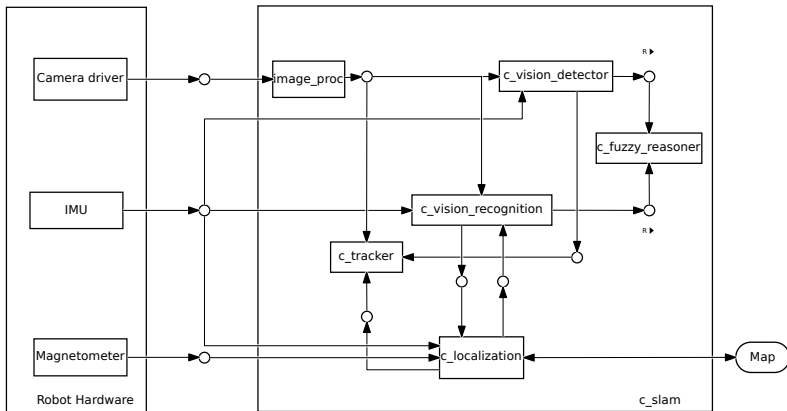
$$\hat{L}^I = K \cdot \left[ R_W^C | t_W^C \right] \cdot L^W$$
$$e = \hat{L}^I - L^I + \eta$$

## Errore sugli oggetti

$$\hat{L}_i^I = K \cdot \left[ R_W^C | t_W^C \right] \cdot H_O^W \cdot L^O$$
$$e_i = \hat{L}_i^I - L_i^I + \eta$$

- Middleware: ROS - Robot Operating System
  - Publish-Subscribe
  - Client-Server
  - Interfacce sensori
- Fusione Multisensoriale: ROAMFREE - Robust Odometry Applying Multisensor Fusion to Reduce Estimation Errors
  - IMU, magnetometro
  - Track
  - Oggetti
- Analisi di immagine: OpenCV 2
- Parser del classificatore: Flex e Bison

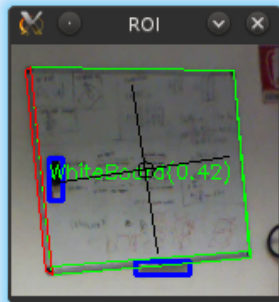
# Architettura del sistema



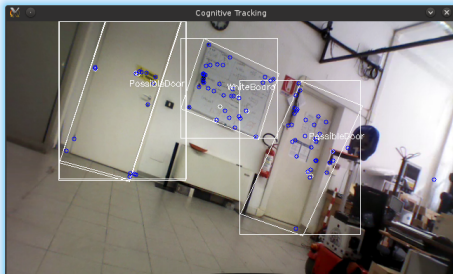
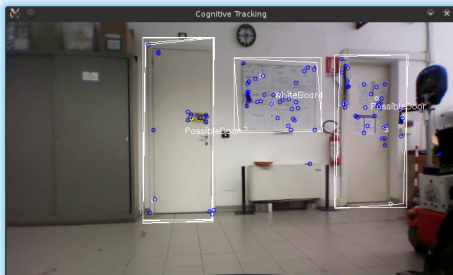
## Risultati - Individuazione



# Risultati - Riconoscimento



## Risultati - Tracking





Test effettuati su un processore i7-4500U, 4GB di ram:

- individuazione e riconoscimento degli oggetti real time (in media 20/25 fps)
- tracking real time, frame rate medio dipendente dal numero di track seguite in parallelo (1 ~20 fps, 10 ~5 fps)
- Mapping effettuato con tecniche batch (bundle adjustment).
- Localizzazione su mappa nota possibile in real time.

## Risultati - Costo computazionale

Le prestazioni del sistema sono ampiamente migliorabili:

- Algoritmi più efficienti di estrazione delle feature
- Feature estratte solo su keyframe
- Integrazione con la mappa

## Risultati - Video individuazione e tracking

## Risultati - Video riconoscimento

## Conclusioni

- Sistema di localizzazione basato sugli oggetti
- Riconoscimento degli oggetti effettuato grazie alle loro caratteristiche geometriche
- Mappe semantiche dell'ambiente
- Possibilità di fare inferenza sull'ambiente
- Utilizzo dell'informazione estraibile da più sensori a basso costo
- Sistema real-time di riconoscimento di feature
- Mapping con tecniche batch

# Domande?

Powered by L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X