



# 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

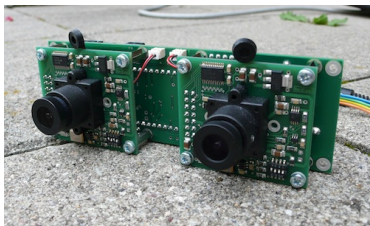
# Sommario

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

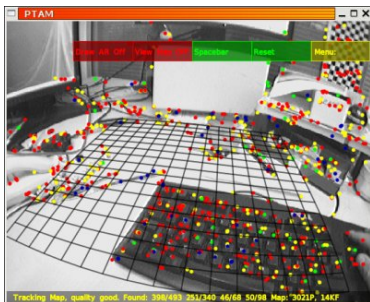


## Feature:

- Punti
- Linee

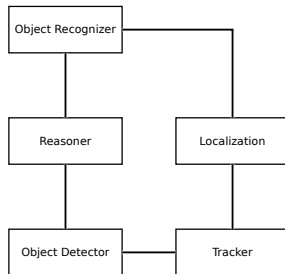
## Algoritmi:

- 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



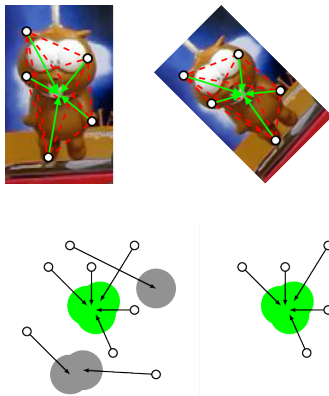
- Utilizzo della logica fuzzy per affrontare incertezze
  - Incertezza sensori
  - Incertezza modello
- Classificazione degli oggetti tramite classificatore fuzzy ad albero
- Definizione di due linguaggi formali:
  - Classificatore (modello oggetti)
  - Knowledgebase (symbol grounding)
- Algoritmo di 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 quadrati dalle linee
- Classificazione delle feature tramite classificatore fuzzy ad albero

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

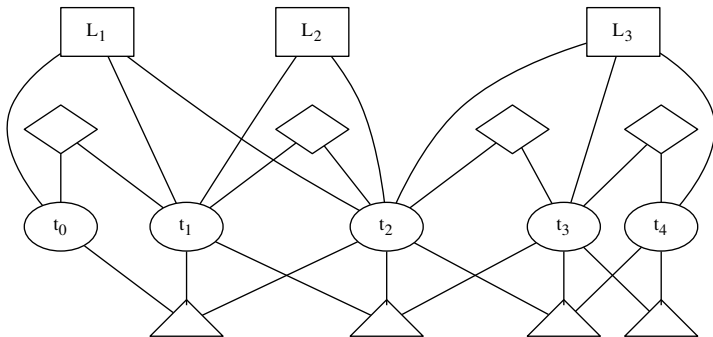
- Algoritmo di tracking a lungo termine
- Basato su keypoints
  - BRISK per estrarre e descrivere keypoints
  - Optical flow per trackare i keypoints estratti
- Stima di:
  - scala
  - rotazione
- Clustering e politica di consenso per determinare il centro di massa





## Mapping

- Stima dei landmark basata sull'errore di riproiezione
- Approccio full-slam
- Sensor fusion per migliorare l'odometria e stimare la scala
- Factor graph per stimare pose e landmark



## Errore sulle track

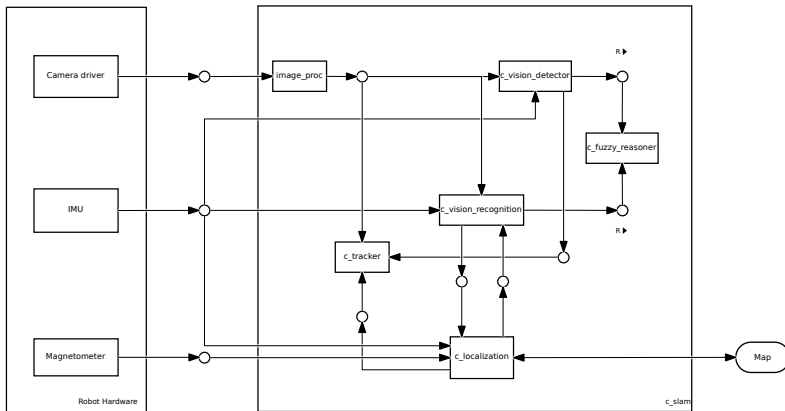
$$\hat{L}^I = K \cdot \left[ R_W^C | t_W^C \right] \cdot L^W$$
$$e = \hat{L}^I - L^I + \eta$$

## Errore sugli oggetti

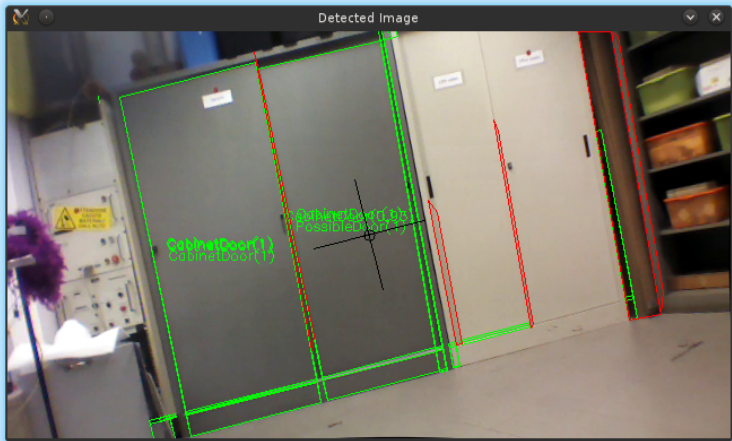
$$\hat{L}_i^I = K \cdot \left[ R_W^C | t_W^C \right] \cdot H_O^W \cdot L^O$$
$$e_i = \hat{L}_i^I - L_i^I + \eta$$

- 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

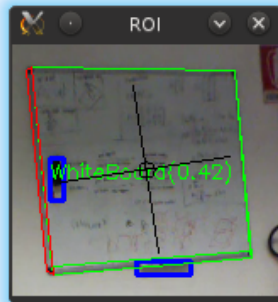
# Architettura del sistema



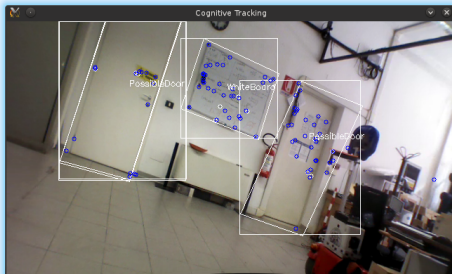
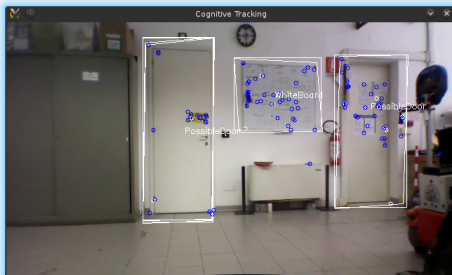
## Risultati - Individuazione



## Risultati - Riconoscimento



## Risultati - Tracking



- 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 di tutta l'informazione estraibile da sensori a basso costo
- Costo computazionale ragionevole





---

# Domande?

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