



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

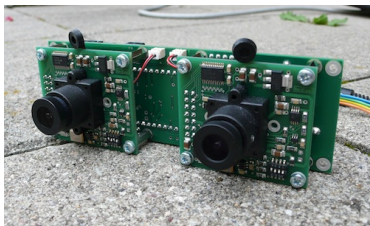
Sommario

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

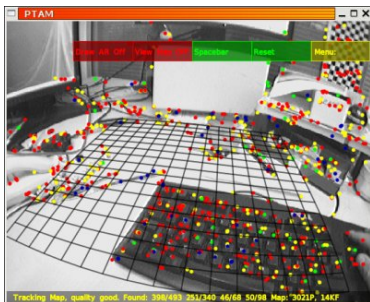


Feature:

- Punti
- Linee

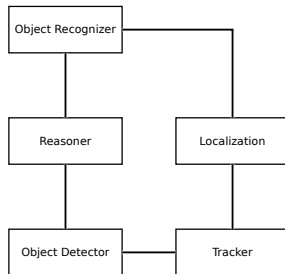
Algoritmi:

- 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

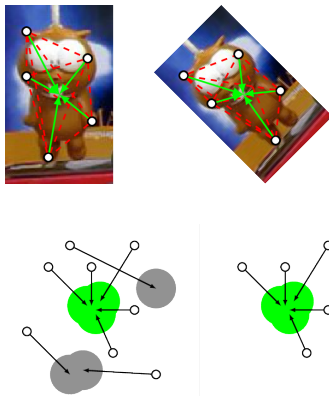
- Basati sulle proprietà geometriche dell'immagine
 - Linee (trasformata di Hough)
 - Cluster (DBSCAN)
 - Rettangoli
- Posa del robot per filtrare le linee orizzontali e verticali
- Euristiche per riconoscere i rettangoli dalle linee
- Classificazione delle feature tramite classificatore fuzzy ad albero

Individuazione e riconoscimento



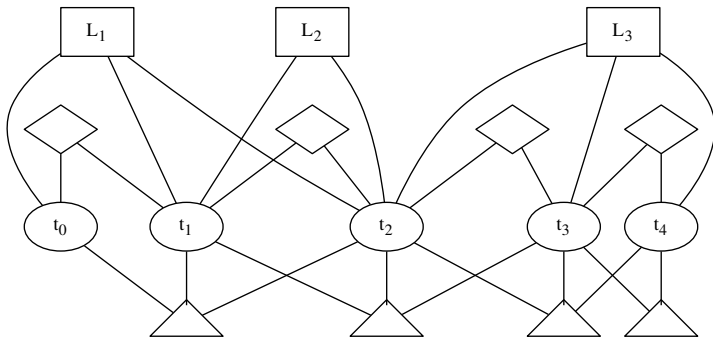
CMT: Consensus-based Matching and Tracking of Keypoints

- 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

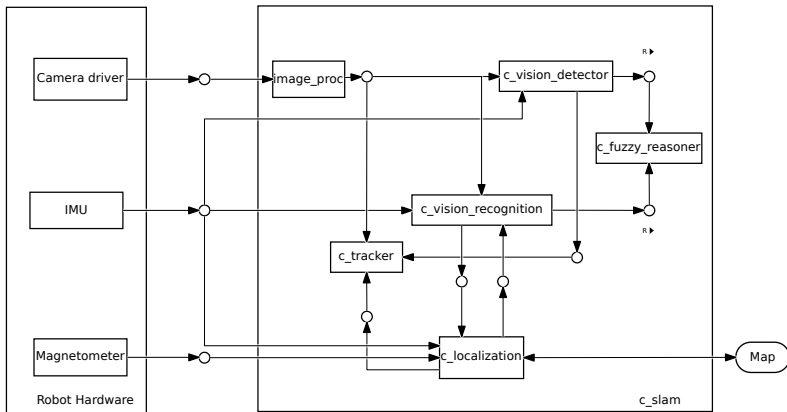
$$\hat{L}^I = K \cdot \left[R_W^C | t_W^C \right] \cdot L^W$$
$$e = \hat{L}^I - L^I + \eta$$

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

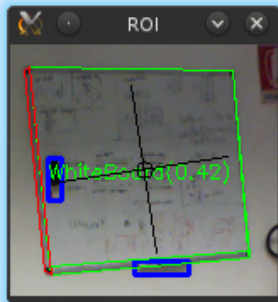
Architettura del sistema



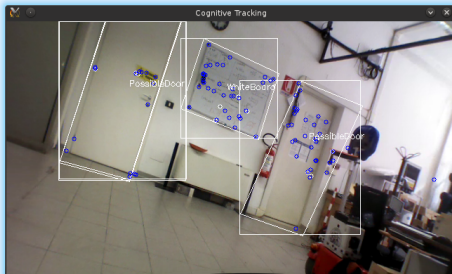
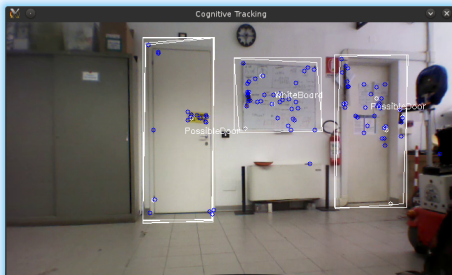
Risultati - Individuazione



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^AT_EX