



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

Robot autonomi di servizio basati su componenti standard

Ing. Matteo Munaro

Lab. di Sistemi Autonomi Intelligenti (IAS-Lab)

Università di Padova

16/04/12 - Bologna



Persone allo IAS-Lab

Staff

- Enrico Pagello, Full Professor of Computer Science
- Emanuele Menegatti, Associate Professor
- Michele Moro, Assist. Professor

Students

- Stefano Michieletto, PhD
- Matteo Munaro, PhD
- Filippo Basso, PhD
- Mauro Antonello, PhD
- Riccardo Levorato, PhD
- About 10 Master-level students

Post-doc

- Alberto Pretto, Post Doc
- Stefano Ghidoni, post-doc
- Edmond So, post-doc
- Fabio Dalla Libera, Post Doc

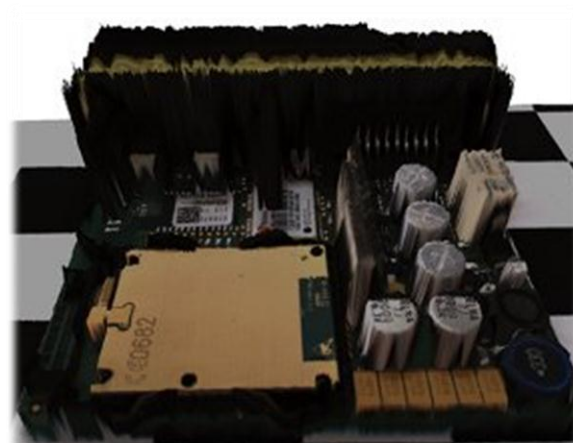
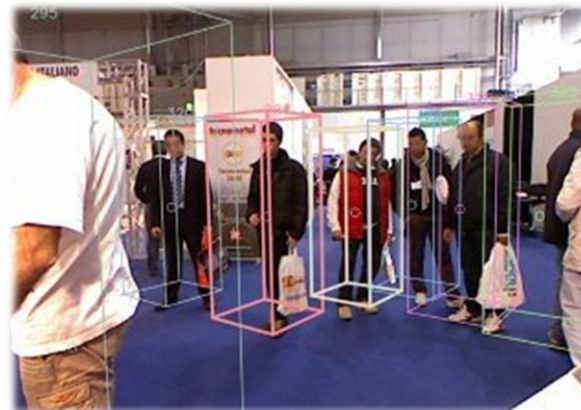
Collaborations

- Antonio D'angelo and Claudio Mirolo, Assist. Prof.s at Udine University
- Stefano Carpin, Assoc. Prof. at Univ. of California (USA)
- Hiroshi Ishiguro, Prof. Univ. of Osaka (JAPAN)
- Tamio Arai, Prof. Univ. of Tokyo (Japan)
- Frank Dellaert, Prof. Georgia Tech Inst. (USA)
- Wolfram Burgard, Prof. Univ. of Freiburg (Germany)
- Gostai URBI (France)



Ricerca allo IAS-Lab

- Programmazione Robotica
- Visione Robotica & Sistemi di Visione Distribuita
- Visione per Robotica Industriale
- Localizzazione Robotica e Mappatura dell'Ambiente tramite la Visione
- Robotica Umanoide
- Interazione Uomo Robot attraverso Tocco e Visione
- Integrazione dei Robot con Reti di Sensori Wireless





Progetti allo IAS-Lab

Recently Funded Projects:

- EU-FoF 2011
 - **Thermobot** - Autonomous robotic system for thermo-graphic detection of cracks
- EU-RfSME
 - **3DComplete** - Efficient 3D Completeness Inspection
- EU-FSE 2009:
 - **iSP** - Innovative Simulation and Programming of robotics workcells
 - **iDVS2** - Intelligent Distributed Audio and Video Surveillance System
- EU-FSE 2008:
 - **iDVS**: Intelligent Distributed Vision System for surveillance and quality inspection
- University of Padua 2009:
 - Mobility, Perception, and Coordination for a Team of Autonomous Robots
- EU-Comenius2 2006:
 - **TERECop**: Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods





Visione Omnidirezionale

Specchio

Telecamera



Telecamera omnidirezionale:

- Specchio Convesso
- Telecamera Prospettica
- Cilindro di perspex (supporto)





Mappatura con Visione Omnidirezionale

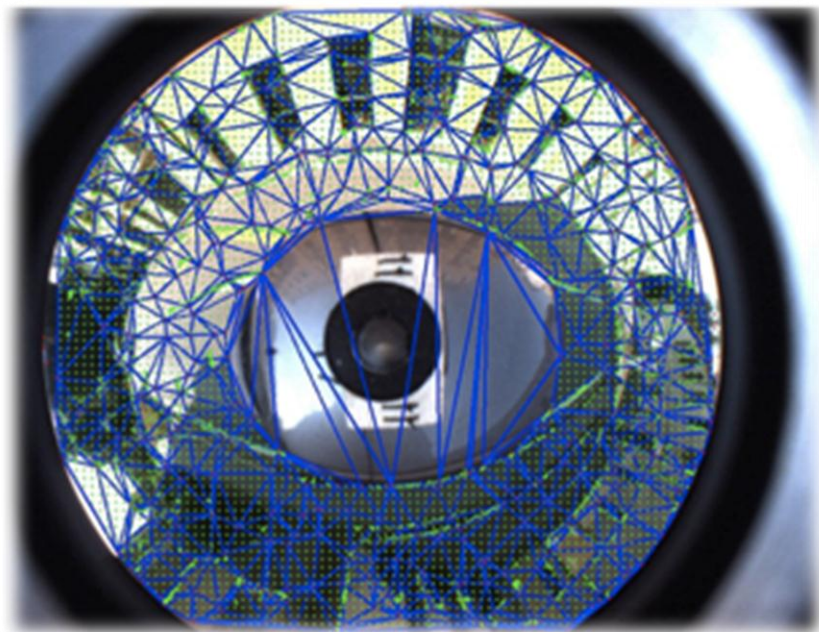
- Ricostruzione del percorso dell'automobile solo dalle immagini riprese
- **Ricostruzione 3D** dell'ambiente attraversato





Mappatura con Visione Omnidirezionale

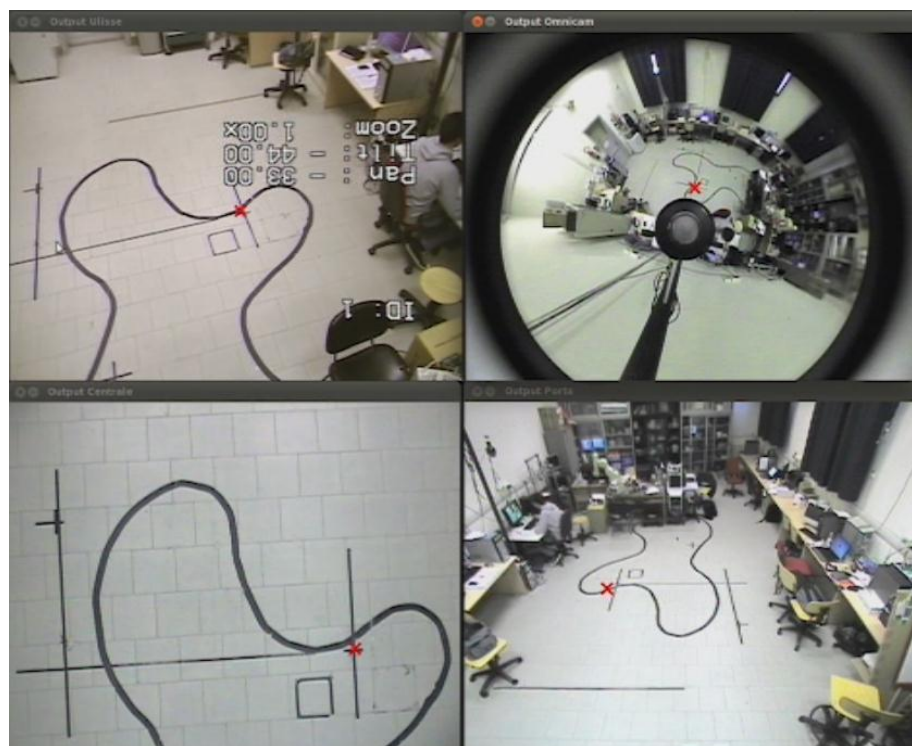
- Ricostruzione del percorso dell'automobile solo dalle immagini riprese
- **Ricostruzione 3D** dell'ambiente attraversato



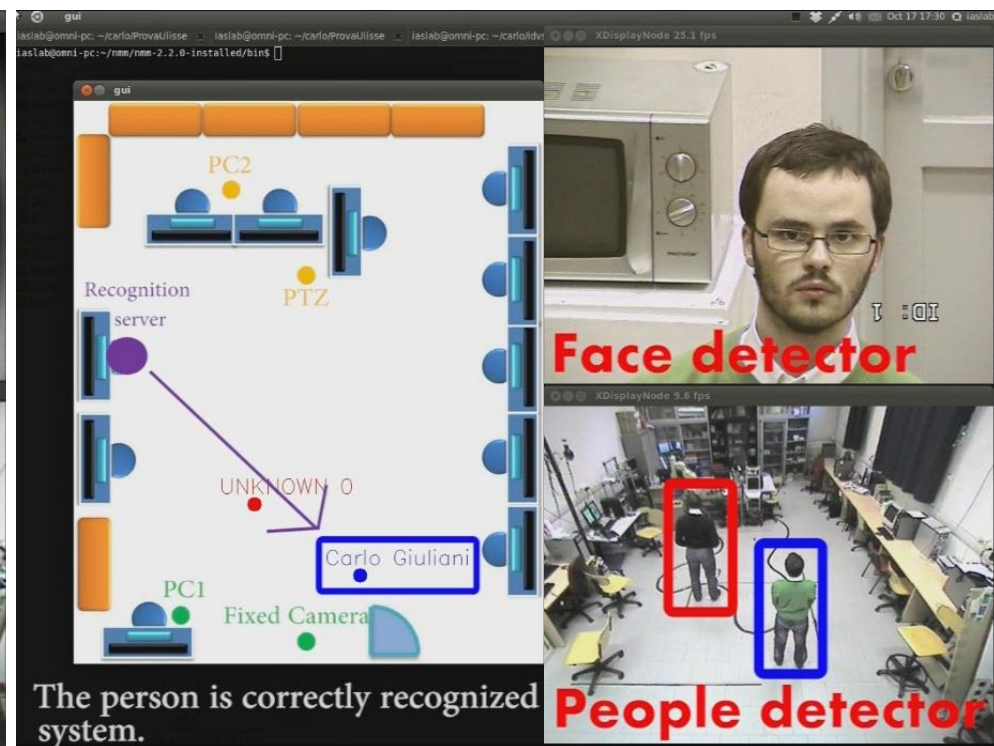


Reti di Telecamere e Algoritmi Distribuiti

Point & Click



Face Recognition Distribuito



Trasferimento Tecnologico allo IAS-Lab

Applicazioni industriali

Autonomous robots, industrial vision,
video surveillance, real-time operating systems,
robotics simulations



[HOME](#)

[COMPANY](#)

[PRODUCTS](#)

[PROJECTS](#)

[MEDIA](#)

[CONTACTS](#)



WORKCELLSIMULATOR

SOFTWARE SOLUTION THAT
ALLOWS TO MANAGE AN
ENVIRONMENT FOR THE
SIMULATION OF A ROBOTIC WORK
CELL.



REAL-TIME

IT IS AN HARDWARE/SOFTWARE SYSTEM
CAPABLE OF CONTROLLING MACHINERY
THAT ARE USUALLY CONTROLLED BY A
MICROPROCESSOR OR A PLC.



QUALITY CONTROL

QUALITY VISUAL INSPECTION IS A
SOFTWARE PACKAGE THAT
PROVIDES THE AUTOMATIC
DETECTION OF DEFECTS IN ITEMS
THAT COME OUT OF THE
PRODUCTION LINE.



VIDEO SURVEILLANCE

SMART VIDEO SURVEILLANCE IS A
SOFTWARE PACKAGE THAT IMPLEMENTS
THE AUTOMATIC PROCESSING OF IMAGES
PROVIDED BY CCTV SURVEILLANCE
CAMERAS.

News

**VenMec 2011 - Padua,
25-28 November 2011**

[Read more...](#)

**BIMEC 2011 - Rho, 16-19
November 2011**

**Robotica 2011 - Rho, 16-19
November 2011**

**BlechExpo - Stuttgart, 6-7
June 2011**

**Gijon, 27 - 28 April 2011 –
3DComplete Project
Meeting**

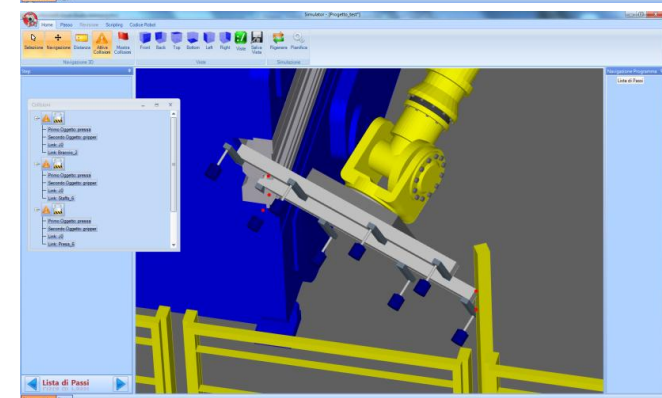
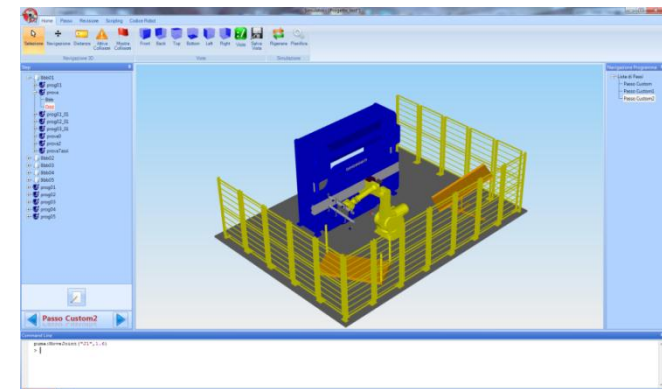
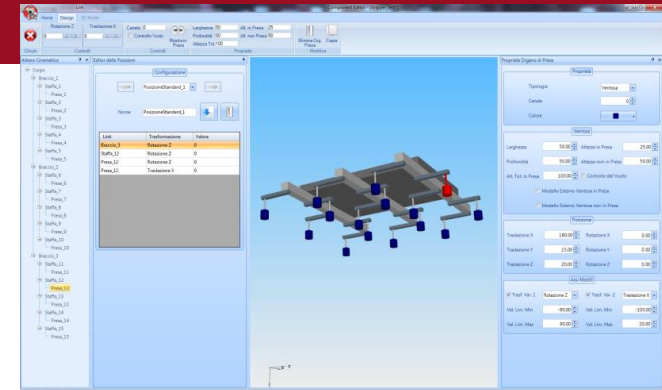
- Dal 2005 abbiamo creato una **spin-off** dello IAS-Lab



WorkCellSimulator

Software suite for **cell simulation**

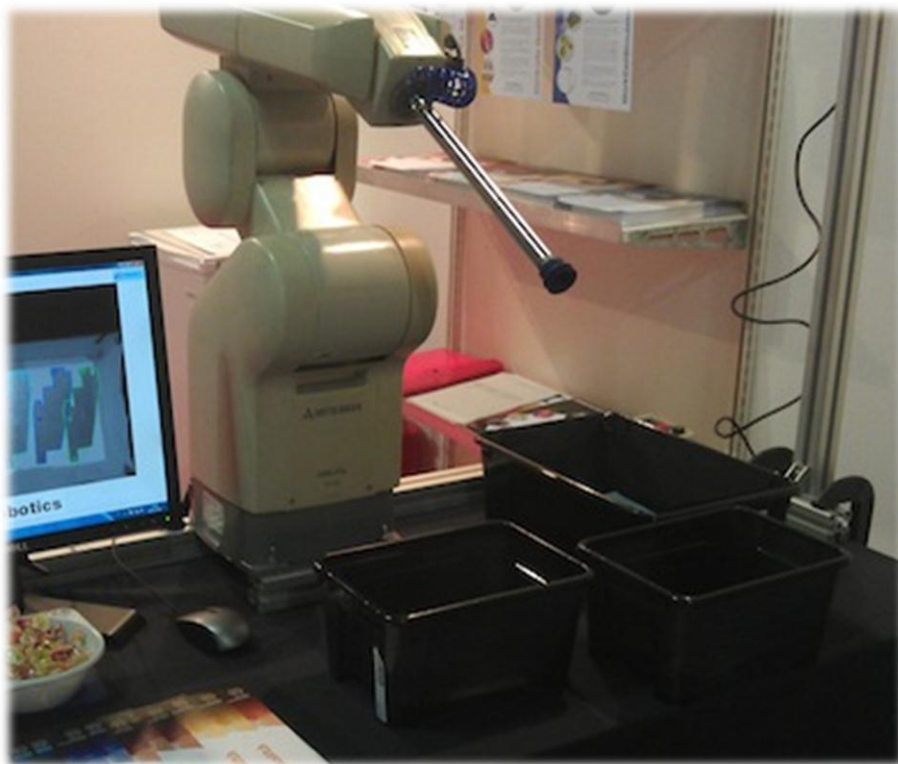
- Component Editor
- Workcell Editor
- Simulator
- Robot Code Compiler





Bin Picking

Prelevare pezzi alla rinfusa da un cassone

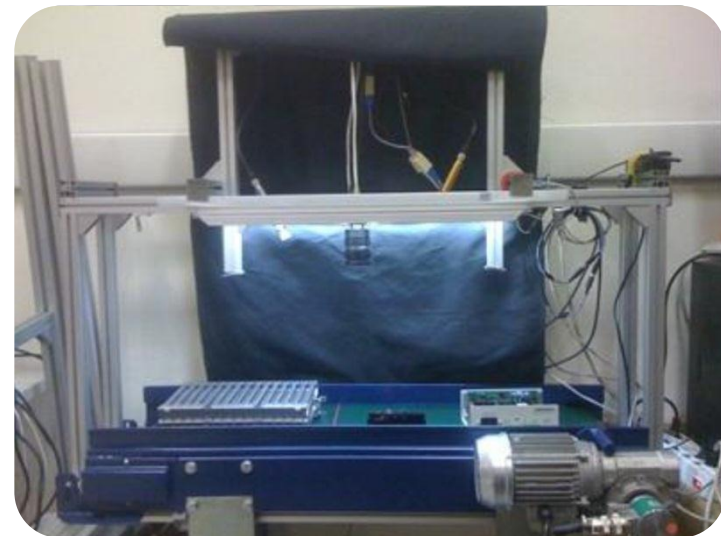
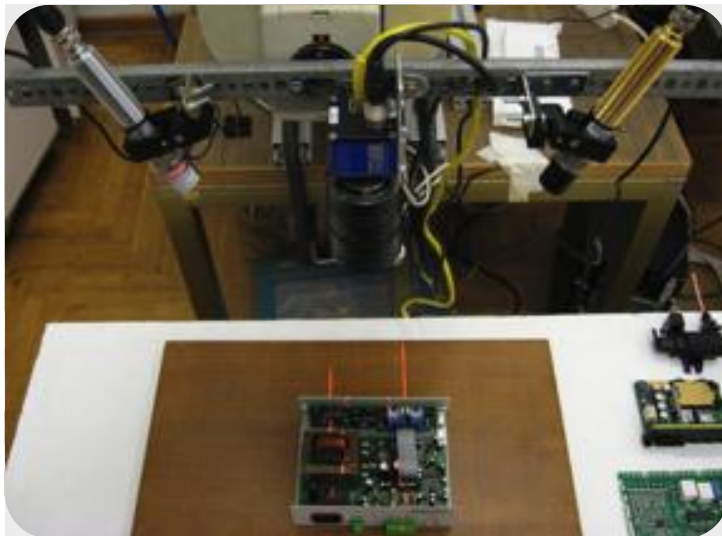
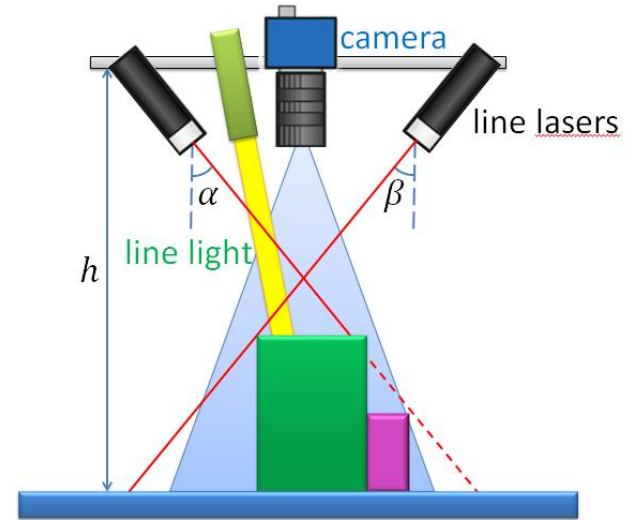


IT+Robotics



3D Complete – Progetto Europeo

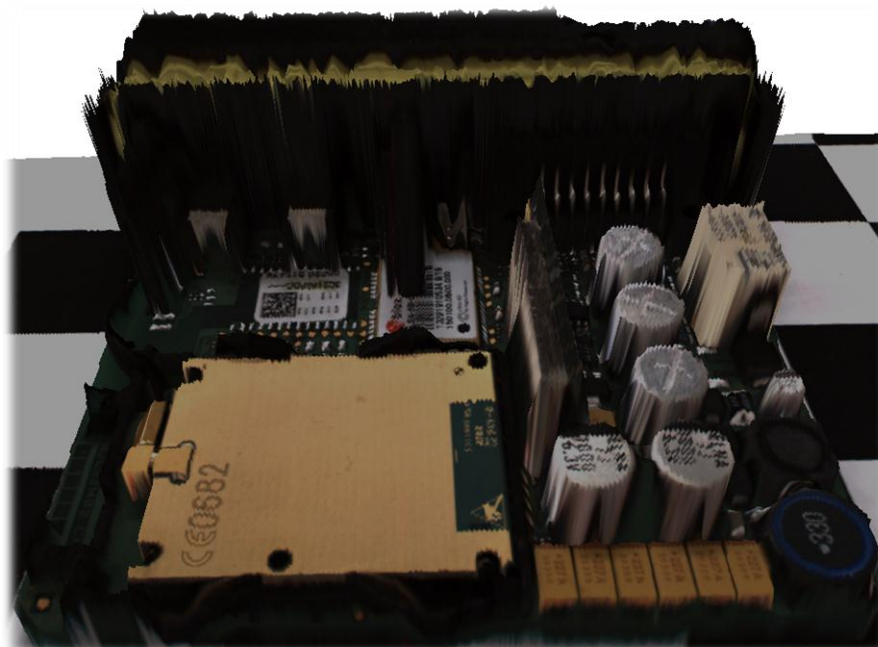
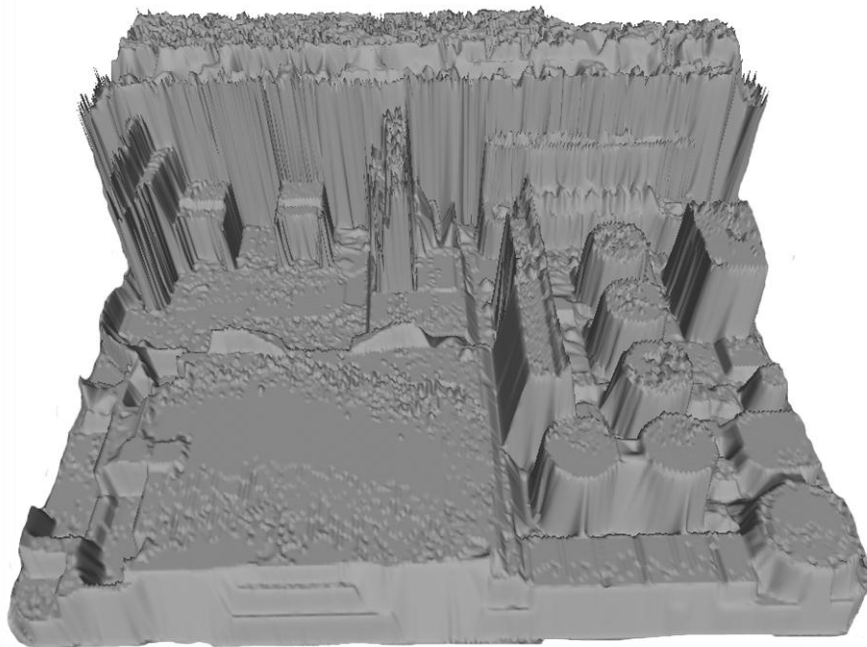
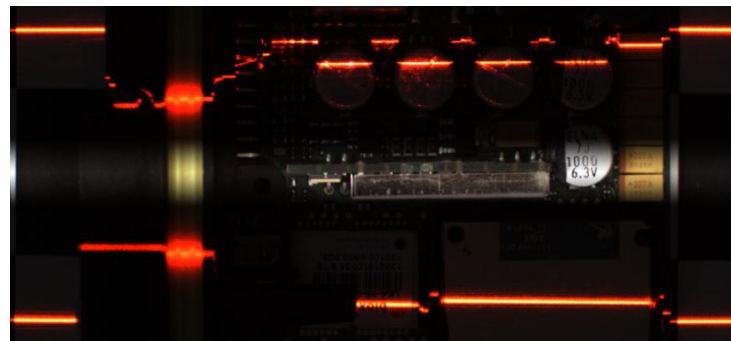
- Finanziamento di 365.000 Euro dall'UE
- Realizzazione di un sistema di **controllo qualità in 3D** completamente automatico
- 3 aziende europee
- 3 centri di ricerca europei





Acquisizione e Risultati

- Ricostruzione di un **modello 3D**
- Aggiunta del **colore** vero e delle scritte
- Algoritmi di **controllo qualità**



Robotica Autonoma di Servizio



Percezione = Intelligenza

- I **robot di servizio** devono lavorare a stretto contatto con l'uomo:
 - si devono **muovere** ed esplorare
 - l'ambiente attorno a loro cambia in continuazione
 - la **percezione** di cosa gli circonda è fondamentale perché compiano le **azioni** giuste.
 - La percezione è ciò che li rende davvero **intelligenti** e **autonomi**.



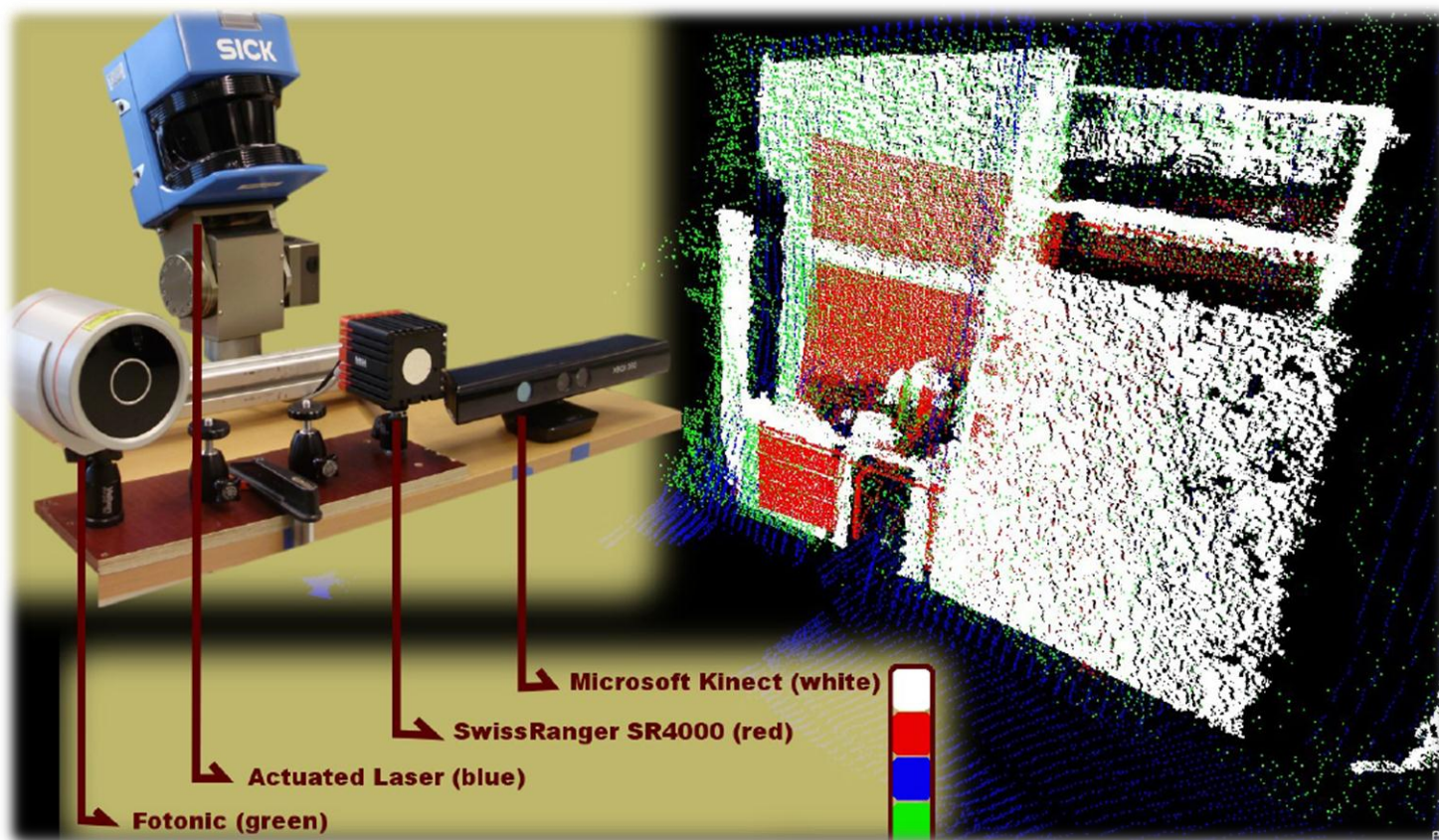
Percezione 2D

- Le immagini **bidimensionali** possono ingannare



Percezione 3D

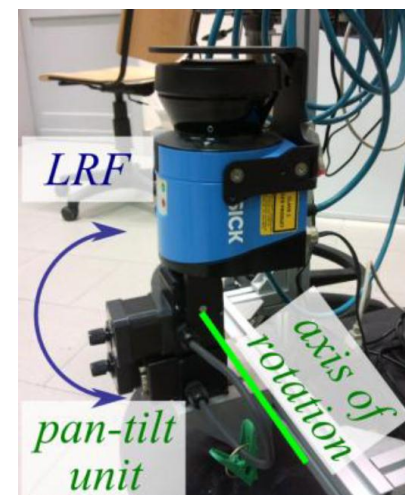
- E' fondamentale che il robot percepisca il mondo in **3D**
- Esistono vari sensori diversi che misurano le **distanze** in maniera veloce e precisa
- Alcuni di essi possono essere usati solo **all'interno**





DVL-SLAM: Ricostruzione RGB-Depth

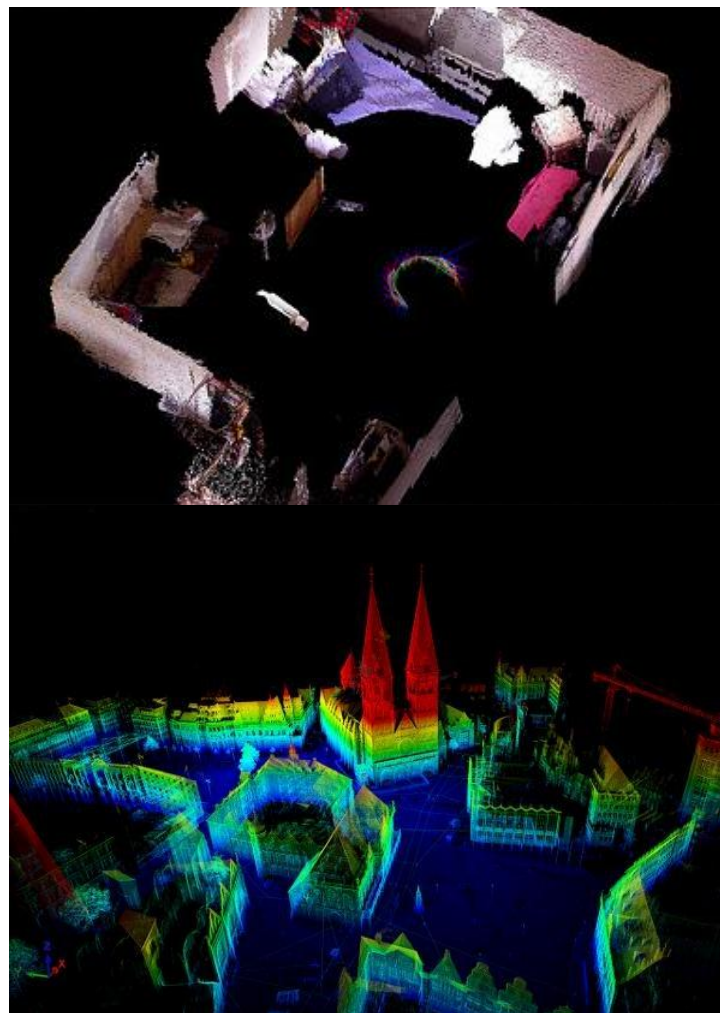
- **Obiettivo:** ricostruzione densa sia ottica che 3D (**RGB-D**) di ambienti **indoor** e **outdoor**
- Strumenti:
 - telecamera **omnidirezionale**
 - **laser range finder** attuato da un'unità pan-tilt
 - **robot mobile**





DVL-SLAM: Ricostruzione RGB-Depth

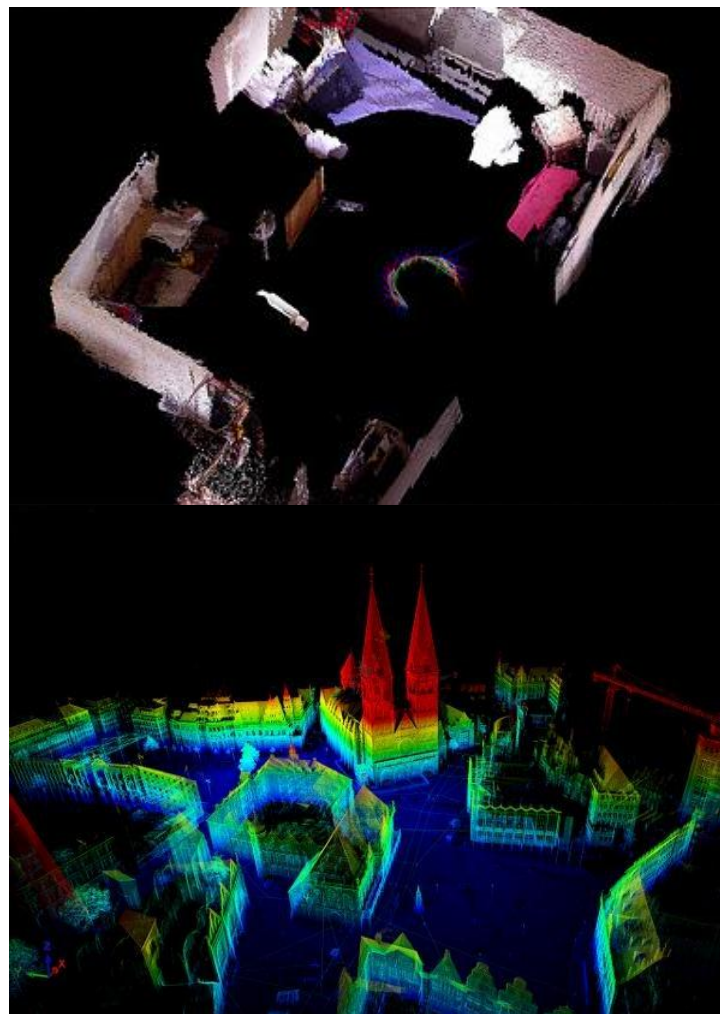
- **Obiettivo:** ricostruzione densa sia ottica che 3D (**RGB-D**) di ambienti **indoor** e **outdoor**
- Strumenti:
 - telecamera **omnidirezionale**
 - **laser range finder** attuato da un'unità pan-tilt
 - **robot mobile**
 - Algoritmi di **SLAM** per la simultanea ricostruzione di ambienti e localizzazione del robot all'interno di essi





DVL-SLAM: Ricostruzione RGB-Depth

- **Obiettivo:** ricostruzione densa sia ottica che 3D (**RGB-D**) di ambienti **indoor** e **outdoor**
- Strumenti:
 - telecamera **omnidirezionale**
 - **laser range finder** attuato da un'unità pan-tilt
 - **robot mobile**
 - Algoritmi di **SLAM** per la simultanea ricostruzione di ambienti e localizzazione del robot all'interno di essi
 - Utilizzo del **cloud computing** per estrarre immagini aggiuntive o compiere computazioni complesse.



RGB-D indoor: Microsoft Kinect



- Dati **RGB + Depth** a **30Hz** con risoluzione **640x480** pixel
- Depth **range**:
 - condizioni ideali: 0.5-15m
 - condizioni indoor realistiche: 0.5-8m
- Molto economica: **150€**





RGB-D indoor: Microsoft Kinect

- Sfrutta una triangolazione attiva matriciale, proiettando un pattern strutturato **all'infrarosso**
- Problemi principali:
 - l'illuminazione esterna con componenti infrarosse disturba la stima delle distanze \Rightarrow non può essere usata all'esterno (in presenza di **luce solare**)
 - La **precisione** della depth decresce con la distanze al quadrato

Pattern proiettato

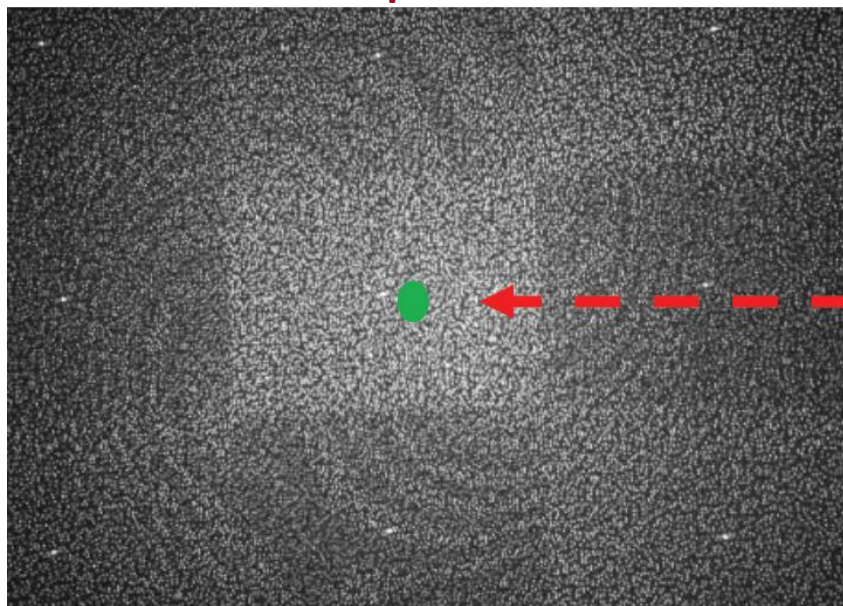
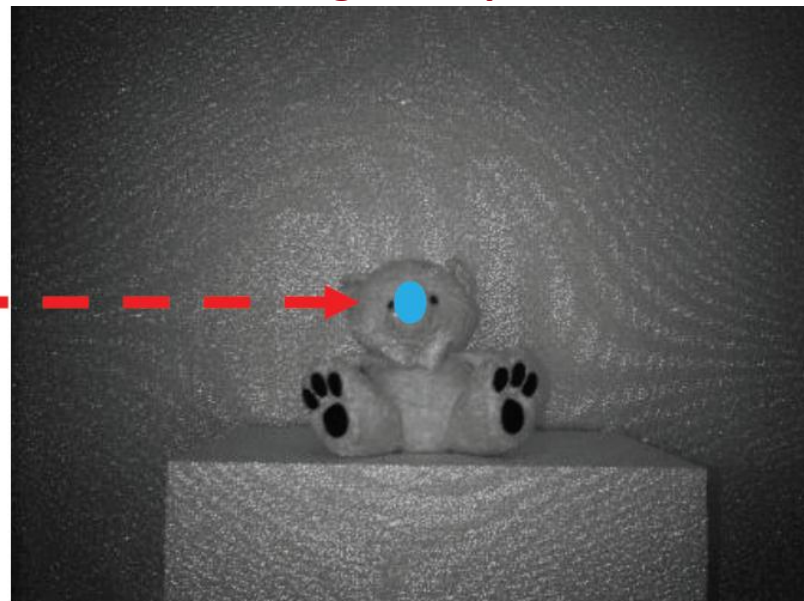


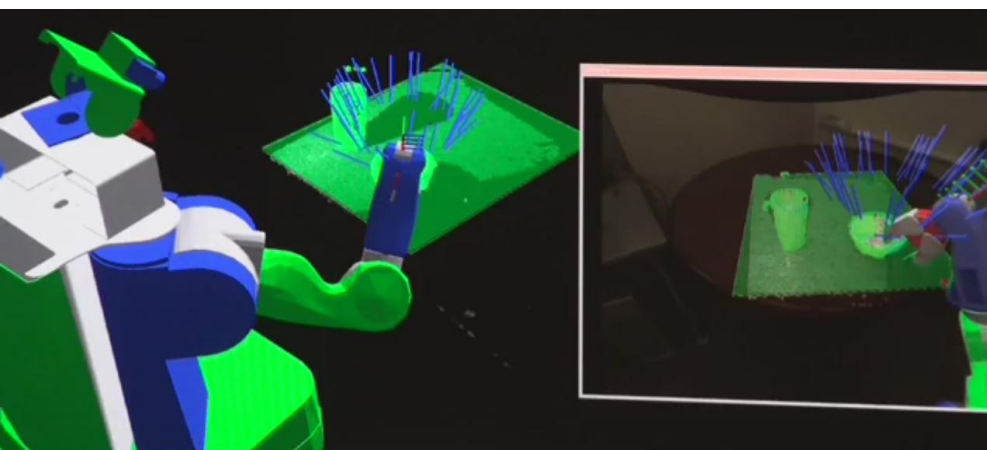
Immagine acquisita





ROS: framework per la robotica

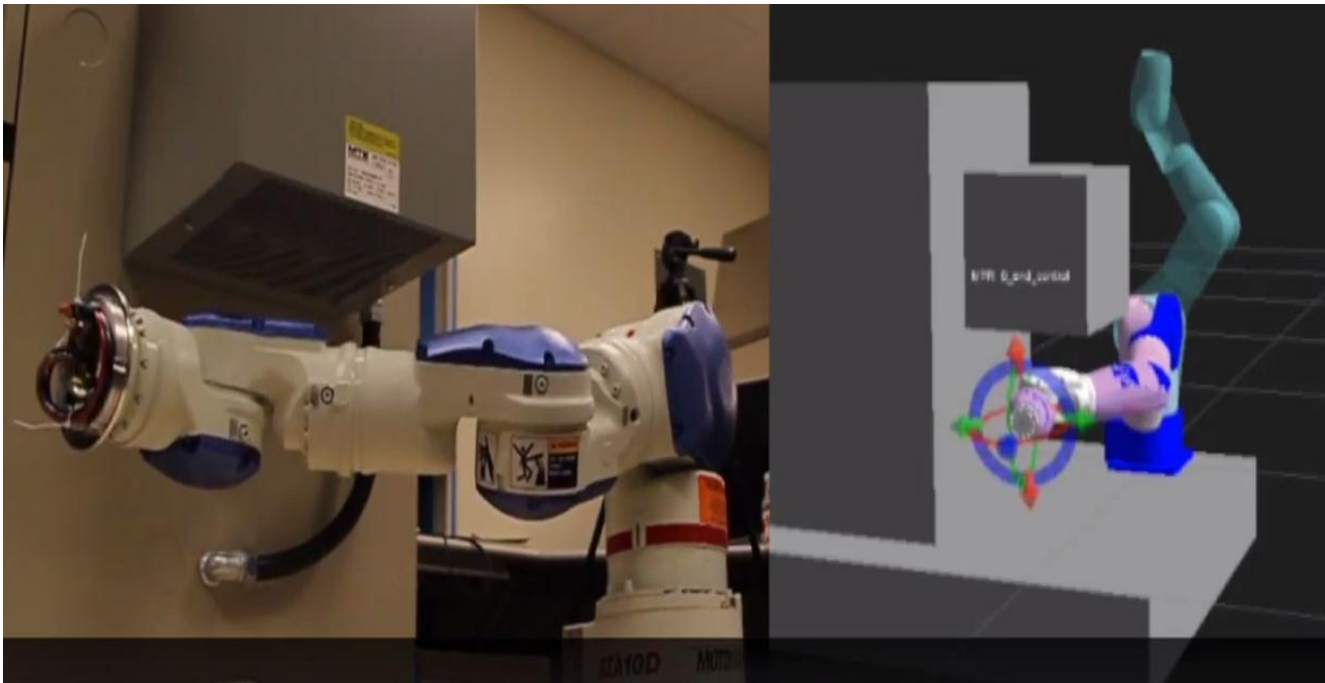
- **Middleware** per la robotica con alcune funzioni da sistema operativo
- Fornisce librerie e strumenti per creare più facilmente **applicazioni robotiche**
- Facilità soprattutto:
 - l'interfacciamento con più sensori (ha **drivers** per molti sensori)
 - la **visualizzazione** e il **debugging**
 - lo scambio di **messaggi** tra moduli diversi
- Contiene numerose **librerie** utilizzabili per la navigazione, il motion planning, il trattamento di immagini e di dati 3D
- E' modulare, multi-linguaggio e **open source**.





ROS: applicazioni industriali

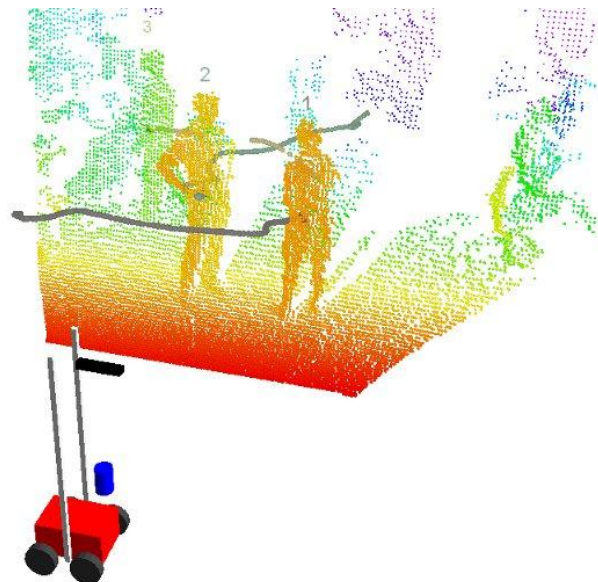
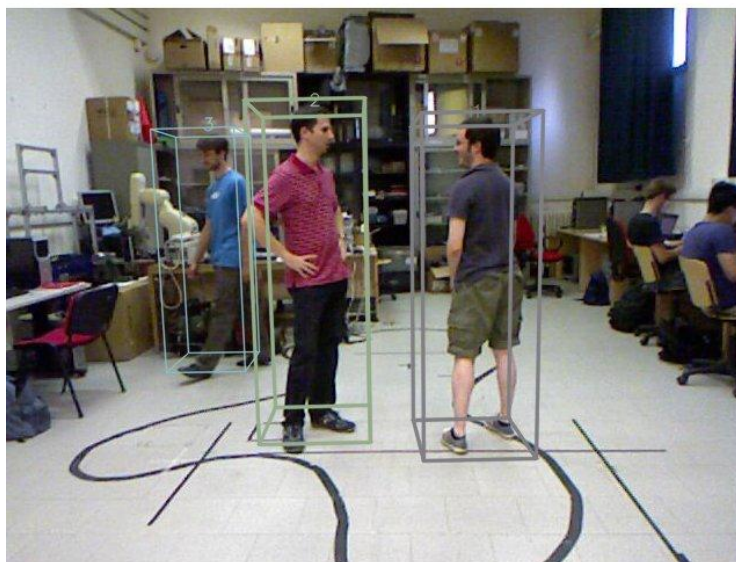
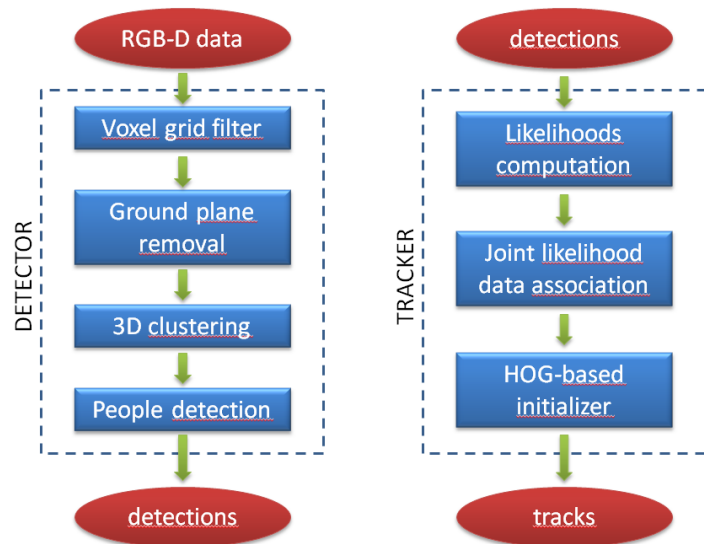
- Primo utilizzo industriale: **Motoman** Robotics Division per applicazione pick and place in ambiente non strutturato
- Si è integrato ROS nei sistemi di controllo industriali
 - mantenuta **affidabilità** e sicurezza
 - messe a disposizioni le **funzionalità algoritmiche** e di **message passing** di ROS
- Progetto rilasciato come pacchetto ROS **open source** (ROS industrial)





RGB-D People Tracking con Kinect

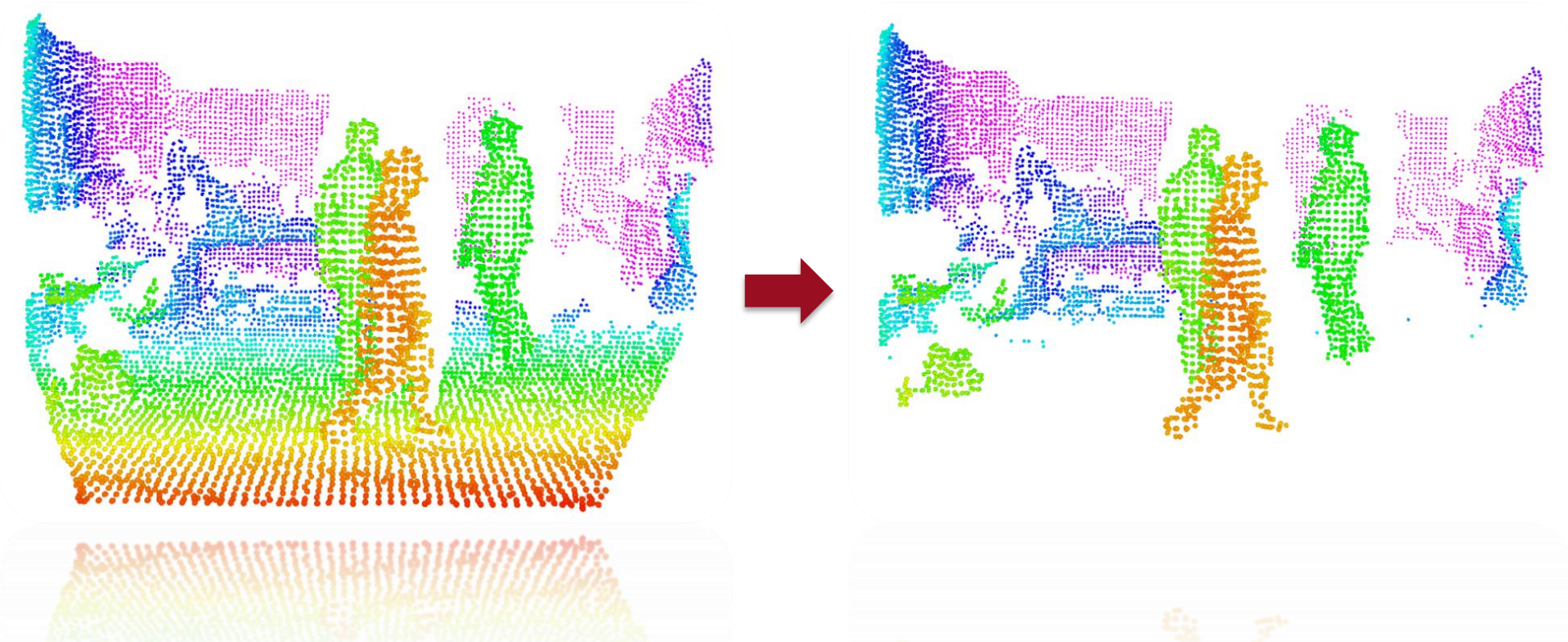
- Detection e Tracking di persone da **robot mobile** con dati RGB-D
- Unico sensore: Microsoft **Kinect**
- Utilizzo di **ROS** come framework
- Ipotesi: le persone si muovono su un piano





Rimozione del ground plane

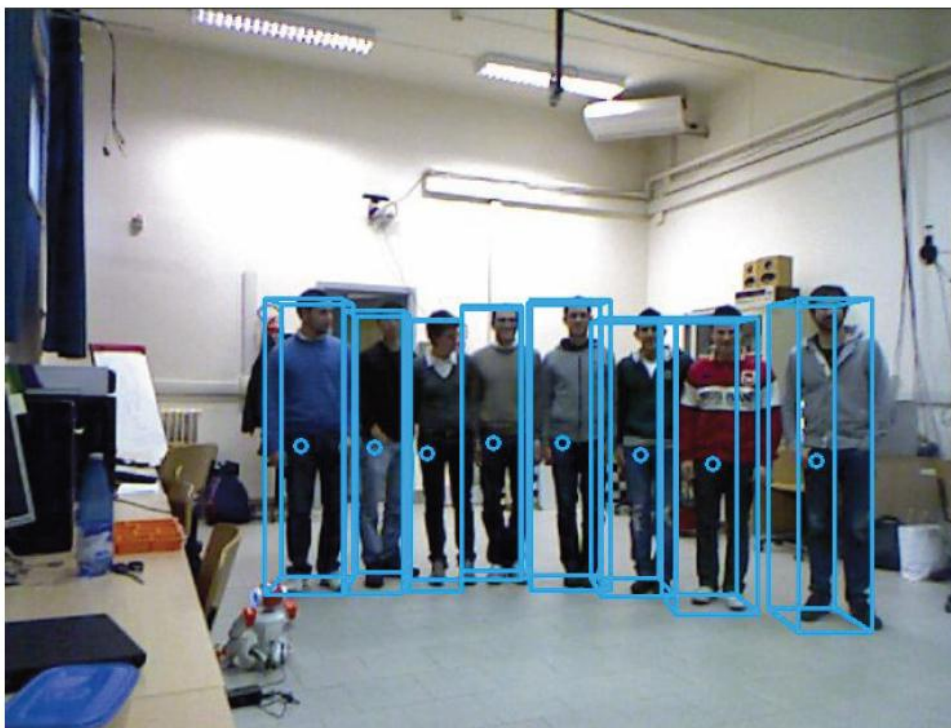
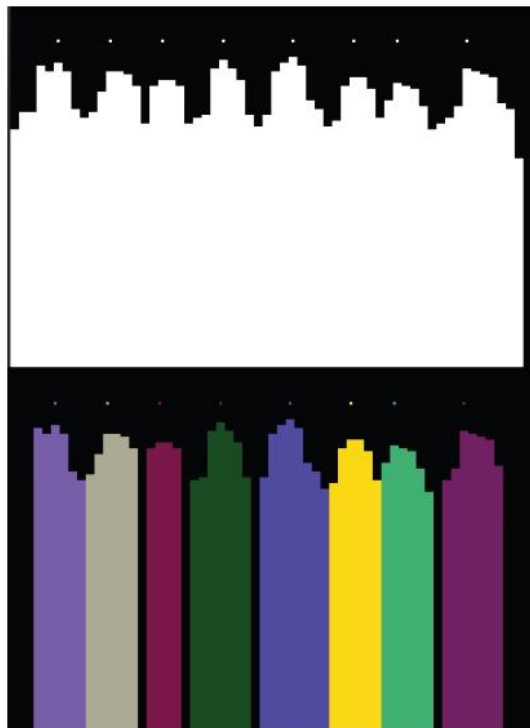
- La stima del ground plane è fatta sui **punti 3D** ed è basata sul metodo **RANSAC**
- Rende più semplice la successiva fase di clustering 3D





Clustering 3D e People Detection

- Tecniche di **clustering 3D** appositamente pensate per separare anche persone molto vicine tra loro o vicine al background
- People detection basata su descrittore **HOG** [1] e classificazione **SVM**

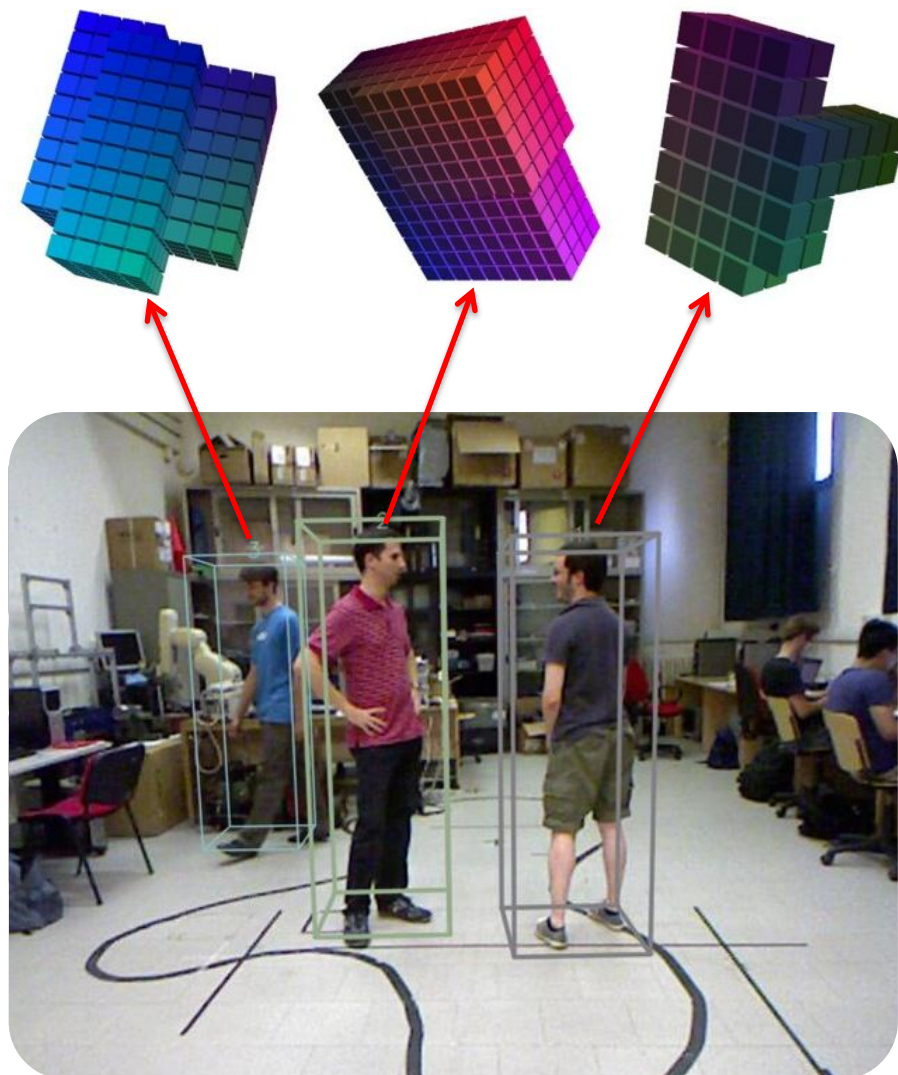


[1] N. Dalal and B. Triggs. Histogram of Oriented Gradients for Human Detection, CVPR 2005.



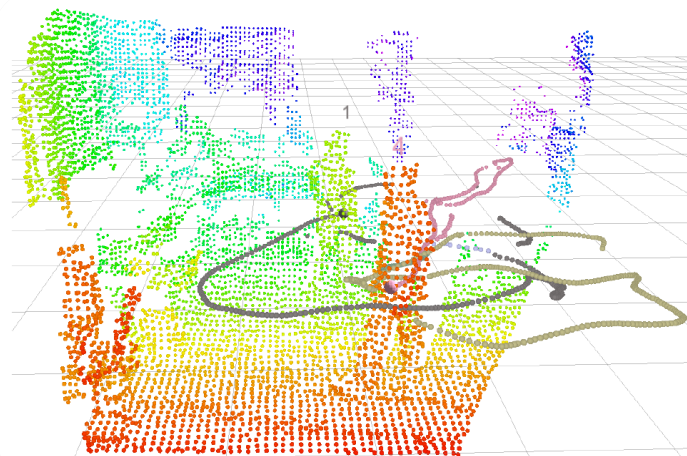
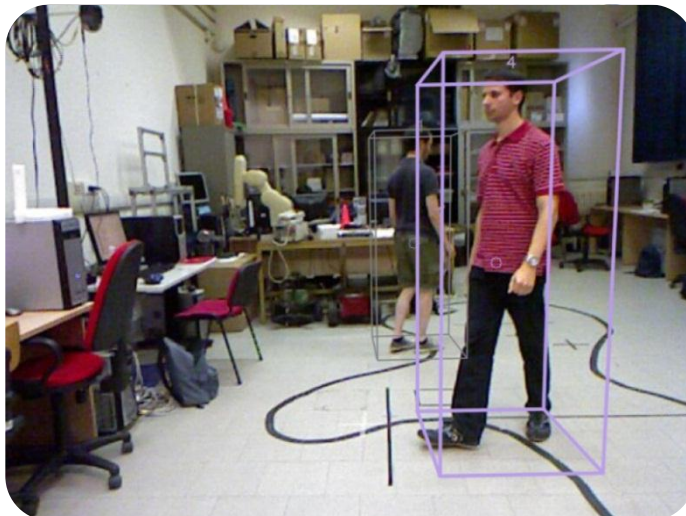
Data Association

- Per distinguere una persona dall'altra si considerano **moto** e **aspetto** delle persone
- Per ogni persona viene istruito **online** un classificatore basato su **feature di colore**
- Essi imparano **autonomamente** come distinguere al meglio una persona dall'altra e si **migliorano** col passare del tempo





Risultati



Runtime (frame per secondo)

CPU	Detector	Detector+Tracker
Intel Xeon E31225 3.10GHz	28	26
Intel i5-520M 2.40 GHz	23	19

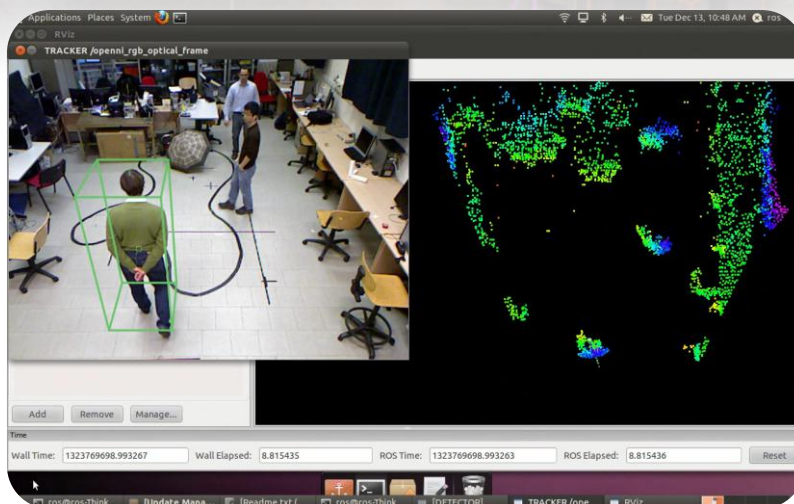


Risultati

Tracking multi-Kinect



Tracking da visuale per videosorveglianza





Conclusioni RGB-D People Tracking

- Algoritmo molto veloce (**26fps**) di multiple people tracking
- Hardware economico (**150€**)
- Funziona per **piattaforme mobili** che si muovono su un piano
- Inizializzazione del tracking **robusta** (people detection)
- Fa tracking di persone all'interno di **gruppi**
- **Modulare** e **distribuito** grazie a ROS.



Progetto Tidy-up Robot

- Mira a migliorare l'**esplorazione visuale** per la navigazione robotica e il riconoscimento di oggetti
- Introduce il concetto di "**sufficient exploration**" per decidere quando il robot ha "visto abbastanza" e quindi può smettere di cercare un oggetto
- Si vuole valutare questo sistema di esplorazione visuale per un'applicazione di un robot che **mette in ordine** una stanza.



Domande?

matteo.munaro@dei.unipd.it
<http://robotics.dei.unipd.it>

