

c/o Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
via Gradenigo, 6/B
35131 Padova, Italy
Scuola.dottorato@dei.unipd.it
www.dei.unipd.it/dottorato

COLLEGIO DEI DOCENTI

Verbale della riunione del Collegio dei docenti della Scuola/Corso di dottorato di ricerca in Ingegneria dell'Informazione del 8 maggio 2015 ore 11.00.

La riunione si è tenuta nell'Aula Magna "Antonio Lepschy" DEI/A, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione.

Presenti:

Leonardo Badia, Matteo Bertocco, Alessandra Bertoldo, Andrea Bevilacqua, Giancarlo Calvagno, Sergio Canazza, Antonio Capobianco, Ruggero Carli, Andrea Cester, Luca Corradini, Giorgio Maria Di Nunzio, Nicola Laurenti, Andrea Neviani, Piergiorgio Nicolosi, Enrico Pagello, Luca Palmieri, Morten Gram Pedersen, Andrea Pietracaprina, Michele Rossi, Luca Schenato, Giovanni Sparacino, Giorgio Spiazzi, Paolo Tenti, Sandro Zampieri.

Assenti giustificati:

Alessandro Beghi, Chiara Dalla Man, Barbara Di Camillo, Augusto Ferrante, Gaudenzio Meneghesso, Alfredo Ruggeri, Paolo Villaresi.

Assenti:

Federico Avanzini, Gianfranco Bilardi, Claudio Cobelli, Carlo Ferrari, Emanuele Menegatti, Claudio Narduzzi, Alessandro Paccagnella, Enoch Peserico, Gianluigi Pillonetto, Silvano Pupolin, Giorgio Satta, Francesco Ticozzi, Gianna Toffolo, Giuseppe Vallone, Lorenzo Vangelista, Stefano Vassanelli, Enrico Zanoni, Pietro Zanuttigh, Michele Zorzi.

Dottorandi: Alberto Giaretta, Irene Pappalardo.

Presiede la seduta il Direttore della Scuola Prof. Matteo Bertocco, svolge le funzioni di segretario il Prof. Giovanni Sparacino.

Il Direttore propone che **il verbale venga redatto, letto ed approvato seduta stante**. Il Collegio approva.

Ordine del giorno

1. Comunicazioni
2. Programmazione corso di dottorato XXXI ciclo
3. Valutazione dell'attività svolta dai dottorandi Basso Filippo e Levorato Riccardo, 27^a ciclo, indirizzo in Scienza e tecnologia dell'Informazione, in proroga (6 mesi): ammissione all'esame finale
4. Proposta al rettore della commissione per l'esame finale per i dottorandi Basso Filippo e Levorato Riccardo
5. Commissioni esame finale 28^a ciclo
6. Pratiche studenti

1 . Comunicazioni

Il Direttore comunica di aver approvato le seguenti richieste:

Attività lavorativa

Il dott. Giampaolo Pagnutti, XXVIII ciclo, indirizzo ICT, senza borsa, a svolgere il periodo 1/06/2014 – 31/12/2015 presso AD Solutions SRL (Altair Group), Viale Sant' Agostino n.134, Vicenza (VI) e per un impegno settimanale di n. 40 ore per attività di ricerca e implementazione di algoritmi per la modellazione spline/nurbs di forme 3D e applicazione in ambito CAD/Industrial Design mediante programmazione C++.

Il dott. Fabio Spinello, XXVIII ciclo, indirizzo ICT, senza borsa, a svolgere il periodo 1/01/2015 – 31/12/2015 presso Twist Off SRL, Via della Croce Rossa 112, 35131 Padova (PD) e per un impegno settimanale di n. 16 ore per attività di simulazione di campi elettromagnetici con momento angolare orbitale.

Mobilità

Il dott. Fabio Padovan, XXVIII ciclo, indirizzo ICT, a trascorrere il periodo 03/2015 – 06/2015 presso Infineon Technologies (AG) Villach, Austria, sotto la supervisione del Prof. Marc Tiebout, per progettazione di amplificatori a guadagno programmabile.

La dott.ssa Irene Pappalardo, XXVIII ciclo, indirizzo ICT, a trascorrere il periodo 02/2015 – 07/2015 presso University of California, San Diego, USA, sotto la supervisione del prof. Bhaskar Rao, per studio e ricerca.

Modifica piano degli studi

La Dott.ssa Irene Pappalardo, XXVIII ciclo, indirizzo ICT, a togliere l'attività didattica "Information Security" e ad aggiungere l'attività didattica "Bayesian Machine Learning".

2. Programmazione corso di dottorato XXXI ciclo

Nulla da deliberare.

3. Valutazione dell'attività svolta dai dottorandi Filippo Basso e Riccardo Levorato, in proroga (6 mesi), ammissione all'esame finale.

Il direttore ricorda al Collegio le modalità approvate circa l'ammissibilità dei dottorandi **all'esame finale**.

Illustra al collegio il risultato della valutazione condotta dalla commissione sulla base della bozza della tesi e della presentazione dell'attività triennale svolta.

Sulla base della valutazione della Commissione (All. 3.1 e 3.2), il Collegio propone all'unanimità l'ammissione all'esame finale gli studenti Filippo Basso e Riccardo Levorato e predispone la loro presentazione come di seguito riportata.

Presentazione e giudizio finale sull'attività svolta da **BASSO Filippo** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **BASSO Filippo** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Tema: *Service Robotics (Telecom Italia)*

Parte 1 – Didattica

Corsi seguiti:

- *Applied Linear Algebra*, Prof. H. Wimmer
- *Game Theory for Information Engineering*, Prof. L. Badia
- *Polyhedral Methods for Integer Linear Programming*, Prof. M. Fischetti
- *Statistical Methods*, Prof. L. Finesso
- *Academic Writing English Course*, Prof.ssa S. Guth

Partecipazione a scuole per dottorandi:

- *ENS/INRIA Visual Recognition and Machine Learning Summer School*, 22-26 Luglio 2013, Parigi (Francia)

Seminari:

- *Intelligent Preference Reasoning for Multi-Agent Decision Making*, D.ssa Maria Silvia Pini, Università degli Studi di Padova
- *Algorithms for the Analysis of Bio-Sequences*, D.ssa Cinzia Pizzi, Università degli Studi di Padova
- *Human-robot interaction*, Dr. Salvatore Maria Anzalone, Université Pierre et Marie Curie (Parigi)
- *From Italy to China on driverless cars: Paving the Road to Autonomous Driving*, Prof. Alberto Broggi, Università degli Studi di Parma
- *An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Control*, Prof. Krzysztof Dyczkowski, Adam Mickiewicz University (Poznan)
- *The Fuzzy Methods in Image Processing*, Prof. Krzysztof Dyczkowski, Adam Mickiewicz University (Poznan)

- Seminario del Prof. Masaki Takahashi, Keio University (Yokohama)
- *Computer Vision & Machine Learning*, Dr. Loris Nanni, Università degli Studi di Padova
- *Sound and Music Computing*, Dr. Antonio Rodà, Università degli Studi di Padova
- *3D Visual Sensing, Modeling and Recognition for Manufacturing and Service*, Prof. Sukhan Lee, Sungkyunkwan University (Corea)
- *Keys to Success in a PhD*, Prof. Wen Soong, Adelaide University (Australia)
- *Investigating Emotional and Perceptual Features for a Natural Social Human-Humanoid Robot Interaction*, Prof. Rosario Sorbello, University of Palermo
- *Graphical Programming for Integrated 3D Vision and Robotics*, Ing. Ignazio Piacentini, ImagingLab
- *Brain-Machine Hybrid System: Investigation of Algorithms in a Silkworm Moth*, Prof. Daisuke Kurabayashi, Tokyo Institute of Technology (Giappone)
- *Brain-Computer Interface (BCI) Workshop & Hands-on Seminar*, g.tec Medical Engineering (Austria)
- *Probabilistic Techniques for Mobile Robot Navigation*, Prof. Wolfram Burgard – 29 Novembre 2013, University of Freiburg (Germania)
- *Factor Graphs for Fast and Scalable 3D Reconstruction and Mapping*, Prof. Frank Dellaert – 30 Marzo 2014, Georgia Tech (Stati Uniti)
- *RGB-D Perception in Robotics*, Prof. Dieter Fox – 14 Aprile 2014, University of Washington (Stati Uniti)

Partecipazione a Conferenze Internazionali:

- *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 7-12 Ottobre 2012, Vilamoura (Portogallo)
- *International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 29 Maggio – 7 Giugno 2014, Hong Kong (Cina).
- *The 13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-13)*, 15-19 Luglio 2014, Padova.

Didattica attiva:

- *Laboratorio del Corso di Robotica Autonoma*, Prof. Enrico Pagello (Tutor Junior), A.A. 2012/2013.
- *Laboratorio del Corso di Architettura degli Elaboratori*, Proff. Emanuele Menegatti, Sergio Congiu, Antonio Rodà, Matteo Comin (Tutor Junior), A.A. 2013/2014.

- *Laboratorio del Corso di Elaborazione di Dati 3D*, Prof. Emanuele Menegatti (Tutor Junior), A.A. 2013/2014.

Permanenza all'estero:

Dal: 18/11/2013

Al: 25/04/2014

Presso: **Robotics and Perception Group (RPG)**, University of Zurich (UZH), Zurigo (Svizzera)

Supervisore: *Prof. Davide Scaramuzza*

Parte 2 – Ricerca

L'attività di ricerca svolta nei tre anni di dottorato ruota attorno all'utilizzo di sensori RGB-D per la robotica. In particolare, la ricerca è suddivisa in due parti: studio e sviluppo di tecniche di calibrazione di sensori RGB-D e utilizzo di tali sensori in applicazioni di computer vision/robotica.

Con il termine *sensore RGB-D* si intende un dispositivo in grado di fornire, in contemporanea, sia l'immagine della scena inquadrata (*RGB*) sia un'informazione densa, ovvero pixel a pixel, della distanza (*D*) degli oggetti dal dispositivo.

Un esempio di tale dispositivo è la Kinect. Essa è composta da due sensori: una camera RGB e un sensore di profondità a luce strutturata e matrice densa.

Calibrazione

Il primo algoritmo di calibrazione sviluppato è stato per un sensore RGB-D formato da una camera omnidirezionale e da un laser range-finder (LRF) montato su un supporto rotante.

In seguito, data la necessità di avere una mole di dati più elevata, ho lavorato alla calibrazione di una Kinect. Di fatto tale dispositivo soffre, a livello di sensore di profondità, di una distorsione non lineare dipendente dalla distanza. La calibrazione di tale dispositivo comporta quindi, oltre alla stima della trasformazione rigida tra i due sensori, la necessità di modellare tale distorsione.

Il contributo dato dal lavoro eseguito su tale sensore consiste in:

- Un modello di distorsione composto da due termini. Il primo, chiamato distorsione locale e stimato pixel a pixel, tiene conto della distorsione in senso stretto. Il secondo, chiamato distorsione globale, tiene invece conto degli errori sistematici introdotti dal sensore in tutta l'immagine di profondità.
- Un algoritmo di calibrazione in grado di stimare sia la trasformazione rigida tra i due sensori che i parametri del modello di distorsione per qualsiasi sensore RGB-D con dati di profondità a matrice densa.

- Un software open source per la stima dei parametri del modello e la correzione (in real-time) dei dati prodotti dal sensore, integrato con la più importante libreria di robotica (ROS) e di manipolazione di nuvole di punti 3D (PCL).

Rispetto allo stato dell'arte, l'algoritmo proposto non fa alcuna assunzione sulla disposizione iniziale dei sensori (RGB e D) e tiene conto dell'errore introdotto dal sensore anche a breve distanza.

In seguito, ho lavorato allo sviluppo di un algoritmo di calibrazione, intesa come stima della trasformazione rigida, di una rete composta da tali sensori, supponendo essi siano già calibrati.

La procedura è divisa in due fasi, una prima fase di stima delle posizioni dei sensori indipendente dal tipo di sensore, seguita da un affinamento tramite una minimizzazione non lineare.

Il contributo di questo lavoro è quindi stato:

- Un algoritmo distribuito per la calibrazione di una rete di sensori RGB-D. La distribuzione garantisce che la quantità di dati trasmessa nella rete sia minima e, allo stesso tempo, che il carico computazionale nel nodo che esegue la vera e propria calibrazione sia limitato.
- Un software open source per la calibrazione di una rete di sensori RGB-D, integrato con la più importante libreria di robotica (ROS) e facilmente estendibile ad altri sensori.

Applicazioni

Per validare i risultati ottenuti dalla calibrazione ho lavorato sulla realizzazione di algoritmi di scene recognition con dati provenienti da un sensore RGB-D. Di fatto, in applicazioni di mapping da robot mobile, è di fondamentale importanza rendersi conto quando si passa per un posto già visitato. Questo permette di "chiudere il cerchio" ovvero aggiornare i dati della mappa creata, in modo tale che il vincolo appena individuato sia soddisfatto.

A differenza però degli approcci standard, basati esclusivamente sull'aspetto visivo delle scene, l'idea è stata quella di sfruttare i dati di profondità per migliorare e facilitare tale riconoscimento. L'approccio seguito, tuttavia, non si è rivelato molto efficace a causa dell'eccessiva rumorosità dei dati nonché la poca stabilità delle features usate.

Un'altra applicazione di alto livello che necessita di uno o più sensori RGB-D calibrati è il tracking di persone.

In particolare, a partire da un software di tracking da singolo sensore RGB-D già sviluppato in laboratorio, ho esteso le sue funzionalità in modo che potesse essere usato anche in una rete di sensori RGB-D.

L'algoritmo sviluppato è distribuito in una rete di PC e tiene conto di possibili ritardi nell'arrivo dei dati dai diversi sensori. Tale algoritmo si è infatti dimostrato efficace in reti composte da una

decina di sensori RGB-D ed è tuttora utilizzato in un progetto open source che coinvolge varie università e aziende (OpenPTrack).

I risultati di questo lavoro sono stati:

- Un algoritmo real-time per detection e tracking di persone da una rete di sensori che non utilizza alcuna GPU ma solamente le CPU dei PC che compongono la rete, con risultati paragonabili a quelli di sistemi simili ma off-line o basati su GPU.
- Un pacchetto software open source per il tracking di persone e per lo sviluppo di applicazioni a partire dai dati prodotti.

Titolo definitivo della tesi: A Non-parametric Calibration Algorithm for Depth Sensors exploiting RGB Cameras

Supervisore: *Prof. Emanuele Menegatti*

Parte 3 – Pubblicazioni

- E. So, F. Basso and E. Menegatti. **Calibration of a Rotating 2D Laser Range Finder using Point-Plane Constraints.** *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems*, pp. 30-38, Volume 4, 2012.
- F. Basso, A. Pretto and E. Menegatti. **Unsupervised Intrinsic and Extrinsic Calibration of a Camera-Depth Sensor Couple.** *In Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 6244-6249, Hong Kong (China), 2014.
- F. Basso, M. Munaro, S. Michieletto and E. Menegatti. **Fast and Robust Multi-people Tracking from RGB-D Data for a Mobile Robot.** *In Proceedings of the 12th Intelligent Autonomous Systems (IAS) Conference*, pp. 265-276, Jeju Island (Korea), 2012.
- M. Munaro, F. Basso and E. Menegatti. **Tracking People within Groups with RGB-D Data.** *In Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 2101-2107, Vilamoura (Portugal), 2012.
- M. Munaro, F. Basso, S. Michieletto, E. Pagello and E. Menegatti. **A Software Architecture for RGB-D People Tracking Based on ROS Framework for a Mobile Robot.** *Frontiers of Intelligent Autonomous Systems, Springer Berlin Heidelberg eds*, 2013, pp. 53-68.
- F. Basso, R. Levorato and E. Menegatti. **Online Calibration for Networks of Cameras and Depth Sensors.** *In Proceedings of the 12th Workshop on Non-classical Cameras, Camera Networks and Omnidirectional Vision (OMNIVIS)*, Hong Kong (China), 2014.

- F. Basso, R. Levorato, M. Munaro, E. Menegatti. **Multi-sensor Calibration**. *Studies in Systems, Decision and Control, Springer Berlin Heidelberg eds.* (Sottomesso)
- M. Munaro, F. Basso, E. Menegatti. **OpenPTrack: Open Source People Tracking for RGB-D Camera Networks**. *Robotics and Autonomous Systems, Special-Issue: 3D Perception with PCL.* (Sottomesso)

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Basso Filippo** si è impegnato con dedizione e profitto nella sua attività di ricerca e di studio, evidenziando un'ottima capacità di lavorare sia in maniera autonoma che all'interno di un gruppo di ricerca. Il Collegio unanime riconosce la notevole assiduità del candidato, le sue ottime capacità nella ricerca e gli originali risultati conseguiti. **Pertanto il collegio lo ammette all'esame finale.**
Presentazione attività svolta

Presentazione e giudizio finale sull'attività svolta da **LEVORATO Riccardo** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **LEVORATO Riccardo** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Tema vincolato: Sistemi di telecomunicazioni e progettazione delle reti

Titolo definitivo della tesi:

Robot Audio Localization using Direction Of Arrivals

Relatore: Prof. Enrico Pagello

Parte 1: Didattica

Corsi seguiti:

- *Applied Linear Algebra* (Prof. H. Wimmer)
- *Polyhedral Methods* (Prof. M. Fischetti)
- *Game Theory* (Prof. L. Badia)
- *Statistical Methods* (Prof. L. Finesso)

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi:

- Workshop *"Teaching Robotics Teaching With Robotics 2012"*. Riva del Garda, 20 aprile 2012;
- Corso Nazionale *"Automazione Industriale e Robotica 2012"*. Vicenza, 11-15 giugno 2012;
- Meeting ***"Scientific Bilateral Meeting Tokyo – Padova"*. Padova, 11 gennaio 2012;**
- Distinguished lecture *"From Italy to China on driverless cars: paving the road to autonomous driving"* – Dr. A. Broggi. Padova (DEI), 16 aprile 2012;
- Workshop *"NAO Tech Day 2013"* – Parigi, 4 giugno 2013.

Partecipazione a seminari e/o congressi nazionali /internazionali:

- Partecipazione come standista al Workshop *“Teaching Robotics Teaching With Robotics 2012”*. Riva del Garda, 20 aprile 2012;
- Partecipazione come standista alla *“Notte della scienza a Padova”*. Padova, 28 settembre 2012, 27 settembre 2013, 26 settembre 2014;
- Partecipazione come standista alla fiera *“Robotica 2012”* – Fiera Milano Rho, 7-9 novembre 2012;
- Partecipazione come collaboratore (gestione del sito web) a *“13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems – IAS-13”*. Padova, 15-19 luglio 2014;

Presentazione lavori a Conferenze Nazionali:

- Partecipazione e presentazione articolo [3] a *“Italian Workshop on Artificial Intelligence and Robotics – AIRO 2014. Workshop of the XIII AI*IA Symposium on Artificial Intelligence”*. Pisa, 10 Dicembre 2014.

Presentazione lavori a Conferenze Internazionali:

- Partecipazione e presentazione articolo [2] a *“International Conference on Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots – SIMPAR 2014”*. Bergamo, 20-23 ottobre 2014;
- Partecipazione e presentazione articolo [4] a *“ICARSC 2015 – IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions”*. Vila Real – Portogallo, 8-10 aprile 2015.

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori):

- Assistenza in laboratorio, esercitazioni e Tutor Junior per il corso di *“Linguaggi di Programmazione per Sistemi Industriali – LPSI”* A.A 2013/2014 presso il DTG di Vicenza, tenuto dal Prof. Enrico Pagello (docente responsabile) a dal Prof. Alberto Pretto durante il primo semestre dell’A.A. 2013/2014 – 16 ore.
- Assistenza in laboratorio, esercitazioni e Tutor Junior per il corso di *“Linguaggi di Programmazione per Sistemi Industriali – LPSI”* A.A 2013/2014 presso il DTG di Vicenza, tenuto dal Prof. Enrico Pagello (docente responsabile) a dal Prof. Stefano Ghidoni durante il primo semestre dell’A.A. 2014/2015 – 16 ore.
- Assistenza in laboratorio, esercitazioni e Tutor Junior per il corso di *“Fondamenti di Informatica”* presso il DTG di Vicenza, tenuto dal Prof. Enrico Pagello (docente responsabile) durante il primo semestre dell’A.A. 2014/2015 – 48 ore.
- Assistenza al progetto *“Drop-out”* negli A.A. 2013/2014 e 2014/2015 coordinato da Alessandra Biscaro del Servizio Diritto allo Studio.

Permanenza all'estero:

- Missione di 2 mesi (dal 13 Aprile 2013 al 16 Giugno 2013) presso "[Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique – ISIR](#)", Université Pierre et Marie Curie (UPMC) di Parigi sotto la guida del Prof. Mohamed Chetuani e del Post-Doc Salvatore Anzalone, in collaborazione con il Phd Student Stéphane Michelet.

Parte 2: Ricerca

L'attività di ricerca del primo anno si è incentrata sull'utilizzo dell'informazione presente nel range delle frequenze sonore per classificare e localizzare in una mappa eventi individuabili più facilmente tramite l'audio piuttosto che con il video (rumori impulsivi, oggetti che cadono, urla, ecc.) per applicazioni di Sorveglianza Robot.

Durante il primo anno mi sono dedicato principalmente allo studio del tema di ricerca, cercando di comprendere nello specifico la teoria e documentandomi in tal proposito leggendo diversi articoli. Ho inoltre sviluppato un identificatore di rumori impulsivi e un classificatore di suoni ambientali (urla, spari, cani che abbaiano, rottura di vetri) e ho implementato un algoritmo di localizzazione audio che si basa solamente sulla posizione relativa dei microfoni, per rendere il codice modulare e flessibile.

Ho studiato inoltre l'approccio alla programmazione e le specifiche tecniche del robot umanoide NAO della ditta Aldebaran che è stato dato in comodato d'uso dalla Telecom Italia al nostro laboratorio. Ho utilizzato il NAO per sviluppare e testare gli algoritmi che utilizzano il suono poiché è equipaggiato con quattro microfoni.

Durante il secondo anno ho progettato e testato in simulazione un sistema di Audio 2D SLAM usando solamente alte frequenze sonore oltre i 20 kHz e quindi non udibili dall'uomo. Tramite delle casse acustiche posizionate in righe e colonne tutte su uno stesso piano e in posizioni conosciute che "suonano" frequenze prefissate per ogni riga e colonna – utilizzando il concetto del dual-tone multi-frequency signaling (DTMF) – è possibile localizzare un microfono presente nel piano (o ad uno parallelo conoscendo la distanza tra i due piani) tramite calcoli di intersezione di iperboli. Il sistema ha come obiettivo quello di utilizzare il range delle alte frequenze sonore per localizzare i robot in un ambiente strutturato.

Ho inoltre sviluppato dei pacchetti audio nel framework ROS (*Robot Operating System*) che permettono di gestire il segnale audio (input/output) di diversi dispositivi in rete e che permettono anche di avviare una telepresenza robot (per esempio utilizzando il robot umanoide NAO di Aldebaran). In quest'ambito ho avviato, in collaborazione con il dottorando Filippo Basso, un progetto che ha come obiettivo quello di rendere un robot umanoide una sorta di "Avatar", permettendo all'utente di vedere, sentire, parlare e muovere da remoto un robot.

A metà del secondo anno è risultato chiaro quale sarebbe stato poi il tema centrale della tesi. Ho infatti iniziato a dedicarmi in toto allo studio e allo sviluppo di un sistema software in ROS che permetta di fondere informazioni riguardanti la direzione della sorgente sonora percepita da sensori eterogenei per poter localizzare la sorgente sonora in un ambiente 2D/3D secondo un

approccio di tipo probabilistico che tiene conto degli errori sistematici dati dai sensori di direzione sonora (DOA sensors).

Durante il periodo di mobilità a Parigi ho acquisito importanti traguardi di tipo implementativo e scientifico: è stata sviluppata una rete di sensori Audio-Video (con sensori Microsoft Kinect) che permette di calibrare le telecamere presenti sulle Kinect per poter avere la posizione di ogni sensore audio nello spazio 3D. Con queste informazioni e con i dati audio forniti dalle Kinect (la direzione delle sorgenti audio trackate grazie al software HARK) è possibile localizzare una sorgente sonora (fissa o mobile) presente nell'ambiente.

Inoltre, utilizzando un people tracker, è stato possibile localizzare puntualmente in una mappa 2D le persone che stavano parlando.

Verso la fine del secondo anno e durante tutto il terzo anno mi sono dedicato allo studio, all'implementazione e alla pubblicazione di un pacchetto ROS per la localizzazione di sorgenti sonore multiple: [una volta ottenuti i riferimenti spaziali delle Kinect \(ricavati usando il Video tramite il Pacchetto di calibrazione multicamera – sviluppato assieme a F. Basso \[1\] – usando una scacchiera o dallo SLAM dei robot\) e delle direzioni sonore trackate da ogni sensore, è possibile fondere le informazioni stimando la posizione delle sorgenti sonore tramite semplice intersezione oppure tramite un approccio probabilistico che tiene conto dell'errore angolare durante la stima della direzione di provenienza del suono. ROS ha permesso di ottenere un sistema molto efficiente, evitando l'implementazione e la scrittura dei moduli di gestione e sincronizzazione dei segnali in rete. Questo lavoro è stato suddiviso in due capitoli \(\[5\] \[6\]\) sottomessi per un libro interamente dedicato a ROS.](#)

Verso la fine del terzo anno mi sono dedicato alla scrittura dei risultati ottenuti [2] [3] [4] [5] [6] sviluppando anche un ulteriore software per velocizzare la procedura di calcolo, estendendolo alla localizzazione 3D e per applicarlo ai robot.

Infine il lavoro svolto in questi tre anni presenta un contributo di ricerca tecnica innovativo nel campo dell'audio per la robotica dove ROS – il 14th frame work per la robotica più utilizzato al momento – è stato utilizzato per convalidare i risultati. Questo metodo è stato pensato ad hoc per scopi robotici ed introduce una nuova prospettiva della sinergia audio-video in quanto utilizza il segnale video per la localizzazione nell'ambiente per la calibrazione estrinseca dei sensore audio montati sui robot.

Parte 3: Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni in ordine cronologico:

- [1] Filippo Basso, Riccardo Levorato and Emanuele Menegatti. *Online Calibration for Networks of Cameras and Depth Sensors*. OMNIVIS: The 12th Workshop on Non-classical

Cameras, Camera Networks and Omnidirectional Vision – 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2014);

- [2] Riccardo Levorato and Enrico Pagello. *Probabilistic 2D Acoustic Source Localization Using Direction of Arrivals in Robot Sensor Networks*. In Davide Brugali, JanF. Broenink, Torsten Kroeger, and BruceA. MacDonald, editors, Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots, volume 8810 of Lecture Notes in Computer Science, pages 474–485. Springer International Publishing, 2014;
- [3] Riccardo Levorato, Emanuele Menegatti and Enrico Pagello. *Audio DOA Sensor Evaluation using Video as Ground Truth for Microsoft Kinect*. Italian Workshop on Artificial Intelligence and Robotics – AIRO 2014. Workshop of the XIII AI*IA Symposium on Artificial Intelligence. December 2014;
- [4] Riccardo Levorato and Enrico Pagello. *DOA Acoustic Source Localization in Mobile Robot Sensor Networks*. In Autonomous Robot Systems and Competitions, 2015. ICARSC 2015. IEEE International Conference on, pages 71–76, April 2015.

In sottomissione:

- [5] Filippo Basso, Riccardo Levorato, Matteo Munaro, and Emanuele Menegatti. *Multi-sensor Calibration*. Chapter in Springer Book on ROS, edition of the book series “Studies in Systems, Decision and Control”;
- [6] Riccardo Levorato and Enrico Pagello. *Acoustic Source Localization for Robotic Networks*. Chapter in Springer Book on ROS, edition of the book series “Studies in Systems, Decision and Control”.
- [7] Invitation by ICARSC 2015 editors to write an extended article in the Journal of Intelligent & Robotic Systems.

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Levorato Riccardo** si è impegnato con dedizione e profitto nella sua attività di ricerca e di studio, evidenziando un’ottima capacità di lavorare sia in maniera autonoma che all’interno di un gruppo di ricerca. Il Collegio unanime riconosce la notevole assiduità del candidato, le sue ottime capacità nella ricerca e gli originali risultati conseguiti. **Pertanto il collegio lo ammette all’esame finale.**

4. Proposta al rettore della commissione per l'esame finale per i dottorandi Basso Filippo e Levorato Riccardo

Membri effettivi

Stefano Cagnoni
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Parco Area delle Scienze, 181/a, 43124 Parma
Tel.: 0521 905731, Fax: 0521 905723, email: stefano.cagnoni@unipr.it

Rosario Sorbello
Ingegneria Chimica, Gestionale, Informatica, Meccanica.
Viale delle Scienze, Ed. 8, 90128 Palermo
Tel.: 091 23862635, email: rosario.sorbello@unipa.it

Alessandro Farinelli
Dipartimento di Informatica
Ca Vignal 2, Strada Le Grazie, 15, 27134 Verona
Tel.: 045 8027842 -- Fax: 045 8027068 -- email: alessandro.farinelli@univr.it

Membri supplenti

Francesco Amigoni
Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria Politecnico di Milano Piazza
Leonardo da Vinci, 32, 20133 Milano (MI)
Tel.: 02 2399-3475, Fax +39 02 2399-3411, email: francesco.amigoni@polimi.it

Domenico Sorrenti
Dipartimento di informatica, sistemistica e comunicazione
Università di Milano-Bicocca
Piazza dell'Ateneo Nuovo, 1, 20126, Milano
Tel.: 02 6448 7841, email: domenico.sorrenti@unimib.it

Andrea Bonarini
Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria
Via Ponzio 34/5, 20133 Milano
Tel.: 02 2399 3525, Fax: 02 2399 3411, e-mail: andrea.bonarini@polimi.it

Revisori tesi finale:

Filippo Basso, Vincenzo Cagliotti, Politecnico di Milano
Riccardo Levorato, Enzo Mumolo, Università di Trieste

Il Collegio approva.

5. Commissioni esame finale 28^ ciclo.

Il Direttore propone la tabella sotto riportata:

Individuazione della commissioni per la discussione della tesi finale - Dottorandi del 28^ ciclo - 1 dottorando del 27^ ciclo in proroga di un anno

	NOME	COGNOME	RICHIESTA PROROGA	INDIRIZZO	CICLO	SUPERVISORE	Commissione n.	Note
5	Cecchetto	Claudia		BIO	XXVIII	Vassanelli	Commissione 1	
4	Giaretta	Alberto		BIO	XXVIII	Toffolo		
1	Scarton	Alessandra		BIO	XXVIII	Cobelli		
3	Tagliavini	Alessia		BIO	XXVIII	Pedersen		
2	Visentin	Roberto		BIO	XXVIII	Dalla Man		

Caldognetto	Tommaso		ICT	XXVIII	Tenti	Commissione 2	
Lissandron	Stefano		ICT	XXVIII	Tenti		
Padovan	Fabio		ICT	XXVIII	Bevilacqua		
Passamani	Antonio		ICT	XXVIII	Bevilacqua		
Scandola	Luca		ICT	XXVIII	Corradini		
Cappelleri	Vincenzo - Maria		ICT	XXVIII	Peserico	Commissione 3	
Daberdaku	Sebastian		ICT	XXVIII	Ferrari		
De Stefani	Lorenzo		ICT	XXVIII	Bilardi		
Mandanici	Marcellina		ICT	XXVIII	Canazza		
Samory	Mattia		ICT	XXVIII	Peserico		
Khan	Muhammad Saeed		ICT	XXVIII	Capobianco	Commissione 4	
Ministeri	Giulio		ICT	XXVII	Vangelista		
Pagnutti	Giampaolo		ICT	XXVIII	Zanuttigh		
Pappalardo	Irene		ICT	XXVIII	Zorzi		
Spinello	Fabio		ICT	XXVIII	Palmieri		
Bortoletto	Roberto		ICT	XXVIII	Pagello	Commissione 5	
Carron	Andrea		ICT	XXVIII	Schenato		
Todescato	Marco		ICT	XXVIII	Carli		
Tosello	Elisa		ICT	XXVIII	Pagello		
SERTSU	Mewael Giday		ICT	XXVIII	Nicolosi	COMMISSIONE APPOSITA EXTATIC(*)	

(*)Il dottorando SERTSU Mewael Giday, Progetto EXTATIC, sarà esaminato da una commissione composta in base agli accordi sottoscritti nel Co-tutelle Agreement.

Il Collegio approva.

6. Pratiche studenti

Mobilità

Il Dott. Alberto Giaretta chiede l'autorizzazione a trascorrere da aprile a novembre 2015 un periodo di studio e ricerca presso University of North Carolina (UNC-CH School of Medicine), Chapel Hill, North Carolina, USA, sotto la direzione del Prof. Timothy Elston.

Il Collegio approva.

La riunione termina alle ore 13.30.

Il Segretario

Il Direttore della Scuola