PhD Program in Bioengineering and Robotics

Curriculum in Robotics and Autonomous Systems

Research themes

1. Digital Twins of Body Organs and their use in Robot-assisted Surgery 2
2. Proactive speech-based virtual assistant for the elderly and people with special needs - Synthetic Personalities: a cognitive architecture for speech-based virtual assistants 3

The main goal of the PhD curriculum in *Robotics and Autonomous Systems* is to study, design and build novel solutions and behaviors for robots, teams of robots and, in general, autonomous systems capable of exhibiting a high degree of autonomy and intelligence when performing highly complex tasks in challenging real-world environments.

The focus of the curriculum is two-fold: on the one hand, on key, innovative and disruptive methodologies and technologies, including such topics as sensing, state estimation, knowledge representation, software architectures for robots, real-time scheduling, motion planning, advanced robot control, robot coordination and cooperation, human-robot interaction and collaboration, design of macro/micro robot systems, design of sensors and actuators; on the other hand, on specific areas, e.g., underwater operations, aerial and space, or Industry 4.0, as well as on such diverse application scenarios as manufacturing, material handling and transportation, search & rescue, surveillance and monitoring, ambient assistive living).

The curriculum enforces research practices and education methodologies based on cutting-edge best practices at the international levels, and all the aspects outlined above are dealt with by focusing on the study and the adoption of theoretically sound methodologies and the design of experimentally verifiable solutions, with the goal of meeting robustness and predictability requirements even in unknown, dynamically changing, or even hazardous environments.

The ideal candidates are students with a higher-level University degree, with a strong desire for investigating, designing and developing robot-based systems which can have a huge, disruptive, impact on the society in the upcoming future.

International applications are strongly encouraged and will receive logistic support with visa issues and relocation.

1. Digital Twins of Body Organs and their use in Robot-assisted Surgery

Tutors: Fulvio Mastrogiovanni

Department:
Department of Informatics, Bioengineering, Robotics and Systems Engineering, University of Genova, *Web*: www.dibris.unige.it
IO-Surgical Research srl

Description:
Il percorso di dottorato ha, come obiettivo generale, lo studio e l'analisi di nuovi metodi di interazione tra un chirurgo e un robot chirurgico, per esempio il robot Da Vinci dell'azienda americana Intuitive Surgical, usato come *test bed*.

Da una serie di analisi preliminari svolte congiuntamente dall'azienda IO Surgical Research srl, dall'IRCCS Ospedale San Martino e dall'Università di Genova emerge la necessità di fornire al chirurgo una serie di informazioni aggiuntive durante il processo operatorio, le quale hanno ha che fare con la posa e la deformazione degli organi corporei oggetto dell'intervento, anche sfruttando tecniche di analisi predittiva. Di conseguenza sono previste le seguenti tre macro attività:

1/ Analisi e sviluppo di tecniche di intelligenza artificiale e sensori ad hoc per la stima della posa e della deformazione di un organo durante la fase operatoria.
2/ Analisi e sviluppo di interfacce utente avanzate ad uso di chirurghi, per esempio basate su gesti e parlato.
3/ Progettazione s sviluppo di strumenti di predizione dei parametri fisici di un organo, al fine di effettuare predizioni relative alla sua posa e deformazione a breve termine in modo computazionalmente efficiente.

Requirements:
- Software development in C/C++/Python.

Contacts:
Email: fulvio.mastrogiovanni@unige.it

2. Proactive speech-based virtual assistant for the elderly and people with special needs - Synthetic Personalities: a cognitive architecture for speech-based virtual assistants

Tutors: Fulvio Mastrogiovanni

Department:
Department of Informatics, Bioengineering, Robotics and Systems Engineering, University of Genova *Web*: www.dibris.unige.it
TESEO srl

Description:
Il percorso di dottorato ha, come obiettivo generale, lo studio e l'analisi di tecniche di interazione uomo-macchina. Con riferimento alla "macchina", lo studio prevede due diversi tipi di embodiment: il primo è relativo agli ambienti intelligenti, in cui sono presenti sensori distribuiti, incluse le telecamere, e indossabili; il secondo è costituito da un robot sociale. Analogamente, sono previsti due scenari operativi: il primo è un contesto domestico, in cui l'ambiente intelligente o il robot sono usati per l'assistenza a persone anziane o con esigenze particolari; il secondo è un contesto retail, in cui l'ambiente intelligente o il robot sono usati ai fini di customer analysis e predizione del comportamento, nonché supporto ai potenziali acquirenti e al personale, anche attraverso metodi di AR/VR.
Sono previste le seguenti macro attività trasversali, e due attività specifiche agli scenari operativi considerati:
1/ Analisi e sviluppo di tecniche di intelligenza artificiale per l'analisi comportamentale, sia basate sui dati provenienti da sensori indossabili e distribuiti, sia basate su telecamere (disposte nell'ambiente o sul robot), sia da meccanismi di interazione attiva, come ad esempio il dialogo con l'utente (la persona assistita oppure un potenziale acquirente).
2/ Sviluppo di algoritmi per la predizione del comportamento della persona con cui il sistema sta interagendo, basati su uno storico dei dati disponibili.
3/ Progettazione e sviluppo di tecniche per l'interazione sensibile e proattiva, anche basata sul riconoscimento e la produzione di linguaggio naturale.
4/ Progettazione e sviluppo di un'architettura cognitiva che si possa declinare opportunisticamente in entrambi gli embodiment e che sia in grado, a partire da un assessment del comportamento della persona con cui si sta interagendo, predire le sue azioni future e pianificare una serie di azioni di interazione al fine di raggiungere un obiettivo dato.

Requirements:
- Software development in C/C++/Python.

Contacts:
Email: fulvio.mastrogiovanni@unige.it