

Verbale della riunione del Collegio dei docenti della Scuola di dottorato di ricerca in Ingegneria dell'Informazione del 10 DICEMBRE 2015 ore 16.30

La riunione, convocata con posta elettronica del 30 novembre 2015 si è tenuta nell'Aula Magna "Antonio Lepschy" DEI/A, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione.

Presenti:

Matteo Bertocco, Andrea Bevilacqua, Gianfranco Bilardi, Antonio Daniele Capobianco, Andrea Cester, Luca Corradini, Carlo Ferrari, Emanuele Menegatti, Enrico Pagello, Luca Palmieri, Luca Schenato, Giovanni Sparacino, Paolo Tenti, Gianna Toffolo. Dottorando: Alberto Giaretta, Irene Pappalardo

Assenti giustificati:

Sergio Canazza, Ruggero Carli, Chiara Dalla Man, Barbara Di Camillo, Augusto Ferrante, Andrea Neviani, Piergiorgio Nicolosi, Michele Rossi, Alfredo Ruggeri, Michele Zorzi

Assenti:

Federico Avanzini, Leonardo Badia, Alessandra Bertoldo, Claudio Cobelli, Gaudenzio Meneghesso, Alessandro Paccagnella, Gram Morten Pedersen, Enoch Peserico, Andrea Pietracaprina, Stefano Vassanelli, Pietro Zanuttigh.

ORDINE DEL GIORNO

1. Comunicazioni
2. Apprendistato di alta formazione e ricerca: Progetto Ever_Est - Ratifica
3. Programmazione didattica 2015/2016 – Ratifica
4. Pratiche studenti
5. Attività formativa e di ricerca dei dottorandi - XXXI ciclo
6. Valutazione annuale dei dottorandi del secondo anno e ammissione all'anno successivo
7. Ammissione all'esame finale: valutazione dell'attività svolta dai dottorandi XXVIII ciclo e dai dottorandi del XXVII ciclo in proroga (12 mesi)
8. Commissioni esame finale dottorandi XXVIII ciclo e dottorandi XXVII in proroga
9. Richiesta di patrocinio per la Scuola Estiva di Ingegneria dell'Informazione per l'anno 2016
10. Progettazione e gestione corso di dottorato

Presiede la riunione il Direttore Prof. Matteo Bertocco, svolge le funzioni di Segretario verbalizzante il Prof. Giovanni Sparacino.

1. Comunicazioni

Quote funzionamento Dottorato finanziamenti esterni – anno 2015

Dal Servizio formazione alla ricerca in data 20 ottobre u.s. è pervenuto il dettaglio degli importi che saranno messi a disposizione dal Servizio Bilancio e Contabilità in relazione ai finanziamenti da enti esterni relativi al nostro corso di dottorato.

Funzionamento: 23500 euro (anno 2016)

Per i dottorandi del 29^a ciclo, le quote del budget di ricerca (Euro 1364) sono ricomprese negli importi forfettari dell'assegnazione sopra riportata.

Dottorandi con borsa da convenzione ricevono dotazione sparata

Dai dati storici di amministrazione circa 13000 euro/anno vengono spesi per attività didattica e seminariale.

Nei Cicli 29, 30 e 31 risultano iscritti 73 dottorandi, di cui 7 "aggiuntivi" (extatic, marie curie, csc) con finanziamenti propri, considerando 10000 euro residui e 65 dottorandi risultano circa 150 euro a disposizione di ciascun dottorando, aggiuntivi rispetto ai 1364 del budget previsto per secondo e terzo anno.

Progetto Erasmus Mundus Azione 2 SILKROUTE

Nell'ambito di questo progetto coordinato dal nostro Ateneo, è risultato vincitore per una borsa di Dottorato Sandwich di 10 mesi presso il nostro corso di dottorato il dott. **Istam Shadmanov**, seguito in qualità di supervisore dal prof. Carlo Ferrari.

Corso di Dottorato in Bioingegneria

Il Coordinatore riferisce sullo stato dell'arte relativo alla proposta di attivazione di un dottorato di ricerca in Bioingegneria in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Industriale approvata in CdD il 22 settembre 2015.

Informa che in data 19 novembre u.s. il Servizio Formazione alla Ricerca ha inviato una lettera ai Dipartimenti interessati richiedendo di esprimere, entro il prossimo mese di dicembre, l'interesse a partecipare al nuovo corso di dottorato.

Pratiche studenti

Il Direttore ha approvato le seguenti richieste di autorizzazione:

Esami di stato

Il dott. Andrea Carron XXVIII ciclo indirizzo ICT, a svolgere n. 2 ore di sorveglianza il giorno 25/06/2015

Il dott. Sebastian Daberdaku XXVIII ciclo indirizzo ICT, a svolgere n. 2 ore di sorveglianza il giorno 17/06/2015 e n. 2 ore il 26/11/2015

La dott.ssa Irene Pappalardo XXVIII ciclo indirizzo ICT, a svolgere n. 2 ore di sorveglianza il giorno 26/11/2015

Altra attività

Il dott. Roberto Bortoletto XXVIII ciclo indirizzo ICT, a svolgere il giorno 15/10/2015 attività di relatore nell'ambito del corso di formazione "Scuola di simulazione & medicina. Visualizzazione 3D, realtà virtuale e robotica in medicina e chirurgia" presso il Laboratorio diffuso di ricerca interdisciplinare applicata alla medicina (DREAM) Ospedale "V. Fazzi", Lecce.

Attività didattica di supporto

Il dott. Sebastian Daberdaku XXVIII ciclo indirizzo ICT, n. 30 ore, insegnamento "Fondamenti di analisi matematica e probabilità", CdL Ingegneria biomedica, 2 sem.

Mobilità

Il dott. Mattia Samory XXVIII ciclo indirizzo ICT, a trascorrere il mese di dicembre 2015 presso Georgiatech, Atlanta, GA, USA, sotto la supervisione del Prof. Eric Gilbert, per studio e ricerca

2. Apprendistato di alta formazione e ricerca: Progetto Ever_Est - Ratifica

Nulla da deliberare.

3. Programmazione didattica 2015/2016 - Ratifica

Nulla da deliberare.

4. Pratiche studenti

Mobilità

La dott.ssa Alessandra Scarton XXVIII ciclo indirizzo Bioingegneria chiede di trascorre ulteriore periodo di mobilità da ottobre a dicembre 2015 presso Spaulding Rehabilitation Hospital, Boston, USA, sotto la supervisione del Prof. Paolo Bonato, per conclusione progetto ricerca.

Il Coordinatore chiede al collegio di ratificare l'autorizzazione concessa per motivi d'urgenza.

Il Collegio ratifica.

Il dott. Marco Todescato XXVIII ciclo indirizzo ICT chiede di trascorre periodo di mobilità da ottobre a dicembre 2015 presso ETH Zurigo, Svizzera, sotto la supervisione del Prof. Florian Dorfler, per ricerca

Il Coordinatore chiede al collegio di ratificare l'autorizzazione concessa per motivi d'urgenza.

Il Collegio ratifica.

Istanza di proroga della presentazione della tesi dottorandi XXVIII ciclo

Sono pervenute le istanze di proroga (in allegato) dei dottorandi:

Cappelleri Vincenzo-Maria, 12 mesi

Daberdaku Sebastian, 6 mesi

Mandanici Marcellina, 6 mesi

Pagnutti Giampaolo, 12 mesi

Samory Mattia, 12 mesi

Tosello Elisa, 6 mesi

Il Collegio esprime parere favorevole

Richiesta autorizzazione alla stesura della tesi in lingua inglese

I dottorandi del XXVIII ciclo:

Bortoletto Roberto, Caldognetto Tommaso, Cappelleri Vincenzo-Maria, Carron Andrea, Cecchetto Claudia, Daberdaku Sebastian, De Stefani Lorenzo, Giaretta Alberto, Khan Muhammad Saeed, Lissandron Stefano, Mandanici Marcellina, Padovan Fabio, Pagnutti Giampaolo, Pappalardo Irene, Passamani Antonio, Samory Mattia, Scandola Luca, Scarton Alessandra, Sertsu Mewael Giday, Spinello Fabio, Tagliavini Alessia, Todescato Marco, Tosello Elisa, Visentin Roberto

hanno chiesto l'autorizzazione alla stesura della tesi in lingua inglese.

Il Collegio approva

Per motivi d'urgenza tali deliberazioni vengono approvate seduta stante.

5. Attività Formativa e di ricerca dei dottorandi – XXXI ciclo

Nulla da deliberare.

6. Valutazione annuale dei dottorandi del secondo anno e ammissione all'anno successivo

Nulla da deliberare.

7. Ammissione all'esame finale: valutazione dell'attività svolta dai dottorandi XXVIII ciclo e dai dottorandi del XXVII ciclo in proroga (12 mesi)

Il Direttore illustra al collegio i risultati della valutazione condotta dalle commissioni sulla base della bozza della tesi e della presentazione dell'attività triennale svolta.

Sulla base delle valutazioni delle Commissioni (All. 7.1-7.19), il Collegio delibera all'unanimità l'ammissione all'esame finale degli studenti del XXVIII ciclo, esclusi gli studenti che hanno presentato istanza di proroga alla discussione dell'esame finale: Cappelleri Vincenzo Maria (12 mesi), Daberdaku Sebastian (6 mesi), Mandanici Marcellina (6 mesi), Pagnutti Giampaolo (12 mesi), Samory Mattia (12 mesi), Tosello Elisa (6 mesi), come di seguito elencato:

Bortoletto Roberto, Caldognetto Tommaso, Carron Andrea, Cecchetto Claudia, De Stefani Lorenzo, Giaretta Alberto, Khan Muhammad Saeed, Lissandron Stefano, Padovan Fabio, Pappalardo Irene, Passamani Antonio, Scandola Luca, Scarton Alessandra, Sertsu Mewael Giday, Spinello Fabio, Tagliavini Alessia, Todescato Marco, Visentin Roberto.

Delibera inoltre l'ammissione all'esame finale dello studente del XXVII ciclo in proroga Ministeri Giulio.

Predisporre la presentazione di ciascuno di essi come di seguito riportata:

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

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **BORTOLETTO Roberto** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Supervisore: Prof. Eng. **Enrico Pagello**

Parte 1 Didattica

Corsi seguiti

- o **Real-Time Systems and Applications** (DEI287). prof. *Gabriele Manduchi* – CFU 5, ORE 20.
- o **Applied Linear Algebra** (DEI002). prof. *Augusto Ferrante*, prof. *Giorgio Picci* – CFU 4, ORE 16.
- o **Statistical Methods** (DEI057). prof. *Lorenzo Finesso* – CFU 6, ORE 24.
- o **Applied Functional Analysis** (DEI033). prof. *Gianluigi Pillonetto* – CFU 7, ORE 28.

Partecipazione a scuole nazionali/internazionali per dottorandi

- o **2014 Summer School on Neurorehabilitation (SSNR2014). Meeting clinical and patient needs and expectations.** Baiona, Spain. 14-19 September, 2014.

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- o Seminar: **Autonomous Mobile Robot Research at Active Intelligent Systems Laboratory.** Prof. *Jun Miura*, Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology, Japan. 5 October, 2015, Padua, Italy.
- o Workshop: **Postdoctoral Research in Informatics at the Department of Information Engineering of the University of Padua.** 8 July, 2015. Padua, Italy.
- o Seminar: **Human Arm Mechanics: from system identification to neural control.** Prof. *Davide Piovesan*, Gannon University, Eire, Pennsylvania, USA. 16 May, 2015, Padua, Italy.
- o Seminar: **Mechanical Design and Evaluation of Muscular-Elastic Actuation in Humanoid Robot System.** Eng. *Fuben He*, Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning, China. 4 February, 2015. Meeting Room at III Floor of DEI/G, Dep. of Information Engineering, University of Padua, Italy.
- o **International Workshop on Muscle Synergies – WCNR 2014 Satellite Meeting – 8th World Congress of NeuroRehabilitation.** April, 2014. IRCCS Fond. Ospedale San Camillo, Venice, Italy.
- o **Come presentare una proposta in Horizon 2020: Azioni Marie Skłodowska-Curie – Individual Fellowship – IF, LAB EUROPA: Introduzione alla progettazione Europea** provided by the University of Padua. 24 May, 2014, Aula Nievo – Palazzo Bo', Padua, Italy.
- o **Brain-Computer Interface (BCI) – Workshop & hands-on seminar.** *g.tec medical engineering Austria* & The University of Padua. 3 October, 2013, Padua, Italy.
- o **Le Start up innovative** – Camera di Commercio di Padova. 23 May, 2013, Padua, Italy.
- o **Incontri gratuiti per futuri imprenditori.** Camera di Commercio of Padova, May 2013, Padua, Italy.
- o **Incontri di formazione organizzati da StartCup Veneto 2013.** March-May 2013, Padua, Italy.
- o **Seminar on Rehabilitation Robotics.** Prof. *Davide Piovesan*, Gannon University, Eire, Pennsylvania, USA. 16 May, 2013, Padua, Italy.

- o **Brain – Computer Interface (BCI) applications and neurophysiological signal analysis**
4 March, 2013. IRCCS *Fondazione Ospedale San Camillo*, Venice, Italy.
- o **Brain-Machine Hybrid System: Investigation of Algorithms in a Silkworm Moth.** Prof. *Daisuke Kurabayashi*, Tokyo Institute of Technology, Japan. 18 February, 2013, Padua, Italy.

Partecipazione a Conferenze Nazionali

- o **XVI Congresso Nazionale SIAMOC. Società Italiana di Analisi del Movimento in Clinica.**
30 September – 3 October, 2015, Padua, Italy.

Partecipazione a Conferenze Internazionali

- o IEEE/RAS-EMBS International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR).
- o International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS).
- o Workshop on Neuro-Robotics for Patient-Specific Rehabilitation (NeuroRob).
- o Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots (SIMPAN).
- o Biomimetic and Biohybrid Systems – International Conference Living Machines.

As part of my Ph.D. research program I also contributed to three other international events, without personally participating with poster or oral presentations:

- o Workshop on Human Movement Understanding and Neuromechanics at 2015 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA). Seattle, WA, USA.
- o Workshop on Human Motion Modeling and Human-inspired Motor Control at 2014 IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots (Humanoids 2014). Madrid, Spain.
- o The 2013 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social impacts (ARSO 2013), in conjunction with 2013 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2013) and 2013 Int. Robot Exhibition (iREX 2013). Tokyo, Japan.

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

- o **2014 - 2015 Tutoring Activities.** 40 hours of tutoring activities for undergraduate students in the Fundamentals of Computer Science course at the Dep. of Techniques and Management of Industrial Systems of the University of Padua, in Vicenza (Italy). The course was taught by Prof. Enrico Pagello.
- o **2013 - 2014 Teaching Activities.** 20 hours of teaching undergraduate students in the Computer Architecture course at the Dep. of Information Engineering of the University of Padua, in Padua (Italy). The course was taught by Prof. Emanuele Menegatti.
- o **2013 - 2014 Tutoring Activities.** 40 hours of tutoring activities for undergraduate students in the Fundamentals of Computer Science course at the Dep. of Techniques and Management of Industrial Systems of the University of Padua, in Vicenza (Italy). The course was taught by Prof. Enrico Pagello.

Interventi a Seminari e Conference (Invited Talks)

- o **The role of neuromusculoskeletal modeling and simulation in neurorehabilitation. BCI applications for new generation neuroprostheses.** School on “Simulazione e Medicina” – Visualizzazione 3D, Realtà Virtuale e Robotica in Medicina e Chirurgia. October, 2015. Lecce, Italy.
- o **Programmazione collaborativa dei robot mediante learning by demonstration.** Full day workshop on “I ROBOT COLLABORATIVI”. ANIPLA (Associazione Nazionale Italiana per l’Automazione), SIRI (Associazione Italiana di Robotica e Automazione), under the patronage of UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE and PubliTec DEFORMAZIONE. June, 2015. Milan, Italy.
- o **La robotica umanoide allo IAS-Lab.** MECSPE – Tecnologie per l’Innovazione. March 26-28, 2015. Fiera di Parma, Parma, Italy.

Fiere ed Altri Eventi (Partecipazioni come espositore e/o membro di una squadra)

- o **MEDiT 2015 – Healt Innovation**. Fiera di Vicenza, October, 2015. Vicenza, Italy.
- o **Notte Europea dei Ricercatori**. September, 2015. Padua, Italy.
- o **Cyathlon Championship for Athletes with Disabilities**. Rehearsal, July, 2015. Zurich, Switzerland.
- o **MECSPE – Tecnologie per l'Innovazione**. Fiera di Parma, March, 2015. Parma, Italy.
- o **Notte Europea dei Ricercatori**. September, 2014. Padua, Italy.
- o **III Fiera Roboval**. May, 2014. Verona, Italy.
- o **Wired Next Fest**. May 2014. Milano, Italy.
- o **Premio Nazionale dell'Innovazione (PNI) 2013**, as member of EXiM (Exoskeleton in Motion) team, October, 2013. Teatro della Gioventù, Genova, Italy.
- o **StartCup Veneto 2013 Competition**, as member of EXiM (Exoskeleton in Motion) team.

Parte 2 Ricerca

This research work presents a novel Neuromusculoskeletal (NMS) model of the human lower limb stiffness that is physiologically accurate and computationally fast. The proposed computational framework uses Electromyographic (EMG) signals, Motion Capture data and Ground Reaction Forces to predict the force developed by 43 musculotendon actuators. The estimated forces are then used to compute the musculotendon stiffness and the corresponding joint stiffness, clearly differentiating the concepts of *stiffness* from *quasi-stiffness* at multiple Degrees Of Freedom (DOFs) level, within the same joint. The estimations at each Musculotendon Unit (MTU) are constrained to simultaneously satisfy the joint angles and the joint moments generated with respect to five DOFs, including: Hip Adduction-Abduction, Hip Flexion-Extension, Hip Internal-External Rotation, Knee Flexion-Extension, and Ankle Plantar-Dorsi Flexion. Advanced methods are used to perform accurate muscle-driven dynamic simulations and to guarantee the dynamic consistency between kinematic and kinetic data. These novel methodologies combine together the physiological accuracy of the state-of-the-art models proposed by the biomechanists, to the fast operation of those proposed by robotics researchers.

This work investigates the impact of different Hill-type based muscle model setups and Force-Length-Velocity-Activation properties on the estimation of muscle forces and joint stiffness, as well as the effect of using kinematic constraints in muscle force static and dynamic optimizations.

This study presents also the design, simulation and prototyping of a small musculoskeletal humanoid made for replicating the human musculoskeletal structure in an artificial apparatus capable to maintain a quiet standing position using only a completely passive elastic actuation structure. The proposed prototype has a total mass of about 2 kg and its height is 40 cm. It comprises of four segments for each leg and six DOFs, including: Hip Adduction-Abduction, Hip Flexion-Extension, Knee Flexion-Extension, Ankle Plantar-Dorsi Flexion, Ankle Inversion-Eversion, and Toe Flexion-Extension. In order to reconstruct the continuous state space parameters proper of the assembly's control of quiet standing, a hybrid non-linear Extended Kalman Filter based technique is proposed to combine a base-excited inverted pendulum kinematic model of the robot with the discrete-time position measurements.

As part of this research activity, also a number of software tools were developed. Matlab and C/C++ custom code was developed to perform the online estimation of human lower limb stiffness during locomotion. Matlab and C++ custom plugins, based on the OpenSim Application Programming Interface, were developed as extension of the OpenSim functionalities, in order to investigate the effects of different musculotendon models and muscle force optimization approaches.

The real-time execution of the EMG-informed NMS model coupled with machine learning techniques will have a substantial contribution to the design and implementation of robotic exoskeletons and powered orthoses. Indeed, a better understanding of the real-time behavior of muscles can improve the actuation of these devices and their control algorithms, resulting in enhanced biomimetic control systems. Also, the ability to directly study muscles behavior in healthy and impaired people will be readily possible. The methodology proposed here could

be used, in the future, in the context of robotics and neurorehabilitation technologies in conjunction with predictive models of muscle recruitment and modularity for synthesizing the neuromuscular mechanisms underlying human-like locomotion and adaptation capacity to different terrains in artificial systems such as bipedal robots or prostheses.

The ability of the proposed methodology to characterize subject-specific and motor task-specific MTU and joint stiffness is critical for sizing wearable robots actuator power and spring stiffness to individual users' joint properties and external mechanical demands.

The ability of estimating net joint stiffness from EMG signals could be used in scenarios involving patients with unilateral impairments. In this context, stiffness could be estimated from healthy side joints and used as a control signal for compliant prostheses and orthoses acting on the contralateral affected leg so that it mimics (i.e., restores) healthy leg behavior across different locomotion tasks and terrains.

The ability of estimating in real-time the individual muscle fibers and tendon stiffness could be used to modulate the metabolic cost of locomotion in individuals wearing orthoses. In this context, the orthosis could be controlled so that muscle fibers always operate on the most favorable portion of the Force-Length-Velocity-Activation surface.

The ability of translating an individual's EMG activity into muscle and joint stiffness estimates could help understand abnormal stiffness strategies in patients with neurological and orthopaedic conditions in order to deliver personalized rehabilitation treatments that restore physiological properties.

The NMS model can also provide effective solutions for the actuation of humanoid robots that have a musculoskeletal architecture and artificial muscles. The proposed NMS model allows taking inspiration from the way humans move and addressing the challenge of autonomous locomotion in musculoskeletal humanoids. Indeed, a better understanding of the dynamics of muscles during movement will allow designing more sophisticated systems to actuate and control artificial muscles.

This research development aims to integrate musculoskeletal dynamics into robotics systems to achieve more advanced bio-inspired control strategies. Moreover, the objective is to provide effective solutions and readily available software tools to improve the human interaction with robotic assistive devices. NMS modeling techniques not only can offer great solutions for exoskeletons control and humanoids actuation, but can also boost research that aims to provide a more realistic estimation of the human internal state. This thesis aims to contribute on advancing research in NMS modeling to better understand the mechanisms of actuation provided by human muscles and the rules that govern the lower limb joint stiffness regulation. The obtained results demonstrate that the proposed techniques can meet the real-time deadline associated to the control of a lower limb powered orthosis, and the NMS modeling technology can be exploited to address the challenges on the development of musculoskeletal humanoids, new generation Human-Machine Interfaces, motion control algorithms, and intelligent assistive wearable devices capable to effectively ensure a proper dynamic coupling between human and robot.

There are a number of limitations to this study that should be discussed. This work was based on a limited number of subjects (i.e., five healthy subjects), using freely available datasets, already employed in other studies with different purposes. Therefore, results may not be completely generalizable. However, this study aimed at developing the theoretical and computational modelling framework for investigating the NMS mechanisms regulating dynamic stiffness on a subject-specific basis. In this context, every single subject becomes representative. Such a preliminary step needs to be necessarily taken before the developed framework can be applied to large subject populations. Future work will couple the proposed methods with dimensionality reduction techniques, thus enabling characterizing regularities in the neuromuscular control of joint stiffness across large subject population.

The proposed discussion about the obtained results is mainly with issues of peripheral mechanics. Surface EMG only provides a surrogate measurement of the neural drive received by muscles, from which it is currently not possible to discern the underlying afferent and efferent components as well as their contribution to muscle and skeletal joint stiffness regulation. It would be highly speculative to separate the contribution to joint stiffness resulting from EMG-extracted estimates of reflex and descending neural drive. Future work could employ high-

density EMG in conjunction with decomposition techniques to experimentally decode single motor unit action potential and spiking events. In combination with our proposed framework, this could enable identifying the roles of central and peripheral circuitries in the modulation of stiffness.

The proposed methods employed Hill-type muscle models that did not characterize a number of important muscle-tendon force generating mechanisms. Future work will address this limitation by modeling history-dependent muscle force generating mechanisms including stretch-induced force enhancement and shortening-induced force depression, and by incorporating more realistic damping and force-velocity characteristics as well as muscle energetics characteristics resulting from MTU stiffness modulation.

Finally, with respect to the proposed locomotive underactuated implement guided via elastic elements, there are two major limitations. First, in order to reduce costs due to fabrication and material, it was designed as a small humanoid robot. Probably, in the future it will be necessary to increase its size in order to include motors, control modules and sensors. Second, the current prototype does not have a real torso and arms. It is well known that these components are essential for maintaining stability during posture and gait in humans. Future works aim to carry on the study by investigating the viscoelastic properties of the whole assembly, by solving the aforementioned limitations, and by introducing motors, control modules and sensors so that this new elastic humanoid robot can move its first steps forward.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

Musculoskeletal Modeling of the Human Lower Limb Stiffness for Robotic Applications

Supervisor: Prof. Eng. **Enrico Pagello**

Parte 3 Pubblicazioni

Book Chapters

1. R. Bortoletto, L. Tonin, E. Pagello, E. Menegatti. 2015. **ICT for New-Generation Prostheses**. In *Neuro-Rehabilitation with Brain Interface*, 21-50. Leo P. Lighthart, R. Prasad, and S. Pupolin. 2015 River Publishers.

Conference Proceedings

1. T. Reilly, J.K. O'Rourke, D. Steudler, D. Piovesan and R. Bortoletto. 2015. **Locomotive Underactuated Implement Guided via Elastic Elements (L.U.I.G.E.E.): A Preliminary Design**. ASME 2015 International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE2015). November 13-19, 2015. Houston, Texas.
2. R. Bortoletto, E. Pagello, D. Piovesan. 2015. **Effects of residual and reserve actuators on muscle activation-to-force static and dynamic optimizations**. Proc. of IEEE/RAS-EMBS International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR). August 11-14, 2015. Singapore.
3. A.M.J. Aljabran, D. Piovesan and R. Bortoletto. 2015. **Calcaneus stress fractures: A finite element analysis**. Proc. of 2015 41st Annual Northeast Biomedical Engineering Conference (NEBEC), April 17-19, 2015. Troy, NY.
4. R. Bortoletto, E. Pagello, D. Piovesan. 2014. **Lower limb stiffness estimation during running: the effect of using kinematic constraints in muscle force optimization algorithms**. Proc. of 4th Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots (SIMPAN). October 20-23, 2014. Bergamo, Italy.
5. N. Boscolo, E. Tosello, S. Tonello, M. Finotto, R. Bortoletto, E. Menegatti. 2014. **A constraint based motion optimization system for quality inspection process improvement**. Proc. of 4th Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots (SIMPAN). October 20-23, 2014. Bergamo, Italy.

6. E. Tosello, R. Bortoletto, S. Michieletto, E. Pagello, E. Menegatti. 2014. ***An Integrated System to approach the Programming of a Humanoid Robot***. Proc. of Teaching robotics & teaching with robotics (TRTWR) - Robotics in Education (RIE) 2014 Conference. July 18, 2014. Padua, Italy.
7. R. Bortoletto, S. Michieletto, E. Pagello, D. Piovesan. 2014. ***Human Muscle-Tendon Stiffness Estimation during Normal Gait Cycle based on Gaussian Mixture Model***. Proc. of 13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-13). July 15-19, 2014. Padua, Italy.
8. S. Michieletto, L. Tonin, M. Antonello, R. Bortoletto, F. Spolaor, E. Pagello, E. Menegatti. 2014. ***GMM-based Single-joint Angle Estimation using EMG signals***. Proc. of 13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-13). July 15-19, 2014. Padua, Italy.
9. F. He, H. Zhang, R. Bortoletto, Y. Liang, E. Pagello. 2014. ***Adaptive Design and Control of a Robot-assisted Lower Back Exoskeletal Spine System***. Proc. of 13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-13). July 15-19, 2014. Padua, Italy.
10. R. Bortoletto, E. Pagello, D. Piovesan. 2014. ***How different human muscle models affect the estimation of lower limb joint stiffness during running***. Proc. of Workshop on Neuro-Robotics for Patient-Specific Rehabilitation, IAS-13 Conference. July 18, 2014. Padua, Italy.
11. F. Ferrati, R. Bortoletto, E. Menegatti, E. Pagello. 2013. ***Socio-Economic Impact of Medical Lower-Limb Exoskeletons***. Proc. of 2013 IEEE International Workshop on Advanced Robotics and its Social impacts (ARSO). November 7-9, 2013. Tokyo, Japan.
12. F. Ferrati, R. Bortoletto, E. Pagello. 2013. ***Virtual Modelling of a Real Exoskeleton Constrained to a Human Musculoskeletal Model***. Proc. of Biomimetic and Biohybrid Systems - Second International Conference, Living Machines 2013. July 29 – August 2, 2013. London, UK.
13. R. Bortoletto, M. Sartori, F. He, E. Pagello. 2012. ***Modeling and Simulating Compliant Movements in a Musculoskeletal Bipedal Robot***. Proc. of 3rd Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots (SIMPAR). November 5-8, 2012. Tsukuba, Japan.
14. S. Tonello, G.P. Zanetti, M. Finotto, R. Bortoletto, E. Tosello, E. Menegatti. 2012. ***WorkCell Simulator: a 3D Simulator for Intelligent Manufacturing***. Proc. of 3rd Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots (SIMPAR). November 5-8, 2012. Tsukuba, Japan.
15. R. Bortoletto, M. Sartori, F. He, E. Pagello. 2012. ***Simulating an Elastic Bipedal Robot based on Musculoskeletal Modeling***. Proc. of Biomimetic and Biohybrid Systems - First International Conference, Living Machines 2012. July 9-12, 2012. Barcelona, Spain.

Journals (submitted for publication)

1. R. Bortoletto, E. Pagello, D. Piovesan. 2016. ***A characterization of the Neuromuscular Mechanisms Regulating Multi-Joint Stiffness and Quasi-Stiffness during the Stance Phase of Walking***.
2. R. Bortoletto, E. Pagello, D. Piovesan. 2016. ***Static vs Dynamic Optimization Algorithms for the Estimation of Lower Limb Stiffness during Sprinting***.

Book Chapters (submitted for publication)

1. M. Ali Akhras, R. Bortoletto, F. MadehKhaksar, L. Tagliapietra. 2015. ***Neural and Musculoskeletal modeling: its role in neurorehabilitation***. In *Emerging Therapies in Neurorehabilitation II*, J.L. Pons, R. Raya, J. Gonzalez. 2015.

Conference Proceedings (submitted for publication)

1. R. Bortoletto, T. Reilly, E. Pagello, D. Piovesan. 2016. *An Underactuated Biped Robot Guided via Elastic Elements: EKF-based estimation of ankle mechanical parameters.*

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **BORTOLETTO Roberto** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **CALDOGNETTO Tommaso** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **CALDOGNETTO Tommaso** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Supervisore: prof. Paolo Tenti

Parte 1 Didattica

Attività didattica seguita:

- Elenco dei corsi seguiti nel triennio:
 - o Applied Linear Algebra, prof. Ferrante. (Esame sostenuto), 2013.
 - o Statistical Methods, prof. Finesso. (Esame sostenuto), 2013.
 - o Applied Functional Analysis, prof. Pillonetto. (Esame sostenuto), 2013.
 - o Power Converters in Renewable Energy Systems and Intelligent Microgrids, prof. Mattavelli. (Esame sostenuto), 2013.
 - o Resonant Converters and Inverters: Topologies and Modeling, prof. Spiazzi, 2013.
 - o Modeling and Simulation of Complex Power Systems, prof. A. Monti, RWTH Aachen University, winter semester , 2014.

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi:

Primo Anno:

- Hirofumi Akagi, Department of Electrical and Electronic Engineering - Tokyo Institute of Technology *The Japanese smart grid and its related power electronics*, DEI, 25/02/2013.
- Maurizio Seracini, Editech e UC San Diego, *La scienza della conservazione per i beni culturali: il ruolo dell'information technology*, DEI, 10/10/2013.

Secondo Anno:

- John W. Simpson Porco, University of California, Santa Barbara, *Droop-Controlled Inverters in Microgrids: Stability, Secondary Control, & Optimization*, DEI, 19/12/2013;
- Davide Del Col, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Padova, *Studio sperimentale di un sistema fotovoltaico e termico a concentrazione con ricevitore lineare*, DEI, 11/06/2014;
- Alessandro Saccà, Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Padova, *Prototipazione di un modulo per fotovoltaico a concentrazione*, DEI, 11/06/2014;
- Eduardo Verri Liberado, University of Campinas, Brazil, seminario conclusivo relativo all'attività di ricerca svolta come visiting PhD student in Padova, DEI, 24/03/2014;
- Wesley Angelino de Souza, University of Campinas, Brazil, seminario relativo all'attività di ricerca svolta come visiting PhD student in Padova, DEI, 07/04/2014;

- Jose Maria Molina Garcia, Universidad Politécnica de Madrid, Spagna, seminario relativo all'attività di ricerca svolta come visiting PhD student in Padova, DEI, 03/07/2014;
- Sandro Zampieri, Università di Padova, *On the existence and linear approximation of the power flow solution in power distribution networks*, DEI, 06/10/2014;
- Luca Schenato, Università di Padova, *State estimation in distribution grids*, DEI, 13/10/2014;
- Danilo Iglesias Brandao, University of Campinas, Brazil, *"Architecture and Management of Low-Voltage Dispatchable Microgrids"*, DEI, 20/10/2014.

Terzo Anno:

- Martin Paz, "Hardware in the Loop Simulation and Comparison of different Control Algorithms for Stability in DC Systems", Master Thesis Presentation, 10/11/2014.
- Florin Mieroiu, "Development of a Distributed Optimization Management System for a Mixed-Use Area Master", Master Thesis Presentation, 18/11/2014.
- Lars Wagner, "Integration of a High Performance Multi-Agent System into a Simulation Platform for Urban Energy Systems" Bachelor Thesis Presentation, 18/11/2014.
- Alexander Helmedag, "System-Level Multi-Physics Power Hardware in the Loop Testing for Wind Energy Converters", Ph.D. dissertation Public Presentation, 21/11/2014.
- Gheorghe Orbesteanu "Decentralized Energy Management Algorithms for Urban Energy Systems", Master Thesis Presentation, 15/12/2014.
- Kanali Togawa, "The original presentation technique seminar", Seminar. 7/01/2015.
- Andrea Angioni, "Introductory lecture on the standard IEC 61850", Seminar, 16/01/2015.
- Jing Wang, "Design of Novel Control Algorithm of Power Converters for Distributed Generation", Ph.D. dissertation Public Presentation. 19/01/2015.
- Dirk Bergers, "Development of a fail-safe, Multi-Agent-based Electric Vehicle Energy Management System Demonstrator", Master Thesis Presentation. 23/01/2015.
- Annika Wierichs, "Flexibility Metric for Residential Building Energy Systems for the Purpose of Decentralized Clustering", Bachelor Thesis Presentation. 4/02/2015.
- Jingnan Shang, "Development and Characterization of Real Time Monitoring Functions for Distribution Networks", Master Thesis Presentation. 24/03/2015.
- Eran Schweitzer, "A Statistics-based Generation Algorithm for Distribution Grid Topologies", Master Thesis Presentation. 7/04/2015.
- Rodolphe Sepulchre, "Do brains compute?", DEI Distinguished Lectures 2015.18/05/2015
- Analog Devices - EBV "Transform Your Project into a Success with Analog Devices". 7/06/2015.
- "Smart Grids, i sistemi elettrici del futuro", Centro Levi Cases. 28/11/2015.

Partecipazione a scuole di Dottorato:

- "14-th European School", Gaeta, LT. Topics: power electronics, electrical machines, energy control, power system – 27-31 Maggio 2013.

Presentazioni di lavori a convegni:

- S. Buso, T. Caldognetto, A. Costabeber, P. Mattavelli, S. Lissandron, P. Tenti. "Modeling, Analysis, and Real Time Simulation of Droop Controlled Islanded Micro-grids". In *Proc. 45-th GE Meeting* (Associazione Gruppo Italiano di Elettronica) Udine, Italia, June 2013. ISBN 978-88-903069-3-8.
- A. Costabeber, P. Tenti, T. Caldognetto, E. V. Liberado, P. Mattavelli. "Selective Compensation of Reactive, Unbalance, and Distortion Power in Smart Grids by Synergistic Control of Distributed Switching Power Interfaces". *Power Electronics and Applications (EPE), 2013 15th European Conference on*, vol., no., pp.1, 9, 2-6 Sept. 2013.
- P. Tenti, T. Caldognetto, A. Costabeber, P. Mattavelli. "Microgrids operation based on Master-Slave Cooperative Control". In *Proc. IECON* November 2013.
- Caldognetto, T.; Tenti, P.; Brandao, D.I., "Power-based control of low-voltage microgrids," in *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, vol., no., pp.4282-4289, 14-18 Sept. 2014.
- Caldognetto, T.; Buso, S.; Tenti, P.; "Real-Time Simulation and Control of Power Electronics with National Instruments Solutions", Special Session of *2015 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles (ESARS)*, 3-5 March 2015.
- Caldognetto, T.; Buso, S.; Tenti, P.; Brandao, D. I., "Experimental verification of an active microgrid with distributed power-based control," in *17th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'15 ECCE-Europe)*, pp.1-8, 8-10 Sept. 2015.
- Caldognetto, T.; Buso, S.; Tenti, P.; Brandao, D. I., "A dynamic overvoltage limiting technique for low-voltage microgrids," in *2015 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, pp.2321-2327, 20-24 Sept. 2015.
- Buso, S.; Caldognetto, T.; Brandao, D. I., "Comparison of oversampled current controllers for microgrid utility interface converters," in *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, pp.6888-6895, 20-24 Sept. 2015.

Partecipazione a Conferenze Nazionali:

Primo Anno:

- GE Associazione Gruppo Italiano di Elettronica, Udine, Italia – 20-21 Giugno 2013;

Partecipazione a Conferenze Internazionali:

Primo Anno:

- EPE 2013, 15th European Conference on Power Electronics, EPE 2013, Lille, Francia – 2-5 Sept. 2013;
- IECON 2013, 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Vienna, Austria – 10-13 Oct. 2013.

Secondo Anno:

- 6-th Annual IEEE Energy Conversion Congress & Exposition, Pittsburgh, PA, USA, 14th-17th Sept. 2014;
- 3-rd International Conference on electrical systems for aircraft, railway, ship propulsion and road vehicles at RWTH University Campus, Aachen - Germany, March 3rd-5th, 2015.

Terzo Anno:

- 17-th Conference on Power Electronics and Applications, EPE'15-ECCE Europe, Geneva, Switzerland, 8th-10th Sept.
- 7-th Annual IEEE Energy Conversion Congress & Exposition, Montreal, Quebec, Canada, 20th-24th Sept.

Didattica attiva:

Secondo Anno:

- 12 ore di assistenza al laboratorio del corso di Elettronica Industriale per laurea triennale in Elettronica (PD). Titolare del corso: prof. Paolo Tenti.
- 24 ore di assistenza al laboratorio del corso di Laboratorio di Elettronica Industriale (2° modulo) per laurea magistrale in Meccatronica (VI). Titolare del corso: prof. Paolo Mattavelli.

Terzo Anno:

- Corso Smart Grids, Reti Elettriche Intelligenti, Lezione del 07/04/2014, "*Integration and Control of Distributed Energy Sources*". Lezione tenutasi in aula. Durata: 2 h. Titolare del corso: prof. Paolo Tenti.
- Corso Smart Grids, Reti Elettriche Intelligenti, Lezione del 28/04/2014, "*Simulazione Real-Time Hardware-in-the-Loop e Sviluppo di Controllori per Applicazioni sulle Microreti*". Lezione tenutasi nel laboratorio di elettronica di potenza. Durata: 2 h. Titolare del corso: prof. Paolo Tenti.
- Corso Smart Grids, Reti Elettriche Intelligenti, secondo semestre A.A. 2014/2015. Attività di supporto alla didattica in aula e in laboratorio. Titolare del corso: prof. Paolo Tenti.

Permanenza all'estero:

Periodo: 27-th October 2014 to 27-th April 2015.

Sede ospitante: E.ON Research Center, Institute for Automation of Complex Power Systems, RWTH Aachen University, Aachen, Germany.

Supervisore sede ospitante: prof. Antonello Monti, dr. Antonino Riccobono.

Altro:

- 24/05/2013 conseguimento certificazione *CLAD* (Certified LabVIEW Associate Developer),

Parte 2 Ricerca

Tematica. La proliferazione di sorgenti rinnovabili nelle reti di bassa tensione richiede un'adeguata gestione dell'energia disponibile per garantire modi di funzionamento efficienti e conformi ai vincoli definiti dalle normative. Le problematiche associate possono essere affrontate mediante l'individuazione di opportune architetture, metodi di gestione e sistemi di interfacciamento delle risorse (e.g., accumulo, generazione, carico). L'attività di ricerca del candidato si sviluppa in quest'ambito.

Sinottico attività svolta.

- Sviluppo del metodo Power-Based Control per la gestione delle risorse distribuite in una microrete di bassa tensione. Il metodo di controllo permette di regolare il flusso di potenza al punto di consegna (PCC) della microrete guidando opportunamente i contributi provenienti dalle risorse energetiche ivi disponibili. Il metodo di controllo integra una tecnica per la limitazione delle sovratensioni ai punti di connessione delle sorgenti. Tale tecnica permette di regolare localmente l'iniezione di potenza da parte delle sorgenti al verificarsi di situazioni di sovratensione al punto di connessione, apportando così i seguenti vantaggi: a) limitare l'ampiezza di tensione ai nodi della rete, b) massimizzare l'iniezione di potenza attiva in rete rispetto ad alcuni altri metodi di controllo delle sovratensioni, c) contribuire a ridurre le perdite di distribuzione.

Il metodo di controllo è stato applicato all'architettura master/slave, introdotta durante il primo anno di dottorato del candidato, e valutato in simulazioni istantanee e fasoriali, per poter evidenziare sia fenomeni che interessano piccole scale temporali, come le interazioni tra i dispositivi attivi e i carichi, sia i fenomeni che interessano scale temporali più ampie, come le evoluzioni del consumo, della generazione e dell'accumulo. L'analisi della stabilità del sistema è stata sviluppata durante il secondo e il terzo anno di dottorato.

- Sviluppo della Utility Interface. La Utility Interface (UI) è il componente dell'architettura master/slave che svolge il ruolo di master. In particolare, in funzionamento *connesso alla rete*, UI regola la corrente che la microrete scambia con la rete principale e, in funzionamento *ad isola*, definisce la tensione di microrete rispetto alla quale i dispositivi slave sono sincronizzati e gestisce le transizioni tra i modi di funzionamento connesso alla rete ed in isola affinché queste non compromettano il regolare funzionamento dei sistemi alimentati. Gli aspetti considerati al fine di permettere le funzionalità indicate sono:
 - o Il controllo della corrente di rete;
 - o Il controllo della tensione di microrete;
 - o La continuità di funzionamento durante le transizioni di funzionamento;
 - o La sincronizzazione della UI alla rete principale;
 - o L'identificazione automatica del funzionamento ad isola;
 - o Il controllo dei transitori di corrente durante le transizioni di funzionamento;
 - o La definizione dei riferimenti di tensione nel caso di funzionamento in isola con rete assente;
 - o Il coordinamento tra le diverse funzionalità.

Ciascuna soluzione è stata validata impiegando la simulazione tradizionale e, quando necessario, la simulazione real-time. Il sistema completo è infine stato implementato, testato e caratterizzato in laboratorio.

- Studio su controllori di corrente sovraccampionati ad elevate prestazioni. Sono state analizzate tre tipologie di controllori:
 - o PI sovraccampionato,
 - o dead-beat sovraccampionato e
 - o controllore isteretico a frequenza fissa.

Per ciascun controllore è stato derivato il modello analitico approssimato per via analitica, o, per il caso del controllore isteretico, mediante simulazione. Un banco per la validazione sperimentale dei tre controllori ha permesso la misura e il confronto di diversi aspetti delle soluzioni ottenute, sia in termini di comportamento statico e dinamico (e.g., risposta al piccolo e al grande segnale, comportamento armonico in applicazioni tipiche), sia in termini di complessità dell'implementazione (e.g., occupazione di risorse dell'unità di calcolo, caratteristiche hardware dell'impianto, prestazioni del sensore di corrente). Infine, in prospettiva dell'impiego dei controllori di corrente studiati nell'implementazione del dispositivo Utility Interface, è stato analizzato e rilevato sperimentalmente il comportamento di ciascun tipo di controllore come regolatore interno di corrente per un VSI controllato in tensione.

Pubblicazioni Relative ai Risultati Ottenuti. I principali risultati ottenuti sono descritti nelle pubblicazioni riportate in “Elenco delle pubblicazioni su rivista internazionale”. In particolare:

- La architettura master/slave per reti di bassa tensione, descritta assieme ai suoi componenti principali, è presentata in [3]. L'architettura definisce un approccio di organizzazione delle microreti che facilita la gestione delle microreti stesse. Questa struttura si pone come alternativa a quelle su cui si basano approcci che non prevedono comunicazione tra nodi e presenta il vantaggio di poter ottenere il funzionamento coordinato delle varie risorse, ad esempio, impiegando uno dei metodi di controllo proposti in [4] e [5].
- Una coppia di controllori di corrente innovativi per convertitori elettronici di potenza sono proposti in [6] e in [7]. I controllori sono caratterizzati da un'implementazione completamente digitale, eccellenti prestazioni—sia di piccolo sia di grande segnale—e di una limitata complessità realizzativa. I controllori di corrente, in generale, rappresentano un blocco di controllo fondamentale nei convertitori elettronici di potenza e, in particolare, nelle applicazioni connesse alla rete elettrica (e.g., UI, EGs).
- Il controllo denominato “Power-Based Control” è proposto in [5]. Il controllo permette di regolare il flusso di potenza al punto di connessione della microrete alla rete principale. A tal fine viene sfruttata l'energia resa disponibile delle risorse energetiche distribuite connesse all'interno della microrete. Il controllo presenta caratteristiche vantaggiose in termini di flessibilità nell'accomodare vincoli sia di tipo globale sia di tipo locale, ridotte necessità computazionali e di comunicazione, minime necessità di sincronizzazione tra i nodi, nessuna necessità di misura da parte dei nodi passivi della rete, nessuna necessità di conoscenza di modelli della rete su cui agisce (approccio *model free*).
- Gli algoritmi di controllo proposti sono stati testati utilizzando tecniche di sviluppo basate sulla simulazione real-time (tecniche di sviluppo rapid-control-prototyping e di validazione hardware-in-the-loop). A tal fine sono state usate piattaforme di tipo general purpose allo stato dell'arte. I lavori pubblicati in [2] e [8] hanno contribuito a valutare l'efficacia dell'impiego di tali piattaforme al settore dell'elettronica di potenza nell'ambito *smart microgrid*, anche come alternativa ad altre piattaforme già esistenti e appositamente pensate per questa specifica applicazione.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore:

Titolo: Control of Electronic Power Converters for Low-Voltage Microgrids

Supervisore: prof. Paolo Tenti

Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale:

- P. Tenti, A. Costabeber, T. Caldognetto, P. Mattavelli. "Cooperative control of smart micro-grids based on conservative power commands". In *ISNCC*, April 2013. ISSN 0033-2097, R. 89 NR 6/2013.
- T. Caldognetto, S. Buso, P. Mattavelli. "Digital Controller Development Methodology Based on Real-Time Simulations with LabVIEW FPGA Hardware/Software Toolset". In *Electronics Journal: SS on Education in Electronics*, vol. 17, no. 2, 2013. ISSN 1450-5843.
- Caldognetto, T.; Tenti, P., "Microgrids Operation Based on Master-Slave Cooperative Control," in *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol.2, no.4, pp.1081-1088, Dec. 2014, doi: 10.1109/JESTPE.2014.2345052.
- Caldognetto, T.; Tenti, P.; Costabeber, A.; Mattavelli, P., "Improving Microgrid Performance by Cooperative Control of Distributed Energy Sources," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 50, no. 6, pp. 3921-3930, Nov.-Dec. 2014, doi: 10.1109/TIA.2014.2313648.
- Caldognetto, T.; Buso, S.; Tenti, P.; Brandao, D.I., "Power-Based Control of Low-Voltage Microgrids," in *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol.3, no.4, pp.1056-1066, Dec. 2015, doi: 10.1109/JESTPE.2015.2413361.
- Buso, S.; Caldognetto, T.; Brandao, D., "Dead-Beat Current Controller for Voltage Source Converters with Improved Large Signal Response," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, doi: 10.1109/TIA.2015.2488644.
- Buso, S.; Caldognetto, T., "A Non-linear Wide Bandwidth Digital Current Controller for DC-DC and DC-AC Converters," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, doi: 10.1109/TIE.2015.2465351.
- Buso, S.; Caldognetto, T., "Rapid Prototyping of Digital Controllers for Microgrid Inverters," in *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol.3, no.2, pp.440-450, June 2015, doi: 10.1109/JESTPE.2014.2327064.

Elenco pubblicazioni su convegno internazionale:

- Buso, S.; Caldognetto, T., "Rapid prototyping of digital controllers for microgrid inverters," 39th Annual Conference of the IEEE in Industrial Electronics Society, IECON, pp.3711-3716, 10-13 Nov. 2013, doi: 10.1109/IECON.2013.6699726.
- Tenti, P.; Caldognetto, T.; Costabeber, A.; Mattavelli, P., "Microgrids operation based on master-slave cooperative control," in 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON, vol., no., pp.7623-7628, 10-13 Nov. 2013, doi: 10.1109/IECON.2013.6700403.
- Tenti, P.; Costabeber, A.; Caldognetto, T.; Mattavelli, P., "Improving microgrid performance by cooperative control of distributed energy sources," in *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, pp.1647-1654, 15-19 Sept. 2013, doi: 10.1109/ECCE.2013.6646904.

- Costabeber, A.; Tenti, P.; Caldognetto, T.; Verri Liberado, E., "Selective compensation of reactive, unbalance, and distortion power in smart grids by synergistic control of distributed switching power interfaces," in 15th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE), pp.1-9, 2-6 Sept. 2013, doi: 10.1109/EPE.2013.6634622.
- Buso, S.; Caldognetto, T., "A non-linear wide bandwidth digital current controller for DC-DC and DC-AC converters," in 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON, pp.1090-1096, Oct. 29 2014-Nov. 1 2014, doi: 10.1109/IECON.2014.7048638.
- Caldognetto, T.; Tenti, P.; Brandao, D.I., "Power-based control of low-voltage microgrids," in IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), pp.4282-4289, 14-18 Sept. 2014, doi: 10.1109/ECCE.2014.6953985.
- Caldognetto, T.; Buso, S.; Tenti, P., "Architecture and control of fully-dispatchable microgrids," in 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON, pp.5482-5488, Oct. 29 2014-Nov. 1 2014, doi: 10.1109/IECON.2014.7049338.
- Tenti, P.; Caldognetto, T.; Buso, S.; Costabeber, A., "Control of utility interfaces in low voltage microgrids," in IEEE 5th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), pp.1-8, 24-27 June 2014, doi: 10.1109/PEDG.2014.6878674.
- Buso, S.; Caldognetto, T.; Iglesias Brandao, D., "Oversampled dead-beat current controller for voltage source converters," in IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), pp.1493-1500, 15-19 March 2015, doi: 10.1109/APEC.2015.7104545.
- Bonetto, R.; Caldognetto, T.; Buso, S.; Rossi, M.; Tomasin, S.; Tenti, P., "Lightweight energy management of islanded operated microgrids for prosumer communities," 2015 IEEE International Conference on in Industrial Technology (ICIT), pp.1323-1328, 17-19 March 2015, doi: 10.1109/ICIT.2015.7125281.
- Buso, Simone; Caldognetto, Tommaso; Brandao, Danilo Iglesias, "Comparison of oversampled current controllers for microgrid utility interface converters," in IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), pp.6888-6895, 20-24 Sept. 2015, doi: 10.1109/ECCE.2015.7310625.
- Caldognetto, T.; Buso, S.; Tenti, P.; Brandao, D. I., "A dynamic overvoltage limiting technique for low-voltage microgrids," in IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), pp.2321-2327, 20-24 Sept. 2015, doi: 10.1109/ECCE.2015.7309986.
- Caldognetto, T.; Buso, S.; Tenti, P.; Brandao, D. I., "Experimental verification of an active microgrid with distributed power-based control," 17th European Conference on in Power Electronics and Applications (EPE'15 ECCE-Europe), pp.1-8, 8-10 Sept. 2015, doi: 10.1109/EPE.2015.7309333.
- Riccobono, A.; Naqvi, S.K.A.; Monti, A.; Caldognetto, T.; Siegers, J.; Santi, E., "Online wideband identification of single-phase AC power grid impedances using an existing grid-tied power electronic inverter," 2015 IEEE 6th International Symposium on in Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), pp.1-8, 22-25 June 2015, doi: 10.1109/PEDG.2015.7223110.

- Caldognetto, T.; Tenti; Buso, S.; Mattavelli, P.; Brandao, D. I.; “Cooperative Compensation of Unwanted Current Terms in Low-Voltage Microgrids by Distributed Power-Based Control”, 1st Southern Power Electronics Conference – SPEC, 29 Nov.-2 Dec 2015.
- G. Cavararo, T. Caldognetto, R. Carli, P. Tenti. “A Master/Slave Control of Distributed Energy Resources in Low-Voltage Microgrids”, European Control Conference, ECC 2016 (in review).

Elenco pubblicazioni su convegno nazionale:

- S. Buso, T. Caldognetto, A. Costabeber, P. Mattavelli, S. Lissandron, P. Tenti. “Modeling, Analysis, and Real Time Simulation of Droop Controlled Islanded Micro-grids”. In Proc. 45-th GE Meeting (Associazione Gruppo Italiano di Elettronica) Udine, June 2013. ISBN 978-88-903069-3-8.

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **CALDOGNETTO Tommaso** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **CARRON Andrea** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **CARRON Andrea** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

PARTE 1: DIDATTICA

Attività didattica seguita:

- Elenco dei corsi seguiti durante l'anno:

- Non linear optimization: derivative free methods
- Applied Linear Algebra
- Statistical Methods
- Applied Functional Analysis
- Kalman and Adaptive Filtering (presso UCSB)

- Elenco dei seminari seguiti durante l'anno:

- Efficient Time Sync. In Wireless Sensor Networks by Adaptive Value Tracking, Kasim Sinan Yildirim
- An application of graphical models: identification of power distribution network topology via voltage correlation analysis, Saverio Bolognani
- On some connections between Nonlinear Filtering, Information Theory and Statistical Mechanics, Sanjoy Mitter
- Localization and Optimization problems for Camera Networks, Domenica Borra
- Cooperative Multiagent Learning and Coordination for Cognitive Radio Networks, William Zame
- Multi-Agent systems modeling Opinion dynamics and related problems, Anna Chiara Lai
- Control Day 2013
- Rosetta e OSIRIS: 10 anni di Viaggio verso al cometa, Giampiero Naletto
- Applying semantic web to Robotics, Zhengjie Fan
- Brain Computer interface and motor learning in stroke rehabilitation, Junichi Ushiba
- "From Mantegna's frescoes to variational methods for the inpainting of images", Prof. Massimo Fornasier
- Control day 2014
- Molti altri seminari presso UCSB
- Mechanical Design and Evaluation of Muscular-Elastic Actuation in Humanoid Robot System
- On the geometry of maximum entropy problems
- Learning with Computational Regularization
- Weakly exponentially stable linear time-varying differential behaviors
- When multimedia meets control: use of soft real-time techniques for control design

- Recent advances on coordination in Multi-Robot Systems
- Mathematical Scientific Challenges of 5G
- Nuclear Norm identification for lumped and distributed systems
- From Synchronization Analysis to Synchronization Control of Cellular Networks
- Large-scale data fusion
- BITCOIN, an attempt at a separation of money and state
- Do brains compute?
- How chips helped discover the Higgs boson at CERN

- Elenco delle scuole di dottorato seguite durante l'anno

- EECI 2013
- Scuola estiva di dottorato di Bressanone 2013
- Scuola estiva di dottorato di Bertinoro 2013
- Scuola estiva di dottorato di Bertinoro 2014

Attività didattica di supporto svolta:

- didattica frontale

- o Lezione su ARCADE Experiment presso la classe Laboratorio di Controlli
- o Robotics, Vision and Control

- assistenza in laboratorio

- o Lezione di Simulink presso la classe Laboratorio di Controlli
- o Sistemi e Modelli
- o Robotics, Vision and Control
- o System Identification

- altro

- Conferenza ACC2013 presso Washington D.C.
- Conferenza Necsys 2013 presso Koblenz
- Conferenza RSS 2015, presso Roma

Periodi Mobilità

Dal 19/05/2014 al 19/11/2014 sarò in visita al laboratorio Control Dynamics and Motion Planning presso University of California Santa Barbara, sotto la supervisione del Prof. Francesco Bullo.

Dal 05/11/2013 al 22/12/2013 andrò in visita al laboratorio di Autonomus Robotics and Human Machine Systems presso il Max Planck Institute di Tubinga, sotto la supervisione del Senior Researcher Antonio Franchi.

PARTE 2: RICERCA

La mia attività di ricerca nel 2013 si è basata sull'ottimizzazione distribuita al fine di controllare reti

robotiche. L'attività svolta nel primo anno riguarda essenzialmente lo studio di varie tecniche di ottimizzazione distribuita applicati a sistemi di localizzazione.

Ho seguito svariati seminari e distinguished lecture proposte al DEI (l'elenco completo è sopra) oltre che al seminario Control Day 2013 organizzato dal Dipartimento di Matematica dell'Università di Padova e dal Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova. Ho partecipato a due conferenze come speaker, la prima a Giugno 2013 all'ACC 2013 di Washington D.C. presentando l'articolo "Receding Horizon Control of Multiagent systems with competitive objectives" ed il secondo al NECSYS 2013 presso Koblenz presentando l'articolo "Adaptive consensus-based algorithms for fast estimation from relative measurements".

L'attività di ricerca dell'anno 2014 si è basata sull'ottimizzazione distribuita, machine learning e design di Markov chain ottimizzate con applicazioni nella sorveglianza. Ho effettuato tre seminari, due alla fine del 2013, presso l'Istituto Max Planck di Tubinga riguardo la mia attività di ricerca del 2013 e l'esperimento ARCADE. Il terzo seminario è stato svolto presso UCSB riguardo i temi di ricerca affrontati ad inizio del 2014.

L'attività di ricerca dell'anno 2015 si è principalmente sul machine learning applicato principalmente alla stima di funzioni tempo varianti. Ho effettuato un seminario presso Stanford University alla fine del 2014.

Il titolo della tesi sarà "Efficient parametric and non-parametric localization and mapping for robotic networks". Il supervisor durante i tre anni di dottorato è stato Luca Schenato.

PARTE 3: PUBBLICAZIONI

A. Carron, E. Franco. **Analytical Solution of a Two Agent Receding Horizon Control Problem with Auto Regressive State Predictions.** *IEEE Transaction on Automatic Control* [submitted]

F. Branz, A. Carron, A. Antonello, A. Francesconi. **Dielectric Elastomer space manipulator: design and testing.** *IAC2015*, [submitted]

M. Todescato, A. Carron, R. Carli, A. Franchi, L. Schenato. **Multi-Robot Localization via GPS and Relative Measurements in the Presence of Asynchronous and Lossy Communication.** *European Control Conference 2016 (ECC'16)*, [submitted]

A. Carron, M. Todescato, R. Carli, L. Schenato, G. Pillonetto. **Multi-Robots Client-Server Gaussian Estimation and Coverage Control with Lossy Communications.** *IEEE Transactions on Robotics*, [submitted]

L. Bettiol, F. Branz, A. Carron, M. Duzzi, A. Francesconi. **Numerical simulations and experimental tests results on a smart control system for membrane structures.** *IAC2015*, [submitted]

R. Patel, A. Carron, F. Bullo. **The Hitting Time of Multiple Random Walks with Applications to Robotics Surveillance.** *SIAM Matrix Analysis and Applications* [submitted]

M. Barbetta, A. Boesso, F. Branz, A. Carron, L. Olivieri, J. Prendin, G. Rodeghiero, F. Sansone, L. Savioli, F. Spinello, A. Francesconi. **ARCADE-R2 experiment on board BEXUS 17 stratospheric balloon.** *Ceas Space Journal*, 2015

M. Barbetta, F. Branz, A. Carron, L. Olivieri, J. Prendin, F. Sansone, F. Spinello, L. Savioli, A. Francesconi. **Data retrieved by ARCADE-R2 Experiment on board the BEXUS-17 balloon.** *Pac2015*, 2015

M. Todescato, A. Carron, R. Carli, L. Schenato. **Distributed Localization from Relative Noisy Measurements: a Robust Gradient Based Approach.** *European Control Conference (ECC'15)*, 2015

F. Branz, A. Antonello, A. Carron, R. Carli, A. Francesconi. **Kinematics and control of redundant robotic arm based on Dielectric Elastomer Actuators.** *SPIE Smart Structure*, 2015

A. Carron, M. Todescato, R. Carli, L. Schenato, G. Pillonetto. **Multi-agents adaptive estimation and coverage control using Gaussian regression.** *European Control Conference (ECC'15)*, 2015

M. Barbetta, A. Boesso, F. Branz, A. Carron, L. Olivieri, J. Prendin, G. Rodeghiero, F. Sansone, L. Savioli, F. Spinello, A. Francesconi. **Autonomous Rendezvous, Control and Docking Experiment - Reflight 2.** *The 4S Symposium 2014*, 2014

Antonello, F. Sansone, A. Francesconi, R. Carli, A. Carron. **A Novel Approach to the Simulation of On-Orbit Rendezvous and Docking Maneuvers in a Laboratory Environment Through the Aid of an Anthropomorphic Robotic Arm.** *Metrology for Aerospace (MetroAeroSpace), 2014 IEEE*, 2014

A. Carron, M. Todescato, R. Carli, L. Schenato. **An asynchronous consensus-based algorithm for estimation from noisy relative measurements.** *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, vol. 1(3), pp. 283 - 295, 2014

A. Carron, M. Todescato, R. Carli, L. Schenato. **Adaptive consensus-based algorithms for fast estimation from relative measurements.** *4th IFAC Workshop on Distributed Estimation and Control in Networked Systems (NecSys'13)*, 2013

A. Carron, E. Franco. **Receding Horizon Control of a Two-Agent System with Competitive Objectives.** *American Control Conference (ACC13)*, 2013

R. Carli, A. Carron, L. Schenato, M. Todescato. **An exponential-rate consensus-based algorithms for estimation from relative measurements.** *CDC 2013*, 2013

R. Carli, A. Carron, L. Schenato, M. Todescato. **Performance analysis of consensus-based algorithms for estimation from relative measurements: implementation and performance analysis** 2013

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **CARRON Andrea** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **CECCHETTO Claudia** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Bioingegneria.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **CECCHETTO Claudia** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Bioingegneria.

La candidata dichiara quanto segue:

Supervisore: Prof. Vassanelli Stefano

Parte 1 Didattica

Corsi seguiti

Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- “Alternative low-cost technologies for fabricating microfluidic devices”
 - Data di svolgimento: 18/03/2013
 - Relatore: Prof. Evandro Piccin (UFMG Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil)
- “The long and winding road to the understanding of the prion protein patho-physiology”
 - Data di svolgimento: 04/04/2013
 - Relatore: Dott. Alessandro Bertoli (Dipartimento di Scienze Biomediche, Unipd)
- “A cortical inspired, geometrical model for contour perception and motion integration”
 - Data di svolgimento: 16/04/2013
 - Relatore: Dott. Giovanna Citti (Università di Bologna)
- “Research activity of the fly neurobiology laboratory”
 - Data di svolgimento: 18/04/2013
 - Relatore: Prof. Aram Meghian (Dipartimento di Scienze Biomediche, Unipd)
- “Mitochondria in disease pathogenesis and therapy”
 - Data di svolgimento: 09/05/2013
 - Relatore: Dott. Paolo Bernardi (Dipartimento di Scienze Biomediche, Unipd)
- “Mental maps from tactile virtual objects”
 - Data di svolgimento: 15/05/2013
 - Relatore: Dott. Luca Brayda (IIT, Genova)
- “Organic field-effect transistor structures: a truly multifunctional platform from light-emitting to cell stimulating and sensing transistors”
 - Data di svolgimento: 04/06/2013
 - Relatore: Dott. Michele Muccini (CNR-ISMN, Bologna)
- “Signaling pathways that control muscle mass”
 - Data di svolgimento: 06/06/2013
 - Relatore: Dott. Marco Sandri (Dipartimento di Scienze Biomediche, Unipd)
- “Caratterizzazione del fenomeno di desincronizzazione dei ritmi cerebrali con applicazione ad una piattaforma di Brain Computer Interface per la riabilitazione motoria di pazienti reduci da ictus”

- Data di svolgimento: 10/09/2013
- Relatore: Prof S. Pupolin e Ing. G. Cisotto (DEI)
- “Mechanisms of synaptic transmission at small hippocampal synapses”
 - Data di svolgimento: 15/04/2014
 - Relatore: Dott.ssa Annalisa Scimemi (Department of Biology, SUNY Albany USA)
- “Micro-LEDs for Applications in Optogenetics”
 - Data di svolgimento: 05/05/2014
 - Relatore: Prof. Ulrich T. Schwarz (Università di Friburgo e Fraunhofer - IAF)
- “Functional synaptic microcircuits of the striatum”
 - Data di svolgimento: 22/05/2014
 - Relatore: Dott. Stefano Taverna (Department of Neuroscience and Brain Technologies Italian Institute of Technology, Genova)
- “Sensorimotor integration in the control of voluntary movements: a new role for the cerebellum”
 - Data di svolgimento: 12/06/2014
 - Relatore: Dott.ssa Maria Spolidoro (École Normale Supérieure, Institut de Biologie, Paris)
- “Multifunctional organic field-effect transistors as a technological platform for sensing and biondiagnostics”
 - Data di svolgimento: 09/12/14
 - Relatore: Dott. Stefano Toffanin (ISMN-CNR, Bologna)
- “Thalamo-cortical oscillations and synchronization”
 - Data di svolgimento: 10/12/14
 - Relatore: Dott.ssa Favero Morgana, (Dipartimento di Scienze Neurologiche Biomediche e del Movimento, Università di Verona)
- “Network dynamics and functional connectivity in cortical assemblies coupled to MEA”
 - Data di svolgimento: 16/01/15
 - Relatore: Dott. Paolo Massobrio e Dott. Sergio Martinoia (Università di Genova, Genova)
- “In vitro studies of neuronal networks and synaptic plasticity in invertebrates and in mammals using Multi-Electrode Arrays (MEAs)”
 - Data di svolgimento: 13/05/15
 - Relatore: Dott.ssa Michela Chiappalone (Department of Neuroscience and Brain Technologies, Italian Institute of Technology, Genova)
- “Encoding speech through cortical oscillations”
 - Data di svolgimento: 09/09/15
 - Relatore: Dott. Lorenzo Fontolan (Janelia Research Campus, Howard Hughes Medical Institute, Virginia, USA)
- “On oscillating systems of interacting neurons”
 - Data di svolgimento: 16/10/15
 - Relatore: Prof. Eva Locherbach (Université de Cergy-Pontoise, France)
- “Pathogenic role of microglia-derived extracellular vesicles in neuroinflammation and neurodegeneration”
 - Data di svolgimento: 29/10/15
 - Relatore: Dott.ssa Claudia Verderio (CNR Neuroscience Institute, Milano)
- “A novel brain partition highlights the modular skeleton shared by structure and function”
 - Data di svolgimento: 03/11/15

- Relatore: Prof. Sebastiano Stramaglia (Dipartimento di Fisica, Università degli studi di Bari)
- “Neuronal Avalanches”
 - Data di svolgimento: 04/11/15
 - Relatore: Prof. Lucilla De Arcangelis (Dipartimento di Ingegneria Industriale e Dell'Informazione, Seconda Università di Napoli)

Partecipazione a Conferenze Nazionali

- Partecipazione e collaborazione nell'organizzazione della “CSNII School on Neurotechniques 2015” presso il laboratorio Neurochip dal 23 al 27 Marzo 2015.
- Partecipazione e collaborazione nell'organizzazione della “CSNII School on Neurotechniques 2014” presso il laboratorio Neurochip dal 10 al 14 Marzo 2014.
- Partecipazione al “XV National Congress of the Italian Society of Neuroscience” a Roma dal 3 al 5 Ottobre 2013.

Partecipazione a Conferenze Internazionali

- Partecipazione a “International Conference on Intelligent Informatics and BioMedical Sciences (ICIIBMS 2015)” a Okinawa (Giappone) dal 28 al 30 Novembre 2015.
- Partecipazione ad un workshop dal titolo “Power law multiple scales in neural systems” (organizzato nell'ambito del progetto “Human Brain Project”) presso “The European Institute of Theoretical Neuroscience” a Parigi, dal 12 al 13 Marzo 2015.
- Partecipazione a “9th FENS Forum of Neuroscience” a Milano dal 5 al 9 Luglio 2014.
- Partecipazione a “The 2014 Capocaccia Cognitive Neuromorphic Engineering Workshop” a Capocaccia (Sardegna) dal 28 Aprile al 1 Maggio 2014.

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

Assistenza nell'insegnamento del prof. Vassanelli nei corsi di “Biologia e Fisiologia” del Corso di laurea magistrale in Bioingegneria, “Fisiologia Umana” del Corso di laurea magistrale a ciclo unico in Medicina e Chirurgia e di “Fisiologia” nel corso di laurea magistrale a ciclo unico in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche.

Lezioni su proprietà elettriche della membrana delle cellule eccitabili, potenziale di membrana e potenziale d'azione, conduzione elettrica lungo le fibre neuronali, principi base sulle tipologie di registrazione dei segnali neuronali intra- ed extra-cellulari.

Parte 2 Ricerca

Il principale obiettivo della ricerca è quello di valutare la variabilità della risposta delle reti neuronali corticali evocata dalla stimolazione ripetuta di un singolo baffo, in un primo momento tramite elettrodi convenzionali e successivamente tramite chip multi-array ad alta risoluzione spaziale.

Durante la prima fase della sperimentazione, sono stati dunque registrati ed analizzati segnali neuronali extracellulari dall'area corticale, misurando nel contempo l'input proveniente dai baffi a

livello del ganglio del nervo trigemino, la prima stazione sensitiva dell'elaborazione neuronale. Tramite un attuatore piezoelettrico, i singoli baffi dell'animale sono stati deflessi in modo ripetuto e controllato. La risposta neuronale è stata valutata tramite l'analisi degli LFP generati lungo i vari layer della corteccia somatosensoriale in risposta alle deflessioni delle vibrisse. Gli LFP sono stati registrati tramite elettrodi standard ad interfaccia elettrolita - Ag/AgCl inseriti in una micropipetta di vetro (tip a resistenza nota, $\sim 1 \text{ M}\Omega$), muovendosi in profondità attraverso la corteccia, mantenendosi quanto più perpendicolari al tessuto cerebrale, partendo dalla superficie corticale fino a raggiungere l'ultimo layer (spessore corticale totale: $1800 \mu\text{m}$). Tali segnali extracellulari sono stati registrati ogni $100 \mu\text{m}$ in corrispondenza dei layer III, IV e V; per ogni profondità registrata sono state campionate 500 sweep successive della durata di 500 ms. Al fine di caratterizzare la forma della risposta neuronale, sono state individuate ed estratte alcune features principali del segnale tramite un software Matlab sviluppato in collaborazione con il laboratorio del prof. Sparacino e il dott. Mahmud (Neurochip Lab). Tali features comprendono: l'ampiezza del Primo Picco Principale Negativo (PPPN), la latenza di onset del PPPN, la latenza del minimo del PPPN, la larghezza temporale del PPPN e il punto di inflessione compreso tra l'onset e il minimo del PPPN. Una prima stima della variabilità della risposta è stata ottenuta confrontando la latenza di onset, la latenza del minimo e l'ampiezza del PPPN nelle varie tracce neuronali registrate. Inoltre, tali segnali corticali sono stati messi in relazione con quelli registrati nel ganglio del trigemino valutando il rapporto tra le ampiezze e la differenza tra le latenze dei picchi principali nelle due serie di dati.

La deflessione dei singoli baffi dell'animale è stata ottenuta tramite un attuatore piezoelettrico. L'entità e la riproducibilità di tale deflessione sono state valutate grazie ad una camera veloce montata su un microscopio, tramite l'acquisizione di video ad elevata risoluzione temporale (dai 5000 ai 10000 fps) e al successivo tracking offline del movimento del baffo in questi video. Da alcune prove preliminari, è stata stimata una deflessione della vibrissa sul piano orizzontale pari a $(20 \pm 1) \mu\text{m}$, corrispondente ad una deflessione angolare di $(1.9 \pm 0.1)^\circ$. L'andamento temporale di movimentazioni successive del baffo è confrontabile, ma presenta oscillazioni secondarie indesiderate. Il sistema di movimentazione è stato pertanto riprogettato e ottimizzato, al fine di ottenere stimolazioni dei baffi più precise, ripetibili e più ampie. L'attuatore piezoelettrico è stato sostituito con uno dotato di estensimetri in grado di monitorare il suo effettivo spostamento e grazie al prof. Oboe (Department of Management and Engineering, Vicenza) si è ideata una catena di acquisizione a closed-loop al fine di visualizzare i valori di output degli estensimetri ad oscilloscopio ed evitare oscillazioni indesiderate dell'oggetto. L'effettivo movimento dell'attuatore piezoelettrico è stato valutato anche tramite il tracking delle acquisizioni video, ottenendo un displacement massimo pari a $(178 \pm 2) \mu\text{m}$, corrispondente ad una deflessione angolare di $(7.30 \pm 0.07)^\circ$.

Gli esperimenti in vivo sono stati condotti usando due differenti tipologie di anestesia: inizialmente si è utilizzato un preparato a base di tiletamina e xilazina, mentre successivamente è stato utilizzato uretano. Tali composti hanno un effetto profondamente diverso sul processing del segnale neuronale e quindi sulla codifica dell'informazione proveniente dai baffi dell'animale. Infatti la tiletamina agisce selettivamente bloccando i recettori di tipo eccitatorio NMDA - componente fondamentale per i meccanismi di plasticità sinaptica - mentre l'uretano interessa sia il sistema eccitatorio che inibitorio, agendo in modo distribuito su vari recettori sinaptici, inducendo un'attività cerebrale fisiologicamente confrontabile con quella presente durante alcune fasi del sonno e mantenendo pressoché inalterata la plasticità sinaptica. Perciò, sono stati confrontati i segnali neuronali registrati durante i due differenti tipi di anestesia. Dalle prime evidenze sperimentali, si è notata una diminuzione dei tempi di latenza di onset e minimo del PPPN registrati da animali anestetizzati con uretano, rispetto a quelli trattati con tiletamina e xilazina. Una caratteristica rilevante è la presenza di oscillazioni (picchi) secondarie successive al

PPPN nelle tracce registrate nei ratti anestetizzati con uretano. Tali picchi secondari si verificano ad ogni profondità analizzata, mediamente sul 30% delle tracce campionate, mentre sono del tutto assenti negli esperimenti condotti con tiletamina e xilazina.

Inoltre è stata studiata l'attività basale corticale, registrando in corrispondenza di ogni profondità corticale tracce elettrofisiologiche lunghe (50 sweep della durata di 10 s o per 30 min in modo continuo) in assenza di stimolazione esterna del baffo. L'analisi dell'attività basale è di particolare interesse essendo la risposta evocata naturalmente correlata alla fase di tale attività "di fondo" della area somatosensoriale. L'attività spontanea è stata valutata tramite un secondo software Matlab in grado di analizzare ampiezza e latenza dei singoli picchi presenti nelle tracce elettrofisiologiche e di calcolarne la distribuzione statistica: ciò è stato poi messo in relazione con risultati già noti in letteratura nell'ambito delle "*Neuronal Avalanches*", burst di attività neuronale caratterizzati da distribuzioni a legge di potenza del tipo $P(n) \propto n^{-\alpha}$ (α costante) che descrivono la loro dimensione n (proporzionale al numero di picchi che superano una determinata soglia durante un burst neuronale) e la loro durata temporale.

Durante la seconda fase della sperimentazione, si è testato ed ottimizzato un innovativo setup di acquisizione ad alta risoluzione spaziale, basato su chip CMOS multi-array a 256 siti di registrazione (distanza tra i sensori pari a 10, 15 o 33 μm), impiantabili nel tessuto cerebrale. Si sono acquisiti ed analizzati in questo modo i tipi di segnale già studiati in precedenza con elettrodi convenzionali: segnali evocati nella barrel cortex da stimolazioni dei baffi del ratto e l'attività spontanea dell'animale anestetizzato, in assenza di stimoli esterni. Per la prima volta con questa generazione di sensori, si è ottenuto il profilo completo dei potenziali corticali generati lungo un'intera colonna della barrel cortex ad elevata risoluzione spaziale. Già da questi primissimi risultati, è possibile riconoscere una caratteristica dinamica di propagazione degli LFP nei vari layer corticali: ciò non soltanto lungo i diversi layer corticali (già studiata in precedenza), ma anche nel piano perpendicolare ad essi, ossia lungo gli assi xy di una determinata barrel ad una specifica profondità corticale. Lo studio di tale propagazione al variare del timing o dell'angolo di deflessione del baffo stimolato sarà di particolare interesse nei prossimi esperimenti. Inoltre, si procederà all'analisi dell'attività spontanea rilevata dai chip nel contesto delle valanghe neuronali, potendo ora contare sull'acquisizione simultanea del segnale neuronale da più siti di registrazione, in modo del tutto equivalente ai dati disponibili in letteratura ottenuti da colture cellulari tramite array multi-sito.

Infine, le coordinate del sito di inserzione sono state verificate tramite tecniche istochimiche: al termine di ogni singolo esperimento, la corteccia cerebrale è stata estratta e successivamente sezionata in fettine corticali di spessore pari a 50 μm , colorate poi con appositi protocolli. In tal modo, è possibile visualizzare la traccia di inserzione del chip, verificarne la perpendicolarità rispetto alla superficie corticale e valutare anche il danno provocato al tessuto cerebrale.

Titolo definitivo della tesi di dottorato: "Neuronal Population Encoding of Sensory Information in the Rat Barrel Cortex: Local Field Potential Recording and Characterization by an Innovative High-Resolution Brain-Chip Interface"

Supervisore: Prof. Vassanelli Stefano

Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale

C. Cecchetto, M. Maschietto, P. Boccaccio, and S. Vassanelli, "Enhancement of Kv1.3 Potassium Conductance by Extremely Low Frequency Electromagnetic Field", arXiv:1508.06135 [physics, q-bio], Aug. 2015, <http://arxiv.org/abs/1508.06135> (*archivio online*).

M. Rubega, C. Cecchetto, S. Vassanelli, and G. Sparacino, "Algorithm and software to automatically identify latency and amplitude features of local field potentials recorded in electrophysiological investigation," Source Code for Biology and Medicine (*submitted*).

Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

C. Cecchetto, M. Mahmud, and S. Vassanelli, "Anesthesia Effect on Single Local Field Potentials Variability in Rat Barrel Cortex: Preliminary Results", presented at the 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Milan, Italy, 2015, vol. Brain Physiology and Modeling III (*poster presentato alla conferenza*).

C. Cecchetto, S. Schröder, S. Keil, M. Mahmud, E. Brose, Ö. Dogan, G. Bertotti, D. Wolanski, B. Tillack, J. Schneidewind, H. Gargouri, M. Arens, J. Bruns, B. Szyszka, R. Thewes, and S. Vassanelli, "Imaging Local Field Potentials in the Rat Barrel Cortex", presented at the ICIIBMS 2015: International Conference on Intelligent Informatics and BioMedical Sciences, Okinawa, Japan, 2015.

G. Frigo, M. Rubega, G. Lezziero, R. Fontana, C. Cecchetto, S. Vassanelli, G. Sparacino, and M. Bertocco, "A software-based platform for multichannel electrophysiological data acquisition", in 2015 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), 2015, pp. 353–358.

M. Rubega, C. Cecchetto, S. Vassanelli, and G. Sparacino, "Automated Analysis of Local Field Potentials Evoked by Mechanical Whisker Stimulation in Rat Barrel Cortex", presented at the 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Milan, Italy, 2015, vol. Signal Processing in Physiological Systems II: Neural Signals (*presentazione orale alla conferenza discussa da M. Rubega*).

S. Schröder, C. Cecchetto, S. Keil, M. Mahmud, E. Brose, Ö. Dogan, G. Bertotti, D. Wolanski, Bernd Tillack, J. Schneidewind, H. Gargouri, M. Arens, J. Bruns, B. Szyszka, S. Vassanelli, and Roland Thewes, "CMOS-Compatible Purely Capacitive Interfaces for High-Density In-Vivo Recording from Neural Tissue", presented at the BioCAS 2015, Atlanta, Georgia, USA, 2015 (*poster presentato alla conferenza*).

Presentazione di un poster dal titolo "Variability of LFP Responses in the Rat Barrel Cortex Upon Single Whisker Stimulation" (C. Cecchetto, M. Maschietto, S. Girardi, S. Vassanelli) al "9th FENS Forum of Neuroscience" a Milano dal 5 al 9 Luglio 2014.

M. Mahmud, C. Cecchetto, and S. Vassanelli, "An Automated Method for Characterization of Evoked Single Local Field Potentials Recorded from Rat Barrel Cortex Under Mechanical Whisker Stimulation," in Cognitive Computation, BICS'2015 Issue, Hefei, China, 2015, vol. Vol. 8, 2016 (*submitted*).

Elenco pubblicazioni su rivista nazionale

C. Cecchetto, M. Maschietto, P. Boccaccio, and S. Vassanelli, “Increased Potassium Membrane Conductance in Transfected CHO-K1 Cells After Exposure to Low-Frequency and Low-Intensity Magnetic Fields”, LNL Annual Report 2013, vol. Applied, General & Interdisciplinary Physics, pp. 93–94, 2014.

C. Cecchetto, M. Maschietto, P. Boccaccio, and S. Vassanelli, “Effect of Low-Frequency and Low-Intensity Magnetic Fields on Potassium Membrane Conductance in CHO-K1 Cells Expressing Kv1.3 Channel”, LNL Annual Report 2012, vol. Applied, General & Interdisciplinary Physics, pp. 162–163, 2013.

Elenco pubblicazioni su convegno nazionale

Presentazione di un poster dal titolo “Effect of Low-Frequency and Low-Intensity Magnetic Fields on Potassium Membrane Conductance in Transfected CHO-K1 Cells” (C. Cecchetto, M. Maschietto, P. Boccaccio, S. Vassanelli) al “XV National Congress of the Italian Society of Neuroscience” a Roma dal 3 al 5 Ottobre 2013.

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **CECCHETTO Claudia** 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 della candidata, le sue ottime capacità nella ricerca e gli originali risultati conseguiti. **Pertanto il collegio la ammette all'esame finale.**

Presentazione e giudizio finale sull'attività svolta da **DE STEFANI Lorenzo** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **DE STEFANI Lorenzo** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Supervisore: Professor Gianfranco Bilardi

Attività didattica seguita:

- Elenco dei corsi seguiti:

- Distributed Computer Platforms, Professor. Massimo Maresca – 20 ore
- Online algorithms and competitive analysis, Professor Enoch Peserico – 20 ore
- Real-Time Systems and applications, Professor Gabriele Manduchi – 20 ore
- Statistical Methods, Professor Lorenzo Finesso – 24 ore

- Partecipazione a workshop e scuole di dottorato:

- **Summer School on High-Performance Scientific Computing**
Strategic Research Project AACSE - Algorithms and Architectures for Computational Science and Engineering
(September 16-19, 2013)
Department of Information Engineering Via Gradenigo 6A, 35131 Padova, Italy
- **ScalPerf 13: Workshop on Scalable Approaches to High Performance and High Productivity Computing**
(September 22-26, 2013)
Bertinoro (Forlì-Cesena) Italy
- **Workshop on Semidefinite Programming and Graph Algorithms**
(February 10-14, 2014)
Part of [Semester Program on "Network Science and Graph Algorithms"](#)
at ICERM, Brown University, Providence –RI USA
- **Workshop on Stochastic Graph Models**
(March 17-21, 2014)
Part of [Semester Program on "Network Science and Graph Algorithms"](#)
at ICERM, Brown University, Providence –RI USA
- **Scalperf15: Workshop on Scalable Approaches to High Performance and High Productivity Computing**
(September 20-24, 2015)
presso Bertinoro International Center for Informatics, Bertinoro (FC) ITALY
Partecipazione come presenter e web co-chair

Periodi mobilità estero

- **7 Febbraio 2014 – 29 Marzo 2014**

Visiting Scholar presso ICERM – Brown University, Providence – RI – USA

Partecipazione alle attività nell'ambito del programma semestrale “Network Science and Graph Algorithms” sotto la supervisione del Professor Eli Upfal.

- **19 Agosto 2014 – 1 Giugno 2015**

Attività di ricerca svolta presso Brown University, Providence – RI – USA sotto la supervisione del Professor Eli Upfal.

Supporto all'attività didattica

- Tutor Junior con mansioni di supporto alla didattica per il corso “Calcolo Parallelo” del corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica tenuto dal Professor Gianfranco Bilardi per gli anni accademici 2013-2014 e 2014-2015. Nel contesto di questo incarico sono stato responsabile per l'attività di Laboratorio complementare al corso.

Attività scientifica

- **Studio sulla richiesta di spazio per grafi di calcolo diretti e aciclici**

Si sono andati a studiare argomenti relativi allo spazio di memoria minimo necessario (*space complexity*) per il calcolo di un dato grafo di calcolo diretto e aciclico (CDAG). In particolare si è andati ad investigare qualora l'utilizzo di schedule di calcolo ove vengano ripetute più volte le valutazioni di uno stesso nodo possano portare ad una riduzione dello spazio necessario per il calcolo stesso.

Nel contesto di questa attività si è andato ad analizzare la tecnica di “marking” proposta da Bilardi, Pietracaprina e D'Alberto nell'articolo “On the Space and Access complexity of DAG computations” al fine di determinare i limiti di accuratezza che la stessa offre rispetto alla possibilità di individuare lower bound stretti alla space complexity. In particolare si è verificato come la suddetta tecnica appaia non appropriata per individuare lower bound stretti per la famiglia di CDAG “TPC”, proposta da Tarjan, Paul e Celoni nell'articolo “Space bounds for a game on graphs”, ed utilizzata dagli autori per ottenere un lower bound generale alla space complexity di CDAG a grado costante.

Si è inoltre ottenuto un upper bound relativo ai lower bound ottenibili usando particolari parti di questa tecnica.

Inoltre, questo stesso lavoro ha portato alla formulazione di una prova alternativa, dell'upper bound rispetto alla space complexity di CDAG generici originariamente proposta da Hopcroft, Paul e Valiant nell'articolo “On time versus space” e successivamente ripresa da Michael Loui nell'articolo “A note on the pebble game”. La prova da noi proposta porta a miglioramenti rispetto ad entrambe le formulazioni originali.

Nella prosecuzione di questo studio si è andato a definire il concetto di visita di un DAG e si è andati a mettere in evidenza la relazione fra il costo, in termini di spazio, necessario per tali visite e i lower bound alla richiesta di spazio necessario per la computazione del grafo ottenuto invertendo la direzione di tutti gli archi derivabili utilizzando l'approccio di marking. Si inoltre andati a definire il concetto di “banda spinata” che cattura la relazione fra la struttura del DAG in analisi, e il bound sulla space complexity dello stesso ottenibile per mezzo della tecnica di marking.

- **Studio su lower bound per le operazioni di I/O per l'algoritmo Strassen Matrix Multiplication**

In questa attività di ricerca si sono studiati limiti inferiori al numero di operazioni di I/O (I/O complexity) eseguite da algoritmi realizzati da grafi diretti aciclici computazionali (CDAGs) nel modello classico di Hong e Kung.

In particolare proponiamo una tecnica per ottenere un limite inferiore alla I/O complexity per l'algoritmo di Strassen per il prodotto di matrici quadrate sotto il vincolo che nessun risultato intermedio utilizzato durante l'esecuzione dell'algoritmo sia calcolato più di una volta durante l'esecuzione dello stesso. Sebbene i limiti ottenuti siano già stati presentati in letteratura, la nostra tecnica permette di ottenere una dimostrazione più semplice e basata sulla struttura ricorsiva degli algoritmi piuttosto che proprietà combinatorie dei DAG, con miglioramenti delle costanti che appaiono nei limiti. Abbiamo inoltre studiato limiti inferiori alla I/O complexity per l'algoritmo di Strassen qualora venga rimossa la restrizione data la non ripetizione di risultati intermedi.

- **Studio su algoritmi resilienti rispetto a corruzioni non catastrofiche di dati in memoria**

In questa attività di ricerca si sono andati a studiare il design e le prestazioni di algoritmi e strutture dati che siano in grado di mantenere funzionalità anche qualora si verificano a runtime, errori non rilevabili e che vadano a modificare il contenuto di una o più celle di memoria. In particolare, si è andato a studiare come sia possibile sfruttare una parte di memoria safe, ovvero non corrottabile, di piccole dimensioni per ottenere un sensibile miglioramento delle prestazioni dell'algoritmo di sorting resiliente (proposto da Finocchi, Grandoni e Italiano nell'articolo "Optimal Resilient Sorting and Searching in the Presence of Memory Faults") e della struttura dati "coda a priorità resiliente" (proposta da Jørgensen, Moruz e Mølhave nell'articolo "Priority Queues Resilient to Memory Faults").

Lavoro svolto in collaborazione con Francesco Silvestri (Postdoctoral researcher presso IT University of Copenhagen).

Pubblicazioni:

- Lorenzo De Stefani and Francesco Silvestri, *Exploiting non-constant safe memory in resilient algorithms and data structures*, Theor. Comput. Sci., vol. 583, pp. 86-97, (2015).

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **DE STEFANI Lorenzo** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **GIARETTA Alberto** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Bioingegneria.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **GIARETTA Alberto** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Bioingegneria.

Il candidato dichiara quanto segue:

Parte 1 Didattica

Corsi seguiti della Scuola di Dottorato in Ingegneria dell'Informazione

CORSO	DOCENTE	ORE
Applied Linear Algebra	A. Ferrante, G. Picci	16
Brownian Motion and Noise in Physical Devices	M. Pavon	20
Statistical Methods	L. Finesso	24
Mathematical Modeling of Cell Biology	M.G. Pedersen	20

Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

- ✓ **XXXII Scuola Annuale in Bioingegneria**, “Approccio integrato per la medicina Riabilitativa”, Bressanone, 16 – 20 Settembre 2013, Italy.
- ✓ **First International Synthetic and Systems Biology Summer School (SSBSS)**, Taormina, 15-19 Giugno 2014, Italy.

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- ✓ *Brain-Machine Hybrid System: Investigation of Algorithms in a Silkworm Moth* prof. Daisuke Kurabayashi presso Aula Magna “A. Lepschy” 18/02/2013
- ✓ *Robotica Riabilitativa*. Dott. Davide Piovesan, presso Aula Magna “A. Lepschy” 16/05/2013
- ✓ *Brain Computer Interface (BCI)* .G.Tec presso Aula Magna “A. Lepschy” 03/10/2013
- ✓ *“Brain-Computer Interface and Motor Learning in Stroke Rehabilitation”* , Padova, DEI, 16 Maggio 2014.
- ✓ *“Quantitative Magnetic Resonance Imaging of the Spinal Cord: basic concepts and applications”*, Padova, DEI, 16 Settembre 2014.
- ✓ *“Brain-Machine-Interface (BMI) in Complete Paralysis, Stroke and Neuropsychiatric Disorders”*, Padova, DEI, 5 Novembre 2014.
- ✓ *“Virology Colloquium”*, University of North Carolina at Chapel Hill, October 15 2015.

- ✓ “*Innovations in Biological Computations*”, University of North Carolina at Chapel Hill, October 27 2015.

Partecipazione a Conferenze Internazionali

- ✓ **First International Synthetic and Systems Biology Summer School (SSBSS)**, Taormina, 15-19 Giugno 2014, Italy.

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

- ✓ Esercitazioni teoriche frontali, per il corso di “**Sistemi e Modelli**” – corso di studi in Ingegneria dell’Informazione. Anno accademico 2013-2014.
- ✓ Esercitazioni teoriche frontali, per il corso di “**Sistemi e Modelli**”, della Laurea Triennale in Ingegneria dell’Informazione. Anno accademico 2014-2015.
- ✓ Esercitazioni in laboratorio, per il corso di “**Elaborazione dei Segnali Biologici**”, della Laurea Magistrale in Bioingegneria.

Permanenza all'estero

Periodo: 20 Maggio 2015 – fine Novembre 2015

University of North Carolina (UNC), Chapel Hill, North Carolina, USA.

Department of Pharmacology.

Supervisore alla UNC: Prof. Timothy Elston.

Progetti svolti:

- ✓ Sviluppo di un modello stocastico della rete di regolazione genica dello Human Papillomavirus (HPV).
- ✓ Sviluppo di un modello stocastico dell’invecchiamento cellulare sulla cellula del lievito.

Parte 2 Ricerca

Progetto di modellistica sulla farmacodinamica cellulare

Sviluppo di un modello dinamico volto a descrivere l’interazione della cardio Aspirina con l’enzima Ciclossigenasi – 1 (COX-1).

L’enzima COX-1 è direttamente coinvolto con al metabolismo ossidativo dell’acido arachidonico utilizzato per la formazione dei trombossani, in particolare del trombossano TAX2 che è dotato di spiccata attività aggregante piastrinica e vaso costringente. L’aspirina reagendo con il COX-1 tramite una reazione di acetilazione abbassa la concentrazione di COX-1 e quindi anche il trombossano TAX2, favorendo la fluidificazione sanguigna e quindi contrastando l’insorgenza di infarti, ictus... in soggetti a rischio.

E’ stata modellizzata la dinamica di COX-1 all’interno delle cellule chiamate megacariociti e all’interno delle piastrine del sangue (generate dai megacariociti nel midollo osseo) deputate a svolgere l’azione coagulante sanguigna.

Per modellizzare l’interazione tra Aspirina e COX-1 è stato in seguito sviluppato un modello della cinetica dell’Aspirina nella circolazione splancica, nel resto della grande circolazione e a livello tissutale. Infine si è modellizzato il legame tra i due sottosistemi descriventi la dinamica dell’Aspirina e la dinamica di COX-1.

Il modello sviluppato ha lo scopo di descrivere la dinamica dell'enzima COX-1 sia in assenza ma, soprattutto, in presenza di aspirina, allo scopo di funzionare come un simulatore in silico in grado di descrivere la variabilità della risposta dinamica dell'enzima in risposta a differenti protocolli terapeutici. Il modello è stato inoltre riadattato a descrivere la dinamica della cardio aspirina, sotto diversi protocolli terapeutici, anche nei pazienti trombocitemici che presentano un'aumentata propensione agli eventi trombotici.

Allo stato dell'arte attuale il modello sviluppato risulta il primo in grado di descrivere la dinamica dell'aspirina a livello cellulare e di intero organismo sull'enzima COX-1 e sul trombocita. Esso inoltre rappresenta il primo simulatore in silico in grado di predire l'azione dell'aspirina a fronte di diversi protocolli terapeutici sia in pazienti sani che trombocitemici.

Lo sviluppo di un siffatto modello ha permesso inoltre di ipotizzare nuovi meccanismi cellulari nei megacariociti suggerendo nuovi esperimenti per dimostrarne la veridicità.

I risultati di questo lavoro sono stati presentati a diversi congressi nazionali ed internazionali.

Questo lavoro porterà alla pubblicazione di un journal paper ora in fase di scrittura.

Progetti di modellistica delle reti di regolazione genica

Progetto di modellistica sullo Human Papillomavirus (HPV)

I Papillomavirus umani ad alto rischio (HR-HPV) causano una serie di lesioni cutanee e delle mucose epiteliali, che spaziano da lesioni minori (verruche su mani e piedi) a lesioni pre-cancerogene e cancerogene del collo dell'utero, considerato il secondo cancro per importanza, nel mondo femminile, dopo il cancro al seno. Esso consta di un semplice genoma con due promotori principali che ne regolano l'evoluzione del ciclo virale sia su epitelio normale che cancerogeno.

Il progetto si focalizza nello sviluppo di un modello matematico della rete di regolazione genica dell'HPV.

Le novità di questo progetto si riscontrano sia a livello metodologico che clinico/biologico. Il primo è in linea con la sfida attuale di questi ultimi anni, ossia lo sviluppo e lo studio di complessi sistemi regolatori sia a livello deterministico che stocastico.

Per quanto concerne l'aspetto clinico/biologico, attualmente in letteratura non esiste nessun modello della rete di regolazione genica dell'HPV. Il modello sviluppato codifica la complessa conoscenza biologica in differenti condizioni cliniche considerando sia il ciclo litico dell'HPV nell'epitelio normale (sia a livello di infezione basale che all'intera progressione del ciclo virale) che l'integrazione del genoma virale nel cromosoma della cellula ospite portando allo sviluppo del cancro.

In particolare, è stata effettuata una nuova sintesi della biologia molecolare dell'HPV condensante la regolazione trascrizionale, post-trascrizionale, traduzionale e post-traduzionale dei due promotori virali, ponendo anche l'enfasi nella raccolta/derivazione dei dati presenti in letteratura. È stato sviluppato un primo modello deterministico, basato su equazioni differenziali ordinarie (ODE), della regolazione del primo promotore virale.

In collaborazione con la School of Medicine at Chapel Hill, University of North Carolina (UNC), è stato sviluppato un secondo modello, più formale e completo, sia stocastico che deterministico. Questo è stato effettuato traducendo la biologia molecolare in un set di reazioni biochimiche descriventi le specie chimiche coinvolte. In seguito la rete genica è stata modellata a livello stocastico in termini di Chemical Master Equation (CME) e di equazioni differenziali stocastiche (SDE). Inoltre dal modello basato sulla CME si è ricavata un'approssimazione deterministica al quasi equilibrio. Un'analisi di biforcazione del sistema deterministico è stata effettuata per carpire i diversi comportamenti dinamici che il sistema è in grado di esibire al variare dello spazio parametrico. Numerose simulazioni sono state effettuate al fine di

elicitare il contributo aggiuntivo della dinamica stocastica rispetto a quella deterministica.

Il sistema modella il primo che il secondo promotore virale sia in condizioni di infezione su epitelio normale che in caso di virus integrato. Diverse simulazioni sono state effettuate al fine di valutare la capacità predittiva del modello sotto diverse condizioni cliniche, dal manifestarsi dell'infezione fino allo stadio di cancro.

Le predizioni del modello sono state infine utilizzate per progettare in modo ottimo un esperimento ad hoc della dinamica regolatoria del virus al fine di validare sperimentalmente il modello proposto.

Questo progetto ha portato/porterà:

- Alla pubblicazione di un Conference Proceedings paper (già pubblicato)
- Alla pubblicazione di un journal paper, sulla regolazione stocastica del primo promotore virale, in collaborazione con la University of North Carolina at Chapel Hill (ora in fase di scrittura)
- Alla pubblicazione di ulteriori journal paper nel prossimo futuro inerenti il secondo promotore virale e la validazione sperimentale del modello.

Progetto di modellistica sull'invecchiamento cellulare

Sebbene una cultura di cellule di lievito possa essere propagata in eterno, le cellule di lievito individuali invecchiano ed eventualmente muoiono.

Dalla biologia è noto che il DNA ribosomale (rDNA) è positivamente correlato con l'invecchiamento cellulare. Inoltre numerose regioni del rDNA nel nucleo rappresentano dei siti di legame prioritari per la proteina Sir2, generata dal gene SIR2. Recentemente è stato suggerito che l'elevata frequenza con la quale il lievito perde queste regioni del rDNA porta ad un rilascio di Sir2 dal nucleo, permettendo alla proteina di interagire maggiormente con altre regioni regolatorie del genoma. In particolare Sir2 sotto-regola la sua stessa espressione (feedback negativo). Lo scopo iniziale del progetto è stato quello di sviluppare un modello stocastico per testare l'ipotesi che una perdita graduale di rDNA nel tempo porti ad un incremento del pool di Sir2 disponibile al fine di silenziare altri geni, incluso lo stesso SIR2.

Recenti evidenze sperimentali suggeriscono inoltre che dal rDNA all'interno del nucleo si staccano dei pezzi denominati ERC (Extrachromosomal rDNA) anch'essi correlati all'invecchiamento cellulare. La produzione di tali ERC è positivamente negativamente regolata da Sir2. Quando tali ERC si staccano cominciano a diffondere all'interno del nucleo ma anche al di fuori di esso. Il secondo scopo del progetto è stato quello di estendere la modellistica stocastica della regolazione genica di Sir2 con il rDNA alla produzione degli ERC ed in seguito modellare la diffusione degli ERC all'interno e all'esterno del nucleo cellulare con l'approccio reaction based diffusion modeling.

Questo progetto porterà, nel prossimo futuro, alla pubblicazione di un journal paper in collaborazione con la University of North Carolina at Chapel Hill.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

Titolo:

Deterministic and Stochastic Modeling of Human Papillomavirus gene regulatory network

Supervisore

Prof.ssa Gianna Maria Toffolo

Parte 3 Pubblicazioni

✓ Lavori presentati a convegni internazionali/nazionali

- Il progetto della cardio aspirina è stato presentato a due congressi:
 - Un congresso internazionale: *EACPT 2015, European Association for Clinical Pharmacology and Therapeutics, June 27-30, 2015, Madrid, Spain.*
 - Un congresso nazionale: *SIF, 37° National Congress of Pharmacology Italian Society, October, 27-30, 2015, Italy.*
- Il progetto dello Human Papillomavirus (HPV) è stato presentato:
 - Un congresso internazionale: *EMBC, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, August 25-29, 2015, Milan, Italy.*

✓ **Elenco delle pubblicazioni su convegno internazionale**

▪ **Conference proceedings papers**

A. Giaretta, B. Di Camillo, L. Barzon, G.M. Toffolo. *Modeling HPV early promoter regulation. EMBC, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, August 25-29, 2015, Milan, Italy.*

▪ **Abstracts**

- A. Giaretta, B. Rocca, B. Di Camillo, G. M. Toffolo, C. Patrono. *An in silico model of aspirin-induced inactivation of platelet and Megakaryocyte Cyclooxygenase-1. EACPT 2015, European Association for Clinical Pharmacology and Therapeutics, June 27-30, 2015, Madrid, Spain.*
- Giaretta, B. Di Camillo, G.M. Toffolo. *Modeling stochastic effects in gene expression. SSBSS, June 15-19, 2014, Taormina, Italy.*

✓ **Elenco delle pubblicazioni su convegno nazionale**

▪ **Abstracts**

- A. Giaretta, B. Rocca, B. Di Camillo, G.M. Toffolo, C. Patrono. *In silico modeling of aspirin action on platelet and megakaryocyte Cyclooxygenase-1. SIF, 37° National Congress of Pharmacology Italian Society, October, 27-30, 2015, Italy.*
- A. Giaretta, A. Corradin, B. Di Camillo, G.M. Toffolo. *Modeling stochastic effects in gene expression. BITS 2013, May 21-23, 2013, Udine, Italy.*
- A. Corradin, A. Giaretta, B. Di Camillo, G.M. Toffolo. *Finite number effects in stochasticity affecting gene expression. GNB2012, June 26-29, 2012, Rome, Italy.*

✓ **Lavori accettati per pubblicazione su riviste internazionali**

- Hill SM, Heiser LM, Cokelear T, Unger M, Carlin D, Zhang Y, Sokolov A, Paull E, Wong CK, Graim K, Bivol A, Wang H, Zhu F, Afsari B, Danilova LV, Favorov AV, Lee W, Taylor D, **HPN-DREAM Consortium**, Mills GB, Gray JW, Kellen M, Norman T, Friend S, Fertig EJ, Guan Y, Song M, Stuart J, Koepl H, Spellman PT, Stolovitzky G, Saez-Rodriguez J, Mukherjee S. *Empirical assessment of causal network inference through a community-based effort .Nature Methods.* Accepted for publication.

✓ **Lavori in fase di scrittura su riviste internazionali**

- *In silico modeling of aspirin action on Cyclooxygenase-1 in healthy and thrombocytic patients.*

o *Deterministic and stochastic modeling of Human Papillomavirus early regulation*

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **GIARETTA Alberto** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **KHAN Muhammad Saeed** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **KHAN Muhammad Saeed** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Parte 1 Education:

List of courses taken during the year:

- Information theoretic methods in security.
- Resonant Converters and Inverters.
- Statistical Methods.
- Topics in Quantum Information.
- Applied Linear Algebra
- Electromagnetic Compatibility

Seminars:

- A Compact Tunable dual band metasurface for EMI shielding
- Simulation of Periodic segmented waveguides (PMWs) using the 2D finite element method
- An implanted Head Model Exposed to Electromagnetic Fields at a mobile communication frequency

Conferences:

- 2015 IEEE International Conference on Electro/Information Technology, May 21 - 23, 2015, Northern Illinois University, DeKalb IL, USA.
- 2015 International CAE Conference, October 19-20, 2015, Pacengo del Garda (Verona), Italy.

Mobility Period:

- Spent 17 months (Jan 2014-May 2015) at North Dakota State University under the supervision of Dr. Benjamin Braaten

Parte 2 Research:

1. A cylindrically-shaped surface consisting of microstrip structures is presented in this paper as a new technique to reduce the mutual coupling between the elements in a 1×2 microstrip patch array. Initially, the surface was simulated in HFSS for functionality, manufactured, and then, the prototype was measured in an anechoic chamber at 3.89 GHz. The surface comprised of a number of 2-port microstrip (2-PM) elements interconnected into a cylindrical shape with a radius of 1.02λ to enclose a particular region. Each 2-PM element had the capability of coupling an incident EM field on the surface and transmitting the field to the adjacent interconnected elements. Then, because the 2-PM elements were connected in to a cylindrical shape, the incident EM field was re-radiated from the other interconnected 2-PM elements in a direction away from the transmitter; achieving a behavior similar to an electromagnetic cloak. Finally, the surface was used to reduce the coupling between two microstrip elements in an array. Overall, simulation and measurement results were in good agreement with each other and were shown to

reduce the mutual coupling between the elements by 8.0 dB, and have little effect on the radiation properties of the overall 2-element array.

2. Many studies have been performed on exploring the effects of radio-frequency energy on gene expression *in vivo*. The results have been inconclusive due, in part, to a lack of a standardized experimental procedure. This publication describes the development of an experimental procedure to determine the effect of far-field radio-frequency energy on gene expression using an *in vivo* murine model. The experimental procedure includes the materials used, the creation of a patch antenna, the uncertainty analysis of the equipment, characterization of the test room, experimental equipment used and setup, RNA isolation, normalization methods, statistical analysis, and discussion. The result of this publication is establishment of a standardized experimental procedure to address the variability in gene expression results due to radio-frequency energy.
3. A novel technology for pacing the heart with a wireless and battery-less electrode has been developed and is demonstrated in this work. This technology uses radio frequency (RF) energy to power the implanted electrode in the heart; which has the advantage of potentially lasting indefinitely and may never require replacement during the life of the patient. An implantable electrode antenna was designed in Ansoft's High Frequency Structure Simulator (HFSS) at 1.2 GHz; then, it was tested *in vitro* and, subsequently, integrated with the rectifier and pacing circuit to make a complete electrode. The electrode, comprised of the rectenna, a matching circuit, a pacing circuit and the electrode pins was manufactured and assembled in a small prototype enclosure (0.84 cm^3). The *in vivo* studies were carried out in an ovine subject, according to a protocol approved by the Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC). An insulated wireless electrode was implanted and secured on the epicardial surface of the left ventricle, and the thorax was closed surgically. The RF energy was transmitted using a horn antenna positioned 25 cm above the thorax of the sheep. It was demonstrated that a 0.84 cm^3 small electrode can capture and harvest enough safe recommended RF energy, with a power density of 0.8 mW/cm^2 , to achieve pacing. Electrocardiogram (ECG) signals were recorded during the experiment, which demonstrated asynchronous pacing at three different rates. This study provides a new design technique; hence, it offers new possibilities in wireless cardiac pacing technology.
4. A compact planar UWB-MIMO antenna array with WLAN band rejection is presented. The array consists of four monopole radiators and a common ground plane. These monopoles are placed in such a way that the polarisation diversity of nearly placed radiators is exploited, resulting in high isolation. The proposed MIMO antenna array is electrically small ($50 \times 39.8 \text{ mm}^2$), printed on a low loss 1.524 mm thick Rogers TMM4 laminate with a dielectric constant of 4.5 and a loss tangent of 0.002. A band-stop design was inserted on the ground plane to behave similar to a LC band-stop filter and reject the WLAN band. Simulation and measurement results satisfy the return loss requirement of better than 10 dB and isolation better than 17 dB over the entire 2.7–5.1 and 5.9–12 GHz bandwidths.
5. The purpose of this paper is to introduce a compact Ultra-wideband (UWB) Multiple-Input-Multiple-Output (MIMO) antenna with very low envelope correlation coefficient (ECC). The design employs a hybrid isolation enhancing and miniaturization technique. The antenna consists of two counter facing monopoles, and is miniaturized by using not only inverted-L stubs but also a complementary split ring resonator (CSRR) on the ground plane. The added components enhance isolation and enable tighter packing of the antennas. The result is a very compact MIMO array with overall size $23 \times 29 \text{ mm}^2$, that covers the entire UWB spectrum from 3 GHz to 12 GHz with mutual coupling lower than -15 dB. Moreover, the CSRR unit that acts as a resonator is applied for the first time to suppress the interference of RF currents flowing through the ground plane of this UWB MIMO antenna. The performance of the fabricated prototype in terms of scattering parameters, broadside (peak) gain, radiation patterns, efficiency and envelope correlation coefficient is presented and discussed.
6. A compact dual polarized UWB-MIMO antenna with a single radiating element is proposed. The radiating element is fed with two zig-zag microstrip lines that help reduce the overall size of the antenna. Slots are etched in the radiator and a stub is placed between the elements which is attached to the ground plane through a via, to reduce the mutual coupling. The formation of orthogonal surface currents provides the necessary dual polarization characteristics. The simulated and measured results demonstrate the wideband impedance matching, low mutual coupling and low envelope correlation coefficient (ECC) are achieved. Furthermore, the antenna has extremely compact size ($22 \times 24.3 \text{ mm}^2$, including the ground plane) that makes it an excellent candidate for portable and handheld devices.
7. This paper presents a compact dual-band dipole antenna with meander line radiating elements. The proposed antenna has a balanced structure with dimensions of $35 \times 6 \times 1.52 \text{ mm}^3$, and mounted on a $36.2 \times 100 \text{ mm}^2$ floating ground plane. The balanced operation of the design is validated by incorporating a differential feed in the software

simulation and a 180° hybrid junction is used for measurement with the network analyzer to verify the balanced concept of the prototype. Simulated and measured results of the S-parameters along with the de-tuning of the antenna in the presence of the human body shows good agreement. Moreover the proposed design is used as an exposure source to the simulated human head model. The human head is modeled as six layers in the Electromagnetic (EM) software HFSS to study the interaction between the proposed balanced antenna and the human head model. The Electric field (E-field) distribution in the six layers of the human head model is shown to estimate the penetration of the field when the antenna is placed at a distance of 7 mm from the proposed design. Also Local Specific Absorption Rates (SARs) and average SARs simulation results at 3.78 GHz and 4.29 GHz are shown. The SARs analysis showed that in all the six layers of the human head model, local SAR values are greater in fat and Cerebrospinal fluid (CSF) for both the frequencies while the average SAR values are not very high.

8. The use of graphene-based conductors (GBC) as a transmission line (TL) is presented as a conventional TL possessing right-handed (RH) nature and its coupling characteristics are investigated. In order to verify and demonstrate the wave propagation of a GBC TL, a 120 mm long $50\ \Omega$ TL was fabricated and tested. Performance of the single GBC TL was then compared to the conventional microstrip TL, analysing the matching and wave propagation results. To investigate the unwanted coupling that may occur in a feed network, a similar GBC and a conventional microstrip TL, as well as two parallel GBC TLs on the same substrates were separately manufactured and tested to complete the study. It is shown that GBC TLs support the wave propagation in a fashion similar to the microstrip TL with an attenuation of less than 3.0 dB up to 7 GHz. Also the measurements of the near-end coupling showed that the two parallel GBC TLs have fairly good isolation in the frequency band of 4.5 KHz to 8.5 GHz, whereas the far-end coupling exhibits similar properties to that of the parallel microstrip TLs with same distance between them. The results demonstrated that GBC TLs could hence be a potential candidate for the feed network for planar antenna arrays.
9. A key component in the design of a printed Van Atta Array is the requirement of the transmission line (TL) interconnects between the elements to be a factor of the operating wavelength. This results in interconnects that introduce a 2π phase shift. Traditionally, meander-lines have been used to design these interconnects; however, one drawback is the large space required for the layout. In this paper, a more compact Van Atta array that uses zero-phase composite right/left-handed TLs instead of meander-lines is presented. The result is a Van Atta array that is 34.0% smaller at the operating frequency of 2.43 GHz. For validation, simulations are compared to measurements of several prototypes.
10. A compact multiband design of a printed microstrip patch antenna with two rectangular U-shaped parasitic elements is introduced in this paper. The rectangular U-shaped parasitic elements were used for the 2nd and 3rd mode excitation, multiband resonance and control of the resonance frequencies. The simulation and measurement results showed that the antenna resonates at the frequencies of 2.6 GHz, 6.0 GHz, and 8.5 GHz. The antenna has an overall area of $40.0 \times 30.0\ \text{mm}^2$.

Thesis: Reconfigurable antennas and their applications

Supervisor: Antonio-Daniele Capobianco

Parte 3 Publications:

Journal Papers (Published / Accepted):

1. **M. S. Khan**, A. Iftikhar, S. Asif, A.- D. Capobianco and B. D. Braaten, "**A Compact 4 Elements UWB MIMO antenna with on-demand WLAN rejection**," accepted for publication in the *Microwave Optical and Technology Letters*.
2. **M. S. Khan**, A.- D. Capobianco, A. Iftikhar, S. Asif and B. D. Braaten, "**A Compact Dual Polarized Ultra-wideband Multiple-Input Multiple-Output**," accepted for publication in the *Microwave Optical and Technology Letters*.
3. Aftab Naqvi, **M. S. Khan** and Benjamin D. Braaten, "**A 1 x 2 Microstrip Array with Reduced Mutual Coupling Achieved with a Cylindrically-Shaped Cloaking-Based Surface**," accepted for publication in the *Microwave Optical and Technology Letters*.
4. J. W. Hansen, S. Asif, L. Singelmann, **M. S. Khan**, S. Ghosh, T. Gustad, C. Doetkott, B. D. Braaten, and D. L. Ewert, "**A Far-Field Radio-Frequency Experimental Procedure to Determine the Alteration of Gene Expression In Vivo**," accepted for review in the *SpringerPlus*.
5. S. Asif, J. Hansen, **M. S. Khan**, S. Walden, M. O. Jensen, B. D. Braaten and D. L. Ewert, "**Design and In Vivo Test of a Battery-less and Fully Wireless Implantable Asynchronous Pacing System**," accepted for publication in the *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*.

6. **M. S. Khan**, Antonio-Daniele Capobianco, Aftab Naqvi, Bilal Ijaz, Sajid Asif, Benjamin D. Braaten, "**Planar, Compact Ultra-Wideband Polarization Diversity Antenna Array**," accepted for publication in the *IET Microwaves, Antennas and Propagation*.
7. **M. S. Khan**, A. D. Capobianco, S. Asif, A. Iftikhar, B. Ijaz and B. D. Braaten, "**Compact 4 x 4 UWB-MIMO Antenna with WLAN Band Rejected Operation**," *IET Electronic Letters*, vol. 51, no. 14, pp. 1048-1050, July, 2015.
8. **M. S. Khan**, A.-D., A. Iftikhar, S. Asif, B. Ijaz, B.D. Braaten, "**A Frequency Reconfigurable Series-Fed Microstrip Patch Array with Interconnecting CRLH Transmission Lines**," *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters*, vol. PP, no. 99, June, 2015.
9. **M. S. Khan**, A.-D. Capobianco, Aftab Naqvi, M. F. Shafique, B. Ijaz and B. D. Braaten, "**Compact Planar UWB MIMO Antenna with On-Demand WLAN Rejection**," *IET Electronic Letters*, vol. 51, no. 13, pp. 963-964, June, 2015.
10. **M. S. Khan**, A.-D. Capobianco, M. F. Shafique, B. Ijaz and B. D. Braaten, "**Isolation Enhancement of a wideband MIMO antenna using Floating Parasitic Elements**," *Microwave Optical and Technology Letters*, vol. 57, no. 7, pp. 1677-1682, July, 2015.
11. **M. S. Khan**, M. F. Shafique, A. Naqvi, Aftab Naqvi, A. D. Capobianco, B. Ijaz, B. D. Braaten, "**A Miniaturized Dual-Band Diversity Antenna for WLAN Applications**," *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters*, vol. 14, pp.958-961, Jan. 2015.
12. A.D. Capobianco, **M. S. Khan**, M. Caruso, A. Bevilacqua, "**3-18 GHz Planar Antenna System for Short Range Radar Imaging**," *IET Electronic Lett*, vol. 50, no. 14, pp.1016-1018, Jul. 2014.
13. **M. S. Khan**, M. F. Shafique, A.D. Capobianco, E. Autizi and I. Shoaib, Imran Ali, "**Compact UWB-MIMO Antenna Array with a floating Digitated Decoupling Structure**," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 8, no.10, pp. 747-753, March, 2014.
14. M. Bassi, M. Caruso, **M. S. Khan**, A. Bevilacqua, A. D. Capobianco, A. Neviani "**An Integrated Microwave Imaging Radar with Planar Antennas for Breast Cancer Detection**," *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 61, no. 5, pp. 2108-2118, Feb. 2013.

Journal Papers (Submitted):

1. **M. S. Khan**, S. Asif, B. D. Braaten, D. E. Anagnostou, A. D. Capobianco, "**A Frequency Reconfigurable Self-Adapting Conformal Array for Changing Wedge- and Cylindrical-Shaped Surfaces**," Submitted for review in *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters*.(Accepted with minor revision)
2. **M. S. Khan**, A.- D. Capobianco, D. E. Anagnostou and B. D. Braaten, "**A Compact CSRR Enabled UWB MIMO Antenna**," Submitted for review in the *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters*.
3. **M. S. Khan**, A.- D. Capobianco, D. E. Anagnostou and B. D. Braaten, "**A Compact dual polarized UWB-MIMO antenna with modified feeding structure**," Submitted for review in *IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters*.
4. Bilal Ijaz, **M. S. Khan** and Benjamin D. Braaten, "**A Frequency Reconfigurable Series-Fed Array with Zero-Phase Composite Right-/Left-Handed (CRLH) Interconnects**," Submitted for review in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. (Accepted with major revision)
5. Aftab Naqvi, **M. S. Khan** and Benjamin D. Braaten, "**A Compact Frequency Reconfigurable Cylindrically-Shaped Microstrip Structure with Cloaking Properties**," Submitted for review in *IET Microwaves, Antennas and Propagation*.
6. Sajid M. Asif, **M. S. Khan** and Benjamin D. Braaten, "**A Simultaneous Dual-Band Frequency Reconfigurable E-Shaped Microstrip Patch Antenna for WIMAX and Microwave Communications**," Submitted for review in *Microwave Optical and Technology Letters*.
7. Sajid M. Asif, **M. S. Khan**, J. Hansen, D. L. Ewert and Benjamin D. Braaten, "**Design of a compact implantable rectenna for wireless pacing**," Submitted for review in *IET Electronics Letter*.

Conference Papers (Published/Accepted):

1. **M. S. Khan**, A.-D. Capobianco, S. Asif, A. Iftikhar, B. D. Braaten, B. Ijaz and M. F. Shafique, "**A Small Footprint Ultra-Wideband Multiple-Input Multiple-Output Antenna**," *2015 IEEE International Conference on Electro/Information Technology*, May 21 - 23, 2015, Northern Illinois University, DeKalb IL, USA.
2. S. Asif, A. Iftikhar, S. Z. Sajal, B. D. Braaten and **M. S. Khan**, "**On Using Graphene-Based Conductors as Transmission Lines for Feed Networks in Printed Antenna Arrays**," *2015 IEEE International Conference on Electro/Information Technology*, May 21 - 23, 2015, Northern Illinois University, DeKalb IL, USA.

3. A. Iftikhar, M. M. Masud, M. N. Rafiq, S. Asif, B. D. Braaten and **M. S. Khan**, "**Radiation Performance and Specific Absorption Rate (SAR) Analysis of a Compact Dual Band Balanced Antenna**," *2015 IEEE International Conference on Electro/Information Technology*, May 21 - 23, 2015, Northern Illinois University, DeKalb IL, USA.
4. **M. S. Khan**, A. - D. Capobianco, A. Iftikhar, S. Asif, B. Ijaz and B. D. Braaten, "**An Electrically Small CPW Fed Frequency Reconfigurable Antenna**," *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation*, Jul. 19 - 25, 2015, Vancouver BC, Canada.
5. **M. S. Khan**, A. - D. Capobianco, S. Asif, A. Iftikhar and B. D. Braaten, "**A 4 Element Compact Ultra-Wideband MIMO Antenna Array**," *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation*, Jul. 19 - 25, 2015, Vancouver BC, Canada.
6. B. D. Braaten, T. Tolstedt, S. Asif, M. J. Schroeder and **M. S. Khan**, "**On Using the Electrical Characteristics of Graphene-Based Conductors for Designing a Conformal Monopole on a Transparent Substrate**," *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation*, Jul. 19 - 25, 2015, Vancouver BC, Canada.
7. S. Asif, A. Iftikhar, B. D. Braaten and **M. S. Khan**, "**An Initial Study on Using Carbon Microfiber Transmission Lines in Conformal Array Networks**," *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation*, Jul. 19 - 25, 2015, Vancouver BC, Canada.
8. S. Asif, A. Iftikhar, M. N. Rafiq, B. D. Braaten, **M. S. Khan**, D. E. Anagnostou and T. S. Teeslink, "**A Compact Multiband Microstrip Patch Antenna with U-Shaped Parasitic Elements**," *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation*, Jul. 19 - 25, 2015, Vancouver BC, Canada.
9. B. D. Braaten, S. Asif, **M. S. Khan**, J. Hansen and D. L. Ewert, "**A Compact Printed Van Atta Array with Zero-Phase CRLH Transmission Lines**," *2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation*, Jul. 19 - 25, 2015, Vancouver BC, Canada.
10. **M. S. Khan**, M. F. Shafique, A.D Capobianco, E. Autizi and I. Shoaib, "**Compact UWB-MIMO Antenna Array with a Novel Decoupling Structure**," *IEEE International Bhurban Conference on Applied Science and Technology (IBCAST)*, pp. 347-350, Jan. 2013.

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **KHAN Muhammad Saeed** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **LISSANDRON Stefano** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **LISSANDRON Stefano** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Supervisore: **PROF. PAOLO TENTI**

○ *Parte 1 : Didattica*

▪ **Corsi seguiti**

- “Numerical methods for Ordinary Differential Equations” dei proff. Marino Zennaro e Rossana Vermiglio, corso del catalogo della “Scuola di dottorato di ricerca in Scienze Matematiche”, esame superato con 26/30 il 20/05/2013, 6 crediti
- “Applied Linear Algebra” dei proff. Ferrante e Pucci, corso del catalogo della “Scuola di Dottorato in Ingegneria dell'Informazione”, esame superato con 30/30 e la lode il 23/05/2013, 4 crediti
- “Resonant converters and inverters: Topologies and modeling” del prof. Giorgio Spiazzi, corso del catalogo della Scuola di Dottorato in Ingegneria dell'Informazione, esame superato con 28/30 il 27/09/2013, 5 crediti
- “Power Converters in Renewable Energy Systems and Intelligent Microgrids” del Prof. Mattavelli, corso del catalogo della Scuola di Dottorato in Ingegneria dell'Informazione, esame superato con 30/30 il 9/12/2013, 5 crediti

• **Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi**

- Scuola di dottorato “14th Edition of European Phd School on Power Electronics, Electrical Machines, Energy Control and Power Systems” dal 27/5/2013 al 31/5/2013 a Gaeta (LT)

▪ **Elenco dei seminari seguiti**

- Prof. Hirofumi Akagi, “The Japanese Smart Grid and its Related Power Electronics” del 25/02/2013 presso il DEI
- Prof. Mehrdad (Mark) Ehsani, “Sustainable Energy Engineering” del 24/06/2013 presso il DEI
- Maurizio Seracini, “The role of ICT in Cultural Heritage conservation” del 14/10/2013 presso il DEI
- John W. Simpson-Porco, “Droop-Controlled Inverters in Microgrids: Stability, Secondary Control, and Optimization” del 19/12/2013 presso il DEI

- Saverio Bolognani, “Deferrable loads in an energy market: scheduling under congestion constraints” del 19/12/2013 presso il DEI
- “E.ON ERC Annual Meeting 2014” in data 3/4/2014 presso E.ON ERC, Aachen (Germania)
- Prof. Antonello Monti, “Advanced monitoring solutions” del 8/4/2014 presso E.ON ERC, Aachen (Germania)
- Prof. Antonello Monti, “Agents and distributed control” del 3/7/2014 presso E.ON ERC, Aachen (Germania)
- Prof. Erseghe, “A Distributed Algorithm for Fast Optimal Power Flow Regulation in Smart Grids” del 10/11/2014 presso il DEI
- del Prof. Florian Dorfler “Plug-and-Play Operation of Microgrids” del 13/11/2014 presso il DEI
- Prof. José A. Cobos, “Power Supply Systems for Energy Efficiency” del 14/11/2014 presso il DEI
- Luigi Colangeli, “Rosetta rendez-vous with the 67P/Churyumov-Gerasimenko comet” del 27/11/2014 presso il DEI
- Prof. Ruggero Carli, “Distributed reactive power feedback control for voltage regulation and loss minimization” del 1/12/2014 presso il DEI
- Prof. Umberto Vincenti, “Etica per una repubblica” due seminari in data 8/1/2015 ed in data 22/1/2015 presso il DEI

▪ **Partecipazione a conferenze nazionali**

- Partecipazione a 45th Conference GE2013 (Gruppo Elettronica 2013), Udine, June 17-21, 2013

• **Partecipazione a conferenze internazionali**

- “15th European Conference on Power Electronics and Applications 2013 (EPE 2013)” a Lille (Francia) dal 3/9/2013 al 5/9/2013
- “1st European Conference on the Future Internet” a Bruxelles (Belgio) in data 2/4/2014
- “6th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG 2015)” ad Aachen (Germania) dal 22/06/2015 al 25/06/2015
- “Energy Conversion Congress and Exposition 2015 (ECCE 2015)” a Montreal (Canada) dal 20/09/2015 al 24/09/2015

▪ **Didattica attiva**

- Assistenza nei laboratori didattici del corso “Laboratorio di Elettronica Industriale” del prof. Buso presso il DTG di Vicenza per un totale di 24 ore tra novembre 2013 e gennaio 2014 (Tutor Junior)
- Assistenza nei laboratori didattici del corso “Elettronica Industriale” del prof. Tenti presso il DEI per un totale di 12 ore tra novembre 2013 e gennaio 2014 (Tutor Junior)
- Assistenza nei laboratori didattici del corso “Laboratorio di Elettronica Industriale” del prof. Mattavelli presso il DTG di Vicenza per un totale di 10 ore tra novembre e dicembre 2014 (Tutor Junior)

- Assistenza nei laboratori didattici del corso “Elettronica Industriale” del prof. Tenti presso il DEI per un totale di 20 ore in gennaio 2015 (Tutor Junior)
- Assistenza agli studenti universitari di Ingegneria Informatica presso il Carcere Due Palazzi di Padova per un totale di 50 ore (supporto alla didattica per l’esame di Analisi Matematica tramite il “Progetto Carcere”)

▪ **Permanenza all'estero**

Periodo di studio all'estero presso l'istituto Automation of Complex Power Systems di E.ON Energy Research Center – RWTH Aachen University (Aachen, Germania), dal 17/01/2014 al 31/10/2014, sotto la supervisione del Prof. Antonello Monti.

○ **Parte 2 : Ricerca**

▪ **Descrizione dell'attività di ricerca**

L'impiego di fonti di energia rinnovabile sta portando ad un aumento della quantità di generazione integrata nella rete di distribuzione dell'energia elettrica, sia in media che bassa tensione. Questa penetrazione da un lato può portare ad un miglioramento del funzionamento della rete, ma dall'altro può nascondere nuovi problemi e questioni che devono essere affrontati. Tali fonti energetiche sono solitamente interfacciate da convertitori elettronici di potenza, ad esempio *inverter*, con grandi potenzialità in termini di controllo: possono regolare corrente o tensione di uscita, sia in fase che in ampiezza.

Una mirata progettazione dei controllori e gestione degli inverter può quindi migliorare l'efficienza della distribuzione e l'affidabilità della rete. Anche la qualità della tensione elettrica può essere aumentata tramite una gestione opportuna della potenza iniettata. Ad esempio, parti di rete elettrica possono essere controllate intenzionalmente come reti autonome, incrementando l'affidabilità del sistema quando la connessione al gestore principale viene a mancare (funzionamento in *isola intenzionale*). In questo modo di funzionamento la tensione deve essere controllata opportunamente in termini di ampiezza e frequenza dai singoli inverter, poiché viene meno la gestione dell'*utility* principale. In aggiunta, la potenza erogata ai carichi deve essere suddivisa correttamente tra i diversi generatori distribuiti.

Una prima attività svolta durante il dottorato è relativa al funzionamento in isola intenzionale. In questo ambito è stata studiata ed analizzata una particolare tecnica di controllo locale per gli inverter che non richiede comunicazione, il *controllo droop*. Per questo tipo di regolazione, è stato sviluppato uno strumento analitico che può affrontare lo studio di stabilità in modo semplificato e generalizzato per reti estese. Questa analisi è stata condotta grazie a modelli di piccolo segnale, descritti con sistemi di stato, ed è stata fatta per poter progettare opportunamente i regolatori basati sul controllo droop. In seguito è stata proposta un'estensione di questo controllore (basata su tecnica droop): il controllore sviluppato consente il funzionamento di una parte di rete elettrica sia nel modo di funzionamento autonomo (isola intenzionale) sia in parallelo al gestore principale (modo di funzionamento *grid-connected*). Anche la transizione tra i due modi di funzionamento è stata affrontata. La peculiarità di questo regolatore è che può gestire i due modi di funzionamento senza ricorrere alla comunicazione con gli altri generatori della rete, né con lo switch di connessione alla rete principale. Tale regolatore è stato

implementato e testato tramite tecniche di simulazione in tempo reale ed Hardware-In-the-Loop, al fine di svilupparne una soluzione finale e validarne le caratteristiche. Una parte dell'attività è stata fatta in collaborazione con un partner aziendale ed ha portato alla validazione e all'installazione del controllo proposto su una rete elettrica sperimentale.

La generazione distribuita in alcuni casi può risultare anche pericolosa, se non gestita correttamente. Ad esempio, parti di rete elettrica potrebbero continuare ad operare autonomamente senza che tale modo sia esplicitamente previsto o controllato. Questo caso, detto di *isola indesiderata* o *incontrollata*, è pericoloso perché può danneggiare le apparecchiature elettriche o creare rischi per la sicurezza. Per questo motivo in genere gli inverter della rete sono equipaggiati di dispositivi che rilevano il modo di funzionamento, grid-connected o ad isola, ed in caso di disconnessione dall'utility principale interrompono la fornitura di energia. Tuttavia, nel complesso scenario che vede la presenza di sempre più generazione distribuita anche di diverso tipo, in alcuni casi tali equipaggiamenti possono non determinare la transizione e così la rete potrebbe continuare ad operare autonomamente e senza controllo.

Un'altra attività è dunque rivolta allo studio del problema di formazione dell'isola indesiderata e, in questa, si è evidenziato che la probabilità della sua formazione sta aumentando a causa dei recenti standard introdotti per regolare la connessione alla rete dei generatori, in particolare di quelli fotovoltaici. Questi nuovi standard sono critici da questo punto di vista perché consentono di operare in gamme sempre più ampie di frequenza e tensione ed impongono il supporto alla regolazione di frequenza e tensione tramite caratteristiche di droop P/f e Q/V ai singoli generatori distribuiti. I risultati in questo campo sono stati ricavati con analisi sia statiche che dinamiche (di stabilità) relative ad un possibile regime di funzionamento ad isola. È emerso che le dipendenze di potenza attiva e reattiva da frequenza ed ampiezza di tensione, sia per i carichi che per la generazione, aumentano il rischio di formazione dell'isola indesiderata. Oltre che a considerazioni di regime, si è studiata l'evoluzione del transitorio di disconnessione, per affrontare il problema dell'isola indesiderata di tipo temporaneo, ovvero la permanenza del modo di funzionamento ad isola per un intervallo di tempo limitato dopo la disconnessione (es. per 600 ms). Questo è stato fatto per capire le relazioni di questo fenomeno con la procedura di richiusura rapida adottata nelle reti di media tensione, che consiste nel disconnettere temporaneamente parti di linea elettrica al fine di estinguere eventuali guasti: è emerso che le caratteristiche di regolazione P/f e Q/V imposte dagli standard ai generatori fotovoltaici possono mantenere l'isola in questo intervallo di apertura, provocando un notevole aumento del rischio di guasti nelle apparecchiature elettriche. Tale rischio è stato messo in relazione alla velocità delle regolazioni P/f e Q/V e sono stati proposti suggerimenti volti a ridurre il rischio stesso.

Un altro contributo è legato allo studio di stabilità all'interno di reti in corrente alternata di tipo monofase: le interazioni tra sistemi di potenza possono infatti peggiorare la qualità della tensione e la stabilità della rete. Questi fenomeni possono essere affrontati analizzando le impedenze di sorgente e carico alla sezione di interazione tra i due sottosistemi. Esistono approcci di questo tipo per i sistemi in corrente continua ed alternata di tipo trifase. Alcuni lavori si sono concentrati anche sui sistemi in corrente alternata monofase, ma il loro studio è generalmente più difficile a causa della loro tempo-varianza. Il contributo dato in questo ambito è la descrizione di un criterio sperimentale per studiare la stabilità dei sistemi di alimentazione in corrente alternata di tipo monofase. Questo criterio è bastato sull'approccio dei fasori dinamici per determinare le impedenze di sorgente e carico (di tipo bidimensionale) e sul criterio generalizzato di Nyquist per lo studio di stabilità. Il criterio è stato

poi validato sperimentalmente.

Infine, è da menzionare l'attività di ricerca condotta durante il periodo di studio all'estero presso l'istituto Automation of Complex Power Systems di E.ON Energy Research Center (RWTH Aachen), sotto la supervisione del Prof. Monti, fatta all'interno del progetto Europeo IDE4L. Si è sviluppato un approccio per l'analisi delle dinamiche all'interno della rete di distribuzione dell'energia con elevata penetrazione di sorgenti distribuite. In particolare, l'approccio usato è quello dello studio di stabilità con modelli di stato di piccolo segnale: una caratteristica peculiare di questo approccio è la sua scalabilità, ovvero la capacità di adattarsi ed essere usato in modo semplice per reti elettriche di dimensioni generiche.

▪ **Titolo definitivo della tesi**

“Islanding and Stability of Low Voltage Distribution Grids with Renewable Energy Sources”

▪ **Nome del supervisore**

Prof. Paolo Tenti

○ **Parte 3 : Pubblicazioni**

▪ **Pubblicazioni su rivista internazionale**

- S. Lissandron, L. Dalla Santa, P. Mattavelli, and Bo Wen “Experimental Validation for Impedance-Based Small-Signal Stability Analysis of Single-Phase Interconnected Power Systems with Grid-feeding Inverters” *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 2015 - In press

▪ **Pubblicazioni su convegno internazionale**

- S. Lissandron, A. Costabeber, P. Mattavelli “A generalized method to analyze the small-signal stability for a multi-inverter islanded grid with droop controllers” *2013 15th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE)*, 2-6 Sept. 2013
- R. Sgarbossa, S. Lissandron, P. Mattavelli, R. Turri, and A. Cerretti “Analysis of Load-Induced Unintentional Islanding in Low Voltage Grids with PV Generators” *Proceedings of the 2014-15th IEEE Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL 2014)*, June 22-25, 2014
- S. Lissandron, and P. Mattavelli “A controller for the smooth transition from grid-connected to autonomous operation mode” *Proceedings of the 2014 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE 2014)*, Sept. 14-18, 2014
- R. Sgarbossa, S. Lissandron, P. Mattavelli, R. Turri, and A. Cerretti “Analysis of ΔP - ΔQ Area of Uncontrolled Islanding in Low Voltage Grids with PV Generators” *Proceedings of the 2014 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE 2014)*, Sept. 14-18, 2014
- S. Lissandron, R. Sgarbossa, L. Dalla Santa, P. Mattavelli, R. Turri, and A. Cerretti “Impact of Non-Simultaneous P/f and Q/V Grid Code Requirements on PV Inverters on Unintentional Islanding

Operation in Distribution Network” *Proceedings of the 6th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG 2015)*, June 22-25, 2015

- o S. Lissandron, L. Dalla Santa, P. Mattavelli, and Bo Wen “Validation of Impedance-Based Small-Signal Stability Analysis for Single-Phase Grid-Feeding Inverters with PLL” *Proceedings of the 6th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG 2015)*, June 22-25, 2015
- o S. Lissandron, R. Sgarbossa, L. Dalla Santa, P. Mattavelli, R. Turri, and A. Cerretti “ ΔP - ΔQ Area Assessment of Temporary Unintentional Islanding with P/f and Q/V Droop Controlled PV Generators in Distribution Networks” *Proceedings of the IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE 2015)*, Sept. 20-24, 2015
- o S. Lissandron, L. Dalla Santa, P. Mattavelli, and Bo Wen “Experimental Verification of Impedance-Based Small-Signal Stability Analysis for Single-Phase Interconnected Power Systems” *Proceedings of the IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE 2015)*, Sept. 20-24, 2015

▪ **Pubblicazioni su convegno nazionale**

- J10. S. Buso, T. Caldognetto, A. Costabeber, S. Lissandron, P. Mattavelli, P. Tenti “Modeling, Analysis, and Real Time Simulation of Droop Controlled Islanded Micro-grids” *Proceedings of 45th Conference GE2013 (Gruppo Elettronica 2013)*, Udine, June 17-21, 2013

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **LISSANDRON Stefano** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **PADOVAN Fabio** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **PADOVAN Fabio** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Supervisore: *Andrea Bevilacqua*

Attività didattica seguita:

Corsi seguiti :

1. Brownian motion and noise in physical devices,
M. Pavon, 23/4/13-31/5/13
2. Real-Time Systems and Applications,
G. Manduchi, 19/02/13-21/03/13
3. Statistical Methods,
L. Finesso, 17/06/13-24/07/13
4. Physical models for the numerical simulation of semiconductor devices, G. Verzellesi, 07/11/13-06/12/13

Scuole di dottorato :

1. International Ph.D. School on Integrated Circuits and Systems, presso IMATI CNR di Pavia, organizzata dal Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione, Pavia, 1/07/13-5/07/13

Seminari seguiti :

1. The Japanese smart grid and its related power electronics

Relatore: Hirofumi Akagi, Department of Electrical and Electronic Engineering - Tokyo Institute of Technology

Luogo: AULA MAGNA A. LEPSCHY

2. Phase Noise: from fundamentals to circuit aspects

(Half Day Tutorial, ESSCIRC 2014, Monday, September 22nd, Venice, Italy)

- o *Phase Noise, Simply*; Donhee Ham, Harvard University, USA
- o *Phase Noise in Harmonic Oscillators*, Pietro Andreani, Lund University, Sweden
- o *Fundamentals of Phase Noise and Jitter*, Asad Abidi, UCLA, USA

2. High Performance Amplifiers

(Half Day Tutorial, ESSCIRC 2014, Monday, September 22nd, Venice, Italy)

- o *Compensation of Class A/AB Amplifiers: An Intuitive Approach*, Germano Nicollini, ST Microelectronics, Italy
- o *Design of High Precision Chopper Amplifier*, Franco Maloberti, University of Pavia, Italy
- o *Design of Class D Amplifier for Audio Portable Solutions*, Angelo Nagari, ST Microelectronics, France

3. THz-Workshop: Millimeter- and Sub-Millimeter-Wave circuit design and characterization

(Full Day Workshop, ESSCIRC 2014, Friday, September 26th, Venice, Italy)

- o *Coherent sub-THz transmission systems in Silicon technologies: design challenges for frequency synthesis*; Alexandre Siligaris, CEA-Leti, Grenoble, France
- o *Circuit building blocks for millimeter and sub-millimeter-wave systems*; Ullrich Pfeiffer, University of Wuppertal, Germany
- o *Millimeter-wave amplifiers for E- and V-band wireless backhaul*; Erik Öjefors, SiversIMA, Sweden

- o *Measurement and characterization of circuits in the mm-wave and sub-THz range* Marco Spirito, Technical University of Delft, Netherlands
- o *Nonlinear distortion in mm-wave SiGe HBTs: Modeling and measurements*; Paulius Sakalas, University of Dresden, Germany
- o *Accuracy investigations of calibration and de-embedding techniques*; Manuel Potereau, University Bordeaux 1, France
- o *Integrated mm-wave sensors with antenna-in-package: From concepts to applications*; Andreas Stelzer, Johannes Kepler University Linz, Austria
- o *Toward 100-Gbit/s 240-GHz short-range communication using SiGe-transceivers and an FPGA-based baseband*; Mats Alexanderson, Trebax, Sweden
- o *From Research to Industry: Highly integrated mm-wave transceiver for automotive radar applications*; Erich Kolmhofer, Infineon - DICE GmbH & Co KG, Austria

4. A Millimeter-wave CMOS Transceiver Toward more than 300Gbps

(Prof. Kenichi Okada, Tokyo Institute of Technology, Japan). Seminario, DEI, University of Padova

5. Recent Advances in the Design of Filtering ADCs

(Prof. Pietro Andreani, Lund University, Sweden). Seminario, DEI, University of Padova

7. RF Design in BiCMOS

(Half Day Tutorial, ESSCIRC 2015, Monday, September 14th, Graz, Austria)

- o *Modeling of Physical Effects in Bipolar Transistors for mm-Wave Circuits*; Andreas Pawlak, TU Dresden, Germany
- o *Design of Low-Phase Noise Bipolar Voltage-Controlled Oscillators*, Andrea Bevilacqua, University of Padova, Italy
- o *Phased Array Design for 5G-mmWave in BiCMOS*, Domine Leenaerts, NXP, Netherlands
- o *THz Design in BiCMOS*, Ullrich Pfeiffer, University of Wuppertal, Germany

Partecipazione a Conferenze Internazionali:

1. Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF), 2013 IEEE 13th Topical Meeting on, 21-23 January 2013, Austin, TX, USA
2. ESSCIRC 2014 (IEEE), Venice, Italy, 22nd - 26th September 2014
3. ESSCIRC 2015 (IEEE), Graz, Austria, 14th - 18th September 2015

Attività didattica attiva:

Laboratorio del corso di Progettazione di circuiti integrati analogici, laurea magistrale in ingegneria elettronica. Ho seguito gli studenti durante la realizzazione di tre progetti (simulazioni con software Cadence)

Periodi all'estero:

Durante il primo anno ho trascorso 2 mesi presso Infineon Technologies AG a Villach in Austria dal 9 settembre 2013 al 31 ottobre 2013. In questo periodo sono stati progettati degli amplificatori a guadagno programmabile (PGA) in tecnologia BiCMOS.

Durante il secondo anno ho trascorso una settimana presso Infineon Technologies AG a Villach, Austria dove ho effettuato delle misure in laboratorio su degli oscillatori che poi sono state pubblicate su rivista.

Durante il terzo anno ho trascorso 6 mesi presso Infineon Technologies AG a Villach, in Austria. In questo periodo ho realizzato un amplificatore programmabile a banda larga da 15 GHz a 40 GHz, in tecnologia BiCMOS, ho poi proseguito con il design di un amplificatore programmabile per applicazioni 5G operante a 28 GHz. Nel periodo trascorso in azienda ho inoltre realizzato delle misure su dei testchip sviluppati l'anno precedente a Padova.

Ricerca:

I sistemi "phased array" (vedi Fig.1) si stanno diffondendo sempre più grazie

alle loro elevate prestazioni rispetto alla singola antenna. Per questo motivo le industrie stanno investendo molto nella ricerca scientifica per l'ottimizzazione e la riduzione dei costi di questi sistemi che possono essere inseriti in svariate

applicazioni: radar per automobili, radar militari, body scanner, trasmissione e ricezione di informazioni and alti data-rate, etc.

L'attività di dottorato è iniziata con lo studio dei sistemi phased array in banda X e K esistenti in letteratura focalizzandosi su alcuni blocchi fondamentali operanti a radio frequenza, (programmable gain amplifier, "PGA", voltage controlled oscillator, "VCO").

Lo studio teorico del sistema e dell'ottimizzazione delle performance dei singoli blocchi circuitali è stato affiancato al design e alla realizzazione di circuiti integrati con tecnologia bipolare HBT e BiCMOS. L'uso della tecnologia BiCMOS permette di sfruttare le potenzialità di transistor CMOS e bipolari nello stesso tempo, offre quindi la possibilità di realizzare topologie circuitali innovative ed ottenere prestazioni migliori.

L'oscillatore genera la frequenza per la modulazione e la trasmissione del segnale di informazione e tale segnale deve avere un'elevata purezza, (basso rumore di fase) . L'obiettivo principale nello studio e progettazione degli oscillatori e' la minimizzazione del rumore di fase.

E' stato realizzato un VCO a basso rumore di fase in collaborazione con Infineon Technologies AG, le misure sono state presentate ad una conferenza.

I risultati in termini di rumore di fase superano lo stato dell'arte se confrontiamo lavori realizzati con la stessa tecnologia, Fig.2., [1].

In seguito è stata effettuata un'analisi sull'ottimizzazione del rumore di fase negli oscillatori concentrandosi sulla polarizzazione dei dispositivi attivi e sul fattore di qualità della rete risonante.

E' stato scritto un articolo da rivista ed è stato pubblicato:

1. Padovan F., Tiebout M., Koen Mertens., Bevilacqua Andrea., Neviani Andrea., "Design of Low-Noise K-bnd SiGe Bipolar VCOs: Theory and Implementation", *IEEE Transactions on Circuits and Systems I (TCAS1)*, 2015.

L'attività di ricerca si è poi focalizzata sullo studio degli amplificatori a guadagno programmabile (PGA), un blocco fondamentale nei sistemi a phased array che garantisce il controllo della potenza del segnale che passa nella catena di trasmissione e/o ricezione. E' stata condotta un'analisi molto approfondita del

sistema di controllo del guadagno così detto "current steering" e sono stati progettati dei "PGAs" in collaborazione con Infineon Technologies AG.

Una parte dell'attività di ricerca è stata rivolta allo studio di uno strumento matematico utile per analizzare gli effetti di non-linearità nei circuiti, le serie di Volterra. Grazie a questo strumento si risale alle cause di possibili riduzioni di linearità nei sistemi e si cerca di correggerle con delle modifiche circuitali che non compromettono il funzionamento del circuito.

In seguito è stato condotto un lavoro teorico sulle cause dell'errore di fase provocato dalle variazioni di guadagno nei PGA.

È stato realizzato un prototipo di PGA operante in banda X che presenta un sistema innovativo per la correzione dell'errore di fase.

Questo prototipo è stato misurato ed i risultati sono stati pubblicati in una conferenza (ESSCIRC 2015). Il lavoro è stato apprezzato ricevendo l'invito a presentare una versione ampliata per il numero speciale della rivista *JSSC* dedicato alla conferenza.

Durante l'ultimo anno di dottorato l'attività si è focalizzata sulla realizzazione e misura in laboratorio di due amplificatori a guadagno programmabile per i nuovi sistemi di comunicazione ad alto data-rate (5G network) [2].

Il primo PGA è stato realizzato in tecnologia BiCMOS e lavora nel range di frequenze tra 15 e 40 GHz. Sono stati progettati due circuiti di compensazione per ridurre al minimo l'errore di fase causato dalla variazione di guadagno dell'amplificatore.

Per poter ottenere una banda di lavoro così larga (circa il 90 %), le reti di adattamento di impedenza in ingresso e uscita sfruttano la teoria dei filtri.

Il secondo PGA è stato realizzato in tecnologia CMOS con lunghezza di canale 40 nm. L'amplificatore ha una banda di 5 GHz centrata a 28 GHz, una delle possibili bande spettrali che verranno utilizzate nei futuri sistemi di comunicazione 5G [2]. In questo caso il guadagno è controllato attraverso una interfaccia digitale SPI.

Nella parte finale dell'anno verranno realizzate le misure sugli amplificatori programmabili progettati e se i risultati non si discosteranno molto dalle simulazioni verranno pubblicati ad una conferenza e/o su rivista.

Fig. 1. Diagramma a blocchi di un ricevitore con array di 2 antenne basato sul principio dell'LO-Phase-Shifting

Fig. 2. Confronto dello stato dell'arte degli oscillatori in banda K [2].

Tesi di Dottorato:

Titolo: *Analysis and Design of High Performance Building Blocks for Phased Array System in BiCMOS Technology*

Pubblicazioni su rivista internazionale:

1. Padovan F., Tiebout M., Koen Mertens., Bevilacqua Andrea., Neviani Andrea., "Design of Low-Noise K-bnd SiGe Bipolar VCOs: Theory and Implementation", *IEEE Transactions on Circuits and Systems I (TCAS1)*, 2015.
1. Stefano Brenna, Fabio Padovan, Andrea Neviani, Andrea Bevilacqua, Andrea Bonfanti, Andrea L. Lacaita, "A 64-Channel 965- μ W neural recording SoC with 7.5m-range wireless transmission in 130-nm CMOS", *IEEE Transactions on Circuits and Systems II (TCAS2)*, 2015, submitted.

Pubblicazioni su conferenza internazionale:

1. F. Padovan, M. Tiebout, K. Mertens, A. Bevilacqua, and A. Neviani, "A K-band SiGe Bipolar VCO with Transformer-Coupled Varactor for Backhaul Links," *IEEE, 13th Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF)*, 2013, On page(s): 108-110.
2. Padovan Fabio, Bevilacqua Andrea, Neviani Andrea, "A 20Mb/s, 2.76 pJ/b UWB impulse radio TX with 11.7% efficiency in 130 nm CMOS," *European Solid State Circuits Conference (ESSCIRC), ESSCIRC 2014 - 40th*, pp.287,290, 22-26 Sept. 2014
2. Padovan, F.; Tiebout, M.; Neviani, A.; Bevilacqua, A., "A 12 GHz 22 dB-Gain-Control SiGe Bipolar VGA with 2° Phase Shift Variation," in *European Solid State Circuits Conference (ESSCIRC), ESSCIRC 2015 - 41th*, vol., no., pp.56-59, 14-18 Sept. 2015

3. Padovan, F.; Tiebout, M.; Dielacher, F.; Bevilacqua, A.; Neviani, A., "SiGe BiCMOS VCO 27% Tuning Range for 5G Communications," in Microwave Conference Proceedings, 2015. *APMC 2015. Asia-Pacific Conference Proceedings*, Accepted for publication

Bibliografia:

[1] Padovan F., Tiebout M., Koen Mertens., Bevilacqua Andrea., Neviani Andrea., "Design of Low-Noise K-bnd SiGe Bipolar VCOs: Theory and Implementation", *IEEE Transactions on Circuits and Systems I (TCAS1)*, 2015.

[2] H.-H. Chen, "Millimeter-wave communications for 5g: fundamentals: Part i [guest editorial]," *Communications Magazine, IEEE*, vol. 52, no. 9, pp. 52–54, September 2014.

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **PADOVAN Fabio** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **PAPPALARDO Irene** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **PAPPALARDO Irene** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Parte 1 Didattica

Corsi seguiti

1. "Applied Linear Algebra", corso di dottorato offerto dal DEI, prof. Augusto Ferrante e prof. Giorgio Picci, aprile 2013;
2. "Statistical Methods", corso di dottorato offerto dal DEI, prof. Lorenzo Finesso, luglio 2013;
3. "Embedded Real-Time Systems", corso di dottorato offerto dal DEI, prof. Tullio Vardanega, luglio 2013;
4. "Probabilistic Graphical Models", corso online sulla piattaforma Coursera, prof. Daphne Koller, Stanford University, maggio 2013;
5. "Information-theoretic methods in security", corso di dottorato offerto dal DEI, prof. Nicola Laurenti, novembre 2013;
6. "Computational Neuroscience", corso online offerto sulla piattaforma Coursera, professori Rajesh P. N. Rao e Adrienne Fairhall, University of Washington, gennaio-febbraio 2014;
7. "Bayesian Machine Learning", corso di dottorato offerto dal DEI, prof. Giorgio Maria Di Nunzio, maggio 2014;
8. "Optimization models for communication network design", corso di dottorato offerto dal Politecnico di Milano, prof. Michal Pioro, novembre 2014.

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

1. "The Japanese Smart Grid and its Related Power Electronics", Hirofumi Akagi, 25 febbraio 2013, Distinguished Lecture, DEI.
2. "Cooperative Multi-Agent Learning and Coordination for Cognitive Radio Networks", William Zame, 2 maggio 2013, seminario, DEI.
3. "Bayesian Foundations and Learning, Neural Networks: Basics and Advanced Topics", Pierre Baldi, lezioni frontali del corso di Machine Learning (prof. Sperduti), 6-9 maggio 2013, dipartimento di Informatica, PD.
4. "Statistical Learning Theory Meets Big Data: Randomized Algorithms for Extracting Frequent Itemsets and Association Rules", Eli Upfal, 17 maggio 2013, seminario, DEI.
5. "MIMO systems and propagation channels", Andreas Molisch, 24 giugno 2013, Distinguished Lecture, dipartimento di Fisica e Astronomia, PD.
6. "Fundamental limits in compressive sensing of GMM sources", Francesco Renna, 6 settembre 2013, seminario, DEI.
7. "Optimization with Stochastic Methods", Piergiorgio Alotto, 16 settembre 2013, seminario della Summer School "High Performance Scientific Computing", DEI.
8. "Conservation science for the cultural heritage: the role of information technology", Maurizio Seracini, 14 ottobre 2013, Distinguished lecture, DEI.

9. "Where are we going", Andrew S. Tanenbaum, 20 novembre 2013, Colloquia Patavina, dipartimento di matematica, PD.
10. "Toward Implantable Ultrasonic Wireless Sensor Networks", Tommaso Melodia, 19 dicembre 2013, seminario, DEI.
11. "The algorithmic power of human networks", Lorenzo Coviello, 20 dicembre 2013, seminario, DEI.
12. "Selection schemes for adaptive antennas in WLAN devices", Daniele Piazza, 23 gennaio 2014, seminario, DEI.
13. "Systems, Security, and Privacy Issues in Mobile Networking", Alessandro Mei, 26 febbraio 2014, seminario, DEI.
14. "Incentive Mechanisms based on Minority Games in Delay Tolerant Networks", Francesco De Pellegrini, 28 febbraio 2014, seminario, DEI.
15. "Opportunistic Data Gathering and Dissemination in Urban Scenarios", Armir Bujari, 21 marzo 2014, seminario, DEI.
16. "Introduction to probabilistic data structures", Christophe Gravier, 7-8 maggio 2014, lezione frontale, DEI.
17. "HashGraph: Semantic Hashing using external knowledge base", Christophe Gravier, 9 maggio 2014, seminario, DEI.
18. "Brain-Computer Interface and Motor Learning in Stroke Rehabilitation", Junichi Ushiba Keio, 16 maggio 2014, seminario, DEI.
19. "Current Projects from the University of Melbourne", Swami Palaniswami, 27 giugno 2014, seminario, DEI.
20. "Energy Harvesting and Cooperation and Spectrum Sensing in Cognitive Radio", Subhra Dey, 27 giugno 2014, seminario, DEI.
21. "Future Internet Security and Privacy (challenges)", Mauro Conti e Moreno Ambrosin, 31 ottobre 2014, seminario, DEI.
22. "Brain-Machine-Interfaces (BMI) in Complete Paralysis, Stroke and Neuropsychiatric Disorders", Niels Birbaumer, 5 novembre 2014, distinguished lecture, DEI.
23. "Cyber-Physical Security in Future Cities", David Yau, 7 novembre 2014, seminario, DEI.
24. "Advancing M2M communications management: Cloud-based systems for cellular traffic analysis", Giacomo Ghidini, 19 dicembre 2014, seminario, DEI.
25. "Learning statistical structure in data: efficient estimation of graphical models", Guy Bresler, 2 marzo 2015, seminario, UCSD.
26. "Deep Learning for Decision Making and Control", Sergey Levine, 16 marzo 2015, seminario, UCSD.
27. "Scalable and Provably Good Methods for Uncertainty Quantification in Machine Learning", Todd Coleman, 6 aprile 2015, seminario, UCSD.
28. "Recovery from Linear Measurements via Denoising and Approximate Message Passing", Dror Baron, 6 maggio 2015, seminario, UCSD.
29. "Machine Learning with Nearest Neighbors", Yung-Kyun Noh, 7 maggio 2015, seminario, UCSD.
30. "A Topic Modeling Approach to Ranking from Pairwise Preferences", Prakash Ishwar, 13 maggio 2015, seminario, UCSD.
31. "An Information-Theoretic Framework for Opportunistic Social Networks", Tamer El Batt, 10 settembre 2015, seminario, DEI.

32. “Bitcoin, an attempt at a separation of money and state” Pratap Pattnaik, 25 settembre 2015, seminario, DEI.
33. Signet Meetings, seminari settimanali interni al gruppo Signet volti alla presentazione delle attività di ricerca dei membri del gruppo, DEI.
34. Seminari settimanali interni al gruppo di ricerca del professor Bhaskar Rao volti alla presentazione delle attività di ricerca dei membri del gruppo e alla trattazione di alcuni argomenti avanzati nell'ambito di Compressed Sensing e Massive MIMO, UCSD.

Partecipazione a Conferenze Nazionali e Internazionali

1. “Cognitive Radio and Networking for Cooperative Coexistence of Heterogeneous Wireless Networks”, 11-13 febbraio 2013, tutorial days, Centre Tecnologic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC), Castelldefels, Spain.
2. “11th Italian Networking Workshop”, 15-17 gennaio 2014, conferenza, Cortina d'Ampezzo, Italia.
3. “IEEE Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop (Med-Hoc-Net 2014)”, 2-4 giugno 2014, conferenza, Pirano, Slovenia (presentazione del paper [2]).
4. “IEEE European Conference on Networks and Communications (EuCNC 2014)”, 23-26 giugno 2014, conferenza, Bologna, Italia (presentazione del paper [1]).
5. “Network Design and Optimization: from theory to application”, 6-12 luglio 2014, summer school, Lipari, Italia.
6. “Center for Wireless Communications (CWC) 5G Forum on Next-Generation Wireless Systems and Applications”, 14-15 maggio 2015, conferenza, University California San Diego, USA.
7. “North American School for Information Technology”, 10-13 agosto 2015, summer school, University of California San Diego, USA.

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

1. Didattica di supporto per il corso di “Telecomunicazioni”, prof. Leonardo Badia, A.A. 2012-13, primo semestre;
2. Assistenza alla didattica (tutor junior) per il corso di “Telecommunication Networks”, prof. Andrea Zanella, A.A. 2013-14, primo semestre;
3. Assistenza alla didattica (tutor junior) per il corso di “Segnali e Sistemi”, prof. Sandro Zampieri, A.A. 2013-14, secondo semestre;
4. Assistenza alla didattica (tutor junior) per il corso di “Telecommunication Networks”, prof. Andrea Zanella, A.A. 2014-15, primo semestre.

Permanenza all'estero

Ho trascorso 6 mesi presso l'Università della California, San Diego (UCSD), dal 5 febbraio al 13 agosto 2015, come visiting student, svolgendo la mia attività di ricerca sotto la supervisione del professor Bhaskar D. Rao.

Parte 2 Ricerca

Descrizione dell'attività di ricerca durante il dottorato [english]

Next generation cellular systems are expected to entail a wide variety of wireless coverage zones, with

cells of different sizes and capacities that can overlap in space and share the transmission resources. In this scenario, which is referred to as Heterogeneous Networks, a fundamental challenge is the management of the handover process between macro, femto and pico cells. To limit the number of handovers and the signalling between the cells, it will hence be crucial to manage the users mobility considering the context parameters, such as cells size, traffic loads, and user velocity. Another interesting trend related to user mobility in the heterogeneous scenario is the caching paradigm, where several small base stations can assist the macro base station in providing requested content to all the users thereby. Furthermore, with device-to-device communications users can exploit their local storage to share with the neighboring users their cached files, avoiding multiple requests to the base station. Again, to reduce the system cost and take advantage of the multiple storage locations in the network, cache decisions, i.e., which content should be cached and where, need to be context-aware and consider user position and mobility pattern, file popularity and preference.

During the first two years of my PhD program, my scientific research activity has mainly focused on the context-aware optimization framework for the handover process. The performance of a mobile user within a heterogeneous network scenario highly depends on the setting of the handover parameters in relation to other context parameters, such as the channel conditions from the surrounding base stations, the cell loads, and the user position and speed. We were motivated by the fact that the literature lacks a systematic analysis of the user performance during the handover process, presenting only heuristic optimization algorithms. Hence, we developed a general framework that analytically describes the handover process, characterizes the impact on the user performance of some handover parameters in different contexts, and finally allows us to derive a robust optimization algorithm. On this topic, we published two conference papers [1-2], and a journal paper [3], while a letter [5] is to be submitted soon.

In [1], we consider a scenario where a mobile user crosses a femto cell coverage area deployed within a macro cell. We derive the average Shannon capacity experienced by the user along its trajectory and express it analytically in a closed form as a function of the Time-To-Trigger (TTT) parameter. This is a handover parameter that defines the maximum interval time during which the user experiences a poor received power before switching to a neighboring cell that instead provides better power conditions. If during the TTT the user perceives again a good signal quality, the timer is interrupted and the user remains connected to the same base station. In the paper, we find the optimal TTT value that maximizes the user capacity computed before. Moreover, our optimization framework is repeated for different user speeds and channel models and therefore is context-aware.

A limitation of the previous work is the assumption of a simple pathloss channel model that does not include multipath and shadowing effects for analytical tractability. In [2-3] we present a new system model that accounts for Rayleigh fading through a Markov-based framework. In [2] we consider the scenario of [1] with one macro and one femto cell, while the extension to a multicell scenario is described in [3]. We model the user received power state during the handover process with a non-homogeneous Markov chain and determine the expression of the average Shannon capacity according to the evolution of the states. Based on such model, we provide a context-dependent handover policy that, as in [1], selects the TTT parameter that maximizes the performance metric with respect to user environment and channel conditions. In [3], we propose an enriched handover policy that takes into account also the problem of load balancing, exploiting the cell load information.

Finally, in [5] we present the performance upper bound of a mobile user that moves through a

heterogeneous wireless network. Our framework uses a version of the Viterbi algorithm to compute the maximum user performance given its trajectory. This analysis is useful to find the capacity gap of our optimization policies in [1-3] from the maximum achievable capacity.

During the second year, I have also focused on a different research topic, i.e., a content-adaptive video resource allocation scheme based on a machine learning approach. Firstly, we build a Bayesian Network framework to infer the dynamicity level of a certain video from its frame sizes, that are the only observable variables in our model. Since the video quality varies differently according to the dynamism of its scenes, we develop a learning system that automatically predicts the quality-rate characteristics of an unknown video from the frame sizes of its first sequences. Based on the predicted quality-rate indicator, we aim at modeling a content-aware video resource allocation scheme that can outperform the standard solutions available in the literature. A conference paper [7] is currently under investigation.

During the third year of my PhD program my scientific research activity has mainly focused on a new interesting field of application, i.e., the caching paradigm in heterogeneous wireless networks. A couple of forthcoming publications will result from this collaboration, in particular [4] has been just submitted as a conference paper, while [6] is in preparation for the journal submission.

Caching policies have received a lot of attention in the recent years due to the rapid proliferation of small cells and terminal devices that are not simply seen as units operating during data transmission but also as content storages that can be particularly helpful to face the huge traffic demands by delivering contents to the end users faster and cheaper.

We were motivated by the fact that the literature still lacks a complete analysis of caching strategies that use both the storage capabilities at the small cells and at the end devices. Moreover, users are often assumed static and have the same interests, i.e., they are likely to request the same set of popular files, while humans have different interests in real life, instead. We hence develop a caching strategy that allow file storage both at the base stations of the small cells deployed within the macro cell, and at the terminal mobile users. In addition, user mobility and class of interest will be also taken into account for cache decisions, identifying our strategy as context-oriented.

Another important aspect that has been considered is the paradigm of proactive caching. Since user behavior is proven to be predictable, pre-fetching crucial contents in advance from the time they are effectively requested is a promising approach to overcome the limits imposed by the static caching strategy used so far, namely reactive caching, where the action of storing content is taken to satisfy each user requests after they are initiated.

In [4], we first provide a closed form expression for the average system cost that takes into account the variability of the file popularities and the unknown user future locations. We then derive an optimization framework where we assign the proper files to both user's and server's caches that minimize the average system cost. This optimal allocation is however unfeasible for large values of users, base stations and files. Hence, we design an efficient yet suboptimal caching policy that performs almost as well as the optimal one.

In [6], we plan to investigate the impact of several system parameters on the final performances, and to develop a more general policy that discards some limiting assumptions of the previous model.

Moreover, we want to extend the centralized policy proposed in [4] to a distributed and still efficient method.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

Titolo: Context-Aware Optimization in Heterogeneous Networks: Handover and Caching Strategies

Supervisore: Michele Zorzi

Parte 3 Pubblicazioni

Pubblicazioni accettate e/o pubblicate su riviste e convegni internazionali

- [1] F. Guidolin, **I. Pappalardo**, A. Zanella, M. Zorzi, "Context-Aware Handover in HetNets", IEEE European Conference on Networks and Communications (EuCNC), June 2014, Bologna, Italy. **Best Student Paper Award.**
- [2] F. Guidolin, **I. Pappalardo**, A. Zanella, M. Zorzi, "A Markov-based Framework for Handover Optimization in HetNet", IEEE Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop (Med-Hoc-Net), June 2014, Piran, Slovenia.
- [3] F. Guidolin, **I. Pappalardo**, A. Zanella, M. Zorzi, "Context-Aware Handover Policies in HetNets", IEEE Transactions on Wireless Communications, accepted for publication in October 2015.

Pubblicazioni sottomesse su riviste e convegni internazionali

- [4] **I. Pappalardo**, G. Quer, Bhaskar D. Rao, M. Zorzi, "Caching strategies in Heterogeneous Networks with D2D, small BS and macro BS communications", submitted to IEEE ICC 2016.

Pubblicazioni di prossima sottomissione

- [5] **I. Pappalardo**, A. Zanella, M. Zorzi, "Handover in HetNets: Optimal Performance Analysis", ready for submission to IEEE Communication Letters.
- [6] **I. Pappalardo**, G. Quer, Bhaskar D. Rao, M. Zorzi, "Proactive Caching Strategies in HetNets", in preparation for Journal submission.
- [7] G. Ministeri, **I. Pappalardo**, M. Zorzi, "Content-based optimization for video resource allocation using Bayesian Networks", on working paper.

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **PAPPALARDO Irene** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **PASSAMANI Antonio** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **PASSAMANI Antonio** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Supervisore: *Prof. Andrea Bevilacqua*

Attività didattica seguita

Corsi seguiti

- Brownian motion and noise in physical devices, *M. Pavon*, 23/4/13-31/5/13
- Real-Time Systems and Applications, *G. Manduchi*, 19/02/13-21/03/13
- Statistical Methods, *L. Finesso*, 17/06/13-24/07/13
- Physical models for the numerical simulation of semiconductor devices, *G. Verzellesi*, 07/11/13-06/12/13

Seminari seguiti

- **Analog Simulation Techniques 6.1.5 and VPAD/C**, presso Intel Mobile Communications Austria GmbH, Villach, Austria, organizzato da Cadence Design Systems, Inc., 23/09/13-24/09/13
- **Cadence Using Spectre Effectively und SpectreRF**, presso Intel Mobile Communications Austria GmbH, Villach, Austria, organizzato da Cadence Design Systems, Inc., 24/10/13-25/10/13
- **Phase Noise: from fundamentals to circuit aspects** (Half Day Tutorial, ESSCIRC 2014, Monday, September 22nd, Venice, Italy)
- **THz-Workshop: Millimeter- and Sub-Millimeter-Wave circuit design and characterization** (Full Day Workshop, ESSCIRC 2014, Friday, September 26th, Venice, Italy)
- **Workshop on Green Electronics** (Full Day Workshop, Monday, June 30th, PRIME 2014, Grenoble, France)
- **Filtering A/D Converters** (Seminar, Department of Information Engineering, Friday, March 13rd, Padova, Italy), Pietro Andreani, Lund University, Sweden

- ***Frequency Generation for the Internet of Things*** (Half Day Tutorial, NORCAS 2015, Monday, October 26th, Oslo, Norway), Danielle Griffith, TI, USA
- ***Prof. Gabor Temes Seminars*** (Seminar, FH Kärnten Villach (CUAS), Friday, September 18th, Villach, Austria) Professor Gabor C. Temes, Oregon State University, USA

Scuole di dottorato

- International Ph.D. School on Integrated Circuits and Systems, *presso IMATI CNR di Pavia, organizzata dal Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione, Pavia, 1/07/13-5/07/13*

Attività scientifica

La tecnologia cellulare di ricetrasmisione tra dispositivo portatile e stazione base ha subito, negli ultimi anni, una fortissima evoluzione. Si sono susseguiti in Europa gli standard 2G, *EDGE*, 3G, *HDSPA/HSUPA*, *LTE*, e prossimamente *LTE Advanced*.

La necessità di gestire molti standard diversi spinge i sistemisti a premere per l'integrazione del maggior numero possibile di componenti elettronici in un unico chip di silicio multifunzionale. Un blocco fondamentale per andare in questa direzione innovativa è il sintetizzatore di frequenze nell'intervallo da 0.7GHz a 3.8GHz.

Nei mesi di Gennaio, Febbraio, Marzo e Aprile del 2013 ho portato avanti, in collaborazione con *Intel Austria GmbH*, il progetto di un sintetizzatore di frequenze realizzato senza l'ausilio di componenti induttivi di filtro nè integrati nè esterni. Il progetto ha portato alla definizione di un circuito di sintesi di fase in tecnologia *CMOS* ultrascalata basato su *injection locking*, *DAC* e *ring oscillator*, in grado di fornire a partire da un *clock* fisso in alta frequenza una frequenza arbitraria in uscita. Il circuito proposto è capace di soddisfare le stringenti specifiche di trasmissione cellulare di ultima generazione e di farlo con un consumo di corrente estremamente contenuto.

Successivamente l'attività di ricerca si è spostata, pure sempre restando nell'ambito della tecnologia cellulare, e in collaborazione con *Intel Austria GmbH*, su un nuovo blocco circuitale. Scopo della nuova attività di ricerca e sviluppo è la caratterizzazione e la valutazione di fattibilità del design completamente integrato su silicio in tecnologia *CMOS* ultrascalata di un amplificatore di potenza per la trasmissione di segnali radiomobili da dispositivo di telefonia cellulare portatile a stazione base.

La peculiarità del progetto, fortemente innovativo, è l'impiego di tecniche di progettazione mixed-signal, e in particolare tramite l'architettura *C-DAC*, di fornire contemporaneamente sia la funzionalità *DAC*, sia già direttamente la potenza d'uscita richiesta sull'antenna di carico, in un unico silicio, senza l'ausilio di amplificatori esterni e con alta efficienza di trasmissione. Questo permette, per esempio nell'implementazione di un trasmettitore *Wi-Fi™*, di abbattere i costi e aumentare le prestazioni dei moderni trasmettitori senza fili e l'integrazione di nuove funzionalità in dispositivi sempre più compatti.

Una delle sfide nella realizzazione di questo circuito integrato nasce dal fatto che le tecnologie ultra-scalate su cui è costruito non sono in grado di trasferire, senza l'ausilio di passivi, livelli di potenza adeguati alle moderne applicazioni radio su antenna. Al fine di ovviare queste limitazioni, cioè di realizzare un adeguato trasferimento di potenza sull'antenna, si sono studiate soluzioni con induttori multipli in grado di innalzare i livelli di potenza che si possono raggiungere mediante passivi, e di farlo nella maniera più efficiente possibile.

È stato approfondito, ottimizzato e dettagliato lo studio teorico e applicativo cominciato durante il primo anno di dottorato. I risultati concernenti la parte attiva sono stati raccolti in un primo articolo teorico pubblicato presso *PRIME 2014*.

In vista del *tape-out* del circuito la fase di design è stata affiancata da una fase di preparazione per la realizzazione, i.e. definizione delle gerarchie e integrazione ad alto livello, definizione di appositi registri di configurazione e verifica del loro utilizzo, disegno del layout della parte attiva e di quella passiva del circuito. Data la particolare natura multidisciplinare del circuito, che opera al suo interno una conversione da digitale ad analogico, l'attività ha richiesto di mettere in pratica, allo stesso tempo, tecniche di progettazione digitali (*VHDL*), analogiche (*RF*) e mixed-signal.

Nel mese di settembre ho partecipato a:

- *ESSCIRC 2014 (IEEE), Venice, Italy, 22nd - 26th September 2014*, con attività di supporto alla conferenza, all'interno della squadra costituita dai dottorandi del gruppo di Microelettronica del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova.

Nel terzo anno di dottorato ho portato a termine l'attività di *tape-out* del circuito integrato per la conversione da digitale ad analogico e la trasmissione di dati ad alta velocità e potenza direttamente su antenna iniziata nei precedenti anni.

Durante il primo trimestre del 2015, l'attività si è concentrata nel completamento del disegno delle maschere del circuito, e dei problemi concreti associati ai parassiti introdotti dalle stesse. In seguito, il lavoro di ricerca si è focalizzato sulla verifica, l'ingegnerizzazione per la sintesi, e la definizione delle maschere associate al codice *VHDL* del circuito e della piattaforma associata. Nell'insieme il sistema comprende una macchina a stati capace di comunicare mediante diversi standard di comunicazione, tra cui lo standard *JTAG*, verso l'esterno; un canale dati ad alta velocità verso una memoria ad accesso casuale integrata in silicio, e infine verso il circuito di conversione da digitale ad analogico in esame.

Alcune caratteristiche peculiari del sistema hanno reso necessario l'ingegnerizzazione di un *package* personalizzato in grado di minimizzare l'impedenza di sorgente misurata dal circuito e sostenere gli elevati livelli di corrente richiesti. È stata altresì progettata una speciale variante del circuito, in cui la rete di adattamento di impedenza è stata realizzata nel *package* invece che nel silicio, con conseguente riduzione dell'area di silicio impiegata. Le differenti caratteristiche dei passivi integrati nel *package* hanno permesso di sperimentare differenti tecniche di adattamento.

Congruentemente, sono state progettate le schede di misura stampate da utilizzare nell'attività di laboratorio, pianificata per i prossimi mesi quando cioè integrati, con relativo *package* e schede di misura ritorneranno dalle fabbriche dove sono attualmente in produzione.

Nell'ultima settimana del mese di Ottobre del terzo anno di dottorato ho presentato il secondo articolo scientifico pubblicato alla conferenza *Nordic Circuits and Systems Conference* ad Oslo, Norvegia. L'articolo approfondisce nel dettaglio le reti di adattamento ad massima efficienza costruite da una capacità serie e da un trasformatore, e perciò di ordine minimo per un circuito differenziale a capacità commutate per applicazioni di ricetrasmissione. Il lavoro, corredato da misure e da un confronto tra differenti implementazioni, ha avuto come applicazione obiettivo lo studio della

realizzazione di un trasmettitore *Bluetooth*TM integrato in tecnologia *CMOS 28nm*.

Al fine di incrementare ulteriormente la potenza raggiunta rispetto alla soluzione presentata precedentemente, è stata poi introdotta un'ulteriore analisi sui Sommatori di Potenza, terzo studio teorico volto a completare lo studio scientifico circa l'argomento, e necessario per raggiungere gli obiettivi di progetto. Il completamento del terzo studio teorico, e la verifica in laboratorio dei risultati di simulazione sono infine propedeutici alla pubblicazione di ulteriori articoli scientifici dal forte contenuto innovativo.

Tesi di dottorato

- *Analysis and Design of a Transmitter for Wireless Communications in CMOS Technology* Relatore Prof. Andrea Bevilacqua

Pubblicazioni

- *PRIME 2014 (Ph.D Research in Microelectronics and Electronics, IEEE), Grenoble, France, 30th June – 4th July 2014 "A Linear Model of Efficiency for Switched-Capacitor RF Power-Amplifiers"*, Antonio Passamani, Davide Ponton, Gerhard Knoblinger e Andrea Bevilacqua;
- *DMCE PhD Day 2014 (Conferenza Interna in Intel Mobile Communications), Linz, Austria, 22th May 2014, "A Linear Model of Efficiency for Switched-Capacitor Power-Amplifiers (DPA)"*, Antonio Passamani
- *NORCAS 2015 (Nordic Circuits and Systems Conference, IEEE), Oslo, Norway, 26th – 28th of October 2015 "Analysis and Design of a 1.1dB-IL third-order Matching Network for Switched-Capacitor PAs"*, Antonio Passamani, Davide Ponton, Gerhard Knoblinger e Andrea Bevilacqua;
- *DMCE PhD Day 2015 (Conferenza Interna in Intel Mobile Communications), Linz, Austria, 21st of May 2015, "A Linear Model of Efficiency for Switched-Capacitor Power-Amplifiers (DPA)"*, Antonio Passamani

Brevetti (presso Intel Mobile Communications)

- *Digital to Analog Converter Circuits, Apparatus and Method for Generating a High Frequency Transmission Signal and Methods of Digital to Analog Conversion* (Depositato) Antonio Passamani, Davide Ponton, Franz Kuttner;
- *A method for operating radio frequency digital to analog conversion circuitry in the event of a first and a subsequent second input sample with different signs and an digital to analog conversion circuitry* – (Depositato), Antonio Passamani, Franz Kuttner, Michael Fulde;
- *Injection Locked Ring Oscillator Based Digital-to-Time Converter and Method for providing a filtered interpolated Phase Signal* – (Depositato), Davide Ponton, Antonio Passamani, Andrea Bevilacqua;

Periodi Mobilità:

L'attività di ricerca si è svolta tra l'Università degli Studi di Padova, Laboratorio ICARUS, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e la sede in Villach, Austria, di Intel Austria GmbH, sussidiaria di Intel Corporation, sede principale in Santa Clara, USA.

Padova, Italia

Villach, Austria

Novembre 2015.

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **PASSAMANI Antonio** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **SCANDOLA Luca** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **SCANDOLA Luca** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

L'attività di ricerca è svolta in cotutela con **Infineon Technologies Italia Srl** attraverso il contratto di Apprendistato in Alta Formazione e Ricerca dal titolo ***“Studio e progetto di architetture e topologie circuitali innovative per convertitori DC/DC ad alta efficienza e ad alta frequenza di commutazione per applicazioni nel campo dell'industria automobilistica”.***

Parte 1 Didattica

Corsi seguiti

- Statistical Methods
- Resonant Converters and Inverters: Topologies and Modeling
- Converters in Renewable Energy Systems and Intelligent Microgrids
- Physical models for the numerical simulation of semiconductor devices

Presso l'azienda Infineon Technologies Italia Srl sono stati seguiti i seguenti corsi tecnici di formazione:

- ISO 26262 Awareness & Motivations 5 Giugno 2013
- ISO 26262 Introduction To 8 Gennaio, 2014
- ISO 26262 Mapping and Applications, 10 Gennaio 2014
- ISO 26262 Software methods used to, 10 Gennaio 2014
- “Introduction to Design in SPT9” , 28- 29 Ottobre 2014
- “Introduction to Layout in SPT9” 30 Ottobre 2014
- AD/DA Converter, 4-5 febbraio 2015
- ISO 26262 Awareness & Motivations 5 Marzo 2015
- Avenue training, 11 Marzo 2015
- Data management w. ClearCase for Cadence, 31 Marzo-1Aprile 2015
- Camino AMS QuickStart Training, 21-22 Maggio 2015
- ISO 26262 Applying the documentation tree, 21 Settembre 2015

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- **Hirofumi Akagi:** The Japanese smart grid and its related power electronics;
- **Maurizio Seracini:** La scienza della conservazione per i beni culturali: il ruolo dell'information technology;
- **Stuart Russell:** Unifying logic and probability: A "New Dawn" for Artificial Intelligence? (Dipartimento di Matematica)
- **Workshop** “Il Polo Fotovoltaico del Veneto”, 23 Aprile 2013

- **Rodolphe Sepulchre:** “Do brains compute?” 18 Giugno 2015
- **Prof. Umberto Vincenti:** “Etica per una repubblica”, 8 Gennaio 2015
- **Prof. Umberto Vincenti:** “Il principio di responsabilità”, 22 Gennaio 2015

Partecipazione a Conferenze Internazionali

- *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC 2014)*, Mar 16-20 2014, Fort Worth, TX, USA
- *IEEE Control and Modeling for Power Electronics 2015 (COMPEL 2015)*, July 12-15, 2015, Vancouver, BC, Canada

L'attività di ricerca svolta è stata presentata in occasione degli eventi annuali organizzati da Infineon Technologies:

- Campeon Innovation Week 2013, sessione poster, 6 novembre 2013
- Campeon Innovation Week 2014, sessione poster, 6 novembre 2014
- Campeon Innovation Week 2015, sessione poster, 12 novembre 2015

Permanenza all'estero

- Periodo di studio all'estero dal giorno 10 Aprile 2014 al giorno 6 Ottobre 2014 presso il **Colorado Power Electronics Center (CoPEC)**, Università del Colorado a Boulder, USA, supervisionato dal Prof. Dragan Maksimović.

Parte 2 Ricerca

Attività scientifica

L'attività di ricerca di dottorato si inquadra nell'ambito dello sviluppo di tecniche di ottimizzazione *online* dell'efficienza in convertitori di potenza DC-DC a commutazione per applicazioni automotive.

In particolare la ricerca è focalizzata sullo studio dei convertitori a doppio mezzo ponte. In dettaglio è stato svolto uno studio statico e dinamico della versione risonante serie (*Dual Half Bridge Series Resonant Converter, DHB-SRC*) e sono stati approfonditi aspetti riguardanti l'ottimizzazione online dell'efficienza basato su un algoritmo di tipo *hill climbing*. In seguito sono stati approfonditi aspetti riguardanti la modellistica della dinamica introdotta dai modulatori a *sfasamento* digitale a campionamento uniforme e dai modulatori a *sfasamento e larghezza d'impulso* a campionamento uniforme. Infine è stato affrontato il tema riguardante lo sviluppo di un sistema di ottimizzazione dell'efficienza online del convertitore a doppio mezzo ponte non risonante. Questa soluzione è stata studiata come alternativa alla versione risonante serie.

Nel dettaglio le tre aree di ricerca esplorate sono:

SVILUPPO DI UN SISTEMA DI REGOLAZIONE E OTTIMIZZAZIONE DI UN CONVERTITORE A DOPPIO MEZZO PONTE RISONANTE SERIE

Il convertitore sotto analisi presenta diversi gradi di libertà che possono essere sfruttati per scopo di controllo e ottimizzazione (ad esempio duty-cycle degli interruttori, sfasamento fra segnali di controllo e frequenza di commutazione). Sono state analizzate le caratteristiche statiche del convertitore nelle varie regioni dello spazio di controllo, ponendo particolare attenzione alle caratteristiche di efficienza. Sono stati sviluppati modelli analitici e setup di simulazione in ambiente Matlab Simulink includendo alcuni elementi parassiti ad esempio le resistenze serie dei componenti passivi e le resistenze di canale degli interruttori. L'analisi ha consentito di tracciare grafici dell'efficienza che hanno evidenziato la possibilità di implementare algoritmi di ottimizzazione online.

La regolazione della tensione di uscita viene implementata tramite un sistema a retroazione. Per

garantire elevate prestazioni e stabilità nelle regioni dello spazio di controllo in cui il convertitore deve operare, è stato sviluppato un modello ai piccoli segnali. Tale modello fa uso della teoria dei fasori dinamici ed è stata ulteriormente raffinata mediante l'introduzione di nuove variabili di stato che si aggiungono a quelle considerate tramite l'approssimazione all'armonica fondamentale. Questo approccio ha permesso di migliorare la precisione del modello. Sono stati sviluppati setup di simulazione in ambiente Matlab/Simulink per testare i modelli analitici ottenuti con ottimi risultati.

Sfruttando le analisi statiche e dinamiche del convertitore è stato possibile progettare un algoritmo online di ottimizzazione dell'efficienza. Tale algoritmo sfrutta la proprietà delle curve di efficienza di avere un unico massimo nel piano di controllo scelto e prevede l'implementazione di un algoritmo analogo ai classici "Perturba e Osserva" impiegati nel settore fotovoltaico. Le simulazioni in ambiente Matlab/Simulink hanno confermato la fattibilità della soluzione adottata.

Per verificare i risultati ottenuti tramite simulazione è stato implementato un prototipo. Lo stadio di potenza e la scheda di acquisizione sono stati costruiti usando componenti discreti. L'anello di regolazione della tensione di uscita e l'anello di ottimizzazione dell'efficienza sono stati implementati per via digitale su una scheda FPGA programmata tramite il linguaggio di descrizione dell'hardware VHDL. Il prototipo ha confermato quanto ottenuto tramite analisi analitica e simulativa. A seguito di questa ricerca è stato pubblicato un articolo alla conferenza *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC 2014)* [2].

MODELLIZZAZIONE A PICCOLI SEGNALE DEI MODULATORI A SFASAMENTO E LARGHEZZA DI IMPULSO COMBINANTI A CAMPIONAMENTO UNIFORME.

I modulatori a sfasamento sono comunemente impiegati per controllare il flusso di potenza nei convertitori risonanti. Benché essi siano solitamente implementati per via analogica, le versioni digitali stanno prendendo piede sempre di più grazie allo sviluppo di controllori multi-variabile digitali e sistemi online di ottimizzazione dell'efficienza. Mentre è noto che i modulatori analogici non introducono effetti dinamici dal punto di vista dei piccoli segnali, lo studio svolto ha dimostrato come i modulatori digitali introducano un ritardo di trasporto. Tale ritardo ha un impatto sulla risposta di fase del convertitore, e deve essere pertanto opportunamente modellato in fase di progetto della compensazione. Lo studio svolto ha consentito di formulare un modello di piccolo segnale della dinamica di modulazione, estendendo le tecniche di modellizzazione note in ambito analogico al caso di controllo digitale. Inoltre la metodologia ha permesso di isolare l'effetto di tale ritardo, consentendo una più semplice interpretazione del fenomeno e soprattutto la possibilità di continuare ad utilizzare i modelli analogici basati sui fasori dinamici.

Lo studio teorico del modello è stato fatto per i principali tipi di modulatori a *sfasamento* (trailing edge, leading edge, simmetrico) e per un modulatore a *sfasamento e larghezza di impulso*. Per quanto riguarda quest'ultimo modulatore, è stato dimostrato che i segnali modulanti di sfasamento e duty cycle inducono individualmente sia una perturbazione di ampiezza che una perturbazione di fase sul segnale modulato. I risultati ottenuti sono stati infine utilizzati per sviluppare un modello ai piccoli segnali multi-armonica del DHB-SRC.

I risultati ottenuti sono stati verificati da simulazioni fatte in ambiente Matlab-Simulink. La validazione del modello è stata quindi effettuata tramite misure sperimentali su un prototipo. Sia i modulatori che la relativa circuiteria di test sono stati implementati su una scheda FPGA. A seguito di questa ricerca è stato pubblicato un articolo alla conferenza *IEEE Control and Modeling for Power Electronics 2014 (COMPEL 2014)* [3], due articoli alla conferenza COMPEL 2015 [5] [6] ed è stato pubblicato un articolo nella rivista *IEEE Transactions on Power Electronics* [1].

STUDIO DEL CONVERTITORE A DOPPIO MEZZO PONTE NON RISONANTE

Lo studio del convertitore a doppio mezzo ponte risonante serie si è concluso con l'individuazione delle criticità di questo tipo di convertitore, tra le quali le più importanti sono le alte perdite di conduzione e l'alta dipendenza della massima potenza di uscita dalla tensione di batteria che ne limita il funzionamento in step-up mode. Una soluzione che non presenta queste limitazioni è il convertitore a doppio mezzo ponte non risonante, noto anche come buck-boost a quattro transistor.

L'obiettivo della ricerca è quello di proporre un sistema di controllo e ottimizzazione dell'efficienza innovativo che sfrutti i gradi di libertà della topologia. Il sistema proposto prevede un anello di controllo veloce che regola la tensione di uscita agendo sul duty cycle del mezzo ponte di ingresso ed un anello di ottimizzazione dell'efficienza multivariabile che minimizza la corrente media di ingresso agendo sullo sfasamento dei segnali di comando e sul duty cycle del mezzo ponte di uscita. L'algoritmo utilizzato per l'ottimizzazione è noto come metodo del simplesso.

Durante il processo di ottimizzazione un'ampia porzione del piano di controllo può essere percorsa dal punto operativo del convertitore. Per questo motivo è necessario sviluppare un modello ai piccoli segnali che permetta di studiare la stabilità del convertitore in tutte le modalità operative possibili. A questo scopo, è stato utilizzato l'approccio multi-armonica sviluppato per lo studio del convertitore risonante. Il modello dinamico ottenuto è stato validato sia tramite simulazioni fatte in ambiente Matlab-Simulink che tramite misure sperimentali.

Il sistema di ottimizzazione proposto è stato infine testato su un prototipo fisico. Lo stadio di potenza e la scheda di acquisizione sono stati costruiti usando componenti discreti. L'anello di regolazione della tensione di uscita e l'anello di ottimizzazione dell'efficienza sono stati implementati per via digitale su una scheda FPGA programmata tramite il linguaggio di descrizione dell'hardware VHDL.

Titolo definitivo della tesi: Implementation and modeling of online efficiency optimization techniques for high-frequency dc-dc converters in automotive applications

Nome del supervisore: Prof. Luca Corradini

Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale

[1] L. Scandola, L. Corradini, G. Spiazzi, "[Small-Signal Modeling of Uniformly Sampled Phase Shift Modulators](#)," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 30, no. 10, pp. 5870-5880, Oct. 2015

Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

[2] L. Scandola, L. Corradini, G. Spiazzi, C. Garbossa, P. Piersimoni, A. Vecchiato, "Online Efficiency Optimization Technique for Digitally Controlled Resonant DC/DC Converters," in *Proc. 29th IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, March 16-20 2014, Fort Worth, Texas, pp. 27-34

[3] L. Scandola, L. Corradini, G. Spiazzi, "Small-signal modeling of uniformly sampled phase shift modulators," in *Proc. 15th IEEE Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL)*, June 22-25, 2014, Santander, Spain, pp. 1-8

[4] Sepahvand, A.; Scandolat, L.; Yuanzhe Zhang; Maksimovic, D., "Voltage regulation and efficiency optimization in a 100 MHz series resonant DC-DC converter," in *Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, 2015 IEEE, vol., no., pp. 2097-2103, 15-19 March 2015

[5] L. Scandola, L. Corradini, G. Spiazzi, "Small-Signal Modeling of Combined Phase Shift and Pulse Width Uniformly Sampled Modulators," in *Proc. 16th IEEE Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL 2015)*, Jul. 12-15, 2015, Vancouver, Canada, pp. 1-7

[6]L. Scandola, L. Corradini, G. Spiazzi, "Multi-Harmonic Small-Signal Modeling of Digitally Controlled dc-dc Series Resonant Converters," in *Proc. 16th IEEE Workshop on Control and Modeling for Power Electronics (COMPEL 2015)*, Jul. 12-15, 2015, Vancouver, Canada, pp. 1-8

Brevetti

- **Title:** Online efficiency optimization algorithm for resonant converter

Application: US 2015/0171729 A1

Inventor: Luca Scandola

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **SCANDOLA Luca** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **SCARTON Alessandra** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Bioingegneria.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **SCARTON Alessandra** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Bioingegneria.

Il candidato dichiara quanto segue:

Supervisore: CLAUDIO COBELLI

Parte 1 Didattica

Corsi offerti dalla Scuola di Dottorato

- Brownian motion and noise in physical devices, Prof. M. Pavon (20h)
- Statistical Methods, Prof. L. Finesso (24h)
- Mathematical modeling of Cell Biology, Prof. M. G. Pedersen (20h)
- Fluid mechanics for the functional assessment of cardiovascular devices, Prof. M. F. Susin (12h)
- Tissue Engineering: Principles and Applications, Prof. A. Bagno (12h)

Corsi e Workshops

- Corso precongressuale " Interpretazione dei dati di motion capture in ambito clinico e di ricerca", SIAMOC 2015, Padova 30 Settembre 2015.
- Wyss Annual Diabetes Symposium Lower Extremity: Innovations and Discovery, 27th March, Boston USA.
- Advanced User of OpenSim Workshop, University of Stanford, Palo Alto (United States), March 23rd- 25th.
- Corso "Applicazioni Statistiche in Campo Sanitario", presso ExpoSanità, Mostra Internazionale della Sanità e dell'Assistenza a Bologna, 23 Maggio 2014. Promosso dall'Associazione Italiana di Bioingegneria.
- Clinical Gait Analysis: A Focus on Interpretation, Basic Course, Leuven, 27-29 Giugno 2013

- Symposium on spasticity: Assessment and selective treatment, Pre-Course Symposium, Leuven, Belgio, 26 Giugno 2013
- Corso sulla "Misura delle pressioni di contatto nella valutazione del gesto motorio". ISS Roma, Italy, 11-12 Aprile 2013.

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- Distinguished lectur: "BITCOIN, an attempt at a separation of money and state", by Pratap Pattnaik, IBM. September 25th 2015, DEI, Padova.
- OpenSim Webinar: Best Practices for Verification and Validation of Musculoskeletal Models and Simulations, Jennifer Hicks, June 16th, 2015.
- Seminar "Partners HealthCare System Physical Medicine & Rehabilitation Research & Education Day". May 29th 2015, Boston, USA.
- Seminar "Destination Europe". Boston, USA, February 20th 2015.
- Seminar "Overview of Simulia Products, Portfolio & Technologies for Biomedical Simulation" gave by Tom Battisti from Simulia. 27th October 2014, INSIGNEO, University of Sheffield.
- Seminar "How to write and publish a scientific article" gave by Prof. Marco Viceconti. 10th June 2014, INSIGNEO, University of Sheffield.
- Seminario BCI di Gtec a Padova allo IAS-Lab, Prof. Emanuele Menegatti, 3 Ottobre 2013.
- OpenSim Webinar: Measuring and Incorporating Subject-Specific Muscle Parameters in Post-Stroke Gait Simulations, prof. Jill Higginson, Brian Knarr, John Ramsay, University of Delaware, 19 Settembre 2013
- Seminario "Appropriatezza clinica e metodologica dell'analisi strumentale del cammino Gait Analysis con particolare riferimento alle applicazioni in Medicina Riabilitativa", Istituto Ortopedico Rizzoli, Bologna, 14 Settembre 2013
- Seminario "Caratterizzazione del fenomeno di desincronizzazione dei ritmi cerebrali con applicazione ad una piattaforma di Brain Computer Interface per la riabilitazione motoria di pazienti reduci da ictus"- Prof. S. Pupolin e Ing. G. Cisotto, DEI, 10 Settembre 2013.
- OpenSim Webinar: Muscle Excitation-Driven Musculoskeletal Modeling and Future Applications toNeurorehabilitation Technologies, Dr. Massimo Sartori e Claudio Pizzolato, 6 Giugno 2013

- Seminario "European universities facing the Asian challenge in science and technology. The role of evaluation"-Prof. Andrea Bonaccorsi, DEI, 30 Maggio 2013.
- OpenSim Webinar: Unraveling the Biomechanics of Hemiparetic Gait through Mechanical & Neuromechanical Simulations, prof. Ilse Jonkers e Friedl De Groote, KU Leuven, 2 Maggio 2013
- Seminario "Sviluppo in ambiente V3D di software per l'analisi del movimento"- Scott Selbie, Istituto Ortopedico Rizzoli, Bologna, 4 marzo 2013.

Partecipazione a scuole estive per dottorandi

- XXXII Scuola Annuale di Bioingegneria –Bressanone, 16-20 Settembre 2013 – Approccio Integrato per la Medicina Rigenerativa

Partecipazione a Conferenze Nazionali

- 16th Congresso della Società Italiana di Analisi del Movimento in Clinica, Padova 30 Settembre – 3 Ottobre 2015 (COMITATO ORGANIZZATORE)
- 14th Congresso della Società Italiana di Analisi del Movimento in Clinica (SIAMOC), Pisa 26-28 Settembre 2013.

Partecipazione a Conferenze Internazionali

- 25th Congress of the International Society of Biomechanics, 12th – 17th July 2015, Glasgow.
- ESMAC (European Society of Motion Analysis in Clinic) and SIAMOC (Società Italiana di Analisi del Movimento in Clinica) joint congress, Roma, 29 Settembre – 4 Ottobre 2014
- 19th Congress of the European Society of Biomechanics, Patras, Greece, 25-28 Ago 2013.

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

- Supporto alla didattica per il corso Bioingegneria del Movimento (laurea magistrale in Bioingegneria), Prof. ssa Chiara Dalla Man, Marzo-Giugno 2014.
- Supporto alla didattica per il corso "Strumentazione Biomedica" (laurea magistrale in Bioingegneria), Prof. Alfredo Ruggeri, Marzo-Giugno 2014.
- Supporto alla didattica per il corso "Tecnologia e strumentazione biomedica" (laurea triennale in Bioingegneria), Prof. Alfredo Ruggeri, Marzo-Giugno 2014.

- Correlatore della tesi magistrale di Gessica Scocco, "Valutazioni delle forze muscolari in soggetti sani e diabetici mediante l'utilizzo della modellazione muscoloscheletrica", Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecniche dell'Attività Motoria Preventiva e Adattata, a.a. 2013-2014
- Correlatore della tesi triennale di Ivona Klaric, "Stima delle forze muscolari nei soggetti diabetici tramite modellazione muscoloscheletrica in OpenSim", Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie, a.a. 2013-2014

Permanenza all'estero

Ottobre 2015 – Dicembre 2015

Periodo di mobilità' presso il Motion Analysis Lab, allo Spaulding Rehabilitation Hospital, Boston (MA). Supervisore Dr Paolo Bonato.

Novembre 2014 – Agosto 2015

Periodo di mobilità' presso il Motion Analysis Lab, allo Spaulding Rehabilitation Hospital, Boston (MA). Supervisore Dr Paolo Bonato.

Giugno 2014 – Ottobre 2014

Periodo di mobilità' presso l'University of Sheffield – INSIGNEO Institute for in silico Medicine – Department of Mechanical Engineering. Supervisore Dr Xinshan (Shannon) Li.

Novembre 2013 – Dicembre 2013

Periodo di mobilità' presso la Faculty of Kinesiology and Rehabilitation Sciences, KU Leuven, Belgium sotto la supervisione della Prof. Ilse Jonkers.

Parte 2 Ricerca

Lo sviluppo di modelli specifici dei pazienti (PSM) realizzati a partire dai loro dati biomeccanici, dati ottenuti con tecniche "imaging" etc..., ha recentemente acquisito maggiore attenzione nelle applicazioni cliniche. Gli PSM potrebbero, infatti, permettere la realizzazione di trattamenti riabilitativi più efficaci, disegnati ad hoc sulle capacità del soggetto. Gli PSM hanno il potenziale di migliorare la diagnosi e di ottimizzare i trattamenti clinici prevedendo e confrontando i risultati di diversi approcci d'intervento. Inoltre, essi possono fornire informazioni che non sono direttamente misurabili, come ad esempio le forze muscolari o le tensioni interne alle ossa.

Data la notevole quantità di malattie che colpiscono le capacità motorie, gli PSM degli arti inferiori sono stati ampiamente trattati in letteratura. In quest'ambito si utilizzano principalmente due tecniche: i modelli muscolo-scheletrici (MMS) e l'analisi agli elementi finiti.

I MMS rappresentano uno strumento prezioso poiché possono fornire informazioni importanti sulle caratteristiche anatomiche e funzionali che sono uniche di ogni soggetto. Tutto ciò attraverso il calcolo di variabili interne quali attivazioni e forze muscolari e forze di reazione ai giunti articolari.

L'analisi agli elementi finiti rappresenta una soluzione ideale per la modellazione del corpo umano giacché la sua flessibilità permette la simulazione della complessità biologica in termini di geometrie, materiali e condizioni al contorno.

Modelli FE precisi e descrittivi rappresentano un ottimo strumento nell'ambito scientifico e della ricerca medica. Inoltre, potrebbero essere utilizzati in ambito clinico al fine di migliorare la cura del

paziente.

Diversi modelli FE del piede sono stati recentemente sviluppati per analizzare il comportamento biomeccanico del complesso piede-caviglia che è comunemente studiato con tecniche sperimentali come la stereofotogrammetria.

In questo contesto, sono stati proposti molti protocolli di analisi del cammino per valutare la cinetica e la cinematica 3D e la distribuzione delle pressioni plantari. Questa valutazione è utile per caratterizzare la biomeccanica del piede in diverse patologie quali il piede diabetico.

Il piede diabetico è una complicanza invalidante del diabete mellito, una malattia cronica che colpisce con sempre maggiore frequenza la popolazione anziana. Esso è caratterizzato dallo sviluppo di ulcere che possono portare all'amputazione.

Modelli capaci di simulare le deformazioni e le tensioni nel tessuto plantare diabetico sono utili per prevedere le aree a maggior rischio di ulcerazione. Inoltre essi possono essere usati per progettare plantari per diminuire gli ipercarichi.

L'attività di questi tre anni di dottorato rappresenta un primo sforzo verso la creazione di un più completo PSM che combinando un MMS e un modello FE, può aumentare la comprensione della patologia del piede diabetico. Per raggiungere quest'obiettivo, sono stati affrontati numerosi problemi e limitazioni.

Per prima cosa i MMS di soggetti diabetici e di controllo sono stati sviluppati mediante il software OpenSim, al fine di stimare le forze muscolari durante il cammino. L'obiettivo era di valutare l'eventuale presenza di deficit muscolari agli arti inferiori nella popolazione malata rispetto alla popolazione sana.

Si è eseguita un'analisi del cammino al fine di calcolare la cinematica, la cinetica e i parametri spazio temporali delle articolazioni degli arti inferiori, utilizzando una versione modificata del protocollo IORgait (Leardini 2007)

La cinematica e la cinetica 3D sono poi state calcolate anche mediante OpenSim. Entrambe le metodologie sono state in grado di evidenziare le differenze tra le due popolazioni. Inoltre, per alcuni dei muscoli analizzati, i modelli MS hanno mostrato la presenza di differenze significative tra le forze muscolari dei soggetti sani e dei diabetici. Questa conoscenza può aiutare la pianificazione di una terapia riabilitativa specifica al fine di migliorare la velocità, l'equilibrio, la forza muscolare, l'andatura e la mobilità articolare.

Questo primo lavoro è stato presentato al congresso europeo di analisi del cammino (ESMAC) nel 2014, e ne è derivato un articolo che è attualmente in fase di stesura. Il suo aspetto innovativo consiste nell'utilizzo della modellazione nella popolazione diabetica al fine di stabilire un trattamento clinico specifico per i deficit muscolari del soggetto sotto analisi. Nessun metodo sperimentale può, infatti, fornire forze muscolari e reazioni ai giunti articolari in maniera totalmente non invasiva, cosa che invece è resa possibile dalla modellazione.

Dopo che l'applicabilità di MMS nell'analisi della popolazione diabetica è stata dimostrata, il passo successivo è stato la combinazione con i modelli FE del piede. Questo passaggio è stato affrontato in due fasi.

Dapprima l'impatto dell'applicazione delle forze di reazione alla caviglia (JRFs), ottenute da MMS come condizione al contorno per i modelli FE del piede, è stato verificato. Le geometrie specifiche del piede dei soggetti sono state ricavate dalle immagini di risonanza magnetica e sono state utilizzate per lo sviluppo dei modelli FE mentre le pressioni plantari sperimentali, acquisite durante l'analisi del cammino, sono state utilizzate per la validazione.

Un migliore accordo tra pressione plantare misurata sperimentalmente e simulata è stato riscontrato utilizzando, come condizioni al contorno, le JRFs invece delle forze di reazione al suolo.

Questo secondo lavoro è stato presentato al congresso europeo di analisi del cammino (ESMAC)

nel 2014 e ne è derivato un articolo che sarà sottomesso a breve. L'aspetto innovativo sta nel tentativo di combinare queste due tecniche di modellazione, FEM e MMS, che sono lo stato dell'arte nella modellazione biomeccanica.

L'aver stabilito un framework per l'utilizzo di dati da OpenSim nelle simulazioni FE ha permesso di procedere con il passo successivo che ha previsto l'utilizzo delle forze muscolari come condizione al contorno.

I dati di cinematica e cinetica, acquisiti durante l'analisi del cammino, sono stati utilizzati per lo sviluppo di MMS e per il calcolo delle forze muscolari. Le inserzioni muscolari sono state poi trovate nella risonanza magnetica e connettori corrispondenti sono stati creati nel modello FE.

Successivamente, le simulazioni FE sono state eseguite con il software Abaqus utilizzando come condizioni al contorno, dati specifici dei pazienti. A tal fine si è utilizzata la metodologia di Guiotto et al 2014. A partire dal modello del piede sviluppato in Guiotto et 2014, E' stata effettuata un'analisi quasi statica su quattro fasi del ciclo del passo e sono state considerate due condizioni: una che comprendeva le forze muscolari e una che non le comprendeva. Ancora una volta la validazione delle simulazioni FE è stata fatta mediante un confronto tra pressioni plantari simulate e misurate sperimentalmente. I risultati hanno mostrato un miglioramento della stima del picco di pressione per il modello che comprendeva i muscoli.

Questo lavoro è stato presentato al congresso internazionale di biomeccanica (ISB) nel 2015 ed è attualmente nella fase finale di realizzazione. Innovativamente rispetto a quanto presente già in letteratura, questo lavoro si focalizza sulla realizzazione di un modello specifico del paziente che tiene conto non solo della cinematica e cinetica di movimento, ma anche delle forze muscolari.

Infine, è stato sviluppato un metodo per la definizione di un modello FE parametrico del piede. Infatti, nonostante i recenti sviluppi, i modelli specifici del paziente non sono ancora applicati con successo in un ambiente clinico. Una delle ragioni è il tempo necessario per ottenere le geometrie dalla risonanza, processo che è difficile da automatizzare. Lo sviluppo di modelli parametrici mediante l'applicazione della Principal Component Analysis (PCA) può rappresentare una soluzione interessante. In questo studio la PCA è stata applicata ai piedi di una piccola coorte di soggetti diabetici e sani. Lo scopo era la valutazione della possibilità di sviluppare modelli parametrici del piede e l'identificazione di variazioni e similitudini tra le due popolazioni.

Questo lavoro, svolto in collaborazione con l'Università di Sheffield, è stato presentato al congresso internazionale di biomeccanica (ISB) nel 2015 e ne è derivato un articolo sottomesso ad agosto alla rivista Medical Engineering & Physics. Esso rappresenta una novità nel settore poiché la PCA non è mai stata applicata prima alle ossa del piede.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore:

Titolo: Combining musculoskeletal modeling and FEM in diabetic foot prevention

Supervisore: Ch.mo Prof. Claudio Cobelli

Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale

- Guiotto A., Scarton A., Sawacha Z., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C. Gait analysis driven 2D finite element model of the neuropathic hindfoot. Journal of Mechanics in Medicine and Biology. p.1650012, Mar. 2015.
- Guiotto A., Sawacha Z., Scarton A., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C. Finite element modeling and cluster analysis: a combined approach for identification of diabetic foot patients at risk of plantar ulcers. Proceedings of ICMMB2014. Bologna: p. 460. ISBN 978-88-901675-1-5. DOI 10.6092/unibo/amsacta/4085.

Elenco pubblicazioni sottomesse su rivista internazionale

- Scarton A., Sawacha Z., Cobelli C., Li Xi. Towards the generation of a parametric foot model using principal component analysis: a pilot study.

Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

- Guiotto A., Scarton A., Camporese V., Cobelli C., Sawacha Z. Subjects-specific modelling of the foot integrating finite element modelling, gait analysis and Opensim: proof of concept in diabetic neuropathic subjects. ISB 2015, Glasgow 12 – 16 July.
- Scarton A., Sawacha Z., Cobelli C., Li X. Towards the generation of a parametric foot model using principal component analysis. ISB 2015, Glasgow 12 – 16 July.
- Sawacha Z., Scarton A., Guiotto A., Spolaor F., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C., Jonkers I. Lower limb muscle strength differences in subjects with diabetic neuropathy compared to controls: a pilot study. ESMAC 2014, Rome 29 September - 4 October 2014.
- Scarton A., Aerts W., Guiotto A., Sawacha Z., Jonkers I., Vander Sloten J., Cobelli C. Gait analysis driven finite element simulations: towards the use of OpenSim output as boundary condition. ESMAC 2014, Rome 29 September - 4 October 2014.
- Aerts W., Scarton A., Guiotto A., Sawacha Z., Cobelli C., Vander Sloten J., Jonkers I. Comparison of Plantar Pressure Profiles during Gait using Finite Element and Discrete Element Methods. WCB 2014, July 6-11, 2014, Boston, USA.
- Scarton A., Guiotto A., Sawacha Z., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C. Gait analysis driven 2d finite element model of the neuropathic hindfoot. ISB, Natal, Brasil, 4-9 Ago 2013.
- Guiotto A., Sawacha Z., Scarton A., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C. 3d finite element model of the diabetic neuropathic foot: a gait analysis driven approach. ISB, Natal, Brasil, 4-9 Ago 2013.

- Sawacha Z., Guiotto A., Boso D., Sciumè G., Guarneri G., Scarton A., Avogaro A., Schrefler B., Cobelli C. Development of a foot multiscale model for diabetic foot prevention. ISB, Natal, Brasil, 4-9 Ago 2013.
- Scarton A., Guiotto A., Sawacha Z., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C. Biomechanical analysis of the neuropathic hindfoot by means of a gait analysis driven 2d finite element model. ESB, Patras, Greece, 25-28 Ago 2013.
- Guiotto A., Sawacha Z., Scarton A., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C. Gait analysis driven 3d finite element model of the diabetic neuropathic foot. ESB, Patras, Greece, 25-28 Ago 2013.
- Sawacha Z., Guiotto A., Boso D., Sciumè G., Guarneri G., Scarton A., Avogaro A., Schrefler B., Cobelli C. A Diabetic Foot Multiscale Model For Plantar Ulcer Prevention. ESB, Patras, Greece, 25-28 Ago 2013.
- Annamaria Guiotto, MEng; Zimi Sawacha, PhD; Alessandra Scarton; Gabriella Guarneri, MD; Angelo Avogaro, MD, PhD; Claudio Cobelli, PhD, 2D Hindfoot Model for Plantar Pressure Prediction, Proceedings of the DTM 2012.
- Zimi Sawacha, PhD; Annamaria Guiotto, MEng; Angelo Avogaro, MD, PhD; Daniela Boso, PhD; Bernard Schrefler, PhD; Alessandra Scarton, Claudio Cobelli, PhD, Foot Biomechanics Model for Diabetic Ulcer Prevention, Proceedings of the DTM 2012.

Elenco pubblicazioni su convegno nazionale

- Scarton A., Guiotto A., Camporese V., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C., Sawacha Z. Towards the generation of a subject-specific model of the foot integrating experimental and modelling techniques. SIAMOC 2015, Padova 30th September - 3rd October.
- Scarton A., Adans-Dester C., Paganoni S., Vega V., O'Brien A.T., Severini G., Sawacha Z., Bonato P. Evaluation of robot-assisted gait training in subjects with primary lateral sclerosis: a case series. SIAMOC 2015, Padova 30th September - 3rd October.
- Adans-Dester C., Scarton A., Daneault JF, Vega V., Severini G., Sawacha Z., Della Croce U., Bonato P. Evaluation of a robotic knee brace during the performance of functional tasks in stroke survivors. SIAMOC 2015, Padova 30th September - 3rd October.
- Scarton A., Guiotto A., Sawacha Z., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C. 2-Dimensional foot FE models for clinical application in gait analysis. GNB 2014, June 25th-27th 2014, Pavia, Italy.
- Spolaor F., Sawacha Z., Negretto M., Scarton A., Guarneri G., Avogaro A., Cobelli C. Moderate physical activity could improve walking strategy of diabetic patients? A pilot study. SIAMOC, Pisa, Italy 26-28 Sep 2013.

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **SCARTON Alessandra** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **SERTSU Mewael Giday** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione, Programma Erasmus Mundus EXTATIC.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **SERTSU Mewael Giday** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

First and last name: Mewael Giday Sertsu

Ciclo: XXVIII (externally funded from the EXTATIC Erasmus mundus program)

Indirizzo: Department of Information engineering (DEI), Padova University
Experimental physics of EUV Optics (RWTH-EUV), RWTH Aachen University

Supervisors: Prof. Piergiorgio Nicolosi (DEI, Padova University)
Prof. dr. ing. Larissa Jushkin (RWTH, Aachen University)

PhD topic: Development and metrology of Extreme Ultraviolet and soft X-ray multilayer mirrors

I. Courses, trainings and summer school activities:

Courses:

- “EUV and X-ray fundamental module”, Dr. Paul van Kampen (University Dublin City, UCD)
- “EUV Optics”, Prof. Piergiorgio Nicolosi, Prof. Giampiero Naletto and Dr. Fabio Frassetto
- “Applied linear algebra”, Prof. Giorgio Picci
- “Applied statistical methods”, Prof. Lorenzo Finesso (Padova)
- “EUV metrology”, Prof. dr. ing. Larissa Jushkin (RWTH Aachen University)

Transferable skills trainings:

- LEADER (Learning Environments for the Advancement of Doctoral Excellence in European Research), April 13 -19,2014 Padova
- EXTATIC transferable module on “scientific conferences summary “ and “EU standard grant proposal writing skills”

Summer schools:

- EXTATIC summer school, Sept 15 -21, 2012, DCU (Ireland)
- EXTATIC summer school, Oct 01 -04, 2013, Aachen (Germany)

II. Established collaborations and student financial grants:

Collaborations

- Experimental collaboration with the Physics department (Padova) on X-ray facilities such as XRR and XRD measurements
- International collaboration with Prof. Wang of Tonji University in China on multilayer (ML) deposition facilities
- Collaboration with the STSM (short time scientific mission) of the European COST action

Financial Student Awards:

- ELETTRA beam time award (worth of 52,704 euro) from Nov 03 - 08 /2014

- Financial award for “winning abstract” presented during the MP2013 COST Action general assembly in Dubrovnik, Croatia, Sept 29 –Oct 03, 2014
- Financial student award for “Winning abstract” presented at the EUVL symposium, Washington DC, USA, Oct 27 -29, 2014

III. Conference and seminar participation:

Conferences and summer schools:

- i. SPIE Optics + Photonics 2013, “Exploring EUV near absorption edge optical constants for enhanced and sensitive grazing incidence reflectivity”, August 25-29, 2013, San Diego, USA – **Oral presentation**
- ii. GISAXS2013, “Grazing incidence small angle X-ray scattering international conference”, Oct 07 -09 /2013, DESY (Hamburg) – **Poster presentation**
- iii. Cost Action MP2013, “General assembly on advanced X-ray spatial and temporal metrology “, Oct 29 -03 /2014, Dubrovnik – **Oral presentation**
- iv. SEMATEch, “Extreme ultraviolet lithography (EUVL) international symposium”, Oct 27 -29/ 2014, Washington DC – **Poster presentation**
- v. SPIE Optics + Photonics 2015, “Optical and structural characterization of CeO₂/B₄C multilayers near the Boron absorption edge “, April 13-16, 2015, Prague – **Oral presentation**
- vi. SPIE Optics + Photonics 2015, “Irradiation of low energy ions damage analysis on multilayers “, April 13-16, 2015, Prague – **Poster presentation**
- vii. EXTATIC **summer school**, Sept 15 -21, 2012, DCU (Ireland)
- viii. EXTATIC **summer school**, Oct 01 -04, 2013, Aachen (Germany)
- ix. 5th METIS (Multi-element Telescope for Imaging and Spectroscopy) Science Meeting, Sept 5, 2015, Florence (Italy) – *oral presentation*

IV. Scientific activities:

Summary of PhD research:

EUV and soft X-ray multilayer design and development for applications in solar imaging, soft x-ray imaging and EUV lithography at 13.5 and 6.x nm wavelengths. Major duties include innovative metrology techniques to accurately quantify parameters of MLs with special interest on derivation of optical and interface properties. Some of the metrology techniques we use are Grazing Incidence angle EUV reflectivity near resonance edge techniques, tabletop EUV scattering based on 13.5 nm LPP sources, X-ray photoelectron spectroscopy, and electron transmission imaging techniques (SEM and TEM). We use both tabletop and Synchrotron facilities to do measurements of multilayers.

List of activities:

1. Theoretical activities of the research:

- ❖ EUV and soft X-ray spectrum
- ❖ Optical responses and soft X-rays and Origin of resonance in EUV and soft X-rays
- ❖ Introduction and working principles of multilayer mirrors

- ❖ Design and optimization of multilayer mirrors
- 2. **First experiments:** ML measurements of grazing incidence reflectivity at EUV resonances
 - ❖ Optical constant, thickness and interface profiles of Mo/Si MLs near Si edge
 - ❖ Damage analysis of Mo/Si MLs by low energy He ions near Si edge
- 3. **Second experiment:** Deposition and analysis of new MLs for 6.x nm EUV sources
- 4. **Third experiment:** Tabletop scattering experiment @13.5 nm EUV source

Publications:

1. **S. Mewael Giday**, Paola Zuppella; M. G. Pelizzo; Piergiorgio Nicolosi "Exploring EUV near absorption edge optical constants for enhanced and sensitive grazing incidence reflectivity", Proc. SPIE 8861, Optics for EUV, X-Ray, and Gamma-Ray Astronomy VI, 886111 (26 September 2013)
2. **M. G. Sertsu** ; A. Giglia ; S. Brose ; A. Comisso ; Z. S. Wang ; L. Juschkin and P. Nicolosi, " Optical and structural characterization of CeO₂/B₄C multilayers near the Boron absorption edge ", Proc. SPIE 9510, EUV and X-ray Optics: Synergy between Laboratory and Space IV, 95100T (May 12, 2015)
3. **M. G. Sertsu**, A. Giglia ; L. Juschkin and P. Nicolosi, " Irradiation of low energy ions damage analysis on multilayers ", Proc. SPIE 9511, Damage to VUV, EUV, and X-ray Optics V, 95110P (May 12, 2015)
4. **M. G. Sertsu**, M. Nardello, A. Giglia, A. J. Corso, C. Maurizio, L. Juschkin, and P. Nicolosi, " Analysis of buried interfaces in multilayer mirrors using grazing incidence EUV reflectometry near resonance edges," Appl. Opt. 54(35), 10351-10358 (2015)
5. M. Nardello; V. Polito; P. Zuppella; Alain J. Corso; S. Zuccon; **Mewael G. Sertsu**; P. Nicolosi; S. Fineschi; G. Naletto; E. Antonucci; Maria G. Pelizzo "Solar alpha particles damage effects on UV and EUV optical coatings", Proc. SPIE 8862, Solar Physics and Space Weather Instrumentation V, 886207 (26 September 2013)
6. A. Comisso ; A. Giglia ; M. Nardello ; E. Tessarolo ; L. Calvillo ; **M. G. Sertsu** ; G. Granozzi ; F. Gerlin ; L. Brigo and P. Nicolosi " Characterization of TiO₂ thin films in the EUV and soft X-ray region ", Proc. SPIE 9510, EUV and X-ray Optics: Synergy between Laboratory and Space IV, 95100Z (May 12, 2015)

Manuscript on preparation (~90% completed):

1. Optical and structural analysis of newly deposited B4C/CeO₂ multilayers for 6.x nm EUV lithography

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **SERTSU Mewael Giday** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **SPINELLO Fabio** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **SPINELLO Fabio** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Supervisore: prof. Luca Palmieri

Parte 1 - Didattica

Corsi seguiti

- o Applied Linear Algebra (16h)
- o EM waves in anisotropic media (20h)
- o Introduction to quantum optics: quantum information and communication (28h)
- o Statistical Methods (24h)

Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- o Daniele Piazza, *Selection schemes for adaptive antennas in WLAN devices*, Adant Inc., Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Padova, 14 gennaio 2014
- o *XIV Machine 2 Machine (M2M) forum*. Milano, 28-29 Aprile 2015
- o *Presentazione risultati finali progetto VORTEX* (Piano Nazionale Ricerca Militare). Centro polifunzionale di sperimentazione dell'Esercito Italiano, Montelibretti, 25 Giugno 2015

Partecipazione a Conferenze Nazionali

- o *XX Riunione Nazionale di Elettromagnetismo (RiNEm)*, Padova 15 – 18 Settembre 2014

Partecipazione a Conferenze Internazionali

- o ICOAM 2013 – *International Conference on Orbital Angular Momentum*, Glasgow, UK, 3-5 Giugno 2013

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

Permanenza all'estero

Stage

Parte 2 Ricerca

L'attività di ricerca svolta nel presente dottorato ha avuto come tematica principale lo studio di onde radio aventi momento angolare orbitale (OAM) diverso da zero e la loro applicazione a sistemi di telecomunicazione. Tali onde, infatti, per la loro struttura, costituiscono una base ortogonale completa e rappresentano un'interessante risorsa per implementare sistemi di multiplazione (multiplexing). Grazie all'ortogonalità, infatti, i diversi canali di comunicazione possono essere distinti direttamente a livello fisico, senza l'utilizzo di post processing digitale. Lo sfruttamento di questa proprietà, tuttavia, può avvenire soltanto soddisfacendo particolari vincoli; nel dettaglio, è necessario ricevere l'intero fronte d'onda dei campi elettromagnetici.

In questo contesto, l'attività di ricerca si è occupata di studiare come le onde con OAM possano essere impiegate per implementare sistemi di multiplazione sia su lunga che su breve distanza, operando anche un confronto con le attuali tecniche MIMO. Gli studi sono iniziati esaminando la letteratura esistente sull'argomento, per completare la raccolta di informazioni già avviata durante la tesi magistrale. Successivamente si è effettuata una ricerca ed un'analisi dei pacchetti software di simulazione elettromagnetica, (FEM, MoM, etc), adatti a simulare onde con OAM. Tali campi elettromagnetici infatti richiedono di essere considerati in tutte le loro componenti che, non sempre, sono calcolate dai software senza introdurre approssimazioni. Avendo quindi individuato gli strumenti ed i metodi più opportuni per trattare questi campi elettromagnetici, si è iniziato lo studio di particolari antenne paraboliche, dette anche "conformate", in grado di trasmettere e ricevere onde radio con OAM interi. Tali antenne sono state esaminate, per la prima volta, sia da un punto di vista teorico che sperimentale, allo scopo di comprenderne appieno il funzionamento e di verificare in un ambiente reale, seppure a distanze brevi, l'effettiva ortogonalità fra diversi modi OAM. Terminato lo studio di queste antenne, si è concentrata l'attenzione sui sistemi su lunga distanza basati su multiplazione di OAM. In particolare, utilizzando le parabole conformate, si è costruito un link sperimentale composto da tre canali aventi la stessa frequenza e polarizzazione ma trasmessi e ricevuti su tre stati OAM differenti. Mediante questo studio è stato possibile sperimentare varie difficoltà nell'utilizzo dell'ortogonalità dei modi OAM su lunghe distanze. Più nel dettaglio, si è riscontrata la necessità di usare antenne molto più grandi di quelle usate comunemente per ricevere i campi nella loro interezza e poter così beneficiare dell'isolamento naturale fra i diversi canali. La diffrazione infatti fa sì che i campi elettromagnetici ricevuti siano estesi su aree notevoli. Per risolvere questo problema si sono studiate un paio di possibili soluzioni. Nella prima si è esaminata teoricamente la propagazione dei singoli fasci OAM e di loro opportune sovrapposizioni, con particolare attenzione agli effetti dovuti alla diffrazione. In particolare, si sono considerate particolari sovrapposizioni di onde elettromagnetiche con valori di OAM consecutivi ed aventi lo stesso segno. Si è infatti osservato che tali sovrapposizioni sono caratterizzate da un campo elettromagnetico avente un ingombro minore, pur mantenendo una quantità di OAM diversa da zero. Tali sovrapposizioni sono state modellizzate analiticamente mediante i fasci di Laguerre-Gauss e sviluppando un modello che consente, dopo aver definito la natura della sovrapposizione, di predire la distribuzione finale del campo elettromagnetico. Nella seconda soluzione, invece, si sono esaminati i

fasci con OAM detti “di ordine superiore”, caratterizzati da una distribuzione di intensità ad anelli concentrici, che appare maggiormente “compatta” rispetto ai fasci tradizionali (modi OAM singoli). Dopo un primo studio teorico, si è spostata l’attenzione sulla loro generazione. A tal scopo si è messo a punto un nuovo metodo basato sull’utilizzo combinato di antenne conformate e di opportune maschere dielettriche allo scopo di riprodurre, il più fedelmente possibile, il profilo di questi fasci. Alcuni esemplari di maschere sono stati costruiti su substrati di polietilene e, sfruttando le antenne conformate precedentemente esaminate, si è provveduto a generare alcuni modi di ordine superiore. L’analisi dei risultati sperimentali ha quindi permesso di comprendere appieno il processo di generazione, individuando i principali parametri che lo regolano. L’attività di ricerca è quindi proseguita esaminando la possibilità di sfruttare l’ortogonalità dei modi OAM mediante una ricezione parziale del loro fronte d’onda. Questo studio, condotto utilizzando i modelli matematici relativi alla propagazione di onde con OAM ed il formalismo dei sistemi MIMO, è stato determinante per comparare le prestazioni dei sistemi multiplexing basati su tecniche OAM o su tecniche MIMO. Il confronto è stato condotto nel caso più generale possibile, in modo del tutto indipendente sia dal tipo di antenne che dal tipo di fasci OAM utilizzati. Per questi motivi, risulta essere, ad oggi, uno dei confronti più generali fra queste due tipi di configurazioni multiplexing. Estende e completa inoltre altri lavori più settoriali, effettuati considerando solo particolari configurazioni d’antenna, (si veda ad esempio lo studio di Edford et al. sugli array circolari). Grazie a questo studio è stato anche possibile valutare le due soluzioni precedentemente esaminate, (concentrazione del campo e modi superiori), per sfruttare al meglio l’ortogonalità su grandi distanze. I risultati finali hanno portato alla conclusione che, sulla base delle attuali tecnologie di trasmissione e ricezione, i sistemi multiplexing basati su tecniche OAM e MIMO sono equivalenti. Lo studio dei sistemi a lunga distanza è stato infine concluso esaminando le sovrapposizioni di onde elettromagnetiche con valori opposti di OAM. Tali soluzioni infatti, essendo caratterizzate da una distribuzione semplice e regolare dei campi, sono interessanti per semplificare la struttura di sistemi di comunicazione basati su moltiplicazione di OAM.

Avendo quindi completato lo studio programmato sui sistemi a lunga distanza ed il confronto fra l’utilizzo di tecniche OAM e MIMO, l’attività di ricerca è proseguita esaminando i sistemi a breve distanza basati su moltiplicazione di OAM. In particolare, fra tutte le possibili configurazioni, lo studio si è focalizzato su configurazioni composte da array circolari. Anzitutto è stato messo a punto un modello matematico, sempre basato sul formalismo dei sistemi MIMO, per la descrizione del loro funzionamento. Il modello è stato poi utilizzato per creare un tool numerico di simulazione. Grazie a questo si sono quindi valutate le prestazioni dei sistemi in esame con particolare attenzione alla dipendenza della capacità di trasmissione totale rispetto all’allineamento delle antenne, alla loro tolleranza di posizionamento, ai modi OAM utilizzati, ecc. Per validare lo studio teorico effettuato si è quindi costruito un link sperimentale composto da due array circolari di patch antenna operanti alla frequenza di 5.75GHz. Il prototipo, dopo una validazione positiva, è stato anche utilizzato per sperimentare, in ambiente reale, una comunicazione composta da più canali associati a diversi stati OAM sulla stessa frequenza. Questo studio ha anche portato a considerare la moltiplicazione OAM come una tecnica interessante allo scopo di aumentare la sicurezza della comunicazione. Da simulazioni numeriche, infatti, è risultato che l’associazione di diversi canali ai modi OAM riduce lo spazio dove la comunicazione può essere intercettata. Ad oggi, questa intuizione è stata esaminata prevalentemente a livello teorico, utilizzando tuttavia dei modelli matematici validati sperimentalmente.

I risultati ottenuti nel corso della ricerca sono stati raccolti in varie pubblicazioni su riviste internazionali e sugli atti di diverse conferenze, riportate nel seguito della presente relazione. Inoltre, le attività sperimentali sono state svolte, in parte, con la collaborazione di SIAE Microelettronica, azienda Milanese di telecomunicazioni specializzata nella costruzione di ponti radio su lunga distanza. SIAE ha

messo a disposizione conoscenze, materiali e laboratori per la costruzione dei vari prototipi (parabole conformate, array di patch, ecc) e per l'esecuzione di alcuni test (misurazione di parametri d'antenna, comunicazione su link a tre canali, ecc).

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

Il titolo definitivo della tesi è "Radio Communications using Orbital Angular Momentum".
Il supervisore è il prof. Luca Palmieri.

Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale

- o Thidé, B., Tamburini, F., Then, H., Someda, C. G., Mari, E., Parisi, G., Spinello, F. & Romanato, F. (2014). *Angular momentum radio*. In SPIE OPTO (pp. 89990B-89990B). International Society for Optics and Photonics.
- o Parisi, G., Mari, E., Spinello, F., Romanato, F. & Tamburini, F. (2014). *Manipulating intensity and phase distribution of composite Laguerre-Gaussian beams*. Optics express, 22(14), 17135-17146.
- o Mari, E., Spinello, F., Oldoni, M., Ravanelli, R., Romanato, F. & Parisi, G. (2015) *Near field experimental verification of separation of OAM channels*. Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE, 14, 556-558
- o Tamburini, F., Mari, E., Parisi, G., Spinello, F., Oldoni, M., Ravanelli, R. A., Coassini, P., Someda, C. S., Thidé, B. & Romanato, F. (2015). *Tripling the capacity of a point-to-point radio link by using electromagnetic vortices*. Radio Science, 50 (6), 501-508. DOI: 10.1002/2015RS005662
- o Oldoni, M., Spinello, F., Mari, E., Parisi, G., Someda, C., Tamburini, F., Romanato, F., Ravanelli, R. A., Coassini, P. & Thide, B. (2015) *Space-Division Demultiplexing in Orbital-Angular-Momentum Based MIMO Radio Systems*. IEEE Transactionf on Antennas and Propagation. DOI: 10.1109/TAP.2015.2456953
- o Spinello, F., Parisi, G., Tamburini, F., Massaro, G., Someda, C. G., Oldoni, M., Ravanelli, R. A., Romanato, F. & Mari, E. (2015) *High-order vortex beams generation in the radio-frequency domain*. Accettato su: IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters

Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

- o Spinello, F., Parisi, G., Tamburini, F., Romanato, F. & Mari, E. (2015) *A novel approach to the generation of high order vortex beams in the radio frequency domain*. Third International Conference on optical Angular Momentum, 4-7 August 2015, New York, USA.

- o Parisi, G., Mari, E., Spinello, F., Tamburini, F. & Romanato, F. (2015) *Manipulating intensity and phase distribution of composite Laguerre-Gaussian beams*. Third International Conference on optical Angular Momentum, 4-7 August 2015, New York, USA.
- o Mari, E., Parisi, G., Spinello, F., Tamburini, F., Romanato, F. & Oldoni, M. (2015) *Secure short-range radio communications based on OAM*. Third International Conference on optical Angular Momentum, 4-7 August 2015, New York, USA.

Elenco pubblicazioni su rivista nazionale

Elenco pubblicazioni su convegno nazionale

- o Spinello, F., Mari, E., Parisi, G., Tamburini, F., Romanato, F. & Somenda, C. G. (2014) *Experimental Generation and measurement of Orbital Angular Momentum (OAM) radio waves*, Riunione Nazionale di Elettromagnetismo (RiNEm) 2014, Padova 15 – 18 Settembre 2014

Brevetti

- o Domanda di brevetto PCT WO/2014/170869 – “*Method for generating microwave or RF electromagnetic wave beams with non-zero orbital angular momentum and with intensity distribution concentrated in a limited angular region*”.
- o Domanda di brevetto italiana MI2015A 401 “*Metodo di radiocomunicazione sicura a corto raggio*”
- o Domanda di brevetto italiana MI2015A 404 “*Dispositivo e sistema di radiocomunicazione sicura a corto raggio*”

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **SPINELLO Fabio** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **TAGLIAVINI Alessia** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Bioingegneria.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **TAGLIAVINI Alessia** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Bioingegneria

Il candidato dichiara quanto segue:

Supervisore: **Morten Gram Pedersen**

Parte 1 Didattica

- Corsi seguiti

CORSO	DOCENTE	ORE
Tissue Engineering: Principles and Applications	A. Bagno	12
Brownian Motion and Noise in Physical Devices	M. Pavon	20
Statistical Methods	L. Finesso	24
Fluid Mechanics for the Functional Assessment of Cardiovascular Devices	F. Susin	12
Mathematical Modeling of Cell Biology	M. G. Pedersen	20

- Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

- *CSNII School on Neurotechniques 2014 The toolbox for investigating the function of neural circuits*, 10 – 14 Marzo 2015, Università di Padova, Italia

- Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- *Mental maps from tactile virtual objects*. Dott. Luca Brayda, Aula Magna A. Lepschy, 15/05/2013.

- *Robotica Riabilitativa*. Dott. Davide Piovesan, presso Aula Magna "A. Lepschy" 16/05/2013

- *Brain Computer Interface (BCI)*. G.Tec presso Aula Magna "A. Lepschy" 03/10/2013

- *Brain-Machine Hybrid System: Investigation of Algorithms in a Silkworm Moth* prof. Daisuke Kurabayashi presso Aula Magna "A. Lepschy" 18/02/2013

- *Brain-Computer Interface and Motor Learning in Stroke Rehabilitation*, prof. Junichi Ushiba, Aula Magna A. Lepschy, 16/05/2014.

- *How can we design robust synthetic biological feedback control circuits?*, Ing. Francesco Montefusco, sala riunioni 201, 08/04/2014.

- *Impiego della Taylor-Fourier Transform per la rimozione di artefatti in segnali EE*, ing. Guglielmo Frigo, sala riunioni DEI G, 04/06/2014.

- *Biological Network Analysis*, Simona E. Rombo, sala riunioni DEI/G, 11/03/2014.
- *Robotica Riabilitativa*, Dr. Davide Piovesan, Aula Magna A. Lepschy, 16/05/2014.
- *Network dynamics and functional connectivity in cortical assemblies coupled to Micro-Electrode Arrays*, Paolo Massobrio, Daniele Poli, Sergio Martinoia, Dipartimento di scienze biomediche, Padova 16/01/2015.
- *Encoding speech through cortical oscillations*, Dr. Lorenzo Fontolan, Dipartimento di scienze biomediche, Padova 09/09/2015.
- *Making better drugs*, Prof. Phillip Frost, Biblioteca ex DIPIC, Padova, 13/05/2015.
- *Learning with Computational Regularization*, Prof. Lorenzo Rosasco, Aula Magna DEI, Padova, 27/03/2015.
- *Mechanical Design and Evaluation of Muscular-Elastic Actuation in Humanoid Robot System*, Ing. Fuben He, Sala Riunioni DEI/G, Padova, 04/02/2015
- *Algorithmic Methods to Infer the Evolutionary Trajectories in Cancer Progression*, Dott. Giulio Caravagna, , Sala Riunioni DEI/G, Padova, 02/11/2015.

• Partecipazione a Conferenze Internazionali

- *"Detection of Glucose-Sensor and Insulin-Pumps Failures: from Night Only to Night & Day"*, Tagliavini A., Monaro M., Del Favero S., Facchinetti A., Sparacino G., Cobelli C.
7th International Conference ATTD, Vienna, Austria, 5-8 February 2014.
- *"Reactive Oxygen Species Disturb Ca²⁺ Oscillations in Min6 Cells: Experiments and Mathematical Modelling"*, Tagliavini A. , Antonucci S., Mammano F., Pedersen G.M. ISG Meeting, Lausanne, Switzerland, 12-14 September 2014.

• Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

Primo anno:

CORSO	DOCENTE	ORE
Strumentazione biomedica	A. Ruggeri	4
Sistemi e Modelli	C. Cobelli, G. Toffolo, G. Pillonetto, M. Bisiacco	10
Modelli e Controllo di Sistemi Biologici	C. Cobelli	24

Segnali e Sistemi	N. Benvenuto	40
-------------------	--------------	----

Secondo anno:

CORSO	DOCENTE	ORE
Modelli e Controllo di Sistemi Biologici	C. Cobelli	30
Segnali e Sistemi	N. Benvenuto	30

- Permanenza all'estero

2 Ottobre-30 Dicembre 2014.

Single calcium channel activity, calcium diffusion and exocytosis model in pituitary cells,
Department of Mathematic, Florida State University, Tallahassee, Florida. Supervisore: Dr.
Richard Bertram.

Parte 2 Ricerca

o Implementazione del filtro di Kalman per lo specifico scopo di "failures detection" del segnale CGM :

Il filtro di Kalman è stato implementato in due fasi. La prima fase consiste nel predire ad un passo la possibile misura del CGM, dato il modello e le misure precedenti. La seconda è quello di aggiornare la predizione fatta con la misura del passo successivo. Nella specifica applicazione per la "failures detection", dopo la predizione è stato implementato un algoritmo di confronto tra misura predetta e misura vera che riconosce se la misura è un failure o meno. In particolare, dopo aver calcolato un intervallo di confidenza della predizione, se la misura cade fuori viene considerata una failure, e quindi scartata e sostituita con la predizione. Sono stati simulati 2 giorni (3 pasti) per 100 soggetti con UVA/Padova Type-1 Diabetes Simulator [US2008/067725]. Un giorno di simulazione è stato usato per identificare il modello personalizzato per ogni soggetto (training set) e l'altro giorno è stato usato per testare il metodo di "failures detection", creando per ogni soggetto spikes di diverse ampiezze, compression artefacts, e failures della pompa insulinica. Per diverse ampiezze dei faults e diversi intervalli di confidenza dell'algoritmo di decisione, è stata analizzata la specificità e sensibilità, caratterizzando le performances del metodo. I risultati sui dati simulati hanno evidenziato una performance ottima anche in presenza di failures di ampiezza limitata. Il metodo di "failures detection" è stato applicato a 40 soggetti reali. Ogni soggetto è stato monitorato con misure continue di glucosio sottocutaneo per tre giorni. Per due giorni l'insulina è stata somministrata attraverso un algoritmo di closed-loop, mentre l'ultimo giorno è stata somministrata in open-loop. Il CGM in closed-loop che presenta meno failures è stato usato per l'identificazione del modello soggetto-specifico, mentre i rimanenti due profili sono stati usati per l'applicazione dell'algoritmo di fault detection (testing set). Inoltre, successivamente l'identificazione è stata fatta su un training set più lungo unendo i due profili di closed loop, ottenendo in questo modo un miglioramento del modello soggetto-specifico.

Il metodo in quasi tutti i soggetti reali è in grado di rilevare le ricalibrature del segnale CGM. Le performances migliori sono state riscontrate nel periodo overnight, mentre in presenza di dinamiche dovute a pasti e boli di insulina l'algoritmo di decisione come pure il modello soggetto-specifico devono essere

migliorati.

- o *Studio dell'effetto delle specie ossidative reattive sull'oscillazione di calcio nelle linea cellulare MIN6 beta-cellule.*

L'attività elettrica delle beta cellule pancreatiche determina la secrezione d'insulina, in particolare l'oscillazione dell'attività elettrica della conseguente concentrazione di Ca^{2+} citosolico induce l'esocitosi periodica d'insulina. Disturbi in questo rilascio pulsatile d'insulina suggeriscono un primo segno di diabete. Per questo motivo, è di interesse clinico uno studio più approfondito sui disturbi di queste oscillazioni.

Durante l'attività della catena di trasporto di elettroni nei mitocondri sono prodotte delle sostanze ossidative reagenti (ROS) che provocano dei disturbi nella secrezione d'insulina. D'altra parte, altri studi hanno evidenziato invece un effetto positivo da parte di queste sostanze a breve termine sul rilascio d'insulina. Questi dati suggeriscono che le ROS possono avere un duplice effetto: sia stimolare la secrezione e sia indurre uno stress ossidativo e danneggiare la cellula. In letteratura si è visto che queste sostanze alterano vari elementi cellulari coinvolti nella secrezione d'insulina. Per esempio, diversi studi affermano che le ROS attivano i canali di calcio voltaggio dipendenti e i canali di rilascio di calcio nel reticolo endoplasmatico, come i recettori di inositol triphosphate IP_3 (IP_3R) e i ryanodine receptors (RyRs), mentre le pompe di calcio ATPase-dipendenti sarco/endoplasmatiche (SERCAs e PMCAs) vengono inibite dalle ROS.

Lo scopo di questo progetto è di utilizzare un modello matematico per spiegare l'effetto delle ROS sulle oscillazioni di calcio e il conseguente duplice effetto. La limitata conoscenza dell'elettrofisiologia delle cellule MIN6 rende impossibile la costruzione di un modello matematico basato sui dati, per cui è stato adattato a queste cellule un modello introdotto da Bertram e Sherman 2004 delle beta-cellule. Questo modello riproduce diversi pattern nelle beta-cellule di topo. Diversi esperimenti sono stati condotti per investigare l'effetto delle sostanze ROS e i risultati dei dati sperimentali ottenuti sono stati analizzati ed ulteriormente supportati dalle simulazioni del modello matematico. Il modello matematico ha permesso di ipotizzare che grandi quantità di ROS agiscono principalmente sulla pompa di calcio ATPase-dipendente della membrana (PMCAs) andando a bloccare completamente le oscillazioni di calcio, mentre bassi livelli di ROS agiscono sul reticolo endoplasmatico inducendo lo svuotamento di quest'ultimo e aumentando le oscillazioni di calcio citosolico

- o *Modello e simulazione spazio-temporale della diffusione del calcio all'interno della cellula e della dinamica dei granuli per lo studio della secrezione ormonale nelle cellule pituitarie*

Le cellule endocrine della ghiandola pituitaria (come melanotrope, lactotrope, somatotrope, tirotropiche, corticotropiche e gonadotropiche) secernono una serie di ormoni in risposta ad un input dall'ipotalamo. Questi ormoni agiscono sulle ghiandole endocrine, o altri tessuti, incluso il cervello, per regolare gli aspetti fisiologici e comportamentali della crescita, del metabolismo, e della riproduzione. Le cellule endocrine contengono una diversa varietà di canali ionici e sono elettricamente eccitabili. Inoltre, la secrezione ormonale avviene in seguito a un aumento della concentrazione intracellulare di Ca^{2+} che di norma è associata ad un'attività elettrica. In particolare, il comportamento elettrico tipico delle cellule include sia spiking continuo sia una forma di bursting conosciuto come pseudo-plateau bursting, dove la durata del bursting è al più pochi secondi e gli spikes che si formano sul plateau del voltaggio sono molto piccoli. Ogni evento elettrico porta Ca^{2+} all'interno della cellula e quest'ultimo è responsabile dell'esocitosi dei granuli che contengono ormoni. Misure simultanee dell'attività elettrica e della concentrazione di Ca^{2+} hanno stabilito che le fluttuazioni dell'ampiezza del Ca^{2+} è maggiore nelle cellule che fanno bursting rispetto a quelle che

fanno spiking. Purtroppo, testare sperimentalmente questa ipotesi richiederebbe misure simultanee dell'attività elettrica e del rilascio di ormone da una singola cellula, cosa che è difficilmente realizzabile. L'obiettivo di questo lavoro è quello di testare l'ipotesi che pseudo-plateau bursting evoca più secrezione rispetto allo spiking continuo attraverso simulazioni del computer. L'approccio usato consiste nel misurare direttamente l'attività elettrica nel caso di spiking e bursting dalle cellule pituitarie e usare questi dati come input a modelli matematici dell'attività dei canali di calcio, della diffusione e binding con i buffer, e infine dell'esocitosi dipendente dal Ca^{2+} . Dato che la distribuzione spaziale dei canali di calcio all'interno della cellula è ancora del tutto sconosciuto, in questo lavoro è stata considerata la secrezione in risposta sia all'apertura stocastica di un singolo canale che di un cluster di canali, ipotizzando varie distanze del canale dai siti di rilascio. L'obiettivo è quello di capire quanto questi fattori influenzino la diversa secrezione evocata da un'attività elettrica di spiking rispetto a quella di bursting. Quello che è stato trovato è, per qualsiasi configurazione dei canali, l'attività elettrica di bursting è sempre almeno tanto efficace quanto quella di spiking continuo nell'evocare esocitosi, ed è spesso considerabilmente più efficace.

- O *Modello spazio-temporale delle cellule intestinali L-cellule per lo studio del meccanismo di glucose sensing e conseguente secrezione di Glucagon-like peptide-1(GLP1).*

Le cellule enteroendocrine intestinali hanno il compito di secernere ormoni in risposta a sostanze sia nutrienti che non nutrienti. In particolare, le L-cellule situate nell'intestino rilasciano, in risposta all'assunzione di cibo, l'ormone insulino-tropico glucagon-like peptide-1(GLP1). Quest'ultimo, insieme ad altri ormoni, è responsabile del così detto effetto incretina, effetto per cui se il glucosio viene assunto oralmente genera una risposta di insulina maggiore rispetto a quando viene somministrata per via venosa. In più il GLP-1 inibisce anche la secrezione di glucagone, rallenta lo svuotamento gastrico, regola l'appetito e il consumo di cibo. Nei soggetti con avanzato diabete di tipo 2, la secrezione di GLP-1 è attenuata, e una privazione del segnale di incretina viene considerato il motivo principale dell'insufficiente rilascio di insulina e d'altra parte dell'eccessivo rilascio di glucagone. La via di rilevazione di glucosio nelle L-cellule viene associata all'attività del trasportatore di Na^+ accoppiato al glucosio (SGLT1) e all'attività del trasportatore di glucosio GLUT2. Nel primo caso il trasportatore elettrogenico SGLT1 potrebbe indurre direttamente attività elettrica, mentre nel secondo meccanismo il glucosio potrebbe entrare dal trasportatore GLUT2 e una volta metabolizzato indurre l'aumento del livello di ATP e promuovere l'attività elettrica chiudendo i canali $\text{K}(\text{ATP})$, come nel caso delle beta-cellule. L'obiettivo del lavoro è infatti quello di costruire un modello matematico spazio-temporale delle L-cellule, in particolare dell'attività elettrica dei trasportatori di glucosio e di associare meccanismi di glucose-sensing alla secrezione di GLP-1. Il modello costruito ha permesso di simulare l'organizzazione spaziale delle L-cellule in particolare il ruolo del trasportatore SGLT1 nella membrana apicale in contrasto con il trasportatore GLUT2 nella membrana basolaterale dove viene secreto GLP-1 e interpretare i risultati trovati sperimentalmente.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

Mathematical Modeling of Cellular Mechanisms in Endocrine Secretory Cells

Supervisore: Dr. Morten Gram Pedersen

Parte 3 Pubblicazioni

Conference Papers and Conference Abstracts

1. Del Favero S., Monaro M., Facchinetti A. Tagliavini A., Sparacino G., Cobelli C.
"Detection of Glucose-Sensor and Insulin-Pumps Failures in an Artificial Pancreas for Type-1 Diabetes Treatment"
19th IFAC World Congress, Cape Town, South Africa, 24-29 August 2014.
2. Tagliavini A., Monaro M., Del Favero S., Facchinetti A., Sparacino G., Cobelli C.
"Detection of Glucose-Sensor and Insulin-Pumps Failures: from Night Only to Night & Day"
7th International Conference ATTD, Vienna, Austria, 5-8 February 2014.
3. Tagliavini A. , Antonucci S., Mammano F., Pedersen G.M.
"Reactive Oxygen Species Disturb Ca^{2+} Oscillations in Min6 Cells: Experiments and Mathematical Modelling"
ISG Meeting, Lausanne, Switzerland, 12-14 September 2014.
4. Tagliavini A., Tabak J., Bertram R., Pedersen M.G.
"Bursting and spiking effectiveness in evoking pituitary hormone secretion: a spatiotemporal simulation study of calcium diffusion and exocytosis" ,
Accepted Biophysical Society Annual Meeting, February 27- March 2, 2016, Los Angeles, California.

Journal Papers

1. Antonucci S., Tagliavini A., Pedersen M.G.
"Reactive oxygen and nitrogen species disturb Ca^{2+} oscillations in insulin secreting MIN6 beta-cells"
Accepted in Islets, October 2015
2. Tagliavini A., Tabak J., Bertram R., Pedersen M.G.
"Is Bursting More Effective than Spiking in Evoking Pituitary Hormone Secretion? A Spatiotemporal Simulation Study of Calcium and Granule Dynamics"
Submitted in American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism.

Conference Posters

1. Tagliavini A., Dassau E., Doyle J.F. III, Zisser H., Jovanovic L., Seborg D.E.
"Development And Evaluation Of PID Controllers For Glucose Control In People With Type 1 Diabetes Mellitus"
DTM, Bethesda, Maryland, November 8–10, 2012
2. Tagliavini A., Monaro M., Del Favero S., Facchinetti A., Sparacino G., Cobelli C.
"Detection of Glucose-Sensor and Insulin-Pumps Failures: from Night Only to Night & Day"
7th International Conference ATTD, Vienna, Austria, 5-8 February 2014.
3. Tagliavini A. , Antonucci S., Mammano F., Pedersen G.M.
"Reactive Oxygen Species Disturb Ca²⁺ Oscillations in Min6 Cells: Experiments and Mathematical Modelling"
ISG Meeting, Lausanne, Switzerland, 12-14 September 2014

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **TAGLIAVINI Alessia** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **TODESCATO Marco** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **TODESCATO Marco** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Il candidato dichiara quanto segue:

Parte 1 Didattica

Corsi seguiti

Seguiti ai fini del piano di studi

- NonLinear Optimization: Derivative Free Methods (scuola di dottorato di Matematica)
- Applied Linear Algebra
- Statistical Methods
- Applied Functional Analysis

Seguiti all'esterno del piano di studi

- Power Converters in Renewable Energy Systems and Intelligent Microgrids
- Kalman and Adaptive Filtering by Prof. Katie Byl @UCSB

Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

- EECI International Graduate School on Control, Parigi
modulo M1: Randomized Algorithms for Systems and Control: Theory and Applications
- scuola estiva di dottorato in Ingegneria dell'Informazione, Bressanone
- scuola di dottorato SIDRA '13, Bertinoro

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- Saverio Bolognani, **MIT, USA**, *An application of graphical models: identification of power distribution network topology via voltage correlation analysis*
- Kasim Sinan Yildirim, **Ege University, Izmir, Turkey**, *Efficient Time Synchronization in Wireless Sensor Networks by Adaptive Value Tracking*
- Domenica Borra, **Polytechnic of Turin, Italy**, *Localization and Optimization problems for Camera Networks*
- Lara Brinon-Arranz, Gipsa Lab, INRIA, Grenoble, *Cooperative control of multi-agent systems: application to underwater missions*
- Prof. Sanjoy Mitter, **MIT, USA**, *On some connections between Nonlinear Filtering, Information Theory and Statistical Mechanics*

- Anna Chiara Lai, **Università degli Studi di Padova**, *Multi-agent systems modeling opinion dynamics and related problems*
- Jean-Jacques Slotine, **MIT**, *Modular Tools for Nonlinear Estimation and Control*
- Sertac Karaman, **LIDS, MIT**, *On High-performance Motion in Stochastic Environments*
- Maurizio Seracini, **Editech & University of California**, *Conservation science for the cultural heritage: the role of information technology*
- William Zame, **Department of Economics, University of California**, *Cooperative Multi-Agent Learning and Coordination for Cognitive Radio Networks*
- Raphael Jungers, **UCLA**, *Algebraic Techniques for Switching Systems and Applications to Wireless Control Networks Design*
- Florian Dorfler, **UCLA**, *Plug-and-Play Control and Optimization in Microgrids*
- Sonja Glavaski, **UCLA**, *Power Grid of the Future*
- Jianshu Chen, **UCLA**, *On the Learning Behavior of Adaptive Networks (phd defense)*
- Aleksandr Simonian, **UCLA**, *Biosensors as a Tool for Real-time Threat Agents Detection*
- Southern California Non-Linear Control Workshop, UCSB.
- Prof. Sepulchre, **Cambridge UK**, *Do brains compute?*
- Eng. Patnaik, **IBM**, *BITCOIN, an attempt at a separation of money and state*

Partecipazione a Conferenze Nazionali

Partecipazione a Conferenze Internazionali

- IFAC Workshop on Distributed Estimation and Control in Networked Systems (NecSys13)
- European Control Conference (ECC15)
- IFAC Workshop on Distributed Estimation and Control in Networked Systems (NecSys15)
- Conference on Decision and Control (CDC15)

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

Supporto al Laboratorio di Controlli tenuto dal Prof. Schenato nell'A.A. 2014/15.

Permanenza all'estero

- Periodo di ricerca a Tubingen (Germania) presso il *Max Planck Institute of Biological Cybernetics - Dept. Human Perception Cognition and Action – group of Autonomous Robotics and Human Machine Systems*, (Novembre e Dicembre 2013) sotto la supervisione del Prof. Antonio Franchi.
- Periodo di ricerca a Boston (USA) presso il *MIT - LIDS*, (Marzo 2014) sotto la supervisione del Prof. Mardavij Roozbehani.
- Periodo di ricerca a Los Angeles (USA) presso *UCLA – Dept of Electrical Engineering* (Aprile - Giugno 2014) sotto la supervisione del Prof. Florian Dorfler.
- Periodo di ricerca a Santa Barbara (USA) presso *UCSB – Dept of Mechanical Engineering* (Luglio - Dicembre 2014) sotto la supervisione del Prof. Francesco Bullo.

- Periodo di ricerca a Zurigo (Svizzera) presso ETH – Automatic Control Lab. (Ottobre – Novembre 2015) sotto la supervisione del Prof. Florian Dorfler.

Stage

Parte 2 Ricerca

Descrizione dell'attività di ricerca durante il dottorato (max 2 pagine) mettendo particolarmente in evidenza i risultati originali conseguiti.

Durante i 3 anni di dottorato sotto la supervisione del Prof. Carli e il co-advising del Prof. Schenato, mi sono concentrato sullo studio e lo sviluppo di tecniche e algoritmi per l'ottimizzazione ed il controllo di "sistemi a larga scala", ovvero costituiti da molti elementi/agenti tra loro interconnessi. In particolare, il focus della ricerca è stato lo sviluppo di tecniche possibilmente distribuite e, conseguentemente, scalabili ed efficienti da poter essere implementate efficacemente in sistemi in cui le molte entità costituenti sono i) interconnesse tra loro, ii) in grado di scambiare informazioni ed iii) equipaggiate con minime capacità computazionali e di memoria. Tipici esempi sono le *(Wireless) Sensor Networks* e le *Smart Electric Grids (Reti Elettriche Intelligenti)*.

L'attività di ricerca di cui mi sono occupato nei tre anni di dottorato è nata dal mio lavoro di tesi magistrale durante il quale ho avuto il piacere di sviluppare una versione completamente distribuita e scalabile dell'ADMM (Alternate Direction Method of Multipliers), una variante della famiglia dei metodi Lagrangiani aumentati per la risoluzione di problemi di ottimizzazione vincolata, per eseguire la stima dello stato di una rete elettrica di distribuzione a media/bassa tensione.

Lo sviluppo di tale lavoro preliminare ha portato a una pubblicazione su conferenza ([8]) nella quale alla versione distribuita dell'ADMM è stato affiancato uno studio della stima dello stato della rete in presenza di specifiche fonti di errore, quali gli errori di sincronizzazione, nelle quantità misurate dagli agenti costituenti la rete elettrica.

Da questo primo approccio alle tecniche distribuite di ottimizzazione per applicazioni su reti elettriche, lo studio durante i primi due anni di dottorato è stato a più ampio respiro e orientato a generici sistemi "multi-agent large-scale". In particolare sono stati sviluppati quattro algoritmi distribuiti, asincroni e convergenti per la stima dello stato di una generica rete di sensori.

L'algoritmo sviluppato in [5], adatto ad applicazioni di localizzazione, sfrutta un approccio di tipo gradient-based per stimare lo stato di una rete nella quale le misure effettuate dagli agenti del sistema rappresentano distanze relative tra gli stati degli agenti della rete stessa. L'algoritmo sviluppato in [2] sfrutta un approccio di tipo "consensus with memory" per garantire la convergenza anche in presenza di non idealità nella comunicazione tra gli agenti della rete, quali ritardi e perdita di pacchetti. Inoltre, esso rappresenta una delle parti costituenti l'algoritmo sviluppato nel precedente [9]. Quest'ultimo, grazie alla combinazione di due algoritmi, uno veloce nel transitorio ma non convergente e il lento ma convergente algoritmo in [2], garantisce una stima veloce nel transitorio e irrefutabilmente convergente alla soluzione ottima che minimizza il funzionale costo considerato. Infine, nel più recente [4], è stata analizzata una specifica famiglia di funzionali costo, molto comuni in applicazioni concernenti rete di sensori e reti elettriche e caratterizzati da una particolare struttura che accoppia localmente gli stati

descrittivi gli agenti della rete. Nel lavoro si mostra come tali funzionali possano essere minimizzati attraverso un algoritmo di tipo “generalized-gradient” anch’esso distribuito, scalabile, asincrono, convergente e robusto a non idealità nella comunicazione tra gli agenti. Da sottolineare che in [4] si è analizzato il solo caso di funzionali quadratici. Un’estensione al generico caso di funzionali convessi è in corso d’opera. Un ultimo algoritmo per la localizzazione di una formazione di robot-mobili capaci di misurare sia quantità relative sia assolute è stato sviluppato in [3]. Esso sfrutta un approccio “gradient-descent” per implementare un Maximum Likelihood Estimator della posizione dei robot nel piano.

A differenza degli altri lavori, [1] e [6] rappresentano una finestra nell’ambito di applicazione per robot mobili. In questi due lavori sono stati sviluppati due algoritmi di controllo per la stima e la copertura (“coverage control”) di un’area di lavoro di interesse da parte di una squadra di robot. Nello specifico, l’obiettivo è di stimare una certa funzione di interesse a partire da campioni rumorosi raccolti dai robot e contemporaneamente schierare i robot in posizioni che permettano una copertura ottimale, concordemente alla funzione stimata, dell’area di lavoro. Questo tipo di controllo, il quale nasce dal cosiddetto “exploratio-exploitation dilemma”, è molto utile in applicazioni quali, e.g., il monitoraggio, il patrolling ed il rescuing. Si pensi ad esempio alla necessità di monitorare un’ampia area forestale caratterizzata da un’alta probabilità d’incendi. Grazie alla collezione di misure di temperatura, i robot ricostruiscono la mappa della distribuzione della temperatura nell’area monitorata, e sono schierati in modo che le zone con la temperatura più alta, e quindi esposte a un maggior rischio incendi, siano controllate per agire con maggior prontezza in caso di necessità.

Infine in [7] è stato analizzato un problema caratterizzante la sicurezza nelle reti elettriche. Nello specifico, è stato sviluppato un algoritmo per il supporto del profilo dei voltaggi e la minimizzazione dello stress indotto dal carico di potenza, attraverso l’ottimizzazione dell’iniezione/assorbimento della potenza reattiva. Questa permette di aggiustare il profilo delle tensioni ai nodi della rete elettrica col fine di mantenerle all’interno di un certo intervallo predeterminato e, contemporaneamente, “allontanare” la rete da situazioni critiche che possono sfociare in collassi e conseguenti black-out. Particolare attenzione è stata posta al problema dell’allocazione ottima delle risorse disponibili. Conseguentemente, la procedura è stata affinata di modo da risolvere contemporaneamente l’ottimizzazione sia della quantità sia della posizione delle risorse a disposizione. Al momento stiamo studiando una versione distribuita della procedura sintetizzata che, nella sua forma attuale, risulta centralizzata.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

Robust, Asynchronous and Distributed Algorithms for Control and Estimation in Smart Grids.

Advisor: Prof. Carli Ruggero

Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale

- [1]. A. Carron, M. Todescato, R. Carli, L. Schenato, G. Pillonetto. **Multi-Robots Client-Server Gaussian Estimation and Coverage Control with Lossy Communications.** *IEEE Transactions on Robotics* [submitted]
- [2]. A. Carron, M. Todescato, R. Carli, L. Schenato. **An asynchronous consensus-based algorithm for estimation from noisy relative measurements.** *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, vol. 1(3), pp. 283 - 295, 2014

Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

- [3]. M. Todescato, A. Carron, R. Carli, A. Franchi, L. Schenato. **Multi-Robot Localization via GPS and Relative Measurements in the Presence of Asynchronous and Lossy Communication.** *European Control Conference 2016 (ECC'16)* [submitted]
- [4]. M. Todescato, G. Cavararo, R. Carli, L. Schenato. **A Robust Block-Jacobi Algorithm for Quadratic Programming under Lossy Communications.** *IFAC Workshop on Distributed Estimation and Control in Networked Systems (NecSys'15)*, 2015
- [5]. M. Todescato, A. Carron, R. Carli, L. Schenato. **Distributed Localization from Relative Noisy Measurements: a Robust Gradient Based Approach.** *European Control Conference (ECC'15)*, 2015
- [6]. Carron, M. Todescato, R. Carli, L. Schenato, G. Pillonetto. **Multi-agents adaptive estimation and coverage control using Gaussian regression.** *European Control Conference (ECC'15)*, 2015
- [7]. M. Todescato, J.W. Simpson-Porco, F. Doerfler, R. Carli, F. Bullo. **Optimal Voltage Support and Stress Minimization in Power Networks.** *IEEE Conference on Decision and Control (CDC'15)*, 2015
- [8]. S. Bolognani, R. Carli, M. Todescato. **State estimation in power distribution networks with poorly synchronized measurements.** *IEEE Conference on Decision and Control (CDC'14)*, 2014
- [9]. A. Carron, M. Todescato, R. Carli, L. Schenato. **Adaptive consensus-based algorithms for fast estimation from relative measurements.** *4th IFAC Workshop on Distributed Estimation and Control in Networked Systems (NecSys'13)*, 2013

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **TODESCATO Marco** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **VISENTIN Roberto** nell'ambito del XXVIII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Bioingegneria.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **VISENTIN Roberto** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVIII ciclo, Indirizzo Bioingegneria.

Il candidato dichiara quanto segue:

Titolo borsa a tema vincolato:

Metodologie modellistiche bayesiane per la messa a punto e la validazione di un simulatore del sistema di regolazione del glucosio nel diabete di tipo 1

PARTE 1 - DIDATTICA

- Elenco dei corsi seguiti:
 - o Tissue Engineering: Principles and Applications, A. Bagnò
 - o Brownian motion and noise in physical devices, M. Pavon
 - o Statistical Methods, L. Finesso
 - o Fluid mechanics for the functional assessment of cardiovascular devices, F. M. Susin
 - o Mathematical modeling of cell Biology, M. G. Pedersen
- Elenco dei seminari seguiti al DEI o in altre sedi:
 - o SEMINARI:
 - ✓ “*Cardiac fluid dynamics & Doppler echocardiography*”, Damien Garcia, Direttore RUBIC Center (Research Unit of Biomechanics & Imaging in Cardiology), Facoltà di Medicina, Università di Montreal, Canada, presso Aula Me, 26/06/2013.
 - ✓ “*Models and Algorithms to Find Driver Pathways in Cancer*”, Fabio Vandin Brown University, presso sala riunioni III piano DEI/G, 09/10/2013.
 - ✓ “*Modeling the Pathogenesis, Prevention and Reversal of Type 2 Diabetes*”, Prof. Artie Sherman, Laboratory of Biological Modeling, NIH/NIDDK (Bethesda, USA), presso Sala Riunioni 201, 15/10/2014.
 - ✓ “*Modeling Pancreatic Alpha Cells and Interactions with Other Islet Cells*”, Prof. Artie Sherman, Laboratory of Biological Modeling, NIH/NIDDK (Bethesda, USA), presso Sala Riunioni 201, 14/10/2014.
 - ✓ “*Impiego della Taylor-Fourier Transform per la rimozione di artefatti in segnali EEG*”, Ing. Guglielmo Frigo, Dipartimento di ingegneria dell'Informazione, presso Sala Riunioni DEI/G, 04/06/2014.
 - ✓ “*Learning with Computational Regularization*”, Prof. Lorenzo Rosasco, Università di Genova, MIT, presso Aula Magna "A. Lepschy", 27/03/2015.

- o DISTINGUISHED LECTURES:
 - ✓ “European universities facing the Asian challenge in science and technology. The role of evaluation.” Andrea Bonaccorsi, Università di Pisa e ANVUR, presso Aula Magna “A. Lepschy”, 30/05/2013.
 - ✓ “Do brains compute?”, Rodolphe Sepulchre, Dept. of Engineering, University of Cambridge, UK, presso Aula Magna "A. Lepschy", 18/06/2015.
- o ALTRO:
 - ✓ “Nova. L'ingegneria del corpo”, Proff. Angelo Avogaro, Claudio Cobelli, Giovanni Sparacino, Chiara Dalla Man, Daniela Bruttomesso, Università degli Studi di Padova, presso aula E palazzo Bo, 20/10/2014.
- Partecipazione a conferenze nazionali:
 - o 4° Congresso Nazionale di Bioingegneria (GNB), Pavia (Italia), 25-27 Giugno 2014.
- Partecipazione a conferenze internazionali:
 - o Advanced Technology and Treatments for Diabetes, Parigi, Francia, 27 Febbraio - 2 Marzo 2013.
 - o 13th Diabetes Technology Meeting, San Francisco (CA), USA, 31 Ottobre - 2 Novembre 2013.
 - o Advanced Technology and Treatments for Diabetes, Vienna, Austria, 5-8 Febbraio 2014.
 - o American Diabetes Association's 74th Scientific Sessions, San Francisco (CA), USA, 13-17 Giugno 2014.
 - o Advanced Technology and Treatments for Diabetes, Parigi, Francia, 18-21 Febbraio 2015.
 - o 37th International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC15), Milano, 25-30 Agosto 2015.
 - o 15th Diabetes Technology Meeting, Bethesda, 22-24 Ottobre 2015.
- Didattica attiva svolta:
 - o ASSISTENZA IN LABORATORIO:
 - ✓ Informatica medica, (A.A. 2013-2014) prof. Giovanni Sparacino, 10 ore.
 - ✓ Elaborazione di Segnali Biologici, (A.A. 2013-2014) prof. Gianna Maria Toffolo, 20 ore.
 - ✓ Elaborazione di Segnali Biologici, (A.A. 2014-2015) prof. Gianna Maria Toffolo, 30 ore.

PARTE 2 - RICERCA

- Descrizione dell'attività di ricerca:
 - o T1DM simulator: model development and assessment
Negli ultimi anni, la ricerca sullo sviluppo degli algoritmi di controllo closed-loop nei prototipi di pancreas artificiale è stata notevolmente accelerata grazie all'utilizzo del simulatore di soggetti diabetici di tipo 1 (T1DM), accettato dalla Food and Drug Administration (FDA) come sostituto alla sperimentazione animale nei trial pre-clinici

della terapia insulinica. Tuttavia, il simulatore attuale contiene parametri tempo-invarianti, tali per cui il suo dominio di validità copre simulazioni di breve durata. Questo aspetto risulta particolarmente critico se si considera che i prototipi di pancreas artificiale vengono testati su periodi di tempo sempre più lunghi.

Durante gli anni di dottorato mi sono quindi occupato di validare e sviluppare nuovi modelli in grado di descrivere la variabilità glicemica nel simulatore nel medio/lungo termine.

Development of a time-varying T1DM simulator. Recentemente è stato dimostrato che la sensibilità insulinica (S_I) postprandiale nei soggetti T1DM è più bassa a colazione rispetto al pranzo e alla cena. Si è cercato quindi di includere questa informazione nel simulatore T1DM e di riprodurre in silico le variabilità circadiane osservate nei dati reali. In particolare, sono stati utilizzati dati di 20 soggetti T1DM sono stati sottoposti a un mixed meal test a colazione, pranzo, cena. Per ogni pasto è stata calcolata, tramite modello minimo del glucosio orale, la rispettiva S_I . Sulla base dei valori di S_I ottenuti, sono state identificate 7 classi di variabilità di S_I , caratterizzate da una certa probabilità. Ad ogni soggetto in silico contenuto nel simulatore è stato associato un profilo di S_I tempo-variante, legato alla specifica classe di variabilità appartenente. Il comportamento glicemico ottenuto in simulazione è risultato del tutto simile a quello studiato nei dati sperimentali, dimostrando quindi la validità del modello implementato. L'utilizzo del simulatore arricchito del modello di variabilità della S_I permetterà di testare gli algoritmi di controllo in un setup più robusto e più simile alle condizioni di vita reali, in cui la sensibilità insulinica di un paziente è caratterizzata da continue variazioni.

Bayesian approach to assess the model of the T1DM simulator. Una validazione ulteriore del modello incluso nel simulatore è stata effettuata sfruttando dati di 47 soggetti T1DM studiati in tre sessioni da 23 ore ciascuna, nelle quali venivano loro forniti tre pasti principali (cena, colazione, pranzo). In particolare, data la complessità del modello del simulatore e la disponibilità delle sole misure di glucosio e insulina, il modello è stato identificato ricorrendo a una metodologia di stima bayesiana che fa uso di uno stimatore massimo a posteriori (MAP), e quindi sfruttando l'informazione a priori inclusa nel simulatore, ossia la distribuzione dei parametri del modello utilizzata per la generazione dei soggetti virtuali. Inoltre, analogamente a quanto fatto per la variabilità della S_I , è stata introdotta anche una variabilità nei parametri dell'assorbimento glicemico, in modo ad poter considerare eventuali differenze nella composizione dei pasti. I risultati ottenuti sono stati soddisfacenti, in termini sia di fit del modello che di precisione delle stime. Il metodo bayesiano ha permesso quindi di testare la robustezza del simulatore tempo-variante, e permetterà inoltre di utilizzare la gran quantità di dati disponibili dagli studi clinici, al fine di raffinare ulteriormente il simulatore.

o *New in silico T1DM children population.*

Per assicurare un efficace test in silico degli algoritmi di controllo da impiegare in studi

su soggetti di età pediatrica, la popolazione di soggetti pre-puberi inclusa nel simulatore T1DM è stata validata contro dati glicemici raccolti in 13 bambini. Il modello incluso nel simulatore è stato identificato utilizzando dati di sensore glicemico e pompa insulinica, sfruttando il metodo di stima bayesiana descritto precedentemente. I risultati ottenuti hanno mostrato come i soggetti clonati presentassero un assorbimento glicemico più rapido e una sensibilità insulinica più bassa in media rispetto ai soggetti in silico inclusi nel simulatore. Sulla base di tali risultati, è stata generata una nuova popolazione virtuale di soggetti pediatrici. Il simulatore è stato quindi validato con successo simulando lo stesso protocollo sperimentale dei dati, ottenendo dei risultati comparabili con i dati stessi. La nuova popolazione fornirà quindi una più robusta e sicura base di dati su cui testare i nuovi algoritmi di controllo da utilizzare nei prossimi studi pediatrici.

o *Prediabetes and T2DM Simulator*

Lo sviluppo di farmaci antidiabetici è un processo complesso e oneroso sia in termini economici sia di tempo. In questo contesto, l'utilizzo di un simulatore consentirebbe dei risparmi notevoli, evitando, almeno in una prima fase, la sperimentazione animale fornendo input fondamentali circa il design sperimentale e il dosaggio ottimale del da somministrare.

Durante gli anni di dottorato ho contribuito allo sviluppo di un simulatore di soggetti prediabetici e diabetici di tipo 2 (T2DM) per il test in silico di nuovi farmaci. Questo simulatore è basato su un modello di regolazione del glucosio-insulina (Dalla Man et al., DTM 2013), opportunamente modificato per includere modelli di farmacocinetica e farmacodinamica (PK-PD) dei farmaci da testare. Il simulatore è stato dotato di un'interfaccia grafica tramite cui è possibile configurare l'esperimento in silico. In particolare, è possibile selezionare il tipo di pazienti (T2DM, prediabetici), configurare il protocollo sperimentale (durata, griglia di campionamento, tipologia di test clinico, etc.) e specificare il dosaggio e la PK-PD del farmaco. Il simulatore è stato testato con successo utilizzando la metformina come case study: un modello di PK-PD del farmaco è stato incluso nel simulatore, e le simulazioni ottenute sono risultate in accordo con i risultati osservati negli esperimenti clinici.

La metodologia descritta è stata successivamente adottata per lo studio di un nuovo tipo di insulina inalata. Nello specifico è stato sviluppato un modello di PK dell'insulina inalata. Tale modello è stato incluso nel simulatore e validato con successo su dati clinici. Il simulatore così ottenuto è stato poi utilizzato per valutare gli effetti farmacologici in relazione a diverse dosi e combinazioni di somministrazione del farmaco stesso (es. bolo singolo, bolo anticipato/ritardato, bolo splittato, etc.).

o *Hepatic insulin sensitivity using a single tracer oral minimal model*

Attualmente, la stima della sensibilità insulinica epatica (S_I^P), ossia l'efficacia dell'insulina nel sopprimere la produzione epatica di glucosio (EGP), è possibile

ricorrendo ad approcci che prevedono l'uso di traccianti multipli. Durante gli anni di dottorato, ho portato avanti un metodo, inizialmente sviluppato come argomento di tesi di laurea specialistica, per la stima di S_I^P utilizzando un unico tracciante, mediante la messa a punto di un modello minimo del glucosio orale (OMM^{PD}) che incorpora una particolare descrizione di EGP (Dalla Man et al. Am J Physiol Endocrinol Metab 2008). Sono stati impiegati dati relativi a 20 soggetti non-diabetici e 60 soggetti prediabetici sottoposti a mixed meal test con approccio triplo-tracciante. Tramite l'identificazione del OMM^{PD} è stato possibile stimare sia S_I^P che la componente di utilizzazione della sensibilità insulinica (S_I^D). Per entrambi i dataset, il fit del modello è risultato soddisfacente, e le stime di S_I^P e S_I^D ottenute sono in accordo con i valori ottenuti con l'approccio triplo-tracciante. Inoltre, è stato possibile ottenere una stima affidabile di EGP normalizzata (EGP/EGP_b), anch'essa in accordo con i profili derivati dai dati triplo-tracciante. Tale attività ha quindi permesso di concludere che è possibile ottenere stime affidabili di S_I^P , S_I^D e EGP/EGP_b utilizzando un protocollo che preveda l'impiego di un singolo tracciante.

o *Clinical Trials on Artificial Pancreas Prototypes*

Durante gli anni di dottorato, ho preso parte alla realizzazione e conduzione di numerosi trial clinici atti a valutare le performance di algoritmi di controllo per prototipi di pancreas artificiale (AP). Questi studi hanno visto la partecipazione di pazienti diabetici di tipo 1, sia di età adulta che, più recentemente, di età pre-puberale. Inizialmente sono stati effettuati degli studi di breve durata (max una settimana), per poi arrivare a durate più importanti (fino a 4 mesi). Tutti gli studi hanno previsto l'assistenza ed il monitoraggio (sia in loco che da remoto) dei pazienti da parte del team ingegneristico durante lo svolgimento dell'esperimento. Oltre a questo è stato necessario un estensivo lavoro di organizzazione degli studi, gestione dei contatti con i clinici di altri centri coinvolti, preparazione di materiali e strumenti e di elaborazione dei dati raccolti.

• Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore:

Titolo: *"In silico testing of artificial pancreas and new type 1 diabetes treatments: model development and assessment"*

Supervisore: *Chiara Dalla Man*

PARTE 3 - PUBBLICAZIONI

- Elenco pubblicazioni su rivista internazionale:
 - o R. Visentin, C. Dalla Man, C. Cobelli. *One-Day Bayesian Cloning of Type 1 Diabetes Subjects: Towards a Single-Day UVA/Padova Type 1 Diabetes Simulator*. IEEE Trans Biomed Eng, *under revision*.
 - o J. Kropff, S. Del Favero, J. Place, C. Toffanin, R. Visentin, M. Monaro, M. Messori, F. Di Palma, G. Lanzola, A. Farret, F. Boscari, S. Galasso, P. Magni, A. Avogaro, P. Keith-Hynes, B.P. Kovatchev, D. Bruttomesso, C. Cobelli, E. Renard, J.H. DeVries, L. Magni, for the AP@home consortium. *2 month evening and night closed-loop glucose control in patients with type 1 diabetes under free-living conditions: a randomised crossover trial*. Lancet Diabetes Endocrinol. 2015 Sep 29. pii: S2213-8587(15)00335-6
 - o R. Visentin, C. Dalla Man, R. Basu, A. Basu, R.A. Rizza, C. Cobelli. *Hepatic Insulin Sensitivity in Healthy and Prediabetes: From a Dual To a Single Tracer Oral Minimal Model*. American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism. 2015 Jul 15;309(2):E161-7
 - o S. Del Favero, J. Place, J. Kropff, M. Messori, P. Keith-Hynes, R. Visentin, M. Monaro, S. Galasso, F. Boscari, C. Toffanin, F. Di Palma, G. Lanzola, S. Scarpellini, A. Farret, B.P. Kovatchev, A. Avogaro, D. Bruttomesso, L. Magni, J.H. DeVries, C. Cobelli, E. Renard. *Multicenter outpatient dinner/overnight reduction of hypoglycemia and increased time of glucose in target with a wearable artificial pancreas using modular model predictive control in adults with type 1 diabetes*. Diabetes Obes Metab. 2015 May;17(5):468-76
 - o R. Visentin, C. Dalla Man, Y.C. Kudva, A. Basu, C. Cobelli. *Circadian Variability of Insulin Sensitivity: Physiological Input for an In Silico Artificial Pancreas*. Diabetes Technology and Therapeutics. 2015 Jan;17(1):1-7
 - o S.A. Brown, B.P. Kovatchev, M.D. Breton, S.M. Anderson, P. Keith-Hynes, S.D. Patek, B. Jiang, N. Ben Brahim, P. Vereshchetein, D. Bruttomesso, A. Avogaro, S. Del Favero, F. Boscari, S. Galasso, R. Visentin, M. Monaro, C. Cobelli. *Multinight "Bedside" Closed-Loop Control for Patients with Type 1 Diabetes*. Diabetes Technology and Therapeutics. 2015 Jan 16
 - o R. Visentin, C. Dalla Man, B.P. Kovatchev, C. Cobelli. *The University of Virginia/Padova Type 1 Diabetes Simulator Matches the Glucose Traces of a Clinical Trial*. Diabetes Technology and Therapeutics. 2014 Jul;16(7):428-34
 - o S. Del Favero, D. Bruttomesso, F. Di Palma, G. Lanzola, R. Visentin, A. Filippi, R. Scotton, C. Toffanin, M. Messori, S. Scarpellini, P. Keith-Hynes, B.P. Kovatchev, J.H. DeVries, E. Renard, L. Magni, A. Avogaro, C. Cobelli on behalf of AP@home. *First use of model predictive control in outpatient wearable artificial pancreas*. Diabetes Care. 2014 May;37(5):1212-5
 - o B.P. Kovatchev, E. Renard, C. Cobelli, H.C. Zisser, P. Keith-Hynes, S.M. Anderson, S.A. Brown, D.R. Chernavsky, M.D. Breton, A. Farret, M.J. Pelletier, J. Place, D.

Bruttomesso, S. Del Favero, R. Visentin, A. Filippi, R. Scotton, A. Avogaro, F. Doyle III. *Feasibility of outpatient fully integrated closed-loop control: first studies of wearable artificial pancreas*. Diabetes Care. 2013 Jul;36(7):1851-8.

• Elenco pubblicazioni su convegno internazionale:

- o R. Visentin, T. Klabunde, M. Grant, C. Dalla Man and C. Cobelli. *Incorporation of Afrezza® into the Type 2 Diabetes Simulator*. Advanced Technology and Treatments for Diabetes 2016, submitted.
- o R. Visentin, C. Dalla Man, R. Bonfanti, D. Iafusco, R. Schiaffini, I. Rabbone, D. Bruttomesso, C. Cobelli. *Improvement of the Children Population included into the UVA/Padova Type 1 Diabetes Simulator*. Advanced Technology and Treatments for Diabetes 2016, submitted.
- o R. Visentin, M. Vettoretti, A. Facchinetti, C. Dalla Man, G. Sparacino, C. Cobelli. *Incorporation of the Sensor-Augmented Insulin-Pump Therapy into the UVA/Padova Type 1 Diabetes Simulator*. Advanced Technology and Treatments for Diabetes 2016, submitted.
- o Y. Leal, L. Gonzalez-Abril, R. Visentin, S. Del Favero, M. Vettoretti, A. Facchinetti, G. Sparacino, C. Cobelli. *Support Vector Regression for Mid-Term Nocturnal Glucose Prediction from Continuous Glucose Monitoring and Insulin Delivery Information*. Advanced Technology and Treatments for Diabetes 2016, submitted.
- o R. Visentin, T. Klabunde, C. Dalla Man and C. Cobelli. *Modeling the Effect of Liraglutide in T2DM with the T2DM Simulator: a Paradigm for In-Silico Trials*. 15th Diabetes Technology Meeting, Bethesda, Maryland, 2015, 22-24 Oct
- o R. Visentin, T. Klabunde, M. Grant, C. Dalla Man, and C. Cobelli. *Incorporation of Inhaled Insulin into the FDA accepted University of Virginia/Padova Type 1 Diabetes Simulator*. 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Milano, Italy, 2015, 25-29 Aug.
- o E. Renard, J.H. De Vries, C. Cobelli, L. Magni, J. Place, J. Kropff, S. Del Favero, R. Visentin, M. Monaro, C. Toffanin, F. Di Palma, G. Lanzola, M. Messori, A. Farret, F. Boscari, S. Galasso, D. Bruttomesso, A. Avogaro, on behalf of the AP@Home Consortium. *Reduction of Hyper- and Hypoglycemia during Two Months with a Wearable Artificial Pancreas from Dinner to Breakfast in Patients with Type 1 Diabetes*. American Diabetes Association - 75th scientific sessions, Boston, Massachusetts, 2015, 5-9 Jun
- o R. Visentin, C. Dalla Man, B.P. Kovatchev and C. Cobelli. *Incorporation of Intra-day Variability into the UVA/Padova Type 1 Diabetes Simulator*. Advanced Technologies and Treatments for Diabetes, Paris, France, 2015, 18-21 Feb
- o S. Veetil, I. Errazuriz, R. Visentin, S. Dube, C. Shonkwiler, B. Norby, S. Nayar, C. Dalla Man, A. Basu, C. Cobelli, J. Port, R. Basu. *Effects of Nutritional Intervention on Hepatic Fat and Hepatic Insulin Sensitivity in Prediabetes*. American Diabetes Association - 74th scientific sessions, San Francisco, California, 2014, 13-17 Jun
- o S. Del Favero, J. Place, J. Kropff, M. Messori, P. Keith-Hynes, R. Visentin, M. Monaro, D. Bruttomesso, S. Galasso, F. Boscari, C. Toffanin, F. Di Palma, G. Lanzola, S.

Scarpellini, A. Farret, B.P. Kovatchev, L. Magni, J.H. De Vries, C. Cobelli, E. Renard, on behalf of the AP@Home Consortium. *Multicenter Outpatient Wearable Artificial Pancreas (AP) Study: Improved Safety and Efficacy of Glycemic Control*. American Diabetes Association - 74th scientific sessions, San Francisco, California, 2014, 13-17 Jun

- o R. Visentin, S. Del Favero, A. Facchinetti, F. Micheletto, Y.Y. Chang, C. Dalla Man and C. Cobelli. *Prediabetes and Type 2 Diabetes Simulator: In-Silico Testing of New Drugs*. Advanced Technologies and Treatments for Diabetes, Wien, Austria, 2014, 5-8 Feb
- o R. Visentin, C. Dalla Man, A. Kamath, T. Peyser, A.L. Rack-Gomer and C. Cobelli. *Cloning type 1 diabetic subjects with the UVA/Padova simulator from insulin pump infusion and plasma glucose*. 13th Diabetes Technology Meeting, Burlingame, California, 2013, 31 Oct-2 Nov
- o F. Micheletto, R. Visentin, C. Dalla Man, A. Vella and C. Cobelli. *The Type 2 Diabetes Simulator: in Silico Testing of Drugs*. 13th Diabetes Technology Meeting, Burlingame, California, 2013, 31 Oct-2 Nov
- o R. Visentin, C. Dalla Man and C. Cobelli. *Intra-day Variability of Glucose Absorption and Insulin Sensitivity: Assessment from AP@home Clinical Trial Data*. Advanced Technologies and Treatments for Diabetes, Paris, France, 2013, 27 Feb-2 Mar

- Elenco pubblicazioni su convegno nazionale:

R. Visentin, C. Dalla Man and C. Cobelli. *A Bayesian Method for the Identification of the Glucose-Insulin Model in Type 1 Diabetes*. 4th Bioengineering National Group Meeting GNB2014, Pavia, Italy, 2014, 25-27 Ju

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **VISENTIN Roberto** 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 e giudizio finale sull'attività svolta da **MINISTERI Giulio** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015 il dott. **MINISTERI Giulio** 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:

Parte 1 Didattica

Corsi seguiti

- *Applied linear algebra*;
- *Statistical methods*;
- *Applied functional analysis*.
- *Bayesian machine learning*
- *corso per studenti laurea magistrale "Smart grids – reti elettriche intelligenti" tenuto dal professor Tenti.*

Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi:

- *"Smart Grids and Metering", relatore: Dario Di Zenobio, ricercatore presso la Fondazione Ugo Bordoni.*

Partecipazione a Conferenze Nazionali

Partecipazione a Conferenze Internazionali

- *IEEE 5th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), Sept. 2013*
- *IEEE 15th International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), June 2014*

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori):

- *14 ore didattica di supporto per il corso di Analisi dei Dati tenuto dal Prof. Vangelista*

Permanenza all'estero

Stage

Parte 2 Ricerca

Descrizione dell'attività di ricerca durante il dottorato (max 2 pagine) mettendo particolarmente in evidenza i risultati originali conseguiti.

Il lavoro sul protocollo per reti di sensori 6LoWPAN, cominciato durante la tesi magistrale si è concluso durante il dottorato con la pubblicazione di un articolo [2].

L'idea innovativa di implementare una gestione della memoria RAM progettata tenendo conto delle esigenze di uno stack protocollare per telecomunicazioni ha pagato sia in termini di risparmio di risorse utilizzate (RAM e ROM), che in termini di throughput finale. Il confronto su un link punto-punto, con l'implementazione più conosciuta (BLIP), ha dimostrato un aumento del goodput finale al ricevitore fino al 13%.

La modularità dello stack ha permesso, inoltre, di disaccoppiare le funzionalità fornite dal protocollo 6LoWPAN dai moduli software dei livelli superiore ed inferiore. Ciò permette allo stack sia di supportare dispositivi equipaggiati con più di una interfaccia di comunicazione (Bluetooth, ZigBee, 4G-LTE), sia di operare una scelta sull'utilizzo o meno delle funzionalità offerte dal protocollo 6LoWPAN per la comunicazione su rete internet IPv6.

Pur rimanendo nell'ambito delle "Machine Type Communications", i miei interessi di ricerca si sono spostati poi verso le comunicazioni wireless tra veicoli.

Dopo una fase iniziale di studio del protocollo IEEE 802.11p e dei protocolli della famiglia IEEE 1609, mi sono concentrato su due problematiche principali. La prima riguarda la classificazione dei canali radio in termini di occupazione.

Gli standard considerano una banda radio composta da 7 canali radio contigui, e permettono l'utilizzo simultaneo di uno o più di questi canali per la comunicazione fra utenti, lasciando però totale libertà sui metodi e i criteri di scelta del canale radio da utilizzare.

Nell'articolo [3] si affronta quindi l'analisi dei più comuni detector per l'occupazione di canale impiegati nell'ambito delle reti wireless cognitive, in un ambiente veicolare. Dall'analisi è emerso che i vantaggi dimostrati dai più complessi detector nel campo delle cognitive radio, vengono di fatto azzerati se impiegati in un ambiente veicolare.

L'ambiente veicolare si è quindi rivelato essere un ambiente in cui alcune delle soluzioni più comunemente usate nelle comunicazioni wireless classiche (reti private, reti cellulari) risultano inappropriate o insufficienti.

È stato questo il caso anche della stima e del tracking della risposta impulsiva del canale radio, la seconda delle due problematiche affrontate.

La natura delle reti veicolari presenta grosse differenze rispetto alle reti LAN, le comunicazioni avvengono all'aperto tra dispositivi tipicamente in movimento, con velocità che spaziano da pochi km/h fino ai 150 km/h (con velocità relative fino ai 300 km/h), inoltre la comunicazione è raramente in condizioni di line-of-sight, con ostacoli anch'essi spesso in continuo movimento.

La soluzione presentata nell'articolo [4] (e la sua estensione [1]) si differenzia dalle molteplici proposte avanzate in letteratura per vari aspetti. Adottando delle tecniche di stima ritagliate su alcune caratteristiche del particolare ambiente in cui esso si trova ad operare, il ricevitore proposto ottiene ottime performance pur senza richiedere alcuna modifica allo standard attuale.

Nello schema proposto si utilizza una versione modificata della tecnica delle portanti pseudo-pilota: invece di applicare una semplice ricostruzione dei simboli ricevuti, si introduce nella catena un decodificatore che riduce sensibilmente i possibili errori in situazione di basso rapporto segnale-rumore.

Un ulteriore miglioramento è stato ottenuto grazie all'utilizzo dell'informazione sulla velocità del veicolo per la stima dei parametri dell'effetto Doppler. Il dato della velocità, ottenuto da sensori interni al veicolo quali GPS o tachimetro, permette di stimare la frequenza di Doppler, usata per calcolare il miglior rate di aggiornamento della stima della risposta del canale.

In quest'ultimo anno di dottorato la mia ricerca, sempre nell'ambito delle "Machine Type Communications", si è orientata verso ciò che viene definito come "green communication", ovvero: l'analisi e l'ottimizzazione dei protocolli e schemi di comunicazione rispetto all'energia spesa al fine di minimizzarne la quantità utilizzata.

Il lavoro presentato in [5] prende in considerazione i tre protocolli di HARQ e li analizza in termini di probabilità di outage (probabilità di pacchetto non ricevuto) utilizzando la nuova teoria sui rate di codice in regime non asintotico.

La classica teoria dei codici di Shannon descrive la capacità di canale raggiungibile per un sistema in

cui il codice per la correzione degli errori ha parole di lunghezza asintoticamente infinita. Nelle comunicazioni “Machine-to-Machine”, al contrario, le informazioni scambiate vengono incapsulate in pacchetti dati di piccole dimensioni. La teoria di Shannon è quindi strumento poco adatto per l'analisi e la progettazione di protocolli nel campo delle “Machine Type Communications”.

Le probabilità di outage, ricavate per i tre schemi HARQ, sono poi utilizzate per ottimizzare la distribuzione delle potenze di trasmissione in funzione di un budget energetico.

I risultati ottenuti dimostrano che le tecniche di HARQ più evolute che sfruttano il combining, possono produrre notevoli risparmi di energia in termini di potenza trasmissiva. Al costo di un aumento della complessità del ricevitore, il combining di due successive trasmissioni porta a risparmi di energia media di oltre il 40%.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore:

Titolo: “Internet of things and vehicles in the context of 5G”

Relatore: Prof. Lorenzo Vangelista

Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale:

[1] G. Ministeri and L. Vangelista. “Channel impulse response estimation in IEEE 802.11p via data fusion and MMSE estimator”, International Journal of Vehicular Technology, volume 2015. Hindawi Publishing Corporation, 2015.

Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **MINISTERI Giulio** 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.**

Per motivi d'urgenza tali deliberazioni vengono approvate seduta stante.

8. Commissioni esame finale dottorandi XXVIII ciclo e dottorandi XXVII in proroga

Il Direttore chiede al collegio di approvare le commissioni sotto riportate:

Commissione 1

Membri effettivi

Prof. Laura Burattini

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Università Politecnica delle Marche

Via Brezze Bianche, 60131 Ancona, Tel.: 071 220 4461, Fax: 071.220.2324

E-mail: l.burattini@univpm.it

Prof. Alessandra Pedrocchi

Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria

Politecnico di Milano

Via Ponzio 34/5, 20133 Milano, Tel.: 02 2399 3363

E-mail: alessandra.pedrocchi@polimi.it

Prof. Stefano Severi

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione "Guglielmo Marconi"

Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna, Tel.: 0547 339127

E-mail: stefano.severi@unibo.it

Membri supplenti

Prof. Andrea Caumo

Dipartimento di Scienze biomediche per la salute

Via Kramer, 4a, 20129 Milano, Tel. 02503 15150

E-mail: Andrea.Caumo@unimi.it

Prof. Maria Filomena Santarelli

Istituto Fisiologia Clinica del CNR

Via G. Moruzzi 1, 56124 Pisa, Tel.: 0503152614

E-mail: santarel@ifc.cnr.it Pisa

Prof. Annalisa Barla

DIBRIS, sede Valle Puggia

via Dodecaneso 35, 16146 Genova, Tel.: 010 3536601

E-mail: annalisa.barla@unige.it

Commissione 2

Membri effettivi

Prof. Pietro Andreani

Department of Electrical and Information Technology, LTH

Box 118, SE-221 00 Lund

Svezia

Email: pietro.andreani@eit.lth.se, Tel.: +46462224721

Prof. Paolo Covà

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Università di Parma

Parco Area delle Scienze, 181/a – 43124 Parma

Email: paolo.cova@unipr.it, Tel.: 0521 905818

Prof. Saggini Stefano

Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Gestionale e Meccanica

via delle Scienze, 206, 33100 Udine

Email: stefano.saggini@uniud.it, Tel.: 0432 558270

Membri supplenti

Prof. Danilo Manstretta

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

Via Adolfo Ferrata, 5, 27100 Pavia PV

Università di Pavia

Email: danilo.manstretta@unipv.it, Tel.: 0382 98.5943

Prof. Carlo Alberto Nucci

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione "Guglielmo Marconi"

Via Zamboni, 33 - 40126 Bologna

E-mail: carloalberto.nucci@unibo.it, Tel.: 051 20 9 3479

Prof. Salvatore Levantino

Dipartimento di Elettronica Informazione e Bioingegneria

Politecnico di Milano

Via Ponzio 34/5, 20133 Milano

Email: salvatore.levantino@polimi.it, Tel.: 02 2399 3731

Commissione 3

Membri effettivi

Prof. Gianluca Mazzini

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

Via Saragat 1

44122 - Ferrara

E-mail: gianluca.mazzini@unife.it, tel.0532 293999, cell.3297506535

Dott. Stefano Boscolo

DIEG, Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Gestionale e Meccanica

Via delle Scienze, 206, 33100 Udine, Tel. 0432 558047

E-mail: stefano.boscolo@uniud.it

Prof. Roberto Verdone
DEIS
Viale Risorgimento, 2, 40136 Bologna, Tel.: 051-2093817
E-mail: roberto.verdone@unibo.it

Membri supplenti

Prof. Michele Midrio
DIEG, Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Gestionale e Meccanica
Via delle Scienze, 206, 33100 Udine, Tel. 0432 558292
E-mail: midrio@uniud.it

Prof. Gringoli Francesco
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Via Branze, 38, 25123 Brescia, Tel.: 030-371-5843
E-mail: francesco.gringoli@ing.unibs.it

Prof. Antonio Capone
Dipartimento di Elettronica e Informazione
P.za Leonardo da Vinci, 32, 20129 Milano, Tel.: 02 2399 3449
E-mail: antonio.capone@polimi.it

Commissione 4

Membri effettivi

Dr. Antonio Franchi
LAAS CNRS Toulouse
7, Avenue du Colonel Roche
31077 Toulouse CEDEX 4, France
Email: afranchi@laas.fr, Tel.: +33 (0)56 133 6925

Dr. Giuseppe Notarstefano
Università di Salento
Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione
Via per Monteroni - 73100 LECCE
Email: giuseppe.notarstefano@unisalento.it, Tel.: 0832 29 7360

Prof. Francesco Amigoni
Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria
Politecnico di Milano
Piazza L. da Vinci, 32, 20133 Milano
Email: francesco.amigoni@polimi.it, Tel.: 02 2399 3475

Membri supplenti

Prof. Maria Prandini
Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria
Politecnico di Milano

Piazza Leonardo da Vinci, 32, 20133 Milano
Email: maria.prandini@polimi.it, Tel.: (02) 23993441

Prof. Antonio D'Angelo
Dipartimento di Matematica e Informatica
Via delle Scienze, 206 - 33100 UDINE
Email: antonio.dangelo@dimi.uniud.it, Tel.: 0432-55-8459

Prof. Claudio Mirolo
Dipartimento di Matematica e Informatica
Via delle Scienze, 206 - 33100 UDINE
Email: claudio.mirolo@uniud.it, Tel.: 0432 558400

Commissione Sertsu Mewael Giday (EXTATIC)

Membri effettivi

Prof. Piergiorgio Nicolosi, Supervisore italiano
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Via Gradenigo 6/b, 35131 Padova

Prof. Larissa Juschkin, Supervisore tedesco
RWTH Aachen University
Templergraben 55, 52062 Aachen, Germania
Tel.: +49 241 89 06313, Email: larissa.juschkin@ilt.fraunhofer.de

Prof. Angela Piegari
Centro Ricerche ENEA Casaccia-Laboratorio Componenti Ottici
Via Anguillarese, 301, 00123 Roma
Email: angela.piegari@enea.it, Tel.: 06/3048 3713

Prof. Tedesco (in attesa di comunicazione da prof.Larissa Juschkin)
Verrà inviata dal Direttore al Servizio Formazione alla Ricerca comunicazione del nominativo non appena disponibile.

Membri supplenti

Dott. Denis Garoli
Istituto Italiano di Tecnologia
Via Morego, 30, 16163 Genova,
Email: Tel. 010 71781

Prof. Tedesco (in attesa di comunicazione da prof.Larissa Juschkin)
Verrà inviata dal Direttore al Servizio Formazione alla Ricerca comunicazione del nominativo non appena disponibile.

Il Collegio approva.

Per motivi d'urgenza tale deliberazione viene approvata seduta stante.

9. Richiesta di patrocinio per la Scuola Estiva di Ingegneria dell'Informazione per l'anno 2016

Nulla da deliberare.

10. Progettazione e gestione corso di dottorato

Nulla da deliberare.

La riunione è sciolta alle ore 18.00.

Il Direttore

Il Segretario