

Verbale della riunione del Collegio dei docenti della Scuola di dottorato di ricerca in Ingegneria dell'Informazione del **15 DICEMBRE 2014 ore 10.30**.

La riunione si è tenuta nell' Aula Magna "A. Lepschy" DEI/A, Dipartimento di Ingegneria dell' Informazione, via Gradenigo 6/B Padova

**Presenti:**

Avanzini Federico, Beghi Alessandro, Bertocco Matteo, Bevilacqua Andrea, Bilardi Gianfranco, Calvagno Giancarlo, Canazza Sergio, Capobianco Antonio Daniele, Cester Andrea, Corradini Luca, Di Camillo Barbara, Ferrari Carlo, Laurenti Nicola, Menegatti Emanuele, Narduzzi Claudio, Neviani Andrea, Nicolosi Piergiorgio, Palmieri Luca, Pedersen Morten Gram, Pupolin Silvano, Ruggeri Alfredo, Satta Giorgio, Schenato Luca, Sparacino Giovanni, Spiazzi Giorgio, Tenti Paolo, Toffolo Gianna, Vassanelli Stefano, Zanoni Enrico, Zanuttigh Pietro, Zorzi Michele.

**Assenti giustificati:**

Carli Ruggero, Dalla Man Chiara, Ferrante Augusto, Marcuzzi Fabio, Meneghesso Gaudenzio, Pietracaprina Andrea, Villoresi Paolo, Zampieri Sandro.

**Assenti:**

Badia Leonardo, Bertoldo Alessandra, Cobelli Claudio, Dey Subhrakanti, Di Nunzio Giorgio Maria, Kovatchev Boris, Nucci Gianluca, Paccagnella Alessandro, Pagello Enrico, Peserico Enoch, Pilonetto Gianluigi, Rossi Michele, Ticozzi Francesco, Turkeimer Federico, Vallone Giuseppe, Vangelista Lorenzo.

**ORDINE DEL GIORNO**

1. Approvazione verbale seduta precedente ([13 maggio 2014](#))
2. Comunicazioni
3. Pratiche studenti
4. Commissioni esame finale dottorandi XXVII ciclo e dottorandi XXVI in proroga – ratifica
5. Valutazione annuale dei dottorandi del secondo anno - ammissione all'anno successivo
6. Valutazione dell'attività svolta dai dottorandi XXVII ciclo e dai dottorandi del XXVI ciclo in proroga (12 mesi) - ammissione all'esame finale

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

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

**1. Approvazione verbale seduta precedente (13 maggio 2014)**

Il Direttore porta all'approvazione del Collegio il verbale della riunione del 13 maggio 2014.  
Il Collegio approva.

**2. Comunicazioni**

### Pratiche studenti

Il Direttore ha approvato le seguenti richieste di autorizzazione:

#### *Modifica Supervisore*

La dott.ssa Michela Riz, XXVII ciclo indirizzo Bioingegneria, alla modifica del supervisore:

supervisore attuale: Prof. Claudio Cobelli

supervisore proposto: Prof. Morten Gram Pedersen

Entrambi i supervisori hanno approvato la modifica.

La dott.ssa Tagliavini, Alessia XXVIII ciclo indirizzo Bioingegneria, alla modifica del supervisore:

supervisore attuale: Prof. Claudio Cobelli

supervisore proposto: Prof. Morten Gram Pedersen

Entrambi i supervisori hanno approvato la modifica.

#### *Attività lavorativa*

##### Tutor Junior

Dottorandi: Roberto Bortoletto, XXVIII ciclo indirizzo ICT, Tommaso Caldognetto, XXVIII ciclo indirizzo ICT, Sebastian Daberdaku, XXVIII ciclo indirizzo ICT, Stefano Lissandron, XXVIII ciclo indirizzo ICT, Irene Pappalardo, XXVIII ciclo indirizzo ICT, Roberto Visentin, XXVIII ciclo indirizzo Bioingegneria.

##### Esami di stato

Il dott. Sebastian Daberdaku, XXVIII ciclo indirizzo ICT, a svolgere n. 2 ore di sorveglianza il giorno 27/11/2014

Il dott. Riccardo Levorato, XXVII ciclo indirizzo ICT, a svolgere n. 2 ore di sorveglianza il giorno 19/11/2014

La dott.ssa Francesca Piccinini, XXVII ciclo indirizzo Bioingegneria, a svolgere n. 2 ore di sorveglianza il giorno 19/11/2014

Il dott. Roberto Visentin XXVIII, ciclo indirizzo Bioingegneria, a svolgere n. 2 ore di sorveglianza il giorno 27/11/2014

##### Altra attività

Il dott. Guglielmo Frigo, XXVII ciclo indirizzo ICT, a svolgere dal 20/10/2014 al 30/11/2014 attività di insegnamento presso ITS Meccatronico, Istituto "F. Severi", Padova, per un impegno settimanale di 4 ore.

Il dott. Mauro Perino, XXVII ciclo indirizzo ICT, a svolgere il giorno 22/11/2014 n. 4 ore di insegnamento presso il Liceo Scientifico "Dal Piaz" di Feltre.

##### PAS-TFA

Il Direttore ricorda che i dottorandi che desiderino partecipare ai corsi PAS-TFA devono presentare richiesta agli uffici centrali in vista della sospensione del dottorato per la durata del corso stesso.

### 3. Pratiche studenti

#### *Mobilità*

La dott.ssa Alessandra Scarton XXVIII ciclo indirizzo Bioingegneria, chiede di trascorre ulteriore periodo di mobilità dal 6 al 30 ottobre 2014 presso l'University of Sheffield, Sheffield, U.K., per completamento progetto di ricerca precedentemente iniziato, sotto la supervisione del Dr. Xinshan (Shannon) Li.

Il Direttore chiede al collegio di ratificare l'autorizzazione concessa per motivi d'urgenza.  
Il Collegio ratifica

La dott.ssa Tagliavini Alessia, 28<sup>a</sup> ciclo, indirizzo Bioingegneria, chiede di trascorrere ulteriore periodo di mobilità da febbraio a luglio 2015 presso Florida State University, Tallahassee, Florida (USA), sotto la supervisione del Prof. Richard Bertram per attività di studio e ricerca.

Il Direttore chiede al collegio di ratificare l'autorizzazione concessa per motivi d'urgenza.  
Il Collegio ratifica.

*Istanza di proroga della presentazione della tesi*

Dal Servizio Formazione alla Ricerca sono pervenute le istanze di proroga dei dottorandi del XXVII ciclo:

Filippo Basso (6 mesi)

Riccardo Levorato (6 mesi)

Giulio Ministeri (12 mesi)

Il Collegio esprime parere favorevole.

*Dottorandi XXVII ciclo: richiesta di autorizzazione alla stesura della Tesi di Dottorato in lingua inglese*

Dottorandi: Antonello Mauro, Barbato Marco, Basso Filippo, Bisi Davide, Bonetto Riccardo, Cavarro Guido, Cuccato Davide, Dal Iago Matteo, Dominio Fabio, Fabris Chiara, Frigo Guglielmo, Giollo Manuel, Guidolin Francesco, Levorato Riccardo, Mantoan Alice, Marangon Davide Giacomo, Ministeri Giulio, Perino Mauro, Peruch Francesco, Piccinini Francesca, Riz Michela, Vasquez Stanescu Jesus Alejandro.

Il Collegio approva.

#### **4. Commissioni esame finale dottorandi XXVII ciclo e dottorandi XXVI in proroga – Ratifica**

Il Direttore chiede al collegio di ratificare le seguenti commissioni, già inserite nel sito del Cineca nel rispetto delle scadenze indicate dal Servizio Formazione alla Ricerca:

##### COMMISSIONE 1

##### **Membri effettivi**

Prof. Agostino Accardo

Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Università di Trieste

Piazzale Europa 1 - 34127 TRIESTE, tel.: +39 40 5587148, fax : +39 40 5583460

E-mail: [accardo@units.it](mailto:accardo@units.it)

Prof. Elisa Magosso

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione «Guglielmo Marconi»

Università di Bologna

Viale Risorgimento 2, Bologna, Tel.: 051 2093943, Fax: 051 209 3073

E-mail: [elisa.magosso@unibo.it](mailto:elisa.magosso@unibo.it)

Prof. Umberto Castellani  
Dipartimento di Informatica  
Edificio Ca' Vignal 2  
strada le grazie 15, Verona  
Tel.: +39 045 802 7988, Fax: +39 045 802 7068,  
E-mail: [umberto.castellani@univr.it](mailto:umberto.castellani@univr.it)

### **Membri supplenti**

Prof. Laura Burattini  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Università Politecnica delle Marche  
Via Breccie Bianche, 60131 Ancona, Tel.: 071 220 4461, Fax: 071.220.2324  
E-mail: [l.burattini@univpm.it](mailto: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](mailto:alessandra.pedrocchi@polimi.it)

Prof. Marco Tagliasacchi  
Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria  
Politecnico di Milano  
Via Ponzio 34/5, 20133 Milano  
Tel: +39 02 2399 3651, Fax: +39 02 2399 3413  
E-mail: [marco.tagliasacchi@polimi.it](mailto:marco.tagliasacchi@polimi.it)

### COMMISSIONE 2

#### **Membri effettivi**

Prof. Floriano De Rango  
Department of Electronics, Informatics and Sistemistics  
University of Calabria  
P. Bucci street, cubo 42/c,  
87036 Arcavacata of Rende, Cosenza, Tel.: 0984 494706, Fax: 0984 494713  
Email: [derango@deis.unical.it](mailto:derango@deis.unical.it)

Dr. Alessandro Saccon, Assistant Professor  
Eindhoven University of Technology (TU/e)  
Department of Mechanical Engineering Dynamics and Control group  
P.O. Box 513, 5600 MB EINDHOVEN, Tel.: +31 40-247 5423  
E-mail: [a.saccon@tue.nl](mailto:a.saccon@tue.nl)

Prof. Matteo Paris  
Applied Quantum Mechanics  
Dipartimento di Fisica  
Università degli Studi di Milano,  
via Celoria 16, I-20133 Milano, Tel.: + 39 02 50317662, Fax: + 39 02 50317625  
E-mail: name.surname@fisica.unimi.it

### **Membri supplenti**

Prof. Ilenia Tinnirello  
Università di Palermo, Laboratorio di Telecomunicazioni  
Viale delle Scienze, Edificio 9, 90128 Palermo  
Tel. Lab.: 091 6615 269/274, Tel. Dip.: 091 6615 211, Fax: 091 488 452  
Email: [ilenia.tinnirello@tti.unipa.it](mailto:ilenia.tinnirello@tti.unipa.it)

Prof. Giacomo Como  
Department of Automatic Control  
Lund University  
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden, Phone: +46 46 222 87 83, Fax: +46 46 13 81 18  
Email: [giacomo.como@control.lth.se](mailto:giacomo.como@control.lth.se)

Prof. Fabio Sciarrino  
Università di Roma "La Sapienza"  
Piazzale Aldo Moro, 2 – 00185 Roma, Tel. : +39 06 49913517, Fax: +39 06 49913525  
E-mail: [fabio.sciarrino@uniroma1.it](mailto:fabio.sciarrino@uniroma1.it)

### COMMISSIONE 3

#### **Membri effettivi**

Prof. Luca Larcher  
DISMI, Università di Modena e Reggio Emilia  
Pad. Tamburini - Via Amendola 2, 42122 Reggio Emilia  
Phone: +39 0522 522625 Cell: +39 320 4322394  
E-mail: [luca.larcher@unimore.it](mailto:luca.larcher@unimore.it)

Prof. Lodovico Ratti  
Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione  
Via Ferrata 1, 27100 Pavia, Tel.: +39 0382 985222, Fax: 0382 422583  
E-mail: [lodovico.ratti@unipv.it](mailto:lodovico.ratti@unipv.it)

Prof. Paolo Ferrari  
Dip. di Elettronica per l'Automazione, Università di Brescia  
Via Branze 38, 25123 Brescia, Tel. 030/3715445, Fax. 030/380014  
E-mail: [paolo.ferrari@ing.unibs.it](mailto:paolo.ferrari@ing.unibs.it)

**Membri Supplenti:**

Dr. Andrea Reale

Dipartimento di Ingegneria Elettronica

Via del Politecnico, 1 - 00133 Roma, Tel: +39 06 7259 7372, Fax: +39 06 7259 7939

E-mail: [reale@uniroma2.it](mailto:reale@uniroma2.it),

Prof.ssa Federica Cappelluti

Politecnico di Torino

DET - Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni

C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 TORINO, Italy

Phone +39-011-0904165 / +39-331-6714767

Fax +39-011-0904099

Email: [federica.cappelluti@polito.it](mailto:federica.cappelluti@polito.it)

Prof. Dario Petri

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Università di Trento

Via Sommarive, 9, 38123 Povo (TN), Tel.: 0461283902

Email: [dario.petri@unitn.it](mailto:dario.petri@unitn.it)

COMMISSIONE 4

**Membri effettivi**

Dr. Mario Albrecht, Graz University of Technology

Institute for Knowledge Discovery

Graz University of Technology

Inffeldgasse 13/IV

8010 Graz, Austria

E-mail: [mario.albrecht@tugraz.at](mailto:mario.albrecht@tugraz.at)

Phone: +43-316-873-30707

Fax: +43-316-873-30702

Prof. Giuseppe Attardi

Dipartimento di Informatica

Università di Pisa

Largo [B. Pontecorvo](#), 3 (ex via F. Buonarroti, 2), 56127 Pisa

Tel.: 050 2212700, Fax: 050 2212726, email: [attardi@di.unipi.it](mailto:attardi@di.unipi.it)

Prof. Primo Zingaretti

DII- Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

via Breccie Bianche

Tel.: 071 2204 899

Email: [p.zingaretti@univpm.it](mailto:p.zingaretti@univpm.it)

### **Membri supplenti**

Prof. Alessandro Moschitti  
Dipartimento di Ingegneria e Scienza dell'Informazione  
Università di Trento  
Via Sommarive , 9 I-38123 Povo (TN)  
Tel.: +39 0461 28 3169, Fax: +39 0461 28 2093  
E-mail: moschitti@disi.unitn.it

Dr. Gianluca Pollastri  
UCD School of Computer Science and Informatics  
University College Dublin  
Belfield Office Park – 8, Belfield, Dublin 4  
Tel: +353 1 716 5382, Fax: +353 1 269 7262  
E-mail: gianluca.pollastri@ucd.ie

Prof. Stefano Cagnoni  
[Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione](#)  
Università degli Studi di Parma  
Parco Area delle Scienze, 181/a, 43124 PARMA  
Tel.: +39 0521 905731, Fax: +39 0521 905723,  
E-mail [stefano.cagnoni@unipr.it](mailto:stefano.cagnoni@unipr.it)

Il Collegio ratifica.

### **5. Valutazione annuale dei dottorandi del secondo anno e ammissione all'anno successivo**

Il Direttore ricorda al Collegio le modalità approvate circa l'ammissibilità dei dottorandi al secondo e **terzo anno e l'ammissione all'esame finale** (Verbale del Consiglio Direttivo del 10 marzo 2010, punto 3. all'OdG).

#### **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.

#### **I dottorandi del XXVII ciclo:**

Antonello Mauro, Barbato Marco, Basso Filippo, Bisi Davide, Bonetto Riccardo, Cavraro Guido, Cuccato Davide, Dal Lago Matteo, Dominio Fabio, Fabris Chiara, Frigo Guglielmo, Giollo Manuel, Guidolin Francesco, Levorato Riccardo, Mantoan Alice, Marangon Davide Giacomo, Ministeri Giulio, Perino Mauro, Peruch Francesco, Piccinini Francesca, Riz Michela, Vasquez Stanescu Jesus Alejandro.

hanno consegnato la prescritta relazione annuale sull'attività svolta.

Il Direttore illustra al collegio i risultati della valutazione condotta dalle commissioni (Allegati 8.1-8.24) sulla base della relazione annuale e della presentazione dell'attività di ricerca svolta dai dottorandi del XXVIII ciclo riguardante l'argomento sul quale verterà la tesi finale di dottorato di cui si riportano gli estremi:

Bortoletto Roberto ha presentato una relazione dal titolo "Modellazione neuromuscoloscheletrica del movimento umano e sviluppo di strumenti di simulazione software per la stima della rigidità articolare", Supervisore Prof. Pagello

Caldognetto Tommaso ha presentato una relazione dal titolo "Architecture and management of low-voltage microgrids", Supervisore Prof. Tenti

Cappelleri Vincenzo Maria ha presentato una relazione dal titolo "Simple & Secure service spreading", Supervisore Prof. Peserico

Carron Andrea ha presentato una relazione dal titolo "Stima non parametrica ed algoritmi di apprendimento per la stima di mappe", Supervisore Prof. Schenato

Cecchetto Claudia ha presentato una relazione dal titolo "Studio della codifica dell'informazione tattile da parte di network neuronali corticali nel ratto, in seguito alla deflessione controllata di un singolo baffo", Supervisore Prof. Vassanelli

Daberdaku Sebastian ha presentato una relazione dal titolo "Studio delle caratteristiche geometriche tridimensionali e fisico-chimiche delle superfici di proteine e ligandi a supporto degli algoritmi di docking", Supervisore Prof. Ferrari

De Stefani Lorenzo ha presentato una relazione dal titolo "Tecniche per l'analisi della complessità in spazio di DAG", Supervisore Prof. Bilardi

Giaretta Alberto ha presentato una relazione dal titolo "Modeling of gene regulation and protein production of Human Papillomavirus", Supervisore Prof.ssa Toffolo

Khan Muhammad Saeed ha presentato una relazione dal titolo "Printed antennas for MIMO applications", Supervisore Prof. Capobianco

Lissandron Stefano ha presentato una relazione dal titolo "Droop control for grid-connected and autonomous microgrid operation: analysis, modeling and simulation of future electric grids", Supervisore Prof. Tenti

Mandanici Marcellina ha presentato una relazione dal titolo "Human computer interaction and embodied cognition in the field of the sound and music computing", Supervisore Prof. Canazza

Padovan Fabio ha presentato una relazione dal titolo "PGA design for radar applications", Supervisore Prof. Bevilacqua

Pagnutti Giampaolo ha presentato una relazione dal titolo "Segmentazione congiunta di immagini e depths maps", Supervisore Prof. Zanuttigh

Pappalardo Irene ha presentato una relazione dal titolo "Content-based mechanisms for network optimization",



Supervisore Prof. Zorzi

Passamani Antonio ha presentato una relazione dal titolo “A dynamic I/Q radio-frequency D/A converter and power amplifier for Wi-Fi/wireless transmission links”, Supervisore Prof. Bevilacqua

Samory Mattia ha presentato una relazione dal titolo “Interaction fingerprinting”, Supervisore Prof. Peserico

Scandola Luca ha presentato una relazione dal titolo “Innovative DC/DC architectures and topologies for the automotive industry to achieve high efficiency at high swithing frequency”, Supervisore Prof. Corradini

Scarton Alessandra ha presentato una relazione dal titolo “Combined musculoskeletal modeling and finite element modeling for diabetic foot prevention”, Supervisore Prof. Cobelli

Sertsu Mewael Giday ha presentato una relazione dal titolo “Studio, modellizzazione e caratterizzazione di rivestimenti ottici a multilayer”, Supervisore Prof. Nicolosi

Spinello Fabio ha presentato una relazione dal titolo “Modello teorico per la rappresentazione del campo elettromagnetico irradiato, basato su approssimazione con i fasci Laguerre-Gauss”, Supervisore Prof. Palmieri

Tagliavini Alessia ha presentato una relazione dal titolo “Modelli delle oscillazioni di calcio nelle cellule beta MIN6 – Modelli della diffusione del calcio e dell'esocitosi nelle cellule pituitarie”, Supervisore Prof. Pedersen

Todescato Marco ha presentato una relazione dal titolo “Robotica multi-agente: Stima distribuita di posizione e controllo di copertura”, Supervisore Prof. Carli

Tosello Elisa ha presentato una relazione dal titolo “Risoluzione del problema della navigazione fra ostacoli mobili a partire dall'algoritmo denominato NAMO”, Supervisore Prof. Pagello

Visentin Roberto ha presentato una relazione dal titolo “Bayesian method for the design and validation of glucose-insulin simulation model”, Supervisore Prof.ssa Dalla Man

Dopo discussione il Collegio delibera di ammettere al terzo anno tutti i dottorandi del XXVIII ciclo sopra elencati.

## **6. Ammissione all'esame finale: valutazione dell'attività svolta dai dottorandi del XXVII ciclo e dai dottorandi del XXVI ciclo in proroga**

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. 6.1-6.24), il Collegio delibera all'unanimità l'ammissione all'esame finale degli studenti del XXVII ciclo esclusi gli studenti che hanno presentato istanza di proroga alla discussione dell'esame finale: Basso Filippo (6 mesi), Levorato Riccardo (6 mesi), Ministeri Giulio (12 mesi) e, di seguito, l'ammissione all'esame finale degli studenti del XXVI ciclo in proroga:

Antonello Mauro, Barbato Marco, Bisi Davide, Bonetto Riccardo, Cavraro Guido, Cuccato Davide, Dal Lago Matteo, Dominio Fabio, Fabris Chiara, Frigo Guglielmo, Giollo Manuel, Guidolin Francesco, Mantoan Alice, Marangon Davide Giacomo, Perino Mauro, Peruch Francesco, Piccinini Francesca, Riz Michela, Vasquez Stanesco

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE  
SCUOLA DI DOTTORATO IN INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

Jesus Alejandro.

I dottorandi del XXVI ciclo in proroga: Bogo Federica, Bonazza Michele, Sartorio Francesco, Schmid Michele, Zago Nicola.

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

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE  
SCUOLA DI DOTTORATO IN INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

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

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **ANTONELLO Mauro** 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:**

Titolo borsa a tema vincolato:

Sistemi di telecomunicazioni e progettazione delle reti. (da Telecom Italia)

Parte 1 Didattica

Corsi seguiti

- Applied Linear Algebra, Prof. H. Wimmer
- Statistical Methods, Prof. L. Finesso
- Polyhedral Methods, Prof. M. Fischetti
- Applied Functional Analysis, Prof. G. Pillonetto

Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

- ENS/INRIA Summer School, **data:** 21-26 Luglio 2013

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

<b>Data</b>	<b>Titolo</b>	<b>Speaker</b>
25 Gennaio 2012	An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Control	Prof. Krzysztof Dyczkowski
26 Marzo 2012	Retrieval through textual annotations	Prof. David Hawking
16 Aprile 2012	From Italy to China on driverless cars: Paving the Road to Autonomous Driving	Dr. Alberto Broggi
21-24 Maggio 2012	Reasoning algorithms in probabilistic and deterministic graphical models (Dip. Matematica)	Prof.ssa Rina Dechter
4 Giugno 2012	Interazione Uomo-Robot	Dr. Salvatore Anzalone
5 Luglio 2012	Parsing with Pictures	Prof. Keshav Pingali
10 Settembre 2012	Social networks - models, methods and analysis	Prof. Prabhakar Raghavan
10 Ottobre 2012	The scientific legacy of Hubble space telescope	Prof. Robert Williams
12 Ottobre 2012	Consensus on Manifolds	Prof. Rene Vidal
15 Novembre 2012	Attività di ricerca Telecom Italia Università di Padova: "robotica automatica"	Emanuele Menegatti Riccardo Levorato Filippo Basso Mauro Antonello
26 Novembre 2012	3D Visual Sensing, Modeling and Recognition for Manufacturing and Service	Sukhan Lee
10 Dicembre 2012	Organizzazione della ricerca e la scrittura di un articolo scientifico.	Wen Soong

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE  
SCUOLA DI DOTTORATO IN INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

Data	Titolo	Speaker
13 Dicembre 2012	Investigating Emotional and Perceptual Features for a Natural Social Human-Humanoid Robot Interaction	Rosario Sorbello
18 Febbraio 2013	Brain-Machine Hybrid System	Daisuke Kurabayashi
30 Settembre 2013	Workshop SMILAND	Vari
3 ottobre 2013	Seminario BCI	Francesco Piccione Stefano Silvoni Luca Tonin
15 Aprile 2014	Object Recognition and Pose Estimation by means of global shape features. (presso la Sungkyunkwan University Corea)	Sukhan Lee, Ahmed Naguib
15 Novembre 2012	Telecom Italia and University of Padua joint research activities in the area of automated research	Various

Partecipazione a Conferenze Nazionali

**Workshop:** IAS 13 (15 Luglio 2014), Padova

**Authors:** Mauro Antonello

**Title:** Teleoperation of a Robot using EMG Signals

Partecipazione a Conferenze Internazionali

**Workshop:** PAI 2013 (Popularize Artificial Intelligence), Torino

**Authors:** Mauro Antonello, Fabio Gabrieli, Simonetta Cola and Emanuele Menegatti

**Title:** Automated Landslide Monitoring through a Low-Cost Stereo Vision System

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

\* Didattica di supporto al corso di Architettura degli Elaboratori per il Corso di Laurea in Ingegneria dell'Informazione durante il secondo semestre del A.A. 2012/2013

\* Didattica di supporto al corso di Architettura degli Elaboratori per il Corso di Laurea in Ingegneria dell'Informazione durante il secondo semestre del A.A. 2013/2014

\* Assistenza al laboratorio del corso di Elaborazione dei Dati Tridimensionali per il Corso di Laurea in Ingegneria Informatica durante il secondo semestre del A.A. 2012/2013

\* Assistenza al laboratorio del corso di Elaborazione dei Dati Tridimensionali per il Corso di Laurea in Ingegneria Informatica durante il secondo semestre del A.A. 2013/2014

\* Attività di tutorato a supporto dei Corsi di Laurea di Ingegneria con un impegno di 60 ore da Ottobre 2012 a Luglio 2013

\* Attività di tutorato a supporto dei Corsi di Laurea di Ingegneria con un impegno di 60 ore da Ottobre 2013 a Luglio 2014

Permanenza all'estero

Tra il 18/03/14 ed il 26/05/14 sono stato ospitato presso la Sungkyunkwan University (Sud Corea). Durante

questo periodo ho collaborato all'integrazione della mia attività di ricerca con il laboratorio robotica Intelligent Systems Research Institute, diretto dal prof. Sukhan Lee. L'integrazione ha consentito di applicare la caratterizzazione della distribuzione delle feature tramite Misture Gaussiane, utilizzata nella mia ricerca, con il riconoscimento di oggetti tramite feature globali, precedentemente utilizzato in uno dei progetti dello ISRI. La collaborazione ha portato alla scrittura di un articolo poi pubblicato per la conferenza IAS 13.

## Parte 2 Ricerca

Il riconoscimento di oggetti è una tematica molto attuale nella robotica autonoma ed è necessaria ad un robot che intenda interagire con l'ambiente circostante. Esistono molti aspetti di questo problema che sono peculiari della robotica: la necessità di esecuzioni real-time e di un apprendimento dinamico ne sono due esempi. Proprio in quest'ottica si collocano il progetto di dottorato e la maggior parte delle attività di ricerca ad esso collegate. Nel dettaglio, è stata studiata una tecnica di caratterizzazione statistica della distribuzione spaziale delle parti salienti degli oggetti. Le parti salienti di un oggetto sono identificate dal flusso video acquisito dal robot tramite i classici metodi comunemente utilizzati per le immagini, nello specifico sono state utilizzate le SIFT. I punti chiave in cui sono state localizzate le parti salienti vengono quindi riproiettati sulla superficie 3D dell'oggetto tramite tecniche di Structure from Motion (SfM) in modo da ottenerne la posa 6 DoF. Il modello ideato e realizzato durante il dottorato sfrutta delle distribuzioni basate sulle Misture Gaussiane al fine di apprendere la distribuzione spaziale a 6 gradi di libertà di questi punti chiave. Al fine di confrontare i modelli vengono sfruttate le proprietà di chiusura all'operatore di convoluzione delle Misture Gaussiane stesse. Lo stretto legame che unisce la Cross Correlazione e la convoluzione ha permesso la realizzazione un algoritmo di confronto tra Misture Gaussiane estremamente efficiente dal punto di vista computazionale. Tramite Cross Correlazione è stato possibile non solo confrontare la somiglianza tra due Misture Gaussiane ma anche individuarne il punto 6DoF di massima registrazione. Essendo i modelli creati una collezione di tali Misture, è stato possibile utilizzare l'algoritmo sviluppato per ottenere contemporaneamente sia un indice di somiglianza tra due modelli che la stima della posa a 6 gradi di libertà. Di fatto il procedimento ha permesso lo sviluppo di un algoritmo efficiente per il riconoscimento e la localizzazione di oggetti. Durante il primo anno di dottorato l'attività di ricerca è stata finalizzata soprattutto alla risoluzione delle problematiche legate all'acquisizione dei punti salienti e allo studio del modello matematico ideato.

Durante il secondo anno di dottorato ho approfondito e focalizzato la ricerca riguardante l'algebra e la trattazione statistica di punti sullo spazio  $SE(3)$ , ossia lo spazio 6DoF delle roto-traslazioni. In questo senso sono stati studiati, implementati e confrontati diversi metodi. Una consistente porzione di tempo è stata dedicata all'integrazione dell'algoritmo nell'ambiente di sviluppo ROS (Robot Operating System). A questo proposito sono stati realizzati alcuni moduli per permettere all'algoritmo di elaborare diverse sorgenti di dati, sia offline (RGB-D Dataset) che online (Microsoft Kinect). Alcune parti del progetto di ricerca sono state aggregate assieme ad i relativi risultati in un articolo sottomesso a WARV 2014 (Workshop on Active Robot Vision). Alla fine del secondo anno forte attenzione è stata data al confronto tra la tecnica sviluppata ed altre tecniche comunemente utilizzate nell'ambito del riconoscimento di oggetti in campo robotico. Il confronto ha portato all'introduzione di numerose ottimizzazioni nel flusso dell'algoritmo originale, permettendo una maggiore precisione nel tasso di riconoscimento e una sostanziale diminuzione nel rumore nel segnale d'ingresso. In particolare è stata introdotta una fase di quantizzazione tramite dizionario (Bag of Words) dei descrittori dei punti salienti dell'oggetto. Questo passo ha permesso di accrescere notevolmente la robustezza dei descrittori utilizzati alla deformazione prospettica, la quale rappresentava il punto debole dei descrittori utilizzati.

Nel corso del secondo anno di dottorato le conoscenze maturate nell'ambito della ricostruzione tridimensionale sono state sfruttate in un progetto volto alla ricostruzione stereo-visiva di ampi spazi naturali. L'obiettivo del

progetto è la supervisione automatica di una frana (Tessina, BL) ed ha portato ad una pubblicazione per la conferenza PAI 2013 (Popularize Artificial Intelligence).

Durante il terzo anno il proseguimento del progetto di dottorato è stato finalizzato a rendere più robusta la parte dell'algoritmo riguardante il riconoscimento della posa. L'utilizzo di Misture Gaussiane per la caratterizzazione della distribuzione spaziale (6DOF) delle feature di un oggetto è stata la principale area di studio. L'utilizzo delle Mixture of Projected Gaussian (MoPG) è stato introdotto per limitare i problemi dovuti al trattamento di punti in uno spazio non Euclideo, ovvero lo spazio SE(3) in cui si collocano le rototraslazioni a 6DOF. Per migliorare la significatività dei risultati è stata creata un'interfaccia con il BigBird Dataset; sebbene "giovane", questo dataset si è infatti rivelato essere uno dei più promettenti nella categoria.

L'esperienza spesa nelle attività di ricostruzione 3D e di Machine Learning hanno portato alla collaborazione in un progetto europeo: Thermobot. L'attività di collaborazione è stata finalizzata all'analisi di immagini termografiche per l'individuazione di micro cricche in materiali metallici. Il maggior contributo è stata l'introduzione di una caratterizzazione geometrica completa della cella di lavoro e del pezzo ispezionato, il che ha permesso un'analisi molto più accurata delle immagini termografiche. La seconda parte della collaborazione ha interessato l'analisi delle immagini ed in particolare l'estrazione di specifiche feature 2D/3D e dei relativi descrittori.

L'esperienza con le Misture Gaussiane ed il software, scritto per il riconoscimento di oggetti, sono stati sfruttati in un progetto di uno dei colleghi allo IAS-Lab. Il progetto, che ha successivamente portato ad una pubblicazione congiunta, ha utilizzato le Misture Gaussiane per la regressione dell'angolo di apertura del ginocchio a partire dai segnali EMG di alcuni sensori posti nella gamba dei soggetti.

L'attività collegata alla ricostruzione 3D di frane, iniziata nel secondo anno, è stata portata avanti in collaborazione con il dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale. L'attività principale è stata rivolta all'analisi delle sequenze di immagini della frana, acquisite con cadenza giornaliera, al fine di individuare gli spostamenti del materiale franoso.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

**Titolo:** Object Recognition and Pose Estimation by means of Cross Correlation over Mixtures of Projected Gaussian

**Supervisore:** Emanuele Menegatti

Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

- **Real-Time 3D Model Reconstruction with a Dual-Laser Triangulation System for Assembly Line Completeness Inspection**
  - o **Autori:** E. So, M. Munaro, S. Michieletto, M. Antonello and E. Menegatti
  - o **Conferenza:** Proceedings of the 12th Intelligent Autonomous Systems (IAS) Conference, Jeju Island (Korea). 2012. pp. 707-716.
  
- **Automated Landslide Monitoring through a Low-Cost Stereo Vision System**
  - o **Autori:** Mauro Antonello, Fabio Gabrieli, Simonetta Cola and Emanuele Menegatti

- **Conferenza:** Proceedings of the Workshop Popularize Artificial Intelligence co-located with the 13th Conference of the Italian Association for Artificial Intelligence (AIXIA 2013). pp 37-41.
- **Fast Incremental Objects Identification and Localization using Cross-Correlation on a 6 DoF Voting Scheme**
  - **Autori:** Mauro Antonello, Alberto Pretto, Emanuele Menegatti
  - **Conferenza:** Special Session on Active Robot Vision (WARV 2014) within the 9th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications - VISIGRAPP 2014. pp. 499 - 504
- **A Knowledge-based Approach to Crack Detection in Thermographic Images**
  - **Autori:** Stefano Ghidoni, Mauro Antonello, Loris Nanni, Emanuele Menegatti
  - **Conferenza:** Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-13), 2014.
- **Object Recognition and Pose Estimation by means of Cross-Correlation of Mixture of Projected Gaussian**
  - **Autori:** Mauro Antonello, Sukhan Lee, Naguib Ahmed, Emanuele Menegatti
  - **Conferenza:** Proceedings of the 1st International Workshop on Intelligent Robot Assistants (IRAS 2014) within the 13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-13), 2014.
- **GMM-based Single-joint Angle Estimation using EMG signals**
  - **Autori:** Stefano Michieletto, Luca Tonin, Mauro Antonello, Roberto Bortoletto, Fabiola Spolaor, Enrico Pagello, Emanuele Menegatti
  - **Conferenza:** Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-13), 2014.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **ANTONELLO Mauro** 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 **Barbato Marco** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Barbato Marco** 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:**

Supervisore: Gaudenzio Meneghesso

Tema Vincolato: Caratterizzazione e sviluppo di celle solari avanzate in silicio cristallino.

**Parte 1 Didattica**

Corsi seguiti

I ANNO

Statistical Methods (Prof. Lorenzo Finesso)

CFU 24 ore (6 cfu)

Applied Linear Algebra (Prof. Harald Wimmer)

CFU 16 ore (4 cfu)

Digital Processing of Measurement Information (Prof. Claudio Narduzzi)

CFU 16 ore (4 cfu)

Dose, Effect, Threshold (Prof. Andrea Trevisan)

CFU 12 ore (3 cfu)

Electrostatic Discharge in Integrated Circuits (Prof. Gaudenzio Meneghesso)

CFU 20 ore (5 cfu)

II ANNO

Resonant Converters and Inverters: Topologies and Modeling (Prof. Giorgio Spiazzi)

CFU 20 ore (5 cfu)

Physical model for the numerical simulation of semiconductor devices (Prof. Giovanni Verzellesi)

CFU 20 ore (5 cfu)

III ANNO

Fundamentals of crystal grown and solidification

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

20 Gennaio 2012 Field-effect multifunctional devices based on organic thin films

10 Febbraio 2012 Ricerca e industria del fotovoltaico in Italia

20 Marzo 2012 Development of a novel heterostructure based on AlN/GaN for high power/high frequency applications

29 Marzo 2012 Workshop COMSOL Multiphysics

27 Aprile 2012 Fotovoltaico a concentrazione

25 Maggio 2012 Sistemi di conversione per generatori fotovoltaici

25 Gennaio 2013 Caratterizzazione e affidabilità di celle solari (con presentazione)

6 Febbraio 2013 Seminario National Instruments



14 Marzo 2013 Caratterizzazione chimico-fisica di celle fotovoltaiche  
23 Aprile 2013 Workshop Polo fotovoltaico  
4 Giugno 2013 Organic field-effect transistor structures: a truly multifunctional platform  
5 Giugno 2013 La proprietà intellettuale (Progettazione di elettronica analogica)  
10 Giugno 2013 Fotovoltaico organico: dalla ricerca di base all'industrializzazione

24 Febbraio 2014 Present and Future of GaN Power Devices  
13 Marzo 2014 High performance multi-crystalline silicon produced by iDSS (induction Directional  
Solidification System): first experimental results  
5 Maggio 2014 Micro-LEDs for Applications in Optogenetics  
8 Maggio 2014 Seminario polo fotovoltaico  
23 Maggio 2014 Recent Advances of GaN Gate Injection Transistor (GIT) for high efficiency power  
conversion  
29 Maggio 2014 Cooperative Control of Photovoltaic Inverters in Smart Microgrids  
24 Luglio 2014 Efficiency limiting mechanisms in InGaN LEDs  
6 Ottobre 2014 - GaN Power Devices for Automotive Applications  
- Degradation analysis and current collapse imaging of AlGaN/GaN HEMTs by measurement of electric  
field-induced optical second-harmonic generation  
Ecc.

#### Partecipazione a Conferenze Nazionali

V Scuola Nazionale "Rivelatori ed Elettronica per Fisica delle Alte Energie, Astrofisica, Applicazioni Spaziali e Fisica Medica": RF-MEMS: caratterizzazione, affidabilità ed effetti delle radiazioni (18 Aprile 2013)

#### Partecipazione a Conferenze Internazionali

EUPVSEC 2012 - 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
EUPVSEC 2013 - 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition  
ESSDERC 2014 - 44th European Solid-State Device Conference

#### Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

Attività didattica di supporto anno accademico 2013-2014 corso: Elettronica Organica e Molecolare. N. Ore: 10.

## **Parte 2 Ricerca**

Durante il dottorato di ricerca, Marco Barbato ha svolto attività legate a dispositivi RF MEMS, in particolare si è occupato di effettuare misure di long term actuation su dispositivi in package e in wafer. Lo sviluppo del sistema per testare dispositivi in package ha richiesto la prototipazione di una scheda elettronica basata su microcontrollore microchip PIC18F4550 e di amplificatori operazionali ad alta tensione (200 V). Le misure sono state effettuate a diverse temperature con il fine di indagare i meccanismi di intrappolamento di carica e stimare il tempo di vita a lungo termine. Sono stati affinati i sistemi di misura per permettere un'estrapolazione più accurata dei parametri fondamentali degli switch RF MEMS (parametri S, resistenza di contatto, frequenza di risonanza, ecc).

Inoltre si è occupato di realizzare un burn-in per dispositivi RF MEMS in grado di mantenere i dispositivi sotto stress per mesi a diverse temperature. Questo permette un'estrapolazione più accurata dei tempi di vita dei dispositivi. Inoltre è stato possibile aumentare la statistica di dispositivi disponibili con conseguente miglioramento nella predizione dei tempi di vita.

Nell'ambito scariche elettrostatiche (ESD), ha riprogettato il sistema di misura già esistente in laboratori (TLP),

rendendolo compatibile con windows 7 e con l'oscilloscopio DPO4104B: questo ha permesso un aumento delle prestazioni del sistema di misura in termini di velocità di misura e di massima corrente. Inoltre ha sviluppato dei filtri in modo da rendere modificabile il fronte di salita dell'impulso: 1 ns, 10 ns, 50 ns. La variazione del tempo di salita dell'impulso permette di rendere il sistema paragonabile a sistemi industriali di stress alle scariche elettrostatiche standard (HBM).

Sta attualmente progettando un sistema si misura in grado di emulare una scarica di tipo HBM fino a 8000V (human body machine) in modo da poter comparare i meccanismi di rottura dei dispositivi con il sistema già presente in laboratorio basato su linea di trasmissione (TLP). Lo sviluppo di un sistema di scariche elettrostatiche (HBM) risulta di particolare difficoltà per la presenza di tensioni e correnti elevate e per la progettazione di schede elettroniche con bassi elementi parassiti (induttanze e capacità) che rovinano le forme d'onda di corrente e tensioni risultanti.

Riguardo l'attività sul fotovoltaico si è occupato di affiancare due studenti nelle loro attività di tesi. La prima attività riguarda lo studio dell'affidabilità di celle solari MWT attraverso stress in polarizzazione in inversa e modeling dei risultati ottenuti attraverso modello a due diodi. Per lo svolgimento di queste tipologie di stress si sono affinati alcuni sistemi di misura basati su elettroluminescenza, fotoluminescenza, e caratterizzazione elettrica preliminare (caratteristica IV). Questi sistemi permettono di indagare fenomeni di shunt parassiti sulle celle e difettosità nel silicio utilizzato per la realizzazione delle celle stesse.

La seconda attività riguarda la realizzazione di un simulatore solare in grado di produrre uno stress ottico su celle solari standard (LID). Il progetto prevede lo studio delle sorgenti luminose e la realizzazione dell'elettronica in grado di pilotare il simulatore.

Inoltre nell'ultimo periodo si è occupato della modellizzazione delle celle fotovoltaiche attraverso il modello a due diodi implementato con software matlab e LTspice. Questo sistema risulta di particolare interesse per poter determinare resistenza serie, resistenza di shunt e fattori di idealità della giunzione fotovoltaica attraverso semplici misure IV in condizione di buio e in condizione di illuminazione ad 1 sun.

#### Titolo Tesi di dottorato

Characterization, modeling and reliability of RF MEMS Switches and Photovoltaic Silicon Solar Cells

Supervisore

Gaudenzio Meneghesso

### **Parte 3 Pubblicazioni**

#### Conferenze internazionali

- 1) M. Barbato, M. Meneghini, V. Giliberto, D. Giaffreda, P. Magnone, R. De Rose, C. Fiegna, G. Meneghesso, **"Effect of shunt resistance on the performance of mc-Silicon solar cells: a combined electro-optical and thermal investigation"** PVSC 2012, 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Austin, Texas, June 3-8, 2012.
- 2) D. Giaffreda, P. Magnone, R. De Rosa, M. Barbato, M. Meneghini, V. Giliberto, G. Meneghesso, E. Sangiorgi, C. Fiegna, **"A Distributed Electrical Network to Model the Local Shunting in Multicrystalline Silicon Solar Cells"** PVSEC 2012, 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Conference, Frankfurt, Germany, September 24-28, 2012.
- 3) G. De Pasquale, M. Barbato, V. Giliberto, G. Meneghesso, A. Somà, **"Reliability improvement in microstructures by reducing the impact velocity through electrostatic force modulation"**, ESREF 2012, 23rd European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis October 1 - 5, 2012 Cagliari, Italy.

- 4) M. Barbato, V. Giliberto and G. Meneghesso, "**A new measurement set-up to investigate the charge trapping phenomena in RF MEMS packaged switches**", ICMTS 2013, International Conference on Microelectronic Test Structures, 25-28th March, 2013, Osaka, Japan
- 5) A. Compagnin, M. Meneghini, V. Giliberto, M. Barbato, M. Marsili, E. Zanoni, G. Meneghesso, "**Thermal and electrical characterization of catastrophic degradation of silicon solar cells submitted to reverse current stress**", PVSC 2013, 39th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Tampa, Florida, June 16-21, 2013.
- 6) A. Compagnin, M. Meneghini, M. Barbato, V. Giliberto, A. Cester, M. Vanzi, G. Mura, E. Zanoni, G. Meneghesso, "**Thermal and electrical investigation of the reverse bias degradation of silicon solar cells**", ESREF 2013, 24rd European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis September 30 - October 4, 2013 Arcachon - France.
- 7) S. Vaccari, M. Meneghini, A. Griffoni, D. Barbisan, M. Barbato, S. Carraro, M. La Grassa, G. Meneghesso, E. Zanoni, "**ESD Characterization of Multi-Chip RGB LEDs**", ESREF 2013, 24rd European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis September 30 - October 4, 2013 Arcachon - France.
- 8) G. De Pasquale, M. Barbato, G. Meneghesso, A. Somà, "**Impact wear and other contact effects on the electro-mechanical reliability of MEMS**", DTIP 2014, Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS, 2-4 April 2014, Cannes Cote d'Azur, France.
- 9) V. Mulloni, B. Margesin, G. Resta, G. Meneghesso, M. Barbato, R. Marcelli, A. Lucibello, L. Vietzorreck, P. Farinelli, F. Vitulli, M. Scipioni, "**Reliability of RF-MEMS switches for space applications**", 9th Esa Round Table On Micro And Nano Technologies For Space Applications, Lausanne, Switzerland, 10-13 June, 2014.
- 10) A. Salavei, B. Lei Xu, I. Rimmaudo, F. Piccinelli, M. Barbato, M. Meneghini, G. Meneghesso, S. Di Mare, and A. Romeo, "**High Efficiency ultra thin CdTe absorbers by physical vapor deposition**", PVSEC2014, 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Conference, Amsterdam, The Netherlands, September 24-26, 2014.
- 11) B. Lei Xu, I. Rimmaudo, A. Salavei, F. Piccinelli, M. Barbato, M. Meneghini, G. Meneghesso, S. Di Mare, D. Menossi, A. Bosio, N. Romeo, and A. Romeo, "**The multiple effects of the CdCl<sub>2</sub> activation treatment on the device properties of CdTe/CdS solar cells by monitoring the annealing temperature**", PVSEC2014, 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Conference, Amsterdam, The Netherlands, September 24-26, 2014.
- 12) M. Barbato, A. Cester, V. Mulloni, B. Margesin, G. De Pasquale, A. Somà and G. Meneghesso, "**Reliability of capacitive RF MEMS switches subjected to repetitive impact cycles at different temperatures**", ESSDERC2014, 44th European Solid-State Device Conference, Venice, Italy, September 22-26.
- 13) M. Dal Lago, M. Meneghini, M. Barbato, N. Trivellin, G. Meneghesso, E. Zanoni "**ESD on GaN-based LEDs: an analysis based on dynamic electroluminescence measurements and current waveforms**" ESREF 2014, 25rd European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis September 29 - October 2, 2014 Berlin - Germany.
- 14) M. Barbato, A. Cester, A. Barbato, V. Mulloni, B. Margesin and G. Meneghesso, "**Preconditioning of RF MEMS switches for the correct estimation of the long term device lifetime**" (under review).
- 15) M. Barbato, M. Meneghini, A. Cester, A. Barbato, G. Mura, D. Tonini, A. Voltan, G. Cellere, E. Zanoni, and G. Meneghesso, "**Stress-Induced Instabilities of Shunt Paths in High Efficiency MWT Solar Cells**" (under review).

#### Rivista

- 1) G. De Pasquale, M. Barbato, V. Giliberto, G. Meneghesso, A. Somà, "**Reliability improvement in microstructures by reducing the impact velocity through electrostatic force modulation**", Microelectronics Reliability, Volume 52, Issues 9–10, September–October 2012, Pages 1808-1811, ISSN 0026-2714.
- 2) A. Compagnin, M. Meneghini, M. Barbato, V. Giliberto, A. Cester, M. Vanzi, G. Mura, E. Zanoni, G. Meneghesso, "**Thermal and electrical investigation of the reverse bias degradation of silicon solar cells**", Microelectronics Reliability, Volume 53, Issues 9–11, September–November 2013, Pages 1809-1813.
- 3) S. Vaccari, M. Meneghini, A. Griffoni, D. Barbisan, M. Barbato, S. Carraro, M. La Grassa, G. Meneghesso, E. Zanoni, "**ESD characterization of multi-chip RGB LEDs**", Microelectronics Reliability, Volume 53, Issues 9–11, September–November 2013, Pages 1510-1513.
- 4) M. Barbato, V. Giliberto, A. Cester, G. Meneghesso, "**A Combined Mechanical and Electrical Characterization Procedure for Investigating the Dynamic Behavior of RF-MEMS Switches**", Device and Materials Reliability, IEEE Transactions on, vol.14, no.1, pp.13-20, March 2014.
- 5) D. Giaffreda, P. Magnone, M. Meneghini, M. Barbato, G. Meneghesso, E. Zanoni, E. Sangiorgi, C. Fiegna, "**Local Shunting in Multicrystalline Silicon Solar Cells: Distributed Electrical Simulations and Experiments**" Photovoltaics, IEEE Journal of, vol.4, no.1, pp.40-47, Jan. 2014.
- 6) M. Meneghini, S. Vaccari, M. Dal Lago, S. Marconi, M. Barbato, N. Trivellin, A. Griffoni, A. Alfier, G. Verzellesi, G. Meneghesso, E. Zanoni, "**ESD degradation and robustness of RGB LEDs and modules: An investigation based on combined electrical and optical measurements**", Microelectronics Reliability, Available online 14 March 2014.
- 7) M. Barbato, M. Meneghini, A. Cester, G. Mura, E. Zanoni, and G. Meneghesso, "**Influence of shunt resistance on the performance of an illuminated string of solar cells: theory, simulation and experimental analysis**", Device and Materials Reliability, IEEE Transactions on,
- 8) M. Dal Lago, M. Meneghini, C. De Santi, M. Barbato, N. Trivellin, G. Meneghesso, E. Zanoni, "**ESD on GaN-based LEDs: An analysis based on dynamic electroluminescence measurements and current waveforms**", Microelectronics Reliability, Available online 6 August 2014, ISSN 0026-2714.
- 9) F.A. Marino, A. Stocco, M. Barbato, E. Zanoni, G. Meneghesso, "**Double Control Gate Field-Effect Transistor for Area Efficient and Cost Effective Applications**", Electron Device Letters, IEEE.
- 10) Marco Barbato, Fabio Alessio Marino, and Gaudenzio Meneghesso, "**A novel technique to alleviate the stiction phenomenon in RF MEMS switches subjected to long term stresses**" (under review).

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Barbato 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 **Bisi Davide** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Bisi Davide** 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.
- Game Theory.
- Statistical Methods.
- Electrostatic Discharge in Integrated Circuits.

##### **Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi**

- SSIE2012 – Scuola estiva in Ingegneria dell'Informazione (Bressanone).

##### **Seminari seguiti al DEI o in altre sedi**

- 20 marzo 2012: *“Development of a novel heterostructure based on AlN/GaN for high power/high frequency applications”* by Prof. Farid Medjdoub from I.E.M.N. University of Lille.
- 9-11 luglio 2012: corso National Instruments LabView Core 1.
- 26-27 settembre 2012: corso National Instruments LabView Core 2.

##### **Partecipazione a Conferenze Internazionali**

- 1-5 ottobre 2012, Cagliari: ESREF 2012 European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis.
- 5-7 novembre 2012, Barcellona: 21th HETECH European Workshop on Heterostructure Technology.
- 26-29 maggio 2013, Warnemunde, Germania: *37th Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits.*
- 16-20 settembre 2013, Bucharest, Romania: *European Solid-State Device Research Conference.*

##### **Permanenza all'estero**

- 8 settembre 2014 – 8 marzo 2015: Visiting scholar presso University of California, Santa Barbara (UCSB) sotto la supervisione del professor Umesh K. Mishra

## Parte 2 Ricerca

L'attività di ricerca svolta nell'arco dei tre anni della Scuola di Dottorato ha coinvolto la caratterizzazione di dispositivi HEMT (High Electron Mobility Transistor) basati su semiconduttori composti nitruro di gallio (GaN), nitruro di alluminio (AlN), e le relative leghe (AlGaN). Attraverso l'esecuzione e la correlazione di diverse tecniche di misure statiche (I-V) e dinamiche (pulsed I-V e DLTS), sono stati studiati gli effetti parassiti legati all'intrappolamento di carica nella regione attiva del dispositivo, causati dai livelli profondi elettricamente attivi, introdotti sia dalla difettosità intrinseca dei materiali in esame, sia da particolari soluzioni tecnologiche adottate durante il processo di fabbricazione. Tali effetti, oltre a limitare le performance dinamiche dei dispositivi, rappresentano fattori di importanza primaria nello studio dei meccanismi di degrado a lungo termine. L'attività di ricerca è stata caratterizzata da (i) la progettazione e lo sviluppo hardware e software delle metodologie di caratterizzazione, (ii) l'effettiva esecuzione delle campagne di misura, e (iii) dall'analisi dei risultati ottenuti, attraverso modelli e algoritmi di fitting basati sulla fisica dei semiconduttori. Le risorse e l'attività di ricerca sono state supportate dal progetto europeo MANGA (Manufacturing GaN), per i quali sono stati redatti i report annuali e semestrali. Le metodologie sviluppate sono state impiegate con successo in altri progetti di ricerca europei, fra i quali HipoSwitch, AllInWon e progetto ESA. Infine, grazie ai risultati ottenuti, è stato coltivato lo scambio di risorse con gli istituti di ricerca Fraunhofer IAF (Germania) e IMEC (Belgio).

Sfruttando le proprietà fisiche dei III-nitruuri, fra cui l'ampio band-gap (3.4 eV per il GaN), i dispositivi basati su eterostrutture AlGaN/GaN sono devoti per applicazioni ad alta potenza ed alta frequenza, sia per sistemi a microonde (radar, comunicazioni satellitari, base-station, etc.), sia per sistemi di conversione dell'energia elettrica (ad esempio, convertitori buck/boost). Tuttavia, a causa della complesse condizioni di crescita epitassiale (legate intrinsecamente alla natura dei materiali III-nitruuri), gli strati epitassiali presentano una difettosità cristallografica ed una concentrazione di stati-trappola relativamente alta. Questo si traduce nella presenza di meccanismi parassiti, intrappolamento di carica e correnti di leakage, potenzialmente pericolosi sia per le prestazioni dinamiche, sia per l'affidabilità a lungo termine dei dispositivi.

Per effettuare una caratterizzazione esaustiva dei fenomeni parassiti ed individuarne quindi le cause, le tecniche di caratterizzazione impiegate sono l'analisi delle caratteristiche  $I_D$ - $V_D$ ,  $I_D$ - $V_G$ , e  $I_G$ - $V_G$  statiche ed impulsate, e la spettroscopia dei livelli profondi (DLTS, Deep-Levels Transient Spectroscopy).

I risultati originali salienti ottenuti nel corso dei tre anni di attività di ricerca sono riportati in seguito:

- Sviluppo di un sistema di misura impulsato ad alta tensione (fino a 600V), fondamentale per lo studio delle caratteristiche dinamiche di dispositivi destinati ad operare in regimi di alta tensione (> 100 V). Tramite l'impiego di generatori di forme d'onda, amplificatori di potenza, sonda differenziale ad alta-tensione, ed oscilloscopio, è stato installato un banco misura in grado di eseguire la caratterizzazione Double-Pulse I-V e la spettroscopia dei livelli profondi tramite l'acquisizione nel dominio del tempo della corrente di drain eseguita a diverse temperature. Il sistema permette una finestra di acquisizione temporale compresa fra 1  $\mu$ s e 100 s per misure fino a 200V e fra 20  $\mu$ s e 100s per misure fino a 600V.
- Definizione di un protocollo di caratterizzazione per ottenere informazioni sulla localizzazione degli stati trappola all'interno della struttura epitassiale, e sull'identificazione dei meccanismi che provocano i fenomeni di intrappolamento. Il protocollo include (i) l'analisi delle correnti di leakage proveniente dai 3 terminali (gate, source e substrato), (ii) l'analisi della subthreshold-slope e dei fenomeni di canale corto

(DIBL e subthreshold leakage), (iii) l'analisi degli effetti dei meccanismi di intrappolamento sui parametri elettrici dinamici (spostamento della tensione di soglia e degrado della transconduttanza), e (iv) l'analisi dei livelli profondi e la comparazione con un database che raccoglie i dati pubblicati in letteratura.

- Individuazione di un meccanismo di trapping promosso dalla corrente di leakage di gate. Questo meccanismo è critico durante il funzionamento OFF-state in dispositivi che impiegano gate realizzati tramite giunzione Schottky metallo-semiconduttore.
- Individuazione di un meccanismo di trapping promosso da elettroni caldi. Questo meccanismo è critico durante il funzionamento SEMI-ON-state, nel quale sono presenti contemporaneamente alti livelli di campo elettrico e alti livelli di corrente di canale.
- Individuazione di un meccanismo di intrappolamento localizzato nel buffer, e causato potenzialmente dal campo elettrico verticale generato fra drain e substrato. Questo meccanismo è critico durante il funzionamento ad alta tensione ed alta temperatura in dispositivi realizzati su substrati in silicio (scarsamente isolanti).
- Individuazione di stati trappola strettamente correlati alla presenza di agenti droganti (Ferro e Carbonio) all'interno degli strati GaN buffer. I livelli profondi introdotti dal processo di drogaggio sono il livello  $E_c - 0.6$  eV per il Ferro, e i livelli  $E_c - 0.8$  eV ed  $E_v + 0.9$  eV per il Carbonio.
- Individuazione di un meccanismo di trapping dovuto all'intrappolamento di carica negli strati isolanti nelle tecnologie MIS-HEMT. Durante il funzionamento ON-state, con il gate polarizzato con tensioni fortemente positive, elettroni vengono intrappolati nei difetti di interfaccia o dell'ossido promuovendo forti variazioni della tensione di soglia. Lo sviluppo di strati dielettrici con bassa concentrazione di stati trappola è un punto chiave per il successo della tecnologia MIS-HEMT.
- Sintesi preliminare di un meccanismo di degrado probabilmente promosso da fenomeni di canale corto e correnti parassite di sotto-soglia, le quali provocano la generazione di difetti cristallografici, il peggioramento dei fenomeni di intrappolamento di carica e il relativo peggioramento delle performance RF.

#### **Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore**

- Characterization of Charge Trapping Phenomena in GaN-based HEMTs
- Supervisore: Prof. Gaudenzio Meneghesso

#### **Parte 3 Pubblicazioni**

##### **Elenco pubblicazioni su rivista internazionale**

- 2014** M. Meneghini, I. Rossetto, **D. Bisi**, A. Stocco, A. Chini, A. Pantellini, C. Lanzieri, A. Nanni, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Buffer Traps in Fe-doped AlGaN/GaN HEMTs: Investigation of the Physical Properties Based on Pulsed and Transient Measurements," *IEEE Trans. Electron Devices*, in press.
- 2014** T.-L. Wu, D. Marcon, N. Ronchi, B. Bakeroot, S. You, S. Stoffels, M. Van Hove, **D. Bisi**, M. Meneghini, G. Groeseneken, S. Decoutere, "Analysis of Slow De-trapping Phenomena after a Positive Gate Bias on AlGaN/GaN MIS-HEMTs with in-situ Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Bilayer Gate Dielectrics," *Solid State Electronics*, in press.
- 2014** **D. Bisi**, M. Meneghini, F. A. Marino, D. Marcon, S. Stoffels, M. Van Hove, S. Decoutere, G. Meneghesso, E.

Zanoni, "Kinetics of Buffer-Related RON-Increase in GaN-on-Silicon MIS-HEMTs," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 35, no. 10, p. 1004, October 2014.

- 2014** A. Stocco, S. Gerardin, **D. Bisi**, S. Dalcanale, F. Rampazzo, M. Meneghini, G. Meneghesso, J. Grünenpütt, B. Lambert, H. Blanck, E. Zanoni, "Proton induced trapping effect on space compatible GaN HEMTs," *Microelectronics Reliability*, vol. 54, no. 9-10, p. 2213, September-October 2014.
- 2014** M. Meneghini, **D. Bisi**, D. Marcon, S. Stoffels, M. Van Hove, T. Wu, S. Decoutere, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Trapping in GaN-based metal-insulator-semiconductor transistors: Role of high drain bias and hot electrons," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 104, no. 14, p. 143505, April 2014.
- 2014** M. Meneghini, **D. Bisi**, D. Marcon, S. Stoffels, M. Van Hove, T. Wu, S. Decoutere, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Trapping and Reliability assessment in d-mode GaN-based MIS-HEMTs for Power Applications," *IEEE Trans. Power Electronics*, vol. 29, no. 5, pp. 2199-2207, May 2014.
- 2013** **D. Bisi**, M. Meneghini, C. de Santi, A. Chini, M. Dammann, P. Brückner, M. Mikulla, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Deep-Level Characterization in GaN HEMTs-Part I: Advantages and Limitations of Drain Current Transient Measurements," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 60, no. 10, pp. 3166 - 3175, Oct. 2013.
- 2013** G. Meneghesso, M. Meneghini, **D. Bisi**, R. Silvestri, A. Zanandrea, O. Hilt, E. Bahat-Treidel, F. Brunner, A. Knauer, J. Wuerfl, E. Zanoni, "GaN-Based Power HEMTs: Parasitic, Reliability and High Field Issues," *ECS Transactions*, vol. 58, no.4, pp. 187-198, Nov. 2013.
- 2013** G. Meneghesso, M. Meneghini, **D. Bisi**, I. Rossetto, U. K. Mishra, and E. Zanoni, "Trapping phenomena in AlGaIn/GaN HEMTs: A study based on pulsed and transient measurements," *Semicond. Sci. Technol.*, vol. 28, no. 7, p. 074021, Jul. 2013.
- 2013** G. Meneghesso, M. Meneghini, A. Stocco, **D. Bisi**, C. de Santi, I. Rossetto, A. Zanandrea, F. Rampazzo, E. Zanoni, "Degradation of AlGaIn/GaN HEMT devices: Role of reverse-bias and hot electron stress," *Microelectronic Engineering*, vol. 109, pp. 257–261, Sep. 2013.
- 2012** A. Chini, F. Soci, F. Fantini, A. Nanni, A. Pantellini, C. Lanzieri, **D. Bisi**, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Field plate related reliability improvements in GaN-on-Si HEMTs," *Microelectronics Reliability*, vol. 52, p. 2153-2158, Sep. 2012.

#### Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

- 2014** **D. Bisi**, A. Stocco, M. Meneghini, F. Rampazzo, A. Cester, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Characterization of High-Voltage Charge-Trapping Effects in GaN-based Power HEMTs," *Proc. of European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC 2014)*, Sep. 2014.
- 2014** F. A. Marino, **D. Bisi**, M. Meneghini, G. Verzellesi, E. Zanoni, M. Van Hove, S. You, S. Decoutere, D. Marcon, S. Stoffels, N. Ronchi, G. Meneghesso, "Breakdown investigation in GaN-based MIS-HEMT devices," *Proc. of European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC 2014)*, Sep. 2014.
- 2014** M. Meneghini, **D. Bisi**, D. Marcon, S. Stoffels, M. Van Hove, T. Wu, S. Decoutere, G. Meneghesso, E. Zanoni, " Investigation of the impact of hot electrons and high drain bias on the dynamic Ron increase in GaN-based MIS-HEMTs grown on silicon," *Proc. of International Workshop on Nitride Semiconductors (IWN 2014)*, Aug. 2014.
- 2014** M. Meneghini, I. Rossetto, **D. Bisi**, A. Stocco, A. Chini, A. Pantellini, C. Lanzieri, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Role of buffer doping and pre-existing trap states in the current collapse and degradation of AlGaIn/GaN HEMTs," *Proceedings of IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS 2014)*, 6C.6.1, Jun. 2014.
- 2014** **D. Bisi**, A. Stocco, M. Meneghini, F. Rampazzo, A. Cester, G. Meneghesso, E. Zanoni, "High-Voltage



Double-Pulsed Measurement System for GaN-based Power HEMTs," *Proceedings of IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS 2014)*, CD.11.1, Jun. 2014. Best Poster Award.

- 2014** M. Meneghini, I. Rossetto, **D. Bisi**, A. Chini, A. Stocco, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Impact of iron doping on buffer traps and current collapse in GaN-based HEMTs," *41<sup>st</sup> International Symposium on Compound Semiconductor (ISCS 2014)*, May 2014.
- 2014** **D. Bisi**, A. Stocco, I. Rossetto, M. Meneghini, F. Rampazzo, A. Chini, F. Soci, A. Pantellini, C. Lanzieri, P. Gamarra, C. Lacam, M.-A. di Forte-Poisson, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Parasitic Effects of Buffer Design on Static- and Dynamic- Parameters of AlGaIn/GaN High Electron Mobility Transistors," *ESA 7<sup>th</sup> Wide band gap semiconductor components workshop*, Sep. 2014.
- 2013** **D. Bisi**, M. Meneghini, A. Stocco, G. Cibir, A. Pantellini, A. Nanni, C. Lanzieri, E. Zanoni, G. Meneghesso, "Influence of Fluorine-based Dry Etching on Electrical Parameters of AlGaIn/GaN-on-Si High Electron Mobility Transistors," in *Proc. of European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC 2013)*, pp. 61-64, Sep. 2013.
- 2013** M. Meneghini, **D. Bisi**, D. Marcon, S. Stoffels, M. van Hove, T. Wu, S. Decoutere, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Ron Collapse, Breakdown and Degradation of d-mode MIS-HEMTs Based on GaN on Si Technology," *10<sup>th</sup> International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS 2013)*, Aug. 2013.
- 2013** M. Meneghini, **D. Bisi**, D. Marcon, S. Stoffels, M. Van Hove, T. L. Wu, S. Decoutere, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Transient Performance, Breakdown And Degradation Of Power Transistors GaN On Si Technology," *45th annual meeting of the Associazione Gruppo Italiano di Elettronica (GE 2013)*, Jun. 2013. Best Paper Award.
- 2012** M. Meneghini, M. Bertin, G. Dal Santo, A. Stocco, **D. Bisi**, G. Meneghesso, E. Zanoni, D. Marcon, P. E. Malinowski, A. Chini, "Reverse-Bias Degradation of AlGaIn/GaN Vertical Schottky Diodes: An Investigation Based on Electrical and Capacitive Measurements," *39th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS 2012)*, Aug. 2012.
- 2012** A. Chini, V. Di Lecce, F. Soci, **D. Bisi**, A. Stocco, M. Meneghini, A. Gasparotto, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Experimental and Numerical Correlation between Current-Collapse and Fe-doping Profiles in GaN HEMTs" in *Proc. IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS 2012)*, April 2012, pp. CD.2.1 - CD.2.4.
- 2014** **D. Bisi**, A. Stocco, I. Rossetto, M. Meneghini, F. Rampazzo, A. Chini, F. Soci, A. Pantellini, C. Lanzieri, P. Gamarra, C. Lacam, M.-A. di Forte-Poisson, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Parasitic Effects of Buffer Design on Static- and Dynamic- Parameters of AlGaIn/GaN High Electron Mobility Transistors," accepted for oral presentation at the *ESA 7<sup>th</sup> Wide band gap semiconductor components workshop*, Sep. 2014.
- 2013** **D. Bisi**, A. Stocco, F. Rampazzo, M. Meneghini, S. Marconi, M. La Grassa, S. Carraro, M. Marioli, M. Dammann, P. Brückner, M. Mikulla, E. Zanoni, G. Meneghesso, "Deep-Levels characterization in AlGaIn/GaN High Electron Mobility Transistors by means of Drain Current Transient Analysis," *10th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics (TWHM 2013)*, Sep. 2013.
- 2013** **D. Bisi**, A. Stocco, F. Rampazzo, M. Meneghini, G. Meneghesso, E. Zanoni, M. Dammann, P. Brückner, M. Mikulla, "Deep Levels Characterization By Means Of Drain Current Transient In Algan/Gan Hemt Devices," in *Proc. 37th Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits (WOCSDICE 2013)*, May 2013.
- 2012** **D. Bisi**, A. Stocco, F. Rampazzo, M. Meneghini, F. Soci, A. Chini, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Correlation between Drain Current Transient and Double-Pulse Measurements in AlGaIn/GaN HEMT Trap Analysis,"

in *Proc. of 21th European workshop on Heterostructure Technology (HETECH 2012)*, Nov. 2012.

- 2012** F. Soci, A. Chini, F. Fantini, A. Nanni, A. Pantellini, C. Lanzieri, **D. Bisi**, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Traps characterization in AlGaIn/GaN HEMTs by means of Drain Current Transient Measurements," in *Proc. of 21th European workshop on Heterostructure Technology (HETECH 2012)*, Nov. 2012.
- 2011** Y. Lai, K.W. Ian, **D. Bisi**, A. Chini and M. Missous, "Effects of Thermal Annealing on Current Degradation in Enhancement Mode Pd gate InAlAs/InGaAs/InP pHEMTs," in *Proc. of 20th European Heterostructure Technology meeting (HETECH 2011)*, November 2011.
- 2011** A. Zanandrea, F. Rampazzo, A. Stocco, E. Zanoni, **D. Bisi**, F. Soci, A. Chini, P. Ivo, J. Wuerfl, G. Meneghesso, "DC and Pulsed Characterization of GaN-based Single- and Double- Heterostructure Devices," in *Proc. of 20th European Heterostructure Technology meeting (HETECH 2011)*, Nov. 2011.
- 2011** F. Rampazzo, A. Stocco, R. Silvestri, M. Meneghini, N. Ronchi, **D. Bisi**, F. Soci, A. Chini, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Impact of Hot Electrons on the Reliability of AlGaIn/GaN High Electron Mobility Transistors," in *Proc. of 20th European Heterostructure Technology meeting (HETECH 2011)*, Nov. 2011.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Bisi Davide** 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 **Bonetto Riccardo** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

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

### **Il candidato dichiara quanto segue:**

#### Ottimizzazione di micro reti elettriche intelligenti

### **Parte 1 Didattica**

#### Corsi seguiti

- Game Theory (Leonardo Badia)
- Applied Linear Algebra (Harald Wimmer)
- Statistical Methods (Lorenzo Finesso)
- Behavioral Approach to Control of Distributed Systems (Shiva Shankar)
- Information Theoretic Methods in Security (Nicola Laurenti)
- Network Optimization (Carlo Fischione presso il Royal Institute of Technology - KTH-, Stoccolma, Svezia).

#### Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- Distinguished Lectures: ciclo di seminari tenuti da personalità di rilievo nella comunità accademica internazionale;
- Wireless MAC Processors: Programming and Running MAClets on Hard-Coded Devices (30 Ottobre 2012): seminario tenuto dai Proff. Ilenia Tinnirello, Università di Palermo e Francesco Gringoli, Università di Brescia;
- Cooperative Energy Network Management for Smart Microgrids (8 Ottobre 2012): seminario tenuto dal Prof. Masayuki Fujita del Department of Mechanical and Control Engineering del Tokyo Institute of Technology;
- Conservation science for the cultural heritage: the role of information technology (Maurizio Seracini, Editech & University of California, October 14 2013);
- Fotovoltaico organico: dalla ricerca di base all'industrializzazione (Aldo Di Carlo, Università di Roma "Tor Vergata" e direttore dell'istituto CHOSE - Polo Solare Organico della Regione Lazio, June 10 2013);
- Cooperative Multi-Agent Learning and Coordination for Cognitive Radio Networks (William Zame, Department of Economics, University of California, Los Angeles, May 2 2013);
- The Japanese Smart Grid and its Related Power Electronics (Hirofumi Akagi, Department of Electrical and Electronic Engineering - Tokyo Institute of Technology, February 25 2013);

- ACCESS Internal Seminar Series (presso il Royal Institute of Technology - KTH-, Stoccolma, Svezia, dal 7 Gennaio 2014 al 25 Giugno 2014);
- Control Systems Group weekly meetings (presso il Royal Institute of Technology - KTH-, Stoccolma, Svezia, dal 7 Gennaio 2014 al 25 Giugno 2014);
- SIGNET Meetings (gennaio 2012 – dicembre 2014): ciclo di seminari settimanali con temi che spaziano da Underwater Communications, Wireless Sensor Networks e Wireless Communications tenutosi presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Padova.

#### Partecipazione a Conferenze Internazionali

- 5th International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques (SIMUTOOLS '12);
- World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2012 IEEE International Symposium;
- Meeting generale del progetto europeo IoTa tenutosi presso VDI/VDE, Berlino, Gennaio 2012.

Permanenza all'estero: 07 Gennaio 2014 – 25 Giugno 2014 presso il Royal Institute of Technology (KTH), Stoccolma, Svezia. Sotto la supervisione del Prof. Carlo Fischione.

## **Parte 2 Ricerca**

### **Attività scientifica**

#### Primo Anno

Durante la prima metà dell'anno mi sono occupato dello studio di algoritmi crittografici e protocolli di autenticazione e sicurezza robusti e computazionalmente efficienti allo scopo di definire procedure efficienti finalizzate all'instaurazione "on the fly" di un canale di comunicazione sicuro tra Smart Objects e dispositivi remoti attraverso la rete Internet. Oggetto di particolare interesse sono state le primitive crittografiche a chiave pubblica basate sulle curve ellittiche (le quali risultano essere particolarmente indicate nella fase di generazione e scambio delle chiavi di sessione che verranno in seguito utilizzate con un algoritmo di crittografia simmetrica) e i protocolli di sicurezza applicabili a dispositivi con ridotte capacità computazionali come ad esempio: HIP (Host Identity Protocol), HIP-DEX (HIP Diet Exchange), HIP-BEX (HIP Base Exchange), PANA (*Protocol for carrying Authentication for Network Access*), IPSec e le sue estensioni a protocolli quali 6LoWPAN progettati appositamente per constrained device. Il lavoro svolto in questa fase ha portato alla realizzazione di un protocollo di autenticazione e sicurezza basato su IPSec in grado di permettere a qualunque dispositivo (PC, Smartphone, PDA etc...) dotato di connessione alla rete Internet di instaurare un canale di comunicazione sicuro e autenticato con un oggetto intelligente remoto. Tale protocollo è stato presentato per la prima volta nel corso del meeting generale del progetto europeo IoTa tenutosi in Febbraio 2012 a Berlino presso la sede del VDI/VDE e ha portato alla realizzazione del paper "Secure Communication for Smart IoT Objects: Protocol Stacks, Use Cases and Practical Examples" presentato nel corso del workshop IoT-SoS 2012 a San Francisco, USA.

Durante la seconda metà dell'anno l'attività di ricerca si è concentrata sullo studio di algoritmi di minimizzazione della potenza dissipata nella rete di distribuzione elettrica in presenza di generatori distribuiti (fotovoltaici, eolici, a celle di combustibile, ...) e sull'impatto che la scelta di una particolare tecnologia di comunicazione (802.11, 802.15.4, PLC, WiMAX, ...) ha sulla velocità di convergenza di tali algoritmi.

### Secondo Anno

Durante il secondo anno è stato portato a termine il lavoro impostato durante la seconda metà del primo anno. In particolare, mi sono occupato dello studio, dell'implementazione e della valutazione delle prestazioni di algoritmi distribuiti per la minimizzazione della potenza elettrica dissipata lungo le linee di distribuzione e dei relativi requisiti in termini di infrastruttura e tecnologia di comunicazione. Nello specifico sono state considerate quattro tecniche di minimizzazione della potenza dissipata:

- Local Control (K. S. Turitsyn, P. Sulc, S. Backhaus, and M. Chertkov, "Local Control of Reactive Power by Distributed Photovoltaic Generators," ArXiv e-prints, Jun. 2010);
- Current Based Surround Control (A. Costabeber, P. Tenti, and P. Mattavelli, "Surround control of distributed energy resources in micro-grids," in Sustainable Energy Technologies (ICSET), 2010 IEEE International Conference on, 2010, pp. 1–6);
- Voltage Based Surround Control (A. Costabeber, P. Tenti, and P. Mattavelli, "Surround control of distributed energy resources in micro-grids," in Sustainable Energy Technologies (ICSET), 2010 IEEE International Conference on, 2010, pp. 1–6);
- Distributed Optimal Reactive Power Flow Control (S. Bolognani and S. Zampieri, "Distributed control for optimal reactive power compensation in smart microgrids," in Decision and Control and European Control Conference (CDC-ECC), 2011 50th IEEE Conference on, 2011, pp. 6630–6635).

L'analisi delle suddette tecniche si è articolata in tre fasi:

- Studio e implementazione in Matlab® degli algoritmi come proposti nei paper citati;
- Studio dei requisiti di comunicazione in termini tecnologici e infrastrutturali e dei protocolli di comunicazione necessari al corretto funzionamento, in un contesto reale, delle tecniche studiate e relativa estensione dell'implementazione al fine di studiarne il funzionamento e le prestazioni in presenza di in una rete di comunicazione non ideale;
- Studio dei risultati ottenuti tramite l'esecuzione simulata delle tecniche di controllo analizzate su reti elettriche generate per mezzo di tecniche specifiche atte ad ottenere reti con elevato grado di somiglianza (in termini topologici) rispetto alla reale infrastruttura elettrica.

Questo studio si è concretizzato nell'articolo: Riccardo Bonetto, Stefano Tomasin, Michele Rossi, Michele Zorzi: "*Networking for Power Loss Minimization in Smart Micro Grids: Design Rules and Performance Assessment*", attualmente (10 Novembre 2014) in fase di revisione presso la rivista IEEE Transactions on Industrial Informatics (<http://tii.ieee-ies.org/>).

### Terzo Anno

I risultati ottenuti al termine del secondo anno hanno permesso un'ulteriore analisi delle prestazioni degli algoritmi sopracitati. In particolare, durante la prima metà del terzo anno si è appurato che la velocità di convergenza di questi algoritmi può essere notevolmente incrementata grazie ad un opportuno algoritmo di

*scheduling*. In dettaglio, è stato dimostrato che la scelta dell'ordine in cui gli elementi attivi della micro rete vengono attivati, al fine di compiere l'azione di controllo atta alla minimizzazione delle perdite in distribuzione, ha un sensibile effetto sulla velocità di convergenza delle tecniche stesse. Sulla base di questa osservazione è stato sviluppato un algoritmo di *scheduling* euristico che necessita di ridotte informazioni sullo stato della micro rete. Questo lavoro si è concretizzato nell'articolo: Riccardo Bonetto, Stefano Tomasin, Michele Rossi: “*When Order Matters: Communication Scheduling for Current Injection Control in Micro Grids*”, attualmente in attesa di giudizio per l'ammissione alla conferenza internazionale: 2015 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT).

Un ulteriore aspetto di notevole importanza nella gestione delle micro reti intelligenti è la riduzione dei picchi che si registrano nella potenza richiesta al fornitore elettrico. Affrontando questo aspetto è stato sviluppato un algoritmo efficiente che, basandosi solo su informazioni ottenibili localmente da ciascun componente attivo della micro rete, è in grado di limitare tali picchi utilizzando le capacità di generazione distribuita della micro rete. Tale algoritmo è stato presentato nell'articolo: Riccardo Bonetto, Tommaso Caldognetto, Simone Buso, Michele Rossi, Stefano Tomasin, Paolo Tenti: “*Lightweight Energy Management of Islanded/Operated Microgrids for Prosumer Communities*”, **attualmente in attesa di giudizio per l'ammissione alla conferenza internazionale: ICIT15: 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology.**

Durante il periodo trascorso a Stoccolma (Svezia), presso il Royal Institute of Technology (KTH), sotto la supervisione del Prof. Carlo Fischione, è stata studiata l'integrazione tra le sopracitate tecniche di ottimizzazione elettrica delle micro reti e il mercato distribuito dell'energia elettrica. In particolare si è dimostrato che adeguate politiche di *pricing* permettono di incrementare il guadagno economico degli utenti attivi (*prosumers*) della microrete aumentando, al contempo, il grado di efficienza elettrica del sistema. Questo lavoro si sta concretizzando in un articolo che verrà inviato alla rivista IEEE Transactions on Control of Network Systems (<http://sites.bu.edu/tcns/>).

### **Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore**

Titolo: Combined Networking and Control Strategies for Smart Micro Grids - Analysis, Co-simulation and Performance Assessment.

Supervisore: Michele Rossi

### **Parte 3 Pubblicazioni**

#### Elenco pubblicazioni su rivista internazionale

- Riccardo Bonetto, Michele Rossi, Stefano Tomasin and Michele Zorzi, “Networking for Power Loss Minimization in Smart Micro Grids: Design Rules and Performance Assessment”, [arXiv:1311.6949]. Submitted to IEEE Transactions on Industrial Informatics.

#### Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

- Riccardo Bonetto, Nicola Bui, Michele Rossi, and Michele Zorzi. 2012. McMAC: a power efficient, short preamble multi-channel medium access control protocol for wireless sensor networks. In Proceedings of the 5th International ICST Conference on Simulation Tools

and Techniques (SIMUTOOLS '12). ICST (Institute for Computer Sciences, Social- Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, Belgium, 383-390.

SDC agg.to novembre 2008

- Bonetto, R.; Bui, N.; Lakkundi, V.; Olivereau, A.; Serbanati, A.; Rossi, M.; , "Secure communication for smart IoT objects: Protocol stacks, use cases and practical examples,"World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2012 IEEE International Symposium, vol., no., pp.1-7, 25-28 June 2012 doi: 10.1109/WoWMoM.2012.6263790
- Riccardo Bonetto, Stefano Tomasin and Michele Rossi, "When Order Matters: Communication Scheduling for Current Injection in Micro Grids". Submitted to 2015 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT).

Riccardo Bonetto, Tommaso Caldognetto, Simone Buso, Michele Rossi, Stefano Tomasin and Paolo Tenti, "Lightweight Energy Management of Islanded Operated Microgrids for Prosumer Communities". Submitted to ICIT15: 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology.

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

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

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Cavraro Guido** 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 Functional Analysis;
- Applied Linear Algebra;
- Game Theory for Information Engineering;
- Statistical Methods;
- The Behavioral Approach to Control of Distributed System;
- Power Converters in Renewable Energy Systems and Intelligent Microgrids.

Partecipazione a scuole nazionali e internazionali per dottorandi:

- Hycon-EECI Graduate School on Control 2012, *Specification, Design and Verification of Distributed Control Systems*, L'Aquila, 14-18/05/2012;
- Scuola Sidra, *Sistemi Stocastici: Stima e Identificazione, Controllo del Volo*, Bertinoro, 16-21/07/2012.

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi:

- *Trajectory planning for multiple autonomous underwater vehicles using the Lie group projection operator approach*, Prof. Saccon, 2012;
- *Resource allocation in multi-hop wifi networks*, Prof. Giarré, 2012;
- *Multidimensional stable behaviors of negligible signals defined by Serre Categories*, Prof. Olberst, 2012;
- *Computing over unreliable communication network*, Prof. Elia, 2012;
- *Time-critical cooperative path following of multiple UAVs over time-varying Networks*, Prof. Kaminer, 2012;
- *The geometry of (thin) SVD revisited for large-scale computations*, Prof. Sepulchre, 2012
- *Consensus on manifolds*, Prof. Vidal, 2012;
- *Cooperative energy network management for smart microgrids*, Prof. Fujita, 2012;
- *Linear state estimation via multiple sensors over rate-constrained channels*, Prof. Dey, 2012.
- *Localization and Optimization problems for Camera Networks*, Domenica Borra, 2013;
- *Efficient Time Synchronization in Wireless Sensor Networks by Adaptive Value Tracking*, Kasim Sinan Yildirim, 2013;
- *An application of graphical models: identification of power distribution network topology via voltage correlation analysis*, Saverio Bolognani, 2013;
- *Selection schemes for adaptive antennas in WLAN devices*, Daniele Piazza, 2014;
- *Flexible Loads : Game Theoretic Control and Price of Anarchy*, Pratyush Chakraborty, 2014;
- *Intelligent Building HVAC Planning and Scheduling*, Nikitha Radhakrishnan, 2014;
- *Redesign of the Brain of Power Systems using Global Optimization and Distributed Control*, Javad Lavaei, 2014;



- *A Structural System Theoretic Approach to the Design and Analysis of Large-Scale Linear Dynamical Systems*, Soumya Kar, 2014;
- *On the existence and linear approximation of the power flow, solution in power distribution networks*, Sandro Zampieri, 2014
- *State estimation in distribution grids*, Luca Schenato, 2014
- *Architecture and Management of Low-Voltage Dispatchable Microgrids*, Danilo Brandao, 2014
- *A Distributed Algorithm for Fast Optimal Power Flow Regulation in Smart Grids*, Tomaso Erseghe, 2014
- *Activity undesired island study*, Florent Cadoux, 2014
- Workshop on Distribution monitoring for renewables integration project workshop, hosted by California Institute for Energy and Environment.

#### Partecipazione a Conferenze Internazionali Internazionali

- European Control Conference (ECC) 2013
- Conference on Decision and Control (CDC) 2013
- Conference on Decision and Control (CDC) 2014

#### Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

- tutor junior per il corso Segnali e Sistemi, prof. Chiuso.

#### Permanenza all'estero

- 20/05 – 20/09, visiting student presso California Institute for Energy and Environment (CIEE), U.C. Berkeley.

## Parte 2 Ricerca

L'attività di ricerca si è incentrata sullo studio di algoritmi di ottimizzazione, controllo e monitoraggio di smart micro-grid. Dapprima si sono studiate le prestazioni di un algoritmo per la minimizzazione delle perdite lungo le linee elettriche attraverso la compensazione della potenza reattiva già elaborato e formalizzato. In seguito si è formalizzato e studiato un nuovo algoritmo, sempre finalizzato al controllo della potenza reattiva, con la soddisfazione di alcuni vincoli operativi quali le limitazioni nella capacità di produzione dei generatori e la garanzia di buoni profili di tensione.

Successivamente l'attività di ricerca è proseguita con la formalizzazione e lo studio di algoritmi per l'ottimizzazione dei flussi di potenza attiva. Il primo di questi proponeva una soluzione nella situazione in cui vi erano diversi produttori di energia, e aveva come scopo quello di trovare un giusto equilibrio fra le quantità di potenza iniettate da ciascun produttore. Tipicamente questi ricevono una ricompensa dalle utility per il servizio che forniscono, e quindi per massimizzarla vorrebbero iniettare la maggior quantità di potenza possibile, ma il soddisfacimento di alcuni vincoli operativi spesso non lo permette. Ne consegue un conflitto fra i vari produttori e l'algoritmo permette di ottenere un "giusto" compromesso fra di loro. Il secondo invece permette di arrivare alla soluzione più economica nel caso in cui lo scopo sia quello di minimizzare il costo totale di produzione: nella situazione cioè in cui l'utility impone ai generatori il riferimento di potenza.

Gli algoritmi proposti possono essere implementati anche in maniera decentralizzata e distribuita. Gli agenti che li implementano necessitano solamente di informazioni locali della rete, quali le conoscenze dei nodi vicini e delle linee elettriche che li connettono ad essi, e di comunicare solamente con i vicini o ottenere informazioni dalla utility. Gli algoritmi proposti danno una soluzione innovativa ai problemi di ottimizzazione affrontati. Essi

operano come veri e propri controlli a retroazione, alternando misura e attuazione. In particolare, essi sfruttano le misure fasoriali di tensione ai nodi dei generatori per stimare, da conoscenze locali, informazioni globali che vengono sfruttate per l'ottimizzazione. Questo è possibile perché le tensioni fasoriali, se opportunamente analizzate, racchiudono informazioni riguardanti altri nodi della rete, anche non monitorati. Inoltre essi ereditano, dall'essere controlli in catena chiusa, utili proprietà di robustezza rispetto alle incertezze sui modelli. Inoltre si è sviluppato un algoritmo per l'identificazione dello stato degli interruttori presenti in una rete elettrica. L'idea principale dell'algoritmo è che quando un interruttore cambia il suo stato (passando da aperto a chiuso o viceversa), questa azione lascia sui profili di tensione una sorta di firma, che l'algoritmo va a riconoscere. Questa firma è indipendente dallo stato particolare delle tensioni, o potenze assorbite, identificando univocamente la transizione da una topologia a un'altra. L'algoritmo riesce così a identificare sia l'istante in cui si ha avuto l'azione, sia la nuova topologia della rete, e può essere applicato anche in "real time", essendo computazionalmente molto efficiente.

Titolo definitivo della tesi: Modeling, Control and Estimation of a Smart Grid.

Supervisore: Sandro Zampieri.

Co-Supervisore: Ruggero Carli.

### Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale:

2015

S. Bolognani, G. Cavraro, R. Carli, S. Zampieri. **A distributed control algorithm for the minimization of the power generation cost in smart micro-grid.** *IEEE Transaction on Automatic Control*, April 2015

Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

#### 2014

G. Cavraro, R. Carli, S. Zampieri. **A distributed control algorithm for the minimization of the power generation cost in smart micro-grid.** *Conference on Decision and Control (CDC14)*, 2014

G. Cavraro, R. Carli, S. Zampieri. **A Multi-Agents Control Approach for the Optimal Power Flow Problem.** *The 21st International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS 2014)*, 2014

#### 2013

S. Bolognani, G. Cavraro, R. Carli, S. Zampieri. **A distributed feedback control strategy for optimal reactive power flow with voltage constraints.** *Arxiv preprint*.

S. Bolognani, R. Carli, G. Cavraro, S. Zampieri. **A distributed control strategy for optimal reactive power flow with power and voltage constraints.** *IEEE SmartGridComm 2013 Symposium*, 2013

S. Bolognani, R. Carli, G. Cavraro, S. Zampieri. **A distributed control strategy for optimal reactive power flow with power constraints.** *Conference on Decision and Control (CDC13)*, 2013

S. Bolognani, G. Cavraro, S. Zampieri. *A distributed feedback control approach to the optimal reactive power flow problem.* *Control of Cyber-Physical Systems*, vol. 449pp. 259-277, 2013

G. Cavraro, L. Badia. **A Game Theory Framework for Active Power Management with Voltage Boundary in Smart Grids.** *European Control Conference ECC*, 2013

#### 2012

S. Bolognani, G. Cavraro, S. Zampieri. **Performance analysis of a distributed algorithm for dynamic reactive power compensation.***Conference on Decision and Control (CDC12), 2012*

**2011**

S. Bolognani, G. Cavraro, F. Cerruti, A. Costabeber. **A linear dynamic model for microgrid voltages in presence of distributed generation.***First International Workshop on Smart Grid Modeling and Simulation (at SmartGridComm 2011), 2011*

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Cavraro Guido** 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 **Cuccato Davide** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Cuccato Davide** 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 functional Analysis, Applied Linear Algebra, Statistical Methods, Game Theory.

*Seminari seguiti:*

- Dalla nanotecnologia alla nanoscienza, Maggio 8, 2012 - 16:30, Aula Magna 'A. Lepschy', DEI.
- From Italy to China on driverless cars: paving the road to autonomous driving, Aprile 16, 2012 - 16:30, Aula Magna 'Antonio Lepschy', DEI.
- Multidimensional stable behaviors of negligible signals defined by Serre categories", Settembre 2012 - 10:30, Sala Riunioni 3° piano DEI.
- Control DEI, edizioni 2012 e 2013, Settembre, Torre Archimede, Dipartimento di Matematica dell'Università di Padova.
- "Smart Grids", Seminario del Prof. Sandro Zampieri, Settembre 2014 10:30, Sala Riunioni 3° piano DEI.

*Didattica attiva:* Tutor Junior per 100 ore durante l'anno 2013, Corsi seguiti: Analisi Matematica 1, Sistemi e Modelli, Laboratorio di controlli 1.

*Permanenza all'estero:* Osservatorio geodetico di Wettzell, Monaco di Baviera 8-13 Luglio 2013. Università di Eindhoven, Aprile-Giugno 2014.

*Trasferte Nazionali:* INFN sezione di Pisa: 4-6 Luglio 2012, 15-17 Maggio 2012, 5-6 Dicembre 2012, 6-8 Febbraio 2013, 16-18 Luglio 2013, 2-3 marzo 2014, 8-9 Settembre 2014. INFN sezione di Assergi (Laboratori Nazionali del Gran Sasso): 15-18 Aprile 2013. INFN sezione di Napoli, 24-26 Novembre 2014.

#### **Parte 2 Ricerca**

*Descrizione dell'ambito di ricerca:*

Un giroscopio laser ad elevata sensibilità è uno strumento planare in cui una cavità ottica risonante ad anello di dimensioni triangolari o quadrate e lato di alcuni metri è impiegata per rivelare le rotazioni. L'applicazione principale di questi strumenti è la stima accurata della velocità di rotazione della terra, fornendo informazioni uniche concernenti Geologia, Geodesia, Geofisica ed in ultima analisi Relatività generale. Le caratteristiche che rendono i giroscopi laser preferiti agli altri sensori inerziali per questo tipo di applicazioni sono la potenza di rumore intrinseco nella misura estremamente bassa e la possibilità di stabilizzare facilmente lo strumento in relazione al frame di misura, cosa che di solito è impedita dalla presenza di molteplici parti meccaniche in movimento relativo. Il fattore di scala di un giroscopio laser è direttamente proporzionale all'area ed inversamente proporzionale al perimetro della cavità ottica; inoltre anche la potenza del rumore intrinseco scala

con l'inverso della lunghezza della cavità ottica. Il fattore che al momento limita la costruzione di giroscopi laser a sensibilità crescenti è la perdita di stabilità strutturale che una costruzione eterolitica della cavità ottica comporta, rispetto a una cavità monolitica. Le cavità ottiche di dimensione inferiore alla decina di metri possono essere facilmente costruite dentro un rivestimento di vetro a bassissima espansione termica ed elevata stabilità che ne garantisca l'allineamento e la non deformazione. Per cavità ottiche di dimensioni maggiori o per array di giroscopi orientati atti e.g. a fornire misure triassiali della rotazione terrestre, l'unica soluzione praticabile è fabbricare le varie componenti della cavità ottica separatamente e successivamente assemblarle. Questo procedimento comporta da una parte una stabilità meccanica della cavità 100 o 1000 volte inferiore, dall'altra un'elevata sensibilità della misura alle variazioni di pressione e temperatura della cavità. Per la maggioranza delle applicazioni citate i cicli di misura possono durare da alcune ore a diversi giorni, così che le variazioni di pressione e temperatura della cavità inducono variazioni nell'output dello strumento corrompendo la misura. Per questo motivo molteplici attuatori piezoelettrici e sensori interferometrici di spostamento vengono impiegati per la movimentazione ed il monitor delle posizioni degli specchi costituenti la cavità ottica, in uno scenario di controllo multivariabile.

GINGER = Gyroscopes IN GEneral Relativity è un proposal INFN che propone di misurare un effetto relativistico già noto con accuratezza senza precedenti. Il progetto è da svolgersi in stretta collaborazione con i gruppi di ricerca su giroscopi laser dell'Osservatorio geodetico di Wettzell (GER) e di Christchurch (NZ). Il giroscopio attualmente più sensibile è operato a Wettzell, ha cavità quadrata di lato 4 metri, è stato ottenuto con la lavorazione monolitica di due barre di Zerodur, un materiale a coefficiente di espansione termica nullo (dieci parti per miliardo per l'escursione di un grado centigrado) ed elevata stabilità. Il gruppo di ricerca INFN ha fino ad ora operato due giroscopi laser, G-PISA e GP2, entrambi di design eterolitico, con lo scopo di sviluppare la tecnologia necessaria all'esperimento GINGER.

#### *Descrizione dell'attività di ricerca:*

La prima parte della mia attività di dottorato è dedicata allo sviluppo di modelli e algoritmi per accrescere la stabilità e l'accuratezza delle misure di rotazione inerziale di un giroscopio laser a elevata sensibilità di design eterolitico. La Fisica di questi laser è stata completamente caratterizzata negli anni 60 nell'approssimazione di piccole energie e cavità ottica reciproca. Utilizzando risultati ottenuti in precedenza da L. Menegozzi, E. Lamb and F. Aronowitz si è sviluppato un modello per la dinamica temporale dello strumento. La dinamica base è la seguente: due identiche onde elettromagnetiche, contro propagandosi alla velocità della luce nel frame dello strumento che gira, hanno frequenze leggermente differenti in base alla Teoria della Relatività. Le equazioni di Maxwell sono utilizzate per derivare un sistema di equazioni differenziali, utilizzando la polarizzazione degli atomi del gas che riempie la cavità ottica come termine forzante.

Il modello è originale in quanto:

- Nel modello considerato lo stato del giroscopio laser è completamente definito dal monitoraggio delle intensità delle due onde e della loro intensità di battimento. La maggioranza dei modelli presenti in letteratura considera il battimento come canale principale e quelli delle intensità come secondari. Non tenendo giusto conto dell'influenza reciproca che questi tre canali esercitano, eventuali strategie di stima da applicare offline alle misure di un giroscopio laser potrebbero fornire risultati di dubbia interpretazione.
- E' considerata e ammessa ogni tipo di non-reciprocità ipotizzata in letteratura nei parametri del laser relativi alle due onde elettromagnetiche, inoltre il modello sviluppato è comprensivo di ogni effetto sistematico menzionato in letteratura.

Sfruttando il modello sviluppato sono stati presentati:

- Un algoritmo per il filtraggio delle sistematiche dall'output di un singolo giroscopio.
- Una procedura di calibrazione per giroscopi laser ad elevata sensibilità.

Entrambi gli algoritmi sono algoritmi di post processing attualmente usati offline. Sono i primi algoritmi in letteratura a dimostrare rispettivamente: una correzione del effetto della luce retroflessa (uno degli effetti sistematici nella misura) in caso di retroflessione non reciproca; un monitor accurato del guadagno laser e delle proprietà di dispersione del plasma. Gli algoritmi proposti sono stati testati su dati sperimentali provenienti dai giroscopi G-PISA (INFN) e G-WETTZELL (TUM). Le misure del giroscopio laser G-PISA sono state rese accurate in una parte su dieci mila. La sensibilità di entrambi i giroscopi è notevolmente aumentata mediante l'utilizzo degli algoritmi.

La seconda parte della mia attività di dottorato è dedicata allo sviluppo di un modello di controllo per la dinamica spaziale di un giroscopio laser a elevata sensibilità. L'importanza di giungere alla stabilizzazione attiva della geometria della cavità ottica dovrebbe essere chiara dalle considerazioni precedentemente introdotte, si aggiunga che l'effetto sistematico più nocivo per i giroscopi laser, la luce retroflessa o "backscattering", risulta fortemente depresso per cavità attivamente stabilizzate.

Il modello sviluppato considera, in approssimazione di Ottica Geometrica, i fasci laser che incidono gli specchi come punti materiali su superfici lisce. Le condizioni di risonanza vengono imposte utilizzando il principio di Fermat; ovvero la stazionarietà del gradiente del cammino ottico, in relazione a variazioni delle posizioni dei punti che rappresentano il laser, sulla superficie degli specchi. In questo modo si ottiene una mappa univoca tra configurazioni di cavità "esterne" (disposizione degli specchi) e "interne" (disposizione di spot laser). Differenziando la mappa così ottenuta ed esplicitando il termine che rappresenta le variazioni degli spot si è ottenuta la dinamica del controllo. I Parametri di questo modello sono le superfici degli specchi e la loro disposizione/orientamento nello spazio. Gli ingressi del sistema sono rappresentati dalle variazioni di disposizione/orientamento degli specchi.

Il modello di dinamica impiegato è dato dalla semplice differenziazione. La dinamica del sistema è il caso di 4 specchi con superfici sferiche (G-PISA, G-WETTZELL) è studiato nel dettaglio ed il confronto delle diverse strategie di controllo al momento disponibili è effettuato in simulazione. Al fine di descrivere il sistema della disposizione dei 4 centri degli specchi della cavità separatamente dalle roto-translazioni comuni è presentata una decomposizione in forma e posa per 4 punti in configurazione regolare in uno spazio Euclideo. Dettagli sulla stabilità del fattore di scala dello strumento sono resi disponibili per la prima volta con la precisione necessaria ad asserire la fattibilità di un esperimento volto a misurare l'effetto Lense-Thirring con un giroscopio laser.

Unendo i due modelli fin qui descritti è stato possibile svolgere approfondite simulazioni di un singolo giroscopio laser, comprensive di ogni aspetto rilevante, relativo a forma di cavità ottica e dinamica temporale del laser, per il conseguimento dell'obiettivo scientifico principale di GINGER.

*Titolo della tesi:* Modeling, estimation and control of ring laser gyroscopes for the accurate estimation of the Earth rotation

*Supervisore:* Università di Padova: Prof. Alessandro Beghi

INFN: Dott. Antonello Ortolan

### Parte 3 Pubblicazioni

*Pubblicazioni su rivista internazionale:*

[Compensation of the laser parameter fluctuations in large ring-laser gyros: a Kalman filter approach](#)

A. Beghi, D. Cuccato, et. al. 2012  
Applied Optics 51 (31), 7518-7528

[Measuring general relativity effects in a terrestrial lab by means of laser gyroscopes](#)

N Beverini, A Beghi D. Cuccato, et. al. 2013  
arXiv preprint arXiv:1310.2022

[Controlling the non-linear intracavity dynamics of large He–Ne laser gyroscopes](#)

D Cuccato, A Beghi, J Belfi, N Beverini, A Ortolan, A Di Virgilio 2014  
Metrologia 51 (1), 97

[Interferometric length metrology for the dimensional control of ultra-stable ring laser gyroscopes](#)

J Belfi, N Beverini, D Cuccato, et. al. 2014  
Classical and Quantum Gravity 31 (22), 225003

[Optimization of the geometrical stability in square ring laser gyroscopes](#)

J Belfi, N Beverini, D Cuccato, et. al. 2014  
Classical and Quantum Gravity, submitted.

*Pubblicazioni su convegno internazionale:*

[Interferometric length metrology for the dimensional control of ultra-stable ring laser gyroscopes](#)

J Belfi, N Beverini, D Cuccato, et. al. 2014  
Classical and Quantum Gravity 31 (22), 225003

[Absolute control of the scale factor in GP2 laser gyroscope: Toward a ground based detector of the lense-thirring effect](#)

J Belfi, N Beverini, M Calamai, et. al.  
European Frequency and Time Forum & International Frequency Control Symposium (EFTF/IFC), 2013 2013  
Joint  
795-798, IEEE.

[A ring lasers array for fundamental physics](#)

A Di Virgilio, M Allegrini, A Beghi, et. al. 2014  
Comptes Rendus Physique

[Experimental activity toward GINGER \(gyroscopes IN general relativity\)](#)

J Belfi, F Bosi, A Di Virgilio, et. al. 2014  
Laser Optics, 2014 International Conference, 1-1

[Toward the “perfect square” ring laser gyroscope](#)

N Beverini, G Carelli, E Maccioni, D Cuccato, et. al. 2014  
Photonics Technologies, 2014 Fotonica AEIT Italian Conference on, 1-4

[Laser dynamics effects on the systematics of large size laser gyroscopes](#)

D Cuccato, J Belfi, N Beverini, M Calamai, A Di Virgilio, A Ortolan 2013

European Frequency and Time Forum & International Frequency Control Symposium (EFTF/IFC), 2013  
Joint, 1027-1029, IEEE.

[Laser gyroscopes for very high sensitive applications](#)

J Belfi, N Beverini, B Bouhadeh, G Carelli, D Cuccato, A Di Virgilio, et. al.

European Frequency and Time Forum (EFTF), 2012, 448-452

*Pubblicazioni Nazionali:*

[Procedure di identificazione e filtraggio per la dinamica di un giroscopio laser](#)

D. Cuccato, Master Thesis.

2011

[GINGER/G-GranSasso-RD-Annual Report 2013](#)

J Belfi, N Beverini, F Bosi, B Bouhadeh, M Calamai, G Carelli, G Cella, ...

2013

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Cuccato Davide** 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 **Dal Lago Matteo** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Dal Lago Matteo** 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, Prof. H. Wimmer**
- **Digital Processing of Measurement Information, Prof. C. Narduzzi**
- **Dose, Effect, Threshold, Prof. A. Trevisan**
- **Electrostatic Discharge in Integrated Circuits, Prof. G. Meneghesso**
- **Statistical Methods, Prof. L. Finesso**

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- **NI Labview Core 1**
- **NI Labview Core 2**
- **NI Labview Data Acquisition & Signal Conditioning (DAQ)**
- **OptisWorks Base**

Partecipazione a Conferenze Internazionali

- **Led Professional Symposium 2014**, September/October 2014, Bregenz, Austria
- **24<sup>rd</sup> European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis, ESREF 2013**, October 2013, Arcachon, France
- **23<sup>rd</sup> European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis, ESREF 2012**, October 2012, Cagliari, Italy
- **Strategies in Light Europe 2012**, September 2012, Munich, Germany
- **22<sup>nd</sup> European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis, ESREF 2011**, October 2011, Bordeaux, France
- **35<sup>th</sup> Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits, WOCSDICE 2011**, June 2011, Catania, Italy

#### Parte 2 Ricerca

L'attività di ricerca del dottorato è stata incentrata sullo studio dei meccanismi fisici che limitano l'affidabilità dei sistemi di illuminazione a LED. In particolar modo ho affrontato le seguenti tematiche:

- analisi del degrado ad alta temperatura di sorgenti luminose a LED;

- caratterizzazione e affidabilità su sistemi di illuminazione a fosfori remoti;
- studio dei fenomeni di Electrical Overstress (EOS) e scariche elettrostatiche (ESD) su moduli LED e analisi del loro effetto sull'affidabilità dei dispositivi;

### **Analisi del degrado ad alta temperatura di sorgenti luminose a LED**

L'obiettivo finale che si propone questo progetto è quello di studiare i meccanismi fisici che limitano le prestazioni e l'affidabilità delle sorgenti luminose a LED ad alte temperature con lo scopo di fornire le linee guida per lo sviluppo di una sorgente luminosa in grado di mantenere eccellenti prestazioni anche in condizioni di elevate temperature.

Al fine di ottenere un'ampia comprensione delle problematiche legate all'utilizzo di LED ad alte temperature è necessario approccio integrato che parte dalla scelta del tipo di LED da adottare, fino ad arrivare allo sviluppo di una sorgente luminosa a LED che permetta di validare quanto appreso precedentemente.

I risultati di tale lavoro hanno portato ad una migliore comprensione del funzionamento dei LED e dei luminaire e dei fenomeni fisici che ne limitano prestazioni e affidabilità.

I risultati perseguiti nell'ambito di questo studio sono i seguenti:

- 1- l'acquisizione delle informazioni dello stato dell'arte, che parte dall'analisi dei dispositivi più moderni presenti sul mercato, e delle più avanzate tecnologie di assemblaggio;
- 2- l'individuazione del quadro normativo in cui sono inserite le applicazioni LED, con la raccolta di tutte le normative aggiornate nell'ambito dell'illuminazione generale;
- 3- lo stress accelerato ad alta temperatura dei vari campioni di test monitorato per almeno 6000h;
- 4- l'analisi dei risultati del test accelerato e l'estrapolazione delle energie di attivazione dei diversi tipi di degrado termico individuati.

### **Caratterizzazione e affidabilità su sistemi di illuminazione a fosfori remoti**

La generazione di luce bianca nelle sorgenti di luce allo stato solido viene effettuata mediante conversione fosforosa: questa tecnica prevede l'eccitazione di uno strato di appositi fosfori mediante la luce di LED blu. Tali fosfori convertono la luce blu dei LED in luce gialla e la sovrapposizione dei due colori (blu e giallo) viene percepita dall'occhio umano come luce bianca. Nella maggior parte dei LED bianchi in commercio, la conversione fosforosa avviene direttamente "on-chip"; viene cioè depositato lo strato di fosforo direttamente sul chip del LED blu. Tale tecnica, chiamata "chip-level conversion", ha lo svantaggio di sottoporre lo strato fosforoso alle alte temperature raggiunte dal diodo LED durante il funzionamento, limitandone notevolmente il tempo di vita.

Una tecnica per ovviare a questo problema è costituita dalla tecnologia a fosfori remoti che consiste nel realizzare la conversione fosforosa lontano dalla sorgente di luce blu. Tale tecnica viene realizzata depositando lo strato di fosforo su di un'opportuna superficie che funge da diffusore di luce, posta a diversi centimetri di distanza da una scheda contenente LED blu.

Questa tecnologia permette non solo di aumentare l'affidabilità dei fosfori, ma anche di aumentare l'efficienza di estrazione luminosa del sistema illuminante; infatti nel caso della conversione "chip-level", l'isotropia dell'emissione dei fosfori, causa l'assorbimento di una consistente porzione di luce da parte del chip. Nella tecnologia a fosfori remoti, invece, viene sviluppato un opportuno riflettore (camera di miscelazione), frapposta tra i fosfori e la sorgente blu, che permette di recuperare la porzione di luce emessa all'indietro dallo strato di fosfori.

Grazie a queste interessanti caratteristiche, la tecnologia a fosfori remoti inizia a prendere piede nel mercato dell'illuminazione a LED. Per questo motivo è stato scelto di iniziare un'accurata analisi delle prestazioni e dell'affidabilità di sorgenti luminose basate su "remote-phosphors".

E' stato analizzato il comportamento termico delle piastre di fosfori remoti durante il normale funzionamento ed è stato riscontrato, mediante termografia ad infrarossi, un significativo auto-riscaldamento delle stesse. Da un

punto di vista affidabilistico sono stati condotti test termici accelerati sulle piastre di fosfori, usando temperature che vanno da 85°C a 145°C. I risultati di tali test hanno mostrato chiaramente un meccanismo di degrado termicamente attivato (energia di attivazione di circa 1.2 eV) che porta ad un notevole calo dell'efficienza di conversione fosforosa oltre che ad un annerimento del materiale di substrato (policarbonato).

### **Studio dei fenomeni di Electrical Overstress (EOS)**

Il fenomeno dell'"hot-plug" consiste nella connessione di una sorgente luminosa ad un alimentatore precedentemente alimentato. Questo evento può avere varie cause, quali l'instabilità delle connessioni o l'inesperienza dell'installatore, ed ha effetti molto spesso distruttivi sulla sorgente luminosa e sui LED che la compongono. Nonostante questo nessuno fino ad ora ha analizzato accuratamente questo genere di fenomeni al fine di comprenderne gli effetti e sviluppare opportune strutture di protezione.

A questo scopo sono state analizzate le forme d'onda generate da alcuni LED driver commerciali in presenza di un "hot-plug" simulato mediante la pressione di un pulsante. Tali misure hanno mostrato elevatissimi picchi di corrente (diverse decine di Ampere) che giungono fino ai LED, causando danni istantanei e latenti. Questo lavoro ha previsto lo studio di come i fenomeni di "hot-plug" agiscano sui diversi LED che compongono una sorgente luminosa, per comprendere se il tasso di mortalità dei dispositivi è legato alla posizione di questi all'interno della serie oppure se è legato al diverso materiale semiconduttore usato nel chip.

Un altro risultato di questo lavoro è stata la completa modellizzazione del fenomeno mediante l'uso di semplici componenti discreti.

Titolo definitivo della tesi: **Reliability of devices and technologies for solid-state lighting**

Supervisore: **Enrico Zanoni**

### Parte 3 Pubblicazioni

#### **Elenco pubblicazioni su rivista internazionale**

M. Dal Lago, M. Meneghini, C. De Santi, M. Barbato, N. Trivellin, G. Meneghesso, E. Zanoni; "ESD on GaN-based LEDs: an analysis based on dynamic electroluminescence measurements and current waveforms" *Microelectronics Reliability*, Volume 54, Issues 9–10, September–October 2014, Pages 2138-2141, ISSN 0026-2714, <http://dx.doi.org/10.1016/j.microrel.2014.07.122>.

"Reliability oriented design of LED-based light sources"; M. Dal Lago, M. Meneghini, N. Trivellin, G. Meneghesso, E. Zanoni; *LED Professional Review*, Sept/Oct 2013, Issue 39, ISSN 1993-890X

M. Meneghini, S. Vaccari, M. Dal Lago, S. Marconi, M. Barbato, N. Trivellin, A. Griffoni, A. Alfieri, G. Verzellesi, G. Meneghesso, E. Zanoni, ESD degradation and robustness of RGB LEDs and modules: An investigation based on combined electrical and optical measurements, *Microelectronics Reliability*, Volume 54, Issues 6–7, June–July 2014, Pages 1143-1

N. Trivellin, M. Meneghini, M. Ferretti, D. Barbisan, M. Dal Lago, G. Meneghesso, E. Zanoni; "Thermal, optical, and electrical engineering of an innovative tunable white LED light engine". *Proc. SPIE 9003*, 90031B (February 27, 2014); doi:10.1117/12.2040599.

M. Meneghini, M. Dal Lago, N. Trivellin, G. Meneghesso and E. Zanoni; "Degradation mechanisms of high power LEDs for lighting applications: an overview", *Industry Applications, IEEE Transactions on*, vol.50, no.1, pp.78,85, Jan.-Feb. 2014 doi: 10.1109/TIA.2013.2268049

M. Dal Lago, M. Meneghini, N. Trivellin, G. Mura, M. Vanzi, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Hot-plugging" of LED-modules: electrical characterization and device degradation", *Microelectronics Reliability*, Volume 53, Issues 9–11, September–November 2013, Pages 1524-1528, ISSN 0026-2714, <http://dx.doi.org/10.1016/j.microrel.2013.07.054>.

"Degradation mechanisms of high power LEDs", M.Meneghini, M. Dal Lago, N. Trivellin, G.Meneghesso, E. Zanoni; LED Professional Symposium 2013 Booklet

N. Trivellin, M. Meneghini, M. Dal Lago, Diego Barbisan, Marco Ferretti, G. Meneghesso, E. Zanoni "Characterization and endurance study of aluminate/silicate/garnet/nitride phosphors for high-performance SSL" *Proc. SPIE*, 4-7 February 2013

M. Meneghini, M. Dal Lago, N. Trivellin, G. Meneghesso and E. Zanoni; "Thermally-activated degradation of remote phosphors for application in LED lighting," *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability*, vol.PP,no.99,pp.1,0 doi: 10.1109/TDMR.2012.2214780

N. Trivellin, M. Meneghini, M. Dal Lago, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Innovative methodology for testing the reliability of LED based systems", *Proc. SPIE Vol. 8278*, 82780W, 2012

M. Dal Lago, M. Meneghini, N. Trivellin, G. Mura, M. Vanzi, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Phosphors for LED-based light sources: thermal properties and reliability issues", *Microelectronics Reliability*, Volume 52, Issues 9–10, September–October 2012, Pages 2164-2167, ISSN 0026-2714, 10.1016/j.microrel.2012.06.036.

M. Meneghini, M. Dal Lago, L. Rodighiero, N. Trivellin, G. Meneghesso, E. Zanoni, "Reliability issues in GaN-Based Light-Emitting Diodes: effect of dc and PWM stress", *Microelectronics Reliability*, Volume 52, Issue 8, August 2012, Pages 1621-1626, ISSN 0026-2714, 10.1016/j.microrel.2011.10.012.

M. Dal Lago, M. Meneghini, N. Trivellin, G. Meneghesso and E. Zanoni, "Degradation mechanisms of high-power white LEDs activated by current and temperature", *Microelectronics Reliability*, Volume 51, Issues 9–11, September–November 2011, Pages 1742-1746, ISSN 0026-2714, 10.1016/j.microrel.2011.06.057.

M. Meneghini, M. Dal Lago, N. Trivellin, G. Mura, M. Vanzi, G. Meneghesso and E. Zanoni, "Chip and package-related degradation of high power white LEDs" *Microelectronics Reliability*, Volume 52, Issue 5, May 2012, Pages 804-812, ISSN 0026-2714, 10.1016/j.microrel.2011.07.091.

M. Meneghini, A. Tazzoli, N. Trivellin, E. Ranzato, M. Dal Lago, B. Hahn, U. Zehnder, R. Butendeich, G. Meneghesso, and E. Zanoni, "A study on the reverse-bias and ESD instabilities of InGaN-based green LEDs", *Proc. SPIE Vol. 7617*, 76170M, 2010

#### **Elenco pubblicazioni su convegno internazionale**

Zanoni, E.; Meneghini, M.; Trivellin, N.; Dal Lago, M.; Meneghesso, G., "GaN-based LEDs: State of the art and reliability-limiting mechanisms," *Thermal, mechanical and multi-physics simulation and experiments in*

microelectronics and microsystems (eurosime), 2014 15th international conference on , vol., no., pp.1,5, 7-9 April 2014 doi: 10.1109/EuroSimE.2014.6813878149, ISSN 0026-2714

M. Dal Lago, M. Meneghini, N. Trivellin, G. Meneghesso and E. Zanoni, "The role of operating conditions in the chip-level degradation of white LEDs", presented at 35th Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits, WOCSDICE 2011, June 2011, Catania, Italy, ISBN:978-88-8080-123-8

M. Meneghini, G. Mura, M. Dal Lago, L. Rodighiero, M. Vanzi, G. Meneghesso, and E. Zanoni, "Degradation Mechanisms of white LEDs for lighting applications", presented at 2nd International Symposium on Reliability of Optoelectronics for Space, ISROS-2010, April 28-30 2010, Cagliari, Italy

N. Trivellin, M. Meneghini, M. Dal Lago, G. Meneghesso, L. Rodighiero, G. Mura, M. Vanzi, E. Zanoni, "Effects of Electro-Thermal stress on AlGaIn deep-ultraviolet LEDs", presented at European Workshop on Heterostructure Technology, HeTech 2009, Ulm, Germany

#### **Elenco pubblicazioni su rivista nazionale**

"Percezione della luce, confort visivo e aspetti tecnologici dei LED"; M.Meneghini, N. Trivellin, M. Dal Lago, D. Barbisan, G.Meneghesso, E. Zanoni; Luce&Design, Aprile '14

"Efficienza luminosa e affidabilità dei sistemi LED"; M.Meneghini, N. Trivellin, M. Dal Lago, D. Barbisan, G.Meneghesso, E. Zanoni; Luce&Design, Novembre '13

"Considerazioni di mercato per l'illuminazione LED"; M.Meneghini, N. Trivellin, M. Dal Lago, D. Barbisan, G.Meneghesso, E. Zanoni; Luce&Design, Settembre '13

"Soluzioni innovative per il miglioramento delle caratteristiche prestazionali dei sistemi LED"; M.Meneghini, N. Trivellin, M. Dal Lago, D. Barbisan, G.Meneghesso, E. Zanoni; Luce&Design, Aprile '13

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Dal Lago Matteo** 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 **Dominio Fabio** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Dominio Fabio** 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:

Corso	Docente	CFU	Modalità esame	Stato
Applied Linear Algebra	H. Wimmer	16h	Homeworks	Superato
Statistical methods	L. Finesso	24h	Homeworks	Superato
From CAGD to Virtual/Augmented Reality	Gudrun Albrecht Serena Morigi	18h	Sviluppo progetto individuale di programmazione	Superato
Introduction to Geometric Modeling	Giulio Casciola	16h	Sviluppo progetto individuale di programmazione	Superato
Real-Time Systems and applications	G. Manduchi	20h	Presentazione della propria attività di ricerca in riferimento ai contenuti del corso	Superato

Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi:

---

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi:

- 12/01/2012: "Computing with Evolving Data", Prof. Eli Upfal, Brown University, USA.
- 20/01/2012: "Field-effect multifunctional devices based on organic thin films", Dr. Michele Muccini, CNR-ISMN, Bologna.
- 28/02/2012: "History of Supercomputers: past, present and future", Gérard Meurant, Commissariat à l'Energie Atomique, France.
- 28/02/2012: "Computer Vision & Machine Learning", Dr. Loris Nanni, DEI, Padova.
- 15/06/2012: Presentazione di Raspberry e Arduino, ST Microelectronics, Milano.
- 10/09/2012: "Social networks - models, methods and analysis", Prabhakar Raghavan, Google – Stanford University, USA.

Partecipazione a conferenze nazionali:

- Workshop “Lowcost 3D: Sensori, Algoritmi, Applicazioni”, Trento, 8-9 marzo 2012 - presentazione poster inerente all'articolo: C. Dal Mutto, S. Mattocchia, P. Zanuttigh, G.M. Cortelazzo “Scene Segmentation Assisted by Stereo Vision”, 3DIMPVT 2011 (IEEE), Hangzhou, China, May 2011.

Partecipazione a conferenze internazionali:

- Conferenza ECCV2012, dal 7 al 12 ottobre 2012, Firenze – partecipazione come visitatore.

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori):

- Anno 2014, 2° semestre:
  - laboratorio del corso “Analisi di Immagini e video” tenuto dal prof. P. Zanuttigh. Allestimento laboratorio e assistenza agli studenti durante le esercitazioni.
- Anno 2014, 1° semestre:
  - laboratorio del corso “Elaborazione Numerica dei Segnali” tenuto dal prof. G. M. Cortelazzo. Progettazione di filtri digitali tramite suite Matlab.
- Anno 2013, 2° semestre:
  - laboratorio del corso “Elaborazione Numerica dei Segnali” tenuto dal prof. G. M. Cortelazzo. Progettazione di filtri digitali tramite suite Matlab.
  - Laboratorio del corso “Computer Vision and 3D graphics” (in lingua inglese) tenuto dal prof. G. M. Cortelazzo. Lezioni frontali sulla libreria di computer graphics OpenGL con esempi pratici di programmazione di semplici applicazioni di modellazione tridimensionale.

Tutti i laboratori sono stati svolti in qualità di Tutor Junior per il supporto alla didattica.

Permanenza all'estero:

- 31/03/2014 – 01/09/2014: permanenza presso il Computer Vision Laboratory della University of California a Santa Cruz in qualità di Junior Specialist sotto la supervisione del prof. Roberto Manduchi nell'ambito di un progetto di computer vision.

Stage:

---

Altro:

- 13/02/2014: partecipazione all'evento “Scegli con noi il tuo domani” presso il Campus Agripolis di Legnaro (Padova) illustrando agli studenti del 4° e 5° anno delle scuole superiori l'offerta didattica del Dipartimento dell'Ingegneria dell'Informazione (DEI) dell'università di Padova.
- 19/12/2013: partecipazione all'OpenDEI 2013 presentando l'attività di ricerca sul riconoscimento dei gesti tramite una demo interattiva.

- 17/12/2013: presentazione delle attività del laboratorio LTTM in occasione della giornata di orientamento per gli iscritti al terzo anno della laurea triennale nel ramo dell'Informazione.
- 27/09/2013: partecipazione alla Notte Europea dei Ricercatori 2013, cortile del palazzo del Bo.
- 28/09/2012: partecipazione alla Notte Europea dei Ricercatori 2012, cortile del palazzo del Bo.

## PARTE 2: Ricerca

### Attività scientifica:

L'attività scientifica di questi tre anni ha riguardato principalmente due progetti: il primo, oggetto principale dell'attività di ricerca per il dottorato, consiste nello studio e nella progettazione di un'interfaccia uomo-macchina basata sul riconoscimento automatico e in tempo reale dei gesti compiuti dalla mano di un generico utente, senza l'ausilio di alcun dispositivo di controllo.

Il secondo progetto, invece, riguarda la progettazione di un sistema in grado di riconoscere con affidabilità e in tempo reale la regione nello schermo in cui l'utente sta focalizzando lo sguardo, basandosi unicamente da immagini e video a colori provenienti da una webcam economica.

### **Hand gesture recognition**

Il riconoscimento automatico dei gesti è un problema che da diversi anni ha interessato molteplici gruppi di ricerca a causa dei suoi possibili campi applicativi, in particolar modo la costruzione di interfacce naturali dove la mano può sostituire il mouse nella navigazione di scene tridimensionali e a ogni gesto, appartenente a un "dizionario" definito a priori, può essere associata una particolare azione.

Gli approcci di gesture recognition precedenti e basati unicamente sull'elaborazione di immagini e video di una singola telecamera a colori, soffrono di seri problemi dovuti alla presenza di occlusioni, condizioni variabili o avverse di illuminazione e di disomogeneità della tonalità della pelle che rendono la risoluzione del problema impossibile o possibile solo in casi particolari.

Le informazioni sulla geometria della scena fornite dai nuovi sensori di profondità, invece, disponibili nel mercato consumer a un prezzo ormai accessibile, si rivelano di fondamentale aiuto per risoluzione del problema del riconoscimento dei gesti e di altri problemi nel campo della computer vision. Per questi motivi il sistema di riconoscimento dei gesti, oggetto principale della ricerca di questo dottorato, è fondato principalmente sull'elaborazione di dati tridimensionali acquisiti da un setup sperimentale costituito da un sensore di profondità low-cost come il Microsoft Kinect v1 o v2, l'Asus XTION, il Creative Senz3D o il recente Leap Motion progettato espressamente per il riconoscimento dei gesti. Le eventuali informazioni sul colore integrano quelle sulla geometria per irrobustire l'algoritmo di riconoscimento dei gesti.

Nel corso dell'ultimo anno sono stati valutati, altresì, i benefici ottenibili dall'uso congiunto di un sensore di profondità low-cost e del Leap Motion. In particolar modo, dopo un'accurata calibrazione del sistema d'acquisizione in modo tale che i dati forniti da entrambi i sensori siano riferiti allo stesso sistema di coordinate, alcune informazioni fornite in real-time dal Leap Motion possono semplificare se non in alcuni casi evitare alcuni step computazionalmente onerosi della pipeline di riconoscimento del gesto.

L'approccio al problema attualmente impiegato adotta uno schema classico adottato dagli algoritmi di riconoscimento dei pattern, e segue tre passi principali: 1) isolamento della mano dallo sfondo, 2) estrazione di *features* robuste e ripetibili da impiegare nel passo 3) per ottenere una stima affidabile del gesto grazie al precedente "allenamento" di un classificatore multiclasse tramite vettori di *features* robuste estratte da un dataset riferito al dizionario di gesti scelto.



L'isolamento (o segmentazione) della mano è basato, nei casi favorevoli, unicamente sulle informazioni sulla profondità dei campioni raccolti o, quando disponibili, anche sulle informazioni sul colore. Nel caso del Leap Motion, invece, questa fase è compiuta interamente dalle API del sensore.

In seguito, l'algoritmo proposto partiziona i campioni della mano in tre sottoinsiemi riferiti rispettivamente al palmo, alle dita e all'avambraccio. Quest'ultimo sarà scartato in quanto i suoi campioni non contengono informazione utile. La stima del palmo è fondata è basata sul fit nell'area del palmo del massimo cerchio inscrivibile in essa secondo un approccio iterativo. Una variante avanzata sostituisce un'ellisse al cerchio per tenere conto della forma allungata del palmo. I dati forniti dal Leap Motion, quando disponibili, rendono più efficiente la delicata fase di inizializzazione dell'algoritmo di fit del cerchio.

Dopo il partizionamento della mano e la rimozione dei campioni del polso, il metodo estrae svariati insiemi di feature che descrivono ognuno proprietà complementari della mano non misurate da altri descrittori. I primi insiemi di feature descrivono proprietà della forma della mano, come le distanze delle punte delle dita dal centro del palmo o da un piano idealmente fittato nel palmo, e la curvatura del contorno della mano. In particolare, la *curvatura* è calcolata secondo una definizione integrale e il descrittore è stato reso indipendente dalla distanza della mano dal sensore.

Un altro set di feature, invece, descrive la morfologia del palmo per determinare quali dita sono aperte e quali invece ripiegate su di esso. Altri descrittori sfruttano le informazioni estratte dal convex hull della mano. Le posizioni delle punte delle dita nello spazio del sensore di profondità costituiscono un altro set di feature molto potente che congloba al suo interno le informazioni provenienti dalle distanze delle stesse dal centro del palmo o dal piano fittato in esso. Le informazioni fornite dalle API del Leap Motion, a loro volta, permettono l'estrazione di nuove feature significative o la reinterpretazione di alcuni descrittori costruiti sui dati di profondità in maniera più diretta ed efficiente. Un'altra categoria di feature estraibili è basata sulle informazioni sulla tessitura, reinterpretando le curvature come immagini in scala di grigi da fornire come dati in ingresso ad algoritmi presenti in letteratura per l'estrazione di descrittori locali del colore.

Infine, i diversi set di feature possono essere combinati per irrobustire il riconoscimento dei gesti, grazie alla complementarità di diversi descrittori che rimuove in molti casi le ambiguità generate dai descrittori usati singolarmente.

I valori delle diverse feature estratte sono poi usati come dati in ingresso per un algoritmo di machine learning che identifica con elevata accuratezza il gesto compiuto. Il classificatore attualmente impiegato è una Support Vector Machine (SVM) che, data la ridotta cardinalità dei dataset testati, ha richiesto la definizione di un protocollo di training ad hoc.

Una parte considerevole del tempo è stata impiegata per la generazione dei dati per la classificazione e per lo svolgimento di numerosi e onerosi test. Il codice per la stima dei parametri è stato parallelizzato al fine di minimizzare i tempi d'esecuzione sfruttando sistemi di calcolo ad alte prestazioni, in particolare il cluster blade dipartimentale.

Sono in fase di studio anche altri algoritmi di classificazione alternativi alle Support Vector Machines, come le Random Forest, fondate sugli alberi decisionali, e modelli basati sulla combinazione di più classificatori in parallelo basati su SVM o Random Forest, o la loro combinazione in classificatori ibridi.

Infine, sono stati condotti studi approfonditi sull'influenza dei vari descrittori sull'accuratezza finale nel riconoscimento, per determinare quali sono i più determinanti e per ridurre al minimo il numero di feature necessarie all'ottenimento dei risultati migliori.

I risultati ottenuti negli anni riportano elevate accuratezze (prossime al 100%) nel riconoscimento impiegando singoli descrittori, in particolar modo quelli sulla curvatura e sulla forma della mano. Le accuratezze aumentano in corrispondenza di opportune combinazioni di descrittori grazie alla loro complementarità. La feature selection ha, inoltre, mostrato che spesso è sufficiente aggiungere solo una o due feature significative in più per ottenere gli stessi risultati, se non a volte migliori, ottenibili con la giustapposizione di molte feature non rilevanti.

Pur non essendo al momento ottimizzato, l'algoritmo di riconoscimento non richiede un'elevata potenza di calcolo e ha la capacità di essere eseguito in real-time. Si prevede che, parallelizzando opportune sezioni di codice e revisionandone altre, le prestazioni globali aumenteranno sensibilmente.

Al momento il framework è progettato per riconoscere unicamente gesti statici, ma sono in fase di studio modifiche per permettere il riconoscimento di gesti dinamici.

### **Eye gaze estimation**

Il progetto, sviluppato interamente nel Computer Vision Laboratory della University of California a Santa Cruz sotto la supervisione del prof. Roberto Manduchi, consiste nello studio e nella progettazione di un sistema per dispositivi mobili (smartphone, tablet) e laptop in grado di rilevare in ogni istante la regione dello schermo focalizzata dall'utente, basandosi unicamente su immagini e video provenienti dalla webcam del dispositivo.

Il problema per la sua natura è molto complesso sia per la bassa qualità delle immagini acquisite da dispositivi economici, sia per le differenti condizioni di illuminazione della scena, e infine per la difficoltà nella stima della direzione dello sguardo a causa della posa variabile della testa e dei limiti del modello pinhole che descrive il principio di funzionamento delle webcam.

Tali problemi sono stati risolti in letteratura, non sempre in maniera completa, bloccando la testa in posizioni predefinite (spesso con l'uso strutture apposite) e impiegando telecamere ad alta definizione, illuminatori a infrarossi e altri strumenti di complessità e costo elevati.

L'approccio impiegato nel progetto, invece, è basato interamente sull'elaborazione delle immagini delle regioni perioculari e richiede unicamente la presenza di una webcam.

Il metodo inizia con l'estrazione delle zone perioculari e con il loro miglioramento tramite filtraggio, tecniche di image sharpening e di equalizzazione degli istogrammi per compensare le differenti condizioni di illuminazione e per massimizzare il contrasto tra l'iride e la sclera.

In seguito, il metodo proposto rileva in maniera accurata il centro e il raggio dell'iride, assumendo che mantenga una forma circolare nel piano immagine.

Il centro dell'iride è stimato tramite una variante dell'algoritmo di hough per la ricerca di cerchi a partire dagli edge dell'immagine della zona perioculare estratta precedentemente. L'algoritmo implementato sfrutta le informazioni sul gradiente delle immagini delle zone perioculari per evitare di individuare falsi positivi nella sclera, situazione comune con l'impiego della versione in letteratura dell'algoritmo, e strutture dati avanzate (es. look-up-tables) per il riutilizzo di risultati di elaborazioni precedenti aumentando, così, le prestazioni globali. Sono stati, altresì, implementati alcuni algoritmi alternativi per la stima dei centri degli iridi basati sulla ricerca delle ellissi che meglio descrivono il contorno degli iridi. Il primo metodo implementato consiste in un'estensione del metodo di hough per la ricerca dei cerchi, mentre il secondo algoritmo sfrutta le proprietà dell'evolvente dell'ellisse al fine di ridurre lo spazio di ricerca della migliore ellisse a una sola dimensione.

Le coordinate dei centri degli iridi stimati sono poi raccolte in un vettore quadrimensionale in ingresso a una Support Vector Machine (SVM) che stima la direzione dello sguardo secondo un modello allenato in precedenza in fase di calibrazione. Il modello in esame ha 9 classi riferite al centro e alle 8 direzioni cardinali agli angoli e i lati dello schermo.

Al momento l'algoritmo di riconoscimento è in grado di determinare efficacemente se l'utente sta guardando a sinistra, destra o al centro dello schermo, a patto che mantenga per quanto possibile la stessa orientazione e posizione della testa adottate in fase di training. Le posizioni in alto e basso non sono, invece, identificabili con affidabilità a causa dei ridotti movimenti verticali della pupilla e della variazione dell'altezza delle zone perioculari estratte a causa di motivi fisiologici che inducono la chiusura parziale delle palpebre.

Sviluppi futuri di questo progetto rilasseranno il vincolo di staticità della testa per la stima dello sguardo compensando le roto-traslazioni al fine di rendere i vettori di feature indipendenti dalla posa della testa, e impiegheranno modelli regressivi per stimare direzioni intermedie dello sguardo all'interno dello schermo.

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore:

“Real-time hand gesture recognition exploiting multiple 2D and 3D cues”, G.M. Cortelazzo

### **PARTE 3: Pubblicazioni**

#### Elenco pubblicazioni su rivista internazionale

- **Journal:** L. Nanni, A. Lumini, F. Dominio, M. Donadeo, P. Zanuttigh, “Ensemble to improve gesture recognition”, to appear on International Journal of Automated Identification Technology, 2014.
- **Journal:** L. Nanni, A. Lumini, F. Dominio, P. Zanuttigh, “Effective and precise face detection based on color and depth data”, Applied Computing and Informatics, vol. 10, Issues 1-2, pp 1-13, 2014.
- **Journal:** F. Dominio, M. Donadeo, P. Zanuttigh, “Combining multiple depth-based descriptors for hand gesture recognition”, Pattern Recognition Letters, Vol. 50, pp. 101-111, 2014

#### Elenco pubblicazioni su libro

- **Book chapter:** F. Dominio, G. Marin, M. Piazza, P. Zanuttigh, “Feature Descriptors for Depth-Based Hand Gesture Recognition”, Computer Vision and Machine Learning with RGB-D Sensors, Advances in Computer Vision and Pattern Recognition, Springer International Publishing, 2014, pp. 215-223.
- **Book chapter:** L. Nanni, A. Lumini, F. Dominio, M. Donadeo and P. Zanuttigh, "Combination of Depth and Texture Descriptors for Gesture Recognition", to appear in Advances in Machine Learning Research, Nova Science Publishers, 2014.
- **Book chapter:** C. Dal Mutto, F. Dominio, P. Zanuttigh, S. Mattocchia “Stereo Vision and Scene Segmentation”, In “Stereo Vision”, Intech, June 2012.

#### Elenco pubblicazioni sottomesse a rivista internazionale

- **Journal:** G. Marin, F. Dominio, P. Zanuttigh, “hand Gesture Recognition with Jointly Calibrated Leap Motion and Depth Sensor”, submitted to Multimedia Tools and Applications, Springer International Publishing, 2014, major revision after first review.

#### Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

- **Conference proceeding:** G. Marin, F. Dominio, P. Zanuttigh, “Hand gesture recognition with Leap Motion and Kinect devices”, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Paris, France, 2014.
- **Conference proceeding:** G. Pozzato, S. Michieletto, E. Menegatti, F. Dominio, G. Marin, L. Minto, S. Milani, P. Zanuttigh, "Human-Robot Interaction with Depth-Based Gesture Recognition", Real Time Gesture Recognition for Human-Robot Interaction Workshop, 2014.
- **Conference proceeding:** G. Marin, M. Fraccaro, M. Donadeo, F. Dominio, P. Zanuttigh, “Palm area detection for reliable hand gesture recognition”, Proceedings of MMSP 2013, Pula, Italy, 2013

- **Conference proceeding:** F. Dominio, M. Donadeo, G. Marin, P. Zanuttigh, G.M. Cortelazzo, “Hand Gesture Recognition with Depth Data”, ACM Multimedia Artemis Workshop, 2013.

Elenco pubblicazioni su rivista nazionale

---

Elenco pubblicazioni su convegno nazionale

- **Conference proceeding:** C. Dal Mutto, F. Dominio, P. Zanuttigh, G.M. Cortelazzo – “Hand Gesture Recognition for 3D Interfaces” - STDay 2011, Turin, Italy, September 2011 (BEST PAPER AWARD).
- **Conference proceeding:** L. Bezze, C. Dal Mutto, P. Zanuttigh, F. Dominio, G.M. Cortelazzo – “ToF Cameras and Microsoft Kinect Depth Sensor for Natural Gesture Interfaces” – CHIItaly 2011 (ACM), Alghero, Italy, September 2011.

Brevetti

---

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Dominio 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 **Fabris Chiara** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Bioingegneria.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 la dott.ssa **Fabris Chiara** 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 Bioingegneria

**La candidata dichiara quanto segue:**

### **Parte 1: Didattica**

#### Corsi seguiti

- Algebraic tools for the identifiability of dynamical systems  
Prof.ssa Maria Pia Saccomani
- Applied linear algebra  
Prof. Harald Wimmer
- Digital processing of measurement information  
Prof. Claudio Narduzzi
- Dose, effect, threshold  
Prof. Andrea Trevisan
- Statistical methods  
Prof. Lorenzo Finesso

#### Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

- XXXI Scuola Annuale di Bioingegneria, Bressanone, 17-21 Settembre 2012

#### Seminari

- “La frequenza alfa individuale dell’EEG: metodiche di stima e principali applicazioni”  
relatore: Dott.ssa Anahita Goljahani  
Seminario CIRMANMEC, DEI, 29/02/2012
- “Acquisizione di EEG e potenziali evento relati”  
relatore: Dott. Raffaele Orsato  
DEI, 24/04/2012
- “Sviluppo di un sistema di analisi della variabilità intra-individuale dell'elettroencefalogramma per l'identificazione precoce di deficit cognitivi”  
relatori: Dott.ssa Costanza D'Avanzo, Dott. Giorgio Arcara  
DEI, 24/04/2012
- “Metodiche di stima della connettività cerebrale mediante EEG”

relatore: Dott.ssa Elisa Sartori  
Seminario CIRMANMEC, DEI, 16/05/2012

- “Brain-Machine Hybrid Systems: Investigation of Algorithms in a Silkworm Moth”  
relatore: Prof. Daisuke Kurabayashi  
DEI, 18/02/2013
- “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”  
relatori: Prof. Silvano Pupolin e Ing. Giulia Cisotto  
DEI, 10/09/2013
- Workshop di Brain Computer Interface in collaborazione con g.tec Medical Engineering  
DEI, 03/10/2013
- Tavola rotonda – Il Sole24Ore: “L’ingegneria del corpo”  
Palazzo Bo’, 20/10/2014
- Corso di aggiornamento: “La spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS): dai fondamenti alle sue applicazioni cliniche”  
Policlinico Universitario, 29/10/2014

#### Partecipazione a Conferenze Nazionali

- III Congresso Gruppo Nazionale di Bioingegneria, Roma, 26-29 Giugno 2012 (con presentazione poster)

#### Partecipazione a Conferenze Internazionali

- XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing (MEDICON2013), Siviglia, Spagna, 25-28 Settembre 2013 (con presentazione orale e presentazione poster)
- 7<sup>th</sup> International Conference on Advanced Technologies and Treatments for Diabetes (ATTD2014), Vienna, Austria, 5-8 Febbraio 2014 (con presentazione orale e presentazione poster)
- 36<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2014), Chicago, Illinois, USA, 26-30 Agosto 2014 (con presentazione orale)
- 14<sup>th</sup> Annual Diabetes Technology Meeting (DTM 2014), Bethesda, Maryland, USA, 6-8 Novembre 2014 (con presentazione poster)

#### Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

- A.A. 2012-2013
  - Supporto come Tutor Junior all’attività di laboratorio del corso di Informatica Medica, tenuto dal Prof. Giovanni Sparacino all’interno del corso di Laurea Magistrale in Bioingegneria (I anno, I semestre)

- A.A. 2013-2014
  - Correlatrice Tesi di Laurea Magistrale “Quantitative Assessment of Hypoglycemia-Induced EEG Changes in Type 1 Diabetes Subjects”, laureanda Maria Rubega (relatore Prof. Giovanni Sparacino)
  - Supporto come Tutor Junior all'attività di laboratorio dei corsi di Informatica Medica ed Analisi di Dati Biologici, tenuti dal Prof. Giovanni Sparacino all'interno del Corso di Laurea Magistrale in Bioingegneria (I semestre di I e II anno, rispettivamente)
- A.A. 2014-2015
  - Supporto all'attività di laboratorio del corso di Analisi di Dati Biologici, tenuto dal Prof. Giovanni Sparacino all'interno del Corso di Laurea Magistrale in Bioingegneria (II anno, I semestre)

#### Permanenza all'estero

- Periodo di mobilità della durata di 6 mesi (1 Aprile – 1 Ottobre 2014) presso il Center for Diabetes Technology, University of Virginia, Charlottesville, Virginia, USA

#### **Parte 2: Ricerca**

##### Descrizione dell'attività di ricerca durante il dottorato

L'attività di ricerca svolta si è concentrata sullo sviluppo di metodi per l'analisi di segnali biomedici.

Un primo filone ha riguardato lo studio e l'utilizzo di tecniche non lineari per l'analisi del segnale, con particolare riferimento ad approcci basati sulla teoria del caos deterministico. Nello specifico del lavoro svolto, misure di entropia recentemente proposte in letteratura (Approximate Entropy e Sample Entropy) sono state studiate ed implementate per l'analisi dei segnali vocale ed elettroglottografico nell'ambito di un progetto svolto in collaborazione con l'Ospedale Cà Foncello di Treviso teso ad indagare quantitativamente tali segnali in soggetti sani e soggetti disfonici. Lo studio, descritto in un articolo pubblicato sulla rivista Biomedical Signal Processing and Control (Impact Factor 1.532 su JCR), ha evidenziato la capacità delle tecniche studiate di cogliere la diversità strutturale nell'anatomia dell'apparato fonatorio di pazienti con disordini vocali rispetto a pazienti normali. Tecniche della stessa natura sono state utilizzate anche nello studio del segnale elettroencefalografico (EEG), con l'obiettivo di caratterizzare le variazioni nell'EEG di 19 pazienti con diabete di tipo 1 durante ipoglicemie indotte. Il rationale di quest'indagine, condotta in collaborazione con Hyposafe AS (Lyngby, Denmark, sito <http://www.hyposafe.com>), è legato al fatto che stati patologici e di parziale/totale perdita di coscienza si sono dimostrati essere associati a variazioni significative della complessità delle dinamiche cerebrali, ben riflesse dal segnale EEG. Nel dettaglio del lavoro svolto, la complessità dell'EEG è stata quantificata in condizioni di normoglicemia ed ipoglicemia tramite la Multiscale Entropy, tecnica in base alla quale l'irregolarità di un segnale viene misurata su diverse scale temporali. I risultati, presentati prima a due conferenze internazionali e poi pubblicati sulla rivista Diabetes Technology & Therapeutics (Impact Factor 2.293 su JCR), dimostrano che la complessità dell'EEG diminuisce significativamente in condizioni di ipoglicemia. Quanto ottenuto supporta l'idea di utilizzare il cervello come biosensore per la detection di eventi ipoglicemici e suggerisce quindi anche un possibile risvolto industriale della ricerca svolta.

Il secondo filone su cui si è articolata l'attività di ricerca, e su cui si articola la tesi di dottorato, riguarda la quantificazione della variabilità glicemica in soggetti con diabete di tipo 1 e 2. La variabilità glicemica è un fattore di rischio per lo sviluppo di complicazioni a lungo termine dal diabete e la sua quantificazione è stata, ed è tuttora, largamente dibattuta in letteratura. In particolare, per quantificare la variabilità si usano indicatori specifici valutati su serie temporali di *self monitoring blood glucose* (SMBG) e, più di recente, anche di *continuous glucose monitoring* (CGM). Diverse dozzine di indici sono state proposte in letteratura, ma un gold-standard non è ancora stato identificato, e una combinazione di indici sembra essere necessaria per ottenere una descrizione esaustiva della variabilità glicemica da serie SMBG o CGM. In questo scenario, con l'obiettivo di muovere i primi passi verso l'identificazione di un sottoinsieme di indici particolarmente informativi che forniscano una descrizione compatta della variabilità glicemica, si è ideata una tecnica basata sulla Sparse Principal Component Analysis (SPCA). L'uso della tecnica su un pool di 25 indicatori calcolati a partire da diversi dataset di serie CGM acquisite in pazienti con diabete di tipo 1 e 2 ha dimostrato che con una o due componenti principali è possibile preservare la maggior parte (>85%) della varianza dei dati originali e ha permesso di identificare sottoinsiemi opportuni di 10 indicatori che spiegano sempre almeno il 60% della varianza. I risultati sono stati illustrati in varie sedi, ed in particolare come oral presentation a due convegni internazionali (Advanced Technologies and Treatments for Diabetes Meeting, Vienna, 2014, e IEEE Engineering in Medicine and Biology Society Annual Conference, Chicago, 2014) e in forma di articolo pubblicato su *Diabetes Technology & Therapeutics* (Impact Factor 2.293 su JCR). Un ulteriore articolo è al momento in fase di sottomissione alla rivista *Journal of Diabetes Science & Technology*.

All'interno del filone di ricerca sulla variabilità glicemica si è collocata anche l'attività svolta durante i sei mesi passati presso il Center for Diabetes Technology, University of Virginia, VA, USA. In particolare, in questo contesto si disponeva di un dataset molto ampio, costituito da 28 pazienti con diabete di tipo 1, monitorati per un periodo di quattro settimane con SMBG e CGM, e sottoposti a terapia con pompa di insulina. Il design sperimentale prevedeva che i soggetti, dopo due settimane di monitoraggio, venissero ospedalizzati e sottoposti a *swing glicemico*, procedura in base alla quale i pazienti venivano portati in iperglicemia ed immediatamente dopo spinti in severa ipoglicemia. Lo scopo dello studio era di investigare l'effetto di tale evento su variabilità glicemica e sensibilità insulinica dei soggetti, per identificare eventuali trigger comportamentali che consentissero di ottimizzare il controllo della glicemia senza ricorrere all'utilizzo del pancreas artificiale. I risultati ottenuti hanno evidenziato una significativa variazione nel controllo glicemico dei soggetti nel giorno successivo all'evento, suggerendo la possibilità di intervenire con accorgimenti biocomportamentali al fine di limitare la variabilità glicemica e ridurre il rischio di ipoglicemia in pazienti con diabete di tipo 1. Il medesimo dataset è stato utilizzato anche nello sviluppo di modelli che consentissero l'applicazione di noti indicatori sviluppati per la quantificazione del rischio di iper/ipoglicemia da serie SMBG, a dati CGM. Quest'ultimo lavoro è stato presentato ad una conferenza internazionale del settore (Diabetes Technology Meeting, Bethesda, 2014) ed è oggetto di un paper attualmente in fase di scrittura.

#### Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

Titolo Tesi di Dottorato:

Glucose variability assessment in diabetes mellitus monitoring and control

Supervisore:

Prof. Giovanni Sparacino

#### **Parte 3: Pubblicazioni**



Elenco pubblicazioni come articoli scientifici su rivista internazionale

- C. Fabris, W. De Colle, G. Sparacino (2014). Voice Disorders Assessed by (Cross-) Sample Entropy of Electroglottogram and Microphone Signals. Biomed Signal Process Control, vol. 8(6), pp. 920-926.
- C. Fabris, G. Sparacino, A.S. Sejling, A. Goljahani, J. Duun-Henriksen, L.S. Remvig, C.B. Juhl, C. Cobelli (2014). Hypoglycemia-Related Electroencephalogram Changes Assessed by Multiscale Entropy. Diabetes Technol Ther, vol. 16(10), pp. 644-652.
- C. Fabris, A. Facchinetti, G. Sparacino, M. Zanon, S. Guerra, A. Maran, C. Cobelli (2014). Glucose Variability Indices in Type 1 Diabetes: Parsimonious Set of Indices Revealed by Sparse Principal Component Analysis. Diabetes Technol Ther, vol. 16(10), pp. 688-694.

Elenco manoscritti sottomessi o in fase di sottomissione come articoli scientifici

- C. Fabris, A. Facchinetti, G. Sparacino, G. Fico, F. Sambo, C. Cobelli, on behalf of the Mosaic Eu Project Consortium. Parsimonious Description of Glucose Variability in Type 2 Diabetes by Sparse Principal Component Analysis. To be submitted to J Diabetes Sci Technol.
- C. Fabris, S. Patek, M. Breton. Are Risk Indices Derived from CGM Interchangeable with SMBG-Based Indices? To be submitted to J Diabetes Sci Technol.

Elenco pubblicazioni in atti di convegno internazionale

- F. Scarpa, C. Fabris, S. Brigadoi, S. Cutini, P. Scatturin, R. Dell'Acqua, G. Sparacino (2012). A GLM-Based Approach to Estimate Stimulus-Evoked Hemodynamic Response from fNIRS Measurements. Proc. 6th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE), Shanghai, China, May 17-20, vol. 3, pp. 736-739.
- C. Fabris, A.S. Sejling, G. Sparacino, A. Goljahani, J. Duun-Henriksen, L.S. Remvig, C. Cobelli, C.B. Juhl (2013). Hypoglycemia-Related EEG Changes Assessed by Approximate Entropy. IFMBE Proc. XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing (MEDICON), Seville, Spain, Sept 25-28, vol. 41, pp. 686-689.
- A. Goljahani, A.S. Sejling, G. Sparacino, C. Fabris, J. Duun-Henriksen, L.S. Remvig, C. Cobelli, C.B. Juhl (2013). Variability of EEG Theta Power Modulation in Type 1 Diabetics Increases During Hypoglycemia. IFMBE Proc. XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing (MEDICON), Seville, Spain, Sept 25-28, vol. 41, pp. 539-542.
- C. Fabris, A. Facchinetti, M. Zanon, G. Sparacino, A. Maran, C. Cobelli (2013). Minimal Set of Glucose Variability Indices by Sparse Principal Component Analysis. Book of Abstracts, 13th Annual Diabetes Technology Meeting (DTM), San Francisco, California, USA, Oct 31 - Nov 2.
- C. Fabris, A. Facchinetti, G. Sparacino, G. Fico, A. Guillén, C. Cobelli (2014). Parsimonious Description of Glucose Variability in Type 2 Diabetes by Sparse Principal Component Analysis. Book of Abstracts, 7th International Conference on Advanced Technologies & Treatments for Diabetes (ATTD), Vienna, Austria, Feb 5-8.

- C. Fabris, M. Rubega, A.S. Sejling, J. Duun-Henriksen, L.S. Remvig, C.B. Juhl, G. Sparacino, C. Cobelli (2014). Hypoglycemia-Induced EEG Changes in Type 1 Diabetic Subjects. Book of Abstracts, 7th International Conference on Advanced Technologies & Treatments for Diabetes (ATTD), Vienna, Austria, Feb 5-8.
- C. Fabris, A. Facchinetti, G. Sparacino, C. Cobelli (2014). Sparse Principal Component Analysis for the Parsimonious Description of Glucose Variability in Diabetes. Proc. 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Chicago, Illinois, USA, Aug 26-30.
- C. Fabris, S. Patek, M. Breton (2014). Are Risk Indices Derived from CGM Interchangeable with SMBG Based Indices? Book of Abstracts, 14th Annual Diabetes Technology Meeting (DTM), Bethesda, Maryland, USA, Nov 6-8.
- M. Isabel, J. Cancela, G. Fico, A. Facchinetti, C. Fabris, C. Cobelli, M.T. Arredondo (2014). Exploring Continuous Glucose Monitoring on the Frequency Domain to Identify Risk Factors in Type 2 Diabetes. Book of Abstracts, 14th Annual Diabetes Technology Meeting (DTM), Bethesda, Maryland, USA, Nov 6-8.

Elenco pubblicazioni in atti di convegno nazionale

- C. Fabris, F. Scarpa, S. Brigadoi, S. Cutini, P. Scatturin, R. Dell'Acqua, G. Sparacino (2012). Estimation of the Stimulus-Evoked Hemodynamic Response from fNIRS Measurements. Book of Abstracts, III Italian National Bioengineering Group Conference (GNB), Rome, Italy, Jun 26-29.
- C. Fabris, A. Facchinetti, G. Sparacino, C. Cobelli (2014). Sparse Principal Component Analysis for the Parsimonious Description of Glucose Variability in Diabetes. Book of Abstracts, IV Italian National Bioengineering Group Conference (GNB), Pavia, Italy, Jun 25-27.
- M. Rubega, C. Fabris, A.S. Sejling, J. Duun-Henriksen, L.S. Remvig, C.B. Juhl, A. Goljahani, G. Sparacino, C. Cobelli (2014). Assessment of EEG Changes During Hypoglycemia in Type 1 Diabetic Subjects. Book of Abstracts, IV Italian National Bioengineering Group Conference (GNB), Pavia, Italy, Jun 25-27.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato la dott.ssa **Fabris Chiara** si è impegnata 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 **Frigo Guglielmo** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Frigo Guglielmo** 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 Functional Analysis (Professor Pillonetto)

Applied Linear Algebra (Professor Wimmer)

Digital Processing of Measurement Information (Professor Narduzzi) Statistical Methods (Professor Finesso)

##### Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

Seminario di eccellenza "Italo Gorini" – Bari, 5 – 9 settembre 2012

Seminario di eccellenza "Italo Gorini" – Padova, 2 – 6 settembre 2013

Summer School of Information Engineering, Brixen 7 – 11 luglio 2014

##### Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

Distinguished Lectures del DEI

Seminario dell'Ingegnere Caldognetto sulle reti elettriche di potenza

Seminario del Dottor Luvisotto sulle trasmissioni industriali

Seminario settimanale sul tema Smart Grid (Professor Schenato)

Seminario sugli algoritmi di stima per PMU (Professor Paolone, EPFL, Lausanne)

##### Partecipazione a Conferenze Nazionali

XXXI Congresso Nazionale del Gruppo di Misure Elettriche ed Elettroniche, Ancona, 11 – 13 settembre 2014

##### Partecipazione a Conferenze Internazionali

IMEKO 2013, Barcelona (Spain), 18 – 19 July 2013

AMPS 2013, Aachen (Germany), 25 – 27 September 2013

MEMEA 2014, Lisboa (Portugal), 11 – 12 June 2014

EUSIPCO 2014, Lisboa (Portugal), 1 – 5 September 2014

AMPS 2014, Aachen (Germany), 24 – 26 September 2014

##### Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

##### AA 2012/2013

In qualità di Tutor Junior, ho svolto assistenza presso i laboratori didattici dei corsi "Sistemi di misura per l'automazione" della Professoressa Giorgi e "Strumentazione elettronica" del Professor Benetazzo. A tal proposito, il computo totale delle ore rendicontate dal mio contratto di tutor junior è stato pari a 100.

In vista della manifestazione "Notte dei ricercatori 2013" ho collaborato con l'Ingegnere Stellini per approntare un banco di misure per la compatibilità elettromagnetica: con l'ausilio di una testa di un manichino e di un

misuratore di campo (PMM) è stato possibile quantificare l'entità e delineare le zone di maggior intensità del campo magnetico indotto da un telefono cellulare, differenziandone il comportamento in fase di chiamata o di semplice ricezione di dati a pacchetto.

AA 2013/2014 Nel mese di gennaio ho ultimato la mia attività di Tutor Junior nell'ambito della quale ho svolto assistenza presso i laboratori didattici dei corsi "Misure elettroniche" del Professor Narduzzi, "Sistemi di misura per l'automazione" della Professoressa Giorgi e "Strumentazione elettronica" del Professor Benetazzo, per un totale di 120 ore.

Nel secondo semestre, ho collaborato al corso di Laurea Magistrale dal titolo Smart Grid nella veste di Tutor per quanto riguarda le attività sperimentali nel contesto delle misure elettroniche.

AA 2014/2015

A partire dal mese di settembre ho iniziato a seguire in qualità di correlatore l'attività del tesista Stefano Basso, la cui relatrice è la Professoressa Giorgi. Nel contempo, ho iniziato a seguire in prima persona il progetto di una collaborazione con i gruppi di ricerca dei Professori Sparacino, del

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, e Vassanelli, del Dipartimento di Biologia, volto a progettare un software per l'acquisizione di segnali cerebrali da cavie animali.

Nel mese di ottobre ho iniziato nuovamente la mia attività di Tutor Junior presso i laboratori didattici "Misure elettroniche" del Professor Narduzzi e "Sistemi di misura per l'automazione" della Professoressa Giorgi per un totale di 60 ore.

Nello stesso mese di ottobre ho iniziato anche a svolgere attività didattica nell'ambito del corso ITS Meccatronico per un totale di 24 ore riguardante il tema della Teoria del Campionamento.

Assieme alla Professoressa Giorgi e al Professor Narduzzi assisto un gruppo di studenti che intende partecipare alla Signal Processing Cup, organizzata nel contesto della conferenza ICASSP 2015.

## Parte 2 Ricerca

La mia attività di ricerca è incentrata attorno all'analisi di un nuovo paradigma di campionamento, noto con il nome di campionamento compresso. Tale teoria promette di superare i limiti imposti dal teorema di Shannon e vincolare la frequenza di campionamento non tanto all'estensione spettrale, quanto piuttosto al tasso di aggiornamento del segnale in esame. Un simile approccio non impone stringenti ipotesi sul processo di acquisizione, semplicemente sfrutta in modo sapiente le proprietà di sparsità che qualsiasi segnale esibisce, una volta espresso nell'opportuno dominio.

Il primo anno della mia attività di ricerca è stato dedicato all'approfondimento delle basi teoriche di questa teoria. Numerose infatti sono le formulazioni reperibili in letteratura. Nella maggior parte dei casi, si trovano a differire per aspetti di natura procedurale, strettamente legati allo specifico campo di applicazione, mentre concordano nella prospettiva con cui guardano al problema. A tal proposito, una bibliografia ragionata ha permesso di redigere una versione unificata del campionamento compresso, che ne evidenziasse in particolare le condizioni necessarie e sufficienti al buon esito. Proseguendo lungo il medesimo percorso, il secondo anno è stato dedicato all'analisi di quegli aspetti che maggiormente impattano sull'implementazione pratica del protocollo. In particolare, la scelta del miglior schema di acquisizione è connessa alle proprietà di singolarità e isometria ristretta delle basi matriciali che lo rappresentano. Tra i diversi criteri considerati, due si sono rivelati particolarmente proficui: coerenza ed isometria. La rispettiva formalizzazione matematica mette in luce diversi aspetti del dominio di acquisizione, il cui peso risulta più o meno vincolante a seconda dell'ambito applicativo considerato. La preferenza finale è stata accordata al criterio di isometria ristretta, in quanto non richiede una conoscenza aprioristica delle proprietà di sparsità del segnale e restituisce un indice numerico, in grado di

quantificare quanto i campioni acquisiti possano discostarsi dalle rispettive versioni originali.

Altrettanto interesse ha riscosso lo studio degli algoritmi di risoluzione dei cosiddetti problemi sotto – determinati. Due sono i principali approcci: un'ottimizzazione convessa di una norma o la ricerca iterativa di tipo greedy. Quest'ultima via è parsa la migliore, in quanto di facile implementazione e meno dispendiosa in termini di carico computazionale. In particolare, la scelta è ricaduta sulla tecnica nota come orthogonal matching pursuit. Come ogni algoritmo iterativo, cruciale è il ruolo giocato dal criterio di arresto. Numerose simulazioni sono state svolte per cercare di legare questo parametro al corpo delle misure acquisite: da un lato, si è impostato un confronto tra l'energia delle misure e l'energia della traccia ricostruita ad ogni iterazione, teorizzando così una sorta di diretta proporzionalità tra energia e informazione; dall'altro, si è proposto uno studio degli autovalori della matrice di autocorrelazione delle misure.

L'attività di ricerca non si è però limitata all'indagine teorica, ma ha sondato alcuni possibili ambiti di applicazione. In tal senso si è cercato di scegliere campi di estrazione elettronica o informatica, ove l'implementazione del protocollo non solo producesse un guadagno tangibile rispetto alla teoria tradizionale ma consentisse anche una caratterizzazione metrologica in termini di accuratezza delle stime.

Un articolo in fase di sottomissione alle Transactions on Instrumentation and Measurement [1] ha preso in considerazione un innovativo progetto di convertitore analogico digitale. Ne ha fornito una caratterizzazione della procedura algoritmica e ne ha offerto un'originale applicazione all'ambito degli analizzatori vettoriali. L'idea di fondo è quella di suddividere la porzione di spettro esplorata in sottobande; il segnale di interesse si dimostra così sparso a blocchi ed è sufficiente un insieme di misure compresse per determinarne il supporto.

Una pubblicazione presentata nell'ambito dell'I2MTC 2013 [2], ha applicato il medesimo algoritmo al caso delle radio cognitive. In questo caso, la prospettiva è ribaltata: ad essere ricercate non sono più le sottobande occupate bensì quelle ancora libere. Di qui la necessità di scandire in modo efficiente lo spettro e determinare se le attività rinvenute nelle singole sottobande siano effettive trasmissioni o semplici disturbi e interferenze. La bontà dei risultati conseguiti ha suggerito di implementare una primitiva forma di modulation detector: al momento i formati supportati non sono tali da coprire la intera casistica, ma successive integrazioni promettono di fornire uno strumento rapido e affidabile.

Nell'ambito della conferenza IMEKO 2013 è stata presentata un metodo di super – risoluzione [3] basato sui dettami del campionamento compresso. Senza necessità di finestrazione preliminare o di interpolazione, brevi porzioni del segnale, largamente sovrapposte, vengono trasformate mediante DFT e combinate tra loro in un'unica matrice delle misure. L'analisi ai valori singolari dell'auto – correlazione delle misure consente di definire il supporto del segnale anche su una griglia più densa di quella di partenza.

Al workshop AMPS 2013 l'algoritmo di super – risoluzione è stato applicato all'ambito smart grid, in particolare alle procedure di stima richieste ad una generica unità di misura fasoriale [4]. Si sono conseguiti risultati incoraggianti, tali da soddisfare nella maggior parte delle condizioni esplorate le condizioni imposte dallo standard IEEE.C37.118-1. Una versione estesa del medesimo lavoro è stata inviata per la pubblicazione sullo special issue dedicato al suddetto workshop dalle TIM [5]. Nel corso del mio terzo anno di dottorato, l'indagine si è estesa anche all'analisi di segnali biologici tesa a favorire una collaborazione con il gruppo di ricerca di Ingegneria Biomedica. In particolare, il lavoro ha riguardato uno specifico caso di elaborazione digitale di segnali elettroencefalografici (EEG) acquisiti simultaneamente ad esami di risonanza magnetica funzionale (fMRI). Effettuando la misura mediante elettrodi convenzionali all'interno di uno scanner per risonanza, è inevitabile che il segnale risulti affetto da artefatti legati alla ben nota legge di Lenz. Tale difetto prende il nome di artefatto da gradiente (GRA) ed è stato oggetto di una pubblicazione presentata presso la conferenza MeMeA 2014 [6]. Mediante la già citata tecnica di super-risoluzione nel dominio della frequenza viene stimato il supporto del segnale. Quindi, visti i numerosi fattori dinamici che entrano in gioco (movimenti volontari o meno del paziente, segnali di altra origine con lo stesso contenuto spettrale), si utilizza l'informazione del supporto per costruire un'apposita base della trasformata di Taylor-Fourier e proiettarvi le misure acquisite. Tale strumento matematico è l'espansione in serie di Taylor della consueta trasformata discreta di Fourier nell'intorno dell'istante centrale

della porzione di segnale considerato. Tenendo conto anche dei termini derivativi di ordine superiore al primo, è possibile seguire in maniera più accurata e affidabile andamenti dinamici.

Nell'ambito della stessa conferenza MeMeA 2014 si è presentato un'ulteriore pubblicazione [7], frutto della collaborazione con la Mida Solutions. In tal caso, l'argomento trattato concerne la gestione di sistemi di informatica medica. Entrando maggiormente nel dettaglio, l'articolo presenta un protocollo di organizzazione dei flussi di informazione in ambito sanitario e assistenziale in contesti di dimensioni più ridotte quali quello domestico, che si basi sulle attuali tecnologie cloud.

Nell'ambito della conferenza EuSiPCo 2014 ho presentato un articolo [8] che esplora i fondamenti e i limiti teorici dell'algoritmo di super-risoluzione basato sull'estrapolazione di un dizionario dei nuclei di Dirichlet tale da modellare l'effetto di leakage spettrale. In tale sede ho ricoperto il ruolo di Session Chairman e ho potuto assistere a interventi autorevoli da parte di eminenti esperti del settore quali i Professori Eldar, Sidiropoulos, Sapiro, Rabaey e Dannenberg.

Nel corso del XXXI Congresso Nazionale del GMEE sono stato selezionato per presentare l'attività dell'unità di ricerca di Padova. La memoria estesa [9] è stata oggetto di una presentazione orale, che si è incentrata sugli algoritmi di stima per le misure di sincrofasori basati sulla teoria CS.

Nell'ambito del workshop AMPS 2014 il tema è stato ulteriormente sviluppato, grazie anche alla collaborazione con i colleghi dell'unità di Cagliari, nelle persone dei Professori Muscas e Pegoraro. Scendendo maggiormente nel dettaglio, l'esperienza sperimentale insegna come i risultati del filtro TFT siano tanto maggiori quanto meglio questo sia centrato attorno alla componente di interesse. In presenza poi di componenti spurie, quali armoniche o inter-armoniche, ignorarne la presenza è del tutto controproducente in quanto vengono iniettate senza ostacoli nella banda passante del filtro. Se, invece, se ne tiene conto e si arricchisce la base della TFT con degli appositi vettori su cui proiettare i contributi di queste componenti spurie, è possibile ridurre sensibilmente le iniezioni. L'idea di fondo è quella di effettuare la stima del supporto mediante l'algoritmo di super-risoluzione e arricchire così il modello del segnale per la costruzione della base TFT. I risultati sono stati accolti entusiasticamente in quanto è stato possibile soddisfare i requisiti dello standard IEEE Standard C37.118.1 in presenza di un'armonica a 100 Hz e un'inter-armonica a 77 Hz entrambe di ampiezza pari al 10% della fondamentale. Una finestra di osservazione pari a 5 periodi della fondamentale è risultata sufficiente nonostante lo standard di riferimento in termini di disturbi armonici e non, i.e. IEC Standard 61000, prescriva una finestra di osservazione pari ad almeno 10 periodi [10]. Al momento, l'algoritmo può già considerarsi conforme ai requisiti per la classe M, mentre nell'ambito dell'estensione da pubblicarsi su TIM si intende provare ad assestarsi intorno ai 3 periodi di osservazione richiesti dalla classe P.

In collaborazione con il gruppo di ricerca del Professor Sparacino, si sta tentando di applicare tale metodo di elaborazione dei dati al contesto delle misure di spettroscopia infrarossa funzionale. In modo analogo a quanto fatto per gli artefatti da gradiente nel caso dell'elettroencefalogramma, l'idea è quella di elaborare un modello sinusoidale del rumore a partire da un canale di riferimento e sottrarlo da quei canali ove coesistono rumore e segnale realmente informativo. Eventuali risultati positivi sono destinati ad essere presentati nel prossimo MeMeA 2015.

In collaborazione con il gruppo di ricerca del Professor Carli è in corso una sperimentazione per accertare il peso dell'incertezza di misura nel controllo automatico di reti elettriche intelligenti. In tale contesto, affianco all'analisi metrologica, si snoda la comparazione di diversi approcci alla stima fasoriale (interpolazione, CS, TFT,...).

In vista della conferenza IMTC 2015 si sono avanzate due proposte in parallelo. Da un lato, assieme al mio supervisore Professor Narduzzi abbiamo elaborato un programma per un tutorial sulla teoria del campionamento compresso e sulle sue possibili applicazioni al mondo delle misure elettroniche

[11]. Dall'altro, è stato sottomesso un articolo che propone un nuovo metodo per passare da una semplice stima discreta, i.e. definita su una griglia prefissata di valori, ad una stima cosiddetta continua, che sia ancora basata sulla teoria del campionamento compresso [12].

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

TITOLO: Compressive Sensing Applications in Measurement: Theoretical Issues, Algorithm Characterization and Implementation

SUPERVISORE: Professor Claudio Narduzzi

Parte 3 Pubblicazioni

- [1]FRIGO, NARDUZZI, *Characterization of a Compressed Sampling Algorithm as a Vector Signal Analysis Preprocessor*, to be submitted to IEEE TIM
- [2]BERTOCCO, FRIGO, GIORGI, NARDUZZI, *A modulation detector based on compressive sensing for vector measurement in cognitive radio*, in: IM2TC, Minneapolis (MN), 6 – 9 May 2013 [3] BERTOCCO, FRIGO, NARDUZZI, *On compressed sensing and super-resolution in DFTbased spectral analysis*, in: IMEKO, Barcelona (Spain), 18 – 19 July 2013
- [4] BERTOCCO, FRIGO, NARDUZZI, TRAMARIN, *Resolution Enhancement in Harmonic Analysis by Compressive Sensing*, in: AMPS, Aachen (Germany), 25 – 27 September 2013
- [5] BERTOCCO, FRIGO, NARDUZZI, TRAMARIN, *Resolution Enhancement in Power Quality and Phasor Measurement by Compressive Sensing*, IEEE TIM
- [6] FRIGO, NARDUZZI, *EEG Gradient Artifact Removal by Compressive Sensing and Taylor-Fourier Transform*, in: MEMEA, Lisboa (Portugal), 11 – 12 June 2014
- [7] BENETAZZO, FRANCHIN, FRIGO, LICCIARDELLO, TITTOTO, *A Collaborative Approach for Future ICT Based Healthcare Services*, in: MEMEA, Lisboa (Portugal), 11 – 12 June 2014
- [8] FRIGO, NARDUZZI, *Compressive Sensing with an Overcomplete Dictionary for High-Resolution DFT Analysis*, in: EUSIPCO, Lisboa (Portugal), 1 – 5 September 2014
- [9] BERTOCCO, FRIGO, NARDUZZI, TRAMARIN, *Misura di fasori ad elevate risoluzione e robustezza mediante tecniche di campionamento compresso*, in: GMEE, Ancona (Italy), 11 – 13 September 2014
- [10] BERTOCCO, FRIGO, NARDUZZI, MUSCAS, PEGORARO, *Compressive Sensing plus Taylor-Fourier Transform for Synchrophasor Estimation*, in: AMPS, Aachen (Germany), 24 – 26 September 2014
- [11] FRIGO, NARDUZZI, *A Focus on Compressive Sensing Applications in Measurement*, submitted to I2MTC, Pisa (Italy), 11 – 14 May 2015
- [12] BERTOCCO, FRIGO, NARDUZZI, *High-Accuracy Frequency Estimation in Compressive Sensing-plus-DFT Spectral Analysis*, submitted to I2MTC, Pisa (Italy), 11 – 14 May 2015

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

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE  
SCUOLA DI DOTTORATO IN INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

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

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Giollo Manuel** 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:**

**Didattica**

**- Elenco dei corsi**

Nome corso	CFU	Stato
Game Theory for Information Engineering	5	Superato
Applied Linear Algebra	4	Superato
Statistical Methods	6	Superato
Applied Functional Analysis	7	Superato
Bioingegneria per la genomica	6	Frequentato
Academic writing	32 ore	Frequentato
Bayesian Machine Learning	4	Frequentato

**- Partecipazione a scuole tematiche**

Nome seminario	Data / Luogo	Durata
Proteins and their variants: structure and function prediction (Winter School)	13-17 Febbraio 2012, Bologna	5 giorni
Next-Generation Sequencing Workshop	25-27 Marzo 2013, Cambridge (UK)	3 giorni
PhD Spring School in Bioinformatics	2-3 Aprile 2014, Padova	2 giorni
LEADER	14-18 Aprile 2014, Padova	5 giorni

**- Partecipazione a seminari**

Nome seminario	Data / Luogo
Giornata sul Calcolo Scientifico e Bioinformatica oggi	13 Gennaio 2012, Dipartimento biologia, Padova
An Introduction to Fuzzy Logic and Fuzzy Control	25 Gennaio 2012, DEI



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE  
SCUOLA DI DOTTORATO IN INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

Unsupervised and Transfer Learning Challenge	7 Febbraio 2012, DEI
From Italy to China on driverless cars: paving the road to autonomous driving	16 Aprile 2012, DEI
Reasoning algorithms in probabilistic and deterministic graphical models (4 seminari)	21-24 Maggio 2012, Dipartimento Matematica, Padova
Scientific Publishing and Communication (2 seminari)	21-22 Settembre 2012, Dipartimento biologia, Padova
The scientific legacy of hubble space telescope	10 Ottobre 2012, DEI
Algorithms for the Analysis of Bio-Sequences	25 Ottobre 2012, DEI
Stuart Russell, Unifying logic and probability: A "New Dawn" for Artificial Intelligence?	12 Febbraio 2013 , DEI
Hirofumi Akagi, The Japanese Smart Grid and its Related Power Electronics	25 febbraio 2013, DEI
Mike Wright, Academic Entrepreneurship and Spin Offs: where next?	28 febbraio 2013, DEI
Toma Tebaldi, Visual, mathematical and computational analysis of translation	4 giugno 2013, Dipartimento biologia, Padova
Workshop - High Performance Scientific Computing	19 settembre 2013, DEI
Peter K. Rogan, Deciphering variants of unknown significance that affect gene expression in inherited and somatic breast cancer	3 ottobre 2013, Dipartimento biologia, Padova
Andrew S. Tanenbaum - "Where are we going"	20 Novembre 2013 , Torre Archimede, Padova
Simona Rombo - "Biological Network Analysis"	11 Marzo 2014, DEI
Zsuzsanna Dosztanyi – Protein disorder	6 Maggio 2014, Vallisneri, Padova
Vladimir N. Uversky - "Dancing protein clouds: introducing intrinsically disordered proteins"	12 Maggio 2014, Vallisneri, Padova

### La partecipazione a congressi internazionali

Congressi e Workshop	Data / Luogo
Workshop - European ISCB Student Council Symposium	8 Settembre 2012, Basilea
Workshop - Annotation, Interpretation and Management of Mutations	9 Settembre 2012, Basilea
European Conference on Computational Biology (ECCB12)	10-12 Settembre 2012, Basilea
Critical Assessment of Genome Interpretation (CAGI)	17-18 Luglio 2013, Berlino
SNP Special Interest Group (SNPSIG)	19 Luglio 2013, Berlino
Nuove tecnologie di medicina personalizzata nell'area post genomica	13 Settembre 2013, Padova
BioInfoVen2013	17 Ottobre 2013, Venezia
Bioinformatics Italian Society	26-28 Febbraio 2014, Roma
Proteine 2014	31 Marzo – 1 Aprile 2014, Padova
Gordon Research Conference on Intrinsic Protein Disorder	5-11 Luglio 2014, Boston
Intelligent Systems for Molecular Biology (ISMB)	11-15 Luglio 2014, Boston

### - Didattica di supporto

Nome corso	Data / Luogo
Bioinformatica 2	Ottobre – Gennaio 2014, Vallisneri, Padova
Bioinformatica strutturale	Ottobre – Gennaio 2014, Vallisneri, Padova

## Ricerca: Bioinformatica

Negli ultimi anni lo studio del genoma umano ha ricevuto un'interesse crescente, dovuto alle evidenze che lo collegano ad un numero consistente di patologie. Infatti, numerose mutazioni del DNA possono cambiare il comportamento di alcuni apparati della cellula, causando quindi uno squilibrio nel proteoma. Nella maggioranza dei casi le varianti genetiche hanno effetti nulli o trascurabili, e solo delle mutazioni in punti chiave possono effettivamente tradursi in una malattia. In questo ambito di ricerca, mi sono concentrato sulla correlazione tra varianti e fenotipi:

- **CAGI:** il Critical Assessment of Genome Interpretation mira a valutare lo stato dell'arte in ambito di analisi genetica. Nell'edizione del 2013 mi sono concentrato su 4 sfide, due richiedevano di studiare l'esoma di due famiglie ed identificare le mutazioni causanti rispettivamente ipercolesterolemia familiare (FCH) o di ipofalipoproteinemia (HA). Una terza (Crohn) richiedeva di identificare quali siano le persone affette da morbo di Crohn in un gruppo di 66 individui, ed una quarta (PGP) richiedeva di risolvere un problema di matching tra un insieme di genomi e le corrispondenti cartelle cliniche. Utilizzando tecniche di clustering e di feature selection è stato possibile identificare gruppi famigliari, ed una seconda fase di studio ha permesso di identificare l'accumulo di varianti nel pathway del morbo di Crohn [1]. Come risultato, siamo **risultati tra i migliori gruppi per FCH ed il migliore per Crohn**, portando quindi a 2 presentazioni orali nella conferenza di luglio a Berlino.

Il lavoro aveva in buona parte richiesto una valutazione manuale delle mutazioni e del loro impatto. Nel 2014 mi sono occupato dello sviluppo di un algoritmo automatico che riuscisse ad assegnare un indice che corrispondesse al rischio di sviluppo della malattia per dei pazienti. Ad oggi, il metodo assegna un rischio minimo agli individui sani e maggiore per gli individui malati in maniera statisticamente significativa.

- **Predizione dei gruppi sanguigni:** la richiesta di alta compatibilità tra donatore e ricevitore durante una trasfusione di sangue ha richiesto un grande sforzo, che si è tradotto in una notevole comprensione genetica sull'origine dei sistemi sanguigni. Ad oggi, è chiaro che esistono decine di gruppi diversi [2], ma i test serologici sono efficaci ed economici solo per alcuni di questi. Nel mio lavoro ho sviluppato uno strumento capace di predire per 30 sistemi diversi il gruppo ed il sottogruppo sanguigno corretto a partire da dati genetici. Per risolvere il problema è necessario risolvere il problema di *haplotype phasing*, e quindi determinare attraverso tecniche di machine learning (1-nearest neighbor) il fenotipo più probabile. Nei test lo strumento ha mostrato **accuracy superiore al 90%**, e può essere esteso ad altri fenotipi.

## Analisi di proteine

Le proteine possono essere pensate come gli attori fondamentali che garantiscono l'esecuzione dei processi fondamentali per la sopravvivenza di un organismo. Come ogni macromolecola, l'organizzazione tridimensionale degli atomi presenti in una proteina determina completamente quali siano le funzioni della stessa e la sua cinetica molecolare. Nel mio lavoro mi sono occupato di:

- **Predizione di stabilità:** qualora vi siano mutazioni genetiche, il cambiamento di un singolo amminoacido possono portare alla perdita o alla creazione di ponti chimici, e quindi cambiare la stabilità della proteina. La valutazione della variazione dell'energia libera (DDG) [3] è importante in molte malattie, come nel cancro. Nel mio lavoro, ho sviluppato un metodo capace di predire il valore di DDG causato da una mutazione. Il tutto è basato sull'analisi della *residue-residue interaction network* (RIN) [4] di una proteina, ossia dei legami chimici che questa possiede. Calcolando alcuni parametri su questa rete (centralità dei nodi che la compongono) e semplici informazioni sulla struttura della proteina, è stato possibile ottenere interessanti informazioni sull'amminoacido mutante e sul suo contesto. Una rete neurale addestrata su questi descrittori ha permesso quindi un'efficace valutazione del DDG, e quindi del

possibile cambio di stabilità dovuto a singole mutazioni. Con un **coefficiente di correlazione superiore a 0.6**, il metodo è significativamente superiore agli altri metodi allo stato dell'arte.

- **Analisi di dinamiche molecolari:** gli atomi che costituiscono le proteine sono naturalmente relazionati gli uni con gli altri attraverso delle interazioni chimiche che impongono un certo folding della proteina. In ogni modo, le interazioni degli atomi con il solvente e l'instabilità intrinseca di alcuni amminoacidi porta a delle fluttuazioni della proteina, note come *dinamiche molecolari*. Queste dinamiche possono essere simulate usando software basati su meccanica classica. Sfortunatamente, tali strumenti generano enormi moli di dati che richiedono lunghi tempi di analisi per interpretare la simulazione. Nel mio lavoro ho proposto RING MD, un metodo che analizza l'evoluzione temporale delle *residue-residue interaction network* (RIN) [4] di una proteina. Le diverse conformazioni di una dinamica sono state catturate usando tecniche di clustering (k-means) e di modeling (Hidden Markov Models), e le differenze tra i diversi stati sono state utilizzate per enfatizzare quali siano i residui chiave ed i tipi di legami chimici che portano a cambiamenti strutturali. Il lavoro è stato premiato come **miglior poster all'interno della conferenza nazionale Proteine 2014**.
- **Disordine:** alcune parti di una proteina tendono a non ripiegarsi in una struttura tridimensionale rigida, producendo regioni di estrema flessibilità chiamate *disordine*. Visto l'importanza dell'argomento, ci sono decine di metodi capaci di predire quali siano le parti disordinate in una proteina, ma non è chiaro quale sia lo stato dell'arte in materia. In questo lavoro, mi sono concentrato sul mostrare quali siano vantaggi e svantaggi di tecniche diverse utilizzando un dataset di grandi dimensioni [5] sul quale validare i metodi. Dalle analisi è risultato che la stessa definizione di "disordine" è molto diversa in tecniche differenti, e che ci sono situazioni dove la predizione è molto difficile (come i *coil* delle proteine o lunghe regioni disordinate). Inoltre, i metodi basati su machine learning sembrano i migliori in termini di efficacia.

Per finire, mi sono occupato di analizzare tutte le strutture cristallografiche che contenesse lunghe catene di residui disordinati (30 o più). In esso, ho mostrato quali fossero le funzioni strettamente associate al disordine, che invece sono più rare in proteine strutturate.

- **Predizione di funzione:** negli ultimi anni, il miglioramento delle tecniche di sequenziamento del genoma ha portato ad una crescente necessità di annotare le porzioni di DNA codificante. I test sperimentali sono costosi e lenti, quindi è essenziale sviluppare metodi computazionali efficaci ed efficienti per la predizione della funzione delle proteine codificate nel genoma. Le possibili funzioni molecolari, le componenti cellulari e i processi biologici che interessano una proteina sono descritte formalmente dalla *Gene Ontology* [6]. Tale ontologia contiene oltre 40,000 termini che specificano lo spazio delle possibili funzioni. Vista l'importanza del problema, nel 2011 nasce il *Critical Assessment of Function Annotation* (CAFA), una sfida internazionale che confronta in modo equo l'efficacia dei metodi di predizione della funzione. Personalmente ho partecipato alla seconda edizione di questa sfida (2014) con un metodo computazionale di machine learning basato sull'integrazione di diversi tipi di informazione, come (1) l'omologia di sequenza, (2) i domini funzionali PFAM [7] e (3) l'uso di reti di interazione proteina-proteina. Il metodo risultato è stato utilizzato per predire termini della Gene Ontology per 100 mila proteine, e **le valutazioni degli organizzatori hanno mostrato che il mio approccio è stato tra i più performanti**. Questo ha portato quindi ad una presentazione orale all'interno della conferenza Intelligent Systems for Molecular Biology.
- Dering C, Pugh E, Ziegler A. 2011. Statistical analysis of rare sequence variants: an overview of collapsing methods. *Genet Epidemiol* 35:S12–S17.
  - Patnaik, S.K., Helmsberg, W., and Blumenfeld, O.O. (2012). BGMUT: NCBI dbRBC database of allelic variations of genes encoding antigens of blood group systems. *Nucleic Acids Res.* 40, D1023–1029.

- Tokuriki, N. & Tawfik, D. S. Stability effects of mutations and protein evolvability. *Current Opinion in Structural Biology* **19**, 596–604 (2009).
- Martin, A. J. M. *et al.* RING: networking interacting residues, evolutionary information and energetics in protein structures. *Bioinformatics* **27**, 2003–2005 (2011).
- Di Domenico T, Walsh I, Martin AJM, Tosatto SCE: MobiDB: a comprehensive database of intrinsic protein disorder annotations. *Bioinformatics* 2012, 28:2080-2081.
- The Gene Ontology Consortium. Gene Ontology: tool for the unification of biology. *Nat Genet* 2000; 25(1): 25–29.
- Robert D. Finn *et al.* Pfam: the protein families database. *Nucl. Acids Res.* (1 January 2014) 42 (D1): D222-D230.

Supervisore: Prof. Carlo Ferrari

Titolo definitivo della tesi: Computational Approaches to Address the Next-Generation Sequencing Era

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Giullo Manuel** 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 **Guidolin Francesco** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Guidolin Francesco** 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

##### Attività didattica seguita:

- Elenco dei corsi seguiti durante il primo anno
  - ✓ Digital Processing of Measurement Information
  - ✓ Applied linear algebra
  - ✓ Game theory for information engineering
  - ✓ Statistical methods
  - ✓ Algebraic tools for the identifiability of dynamical systems
  
- Elenco dei seminari seguiti durante il triennio di dottorato
  - ✓ *From Italy to China on driverless cars: paving the road to autonomous driving*, Prof. Alberto Broggi, at University of Padova.
  - ✓ *Gene regulatory networks in cancer: a probabilistic approach*, Prof. Mathukumalli Vidyasagar, at University of Padova.
  - ✓ *The scientific legacy of Hubble space telescope*, Prof. Robert Williams, at University of Padova.
  - ✓ *Social networks - models, methods and analysis*, Prof. Prabhakar Raghavan, at University of Padova.
  - ✓ *Multiantenna systems: from theory to application in 3G, 4G and 5G systems*, Dr. Federico Boccardi, at University of Padova.
  - ✓ *Resource allocation in multi-hop wifi networks*, Prof.ssa Laura Giarre', at University of Padova.
  - ✓ *Some Recent Work at JHUAPL in Advanced Communications and Networking*, Dr. Bharat Doshi, at University of Padova.
  - ✓ *Wireless MAC Processors: Programming and Running MAClets on Hard-Coded Devices*, Prof. Ilenia Tinnirello, Prof. Francesco Gringoli, at University of Padova.
  - ✓ *Bayesian Foundations*, Prof. Pierre Baldi, at University of Padova.
  - ✓ *Architecture and applications of software defined environments*, Prof. Radha Ratnaparkhi, at University of Padova.
  - ✓ *MIMO systems and propagation channels*, Prof. Andy Molish, at University of Padova.
  - ✓ *Machine-to-Machine: Vision, Technologies & Applications*, Prof. Misha Dohler, at University of Padova.
  - ✓ *La scienza della conservazione per i beni culturali: il ruolo dell'information technology*, Prof. Maurizio Seracini, at University of Padova.
  - ✓ *Fundamental limits in compressive sensing of GMM sources*, Dott. Francesco Renna, at University of Padova.
  - ✓ *Signet Meeting*, seminari interni al gruppo Signet di presentazione delle attività di ricerca, at University of Padova.
  
- Elenco delle scuole di dottorato seguite durante il triennio
  - ✓ *Experimental methods in wireless communications*, Eurecom, Sophia-Antipolis, France on February 19-23, 2012.

- ✓ 2nd international summer school on cognitive wireless communications, Paris , France on July 10–13, 2012.
- ✓ Cognitive Wireless Communications - Decision Making and Decision Implementation, 8-12 July 2013, London, UK.
- Attività di supporto alla didattica
  - ✓ Assistenza alla didattica al corso di “Segnali e Sistemi” del Prof. Benvenuto
- Periodo all'estero
  - ✓ Visitor student presso University of Surrey, prof. Klaus Moessner, in collaborazione con Samsung R&D Institute (Staines-Upon-Thames UK) sotto la supervisione del Dr. Maziar Nekovee.

## Parte 2 Ricerca

Indicazione dell'argomento della ricerca e la descrizione dell'attività svolta:

### ***Efficient Spectrum Management as a Enabler Towards 5G Cellular System***

L'incremento esponenziale della domanda di connettività sta portando l'industria delle telecomunicazione all'implementazione di nuove reti cellulari. A causa dell'ampio utilizzo delle reti wireless, questi nuovi sistemi dovranno tener conto delle scarse risorse spettrali disponibili ed utilizzare lo spettro in maniera efficiente sfruttando le tecniche più avanzate di spectrum management. In particolare, parte integrante dell'implementazione delle future reti cellulari (5G) sarà la gestione delle interferenze inter-cella e lo spectrum sharing tra gli operatori. Sarà quindi fondamentale l'utilizzo di sistemi multiantenna (MIMO) e di coordinazione/cooperazione tra Base Stations (BSs) per permettere un utilizzo efficiente delle risorse spettrali. Altro aspetto fondamentale sarà la gestione della mobilità degli utenti. Lo sviluppo delle cosiddette reti eterogenee porterà infatti all'implementazione di uno scenario molto più complesso rispetto a quello rappresentato dalle attuali reti cellulari. Sarà quindi fondamentale gestire il carico di utenti ad ogni BS e nello stesso tempo ridurre il signalling tra i trasmettitori ed il numero di handover.

In questo lavoro di tesi queste problematiche sono state trattate per via analitica e simulativa. Nell'ambito dello spectrum sharing tra gli operatori è stata effettuata un'analisi statistica della condivisione non-ortogonale delle frequenze e sono stati implementati nuovi algoritmi per la gestione delle risorse spettrali. Lo studio è stato esteso quindi a tecniche più avanzate di cooperazione tra le BSs proponendo un nuovo algoritmo di clustering distribuito tra trasmettitori. Successivamente, in collaborazione con Samsung UK, lo studio sullo spectrum sharing è stato applicato alla coesistenza tra sistemi di trasmissione diversi, cellulare e satellitare, nell'ambito delle mmWave. E' stato inoltre sviluppato uno studio analitico dell'handover all'interno di reti eterogenee al fine di ottimizzare questa procedura in relazione ai parametri di contesto.

Durante il primo anno sono state poste le basi per queste analisi tramite l'estensione del simulatore di rete open-source ns3. E' stato sviluppato infatti un nuovo modulo all'interno del simulatore open-source ns3 che permette di simulare un sistema MIMO 2x2 per la tecnologia LTE [1]. Il modulo implementato ha consentito di valutare le prestazioni di diverse tecniche SU-MIMO utilizzate nello standard LTE in scenari multicella e multiutente e di studiare protocolli di livello non fisico su tecnologie multiantenna. All'interno dello stesso framework sono state inoltre implementate ulteriori tecniche di linear precoding beamforming per trasmissioni MU-MIMO al fine di permettere lo studio dello spectrum sharing non ortogonale da parte degli operatori. In [2] è stato presentata l'implementazione di un framework sviluppato all'interno del modulo LTE del simulatore di

rete open-source ns3 basato sulla definizione dell' Interference Suppression Ratio (ISR) che modella gli effetti dovuti all'utilizzo di sistemi multi-antenna (MIMO) per la gestione delle interferenze. In particolare, sono stati mostrati i valori di ISR che permettono di ottenere un guadagno nell'utilizzo delle tecniche di non-orthogonal spectrum sharing ed è stato mostrato come questi valori siano riconducibili all'applicazione di note tecniche di beamforming.

Successivamente, durante il secondo anno, è stata analizzata la distribuzione statistica dell'ISR considerando un beamforming di tipo Zero Forcing ed un canale di Rayleigh [3]. Si è giunti quindi a definire in forma chiusa l'espressione che lega l'ISR al grado di ortogonalità dei coefficienti di canale degli utenti allocati nella stessa banda frequenziale. Sfruttando l'ISR e l'SNR degli utenti, sono stati proposti alcuni algoritmi di scheduling basati sulla teoria dei giochi che considerano sia il throughput degli utenti sia il grado di fairness tra gli operatori. Le prestazioni degli algoritmi sono quindi state analizzate in uno scenario LTE [11]. In conclusione, si è mostrato come l'utilizzo di opportuni algoritmi di allocazione delle risorse possa portare ad un miglioramento delle performance ottenute grazie allo spectrum sharing.

Ulteriori tecniche di linear precoding beamforming sono state analizzate in [8]. In questo lavoro, abbiamo analizzato le prestazioni di uno scenario MISO in cui due operatori con Base Stations collocate o non-collocate utilizzano matrici di linear precoding che permettono di ottenere i punti della Pareto boundary curve. L'analisi teorica delle prestazioni è stata confrontata con le prestazioni ottenibili in uno scenario LTE tramite l'implementazione di uno specifico modulo ns3. Sono state inoltre mostrate le performance di alcuni punti specifici della Pareto boundary curve che consentono di massimizzare il throughput o di migliorare il grado di fairness tra gli utenti.

Uno scenario di spectrum sharing ortogonale è stato analizzato in [4]. In questo caso la banda disponibile viene suddivisa tra gli operatori in base alla statistica del processo degli arrivi degli utenti. Nel paper vengono proposte e analizzate, per diversi gradi di dinamicità dello scenario, tre diverse modalità di divisione dello spettro e viene studiato l'impatto del rate di aggiornamento della distribuzione dello spettro in relazione alle condizioni di traffico. In conclusione si è mostrato che, rispetto ad una divisione statica dello spettro, l'orthogonal spectrum sharing permette di migliorare sensibilmente le performance della rete in termini di fairness tra gli utenti ed in particolare quando è presente uno sbilanciamento di traffico tra gli operatori.

Durante il terzo anno, sono state studiate ulteriori tecniche di spectrum management e di gestione delle interferenze. In particolare, è stato proposto un nuovo algoritmo distribuito di clustering basato su CoMP che adatta la configurazione e la grandezza dei clusters in relazione con la distribuzione degli utenti e l'average cluster size [7]. Le performance ottenute dall'algoritmo sono state quindi confrontate con quelle ottenute con altri algoritmi in uno scenario LTE ed hanno mostrato significativi miglioramenti soprattutto per gli utenti a bordo cella.

Nel corso del periodo di studio all'estero presso Surrey University e Samsung UK, il concetto di spectrum sharing è stato esteso allo studio della coesistenza tra Fixed Satellite Services e small cell cellular networks [9][10]. Il lavoro è nato dall'esigenza di analizzare la possibile implementazione delle nuove tecnologie cellulari all'interno del cosiddetto mmWave spectrum e quindi di studiare la coesistenza con i sistemi che attualmente utilizzano queste frequenze. È stato quindi svolto uno studio generale dei parametri del sistema seguendo le direttive imposte dagli standard ed è stato proposto un possibile algoritmo di cooperazione tra le BS atto a migliorare la coesistenza tra le due tecnologie.

La gestione della mobilità degli utenti all'interno di una rete eterogenea è stato invece analizzata all'interno di [5][6]. In [5] è stato proposto un modello matematico che fornisce la capacità di Shannon media di un utente che attraversa una femto cella considerando diversi parametri del sistema. In [6] lo stesso scenario è stato analizzato tramite l'utilizzo di una catena di Markov in modo da fornire un'ottimizzazione dei parametri utilizzati dagli utenti



per effettuare l'handover in relazione con le condizioni del canale, la velocità degli utenti e il carico delle celle. Si è quindi dimostrato come, ottimizzando i parametri di handover rispetto alle condizioni dello scenario, sia possibile migliorare le prestazioni della rete ed in particolare il throughput degli utenti [12].

Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore

***Efficient Spectrum Management as a Enabler Towards 5G Cellular System***  
***Supervisore: Prof. Leonardo Badia***

### **Parte 3 Pubblicazioni**

Elenco delle pubblicazioni e lavori sottomessi e/o accettati per la pubblicazione su riviste e convegni:

*Accettati e/o pubblicati:*

1. **F. Guidolin**, L. Badia, M. Zorzi, "Implementation of  $2 \times 2$  MIMO in an LTE module for the ns3 simulator," IEEE CAMAD 2012, pp.281-285, 17-19 Sept. 2012.
2. L. Badia, R. Dal Re, **F. Guidolin**, A. Orsino, M. Zorzi, "A Tunable Framework for Performance Evaluation of Spectrum Sharing in LTE Networks," IEEE WoWMoM 2013, pp.1-3, 4-7 June 2013.
3. **F. Guidolin**, A. Orsino, L. Badia, M. Zorzi, "Statistical Analysis of Non Orthogonal Spectrum Sharing and Scheduling Strategies in Next Generation Mobile Networks," IEEE IWCMC 2013, pp.680-685, 1-5 July 2013.
4. **F. Guidolin**, M. Carpin, L. Badia, M. Zorzi, "Performance evaluation of practical spectrum sharing techniques in LTE networks," Accepted to: IEEE ISCC 2014.
5. **F. Guidolin**, I. Pappalardo, A. Zanella, M. Zorzi, "A Markov-based framework for handover optimization in HetNets," MedHocNet 2014, pp.134-139, 2-4 June 2014.
6. **F. Guidolin**, I. Pappalardo, A. Zanella, M. Zorzi, "Context-Aware Handover in HetNets," IEEE EuCNC 2014, pp. 134-139, 2-4 June 2014. BEST STUDENT PAPER AWARD
7. **F. Guidolin**, L. Badia, M. Zorzi, "A Distributed Clustering Algorithm for Coordinated Multipoint in LTE Networks," IEEE Wireless Communications Letters, vol. 3, no. 5, pp. 517-520, Oct. 2014.
8. **F. Guidolin**, L. Badia, E. Karipidis, J. Lindblom, M. Zorzi, "A Framework for the Evaluation of MISO Beamforming Techniques in LTE Cellular Networks," Accepted to: IEEE CAMAD 2014.

*Sottomessi:*

9. **F. Guidolin**, M. Nekovee, L. Badia, M. Zorzi, "A Study on the Coexistence of Fixed Satellite Service and Cellular Networks in a mmWave Scenario," Submitted to: IEEE ICC 2015.
10. **F. Guidolin**, M. Nekovee, L. Badia, M. Zorzi, "A Cooperative Scheduling Algorithm for the Coexistence of Fixed Satellite Services and 5G Cellular Networks," Submitted to: IEEE ICC 2015.
11. **F. Guidolin**, A. Orsino, L. Badia, M. Zorzi, "Network Analysis and Scheduling Policies for Next Generation Mobile Networks with Non-Orthogonal Spectrum Sharing," Submitted to: IEEE Transactions on Wireless Communications.

*Di prossima sottomissione:*

- F. Guidolin**, I. Pappalardo, A. Zanella, M. Zorzi, "A Markov-based framework for handover optimization in HetNets," MedHocNet 2014 Journal extension.

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

**Guidolin Francesco** 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 **Mantoan Alice** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Bioingegneria.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 la dott.ssa **Mantoan Alice** 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 Bioingegneria

**La candidata dichiara quanto segue:**

### Parte 1: Didattica

#### Corsi offerti dalla Scuola di Dottorato

- Tissue engineering: principles and applications, Prof. Andrea Bagno (12h)
- Applied Linear Algebra, Prof. Harald Wimmer (16h)
- Digital Processing of Measurement Information, Prof. Claudio Narduzzi (16h)
- Statistical Methods, Prof. Lorenzo Finesso (24h)
- Mathematical modeling of cell biology, Prof. Morten Pedersen (20h)

#### Corsi di Specializzazione e Workshops

- Symposium on spasticity: Assessment and selective treatment, Pre-Course Symposium, Leuven, Belgio, 26 Giugno 2013
- Clinical Gait Analysis: A Focus on Interpretation, Basic Course, Leuven, Belgio, 27-29 Giugno 2013
- Muscle Synergies: Looking into the CNS, Workshop Summer School on Neurorehabilitation, Elche (Alicante), Spagna, 16-18 Settembre, 2013
- Training event on stroke rehabilitation, IRCCS Fondazione Ospedale San Camillo, Venezia, 3 Aprile 2014
- Brain-Machine Interface Workshop, IAS-13 Conference 2014, Padova, 15 Luglio, 2014
- Workshop on Neuro-Robotics for Patient-Specific Rehabilitation, IAS-13 Conference 2014, Padova, 18 Luglio 2014

#### Altri Corsi

- Statistical Methods, Prof.ssa Monica Chiogna, Dipartimento di Scienze Statistiche (30h)
- Introduction to object-oriented programming in C++, Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali, Università di Padova (40h)
- Academic English Course for PhD students, Speaking, Centro Linguistico di Ateneo, Dott. ssa Charlotte Whigham (32h)
- Applicazioni Statistiche in Campo Sanitario, Associazione Italiana di Bioingegneria, Exposanità, Quartiere Fieristico - Bologna, 23 Maggio 2014 (6h)
- La spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS) - Dai fondamenti alle applicazioni cliniche, Dipartimento di Medicina, Università di Padova, 29 Ottobre 2014 (6h)

### **Partecipazione a scuole estive per dottorandi**

- SSNR 2013 Summer School on Neurorehabilitation: Engineering for Clinical Practice, Elche (Alicante), Spagna, 15-20 Settembre 2013

### **Seminari seguiti al DEI o in altre sedi**

- *Robotica*, prof. Takashi, 12 Marzo 2012
- *Objective Clinical Fitness Assessment Using Inertial Sensors*, prof. Fazel Naghdy, Centre for Intelligent Mechatronics Research, School of Electrical, Computer, and Telecommunications Engineering, University of Wollongong, 15 Ottobre 2012
- *OpenSim Webinar: Unraveling the Biomechanics of Hemiparetic Gait through Mechanical & Neuromechanical Simulations*, prof. Ilse Jonkers e Friedl De Groot, KU Leuven, 2 Maggio 2013
- *Induced Acceleration Analysis for Everyone*, Gait and Clinical Movement Society Conference (GCMAS), Cincinnati, Ohio, 14 Maggio 2013
- *Biomechanical Models for Gait Analysis - Which One Should We Choose?*, Gait and Clinical Movement Society Conference (GCMAS), Cincinnati, Ohio, 14 Maggio 2013
- *Indications and Explicit Guidance for Soft Tissue Surgery Using Gait Analysis*, Gait and Clinical Movement Society Conference (GCMAS), Cincinnati, Ohio, 14 Maggio 2013
- *Student Career Symposium*, Gait and Clinical Movement Society Conference (GCMAS), Cincinnati, Ohio, 14 Maggio 2013
- *Grant Writing Symposium*, Gait and Clinical Movement Society Conference (GCMAS), Cincinnati, Ohio, 14 Maggio 2013
- *OpenSim Webinar: Muscle Excitation-Driven Musculoskeletal Modeling and Future Applications to Neurorehabilitation Technologies*, Dr. Massimo Sartori e Claudio Pizzolato, 6 Giugno 2013
- *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, Padova, 10 settembre 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
- *Brain-Computer Interface and Motor Learning in Stroke Rehabilitation*, prof. Junichi Ushiba, Keio University, Giappone, 16 Maggio 2014

### **Partecipazione a Conferenze Nazionali**

- III Congresso del Gruppo Nazionale di Bioingegneria, Roma, 26-29 Giugno 2012

### **Partecipazione a Conferenze Internazionali**

- First Demove Symposium 2012, Decoding the neural drive to muscles for advanced assistive technologies, University Medical Center Göttingen, Georg-August University, Göttingen, Germania, 21-22 Giugno 2012
- ICNR, International Conference on Neurorehabilitation, Toledo, 13-17 Novembre 2012

- IEEE International Conference on Mechatronics, Vicenza, 27 Febbraio-1 Marzo 2013
- Gait and Clinical Movement Society Conference (GCMAS), Cincinnati, Ohio, 14-17 Maggio 2013
- Clinical Gait Analysis: A Focus on Interpretation, Leuven, Belgio, 27-29 Giugno 2013
- International Workshop on Muscle Synergies, WCNR 2014 Satellite Meeting, IRCCS Fondazione Ospedale San Camillo, Venezia, 4-5 Aprile 2014
- IAS-13 2014, 13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems, Padova, 15-19 Luglio 2014

#### **Presentazione dell'attività di ricerca a convegni e seminari**

- *When Mechatronics Meets Bioengineering*, Corso di Laurea in Ingegneria Meccatronica, Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali, Università di Padova, 9 Gennaio 2013
- *A Matlab Platform to efficiently process kinematic and kinetic data for application in OpenSim*, 2013 Annual Conference of GCMAS, Cincinnati, Ohio, 14-17 Maggio 2013

#### **Premi**

2013 GCMAS Student Travel Award

#### **Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)**

- Supporto alla didattica per il corso Bioingegneria del Movimento, prof. ssa Chiara Dalla Man, Gennaio-Giugno 2013
- Supporto alla didattica per il corso Bioingegneria del Movimento, prof. ssa Chiara Dalla Man, Gennaio-Giugno 2014
- Correlatore della tesi magistrale di Marchetti Roberto, *Valutazione di OpenSim come software per la modellazione muscoloscheletrica e la simulazione del movimento umano*, Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecniche dell'Attività Motoria Preventiva e Adattata, a.a. 2012-2013

#### **Permanenza all'estero**

- Giugno - Settembre 2012 & Luglio 2013  
Periodo di mobilità presso il Department of Neurorehabilitation Engineering, Bernstein Focus Neurotechnology (BFNT), Bernstein Center for Computational Neuroscience (BCCN), University Medical Center Göttingen, Georg-August University, Göttingen, Germania, sotto la supervisione del Prof. Dario Farina

#### **Parte 2: Ricerca**

L'attività di questi tre anni di dottorato è stata incentrata nell'indagare le problematiche legate all'applicazione in ambito clinico di un modello neuromuscoloscheletrico (NMS) a più gradi di libertà, per la stima di forze muscolari e momenti ai giunti a partire da segnali elettromiografici (*EMG-driven*). Le forze muscolari non sono direttamente misurabili sperimentalmente, ma rappresentano un'informazione importante per comprendere le cause di alterazioni motorie legate a patologie neurologiche, per il conseguente sviluppo di trattamenti riabilitativi più mirati ed efficaci o per una valutazione più oggettiva degli impatti di una

determinata terapia su un paziente. Un esempio di applicazione di un modello NMS EMG-driven viene dal lavoro di Shao et al. del 2009 su soggetti post-ictus, che ha dimostrato come un approccio di questo tipo possa fornire informazioni oggettive e quantitative sulle alterazioni nei pattern di attivazione muscolari. Il modello utilizzato in questo caso presentava però un forte limite: la stima di forze e momenti era possibile per un unico grado di libertà (*single-DOF*), limitando l'analisi ad un unico giunto (la caviglia), e non tenendo in considerazione il fatto che il movimento umano è invece generato dalla coordinazione di molti muscoli, che possono accelerare anche articolazioni che non attraversano. Sartori et al. nel 2012 hanno dimostrato come modelli che includono più giunti e gradi di libertà (*multi-DOF*) forniscano una predizione più accurata dell'effettivo comportamento del muscolo. Per una profonda comprensione della dinamica neuromuscolare a scopi clinici, tale aspetto diventa imprescindibile. Attualmente però, in letteratura, non si trovano lavori sull'applicazione in clinica di modelli NMS EMG-driven multi-DOF. Sono infatti diverse le problematiche non risolte che sorgono dall'utilizzare modelli di questo tipo. L'attività principale del mio dottorato è stata quindi quella di individuare ed affrontare le varie difficoltà, sia migliorando accuratezza e affidabilità affinché siano adeguate al tipo di applicazione, sia rendendo tale metodologia utilizzabile in un contesto ampio di ricerca e clinica. Per fare ciò, è stato necessario innanzitutto un pesante lavoro di definizione e implementazione di tutta la parte di elaborazione dei dati. All'inizio del mio lavoro, tutte le fasi che intercorrevano dalla raccolta dei dati di movimento all'utilizzo del modello NMS non erano ben definite. Gli strumenti a disposizione per ricostruire il workflow erano pezzi di codice MATLAB inutilizzabili in quanto vincolati a software proprietari di strumenti di acquisizione diversi da quelli disponibili nel nostro laboratorio. Primo essenziale obiettivo conseguito nel corso del primo anno è stato quindi quello di ricostruire la pipeline di elaborazione dati svincolandola dai sistemi di acquisizione e rendendola sufficientemente generica da poter essere applicata in diversi contesti e laboratori. I passi che sono stati identificati possono essere così brevemente riassunti:

- i. Acquisizione dei dati in un laboratorio di analisi del movimento;
- ii. Elaborazione dei dati acquisiti, per la loro successiva integrazione in software di modellazione muscoloscheletrica. Esempi sono il filtraggio, la selezione della finestra di analisi, la stima dei centri articolari, rotazioni tra sistemi di riferimento, il calcolo dell'envelope e del massimo dei segnali EMG per la successiva normalizzazione dell'envelope stesso, l'esportazione in formati di file diversi e compatibili con gli strumenti da utilizzare nei passi successivi;
- iii. Modellazione muscoloscheletrica, tramite il software OpenSim ([opensim.stanford.edu](http://opensim.stanford.edu)), che comprende la scalatura di un modello muscoloscheletrico generico per adattarlo alla dimensioni antropometriche del soggetto acquisito, il calcolo della cinematica e della dinamica inversa, la stima delle lunghezze muscolo-tendinee e del braccio dei momenti ai giunti per ciascun muscolo e grado di libertà;
- iv. Modellazione neuromuscoloscheletrica, tramite il software CEINMS che implementa il modello NMS EMG-driven multi-DOF (<https://simtk.org/home/ceinms>). Questo strumento è stato realizzato dal gruppo della prof.ssa Reggiani ed è a disposizione grazie alla collaborazione.

L'ostacolo principale era rappresentato dalla completa mancanza di uno strumento per realizzare il secondo passaggio, ossia quello dell'elaborazione dei dati a partire dai dati acquisiti nel nostro laboratorio. Dalla

seconda metà del primo anno si è quindi dato inizio allo sviluppo di un software, continuato soprattutto nel corso del secondo anno, che ha preso il nome di MOtoNMS (matlab MOTion data elaboration TOolbox for NeuroMusculoSkeletal applications). MOtoNMS è in grado di processare automaticamente dati raccolti in laboratori di analisi del movimento equipaggiati con diversa strumentazione per un loro utilizzo all'interno di software di modellazione neuromuscoloscheletrica, come OpenSim e CEINMS. Il toolbox è stato realizzato adottando metodologie e tecniche proprie dell'informatica e ciò ha reso possibile un'elevata configurabilità e flessibilità. MOtoNMS è infatti il primo software che consente all'utente di configurare tramite interfacce grafiche il setup del proprio laboratorio e i parametri dell'elaborazione senza i vincoli fino ad ora esistenti legati alla strumentazione, ai software di acquisizione, ai diversi protocolli e metodologie. Le informazioni inserite e i parametri scelti vengono inoltre salvati in file XML permettendo la riproducibilità di risultati ottenuti. Nel corso del terzo anno di dottorato, il software, completo di manuale utente e dati di testing raccolti presso il nostro laboratorio e le altre tre università che hanno contribuito al lavoro (Department of Neurorehabilitation Engineering, Georg August University, Gottingen, Germania; Centre of Musculoskeletal Research, Griffith University, Gold Coast, Australia, e School of Sport Science, Exercise and Health, University of Western Australia, Perth, Australia), è stato rilasciato online in una pagina dedicata a questo progetto sul sito di SimTK (<https://simtk.org/home/motonms>). Anche per la terza fase di elaborazione, seguendo lo stesso approccio perseguito nella realizzazione di MOtoNMS, è stato sviluppato un software rilasciato online (<https://github.com/RehabEngGroup/OpenSimProcessingScripts>), che permette di eseguire in batch il processing dei dati all'interno del software OpenSim. Le peculiarità che lo contraddistinguono sono principalmente due: tramite MATLAB, utilizza le API di OpenSim ([https://simtk.org/api\\_docs/opensim/api\\_docs/](https://simtk.org/api_docs/opensim/api_docs/)), garantendo robustezza e consistenza anche con versioni successive del software a cui si appoggia, e il fatto che si integra perfettamente con la struttura di processing e archiviazione dati dettata dall'uso di MOtoNMS. Tutto ciò con il triplice obiettivo di agevolare, velocizzare e standardizzare il processing dei dati, in precedenza macchinoso e dispendioso, e rendendo così possibili svariate ed estese analisi metodologiche che un utilizzo maturo in clinica, ma anche in ricerca, di tale approccio necessariamente richiede.

In parallelo, sono stati acquisiti dati di 4 soggetti di controllo e 2 soggetti post-ictus, con una versione modificata del protocollo IOR-gait proposto da Del Din et al. nel 2011 per la parte cinematica, e un protocollo EMG che include segnali da 15 dei principali muscoli degli arti inferiori. I dati così raccolti sono stati poi elaborati seguendo la procedura messa a punto.

Dopo aver ricostruito e implementato l'intero workflow necessario ad utilizzare il modello NMS, nel corso del terzo anno si è riusciti ad arrivare alla quarta fase, ossia ad elaborare i dati con il software CEINMS. Arrivati a questo punto, però, sono emerse ulteriori difficoltà strettamente legate al contesto clinico, dove i soggetti sono pazienti con diverse problematiche e grado di disabilità. In tale situazione, non è possibile acquisire ad esempio movimenti funzionali per la stima dei centri articolari, spesso utilizzati per la scalatura del modello muscoloscheletrico, o non è possibile far eseguire task motori complessi come la corsa. Fino ad ora infatti si erano utilizzato task motori diversi (corsa, camminata veloce, laterale, salto), per normalizzare i segnali EMG necessari a calibrare il modello NMS, che non possono chiaramente essere acquisiti su persone anziane o con disturbi motori. Altro obiettivo fondamentale dell'attività di ricerca è diventato quindi anche quello di capire come riuscire a calibrare il modello, ossia ottenere parametri muscolari soggetto-specifici che rientrino nei range fisiologici dettati dalla letteratura, anche nel caso di pazienti, le cui condizioni non consentono il replicarsi della metodologia presente in letteratura e fino ad ora utilizzata. A tal proposito, come prima cosa, si

è quindi valutato l'impatto sui risultati della calibrazione del modello NMS della normalizzazione degli EMG nel caso in cui si abbiano a disposizione solo dati di camminata. E' stato poi messo a punto un protocollo per l'acquisizione di massime contrazioni volontarie (MVC), focalizzandosi sulla minimizzazione del setup, pensando ad una sua usabilità in assenza di particolari strumenti, e del numero di azioni da eseguire, per evitare fenomeni di fatica nei pazienti. Sono quindi stati acquisiti dati di un altro soggetto di test e sono stati elaborati secondo la pipeline sviluppata. Sono stati valutati gli effetti dell'utilizzo dei dati di MVC raccolti in fase di calibrazione del modello e sono state testate strategie alternative di aggiustamento dei parametri per riuscire a calibrare il modello anche nel caso in cui le condizioni dei pazienti non consentano neppure l'acquisizione di MVC. E' stata inoltre valutata l'influenza sui risultati di altri parametri esterni al modello NMS, in particolare la frequenza di taglio nel filtraggio dei dati utilizzati per il calcolo della dinamica inversa. Infine sono stati confrontati i risultati dei soggetti patologici con quelli dei soggetti di controllo, e con le forze muscolari ottenute tramite ottimizzazione statica, attualmente l'approccio più diffuso per la stima di forze e attivazioni muscolari, ma sostanzialmente diverso dall'utilizzo di un modello NMS EMG-driven.

L'obiettivo finale perseguito è stato quello di arrivare ad applicare il modello NMS per la prima volta a dati di un soggetto patologico, proponendo una metodologia di elaborazione che porti da un lato, ad un uso più maturo e consapevole dello strumento, dall'altro ad ottenere risultati in modo più veloce, ripetibile e più facilmente confrontabile.

#### **Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore:**

Titolo:

*Towards the application of multi-DOF EMG-driven neuromusculoskeletal modeling in clinical practice: methodological aspects*

Supervisore:

*Ch.mo Prof. Claudio Cobelli*

#### **Parte 3: Pubblicazioni**

##### **Elenco pubblicazioni sottomesse su rivista internazionale**

- A. Mantoan, M. Reggiani, C. Pizzolato, M. Sartori, Z. Sawacha and C. Cobelli, MOTO-NMS: A MATLAB Toolbox to Process Motion Data for Neuromusculoskeletal Modeling and Simulation, Computer Methods and Programs in Biomedicine

##### **Elenco pubblicazioni su convegno internazionale**

- A. Rigato, Z. Sawacha, S. Fantozzi, F. Pretto, A. Mantoan, M. Cortesi, S. Del Din, G. Gatta and C. Cobelli, Underwater Gait Analysis: A Markerless Approach, XXI Annual meeting of ESMAC, Stoccolma, 10-15 Settembre 2012
- A. Mantoan, M. Reggiani, M. Sartori, C. Pizzolato, Z. Sawacha and C. Cobelli, A Matlab Platform to efficiently process kinematic and kinetic data for application in OpenSim, 2013 Annual Conference of GCMAS, Cincinnati, Ohio, 14-17 Maggio 2013
- A. Mantoan, M. Reggiani, M. Sartori, Z. Sawacha, C. Pizzolato, and C. Cobelli, A Matlab generic



tool to efficiently process C3D files for applications in OpenSim, XXIV Congress of the International Society of Biomechanics, Natal-Rio Grande do Norte, Brasile, 4-9 Agosto 2013

#### **Elenco pubblicazioni su rivista nazionale**

- A. Mantoan, M. Cortesi, E. Ceseracciu, Z. Sawacha, S. Fantozzi, G. Gatta, C. Cobelli, Markerless Gait Analysis: An Underwater Pilot Study, Gait & Posture, Volume 35, Supplement 1, S4, Aprile 2012
- A. Mantoan, M. Cortesi, E. Ceseracciu, Z. Sawacha, S. Fantozzi, G. Gatta, C. Cobelli, Underwater markerless gait analysis: a pilot study, Gait & Posture, Volume 36, Supplement 1, S78-S79, Giugno 2012

#### **Elenco pubblicazioni su convegno nazionale**

- A. Mantoan, M. Reggiani, E. Ceseracciu, M. Sartori, Z. Sawacha, F. Spolar, and C. Cobelli, Discovering muscle relevance for locomotion modes identification through machine learning techniques, III Congresso del Gruppo Nazionale di Bioingegneria, Roma, 26-29 Giugno 2012
- A. Mantoan, Z. Sawacha, S. Fantozzi, M. Cortesi, A. Rigato, G. Gatta, C. Cobelli, Underwater Gait Analysis: A Markerless Approach, XII International Symposium on 3D Analysis of Human Movement Technology and Treatment, Bologna, 18-20 Luglio 2012
- A. Rigato, Z. Sawacha, S. Fantozzi, M. Cortesi, A. Mantoan, G. Gatta, and C. Cobelli, Underwater Gait Analysis: A Markerless Approach, III Congresso GNB, Roma, 26-29 Giugno 2012
- A. Rigato, Z. Sawacha, S. Fantozzi, A. Mantoan, M. Cortesi, G. Gatta and C. Cobelli, Comparison between Markerless and CAST techniques in 3d underwater Gait analysis, XIII Congresso SIAMOC, Bellaria, 3-6 Ottobre 2012
- A. Mantoan, M. Reggiani, Z. Sawacha, C. Pizzolato, M. Sartori, and C. Cobelli, A new Matlab toolbox to process C3D data files for application in OpenSim, XIV Congresso Nazionale SIAMOC, Pisa, 26-28 Settembre 2013

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato la dott.ssa **Mantoan Alice** si è impegnata 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 **Marangon Davide Giacomo** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Marangon Davide Giacomo** 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:**

## **1 Parte 1: Didattica**

### **Corsi Seguiti**

- “Topics in Quantum Information”, **Prof. F.Ticozzi**
- “Applied Linear Algebra”, **Prof. H.Wimmer**
- “Statistical Methods”, **Prof. L. Finesso**
- “Electrostatics discharge in digital devices”, **Prof. G. Meneghesso**
- “Quantum Optics”, **Prof. P. Villorresi & Prof. G. Vallone**

### **Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi**

- “QSNOW 2013: Winter Schools in Quantum Communications”, 4-8 Febbraio 2013, Asiago

### **Seminari seguiti al DEI o in altre sedi**

- “*Distributed Detection of Clone Attacks in Wireless Sensor Networks*”, Dr. Mauro Conti, 11 gennaio 2012, DEI
- “*Quantum state stabilization with quasi-local Markovian dissipative dynamics*”, Prof. Lorenza Viola, 2 febbraio 2012, DEI
- “*Multipath and polarization entanglement of photons*”, Prof. Paolo Mataloni, 23 febbraio 2012, DEI
- “*Precision THz time-domain spectroscopy with two offset linked frequency combs*”, Dr. Albrecht Bartels, 19 Settembre 2012, DEI
- “*The scientific legacy of Hubble space telescope*”, Prof. Robert Williams, 10 ottobre 2012, DEI
- “*Sistemi di trasmissione DWDM e reti fotoniche*”, Marco Schiano, 7 Gennaio 2013, DEI
- “*Beyond the quantum limit - The application of squeezed states of light in gravitational wave astronomy*”, Alexander Khalaidovski, 26 Marzo 2013, Dipartimento di Fisica, UNIPD
- “*Control of a spin qubit by sequential adaptive partial measurements*”, Cristian Bonato, 21 Ottobre 2013, DEI

- “Quantum optics as a tool for fundamental investigations and for quantum communication applications: Quantum Networks, Quantum Repeaters and Device- Independent QKD”, Nicholas Gisin, 19 Novembre 2013, DEI
- “The mysteries of Quantum Physics and their applications”, Hugo Zbinden, 13 Marzo 2014, Collegio Morgagni, UNIPD
- “Quantum mechanics in energy and signal transfer processes”, Elisabetta Collini, 4 Dicembre 2014, DEI

#### Partecipazione a Conferenze Nazionali

##### Conferenze e contributi peer review:

- IQIS: 5<sup>th</sup> Italian Quantum Information Science Conference, 26 - 28 Settembre 2012, Padova
- IQIS: 6<sup>th</sup> Italian Quantum Information Science Conference, 24 - 26 Settembre 2013, Como  
**Poster:** Random bits, true and unbiased, from atmospheric turbulence
- QuantumFuture: La Comunicazione al Limite Quantico, 18-19 Ottobre 2013, Padova

#### Partecipazione a Conferenze Internazionali

##### Conferenze e contributi peer review:

- QIP: Quantum Information Processing 2014, 3-7 Febbraio 2014, Barcellona
- Quantum Contextuality, Non-Locality, and the Foundations of Quantum Mechanics 2014, 14-16 Febbraio, Bad Honef (Germania)  
**Poster:** Self-calibrating quantum random number generator based on the uncertainty principle ←  
**Best Poster Award**
- QuCrypt 2014: Conference on Quantum Cryptography, 1-5 Settembre 2014, Parigi **Poster:** Random bits, true and unbiased, from atmospheric turbulence  
**Poster:** Self-calibrating QRNG based on the uncertainty principle  
**Poster:** Turbulence as a Resource for Quantum Key Distribution in Long Distance Free-Space Link
- Quantum Expo: Quantum-enhanced communication and cryptography, 28 Novembre 2014, Dipartimento di Fisica Università degli Studi di Milano  
**Invited Speaker:** Random numbers certified by the entropic uncertainty

#### Didattica attiva

- Assistenza lezione di laboratorio corso di Elettronica Quantistica, Prof. Villorosi
- Affiancamento a laureando per Tesi di Laurea Magistrale

## **2** Parte 2: Ricerca

La mia attività di ricerca ha riguardato diversi ambiti sia teorici che sperimentali della Teoria dell'Informazione Classica e Quantistica. Tuttavia è possibile trovare un denominatore comune all'intero lavoro svolto nell'arco dei tre anni. Tale denominatore è l'utilizzo del rumore classico che inficia alcuni protocolli di comunicazione quantistica e generazione quantistica di numeri casuali per migliorare l'efficienza, sotto il punto di vista della sicurezza, dei protocolli stessi.

Per quanto riguarda la comunicazione quantistica, ho preso parte alla progettazione ed alla realizzazione di un protocollo innovativo per rendere possibile lo scambio di chiavi crittografiche quantistiche in spazio libero per mezzo di canali ottici anche quando il rumore atmosferico che degrada la trasmissione ottica non lo renderebbe possibile. A tal scopo si sfrutta proprio l'instabilità stessa delle attenuazioni atmosferiche che sono caratterizzate da picchi di trasmissività. Laddove assumere una attenuazione costante del segnale non renderebbe possibile lo scambio di chiavi in quanto con un elevato rumore di fondo non sarebbe possibile raggiungere un sufficiente rapporto segnale/rumore, il metodo proposto nella pubblicazione n. 1 della Sez. 3, consente di generare chiave crittografica. Per dimostrare la fattibilità di tale protocollo ho preso parte nel Giugno 2012 ad una campagna sperimentale di due settimane, presso il telescopio Jacobus Kaptein (JKT) dell'Istituto Astrofisico delle Canarie (IAC) sull'Isola di La Palma in cui ho stabilito una trasmissione quantistica ottica con l'isola di Tenerife, situata a 143 km di distanza. In particolare si aveva un treno di impulsi laser di tipo classico (alta potenza) che sondava il canale ottico, ed una sequenza di impulsi quantistici (bassa potenza) che al terminale di ricezione venivano rilevati solo nel caso in cui il segnale classico che li precedeva fosse stato sopra una determinata soglia. I risultati che sono stati ottenuti dimostrano come il metodo, denominato ARTS, Adaptive Real Time Selection, possa fornire un effettivo avanzamento per la stima in tempo reale del canale ottico: infatti il protocollo selezionando solo quegli intervalli temporali con basse perdite risulta indicato per essere utilizzato in protocolli caratterizzati da alte perdite quali si avrebbero per le future comunicazioni quantistiche via satellite oppure in aree urbane densamente popolate affette da un elevato inquinamento atmosferico.

Per quanto riguarda la generazione di numeri casuali, la mia attività si è occupata sia di metodi impieganti processi di fisica classica, sia di fisica quantistica. Per quanto riguarda i processi classici, si è trattato di sfruttare sempre la turbolenza ottica che si sperimenta quando un fascio laser si propaga in atmosfera. Infatti l'atmosfera può essere assimilata ad un mezzo randomico, in quanto variazioni locali dell'indice di rifrazione dell'aria inducono deformazioni del fronte d'onda del fascio.

Più in dettaglio, ciò che si verifica sono ritardi di fase casuali che fanno perdere la coerenza spaziale dell'onda: una sezione trasversale del fascio presenterà quindi il tipico speckle pattern, ovvero un insieme di aree brillanti (in corrispondenza di interferenza costruttiva) ed aree scure (in corrispondenza di interferenza distruttiva) disposte casualmente. La casualità spaziale che si osserva è dovuta quindi all'aberrazione complessiva che subisce il fascio durante l'intero cammino, che comprende anche variazioni di intensità (scintillazione) ed oscillazioni della posizione del fascio. Tale processo risulta quindi appetibile per la produzione di casualità in quanto le disomogeneità le distorsioni subite dal fascio non sono statiche ma seguono la dinamica turbolenta dell'atmosfera. Lo speckle pattern evolve casualmente con una scala temporale caratteristica del grado di turbolenza dato. Durante le campagne sperimentali svolte alle Isole Canarie sono stati pertanto acquisiti video

(con un frame rate inferiore alla scala temporale della turbolenza) della suddetta evoluzione temporale del fascio di puntamento. La mia attività si è quindi concentrata nella dimostrazione della possibilità di trasferire la casualità spaziale degli speckles in stringhe di bit random genuini tali da superare i test di casualità. L'idea è stata quella di utilizzare le posizioni dei centroidi degli speckles, ovvero il baricentro delle aree con lo stesso grado di intensità e si è valutata la disposizione complessiva di essi rispetto alla matrice di pixel. Ogni disposizione infatti può essere enumerata associandovi, per mezzo di algoritmi di combinatoria, un cosiddetto indice lessicografico. In tal modo, da ogni frame è possibile estrarre un indice che individua univocamente la tal combinazione di centroidi, fra tutte quelle possibili con quello stesso numero di centroidi. La turbolenza atmosferica pertanto, frame dopo frame, genera disposizioni indipendenti e non predicibili di centroidi ed gli indici lessicografici da esse estratti godono delle stesse proprietà statistiche. I bit ottenuti hanno superato i più stringenti test di randomicità, provando quindi non solo la correttezza delle ipotesi di caoticità relative alla turbolenza atmosferica ma anche la validità del metodo adottato per estrarre e codificare tale casualità. A riprova di ciò è il fatto che tali test sono stati superati senza la necessità di utilizzare procedure di post-processamento dei numeri, che sono generalmente impiegate in tale ambito. I risultati di tale lavoro sono presentati nella pubblicazione n. 2 della Sezione 3; inoltre il metodo e l'algoritmo è stato protetto da un brevetto PCT, Sez. 3.

Per quanto concerne i metodi impieganti la fisica quantistica, la mia ricerca si è concentrata in un nuovo tipo di protocollo che sfrutta la Meccanica Quantistica non solo per generare i numeri ma anche per valutarne la bontà stessa. I processi fisici di natura quantistica hanno da sempre rappresentato una risorsa per la generazione di numeri casuali in quanto essi sono intrinsecamente probabilistici. Tuttavia gli attuali protocolli di generazione, sia quelli presenti in Letteratura che quelli commerciali, non valutano uno degli aspetti fondamentali riguardanti il processo di misura del sistema quantistico da cui si estrae la casualità. Tale aspetto è la purezza dello stato del sistema: la Meccanica Quantistica infatti garantisce che si abbia imprevedibilità solamente se e solo se il sistema che si misura non si trova in uno stato puro. Il problema principale tuttavia è che nelle implementazioni reali, come in un laboratorio o in qualche dispositivo commerciale, difficilmente è possibile creare uno stato quantico puro. Generalmente ciò che si ottiene è uno stato quantistico misto. Uno stato misto tuttavia potrebbe essere in qualche modo correlato con un altro sistema quantistico in possesso, eventualmente, di un avversario. Nel caso estremo di uno stato completamente misto, un generatore quantistico praticamente è equivalente ad un generatore che impiega un processo di fisica classica, che in principio è quindi predicibile.

Nella pubblicazione n. 3 della Sez. 3, viene presentato un nuovo metodo che ho collaborato a sviluppare e a realizzare sperimentalmente, che sfrutta un risultato molto recente della Teoria dell'Informazione Quantistica denominato principio di indeterminazione entropico per la corretta stima del contenuto di casualità che si può attribuire alla sola natura quantistica di un sistema. Vale la pena sottolineare che tale metodo permette di raggiungere un maggiore grado di sicurezza nella generazione dei numeri casuali quantistici, in quanto consente di eliminare quella casualità che, derivando da contaminazioni classiche del sistema, ne riduce l'imprevedibilità. Il protocollo ha già trovato citazione in altri lavori riguardanti la generazione quantistica di numeri casuali (per es. Yun Zhi Law et al 2014 J. Phys. A: Math. Theor. 47 424028, arXiv:1410.2790, arXiv:1411.4512). Il poster con cui ho presentato il lavoro presso la conferenza Quantum Contextuality, Non-Locality, and the Foundations of Quantum Mechanics a Bad Honnef (Germania) ha vinto il titolo di miglior poster.

La mia attività è continuata con l'espansione sia dal punto di vista teorico che sperimentale, del suddetto protocollo entropico ad un metodo di misure quantistiche che consente di produrre numeri ad elevatissimi rate. Infatti per sostenere i flussi sempre crescenti di dati per la crittografia, è necessario mettere a punto generatori in grado di produrre streaming con rate da Gigabit o Terabit al secondo. In Letteratura sono riportati alcuni esempi di protocolli che potrebbero raggiungere tali limiti. In genere, questi si basano sulla misura delle

quadrature del campo elettromagnetico che può essere considerato come un infinito sistema quantistico bosonico. Le quadrature del campo possono essere misurate con il cosiddetto sistema di rivelazione a omodina che, in linea di principio, può estrarre un segnale di rumore a banda infinita. Di conseguenza, la banda del segnale casuale viene ad essere limitata solo dalla banda passante dei dispositivi utilizzati per la rivelazione. Siccome, rivelatori a fotodiodi lavorano comunemente nella banda delle decine dei GHz, se il segnale è campionato con un ADC sufficientemente veloce e con un elevato numero di bit di digitalizzazione, rate da Gigabit o Terabit sono facilmente raggiungibili. Tuttavia, come nel caso discreto variabili, i protocolli che si hanno in Letteratura, non considerano adeguatamente la purezza dello stato quantistico da misurare. E' in preparazione un lavoro in cui si presenta la teoria ed i risultati di una dimostrazione sperimentale del nuovo protocollo per la generazione ultraveloce e sicura di numeri casuali. E' inoltre in preparazione un brevetto internazionale per tale la protezione di tale metodo.

Parallelamente la mia ricerca sui generatori quantistici si è diretta verso l'utilizzo di matrici di rivelatori di singoli fotoni. I rivelatori a singolo fotone costituiscono infatti l'ingrediente principale di molti generatori. Ho studiato e sperimentato diversi metodi di estrazione di numeri casuali utilizzando una matrice 32 x 32 di rivelatori di singolo fotoni. In particolare, sono state considerati metodi di generazione che sfruttano sia l'imprevedibilità spaziale, sia l'imprevedibilità temporale sull'arrivo dei fotoni. E' da considerare infatti che tale rivelatore consentirebbe la generazione di elevati flussi di numeri casuali sicuri all'interno di device portatili quali smartphone o tablet. Il prototipo utilizzato ha infatti un rate di acquisizione di (49 ksample/s) e la distribuzione di fotoni sulla matrice permette di moltiplicare la quantità di bit sfruttando i gradi di libertà spaziali. E' da sottolineare che l'indagine non si è limitata ad individuare un impiego di tale strumento per la generazione di numeri ma è anche proceduta con una caratterizzazione analitica delle eventuali fonti di rumore classico, coerentemente con il precedente lavoro di ricerca.

#### **Titolo definitivo della tesi e supervisore**

- Titolo: *"Improving Quantum Key Distribution and Quantum Random Number Generation in presence of noise"*
- Supervisore: Prof. Paolo Villorosi

### **3 Parte3: Pubblicazioni**

#### **Elenco pubblicazioni su rivista internazionale**

1. G. Vallone, D. G. Marangon, M. Canale et al., *"Turbulence as a Resource for Quantum Key Distribution in Long Distance Free-Space Link"*, arXiv-preprint 1404.1272 (2014): Submitted to Nature Communications
2. D. G. Marangon, G. Vallone, and P. Villorosi, *"Random bits, true and unbiased, from atmospheric turbulence"*, **Sci. Rep. 4, 5490** (2014)
3. G. Vallone, D. G. Marangon, M. Tomasin, and P. Villorosi, *"Quantum Randomness certified by the Uncertainty Principle"*, **Phys. Rev. A 90, 052327** (2014)

### Brevetti

- Brevetto PCT/IT2013/000194, depositato il 10/07/2013:  
D. G. Marangon, G. Vallone, P. Villoresi: *A METHOD AND APPARATUS TO EXTRACT TRUE RANDOM NUMBERS FROM COMPLEX SPATIAL PAT- TERNS.*

### Progetti Scientifici proposti

- “Italia Camp WeDo: La tua idea per il Paese Edizione 2012-2013” - *Generazione quantistica ultraveloce di numeri casuali*
- “Italia Camp WeDo: La tua idea per il Paese Edizione 2013-2014” - *Quantum Randomness Project: Quantum Random Bits for Accurate Simulations, Secure Communications and Fair Gambling Games*
- “European Space Agency BEXUS: Balloon Experiments for University Students 2013” - *Bell's Inequality Test in Space (BITS)*

• “Horizon2020-ICT-2014-1”: *Information Security Enhancement through QUantum RandomnEss (ISEQUIRE)*  
“H2020-FETOPEN-2014-2015-RIA FETOPEN-1-2014”: *Information Security En- hancement through QUantum RandomnEss (ISEQUIRE)*

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Marangon Davide Giacomo** 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 **Perino Mauro** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Perino Mauro** 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:**

Didattica:

Elenco dei corsi seguiti:

- Statistical Methods
- Dose, effect, threshold
- Applied linear Algebra
- Mathematical modeling of cell Biology
- Digital Processing of Measurement information

Elenco delle scuole di dottorato seguite:

- PhD Summerschool in Micro and nanotechnology for label free sensing (5 punti ECTS ), Copenaghen, Danimarca

Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- "Introduction to electrochemical Biosensor: Future Medical diagnostics" Prof. James F. Rusling, Dipartimento di scienze chimiche
- "Nanoscience-based microfluidic arrays for cancer diagnostic by detection of biomarker panels" Prof. James F. Rusling ,Dipartimento di scienze chimiche
- "Dalla nano-tecnologia alla nano scienza" Fabio Beltram, DEI
- Gianluca Piazza, "Piezoelectric MEMS Resonators for Programmable RF Front-Ends" Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
- Wen Song, "Consigli per gli studenti di dottorato per l'organizzazione della ricerca e la scrittura di un articolo scientifico." Dipartimento di Ingegneria Industriale
- Gorodetski Yuri, "Generating far-field light orbital angular momenta from near-field optical chirality", Dipartimento di fisica G. Galilei
- Alessandro Saccà: "Prototipazione di un modulo per fotovoltaico a concentrazione", Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
- Davide Del Col "Studio sperimentale di un sistema fotovoltaico e termico a concentrazione con ricevitore lineare", Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
- Lucio Zennaro "Studying the interaction between lipids and proteins with Biacore", Complesso Biologico Interdipartimentale A.Vallisneri
- Vincenzo de Filippis "Discovering novel interactions of thrombin using surface Plasmon Resonance techniques", Complesso Biologico Interdipartimentale A.Vallisneri
- James Gates "Fabricating Optical Integrated Devices for Quantum Computation" University of Southampton, Physics Departement

Partecipazione a Conferenze Nazionali

- Plasmonica 2013, Politecnico di Milano, 1-3 luglio 2013



Partecipazione a Conferenze Internazionali

- **3<sup>rd</sup> International Conference on Bio-Sensing Technology (2013)**, Sitges, Spain, 12-15 May 2013.

Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

Tutor junior

- 50 ore come tutor di Analisi matematica 1 per i canali 1 e 4 degli studenti di Ingegneria dell'informazione, di cui 26 ore di incontro in aula e 24 ore di preparazione degli incontri a casa.
- 50 ore come tutor per i laboratori di Fisica 1 previsti per i corsi di Ingegneria

Correlatore delle tesi magistrali:

- Alessandro Zanuoli, "Studio della molecola PEG su nanostrutture a base argento mediante risonanza plasmonica superficiale", Laurea Magistrale in bioingegneria, 2014.
- Federico Carlesso, "Development of a Plasmonic Biosensor for Bacterial Recognition for Food Safety", Laurea Magistrale in ingegneria elettronica, 2014.
- Silvia Guggia "A Study of Surface Polaritons on Metallic Gratings for Plasmonic Biosensors", Laurea Magistrale in bioingegneria, 2013.

Permanenza all'estero:

- Visitor student presso l'Optoelectronic Research Centre, University of Southampton, sotto la supervisione del Prof. Nikolay Zheludev dal 7 gennaio al 15 maggio 2014

Attività di ricerca:

L'attività di ricerca di dottorato è stata focalizzata sulla caratterizzazione sia teorica che sperimentale delle Risonanze Plasmoniche di Superficie. Tali risonanze si verificano quando vengono eccitati i plasmoni di superficie, i quali sono particolari tipologie di onde elettromagnetiche che si propagano all'interfaccia metallo/dielettrico, la cui intensità decade esponenzialmente man mano che ci si allontana dall'interfaccia, ragione per cui vengono definite onde evanescenti.

La costante di accoppiamento dei plasmoni di superficie è molto sensibile alle condizioni dell'interfaccia metallo/dielettrico e la sua variazione può essere monitorata misurando la variazione della risonanza plasmonica. Queste variazioni della risonanza plasmonica possono essere sfruttate come sensori, in processi di riconoscimento di sostanze chimiche o biologiche, come ad esempio gas, proteine, batteri, o virus.

Nello specifico, siccome il momento di accoppiamento plasmonico è più elevato rispetto al momento della luce nel mezzo dielettrico che costituisce l'interfaccia, i plasmoni di superficie non possono essere eccitati semplicemente illuminando l'interfaccia. Per eccitare i plasmoni vengono di solito utilizzate due configurazioni:

- Configurazione Kretschmann
- Superficie nano-strutturata illuminata in configurazione conica.

La prima parte del mio percorso di studio si è focalizzata sulla simulazione delle risonanze plasmoniche caratteristiche per queste due configurazioni. In particolare sono state implementate le seguenti tecniche simulate:

- Rigorous Coupled Wave Analysis
- Chandezon Method
- Finite Element Method

Parallelamente allo sviluppo delle simulazioni, mi sono direttamente occupato anche degli aspetti sperimentali di misura dei plasmoni. In tale ambito si è provveduto alla caratterizzazione dei banchi sperimentali, sia per quanto riguarda la configurazione Kretschmann sia per quanto riguarda l'eccitazione attraverso il reticolo.

Nel caso della configurazione Kretschamn il metodo di misura è consolidato all'interno della comunità scientifica: si misura l'effetto della risonanza plasmonica valutando il minimo di riflettanza in funzione dell'angolo di incidenza. In questa configurazione sono state testate sia superfici piane che superfici modulate con un grating unidimensionale.

Nella configurazione tramite reticolo è stato utilizzato un reticolo unidimensionale su substrato polimerico, avente una metallizzazione dello spessore di 50 nm. In questo caso ho introdotto una innovativa e originale modalità per la caratterizzazione della risonanza plasmonica, basata sulla valutazione del segnale trasmesso dal dispositivo in funzione dell'angolo di incidenza e dell'angolo azimutale. Infatti, lo studio del segnale trasmesso ha, per la prima volta, mostrato che non tutti i raggi rifratti dal reticolo hanno la stessa importanza; in particolare, si è notato che è sempre presente un raggio che fissa la baseline del segnale in trasmittanza, che segue la legge di Snell, mentre alla risonanza plasmonica si accende un altro raggio rifratto, che si propaga nel substrato con lo stesso angolo che servirebbe per eccitare il plasmone se il dispositivo fosse misurato in configurazione Kretschmann.

Ho inoltre studiato la trasmittanza di dispositivi costituiti da strutture periodiche bidimensionali, in funzione sia dell'angolo di incidenza che dell'angolo azimutale, tramite il modello agli elementi finiti. Le risonanze simulate sono state poi riprodotte generalizzando il modello vettoriale unidimensionale che descrive l'eccitazione plasmonica.

Successivamente alla caratterizzazione dei dispositivi reticolari unidimensionali, effettuata sia in aria che in acqua, ne è stata caratterizzata la loro sensibilità.

Per la prima volta la sensibilità del dispositivo è stata definita come variazione della posizione del picco azimutale in funzione dell'indice di rifrazione. Questo particolare tipo di sensibilità dipende dall'angolo di incidenza della luce sulla superficie del grating e può essere quindi fissato a seconda delle necessità sperimentali, raggiungendo peraltro valori molto elevati, fino a 2000 deg/RIU.

Sperimentalmente questo comportamento è stato confermato, misurando la variazione della posizione azimutale delle risonanze al variare dell'indice di rifrazione del liquido con cui il grating era a contatto. In questa prova ho utilizzato soluzioni miste di acqua e glicerolo con indice di rifrazione noto.

Un'altra prova per misurare la sensibilità è stata effettuata funzionalizzando la superficie con diversi tipi di molecole thiolate. In particolare sono stati utilizzati degli alkanethioli. Queste molecole hanno differente lunghezza e sono in grado di generare, per adsorbimento diretto sulla superficie metallica, uno strato dielettrico avente lo stesso indice di rifrazione di 1.45 RIU, ma spessori che variano da 0.6 a 2.2 nm. Si è quindi sperimentalmente verificato come la posizione azimutale della risonanza plasmonica dipenda dallo spessore del dielettrico e come, variando l'angolo di incidenza, sia possibile massimizzare la variazione azimutale tra dispositivi trattati con molecole diverse.

Ho quindi potuto raccogliere i primi risultati relativi all'applicazione biosensoristica di questi dispositivi, misurando l'assorbimento di un layer di anticorpi su un dispositivo precedentemente trattato con una opportuna molecola, adatta a immobilizzare l'anticorpo sulla superficie.

Durante il periodo presso l'Optoelectronic Research Center dell'università di Southampton, sono stati implementati metodi tridimensionali agli elementi finiti per la simulazione di meta-materiali planari illuminati in configurazione conica.

I meta-materiali sono strutture periodiche la cui cella di base ha dimensione inferiore rispetto lunghezza d'onda alla quale vengono illuminate. Questa particolarità fa sì che il mezzo dielettrico che racchiude queste strutture acquisti delle proprietà ottiche non comunemente disponibili in natura, come, ad esempio, materiali con indici di rifrazione negativi o vicini allo zero, che potrebbero trovare applicazioni in una grade varietà di settori, che spaziano dalle telecomunicazioni alla possibilità di manipolare la luce su scala nanometrica.

La particolare struttura studiata si configura come una superficie selezionatrice di vettori d'onda. Infatti, se essa viene illuminata da un'onda cilindrica avente una specifica polarizzazione e frequenza, essa restituisce in uscita

un'onda piana. L'effetto di selezione dei vettori d'onda ad una certa frequenza è stato verificato tramite simulazione, andando a calcolare gli spettri di trasmissione della meta-superficie illuminata da un'onda piana in polarizzazione TM per diversi angoli di incidenza.

### **Titolo definitivo della tesi e nome del supervisore**

Titolo: Characterization of plasmonic surfaces for sensing applications.

Supervisore: Prof. Alessandro Paccagnella

### **Pubblicazioni**

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale:

[M. Perino](#), [E. Pasqualotto](#), [M. Scaramuzza](#), [A. De Toni](#), [A. Paccagnella](#), "Characterization of Grating Coupled Surface Plasmon Polaritons Using Diffracted Rays Transmittance", [Plasmonics](#), [Vol. 9, Issue 5](#), pp 1103-1111 (2014).

M. Perino, E. Pasqualotto, A. De Toni, D. Garoli, M. Scaramuzza, P. Zilio, T. Ongarello, A. Paccagnella, F. Romanato, "Development of a complete plasmonic grating-based sensor and its application for self-assembled monolayer detection" *Applied Optics*, Vol. 53, Issue 26, pp.5969-5976 (2014).

D. Garoli, G. Ruffato, S. Cattarin, S. Barison, M. Perino, T. Ongarello, F. Romanato, "Nanoporous gold—Application to extraordinary optical transmission of light", *Journal of Vacuum Science & Technology B*, Vol. 31, Issue 1, (2013).

Lavori presentati a convegni internazionali/nazionali:

M. Perino, E. Pasqualotto, S. Guggia, G. Rosati, A. Ferrario, A. De Toni, A. Paccagnella "Using transmittance signal to sense the adsorption of Self Assembled Monolayer over a Grating Coupled Surface Plasmon Resonance device", *Plasmonica 2013*, Politecnico di Milano, 1-3 luglio 2013.

M. Perino, E. Pasqualotto, S. Guggia, G. Rosati, A. Ferrario, M. Scaramuzza, G. Ruffato, A. De Toni, F. Romanato, A. Paccagnella "Transmitted Signal from Grating Coupling Surface Plasmon Resonant Device for the Detection of Alkanethiols Layers", **3rd International Conference on Bio-Sensing Technology (2013)**, Sitges, Spain, 12-15 May 2013.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Perino Mauro** 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 **Peruch Francesco** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Peruch Francesco** 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, Prof. H. Wimmer (16 ore)
- Statistical Methods, Prof. L. Finesso (24 ore)
- Game Theory for Information Engineering, Prof. L. Badia (20 ore)
- Mathematical modeling of cell Biology, Prof. M.G. Pedersen (20 ore)

#### Workshop seguiti:

- 16th Workshop on Compilers for Parallel Computing  
Gennaio 2012, Padova, Italia
- Summer School on High-Performance Scientific Computing  
Settembre 2013, Padova, Italia

#### Partecipazione a Conferenze Internazionali:

- VISIGRAPP 2013, the 8th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications  
Febbraio 2013, Barcellona, Spagna

#### Permanenza all'estero:

- Gennaio – Aprile 2014 presso Imimtek Inc, 2200 Geng Road, Palo Alto, CA, 94303 (USA)  
In tale periodo si è svolto lo sviluppo e l'ottimizzazione di algoritmi di Computer Vision su piattaforma Android.

#### Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori):

- Aprile – Luglio 2014 Assistenza di laboratorio in qualità di Tutor Junior per gli studenti del corso di Sistemi Embedded tenuto dal Prof. Carlo Fantozzi, supportando gli studenti nello sviluppo di un progetto obbligatorio per il superamento del corso.

### **Parte 2 Ricerca**

L'attività di ricerca si è focalizzata nella realizzazione di un dispositivo biomedico che permetta un'efficiente ed efficace monitoraggio di lesioni dermatologiche. L'intero progetto si è svolto in collaborazione con il Dipartimento di Dermatologia dell'Università degli Studi di Padova.

Nello specifico si è portata a termine la prototipazione di un dispositivo destinato ad assistere il dermatologo durante la visita. Tale dispositivo, denominato Mole Mapper è stato progettato con lo scopo di aumentare l'accuratezza e la precisione nella valutazione delle lesioni durante la visita, portando al contempo una decisa diminuzione del tempo necessario per la visita stessa. Tale risultato è stato ottenuto sia tramite un attento studio ergonomico che permettesse un utilizzo efficiente ma al contempo intuitivo da parte dello specialista, sia tramite lo sviluppo di un insieme di algoritmi di computer vision che agevolassero il processo di acquisizione e valutazione dei dati.

Si è proceduto inizialmente alla realizzazione meccanica del prototipo e allo sviluppo di una prima versione dell'applicazione necessaria per l'acquisizione di un feedback consistente da parte del gruppo di dermatologia. Altri componenti del gruppo di ricerca si sono poi concentrati sull'ottimizzazione del workflow e sull'incremento della versatilità dell'interfaccia, mentre la ricerca connessa a questa tesi si è focalizzata sull'individuazione e lo sviluppo degli algoritmi di visione computazionale più indicati per questa specifica applicazione.

Lo sviluppo di tali algoritmi è stato funzione del costante feedback ricevuto dai dermatologi, alternando ciclicamente la fase di Analisi delle necessità da parte degli specialisti, la progettazione dell'algoritmo, seguite da implementazione e test. Ogni algoritmo ha richiesto di soddisfare precisi criteri di accuratezza e velocità di esecuzione che fossero coerenti con i vincoli temporali imposti dalla necessità di mantenere l'adeguata fluidità nell'interfacciamento con l'utente. La maggioranza degli algoritmi sviluppati, sono destinati all'analisi delle immagini di lesioni melanocitiche in immagini dermatoscopiche. Tra gli algoritmi sviluppati possono esserne individuati 3 che presentano una consistente rilevanza sia in ambito scientifico in generale, che per l'utilizzo nel Mole Mapper in particolare. Tali algoritmi risultano essere la Segmentazione di lesioni melanocitiche, la rimozione digitale dei peli e la registrazione di immagini melanocitiche.

L'algoritmo di segmentazione di lesioni melanocitiche risulta la componente fondamentale per ogni altro algoritmo di analisi della lesione, è risultato quindi fondamentale ottenere un risultato quanto più accurato e robusto possibile, mantenendo al contempo una bassa complessità computazionale. Il risultato ottenuto è stato un algoritmo con accuratezza apprezzabilmente superiore allo state of the art e confrontabile con quella ottenuta da dermatologi Senior. La velocità di esecuzione ottenuta è di oltre un ordine di grandezza inferiore dello state of the art, permettendo un tempo di esecuzione nell'ordine del decimo di secondo anche su dispositivi mobili. Connesse alla progettazione, ottimizzazione e test di tale algoritmo sono state realizzate due differenti pubblicazioni. Inoltre, l'esperienza maturata nello studio del processo di segmentazione di lesioni ha permesso la stesura di un capitolo di un libro che illustrasse e confrontasse lo state of the art degli algoritmi in quest'ambito.

La rimozione digitale dei peli permette di incrementare precisione e robustezza degli altri algoritmi di segmentazione delle immagini e permette al contempo di fornire un'immagine digitalmente epilata al dermatologo per il processo di valutazione. Confrontandosi con l'algoritmo di riferimento in quest'ambito, DullRazor, abbiamo ottenuto un incremento prestazionale di un fattore 20, congiuntamente ad un accuratezza apprezzabilmente più elevata. L'algoritmo sviluppato si è dimostrato migliore sia ad un'analisi numerica, valutando il tasso di errore nella classificazione dei pixel, sia ad un'analisi in doppio cieco di valutazione soggettiva della qualità del risultato.

La registrazione di lesioni melanocitiche risulta necessaria per eseguire l'analisi delle differenze in due foto della stessa lesione, che si traduce nella possibilità di individuare evoluzioni anomale nel tempo. Il problema risulta scarsamente analizzato in letteratura, per cui si è operata un'analisi particolareggiata dell'efficacia e dei limiti

della maggioranza delle principali tecniche considerate lo standard per la registrazione di immagini mediche. Si è quindi sviluppato un algoritmo con accuratezza confrontabile alla registrazione eseguita da un operatore umano e con tempi di esecuzione che risultano compatibili con i vincoli temporali imposti dal Mole Mapper per mantenere un adeguato tempo di risposta del dispositivo durante l'interazione con l'utente.

Infine, sono stati ottenuti altri risultati degni di nota, il cui sviluppo è ancora in corso. È stato sviluppato un algoritmo di segmentazione di lesioni melanocitiche in immagini a quadri generali. Tali immagini riprendono porzioni consistenti del corpo del paziente, nelle quali è necessario enumerare ogni lesione presente. La natura della immagini richiede un approccio del tutto differente dalla segmentazione di immagini dermatoscopiche. L'algoritmo sviluppato ha dimostrato di rispettare i vincoli temporali imposti dal prototipo e ottimi risultati in porzioni di pelle glabra. Per procedere con l'implementazione nel Mole Mapper risulterà necessario estendere la validità dell'algoritmo anche a porzioni di pelle non glabra. È inoltre in fase di progettazione uno strumento di monitoraggio delle lesioni ad uso dei pazienti, denominato Personal Screener, che mediante l'utilizzo degli stessi algoritmi di elaborazione di immagini presenti nel Mole Mapper permetta un monitoraggio più frequente dell'evoluzione delle singole lesioni.

#### Titolo tesi definitivo

(SEMI)-AUTOMATED ANALYSIS OF MELANOCYTIC LESIONS

#### Supervisore

Prof. Enco Peserico

### **Parte 3 Pubblicazioni**

#### Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

- F. Peruch, F. Bogo, M. Bonazza, M. Bressan, V. Cappelleri, E. Peserico  
Simple, Fast, Accurate Melanocytic Lesion Segmentation in 1D Colour Space,  
Visapp, Febbraio 2013 (Full Paper)

#### Elenco pubblicazioni su rivista internazionale

- F. Peruch, F. Bogo, M. Bonazza, V. Cappelleri, E. Peserico  
Simpler, Faster, More Accurate Melanocytic Lesion Segmentation through MEDS,  
IEEE Transactions on Biomedical Engineering (TBME) Febbraio 2014
- Book chapter: F. Bogo, F. Peruch, A. Belloni Fortina, E. Peserico. Where's the lesion?  
Variability in human and automated segmentation of dermoscopy images of melanocytic skin lesions. In  
Dermoscopy Image Analysis, M.E. Celebi, T. Mendonca, J.S. Marques eds, CRC Press/Taylor & Francis. To  
appear

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Peruch Francesco** 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 **Piccinini Francesca** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Bioingegneria.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 la dott.ssa **Piccinini Francesca** 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 Bioingegneria

**La candidata dichiara quanto segue:**

Titolo della borsa a tema vincolato:

*Modelli e Metodi per la quantificazione di processi fisiologici*

### **Parte 1: Didattica**

#### Corsi

CORSO	DOCENTE	ORE
Dose, Effect, Threshold	A. Trevisan	12
Applied Linear Algebra	H. Wimmer	16
Statistical Methods	L. Finesso	24
Fluid mechanics for the functional assessment of cardiovascular devices	F. Susin	12
Algebraic Tools for the Identifiability of Dynamical Systems	M. P. Saccomani	16

#### Partecipazione a scuole nazionali

- XXXI Scuola Annuale di Bioingegneria: Dalla Ricerca al Mercato: trasformare il risultato della ricerca in un prodotto. Bressanone, Italia, 17-21/09/2012.

#### Seminari

- *Modeling the Pathogenesis, Prevention and Reversal of Type 2 Diabetes*. Prof. Artie Sherman, presso sala riunioni 201, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 15/10/2014.
- *Modeling Pancreatic Alpha Cells and Interactions with Other Islet Cells*. Prof. Artie Sherman, presso sala riunioni 201, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 14/10/2014.
- *Brain-Computer Interface and Motor Learning in Stroke Rehabilitation*. Prof. Junichi Ushiba, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 16/05/2014.
- *Biological Network Analysis*. Simona Rombo, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 11/03/2014.
- *A central role for osteoclast lineage cells in the anabolic effects of Wnts on bone*. Merry Jo Oursler, presso Mayo Clinic, Rochester (MN), 5/11/2013.
- *Skeletal muscle physiology: insights from NMR spectroscopy and mass spectrometry*. Ian Lanza, presso Mayo Clinic, Rochester (MN), 29/10/2013.



- *Diabetes research in China: presentation by scholar of the China Initiative for Diabetes Excellence International Program (CIDE)*. Wu Xiaohong, Zhou Xianghai, Teng Xiangyu, Zhou Xinli, Li Xu, presso Mayo Clinic, Rochester (MN), 22/10/2013.
- *Free Fatty Acids cause metabolic diseases*. Robert H. Nelson, presso Mayo Clinic, Rochester (MN), 8/10/2013.
- *Adipose tissue inflammation and insulin resistance*. Philip A. Kern, presso Mayo Clinic, Rochester (MN), 10/09/2013.
- *The multi-organ pathogenesis of type 2 diabetes mellitus*. Meredith Hawkins, presso Mayo Clinic, Rochester (MN), 27/08/2013.
- *Acquisizione di EEG e potenziali evento-relati*. Raffaele Orsato, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 24/04/2012.
- *Sviluppo di un sistema di analisi della variabilità intra-individuale dell'elettroencefalogramma per l'identificazione precoce di deficit cognitivi*. Costanza D'Avanzo e Giorgio Ancara, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 24/04/2012.
- *La frequenza alfa individuale dell'EEG: metodiche di stima e potenziali applicazioni*. Anahita Goljahani, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 29/02/2012.

#### Distinguished lectures

- *European universities facing the Asian challenge in science and technology. The role of evaluation*. Andrea Bonaccorsi, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 30/05/2013.
- *The Japanese smart grid and its related power electronics*. Hirofumi Akagi, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 25/02/2013.
- *The scientific legacy of Hubble space telescope*. Prof. Robert Williams, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 10/10/2012.
- *Social Networks – models, methods and analysis*. Prabhakar Ravaghan, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 10/09/2012.
- *Toxic numbers? The splendors and miseries of bibliometric indicators*. Giuseppe De Nicolao, presso Aula Magna A. Lepschy, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Padova, 20/03/2012.

#### Partecipazione a conferenze nazionali/internazionali

- 50<sup>th</sup> European Association for the Study of Diabetes (EASD) Annual Meeting, Vienna (Austria), 15-21/09/2014.
- 4<sup>th</sup> Conference of the Italian Bioengineering Group (GNB), Pavia, 25-27/06/2014.
- 74<sup>th</sup> Scientific Session American Diabetes Association (ADA), San Francisco (CAL), 13-18/06/2014.
- 13<sup>th</sup> Diabetes Technology Meeting (DTM), Burlingame, San Francisco (CA), 31/10/2013-2/11/2013.
- 73<sup>rd</sup> Scientific Session American Diabetes Association (ADA), Chicago (IL), 21-25/06/2013.
- 12<sup>th</sup> Diabetes Technology Meeting (DTM), Bethesda, Maryland, 8-10/11/2012.
- 3<sup>rd</sup> Conference of the Italian Bioengineering Group (GNB), Roma, 25-29/06/2012.

#### Partecipazione a workshop

- *Modeling the interplay of fat and carbohydrate metabolism with application in metabolic syndrome and type 2 diabetes*. Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 12-13/12/2013.

#### Didattica attiva

- Assistenza in laboratorio: Segnali e Sistemi, prof. Enrico Grisan, 24 ore (tutor junior), A.A. 2013/2014.

- Assistenza in laboratorio: Modelli e controllo di sistemi biologici, prof. Claudio Cobelli, 50 ore (tutor junior), A.A. 2012/2013.

#### Permanenza all'estero

9 Giugno 2013 – 10 Novembre 2013:

Periodo all'estero mirato allo sviluppo di un nuovo modello orale dell'estrazione insulinica epatica, presso Endocrine Research Unit, Division of Endocrinology & Metabolism, Department of Medicine, Mayo Clinic, Rochester (MN). Supervisore: Dott. Adrian Vella.

#### **Parte 2: Ricerca**

- *Sviluppo e utilizzo di un nuovo modello orale dell'estrazione epatica dell'insulina.*  
L'obiettivo di questo lavoro consiste principalmente nello sviluppo, e successivo utilizzo, di un modello della cinetica dell'insulina, contenente una nuova descrizione fisiologica dell'estrazione insulinica epatica (HE), durante un test orale (pasto o OGTT).  
A tale scopo, tra il primo e il secondo anno, sette nuovi modelli sono stati proposti, e in seguito confrontati con un modello precedente, che descrive la cinetica dell'insulina con un solo compartimento, e esprime HE tramite una spezzata con un numero fisso di breakpoints (Campioni et al. 2009). Tale espressione di HE, pur permettendo una ricostruzione del profilo, non è aderente alla fisiologia, in quanto non include una descrizione meccanicistica delle variabili coinvolte; inoltre, c'è molta vulnerabilità al rumore, e HE rischia di variare rapidamente per seguire le oscillazioni della concentrazione dell'insulina periferica.  
I nuovi modelli proposti per la cinetica dell'insulina sono di ordine crescente (da uno a tre compartimenti), e includono diverse descrizioni di HE in funzione delle concentrazioni plasmatiche di glucosio e insulina. Tutti sono usati unitamente a un modello della cinetica e secrezione del C-peptide, già presente in letteratura (Eaton et al. 1980, Breda et al. 2001). È infatti noto che C-peptide e insulina vengono secreti in maniera equimolare, ma solo l'insulina viene poi estratta dal fegato; questo fatto è alla base della struttura dei modelli matematici che descrivono il fenomeno.  
La selezione del modello è stata effettuata su un database composto da 204 soggetti normali sottoposti a pasto con triplo tracciante. Il modello migliore è stato scelto utilizzando criteri standard (abilità nella predizione dei dati, precisione delle stime parametriche, parsimonia, analisi dei residui pesati), contiene una struttura a tre compartimenti della cinetica dell'insulina (Sherwin et al. 1974), e un'espressione di HE che dipende linearmente dalla concentrazione di glucosio.  
Il modello selezionato permette di ricavare, oltre ai consueti indici basali e globali di estrazione insulinica epatica, un indice che quantifica la sensibilità di tale flusso al glucosio stesso ( $S_G^{HE}$ ).  
All'inizio del terzo anno di dottorato è stata svolta un'analisi di correlazione tra il protocollo "frequent sampling" su cui è stato sviluppato il modello (21 campioni in 420 minuti), e lo "standard sampling" (11 campioni in 300 minuti). Pur essendo stato proposto in un database costituito da dati campionati in modo particolarmente fitto, il modello ha dimostrato buone performance anche in condizioni di campionamento standard.  
Tra la fine del secondo e buona parte del terzo anno, il modello è stato applicato a tre diversi database, composti da soggetti normali, intolleranti e diabetici di tipo 2, sottoposti a OGTT o pasto.  
Nel primo database (62 soggetti prediabetici, analizzati sia durante meal con triplo tracciante, sia durante OGTT), il nuovo modello ha consentito, tramite gli indici di HE, di discriminare i soggetti in base ai diversi livelli di intolleranza al glucosio.  
Nel secondo database (11 soggetti normali e 14 diabetici di tipo 2, matchati in base alle caratteristiche antropometriche), tramite gli indici di estrazione, si è potuta constatare una differenza tra la condizione patologica e quella sana.

Il terzo database e' invece composto da 14 soggetti diabetici di tipo 2, trattati con vildagliptin o placebo prima dei pasti; all'istante  $t=300$  min, i soggetti hanno anche ricevuto un'infusione di insulina della durata di 5 minuti. In questo caso, i parametri del modello hanno mostrato una buona correlazione tra l'identificazione tra 0 e 300 min (ovvero senza considerare l'infusione di insulina), e l'identificazione completa (tra 0 e 360 minuti). Questo risultato e' molto interessante, poiche' e' noto che l'infusione dell'insulina consente una migliore stima dei parametri della cinetica dell'insulina stessa.

Oltre all'argomento di ricerca esposto sopra, e incluso nella tesi di dottorato, durante i tre anni sono state sviluppate anche le seguenti tematiche:

- *Individuazione del pattern giornaliero della sensibilità insulinica epatica.*  
In questo lavoro e' stato utilizzato un modello pre-esistente (Dalla Man et al. 2008) che descrive il flusso di produzione endogena di glucosio (EGP), originariamente proposto per soggetti normali, e successivamente validato in un database di soggetti pre-diabetici con diverso grado di intolleranza al glucosio (Dalla Man et al. 2013). Tale modello e' stato quindi applicato ad un database composto da 20 soggetti sani (durante il primo anno) e 20 diabetici di tipo 1 (a cavallo tra primo e secondo anno), analizzati in tre giorni durante i tre diversi pasti della giornata (colazione, pranzo, cena) con tecnica di "triple tracer mixed meal"; per ogni giorno e' stato selezionato un diverso pasto, per ottenere quindi i dati finali. Applicando il modello ai dati di glucosio, insulina e ai flussi di EGP, stimati con metodo modello-indipendente, sono stati ottenuti gli indici di sensibilità insulinica epatica ( $S_I^L$ ) per tutti i soggetti, in modo da poterne analizzare il pattern giornaliero. I risultati ottenuti hanno evidenziato che l'indice  $S_I^L$  mostra una differenza significativa tra soggetti normali e diabetici, per tutti e tre i pasti considerati. Inoltre il pattern giornaliero ottenuto per entrambe le categorie risulta essere lo stesso, in quanto  $S_I^L$  cresce tra la colazione e il pranzo, per poi decrescere tra il pranzo e la cena: la differenza e' statisticamente significativa per entrambi i gruppi, considerando il valore del suddetto indice tra colazione e cena, e tra pranzo e cena. Tale risultato e' molto interessante, in quanto opposto al pattern giornaliero precedentemente trovato per l'indice di sensibilità insulinica globale ( $S_I$ ) (Hinshaw et al. 2013).
- *Analisi delle prestazioni di un indice della funzione beta-cellulare pubblicato in letteratura.*  
L'obiettivo del lavoro è analizzare le prestazioni di un indice della funzione beta-cellulare ricavato come coefficiente angolare da un semplice plot insulina vs. glucosio, come originariamente proposto (Ferrannini 2010), o C-peptide vs. glucosio. Per fare ciò, durante il primo anno di dottorato, è stata effettuata un'analisi di correlazione con gli indici di secrezione ricavati dal modello minimo della funzione pancreatica (Eaton et al. 1980, Breda et al. 2001). Il lavoro è stato effettuato su un database di soggetti sani, intolleranti e diabetici di tipo 2, sottoposti a OGTT. Questa analisi ha dimostrato che la migliore correlazione si ottiene tra l'indice ricavato dal plot C-peptide vs. glucosio, e gli indici di secrezione beta-cellulare ottenuti dal modello minimo; tale risultato e' importante, in quanto conferma che e' piu' adeguato l'utilizzo del C-peptide, che non subisce estrazione, piuttosto dell'insulina, anche per questo tipo di analisi molto semplice, che puo' essere impiegato come un metodo preliminare all'approccio modellistico.
- *Applicazione di indici derivati da modelli minimi della cinetica del glucosio e funzione beta-cellulare in ambito clinico.*

Titolo definitivo della tesi: Development and use of a novel model of hepatic insulin extraction during an oral

test.

Supervisore: Chiara Dalla Man

### **Parte 3: Pubblicazioni**

#### Pubblicazioni presentate su riviste internazionali

- *Epicardial and Pericardial Fat in Type 2 Diabetes: Favourable Effects of Biliopancreatic Diversion.* A.C. Vasques, J.C. Pareja, J.R. Souza, A. Yamanaka, M.D. de Oliveira, F.S. Novaes, E.A. Chaim, F. Piccinini, C. Dalla Man, C. Cobelli, B. Geloneze. *Obes Surg.* 2014 Aug 23. [Epub ahead of print]
- *The effect of vagal nerve blockade using electrical impulses on glucose metabolism in nondiabetic subjects.* M. Sathananthan, S. Ikramuddin, J.M. Swain, M. Shah, F. Piccinini, C. Dalla Man, C. Cobelli, R.A. Rizza, M. Camilleri, A. Vella. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy* 2014 Jul;11(7):305-12.
- *$\beta$ -cell function improvements in grade I/II obese subjects with type 2 diabetes 1 month after biliopancreatic diversion: results from modeling analyses of oral glucose tolerance tests and hyperglycemic clamp studies.* A.C. Junqueira Vasques, J.C. Pareja, S. de Oliveira Mda, F. Satake Novaes, M. Miranda de Oliveira Lima, É.A. Chaim, F. Piccinini, C. Dalla Man, C. Cobelli, B. Geloneze. *Diabetes Care.* 2013 Dec;36(12):4117-24.
- *The effect of a bile acid sequestrant on glucose metabolism in subjects with type 2 diabetes.* G. Smushkin, M. Sathananthan, F. Piccinini, C. Dalla Man, J. Law, C. Cobelli, A. Zinsmeister, R.A. Rizza, A. Vella. *Diabetes.* 2013 Apr;62(4):1094-101.
- *Modeling hepatic insulin sensitivity during a meal: validation against the euglycemic-hyperinsulinemic clamp.* C. Dalla Man, F. Piccinini, R. Basu, A. Basu, R.A. Rizza, C. Cobelli. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 2013 Apr 15;304(8):E819-25.
- *Direct Effects of Exendin-(9,39) and GLP-1-(9,36)amide on Insulin Action,  $\beta$ -Cell function and Glucose Metabolism in Non-Diabetic Subjects.* M. Sathananthan, L.P. Farrugia, J.M. Miles, F. Piccinini, C. Dalla Man, A.R. Zinsmeister, C. Cobelli, R.A. Rizza, A. Vella. *Diabetes.* 2013 Apr;62(4):1094-101.

#### Pubblicazioni su convegni nazionali/internazionali

- *Impaired hepatic insulin extraction in type 2 diabetes.* F. Piccinini, C. Dalla Man, A. Vella, C. Cobelli. 50<sup>th</sup> EASD Annual Meeting, Vienna, Austria, September 15-19, 2014.
- *A model for estimating hepatic insulin extraction in prediabetes during an OGTT.* F. Piccinini, C. Dalla Man, A. Vella, C. Cobelli. 4<sup>th</sup> Conference of the Italian Bioengineering Group, Pavia, June 25-27, 2014.
- *Effect of Vitamin D supplementation on Insulin Sensitivity and Beta Cell Function in Obese adolescents.* A. Javed, A. Vella, P.P. Balagopal, P. Fischer, A. Weaver, F. Piccinini, C. Dalla Man, C. Cobelli, P. Giesler, J. Laugen, S. Kumar. The Endocrine Society's 96<sup>th</sup> Annual Meeting & Expo, Chicago, Illinois, June 21-24, 2014.
- *Hepatic insulin extraction as measured by a novel physiologic model is defective in prediabetes.* F. Piccinini, C. Dalla Man, A. Vella, C. Cobelli. 74<sup>th</sup> Scientific Session ADA, San Francisco, California, June 13-17, 2014.

- *The  $\beta$ -Cell Response to Acute Insulin Resistance in Normal and Impaired Glucose Tolerance.* M. Shah, F. Piccinini, C. Dalla Man, P.D. Giesler, R.A. Rizza, C. Cobelli, A. Vella. 74<sup>th</sup> Scientific Session ADA, San Francisco, California, June 13-17, 2014.
- *Acute Insulin Resistance and Insulin Secretion in Glucose Tolerant and Intolerant Subjects With and Without Diabetes-associated Variation in TCF7L2.* M. Shah, F. Piccinini, C. Dalla Man, P.D. Giesler, R.A. Rizza, C. Cobelli, A. Vella. 74<sup>th</sup> Scientific Session ADA, San Francisco, California, June 13-17, 2014.
- *Novel method to estimate hepatic insulin extraction from MTT/OGTT data.* F. Piccinini, C. Dalla Man, A. Vella, C. Cobelli. 13<sup>th</sup> Diabetes Technology Meeting, San Francisco, California, October 31- November 2, 2013.
- *GLP-1 Antagonism alters the rate of gastrointestinal transit but not the rate of meal appearance after Roux-en-Y Gastric Bypass in diabetic and non-diabetic subjects.* M. Shah, J. Law, F. Piccinini, C. Dalla Man, M. Sathananthan, P.D. Giensler, M. Camilleri, R.A. Rizza, C. Cobelli, A. Vella. 49<sup>th</sup> EASD Annual Meeting, Barcellona, Spain, September 23-27, 2013.
- *Diurnal pattern of hepatic insulin sensitivity in healthy vs. type 1 diabetes subjects.* F. Piccinini, C. Dalla Man., H. Ling, R. Basu, Y. Kudva, C. Cobelli, A. Basu. 73<sup>rd</sup> Scientific Session ADA, Chicago, Illinois, June 21-25, 2013.
- *Differential Effect of GLP-1 Receptor Blockade after Roux-en-Y Gastric Bypass on Glucose Metabolism Compared to Weight-Matched Non-Diabetic Subjects.* J. Law, M. Shah, F. Piccinini, C. Dalla Man, M. Sathananthan, P.D. Giensler, M. Camilleri, R.A. Rizza, C. Cobelli, A. Vella. 73<sup>rd</sup> Scientific Session ADA, Chicago, Illinois, June 21-25, 2013.
- *Early Effects of Caloric Restriction and of Roux-en-Y Gastric Bypass on Fasting and Postprandial Glucose Metabolism in Subjects with Type 2 Diabetes.* M. Shah, J. Law, F. Piccinini, C. Dalla Man, M. Sathananthan, P.D. Giensler, M. Camilleri, R.A. Rizza, C. Cobelli, A. Vella. 73<sup>rd</sup> Scientific Session ADA, Chicago, Illinois, June 21-25, 2013.
- *GLP-1 Secretion Exhibits a Time-Dependent Effect on Glucose Metabolism after Roux-en-Y Gastric Bypass.* J. Law, M. Shah, F. Piccinini, C. Dalla Man, M. Sathananthan, P.D. Giensler, M. Camilleri, R.A. Rizza, C. Cobelli, A. Vella. 73<sup>rd</sup> Scientific Session ADA, Chicago, Illinois, June 21-25, 2013.
- *Diurnal pattern of hepatic insulin action in healthy individuals.* F. Piccinini, C. Dalla Man., D. Nandy, A. Saad, H. Ling, R. Basu, R. Carter, Y. Kudva, A. Basu, C. Cobelli. 12<sup>th</sup> Diabetes Technology Meeting, Bethesda, Maryland, November 8-10, 2012.
- *Model based reconstruction of hepatic insulin extraction from meal data.* F. Piccinini, C. Dalla Man, A. Vella, C. Cobelli. 3<sup>rd</sup> Conference of the Italian Bioengineering Group, Roma, June 25-29, 2012.
- *Assessment of hepatic insulin extraction from a meal test.* F. Piccinini, C. Dalla Man, A. Vella, C. Cobelli. 11<sup>th</sup> Diabetes Technology Meeting, San Francisco, California, October 27-29, 2011.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato la dott.ssa **Piccinini Francesca** si è impegnata 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 **Riz Michela** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Bioingegneria.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 la dott.ssa **Riz Michela** 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 Bioingegneria

**La candidata dichiara quanto segue:**

**Supervisore:** Morten Gram Pedersen

### **PARTE 1 - DIDATTICA:**

- **Elenco dei corsi seguiti:**
  - *“Dose, Effect, Threshold”*, prof. A. Trevisan, 12 ore.
  - *“Tissue Engineering: Principles and Applications”*, prof. A. Bagno, 12 ore.
  - *“Applied Linear Algebra”*, prof. H. Wimmer, 16 ore.
  - *“Statistical Methods”*, prof. L. Finesso, 24 ore.
  - *“Mathematical Modeling of Cell Biology”*, prof. M.G. Pedersen, 20 ore.
  - *“Academic English Writing Course”*, dott.ssa C. Whigham, 32 ore.
  
- **Elenco delle scuole nazionali per dottorandi:**
  - XXXI Scuola Annuale di Bioingegneria, *“Dalla ricerca al mercato: trasformare il risultato della ricerca in un prodotto”*, Bressanone (BZ), 17-21 settembre 2012.
  
- **Elenco seminari seguiti al DEI o in altre sedi:**
  - SEMINARI:
    - *La frequenza alfa individuale dell'EEG: metodiche di stima e potenziali applicazioni.* Ing. Anahita Goljahani, Aula Magna A. Lepschy, 29/02/2012.
    - *Acquisizione di EEG e potenziali evento-relati.* Raffaele Orsato, Aula Magna A. Lepschy, 24/04/2012.
    - *Sviluppo di un sistema di analisi della variabilità intra-individuale dell'elettroencefalogramma per l'identificazione precoce di deficit cognitivi.* Ing. Costanza D'Avanzo e Giorgio Ancara, Aula Magna A. Lepschy, 24/04/2012.
    - *Modelli neurocomputazionali delle memorie autoassociative: applicazioni allo studio della memoria episodica e semantica.* Prof. Mauro Ursino, Aula Magna A. Lepschy, 21/11/2012.
    - *Human-Humanoid Robot Interaction.* Prof. Rosario Sorbello, Aula Magna A. Lepschy, 13/12/2012.
    - *Robotica Riabilitativa.* Dr. Davide Piovesan, Aula Magna A. Lepschy, 16/05/2013.
    - *Cardiac fluid dynamic & Doppler echocardiography.* Prof. Damien Garcia, Aula Me - Polo didattico DEI, 26/06/2013.
    - *Presynaptic Ca<sup>2+</sup> signalling in transmitter release and short-term plasticity.* Prof. Ralf Schneggenburger, Lipsett Amphitheater - NIH Clinical Center, 18/11/2013.
    - *A point process approach to the stability analysis of spiking recurrent networks.* Dr. Farzad Farkhooi, Bldg 12A Rm 4055 - NIH, 20/11/2013.

- *Biological network analysis*. Prof. Simona Rombo, Aula Magna A. Lepschy, 11/03/2014.
- *How can we design robust synthetic biological feedback control circuits?* Ing. Francesco Montefusco, Aula 201, 08/04/2014.
- *Micro-LEDs for Applications in Optogenetics*. Prof. Ulrich T. Schwarz, Aula Magna A. Lepschy, 05/05/2014.
- *Brain-Computer Interface and Motor Learning in Stroke Rehabilitation*. Prof. Junichi Ushiba, Aula Magna A. Lepschy, 16/05/2014.
- *Quantitative Magnetic Resonance Imaging of the Spinal Cord: basic concepts and applications*. Dott. Marco Battiston, Aula 201, 16/09/2014.
- *Modeling Pancreatic Alpha Cells and Interactions with Other Islet Cells*. Dr. Arthur Sherman, Aula 201, 14/10/2014.
- *Modeling the Pathogenesis, Prevention and Reversal of Type 2 Diabetes*. Dr. Arthur Sherman, Aula 201, 15/10/2014.
- COLLOQUIA PATAVINA:
  - *Reaction–diffusion equations and propagation phenomena*. Prof. Henri Berestycki, Aula 1A/150 - Torre Archimede, 11/12/2012.
  - *The challenge of complexity in numerical simulations*. Prof. Alfio Quarteroni, Aula 1A/150 - Torre Archimede, 25/03/2014.
- DISTINGUISHED LECTURES:
  - *Toxic numbers? The splendors and miseries of bibliometric indicators*. Prof. Giuseppe De Nicolao, Aula Magna A. Lepschy, 20/03/2012.
  - *Social Networks–models, methods and analysis*. Prof. Prabhakar Ravaghan, Aula Magna A. Lepschy, 10/09/2012.
  - *The scientific legacy of Hubble space telescope*. Prof. Robert Williams, Aula Magna A. Lepschy, 10/10/2012.
  - *European universities facing the Asian challenge in science and technology: the role of evaluation*. Prof. Andrea Bonaccorsi, Aula Magna A. Lepschy, 30/05/2013.
- SPECIAL NIH LECTURE:
  - *Computer Simulations of Biological Functions*. Dr. Arieh Warshel, Masur Auditorium - NIH, 20/11/2013.
- WORKSHOPS:
  - *Brain-Machine Interface*, as part of "International Conference on Autonomous Intelligent Systems", Centro Congressi Padova, 15/07/2014.
  - *La Spettroscopia nel vicino infrarossi (NIRS): dai fondamenti alle sue applicazioni cliniche*, aula Morgagni - Policlinico Universitario, 29/10/2014
- **Elenco partecipazione a Conferenze Nazionali:**
  - 3° Congresso Nazionale di Bioingegneria (GNB), 26-29 Giugno 2012, *Roma (Italia)*.
  - 4° Congresso Nazionale di Bioingegneria (GNB), 25-27 Giugno 2014, *Pavia (Italia)*.
- **Elenco partecipazione a Conferenze Internazionali:**
  - Biophysical Society 57<sup>th</sup> Annual Meeting, 2-6 Feb 2013, *Philadelphia (PA, USA)*.
  - Biophysical Society 58<sup>th</sup> Annual Meeting, 15-19 Feb 2014, *San Francisco(CA, USA)*.
  - Islet Study Group Meeting 2014–ISG2014, 12-14 Set 2014, *Lausanne, (Switzerland)*.

- **Didattica attiva:**
  - Esercitazioni per il corso “*Sistemi e modelli*”, prof. Claudio Cobelli e prof.ssa Gianna Maria Toffolo, A.A. 2012-2013, 35 ore
  - Assistenza in laboratorio per il corso “*Modelli e controllo di sistemi biologici*”, prof. Claudio Cobelli, A.A. 2012-2013, 40 ore.
  - Assistenza in laboratorio per il corso “*Modelli e controllo di sistemi biologici*”, prof. Claudio Cobelli, A.A. 2013-2014, 24 ore.
  - Laboratorio del corso “*Elaborazione di dati, segnali e immagini biomediche*”(LT), prof. Maria Pia Saccomani, A.A. 2013-2014, 6 ore.
  
- **Permanenza all'estero:**
  - 1 Settembre- 23 Novembre 2013.  
“*Modeling calcium diffusion in pancreatic beta-cell in relation to exocytotic and non exocytotic insulin granules based on TIRF microscopy data*”. Laboratory of Biological Modeling (LBM), National Institute for Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIDDK), National Institutes of Health (NIH), Bethesda (MD) USA. Supervisore: Dr. Arthur Sherman.

## **PARTE 2 - RICERCA:**

- **Descrizione attività di ricerca:**

Nella maggior parte delle cellule endocrine, le fasi che portano alla secrezione sono piuttosto simili: un trigger stimola l'attività elettrica nella cellula, che porta all'apertura dei canali di calcio voltaggio dipendenti, con conseguente ingresso di calcio all'interno della cellula; l'aumento dei livelli di calcio intracellulari permette alle vescicole secretorie di fondersi con la membrana plasmatica e rilasciare il loro contenuto all'esterno della cellula.

L'attività di ricerca svolta durante i tre anni di dottorato si è incentrata sullo studio, attraverso una combinazione di dati sperimentali e modelli matematici, di diversi aspetti legati alla secrezione in cellule endocrine, in particolare le cellule L intestinali e le beta-cellule pancreatiche.

  1. La prima fase di cui ci si è occupati corrisponde all'attività elettrica:
    - a. Cellule L intestinali. Il GLP-1 (Glucagon-like peptide 1) è un ormone insulinotropico prodotto in risposta all'assunzione di cibo dalle cellule intestinali L e responsabile del cosiddetto effetto incretinico. I meccanismi con cui le cellule L percepiscono il glucosio (glucose-sensing mechanisms) e secernono il GLP-1 sono ancora poco compresi. Lo scopo di questo lavoro è di costruire un modello matematico del tipo Hodgkin-Huxley dell'attività elettrica che sta alla base della secrezione di GLP-1, così da poter analizzare le interazioni tra i due diversi meccanismi di percezione del glucosio: i cotrasportatori sodio-glucosio (SGLT) e i canali potassio ATP-dipendenti (K(ATP)-channels). In particolare sono stati definiti due set di parametri diversi da utilizzare per lo stesso modello: il primo corrisponde alle cellule L primarie del colon di topo, mentre il secondo è bastato su dati provenienti dalla linea cellulare GLUTag.



Il modello è stato utilizzato per fare luce sulle differenze, in termini di percezione di glucosio, tra cellule L primarie e la linea cellulare GLUTag. In particolare, i risultati ottenuti hanno dimostrato che i due meccanismi di glucose-sensing interagiscono tra loro, e suggeriscono che l'effetto depolarizzante della corrente dovuta a SGLT è modulato dall'attività dei K(ATP)-channels. Il modello è utile per comprendere i segnali che stanno alla base della funzionalità delle cellule L, e potrebbe essere utilizzato come ausilio nello sviluppo di nuovi farmaci volti ad aumentare la secrezione endogena di GLP-1.

- b. Beta-cellule pancreatiche. Per quanto riguarda le beta-cellule umane, si è ulteriormente sviluppato un precedente modello matematico dell'attività elettrica. Sono stati aggiunti gli SK-channels e la dinamica del calcio, per investigare alcune risposte elettrofisiologiche ad antagonisti di canali ionici, che risultano essere eterogenee e non intuitive. Inoltre, sfruttando il modello sono stati analizzati i segnali paracrini e, accoppiandolo ad un oscillatore glicolitico, sono state simulate le oscillazioni lente registrate nelle beta-cellule umane.

Successivamente, stati inclusi i canali Kir2.1, che hanno un ruolo critico nelle cellule cardiache, poiché determinano la forma del potenziale d'azione cardiaco. L'aggiunta di questa corrente ha migliorato il modello, rallentandone la dinamica dei potenziali d'azione. Il modello è stato utilizzato per valutare se la correlazione riportata in letteratura tra sindrome del QT lungo e iperinsulinemia e ipoglicemia sintomatica possa avere una causa comune, ovvero una perdita di funzionalità dei canali Kir2.1, che è noto possa causare alterazioni nell'eccitabilità cardiaca tra cui la sindrome del QT lungo. Simulando questa situazione nel modello, bloccando i canali Kir2.1, si ottiene un aumento nella frequenza dei potenziali d'azione, mentre la loro ampiezza rimane invariata. Questo effetto con buona probabilità si traduce in un aumento della secrezione di insulina, che potrebbe spiegare l'iperinsulinemia nei pazienti affetti dalla sindrome del QT lungo. All'estremo opposto, un aumento nella corrente Kir2.1 riduce l'attività elettrica, e quindi potrebbe avere un ruolo nella patologia del diabete.

2. La seconda fase di cui ci si è occupati nelle beta-cellule è quella successiva all'apertura dei canali di calcio voltaggio-dipendenti, vale a dire l'ingresso e la diffusione del calcio all'interno della cellula con conseguente esocitosi dei granuli e rilascio di insulina. In condizioni di controllo, il tempo medio di apertura del singolo canale di calcio durante la depolarizzazione è molto breve (~2 ms) se confrontato con il ritardo tra l'aumento del livello del calcio e l'inizio dell'esocitosi (~10 ms). Questo ha portato a formulare l'ipotesi che il clustering dei canali di calcio potrebbe essere funzionalmente vantaggioso.

Lo scopo di questo lavoro è di analizzare la relazione tra l'esocitosi dei granuli di insulina, i livelli di calcio e la distanza dai canali di calcio, con lo scopo di comprendere più a fondo i processi che permettono al calcio di regolare l'esocitosi. Il lavoro si basa sulla microscopia TIRF (Total Internal Reflection Fluorescence), che permette la visualizzazione simultanea di due fluorofori diversi: il primo permette di osservare le vescicole che contengono insulina, in modo da suddividerle in due gruppi, quelle che vengono esocitate e quelle di controllo, il secondo è un indicatore di calcio geneticamente codificato (R-GECO), legato alla membrana plasmatica, che permette di visualizzare

durante lo stimolo i livelli di calcio immediatamente sotto la membrana plasmatica. In questo lavoro è stato utilizzato il programma "Calc", che permette di simulare la diffusione e il buffering del calcio all'interno della cellula, in seguito all'apertura del canale di calcio durante la depolarizzazione. L'apertura del canale di calcio è stata modellata con l'utilizzo di un Markov process, e sono stati confrontati tre diversi setup: canale singolo, cluster di tre canali sincronizzati e cluster di tre canali indipendenti. I livelli di calcio ed il corrispondente segnale R-GECO sono stati valutati a diverse distanze dal canale di calcio e confrontati con i dati di microscopia TIRF, in modo da stimare la distanza media a cui si trovano i granuli che vanno incontro ad esocitosi. Le simulazioni di diffusione del calcio sono state accoppiate a un modello per l'esocitosi dei granuli di insulina, per analizzare la probabilità di fusione di diversi pool di granuli, in funzione della loro distanza dal canale di calcio e della loro affinità allo ione calcio. Le simulazioni hanno confermato l'ipotesi che il cluster di canali, aumenta significativamente la probabilità di fusione e che un certo grado di dipendenza tra i canali che formano il cluster potrebbe essere funzionalmente vantaggioso.

3. Ci si è poi occupati della secrezione su una scala maggiore prendendo in considerazione l'intero pancreas. In questo contesto, il cosiddetto approccio dei modelli minimi risulta particolarmente utile, poiché permette di determinare degli indici per valutare la funzionalità beta-cellulare in diversi gruppi sperimentali. È stato sviluppato un modello minimo specifico per il setup sperimentale del pancreas perfuso adattando il modello minimo del C-peptide, sviluppato per dati di test di tolleranza endovenosa al glucosio. Il modello è stato inizialmente applicato a pancreas non trattati e successivamente utilizzato per la valutazione di importanti agenti farmacologici (l'ormone intestinale GLP-1, l'agonista del recettore del GLP-1, lixisenatide e l'agonista del recettore GPR40/ FFAR1, SAR1) per quantificare e differenziare il loro effetto sulla secrezione di insulina. Fittando il modello ai dati, si è ottenuto che lixisenatide ha un effetto sulla funzionalità beta-cellulare simile al GLP-1 e si è dimostrato che SAR1 porta a migliorare ulteriormente la funzionalità beta-cellulare, se somministrato in concomitanza con concentrazioni post-prandiali di GLP-1.

- **Titolo definitivo della tesi finale:**

*"Mathematical Modeling of Electrical Activity and Exocytosis in Intestinal L-cells and Pancreatic beta-cells". Supervisore: Morten Gram Pedersen.*

**PARTE 3 – PUBBLICAZIONI:**

- **Elenco pubblicazioni su rivista internazionale:**
  - Riz M, Pedersen MG, Toffolo GM, Haschke G, Schneider HC, Klabunde T, Margerie D, Cobelli C. *Minimal modeling of insulin secretion in the perfused rat pancreas: a drug effect case study*. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2014 Mar;306(6):E627-34.
  - Riz M, Braun M, Pedersen MG. *Mathematical modeling of heterogeneous electrophysiological responses in human  $\beta$ -cells*. PLoS Comput Biol. 2014 Jan;10(1):e1003389.
  
- **Elenco pubblicazioni su convegno internazionale:**
  - Riz M., Braun M., Cobelli C., Pedersen M.G., *Modeling SK-channels and Electrical Activity in Human Beta-cells*, Biophysical Society 57th Annual Meeting, Philadelphia (PA), USA, February 2-6, 2013.
  - Riz M., Pedersen M.G., *Modeling Electrical Activity in Intestinal L-Cells*, Biophysical Society 58th Annual Meeting, San Francisco (CA), USA, February 15-19, 2014.
  - Riz M., Sherman A., Matveev V., Gandasi N., Barg S. and Pedersen M.G., *Modeling the Relationship between Insulin Granule Exocytosis and Calcium Channel Clustering*, Islet Study Group Meeting (ISG2014), Lausanne, Switzerland, September 12-14, 2014.
  - Riz M., Braun M. Wu X. and Pedersen M.G., *Inwardly Rectifying Potassium Kir2.1 Currents in Human Pancreatic Beta-cells Control Electrical Activity*, Islet Study Group Meeting (ISG2014), Lausanne, Switzerland, September 12-14, 2014.
  
- **Elenco pubblicazioni su convegno nazionale:**
  - Riz M., Pedersen M.G., *Mathematical Modeling of Electrical Activity in Intestinal L-Cells*, Congresso Nazionale di Bioingegneria (GNB), Pavia, Italy, June 25-27, 2014.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato la dott.ssa **Riz Michela** si è impegnata 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 **Vasquez Stanescu Jesus Alejandro** nell'ambito del XXVII ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 il dott. **Vasquez Stanescu Jesus Alejandro** 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:**

**Supervisore:** Matteo Bertocco

**Titolo borsa a tema vincolato:**

Studio delle Problematiche di Funzionamento in Tempo Reale e di Gestione di Basi di Dati Distribuite Nell'applicazione dell'architettura EPICS all'acceleratore di Ioni SPES

### **Parte 1 Didattica**

#### **- Elenco dei corsi seguiti durante l'anno**

- Applied Linear Algebra
- Statistical Methods
- The behavioral approach to control of distributed systems
- Digital processing of measurement information
- Electrostatic discharge in itergrated circuits

#### **- Elenco delle scuole di dottorato seguite durante l'anno**

- Partecipazione alla scuola "19th Euroschool on Exotic Beams", Atene, Grecia, 9-15 settembre 2012

#### **- Partecipazione corsi di formazione**

- Corso di programmazione PLC Siemens Simatic S7 e linguaggio di programmazione STEP7 – Livello intermedio. Date del corso: dal 02/09/2013 al 06/09/2013
- Il rumore e le interferenze nei circuiti elettronici. Date del corso: dal 01/10/2013 al 03/10/213

### **Parte 2 Ricerca**

La attività di ricerca è stata focalizzata principalmente nello sviluppo di sistemi di controllo per il progetto SPES basati su EPICS, il quale è stato scelto come framework generale. Una dell'attività fondamentali è stata lo sviluppo di controllori embedded chiamati IOC (Input/Output Controllers). Questi IOC saranno distribuiti su tutta la facility per controllare tutta la strumentazione dell'acceleratore. Quindi, è di grande importanza la sua standardizzazione, sia dal punto di vista del hardware che del software. Inoltre, devono avere certe caratteristiche essenziale come dimensioni ridotte, basso consumo, basso costo, adatti per lavorare su ambienti industriali, e una vita utile equivalente a quella della facility (20-30 anni).

Due tipi di IOC sono stati sviluppati. Il primo tipo di IOC è stato sviluppato per il laboratorio test-bench del progetto SPES. Per raggiungere un costo basso di implementazione e una dimensione ridotta, è stato utilizzato il "computer board" Raspberry Pi (Model B, rev. 2) come nucleo dei IOC. Questo computer, con dimensione di una carta di credito, usa il SoC (System on Chip) Broadcom BCM2835 il quale contiene un microprocessori

ARM1176JZFS a 700 Mhz, una Videocore 4 GPU, 512 Mb di memori RAM, due porte USB 2.0, una porta Ethernet e una porta di ingressi/uscite a basso livello (GPIO, General Purpose Input/Output). Il sistema operativo è una versione di Debian, chiamata Raspbian, dove è stato implementato un softIOC EPICS.

Sono stati sviluppati delle schede di espansione per soddisfare i requisiti di ogni applicazione del progetto. Tra queste ci sono scheda di lettura di segnale in corrente, scheda di controllo di motore a passo e scheda con ingressi e uscite analogiche usando dei ADC e DAC a 16 bits di risoluzione. Queste schede sono interfacciate con il Raspberry Pi usando la porta GPIO. Un programma di interfaccia, sviluppato in C usando le librerie Broadcom BCM2835 e le librerie del CA di EPICS, comunica con le schede e simultaneamente con l'IOC EPICS locale per lo scambio di informazione.

In alcune applicazione sono stati utilizzati schede standard di espansione con interfaccia USB per aggiungere porte seriale oppure porte Ethernet addizionali al Raspberry Pi. Analogamente, si sono usati dei sensori di temperature con porta seriale 1-Wire, collegati direttamente all'interfaccia 1-Wire nativa nel Raspberry Pi. La comunicazione con questi dispositivi periferici è stato sviluppata usando strumenti nativi di EPICS come StreamDevice, Asyn, Modbus, tra gli altri.

In questa maniera sono stati implementati nel laboratorio test-bench diversi tipi di IOC, per controllare quattro sottosistemi: Il sistema di acquisizione della diagnostica del fascio, il separatore di massa, il sistema di acquisizione dei livelli di vuoto nella camera di trasporto del fascio, e l'interfaccia tra i PLC di controllo ed EPICS.

Questi IOC sono una soluzione innovativa, non presenti nel mercato, capace di soddisfare le richieste di questo tipo di applicazione.

Il secondo tipo di IOC è stato sviluppato per essere utilizzato su tutti i sistemi di controllo dei LNL. Sono basati sullo standard industriale COM (Computer-on-Module). I moduli COM sono PCs altamente integrati e compatti che includono CPU, memoria e interfacce IO comuni trovati sui PC standard (USB, SATA, audio, video, Ethernet, PCI, PCI Express, ecc.). Particolarmente, è stato scelto il standard COM Express. Questo standard definisce le dimensioni fisiche, interconnessioni ed interfacce termici. Una soluzione di questo tipo, pur essendo più costosa in confronto a una soluzione basata sui Raspberry Pi, è adatta a un ambiente industriale e si stima che la sua disponibilità in mercato sia maggiore ai 20 anni.

L'IOC è costituito da un modulo COM, installato su una carrier board personalizzata, sulla quale saranno integrati i dispositivi periferici necessari per sviluppare tutti i sistemi di controllo ai LNL, come ad esempio: IO digitali, ADCs, DACs, controllori per motori a passo, tra gli altri.

Sono stati sviluppati dei prototipi, usando componenti commerciali generici. Questi prototipi permettono sviluppare la parte software dei sistemi di controllo usando EPICS, così come testare la validità della piattaforma nelle applicazioni finali.

I prototipi sono stati sviluppati usando dispositivi commerciali della ditta ADLINK:

- Moduli COM Express Type 6,
- Carrier Board generiche EXPRESS-BASE6,
- Schede DAQe-2214 (16 canali ADC ad 16 bits di risoluzione, 250KS/s e +/-10V),
- Schede PCIe-6216 (16 canali DAC ad 16 bits di risoluzione e +/-10V),
- Schede PCIe-7296 (96 IO digitali),
- Schede PCIe-C588 (8 porte seriali RS232).

Lo strumento asynDriver è stato utilizzato per sviluppare dei driver di interfaccia per comunicare il device support di EPICS con i driver a basso livello delle schede ADLINK.

Due prototipi sono stati sviluppati ed installati su due applicazioni diverse ai LNL. Un primo prototipo è stato sviluppato per l'acquisizione della diagnostica del fascio. È stato installato su un sistema di diagnostica su una linea di fascio ed integrato su la rete di IOC EPICS esistente, basati su VME. Questo IOC acquisisce l'intensità e profilo del fascio così come controlla i due motori a passo usati per movimentare entrambi i rivelatori. I risultati di questa prova dimostrano che il nuovo tipo di IOC è perfettamente capace di sostituire i precedenti sistemi basati su VME.

Il secondo prototipo è stato sviluppato per il sistema di trasporto e focalizzazione del fascio. Questo IOC controlla gli alimentatori HV del sistema di deflettori e quadrupoli elettrostatici. Inoltre, controlla anche l'alimentatore HV usato per la estrazione del fascio della sorgente. Il prototipo è stato installato nel laboratorio off-line del progetto SPES. Questa prova dimostra che il nuovo IOC è adatta a questa applicazione, la quale sarà molto richiesta nel progetto SPES.

Anche questi IOC sono una soluzione innovativa, non presente attualmente in mercato. I prototipi hanno dimostrato che la piattaforma hardware ed adatta e le presentazioni dei sistemi soddisfano le esigenze di operatività dei diversi sistemi.

Altro argomento importante nell'attività di ricerca è stato il disegno ed implementazione di un nuovo sistema di controllo accessi per gli acceleratori ai LNL. Questo nuovo sistema offre una affidabilità maggiore, così come permette una interoperabilità e condivisione di informazione col resto di sistemi tramite il Channel Access di EPICS. Queste richieste sono necessarie per la integrazione della facility SPES nel complesso esistente di acceleratori ai LNL.

Il sistema è costituito da un PLC Schneider Electric con CPU ridondata (modello TSXH5724M) collegati con una serie di isole di I/O remote tramite un bus di comunicazione MODBUS/TCP tramite una rete Ethernet su fibra ottica con una tipologia ridondata in anello.

È stato sviluppato ed installato un sistema di interfaccia tra il PLC di controllo e la rete EPICS. Questo sistema è costituito da un softIOC EPICS il quale comunica col PLC tramite il protocollo MODBUS/TCP per leggere gli stati del sistema. Questi valori sono poi disponibili al resto dei dispositivi nella rete come variabili EPICS.

I test di performance hanno dimostrato che la comunicazione tra i due sistemi soddisfa le esigenze del progetto. Questo risultato è molto importante per il futuro del progetto, visto che è uno dei primi sistemi del complesso di acceleratori esistente ai LNL fondamentale per l'operazione della facility SPES ad essere interfacciato alla rete EPICS generale.

**Titolo definitivo della tesi:**

Study, Design, Development and Implementation of Distributed Control Systems using EPICS for the SPES Project

**Supervisore:**

Matteo Bertocco

**Parte 3 Pubblicazioni**

In sottomissione:

- Low Cost EPICS IOC using the computer board Raspberry Pi for the SPES off-line Laboratory
- EPICS IOC using Computer-On-Module for the LNL Laboratory

Primo autore:

- “New Control System for the SPES Off-line Laboratory at LNL-INFN using EPICS IOCs based on the Raspberry Pi”. J. Vasquez, A. Andrighetto, G. Prete, M. Bertocco. Proceeding of ICALEPCS2013, p. 687 – 690. October 2013. San Francisco, US.
- “The SPES Target Chamber Remote Handling System”. J. Vasquez, R. Oboe, A. Andrighetto, I. Cristofolini, M. Guerzoni, A. Margotti, G. Meneghetti, M. Bertocco, G. Prete, F. Scarpa. Proceeding of 2013 IEEE International Conference on Mechatronic. February 2013, p. 356 – 363. Vicenza, Italy.
- “EPICS IOC development at LNL for standardization of the control systems”. J. Vasquez, M. Bellato, D. Bortolato, F. Gelain, M. Giacchini, R. Isocrate, D. Marcato, M. Montis, D. Pedretti, R. Ponchia. LNL Annual Report (2013).
- “SPES Off-Line Beam Diagnostic System Using a New Kind of EPICS IOC Based on the Raspberry Pi”. J. Vasquez, M. Rossignoli, A. Andrighetto, M. Manzolaro, D. Scarpa, M. Lollo, S. Corradetti, R. Silingardi, A. Monetti, M. Calderolla, C. Gobbi, P. Farinello, D. Conventi, L. Boscagli, L. Costa, E. Visentin, M. Poggi, G. Prete, R. Oboe, P. Zanonato, M. Bertocco, P. Nicolosi, G. Meneghetti, P. Colombo, A. Tomaselli, M. Guerzoni, R. Michinelli, A. Margotti, I. Cristofolini, E. Mariotti. LNL Annual Report (2013).
- “Beam Diagnostics for the SPES Project”. J. Vasquez, M. Poggi, D. Carlucci. LNL Annual Report (2013).
- “Updates for the New Access Control System for the Tandem-Alpi-Piave Accelerators at LNL”. J. Vasquez, S. Canella, G. Prete, G. Bassato, G. Bisoffi, D. Zafiroopoulos, G. Scarabottolo, C. Buoso. LNL Annual Report (2013).
- “Standard Modbus Interface for the Thermometers of the ALPI Cryogenic Control System”. J. Vasquez, S. Canella, P. Modanese, A. Calore, T. Contran, A. Friso, D. Giora, M. Pengo. LNL Annual Report (2013).
- “EPICS Interfaces for the Cryogenic Control System”. J. Vasquez, S. Canella. LNL Annual Report (2013).
- “New Access Control System for the Tandem-Alpi-Piave Accelerators at LNL”. J. Vasquez, S. Canella, G. Prete, G. Bisoffi, D. Zafiroopoulos. LNL Annual Report (2012).
- “The SPES Target Chamber Remote Handling System”. J. Vasquez, M. Calderolla, A. Andrighetto, L. Costa, M. Lollo, M. Pavan, M. Bertocco, M. Manzolaro, D. Scarpa, S. Corradetti, M. Rossignoli, A. Monetti, G. Bassato, S. Carturan, L. Boscagli, M. Giacchini, M. Poggi, G. Prete, L. Biasetto, R. Oboe, G. Meneghetti, P. Zanonato, P. Benetti, A. Tomaselli, M. Guerzoni, R. Michinelli, A. Margotti, I. Cristofolini. LNL Annual Report (2012).

Secondo autore:

- “Measurement of the response time of the delay window for the neutron converter of the SPIRAL2 project”. G. Acosta, T. Andre, J. Bermudez, M.F. Blinov, C. Jamet, P.V. Logatchev, Y.I. Semenov, A.A. Starostenko, L.B. Tecchio, A.S. Tsyganov, E. Udup, J. Vasquez. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 758 83–90 (2014).
- “Ongoing characterization of the forced electron beam induced arc discharge ion source for the selective production of exotic species facility”. M. Manzolaro, A. Andrighetto, G. Meneghetti, A. Monetti, D. Scarpa, M. Rossignoli, J. Vasquez, S. Corradetti, M. Calderolla, and G. Prete. Review of Scientific Instruments 85, 02B918 (2014).
- “Photo-ionization of aluminum in a hot cavity for the selective production of exotic species project”. D. Scarpa, L. Makhathini, A. Tomaselli, D. Grassi, S. Corradetti, M. Manzolaro, J. Vasquez, M. Calderolla, M. Rossignoli, A. Monetti, A. Andrighetto and G. Prete. Review of Scientific Instruments 85, 02B908 (2014).

- “Neutron-rich isotope production using a uranium carbide – carbon nanotubes SPES target prototype” S. Corradetti, L. Biassetto, M. Manzolaro, D. Scarpa, S. Carturan, A. Andrighetto, G. Prete, J. Vasquez, P. Zanonato, P. Colombo, C.U. Jost, D.W. Stracener. European Physical Journal A, 49:56 (2013).
- “SPES: The INFN radioactive beam facility for nuclear physics”. A. Andrighetto, G. Bisoffi, G. Bassato, L. Calabretta, M. Comunian, J. Vasquez et al. AIP Conf. Proc. 1491, 58 (2012); doi: 10.1063/1.4764202

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Vasquez Stanescu Jesus Alejandro** 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 **Bogo Federica** nell'ambito del XXVI ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013 la dott.ssa **Bogo Federica** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVI ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

**La candidata dichiara quanto segue:**

#### Parte 1 Didattica

##### Corsi seguiti

- Applied linear algebra. Prof. H. Wimmer and Prof. T. Damm (16h).
- Dynamics over networks. Prof. F. Fagnani (20h).
- Game theory for Information Engineering. Prof. L. Badia (20h).
- Statistical methods. Prof. L. Finesso (24h).
- Information-theoretic methods in security. Prof. N. Laurenti (20h) – fuori piano.
- Intelligent systems I. Prof. S. Harmeling and Prof. P. Hennig, University of Tuebingen (24h) – fuori piano.

##### Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi

- AACSE Summer School on Algorithms and Architectures for Computational Science and Engineering. Padova, Settembre 2011.
- 7th Advanced School of Parallel Computing. Casalecchio di Reno (BO), Ottobre 2011.
- Medical Imaging Summer School. Favignana (TP), Agosto 2014.

##### Seminari seguiti al DEI o in altre sedi

- Physical-layer security. M. Bloch. Padova, 17 Febbraio 2011.
- Può l'informazione modificare il cervello? L. Maffei. Padova, 5 Maggio 2011.
- Computational problems in cancer genomics. E. Upfal. Padova, 18 Maggio 2011.
- My life in Silicon Valley. F. Faggin. Padova, 7 Giugno 2011.
- Geometry and metadata for multimedia compression and delivery. D. Taubman. Padova, 8 Settembre 2011.
- Computing with evolving data. E. Upfal. Padova, 12 Gennaio 2012.
- From Italy to China on driverless cars: Paving the road for autonomous driving. A. Broggi. Padova, 16 Aprile 2012.
- Biologically-inspired learning-based models for the recognition and synthesis of interactive body movements. M. Giese. Tubinga, 26 Giugno 2012.
- What you see is less than what you get – Estimating visually non-observable object properties. H. Kjellstrom. Tubinga, 17 Settembre 2012.
- How well do filter-based MRFs model natural images? S. Roth. Tubinga, 24 Settembre 2012.
- High-performance neural interfaces for quadriplegics. A. Schwartz. Tubinga, 25 Settembre 2012.
- Large-scale convex optimization for machine learning. F. Bach. Tubinga, 29 Ottobre 2012.
- 3D scene understanding for autonomous vehicles. A. Geiger. Tubinga, 5 Novembre 2012.
- From particle stereo to scene stereo. C. Rother. Tubinga, 25 Febbraio 2013.
- 3D vision in a changing world. A. Fitzgibbon. Tubinga, 17 Maggio 2013.
- Interactive variational shape modeling. O. Sorkine-Hornung. Tubinga, 27 Maggio 2013.
- Efficient algorithms for semantic scene parsing. R. Urtasun. Tubinga, 9 Settembre 2013.
- Depth, you, and the world. J. Shotton. Tubinga, 10 Settembre 2013.

- Human perception of material properties in the real world. B. Xiao. Tubinga, 23 Settembre 2013.
- Exploring and editing the appearance of outdoor scenes. P. Laffont. Tubinga, 11 Ottobre 2013.

#### Partecipazione a Conferenze Internazionali

- CPC, Padova, Gennaio 2012.
- Geecon, Poznan (Polonia), Maggio 2012.
- IEEE EMBC, San Diego (USA), Agosto 2012.
- ACM SIGGRAPH ASIA, Hong Kong, Novembre 2013.
- IWCV, Alghero (SS), Maggio 2014.
- IEEE CVPR, Columbus (USA), Giugno 2014.
- MICCAI, Boston (USA), Settembre 2014.
- 

#### Didattica attiva (lezioni, esercitazioni, laboratori)

- Tutor junior per il corso Elementi di Ingegneria del Software (Prof. E. Peserico), 2011.
- Tutor junior per il corso Fondamenti di Informatica I (Prof. F. Avanzini), 2011.

#### Permanenza all'estero

- Da Settembre 2012 a Dicembre 2013: attività di ricerca presso il Max Planck Institute for Intelligent Systems (Perceiving Systems Department) di Tubinga (Germania), sotto la supervisione del prof. M.J. Black.

#### Parte 2 Ricerca

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

L'attività di ricerca ha spaziato in diverse aree. Pur sviluppando un tema principale (che verrà presentato nella tesi di dottorato), sono stati ottenuti risultati in diversi ambiti.

Le principali tematiche affrontate e i risultati raggiunti possono essere schematizzati come segue:

**Elaborazione di dati 3D [6, 7]:** È stato affrontato il problema della registrazione di scansioni 3D del corpo umano. I dispositivi di scansione 3D attualmente disponibili possono produrre solo scansioni imperfette – fornendo dati affetti da un elevato livello di rumore e/o parziali.

Algoritmi di registrazione 3D robusti e accurati definiscono corrispondenze tra scansioni diverse, rendendo possibile l'estrazione di modelli 3D completi dai dati originali. Tali algoritmi sono essenziali in molte applicazioni – e.g. in robotica, in medicina, nell'industria cinematografica.

In questo ambito, è stato sviluppato un nuovo algoritmo di registrazione 3D per mesh poligonali del corpo umano. L'approccio è innovativo in quanto utilizza sia informazione data dalla geometria 3D delle superfici scansionate sia informazione di colore. Gli approcci proposti in letteratura si basano quasi esclusivamente su dati geometrici: in questo modo, non garantiscono registrazioni corrette in aree "lisce" (e.g. il torso). L'integrazione con l'informazione data dal colore permette, invece, di ottenere corrispondenze estremamente accurate sulla quasi totalità della superficie corporea.

L'impossibilità di definire corrispondenze tanto accurate da poter essere considerate "ground truth" è stata l'ostacolo principale per la creazione di dataset di mesh "reali" in questo settore; di conseguenza, gli algoritmi di registrazione sono di solito valutati solo su mesh generate sinteticamente. La nuova tecnica proposta ha permesso di risolvere questo problema: sulla base delle registrazioni ottenute, è stato creato un nuovo dataset di mesh 3D, FAUST (Fine Alignment Using Scan Texture). FAUST colleziona 300 scansioni reali di 10 soggetti,

ognuno in 30 pose diverse, acquisite con uno scanner 3D multi-stereo. Si tratta del primo dataset che fornisce sia scansioni reali, sia corrispondenze corrette (i.e. “ground truth”) tra esse.

Uno dei vantaggi della tecnica è che essa si basa su un modello 3D del corpo umano – parametrizzabile in maniera del tutto indipendente dalla specifica posa assunta dal soggetto durante una scansione. Questa caratteristica rende l'approccio particolarmente utile quando applicato allo screening di lesioni melanocitiche sull'intera superficie cutanea.

Rilevare l'insorgenza di nuove lesioni, o cambiamenti nell'aspetto di lesioni preesistenti, è fondamentale per una diagnosi tempestiva del melanoma.

Integrando la tecnica di registrazione con un nuovo algoritmo di segmentazione per le lesioni, è stato sviluppato un sistema automatizzato di screening in grado di monitorare la quasi totalità della superficie cutanea.

Tramite uno studio preliminare, è stato dimostrato come il sistema riesca a rilevare l'insorgenza di nuove lesioni, o cambiamenti in lesioni preesistenti, dell'ordine di 2-3 millimetri.

**Segmentazione di immagini dermatologiche [1, 2, 3, 4]:** Sono state considerate due categorie principali di immagini: immagini dermatoscopiche di lesioni melanocitiche e immagini “a figura intera” di lesioni psoriasiche. Nell'ambito delle immagini dermatoscopiche, è stato sviluppato un nuovo algoritmo di segmentazione per lesioni melanocitiche – MEDS (Mimicking Expert Dermatologists' Segmentations).

L'algoritmo dapprima applica all'immagine una trasformazione di colore che massimizza la distanza tra pixel corrispondenti a pelle sana e pixel corrispondenti a lesione: la trasformazione ottimale viene stimata, per ogni immagine, tramite calcolo della PCA (Principal Component Analysis) in spazio RGB. Dopo aver proiettato l'immagine nel nuovo spazio definito dalla prima componente ricavata dalla PCA, la segmentazione è ottenuta tramite un'operazione di thresholding sull'istogramma di colore.

Data la sua semplicità, la tecnica si rivela estremamente veloce – e quindi adatta ad essere portata anche su dispositivi mobili (smartphone o tablet). Quando confrontata con lo “stato dell'arte”, la tecnica garantisce tempi di esecuzione inferiori di uno o più ordini di grandezza. Test estensivi hanno mostrato anche come essa sia più accurata e robusta dei precedenti approcci in letteratura.

Nell'ambito delle immagini psoriasiche, è stata proposta una nuova tecnica per la segmentazione di lesioni multiple in immagini “a figura intera”.

Si tratta di un problema poco affrontato in letteratura, data la difficoltà di operare su immagini di questo genere: le difficoltà sono dovute principalmente a differenze di illuminazione, posa del paziente o posizione della fotocamera, e variazioni nell'aspetto delle lesioni stesse in diverse aree del corpo.

La tecnica proposta affronta il problema in due fasi. In una prima fase, tramite l'analisi di features di colore, vengono isolate una serie di zone che “quasi sicuramente” corrispondono a lesioni. In una seconda fase, tali zone vengono espanse, in modo da individuare con precisione i bordi delle lesioni, tramite una tecnica di Geometric Active Contours.

Test preliminari effettuati su un dataset di 20 immagini mostrano come la tecnica garantisca un'accuratezza comparabile a quella di un operatore umano.

**Algoritmi di routing per reti wireless [5]:** L'attività di ricerca si è focalizzata sull'analisi teorica del tradeoff tra banda (throughput) e latenza (delay) nelle delay-tolerant wireless networks.

Partendo dallo studio dei numerosi modelli di mobilità presentati in letteratura, è stata individuata una loro proprietà comune: quella di definire un moto “balistico” per i nodi nella rete. Informalmente, un moto viene definito balistico quando la distanza percorsa da un nodo tra un cambio di traiettoria e l'altro rimane limitata lontano da zero al tendere a infinito del numero dei nodi nella rete.

L'individuazione e la formalizzazione di questa proprietà hanno permesso di analizzare diversi modelli in un framework comune, portando a due risultati principali.

Primo, è stato dimostrato che l'assunzione di “moto balistico” per i nodi nella rete è strettamente necessaria per

ottenere simultaneamente a)  $\Omega(1)$  throughput e b)  $O(1)$  delay, quando il numero di nodi nella rete tende a infinito. Qualsiasi modello presenti pattern di mobilità più "locali" (e.g. Brownian motion) deve rinunciare ad almeno uno tra a) e b), indipendentemente dallo schema di comunicazione adottato – in particolare, anche con l'uso di network coding.

Secondo, è stato proposto un nuovo algoritmo di routing di pacchetti per delay-tolerant networks. L'algoritmo, semplice e completamente distribuito, garantisce simultaneamente  $\Omega(1)$  throughput e  $O(1)$  delay in qualsiasi rete presenti "mobilità balistica". Si tratta del primo algoritmo, tra tutti quelli presentati in letteratura, a garantire tali bound.

**Calcolo ad alte prestazioni, gestione di grandi moli di dati:** È stata svolta attività di sviluppo in *psort*, libreria di ordinamento per grandi moli di dati in C++. L'obiettivo è stato quello di sviluppare e implementare algoritmi efficienti per la lettura/scrittura su dispositivi di memoria esterna.

*psort* è risultato vincitore del PennySort benchmark 2011, categorie Daytona e Indy -- e rimane, in entrambe, tuttora imbattuto.

Titolo definitivo della tesi: Registering 3D human bodies in motion: Algorithms and applications

Nome del supervisore: Enoch Peserico

### Parte 3 Pubblicazioni

Elenco pubblicazioni su rivista internazionale

- [1] F. Peruch, F. Bogo, M. Bonazza, V. Cappelleri, E. Peserico. Simpler, faster, more accurate melanocytic lesion segmentation through MEDS. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 61(2), pp. 557–565, 2014.
- [2] Book chapter: F. Bogo, F. Peruch, A. Belloni Fortina, E. Peserico. Where's the lesion? Variability in human and automated segmentation of dermoscopy images of melanocytic skin lesions. In Dermoscopy Image Analysis, M.E. Celebi, T. Mendonca, J.S. Marques eds, CRC Press/Taylor & Francis. To appear.

Elenco pubblicazioni su convegno internazionale

- [3] F. Bogo, M. Samory, A. Belloni Fortina, S. Piaserico, E. Peserico. Psoriasis segmentation through chromatic regions and Geometric Active Contours. IEEE EMBC, 2012.
- [4] F. Peruch, F. Bogo, M. Bonazza, M. Bressan, V. Cappelleri, E. Peserico. Simple, fast, accurate melanocytic lesion segmentation in 1D colour space. VISAPP, 2013.
- [5] F. Bogo, E. Peserico. Optimal throughput and delay in delay-tolerant networks with ballistic mobility. ACM MobiCom, 2013.
- [6] F. Bogo, J. Romero, M. Loper, M.J. Black. FAUST: Dataset and evaluation for 3D mesh registration. IEEE CVPR, 2014.

[7] F. Bogo, J. Romero, E. Peserico, M.J. Black. Automated detection of new or evolving melanocytic lesions using a 3D body model. MICCAI, 2014.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato la dott.ssa **Bogo Federica** si è impegnata 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 **Bonazza Michele** nell'ambito del XXVI ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013 il dott. **Bonazza Michele** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVI ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

**Il candidato dichiara quanto segue:**

### **Parte 1 - Didattica**

#### **Corsi seguiti**

- Applied Linear Algebra. Prof. H. Wimmer e Prof. T. Damm (16 ore).
- Dynamics over Networks. Prof. F. Fagnani (20 ore).
- Game Theory for Information Engineering. Prof. L. Badia (20 ore).
- Information-theoretic Methods in Security. Prof. N. Laurenti (20 ore).
- Statistical Methods. Prof. L. Finesso (24 ore).
- Informatics 121 - Software Design I. University of California, Irvine. Prof. A. Van der Hoek (12 ore).

#### **Workshop seguiti**

Algorithms and Architectures for Computational Science and Engineering (AACSE) Workshop. Padova, 30 Giugno - 1 Luglio 2011.

#### **Seminari seguiti**

- Computational Problems in Cancer Genomics. *Prof. E. Upfal*. Padova, 18 Maggio 2011.
- Impact Lecture: My Life in Silicon Valley. *Dr. F. Faggin*. Padova, 7 Giugno 2011.
- Computing with evolving data. *E. Upfal*. Padova, 12 Gennaio 2012.
- From Italy to China on driverless cars: paving the road of autonomous driving. *A. Broggi*. Padova, 16 Aprile 2012.
- Childbirth Re-written as an Organizational Event: The Impact of Accountability Artifacts on Coordination of Routines in a Labor & Delivery Unit. *K. Pine*- UCI. Irvine, 5 Ottobre 2012.
- On the Naturalness of Software. *P. Devanbu* - UC Davis. Irvine, 12 Ottobre 2012.

- What does it mean to be literate in the age of google. *D. Russell* - Google.Irvine, 19 Ottobre 2012.
- Trends in Society and Information Technology Seminar . *H. Varian* - Google.Irvine, 2 Novembre 2012.
- Brain-Machine Hybrid System: Investigation of Algorithms in a Silkworm Moth.*D. Kurabayashi*. Padova, 18 Febbraio 2013.
- Academic Entrepreneurship and Spin Offs: where next? *M. Wright*. Padova,28 Febbraio 2013.
- Statistical Learning Theory Meets Big Data: Randomized Algorithms for Ex-tracting Frequent Itemsets and Association Rules. *E. Upfal*. Padova, 17 Maggio2013.
- Architecture and applications of software defined environments. *R. Ratnaparki*. Padova, 27 Settembre 2013.
- Where are we going. *A. Tanenbaum*. Padova, 20 Novembre 2013.

#### **Partecipazione a Conferenze Internazionali**

- 2011 IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER2011).Austin, TX - 26-30 Settembre 2011.
- 16th Workshop on Compilers for Parallel Computing. Padova, 11 - 13 Gennaio 2012.

#### **Didattica attiva**

- Lezione sulla Java Virtual Machine per il corso di Elementi di Ingegneria del Software (Prof. E. Peserico) - Novembre 2011 .
- Laboratorio di Reti di Calcolatori (Prof. P. Bertasi) - Il semestre a.a. 2012-2013.
- Correlatore per 7 tesi di Laurea magistrale e 9 tesi di Laurea triennale (2011-2013)

#### **Periodi di permanenza all'estero**

- Settembre 2012 – Dicembre 2012: Visitor PhD student presso University of California, Irvine (USA) – Software Design and Collaboration Laboratory - Prof. A. Van der Hoek.

#### **Parte 2 - Ricerca**

**Titolo della tesi:** A workflow for melanocytic lesion evaluation

**Supervisore:** Prof. Enoch Peserico

## Descrizione dell'attività di ricerca

Fra i mesi di Gennaio e Maggio 2011, si è provveduto all'installazione e configurazione del cluster "Eridano", come da pianificazione del progetto strategico dell'Università di Padova "AACSE" (Algorithms and Architectures for Computational Science and Engineering). Tale cluster si compone di 16 PC connessi fra loro tramite una rete 10G-Ethernet in fibra ottica, ciascuno dotato di scheda video Nvidia GTX-470 per il calcolo parallelo tramite GPU. Dopo aver sviluppato un sistema di script per la gestione e per il controllo del cluster, si sono analizzate le prestazioni dello stesso utilizzando diversi benchmark; si è scelto di sviluppare un'applicazione per l'ordinamento parallelo di dati da disco rigido, sfruttando l'ampia banda disponibile fra i vari nodi. L'applicazione fu utilizzata per eseguire il benchmark *Datamation*, primo benchmark competitivo per l'ordinamento dati su disco, che richiede di ordinare un milione di record da 100 byte ciascuno da disco a disco. Il primo programma vincitore di *Datamation* nel 1985 impiegava più di un'ora per ordinare i dati, mentre il vincitore dell'edizione 2001 impiegava meno di mezzo secondo, ragione per cui la competizione venne chiusa. L'applicazione da noi sviluppata eseguiva il benchmark in 40 millisecondi, un ordine di grandezza in meno rispetto all'ultimo vincitore (e 4 ordini di grandezza in meno rispetto al risultato originale). Si procedette ad un'analisi dettagliata delle varie componenti temporali coinvolte nell'ordinamento e degli accorgimenti da seguire nella configurazione di un cluster per calcolo a bassa latenza, che si può trovare in "Datamation: a quarter of a century and four orders of magnitude later", lavoro pubblicato alla conferenza internazionale IEEE CLUSTER del 2011 ad Austin, TX (Stati Uniti).

Continuando il lavoro sull'ordinamento dati, si è proceduto ad un processo di reingegnerizzazione dell'applicazione *psort*, vincitrice (e tuttora detentrici del titolo) del benchmark *penny sort* per l'ordinamento dati, sviluppata al DEI nel 2009 da P. Bertasi, M. Bressan ed E. Peserico. La reingegnerizzazione consistette in una riscrittura totale del software volta a rendere più facilmente utilizzabili gli algoritmi di ordinamento come librerie.

Nei primi due anni di dottorato si è proseguita l'attività di coordinamento e gestione del progetto *PariPari*, applicazione modulare peer to peer che ha coinvolto negli anni più di 100 studenti del DEI. A supporto dell'applicazione, si progettò nei primi mesi del 2012 una rete Distributed Hash Table (DHT) innovativa per la condivisione sicura di risorse attraverso un sistema di permessi simile a quello dei file system UNIX, basato però su crittografia e challenge computazionali zero-knowledge. Si procedette ad una prima realizzazione software della rete che venne però abbandonata per mancanza di tempo da parte degli studenti coinvolti.

A metà del 2012 prese vita il progetto Cutis in Silico (CiS) per la realizzazione di strumenti software e hardware a supporto dell'analisi di lesioni cutanee ed individuazione di melanomi o altre patologie della pelle. Nella prima

fase del progetto, terminata a fine 2013, si è proceduto alla realizzazione di un'applicazione per la mappatura dei nei per tablet Android, *MoleMapper*. Tale applicazione si interfacerà con le altre parti del progetto che sono parallelamente in realizzazione per il riconoscimento e la comparazione automatici delle lesioni. Come primo passo verso l'automatizzazione, si è realizzato un nuovo algoritmo per la segmentazione di immagini dermatoscopiche, ovvero per il riconoscimento del contorno delle lesioni fotografate attraverso un dermatoscopio. La descrizione dell'algoritmo si può trovare in "Simple, Fast, Accurate Melanocytic Lesion Segmentation in 1D Colour Space" pubblicato all'ottava conferenza internazionale su teoria ed applicazioni di visione computazionale (VISAPP 2013), e più dettagliatamente in "Simpler, Faster, More Accurate Melanocytic Lesion Segmentation Through MEDS", pubblicato nella rivista "IEEE Transactions on Biomedical Engineering", vol. 61 no. 2 di Febbraio 2014.

In mancanza di applicazioni valide per la progettazione di interfacce grafiche su tablet, nel Settembre 2012 iniziò la collaborazione con l'Università della California a Irvine (UCI) per lo sviluppo di *CaliSmall*, applicazione di sketching in tempo reale per tablet Android. Tale applicazione fu poi di supporto nella progettazione di *MoleMapper*. Nei 4 mesi trascorsi al dipartimento di *Informatics* a Irvine si sono inoltre potute approfondire le tematiche di Human Computer Interaction (HCI) che saranno argomento principale del lavoro di tesi. Esso sarà incentrato sul design e sulla realizzazione di *MoleMapper*, con particolare attenzione agli aspetti di ergonomia e ingegneria del software che si sono considerati.

### Parte 3 - pubblicazioni

#### Pubblicazioni su rivista internazionale

- ❑ Francesco Peruch, Federica Bogo, Michele Bonazza, Vincenzo-Maria Cappelleri, Enoch Peserico. "Simpler, Faster, More Accurate Melanocytic Lesion Segmentation Through MEDS." In: IEEE transactions on bio-medical engineering (2013).

#### Pubblicazioni su convegno internazionale

- ❑ Francesco Peruch, Federica Bogo, Michele Bonazza, Marco Bressan, Vincenzo-Maria Cappelleri, Enoch Peserico. "Simple, fast, accurate melanocytic lesion segmentation in 1D colour space." In: VISAPP, Computer Vision Theory and Applications, International Conference on. 2013, pp. 191–200.



- Paolo Bertasi, Michele Bonazza, Marco Bressan, Enoch Peserico. "Datamation: A Quarter of a Century and Four Orders of Magnitude Later". In: Cluster Computing (CLUSTER), 2011 IEEE International Conference on". 26 Settembre 2011.

Paolo Bertasi, Michele Bonazza, Nicola Moretti, Enoch Peserico. "PariSync: Clock Synchronization in P2P Networks". In: Precision Clock Synchronization for Measurement, Control and Communication, 2009. ISPCS 2009. International Symposium on. 12 Ottobre 2009.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Bonazza Michele** si è impegnata 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 candidat, 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 **Sartorio Francesco** nell'ambito del XXVI ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013 il dott. **Sartorio Francesco** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVI ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

**Il candidato dichiara quanto segue:**

Parte 1 Didattica – Corsi seguiti

Topics in probability  
Introduction to Quantum Optics I  
Applied linear algebra  
Applied functional analysis

Studente in visita presso l'Università di Edimburgo. Si sono seguiti i seminari del gruppo di Computational Linguistics e del gruppo di Machine Learning. Da settembre a dicembre 2013.

ESSLI (*European Summer School in Logic, Language and Information*) agosto 2012

Partecipazione alle conferenze con relativa presentazione dei lavori pubblicati:

- ACL 2013 (SOFIA, Agosto 2013)
- ACL 2014 (Baltimora, Giugno 2014)

Parte 2 Ricerca

Durante il lavoro di ricerca si è lavorato sul dependency parsing, una rappresentazione sintattico-semantica del linguaggio naturale. In particolare si è lavorato sulle tecniche di parsing Transition Based migliorando le performance allo stato dell'arte di questi sistemi.

Partendo da algoritmi conosciuti in letteratura si è sviluppato ed implementato un nuovo algoritmo che introduce flessibilità nel processo di parsing. In seguito si è prodotto un sistema per ridurre la propagazione di errori tipica di tutti questi sistemi.

E' stato prodotto un software che permette la creazione di modelli multilingua usando tecniche di machine learning e che è stato usato per testare gli algoritmi sviluppati.

Titolo della tesi e nome del supervisore.

Improvements in Transition Based Systems for Dependency Parsing  
supervisore: Prof. Giorgio Satta

Parte 3 Pubblicazioni

- A Tabular Method for Dynamic Oracles in Transition-Based Parsing, Yoav Goldberg, Francesco Sartorio and Giorgio Satta (rivista internazionale, TAACL-2014)
- A Polynomial-Time Dynamic Oracle for Non-Projective Dependency Parsing,
- Carlos Gòmez-Rodríguez, Francesco Sartorio, Giorgio Satta (conferenza internazionale EMNLP-2014)

- A Transition-Based Dependency Parser Using a Dynamic Parsing Strategy, Francesco Sartorio, Giorgio Satta and Joakim Nivre (conferenza internazionale ACL-2013)

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Sartorio Francesco** si è impegnata 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 candidat, 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 **Schimd Michele** nell'ambito del XXVI ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013 il dott. **Schimd Michele** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVI ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

**Il candidato dichiara quanto segue:**

#### **Didattica**

Corsi seguiti

- Game Theory (Prof. *L. Badia*)
- Applied Linear Algebra (Prof. *T. Damm* e Prof. *H. Wimmer* )
- Statistical Methods (Prof. *L. Finesso*)
- Algorithms for Bioinformatics and Computational Biology (Prof. *A. Apostolico* e Prof.ssa *C. Guerra*)
- Online Algorithms and Competitive Analysis (Prof. *E. Peserico*)

#### **Partecipazione a scuole nazionali per dottorandi**

- High Performance Scientific Computing Summer School  
*Strategic Research Project AACSE September 16-19, 2013*

#### **Didattica attiva**

- Attività di supporto al corso *Programmazione di Sistemi Embedded* per la programmazione su piattaforme: iOS, Android. (Marzo – Luglio, 2013 e Marzo – Luglio, 2012 )
- Attività di supporto al corso di *Fondamenti di informatica 1* per l'introduzione alla programmazione (Ottobre – Dicembre, 2011 e Ottobre – Dicembre, 2012)

#### **Ricerca**

Titolo definitivo della tesi

**Quality value based models and methods for sequencing data**

#### Descrizione delle ricerche

Con l'avvento delle tecnologie *Next Generation Sequencing (NGS)* notevoli quantità di dati sperimentali sono stati prodotti e resi disponibili su database pubblici. Rispetto alle precedenti tecnologie *Sanger*, i dati prodotti dai nuovi sequenziatori, presentano caratteristiche diverse quali (tra le altre): lunghezza dei frammenti prodotti (*read*) ed errori di sequenziamento. Un'altra differenza che ha contribuito in maniera determinante al successo di queste nuove tecnologie, è il costo di produzione della singola base che, utilizzando tecnologie NGS, risulta diversi ordini di grandezza inferiore rispetto a tecnologie *Sanger*.

Come spesso accade in ambito informatico, nuovi dati richiedono nuove strategie algoritmiche per una loro efficiente ed efficace elaborazione. Il diffondersi di dati prodotti utilizzando sequenziatori di nuova generazione, ha quindi scatenato un parallelo sviluppo nell'ambito della bioinformatica dove nuovi approcci a problemi noti (quali *assembly, mapping, clustering, ...*) sono stati recentemente sviluppati, la ricerca di modelli e algoritmi per dati NGS rimane ancora un tema attuale anche a dieci anni dalla loro introduzione e nonostante le prime tecnologie di *terza generazione* (ad esempio *PacBio*). Data la maggiore rumorosità dei dati NGS, la necessità di "pulire" tali dati prima del loro utilizzo, ha innescato lo sviluppo di tecniche di *filtering* su *read*. Un possibile criterio di classificazione delle *read* è basato sui *valori di qualità* prodotti dalla maggior parte delle macchine

attualmente disponibili sul mercato.

Partendo dall'osservazione che, utilizzando tali valori di qualità, si può procedere alla definizione di opportuni modelli probabilistici, la ricerca svolta durante il periodo di dottorato ha perseguito come principale obiettivo, la derivazione matematica formale di tali modelli con riferimento a specifici problemi senza, tuttavia, sacrificare eccessivamente la potenza descrittiva del modello stesso.

Ad una prima fase di familiarizzazione con i concetti basilari dell'ambito, è seguita una seconda fase di *proof of concept*. L'obiettivo è stato quello di effettuare dei primi esperimenti in grado di dimostrare l'efficacia di modelli basati su valori di qualità, quando impiegati nelle fasi di *pre-processing* (in particolare *filtering*) di dati NGS.

Successivamente lo sforzo si è concentrato sulla derivazione di un modello probabilistico che, basandosi sia sulla sequenza di simboli prodotti dalla macchina, sia sulle qualità assegnate ai singoli simboli, producesse una descrizione formale (semplificata, ma algebricamente trattabile) del *processo di sequenziamento*.

Tra le linee guida perseguite durante lo sviluppo di tale modello, particolare attenzione è stata riservata alla più ampia possibile applicabilità del modello finale, sia in termini di tipologia di dati (senza quindi imporre vincoli che limitassero le tecnologie supportate dal modello), sia in termini di problematiche definibili e risolvibili sul modello stesso. Il risultato finale, quindi, possiede estrema flessibilità e, contemporaneamente, risulta algebricamente semplice. Tuttavia, se da un lato la complessità intrinseca del problema è stata (in parte) eliminata dal modello mediante opportune ipotesi, dall'altro in certe applicazioni (ad esempio nel problema dell'assembly) tale complessità si è spostata sull'approccio computazionale che, almeno nella sua realizzazione naïve, potrebbe dar luogo ad algoritmi con complessità più che polinomiale e quindi non utilizzabili nelle situazioni reali.

Come ultima, ma non meno importante, fase di sviluppo della tesi, si è proceduto alla validazione sperimentale del modello probabilistico, attraverso simulazioni al computer. Tale sperimentazione è stata condotta utilizzando sia dati di sequenziamento reali (disponibili su database pubblici), sia dati sinteticamente generati (utilizzando software pubblicamente scaricabili e già impiegati in diverse pubblicazioni scientifiche). Questa fase sperimentale ha prodotto risultati interessanti e promettenti sulla validità stessa di modelli probabilistici basati su valori di qualità. In particolare, tale approccio è stato presentato nel lavoro condotto in collaborazione con Matteo Comin e Andrea Leoni pubblicato su atti di conferenza (*Workshop on Algorithms in Bioinformatics, WABI 2014*) ed implementato sul software qCluster per il *clustering* di read provenienti da sequenziatori di nuova generazione, tale lavoro è anche in fase di riedizione per la pubblicazione su rivista (*Algorithms for Molecular Biology – AMB*).

Come già menzionato, un problema interessante riguarda il *filtering* di read rispetto al quale alcuni esperimenti preliminari sono già stati condotti. Ulteriori dati sono tuttavia necessari prima che il modello possa essere validato sperimentalmente anche in questo ambito applicativo. In particolare si sta procedendo a sperimentare un approccio *rank filtering* in cui le read vengono ordinate secondo una probabilità complessiva di errore così come predetta dal modello. Questo approccio si contrappone ad approcci *booleani* in cui le read vengono partizionate in due insiemi, l'uno contenente le read con *alta qualità* ed un altro contenente le read con *bassa qualità*.

Vale infine la pena sottolineare come la validazione sperimentale di un modello non costituisca prova definitiva della sua correttezza, anzi tutti i modelli (per loro stessa natura e scopo) contengono approssimazioni della realtà che si propongono di descrivere. Tuttavia lo sviluppo di tecniche ed algoritmi (eventualmente resi disponibili attraverso software pubblicamente scaricabile) costituiscono un valido strumento di ricerca per l'intera comunità scientifica, sia come ausilio a ricerche già in corso, sia come tema di partenza per lo sviluppo di nuovi ambiti applicativi.

## Pubblicazioni

- Matteo Comin, Andrea Leoni and Michele Schimd *QCluster: Extending Alignment-Free Measures with Quality Values for Reads Clustering Algorithms* in *Bioinformatics (LNCS)*, 8701 pp 1-13, Springer Berlin Heidelberg.
- Matteo Comin and Michele Schimd *Assembly-free genome comparison based on next-generation sequencing reads and variable length patterns* *BMC Bioinformatics*, 15 (Suppl 9) pp S1, 2014, BioMed Central.

Beccara et al. *Aurora Science Project. Report on the First Phase* 2012, FBK Press.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Schimd Michele** si è impegnata 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 candidat, 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 **Zago Nicola** nell'ambito del XXVI ciclo, Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

Negli anni accademici 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013 il dott. **Zago Nicola** ha frequentato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova la Scuola di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione, XXVI ciclo, Indirizzo Scienza e Tecnologia dell'Informazione.

**Il candidato dichiara quanto segue:**

#### **Parte 1 - Didattica**

##### **Corsi di Dottorato**

- Game Theory for Information Engineering, prof. Leonardo Badia, 20 ore.
- Algorithms for Bioinformatics and Computational Biology, prof.: Alberto Apostolico, Concettina Guerra, 20 ore.
- Statistical Methods, prof. Lorenzo Finesso, 24 ore.
- Applied Linear Algebra, prof.: Harald Wimmer, Tobias Damm, 16 ore.

##### **Summer School e Workshop seguiti**

- **AACSE Summer School:** Algorithms and Architectures for Computational Science and Engineering, Padova, 12-16 Settembre 2011.
- **ScalPerf '11:** Scalable Approaches to High Performance and High Productivity Computing, Bertinoro (FC), 18-23 Settembre 2011.
- **AACSE Summer School + AACSE Workshop:** Algorithms and Architectures for Computational Science and Engineering, Padova, 16-19 Settembre 2013.
- **ScalPerf '13:** Scalable Approaches to High Performance and High Productivity Computing, Bertinoro (FC), 23-26 Settembre 2013.

##### **Seminari**

- Impact Lecture, *Può l'informazione modificare il cervello?*, Prof. Lamberto Maffei, Padova, 5 Maggio 2011.
- *Computational Problems in Cancer Genomics*, Prof. Eli Upfal, Padova, 18 Maggio 2011.
- Impact Lecture, *My life in Silicon Valley*, Dr. Federico Faggin, Padova, 7 Giugno 2011.
- Distinguished Lecture, *Geometry and Metadata for Multimedia Compression and Delivery*, Prof. David Taubman, Padova, 8 Settembre 2011.
- *Computing with Evolving Data*, Prof. Eli Upfal, Padova, 12 Gennaio 2012.
- Distinguished Lecture, *Gene regulatory networks in cancer: a probabilistic approach*, Mathukumalli Vidyasagar, 24 maggio 2012.
- *Parsing with Pictures*, Prof. Keshav Pingali, Padova, 5 Luglio 2012.
- Distinguished Lecture, *Social networks - models, methods and analysis*, Prabhakar Raghavan, Padova, 10 Settembre 2012.

##### **Didattica attiva**

- Tutor Junior per il corso Fondamenti di Informatica I 2011/2012 (Prof. M. Dal Passo).
- Tutor Junior per il corso di Informatica Teorica 2011/2012 (Prof. G. Bilardi).
- Tutor Junior per il corso di Calcolo Parallelo 2012/2013 (Prof. G. Bilardi).

### **Permanenza all'Estero**

**ETH, Zurigo:** 15 giugno 2013 - 15 settembre 2013, presso Advanced Computing Laboratory, referente: prof. Markus Püschel.

### **Descrizione**

Le ricerche durante il periodo a Zurigo hanno riguardato principalmente due argomenti. Per primo, lo studio di possibili lower bound per l'esecuzione di DAG generali in processori sequenziali caratterizzati da latenza  $l$  e una pipeline di  $p$  istruzioni. Secondo lo studio della relazione tra numero di accessi in memoria lenta e ricalcolo di risultati intermedi durante l'esecuzione di algoritmi a butterfly. In particolare in questo secondo argomento sono stati trovati risultati significativi che mostrano la convenienza dell'effettuare ricalcolo.

### **Parte 2 - Ricerca**

**Supervisore:** Prof. Gianfranco Bilardi

**Titolo definitivo della tesi:** Time Lower Bounds for Parallel Network Computations

### **Sommario della tesi**

I *Direct Acyclic Graphs* (DAG) sono dei grafi che descrivono in modo comodo ed efficace le esecuzioni di algoritmi, e permettono di rappresentare graficamente le relazioni di precedenza tra le operazioni. Al di là dell'esecuzione di algoritmi, un DAG può anche rappresentare l'esecuzione di una rete parallela. Quest'ultimo tipo di DAG ha una struttura molto regolare, corrispondente alla ripetizione nel tempo della rete stessa; il fatto che l'esecuzione di algoritmi e di reti parallele abbiano questa rappresentazione comune ci suggerisce un possibile approccio unificato nel loro studio.

I DAG sono stati molto usati nello studio delle caratteristiche degli algoritmi, sia in calcolo parallelo che nello studio della complessità computazionale. Ad esempio sono stati impiegati per ottenere lower bound per il tempo di esecuzione di algoritmi e di emulazione tra reti, per la quantità minima di memoria necessaria al calcolo di un algoritmo e il numero minimo di accessi in memoria lenta durante l'esecuzione di un algoritmo con una quantità di memoria veloce predeterminata. Le tecniche sviluppate in questi studi partono da ipotesi diverse, una delle più importanti è la possibilità o meno di ricalcolare i risultati intermedi: se ciò non è possibile infatti è necessario salvarli in memoria per poterli usare in momenti successivi del calcolo. Le esecuzioni senza ricalcolo sono un sottoinsieme di quelle con ricalcolo e in generale un lower bound stretto per il tempo di esecuzione o il numero di accessi memoria per il primo caso, non è necessariamente stretto anche nel secondo. Ciononostante, le computazioni senza ricalcolo sono più circostanziate e permettono in più casi di ottenere risultati stretti.

Il trade-off tra ricalcolo e salvataggio in memoria dei dati è importante sia in ambito parallelo che nelle elaborazioni locali; infatti nel primo caso il ricalcolo può ridurre la latenza ed aumentare la banda con cui possiamo accedere ai dati in una rete di processori, calcolando gli stessi risultati in più punti della rete, mentre nel caso di elaborazioni locali il ricalcolo può evitare i problemi di latenza e banda del recupero dei dati dalla memoria.

Ad oggi non esiste una tecnica universale in grado di fornire lower bound stretti per ogni algoritmo od emulazione di rete eseguiti in reti parallele, e i risultati conosciuti derivano da diversi teoremi. Al contrario, ci sono molti casi in cui mancano risultati stretti, anche per reti molto studiate e relativamente semplici come gli array multidimensionali.

La tesi inizia da questo stato dell'arte: nella prima parte proponiamo una panoramica delle tecniche di lower



bound per DAG note, mentre nella seconda parte presentiamo dei teoremi originali che migliorano o risolvono alcuni dei problemi aperti presentati nella prima. In particolare, nella panoramica consideriamo tecniche di lower bound per l'esecuzione di algoritmi e emulazione di reti da parte di reti parallele, mostrando le idee su cui si basano e i loro limiti. Nello svolgimento vengono messe in evidenza le relazioni tra i teoremi, mostrando che attualmente nessuno di essi dà in assoluto risultati migliori: è possibile infatti presentare controesempi in cui ciascun teorema fornisce risultati più stretti degli altri. Inoltre generalizziamo uno di questi teoremi, originariamente pensato per emulazioni di reti e che noi adattiamo all'esecuzione di DAG generici in reti parallele, mostrandone alcune applicazioni. Consideriamo anche teoremi per determinare la complessità minima di accessi alla memoria per il calcolo di un algoritmo, mostrandone similarità e differenze con i teoremi per le emulazioni.

Nella seconda parte della tesi presentiamo i nostri risultati originali, che coprono parte dei problemi aperti della prima. Ad esempio presentiamo una nuova tecnica generale che fornisce lower bound quasi stretti, eccetto per un fattore moltiplicativo logaritmico, in una classe di emulazione di reti che include gli array multidimensionali. Precedentemente il miglior risultato noto differiva di un fattore polinomiale dal miglior tempo di emulazione noto. Il nostro teorema ammette il ricalcolo durante l'emulazione, ponendosi nel contesto più generale possibile. Infine consideriamo il ruolo del ricalcolo nelle performance, cercando di capire quando esso dia un reale vantaggio rispetto alla memorizzazione di risultati intermedi.

Introduciamo il problema partendo da reti semplici, mostrando una classe di esse in cui il ricalcolo non migliora la complessità di accessi in memoria, terminando con i DAG a butterfly, dove il ricalcolo riesce a migliorare questa complessità di un termine almeno pari alla memoria usata durante il calcolo. L'approccio usato mette in luce la difficoltà di usare proficuamente il ricalcolo durante l'esecuzione di algoritmi che presentano un'elevata connettività.

### **Altri studi**

Nel corso del triennio ho considerato altri due argomenti in collaborazione con i miei colleghi in laboratorio, uno di carattere sempre teorico relativo alla codifica di algoritmi efficienti per processori con opportuni moduli di memoria gerarchica a partire da algoritmi paralleli, l'altro più orientato alla ricerca delle performance in calcolatori reali, relativo alla copia sicura ed efficiente di supporti di memoria. Entrambi hanno portato a pubblicazioni e sono descritti negli abstract riportati in coda al medaglione.

### **Parte 3 - Pubblicazioni**

#### ***Lavori Presentati a Convegni Nazionali***

- ICTCS '12: Milani E. and Zago N., *Exploiting Fine Grained Parallelism on the SPE*, 19-21 Settembre 2012, Varese.

**Abstract** In this paper we propose a simulation of Work-Time framework algorithms on the recently proposed Speculative Prefetcher and Evaluator (SPE) processor, using a pipelined hierarchical memory. This allows us to inherit the efficiency of work-optimal parallel algorithms in this new model.

#### ***Lavori Presentati a Convegni Internazionali***

- WSDF '13: Bertasi P. and Zago N., *Fastdd: an Open Source Forensic Imaging Tool*, 3-4 Settembre 2013, Regensburg.

**Abstract** Nowadays electronic devices are ubiquitous and their storage capacity has steadily been growing over time. It is not surprising that acquiring a copy of the storage of such devices has become a crucial task in digital forensics, resulting in the development of fast and still reliable tools. In this work we introduce fastdd, a new disk

imaging tool that achieves unmatched performance while having fewer resource requirements than the currently available tools and being designed to be easily extendable. After reviewing the existing programs for disk image acquisition, we compare their functionalities and performance to fastdd, demonstrating that our tool is fast, lightweight, hence suitable to be used in embedded devices.

**Il Collegio prende atto di quanto esposto e osserva che** durante i tre anni della Scuola di Dottorato il dott. **Zago Nicola** si è impegnata 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 candidat, le sue ottime capacità nella ricerca e gli originali risultati conseguiti. **Pertanto il collegio lo ammette all'esame finale.**

La riunione è sciolta alle ore 12 e 15.

Il Direttore  
Matteo Bertocco

Il Segretario  
Giovanni Sparacino