

Allegato I, sezione A.1 (Dichiarazione degli obiettivi di ricerca da parte del Dipartimento) della scheda SUA-RD per il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni del Politecnico di Torino

LED a elevata efficienza in nitruro di gallio

I LED (light emitting diodes) sono considerati la soluzione tecnologica più promettente per la realizzazione di sorgenti luminose efficienti, compatte, durature, affidabili e brillanti, e l'uso dei LED si sta estendendo in molti settori applicativi. Tuttavia, sono necessari ulteriori sviluppi della ricerca sui materiali e sulle tecnologie costruttive dei LED per poter sostituire completamente le altre tecnologie oggi ancora in uso. Tra i materiali adatti alla realizzazione di LED, il nitruro di gallio (GaN) e le sue leghe (InGaN, AlGaN) sono i più interessanti per la possibilità di generare luce su un intervallo di lunghezze d'onda che si estende dal rosso all'ultravioletto, e per alcuni vantaggi costruttivi rispetto a materiali alternativi.

Tuttavia, l'effettivo utilizzo del GaN in LED di elevata potenza è limitato dal fenomeno dell'"efficiency droop", l'abbattimento dell'efficienza di generazione della luce che interviene in questi materiali in condizioni di elevata densità di corrente. L'eliminazione di questa perdita di efficienza permetterebbe di operare con correnti più elevate e quindi di conseguire la luminosità desiderata con un numero inferiore di dispositivi e a costi inferiori.

Poiché non esiste ancora una spiegazione fisica soddisfacente per il fenomeno dell'"efficiency droop", per conseguire appieno le potenzialità dei LED in GaN è indispensabile lo studio teorico dei meccanismi che ne limitano l'efficienza, attraverso lo sviluppo di adeguati modelli fisici e la messa a punto di strumenti CAD che permettano di predire l'effetto di differenti scelte realizzative.

Presso il Dipartimento, sono disponibili ottime competenze teoriche e modellistiche nel settore dei materiali optoelettronici e in particolare nello studio dei meccanismi di ricombinazione radiativa e non radiativa e dei meccanismi di trasporto dei portatori attraverso strutture quantiche, una cui comprensione dettagliata potrebbero essere alla base di una soluzione all'"efficiency droop".

Attualmente, il Dipartimento opera in due progetti di ricerca affini:

- 1) MultiScale multidisciplinary Modeling of Electronic materials (MSME), finanziato dal U.S. Army Research Laboratory per il periodo 2012-2015
- 2) Investigation of microwave devices using diamond as a semiconductor material, finanziato da ESA (contract 4000107749/13/NL/RA) per il periodo 2013-2014.

Inoltre, un buon numero di articoli a rivista sono già stati pubblicati dal gruppo di microonde su questi temi.

Vista l'importanza della tecnologia LED e le conoscenze a disposizione, lo studio dei LED a elevata efficienza in nitruro di gallio sarà uno dei temi di ricerca principali per il Dipartimento nei prossimi anni.

Memcomputing: computazione con elementi con memoria

Gli elementi con memoria (memristori, memcondensatori e meminduttori) sono una nuova classe di dispositivi elettronici, previsti teoricamente negli anni '70 ma realizzati sperimentalmente solo negli ultimi anni, grazie ai progressi della nanoelettronica che hanno permesso di mettere in evidenza tali effetti di memoria.

Oltre alla più diretta applicazione dei mem-elementi (e, in particolare, i memristori) come elementi fondamentali delle future memorie non volatili, una loro differente applicazione è stata recentemente proposta nell'ambito della teoria della computazione. Ciò ha condotto alla formulazione della teoria del memcomputing (computazione con elementi con memoria), un nuovo paradigma di computazione non convenzionale (ovvero, non basato completamente sulla teoria di Turing) che utilizza celle di elementi con memoria opportunamente interconnesse ed interagenti che sono in grado di memorizzare e di processare l'informazione sulla stessa piattaforma fisica.

Una recente dimostrazione basata sulla teoria della computazione ha provato che una macchina costituita da tali elementi ha la stessa capacità computazionale di una macchina di Turing non deterministica, e quindi è potenzialmente in grado di risolvere problemi NP-completi in un tempo polinomiale e, ammesso di utilizzare una architettura appropriata, facendo uso di risorse che dipendono polinomialmente dalla dimensione del problema da risolvere. Una prima dimostrazione sperimentale di tale capacità di calcolo, basata su una implementazione analogica di memcomputer finalizzata esclusivamente alla soluzione del problema delle somme parziali in un insieme finito di interi, è stata recentemente portata a termine nell'ambito della sezione DET del Laboratorio Interdipartimentale di Computazione e Ingegneria Neurale (NEC).

La ricerca viene svolta in collaborazione con il Department of Physics della University of California San Diego (USA).

Pubblicazioni:

■

F.L. Traversa, F. Bonani, Y.V. Pershin, M. Di Ventra, "Dynamic computing random access memory", *Nanotechnology*, Vol. 25, p. 285201, July 2014 (DOI: 10.1088/0957-4484/25/28/285201).

- M. Di Ventra, F.L. Traversa, F. Bonani, Y.V. Pershin, "Dynamic Computing Random Access Memory: a brain-inspired computing paradigm with memelements", Invited Paper inL 2014 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp. 1070-1073, Melbourne, Australia, 1-5 June 2014. (DOI: 10.1109/ISCAS.2014.6865324)

ICT for Smart Societies

ICTs in last decades have seen big developments bringing to life new ways of communication and allowing new possibilities: Internet and everything has been generated with it are just the most obvious product.

ICTs have become pervasive and in future years will see new applications coming out and hitting new fields, likely changing the way people lives. ICTs allow to bring "intelligence" to applications where today is completely missing building new paradigms for a future "smart society".

The Telecommunication group will carry out research in ICT application for developing smart societies: smart transport systems, smart environment, energy efficiency and green networking and on-line social networks.

1. Smart transport systems

Research activities will involve different sub-group and they will include both studies on satellite navigation for positioning and analysis of vehicular networks.

The use of satellite navigation has become in recent years one of the drivers for the development of a large number of new smart applications and services. In the field of smart transportation, both road and railway application are addressed. Safe and secure automated transports are strictly related to the availability of reliable position and navigation information. With this respect, the research is addressing the design of integrity algorithm that can provide a required level of trust in the estimation of the position, both with professional and low cost receivers. Furthermore, recent activities address the design of anti-jamming and anti-spoofing techniques in order to prevent either intentional attacks or unintentional interference due to other radiofrequency transmission sources.

In the framework of smart-cities it is worth mentioning activities in the context of cooperative and peer-to-peer positioning , that introduces new theoretical and applicative concepts to the techniques for the determination of the position, by means of the blind exchange of information retrieved from the satellite navigation system and the communication infrastructure. Such studies provide solutions to the issue of availability of the estimated position in indoor and urban environments, thus extending also the availability of the different services using the position information.

Vehicular Networks is another important field that will be considered, focusing focus on the investigation of the IEEE 802.11p protocol in real-life test-beds including Road-side Units and On-Board Units and on security and privacy aspects of vehicular communication.

The Telecommunication group has already developed a good level of competencies in these two areas and it has already being involved in some research projects publishing some relevant papers.

Projects:

- IoT_|_Tol: Internet of Things: road Traffic over Internet," funded by Regione Piemonte, Italy (Apr. 2012-June 2014);
- "TA_SL: Use of Sensor Nodes Network for Safety in Working Environments," funded by Regione Piemonte, Italy (July 2011-July 2013);
- "MASP: Control of Protected Areas through Cognitive Monitoring Techniques", funded by Regione Piemonte, Italy (Sept. 2010—Feb. 2012);

Papers:

- Motella B., Savasta S., Margaria D., Dosis F., "Method for assessing the interference impact on GNSS receivers", in IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS, vol. 47 n. 2, pp. 1416-1432. - ISSN 0018-9251, 2011.
- Fernandez-Prades C., Lo Presti L., Falletti E., "Satellite radiolocalization from GPS to GNSS and beyond: novel technologies and applications for civil massmarket", PROCEEDINGS OF THE IEEE, vol. 99 n. 11, pp. 1882-1904. - ISSN 0018-9219, 2011.
- Xin C, Dosis F, Senlin P, Morton Y, "Comparative Studies of GPS Multipath Mitigation Methods Performance", in IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS. 49:1555–1568, 2013.
- Garelli R., Lo Presti L., Corazza G.E., Samson J., "Peer-to-Peer Cooperative Positioning Part I: GNSS Aided Acquisition", in INSIDE GNSS, pp. 55-63. - ISSN 1559-503X, March 2012.
- Malandrino F., Casetti C., Chiasserini C.F., Sommer C., Dressler F. , "The Role of Parked Cars in Content Downloading for Vehicular Networks", in IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY. - ISSN 0018-9545, 2014.
- Malandrino F., Borgiattino C., Casetti C., Chiasserini C.F., Fiore M., Sadao R., "Verification and Inference of Positions in Vehicular Networks through Anonymous Beaconing", in IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, vol. 13 n. 10, 2415 -2428. - ISSN1536-1233, 2014.
- Malandrino, F.; Casetti, C.; Chiasserini, C.; Fiore, M., "Optimal Content Downloading in Vehicular Networks," in IEEE Transactions on Mobile Computing, vol.12, no.7, pp.1377-1391, July 2013.

2. Smart environment

In the field of smart environment the research activities are addressing the use of satellite navigation signals as signals of opportunity for remote sensing and environmental modeling. As examples, reflectometry applications making use of advance satellite navigation receivers are used for terrain moisture estimations, and multipath estimation is used for sea roughness assessment in maritime field. Estimation of ionospheric parameters based on GPS signal observation is used to detect anomalies of the propagation environment due either to geomagnetic activity or solar flares (ionospheric scintillations).

The Telecommunication group has already developed a good level of competencies in this field and it has already being involved in some research projects publishing some relevant papers.

Projects:

- Training Research And Applications Network To Support The Mitigation Of Ionospheric Threats (TRANSMIT) (Marie Curie Initial Training Network - FP7 European Commission): the project funded the investigation of new techniques based on satellite navigation for modeling of the ionosphere, through the support of an interdisciplinary European-wide team of young researchers (2011-2014).
- Mitigation of Space Weather Threats To GNSS Services (MISW) (FP7 European Commission): the project supports the investigation of new ways of detecting threats to positioning applications, by developing smart software radio receivers for navigation (2014-2016).
- DemoGrape (Italian Ministry of Research and National research Council): the core of the activity is the realization of DemoGRAPE, a demonstrator which aims to provide on selected case studies an empirical assessment of both the delay and the corruption induced by the ionosphere on satellite signals in the polar regions. The scope is to develop a prototype of service – based on Cloud environment – addressed to the scientific and technological communities that relies on Global Navigation Satellite Systems (GNSS) for their investigations and applications. The group is involved in data collection campaigns of GNSS data in Antarctica during 2015.

Papers:

- PEI, Y., NOTARPIETRO, R., SAVI, P., CUCCA, M., DOVIS, F., "A fully software Global Navigation Satellite System reflectometry (GNSS-R) receiver for soil monitoring", in International Journal of Remote Sensing, 35 (6), pp. 2378-2391.
- CHARTIER, A.T. et AL., "Ionospheric imaging in Africa", in Radio Science, 49 (1), pp. 19-27.

3. Energy efficiency and green networking

The Telecommunication group has been very active in the design and analysis of energy efficient wireless and wired communications infrastructures. In future years some fundamental questions will need answers: Is the current growth of Telecom infrastructures sustainable? Is high bandwidth access to all in metropolitan areas sustainable? Which technologies are more energy-friendly? Is the Internet protocol suite wasting energy? How to incentivate new energy-aware attitudes?

The Telecommunication group has already developed a good level of competencies in this field and it has already being involved in some research projects publishing some relevant papers.

Projects:

- EU FP7 Integrated project Econet
- EU FP7 Network of Excellence Trend

Papers:

- Chiaraviglio, Luca, Marco Mellia, and Fabio Neri, "Minimizing ISP network energy cost: formulation and solutions." IEEE/ACM Transactions on Networking (TON) 20.2 (2012): 463-476.
- Marco Ajmone Marsan, Luca Chiaraviglio, Delia Ciullo, and Michela Meo, "Optimal energy savings in cellular access networks." in Communications Workshops, 2009. ICC Workshops 2009. IEEE International Conference on, pp. 1-5. IEEE, 2009.

4. Smart network control

Centralized control of network infrastructure (e.g. SDN, Software Defined Networking) and virtualization techniques will become a must to ease and make more flexible the control of interconnection networks in data centers, which are needed to support the large amount of data created when monitoring, control and studying complex systems used in today society, such as smart grids, environmental control, healthcare etc. In this context, we will study the applicability and the issues of SDN protocols and architectures.

The Telecommunication group has already developed a good level of competencies in this field and it has published some relevant papers after being involved in a PRIN project.

Project:

- SFINGI (Software router to Improve Next-Generation Internet), see <http://www.telematica.polito.it/projects/sfingi/>

Papers:

- Luca Abeni, Csaba Kiraly, Nanfang Li, Andrea Bianco, "Tuning KVM to enhance virtual routing performance", in IEEE ICC 2013 - IEEE International Conference on Communications, Budapest, Hungary, June 2013.
- Bianco A., Birke R., Giraudo L., Palacin M., "Openflow switching: data plane performance", in IEEE ICC, IEEE International Conference on Communications, 2010, Cape Town (SA), 23-27 May 2010.

5. On-line Social Networks

On line social networks (OSN) have contributed to revolution the way we communicate and exchange ideas in the last few years. To understand the impact that OSN play nowadays in our society it is enough to reconsider the role they have recently played in the Arab Spring, and they are currently playing in the Ukraine crisis. Twitter and Facebook are deemed among the few most effective media to obtain quick propagation of messages as well as to influence people opinions. This is the reason why opinion makers, politician, celebrities and advertisement companies are making more and more intense use of OSN.

Research activities in OSN are aimed at the analysis of dynamical processes over OSN. In particular the focus of the research will be on: the dynamics through which information and opinions are spread over OSN, the identification of on-line users on different OSNs that correspond to the same individual/organization by comparing the structure of different OSNs (graph matching), the identification of the set of users on a single OSN that may correspond to the same individual/organization (node disambiguation) and the identification the top influential users.

The Telecommunication group has already developed a good level of competencies in this field and it has published some relevant papers.

Papers

- C. Chiasserini, M. Garetto, E. Leonardi, "De-anonymizing scale-free social networks by percolation graph matching", in IEEE Infocom, Hong Kong, 2015.

2. Future Broadband Networks

The availability of high-speed broadband access to Internet is become a must for the economic development: in order to fully take advantage of web-based services new technologies must be deployed in order to close any digital divides. All users must be provided with broadband connection, even when in mobility, but the whole network must be redesigned, from transport to access to deliver higher speeds.

Understanding technologies that can sustain the evolution and deployment of Future Broadband Networks (FBN) is therefore crucial: they will certainly be based on a mix of different wireless and wired solutions taking advantage of the strength of each of them.

Design, dimension and maintain such networks require to blend different solutions and approaches, mixing available standards with new developments addressing the fields of optical and wireless communications, as well as network design and related services.

The Telecommunication group will carry out research in different areas referred to FBN: 5G, access networks, high-capacity optical transport networks and flexible optical networking.

1. 5G

To provide a solution towards meeting new, increasingly stringent end-user requirements, mobile stakeholders

are already charting a technology roadmap for next generation networks, collectively referred to as "5G".

From the network perspective, 5G will address various spectrum, capacity, management complexity and cost issues.

From a user perspective, 5G will dramatically transform wireless service quality, by enabling a uniform "anywhere anytime" access experience. Finally, from a service perspective, 5G will enable the delivery of new services in a faster time frame, and through more programmable interfaces.

The Telecommunication group has already developed a good level of competencies in this area and it has already being involved in some research projects publishing some relevant papers.

Projects:

- Lead Principal Investigator of the NPRP 5 - 782 - 2 - 322 Project "GAD – Green and Dense Wireless Access Networks," funded by the Qatar National Research Fund (Nov. 2012-Nov.2015);
- Network of Excellence NEWCOM++
- Network of Excellence NEWCOM#

Papers:

- Alfano, G.; Chiasserini, C.-F.; Nordin, A.; Siyuan Zhou, "Closed-Form Output Statistics of MIMO Block-Fading Channels," IEEE Transactions on Information Theory, vol.60, no.12, pp.7782,7797, Dec. 2014.

- Malandrino, F.; Limani, Z.; Casetti, C.; Chiasserini, C., "Interference-Aware Downlink and Uplink Resource Allocation in HetNets with D2D Support," IEEE Transactions on Wireless Communications, in press.

2. Access Networks

Optical access networks are a key section of the network infrastructure: new solutions for home networking and passive optical networks (PON) must be developed to cope with increased bandwidth requirements: a promising technology is the high capacity reflective PON solutions using coherent detection technologies.

Moreover, optical access network support for next generation mobile networks will also become fundamental, following one of the key indication of the EU agenda for the 5G initiative. In particular, we will study the useful interaction between optical networking and the new paradigm of Cloud Radio Access Networks (C-RAN).

The Telecommunication group has already developed a good level of knowledge in this area and it has already being involved in some research projects publishing some relevant papers.

Projects:

- A long-lasting (more than 10 years) industrial collaboration with Cisco Photonics Italy srl on these topics

Papers:

- Mollers, I.; Jager, D.; Gaudino, R.; Nocivelli, A.; Kragl, H.; Ziemann, O.; Weber, N.; Koonen, T.; Lezzi, C.; Bluschke, A.; Randel, S., "Plastic optical fiber technology for reliable home networking: overview and results of the EU project pof-all," Communications Magazine, IEEE , vol.47, no.8, pp.58,68, August 2009.
- Okonkwo, C.M.; Tangdiongga, E.; Yang, H.; Visani, D.; Loquai, S.; Kruglov, R.; Charbonnier, B.; Ouzzif, M.; Greiss, I.; Ziemann, O.; Gaudino, R.; Koonen, A.M.J., "Recent Results From the EU POF-PLUS Project: Multi-Gigabit Transmission Over 1 mm Core Diameter Plastic Optical Fibers," Lightwave Technology, Journal of , vol.29, no.2, pp.186,193, Jan.15, 2011.
- S. Straullu, F. Forghieri, V. Ferrero, R. Gaudino, R, "Optimization of self-coherent reflective PON to achieve a new record 42 dB ODN power budget after 100 km at 1.25 Gbps", OSA Optics Express, Volume 20, Issue 28, 31 December 2012.

3. High-capacity optical transport networks

High-capacity optical transport networks are the backbone for all type of access networks: with the introduction of coherent detection and DSP based receivers, we have seen a strong improvement in system performances. Capacity increased thanks to the application of high-order modulation formats together with advanced spectral shaping techniques (Nyquist-WDM).

When it comes to the maximization of the system reach, limits are imposed by non-linear fiber propagation together with optical noise accumulation. If the reduction of noise can be achieved using better amplifiers, like low noise EDFA or deploying distributed Raman amplification, fiber non-linearity has always been considered as unavoidable. Now, with DSP based receiver, proposal for non-linearity compensation have been considered. Other approaches to mitigate the effect of fiber non-linearity should also be investigated. In this context, modeling non-linear fiber propagation become a key step for better understanding physical mechanism and for proposing new mitigation techniques.

The Telecommunication group has a high level of knowledge in this area and it has already being involved in some research projects publishing some relevant papers.

Projects:

- Several industrial contracts on these topics have been carried out in recent years

Papers:

- P. Poggiolini, G. Bosco, A. Carena, V. Curri, Y. Jiang, F. Forghieri, "The GN-model of fiber non-linear propagation and its applications", in IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology, vol. 32, no. 4, pp. 694-721, Dec. 2013.
- G. Bosco, P. Poggiolini, A. Carena, V. Curri, F. Forghieri, "Analytical results on channel capacity in uncompensated optical links with coherent detection", in Optics Express, vol. 19, no. 26, pp. B440-B451, Dec. 2011.

4. Flexible Optical Networking

Optical Networks are needed in the backbone to support high speed mobile communications and in the access to support high data rates. In this context, FBN will deploy new planning techniques for future flexible optical networks and the design of architectures of optical devices.

The Telecommunication group has a good level of knowledge in this area and it has already being involved in some research projects publishing some relevant papers.

Papers:

- Andrea Bianco, Thomas Bonald, Davide Cuda, Raluca-Maria Indre, Cost, "Power Consumption and Performance Evaluation of Metro Networks", in JOURNAL OF OPTICAL COMMUNICATIONS AND NETWORKING, vol. 5 n. 1, pp. 81-91, 2013.
- Arsalan Ahmad, Andrea Bianco, Edoardo Bonetto, Luca Chiaraviglio, Filip Idzikowski, "Energy-Aware Design of Multilayer Core Networks", in JOURNAL OF OPTICAL COMMUNICATIONS AND NETWORKING, vol. 5 n. 10, 2013.
- Bianco, D. Cuda, M. Garrich, G. Gavilanes Castillo, R. Gaudino, P. Giaccone, "Optical interconnection networks based on microring resonators", in JOURNAL OF OPTICAL COMMUNICATIONS AND NETWORKING, vol. 4 n. 7, pp. 546-556, 2012.

Sistemi elettromagnetici alle frequenze THz o sub-THz

Le frequenze Terahertz (THz) si trovano tra l'infrarosso e le microonde e rappresentano una delle regioni meno esplorate e più promettenti dello spettro delle onde elettromagnetiche [1], dove, fino a non molti anni fa, non esistevano dispositivi di generazione e rilevazione delle onde, soprattutto a causa dell'impossibilità di utilizzare in questa banda di frequenze i dispositivi usualmente impiegati alle microonde o nelle bande ottiche.

Nonostante ciò, negli ultimi anni è rapidamente aumentato l'interesse della comunità scientifica per le bande Terahertz e sub-Terahertz, potenzialmente interessanti in svariati campi di ricerca a livello scientifico e tecnologico, quali quelli dell'imaging, della spettroscopia, della diagnostica biomedica e delle comunicazioni wireless a larga banda. Il loro impiego permetterebbe la realizzazione di dispositivi innovativi nei settori che vanno dalla medicina, grazie allo sviluppo di tecniche non-invasive di analisi, alla sicurezza.

L'interesse della comunità scientifica internazionale per lo studio e lo sviluppo di dispositivi ai THz è provato dalla recente pubblicazione di un nuovo periodico dedicato a tale argomento da parte dell'IEEE ("IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology", pubblicato mensilmente a partire dal 2011).

La possibilità di progettare e realizzare dispositivi in grado di lavorare alle frequenze THz o sub-THz rimane tuttavia un problema aperto, soprattutto perché l'uso di tali frequenze richiede di definire tecniche di progetto, configurazione dei dispositivi e materiali di utilizzo diversi da quelli generalmente impiegati alle frequenze delle microonde.

All'interno del DET si sono recentemente iniziate diverse attività che si intende ulteriormente sviluppare nei prossimi anni, sul progetto e la realizzazione di sistemi elettromagnetici a frequenze sub-THz. Al fine di poter caratterizzare sperimentalmente tali componenti si è acquistato un nuovo network analyzer, che può lavorare fino alle frequenze sub-THz. In particolare, il Dipartimento sta operando sulle seguenti attività:

- Sviluppo di sensori radar ad onde millimetriche per applicazioni in campo automotive; è in corso una collaborazione con Magneti Marelli per lo sviluppo di un sensore radar a 77 GHz per adaptive cruise control;
- Progetto e caratterizzazione sperimentale di un'antenna a riflettore planare alle frequenze sub-THz, in collaborazione con il Microwave and Antenna Institute della Tsinghua University;
- Caratterizzazione elettromagnetica di materiali compositi formati da polimeri e nanotubi di carbonio, carbon black o grafene in collaborazione con il Dipartimento Scienza Applicata e Tecnologia (DISAT)

Vista l'importanza dello studio e dello sviluppo di dispositivi alle frequenze THz, e delle loro molteplici applicazioni, e viste le conoscenze e la strumentazione acquisite negli ultimi anni, il Dipartimento ha stabilito che il progetto e la caratterizzazione di sistemi elettromagnetici alle frequenze THz e sub-THz sarà uno dei principali temi di ricerca su cui intende investire nei prossimi anni.

Nuove strategie di imaging morfofunzionale completamente automatico

Nell'ambito della diagnostica clinica, l'elaborazione digitale delle immagini sta assumendo una sempre maggiore importanza. I dispositivi di moderna generazione, indipendentemente dalla natura della scansione effettuata (i.e., 2-D o 3-D, con radiazioni ionizzanti o meno, su macro o micro scala), sono sempre più corredati di appositi pacchetti software che hanno il compito di coadiuvare l'operatore nelle fasi di pianificazione/esecuzione dell'esame e di estrazione dei parametri utili ai fini diagnostici e legali (e.g., dati obbligatori da inserire in un referto).

In diversi settori, è stata documentata una eccessiva variabilità intra- e inter-operatore nella catena di operazioni che vanno dalla pianificazione all'esecuzione dell'esame. Alcuni esempi di ambiti in cui si è documentata questa eccessiva variabilità sono i seguenti:

- refertazione di mammografie;
- valutazione numerica dell'aterosclerosi;
- frazione di eiezione cardiaca.

Allo stato dell'arte, gli algoritmi automatici di image processing soffrono di inferiori prestazioni (in termini di tempo computazionale richiesto, accuratezza del risultato, robustezza rispetto alla variabilità anatomo/patologica ed ai disturbi) rispetto ad algoritmi semi-automatici o comunque guidati dall'utente. Pertanto, è necessario sviluppare nuove strategie per rendere gli approcci automatici più performanti rispetto all'attuale stato di sviluppo tecnologico.

Il miglioramento delle prestazioni è possibile mediante l'aggiunta di intelligenza agli algoritmi attraverso lo sviluppo di sistemi di classificazione basati su reti neurali e/o logica fuzzy. Di particolare importanza è la feature generation/extraction, che consente, in modo completamente automatico, di estrarre informazione potenzialmente utile per l'interpretazione dei dati acquisiti. Successivamente, strategie di selezione sono necessarie al fine di eliminare le features ridondanti o non significative o che, in alcuni casi, aggiungono rumore all'informazione contenuta nei dati. Inoltre, in applicazioni dove i dati sperimentali possono variare a seguito dell'effetto combinato di più sistemi fisiologici, un'elaborazione basata su un approccio modellistico può essere in grado di incrementare significativamente l'accuratezza dell'esame.

In questa linea di ricerca, pertanto, ci si propone di svolgere le seguenti attività:

1. sviluppare strategie di imaging completamente automatico in ambito diagnostico;
2. integrare le odierne strategie con approcci modellistici e di feature generation/extraction/ per conferire maggiore affidabilità e prestazioni alle tecniche;
3. utilizzare tecniche di feature selection e discretizzazione, utilizzabili in presenza di relazioni sia lineari che non lineari tra le variabili, per aumentare l'accuratezza dei sistemi di classificazione
4. costruire sistemi basati sull'uso combinato in serie e/o in parallelo di classificatori per migliorare sia sensibilità che specificità
5. pervenire a una nuova e versatile classe di algoritmi automatici di processing, anche nell'ottica di contribuire al trasferimento tecnologico verso i futuri dispositivi diagnostici.

Nuove tecnologie per la elettromiografia (EMG) di superficie e la stimolazione elettrica

La principale attività del Laboratorio di Ingegneria del Sistema Neuromuscolare e della riabilitazione motoria (LISiN) riguarda lo sviluppo e l'applicazione di metodi non invasivi per lo studio del sistema neuromuscolare. In particolare, il LISiN è attivo nello sviluppo di tecniche di elettromiografia (EMG) di superficie e di stimolazione elettrica, svolgendo attività di ricerca nei seguenti ambiti:

1. Ricerca tecnologica: progettazione e sviluppo di a) elettrodi di superficie per il prelievo del segnale EMG, b) hardware e software per il condizionamento e l'acquisizione del segnale EMG e per la stimolazione elettrica funzionale, c) metodi di elaborazione del segnale per l'estrazione di informazioni relative alle proprietà periferiche e centrali del sistema neuromuscolare.
2. Ricerca scientifica: applicazione delle tecnologie sviluppate in studi di ricerca di base in neurofisiologia e di ricerca applicata in ergonomia, in clinica, in riabilitazione motoria e nello sport.

Le linee di ricerca del LISiN hanno come obiettivo quello di contribuire all'avanzamento della conoscenza scientifica e tecnologica nei campi della riabilitazione motoria per superare i limiti tecnologici attuali e rispondere alla sempre crescente domanda di prevenzione, monitoraggio di condizioni croniche (in ospedale o a casa), supporto all'attività di riabilitazione di anziani e disabili. Per questo motivo nei prossimi anni l'attività di ricerca si concentrerà principalmente nei seguenti ambiti di attività:

1. Sviluppo di sistemi indossabili per il prelievo e per il feedback di biopotenziali.
2. Integrazione di informazioni elettrofisiologiche con informazioni biomeccaniche e anatomiche.
3. Sviluppo di protocolli di riabilitazione basati su "serious game", sulle tecniche di biofeedback e sulla stimolazione elettrica funzionale.

Attività di ricerca traslazionale per il trasferimento delle tecnologie sviluppate alla pratica clinica, terapeutica e sportiva.

Quasi-digital signal processors for ultra-low Energy applications

Impulse-Radio Ultra-Wide Band (IR-UWB) is a well known and widely used technology in Wireless Body Area Networks (WBAN) and miniaturized biomedical applications. IR-UWB is based on the transmission of nanosecond-order duration pulses enabling aggressive duty cycling at the transmitters and ultra-low power transmission in portable and implantable medical devices. The usual approach to transmit analog information such as EMG signals implies analog to digital conversion (sampling and quantization), which heavily impacts on the available area and power consumption. On the contrary, in event-driven IR-UWB, information is encoded as digital trigger events delayed with continuous power resolution. Transmission nature is then maintained analog-based as in standard narrowband wireless systems, but in a pulse-based form, which permits orders of magnitude lower energy consumption at the transmitter compared to standard wireless systems. A recent work shows that an efficient implementation of EMG signal transmission can be obtained by simply triggering a wireless pulse every time the EMG signal overcomes a given threshold. Moreover, algorithms for threshold-level adjustment can be used to follow the amplitude variations of the EMG signals.

In this context, research will be conducted by the Department with the aim of exploring the real potential of this technology in terms of low cost, low energy consumption and flexibility. In particular, the following research directions will be followed:

- Extending the study of algorithms for dynamic adjustment of the threshold in IR-UWB based transmission of data
- Extension of these transmission and processing techniques to different application areas characterized by severe energy constraints, such as Internet of Things, human robotics, and space human robotics
- Full assessment of the identified solutions by mapping designed architectures on Silicon integrated circuit
- Design of low energy programmable processor for synchronization and control tasks in event-driven systems.

The VLSI group has a good level of knowledge in this area, actively cooperates with the Italian Institute of Technology in TORINO (Center of Space Human Robotics) and it has already being involved in some research projects and published some relevant papers on related topics.

Papers:

- Marco Crepaldi, Marco Paleari, Alberto Bonanno, Alessandro Sanginario, Paolo Ariano, Duc Hoa Tran, Danilo Demarchi, "A Quasi-Digital Radio System for Muscle Force Transmission Based on Event-Driven IR-UWB", IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS), 2012
- Amirhossein Shahshahani, Masoud Shahshahani, Paolo Motto Ros, Alberto Bonanno, Marco Crepaldi, Maurizio Martina, Danilo Demarchi, Guido Masera, "An All-Digital Spike-based Ultra-Low-Power IR-UWB Dynamic Average Threshold Crossing Scheme for Muscle Force Wireless Transmission", DATE Conference, 9-13 March 2015, Grenoble, France

Allegato II, sezione A.1 (Dichiarazione degli obiettivi di ricerca da parte del Dipartimento) della scheda SUA-RD per il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni del Politecnico di Torino

Tabella 1: Risultati conseguiti dai diversi settori scientifici afferenti al Dipartimento nella valutazione VQR. L'indicatore I è pari al rapporto tra somma dei punteggi e numero di prodotti attesi. L'indicatore R è il rapporto tra il voto medio di Dipartimento e il voto medio di area.

settore	I_D (I per il Dipartimento)	I_N (I medio nazionale)	Rapporto I_D / I_N
---------	----------------------------------	------------------------------	----------------------

ING-INF/01 Elettronica	0,66	0,78	0,85
ING-INF/02 Campi elettromagnetici	0,85	0,89	0,96
ING-INF/03 Telecomunicazioni	0,92	0,79	1,16
ING-INF/06 Bioingegneria elettronica e informatica	0,72	0,79	0,91
ING-INF/07 Misure	0,84	0,81	1,04
ING-IND/31 Elettrotecnica	0,91	0,7	1,30

Tabella 2: Collocazione lavorativa dei dottori di ricerca dei cicli XVI – XXV, per il Dottorato in Ingegneria Elettronica

CICLO DI DOTTORATO	TOTALE	STRANIERI	LAVORO IN ITALIA	LAVORO FUORI ITALIA	LAVORO IN RICERCA	ATTIVITA' SCONOSCIUTA
XVI	17	2	11	5	12	1
XVII	17	2	7	7	6	3
XVIII	23	3	8	14	7	1
XIX	21	2	12	6	9	3
XX	16	0	8	4	6	4
XXI	17	0	8	7	7	2
XXII	27	13	10	15	14	2
XXIII	23	7	13	9	11	1
XXIV	21	10	12	9	14	0
XXV	24	12	16	7	16	1
XVI	17	11,76%	64,71%	29,41%	70,59%	5,88%
XVII	17	11,76%	41,18%	41,18%	35,29%	17,65%
XVIII	23	13,04%	34,78%	60,87%	30,43%	4,35%
XIX	21	9,52%	57,14%	28,57%	42,86%	14,29%
XX	16	0,00%	50,00%	25,00%	37,50%	25,00%
XXI	17	0,00%	47,06%	41,18%	41,18%	11,76%
XXII	27	48,15%	37,04%	55,56%	51,85%	7,41%
XXIII	23	30,43%	56,52%	39,13%	47,83%	4,35%
XXIV	21	47,62%	57,14%	42,86%	66,67%	0,00%
XXV	24	50,00%	66,67%	29,17%	66,67%	4,17%

Tabella 3: Obiettivi, azioni e relativi indicatori.

Obiettivo/azione		Indicatori
O1. Rafforzamento del ruolo del dottorato di ricerca	A1.1	R1.1 Numero e percentuale di dottori di ricerca collocati in università o istituzioni di ricerca
	A1.2	R1.2 Numero e percentuale di borse finanziate da enti esterni
	A1.3	R1.3.1 Numero e percentuale di studenti di nazionalità non italiana R1.3.2 Numero e percentuale di studenti provenienti da altra università italiana
	A1.4	R1.4.1 Numero e percentuale di studenti che superano le soglie R1.4.2 Valore medio del margine rispetto alla soglia
	A1.5	
O2. Promuovere la qualità della ricerca e le potenzialità dei singoli ricercatori	A2.1	R2.1 Numero di pubblicazioni su riviste IEEE e di pari livelli rispetto al numero totale di persone
	A2.2	R2.2.1 Numero di proposte sottomesse R2.2.2 Numero di proposte approvate R2.2.3 Numero di persone coinvolte R2.2.4 Numero di giovani coinvolti
	A2.3	R2.3.1 Numero di proposte sottomesse R2.3.2 Numero di proposte approvate R2.3.3 Numero di persone coinvolte R2.3.4 Numero di giovani coinvolti
O3. Accrescere l'impatto della ricerca sulla società	A3.1	R3.1.1 Numero di contratti stipulati R3.1.2 Importo complessivo dei contratti stipulati R3.1.3 Numero di persone coinvolte nei contratti
O4. Il rafforzamento di una comunità scientifica internazionale	A4.1	R4.1.1 Numero di dottorandi che svolgono un periodo di permanenza all'estero R4.1.2 Valore medio della permanenza all'estero R4.1.3 Numero di pubblicazioni con coautori stranieri R4.1.4 Numero di docenti o ricercatori che svolgono un periodo di permanenza all'estero