Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Memorie di Scienze Fisiche e Naturali
127° (2009), Vol. XXXIII, P. II, t. I, pp. 253-263

MARIA D. DI BENEDETTO *

Tecnologie dell'informazione nell'interesse della società

1. *Sistemi nell'interesse della società*

Negli ultimi anni, l'architettura dei sistemi di comunicazione e calcolo sta evolvendo passando da un nucleo costituito da interconnessioni ottiche super veloci e grandi server, a dispositivi mobili di diverso tipo (quali calcolatori portatili e telefoni cellulari multi-uso) che accedono alle capacità offerte da questo nucleo. Ultimamente, queste capacità di accesso stanno notevolmente aumentando, con la possibilità di collegarsi al mondo fisico mediante una miriade di dispositivi che misurano e controllano variabili quali temperatura, pressione, accessi, luce, composizioni chimiche. Questo nuovo «strato esterno» estende Internet verso il mondo fisico e offre opportunità entusiasmanti per il futuro [1].

Secondo una stima del **Wireless World Research Forum**, vi saranno nel 2017 più di mille dispositivi wireless per persona! È chiaro che questo numero non può che essere legato allo sciame di sensori che sarà distribuito ovunque. Ma quali saranno le applicazioni possibili? Molte saranno le opportunità per la società, dal risparmio energetico, al monitoraggio della salute, il monitoraggio delle persone anziane o malate, e dei bambini (telemedicina), il controllo di veicoli, la gestione dei flussi di traffico, il controllo ambientale. Nel seguito illustreremo con qualche dettaglio due applicazioni tra le più importanti in questo momento.

2. *Salute ed energia*

Nel campo della sanità, esistono dispositivi in grado di misurare grandezze quali il flusso del sangue, la pressione, ecc. Si potranno quindi effettuare esami del sangue o elettrocardiogrammi in tempo reale e le informazioni potranno essere vei-

* Professore ordinario, Direttore Centro di Eccellenza DEWS, Università degli Studi dell'Aquila. E-mail: mariadomenica.dibenedetto@univaq.it

colate tramite il sistema di comunicazione cellulare ed analizzate nei grandi centri di calcolo (il «nucleo» della Figura 1).

Sensori collegati direttamente con il cervello umano consentiranno di esaminare in dettaglio il funzionamento di questo organo di cui si conosce ancora ben poco. I risultati preliminari di queste analisi, realizzate con microsonde collegate con i neuroni, sono sbalorditivi e rendono alcune teorie sul cervello obsolete, suggerendone di nuove molto interessanti. Inoltre, in diverse università, si sviluppano modelli di funzionamento del cervello che offrono una base per la nascita di nuovi modelli di calcolo. Questi modelli sono particolarmente rilevanti quando si passa a dimensioni vicine al nanometro dove i paradigmi tradizionali di architettura e calcolo basati sull'algebra Booleana e sull'uso dei transistors perdono di significato per l'aleatorietà del comportamento di dispositivi di dimensioni così piccole.

Un'altra applicazione fondamentale riguarda l'utilizzo della nuova infrastruttura per l'energia. Come sappiamo le tecnologie sostenibili sono al centro della politica della ricerca della nuova amministrazione statunitense [2]. Tra queste, energia «pulita» e gestione efficiente del consumo sono particolarmente importanti. Il ruolo della cosiddetta Tecnologia della Informazione e della Comunicazione (ICT) è fondamentale nella gestione della distribuzione, della fatturazione e dell'utilizzo dell'energia elettrica [3].

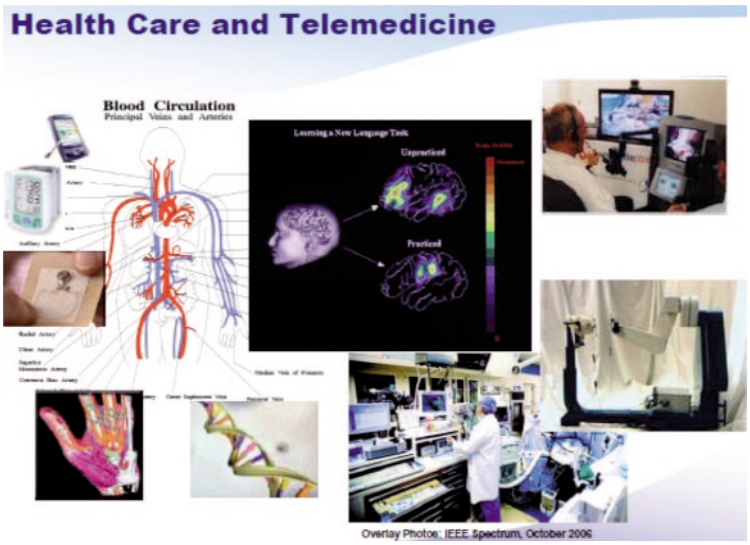
Un tema ricorrente nella gestione efficiente dell'energia elettrica è il bilanciamento tra generazione di energia elettrica da parte di sorgenti di tipo diverso e richieste di utilizzo è . Fenomeni di «black out» sono originati da situazioni di sovraccarico dovuti ad un picco di domanda o alla improvvisa mancanza di potenza causata da guasti. La gestione della rete è uno dei temi più importanti per l'industria dell'energia e presenta interessanti problemi di controllo ed ottimizzazione anche nei sistemi tradizionali. Se poi si fa riferimento alle nuove realtà industriali dei paesi emergenti, alla conseguente crescita del fabbisogno energetico da una parte, e alla necessità di ridurre il consumo di energia non rinnovabile dall'altra, le sfide da affrontare dal punto di vista economico, tecnologico e scientifico sono quasi insormontabili se non si inventano nuove soluzioni. Oltre al trovare nuove fonti energetiche, è necessario studiare nuovi metodi di controllo, nuovi materiali isolanti, nuove architetture ad assetto variabile per sfruttare l'esposizione solare e le correnti d'aria per gli edifici, oppure nuovi motori e nuove carrozzerie per gli autoveicoli. Per migliorare l'utilizzo dell'energia negli edifici, i sensori wireless potranno offrirci degli strumenti validissimi per lo studio dell'andamento della temperatura, la presenza di persone nelle stanze, l'umidità e l'illuminazione. La misurazione di queste variabili in tempo reale e la loro elaborazione consentirà un risparmio energetico dell'80% rispetto al consumo attuale.

Oltre alla riduzione dei consumi, bisogna anche considerare la gestione del carico e della generazione elettrica in presenza di sorgenti rinnovabili che hanno caratteristiche particolari, prime tra tutte la loro imprevedibilità, spesso legata alle condizioni atmosferiche (sole e vento) e la loro pervasività. Si pensa infatti che tra

Courtesy: Jan Rabaey, UC Berkeley

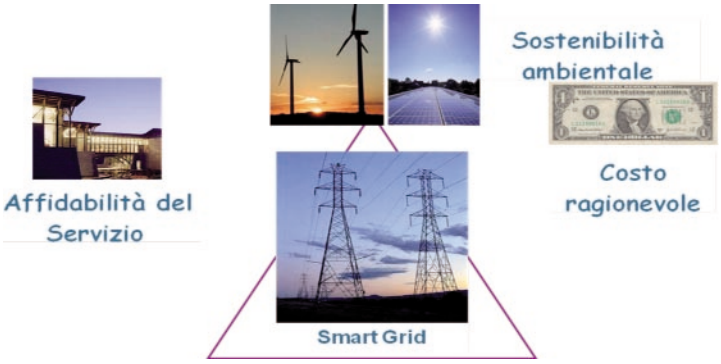
Fig. 1.

Courtesy: Jan Rabaey, UC Berkeley

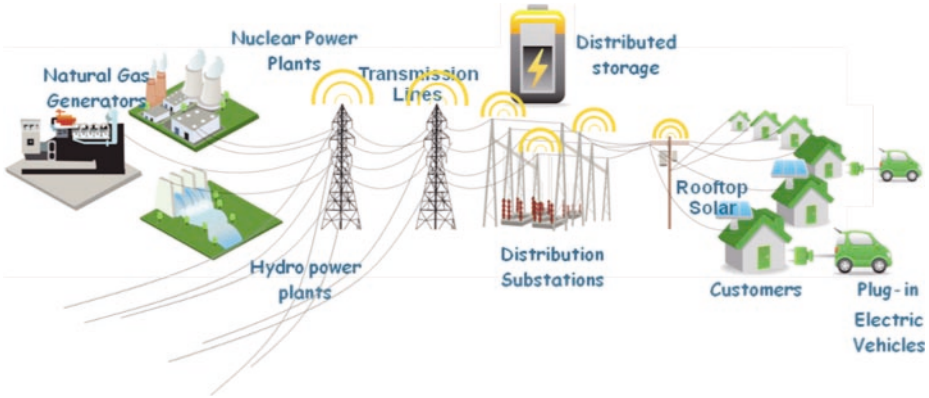


qualche anno vi saranno molte sorgenti distribuite di energia elettrica in corrispondenza delle case, delle fabbriche, dei parcheggi, che potranno generare energia fotovoltaica prodotta da pannelli solari da qualche Kilowatt fino al Megawatt e che potranno essere inseriti nella rete di distribuzione elettrica globale. Queste sorgenti alternative hanno caratteristiche aleatorie e presenteranno sfide importanti dal punto di vista della loro gestione. Sono del tutto inutili gli incentivi per la generazione di energia elettrica pulita se poi non si riesce ad immetterla efficientemente nella rete di distribuzione.

Proprio per i problemi citati, occorre costruire una rete che non sia solo uno strumento passivo ma che sia abbastanza intelligente da bilanciare in modo otti-



Berkeley Center for Information Technology Research in the Interest of Society (CITRIS) PG&E Seminar 2009



Architettura della rete USA. CITRIS PG&E Seminar 2009

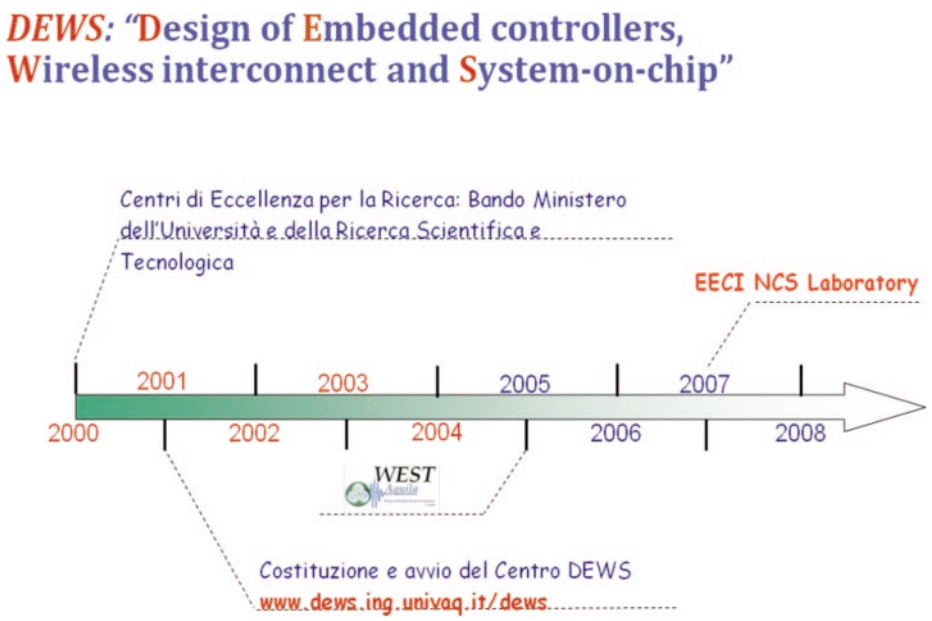
mizzato la domanda e l'offerta. Dall'architettura tradizionale che prevede grandi centrali termoelettriche regolabili con continuità e prevedibili, bisognerà passare ad una architettura distribuita, nella quale è importante progettare il coordinamento nella immissione in rete di tanti piccoli contributi autogenerati. Ci si baserà su un overlay di intelligenza che sia incentrata su dispositivi di misura e monitoraggio distribuiti capillarmente quali quelli che abbiamo presentato prima, a dispositivi di controllo altrettanto distribuiti, a scambio di dati altamente efficente, alla gestione dell'informazione e del calcolo. Quindi la rete di distribuzione dell'energia elettrica dovrà diventare quella che viene chiamata «smart grid» [3], cioè una rete intelligente capace di adattarsi alle condizioni al contorno e di prendere decisioni in modo ottimale.

3. *Ricerca avanzata come convergenza di settori tradizionali: l'esperienza del DEWS*

Per garantire il supporto di questo numero sempre crescente di applicazioni di importanza industriale e sociale, c'è assoluta necessità di ricerca avanzata interdisciplinare in settori che tradizionalmente sono rimasti separati. In particolare, sono fondamentali, per comprendere appieno le potenzialità delle nuove tecnologie e affrontare i problemi presentati precedentemente, il controllo e il calcolo distribuito, le tecnologie delle telecomunicazioni wired e wireless, la sensoristica distribuita.

È con questa visione, sulla quale convergono oggi molte delle più grandi istituzioni di ricerca internazionali, che nel 2001 è stato fondato (e selezionato da un bando del MIUR come Centro di Eccellenza per la Ricerca) il Centro DEWS «Design of Embedded Controllers, Wireless Interconnect and System-on-Chip» presso l'Università degli Studi dell'Aquila http://www.dews.ing.univaq.it/dews.

Le attività di ricerca del DEWS (Figura 2) sono organizzate in tre aree metodologiche: i sistemi di controllo ibridi e distribuiti, la progettazione a piattaforme,



e le reti di sensori e attuatori wireless. Le applicazioni vanno dal controllo del traffico aereo, all'automotive, e a tutte le applicazioni di reti di sensori e attuatori wireless. In questo contesto, il DEWS ha acquisito la capacità di pianificare e gestire progetti di complessità significativa, sia dal punto di vista dello sviluppo di nuove metodologie di progetto sia della realizzazione di prototipi grazie al suo spin off (WEST AQUILA http://www.westaquila.com/).

Per capire come il DEWS applichi le proprie competenze interdisciplinari e sviluppi le proprie collaborazioni industriali ed internazionali, illustriamo qui brevemente uno studio riguardante la progettazione di un sistema di ventilazione per una miniera svedese.

I processi associati al prelievo dei minerali sono la fase di estrazione del minerale grezzo, la sua triturazione e la separazione dei metalli (oro, argento, ecc.) dal materiale grezzo con processi chimici. La fase di estrazione è stata tradizionalmente quella che ha causato più incidenti e perdite di vite umane. Nelle miniere moderne, impianti di ventilazione avanzati fanno arrivare la quantità necessaria di ossigeno sia alle persone che lavorano in miniera, sia agli apparati industriali (Figura 3). La ventilazione è ottenuta mediante una turbina ed una caldaia poste alla superficie, che sono in funzione costantemente, e da un condotto verticale di ventilazione (sistema primario). Dal sistema primario, un sistema di ventilatori, posti ad ogni livello di profondità della miniera, pompa aria fresca e la trasporta nelle stanze di estrazione per mezzo di tubi di diramazione (sistema secondario). L'aria viziata

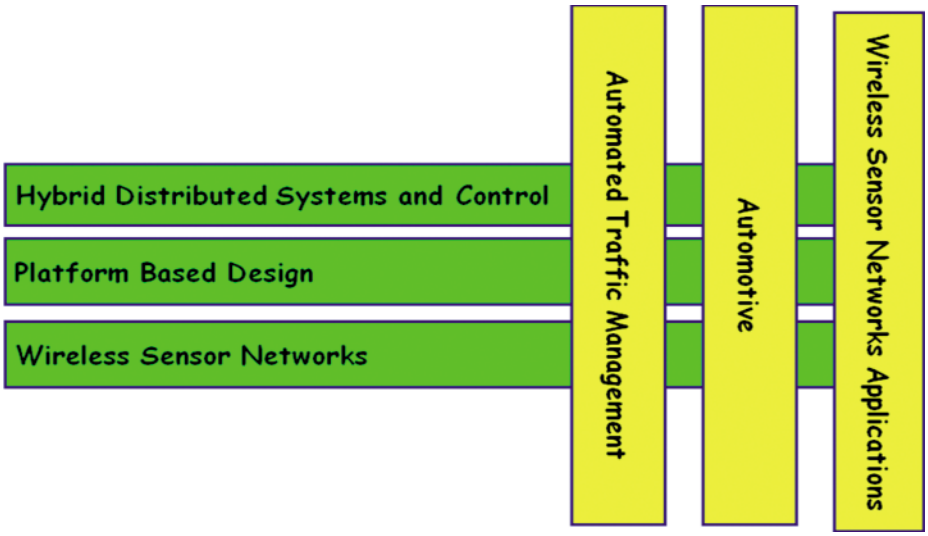

Wireless Sensor Networks Applications
Automotive
Automated Traffic Management
Hybrid Distributed Systems and Control
Platform Based Design
Wireless Sensor Networks

Fig. 2.

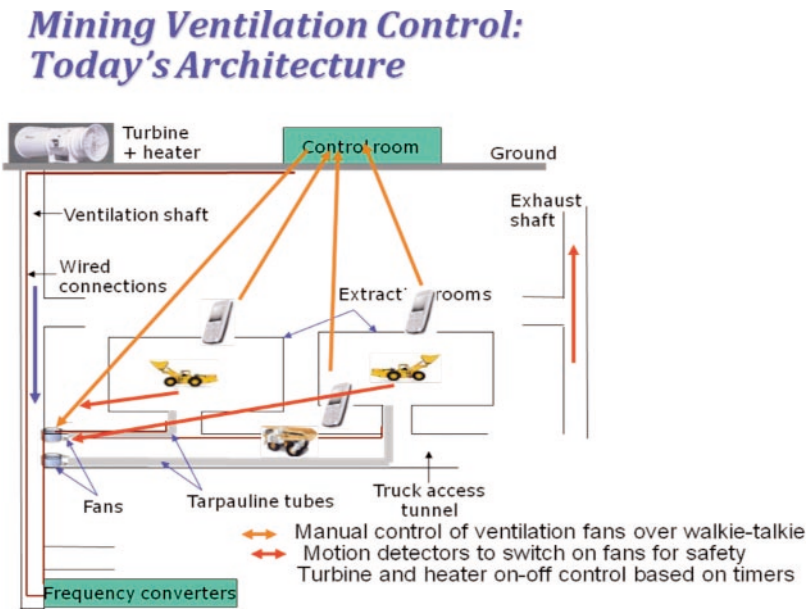

Mining Ventilation Control:
Today's Architecture
Turbine
+ heater
Control room
Ground
Ventilation shaft
Exhaust
shaft
Wired
connections
Extract rooms
Fans
Tarpauline tubes
Truck access
tunnel
Manual control of ventilation fans over walkie-talkie
Motion detectors to switch on fans for safety
Turbine and heater on-off control based on timers
Frequency converters

Fig. 3.

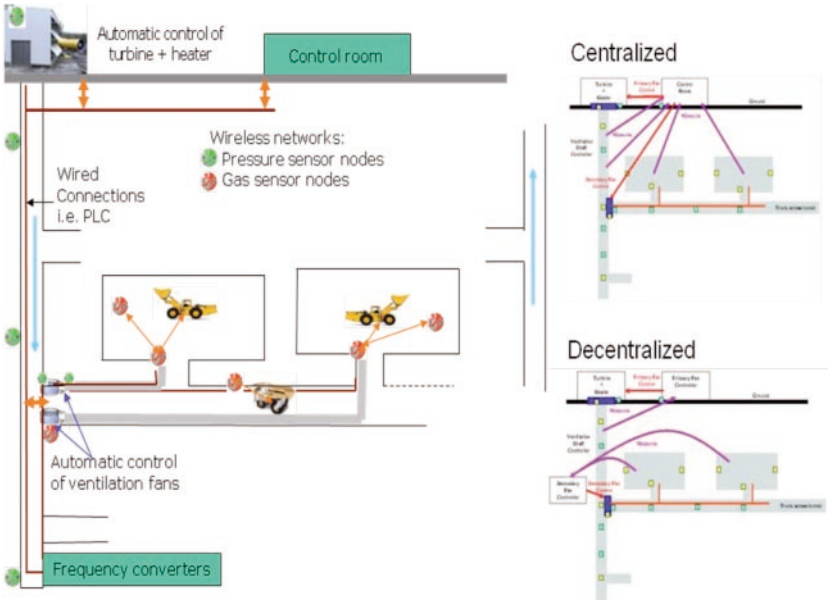


Fig. 4.

viene convogliata alla superficie utilizzando un condotto simile al condotto di ventilazione ma separato da esso.

L'intero sistema non è controllato automaticamente e le comunicazioni tra gli operatori avvengono mediante Walkie-Talkie, con evidenti problemi di sicurezza e qualità. L'energia consumata nel processo di ventilazione costituisce più del 50% di tutta l'energia necessaria per il processo di estrazione. Ottimizzare il processo di ventilazione è quindi di fondamentale importanza, non solo per i costi, ma anche per la sicurezza delle persone.

La nostra ricerca, in collaborazione con il Royal Institute of Technology (KTH) di Stoccolma, Asea Brown Boveri, ed il CNRS, ha proposto un'architettura alternativa (Figura 4) basata sull'utilizzo di algoritmi di controllo sofisticati supportati da sensori ed attuatori collegati con reti miste wireless e cablate. I risultati ottenuti sono notevoli sia in termini di qualità che di costi [4].

4. *Collaborazioni internazionali per la Ricerca e la Formazione*

Così come illustrato nella presentazione dell'attività riguardante la ventilazione della miniera, in tutte le sue linee di ricerca il DEWS promuove una piena collaborazione tra ricercatori di diverse discipline scientifiche e situati in centri di ricerca internazionali a volte assai lontani tra loro. In particolare, il DEWS ha strette collaborazioni con Università prestigiose quali University of California at

Berkeley, University of California Los Angeles, University of California Santa Barbara, University of Pennsylvania, Royal Institute of Technology di Stoccolma, e Cambridge University. Collabora inoltre con importanti realtà aziendali quali Micron Technology, Selex Communications, Thales Communications (queste ultime hanno uffici e laboratori nella zona de L'Aquila), ABB, e Ford Aachen. Dal Centro è nato uno spin off (WEST AQUILA http://www.westaquila.com/) che si occupa della progettazione di sistemi prototipali basati sulle reti wireless per il monitoraggio ed il controllo.

Il Centro di Eccellenza DEWS è stato scelto come nodo dello European Embedded Control Institute (http://www.eeci-institute.eu) per la realizzazione del laboratorio europeo Networked Control Systems Laboratory (NCSlab). L'obiettivo di questo laboratorio è di sostenere la ricerca europea nello sviluppo e nell'applicazione di metodologie avanzate per la progettazione e la gestione di sistemi di controllo su reti, con particolare riferimento a due aspetti principali: la modellistica e l'analisi di prestazioni per sistemi di controllo su reti wireless, e il controllo adattativo e la gestione delle risorse di rete per assicurare la qualità del controllo in presenza di condizioni variabili della rete wireless. Il laboratorio NCSlab facilita lo scambio a livello internazionale di ricercatori interessati all'applicazione di sistemi di controllo basati su reti wireless, e sostiene la loro attività di ricerca fornendo infrastrutture e attrezzature moderne. Inoltre, punta alla formazione di una solida comunità per il controllo su reti wireless, enfatizzando l'uso di tecniche ibride e promuovendo lo sviluppo di competenze interdisciplinari nei settori dei controlli automatici, delle reti di telecomunicazione e delle architetture software. Le attività del NCSlab forniranno motivazioni e requisiti provenienti da campi di applicazione importanti, quali l'industria automobilistica, quella delle tecnologie e dei servizi di telecomunicazione, l'ingegneria industriale, la robotica e l'avionica.

Per facilitare lo scambio di ricercatori e studenti di dottorato, il DEWS ha stipulato convenzioni internazionali, per esempio con la University of California at Berkeley e la University of Pennsylvania (in corso). Partecipa inoltre ai programmi ERASMUS con università di prestigio europee. Infine, ha aderito ad una convenzione di Cooprerazione Interuniversitaria Internazionale firmata da 17 università europee per la costituzione di un Curriculum Internazionale di Dottorato sul tema «Analisi e Controllo di Sistemi Ibridi Complessi, Distribuiti, Eterogenei».

Abstract – Information technology is changing radically. User interfaces and man-machine interactions are bound to change in major ways in the coming decade. In particular, the evolution of sensors and of wireless technology have opened a wealth of applications of monitoring and control of complex systems. Of particular interest are health and energy management applications where a number of heterogeneous sensors are exchanging information wirelessly with a set of computing and storage servers. Monitoring vital functions 24 hours a day for 360 days a year will be possible, thus preventing dramatic events such

as deaths from heart attacks from occurring. Research and industrial implementation issues have to be solved to find an infrastructure and a business model that will make this revolution in health care feasible. In electrical energy management, balancing load and generation in power distribution network in presence of a rich set of clean energy generation plants in addition to the traditional ones is a real challenge. The new wireless sensor network technology will be a key enabler for an efficient grid deployment that has automatic control capabilities to respond to rapidly varying operating conditions (the smart grid concept). The Center of Excellence DEWS, established in L'Aquila in 2001, has among its targets research on applications of the novel technology to a wide variety of fields from automotive control, to air traffic control, energy management and health.

Parole chiave: Reti di sensori e attuatori, connessioni wireless, applicazioni nell'interesse della società.

Ringraziamenti

Il DEWS si avvale della collaborazione di un gruppo di giovani ricercatori entusiasti e dedicati. Vorrei ringraziare per primi questi giovani che contribuiscono ogni giorno con il loro lavoro a mantenere in vita un progetto comune di non facile realizzazione nelle difficoltà quotidiane del mondo universitario italiano. Vorrei poi ringraziare tutti i collaboratori del DEWS, ed in modo particolare il Prof. Fabio Graziosi, vice-direttore del DEWS, e il Prof. Fortunato Santucci, Consigliere del DEWS, per il loro fondamentale supporto a tutte le attività svolte.

BIBLIOGRAFIA

[1] Jan M. Rabaey, Daniel Burke, Ken Lutz, John Wawrzynek, 2008, Workloads of the Future, *IEEE Design and Test of Computers*, 25, 3, 358-365.
[2] Barack Obama, 2009, Transcripts of the January 21, 2009 Speech of President Obama on the Economy, The NY Times.
[3] Massoud Amin, B.F. Wollenberg, 2005, Towards a smart grid: power delivery for the 21st century, *IEEE Power & Energy Magazine*. 3, 5, 34-41.
[4] E. Witrant, A. D'Innocenzo, G. Sandou, F. Santucci, M.D. Di Benedetto, A.J. Isaksson, K.H. Johansson, S.-I. Niculescu, S. Olaru, E. Serra, S. Tennina, U. Tiberi: Wireless Ventilation Control for Large-Scale Systems: the Mining Industrial Case, *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, Special Issue on Industrial Control over Wireless Networks (ICWN 08), M.D. Di Benedetto, K.H. Johansson, M. Johansson, F. Santucci Eds., Vol. 20, Issue 2, February 2010, pp. 119-251.