

Dott. Ing. Marco Baglietto

Curriculum dell'attività scientifica e didattica

1 Dati biografici

- Nato a Savona il 28/9/1970.
- Nel 1989, ho conseguito il diploma di *maturità scientifica* presso il Liceo "O. Grassi" di Savona con votazione 60/60.
- L' 11/4/1995 ho conseguito la *Laurea in Ingegneria Elettronica* presso l'Università di Genova con punti 110/110 e lode. Titolo della tesi: "Reti neurali per il controllo adattativo di sistemi non lineari", relatore il Prof. R. Zoppoli.
- Nel 1995 ho vinto il concorso di ammissione all'XI Ciclo del Corso di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettronica e Informatica, che ho frequentato negli accademici 1995/96, 1996/97 e 1997/98 presso il DIST-Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Telematica dell'Università di Genova.
- Nel 1999 ho superato l'esame di stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere.
- Nel Febbraio 1999 ho conseguito il titolo di *Dottore di Ricerca in Ingegneria Elettronica e Informatica* (indirizzo Automatica). Titolo della tesi: "Neural approximators for team optimal control problems", relatore il Prof. R. Zoppoli.
- Dal 1999 al 2011 ho prestato servizio come *Ricercatore Universitario* (raggruppamento ING-INF/04, Automatica) presso il DIST-Dipartimento di Informatica Sistemistica e Telematica, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova.
- Dal Dicembre 2011 sono *Professore Associato* (raggruppamento ING-INF/04, Automatica) presso il DIST-Dipartimento di Informatica Sistemistica e Telematica, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova.

2 Attività didattica

- Negli anni accademici 1997/98 e 1998/99 ho avuto incarichi dalla Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova per svolgere attività di supporto alla didattica nell'ambito del corso di "Ricerca Operativa".
- Dall'anno accademico 1998/2000 faccio parte della commissione d'esame dei corsi di "Controlli Automatici" (docente il Prof. G. Casalino) e di "Teoria dei Sistemi" (poi "Analisi dei Sistemi", docente il Prof. M. Aicardi).
- Negli anni accademici 1999/2000 e 2000/2001 ho ricevuto l'affidamento della docenza del corso di "Controlli Automatici", nell'ambito del corso di Diploma Universitario in Ingegneria Elettronica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova.
- A partire dall'anno accademico 2001/2002 sino all'anno accademico 2007/2008 ho ricevuto l'affidamento della docenza dei corsi di "Controlli Automatici 1" e "Controlli Automatici 2", nell'ambito del Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova.

- A partire dall'anno accademico 2004/2005 ho ricevuto l'affidamento della docenza del corso di "Ricerca Operativa 2" nell'ambito del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova. Il corso è condotto in codocenza con il Prof. M. Sanguineti. In particolare ho in carico la parte di *Ottimizzazione Dinamica e Controllo Ottimo*.
- A partire dall'anno accademico 2006/2007 ho ricevuto l'affidamento della docenza del corso di "Identificazione e Stima di Sistemi 1" nell'ambito dei Corsi di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica ed Ingegneria Elettronica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova. Il corso è condotto in codocenza con il Prof. G. Cannata.
- Per l'anno accademico 2008/2009 ho ricevuto l'affidamento della docenza del corso di "Teoria dei Sistemi" nell'ambito dei Corsi di Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica ed Ingegneria Biomedica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova.
- Per l'anno accademico 2008/2009 ho ricevuto l'affidamento della docenza del corso "Neural Networks for Classification and Identification" nell'ambito del Corso di Laurea in Ingegneria Informatica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova. Il corso sarà condotto in codocenza con il Prof. D. Anguita e fa parte del percorso "EMARO" (European Master on Advanced Robotics) finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del programma "Erasmus Mundus".
- Per l'anno accademico 2008/2009 ho ricevuto l'affidamento della docenza di un modulo all'interno del corso di "Automazione degli impianti industriali" nell'ambito del Master di secondo livello di Impiantistica Industriale presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova.
- Nell'anno accademico 2009/2010 ho ricevuto l'affidamento della docenza del corso "Identificazione e stima di sistemi" nell'ambito del Corso di Triennale in Ingegneria Informatica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova.
- A partire dall'anno accademico 2009/2010 ho ricevuto l'affidamento della docenza del corso "System Identification" nell'ambito del Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica e Robotics Engineering presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova. Il corso fa parte del percorso "EMARO" (European Master on Advanced Robotics) finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del programma "Erasmus Mundus".
- Nel Luglio 2004 sono stato docente nell'ambito della Scuola Estiva di Dottorato in Automatica organizzata dal CIRA (Centro Interuniversitario di Ricerca in Automatica) sul tema "Modellistica e Controllo di Reti di Trasporto e di Telecomunicazione".
- Sono stato relatore o correlatore di diverse tesi di laurea in tematiche riguardanti il controllo distribuito, la stima dello stato e il controllo in reti di telecomunicazioni nell'ambito dei corsi di laurea di Ingegneria Informatica, Ingegneria Elettronica ed Ingegneria delle Telecomunicazioni presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Genova.
- Nel 2004 sono stato uno dei relatori della tesi di dottorato di Giorgio Battistelli (titolo: "Receding-horizon State Estimation for Discrete-time Systems").
- Nel 2005 sono stato uno dei relatori della tesi di dottorato di Luca Scardovi (titolo: "Information Based Control for State and Parameter Estimation").

3 Incarichi e riconoscimenti

- Ho ricevuto il premio “2004 IEEE Trans. on Neural Networks Outstanding Paper Award” come co-autore dell’articolo: “Distributed-Information Neural Control: The Case of Dynamic Routing in Traffic Networks” [R2], giudicato il miglior articolo pubblicato sulle *IEEE Trans. on Neural Networks* nel biennio 2001-2002.
- Sono stato membro del “guest editorial team” di un numero speciale della rivista *IEEE Transactions on Neural Networks* su “Adaptive Learning Systems in Communication Networks” (vol. 16, no. 5, 2005).
- Presto servizio come *Associate Editor* nell’ambito del *Conference Editorial Board* della *IEEE-Control System Society* per *IEEE Conference on Decision and Control* e *American Control Conference*.
- Presto servizio come *Associate Editor* per la rivista *IEEE Transactions on Neural Networks*.
- Ho prestato servizio come *Associate Editor* per la *IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference, 2005* nel settore “Biological Systems, Estimation/Identification, Linear Systems e Stochastic Systems”.
- Sono stato membro del “Programme Committee” della *47th Conference on Decision and Control*.
- Sono membro del “Local Committee” della sede di Genova per “EMARO” (European Master on Advanced Robotics) finanziato dalla Comunità Europea nell’ambito del programma “Erasmus Mundus”. (sedi consorziate: Ecole Centrale di Nantes, Università di Genova e University of Technology di Varsavia).
- Svolgo attività di revisore per diverse riviste (tra cui *IEEE Trans. on Automatic Control*, *Automatica*, *Int. Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *IEEE Transactions on Neural Networks*, *Int. Journal on Robust and Nonlinear Control*) e conferenze (IFAC, CDC, CCA, ACC, ICC).
- Sono stato *co-chair* della sessione “Communication systems with delays” (*43rd IEEE Conference on Decision and Control*, 2004).
- Dal 2005 faccio parte del collegio dei docenti del Corso di Dottorato in *Robotica* presso l’Università di Genova.
- Sono membro dell’IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).
- Sono membro del CNIT (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni).
- Sono membro del SIDRA (Società Italiana Docenti e Ricercatori in Automatica).
- Sono stato organizzatore, con il Prof. G. Cannata, del convegno SIDRA 2007 (Convegno nazionale del SIDRA) tenutosi a Genova nei giorni 10-12 Settembre 2007 coordinando sia la parte scientifica che gli aspetti organizzativi.

4 Attività scientifico-organizzativa

Ho collaborato a specifiche attività di ricerca nell’ambito dei seguenti progetti:

- Progetto di ricerca “Geophysical Seafloor Exploration with a towed array in shadow water”, contratto #MAS2-0022, 1993-1995, Unione Europea. Coordinatore il Prof. S. M. Jesus, Univ. di Algarve, PT.

- Contratto di Ricerca dell’Agenzia Spaziale Italiana ASI-ARS-96-111: “Modellizzazione, simulazione e sintesi ottima delle manovre di ‘berthing’ in ambito spaziale”. Coordinatore il Prof. M. Innocenti, Univ. di Pisa.
- Sottoprogetto 3.1 del Progetto Finalizzato Trasporti 2 del CNR, “Sistemi Tecnologici di Supporto nel Trasporto Stradale”. Coordinatore il Prof. E. Volta, Univ. di Genova.
- Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale MURST “Algoritmi e architetture per l’identificazione e il controllo di sistemi industriali” (MURST 1998). Coordinatore nazionale il Prof. G. Picci, Univ. Padova; responsabile dell’Unità operativa di Genova il Prof. R. Zoppoli.
- Progetto di Ricerca ASI 1998, “Metodi di localizzazione pianificazione e controllo per rover spaziali autonomi”. Coordinatore il Prof. A. Balestrino, Univ. di Pisa, sottoprogetto “Controllo in ciclo chiuso e coordinamento del moto per squadre di robot mobili”.

Ho partecipato alla definizione di alcune tematiche di ricerca, ho contribuito all’organizzazione di specifiche attività scientifiche ed ho svolto alcune attività di ricerca nell’ambito dei seguenti progetti:

- 1999-2001, convenzione di Ricerca stipulata dal DIST-Università di Genova con la Società Autostrade S.p.A. “Sviluppo di un modello matematico relativo ad una tratta autostradale di particolare interesse e realizzazione di programmi di simulazione del traffico atti alla previsione delle sue caratteristiche nel tempo, con finalizzazione alla regolarità e sicurezza. Studio di un’applicazione alla supervisione e previsione operative nella tratta selezionata. Impostazione di un progetto pilota orientato all’estensione ad altri tronchi autostradali”, responsabile scientifico il Prof. T. Vernazza.
- Progetto coordinato CNR-AGENZIA 2000 “Nuovi algoritmi e metodologie per la risoluzione di problemi non lineari di ottimizzazione funzionale in ambiente stocastico”. Responsabile il Prof. R. Zoppoli.
- Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale MURST “Nuove tecniche per l’identificazione e il controllo adattativo di sistemi industriali” (MURST 2000). Durata biennale. Coordinatore nazionale Prof. G. Picci, Univ. Padova; responsabile dell’Unità operativa di Genova il Prof. R. Zoppoli.
- Progetto di Ricerca ASI 2001 e 2002, “TEMA: Team-Based Exploration by Mobile Agents”. Coordinatore il Prof. A. Bicchi, Univ. di Pisa.
- Progetto FIRB 2001 “Algoritmi e modelli dell’ingegneria del traffico per l’ottimizzazione di reti IP di nuova concezione”. Coordinatore nazionale il Prof. M. G. Ajmone Marsan.
- 2001: Attività di coordinamento nell’ambito del contratto di ricerca stipulato dal DIST-Università di Genova con X-Istituto di Calcolo Scientifico “Sviluppo di algoritmi di programmazione non lineare per la minimizzazione di funzioni di costo multivariabili e multimodali”.
- Progetto strategico MIUR SP7 “Simulazione e Ottimizzazione per Reti: Software e Applicazioni (SORSA)”, 2002. Coordinatore il Prof. G. Rinaldi. Azione di ricerca “Simulazione e Ottimizzazione per Reti di Telecomunicazione (SORTEL)”, coordinatore il Prof. M. Dell’Amico.
- Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale MURST “Tecniche innovative per l’identificazione e il controllo adattativo di sistemi industriali” (PRIN 2002). Durata biennale. Coordinatore nazionale il Prof. G. Picci, Univ. Padova; responsabile dell’Unità operativa di Genova il Prof. R. Zoppoli.

- Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale MIUR “Metodi e algoritmi innovativi per l’identificazione e il controllo adattativo di sistemi tecnologici” (PRIN 2004). Durata biennale. Coordinatore nazionale il Prof. G. Picci, Univ. Padova; responsabile dell’Unità operativa di Genova il Prof. R. Zoppoli.
- Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale MIUR “Tecniche ed applicazioni innovative di identificazione e controllo adattativo” (PRIN 2006). Durata biennale. Coordinatore nazionale il Prof. G. Picci, Univ. Padova; responsabile dell’Unità operativa di Genova il Prof. R. Zoppoli.
- Sono stato responsabile del progetto di ricerca di Ateneo dell’Università di Genova, bando 2006 “Applicazione del metodo ERIM a problemi di controllo”.
- Progetto STREP finanziato nell’ambito del VI Programma Quadro della Comunità Europea: “Knowledge Environment for Interacting ROBOt SWARMS (ROBOSWARM)”, coordinatore il Prof. Jüri Vain (Tallinn University of Technology), coordinatore dell’Unità di Genova il Prof. G. Cannata.
- Sono stato responsabile del progetto di ricerca di Ateneo dell’Università di Genova, bando 2008 “Controllo a squadra di veicoli mobili”.
- Progetto FIRB “ECOMOS - Soluzioni avanzate di abbattimento dei gas di scarico delle navi per le motorways of the sea” (finanziato dal MIUR nell’ambito dei “Grandi Progetti Strategici”). Coordinatore Filippo Aldo Grassia (ISSIA-CNR), responsabile dell’unità di ricerca dell’Università di Genova il Prof. G. Parodi. Sono responsabile scientifico per laparte di finanziamento del DIST.
- Sono responsabile scientifico del contratto stipulato dal DIST con la Società FINCANTIERI per la consulenza nell’ambito del progetto FAR “ECOMOS - Soluzioni avanzate di abbattimento dei gas di scarico delle navi per le motorways of the sea”. Primi contraenti del progetto sono Fincantieri Cantieri NavaliItaliana S.p.A. e Rete Autostrade Mediterranee S.p.A.

Dal 1999 svolgo funzione di gestione e coordinamento delle attività del Laboratorio NOCC (Neural Optimization, Control and Complexity) del DIST-Dipartimento di Informatica Sistemistica e Telematica, Università di Genova.

5 Attività di ricerca

La mia attività di ricerca ha riguardato fondamentalmente le seguenti aree:

- Tecniche approssimate per il controllo ottimo di sistemi non lineari.
- Stima dello stato di sistemi lineari e non lineari.
- Tecniche di ottimizzazione applicate al “pricing” ed al controllo di banda in reti di telecomunicazioni.

In relazione ai temi sopra citati viene fornita nel seguito una descrizione delle problematiche affrontate.

5.1 Tecniche approssimate per il controllo ottimo di sistemi non lineari.

Il problema del controllo ottimo di sistemi non lineari è stato affrontato con tecniche approssimate, basate sulla parametrizzazione delle leggi decisionali. È infatti noto che il problema del controllo ottimo, qualora non siano verificate opportune ipotesi (tipicamente le consuete ipotesi LQG), presenta difficoltà pressoché insormontabili per essere risolto in modo ottimo. Ciò è innanzitutto dovuto alla natura funzionale del problema di ottimizzazione (sia nel caso deterministico che in quello stocastico). Nel caso stocastico, in linea di principio risolvibile mediante la programmazione dinamica, vi sono poi difficoltà ulteriori qualora lo stato non sia perfettamente misurabile. Tali difficoltà derivano dalla necessità di determinare le probabilità condizionate dello stato e dalla crescita della dimensione dell'insieme informativo con l'aumentare del numero degli stadi temporali (la mia attività di ricerca ha fatto riferimento a sistemi a tempo discreto).

Un'approssimazione rivelatasi particolarmente efficiente consiste (rinunciando alla programmazione dinamica per gli inconvenienti sopra ricordati) nell'assegnare alle funzioni che generano i vettori di controllo strutture non lineari in cui ottimizzare alcuni parametri liberi [?, V1, R17, R19]. In tal modo il problema funzionale viene ricondotto ad un problema di programmazione matematica non lineare. Le strutture possibili sono numerose: da quelle basate su combinazioni lineari di funzioni di base fissate (espansioni polinomiali, trigonometriche, ecc.) a strutture non lineari nei parametri, ovvero costituite da combinazioni lineari di funzioni di base contenenti, a loro volta, parametri liberi (reti neurali di tipo feedforward, Radial Basis Functions, sviluppi trigonometrici con frequenze variabili, ecc.).

Era da tempo noto come utilizzando approssimatori parametrici si possano approssimare arbitrariamente bene funzioni continue su compatti. Tale proprietà è posseduta anche da funzioni polinomiali (teorema di Weierstrass). Non era altrettanto nota la ragione dell'efficienza "approssimante" degli approssimatori non lineari (ad esempio le reti neurali) in oggetto, che può essere sintetizzata come segue: a parità di errore di approssimazione, il numero di parametri da ottimizzare *crece al più polinomialmente* con il numero delle variabili da cui dipendono le funzioni da approssimare (ciò sotto opportune ipotesi di regolarità di dette funzioni). Tale proprietà, che deriva dai risultati teorici di Maurey, Jones e Barron può non valere per le tradizionali combinazioni lineari di funzioni di base senza parametri interni, che rischiano invece una crescita esponenziale del numero dei coefficienti della combinazione lineare (*maledizione della dimensionalità*).

Si è quindi potuto dimostrare come gli approssimatori neurali consentano di ottenere leggi di controllo caratterizzate da un errore integrale quadratico di ordine $O(1/n)$ con un numero di parametri di ordine $O(nd)$ dove n è il numero di funzioni di base e d è la dimensione dell'argomento della funzione di controllo da approssimare (si considerano reti con un solo livello "nascosto" e funzioni di attivazione di uscita lineari). I parametri della funzione approssimante costituiscono il vettore incognito del problema di programmazione non lineare prima accennato, problema che può essere efficacemente risolto con opportune varianti del metodo dell'approssimazione stocastica. Per un inquadramento della tecnica nel contesto della programmazione dinamica si vedano [?, V2, C10, C13, R19].

Problemi di controllo ottimo su orizzonte infinito possono essere approssimati da problemi di controllo su orizzonte mobile o di tipo "receding-horizon" (RH). Ne deriva una struttura ad "anello chiuso" della legge di controllo. La tecnica precedentemente esposta può essere utilizzata per ottenere una legge di controllo stazionaria [C1, C9, C34, C43, C44, R14]. La possibilità di calcolare "fuori linea" tale regolatore rende questa tecnica particolarmente vantaggiosa (dal punto di vista dell'onere computazionale) rispetto alla risoluzione "in linea" di una successione di problemi di programmazione matematica. Un'alternativa (con particolare riferimento al caso di sistemi con stato discreto) consiste nel ricorso alla tecnica della *Neuro-Dynamic Programming*. Essa è stata sfruttata con successo nella soluzione di problemi di ricerca di percorso minimo su grafi stocastici [C21, ?] e di loro esplorazione [C30].

Controllo ad informazione distribuita

La metodologia di controllo ottimo mediante approssimatori neurali può essere generalizzata al controllo di sistemi stocastici in cui più controllori o agenti decisionali collaborino alla minimizzazione di un funzionale di costo comune (in generale non quadratico) disponendo di diversi insiemi informativi. Un tale tipo di organizzazione è ben formalizzata nella *teoria del controllo a squadre*. Per tali tipi di sistema, neppure le consuete ipotesi LQG sono sufficienti per garantire la risolubilità del problema di controllo ottimo. Si richiedono infatti, per la risoluzione analitica del problema, particolari strutture informative che regolino l'acquisizione e lo scambio di informazione tra i decisori. La tecnica precedentemente descritta permette di risolvere il problema di controllo ottimo a squadra in via approssimata, ma sotto ipotesi molto generali. L'uso di approssimatori neurali consente di ricondurre il problema di minimizzazione funzionale ad uno parametrico, risolubile con una tecnica di approssimazione stocastica [D1]. La determinazione dei parametri delle diverse reti neurali può essere inoltre effettuata in modo computazionalmente distribuito qualora gli agenti decisionali possiedano capacità di calcolo locale.

L'efficacia della tecnica proposta è stata dimostrata sul famoso (e tuttora irrisolto) controesempio di Witsenhausen [C2, C3, R3], per il quale si sono trovate soluzioni con caratteristiche non ancora proposte in letteratura e prestazioni migliori di quelle sino ad ora ottenute dai vari autori che si sono cimentati su tale problema.

È stato inoltre affrontato il problema dell'instradamento (routing) dinamico di pacchetti in reti di telecomunicazioni: in ciascun nodo di una rete di comunicazione è presente un controllore la cui azione di instradamento è funzione solo di variabili di stato locali (ad esempio la quantità di pacchetti contenuti nel buffer locale) ed eventualmente di informazioni provenienti da nodi adiacenti. I controllori dei nodi devono agire in modo da minimizzare (ad esempio) il ritardo totale dei pacchetti nella rete. Si tratta di un tipico caso di problema di controllo a squadra per il quale non esiste soluzione analitica. La possibilità di effettuare l'ottimizzazione in modo computazionalmente decentralizzato rende particolarmente interessante l'approccio approssimato adottato, permettendo, peraltro, con piccole modifiche all'algoritmo, di implementare un adattamento "in linea" delle strategie al fine di reagire a possibili variazioni nelle statistiche delle variabili stocastiche in gioco. Il problema dell'instradamento dinamico è stato affrontato nel caso di orizzonte finito [C5, C7, C8, R2, V1] e nel caso di orizzonte infinito [C9, C29, C34, R17] utilizzando la tecnica Receding Horizon.

Sempre nel caso di sistemi modellabili come "squadre", è stato inoltre affrontato il problema del coordinamento delle traiettorie di una flotta di robot mobili ([C4, C12, C42]). Qualora i veicoli debbano concorrere all'esplorazione di un terreno inizialmente ignoto, si è sviluppata una tecnica basata sul concetto di "entropia" ([C16, C20]). Grazie ad essa è possibile garantire una descrizione del processo di acquisizione dell'informazione utile a guidare in modo decentralizzato gli spostamenti successivi della flotta.

5.2 Stima dello stato di sistemi lineari e non lineari.

La stima dello stato di un sistema stocastico (in funzione di misure ottenute tramite un canale anch'esso stocastico) è di fondamentale importanza per la soluzione di problemi complessi di controllo e filtraggio ed è attualmente un argomento di ricerca tra i più importanti dell'automatica. Tale problema è stato affrontato sia in riferimento a sistemi dinamici lineari che a quelli non lineari, con particolare attenzione alla tecnica di stima a memoria finita, nota come "*Finite-Memory*", "*Moving-Horizon*" o "*Receding-Horizon Estimation*". Tale tecnica consiste nella minimizzazione di una sequenza di funzioni di costo (generalmente quadratiche) che coinvolgono le misure acquisite in un recente passato ed una predizione sullo stato del sistema ed è motivata dall'intrinseca robustezza del metodo. Un difetto comune a pressoché tutti i lavori in letteratura che adottano questo approccio consiste nella necessità di risolvere una successione di problemi di programmazione matematica, con la necessità di pesanti calcoli in linea.

Qualora il sistema dinamico sia lineare si è pervenuti a soluzioni in forma chiusa [C11, R4] con evidenti vantaggi dal punto di vista computazionale. Rispetto alle tecniche proposte in letteratura, lo stimatore proposto gode inoltre della possibilità di garantire un limite superiore all'errore di stima ed al suo valore asintotico. Allo scopo di affinare questo limite è stata sviluppata un'adeguata teoria relativa alla cosiddetta "limitatezza quadratica" [C14, C18, R7, R12], che permette di pervenire alla soluzione di disuguaglianze matriciali lineari (LMIs), per le quali sono disponibili efficienti algoritmi risolutivi.

Per affrontare la possibili incertezze nella conoscenza del sistema dinamico, si è sviluppato un opportuno filtro "robusto" che gode di interessanti proprietà di convergenza sia nel caso di assenza di rumori sia in presenza di disturbi limitati [C19, C24, R8, C35, C39].

Per quanto riguarda i sistemi non lineari, utilizzando lo stesso approccio precedentemente descritto, si è pervenuti alla determinazione di condizioni sufficienti a garantire sia la convergenza dell'errore di stima, sia l'esistenza di una successione limitante per la stessa [R1], [C22]. Recentemente, si è pervenuti alla determinazione di condizioni meno restrittive ed alla possibilità di sintetizzare lo stimatore tenendo esplicitamente in considerazione i vincoli sul sistema e sui rumori [C26, R16]. Inoltre, la metodologia brevemente descritta nella sezione 5.1 con riferimento ai problemi di controllo ottimo, grazie alle sue caratteristiche di generalità, permette di affrontare il problema della stima dello stato in modo sostanzialmente analogo. Formalizzando un problema di ottimizzazione (in cui le incognite sono le funzioni che generano le stime sulla base delle informazioni disponibili) ci si riconduce ad un problema di programmazione matematica non lineare; si suppone ancora che lo stimatore dello stato assuma una struttura fissata con parametri liberi (nuovamente costituita da reti neurali feedforward).

Sotto opportune ipotesi, è possibile ottenere dei limiti sulla convergenza dell'errore di stima dello stato anche nel caso in cui la soluzione del problema di minimizzazione venga effettuata in modo approssimato. Per l'ottimizzazione dei parametri liberi delle funzioni di stima, è proposto un algoritmo di tipo "mini-max" [R1, C26, C45]. Svariate valutazioni sperimentali dello stimatore non lineare in oggetto hanno evidenziato prestazioni generalmente superiori a quelle di altri schemi di stima, tipicamente costituite dalle molteplici varianti del filtro di Kalman esteso.

I risultati ottenuti nella determinazione di limiti garantiti sull'errore di stima sono stati estesi ad alcuni problemi della vasta tematica della diagnosi di guasti e malfunzionamenti in impianti complessi [C6].

Stima dello stato in sistemi a commutazione

Una particolare attenzione è stata dedicata allo studio dei sistemi lineari a commutazione. Essi sono caratterizzati dal fatto che ad ogni istante discreto le matrici che descrivono il sistema possono variare entro un insieme finito. Le possibili configurazioni sono individuate dal valore di un indice detto "stato discreto". Rispetto alla letteratura esistente, si è considerata la possibile presenza di disturbi sia sulla dinamica che sul canale di misura. In particolare, si sono studiate le condizioni di identificabilità dello stato discreto.

Esse hanno permesso di sintetizzare degli stimatori dello stato continuo basati sul paradigma della finestra mobile con proprietà di convergenza [C27, R11, C32]. Recentemente si è inoltre lavorato sulla possibilità di utilizzare, in alternativa, opportuni osservatori di Luenberger [C36, C38, R15] abbinati ad un metodo di identificazione dello stato discreto "a minima distanza" [V3].

Qualora i disturbi agenti sul sistema possano essere descritti da variabili aleatorie con distribuzione di tipo gaussiano, si sta sviluppando un metodo specifico basato sul concetto di "massima verosimiglianza" [C40, C46].

Metodi di “Stima Attiva”

Classicamente, nei problemi di stima non si pone l’accento sull’assegnazione dei segnali di controllo, spesso trascurati o considerati come ingressi esogeni. Nell’ambito dell’identificazione, ad essi è richiesto di possedere proprietà (persistente eccitanza) che garantiscano la buona riuscita dell’esperimento. Mutuando questo principio, si è quindi deciso di studiare l’influenza delle sequenze di controlli sulla performance dei metodi di stima.

Nell’ambito dei sopra citati sistemi lineari a commutazione, si è studiato quali proprietà debbano verificare le leggi di controllo affinché sia garantita l’identificabilità dello stato discreto [C37, C41, R13, R18].

Si è inoltre studiato come poter quantificare il “guadagno di informazione” in un processo di stima, sfruttando quindi il concetto di *Entropia*. La sintesi di una legge di controllo che garantisca la minimizzazione dell’entropia è stata oggetto di studio sia in sistemi lineari [C31] che nonlineari [C23, C33, R14] ed applicata a problemi di esplorazione [C16, C20].

5.3 Tecniche di ottimizzazione applicate al “pricing” ed al controllo di banda in reti di telecomunicazioni.

Alcune collaborazioni sono state avviate con alcuni ricercatori del settore delle telecomunicazioni. Esse hanno riguardato, oltre alle attività legate ai metodi di instradamento ([C5, C7, C8, R2, V1, C9, C29, C34, R17], già descritte nella sezione 5.1), il problema della tariffazione (pricing) del traffico in reti multiservizio e il controllo di banda.

Il pricing in reti di telecomunicazioni è un argomento ampiamente trattato in letteratura in relazione alla possibilità di ottenere criteri di “fairness” nell’allocazione di banda per i diversi tipi di classi di traffico. Gli algoritmi presentati in letteratura sono stati dedicati a trattare separatamente la tariffazione per il traffico di tipo elastico (utenti “Best Effort”-BE-), che adeguano il loro bit-rate alla situazione di congestione della rete e di quelli che richiedono una specifica Qualità di Servizio (utenti “Guaranteed Performance”-GP-)

Abbiamo studiato la possibilità di considerare contemporaneamente sia il traffico di tipo BE, che quello GP [C15, R6]. Per quanto riguarda il traffico BE, pare ormai indifferente l’utilizzo del paradigma della Proportional Fairness Pricing (PFP). Ciò è motivato dal fatto che l’allocazione di banda riservata agli utenti di tipo BE dipende dall’attuale situazione di congestione della rete e dalla disponibilità da parte degli utenti a pagare. Quest’ultima può essere modellata, tipicamente, mediante opportune “Utility Function”. Per descrivere il meccanismo di pricing basato sulla PFP, si sono sfruttati opportuni modelli dinamici che permettono di rappresentare adeguatamente il meccanismo di contrattazione del prezzo e garantiscono adeguate proprietà di convergenza. Tali modelli semplificati possono essere sfruttati per determinare in maniera efficiente le tariffe da applicare al traffico di tipo GP in modo da tenere esplicitamente in considerazione la presenza del traffico BE. A tale scopo si sono proposte alcune regole di Controllo di Ammissione tali da massimizzare il guadagno del gestore, pur mantenendo adeguati livelli di Qualità di Servizio [C17, R5]. Se infatti il traffico GP non può sottostare alle regole della PFP, proprie di traffici di tipo “elastico”, si rivela come critico il prezzo per unità di banda che deve (o può) essere imposto a tali utenti. Ciò sia per poter offrire basse probabilità di blocco e (dal punto di vista del Service Provider) adeguati guadagni sia per garantire una equità (fairness) rispetto a connessioni di tipo BE, che con gli utenti GP coesistono, ma senza garanzie di Qualità di Servizio.

Il problema dell’assegnazione di banda in reti satellitari è stato infine affrontato mediante tecniche neurali derivate da quelle descritte nella sezione 5.1. Per affrontare il problema specifico, tali tecniche sono state adattate al caso di sistemi, come quello in oggetto, per i quali il modello possa essere non noto analiticamente, ma disponibile solo mediante un simulatore (ovvero in presenza di un modello che replichi il comportamento del sistema, ma in assenza di esplicite funzioni che ne descrivano la dinamica) [C25, C28, R10]. Una particolarità del problema affrontato è inoltre quella di avere variabili di controllo che prendono valori entro un insieme finito. L’ottimizzazione dei

parametri del controllore può essere effettuata fuori linea mediante una procedura mutuata dalla *perturbation analysis*. A differenza di tecniche che utilizzano tale procedura in linea, il metodo proposto permette di evitare lunghi transitori, garantendo quindi in generale prestazioni migliori in termini (ad esempio) di perdita di pacchetti.

6 Elenco dei lavori scientifici

6.1 Contributi a riviste internazionali

- [R1] A. Alessandri, M. Baglietto, T. Parisini, R. Zoppoli, “A Neural state estimator with bounded errors for nonlinear systems”, *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. 44, no. 11, pp. 2028-2042, 1999.
- [R2] M. Baglietto, T. Parisini, R. Zoppoli, “Distributed-information neural control: the case of dynamic routing in traffic networks”, *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 12, no. 3, pp. 485-502, 2001.
- [R3] M. Baglietto, T. Parisini, R. Zoppoli, “Numerical solutions to the Witsenhausen counterexample by approximating networks”, *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. 46, no. 9, pp. 1471-1477, 2001.
- [R4] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Receding-horizon estimation for discrete-time linear systems”, *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. 48, no. 3, pp. 473-478, 2003.
- [R5] M. Baglietto, R. Bolla, F. Davoli, M. Marchese, M. Mongelli, “A proposal of new price-based call admission control rules for guaranteed performance services multiplexed with best effort traffic”, *Computer Communications*, vol. 26, no. 13, pp. 1470-1483, 2003.
- [R6] M. Baglietto, R. Bolla, F. Davoli, M. Marchese, M. Mongelli, “Integration of pricing models between best-effort and guaranteed performance services in telecommunication networks”, *Control Engineering Practice*, vol. 11, pp. 1209-1226, 2003.
- [R7] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “On estimation error bounds for receding-horizon filters using quadratic boundedness”, *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. 49, no. 8, pp. 1350-1355, 2004.
- [R8] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Robust receding-horizon state estimation for uncertain discrete-time linear systems”, *Systems and Control Letters*, vol. 54, no. 7, pp. 627-643, 2005.
- [R9] A. G. Parlos, C. Ji, T. Parisini, M. Baglietto, A. F. Ayla, K. Claffy, Editorial for the special issue: “Adaptive Learning Systems in Communication Networks,” *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 16, no 5, pp. 1013-1017, 2005.
- [R10] M. Baglietto, F. Davoli, M. Marchese, M. Mongelli, “Neural approximation of open loop-feedback rate control in satellite networks”, *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 16, no. 5, pp. 1195-1211, 2005.
- [R11] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Receding-Horizon Estimation for Switching Discrete-Time Linear Systems”, *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. 50, no 11, pp. 1736-1748, 2005.
- [R12] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Design of state estimators for uncertain linear systems using quadratic boundedness”, *Automatica*, vol 42, no. 3, pp. 497-502, 2006.
- [R13] M. Baglietto, G. Battistelli, L. Scardovi, “Active mode observability of switching linear systems”, *Automatica*, vol. 43, no. 8, pp. 1442-1449, 2007

- [R14] L. Scardovi, M. Baglietto, T. Parisini, “Active State Estimation for Nonlinear Systems: a Neural Approximation Approach”, *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 18, no. 4, pp. 1172-1184, 2007.
- [R15] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Luenberger Observers For Switching Discrete-Time Linear Systems”, *International Journal of Control*, vol. 80, no. 12, pp. 1931-1943, 2007.
- [R16] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Moving-horizon state estimation for nonlinear discrete-time systems: New stability results and approximation schemes”, *Automatica*, vol. 44, no. 7, pp. 1753-1765, 2008.
- [R17] M. Baglietto, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “The Extended Ritz Method for Functional Optimization: New Developments and Applications to Single-Person and Team Optimal Decision Problems”, *Optimization Methods and Software*, vol. 24, no. 1, pp. 15-43, 2009.
- [R18] M. Baglietto, G. Battistelli, L. Scardovi, “Active mode observation of switching systems based on set-valued estimation of the continuous state”, *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, vol. 19, no. 14, pp. 1521-1540, 2009.
- [R19] M. Baglietto, C. Cervellera, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Management of Water Resources Systems in the Presence of Uncertainties by Nonlinear Approximators and Deterministic Sampling Techniques”, *Computational Optimization and Applications*, vol. 47, pp. 349-376, 2010.
- [R20] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “A Maximum-likelihood Kalman Filter for Switching Discrete-time Linear Systems”, *Automatica*, vol. 46, no. 11, pp. 1870-1876, 2010.
- [R21] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, M. Gaggero “Moving-horizon State Estimation for Nonlinear Systems Using Neural Networks”, *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 22, no. 5, pp. 768-780, 2011.
- [R22] M. Baglietto, A. Sgorbissa, D. Verda, R. Zaccaria, “Human navigation and mapping with a 6DOF IMU and a laser scanner”, *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 59, no. 12, pp. 1060-1069, 2011.
- [R23] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Min-max Moving-horizon Estimation for Uncertain Discrete-time Systems”, *SIAM Journal on Control and Optimization*. Accettato per la pubblicazione.

6.2 Contributi a volumi

- [V1] M. Baglietto, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “The Extended Ritz Method in stochastic functional optimization: an example of dynamic routing in traffic networks”, in *High performance algorithms and software for nonlinear optimization*, G. Di Pillo, A. Murli, Eds., Kluwer Academic Publisher B.V., pp. 23-56, 2003.
- [V2] M. Baglietto, C. Cervellera, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Water reservoirs management under uncertainty by approximating networks and learning from data”, in *Topics on system analysis and integrated water resource management*, A. Castelletti and R. Soncini-Sessa, Eds., Elsevier, pp. 117-139, 2007.
- [V3] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Minimum-distance Receding-horizon State Estimation for Switching Discrete-time Linear Systems”, in *Assessment and Future Directions of Nonlinear Model Predictive Control*, R. Findeisen, F. Allgöwer, L. Biegler, Eds., Lecture Notes in Control and Information Sciences Series, Springer-Verlag, vol. 358, pp. 347-358, 2007.
- [V4] S. Ivaldi, M. Baglietto, G. Metta, R. Zoppoli “An application of receding-horizon neural control in humanoid robotics”, in *Nonlinear Model Predictive Control, Towards New Challenging Applications*, L. Magni, D. M. Raimondo, F. Allgöwer, Eds., Lecture Notes in Control and Information Sciences Series, Springer-Verlag, vol. 384, pp. 541-550, 2009.

6.3 Contributi a conferenze internazionali

- [C1] M. Baglietto, T. Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Neural networks and RBF networks for approximate receding-horizon regulators”, *articolo invitato, Proc. IEEE-SMC CESA96*, Lille, Francia, pp. 280-285, 1996.
- [C2] M. Baglietto, T. Parisini, R. Zoppoli, “Nonlinear approximations for the solution of team optimal control problems,” *Proc. 36th IEEE Conf. on Decision and Control*, San Diego, CA, pp. 4592-4594, 1997.
- [C3] M. Baglietto, T. Parisini, R. Zoppoli, “Neural networks for the solution of information-distributed optimal control systems”, *articolo invitato, Proc. European Symposium on artificial Neural Networks ESANN98*, Bruges, Belgio, pp. 79-84, 1998.
- [C4] M. Aicardi, M. Baglietto, “Use of neural networks in the solution of the control problem for a team of mobile robots”, *Proc. 6th IEEE Mediterranean Conference on Control and Automation MED98*, Alghero, Italia, pp. 124-129, 1998.
- [C5] M. Baglietto, L. Miani, M. Zanei, “Nonlinear approximators for dynamic routing”, International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications NOLTA98, Crans-Montana, Svizzera, pp. 1221-1224, 1998.
- [C6] A. Alessandri, M. Baglietto, T. Parisini, “Robust model-based fault diagnosis using neural nonlinear estimators”, *articolo invitato, Proc. 37th IEEE Conf. on Decision and Control*, Tampa, FL, pp. 72-77, 1998.
- [C7] M. Baglietto, T. Parisini, R. Zoppoli, “Team theory and neural approximators for dynamic routing in communication networks”, *Proc. American Control Conference*, San Diego, CA, pp. 4433-4437, 1999.
- [C8] M. Baglietto, T. Parisini, R. Zoppoli, “Neural approximators for the solution of decentralized optimal control problems”, *articolo invitato, Proc. IEEE Int. Symp. on Intelligent Control*, Cambridge, MA, pp. 179-184, 1999.
- [C9] M. Baglietto, T. Parisini, R. Zoppoli, “Neural approximators and team theory for dynamic routing: a receding-horizon approach”, *Proc. 38th IEEE Conference on Decision and Control*, Phoenix, AZ, pp. 3283-3288, 1999.
- [C10] M. Baglietto, C. Cervellera, T. Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Approximating networks, dynamic programming and stochastic approximation”, *Proc. American Control Conference*, Chicago, IL, pp. 3304-3308, 2000.
- [C11] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, T. Parisini, R. Zoppoli, “A receding-horizon estimator for discrete-time linear systems”, *Proc. European Control Conference*, Porto, Portugal, pp. 3753-3758, 2001.
- [C12] A. Aicardi, M. Baglietto, “Decentralized supervisory control of a set of mobile robots”, *Proc. European Control Conference*, Porto, Portugal, pp. 557-561, 2001.
- [C13] M. Baglietto, C. Cervellera, T. Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Approximating networks for the solution of T-stage stochastic optimal control problems”, *Proc. IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signaling Processing*, Como, Italy pp. 107-114, 2001.
- [C14] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Design of receding-horizon filters for discrete-time linear systems”, *Proc. 15th Triennial IFAC World Congress*, Barcelona, Spain, 2002.
- [C15] M. Baglietto, R. Bolla, F. Davoli, M. Marchese, A. Mainero, M. Mongelli, “A unified model for a pricing scheme in a heterogeneous environment of QoS-controlled and best effort connections”, *Proc. International Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems*, San Diego, CA, pp. 414-421, 2002.

- [C16] M. Baglietto, M. Paolucci, L. Scardovi, R. Zoppoli, “Information-based multi-agent exploration”, *Proc. Third International Workshop on Robot Motion and Control*, Bukowy Dworek, Poland, pp. 173-179, 2002.
- [C17] M. Baglietto, R. Bolla, F. Davoli, M. Marchese, M. Mongelli, “Best-effort and guaranteed performance services in telecommunication networks: pricing and call admission control techniques”, in *Quality of Service in Multiservice IP Networks*, M. Ajmone Marsan, G. Corazza. M. Listanti, A. Roveri, Eds. Lecture Notes in Computer Science by Springer *Proc. 2nd International Workshop, QoS-IP 2003*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 661-675, 2003.
- [C18] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “On quadratic boundedness to solve estimation problems”, accettato per la presentazione al *4th IFAC Symposium on Robust Control Design (ROCOND)*, Milano, Italy, 2003.
- [C19] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Robust receding-horizon estimation for uncertain discrete-time linear systems”, accettato per la presentazione alla *European Control Conference*, Cambridge, UK, 2003.
- [C20] M. Baglietto, M. Paolucci, L. Scardovi, R. Zoppoli, “Entropy-Based Environment Exploration and Stochastic Optimal Control”, *Proc. 42nd IEEE Conference on Decision and Control*, Maui, Hawaii USA, pp. 2938-2841, 2003
- [C21] M. Baglietto, G. Battistelli, F. Vitali, R. Zoppoli, “Shortest path problems on stochastic graphs: a neuro dynamic programming approach”, *Proc. 42nd IEEE Conference on Decision and Control*, Maui, Hawaii USA, pp. 6187-6193, 2003
- [C22] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, T. Parisini, “Receding-horizon estimation for nonlinear discrete-time systems”, *Proc. 42nd IEEE Conference on Decision and Control*, Maui, Hawaii USA, pp. 5825-5830, 2003
- [C23] M. Baglietto, L. Scardovi, R. Zoppoli, “Active identification of unknown systems: an information theoretic approach”, *Proc. American Control Conference, ACC-2004*. Boston, MA, pp. 3826-3830, 2004
- [C24] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “A minimax receding-horizon estimator for uncertain discrete-time linear systems”, *Proc. American Control Conference, ACC-2004*. Boston, MA, pp. 205-210, 2004
- [C25] M. Baglietto, F. Davoli, M. Marchese, M. Mongelli, “Neural Approximation of Open Loop-Feedback Rate Control in Satellite Networks”, *Proc. International Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems*, San Jose, CA, pp. 337-344, 2004.
- [C26] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, T. Parisini, “New convergence conditions for receding-horizon state estimation of nonlinear discrete time systems”, *Proc. 43rd IEEE Conference on Decision and Control*, Paradise Island, Bahamas, pp. 2094-2099, 2004.
- [C27] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Receding-horizon estimation for switching discrete-time linear systems”, *Proc. 43rd IEEE Conference on Decision and Control*, Paradise Island, Bahamas, pp. 1902-1907, 2004.
- [C28] M. Baglietto, F. Davoli, M. Marchese, M. Mongelli, “Neural Approximation of Open Loop-Feedback Rate Control in Satellite Networks”, *Proc. 43rd IEEE Conference on Decision and Control*, Paradise Island, Bahamas, pp. 5016-5021, 2004.
- [C29] M. Baglietto, R. Bolla, R. Bruschi, F. Davoli, R. Zoppoli, “Neural Approximation of Team Optimal Dynamic Routing in IP Networks”, *Proc. 43rd IEEE Conference on Decision and Control*, Paradise Island, Bahamas, pp. 5140-5145, 2004.
- [C30] M. Baglietto, G. Battistelli, L. Scardovi, R. Zoppoli, “Neuro-Dynamic Programming for the exploration of unknown graphs”, *Proc. 16th IFAC World Congress*, Prague, 2005.

- [C31] M. Baglietto, G. Cannata, L. Scardovi, R. Zoppoli, “Optimal Control for Active Identification of Unknown Systems”, *Proc. 16th IFAC World Congress*, Prague, 2005.
- [C32] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Moving Horizon Estimation for Switching Discrete-Time Linear Systems”, *Prepr. International Workshop on Assessment and Future Directions of Nonlinear Model Predictive Control*, Freudenstadt-Lauterbad, Germany, pp. 197-204, 2005.
- [C33] M. Baglietto, D. Garassino, L. Scardovi, L. Zanchi and R. Zoppoli “A Neural Approach to Active Estimation of Nonlinear Systems”, *Proc. Joint 44th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference*, Seville, Spain, pp. 4511-4517 , 2005.
- [C34] M. Baglietto, G. Battistelli, R. Bolla, R. Bruschi, F. Davoli, R. Zoppoli, “A Neural Network Solution to QoS-IP Team-Optimal Dynamic Routing”, *articolo invitato, Proc. Joint 44th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference*, Seville, Spain, pp. 7452-7459 , 2005.
- [C35] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Robust Receding-Horizon Estimation for Discrete-time Linear Systems in the Presence of Bounded Uncertainties”, *Proc. Joint 44th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference*, Seville, Spain, pp. 4269-4274 , 2005.
- [C36] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Luenberger Observers For Switching Discrete-Time Linear Systems”, *Proc. Joint 44th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference*, Seville, Spain, pp. 7014-7019 , 2005.
- [C37] M. Baglietto, G. Battistelli, L. Scardovi, “Active Mode Identification Of Switching Systems”, *45th IEEE Conference on Decision and Control*, San Diego, CA, pp. 145-150, 2006.
- [C38] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Design of Observers with Commutation-Dependent Gains for Linear Switching Systems”, *Proc. American Control Conference*, pp. 2090-2095, 2007.
- [C39] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Robust Receding-Horizon Estimation for Uncertain Discrete-time Linear Systems via Semidefinite Programming”, *Proc. European Control Conference*, Kos, Greece, pp. 3331-3336, 2007.
- [C40] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Mode Estimation Techniques for Switching Discrete-Time Linear Systems.”, *Proc. 1st IFAC Workshop on Dependable Control of Discrete Systems*, Cachan-Paris, France, 2007.
- [C41] M. Baglietto, G. Battistelli, L. Scardovi, “Active mode observation of switching systems based on a-priori knowledge of the continuous state”, *Proc. 46th IEEE Conference on Decision and Control*, New Orleans, LA, pp. 1752-1757, 2007.
- [C42] M. Baglietto, G. Cannata, F. Capezio, A. Grosso, A. Sgorbissa, R. Zaccaria, “PatrolGRAPH: a Distributed Algorithm for Multi-Robot Patrolling”, *Proc. 10th Int. Conference on Intelligent Autonomous Systems*, Baden Baden, Germany, 2008.
- [C43] S. Ivaldi, M. Baglietto, G. Metta, R. Zoppoli, “Finite and receding horizon regulation of a space robot”, *Proc. Int. Conference on Mathematical Problems in Engineering, Aerospace and Sciences, ICNPAA 2008*, Genoa, Italy, 2008.
- [C44] S. Ivaldi, M. Baglietto, G. Metta, R. Zoppoli, “An application of receding-horizon neural control in humanoid robotics”, *Int. Workshop on Assessment and Future Directions of Nonlinear Model Predictive Control, NMPC’08*, Pavia, Italy, 2008.
- [C45] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, R. Zoppoli “Moving-horizon State Estimation for Nonlinear Systems using Neural Networks ”. *Proc. 47th IEEE Conference on Decision and Control*, Cancun, Mexico, pp. 2557-2562, 2008.

- [C46] A. Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, “Maximum-likelihood Kalman Filtering for Switching Discrete-time Linear Systems”. *Proc. 47th IEEE Conference on Decision and Control*, Cancun, Mexico, pp. 3192-3198, 2008.
- [C47] S. Ivaldi, M. Baglietto, D. Davoli, R. Zoppoli, “Optimal control of communication in energy constrained sensor networks through team theory and Extended Ritz Method”. *Proc. IEEE-CIS/INNS Int. Joint Conference on Neural Networks, IJCNN 2009*, Atlanta, GA, USA, pp. 1372-1379, 2009.
- [C48] M. Baglietto, G. Cannata, F. Capezio, A. Grosso, A. Sgorbissa, “A multi-robot coordination system based on RFID technology”. *Proc. Int. Conference on Advanced Robotics, ICAR 2009*, Munich, Germany, 2009.
- [C49] S. Ivaldi, M. Fumagalli, F. Nori, M. Baglietto, G. Metta, G. Sandini, “Approximate optimal control for reaching and trajectory planning in a humanoid robot”. Accettato per la presentazione a *Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2010)*.
- [C50] Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, V. Zavala “Advances in Moving Horizon Estimation for Nonlinear Systems”, *Proc. 49th IEEE Conference on Decision and Control*, Atlanta, GA, USA, pp. 5681-5688, 2010.
- [C51] Alessandri, M. Baglietto, G. Battistelli, V.M. Zavala “Computationally Efficient, Approximate Moving Horizon State Estimation for Nonlinear Systems”, 8th IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems, NOLCOS 2010, Bologna, 2010.
- [C52] M. Baglietto, G. Battistelli, P. Tesi, “Set-point Tracking in Mode-Observable Switching Linear Systems”, *Proc. 50th IEEE Conference on Decision and Control*, Orlando, FL, USA, pp. 429-434, 2011.
- [C53] M. Baglietto, G. Battistelli, P. Tesi, “On Stabilization and Tracking of Switching Linear Systems”, 2012 American Control Conference. Montreal, Canada. Accettato per la presentazione.

6.4 Tesi di Dottorato

- [D1] M. Baglietto, “Nonlinear approximators for team optimal control problems”, Tesi per il conseguimento del titolo di *dottore di ricerca* in Ingegneria Elettronica e Informatica, *Università di Genova*, Dicembre 1998.

Genova,

Marco Baglietto