

SINTESI DI CIRCUITI COMBINATI E COLLABORATIVI

Danilo Comminiello, Raffaele Parisi, Simone Scardapane, Michele Scarpiniti, Aurelio Uncini

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni (DIET)
"Sapienza" Università di Roma
Via Eudossiana 18, 00184 Roma

Parole chiave: circuiti collaborativi, filtri adattativi, combinazione convessa

La presenza di segnali interferenti può peggiorare notevolmente la qualità di un segnale desiderato ricevuto da una matrice di sensori. Tale problema si verifica in numerose applicazioni, specialmente nell'*array processing* e diventa ancora più evidente quando i segnali interferenti non sono stazionari [1]. Segnali interferenti non stazionari possono essere causati da bruschi cambiamenti del canale di propagazione o della posizione della sorgente. Inoltre, quando le sorgenti interferenti si trovano in ambienti *multipath*, quali ambienti acustici, è abbastanza difficile effettuare una riduzione di tale rumore senza deteriorare la qualità del segnale desiderato. In tali condizioni, la riduzione delle interferenze richiede spesso l'uso di filtri FIR con un gran numero di coefficienti, con conseguente elevata complessità computazionale e lenta velocità di convergenza.

Al fine di affrontare tale problema, sono stati proposti schemi basati sulla *combinazione* di sistemi adattativi robusti, simili ad un banco filtri. La combinazione adattativa di filtri è un approccio potente e flessibile atta a bilanciare le prestazioni dei singoli filtri adattativi [2, 3]. Nei sistemi adattativi combinati, infatti, si adottano solitamente sistemi in combinazione ad altri della stessa famiglia e proprietà complementari. Tuttavia, essi sono utilizzati anche con filtri di famiglie differenti utilizzando regole di aggiornamento o funzioni di costo differenti [2]. Il regime combinato è in grado adattativamente di passare tra i diversi filtri, fornendo così sempre la migliore prestazione possibile [3]. Su tale combinazione, opportunamente vincolata secondo criteri specifici, di due o più filtri adattativi in modo da ottenere una architettura in grado di offrire complessivamente capacità di tracciamento e a regime superiori ai singoli filtri [2], si basa l'idea di *collaborazione* e quindi di *architetture collaborative* [4] che prevede lo scambio di contenuti informativi tra i diversi filtri. Per motivi di spazio, in questa sede si farà riferimento alle sole architetture combinate.

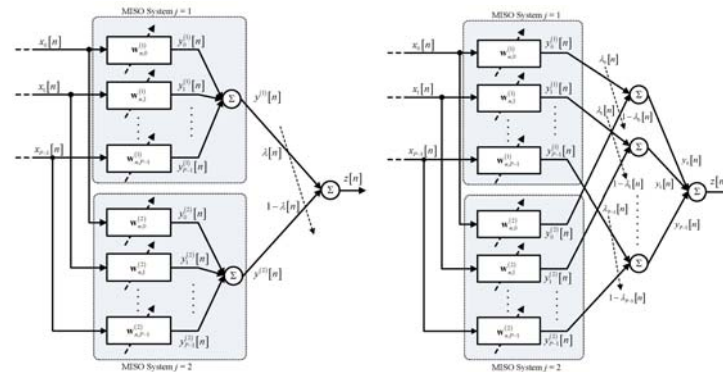


Figura 1 Architettura combinata *system-by-system* (SS) (a sinistra) e *filter-by-filter* (FF) (a destra).

In particolare, sono state proposte due diverse architetture combinate, basate sulla combinazione di sistemi adattativi con diverse regole di apprendimento [5-6]. Il primo sistema è basato sulla combinazione *system-by-system* (SS), in cui l'uscita globale del primo sotto-sistema è combinata in modo convesso con l'uscita globale del secondo sotto-sistema. La

seconda architettura è invece basata sulla combinazione *filter-by-filter* (FF), in cui ogni filtro adattativo del primo sotto-sistema è combinato in modo convesso con il filtro corrispondente del secondo sotto-sistema (Figura 1). In entrambi gli schemi, tutti i filtri adattativi vengono aggiornati attraverso il noto ed efficiente *algoritmo della proiezione affine* (APA). Tuttavia, al fine di differenziare i due sistemi, si utilizzano ordini di proiezione diversi per ciascun sistema.

Come esempio pratico, le precedenti architetture SS e FF sono state applicate per implementare un cancellatore adattativo di rumore (ANC) in ambiente non stazionario, ovvero in un contesto in cui la risposta impulsiva del canale acustico tra parlatore e ricevitore cambia bruscamente [7-9]. Le prestazioni del cancellatore sono state misurate in termini di *eccesso di mean square error* (EMSE) e riportate in Figura 2, utilizzando step-size e ordini di proiezione differenti. In tale figura, oltre al paragone tra le due architetture si riporta anche il paragone con due cancellatori adattativi di rumore convenzionali.

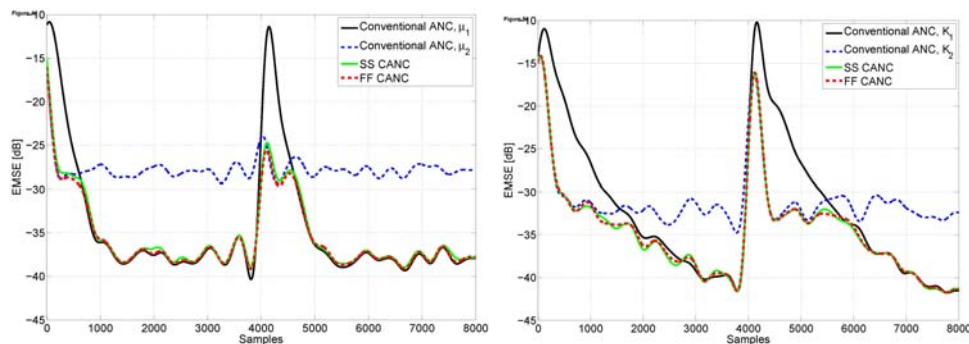


Figura 2 Prestazioni in termini di EMSE ottenute per un cancellatore ANC combinato di tipo SS e FF con step-size variabili (a sinistra) e ordine di proiezione variabile (a destra), rispetto a soluzioni tradizionali.

BIBLIOGRAFIA

1. A. B. Gershman, U. Nickel, F. Bohme, "Adaptive beamforming algorithms with robustness against jammer motion", *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 45, pp. 1878-1885, 1997.
2. S. Kozat and A. Singer, "Multi-stage adaptive signal processing algorithms," in *Proc. IEEE Sens. Array, Multichannel Signal Process. Workshop (SAM'00)*, Cambridge, MA, USA, 2000, pp. 380-384.
3. J. Arenas-García, M. Martínez-Ramón, A. Navia-Vázquez, and A. R. Figueiras-Vidal, "Plant identification via adaptive combination of transversal filters," *Signal Processing*, vol. 86, no. 9, pp. 2430-2438, Sep. 2006.
4. D. Mandic, P. Vayanos, C. Boukis, B. Jelfs, S. L. Goh, T. Gautama, T. Rutkowski, "Collaborative adaptive learning using hybrid filters", in: *Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Process. (ICASSP '07)*, Vol. 3, Honolulu, HI, 2007, pp. 921-924, 2007.
5. D. Communiello, S. Scardapane, M. Scarpiniti, R. Parisi, A. Uncini, "Convex Combination of MIMO Filters for Multichannel Acoustic Echo Cancellation", in *8th International Symposium on Image and Signal Analysis (ISPA2013)*, pp. 778-782, September 4-6, 2013.
6. D. Communiello, M. Scarpiniti, R. Parisi, A. Uncini, "Combined Adaptive Beamforming Schemes for Nonstationary Interfering Noise Reduction", *Signal Processing*, vol. 93, N. 12, 3306-3318, December 2013.
7. D. Communiello, M. Scarpiniti, R. Parisi, A. Uncini, "Combined Adaptive Beamforming Techniques for Noise Reduction in Changing Environments", in *Proceedings of 36th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP2013)*, pp. 690-694, July 2-4, 2013.
8. M. Scarpiniti, D. Communiello, R. Parisi, A. Uncini, "A Collaborative Approach to Adaptive Noise Cancellation", in B. Apolloni, S. Bassis, A. Esposito & C. Morabito, eds., *Neural Nets and Surroundings*, pp. 101-109, Springer, January 2013.
9. D. Communiello, S. Scardapane, M. Scarpiniti, A. Uncini, "Interactive Quality Enhancement in Acoustic Echo Cancellation", in *Proceedings of 36th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP2013)*, pp. 488-492, July 2-4, 2013.