

# CIRCUITI E ALGORITMI PER IL TRATTAMENTO NON LINEARE DEL SEGNALE AUDIO

*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

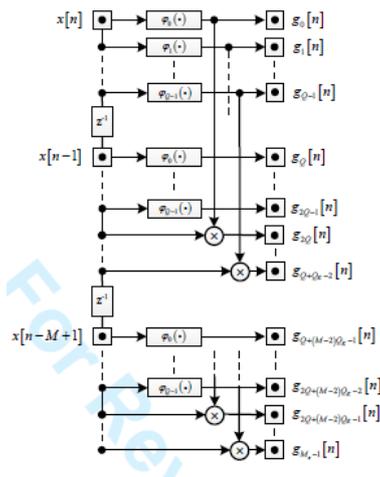
***Parole chiave: Architetture non lineari, cancellatore di eco acustica, functional link***

La presenza di non linearità nei percorsi del segnale acustico influisce sulle prestazioni delle architetture circuitali tradizionali, compromettendo i stringenti requisiti di qualità delle comunicazioni vocali. Negli ultimi anni, questo tema è diventato ancora più sensibile a causa della crescente diffusione di sistemi viva-voce di basso costo, che sono spesso composti da elementi di scarsa qualità che possono introdurre distorsioni non lineari, come amplificatori e altoparlanti, o l'involucro di materiali plastici che possono generare vibrazioni. Questi dispositivi possono causare non linearità significative distorcendo le risposte impulsive acustiche e portando così un notevole degrado della qualità percettiva del parlato [1,2]. Fenomeno molto complicato e sempre presente nella modellazione acustica è la presenza dell'eco acustica, ovvero quel fenomeno che insorge ogni qualvolta una versione ritardata ed eventualmente distorta di un segnale originario (riverbero) viene riflessa verso la propria sorgente [2,3]. Tale fenomeno è notevolmente complicato dalla presenza delle distorsioni non lineari introdotte dai dispositivi consumer. In tale contesto diventa quindi essenziale l'utilizzo di particolari architetture circuitali che possano cancellare il contributo peggiorativo introdotto dall'eco acustica non lineare. Tale dispositivo viene chiamato *Cancellatore di Eco Acustica Non Lineare* o *Nonlinear Acoustical Echo Canceler* (NAEC). Il NAEC è quindi una parte essenziale di tali sistemi e serve a migliorare la qualità dei segnali ricevuti.

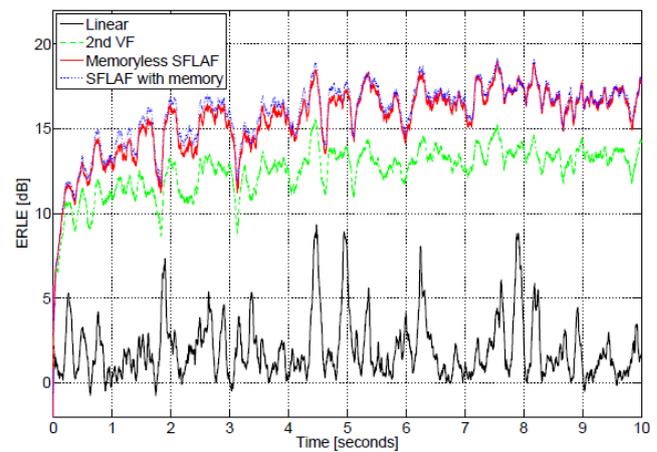
Negli ultimi anni, sono state studiate diverse architetture al fine di modellare le non linearità introdotte. La tecnica prevalente si basa sull'utilizzo di trasformazioni non lineari, tentando di modellare diversi tipi di distorsione [4]. La nostra Unità preferisce lavorare con un filtro adattativo non lineare che rende più semplice l'intero sistema NAEC.

In particolare, al fine di rendere l'adattamento di questi sistemi più veloci ed ottimali, si vuole sviluppare un nuovo concetto di filtraggio adattativo non lineare attraverso filtri adattativi basati su *functional links* (FLAF). La struttura di tali FLAF è costituita da un blocco di espansione funzionale che, tramite una serie di funzioni non lineari e non polinomiali, fornisce una rappresentazione aumentata delle informazioni di ingresso. Il segnale prodotto viene successivamente elaborato da un filtro adattativo lineare a valle, ottenendo così una modellazione delle non linearità presenti nel segnale (Figura 1). Alla più semplice versione di espansione senza memoria [5], si aggiunge una versione più performante in cui il blocco di espansione non lineare è dotato di *memoria* [6,7] che è in grado di raggiungere risultati migliori rispetto alla versione senza memoria.

I risultati ottenuti dall'architettura FLAF con memoria proposta, in termini di *Echo Return Loss Enhancement* (ERLE) in dB, sono superiori a quello ottenuti da altre tecniche (Figura 2) e rappresentano un ottimo risultato rispetto agli scenari di simulazione utilizzati [5, 6, 7].



**Figura 1** Architetture di espansione non lineare di tipo FLAF con memoria



**Figura 2** Confronti tra diverse architetture di cancellatori d'eco acustica

## BIBLIOGRAFIA

1. H. Kuttruff, "Room Acoustics", Taylor & Francis, 2000.
2. E. Hansler, G. Schmidt, "Acoustic Echo and Noise Control - A Practical Approach", Wiley, 2004.
3. Y. Huang, J. Benesty, J. Chen, "Acoustic MIMO Signal Processing", Springer, 2006.
4. A. Guerin, G. Faucon, and R. Le Bouquin-Jeannes, "Nonlinear acoustic echo cancellation based on Volterra filters," *IEEE Transaction on Speech and Audio Processing*, Vol. 11, N. 6, pp. 672-683, November 2003.
5. D. Comminiello, L. A. Azpicueta-Ruiz, M. Scarpiniti, A. Uncini, and J. Arenas-García, "Functional Link Based Architectures for Nonlinear Acoustic Echo Cancellation", in *Proc. of Hands-free Speech Communication and Microphone Arrays (HSCMA2011)*, pp. 180-184, May 2011.
6. D. Comminiello, M. Scarpiniti, L. A. Azpicueta-Ruiz, J. Arenas-García, and A. Uncini, "Functional Link Adaptive Filters for Nonlinear Acoustic Echo Cancellation", *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, Vol. 21, N. 7, pp. 1502-1512, July 2013.
7. D. Comminiello, M. Scarpiniti, R. Parisi, A. Uncini, "Convergence properties of Nonlinear Functional Link Adaptive Filters", *Electronics Letters*, vol. 49 N. 14, pp. 873-875, July 2013.
8. D. Comminiello, M. Scarpiniti, L. A. Azpicueta-Ruiz, J. Arenas-García, A. Uncini, "Nonlinear Acoustic Echo Cancellation Based on Sparse Functional Link Representations", *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 22, N. 7, pp. 1172-1183, July 2014.