

ALGORITMI INNOVATIVI PER L'EQUALIZZAZIONE ADATTIVA MULTIPUNTO E MULTICANALE PER SISTEMI AUDIO AVANZATI

Stefania Cecchi, Laura Romoli, Marco Virgulti, Francesco Piazza

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DII), Università Politecnica delle Marche,
Via Brecce Bianche 60131, Ancona (AN)

Parole chiave: *Equalizzazione adattativa, Decorrelazione, Identificazione Multicanale*

I sistemi di equalizzazione della risposta impulsiva di una stanza sono ampiamente utilizzati in ambienti quali cinema, sistemi home-theater, sistemi audio in macchina, per migliorare l'esperienza d'ascolto compensando la funzione di trasferimento dall'altoparlante all'ascoltatore [1].

In questo contesto, gli approcci proposti in letteratura possono essere distinti in due principali categorie: algoritmi di equalizzazione a singolo punto oppure multi punto [1,2,3,4,5,6,7,8]. La maggior parte di questi approcci considera equalizzatori fissi, ovvero calcolati a priori dopo aver effettuato l'analisi della stanza in un determinato istante temporale[5,6,7,8]. Tuttavia, è ben noto che l'ambiente di ascolto è tempo variante ed influenzato dai cambiamenti di temperatura e pressione e dai movimenti degli ascoltatori presenti nell'ambiente. Per questo motivo, è necessario considerare delle soluzioni adattative, capaci, di seguire le variazioni dell'ambiente trattato. Sono stati quindi introdotti in letteratura alcuni approcci adattativi [1,2,3,4], che prendono in considerazione anche la variazione della risposta impulsiva nello spazio oltre che nel tempo.

In particolare, è stato introdotto in [2] un nuovo approccio che combina semplicità e robustezza in relazione alla variabilità della risposta e abilità nel tracciare le variazioni nella risposta della stanza, considerando una situazione multicanale e gestendo anche il problema della non-unicità della soluzione dei sistemi adattativi multicanale, sfruttando tecniche di decorrelazione del segnale. Tale soluzione è stata poi estesa ed implementata per garantirne il funzionamento in tempo reale su sistemi audio commerciali come riportato in [1]. La Figura 1 mostra un diagramma dell'approccio proposto. Viene effettuata una stima adattativa e accurata delle risposte della stanza introducendo un approccio di ottimizzazione di tipo least mean squares normalizzato con un passo d'adattamento variabile, combinato ad una tecnica di riduzione della coerenza tra i canali basata sul fenomeno psicoacustico della "missing fundamental" per risolvere il problema di non-unicità della soluzione. L'equalizzatore è poi progettato nel dominio della frequenza warpato, al fine di migliorare l'equalizzazione nella parte bassa dello spettro, riducendo il costo computazionale dell'algoritmo così da consentirne il funzionamento in tempo reale.

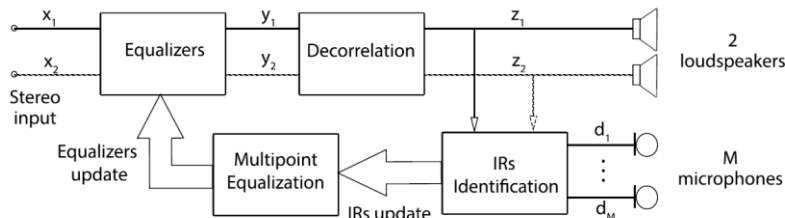


Figura 1: Schema dell'algoritmo proposto per l'equalizzazione multicanale.

La soluzione è stata valutata sia da un punto di vista oggettivo che soggettivo, illustrando l'efficacia del metodo proposto anche rispetto ad altri approcci presenti in letteratura. Da un punto di vista oggettivo, le Tabelle 1 e 2 mostrano i risultati ottenuti in termini di deviazione spettrale, rispettivamente per il canale sinistro e destro, calcolata prima (S_{in}) e dopo l'equalizzazione (S_{fin}), provando che l'approccio proposto raggiunge prestazioni migliori in relazione allo stato dell'arte. Inoltre, test d'ascolto hanno confermato la validità dell'approccio in termini di integrità

dell'immagine sonora complessiva (“*Main Impression*”), della corretta spazialità dell'immagine sonora (“*Spatial Impression*”) e della chiarezza della percezione (“*Transparency*”). Gli ascoltatori hanno riportato commenti positivi, considerando diversi generi musicali.

TABELLA 1: DEVIAZIONE SPETTRALE CALCOLATA SUL CANALE SINISTRO (A) SENZA EQUALIZZAZIONE E CON (B) IL METODO PROPOSTO, (C) IL METODO IN [8], (D) IL METODO IN [9].

S_{in}	(a)	2.28	2.42	2.30	2.41	2.35
S_{fin}	(b)	2.26	2.37	2.24	2.33	2.30
S_{fin}	(c)	2.45	2.56	2.42	2.47	2.47
S_{fin}	(d)	2.00	2.45	2.30	2.44	2.30

TABELLA 2: DEVIAZIONE SPETTRALE CALCOLATA SUL CANALE DESTRO (A) SENZA EQUALIZZAZIONE E CON (B) IL METODO PROPOSTO, (C) IL METODO IN [8], (D) IL METODO IN [9].

S_{in}	(a)	2.30	2.44	2.23	2.30	2.32
S_{fin}	(b)	2.32	2.37	2.18	2.22	2.27
S_{fin}	(c)	2.57	2.54	2.38	2.43	2.48
S_{fin}	(d)	1.93	2.47	2.45	2.50	2.34

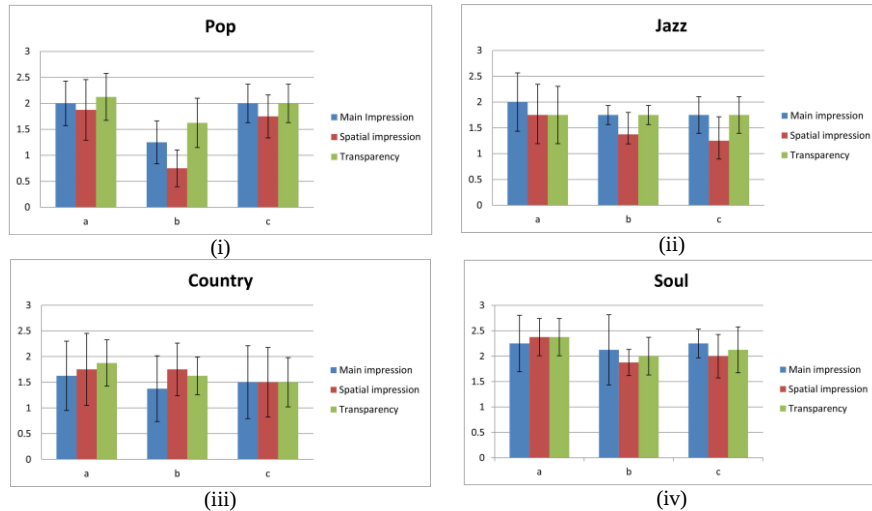


Figura 2: Risultati dei test d'ascolto utilizzando il valore medio e gli intervalli di confidenza e confrontando (a) il metodo proposto, (b) il metodo in [8] e (c) il metodo in [9] per diversi generi musicali.

Sviluppi futuri saranno orientati alla combinazione dell'approccio proposto per l'equalizzazione dell'ampiezza con un equalizzatore di fase o di ritardo di gruppo, così da modificare la fase del sistema, migliorando la percezione della spazialità.

BIBLIOGRAFIA

- [1] S. Cecchi, L. Romoli, A. Carini, and F. Piazza. A Multichannel and Multiple Position Adaptive Room Response Equalizer in Warped Domain: Real-time Implementation and Performance Evaluation. *J. Applied Acoustics*, Vol. 82, pp. 28-37, Aug. 2014.
- [2] Cecchi S, Romoli L, Piazza F, Carini A. A multichannel and multiple position adaptive room response equalizer in warped domain. *Proc. 8th int'l symposium on image and signal processing and analysis*, Sep. 2013.
- [3] Cecchi S., Primavera A., Carini A. and F. Piazza, “An Adaptive Multiple Position Room Response Equalizer In Warped Domain,” in *Proc. 19th European Signal Processing Conference*, Bucharest, Romania, Aug. 2012, pp. 1955–1959.
- [4] Cecchi S., Primavera A., Piazza F. and Carini A., “An adaptive multiple position room response equalizer,” in *Proc. 18th European Signal Processing Conference*, Barcelona, Spain, Aug. 2011, pp. 1274-1278.
- [5] Carini, A. and Cecchi, S. and Omiciuolo, I. and Piazza, F. and Sicuranza, G. L. “Multiple Position Room Response Equalization in Frequency Domain” *IEEE transaction on Audio, Speech and Language Processing*, Vol. 20 Issue 1, pp. 122-135, January 2012
- [6] Primavera, A., Cecchi, S., Piazza, F., and Carini, A., “Mixed Time – Frequency approach for Multipoint Room Response Equalization” *AES 45th International Conference*, Helsinki, Finland, 2012 March
- [7] Cecchi, S. and Palestini, L. and Peretti, P. and Romoli, L. and Piazza, F. and Carini, A., “Evaluation of a Multipoint Equalization System based on Impulse Responses Prototype” *Journal of Acoustic Engineering Society*, Volume 59 Issue 3 pp. 110-123; March 2011
- [8] Fuster L, De Diego M, Ferrer M, Gonzalez A, Pinero G. A biased multichannel adaptive algorithm for room equalization. In: *Proceedings of the 20th European signal processing conference (EUSIPCO)*; 2012. p. 1344–8.
- [9] Cecchi S, Palestini L, Peretti P, Piazza F, Bettarelli F, Toppi R. Automotive audio equalization. In: *Proc. 36th audio engineering society conference*, Deaborn, MI, USA; 2009. p. 1–10.