

ALGORITMI INNOVATIVI PER L'EQUALIZZAZIONE MULTIPUNTO DI UN SISTEMA AUDIO DIGITALE

Stefania Cecchi, Paolo Peretti, Laura Romoli, Andrea Primavera, Francesco Piazza

DIBET, Università Politecnica delle Marche
Via Brecce Bianche 1, 60131, Ancona (AN)

Nell'ambito del progetto europeo IP hArtes (VI programma quadro), le cui attività sono partite nel settembre del 2006 concludendosi a marzo del 2010, l'unità di Ancona ha collaborato con numerose università e grandi aziende europee al fine di realizzare un sistema audio avanzato per migliorare l'esperienza di ascolto in macchina, rendendo l'ambiente più confortevole [1,2,3,4,5]. Uno degli obiettivi è stato quello di realizzare un sistema avanzato di equalizzazione che rappresenta una fase fondamentale per avere un sistema ottimale di riproduzione sonora, indipendente dalle condizioni fisiche dell'ambiente. E' noto che l'equalizzazione acustica è un concetto complesso, soprattutto nel caso di un sistema audio all'interno di un autoveicolo che risulta essere un ambiente di ascolto non ideale: è un ambiente piccolo ed estremamente rumoroso che produce degli effetti negativi sulle caratteristiche spettrali, spaziali e temporali del campo sonoro emesso. Inoltre i sistemi di riproduzione sono multicanale e possono essere presenti diversi ascoltatori in posizioni differenti e nello stesso tempo, presentando quindi diverse condizioni di ascolto. L'equalizzazione fissa in un unico punto, può risolvere questo problema solo parzialmente, poiché l'ambiente è strettamente variabile [1,2,3,4,5,6].

Una soluzione promettente è quella basata su un'equalizzazione multipunto; sotto queste ipotesi, l'algoritmo proposto viene schematizzato in Figura 1. A partire da un certo numero di risposte impulsive misurate in posizioni differenti nella zona da equalizzare, vengono ricavate le risposte in frequenza applicando un smoothing dell'ampiezza dello spettro in n-esimi di ottava [7]. L'operazione di smoothing simula la ben nota proprietà del sistema auditivo umano che presenta una bassa risoluzione alle frequenze più alte, e una risoluzione più alta alle basse frequenze. In questo modo è possibile considerare una risoluzione non uniforme che decresce all'aumentare della frequenza così da ottenere un'equalizzazione meno precisa alle alte frequenze producendo una zona di equalizzazione più ampia [6,7]. A questo punto è possibile derivare una risposta impulsiva rappresentativa delle risposte misurate all'interno della cabina del veicolo, considerando una versione modificata delle risposte rispettivamente del canale destro e sinistro. La risposta in frequenza del prototipo può essere ottenuta utilizzando diversi approcci: nell'approccio descritto, il prototipo viene calcolato effettuando la media aritmetica delle risposte in frequenza considerate. Ottenuta la funzione prototipo, viene ricavato il filtro equalizzatore come modello inverso di questa funzione, utilizzando un modello LPC a soli poli [7], che permette di determinare la funzione di equalizzazione semplicemente considerando l'inverso del modello. L'utilizzo di un filtro di ordine basso permette di ridurre il carico computazionale e allo stesso tempo di migliorare la robustezza del filtro [7].

Sono stati realizzati dei test reali all'interno di una Mercedes R320 CDi V6 Sport car: questa macchina rappresenta il prototipo di laboratorio che è stato sviluppato all'interno del progetto europeo hArtes. Come atteso, i risultati dell'approccio a singolo punto risultano essere inferiori rispetto alla tecnica proposta; le risposte equalizzate con l'approccio multipunto mostrano una risposta in frequenza più piatta confrontata con quelle ottenute con

l'approccio a singolo punto (Figura 2). Considerazioni simili possono essere fatte considerando le Mappe di Sammon che forniscono una rappresentazione spaziale delle risposte impulsive e di quelle equalizzate [7]. Figura 3 mostra come tutte le risposte equalizzate con l'approccio multipunto risultano essere molto vicine all'origine (i.e. gli spettri risultanti sono piatti) comparati con i risultati ottenuti con l'approccio a singolo punto.

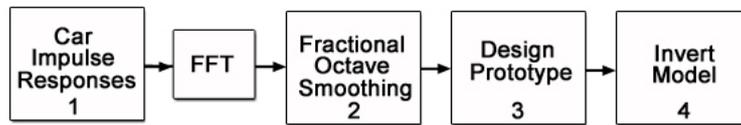


Figura 1 - Diagramma a blocchi dell'algoritmo proposto

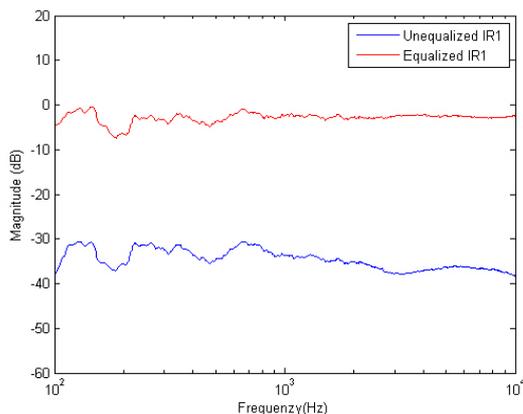


Figura 2 - Spettro in frequenza di una risposta impulsiva prima e dopo l'equalizzazione multipunto

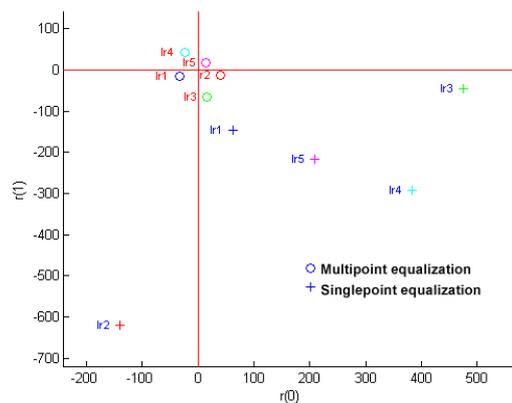


Figura 3 - Mappa di Sammon relativa all'equalizzazione multipunto e singolopunto

Sviluppi futuri sono orientati verso la realizzazione di una procedura automatizzata per la determinazione dei parametri ottimi di equalizzazione così da ottenere un ascolto omogeneo indipendentemente dalle caratteristiche dell'ambiente considerato.

Referenze

- [1] F.Piazza, S.Cecchi, L.Palestini, P.Peretti, F.Bettarelli, A.Lattanzi, E.Moretti, E.Ciavattini, "Demonstrating hArtes project approach through an Advanced Car In-formation System", ISVCS – Int. Symp. on Vehicular Computing Systems - July 22-24, 2008 – Dublin
- [2] S.Cecchi, L.Palestini, P.Peretti, E.Moretti, F.Piazza, A.Lattanzi, F.Bettarelli, "Advanced Audio Algorithms for a Real Automotive Digital Audio System" 125th AES Convention - 2-5 October 2008, San Francisco
- [3] F.Piazza, S.Cecchi, L.Palestini, P.Peretti and S.Squartini, "Advanced CIS Architecture and Algorithms for Enhanced in-Car Audio Listening" 2009 IEEE Int. Conf. on Networking, Sensing and Control Okayama City, Japan, March 26-29, 2009
- [4] S. Cecchi, L. Palestini, P. Peretti, F. Piazza, F. Bettarelli, and R. Toppi, "Automotive Audio Equalization" accepted at AES 36th Int. Conf., Dearborn, Michigan, USA, 2009 June
- [5] F. Piazza, S. Cecchi, L. Palestini, A. Lattanzi, F. Bettarelli, F. Capman, S. Thabuteau, C. Levy, J.F. Bonastre and R. Toppi "The hArtes Carlab: hardware implementation and algorithm development" accepted at AES 36th Int. Conf., Dearborn, Michigan, USA, 2009 June
- [6] S. Cecchi, Palestini, L., Peretti, P., Piazza, F. and Carini, A. (2009), "Multipoint Equalization of Digital Car Audio Systems", ISPA09, Salzburg, Austria
- [7] S. Cecchi, Palestini, L., Peretti, P., Romoli, L., Piazza, F. and Carini, A. (2009), "Evaluation of a Multipoint Equalization System based on Impulse Responses Prototype Extraction", Proceedings of the AES 127th Convention, 2009 October 9 - 12, New York NY, USA.