

# **ALGORITMI INNOVATIVI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA RIPRODUZIONE SONORA ALL'INTERNO DI UN AUTOVEICOLO**

*Stefania Cecchi, Emanuele Moretti, Paolo Peretti, Lorenzo Palestini, Laura Romoli,  
Francesco Piazza*

Dipartimento di Elettronica, Intelligenza Artificiale e Telecomunicazioni  
Università Politecnica delle Marche  
Via Brecce Bianche, 60131 Ancona

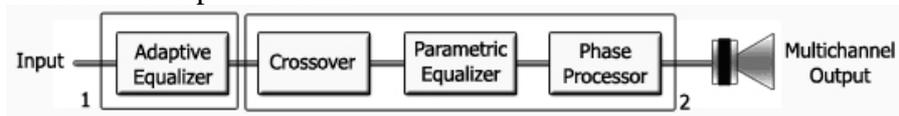
Negli ultimi anni, l'estensione dei sistemi DSP (Digital Signal Processing) per il trattamento digitale dei segnali ha permesso lo sviluppo di nuove tecniche e algoritmi per il miglioramento della riproduzione multicanale dei segnali audio. Tuttavia, nell'ambito dei sistemi di ascolto all'interno di autoveicoli, sono poche le applicazioni sviluppate, dal momento che è ben noto che l'automobile è 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 [1]. E' evidente che il suono diretto proveniente dagli altoparlanti viene attenuato o amplificato in relazione alle caratteristiche di assorbimento o di riflessione dei materiali interni, in funzione della posizione del circuito di diffusione e della forma del telaio interno dell'autoveicolo.

Nell'ambito del progetto europeo IP hArtes (VI programma quadro), le cui attività sono partite nel settembre del 2006, l'unità di Ancona collabora 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]. L'obiettivo principale è quello di realizzare un sistema riconfigurabile e adattativo, che possa cambiare le sue performance in risposta all'ambiente, avendo uno stretto controllo su ogni elemento del circuito audio in modo da renderlo personalizzabile e facilmente analizzabile. Lo schema proposto è riportato in Fig.1: la struttura può essere suddivisa in due parti.

Il primo riguarda il sistema di riproduzione; è noto in letteratura che gli altoparlanti di elevata qualità non riescono a coprire l'intero range di frequenze audio, quindi vengono utilizzati crossover digitali. Questi ultimi devono garantire una risposta in ampiezza piatta, transizioni di banda molto strette e risposte di fase lineari. Principalmente vengono impiegati filtri IIR All pass in modo da avere una transizione ridotta e una fase lineare, tuttavia un crossover ideale dovrebbe avere una transizione di banda infinitamente stretta per evitare interferenze tra bande adiacenti. Per questo motivo, spesso vengono impiegati filtri FIR che potrebbero però introdurre incertezze alle basse frequenze e un elevato grado computazionale. L'approccio proposto include quindi entrambi i metodi così da ereditare i vantaggi delle due tecniche [2]. Oltre a ciò, la forma irregolare dell'ambiente interno all'autoveicolo potrebbe dare origine a diverse risonanze, producendo picchi e ventri nella risposta in frequenza dell'ambiente tra 60 e 400Hz. Un approccio efficace per l'eliminazione di tali fenomeni è l'utilizzo di un equalizzatore parametrico su ogni ramo del crossover digitale, considerando anche un circuito che modifichi la fase del sistema, per evitare eventuali distorsioni [1].

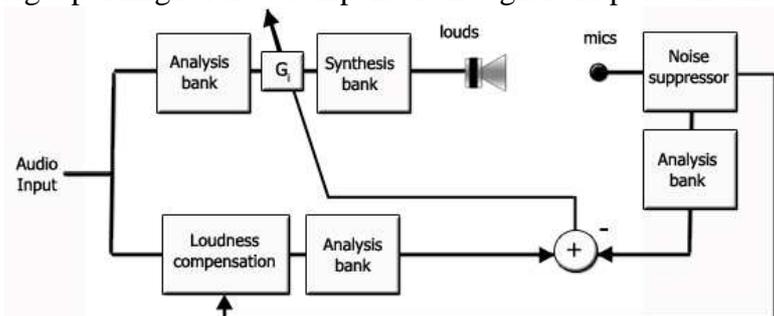
Il secondo modulo riguarda invece l'equalizzazione globale del sistema. L'equalizzazione acustica è un concetto complesso soprattutto nel caso di sistemi multicanale in macchina, in cui possono presentarsi diverse condizioni di ascolto. E' una fase fondamentale per avere 1) un incremento delle basse frequenze in presenza di rumore di

fondo; 2) evitare un'immagine sonora non corretta ; 3) variare le condizioni del sistema audio in relazione alla velocità del veicolo e alle condizioni del motore. L'equalizzazione fissa (non adattativa), può risolvere questo problema solo parzialmente, dal momento che l'ambiente è strettamente variabile [4][5]. Un'equalizzazione adattativa invece, in relazione alle variazioni dell'ambiente (rumore di fondo, numero e posizione dei passeggeri, andamento del veicolo), sembra essere la soluzione più indicata.



**Fig 1. Schema a blocchi del sistema audio proposto**

La soluzione proposta deriva da un approccio adattativo multirate [6]. L'idea è quella di suddividere i segnali con un banco di analisi e adattare i guadagni relativi ad ogni banda, dal momento che è noto sia il segnale audio di ingresso, sia il segnale modificato dalle riflessioni all'interno dell'abitacolo (Fig.2). Il segnale registrato viene quindi pre-elaborato considerando un soppressore di rumore, in modo da poterlo confrontare con il segnale originale. Il soppressore di rumore viene utilizzato anche per valutare l'entità del rumore di fondo così da poter ottenere una curva di compensazione del loudness, che introduce una curva di equalizzazione target per migliorare e compensare il segnale rispetto all'ambiente.



**Fig 2. Schema a blocchi del sistema di equalizzazione adattativo**

Sviluppi futuri sono orientati verso l'utilizzo di tecniche virtuali per la spazializzazione 3d del segnale sonoro all'interno dell'abitacolo, a partire dalla struttura presentata.

- [1] F.Piazza, S.Squartini, R.Toppi, M.Navarri, M.Pontillo, F.Bettarelli, A.Lattanzi, "Industry-oriented software-based system for quality evaluation of vehicle audio environments", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol 53, Issue 3, Jun 2006.
- [2] L. Palestini, P. Peretti, S. Cecchi, F. Piazza, F. Bettarelli, A. Lattanzi, "Linear phase mixed FIR/IIR crossover networks: design and real-time implementation", Accepted to AES 123° Convention, 2007, New York.
- [3] A.Lattanzi, F.Bettarelli, S.Cecchi, "NU-Tech: the entry tool of the hArtes toolchain for algorithms design", accepted for AES 124<sup>th</sup> convention Amsterdam.
- [4] S.Cecchi, P.Peretti, L. Palestini, F. Piazza, F. Bettarelli, A. Lattanzi, "Real Time Implementation of an innovative digital audio equalizer", Accepted to AES 123° Convention, 2007, New York.
- [5] S.Cecchi, L.Palestini, E.Moretti and F.Piazza, "A new approach to digital audio equalization", Accepted to 2007 IEEE WASPAA, New York, October 21-24, 2007.
- [6] Antonio Leite, Anibal Ferreira, "An improved adaptive room equalization in the frequency domain", presented at the 110th Convention 2005 May 28-31, Barcelona, Spain