

# ALGORITMI INNOVATIVI PER LO SPEECH REINFORCEMENT IN AMBITO AUTOMOTIVE

*Simone Cifani, Emanuele Principi, Eraldo Pomponi, Stefano Squartini, Francesco Piazza*

A3Lab, Dipartimento di Elettronica, Intelligenza Artificiale e Telecomunicazioni  
Università Politecnica delle Marche  
Via Brecce Bianche 31, 60131 Ancona

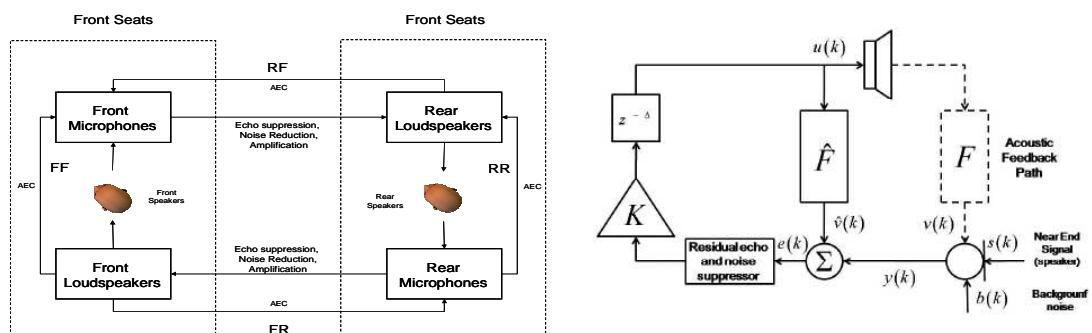
Le tecniche di speech reinforcement (SR) mirano ad aumentare l'intellegibilità del parlato per la comunicazione in ambienti acusticamente *ostili*, in cui la comunicazione è resa difficoltosa dalla presenza di rumore, eco e/o forte attenuazione del segnale vocale. Da un punto di vista generale quindi, un sistema SR nel suo complesso è composto da almeno un microfono, un amplificatore e un loudspeaker, più eventuali algoritmi per elaborare il segnale tra la fase di acquisizione e quella di emissione. È possibile identificare tre scenari principali in ambito SR: *applicazioni di tipo public address*, ovvero in grandi ambienti, caratterizzati dalla presenza di tempo di riverbero molto lunghi e soluzioni molto performanti in termini sia computazionali che di potenza; *applicazioni per hearing aids*, in cui l'apparato deve invece essere molto piccolo e con consumo energetico molto basso; *applicazioni in ambienti chiusi di dimensioni medio piccole* (come una piccola sala per conferenze o un'automobile) che si trova a metà strada tra le due situazioni precedentemente descritte. Ciò che accomuna tutte e tre le situazioni è la presenza di un *feedback acustico*, ovvero il fatto che il segnale amplificato in uscita dal loudspeaker viene riacquisito attraverso il microfono, ritornando in ingresso al sistema e creando così un circuito a retroazione positiva, che può portare alla instabilità.

L'obiettivo nel nostro caso è quello di realizzare un sistema di SR all'interno dell'abitacolo di un automobile, dove la comunicazione tra passeggeri è ostacolata dall'elevato livello di rumore, dalla mancanza di contatto visivo e dalla distanza tra parlatore ed ascoltatore, dall'uso di materiali fonoassorbenti e da numerosi altri fattori. Per questo, un sistema di speech reinforcement si rende necessario per far sì che la voce del parlatore arrivi agli ascoltatori con una chiarezza tale da poter essere compresa. Attualmente, i sistemi proposti in letteratura utilizzano un insieme di microfoni posizionati nel tetto dell'abitacolo, mentre i segnali vocali amplificati vengono riprodotti tramite gli altoparlanti dell'automobile. Due sono i problemi principali da affrontare [1], [2]:

1. Data la breve distanza tra altoparlanti e microfoni, il segnale in uscita dagli altoparlanti ritornano in ingresso ai microfoni dando origine all'eco acustica e ad eventuali instabilità
2. il sistema oltre ad amplificare il segnale utile, tende ad amplificare anche il rumore all'interno dell'automobile.

In altri termini, come descritto in [1] e come raffigurato in Fig.1a, per ogni canale di comunicazione bisogna risolvere un problema di AEC (Acoustic Echo Cancellation) ed uno di AFC (Acoustic Feedback Cancellation). Quest'ultimo può essere visto come una cancellazione d'eco in continua presenza di double-talk, per effetto del feedback (vedi Fig.1b), e rappresenta sicuramente un problema di difficile soluzione specialmente in condizioni rumorose. Molti algoritmi sono stati proposti sinora allo scopo e prevalentemente essi si basano su tecniche adattative per l'identificazione della risposta impulsiva incognita tra loudspeaker e microfono. Facendo riferimento alla letteratura [1], [2], l'approccio seguito

prevede l'uso di un filtro adattativo per l'attenuazione dell'accoppiamento elettro-acustico e un ulteriore filtro di soppressione d'eco residua (ESF in Fig.1 (b)), per garantire la stabilità del sistema a ciclo chiuso e ottenere una sufficiente attenuazione dell'eco in condizione di double-talk (dovuta al feedback). Infine per ridurre l'impatto del rumore in ingresso al microfono viene utilizzato un algoritmo di speech enhancement [5] basato sul filtraggio ottimo di Wiener. Tali soluzioni sono sicuramente complete in termini di SR ma sembrano non garantire alte prestazioni in presenza di significative potenze di rumore in ingresso ai microfoni. Recentemente sono state proposte delle tecniche avanzate e particolarmente performanti per la cancellazione automatica del feedback acustico delle che si basano sulla rappresentazione del segnale vocale del parlato attraversi modelli auto-regressivi non-stazionari [3], [4]. Esse sono state anche estese al caso "rumoroso", come provato dai risultati delle ricerche di alcuni degli autori della presente memoria [6]. L'obbiettivo è ora quello di applicare queste tecniche in scenari SR completi per l'automotive come in [1], [2], garantendo la corretta funzionalità in diverse situazioni operative. Questo richiederà di adattare gli algoritmi di cui sopra ai vincoli ingegneristici dell'ambiente d'interesse per avere adeguate prestazioni in tempo reale, cercando di mantenere soddisfacenti livelli d'intelligibilità dello speech anche con rumore ad elevata potenza. In particolare saranno investigate tecniche multimicrofono (per ogni canale di comunicazione) di processamento del segnale per una migliore riduzione dei disturbi [5] presenti nel veicolo.



**Figura 1 (a)** Schema di funzionamento di un sistema di SR a 2 canali (caso di una automobile con due file di sedili); **(b)** diagramma a blocchi del sistema di cancellazione del feedback

## Bibliografia

- [1] A. Ortega, E. Lleida and E. Masgrau: "Speech Reinforcement System for Car Cabin Communications" *IEEE Trans. on Speech and Audio Proc.*, Vol.13, No.5, Sept.2005.
- [2] G. Schmidt "Application of Acoustic Echo Control-An Overview", *Proceedings of EUSIPCO 2004*, 2004.
- [3] A. Sprriet, I. Proudler, M. Moonen, J. Wouters: "Adaptive feedback cancellation in hearing aids with linear prediction of the desired signal", *Signal Processing, IEEE Transactions*, Volume 53, Issue 10, Page(s): 3749 – 3763, Oct. 2005.
- [4] G. Rombouts, T. van Waterschoot, K. Struyve, and M. Moonen: "Acoustic feedback cancellation for long acoustic paths using a nonstationary source model", *Signal Processing, IEEE Transactions on*, Volume 54, Issue 9, Page(s): 3426 – 3434, Sept. 2006.
- [5] A. Hussain, M. Chetouani, S. Squartini, A. Bastari and F. Piazza "Nonlinear Speech Enhancement: An Introductory Overview", *Progress in Nonlinear Speech Processing*, eds. Y. Stylianou, M. F. Zanuy and A. Esposito, Springer LNCS, 2007.
- [6] A. Bastari, S. Squartini, F. Piazza, "Joint Acoustic Feedback Cancellation and Noise Reduction within the Prediction Error Method Framework", *HSCMA 2008, Proceedings of*, May 6<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> 2008, Trento, Italy.