

MISURA DELLA DISTORSIONE DI INTERMODULAZIONE IN APPARECCHI ACUSTICI CON IL METODO DELLA COMPRESIONE D'IMPULSO

¹Stefania Cecchi, ²Pietro Burrascano, ¹Alessandro Terenzi, ¹Valeria Bruschi

¹Dip. di Ingegneria dell'Informazione (DII), Università Politecnica delle Marche,
Via Brezze Bianche 60131, Ancona (AN)

²Dip. di Ingegneria, Università degli studi di Perugia, Via G. Duranti 96, 06125 - Perugia

Gli apparecchi acustici vengono ampiamente usati per la correzione e il trattamento di alcune patologie uditive. Nonostante la loro importanza questi dispositivi soffrono però di diversi problemi tra cui la non perfetta linearità nella riproduzione sonora. Tale distorsione può alterare in maniera significativa il segnale acustico amplificato, riducendo l'efficacia del dispositivo.

Risulta quindi fondamentale avere un metodo che permetta la misura di questa non linearità per avere una valutazione oggettiva delle prestazioni del dispositivo. La stima della distorsione può essere fatta tramite misure puntuali a diverse frequenze, oppure ricavata per tutta la banda di interesse a partire da un modello matematico non lineare che identifichi il dispositivo sotto test. Per questo motivo è importante disporre di modelli matematici in grado di modellare efficacemente questi dispositivi. In questo contesto sono stati sviluppati diversi approcci per l'identificazione e la modellizzazione efficiente di dispositivi non lineari. Gli approcci maggiormente utilizzati sono il modello di Hammerstein, il modello di Wiener, il modello di Hammerstein-Wiener e le serie di Volterra [1]. Il modello identificato può essere poi usato per emulare il comportamento non lineare, per compensarlo attraverso appositi filtri, oppure può essere usato per misurare in maniera oggettiva la distorsione prodotta. Di particolare interesse da questo punto di vista è la possibilità di estrapolare dal modello la distorsione di intermodulazione (IMD). Tale parametro permette infatti di valutare l'intelligibilità del segnale in uscita dal dispositivo. I metodi canonici [2] per la stima della IMD richiedono una lunga serie di misurazioni, mentre in [3,4] è stato proposto un approccio innovativo che con una sola misurazione fornisce il modello di Hammerstein generalizzato e la stima della distorsione. In [5] è stato proposto un metodo migliorato per la stima della IMD applicata agli apparecchi acustici. Il segnale usato per l'identificazione è una sovrapposizione di due chirp esponenziali shiftati nel tempo. Tale segnale viene dato in ingresso al sistema, con un setup simile a quello di Figura 1 e ne viene registrata l'uscita. Dal segnale acquisito è poi possibile ricavare dei kernel legati al modello di Hammerstein e alle componenti di intermodulazione prodotte che permettono il calcolo della IMD per tutta la banda di frequenze del segnale di identificazione.

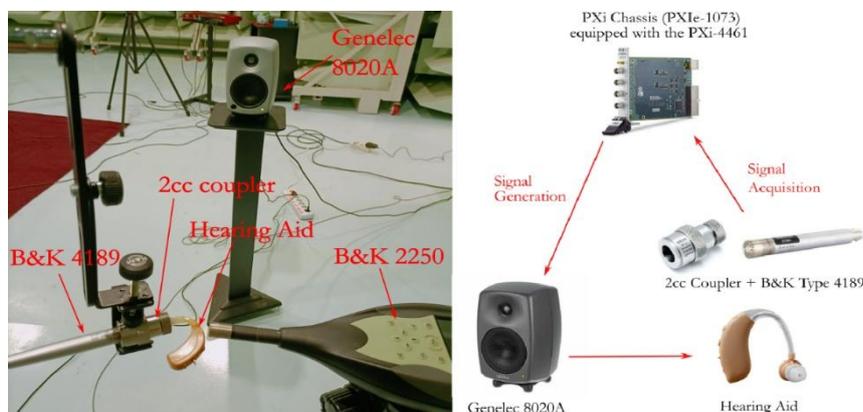


Figura 1 - Setup misura usato in camera semianecoica

In Figura 2 possono osservare alcune stime di IMD per diverse componenti di intermodulazione in un confronto tra le misure canoniche [2] e le misure con l'approccio proposto in [5].

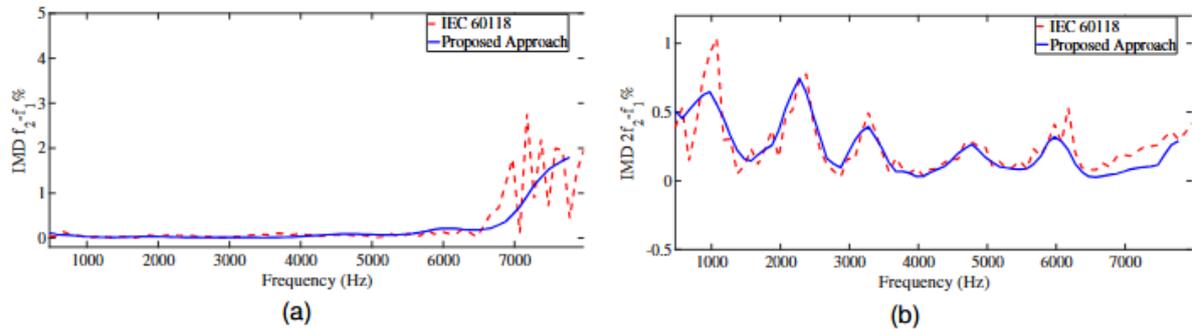


Figura 2- Stima dei parametri di distorsione di intermodulazione, la curva tratteggiata è la misura di riferimento mentre la curva continua e la stima con il metodo proposto

Sono state anche fatte delle considerazioni dal punto di vista statistico andando a verificare la stabilità dei due metodi nel caso di 20 misure ripetute. In Figura 3-a è visibile la media e la varianza del metodo canonico [2], mentre in 3-b del metodo proposto in [5]. Come si può vedere ad alta frequenza il metodo risulta più stabile fornendo misure che si mantengono in un intervallo di confidenza minore. Lavori futuri andranno a sviluppare il metodo estendendolo ad altri dispositivi e setup di misura.

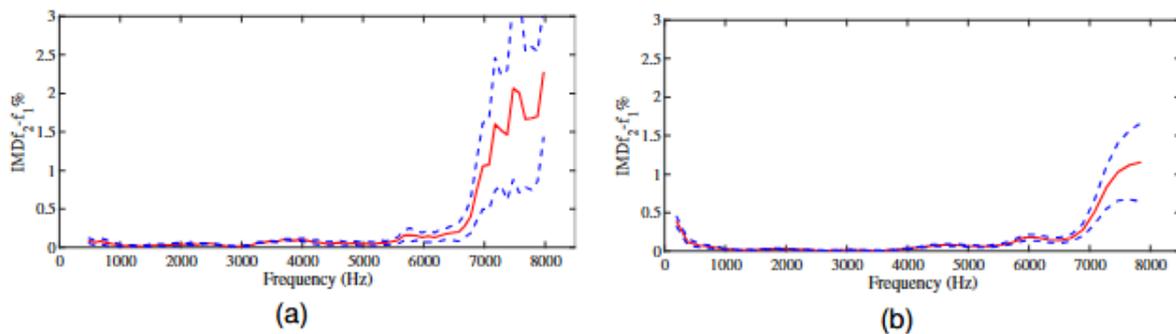


Figura 3- Valore medio e intervallo di confidenza su 20 misure ripetute, (a) metodo IEC, (b) metodo proposto

Bibliografia

- [1] A. Carini, S. Orcioni, and S. Cecchi, "Chapter 2: Orthogonal LIP Nonlinear Filters," in *Adaptive Learning Methods for Nonlinear System Modeling*, 2017.
- [2] International Electrotechnical Commission, IEC 60118-0:2022, "Electroacoustics - Hearing aids - Part 0: Measurement of the performance characteristics of hearing aids," Geneva, CH, Standard, Aug. 2022.
- [3] Burrascano, P., Laureti, S., Ricci, M., Terenzi, A., Cecchi, S., Spinsante, S., & Piazza, F. (2019). A swept-sine pulse compression procedure for an effective measurement of intermodulation distortion. *IEEE Trans. on Instr. and Measurement*, 69(4), 1708-1719.
- [4] Burrascano, P., Terenzi, A., Cecchi, S., Ciuffetti, M., & Spinsante, S. (2021). A Swept-Sine-Type Single Measurement to Estimate Intermodulation Distortion in a Dynamic Range of Audio Signal Amplitudes. *IEEE Trans. on Instr. and Measurement*, 70, 1-11.
- [5] P. Burrascano, A. Terenzi, V. Bruschi, S. Spinsante, and S. Cecchi, "A new methodology based on pulse compression technique for hearing aids distortion measurement," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 74, pp. 1–11, 2025 .