

EFFETTI PERCETTIVI DELLE PRIME RIFLESSIONI DIFFUSE SUL PARLATO

Nicola Prodi⁽¹⁾, Chiara Visentin⁽²⁾, Matteo Pellegatti⁽³⁾

1) Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, nicola.prodi@unife.it

2) Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, chiara.visentin@unife.it

3) Dipartimento di Ingegneria, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara, pllmtt1@unife.it

SOMMARIO

Lo studio considera l'effetto che diverse tipologie di riflessioni sonore hanno su alcuni aspetti percettivi nell'ascolto della parola. Sono utilizzate riflessioni misurate singolarmente da superfici speculari e diffuse posizionate sia lateralmente che superiormente al ricevitore, poi combinate per costruire campi acustici auralizzati. La comparazione tra le diverse condizioni è svolta utilizzando un segnale vocale. Si mostra come le valutazioni percettive siano molto sensibili al tipo di riflessione e come soprattutto la tipologia di riflessioni laterali sia cruciale per costruire l'immagine percettiva della sorgente.

1. Introduzione

Lo studio dell'effetto di una singola riflessione sulla percezione è stato inquadrato nell'ambito dell'effetto di precedenza [1]. Per le riflessioni diffuse sono stati ottenuti valori soglia rispetto a quelle speculari ma i risultati non sempre sono stati congruenti, anche per le diverse metodologie di calcolo dei ritardi temporali [2][3]. Gli effetti percettivi di una singola riflessione diffusa sono stati associati ad alterazioni della riverberazione, della colorazione del suono e della spazialità [4]. Uno studio recente [5] ha mostrato come la percezione della *distanza* della sorgente sonora sia influenzata dal tipo di riflessione, la *larghezza* non lo sia mentre per il *fuoco* la riflessione diffusa generi una immagine più chiara e focalizzata. Gli studi con più di una riflessione sono in numero molto minore e non contemplano quelle diffuse. Uno di questi [6] indica che le maggiori alterazioni sulla percezione della sorgente si hanno se le riflessioni seguenti arrivano entro 16ms. In questo studio si analizzano gli effetti di tre riflessioni speculari o miste diffuse speculari/diffuse che provengono dai lati o superiormente.

2. Materiali e metodi

Questo lavoro si basa sull'utilizzo e riagggregazione di riflessioni speculari e diffuse la cui misurazione è stata descritta in [5] al quale si rimanda per maggiori dettagli.

2.1 Partecipanti

Trentatré soggetti (18 donne, 15 uomini), madrelingua italiani con udito nella norma hanno svolto l'esperimento d'ascolto. L'età media è di 27.4 anni e si tratta di studenti o personale accademico. I soggetti non erano esperti nel compito.

2.2 Condizioni di ascolto

Al suono diretto sono state aggiunte due riflessioni laterali e una dal soffitto. R1 arriva da sinistra con ritardo rispetto al suono diretto $\Delta t = 5$ ms; R2 arriva dal soffitto con ritardo $\Delta t = 8$ ms e R3 arriva da destra con ritardo $\Delta t = 13$ ms. Sono state combinate le riflessioni in quattro modi: (a) tre riflessioni diffuse, (b) tre riflessioni speculari, (c) due riflessioni speculari dai lati e una diffusa dal soffitto e (d) due riflessioni diffuse dai lati e una speculare dal soffitto. Per ogni combinazione di riflessioni sono state preparate due condizioni geometriche, corrispondenti ad un ascoltatore vicino ($\alpha_{r1} = 63^\circ$, $\alpha_{r2} = 63^\circ$, $\alpha_{r3} = 79^\circ$) o lontano ($\alpha_{r1} = 34^\circ$, $\alpha_{r2} = 34^\circ$, $\alpha_{r3} = 45^\circ$) dalla sorgente. Le risposte all'impulso

così ottenute sono state convolute con le medesime frasi anecoiche, ottenendo otto segnali di test.

2.3 Procedure di test

Dopo l'ascolto di un segnale di test, i partecipanti valutavano le seguenti percezioni su scala VAS:

- (i) *Distanza* (estremi a 1m e 4m);
- (ii) *Larghezza* (estremi marcati "molto stretta" e "molto larga");
- (iii) *Fuoco* (estremi "molto poco" e "moltissimo");
- (iv) *Altezza* (estremi posti a 0 cm e + 60 cm).

2.4 Analisi dei dati

I dati sono stati trasformati in Z-scores dopo aggregazione per partecipante su tutte le condizioni. La trasformazione compensa le differenze tra individui e mantiene quelle tra condizioni. Nelle Figure da 1 a 4 si mostrano gli Z-scores per le diverse condizioni. È stato sviluppato un modello di regressione lineare per ciascuno dei quattro attributi con i seguenti effetti fissi: tipo/combinazione di riflessione, condizione geometrica e loro interazione a due vie. Il livello di significatività è posto a 0.05.

3. Risultati

La prima analisi riguarda i casi (b), (c) e (d) per studiare cosa accade aggiungendo diffusione rispetto a superfici speculari. L'effetto principale del tipo di riflessione è significativo per la *distanza* ($p=0.006$), l'*altezza* ($p=0.016$), e il *fuoco* ($p=0.007$), mentre per non lo è per la *larghezza*. L'analisi post hoc per la *distanza* rivela differenze tra (b) e (d) ($p=0.014$, $d=0.48$) e tra (c) e (d) ($p=0.01$, $d=0.56$). La condizione (d) è sempre percepita come più distante. Nell'*altezza* si osserva una differenza significativa solo tra (b) e (d) ($p=0.013$, $d=0.54$) e in (b) la sorgente è percepita come più alta. Nel *fuoco* i risultati dei test post-hoc forniscono (b) > (c) ($p=0.04$, $d=0.40$) e (b) > (d) ($p=0.008$, $d=0.57$) mentre non ci sono differenze tra (c) e (d). Un'analisi ulteriore è stata fatta per valutare le differenze delle condizioni miste (c) e (d) rispetto alla condizione (a). I due modelli statistici distinti implementati mostrano effetti significativi dell'angolo, del tipo di riflessione e la loro interazione. In particolare per la *distanza* l'analisi post hoc tra (a) e (d) mostra per l'angolo $34^\circ < 63^\circ$ ($p=0.004$, $d=0.53$), per l'*altezza* l'analisi post hoc tra (a) e (d) mostra (a) > (d) ($p=0.012$, $d=0.47$) e per la *larghezza* l'analisi post hoc tra (a) e (c) mostra una immagine più ampia per (a) nella condizione 34° ($p=0.04$, $d=0.68$). Non ci sono altri effetti significativi nei due modelli.

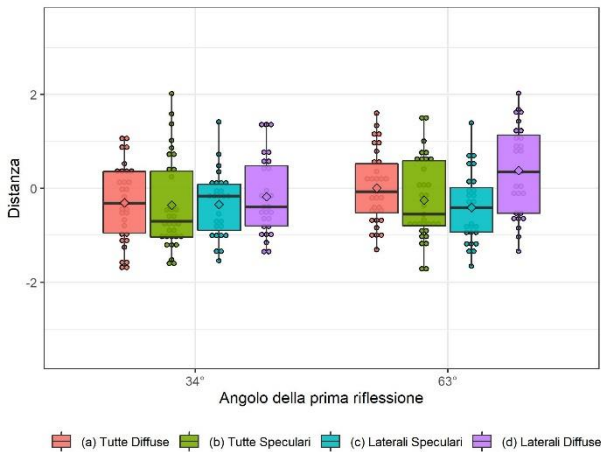


Figura 1 – Boxplot degli Z-scores della “Distanza”

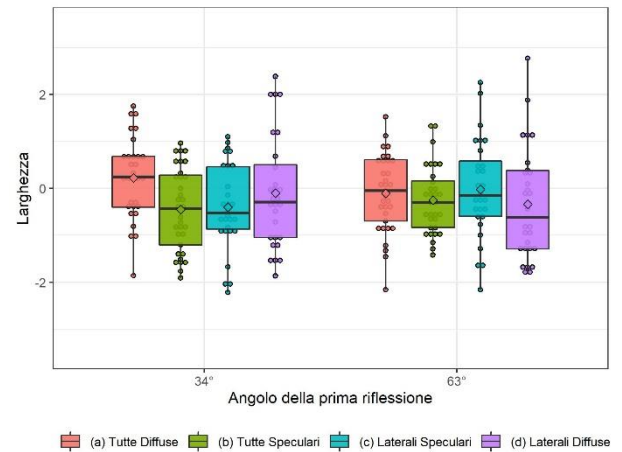


Figura 4 – Boxplot degli Z-scores della “Larghezza”

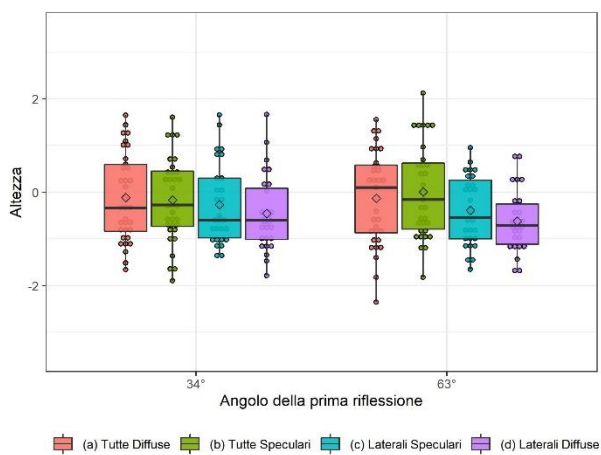


Figura 2 – Boxplot degli Z-scores della “Altezza”

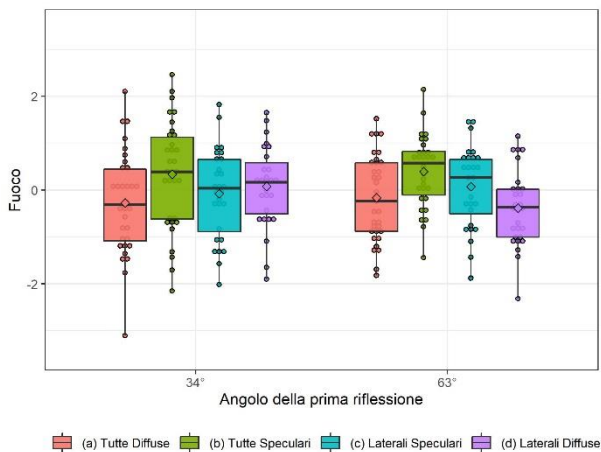


Figura 3 – Boxplot degli Z-scores del “Fuoco”

4. Discussione e conclusioni

Per quanto riguarda la *distanza* i risultati dicono che intervenire sulle pareti laterali con diffusione (d) è più efficace che intervenire sul soffitto (c) per aumentare la distanza percepita. E' interessante che tra tutte speculari (b) e tutte diffuse (a) non ci siano differenze significative ($p=0.29$) e che anche la comparazione di (d) con (a) non mostri differenze significative per il tipo di riflessione ($p=0.098$): si conclude che le pareti diffondenti sono già sufficienti a cambiare la *distanza* rispetto a (b) mentre aggiungere il soffitto diffondente cancella la differenza.

Similmente alla *distanza*, l'analisi dell'*altezza* mostra che la condizione (d) è la più efficace per condizionare il percepito restituendo l'altezza più contenuta. Comparando (a) e (d) la differenza è significativa ($p=0.012$) e questo è notevole perché la differenza tra (a) e (b) non è significativa. Cioè, per condizionare l'*altezza* sono efficaci le sole riflessioni laterali mentre se anche il soffitto è diffuso l'*altezza* è equivalente al caso speculare (b). Per il *fuoco* sia (c) che (d) sono significativamente diversi da (b) ma non vi è differenza tra loro, ossia sono egualmente meno a fuoco di (b). In più ciascuna delle due condizioni non è significativamente diversa da (a) [(a) - (d): $p=0.70$; (a) - (c): $p=0.22$]. Ne consegue che in questo schema geometrico per diminuire il *fuoco* è sufficiente aggiungere diffusione o sulle pareti o sul soffitto ma l'aggiunta di entrambe non diminuisce il *fuoco* ulteriormente. Infine l'analisi della *larghezza* ci mostra che non c'è differenza significativa tra le tre superfici speculari (b) e i casi nei quali sia diffuso o il soffitto (c) o le pareti laterali (d). Ma il confronto tra (a) e (b) mostra un effetto significativo del tipo di riflessione ($p=0.005$) con in (a) la sorgente percepita come più ampia. C'è quindi un effetto sinergico tra le riflessioni laterali e superiori per la *larghezza*. Per indagare meglio questo aspetto si vede che non c'è differenza significativa tra (a) e (d) ($p=0.14$) mentre tra (a) e (c) c'è una interazione significativa con l'angolo. La diminuzione di *larghezza* è più graduale ed è maggiore con il solo soffitto diffuso. D'altronde l'efficacia massima rispetto al caso tutto speculare si ottiene solo con le tre superfici diffuse, mentre con solo le pareti laterali o con il solo soffitto le differenze rispetto a (b) scompaiono.

5. Bibliografia

- [1] Litovsky, R. Y., Colburn, H. S., Yost, W. A., and Guzman, S. J.. *The precedence effect*, J. Acoust. Soc. Am. 106(4), 1633-1654. (1999).
- [2] Robinson, P. W., Walther, A., Faller, C., and Braasch, J.. *Echo thresholds for reflections from acoustically diffusive architectural surfaces*, J. Acoust. Soc. Am. 134(4), 2755-2764. (2013)
- [3] Wendt F., Höldrich R., *Precedence effect for specular and diffuse reflections*, Acta Acust. 5 1 (2021)
- [4] Shtrepi, L., Astolfi, A., D'Antonio, G., and Guski, M.. *Objective and perceptual evaluation of distance-dependent scattered sound effects in a small variable-acoustics hall*, J. Acoust. Soc. Am. 140(5), 3651-3662. (2016).
- [5] Visentin, C.; Pellegatti, M., Prodi, N.; *Effect of a single lateral diffuse reflection on spatial percepts and speech intelligibility*, J. Acoust. Soc. Am. 148 (1), 122-140 (2020).
- [6] Goupell M.J., Gongqiang Y., Litovsky R.Y., *The effect of an additional reflection in a precedence effect experiment*, J. Acoust. Soc. Am. 131(4), 2958-2967. (2012)