

# L'influenza dell'ambiente sull'emissione sonora

di Pierfrancesco Fravolini  
6Audio

I suoni che percepiamo non ci giungono così come sono stati emessi dalla sorgente sonora, ma vengono sempre, in misura maggiore o minore, modificati dall'ambiente in cui ci troviamo.

Qualunque superficie, infatti, riflette almeno una parte dell'energia sonora che vi arriva, e una parte di questa energia riflessa ritorna al nostro orecchio.

Se poi ci troviamo in un ambiente chiuso, le superfici riflettenti saranno più di una, tipicamente sei o più.

Un ambiente chiuso modifica pesantemente le caratteristiche di emissione di una sorgente sonora, in particolare di un sistema di altoparlanti.

Le modificazioni dipendono:

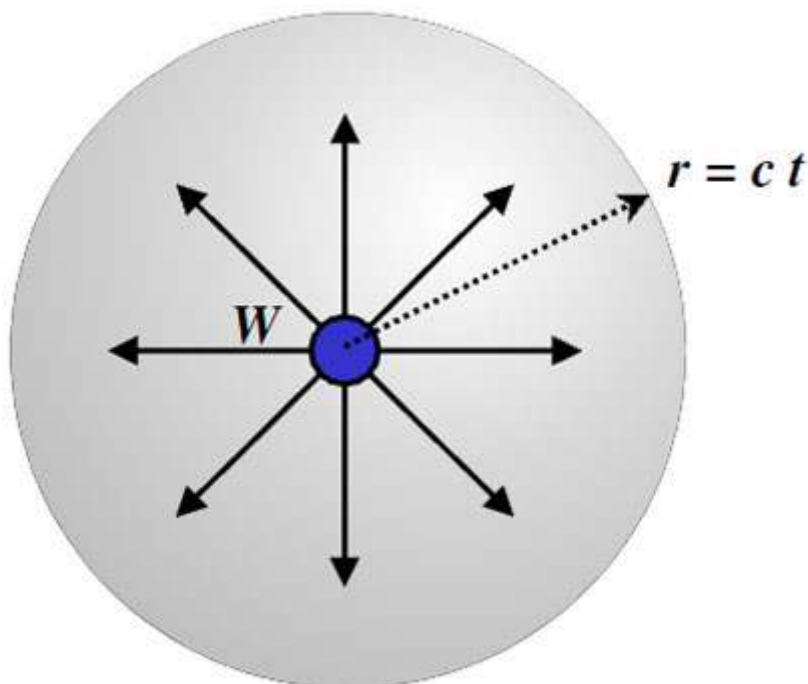
- dalle dimensioni dell'ambiente
- dalla distanza della sorgente dalle pareti
- dall'assorbimento delle pareti
- dalla posizione dell'ascoltatore
- dalle caratteristiche della sorgente stessa

Per capire bene come le pareti influenzino la risposta di un sistema di altoparlanti è necessario analizzare il sistema di altoparlante dal punto di vista della sorgente sonora.

## La sorgente omnidirezionale

Una sorgente si dice omnidirezionale quando in campo libero produce onde acustiche sferiche, ovvero emette con eguale intensità in tutte le direzioni.

Il diagramma di radiazione è quindi una sfera con il centro nella posizione spaziale della sorgente.



In campo lontano, siccome possiamo considerare piana la curvatura della superficie di un fronte d'onda, si ottiene

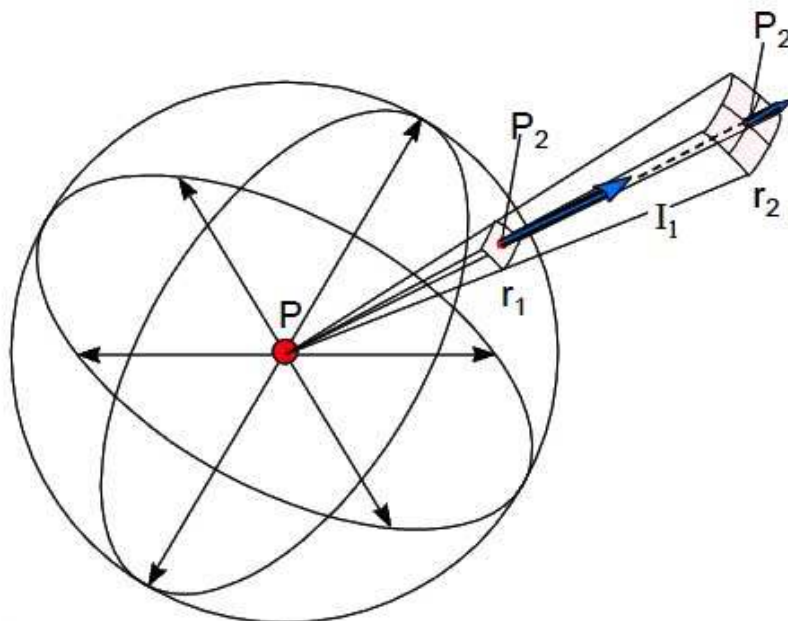
$$L_p \equiv L_I = L_W - 11 - 20 \log d \text{ [dB]}$$

L'attenuazione per divergenza sferica L tra i punti p1 e p2 è:

$$\Delta L = 20 \log (d_2 - d_1)$$

Nel caso particolare in cui  $d_2 = 2d_1$  l'attenuazione per divergenza sferica fornisce  $\Delta L = 6 \text{ dB}$ , cioè una diminuzione di 6 dB dei livelli di intensità e pressione sonora per ogni raddoppio della distanza sorgente-ricevitore.

Questo comportamento rispetta la regola dei 3 dB (ad un dimezzamento dell'energia corrisponde un calo del livello di 3 dB): raddoppiare la distanza dalla sorgente equivale a quadruplicare la superficie e quindi a ridurre ad un quarto l'energia ovvero ad un calo di 6 dB.



### Sorgenti puntiformi e sorgenti reali

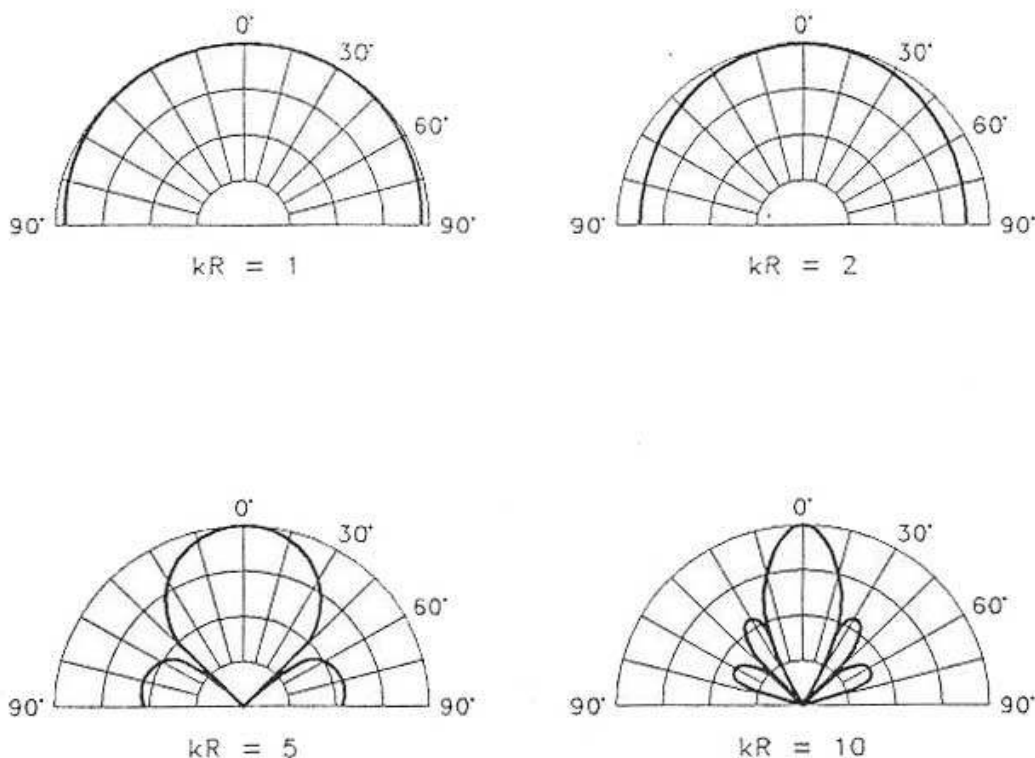
Le sorgenti reali (gli altoparlanti) non sono però puntiformi ma hanno una dimensione finita. Di conseguenza il loro diagramma di radiazione non sarà sferico e varierà nello spazio in dipendenza con la frequenza.

Una sorgente di dimensione caratteristica  $r_o$  (ad esempio un disco di raggio  $r_o$ ) può essere considerata puntiforme se soddisfa la seguente condizione:

$$k r_o = \frac{2 \pi r_o}{\lambda} \leq 1$$

cioè  $r_o \leq \lambda/6$

per valori di  $kr_0$  piccoli la forma del diagramma si discosta poco da quella di una sorgente omnidirezionale, mentre per  $kr_0 \geq 5$  la direzionalità diventa apprezzabile e compaiono dei lobi di radiazione sull'asse della sorgente e in direzioni laterali.



### Il fattore di direttività

Quando una sorgente sonora è appoggiata ad un pavimento riflettente o ad una parete allora è vincolata ad irradiare solo in una porzione di spazio.

Questo comporta che la quantità di energia irradiata in una certa direzione è maggiore che nel caso di radiazione uniforme.

Per tenere conto di questa caratteristica, ed in generale per tener conto di una non uniforme irradiazione di energia nello spazio circostante, si introduce il fattore di direttività  $Q$ , cioè il rapporto tra l'intensità sonora nella direzione  $\theta$  ( $I_\theta$ ) e l'intensità sonora ( $I_0$ ) che avrebbe il campo acustico in quel punto se la sorgente fosse omnidirezionale:

$$Q = \frac{I_\theta}{I_0}$$

Per sorgenti puntiformi appoggiate su pareti perfettamente riflettenti il volume a disposizione per la propagazione si dimezza e quindi  $Q=2$  e l'emissione in una determinata direzione aumenta di **6 dB**

Per sorgenti collocate lungo uno spigolo tra due pareti il volume diventa la quarta parte e quindi  $Q=4$  e si ha un aumento di **12 dB**

In un vertice si ha  $Q=8$  e 9dB di aumento di **18 dB**

## La distanza dalle pareti

Gli aumenti del livello di emissione di un altoparlante quando lo stesso viene collocato all'interno di un ambiente si hanno solo quando l'altoparlante è molto vicino alle superfici che delimitano la stanza. Ma cosa vuol dire "vicino"?

Supponiamo che il cono del woofer di un sistema di altoparlanti si trovi a 40 cm da un'unica grande superficie di confine (come avverrebbe se la cassa si trovasse sul pavimento al centro di una stanza) e che stia emettendo un tono sinusoidale a 50 Hz.

La lunghezza d'onda è  $344/50$ , o 6,88 metri



Durante il tempo necessario al suono per percorrere la distanza fra il cono ed il pavimento e ritorno, il cono avrà compiuto  $2 \times 40 / 688$  di ciclo ( $41,86^\circ$ ) in anticipo rispetto al ciclo dell'energia riflessa. Vale a dire che quest'ultima è quasi in fase con l'emissione diretta e di conseguenza si otterrà un aumento di quasi tutti, ma non tutti, i 6 dB. A questa frequenza l'altoparlante può essere definito "vicino" alla superficie.

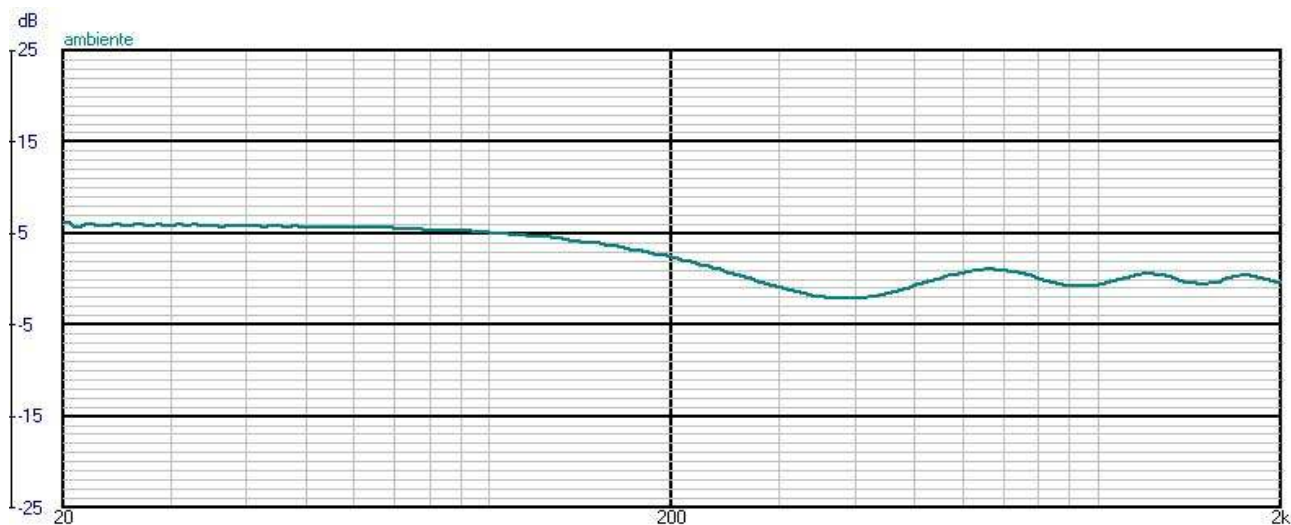
Se si aumenta la frequenza del tono a 215 Hz, la lunghezza d'onda diventa 160 cm.

In corrispondenza del cono, l'onda riflessa adesso è in ritardo sul suono diretto di mezza lunghezza d'onda ( $180^\circ$ ), e non si ha un aumento della potenza emessa. La "vicinanza" alle pareti della stanza deve perciò essere valutata in relazione alla lunghezza d'onda e dipende non solo dalla distanza, ma anche dalla frequenza.

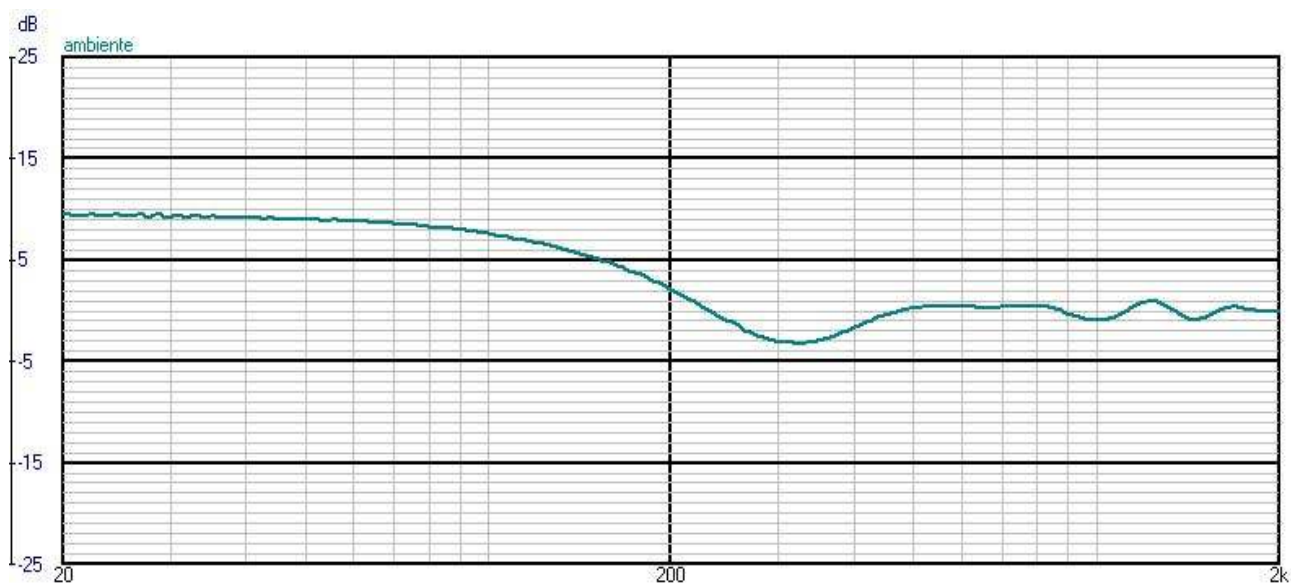
L'emissione di potenza del woofer varia, rispetto alla sua emissione in una camera anecoica, a seconda della sua distanza da una delle superfici che delimitano la stanza.

Nel grafico in figura vediamo la risposta (simulata dal programma winIRB, ma analoga a quella che si misurerebbe in camera anecoica) con l'altoparlante vicino ad un'unica grande parete.

A distanza di 0,1 lunghezze d'onda la potenza aumenta non più di 6 dB, ma di 5 dB; l'aumento è pari a zero a 0,25 lunghezze d'onda. Fra 0,25 e 0,5 lunghezze d'onda la potenza emessa è in realtà inferiore a quella che si ha in uno spazio anecoico. Per distanze maggiori di 0,5 lunghezze d'onda l'effetto è molto ridotto.

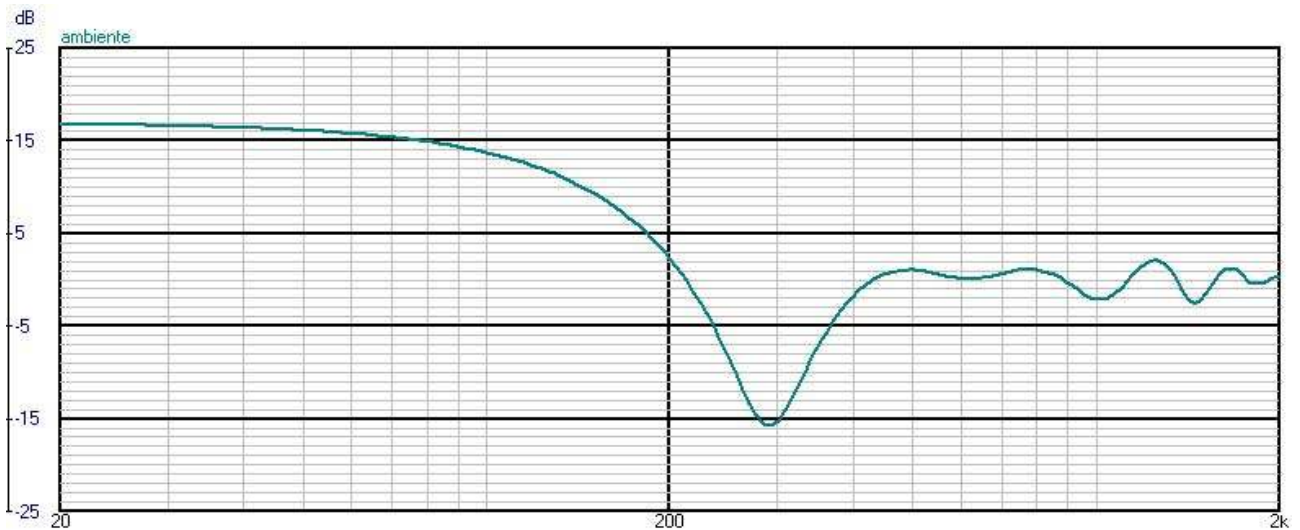


Questo comportamento è ancora più evidente quando l'altoparlante è equidistante da due superfici contigue della stanza.



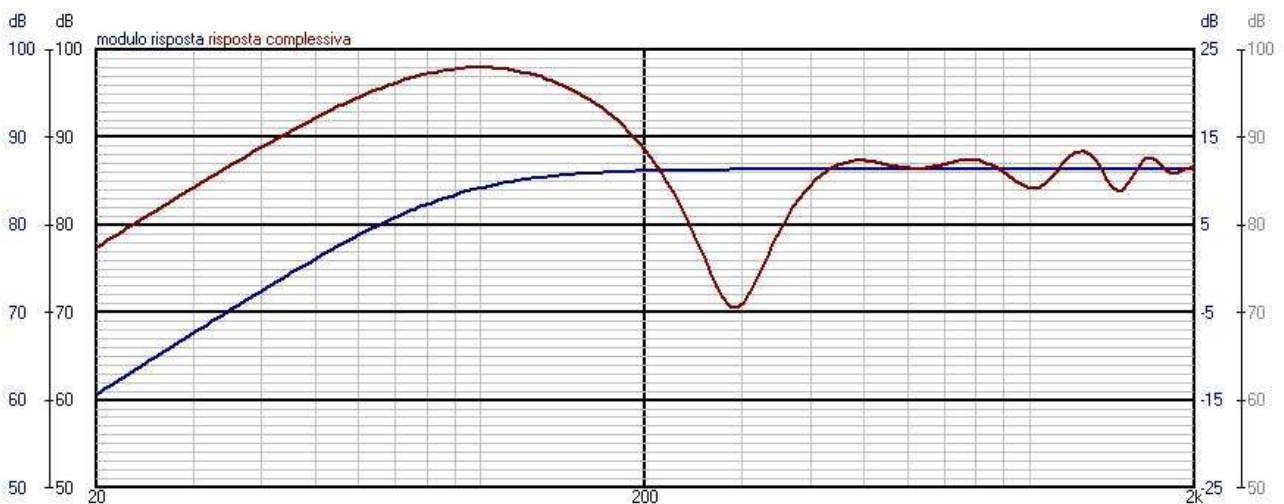
A distanze pari ad una frazione molto piccola di lunghezza d'onda otteniamo il previsto aumento di 12 dB nell'emissione, ma si verifica una perdita di 6 dB nella regione intorno a 0,3 lunghezze d'onda.

Ecco quello che avviene quando si pone un altoparlante equidistante dalle tre superfici che formano un angolo.



Il livello di pressione sonora varia da +18 dB a -17 dB rispetto all'emissione in uno spazio libero o in una camera anecoica.

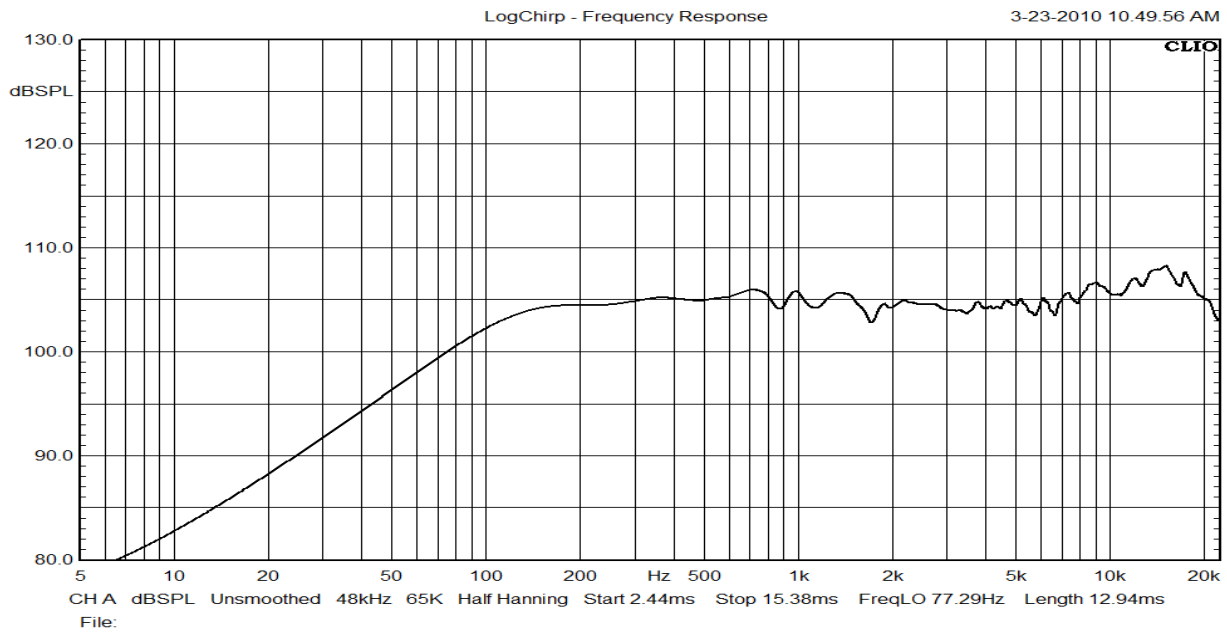
Ecco come viene modificata la risposta in gamma bassa di un sistema di altoparlanti quando viene montato in un ambiente. In questo caso il woofer è in angolo, a 40 cm da ogni parete.



### Influenza a media e alta frequenza

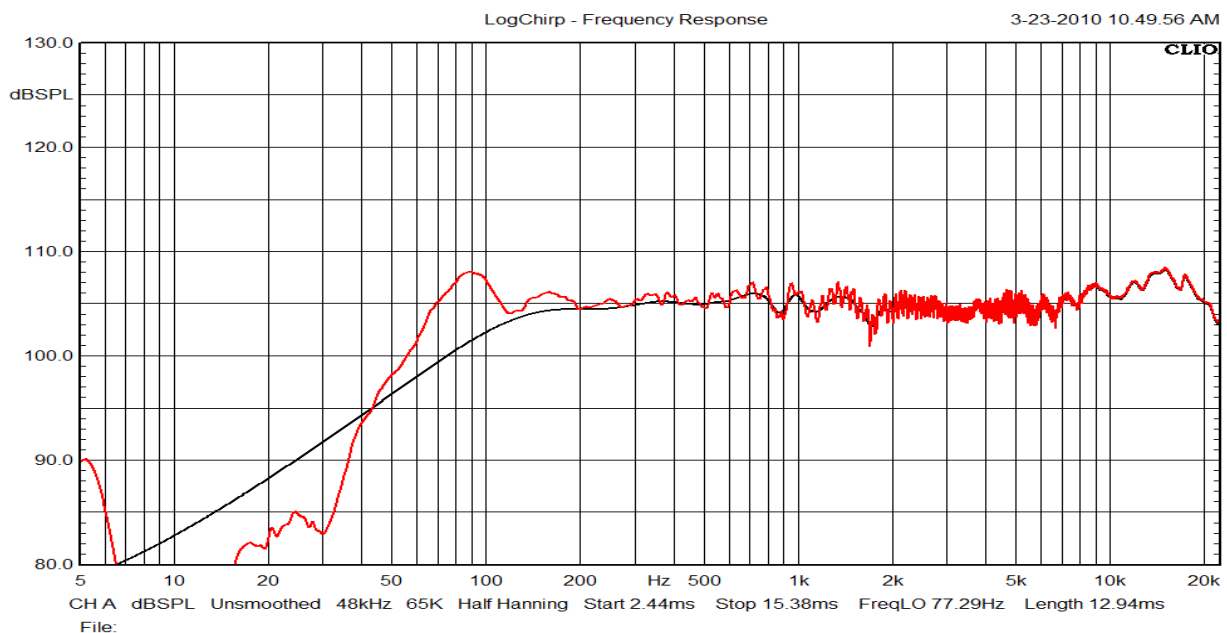
In gamma media e alta l'influenza delle pareti si manifesta con un filtraggio a pettine dipendente dalla vicinanza delle pareti e dalla posizione del microfono.

Nella figura è riportata la risposta misurata in camera anecoica di un sistema di altoparlanti a larga banda.



Nella figura seguente sono invece visibili gli effetti del del pavimento.

La risposta presenta in gamme media dei ripple dovuti all'interferenza tra suono diretto e suono riflesso dal pavimento. Inoltre in gamma bassa, attorno ai 100 Hz, è visibile l'effetto del carico acustico sul woofer.



### Considerazioni finali

Questi effetti dovuti alla vicinanza dei confini sull'emissione di potenza dell'altoparlante vengono modificati dalla configurazione delle risonanze dell'ambiente, come è facile supporre.

L'entità della modificazione è funzione dello smorzamento delle risonanze nell'ambiente, legato a sua volta al tempo di riverberazione.

L'aumento di efficienza a bassa frequenza che si può ottenere posizionando l'altoparlante in un

angolo è molto attraente. Ed è disponibile senza dover pagare il prezzo di un buco enorme nella risposta se il sistema di altoparlanti viene realizzato specificamente per questa applicazione.

Quasi tutti i sistemi di altoparlanti di alta qualità di design tradizionale avranno delle irregolarità nell'emissione a bassa frequenza perché non c'è praticamente nessun modo di evitarle. Possiamo però cercare di minimizzarne la gravità posizionando l'altoparlante in modo tale che sia a 0,3 lunghezze d'onda dalle tre superfici più vicine a frequenze ampiamente differenti, che daranno origine a tre depressioni di entità modesta anziché ad un'unica gola nella risposta di potenza. Per fare questo è necessario che il centro del woofer sia a distanze estremamente differenti da queste superfici e questo criterio è a sua volta facilitato quando si pone il woofer quanto più vicino possibile ad una delle superfici.

In ogni modo, sia per gli ascoltatori che per molti sistemi di altoparlanti, è determinante l'asimmetria della posizione.

6AUDIO®

Via Casalmonferrato 6  
00182 Roma – Italy  
Tel. +39 06 43406031  
Fax +39 178 6064102

[www.6audio.it](http://www.6audio.it)  
email: [info@6audio.it](mailto:info@6audio.it)

## BIBLIOGRAFIA

Adams, G., 1989, Time Dependence of Loudspeaker Power Output in Small Rooms, J. Audio Eng. Soc. vol. 37, aprile, pp. 203-209.

Allison, R.F., 1976, The Speaker and the Listener, Stereo Review, agosto, pp. 56-61. Allison, R. F. e Berkovitz, R., 1972, The Sound Field in Home Listening Rooms, J. Audio Eng. Soc. vol. 20, luglio/agosto, pp. 459-469.

Allison, R. F., 1974, The Influence of Room Boundaries on Loudspeaker Power Output, J. Audio Eng. Soc. vol. 22, giugno, pp. 314-320.

Allison, R. F., 1976, The Sound Field in Home Listening Rooms, II, J. Audio Eng. Soc., vol. 24, gennaio/febbraio, NO.1.

Ballagh, K. O., 1983, Optimum Loudspeaker Placement Near Reflecting Planes, J. Audio Eng. Soc., vol. 31, dicembre, pp. 931-935.

Harwood, H. D., 1970, 1971, Speakers in Corners, Wireless World, aprile, pp. 162-164, gennaio pp. 17-18.

Klipsch, P., 1970, 1971, Loudspeaker Performance, Wireless World, febbraio, pp. 50-52 e gennaio, p. 17.

Waterhouse, R. V., 1955, Interference Patterns in Reverberant Sound Fields, J. Acoust. Soc. Am., vol. 27, marzo.

Waterhouse, R. V., 1958, Output of a Sound Source in a Reverberation Chamber and Other Reflecting Environments, J. Acoust. Soc. Am., vol. 30, gennaio.

Waterhouse, R. V. e Cook, R.K., 1965, Interference Patterns in Reverberant Sound Fields/ II, J. Acoust. Soc. Am., vol. 37, marzo.