

Capítulo 1.

Room acoustics

Loudspeaker directivity and room response

Room reverberation time T60

Standing waves in a rectangular, rigid room

Reverberation distance

Rooms for multi-channel sound

Amplifier power to obtain Reference Level

Room response time

Room acoustics

Mucho se ha escrito en la prensa popular y profesional de audio, sobre el tratamiento acústico de los recintos. El propósito de tal tratamiento es permitir oír más al altavoz y menos del cuarto. Estoy convencido de que un sistema de sonido bien diseñado puede sonar bien en varios escenarios, y requiere un mínimo de tratamiento en cada uno de ellos

Para entender esta demanda miremos el comportamiento acústico típico de los cuartos de escucha de tamaño doméstico, que tienen dimensiones lineares que son pequeñas comparadas a la longitud de onda de 17 m de un tono bajo de 20 hertzios, pero es grande cuando está comparado a un tono de medios, con la longitud de onda de 200 hertzios o de 1.7 m (tecla G1 del piano).

Debajo de 200 hertzios la acústica de diversas localizaciones en el cuarto esta dominada por resonancias discretas. Sobre 200 hertzio estas resonancias se embalan tan firmemente en frecuencia y el espacio que el cuarto se comporta absolutamente uniformemente y es descrita por su tiempo de la reverberación RT60 (Ref. 1).

El tratamiento del cuarto puede ser muy efectivo por encima de 200 Hz, pero el mismo resultado se puede obtener más estéticamente con avíos ordinarios, decoración de la pared, alfombras en el suelo y variedad de cosas de las que nos gusta rodearnos. Cuándo el tratamiento es necesario, o cuan corto debe ser el tiempo de reverberación, depende de las características polares de la radiación del altavoz. Para mis diseños de baffle abierto, un cuarto viene totalmente bien cuando su RT60 cae debajo de 500 ms.

Podemos pensar que el sonido se propaga como un rayo de luz. Así, podemos utilizar un espejo para encontrar la región en la pared lateral o del techo donde el sonido del altavoz se puede reflejar hacia la localización de escucha preferida. Depende del diseño del conductor, del filtro y del baffle, es decir el patrón de radiación polar, si la región así encontrada es iluminado por el sonido con cualquier grado significativo. Si es así, hay entonces una variedad de cubiertas superficiales comerciales que están disponibles para dispersar y/o absorber la reflexión que molesta.

El rango de frecuencia acústicamente más problemático está debajo de 200 Hz, causado por la distribución irregular del espacio y frecuencia de resonancias del cuarto. Muchos programas se han realizados para calcular los nodos resonantes de un recinto y recomiendan el emplazamiento óptimo del altavoz y del oyente. Usualmente, los cuartos reales son mucho más complicados que los modelos calculados. Las paredes no son infinitamente rígidas, los cuartos tienen ventanas, puertas, aberturas, pisos suspendidos y techos, etc. Además, es el patrón polar y la impedancia acústica de la fuente del altavoz la que determina cuál de los nodos potenciales del cuarto se excita realmente y que grado. La utilidad de tales programas es marginal en el mejor de los casos. Asimismo, las proporciones recomendadas para el longitud del cuarto, la anchura y la altura no deberían ser tomadas más seriamente que otras proporcione, estas pueden basarse en la estética visual.

El diseño convencional cerrado o abierto de las cajas, sirve para la mayor parte de altavoces del mercado, y tienen una contribución significativa a los problemas del cuarto debajo de 200 Hz. Estos diseños son radiadores omni-direccionales, tienen tendencia a despertar un número máximo de resonancias del cuarto, particularmente cuando están situados en las esquinas del cuarto. Mientras esto acrecienta lo percibido en ciertas frecuencias bajas, puede ocasionar una falsificación del material grabado, a saber cuando la resonancia del cuarto decae más lentamente que el sonido original. En general, la respuesta de frecuencia en bajos de

los altavoces omni-direccional en cuartos pequeños es muy poco uniforme. Las tentativas de tratar el cuarto con los amortiguadores conseguirán diferencias marginales a menos que se utilicen muchos amortiguadores o superficies absorbentes muy grandes. Es mejor atenuar picos en la respuesta de graves con igualación paramétrica. Los agujeros en la respuesta no se pueden completar (Ref. 1).

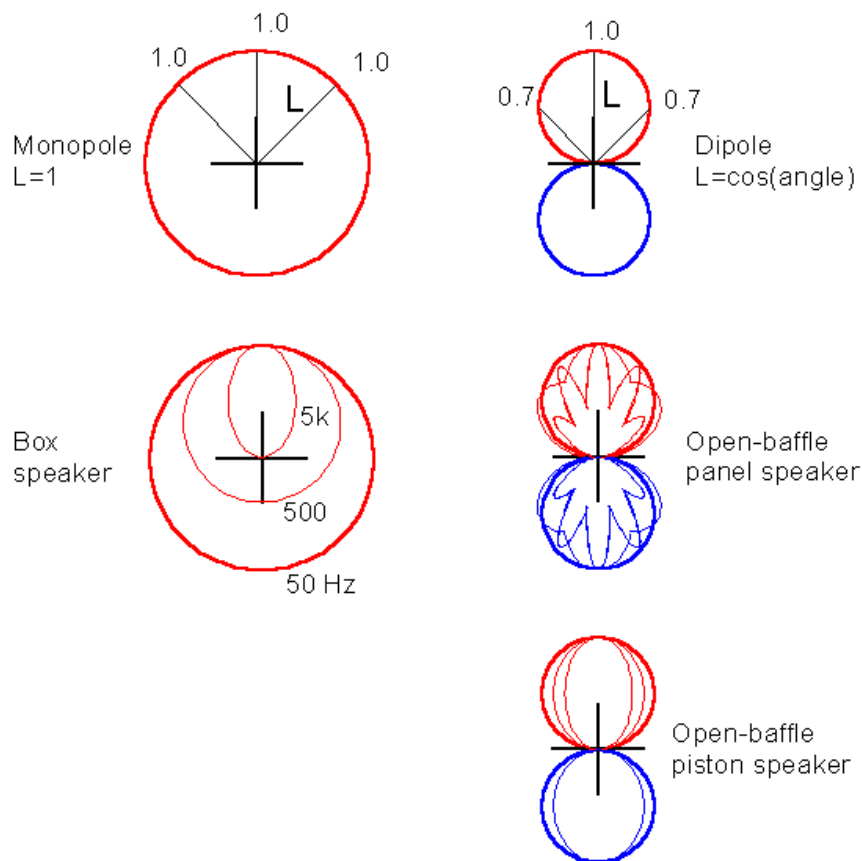
Con mucho, la respuesta más uniforme en el rango debajo de 200 Hz es obtenida con un deflector abierto, dipolo o Cardioide (patrón de radiación ocho polar). Por su direccionalidad, el dipolo excita muchas menos cantidades de resonancias en el cuarto que una fuente omni-direccional. La diferencia en la reproducción de bajos es sorprendente al principio, porque estamos acostumbrados a oír el bajo irregular y tronante de los altavoces típicos de cajas en cuartos pequeños. Rápidamente uno aprende a reconocer la distorsión * de esta combinación y esto se vuelve intolerable.

Para evaluar una combinación del cuarto dado y del altavoz un CD está disponible. Contiene bandas de sonido únicas para identificar resonancias del cuarto y su efecto en la claridad de reproducción sonora. Muchas de las pruebas no precisan instrumentación aparte de sus oídos.

Loudspeaker directivity and room response

Cuando un altavoz es colocado en un cuarto oímos a ambos, su sonido directo, o sea el sonido que llega por el camino más pequeño, y la contribución sonora debido a las resonancias, reverberación y reflexiones causadas por los linderos del cuarto y los objetos que tiene. Los dos sonidos se superponen e influyen nuestra percepción de timbre, el tiempo del momento y la posición espacial de la fuente del sonido virtual. Así, la radiación del eje del altavoz tiene gran influencia en la naturalidad de reproducción sonora aun cuándo usted escuche en eje y más cuando, este lejos del altavoz.

Dos fuentes básicas y fundamentalmente diferentes de sonido son el monopolo y el radiador dipolo. El monopolo ideal es una esfera acústicamente pequeña que pulsa, y el dipolo ideal es una esfera pequeña oscilante hacia adelante y hacia atrás. El monopolo radia uniformemente en todas las direcciones, mientras que el dipolo es direccional con distintos ·nulls “en la vertical del plano a su eje de oscilación. La radiación 3 D, o el patrón polar del monopolo son como la superficie de una pelota de baloncesto, El dipolo es como dos pelotas ping-pong adheridas. En + / - 45 grados fuera de eje la respuesta del dipolo $L = \cos(45) = 0.7$ o 3 dB menor, el monopolo son iguales con $L = 1$.



La gráfica de arriba muestra patrones característicos de la radiación de fuentes diferentes de sonido para bajas, medias y altas frecuencias con respuesta en eje (On-axis).

Prácticamente los altavoces no son ni monopolos puros ni dipolos puros excepto en las bajas frecuencias hacia donde las guías acústicas son grandes comparadas con las dimensiones del gabinete.

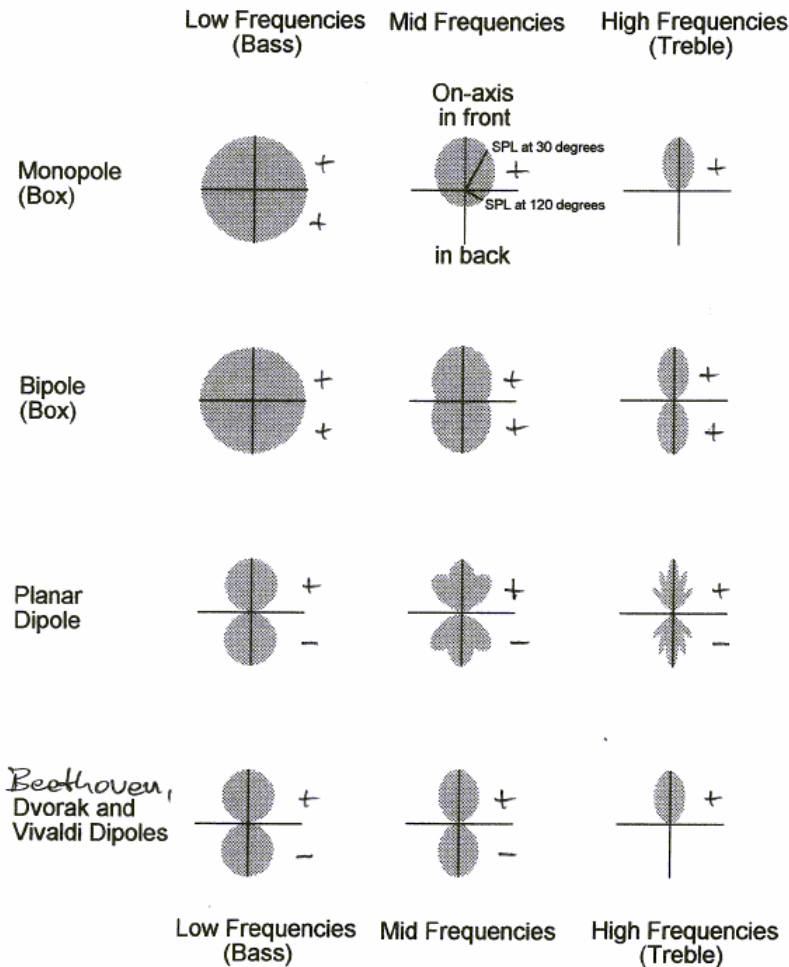


Figure 1. Sound radiation from different types of loudspeakers. The polar diagrams show the typical change in sound pressure level (SPL) in the horizontal plane with off-axis angle for the three ranges of the audible frequency spectrum. The diagrams give the general trend of radiation behaviour without product specific detail and without the radiation behaviour in the transition regions between low, mid and high frequencies.

*Audio Artistry Dvorak review in Stereophile
(April 1996, p. 204)
SL 2/9/02*

Figura 1. Radiación sonora para diferentes tipos de altavoces. Los diagramas polares muestran los típicos cambios en la presión sonora (SPL) en el plano horizontal con el Angulo off-axis para tres rangos del espectro audible. Los diagramas dan la tendencia general del comportamiento de la radiación sin detalle del producto específico y sin el comportamiento de la radiación en las regiones de transición entre medios bajos, y las altas frecuencias.

El monopolo ideal es omni-direccional en todas las frecuencias. Muy pocos diseños de altavoces en el mercado de consumo hay que se acerquen a este comportamiento. Este tipo de altavoz ilumina el cuarto auditivo uniformemente y el sonido percibido es fuertemente influenciado por el sello acústico del cuarto. El resultado puede ser realmente agradable, sin embargo, ya que una gran cantidad del promedio acústico radiado en cada dirección

ocurre. Desafortunadamente, el sonido directo es enmascarado en demasía por el sonido de la habitación.

La típica caja de altavoz, ya sea abierta, pasabanda o cerrada, es omni-direccional en bajas frecuencias y es cada vez más direccional hacia las frecuencias superiores. La potencia acústica total radiada, aun cuando sea plana on-axis, tiene una caída causada por la habitación típica de 10 dB (10x) o más entre las frecuencias bajas y altas. La respuesta dispereja de potencia y la fuerte excitación asociada de baja frecuencia alojan nodos contribuyen para lo familiar (y a menudo deseado:-) El sonido genérico del altavoz de caja. Éste no puede ser la vía para la reproducción de sonido esto es verdad para el original.

La respuesta direccional del dipolo ideal es obtenida con altavoces abiertos del deflector en bajas frecuencias. Nota, eso para obtener lo mismo en nivel de presión acústica del eje desde un monopolo, unas necesidades del dipolo para radiar sólo 1/3rd de la potencia del monopolo en el cuarto. Esto significa 4.8 dB menos contribución de la firma acústica del cuarto para el percibido sonido. También podría significar 4.8 dB menos el sonido para su vecino, o un tanto así más sonido menos usted. A pesar de este dipolo de ventaja los altavoces no son a menudo aceptables, porque tienen tendencia a construirse como los paneles físicamente grandes que interfieren con se alojan estética, y parecen padecer de salida insuficiente del bajo, colocación crítica del cuarto y un "lugar dulce" estrecho.

Estas reclamaciones son ciertas para el grado diversos a merced del diseño específico de un altavoz dado del panel. Por el corto circuito acústico progresivo entre parte delantera y parte posterior como las disminuciones reproducidas de frecuencia de la señal, la membrana de un altavoz del deflector abierto tiene que mover más aire localmente que el cono del conductor de un altavoz de la caja para el mismo SPL en la posición auditiva. Esto requiere un área de la superficie radiante grande, porque las excursiones realizables son usualmente pequeñas para conductor electrostático o carismático del panel. El desplazamiento obtenido de volumen limita la salida máxima del bajo. La distorsión no lineal, sin embargo, esta a menudo mucho más abajo que los altavoces dinámicos. El área radiante grande quiere decir que el panel se vuelve multidireccional aumentando frecuencia que contribuye a la colocación crítica del cuarto y la posición auditiva.

Si el altavoz del baffle abierto está construido con cono convencional tipo altavoces dinámicos excursión lineal de capacidad grande, la salida adecuada de bajos y la radiación uniforme off-axis son fácilmente obtenibles en un paquete que es

lo suficientemente bueno que un panel grande, sin embargo no como en trozos pequeños como un altavoz de la caja. Tales altavoces se construyeron por S.A. Audio Artistry y el proyecto DIY está descrito en este cuarto Web como el proyecto FÉNIX. Este tipo de altavoz tiene una respuesta de potencia mucho más uniforme que el altavoz típico en caja. No sólo es su salida de bajos en proporción con la música, porque la contribución de resonancia del cuarto es grandemente reducida, sino que también el carácter del bajo ahora suena más como los instrumentos musicales reales. Mi hipótesis es que tres efectos se combinan producir la claridad mayor del bajo:

1 - Un altavoz del deflector abierto, del dipolo tiene un patrón de radiación con una figura de ocho y por consiguiente excita menos nodos del cuarto.

2 - Su potencia total radiada es 4.8 dB menos que de un monopolo para la misma radiación on-axis de SPL. Así la fuerza de los nodos excitados es menor.

3 - UNA diferencia 4.8 dB en SPL en las bajas frecuencias es muy significativa, el merecido para el agrupamiento de la sonoridad igual contornea en las bajas frecuencias, y corresponde a una diferencia 10 dB en la sonoridad en 1 kHz.

El bajo reproducido por un dipolo estaría menos enmascarada por el cuarto, desde que un dipolo despierta menos nodos, para un grado inferiores, y desde que la percibidas diferencia entre el sonido directo y contribución del cuarto es magnificado por un efecto psychoacoustic.

El comportamiento de la radiación off-axis de un altavoz determina el grado para el cual la colocación del altavoz y la acústica de sala degradan la exactitud del sonido percibido. Peor a este respecto es el altavoz típico de la caja, seguido por el dipolo grande de área del panel y lo verdaderamente omni diseños direccionales. Menos afectado es el sonido del altavoz del deflector abierto con altavoces del pistón. (Ref.1)

A menudo se expresa preocupación en el hecho de que la radiación trasera de un dipolo no esta en fase con la radiación delantera, y que cualquier sonido reflejado de una pared detrás del altavoz revocaría el sonido viniendo del frente del altavoz. La cancelación sólo puede ocurrir cuando los sonidos directos y reflejados están exactamente de fase opuesta (180 grados) y de la misma fuerza. Desde entonces dirija y los sonidos reflejados viajan a través de caminos de largo diferente, experimentan cantidades diferentes de desfase. Así, la fase y las condiciones de magnitud para la cancelación son dadas del todo sólo en ciertas frecuencias. En algunas otras frecuencias los sonidos directos y reflejados se

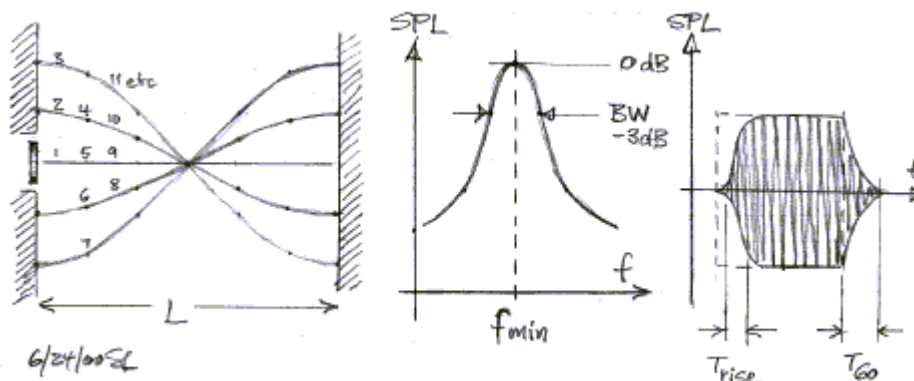
añadirán. Lo mismo también se aplica a un altavoz del monopolo delante de una pared. La única diferencia está en las frecuencias para las cuales la adición y la sustracción ocurren. El mejor remedio debe alejar al orador de la pared, o hacer la pared como el sonido absorbente o difusivo como sea posible. (FAQ31)

Room reverberation time T60

El tiempo de reverberación es el único parámetro importante que describe el comportamiento acústico de un cuarto. El siguiente debate podría ser un poco técnico pero ilustrará cómo aumenta y decae el sonido en un cuarto y el efecto que tiene en la claridad de reproducción

Sound waves between two walls

Tome el ejemplo de un altavoz en una pared y una segunda pared a una distancia L delante de ella. La vibración emitirá una onda acústica que llega a la segunda pared, en la que se refleja, así sucesivamente. Si la frecuencia de vibración es tal que la distancia L , corresponde a la mitad de una longitud de onda, entonces el movimiento del cono está en fase con la onda reflejada y la presión sonora se acumula. Un equilibrio se alcanza eventual entre la energía provista por el movimiento del cono y la energía absorbida por las dos paredes y el aire mientras tanto.



Esto es una condición estandar de la resonancia o del modo de la onda y si cambiamos la frecuencia de la vibración del cono, remontamos fuera de la curva de la resonancia que es típica para cualquier sistema simple que contiene pérdida de la masa, de la Compilancia y de energía. Mientras que se aumenta la frecuencia otra resonancia ocurre cuando L es iguales a una longitud de onda completa, a $3/2$ de las longitudes de onda, $4/2$ etcétera. La frecuencia de resonancia más baja es

$$f_{\min} = c / (2 L) \text{ Hz, siendo } c=343 \text{ m/s} \quad (1)$$

Si la excitación se aplica como función del paso, entonces la presión sonora se levantará a partir la 10% al 90% de su nivel de estado estacionario dentro de un tiempo: (Trise es el tiempo que aumenta el SPL de 10 % al 90 %)

$$\text{Trise} = 0.7 / \text{BW} \quad (2)$$

Donde BW es la anchura de la curva de resonancia en Hz en el medio nivel de potencia (- 3 dB). El SPL decaerá una millonésima parte (- 60 dB) de su nivel completo después de un tiempo. (T60 = al tiempo que decae)

$$T_{60} = 2.2 / \text{BW} \quad (3)$$

El factor "Q" de las resonancias es

$$Q = n f_{\min} / \text{BW} \quad (4) \quad \text{donde } n = 1, 2, 3, \text{ etc.}$$

Ejemplo 1

Sea:

$L=7.63 \text{ m}$, $f_{\min} = 343/(2*7.63) = 22.5 \text{ Hz}$ no hay resonancia debajo de esta frecuencia. La siguiente resonancia por encima estarán a 45 Hz, a 67.5 Hz, 90 Hz, 112.5 Hz etc.

Si hemos medido $\text{Trise} = 202 \text{ ms}$ en 45 Hz, luego (2) $\text{BW} = 0.7/0.202 = 3.5 \text{ Hz}$ y $T_{60} = 2.2/3.5 = 630 \text{ ms}$ para (3).
 $Q = 45/3.5 = 12.9$ y si T_{60} difiere bastante el valor fijo con el aumento de frecuencia, luego Q aumenta $Q = 112.5/3.5 = 32.1$

Standing waves in a rectangular, rigid room

En un cuarto rectangular tenemos seis superficies y el número de las ondas posibles de la situación es mucho más grande que en el ejemplo de dos paredes. Las frecuencias en las cuales pueden ocurrir se calculan:

$$f = (c / 2) [(l / L)^2 + (w / W)^2 + (h / H)^2]^{1/2} \quad [\text{Hz}] \quad (5)$$

$$L, w, h = 0, 1, 2, 3 \text{ etc.}$$

Vea modes1.xls, una hoja de Excel para calcular y trazar los nodos del cuarto y otros parámetros discutidos aquí

Response extremely difficult.

En las frecuencias debajo de la resonancia mínima del cuarto, la presión sonora aumentará en un índice de 12 dB/oct para un altavoz en caja cerrada, siendo plano bajo condiciones anecoicas, si se asume que el cuarto está totalmente cerrado y sus superficies son rígidas. Este caso tiene cierta significación en el interior de automóviles. Bajo las mismas circunstancias el sonido de un altavoz en dipolo permanecerá plano. Los espacios de escucha domésticos es raro que estén totalmente cerrados, ni las paredes son rígidas como rocas, haciendo la predicción de la respuesta del cuarto en las frecuencias muy baja extremadamente difícil.

Nota: Los cálculos de los nodos de la habitación, aunque populares, no son prácticos para predecir la posición óptima de la colocación del altavoz o del oyente. Para esto necesitaría calcular la función de la transferencia entre el locutor y el oyente. La función de la transferencia se relaciona con los nodos del cuarto, pero es mucho más difícil de determinarse. Sin embargo, los cálculos de los nodos del cuarto se invocan a menudo para predecir dimensiones "óptimas" del cuarto. No pueden considerar ningunos como específicos para la colocación del altavoz, directividad de la fuente y el tipo de la fuente (monopolo contra dipolo) que determinen qué nodos se excitan, y conjuntamente con las características de la absorción de diversas superficies del cuarto, en que grado estas resonancias se acumulan. Alguna gente piensa, que haciendo el cuarto con excepciones rectangulares o superficies curvadas, que estas pueden eliminar ondas en la situación. Estas, cambia simplemente frecuencias, o de su distribución y hace su cálculo mucho más difícil.

Los nodos del cuarto pueden ser identificados por picos y valles en la función de transferencia de respuesta acústica entre el altavoz y la posición auditiva, sin embargo sólo en las bajas frecuencias (< 150 Hz) donde su densidad no es demasiado alta. Tales medidas son dependientes de la posición y son difíciles de interpretar en lo que se refiere a su efecto audible. Escuchar una señal test de multitonos de ruido en frecuencias diferentes, da indicación audible de que posiciones del cuarto y regiones de frecuencia sufren la degradación máxima en la articulación de sonidos de los bajos (Ref.1). Con esta información en mano se logra luego identificar e igualar electrónicamente los peores defectos en la respuesta acústica de la función de transferencia. Varios parámetros del cuarto pueden calcularse esto da comprensión en el comportamiento general de un espacio cerrado.

El número de nodos que la N entre el cero y una frecuencia superior dada delimitan fm pueden ser estimada (H. Kuttruff, Acústica De Sala, 1991).

$$N = (4 \pi / 3) V (fm/c)^3 + (\pi / 4) S (fm /c)^2 + (1 / 8) Le (fm /c) \quad (6)$$

Donde:

$$V = L W H \quad [m^3]$$

$$S = 2 (L W + L H + W H) \quad [m^2]$$

$$Le = 4 (L + W + H) \quad [m]$$

El número de nodos aumenta muy rápidamente con la frecuencia y ellos se mueven aun más conjuntamente. Su separación común en f_m es

$$\delta f = c^3 / (4 \pi V f_m^2) \quad [Hz] \quad (7)$$

Ejemplo 2

Tengamos un cuarto con:

$$L = 25', W = 16' \text{ y } H = 9' (7.62m \times 4.88m \times 2.74m),$$

$$V = 3600 \text{ ft}^3 = 102 \text{ m}^3$$

$$S = 1537 \text{ ft}^2 = 143 \text{ m}^2$$

$$Le = 200 \text{ ft} = 61 \text{ m}$$

$f_m = 100 \text{ Hz}, 200, 300$ and 400 Hz el numero de nodos N y su separacion común δf en f_m es respectivamente

f_m	N	δf
100 Hz	22	3.2 Hz
200 Hz	126	0.8 Hz
300 Hz	375	0.4 Hz
400 Hz	832	0.2 Hz

Si asumimos que los nodos en esta habitacion decaen en $T_{60} = 630 \text{ ms}$, luego cada resonancia ocupan 3 dB a un ancho de banda $BW = 3.5 \text{ Hz}$ de (3) arriba. En algún punto entre 100 Hz y 200 Hz la separacion común δf entre los nodos es 1.2 Hz y así 3 nodos caen dentro del ancho de banda 3.5 Hz resultando de T_{60} . Esto ocurre en $f_s = 157 \text{ Hz}$ calculado de la fórmula simple para 3 nodos imbricados por BW :

$$f_s = 2000 (T_{60} / V)^{1/2} \quad [Hz] \quad (8)$$

La frecuencia f_s está también designada la frecuencia Schroeder y denota aproximadamente el límite entre el comportamiento reverberante del cuarto por arriba y los nodos discretos del cuarto por debajo.

El tiempo de caída de sonido o el tiempo de reverberación T_{60} está relacionado con el coeficiente común de la pared α determinado por la fórmula Sabina (Sabine's formula)

$$T_{60} = 0.163 V / (S \alpha) \quad [s] \quad (9)$$

$\alpha = 18\%$ for the Example 2 room with $T_{60} = 630$ ms.

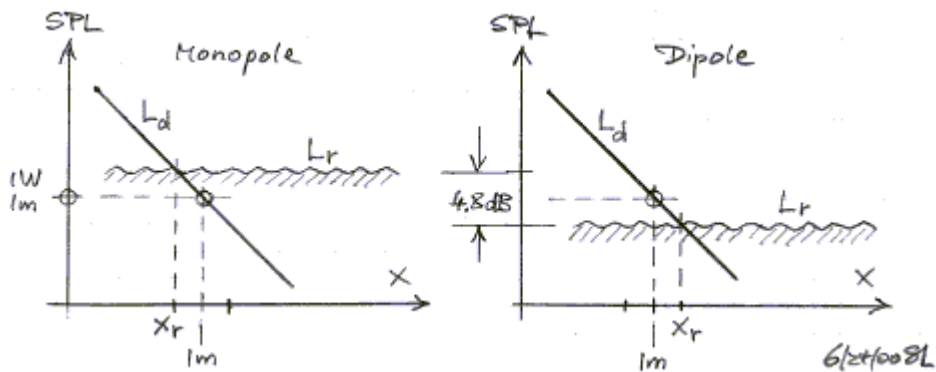
A CD containing unique test signals is available. It allows to evaluate the effect of room modes upon the clarity of sound reproduction.

Reverberation distance

Cuando consideramos la radiación en la gama de frecuencia reverberante en el rango de 149 hertzios, el sonido en la posición escucha se compone del sonido directo de la fuente y del sonido reverberante que se distribuye más o menos uniformemente en el cuarto. El nivel de presión sonora directo disminuye inversamente con la distancia de la fuente e igualará la presión sonora reverberante en el x_r de la distancia. La ` distancia de la reverberación ' x_r (también llamada ' distancia crítica ') se calcula como:

$$x_r = 0.1 (G V / (\pi T_{60}))^{1/2} \quad [m] \quad (10)$$

Donde la ganancia en direccionalidad G es la unidad para un monopolo y $G = 3$ para un radiador dipolo. Un dipolo, así, tiene una distancia de $3^{1/2} = 1.73$ veces más grande el tiempo de reverberación.



La distancia típica de reverberación es realmente muy pequeña, 0.72 m (2.4 ft) para el monopolo y 1.24 m (4.1 ft) para el dipolo en el cuarto del ejemplo. Sin embargo, el cociente del sonido directo L_d al nivel de presión sonora reverberante L_r es 4.8 dB mayor para el dipolo que para un monopolo con la misma salida sonora directa. Así, a una distancia de 3 m de la fuente, el sonido directo sería $20 \cdot \log(3/0.72) = 12.4$ dB debajo del campo reverberante del sonido para el monopolo y solamente $20 \cdot \log(3/1.24) = 7.7$ dB inferior para el dipolo.

Los 4.8 dB nivel inferior del campo reverberante en el caso del dipolo reduce perceptiblemente la influencia que enmascara del cuarto sobre los detalle sonoros. Elimina la sensación de la sobrecarga del cuarto durante pasos ruidosos del material del programa y hace sus sesiones de escucha mucho menos ruidosas para sus vecinos.

Usted ha experimentado a menudo la inteligibilidad de las palabras habladas en sistemas de PA en espacios públicos. Usualmente una agrupación central de altavoces apunta a la audiencia. En realidad los altavoces no son muy direccionales y demasiado sonido se irradia hacia espacios inútiles, Sólo para rebotar alrededor y subir el nivel reverberante del sonido. No ayuda aumentar el volumen para obtener más sonido directo, porque también levanta el nivel de sonido reverberante. La modulación del discurso adquiere pérdidas en esto, como la pérdida de articulación de mi woofers test signal.

Rooms for multi-channel sound

Ha sido sugerido (R. Walker, BBC, 1998) Que el tiempo de reverberación T60 sobre los 200 Hz a 4 kHz rango frecuencia esté ajustado como:

$$T60 = 0.3 (V/V0)^{1/3} \quad [s] \quad \text{donde } V0 = 100 \text{ m}^3 \quad (11)$$

Con una tolerancia de +/-50 ms se permite que incrementando la linealidad a +300 ms entre 200 hertzios y 63 hertzios.

En el ejemplo de cuarto 2 debería tener T60 = 300 ms +/- 50 ms. Esto es para un cuarto subjetivo absolutamente muerto, que esta muy bien si el cuarto se dedica solamente a la sala de video reproducción y sonido surround, pero en mi opinión es un ambiente muy atiborrado para la vida normal. Tiene el efecto de hacer la distancia de la reverberación $x_r = 1.04 \text{ m}$ para el monopolo y $x_r = 1.8 \text{ m}$ para un dipolo. En una distancia de **viewing/listening** de 2 m el sonido directo es 6 dB debajo del nivel reverberante del monopolo que es bueno para la claridad del sonido.

En lugar, usted podría utilizar un dipolo, aumentar T60 a un mucho más habitable 600 ms y tener el mismo ratio directo / reverberante que para el monopolo para el cual la especificación fue desarrollada.

Amplifier power to obtain Reference Level

Cuando usted conoce la sensibilidad equivalente L_s de su altavoz en dB SPL a 1 W (2.83 V a través de 8 ohmios) a una distancia de 1m y el tiempo de reverberación T60 de de su habitacion, entonces usted puede estimar la cantidad de energía P_{ref} requerida para obtener un nivel de referencia especificado L_{ref} en la distancia de escucha x_l . Primero calcular la distancia de la reverberación x_r de (10). Entonces el nivel del campo reverberante para 1 W en el altavoz está

$$L_r (1W) = L_s - 20 \log (x_r) \quad [dB \text{ SPL}] \quad (12)$$

Si la distancia auditiva x_l es mayor x_r , la potencia del amplificador en dBW es

$$P_{ref} = L_{ref} - \{L_s - 20 \log(x_r)\} \quad [dBW] \quad \text{para } x_l > x_r \quad (13)$$

Exempla 3

$L_s = 89$ dB SPL at 1 W, 1 m

$L_{ref} = 85$ dB SPL

Monopole:

$x_r = 1.04$ m for $T_{60} = 300$ ms

$L_r(1W) = 89 - 20 \log(1.04) = 88.7$ dB SPL

$P_{ref} = 85 - 88.7 = -3.7$ dBW, equivalent to $10^{(-3.7/10)} = 0.4$ W

Dipole:

$x_r = 1.8$ m for $T_{60} = 300$ ms

$L_r(1W) = 89 - 20 \log(1.8) = 83.9$ dB SPL

$P_{ref} = 85 - 83.9 = 1.1$ dBW, equivalent to $10^{(1.1/10)} = 1.3$ W

Con los sugerido 20 dB de SPL (= 100 x power) sobre nivel de referencia el monopolo requiere 40 W y el dipolo 130 W para establecer 105 dB de SPL en el campo reverberante del sonido. El sonido directo del dipolo, aunque, es 4.8 dB superior que los monopolos y será $105 - 20 \log(3/1.8) = 100.6$ dB SPL a 3 m de distancia. El aumento en claridad podía ser completamente para un cuarto mas vivo con un T_{60} más grande y la misma energía del amplificador de 40 W y dirigir el reverberante SPL cociente que para el monopolo.

Room response time

Lleva su tiempo para edificar el campo reverberante de sonido en un cuarto. Combinando las expresiones para el tiempo de elevación (2) y T_{60} (3) se obtiene

$$Trise = 0.32 T_{60} \quad [s] \quad (14)$$

Usted puede pensaren $Trise$ como la constante de tiempo del cuarto. Si la música o el discurso varían más rápido que la constante de tiempo, entonces el cuarto no responderá completamente y usted oye predominantemente el sonido directo del orador. Para tiempo de reverberación 630 ms y 200 ms tiempo rise esto cubre envolventes de modulación de un sonido hasta $1/200\text{ms} = 5$ Hz que, a mi parecer, es preferible encima la tasa del sobre 10 Hz de un $T_{60} = 300$ ms cuarto.

En todos los casos prácticos el tiempo de respuesta del cuarto es grande comparado con el tiempo que tarda un sonido reflejado en alcanzar al oyente y por lo tanto las reflexiones no serán enmascaradas por el campo

reverberante. La dependencia de la directividad de la fuente, de la proximidad de superficies de reflexión, de objetos absorbentes o de tratamiento difusivo específico puede ser necesaria. No debe ser exagerado, aunque, porque cierta cantidad de reflexión lateral no es deseable no destruye la impresión de un verdadero espacio.

<http://www.linkwitzlab.com/rooms.htm>