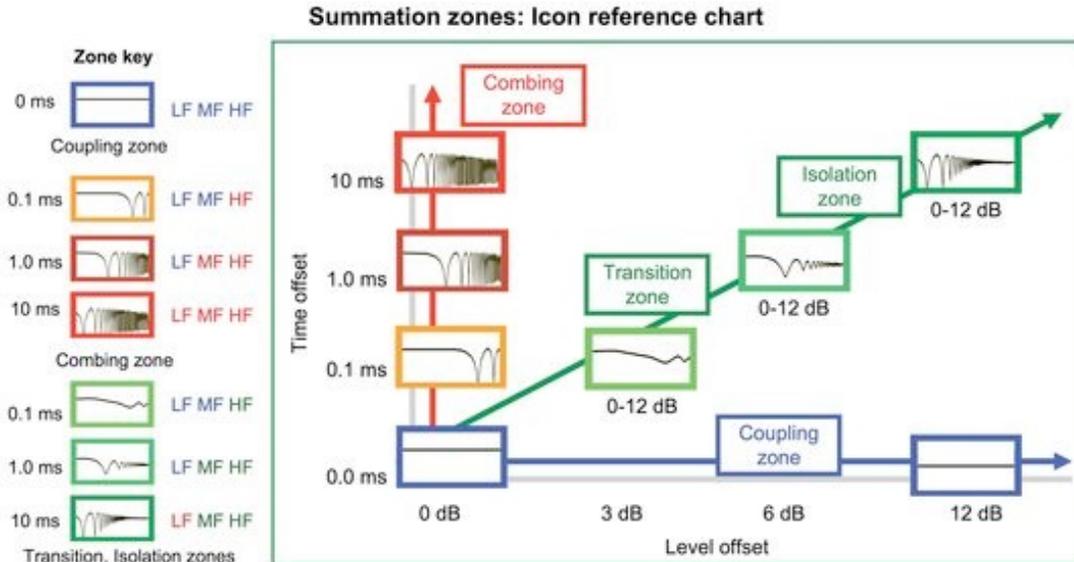


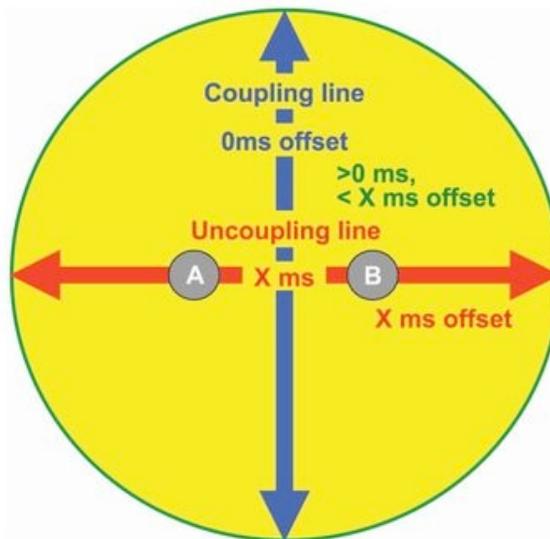
Chương 4



Hình 4.15 Biểu tượng vùng cộng âm, hiển thị giống như bù thời gian hơn là bù mức độ

4.2.2.1 Đường ghép và không ghép -- Coupling and Uncoupling Lines

Đây là biểu tượng khác, giúp hình dung cộng âm thành hai thành phần trong không gian (Hình 4.16). Bắt đầu bằng hai chấm ngang, đính kèm nó vào trong vòng tròn vàng đậm và thêm hai đường thẳng đứng và ngang. Dấu chấm là nguồn, đường thẳng màu xanh là hướng của ghép nối tối đa, đường ngang màu đỏ là hướng của ghép nối tối thiểu và vùng màu vàng đậm là những điểm giữa những thái cực này.



Hình 4.16 Biểu tượng không gian cộng âm cho thấy đường ghép và không ghép

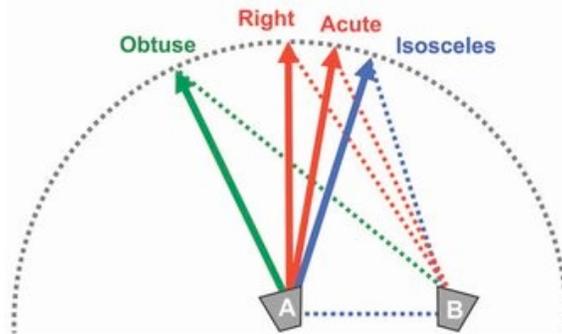
Đây là quan hệ đã bảo đảm cho hai nguồn phù hợp. Mỗi vị trí trên đường ghép (màu xanh, dọc) có bù mức độ 0dB, bù thời gian 0ms và bù phase 0°, chạy đến vô tận và xa hơn nữa. Đó là cộng âm +6dB mãi mãi. Đường không ghép (màu đỏ, ngang) không bao giờ phù hợp với mức độ hiệu suất, vì sự dịch chuyển giữa nguồn làm ra bù mức độ, bù thời gian và bù phase. Theo hướng này, chúng ta biết, cộng thêm có thể là bất cứ cái gì nhỏ hơn, nhưng không bằng +6dB. Chúng ta chỉ chưa biết nhỏ hơn bao nhiêu.

Cộng âm

Đường này giữ sự khác biệt về mức độ cao nhất có thể, bù thời gian, và bù phase vô hạn. Độ bù trong vùng màu vàng giữa thái cực này nằm giữa cực tiểu và cực đại.

Hãy đặt vài thí dụ về khoảng cách giữa nguồn: 1ms. Bạn có thể không nghĩ sẽ lấy 1ms làm thước đo khoảng cách. Thuận lợi rõ ràng, vì nếu không chúng ta phải làm phép đổi rườm rà từ 0.344 mét ở 20°C hay bất cứ cái gì vào số đó cho chúng ta biết sẽ xảy ra cái gì: thời gian bù. Bằng cách dùng ms, chúng ta có đơn vị khoảng cách, cho phép bù thời gian và bù mức độ mà không cần chuyển đổi. Đóng lại vụ việc!

Hãy tiếp tục với hai nguồn cách nhau 1ms. Không có gì mới trên đường ghép nối (vẫn không có bù). Dọc theo đường không ghép, có khoảng bù thời gian cố định (ngạc nhiên!) 1ms. Điều này đúng cho dù chúng ta đi ra ngoài bao xa: 2ms-1ms, 3ms-2ms, 4ms-3ms tất cả đều mang lại cùng câu trả lời. Bù phase cũng cố định ở bất kỳ tần số cho trước nào, nhưng khác nhau cho mỗi tần số. Độ bù phase là 36° tại 100Hz (ghép), 180° ở 500Hz (dip1) và 360° tại 1kHz (peak1). Bù mức độ thay đổi theo khoảng cách vì thiết lập nó bằng tỷ lệ mức độ. Nếu chúng ta đo 1ms so với nguồn gần, nguồn xa là 2ms. Đó là hai lần khoảng cách (xa 6dB). Xa hơn nữa, chúng ta nhận thấy điểm đến là 9ms và 10ms (cách nhau 1dB). Nó tiếp cận, nhưng không bao giờ đạt tới bù mức độ 0dB, nhưng luôn duy trì cách xa 1ms đúng lúc.



Hình 4.17 Hình học cộng âm không gian: phép tam giác đặc

Vì vậy, ở đó nó là: Đường nối (+) chứa đến những điểm nghe lớn nhất và đường không ghép (-) đến yên lặng nhất. Vùng màu vàng giữa đường thẳng cực hạn đòi hỏi thủ thuật giải mã mới: tam giác đặc.

4.2.2.2 Phép tam giác đặc -- Triangulation

Hình tam giác là hình dạng cơ bản cộng âm hình học cho hai loa (Hình 4.17). Chúng ta tiêu chuẩn hóa những góc như (A) nguồn 1, (B) nguồn 2 và (C) vị trí nghe. Đường truyền dẫn đến người nghe là AC và BC. Tìm ra mức độ và thời gian bù bằng cách so sánh chiều dài đường dẫn.

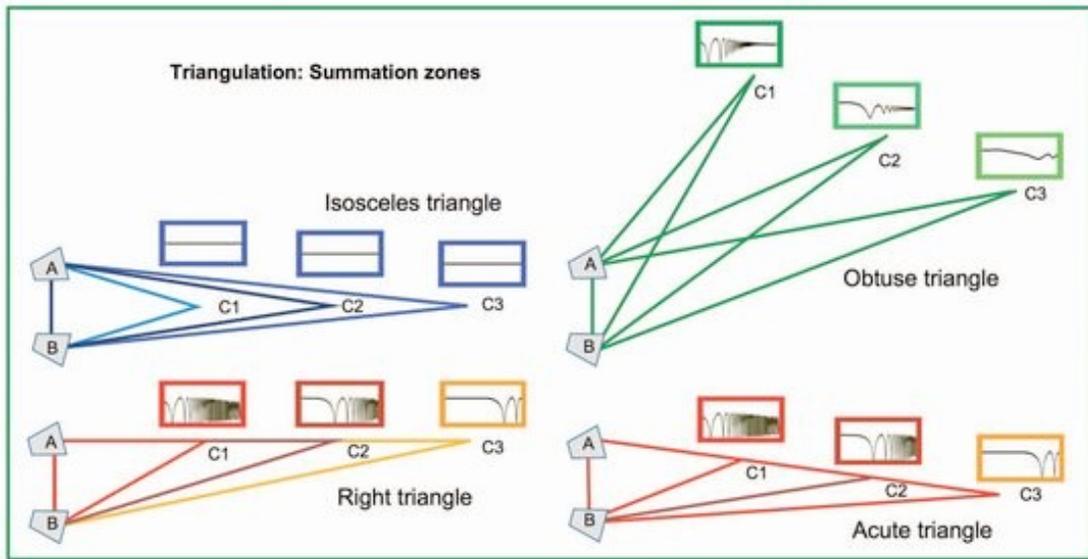
- Mức bù = $20 \times \text{Log}_{10} (AC/BC)$.
- Thời gian bù = $AC - BC$.

Mức độ bù lại xử dụng phép giải mã mức độ log/tuyến tính. Tìm tỷ lệ phạm vi (AC / BC) và đọc bảng chuyển đổi. Thí dụ: AC = 100ms và BC = 90ms, tỉ lệ là 1.1 (1dB). Thời gian bù là phép trừ đơn giản (100-90 = 10ms). Có thể rút ra đáp ứng tần số tại C chỉ bằng thông tin này (và nó không đẹp).

Chúng ta xử dụng bốn loại hình tam giác: cân, vuông, nhọn và tù (isosceles, right, acute and obtuse). Tam giác cân hai cạnh có chiều dài bằng nhau. Đường dẫn bằng nhau là đường truyền dẫn đến người nghe (AC = BC). Điểm của người nghe đã quen thuộc với chúng ta: Nó nằm trên đường ghép (+).

Nếu chúng ta chọn khoảng cách từ nguồn và di chuyển bằng bán kính từ trung tâm (+) ra bên ngoài, chúng ta sẽ tiến hành qua bốn loại hình tam giác (hình 4.18) và cuối cùng đạt đến đường ngang của ghép nối tối thiểu (-).

Chương 4



Hình 4.18 Phép tam giác đặc vùng cộng âm

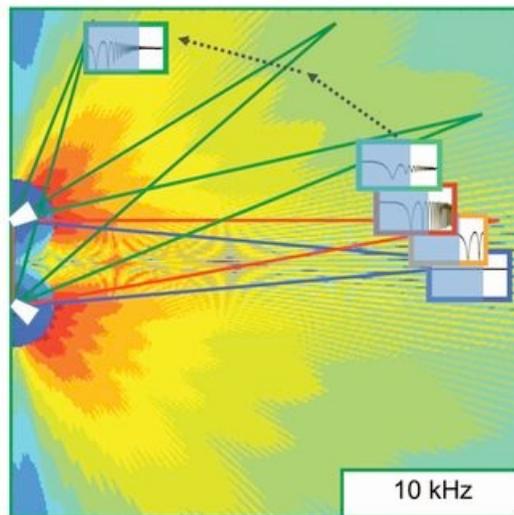
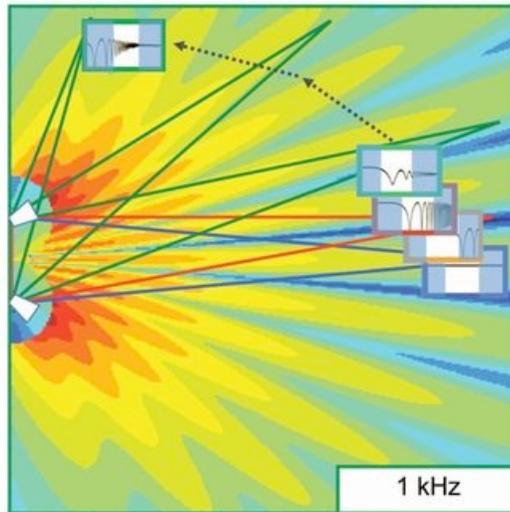
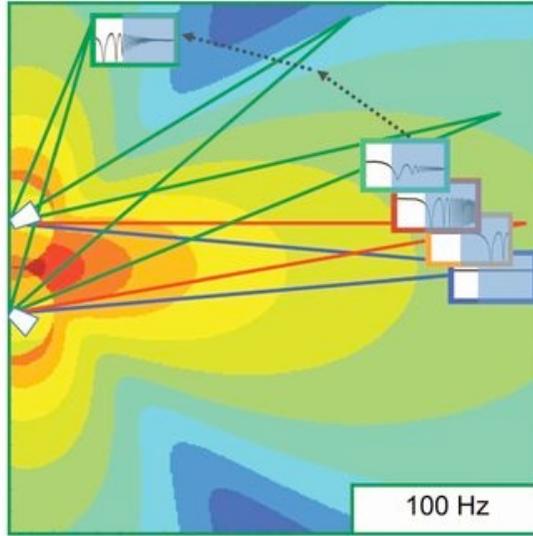
- Tam giác cân (+): Người nghe (C) nằm giữa A và B ($AC = BC$).
- Tam giác nhọn: Người nghe (C) nằm giữa A và B ($AC \neq BC$).
- Tam giác vuông: Người nghe (C) nằm thẳng trước mặt A ($AC \neq BC$).
- Tam giác tù: Người nghe (C) nằm ngoài A và B ($AC \neq BC$).
- Đường không ghép (-): Người nghe nằm trên đường AB ($AC \neq BC$).

Mức độ bù và thời gian bù tăng lên ở mỗi bước. Tuy nhiên, tốc độ thay đổi không đồng đều, giảm khi di chuyển qua tiến trình. Chúng ta sẽ xử dụng tam giác vuông làm điểm đánh dấu để phân tách những vùng dễ bất ổn định, thay đổi nhanh, từ khu vực ổn định hơn có tốc độ thay đổi chậm hơn. Nó không phải là tính chất âm thanh bẩm sinh của tam giác vuông mà là hình mẫu đơn giản, thật tế: đó là chỗ mà chúng ta có thể tìm ra.

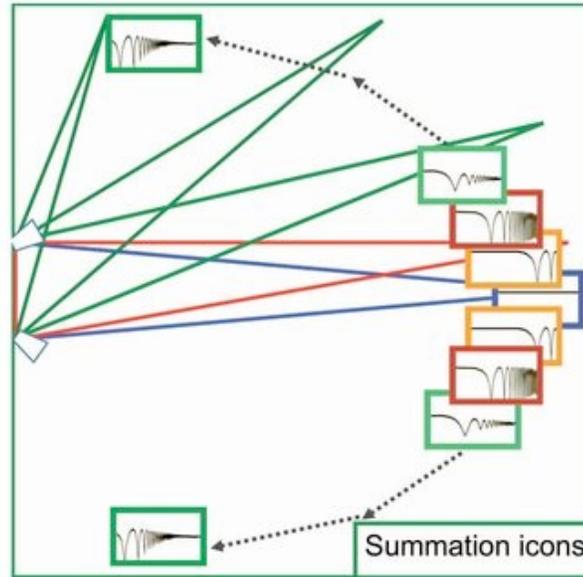
Hãy thiết lập thí dụ (Hình 4.19): Hai nguồn (A + B) đặt cách nhau 10ms. Người nghe (C) sẽ di chuyển trong vòng 180° chung quanh A ở khoảng cách 5ms. Chúng ta bắt đầu trên đường AB ở giữa và kết thúc ở đường AB ở bên ngoài. Điểm trung tâm là ghép nối 100%. Mỗi vị trí khác trên đường cung tròn đặt người nghe xa hơn với B, nhưng tỷ lệ thay đổi gần trung tâm lại lớn nhất, và nhỏ nhất là ở thái cực bên ngoài. Điểm giữa là khi nghe trực tiếp ở phía trước của nguồn A (90° từ đường AB). Bạn đang ở tam giác vuông. Từ tam giác vuông bên trong (khu vực góc nhọn) đáp ứng trở nên dễ bất ổn định hơn và chúng ta di chuyển về phía vùng chài sóng. Từ tam giác vuông ra bên ngoài (tam giác tù) đáp ứng ít ổn định hơn và chúng ta hướng nó về phía vùng cô lập.

Đây là số liệu thống kê, nhưng chúng ta không thể tránh nó. Tuy nhiên, chúng ta có thể thực hiện nhiều bước để tối ưu hóa sự đồng nhất trên không gian bằng cách xử dụng loa định hướng, nhắm hướng đúng và khoảng cách thích hợp cho nó. Bất kỳ nguồn thay thế nào sẽ có tỷ lệ thay đổi lớn nhất trong vùng góc nhọn, nhưng chúng ta chỉ rơi vào vùng chài nếu độ bù phase quá cao và cô lập quá thấp. Chúng ta xử dụng khoảng cách và cạnh vát xéo để tạo ra sự cô lập theo mức độ khi không thể đánh bại bù phase.

Cộng âm



Chương 4



Hình 4.19 Thí dụ về tam giác đặc vùng cộng âm

4.2.2.3 Độ bù bước sóng -- Wavelength Offset

Đó là sự chắc chắn về mặt hình học mà chỉ có vị trí lắng nghe ở đỉnh tam giác cân sẽ bằng nhau và có thể đồng bộ. Chỉ còn là vấn đề thời gian cho đến khi chúng ta rơi vào trường hợp bị triệt tiêu khi di chuyển khỏi trung tâm. Chính xác hơn, đó không phải là vấn đề thời gian - đó là vấn đề phase. Delay tương đối dẫn đến sự khác biệt về phase tương đối so với tần số. Bắt đầu tổn thất khi phase tương đối vượt quá ngưỡng 120° . Chúng ta có thể dự đoán sự phân bố không gian của peak và dip nếu biết được sự dịch chuyển và tần số. Yếu tố quyết định là tỷ lệ dịch chuyển nguồn sang bước sóng. Dịch chuyển của 1λ vẽ một bức hình trên không gian. Dịch chuyển của 2λ vẽ ra cái khác. Tỷ lệ này là tần số độc lập. Sẽ vẽ bức hình tương tự ở tần số 1kHz là 100Hz, với điều kiện sự dịch chuyển sẽ mở rộng tương ứng khi tần số giảm.

4.2.3 Liên kết vùng cộng âm phổ và không gian -- Linking the spectral and spatial summation zones

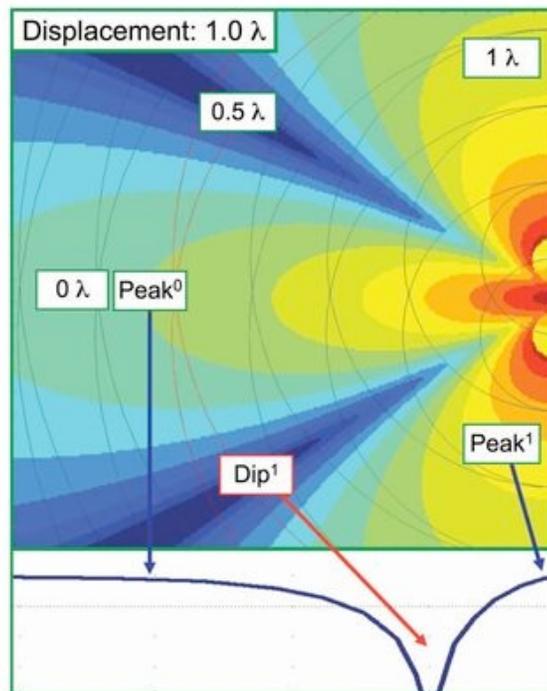
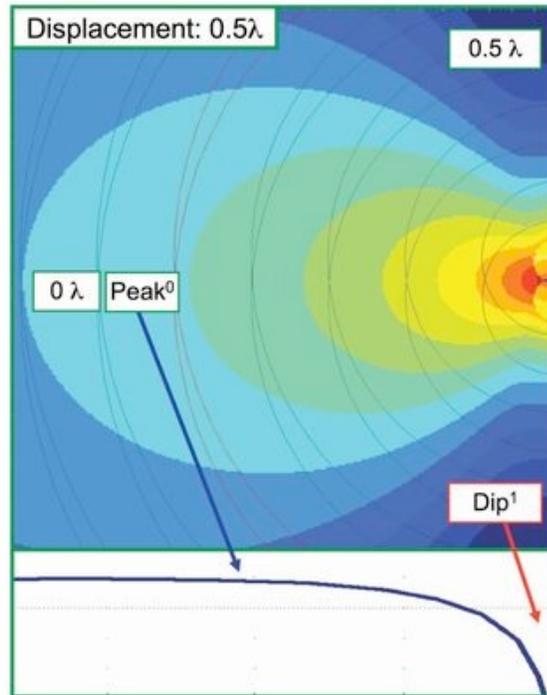
Nhớ lại tiến trình cộng âm phổ hai phần từ tiêu chuẩn: ghép nối (peak0) với chài (dip1, peak1, dip2, v.v). Tiến trình liên kết âm phổ tiêu chuẩn này liên quan đến sự phân bố không gian. Trong cả hai trường hợp, khoảng thời gian và mức độ bù cho phép tạo ra một bức hình chuẩn. Trong cả hai trường hợp, mô hình tỷ lệ cân bằng (hai lần thời gian bù và một nửa tần số). Thí dụ, mô hình âm phổ trong bù thời gian 1ms tại 1kHz bằng 2ms tại 500Hz. Xảy ra điều tương tự trong không gian: Mô hình không gian cho 1ms thời gian bù ở 1kHz là giống như 2ms ở 500Hz. Về đẹp của điều này là chúng ta có thể chụp hình quang phổ, cho nó độ cong và nó làm ra bức hình không gian (Hình 4.20).

Hãy chuyển chỗ 1kHz @ 6λ :

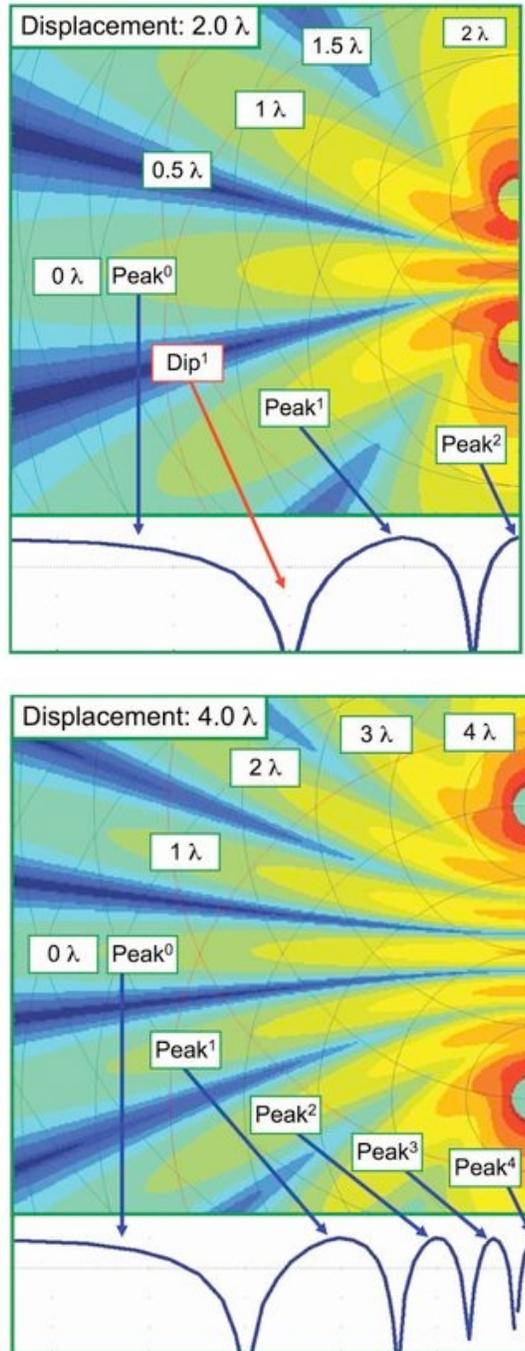
- Bước 1: Ghi lại đáp ứng tần số tổng hợp là 0ms + 1ms (giống như hình 4.13C). Điều này đặt bánh xe vòng quay ở tốc độ 1kHz. Xén biểu đồ biên độ đáp ứng tần số bao gồm 6 kHz và thấp hơn, và thay thế tên tần số bằng peak0, dip1, v.v. Nó sẽ có ghép nối ở bên trái, dip1 ở giữa và một nửa peak1 ở bên phải.
- Bước 2: Đánh dấu tần số thấp nhất (0Hz) làm cực 0° và tần số bên trên (1kHz) làm cực 90° .

Cộng âm

- Bước 3: Bề cong đáp ứng tần số trong vòng cung để 0Hz ở đầu và điểm 1kHz 90° sang bên phải. Đây là mô hình cực cho góc phần tư. Peak⁰ ở 0°, dip¹ ở 45° và peak¹ ở 90°.
- Bước 4: Sao và dán hình đó vào ba phần vòng tròn kia. Đây là mô hình cực hoàn chỉnh ở 1kHz cho một cặp nguồn đa hướng cách xa nhau 1ms.



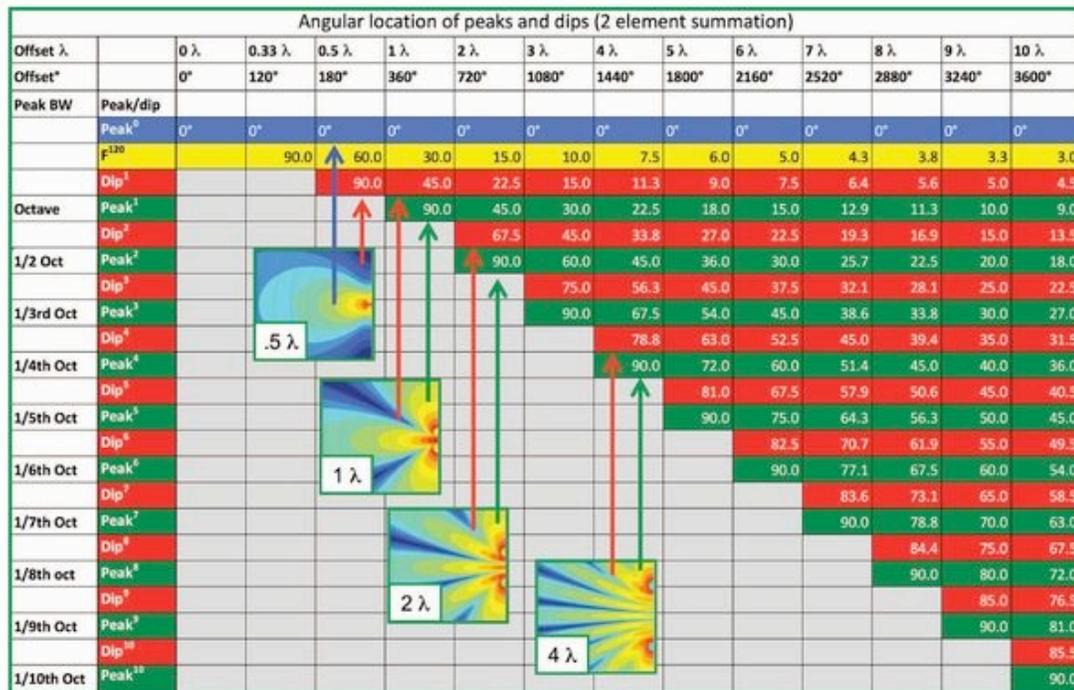
Chương 4



Hình 4.20 Cộng âm âm phổ và không gian, liên kết bởi bù bước sóng

Cũng tạo ra chính bức hình này nếu chúng ta xử dụng 500Hz @ 2ms hay 2kHz @ 0.5ms. Chủ đề phổ biến là nguồn cách xa 1λ. Khi chúng ta thấy dip1 hay peak1 trong đáp ứng tần số của bộ phân tích, chúng ta biết mình đang ở đâu trong phòng. Tạo ra bức hình khác cách xa 2λ nhưng chúng ta vẫn có thể nhìn thấy không gian từ âm phổ (và ngược lại). Nguồn cách xa 2λ ở 1kHz (thời gian bù 2ms) tạo ra đáp ứng âm phổ có 3 peak (pk0 đến pk2) và 2 dips (dip1 và dip2). Peak0 vẫn ở 0° (trung tâm), pk1 là 45° rời trung tâm và pk2 sẽ chiếm rãnh cực khoảng 90°. Dip sẽ đặt ở 30° và 60° tương ứng. Mọi cái đều óm đi, thấy rõ trong đáp ứng âm phổ và không gian.

Cộng âm



Hình 4.21 Phân bố góc của cộng âm không gian (peak và dip) cho hai phần tử bằng cách bù bước sóng

Đây là liên kết quan trọng. Thời gian bù giữa nguồn làm tăng đáp ứng âm phổ và đáp ứng không gian. Thời gian bù nhỏ làm giảm thiểu mật độ chải trong cả hai miền: âm phổ lẫn không gian. Chúng ta luôn có thể đếm trên peak⁰ ở trung tâm, bảo đảm ghép nối. Đặt ra câu hỏi là chúng ta cần di chuyển bao nhiêu độ (không gian) trước khi tìm ra độ rộng của octave (peak¹). Nếu chỉ đi một vài độ, chúng ta biết nguồn có nhiều λ và hy vọng giảm chải duy nhất là phải đi đến vùng cách ly (cô lập) thật nhanh.

Một cặp nguồn nhất định sẽ có giá trị bù thời gian duy nhất (giả sử những phần tử đối xứng phù hợp). Thời gian bù trên tần số chuyển đổi sang bù phase, mà điều khiển hình dạng mô hình. Một cách thể hiện thời gian bù giữa nguồn khác là dịch chuyển bước sóng, thí dụ: Hai loa cách xa nhau 1kHz (Hình 4.21).

4.3 Crossover âm thanh -- Acoustic Crossovers

4.3.1 Định nghĩa crossover âm thanh -- Acoustic crossover defined

Định nghĩa crossover âm thanh: là điểm kết hợp những tín hiệu tương quan ở mức độ bằng nhau. Trong hầu hết trường hợp, đây là cả hai, giải tần số cụ thể lẫn vị trí trong không gian. Crossover âm thanh là đường nối cộng âm quan trọng nhất. Nó mang lại lợi ích lớn nhất khi "đồng phase" và hầu hết là bị "lệch phase". Vị trí crossover, cho dù là tần số hay chỗ nào đó trong phòng, xác định bằng độ bình đẳng về chia sẻ mức độ. Bất cứ chỗ nào A gặp B ở mức độ ngang bằng nhau là crossover. Quan hệ phase là biến thể phóng túng: là cái chúng ta phải thuần hóa để làm ra chức năng nối nối cộng âm này.

Hãy thêm thuật ngữ bằng cách chia thành hai loại. Crossover âm thanh âm phổ có mức độ bằng nhau ở giải tần số cụ thể, cộng những driver lại, bao gồm nhiều giải tần số khác nhau, chia ra bằng cách chia tần số (âm phổ) (phần 2.4.4). Crossover âm thanh không gian có mức độ bằng nhau tại mỗi vị trí trong không gian. Đây là cộng âm nguồn bao gồm chia không gian thành giải tần số chung (loa và xử lý channel

Chương 4

riêng). Xử dụng một ngôn ngữ cho tính năng tương tự của cả hai loại và những giải pháp liên quan sẽ dễ hiểu hơn.

Những vùng cộng âm là chung cho cả hai loại. Mục tiêu chính là đặt crossover âm thanh trong vùng ghép nối. Đưa ra mục tiêu thứ yếu khi không thể duy trì ghép nối: Tiếp cận vùng cô lập càng nhanh càng tốt. Filter thực hiện điều này sẽ cho phép crossover âm phổ, trong khi điều khiển hướng, góc mở và khoảng cách quản lý crossover không gian. Trong cả hai trường hợp, chúng ta cố giảm thiểu những vùng chài và chuyển tiếp.

4.3.2 Tiến trình vùng cộng âm

Những vùng cộng âm đi theo vài tiến trình crossover tiêu chuẩn (Hình 4.22).

Hãy thêm A + B và đi theo nó.

- Bước 1 (ghép nối (AB)): Loa có ít hay không có điều khiển hướng nằm trong khoảng cách rất gần, thí dụ: Array loa subwoofer.
- Bước 2 (ghép nối (AB) đến triệt tiêu (AB)): ghép nối ở phía trước, triệt tiêu phía sau. Xử dụng việc này trong array cardioid.
- Bước 3 (cô lập (A) đến ghép nối (AB) đến cô lập (B)): Rất có thể đạt được khi crossover âm phổ, nhưng khi crossover không gian full-range khó hơn nhiều. Khi tăng tần số lên, chúng ta có thể thấy nhiều khu vực rơi vào vùng chài và chuyển tiếp, với mục tiêu thật tế là giảm thiểu, không phải là loại bỏ.
- Bước 5 (cô lập (A) đến chuyển tiếp (AB) đến ghép nối (AB) đến chuyển tiếp (BA) đến cô lập (B)): Có thể thực hiện trong những array ghép chặt chẽ nếu góc bao quát cung cấp đủ độ cô lập để tránh chài.
- Bước 7 (cô lập (A) đến chuyển tiếp (AB) sang chài (AB) đến ghép nối (AB) đến chài (BA) đến chuyển tiếp (BA) đến cô lập (B)): tiến trình đầy đủ. Kết quả là không thể thực hiện cô lập trước khi bắt đầu chài. Trong HF, đây thường là lựa chọn độc nhất.

Có thể xem xét độ thành công theo tỷ lệ phần trăm tiêu hao của tiến trình trong vùng chài sóng. Độ tiến triển với vùng chài nhiều hơn vùng ghép nối và/hay cô lập sẽ có tỷ suất thấp.

4.3.3 Phân loại crossover

4.3.3.1 Lớp -- Class

Đầu tiên chúng ta phân loại crossover bằng ba kết quả có thể sang cộng âm: Khoảng crossover bằng, lớn hay nhỏ hơn khoảng cách riêng của từng phần tử (Hình 4.23).

Lớp crossover

- Đồng nhất (Unity): Mức độ qua crossover phù hợp với mức cô lập ($A + B = 0\text{dB} @XAB$).
- Chồng chéo (Overlapped): Mức độ qua crossover cao hơn mức cô lập ($A + B > 0\text{dB} @XAB$).
- Khe hở (Gapped): Mức độ qua crossover thấp hơn mức cô lập ($A + B < 0\text{dB} @XAB$).

4.3.3.2 Độ dốc -- Slope

Đánh giá độ dốc crossover theo thứ bậc filter: Bậc một, bậc hai, v.v. Độ dốc tăng lên khi thứ bậc tăng lên. Crossover âm phổ này đề cập đến filter, trong khi với crossover không gian thì sự phân biệt liên quan đến mô hình bao quát của loa (mức độ bao quát chặt hơn thì thứ bậc cao hơn).

Cộng âm

4.3.3.3 Đối xứng -- Symmetry

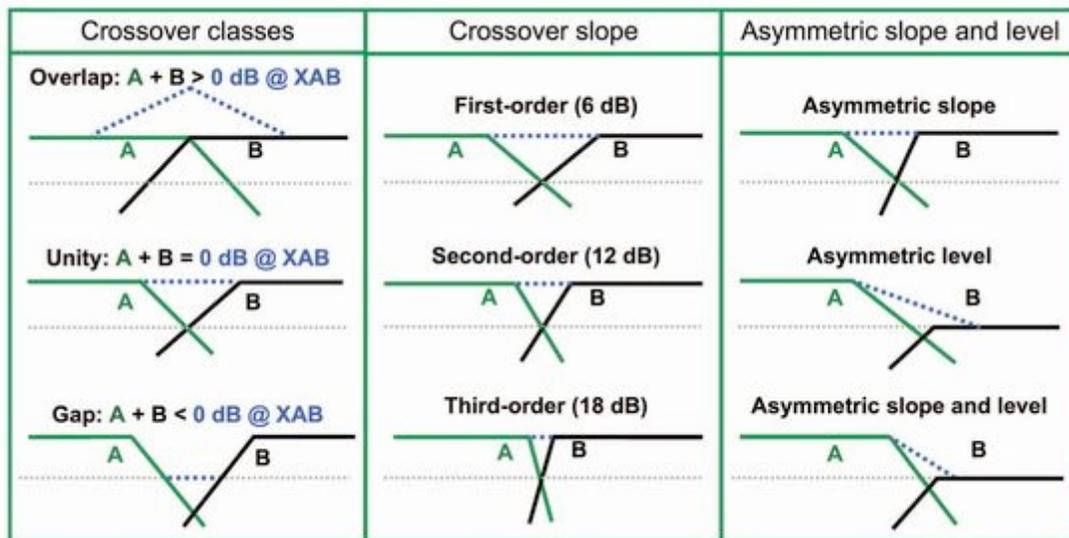
Chúng ta phân loại crossover đối xứng bằng hai kết quả có thể: đối xứng hay bất đối xứng. Crossover âm phổ có thể có độ dốc bất đối xứng hay filter topology. Crossover không gian có thể bất đối xứng tùy theo model loa, góc mở, mức độ và nhiều nữa.

4.3.4 Bộ chia và crossover âm phổ -- Spectral dividers and spectral crossovers

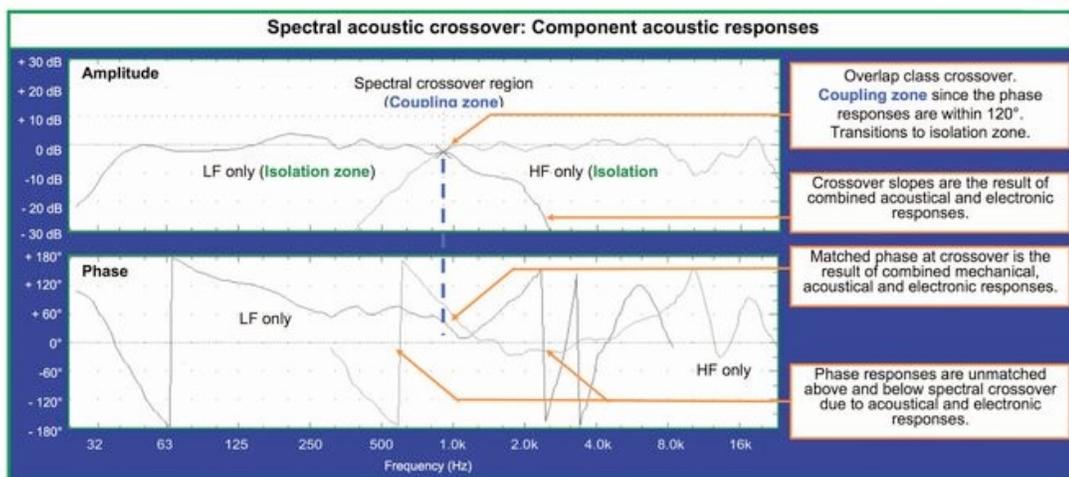
Hãy thực hành về loại crossover âm phổ có thể thấy trong hệ thống loa hiện đại. Chúng ta một là kết hôn với hai driver đã sống cùng nhau trong cùng một thùng, hay sắp xếp driver cho loa chỉ mới gặp.

Cấu hình vật lý driver (A và B)

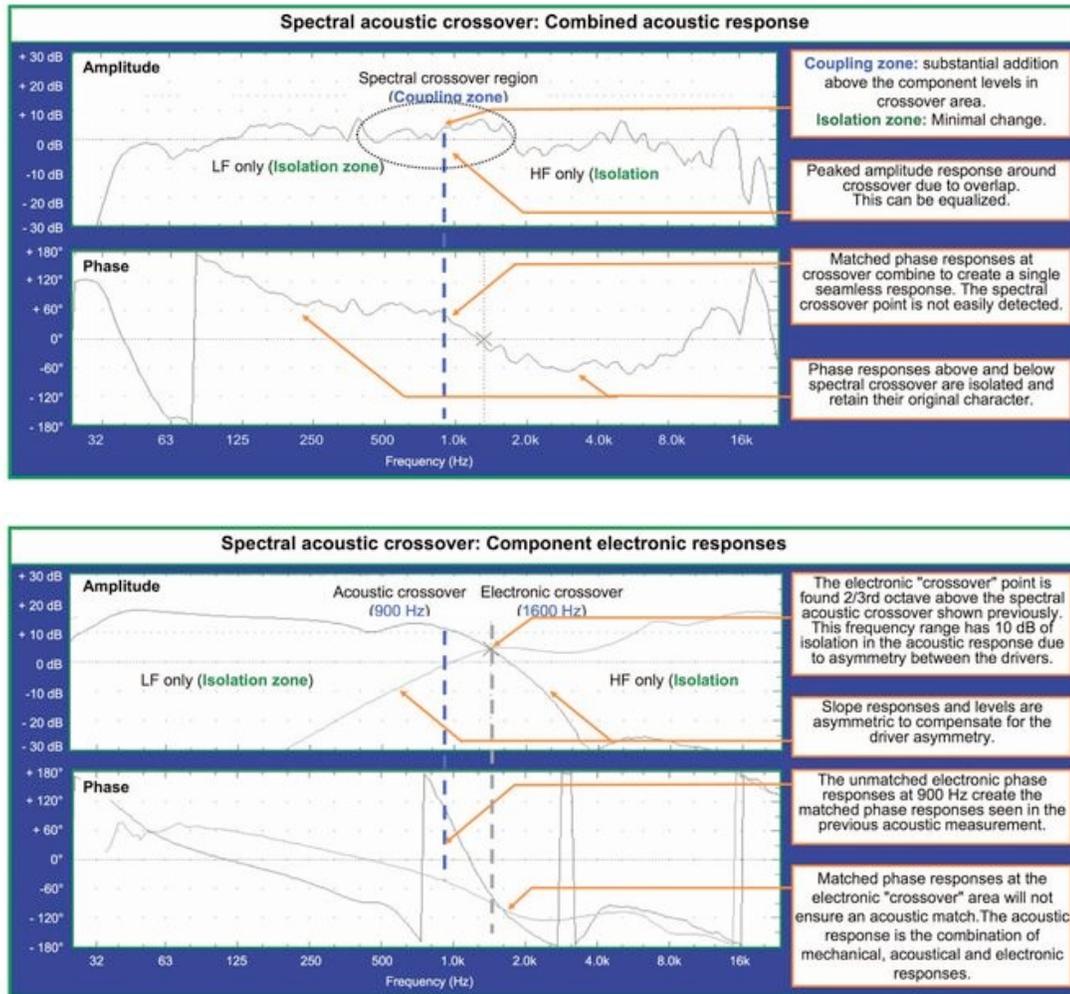
- Kết hợp cố định: tỷ lệ cố định của trình điều khiển A và B, vị trí đã biết, cùng một thùng.
 - Sự kết hợp biến đổi: tỷ lệ biến của driver A và B, vị trí không xác định, thùng riêng biệt.
- Với kết hợp cố định chúng ta phải đối mặt với nhiều mức hỗ trợ khác của hãng sản xuất.



Hình 4.23 Lớp crossover âm phổ, độ dốc và bất đối xứng



Chương 4



Hình 4.24 Thí dụ crossover âm phổ hiển thị đáp ứng âm thanh và điện tử, riêng và kết hợp từng loại.

Cấu hình điện tử của channel A và B cho cố định

Kết hợp

- Cố định: Cài đặt không cho người dùng thiết lập.
- Đã lập trình: Giá trị mặc định từ nhà máy, đã nạp vào crossover (hy vọng đúng).
- Đề xuất: Cài đặt nhà máy được lập trình bởi người dùng vào bộ xử lý (yêu cầu nhiều hơn 6dB).
- Hãy tự nghĩ cho chính bạn: thời gian cowboy!

Phân tích crossover của kết hợp nhiều driver cố định có thể chỉ là quy trình xác minh khi xử dụng cài đặt gốc, lập trình hay đề xuất. Khi không đưa ra hướng dẫn nào, chúng ta cần đánh giá từng yếu tố và lựa chọn (Hình 4.24).

Chúng ta cũng có vài mức độ hỗ trợ từ hãng sản xuất cho sự kết hợp biến đổi, nhưng có rất nhiều điều chưa biết, khiến chúng ta cần phải tùy chỉnh nhiều hơn. Chúng ta sẽ xử dụng thí dụ điển hình, việc kết hợp của thùng sub và thùng full-range với gợi ý cài đặt của hãng sản xuất là 100Hz (Hình 4.25).

Cộng âm

Cân nhắc crossover cho driver thay đổi

Kết hợp

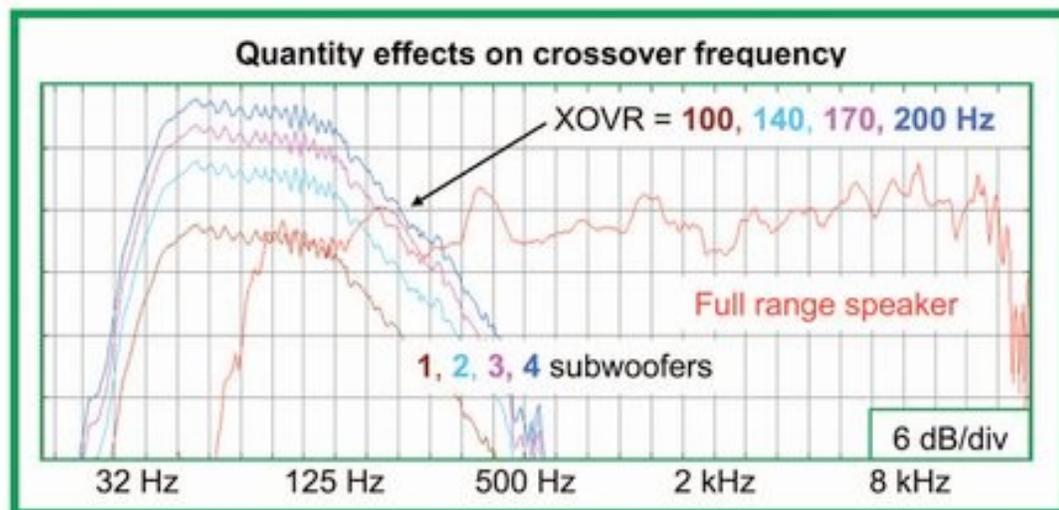
- Số lượng tương đối ảnh hưởng đến tần số crossover (thí dụ, có thể là hai sub có một đỉnh (top) hay ngược lại). Cuộn cảm nâng crossover rồi lại giảm nó. Có thể điều chỉnh mức độ cho phù hợp với 100Hz.
- Hiệu quả của driver ảnh hưởng đến tần số crossover (thí dụ: có thể ít (hay nhiều) sub ở tần số 100Hz) hơn. Cuộn cảm giảm crossover rồi nâng nó. Có thể điều chỉnh mức độ.
- Vị trí driver ảnh hưởng đến thời gian bù giữa driver (thí dụ: sub có thể ở gần (hay xa nhau hơn)). Có thể thiết lập delay để phase định vị crossover.
- Sự khác biệt về đáp ứng của driver ảnh hưởng đến bù phase ở crossover. Phase sắp xếp crossover bằng delay.
- Giải tần của driver ảnh hưởng đến độ chùng chéo khi crossover. (Thí dụ: sub và full-range chia sẻ 60Hz đến 120Hz cho nhau). EQ có thể hạ điểm peak cộng trong vùng chùng chéo hay filter LPF và HPF có thể giảm độ chùng chéo để tạo ra sự đồng nhất khi crossover.

4.3.4.1 Crossover âm phổ đồng nhất -- Unity Spectral Crossover (LF + HF)

Crossover đồng nhất tiêu chuẩn đưa hai phần LF và HF vào nhau ở -6dB, bù phase 0° (Hình 4.26). Có nhiều loại kết hợp độ dốc và kết hợp cấu trúc liên kết (topology) có thể đạt đến điều này. Cấu trúc liên kết đơn giản (và phổ biến) nhất là Linkwitz-Riley (L-R). Tính năng đơn giản là xác định tần số ở cắt điểm -6dB (hầu hết filter khác xử dụng điểm -3dB). Nếu đã chọn tần số crossover, quy trình này sẽ mất sáu bước.

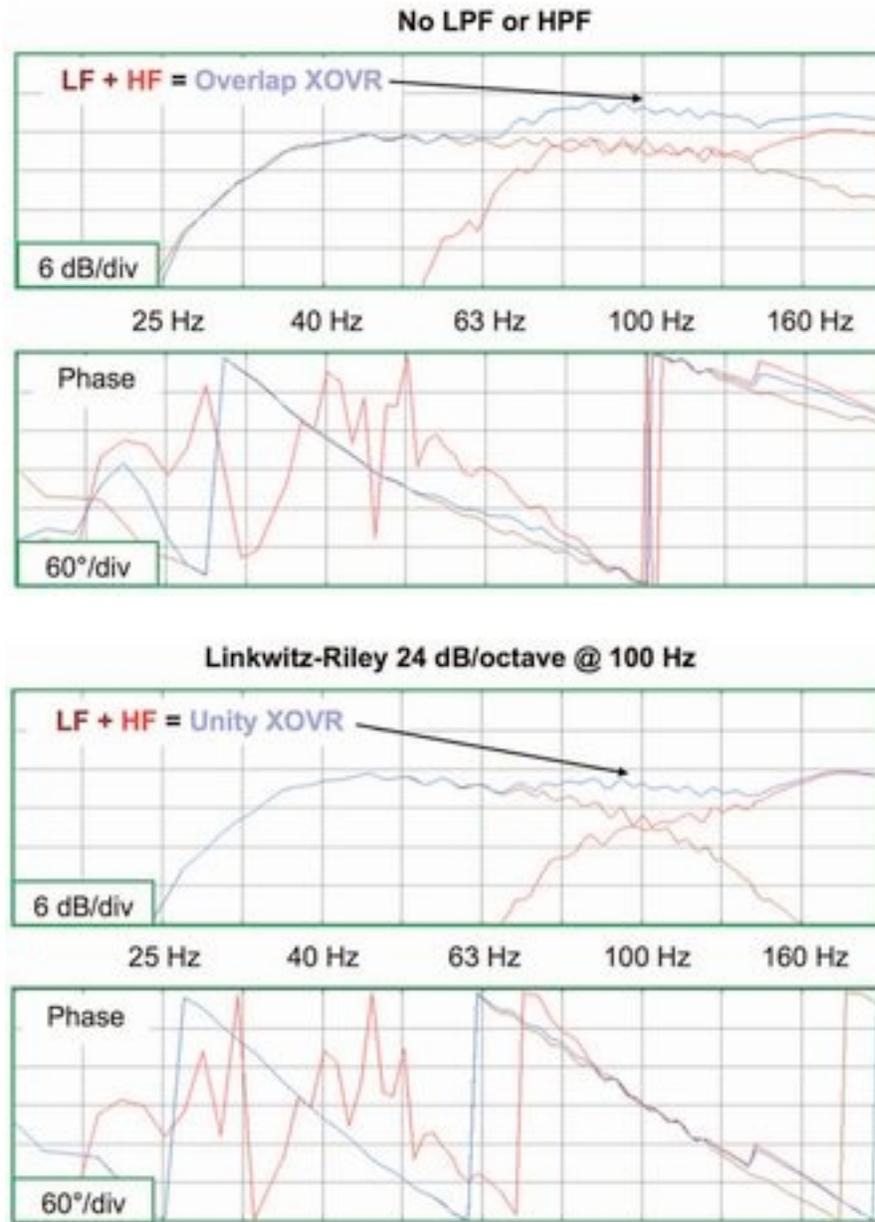
Tạo crossover đã tăng cường độ đồng nhất bằng filter L-R (LF + HF)

- Xác định mức độ tham chiếu: 0dB.
- Đặt cutoff cả 2 channel LF và HF sang tần số đích (thí dụ: 1kHz).
- Khiển từng loa và quan sát đáp ứng âm thanh của từng channel riêng.
- Điều chỉnh mức độ tương đối cho đến khi nó khớp với vị trí crossover (giảm âm lớn hơn xuống).



Hình 4.25 Hiệu ứng số lượng trên tần số crossover (subwoofer so với hệ chính)

Chương 4



Hình 4.26 Thí dụ chõng chéo và crossover âm phổ đồng nhất

- Điều chỉnh phase tương đối cho đến khi nó khớp với vị trí crossover (delay cái nào sớm hơn).
- Khiến cả hai channel cùng nhau. Đáp ứng tổng hợp phải phù hợp với mức độ danh định và cao hơn đáp ứng riêng 6dB tại crossover.

Những việc trên vẫn đúng, bất kể filter L-R chính xác ra sao, vì tần số cắt đều là điểm -6dB trong mọi trường hợp. Lựa chọn filter thay đổi đáp ứng biên độ chung quanh tần số crossover nhưng không phải chính tần số của nó. Nếu thay đổi thứ tự (hay tạo ra bất đối xứng), có thể cần điều chỉnh bù phase và quan sát hành vi chung quanh crossover để thấy cộng âm nhẹ nhất.

Cộng âm

Những filter topology khác (LPF, HPF, Bessel, Butterworth, Chebyshev tiêu chuẩn, v.v) đòi hỏi làm việc thêm vì nó xử dụng -3dB như là cắt đặc trưng. LPF đã xác định ở tần số 100Hz có cùng độ dốc -3dB cho độ dốc bậc nhất là bậc tám, nhưng khác nhau ở điểm -6dB. Để đạt được -6dB ở 100Hz, chúng ta cần đặt LPF dưới 100Hz, vị trí chính xác sẽ thay đổi (gần 100 Hz khi tăng filter lên). HPF cũng có tình hình ngược lại. Khi thiết lập điện tử có thể tạo ra khoảng trống, như 80Hz (LPF) và 125Hz (HPF), thật sự có thể tạo ra crossover đồng nhất. Khi tăng filter lên, khoảng cách giữa điểm thiết lập điện tử co lại nhưng không bao giờ xuống đến mức không. Khi xử dụng cấu trúc liên kết bất đối xứng và/hay filter, chúng ta phải chú ý đến từng vùng ở mức -6dB.

Tạo crossover đồng nhất bằng filter topology khác (LF + HF)

- Xác định mức độ tham chiếu: 0dB.
- Đặt tần số cắt cho cả LF lẫn HF vượt quá tần số mục tiêu một octave (thí dụ: 2kHz cho tần số thấp và 500Hz cho HF). Điều này rời khỏi khu vực không có hiệu ứng filter crossover tự do để tham chiếu.
- Khiến mỗi loa và quan sát đáp ứng âm thanh của từng channel riêng.
- Điều chỉnh mức độ tương đối cho đến khi nó khớp với vị trí crossover (giảm âm lớn hơn xuống).
- Di chuyển tần số cắt LF xuống cho đến khi đáp ứng giảm xuống 6dB tại mục tiêu crossover.
- Di chuyển tần số cắt HF cho đến khi đáp ứng giảm xuống 6dB tại mục tiêu crossover.
- Điều chỉnh phase tương đối cho đến khi nó khớp với vị trí crossover (delay cái nào sớm hơn).
- Khiến cả hai channel cùng nhau. Đáp ứng tổng hợp phải phù hợp với mức danh định và cao hơn đáp ứng riêng 6dB tại crossover.

4.3.4.2 Crossover âm phổ chồng chéo -- Overlapped spectral crossover (LF + HF)

Thường xử dụng crossover âm phổ giữa những lớp chồng chéo để kết hợp loa subwoofer và thùng loa full-range, có thể cùng chia sẻ giải tần từ 60 đến 120Hz (coi hình 4.26 một lần nữa). Quyết định khi nào xử dụng crossover chồng chéo và ở đâu thay vì crossover đồng nhất không rõ ràng lắm.

Cần nhắc crossover chồng chéo và đồng nhất

- Chồng chéo tăng hiệu suất và headroom ở phạm vi ảnh hưởng (driver làm việc cùng giải tần).
- Chồng chéo làm hẹp mô hình bao quát (cho dù có muốn điều này hay không, phụ thuộc vào tình huống).
- Chồng chéo có thể làm tăng độ chải (combing) ở vài vị trí (còn nhiều hơn nữa nếu đặt loa xa nhau).
- Chồng chéo giúp hình ảnh âm thanh vẫn liên kết với âm phổ (những channel loa sub không tách biệt khỏi hệ chính).
- Điều khiển loa vào khoảng chồng chéo có thể làm giảm của từng driver riêng. Từng headroom riêng bị mất có thể làm giảm mức độ gain hiệu quả từ cộng âm trong vùng chồng chéo.

Quy trình gần với crossover đồng nhất bằng cách thêm vào một bước EQ.

Tạo crossover chồng chéo

Chương 4

- Xác định mức độ tham chiếu: 0 dB.
- Đặt tần số cắt cho cả LF lẫn HF để tạo ra giải chõng chéo mục tiêu (thí dụ 60-120Hz). Có thể không cần nếu roll-off tự nhiên đưa ra đáp ứng mong muốn.
- Khiến mỗi loa và quan sát đáp ứng âm thanh của từng channel.
- Điều chỉnh mức tương đối cho đến khi nó khớp với giải mục tiêu crossover (giảm âm lớn hơn xuống).
- Điều chỉnh phase tương đối để khớp với giải crossover càng nhiều càng tốt (delay cái nào sớm hơn).
- Khiến hai channel cùng nhau, tạo ra peak 6dB nằm ở giữa.
- Thêm filter tham số (-6dB ở giữa chỗ bị chõng chéo) tới cả hai channel. Điều chỉnh bằng thông theo yêu cầu để bình thường hóa đáp ứng.

4.3.4.3 Chọn tần số crossover

Việc gặp phải hệ thống đòi hỏi phải chọn tần số crossover. Không nên xảy ra việc này, nhưng nó thì có. Quy trình lựa chọn nên mở rộng R&D, trong lĩnh vực này không thể xảy ra kịch bản này nếu nhấn xuống vài phút cho đến khi bắt đầu show.

Cân nhắc chọn tần số crossover

- Giải tần số tối ưu cho mỗi driver. Ảnh hưởng đến năng lượng, headroom, dịch chuyển tần số và nhiều hơn thế nữa.
- Đáp ứng cực của thành phần HF và LF thay đổi theo tần số. Tốc độ thay đổi cực qua chéo có thể bị ảnh hưởng. Thí dụ, horn HF có khuynh hướng mở rộng ra khi tần số giảm, trong khi driver LF thu hẹp khi giảm.
- Lựa chọn tần số cắt có ảnh hưởng đến driver HF đáng kể. Nó vượt quá phạm vi sách này, nhưng về cơ bản thì: Độ dịch tần tăng lên theo cấp số nhân theo giảm tần số. Chia đôi tần số yêu cầu độ dịch tần gấp bốn lần để tạo ra năng lực âm thanh giống nhau.
- Giảm tần số crossover có thể làm cho thiết bị hoạt động dưới giải ghép nối của horn, làm giảm tính hiệu quả và đòi hỏi dịch tần nhiều để đạt yêu cầu về SPL.

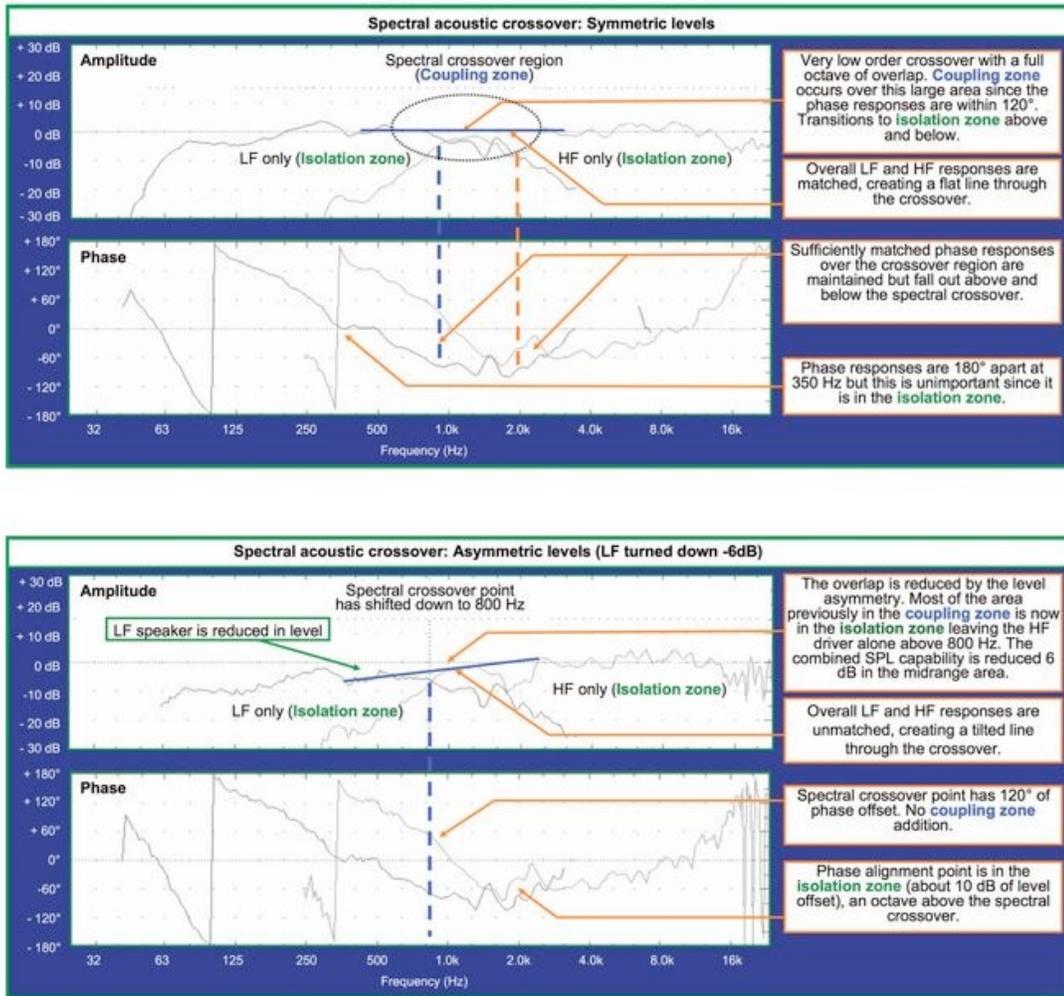
Nói chung, sẽ an toàn hơn khi chạy driver đúng giải hoạt động của nó hơn là bên dưới. Do đó, điểm khởi đầu tốt là quan sát những giới hạn trên của đáp ứng LF thô. Crossover phải dưới giới hạn LF và xem nó có thể đạt mức độ cao ra sao. Nếu chúng ta bắt đầu driver HF với thiết lập HPF một octave dưới mục tiêu sắp tới, chúng ta có thể thấy nếu driver có thể làm ra điểm gặp gỡ. Rồi bắt đầu thử nghiệm mà mờ trong giải mục tiêu. Có thể thử nhiều độ dốc và cấu trúc liên kết khác nhau cho đến khi thấy phù hợp nhất. Sau khi sắp xếp crossover trong khu vực trên trục, bạn nên di chuyển khỏi trục để xem mô hình LF và HF phù hợp ra sao. Không có cách nào thực hiện quy trình R&D toàn diện trong lĩnh vực này nhưng điều này là tất cả những cái chúng ta có thể làm.

4.3.4.4 Thẩm định Crossover -- Crossover Audibility

Chúng ta thường tìm cách triệt tiêu những manh mối cảnh báo khán giả là đang có loa. Violon không có tần số crossover. Loa nhiều way có thể nhân bản đầy đủ loại đàn violon, nhưng chúng ta phải cẩn thận với khu vực crossover để bảo đảm người nghe không nhận thấy sự chuyển tiếp giữa driver. Một cơ chế có thể vạch trần sự chuyển tiếp của driver là sự dịch chuyển. Xác suất định vị riêng biệt tăng rõ khi

Cộng âm

driver di chuyển cách xa nhau. Đây không là vấn đề đối với thùng loa nhiều way cách xa nhau, nhưng có thể cho subwoofers, thường cách xa hệ thống chính. Yếu tố thứ hai là chùng chéo, có thể làm lộ rõ sự chuyển tiếp crossover vì có quá nhiều hay quá ít chùng chéo. Có thể chuyển tiếp crossover có filter dốc cực kỳ trong một nốt nhạc duy nhất trong âm giai. Sẽ rõ nhất nếu quy trình chuyển tiếp di chuyển giữa những phần tử có sự khác biệt lớn về kiểm soát mô hình, thí dụ: Driver hình nón front-loaded đến horn hẹp. Có thể thay đổi tính năng reverb đột ngột khi chuyển tiếp.



Hình 4.27A và B Thí dụ về mức độ crossover âm phổ bất đối xứng

Mặt khác, với chùng chéo quá mức, filter sẽ không cô lập đủ để ngăn có chài quanh điểm crossover. Điều này làm cho quy trình chuyển tiếp bị phơi ra bởi sự có độ giảm trong đáp ứng ở trên hay dưới tần số crossover. Thí dụ cuối cùng là sự kết hợp của cả hai, sự dịch chuyển lẫn chùng chéo tối thiểu trong trường hợp đặt sub tiếp đất và treo hệ chính. Cả hai yếu tố đều nhấn mạnh đến sự tách biệt, có thể chứng minh rõ là hai nguồn khác biệt.

Chúng ta hãy đặt ra mục tiêu là "khả năng phát hiện crossover" tối thiểu: chuyển tiếp driver mà không ai để ý. Độ dịch chuyển tối thiểu, chuyển đổi góc bao quát tối thiểu, độ chài tối thiểu và dốc filter dần dần có khuynh hướng trượt theo máy sonar của chúng ta. Cơ chế nghe của chúng ta miêu tả về những thay đổi đột ngột về đặc tính âm giữa những nốt nhạc. Sự chuyển hướng gây ra sự thay đổi đột ngột về định vị hóa. Cách kết hợp này gây ra thay đổi đột ngột mức độ khi nốt nhạc biến mất rồi trả lại tiếp theo. Sự

Chương 4

chuyển đổi góc bao quát tạo ra thay đổi trong lĩnh vực phản dội, khiến người nghe cảm thấy như thể có tần số ở rất xa trong không gian sôi động trong khi phần tiếp theo ở gần bên, trong không gian khô.

4.3.4.5 Crossover bất đối xứng -- Crossover Asymmetry

Nhiều dốc filter khác nhau làm ra quy trình chuyển tiếp từ ghép nối đến cô lập bất đối xứng. Có thể xử dụng tỷ lệ độ dốc bất đối xứng rất hiệu quả, nhưng phải dự đoán hành vi của nó. Việc trộn filter bậc chẵn và lẻ (thí dụ bậc hai và ba) thường đòi hỏi phải đảo cực và ghép trật tần số góc để đạt được kết quả crossover đồng nhất. Thường gặp độ dốc filter high-pass hơn là low-pass. Giảm rủi ro trệch khỏi trục cho HF và chia sẻ năng lượng khả dụng từ LF.

Thiết lập mức tương đối cũng có thể làm ra bất đối xứng trong giải crossover, bằng cách dịch tần số crossover và phân phối lại việc phân công hoạt động. Giảm mức độ của driver LF làm tăng gánh nặng cho HF và có thể gây nguy hiểm cho nó. Thí dụ về khu vực này trong hình 4.27.

4.3.5 Phân chia không gian và crossover không gian -- Spatial dividers and spatial crossovers

4.3.5.1 Âm phổ và Không gian -- Spectral vs. Spatial

Hãy áp dụng kiến thức của chúng ta về crossover âm phổ sắp xếp phase để bao quát toàn không gian: crossover không gian. Giải chia phổ tách âm phổ ra và crossover âm phổ nối nó lại. Giải phân chia không gian tách vùng bao quát và crossover không gian nối nó với nhau.

Chúng ta hãy lấy loa hai way làm thí dụ minh họa. Tải âm phổ (thí dụ: cao và thấp) bị chia ra, nhưng tải không gian (vùng bao quát) thì san sẻ đều. Bây giờ đặt hai trong số này trong array. Tải không gian bị chia nhỏ (thí dụ: ban công và sàn), nhưng tải âm phổ lại chia đều. Array hai way chứa cả hai loại crossover âm thanh, và chúng ta sẽ xử dụng cách tiếp cận tương tự để tối ưu hóa đáp ứng ở khu vực nhạy cảm nhất: crossover sắp xếp phase (phase-aligned).

Phần này minh họa cách phân chia không gian, quy trình tách vùng nghe được thành vùng bao quát, tương tự như phân tách driver high, low và midrange. Áp dụng bộ quy tắc cho crossover bốn way trong thùng loa đơn (âm phổ) và array bốn phần tử (không gian). Phần cuối của câu đố là tường của phòng. Nó là những bộ chia không gian tối ưu và quản lý những phản dội của nó theo cùng nguyên tắc. Việc sửa đổi thuật ngữ thông thường đòi hỏi phải có thời gian để tiêu hóa, nhưng nỗ lực này rất đáng giá vì những bí ẩn về sự tương tác giữa loa và phòng đã tạo ra bí mật của nó.

Điểm chung giữa crossover âm phổ và không gian

- Cả hai tương tác đều chịu chi phối bởi đặc tính của cộng âm âm thanh.
- Chiến lược tối ưu hóa bắt nguồn từ cùng khái niệm: crossover sắp xếp phase. Sự khác nhau giữa crossover âm thanh và không gian
- XOVR không gian là full range. Thách thức hơn để đạt tới sự cô lập mà không triệt tiêu.
- Bù phase trong giải chia âm phổ chỉ ảnh hưởng mạnh đến giải tần crossover. Bù phase trong phân chia không gian ảnh hưởng đến tất cả tần số.

Những chức năng tương tự

- Vùng ghép nối (loa ở mức độ bằng nhau) tương tự như tần số crossover âm phổ.
- Định hướng tương tự với độ dốc của filter. Loa hướng cao giống như filter dốc.

Cộng âm

- Thay đổi mức độ tương đối giữa loa làm thay đổi vị trí crossover không gian cũng như nó làm thay đổi tần số crossover âm phổ.
- Sự bổ sung năng lượng từ chõng chéo ngang hay dọc trong crossover không gian cũng tương tự như sự bổ sung trong crossover âm phổ.

Crossover âm phổ trên không gian phức tạp hơn đối tác âm phổ của nó, nhưng vẫn có sự khác biệt trên cùng chủ đề (Hình 4.28). Đặt hai loa kết hợp theo bất kỳ hướng nào và tìm điểm giữa giữa nó. Đó là điểm crossover và vùng ghép nối cho tất cả tần số. Phần tiếp theo hơi khó hơn. Bây giờ chúng ta phải tìm đường ra khỏi khu vực cô lập: vị trí mà loa có mức độ hơn 10dB chiếm ưu thế. Có thể dễ tìm ra việc này cho tần số đơn lẻ bằng cách quan sát mô hình bao quát. Chia nhỏ điểm của vùng cô lập sẽ đơn giản như độ dốc filter âm phổ nếu loa có cùng mô hình định hướng cho tất cả tần số. Điều này cũng giống như việc phát hiện ra con kỳ lân. Trong thế giới thật, những tần số thấp sẽ chõng lên nhau nhiều hơn ở mức cao, cho chúng ta nhiều điểm khác nhau về đường biên của vùng ghép nối, chãi, chuyển tiếp và cô lập trên tần số trong phòng.

4.3.5.2 Crossover không gian nhiều way -- Multi-Way Spatial Crossover

Hãy mở rộng vượt qua crossover hai way ($A + B = AB$) bằng cách thêm phần tử thứ ba (C). Có cộng âm trong hai giai đoạn khi âm thanh tiến lên phía trước: $(A + B) + (B + C) = ABC$ (Hình 4.29). Xảy ra cộng âm kế cận trước tiên và sau đó tiến tới sự kết hợp ba way đầy đủ, nghĩa là phần tử A sẽ đóng khe hở (gap) với B lại trước khi nó gặp yếu tố C và ngược lại. Ở giai đoạn này, chúng ta có hai hình tam giác cân, cạnh nhau. Xếp chõng và kết hợp $A + B + C$. Lưu ý, chúng ta đã bắt đầu tạo kim tự tháp. Nếu đóng khe hở giữa AB và BC ở 1m, thì điểm gặp nhau của bộ ba ABC có thể sẽ là 2m. Array này giả định hình dạng far-field vĩnh viễn của nó khi cộng tất cả phần tử đầy đủ (ở đỉnh kim tự tháp).

Chúng ta có thể bổ sung tiếp tục miễn là ngân sách và giàn khung treo cho phép. Mỗi phần tử mới mở rộng cơ sở và thêm một lớp cộng trở lên trên. Khoảng cách phần tử đặt kích cỡ cơ sở của đế kim tự tháp, và góc che phủ phần tử tạo ra độ dốc của các cạnh. Những phần tử hẹp mất nhiều thời gian để đáp ứng cho những hàng xóm kế bên cạnh của nó, rồi tiếp theo, tạo ra tam giác dốc hơn và đẩy đáp ứng khu vực xa chuyển tiếp ra ngoài. Những phần tử rộng đóng khe hở thật nhanh và kết thúc việc định hình của nó gần nguồn.

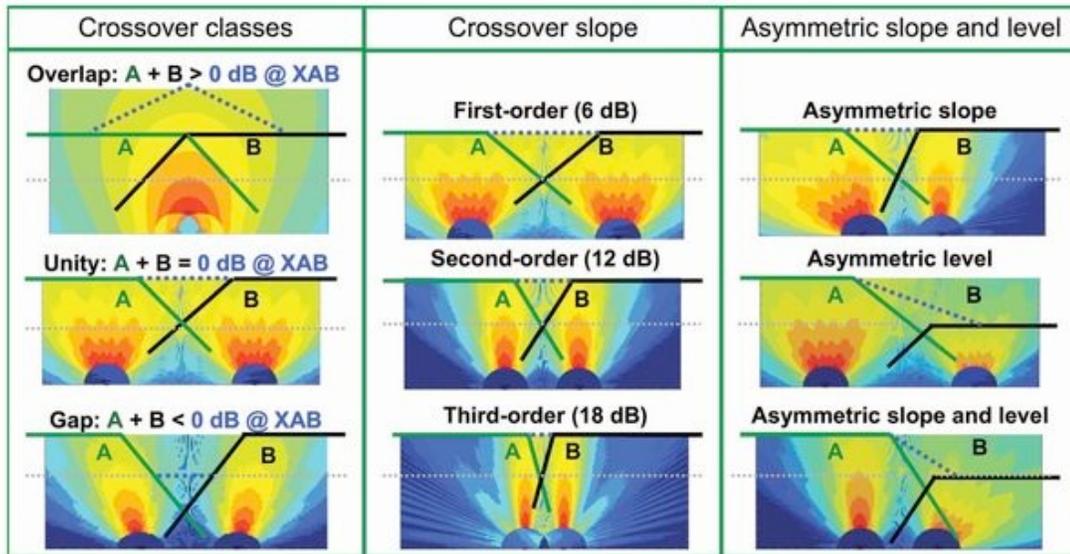
Kim tự tháp là rõ ràng rành khi khoảng cách phần tử đã gần đủ để duy trì ghép nối. Ngược lại, những phần tử cách nhau xa sẽ chãi với nhiều hàng xóm của nó hơn là ghép đôi. Những cộng âm bên trên sẽ giống như chung kết pháo bông hơn là kim tự tháp. Chúng ta có thể gọi đó là sự tự bốc cháy chăng? Không thể ngăn chãi ở lớp trên, nhưng chúng ta có thể làm cho nó không liên quan bằng cách gửi cho những loa khác để vượt qua phạm vi bao quát. Mỗi ghế trong hội trường đều có thể nhìn thấy tất cả front-fills. Lý do khiến độ chãi ở lớp trên không làm phiền vì chúng ta đã lát áo cho nó bằng hệ thống chính.

4.3.5.3 Thứ bậc của loa (độ dốc crossover) -- Speaker Order (Crossover Slope)

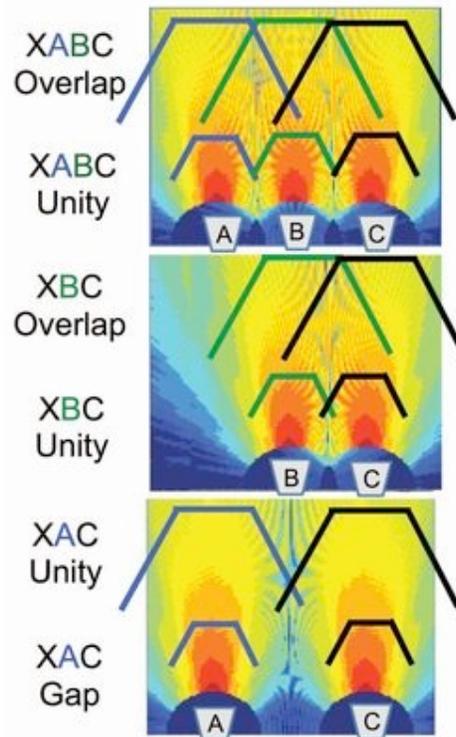
Bước tiến lớn trong việc chuyển kiến thức âm phổ của chúng ta tới miền không gian là hình dung mô hình bao quát của loa như là dạng filter không gian (Hình 4.30). Loa 360° giống như không gian "full range" khi bao bọc từ 20Hz đến 20kHz, chính là âm phổ. Phạm vi âm phổ là 10 octave, tương tự như khoảng không gian 360 độ. Nếu vượt thẳng vòng tròn ra, chúng ta có thể đặt hai hình dạng này cạnh nhau. Hệ thống hai way chia vùng bao quát ra (2×5 octave hay $2 \times 180^\circ$) hay có thể làm ba way (3×3.3 octave và $3 \times 120^\circ$). Chúng ta có thể tiếp tục cắt ra như thế mãi mãi. Chúng ta biết từ trải nghiệm crossover âm phổ, chúng ta cần filter dốc trên hệ thống bốn way hơn là hai way. Tám way thì sao? Thậm chí nhiều hơn nữa cũng được. Filter dốc hơn cô lập khoảng cách tín hiệu chặt chẽ hơn. Tương tự với filter không gian. Nếu cắt lát thành từng giải 20°, nó cần phải dốc để tránh chõng chéo lên những vùng lân cận. Không phải

Chương 4

lúc nào cũng cần phải bao phủ 360° hơn chúng ta cần bao gồm 20Hz-20kHz, nhưng nếu muốn cắt ra từng mảnh nhỏ, thì những filter dốc là phương tiện hiệu quả nhất để vào vùng cô lập và giảm thiểu việc chài.

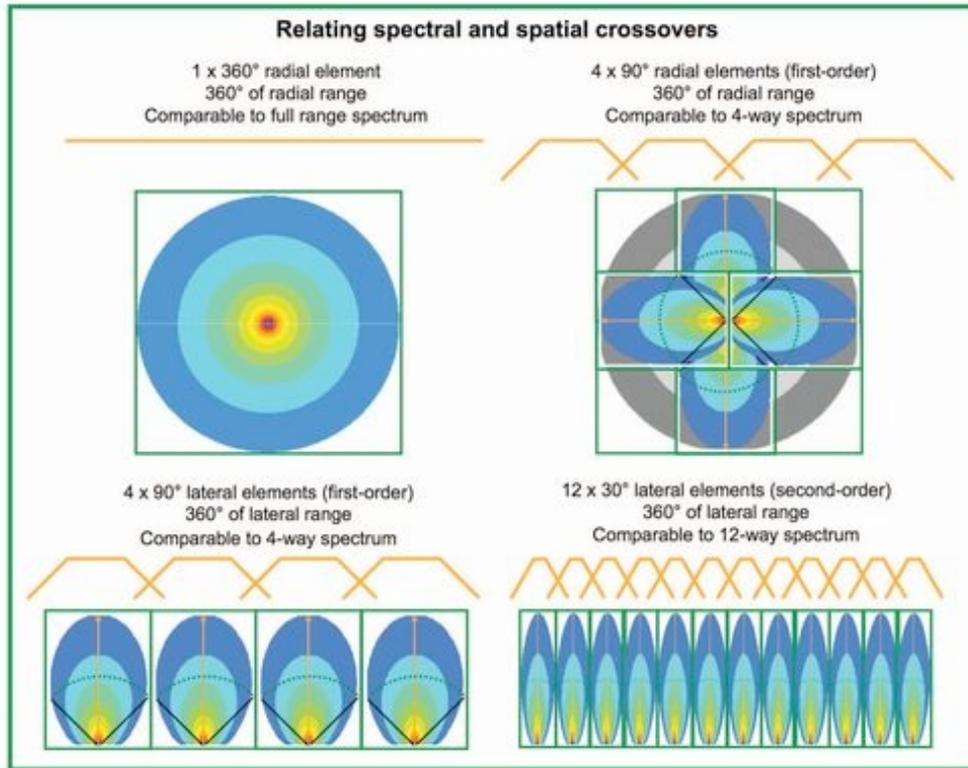


Hình 4.28 Những loại crossover không gian, độ dốc và bất đối xứng. Chú ý mối quan hệ tương tự với crossover âm phổ trong hình 4.23.

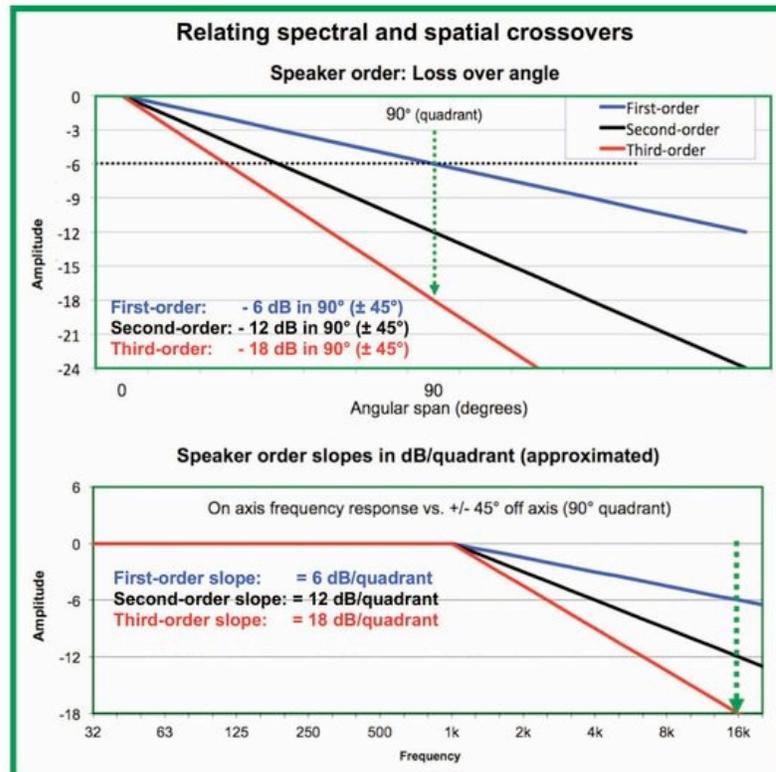


Hình 4.29 Crossover không gian nhiều way

Cộng âm



Hình 4.30 Liên kết thứ bậc âm phổ và không gian: 1 x 360°, 4 x 90°, 12 x 30°



Hình 4.31 Liên kết crossover âm phổ và không gian: bậc một, bậc hai, bậc ba

Chương 4

Chúng ta không xử dụng loa 360° cũng như chỉ xử dụng một driver để bao gồm 20Hz-20 kHz. Với mục đích thảo luận, chúng ta sẽ chia không gian thành những góc phần tư (hình quạt) (90°) và phân loại vùng bao quát từ đó (Hình 4.31). Loa bị mất góc hình quạt -6dB gọi là loa bậc một (tương tự -6dB/octave). Cái nào giảm ở tỷ lệ 12/dB cho mỗi hình quạt là bậc hai và cứ như vậy. Bằng cách phân loại loa thành bậc một, bậc hai, bậc ba (như đã làm cho filter), chúng ta có thể đơn giản hóa thảo luận về loa, nhấn mạnh vào hình dạng cơ bản mà nó tạo ra chứ không phải là nó là front-loaded, horn quạt, ribbon v.v.

Phân loại thứ bậc của loa

- Vô (mọi) hướng - Omnidirectional: 180° đến 360° (hao hụt <6dB trong góc 90°).
- Bậc một: 60° đến 180° (hao hụt 6dB trong 90°).
- Bậc hai: 20° đến 60° (hao hụt 12dB trong 90°).
- Bậc ba: 6° đến 20° (hao hụt 18dB trong 90°).

Mỗi loa đều có thể có mô hình bao quát trong mặt phẳng dọc và ngang khác nhau, do đó thứ bậc cũng khác nhau. Ngoài ra, chúng ta biết mô hình bao quát mở rộng trong giải LF, do đó, một phân loại sẽ không đại diện cho đầy đủ full range của loa. Chúng ta xử dụng phân loại theo thứ bậc loa để tách riêng đáp ứng HF. Nói tóm lại, có thể giả định, mọi loa sẽ kết thúc omni ở cực low-end. Độ chênh lệch giữa mức độ bao quát của LF và HF sẽ lớn nhất trong loa bậc ba.

4.3.5.4 Crossover không gian đồng nhất (A + B) -- Unity Spatial Crossover

Gain crossover không gian đồng nhất là tiêu chí của thiết kế và tối ưu hóa, điểm kết nối chính giữa những loa trong một array và sự kết hợp của hệ thống sub (Hình 4.32). Tìm thấy ba loại chính trong phòng.

Ba dạng thức crossover không gian đồng nhất (A + B) điển hình

- Góc mở đồng nhất (Unity splay angle): tạo ra điểm -6 dB bằng cách tách góc (thí dụ như array nguồn điểm ghép).
- Cách quãng đồng nhất (Unity spacing): tạo ra điểm -6 dB bằng cách tách hướng bên hay dọc (thí dụ: cách quãng giữa front-fill).
- Khoảng cách đồng nhất (Unity distance) (về phía trước): tạo ra điểm -6 dB bằng cách tăng gấp đôi khoảng cách (thí dụ hệ thống chính và delay).

Có thể xử dụng những cái này đơn lẻ hay kết hợp để tạo ra crossover đồng nhất (thí dụ: front-fill ở sân khấu cong sẽ xử dụng góc mở và cách quãng để tạo cộng âm đồng nhất).

Crossover đồng nhất tiêu chuẩn cho biết thêm A (-6dB, 0°) + B (-6dB, 0°) tại XAB và tổng cộng là 0dB. Nguyên nhân của từng hao hụt riêng có thể là trực, khoảng cách hay kết hợp cả hai. Gain cộng âm lớn nhất ở XAB và yếu đi khi xa khỏi đó. Từng loa sẽ mạnh hơn khi gain cộng âm suy yếu, tạo ra mức độ nhất quán khi di chuyển khỏi trung tâm. Mô hình bao quát tổng hợp rộng gấp đôi từng cái và đánh giá lại bằng cách xử dụng crossover làm trung tâm tham chiếu.

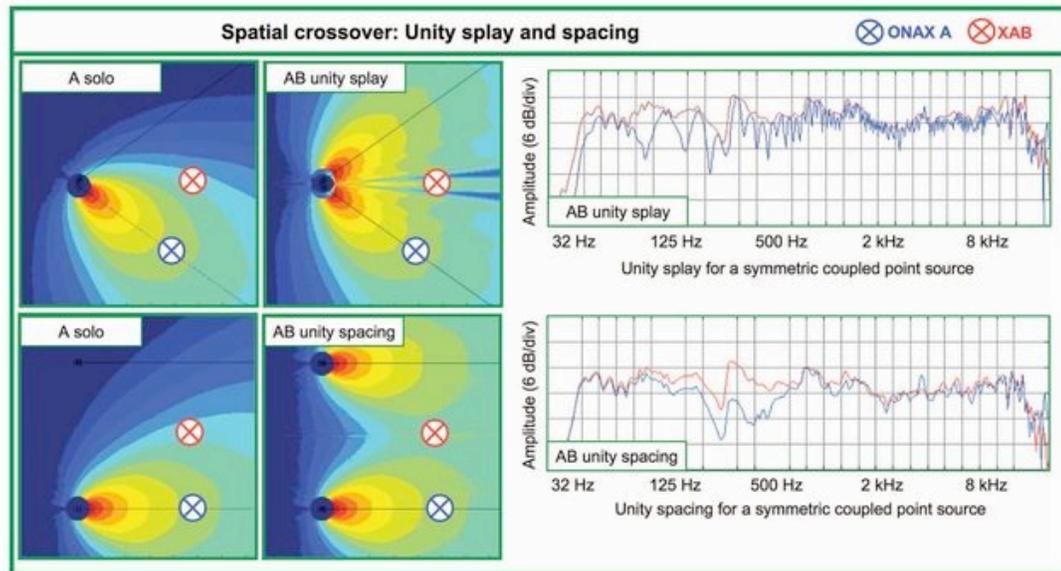
Nếu đã chọn vị trí crossover, quy trình sẽ mất năm bước.

Tạo gain crossover không gian đồng nhất với loa A và B

- Xác định tiêu chuẩn tham chiếu danh định: 0dB.
- Khiến A (solo). Quan sát đáp ứng âm thanh và tìm vị trí -6dB. Đây là crossover XAB.

Cộng âm

- Khiển B (solo). Điều chỉnh B cho đến khi nó tạo ra -6dB ở cùng vị trí (thí dụ: góc mở, khoảng cách, điều chỉnh mức độ).
- Điều chỉnh phase tương đối cho đến khi kết hợp tại XAB (delay cái nào sớm hơn).
- Khiển A + B. Đáp ứng tổng hợp ở crossover nên phù hợp với mức độ riêng danh định.



Hình 4.32 Crossover không gian đồng nhất

4.3.5.5 Crossover không gian chồng chéo (A + B) -- Overlapped Spatial Crossover

Crossover chồng chéo cho biết thêm A ($> -6\text{dB}$, 0°) + B ($> -6\text{dB}$, 0°) tại XAB và tổng cộng $> 0\text{dB}$ (tối đa 6dB). Gain cộng âm cao nhất ở XAB và giảm đi ở giữa (Hình 4.33). Đánh giá lại mô hình bao quát tổng cộng bằng cách xử dụng crossover làm trung tâm tham chiếu. Sự kết hợp rộng, hẹp hơn hay giống như từng thành phần riêng, phụ thuộc vào tỷ lệ chồng chéo (đa số chồng chéo hẹp lại, đa số cô lập mở rộng ra). Hệ thống chồng chéo cao có thể không bao giờ đạt đến vùng cô lập (mức độ bù không đạt 10dB).

Tạo crossover không gian chồng chéo bằng loa A và B

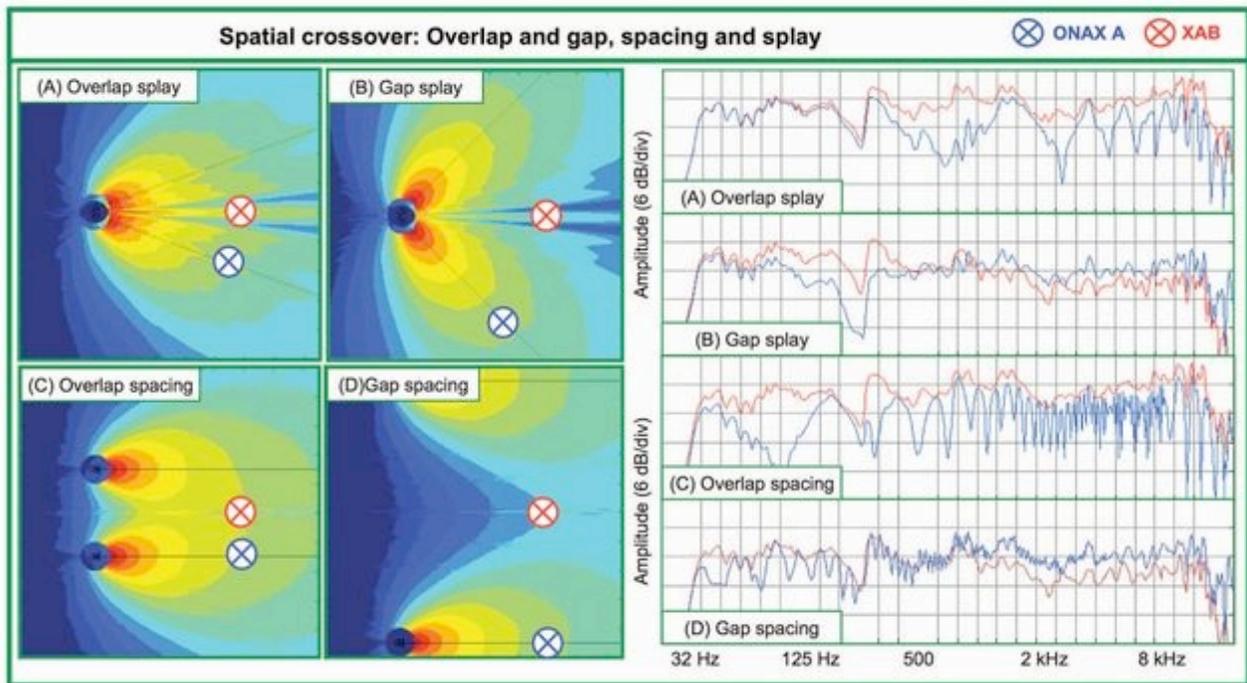
- Xác định tiêu chuẩn tham chiếu danh định: 0dB.
- Thay thế A và B solo để tìm vị trí có mức độ bằng nhau (phù hợp với $> -6\text{dB}$ từ mức độ tham chiếu). Đây là vị trí crossover của XAB (thí dụ: nếu mức độ của A và B là -2dB thì tổng sẽ là +4dB).
- Điều chỉnh phase tương đối cho đến khi nó phù hợp với XAB (delay cái nào sớm hơn).
- Khiển cả hai channel cùng nhau. Tổng đáp ứng nên vượt quá mức độ riêng +6dB.
- Nếu vài tần số chồng lên nhau và lên những tần số khác thì có thể áp dụng EQ cho những giải chồng chéo (thủ tục tương tự như crossover âm phổ chồng chéo).

4.3.5.6 Crossover không gian khoảng hở (A + B) -- Gapped Spatial Crossover

Crossover khoảng hở cho biết thêm A ($< -6\text{dB}$, 0°) + B ($< -6\text{dB}$, 0°) tại XAB và tổng cộng là $< 0\text{dB}$ (Hình 4.33 một lần nữa). Gain cộng âm lớn nhất ở crossover và giảm đi ở trung tâm (trong khi mức độ có thể lại mạnh hơn). Định nghĩa vùng khe hở là vùng có mức độ thấp hơn tham chiếu 0dB. Khe hở từ 6dB

Chương 4

trở lên tương đương với đáp ứng ở ngoài trục. Xử dụng crossover khoảng hở để tránh nhiều khu vực như mặt trước balcon.



Hình 4.33 Chồng chéo và crossover không gian khoảng hở

4.3.5.7 Cô lập bằng góc độ -- Isolation by angle

Chúng ta đã xem xét việc đưa loa lại gần nhau. Bây giờ chúng ta sẽ đánh giá việc nó cách xa nhau. Cách thứ nhất là cô lập góc, còn gọi là góc mở (splay). Thực hiện phương pháp này trong array nguồn điểm bằng cách nhắm hướng loa cách xa ở phía trước. Một cặp đối xứng sẽ có crossover tại trung tâm, có thể chồng chéo, đồng nhất hay có khe hở. Con đường đến cô lập (mức độ bù $\geq 10\text{dB}$) bắt đầu ở crossover và hướng về phía cạnh ngoài góc bao quát. Chúng ta đạt được nó trước tiên trong góc hở, thứ hai trong góc mở đồng nhất và cuối cùng (nếu ở tất cả) trong góc mở chồng lên nhau. Nguồn điểm ghép nối có một vùng cô lập rất rõ: Một tần số nhất định có một góc nhất định, xảy ra cô lập tại đó, là giữ góc theo khoảng cách. Thí dụ, nếu cô lập tại 8 kHz bắt đầu ở 20° đi từ crossover, nó sẽ (a) giữ cùng mức độ cô lập trên khoảng cách và (b) bị cô lập hơn ở những góc xa crossover.

4.3.5.8 Cô lập bằng cách dịch chuyển -- Isolation by Displacement

Con đường tiếp theo hướng tới sự cô lập là tách rời/di chuyển. Di chuyển loa cách xa nhau ra và phải bao phủ rất nhiều khoảng đất trước khi có thể nối với nhau. Đây là cấu hình array không ghép, và do đó sẽ biến hình qua nhiều vùng cộng âm khác nhau theo khoảng cách. Thí dụ đơn giản: Đặt hai loa cách nhau 10m. Nếu chúng ta đi bộ thẳng từ mặt trước của A (tại 1m) đến mặt trước của B (tại 1m), chúng ta sẽ di chuyển từ cô lập (A) đến khoảng hở (XAB) đến cô lập (B). Cùng đường dẫn ở phía trước loa 20m sẽ chồng lên nhau (và chái) liên tục. Ở khoảng cách nào đó ở giữa, chúng ta có thể đi theo đường thẳng và đi từ cô lập (A) đến đồng nhất (XAB) đến cô lập (B). Phía trước đường đồng nhất là quá gần (trước phạm vi bao quát), và đi qua đó lại quá xa (sau phạm vi bao quát). Mục tiêu của chúng ta là thu hẹp khoảng hở ở đúng chỗ và thực hiện kiểm soát thiệt hại trên chỗ chồng chéo. Khoảng cách rộng của những phần tử hẹp sẽ duy trì cô lập dài nhất, và khoảng cách gần của phần tử rộng sẽ nhỏ nhất.

Cộng âm

4.3.5.9 Cô lập theo mức độ -- Isolation by Level

Chúng ta có thể thay đổi cân bằng vùng cộng âm bằng cách để loa ở vị trí và xoay từng cái một. Vị trí crossover sẽ di chuyển về phía loa nhỏ hơn (B). Hãy suy nghĩ về việc giảm mức độ khi khu vực của loa B cong sang khu vực loa A, sự phân phối mức độ không cân đối. Ở phía A chúng ta sẽ thấy sự cô lập đến sớm hơn (vì B sẽ giảm nhanh xuống 10dB phía sau), trong khi điều ngược lại là đúng đối với phía bên B.

4.3.5.10 Cô lập bằng ủy thác -- Isolation by Committee

Tất cả cơ chế cô lập chỉ liệt kê việc có thể tập hợp lại với nhau để tạo ra hình dạng muốn có. Chúng ta có thể di chuyển nó cách xa ra, xòe ra và giảm từng cái xuống. Việc chuyển đổi sang cô lập sẽ đến với loa nào nghe lớn trội nhất rất nhanh. Đối với loa nghe nhỏ hơn, hãy chào đón cuộc sống như loa lấp đầy (fill).

4.3.5.11 Khả năng phát hiện crossover -- Crossover Detectability

Che dấu việc chia không gian là thách thức vì giải tần số crossover kéo dài đến giới hạn trên cao hơn. Hầu như không thể chuyển tiếp qua crossover mà không có một vài chái HF. Crossover không gian có thể có chuyển vị trí vật lý đáng kể, làm vùng chái sóng không ổn định. Quy trình chuyển giữa những hệ thống bậc cao có thể dễ phát hiện sườn góc dốc nhưng chỉ trong một phần rất nhỏ của không gian, trong khi sẽ khó phát hiện trong hệ thống bậc thấp hơn, nhưng vẫn phát tán trên không gian rộng hơn. Thỏa hiệp cổ điển.

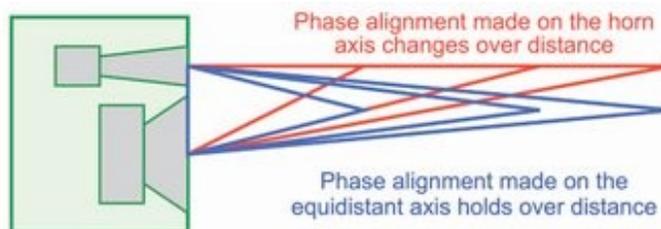
Crossover âm phổ có tương phản nổi bật nhất là chỉ có thể phát hiện crossover không gian ở vị trí cụ thể. Có thể hiển thị khả năng phát hiện phân chia âm phổ trên diện rộng. Có thể đặt crossover không gian crossover trên lối đi, mặt tiền balcon và nhiều chỗ khác sẽ biểu hiện khiếm khuyết học thuật. Không đến nỗi phải chia âm phổ ra.

Giải chia không gian tự tổ cáo nó ngay bằng cách thay đổi vị trí góc. Tại của chúng ta có thể nhận ra manh mối định vị hóa, khi phát hiện tăng bù góc thì lại càng dễ hơn. Manh mối khác có thể là đáp ứng không khớp trong khu vực crossover. Điều rõ nhất là khi loa mở rộng giải tần số HF tốt bên trên cái khác. Phải quản lý cẩn thận việc này khi kết hợp những loa có dạng nhỏ bằng cách mở rộng VHF cho hệ thống chính có kích cỡ lớn. Mixer sẽ không nghe thấy VHF ở front-fill nhưng hàng ghế đầu tiên chắc chắn sẽ nghe.

Manh mối khác đi dưới hình thức khoảng cách tương đối. Loa ở gần có tỷ lệ phản dội trực tiếp cao hơn loa ở xa. Phải giảm nhỏ mức độ của loa delay ở gần để nó không nổi bật hơn loa chính ở xa.

4.3.6 Crossover âm phổ/không gian -- The spectral/spatial crossover

Hầu hết loa hai way trên thế giới đều có driver thay thế: HF bên cạnh LF hay giữa hai loa woofers. Crossover phổ cũng là crossover không gian. LF và HF đều có tần số crossover và vị trí crossover (Hình 4.34). Ngoại lệ là thiết kế đồng trục, trong đó driver HF định vị ngay tâm bên trong driver LF (trong trường hợp đó, sự dịch chuyển nằm ở chiều sâu hơn là ngang hay dọc).



Hình 4.34 Crossover âm phổ/không gian

Chương 4

Điều này bổ sung thêm chiều thứ hai cho việc tìm kiếm hiệu năng của crossover không chài. Mục đích là để ở lại trong vùng ghép nối cho đến khi vượt khỏi phạm vi góc bao quát, nghĩa là vẫn ghép nối âm phổ cho đến khi cô lập không gian. Chúng ta quay trở lại tam giác cân (đại diện về vùng ghép nối không gian và mục tiêu cho sự sắp xếp phase). Chúng ta có thể coi driver như là crossover không gian rồi sắp xếp mức độ và phase âm phổ bằng thủ tục crossover không gian đồng nhất đã nêu ra trước đây (4.3.5.4).

Đánh giá độ ổn định về không gian bằng cách đo xa trung tâm crossover (ở trên và dưới hay từ bên này sang bên kia). Quan sát giải tần số crossover và xem liệu đáp ứng có đủ dài để đạt tới cạnh của vùng bao quát không gian không. Thực hiện việc này tốt nhất ở khoảng cách đủ dài để đại diện cho những ứng dụng có thật. Điều này cho phép bù thời gian để giải quyết vào loa sẽ thật sự xử dụng giải nào. Đo quá gần có thể làm cho chức năng crossover âm phổ/không gian hoàn hảo sẽ gặp vấn đề.

4.4 Mảng loa -- Speaker Arrays

Hãy áp dụng nghiên cứu về cộng âm và crossover âm thanh vào việc xây dựng array loa thật tế. Thêm hai loa thì tổng sẽ phụ thuộc vào mức độ và độ bù phase. Thêm mười loa thì nó sẽ hoạt động như cộng âm của cộng âm chính xác. Mô hình bao quát của từng phần tử, sự dịch chuyển, góc độ và mức độ của nó dẫn đến sự phân bố không gian. Nếu chúng ta kết hợp hệ thống ở crossover không gian thành công, có thể dự đoán và quản lý phần còn lại của vùng bao quát. Có thể kiểm soát độc lập tất cả yếu tố này trong quy trình thiết kế và tối ưu hóa.

4.4.1 Loại array loa -- Speaker array types

Tin tức thương mại về âm thanh chuyên nghiệp sẽ dẫn đến việc chúng ta tin có hàng trăm loại array loa khác nhau, với nhiều nhãn hiệu cầu chứng khác nhau. Những người khác lại tin chỉ có một loại array, array dòng kẻ (line), và tất cả cấu hình khác đã đi theo con đường của khủng long.

Về mặt thật tế, chúng ta phân loại array thành hai họ của ba loại. Đầu tiên, chúng ta tách ghép nối sang không ghép rồi chuyển sang định hướng góc.

Loại array

Nguồn line ghép

Nguồn điểm ghép

Điểm đến điểm ghép

Nguồn line không ghép

Nguồn điểm không ghép

Điểm đến điểm không ghép

Cấu hình

Loa song song với nhau

Loa đều có góc mở hướng ra ngoài

Loa đều có góc mở hướng vào trong

Loa tách biệt song song

Loa tách biệt có góc mở ra ngoài

Loa tách biệt có góc mở hướng vào trong

Làm sao chúng ta tách ghép nối sang không ghép? Khó hơn bạn nghĩ. Tỷ lệ bước sóng âm phổ 600:1 của array chuyển tiếp này làm cho màu xám thành xám hơn. Cách làm rõ đơn giản nhất là theo chức năng.

Cộng âm

Chức năng array ghép

Gain công suất

Mở rộng vùng bao quát hướng tâm

Tăng vùng bao quát hướng tâm

Chức năng array không ghép

Mở rộng vùng bao quát hướng tâm (quạt)

Mở rộng vùng bao quát hai bên

Mở rộng vùng bao quát ra phía trước

Gain công suất yêu cầu cộng âm vùng ghép, cũng như thu hẹp góc của vùng bao quát. Việc mở rộng vùng bao quát và góc mở đòi hỏi phải cộng âm vùng cô lập. Vùng chuyển tiếp là cái cầu bắc giữa vùng ghép nối và cô lập trong khi vùng chải cần tránh việc này càng nhiều càng tốt.

Bây giờ hãy trở lại câu hỏi ghép/không ghép. Thí dụ: chúng ta có một đường thẳng gồm 8 loa subwoofer cách nhau 1m. Trên mỗi cái có front-fill full-range nhỏ. Chúng ta có cả array ghép lẫn không ghép. Số lượng tám loa subwoofer cho biết việc thêm gain công suất và thu hẹp phạm vi bao quát. Số lượng tám front-fill sẽ mở rộng bên cạnh phạm vi bao quát. Nếu cần nhiều năng lượng LF, chúng ta thêm sub. Nếu cần thêm phạm vi bao quát phía trước, sẽ thêm front-fill. Nếu cần nhiều năng lượng frontfill, phải có frontfill lớn hơn.

Ghép và không ghép nối -- Coupled vs. uncoupled.

Bất kỳ array loa nào cũng có thể tạo ra vùng ghép dọc theo đường trung tâm bao quát (tam giác cân). Array nằm gần nhau có thể duy trì cho phần âm phổ và phòng đáng kể. Thêm không gian giữa những phần tử này sẽ giảm độ ghép nối cho cả hai. Chúng ta có thể đổi tỷ lệ array, nhưng không phải là kích cỡ của 500Hz. Kết luận rõ ràng: Array ghép nối có hành vi vùng ghép tốt hơn. Duh!

Một khi không có khả năng ghép nối, chúng ta sẽ tìm cách cô lập, có thể có bằng góc độ, khoảng cách hay mức độ. Góc thì hiệu quả và kéo dài nhất. Cô lập bằng cách đổi chỗ cũng có hiệu quả, nhưng khi người quảng cáo thích nói: "chỉ trong khoảng thời gian giới hạn thôi!". Mức độ vượt giảm dần, tự nó, là hạn chế nhất và nên được coi là phụ lục để cô lập hơn là phương pháp chủ yếu. Chúng ta có thể xử dụng nó cùng nhau để có hiệu quả lớn.

Có thể cô lập array nào? Nguồn điểm (point source) là bậc thầy về cô lập góc. Nguồn line thì không. Điểm đến có thể cung cấp cô lập góc sau khi luồng âm của nó đã đi qua trung tâm. Điều này làm nó giới hạn ứng dụng. Array không ghép là loại chiến thắng về cô lập đổi chỗ. Bất kỳ array nào cũng có thể có mức độ giảm dần, nhưng điều này không giúp đỡ nhiều nếu không bắt đầu từ góc hay đổi chỗ.

Chúng ta hãy nhìn vào bảng đánh giá (Hình 4.35). Một cấu hình array cung cấp kết nối mở rộng và cô lập tầm xa: nguồn điểm ghép. Không phải trùng hợp ngẫu nhiên mà đây là array chính, xử dụng trong hầu hết hệ thống prosound. Điểm đến điểm ghép cũng có thể cung cấp cho cả hai nhưng va vào những thách thức cơ học như loa này ngăn loa kia đi qua phía đối diện. Nguồn line ghép không có cơ chế cô lập hiệu quả. Kết quả, luồng âm tập trung tại điểm vô cực.

Trên array không ghép, nơi nguồn điểm cô lập bằng sự kết hợp của đổi chỗ và góc. Điều này cho phép nó có phạm vi xử dụng rộng rãi (cả âm phổ lẫn không gian). Điểm đến điểm (point destination) không ghép là sự lôi kéo, chiến tranh giữa đổi chỗ cô lập và thôi cô lập góc bên trong. Đây là giới hạn trong phạm vi của array không ghép nhất. Nguồn line (line source) không ghép nằm giữa nguồn điểm và điểm đến điểm. Bước tiếp theo sẽ nghiên cứu phân bố không gian của sáu loại array này (Hình 4.36).

4.4.2 Array ghép -- Coupled arrays

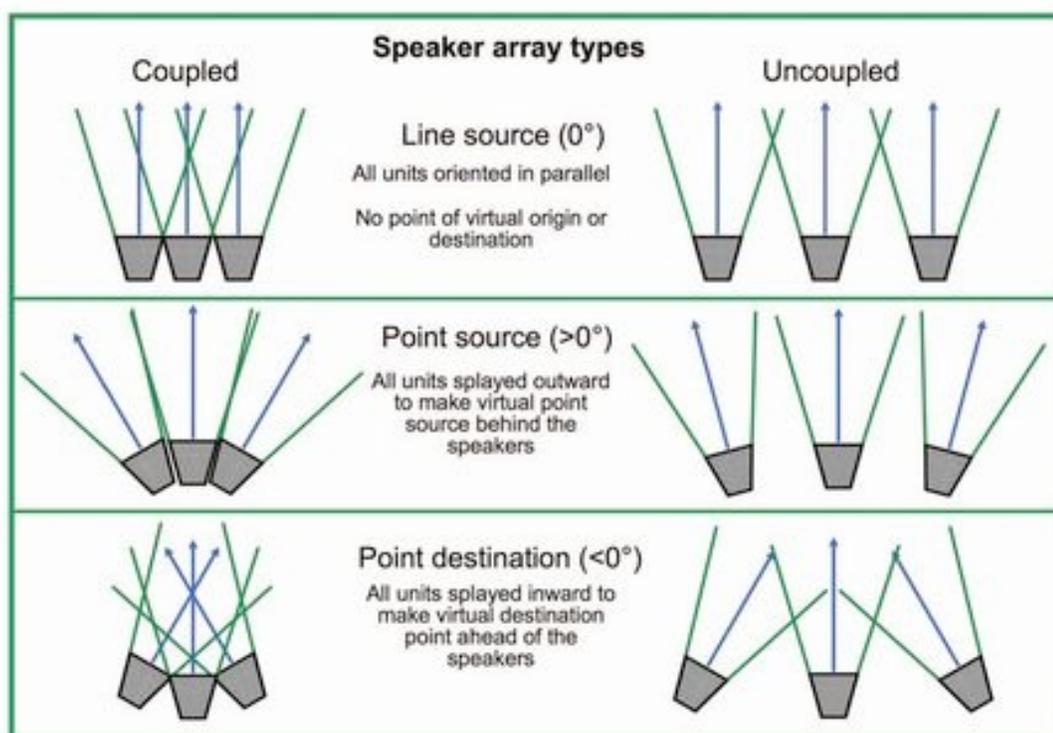
Phân tích sẽ tập trung vào đáp ứng tầm xa, nơi kết hợp của nhiều phần tử đã phát triển đầy đủ. Array dài với nhiều phần tử có thể cho thấy sự cô lập tầm gần do sự dịch chuyển cho đến khi khoảng hở

Chương 4

khép lại và tất cả phần tử đã tổng hợp. Khoảng cách chuyển tiếp cần để đạt đến độ trưởng thành sẽ thay đổi theo tần số (phạm vi bao quát rộng sẽ khép sớm hơn những vùng có độ bao quát hẹp). Đáp ứng hiển thị ở dạng 100Hz, 1kHz và 10kHz, sẽ xử dụng cho phần còn lại của chương này. Đợt này trình bày những biểu tượng cộng âm đã giới thiệu trước đây và cho nó bối cảnh những vị trí crossover không gian.

Array summation properties							
Array type	Isolation method			Summation zones			Range
	Angle	Distance	Level	LF	MF	HF	
Coupled line source	No	No	Limited	Coupling	Coupling	Coupling	Unlimited
Coupled pt. source	Yes	No	Yes	Coupling	Transition	Isolation	Unlimited
Coupled pt. destination	Limited	No	Yes	Coupling	Transition	Isolation	Unlimited
Uncoupled line source	No	Yes	Yes	Combing	Transition	Isolation	Limited
Uncoupled pt. source	Yes	Yes	Yes	Transition	Isolation	Isolation	Limited
Uncoupled pt. destination	No	Yes	Yes	Combing	Combing	Isolation	Short

Hình 4.35 Thuộc tính cộng âm của array



Hình 4.36 Phân loại array loa

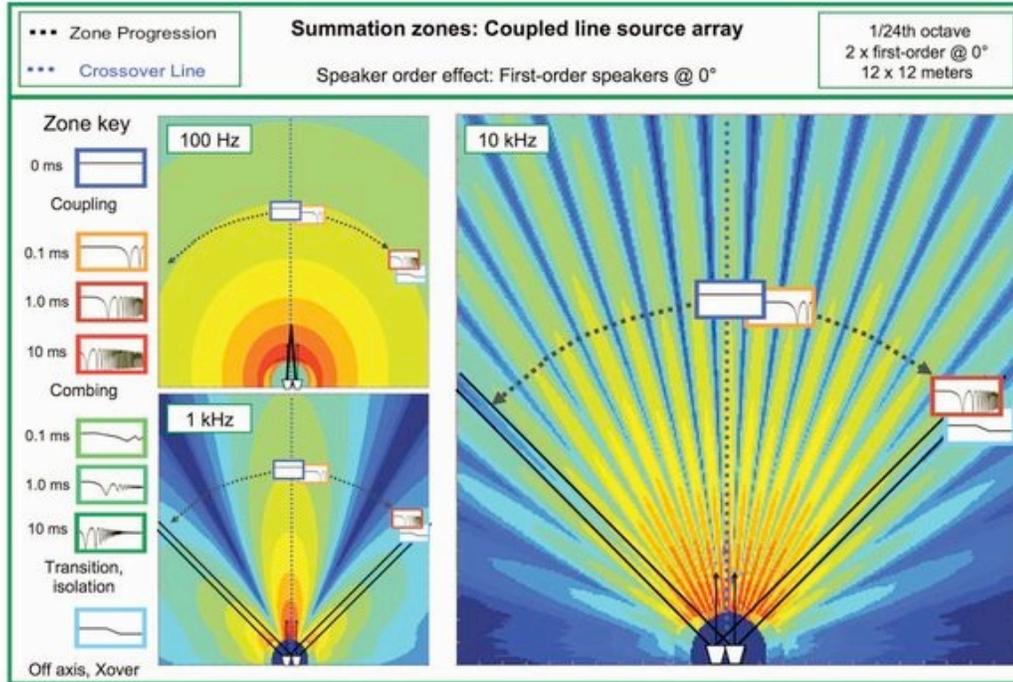
4.4.2.1 Nguồn line ghép -- Coupled Line Source

Array line ghép cho phép số lượng phần tử vô hạn ở lượng góc hạn chế: một. Không thể mô tả ra array đơn giản. Không có chi tiết góc, chỉ có mô hình bao quát cho phần tử, số lượng và chuyển động. Nguồn âm thanh ảo kéo dài ra, căng trên chiều dài của array hơn là một điểm. Tính năng nhất quán của nguồn line ghép là hành vi của những lớp chồng chéo, bao gồm hầu như toàn bộ đáp ứng của hệ thống. Đây là tính năng hấp dẫn và đáng ngại nhất của nó. Sự chồng chéo cho phép nó bổ sung sức mạnh tối đa, nhưng có giá trị đồng nhất tối thiểu.

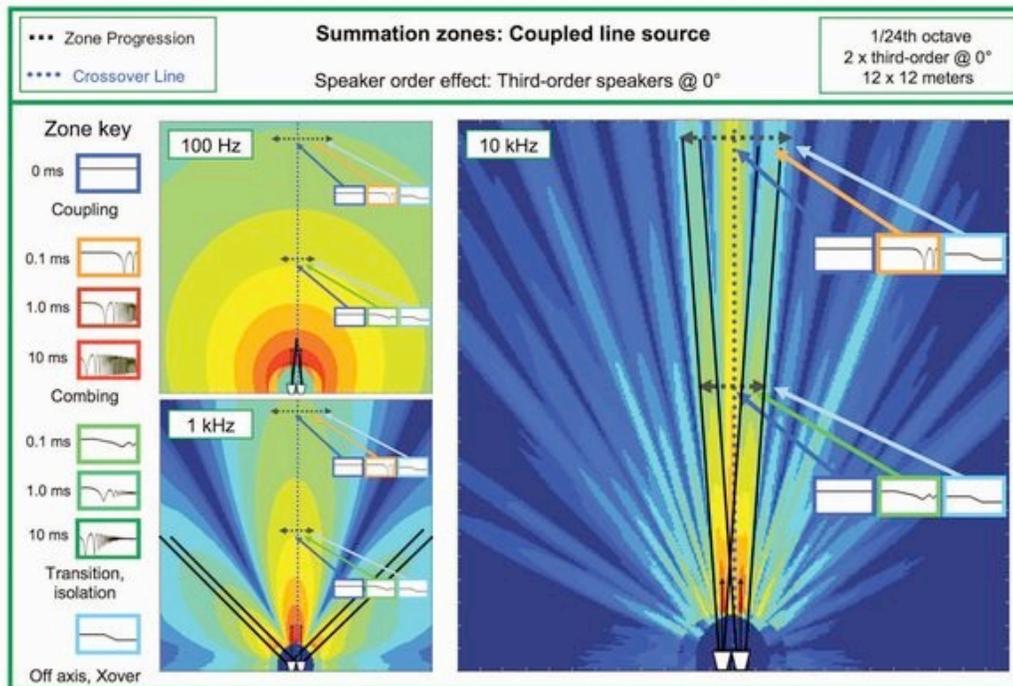
Cộng âm

Thứ bậc của loa -- Speaker order

Đầu tiên trong loạt này là hình 4.37, cho chúng ta thấy kết quả của một cặp loa bậc một đã ghép mảng thành nguồn line ghép. Đó là xe lửa bị phá hoại. Vị trí duy nhất có thể tận hưởng đáp ứng tần số không gợn sóng là ngay chính giữa:



Hình 4.37 Những yếu tố trong tiến trình cộng âm của array nguồn line ghép, loa bậc một



Hình 4.38 Những yếu tố trong tiến trình cộng âm của array nguồn line ghép, loa bậc ba

Chương 4

Crossover không gian, kết quả của sự chùng chéo và dịch chuyển quá mức. Sự tiến triển của cộng âm di chuyển từ giữa rồi sang trái và phải. Vùng chài chiếm ưu thế trong giải tần 10kHz, cả hai, gần lẫn xa tất cả đường đến cạnh. Vùng ghép chiếm lĩnh giải LF do khoảng cách gần nhau.

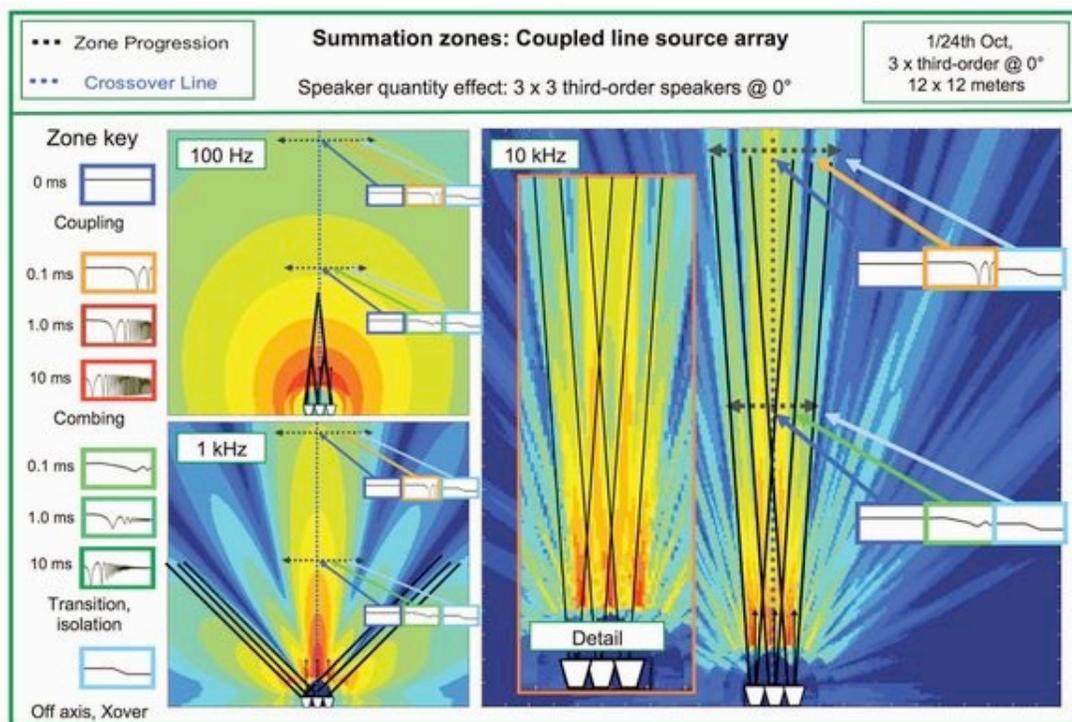
Cặp phần tử bậc ba, thấy trong hình 4.38. Phạm vi bao quát tần số cao riêng rất hẹp nên có thể nhìn thấy vùng bao quát trong tầm gần. Việc này dẫn đến chùng chéo vùng bao quát rất nhanh, nơi có thể nhìn thấy ba luồng âm (thùy chính và hai thùy bên). Lưu ý, sự thiếu đồng nhất về tần số, với đáp ứng HF rất hẹp và LF rất rộng (giống như phần tử solo).

Số lượng -- Quantity

Có lẽ chúng ta chỉ cần nhiều thùng hơn. Một phần tử thứ ba bổ sung đã thêm vào hình 4.39, mở rộng phạm vi khoảng hở crossover thành hai phần. Nó không làm được bao nhiêu giữa hình dạng HF, MF và LF. Độ phức tạp hình học tam giác tăng lên theo việc bổ sung phần tử thứ ba. Hiện tại có nhiều tam giác xếp chồng lên nhau, làm tăng sự chùng chéo với khoảng cách, thu hẹp phạm vi bao quát.

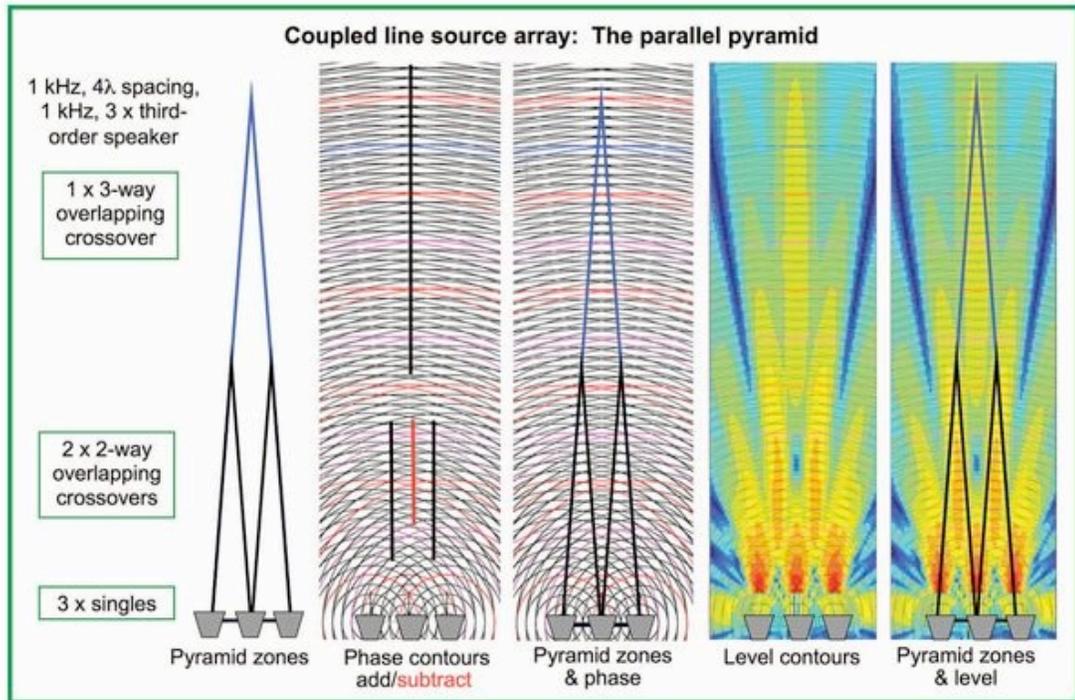
Chúng ta lạc đề một chút để giải quyết tài sản cơ bản của nguồn line ghép: mô hình hình kim tự tháp ghép với vùng cộng. Hiệu ứng kim tự tháp xuất phát từ phân tầng cộng âm (Hình 4.40). Diễn biến phase của ba phần tử hội tụ ban đầu thành hai vùng bổ sung (và một trong những triết tiêu). Khi chúng ta di chuyển đáp ứng ba phase hội tụ xa hơn để tạo thành luồng âm đơn, là đỉnh kim tự tháp. Một khi lắp ráp kim tự tháp xong, array ghép sẽ giả định đặc tính của một cái loa: có thể định nghĩa ONAX, tỷ lệ hao hụt là 6dB mỗi lần gấp đôi và góc bao quát phù hợp theo khoảng cách. Sẽ không tìm thấy những mốc quan trọng này cho đến khi array ghép hoàn toàn (đỉnh kim tự tháp), điều này sẽ thách thức việc đặt micro

Nguồn line kim tự tháp tám way thể hiện trong hình 4.41. Bắt đầu nền tảng với các phần tử bị cô lập (khe hở crossover) rồi tiếp tục với bảy crossover hai way chùng lên đến khi nó hội tụ thành cộng âm vùng ghép chùng chéo tám way duy nhất.

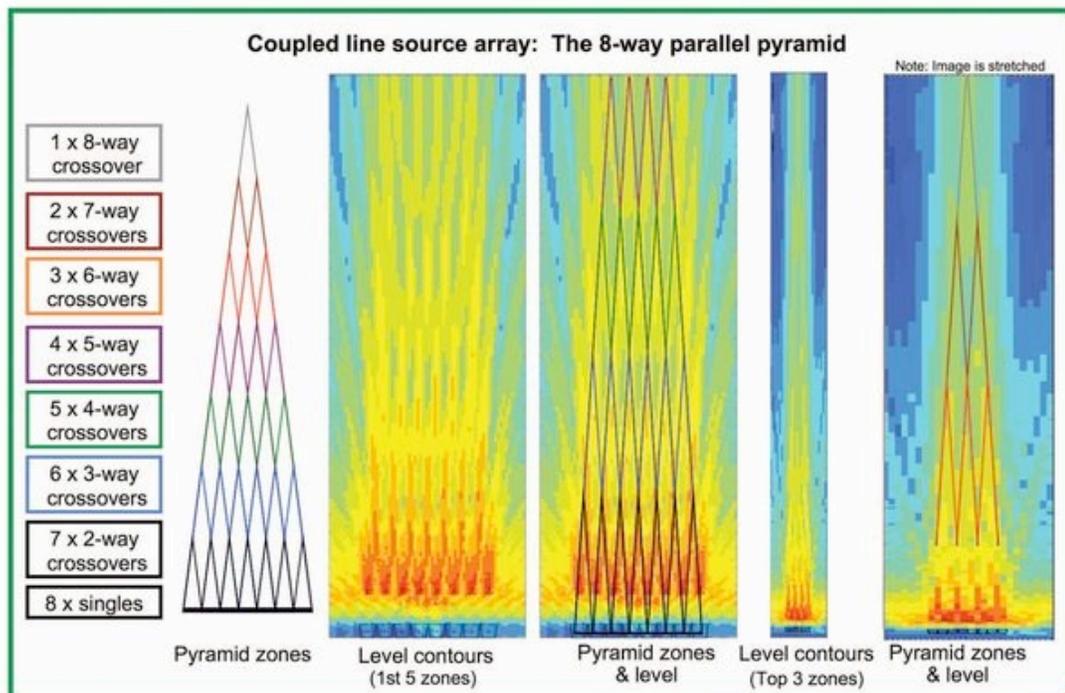


Hình 4.39 Những yếu tố trong tiến trình cộng âm của array nguồn line ghép, thay đổi số lượng

Cộng âm



Hình 4.40 Kim tự tháp song song cho ba phần tử



Hình 4.41 Kim tự tháp song song cho tám phần tử

Khoảng cách tới bước kim tự tháp đầu tiên (crossover hai way), kiểm soát bởi cùng yếu tố đã thảo luận ở trên: góc bao quát và độ dịch chuyển của phần tử. Khoảng cách tới từng bước tiếp theo giống nhau, vì vậy tìm thấy tổng chiều cao bằng cách nhân chiều cao bước cho phần nhỏ hơn tổng số phần tử (thí dụ

Chương 4

chiều cao kim tự tháp gồm tám phần tử = khoảng cách tới crossover đầu tiên x 7). Khi những phần tử định hướng hơn hay tăng độ di chuyển, sẽ mở rộng nhân tố của độ cao bước. Vì hướng thay đổi theo tần số, chiều cao bước hình chóp sẽ thay đổi theo tần số, khi số nhân có thể tạo ra sự khác biệt lớn trong hình dạng kết hợp theo tần số.

Kết hợp loa rộng mang lại độ rộng nhỏ hơn. Kết hợp loa hẹp thì càng hẹp hơn. Nếu phần tử bắt đầu với LF rộng và HF hẹp, đáp ứng của array sẽ kết thúc theo cùng một cách (tương đối với nhau). Sự kết hợp sẽ có tỉ lệ hẹp hơn từng phần tử tại mỗi tần số. Nguồn line ghép là máy ép cơ hội quân bình lại.

Vùng cộng âm -- Summation zones

Nếu giữ định nghĩa "nguồn line ghép", chúng ta có tiến trình cộng âm một bước: ghép nối. Vùng crossover (đường ghép) sẽ tối đa và cạnh bên (đường không ghép) sẽ có mức độ tối thiểu. Tất cả đều tốt cho đến khi có cái gì đó thoát khỏi đường ghép. Tôi giải thích là đồng phase. Loa chiếm (nhiều) không gian. Việc giữ độ bù phase dưới 120° ngày càng thách thức khi tần số tăng. Vì không có đường nào để cô lập góc, đổi vị trí trên 120° đẩy chúng ta vào vùng chái. Nó là cuộc đua. Nếu chúng ta hoàn thành vùng bao quát trước khi bắt đầu chái, chúng ta sẽ thắng (nghĩa là đạt đến -6dB trên trục trước khi bù pha $>120^\circ$). Hãy bắt đầu với hai phần tử cách nhau khoảng 1m. Bắt đầu với $F = 33\text{Hz}$ ($T = 30\text{ms}$). Độ bù phase là $1/30\lambda$ (12°). Chúng ta thắng rồi. Tiếp theo: $F = 333\text{Hz}$ ($T = 3\text{ms}$). Độ lệch phase là $1/3\lambda$ (120°). Cũng vậy. Mọi cái không sáng sủa khi làm 3.333Hz ? Chúng ta không thể đánh bại bù phase, đạt tối đa ở 1200° . Mức độ phải ra sao?

Hãy nhớ, bù phase tối đa (1200°) là dọc theo đường không ghép, lệch trục 90° từ crossover. Nếu loa có độ bao quát nhỏ hơn 180° thì nó sẽ không đạt đến mức độ 90° , dù mức giành chiến thắng. Vị trí quan trọng là góc bên tương ứng với bước sóng 120° . Câu trả lời cho 3.333Hz là ± 10 , hiển thị lại trên hình 4.21. Sự dịch chuyển 3λ tạo ra bù phase 120° điểm đánh dấu góc quay 10° (tương đối với trung tâm, giữa những phần tử). Tăng tần số lên một bát độ và chúng ta chỉ còn làm việc với $\pm 5^\circ$. Sẽ xảy ra điều tương tự nếu tăng gấp đôi số lần dịch chuyển. Chúng ta đã thiết lập thang đo đầy trượt. Đối với thay đổi cho trước, có thể vô hiệu hóa thiệt hại vùng chái bằng cách giảm tỷ lệ của mô hình bao quát. Chúng ta sẽ duy trì vị trí của mình nếu giảm phạm vi bao quát một nửa khi tăng tần số gấp đôi. Lẽ ra phải có ưu điểm rõ rệt trong việc ngăn chặn độ chái, đã cân bằng bởi tác dụng phụ nghiêm trọng: phạm vi bao quát có tần số khác nhau. Nhưng đây là số phận của nguồn line ghép nếu nó chơi với bước sóng nóng đến nỗi không thể xử lý. Nếu giữ nó trên chỗ xuống thấp, trong trái tim của vùng ghép, chúng ta có thể mang độ bao quát ra khỏi phương trình. Nhưng nếu giữ độ bao quát rộng đến đỉnh điểm trong nguồn line ghép, chúng ta sẽ trả giá.

Kết luận về nguồn line ghép -- Coupled line source conclusions

■ Ấn định giới hạn tần số ghép bằng cách dịch chuyển phần tử ($FLIM = 0.33 \times T$), T là độ dịch chuyển tính bằng ms. Cho độ dịch chuyển 3ms (khoảng 1m), $FLIM = (0.33 \times 0.003)$. $FLIM = 110\text{Hz}$.

■ Có thể giảm hiệu ứng chái đi nếu thu hẹp mô hình bao quát khi có bù phase (do sự dịch chuyển). Góc bao quát tối đa không bị chái = dịch chuyển $60^\circ/\lambda$. Thí dụ: Hai nguồn cách xa 4λ có góc tối đa là 15° ($60^\circ/4$).

■ Thực hiện loại array này cho loa subwoofers nhưng có những hạn chế nghiêm trọng bên trên.

Chúng ta đã có kết luận để loại bỏ loa bậc một và hai khỏi tranh đua trong nguồn line ghép, nhưng việc thấy chái trong hình 4.37 sẽ giúp giảm bớt bất kỳ nghi ngờ nào. Những phần tử bậc một (rộng $\geq 60^\circ$) không được vượt quá 1λ . Loa bậc hai có giải rộng đến 20° , tương ứng với 3λ . Đó là 0.17ms ở 18kHz (miễn là sáu từ này). Những phần tử này phải là loa cách nhau rất gần. Điều này cho phép chúng ta có loa bậc ba có tỷ lệ luồng âm với mô hình bao quát của nó thu hẹp khi tần số tăng. Không có phòng nào hẹp lại

Cộng âm

khi tăng tần số lên vì vậy sẽ không cung cấp độ bao quát đồng đều theo tần số. Phần tử tỷ lệ luồng âm bậc ba có hai điều cần thực hiện: rất nhiều ghép nối (tăng công suất) và chồng lên nhau để dung nạp nhất. Chúng ta sẽ sớm xử dụng nó bằng cách thêm vài cách mở xòe ra.

4.4.2.2 Nguồn điểm ghép -- Coupled Point Source

Nguồn điểm ghép tiếp cận array từ góc độ khác hoàn toàn (không phải là 0°). Thêm góc mở vào phương trình sẽ cho phép cơ chế cô lập mở ra nhiều khả năng biến hình dạng array. Chúng ta có thể trộn thứ bậc, góc mở và mức độ của loa để định hình. Nguồn điểm ghép có tính năng mà không có loại array nào khác có thể lập lại: duy trì lớp crossover đồng nhất khi mở rộng khoảng cách. Nó không tự động, và sẽ thay đổi theo tần số, nhưng không có array nào khác có thể lập lại điều này, thậm chí cho một tần số. Nguồn điểm ghép có đường chạy ổn định. Nếu góc bao quát vẫn không đổi theo tần số, thì lớp crossover sẽ đồng nhất. Đó là những cái chúng ta gọi là tính đồng nhất về phạm vi bao quát. Khoảng hở, độ đồng nhất và vùng chồng lên nhau đều xác định theo góc cạnh và duy trì tính cách của nó theo khoảng cách.

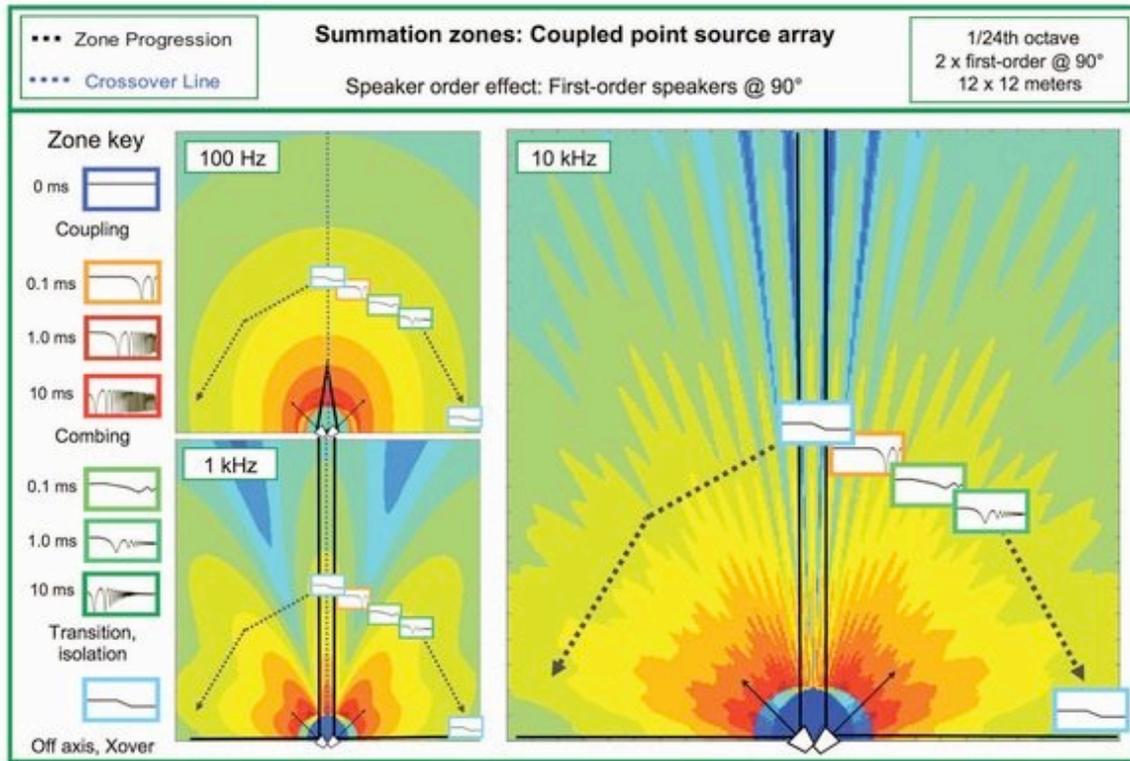
Hãy bắt đầu bằng cặp bậc một (90°) tại góc mở đồng nhất (Hình 4.42). Sự tiến triển của array bắt nguồn từ XOVER (vùng ghép) và đạt đến độ cô lập sau thời gian ngắn ở vùng chài. Sự tiến triển này duy trì phẩm chất góc của nó theo khoảng cách. Có thể nhìn thấy hành vi vùng cô lập trong đáp ứng HF. Độ dịch chuyển nhỏ đến nỗi giới hạn sự nhiễu loạn MF đến độ vô hiệu -9dB trước khi đột nhập vào vùng cô lập. Độ dịch chuyển nhỏ giữ giải LF nằm trong vùng ghép hoàn toàn. Lưu ý, sự giống hình dạng tổng thể của HF, MF và LF, cho thấy đáp ứng tần số trên vòng cung bao quát 180° đều giống nhau

Tiếp theo là cặp bậc hai (40°) tại góc mở đồng nhất (Hình 4.43). Sự tiến triển của vùng này đã nén nhiều góc hơn cặp bậc một. Cô lập đến nhanh hơn vì filter không gian dốc của loa bậc hai. Góc mở 40° cho kết quả chồng nhau 0% (đồng nhất) tại @ 10 kHz , tạo ra hình dạng kết hợp là 80° . Vùng bao quát bị chồng chéo nhiều ở 1 kHz (phần tử 100° ở góc mở 40°), tạo ra nhiều chài và nhiều góc bao phủ kết hợp rộng hơn khoảng 140° . Đáp ứng LF tương tự như kịch bản bậc một.

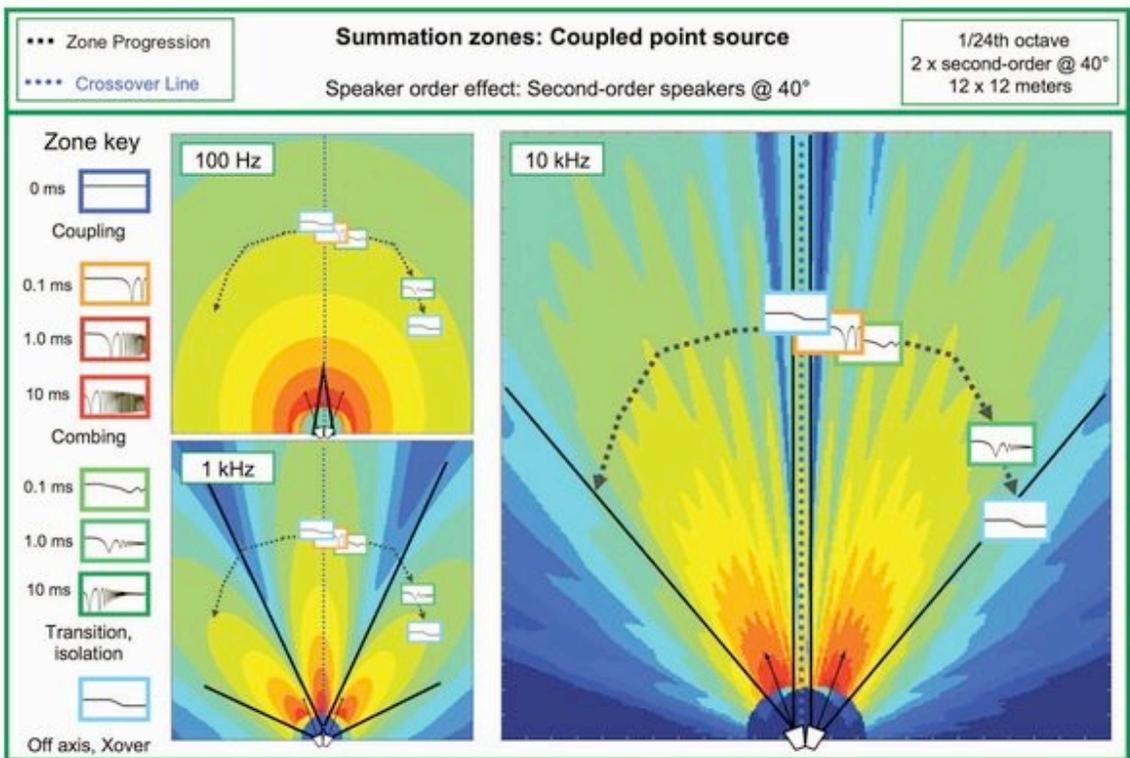
Tiếp theo là phần tử có luồng âm tương xứng bậc ba với độ mở HF đồng nhất là 8° (Hình 4.44). Điểm nổi bật của phần tử định hướng cao này là nhìn thấy khoảng hở trong đáp ứng HF tầm gần. Ở rất xa crossover đã đạt đến độ đồng nhất, nó sẽ đưa ra cho phạm vi rộng hơn. Nhớ lại, hệ thống bậc ba có góc bao quát LF/MF/HF cao nhất, làm giảm phạm vi mở đồng nhất thành ra nhiều phần âm phổ nhỏ. Tỷ lệ chồng chéo vượt quá 90% @ 1 kHz , dẫn đến chiều sâu vô dụng lớn hơn 20dB . Sự xuất hiện combing ở giải mid không loại bỏ việc xem xét array này. Sau này, chúng ta sẽ thấy lượng phần tử tăng sẽ có tác động mạnh trong array chồng chéo cao. Bây giờ chúng ta quay lại tỷ lệ bao quát của LF/MF/HF, nơi nhìn thấy array hai phần tử đã làm giảm độ chênh lệch về tần số. Hình dạng bao quát kết hợp mở rộng HF (vùng trội là cô lập) và thu hẹp LF (vùng trội là ghép nối). Có thể biểu diễn tỷ lệ kết hợp bằng phép tính gần đúng này: $\frac{1}{2}\text{LF/MF}/2 \times \text{HF}$. Chúng ta sẽ thấy trong chương 9, đây sẽ là nguyên tắc dẫn đường trong những ứng dụng loa bậc ba.

Bây giờ chúng ta tập trung vào tỷ lệ phần trăm hiệu ứng chồng chéo trong giải HF của loa bậc một (Hình 4.45). Phiên bản cô lập (chồng chéo 0%) bao gồm từ hình 4.42 để tham khảo. Bảng khác cho thấy đáp ứng với chồng lên nhau 50% (mở xòe 45°) và 75% (mở 22°). Khuynh hướng rõ ràng: Tỷ lệ chồng chéo tương ứng với tỷ lệ vùng bao quát ở vùng chài, phần còn lại nằm trong vùng cô lập. Phải kiểm soát tỷ lệ chồng chéo cẩn thận bất cứ khi nào sự dịch chuyển lớn hơn bước sóng. Sự chồng chéo hiệu quả nhất khi duy trì ghép nối qua việc chuyển vị trí nhỏ và kiểm soát góc.

Chương 4

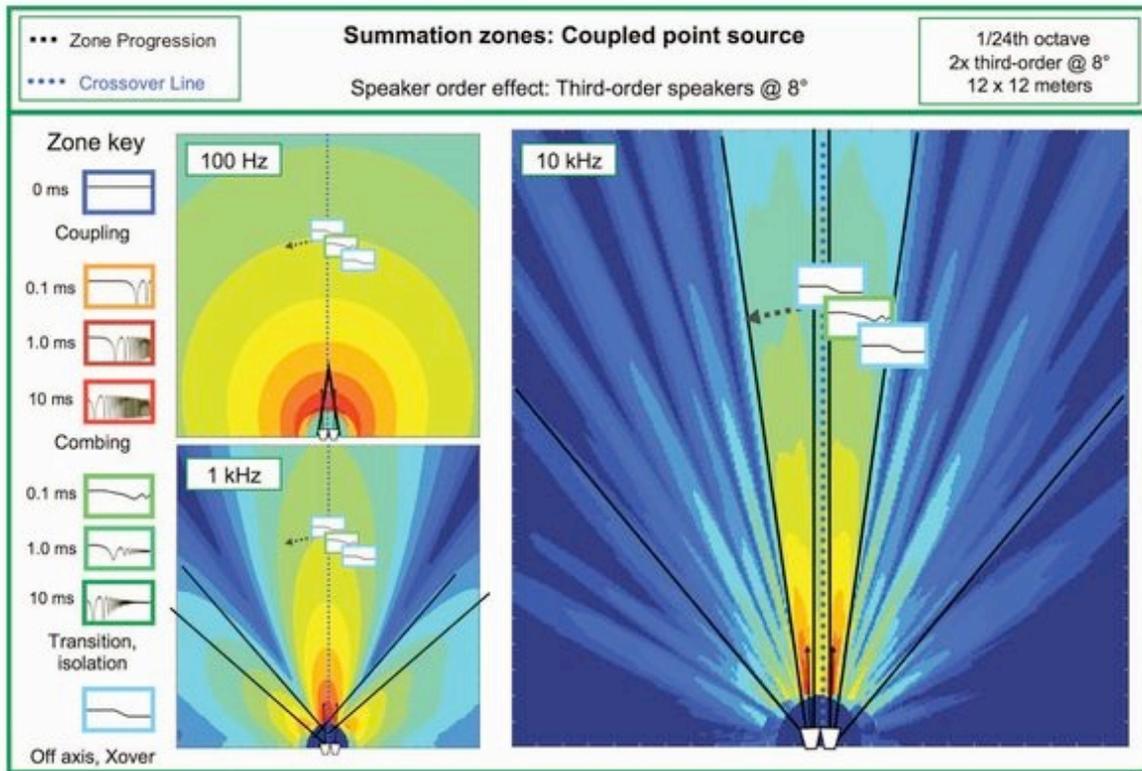


Hình 4.42 Những yếu tố về tiến trình cộng âm cho array nguồn điểm ghép, bậc một

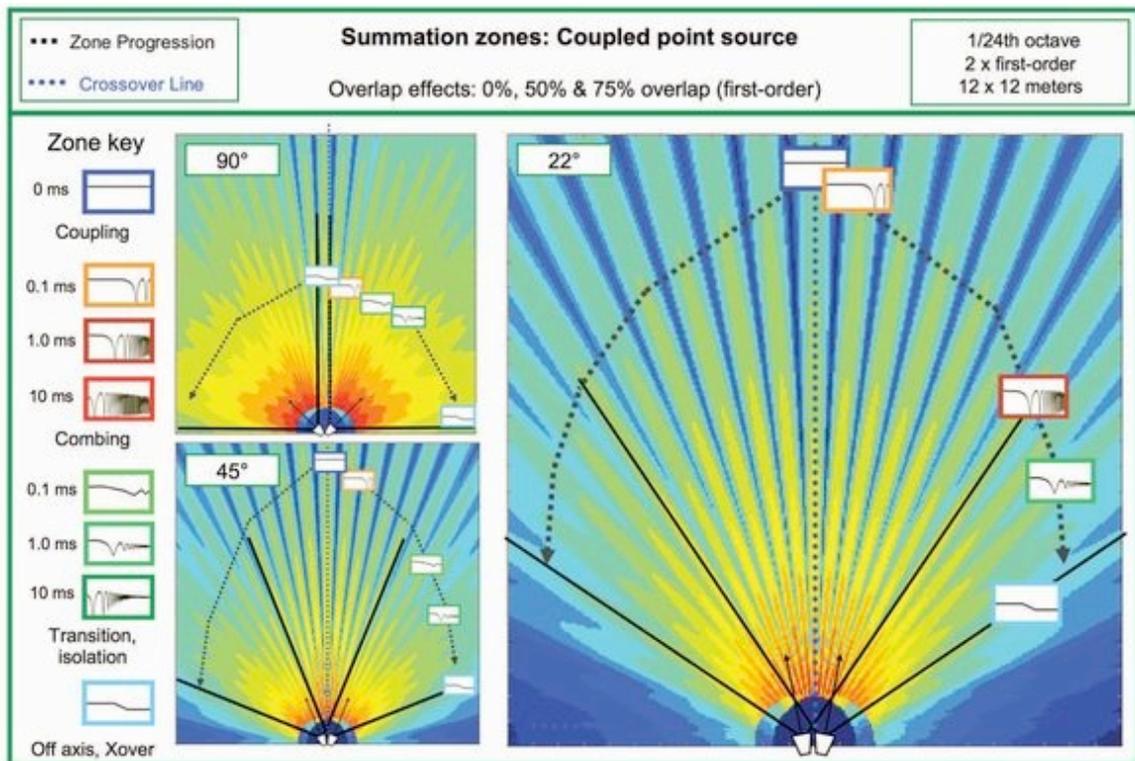


Hình 4.43 Những yếu tố về tiến trình cộng âm cho array nguồn điểm ghép, bậc hai

Cộng âm



Hình 4.44 Những yếu tố về tiến trình cộng âm cho array nguồn điểm ghép, bậc ba



Hình 4.45 Những yếu tố về tiến trình cộng âm cho array nguồn điểm ghép, hiệu ứng chồng chéo

Chương 4

Tiến trình vùng cộng âm -- Summation zone progression

Có thể làm chạy từ ghép nối sang cô lập mà không bị chài, nhưng chúng ta không nên thừa nhận mình thua nếu đã chạy toàn bộ tiến trình cộng âm bảy bước. Chúng ta có thể giảm thiểu việc chài gần crossover nhưng không thể loại bỏ nó luôn. Vùng cô lập lớn nhất có crossover mờ đồng nhất. Khi thứ bậc loa tăng lên, việc lọc không gian tăng lên, tăng phần trăm vùng bao quát trong vùng muốn có (ghép nối và cô lập). Một lần nữa đây chính là cuộc đua, nhưng cô lập góc sẽ cung cấp mức độ bù khi chúng ta đi vào bù đồng phase rắc rối. Chúng ta có thể xử dụng loa bất kỳ thứ bậc nào, chọn chia bánh pizza thành nhiều miếng lớn hay nhỏ.

4.4.2.3 Điểm đến điểm ghép -- Coupled Point Destination

Chúng ta không cần phải tốn nhiều thời gian vào array điểm đến điểm ghép. Hành vi âm thanh của nó có góc tương tự như nguồn điểm, nhưng có tiêu điểm chuyển tiếp. Chỗ loa vượt qua (điểm đến) trở thành nguồn điểm thay thế. Nó cùng nguyên lý với gương lõm. Khiếm khuyết chính của điểm đến điểm ghép là cơ học và thực tiễn. Không có rối loạn lốc xoáy ở phía trước loa vì có thể tin vài loại. Chọn loại array này chỉ khi bị ép buộc, như luồng âm hình chữ I đang khóa horn của array nguồn điểm. Chúng ta có thể đốt ngọn lửa hàn xì hay lật ngược nhiều cái và làm cho điểm đến có thể tiếp cận khán giả.

Đối với array điểm đến ghép

- Có chức năng tương đương với nguồn điểm ghép (góc mở, tần số, v.v).
- Rủi ro phản dội từ phần tử lân cận tăng theo số lượng và tổng góc mở.
- Không thể làm array quá 90° vì phần tử này nhắm hướng tới phần tử khác.
- Driver horn ở phía sau thùng tạo ra hình dạng không thuận lợi. Array điểm đến điểm thường có độ dịch chuyển cao hơn đối tác là nguồn điểm có góc tương đương.
- Chỉ ưu tiên khi hậu cần vật lý thắng đối tác nguồn điểm.

4.4.3 Array không ghép -- Uncoupled arrays

Bây giờ, chúng ta thêm cơ chế cô lập thứ hai: dời chỗ loa xa ra, tức là không ghép nối nhau nữa. Chúng ta phải trả giá về gain công suất nhưng thêm khả năng định hình không có trong array ghép: mở rộng phía bên và phía trước ra. Phải đánh giá array không ghép trong giai đoạn tiến triển theo khoảng cách. Phần tử bắt đầu là những soloist rất rõ rồi tạo ra những bộ đôi, bộ ba và toàn bộ giai điệu. Chúng ta sẽ thấy, sự hòa hợp ngọt ngào thường kết thúc ở bộ ba (trio) và bắt đầu tệ hơn từ đó.

Phạm vi tiến triển cho series không ghép mở rộng -- Range Progressions for an Extended Series of Uncoupled

Phần tử -- Elements

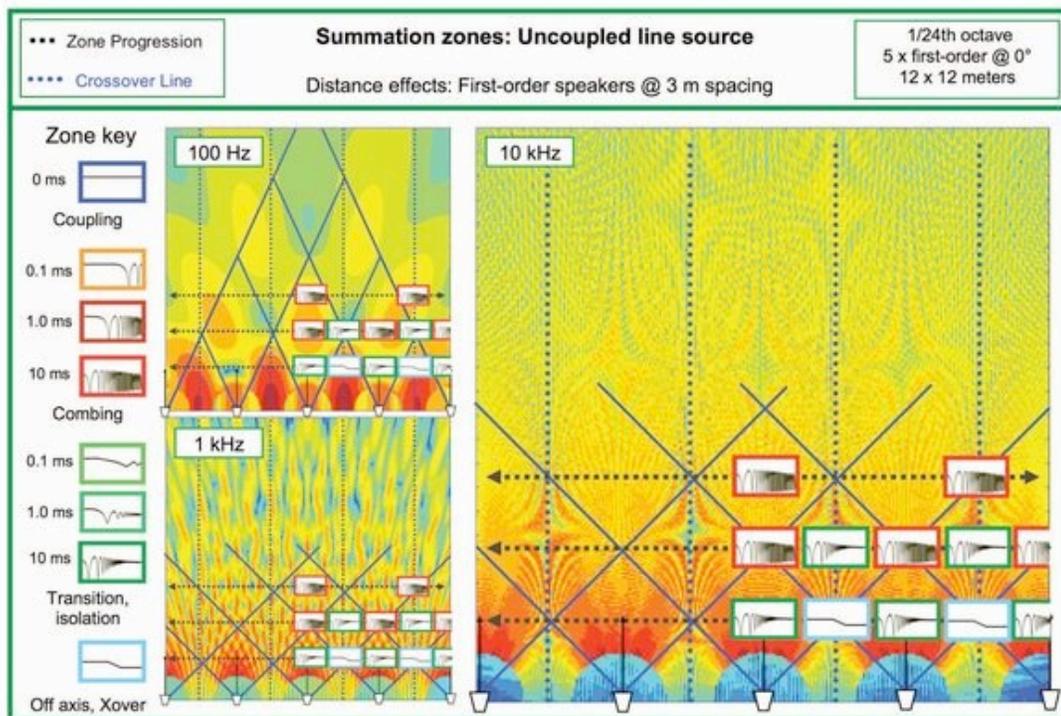
- Trước bao quát (Pre-coverage): cô lập (A) đến khoảng hở (XAB) đến cô lập (B) và trở đi.
- Đường đồng nhất (Unity line): cô lập (A) đến đồng nhất (XAB) đến cô lập (B) và trở đi.
- Đường giới hạn (Limit line): cô lập (A) đến chõng chéo (AB) đến chõng chéo (ABC) đến chõng chéo (BCD) và trở đi.
- Sau bao quát (Post-coverage): chõng chéo (AB) đến chõng chéo (ABC) đến chõng chéo (ABCD) và trở đi.

Cộng âm

Xử dụng phạm vi trước bao quát cho những loa fill trong khu vực solo. Đường đồng nhất duy trì phạm vi nhất quán theo nguyên tắc crossover lớp đồng nhất. Đường giới hạn chỉ ra nơi có nhiều đường dẫn với thời gian bù khác nhau cho đa số vùng dải. Khu vực bao quát đồng đều nhất nằm giữa đường đồng nhất và giới hạn. Trong thực tế, chúng ta thiết kế hệ thống không ghép để chuyển tiếp độ bao quát cho những hệ thống khác ở đường giới hạn. Ngoài đường giới hạn có cở đại của vùng dải sóng rất cao.

Vị trí của cột mốc này bị ảnh hưởng bởi sự bao quát của phần tử (thứ bậc của loa), khoảng cách và góc mở. Loa hẹp đẩy điểm bắt đầu sâu hơn, cũng như khoảng cách rộng hơn và xòe rộng ra ngoài. Loa rộng, khoảng cách gần hơn và xòe vào bên trong, đẩy nhanh độ tiến triển.

Tiến trình trong phạm vi cho thấy có thiên vị rõ ràng đối với thứ bậc của loa. Có thuận lợi để có tất cả tần số đều tiến triển qua từng vùng cùng nhau. Chúng ta không muốn giải LF và MF bị chãi sau bao quát khi giải HF cuối cùng đã chạm đến đường đồng nhất. Phần tử array không ghép lý tưởng sẽ có luồng âm phẳng trên toàn bộ dải tần số. Điều này không thật tế nhưng chúng ta có thể mơ về nó, eh? Về mặt thật tế, chúng ta tìm đoạn bằng (plateau) của luồng âm dài nhất có thể có. Đây là thủ tục vận hành tiêu chuẩn cho loa bậc một. Cho đến nay, họ ưa thích phần tử không ghép, trong định dạng lớn và nhỏ. Loa bậc hai có thách thức lớn. Đoạn bằng luồng âm dài ở góc hẹp đòi hỏi horn lớn. Chúng ta có thể coi đây là loa front-fill của lễ hội, mở ra vài mét rào chắn an ninh để đi, trước khi tấn công khán giả. Đừng mong thấy nó tại Wicked. Loại loa bậc ba không có ở đây.



Hình 4.46 Những yếu tố về tiến trình vùng cộng âm cho array nguồn line không ghép, loa bậc một

4.4.3.1 Nguồn line không ghép -- Uncoupled Line Source

Nguồn line không ghép chỉ khác với anh em họ có ghép là thang đo. Không là chi tiết nhỏ, tuy nhiên, chỉ vì không có thang đo bước sóng. Sự ghép nối của kim tự tháp song song sẽ bị giới hạn trong giải LF. Mong hiệu suất thay đổi nhiều bên trên đó. Array không ghép có hành vi liên tục, với khuynh hướng ghép thiên về giảm tần số, cô lập và chãi nếu tần số tăng.

Chương 4

Chúng ta bắt đầu bằng bộ gồm năm phần tử bậc một có khoảng cách 3m (Hình 4.46). Lưu ý, đáp ứng đã lập lại chủ đề nằm ngang nhưng khác nhiều về chiều sâu, tính năng tiêu chuẩn của tất cả array không ghép. Điều này tương phản với array nguồn điểm ghép, giữ hình dạng góc của nó theo khoảng cách. Có thể nhìn thấy vùng khe hở trong đáp ứng HF tầm gần. Sự tiến triển vùng cộng âm đầu tiên là đường crossover của lớp đồng nhất, thay thế cho vùng cô lập tại ONAX và ghép tại XOVR, với sự chuyển tiếp sang giữa vùng chài. Vị trí dọc theo đường này sẽ hưởng độ đồng nhất và miễn dịch gợn sóng cao nhất. Chúng ta đánh mất vùng cô lập khi đi sâu vào ít nhất hai loa có vùng bao quát phân chia (hay nhiều hơn nữa). Nhiều đường dẫn nhiều tạo ra nhiều tầng cộng âm chài. Nhớ lại kim tự tháp song song có nhiều mức độ. Nó đã trở lại, nhưng trong trường hợp này, nó tàn sát đáp ứng bằng chài hơn là tập trung nó với ghép. Kiểu dẹt ngang dọc này ngày càng dày đặc khi chúng ta vào sâu hơn, với những peak và dip thay đổi theo tần số và vị trí.

Tìm thấy độ đồng nhất tối đa trên chiều rộng trong khoảng giữa đường crossover đồng nhất và đường giới hạn (chiều sâu có ba phần tử hội tụ). Chài ngày càng vượt trội giới hạn, có nghĩa là chúng ta cần hệ thống khác để vượt qua phạm vi bao quát. Quan hệ giữa đường đồng nhất và giới hạn thì đơn giản đối với nguồn line (giả sử phần tử và khoảng cách đều tương ứng): Đường giới hạn gấp đôi khoảng cách của đường đồng nhất. Nếu đóng khoảng hở lại 2m (đường đồng nhất) thì chúng ta muốn kết thúc bữa tiệc ở 4m (đường giới hạn). Hãy chuyển sang đáp ứng LF, chỗ có thể thấy kim tự tháp song song, bằng chứng của khoảng cách đã đủ gần để duy trì nguồn line ghép trong phạm vi này.

Hãy thay đổi thành phần tử bậc hai, kéo dài khoảng cách đến đường đồng nhất và mở rộng khoảng hở, nhưng chỉ với giải HF (Hình 4.47). Đáp ứng MF (và đường đồng nhất MF) giống như trước đây, có nghĩa vùng chuyển tiếp đang tiến triển ở nhiều chiều sâu khác nhau. Giải MF đã chồng lên nhau trước khi HF đóng khoảng hở. Cách duy trì đường đồng nhất theo tần số đơn giản nhất là xây dựng nó với phần tử nhất quán theo tần số (nghĩa là chiều rộng luồng âm phẳng trên giải rộng). Mang điều này qua cho tất cả cấu hình array không ghép.

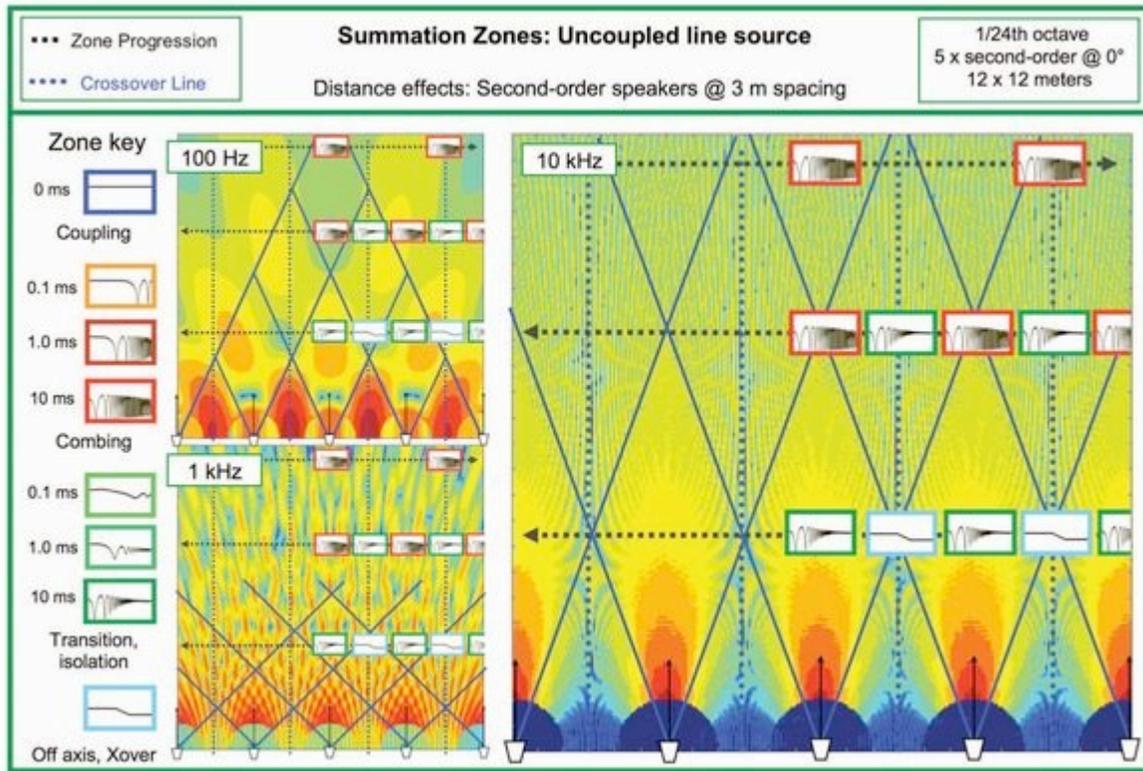
Tính năng vòng ba có hệ thống horn bậc hai bị tăng điều khiển định hướng HF và MF (Hình 4.48). Điều này mở rộng sự tiến triển crossover ở mức gần như cùng tỷ lệ trong cả hai khu vực HF lẫn MF. Khu vực bao quát đồng nhất (giữa đường đồng nhất và giới hạn) bắt đầu sau đó và có phần mở rộng chiều sâu lớn hơn hệ thống bậc một, cho dù độ dịch chuyển giống nhau.

Những phần tử bậc một có đoạn bằng (plateau) luồng âm mở rộng, thích hợp cho ứng dụng line không ghép. Hệ thống bậc hai cũng có thể hoạt động tốt khi điều khiển hướng của nó mở rộng ra dưới giải tần HF. Phần tử bậc ba thì không phù hợp vì hình dạng không nhất quán của nó.

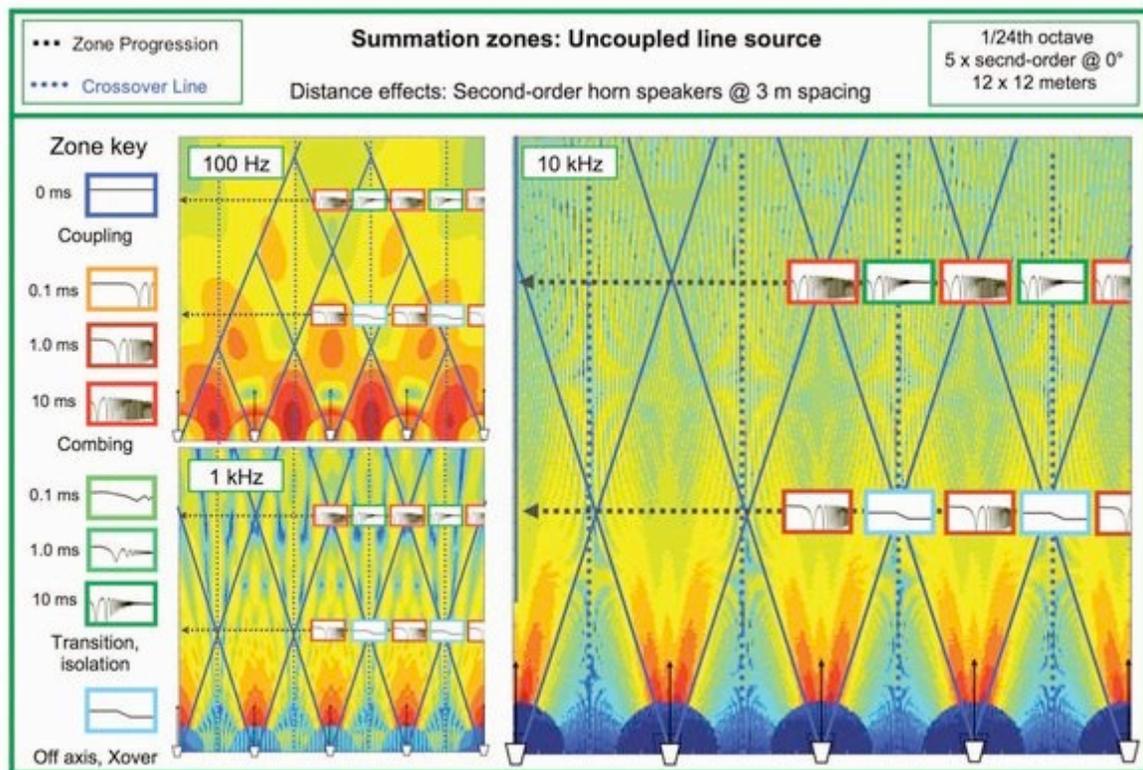
4.4.3.2 Nguồn điểm không ghép -- Uncoupled Point Source

Nguồn điểm không ghép đã xử dụng cả hai cơ chế cô lập: góc và dịch chuyển. Nó không chia sẻ tính năng quan trọng nhất của đối tác ghép cho nó. Nó không thể duy trì một crossover lớp đồng nhất qua khoảng cách vô hạn. Suy nghĩ về nó. Chỗ đồng nhất xòe ra trong nguồn điểm ghép làm cho những cạnh biên chạm nhau, mãi mãi. Kéo nó xa ra và có khoảng hở, mãi mãi. Sự dịch chuyển 3m và góc mở đồng nhất có nghĩa nó sẽ không bao giờ gặp nhau (cách nhau 3m). Đó là cách quản lý hành lang đi ở giữa! Nếu muốn sự đồng nhất ở nơi nào đó, chúng ta sẽ cần vài góc chồng lên nhau để bù cho độ dịch chuyển của nguồn. Một khi đã đóng khoảng hở, array này sẽ có chiều sâu hoạt động lớn hơn nguồn line không ghép với khoảng cách tương đối, vì phải mất nhiều thời gian để phần tử thứ ba đạt đến điểm đầu tiên hơn (góc xa cách nhau gấp đôi). Quy trình thiết kế bao gồm việc chiến lược bố trí và phát triển để đạt được độ đồng nhất muốn có và vị trí đường giới hạn (bao gồm trong phần 11.5).

Cộng âm

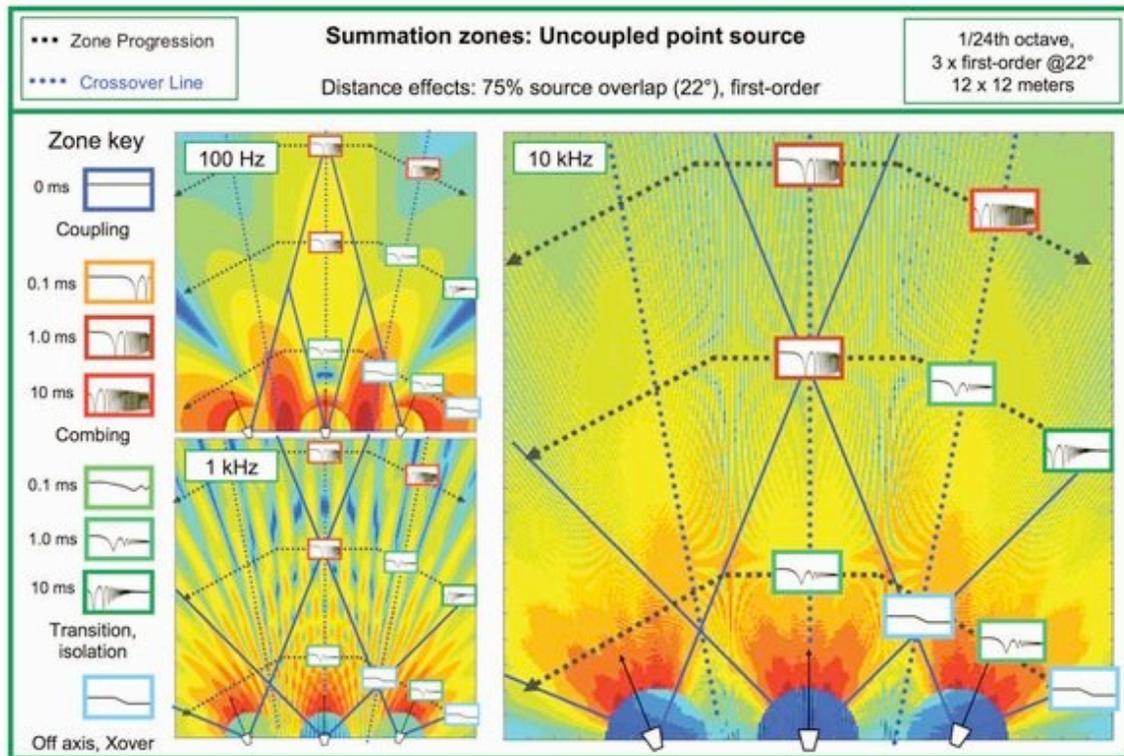


Hình 4.47 Những yếu tố về tiến trình cộng âm của array nguồn line không ghép, loa bậc hai

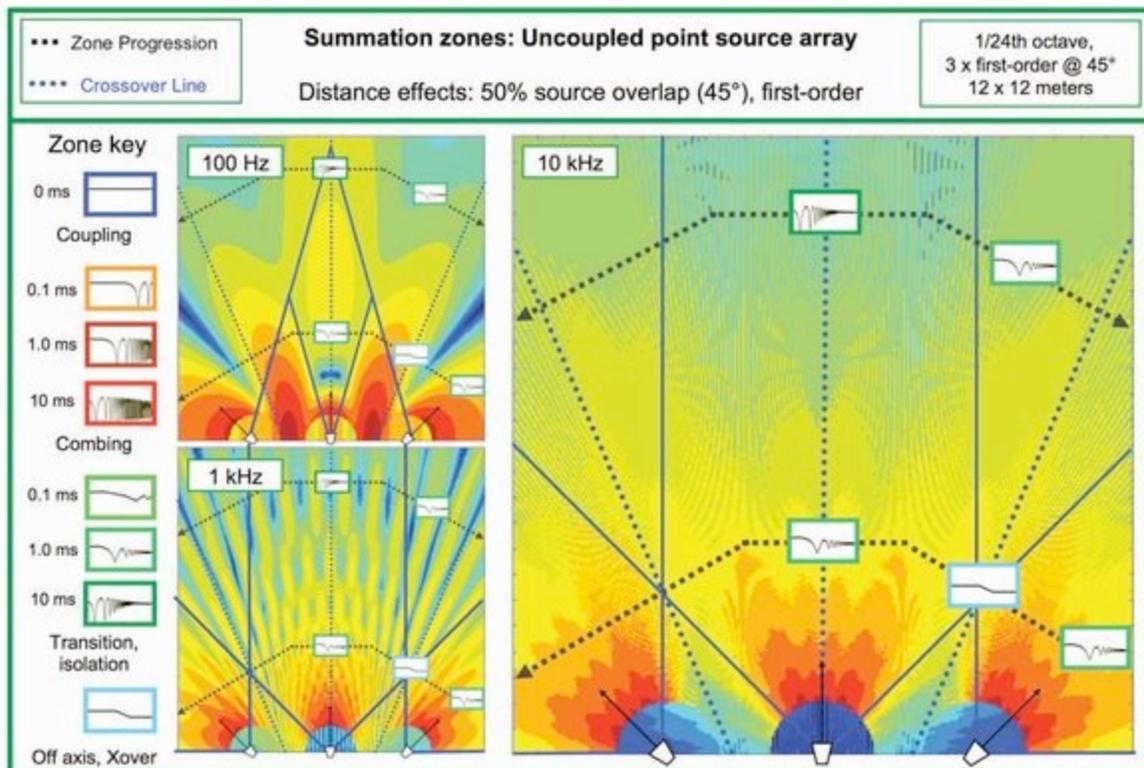


Hình 4.48 Những yếu tố về tiến trình cộng âm của array nguồn line không ghép, loa horn bậc hai

Chương 4



Hình 4.49 Những yếu tố về tiến trình cộng âm của array nguồn điểm không ghép, bậc một, chồng chéo 75%



Hình 4.50 Những yếu tố về tiến trình cộng âm của array nguồn điểm không ghép, chồng chéo 50%

Cộng âm

Chúng ta bắt đầu lại với những loa bậc một và tiếp tục khoảng cách 3m. Trong kịch bản đầu (hình 4.49), chúng ta mở xòe những phần tử có 75% chõng chéo, mở rộng những khe hở và chiều sâu đường đồng nhất vượt quá nguồn line. Khu vực trung tâm là khu vực bị tác động nhiều nhất vì nó bị che phủ gấp ba lần ở giữa bảng. Tác động nổi bật khác ở đây là sự tương ứng về hình dạng của đáp ứng LF với hình dạng của MF và HF hình thành qua khoảng cách. Ba giải này đều có đường viền tổng thể tương tự nhau ở giải đồng nhất (sự kết hợp của dịch chuyển và cô lập góc). Đáp ứng LF thu hẹp lại khi nó tiếp tục hành vi kim tự tháp.

Kịch bản thứ hai, mở góc xòe tới độ chõng chéo 50% (Hình 4.50). Vùng cô lập lớn lớn thống trị bảng đáp ứng HF. Những phần tử bên ngoài sẽ không bao giờ gặp vì nó có góc bị cô lập và lệch 6m.

Con đường cô lập là góc và dịch chỗ. Điểm đến không ghép sẽ quay góc vào trong, cho ra "sự cô lập ngược". Cách giải quyết là dịch chỗ. Điểm đến điểm không ghép là loại array biến đổi không gian nhất và là công cụ cần thiết cho chúng ta. Sự thay đổi tăng khi chúng ta xoay góc vào bên trong, giảm phạm vi bao quát có thể xử dụng được.

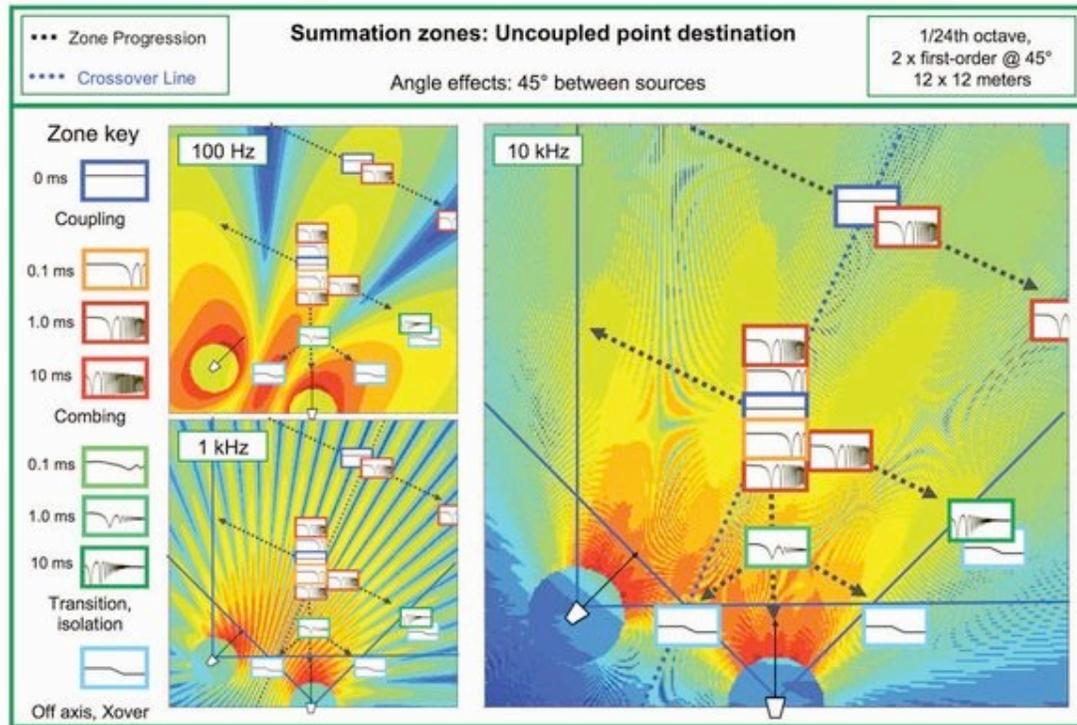
Điểm đến không ghép đối xứng có đáp ứng đồng nhất tốt trong khu vực trước-bao quát cô lập, nơi có nhiều loa solo hơn phần tử array. Loa Infill giống như cái này. Mỗi cái đều che cạnh bên và chúng ta giữ cái mũi ở giữa. Bạn có đừng yêu nó không khi nhà phê bình luôn ngồi ở đó? Phiên bản đối xứng khác là bên trái và phải hệ chính (nếu pan sang một bên và chạy mono). Hình thức đối xứng ưa chuộng nhất là hệ monitor side-fill. Nó sẽ làm cho bạn cảm thấy tốt hơn, hay tệ hơn, để biết cấu hình này có sai biệt không gian cao nhất theo thống kê không? Có trường hợp xấu nhất và đúng như vậy.

Phiên bản bất đối xứng phổ biến nhất là kết hợp loa hệ chính + delay. Mô hình bao quát chõng chéo nhau nên cơ chế cô lập thành ra bất đối xứng (hệ delay giảm nhanh do khoảng cách gấp đôi của nó). Nó gặp nhau ở crossover nhưng có thể tiếp tục ở mức độ gần giống, chỉ trong giải hạn chế. Những phiên bản bất đối xứng khác bao gồm loại array biến thể của array (thí dụ: nối hệ chính (main) tới front-fill ở hàng thứ ba).

Chúng ta bắt đầu với cặp loa bậc một, phải đối mặt 45° về phía trong (Hình 4.51). Tìm thấy crossover đồng nhất (XOVR) nơi mô hình ở giữa giao nhau (điểm đến), nhưng đây phải là loại đồng nhất khác. Những array khác ghép những cạnh OFFAX với nhau để xây dựng crossover đồng nhất, phù hợp với vị trí ONAX bị cô lập. Trong array này, chúng ta có vùng ghép nối tại đường trung tâm trên trục và hình như đã biến mất vùng cô lập. Loại crossover lai này gọi là gì? Đồng nhất với chỗ nào? Tìm ra vị trí đồng nhất (ONAX) ở giữa khoảng cách loa và XOVR. Tại sao? Chúng ta quay trở lại luật bình phương nghịch đảo: Gấp đôi khoảng cách sẽ mất 6dB. Chúng ta mất 6dB ở điểm nằm giữa (ONAX) và crossover (XOVR) nhưng sẽ được trả lại trong vùng cộng âm ghép. Loa tại chỗ nên chiếm lĩnh vị trí giữa điểm này bằng mức độ cao, do đó điều này sẽ tốt vì phù hợp với đáp ứng của vùng cô lập. Đang có mặt vài hành vi quen thuộc: Khu vực cô lập (ONAX) là khu vực ổn định nhất và ít nhất là khu vực XOVR. Chuyển động giữa XOVR và ONAX làm thay đổi khoảng cách giữa những nguồn (chải-combing), nhưng không nhất thiết phải tạo cô lập theo góc (vẫn có thể bao quát bằng cả hai loa).

Bây giờ chúng ta có hai điểm tham chiếu trên bản đồ, có thể bắt đầu phân tích phẩm chất không gian của array này. Vùng cộng âm tiến triển theo nhiều hướng ra bên ngoài từ điểm crossover. Khu vực quan tâm chính tập trung quanh ONAX. Chúng ta có thể tìm những điểm ngoài trục không liên quan đến góc và từ đây sẽ xác định vùng bao quát. Tiến trình cộng âm tiêu chuẩn vẫn tồn tại khi đi giữa ONAX và XOVR, mặc dù bị chải rất kỹ. Vùng đất bên ngoài XOVR là vùng hoang dã, bị chi phối bởi việc chải.

Chương 4



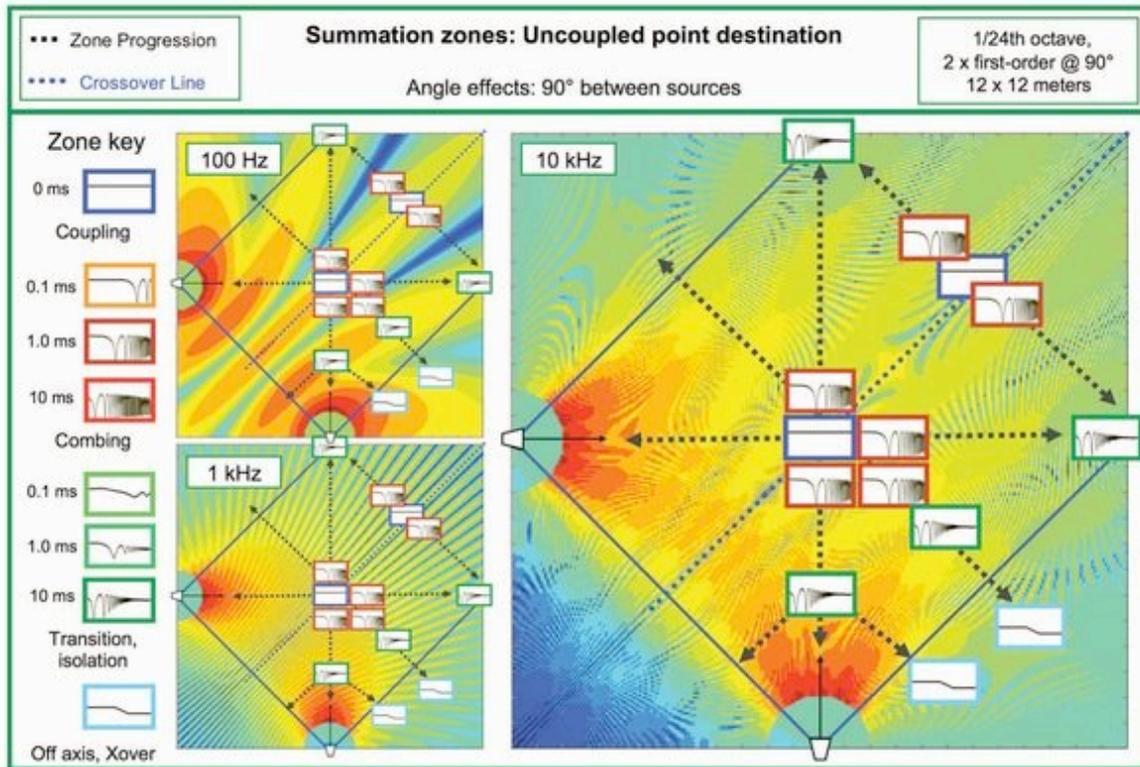
Hình 4.51 Những yếu tố về tiến trình cộng âm của array điểm đến điểm không ghép, góc tác động 45°

Chúng ta có thể tăng góc mở bên trong tới 90° (Hình 4.52). Khi tiếp cận cái loa nào đó, chúng ta đang chuyển động vuông góc với cái khác. Điểm tham chiếu đều như nhau: điểm giữa (cô lập) và crossover (ghép). Sự thay đổi góc chỉ tác động âm thầm (mute) giữa hai điểm tham chiếu nhưng có tác động rất rõ rệt đến những khu vực chung quanh. Khi góc tăng, tốc độ đáp ứng thay đổi ở những khu vực ngoại vi cũng tăng theo tỷ lệ. Thêm vào đó, khu vực có tỷ lệ bao quát thừa, dịch chuyển vùng bao quát MF và HF cao, tạo ra kịch bản bị chài xấu nhất.

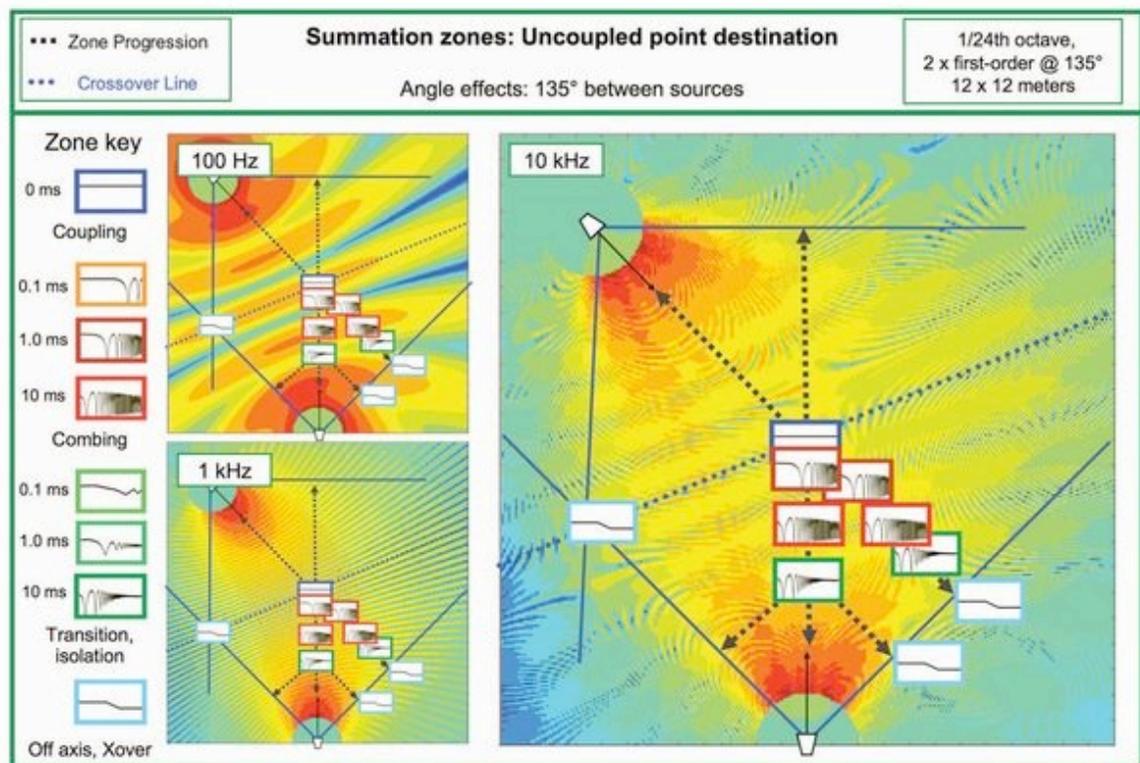
Với góc 135° xoay vào trong (hình 4.53), chài sẽ phổ biến hơn và cuối cùng chúng ta đi đến góc xoay vào trong lớn nhất: 180°. Array này có sự khác biệt không rõ rệt, có chuyển động vào vùng chài nhanh nhất và có khả năng thoát ra nhỏ nhất. Nếu nằm trong phạm vi bao quát của một phần tử, chúng ta cũng nằm trong phạm vi bao quát của cái khác. Chắc chắn nó như vậy. Tỷ lệ thay đổi sẽ cao nhất vì chuyển động tới một phần tử là thông lệ (de facto) của chuyển động đi từ cái khác.

Chúng ta chuyển sang phiên bản bất đối xứng của array này. Ứng dụng phổ biến là loa delay kết hợp với hệ chính (Hình 4.54). Di chuyển loa, nhưng có cùng góc định hướng, do đó, cả hai đều cùng đường "trên trục". Giảm mức độ loa delay xuống, cho phép chúng ta có giải kết hợp đồng nhất. Tham chiếu ONAX này là chuyển tiếp của delay, và phụ thuộc chính xác vào việc chúng ta muốn nó ứng dụng ở chỗ nào. Chúng ta thiết lập mức độ sao cho khách quen (patron) trong khu vực delay (XOVR) phù hợp với mức độ kết hợp với những cái ở giữa hội trường (tầm bao quát của hệ chính cô lập). Bắt đầu tích lũy bù thời gian và độ tương tác giữa những vùng bị chài khi chúng ta di chuyển khỏi XOVR. Mức bất đối xứng hạn chế phạm vi của sự tương tác khu chài kỹ khi chúng ta rời khu vực crossover vì loa hệ chính duy trì mức độ thống trị trên hầu hết khu vực, do khoảng cách của nó tăng gấp đôi. Không thể tránh bị chài trong mọi trường hợp, nhưng, giống như đối tác đối xứng của nó, tỷ lệ thay đổi bị ảnh hưởng rất lớn bởi mối quan hệ góc giữa nguồn. Hình 4.54 cho thấy mối quan hệ của góc độ với tỷ lệ thay đổi cho array này. Tỷ lệ tương tác vùng chài sẽ tăng khi góc lớn lên.

Cộng âm

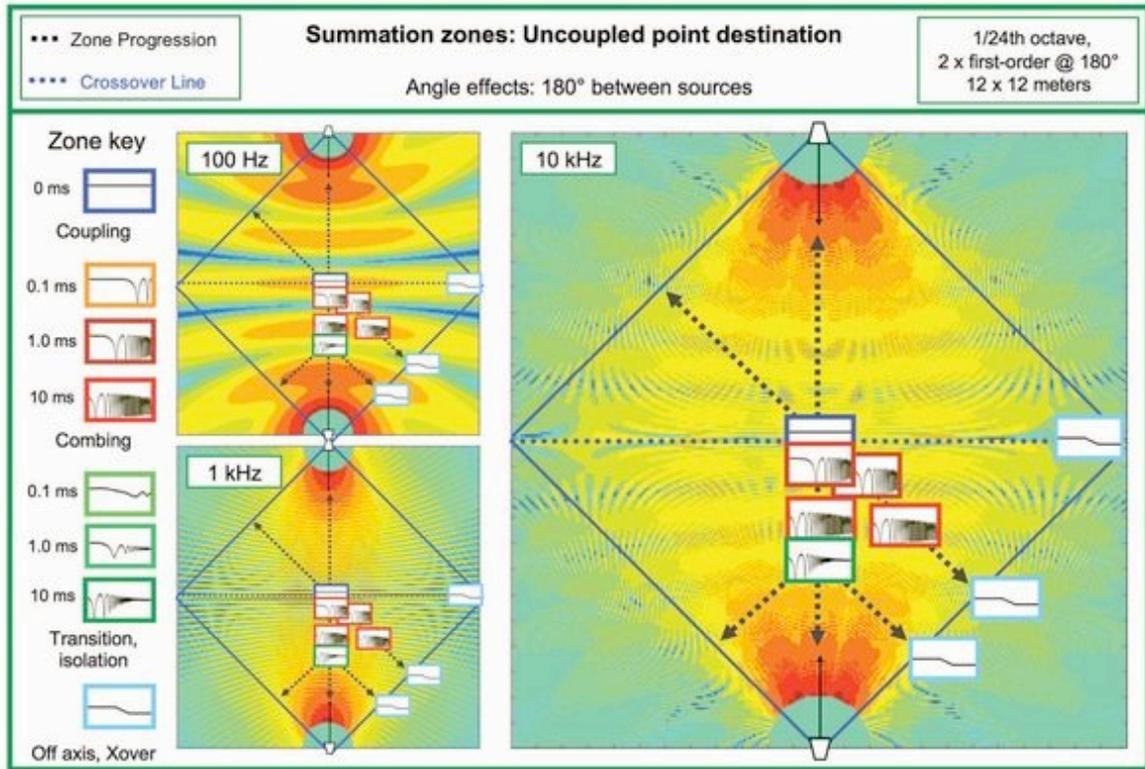


Hình 4.52 Những yếu tố về tiến trình cộng âm của array điểm đến không ghép, hiệu ứng góc 90°

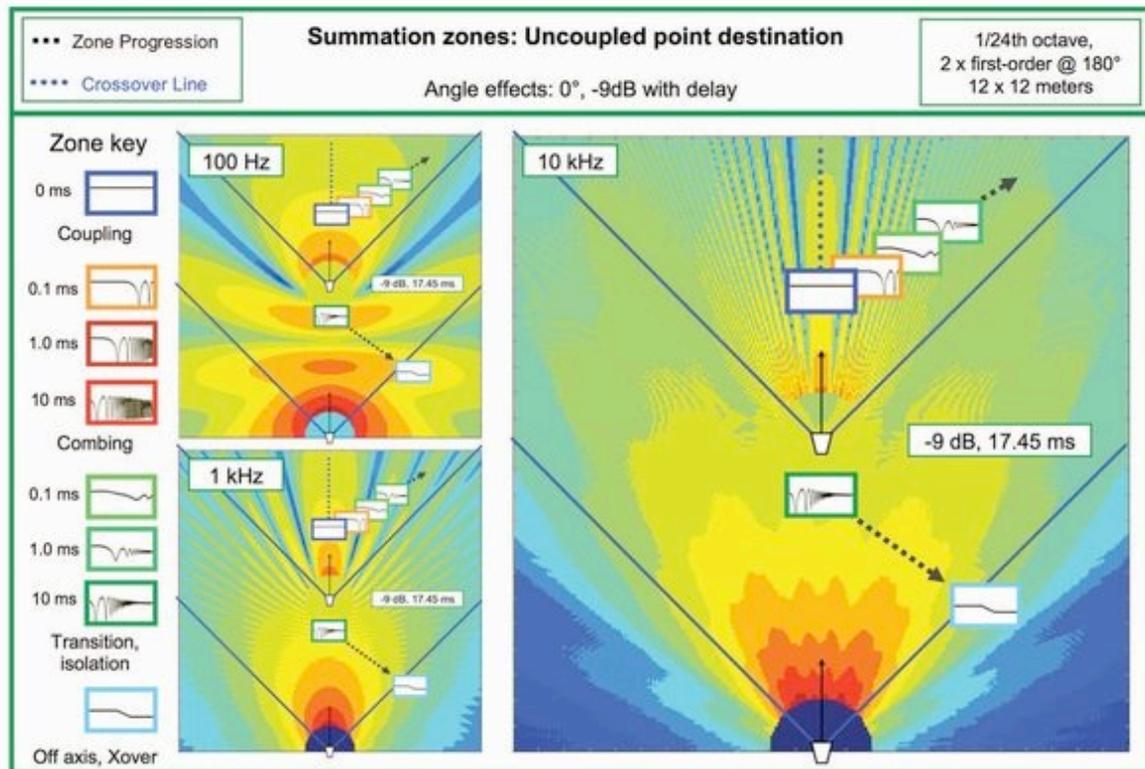


Hình 4.53 Những yếu tố về tiến trình cộng âm của array điểm đến không ghép, hiệu ứng góc 135°

Chương 4

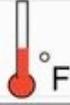
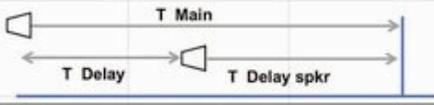
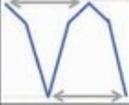


Hình 4.54 Những yếu tố về tiến trình cộng âm của array điểm đến không ghép, hiệu ứng góc 180°



Hình 4.55 Những yếu tố về tiến trình cộng âm của array điểm đến không ghép, hiệu ứng góc và mức độ

Cộng âm

Temperature effects on speaker/speaker summation							
							
Temperature Degrees (C)	Temperature Degrees (F)	Sound speed change (%)	Main Spkr Arrival (ms)	Delay Spkr Arrival (ms)	Synchronised delay time (ms)	Change from room temp setting (ms)	Comb filter frequency (Hz)
10.0	50	2.15%	127.69	25.54	102.15	-2.15	465
11.1	52	1.96%	127.45	25.49	101.96	-1.96	510
12.2	54	1.76%	127.20	25.44	101.76	-1.76	568
13.3	56	1.56%	126.95	25.39	101.56	-1.56	641
14.4	58	1.37%	126.71	25.34	101.37	-1.37	730
15.6	60	1.17%	126.46	25.29	101.17	-1.17	855
16.7	62	0.98%	126.23	25.25	100.98	-0.98	1020
17.8	64	0.78%	125.98	25.20	100.78	-0.78	1282
18.9	66	0.59%	125.74	25.15	100.59	-0.59	1695
20.0	68	0.39%	125.49	25.10	100.39	-0.39	2564
21.1	70	0.20%	125.25	25.05	100.20	-0.20	5000
22.2	72	0.00%	125.00	25.00	100.00	0.00	
23.3	74	-0.20%	124.75	24.95	99.80	0.20	5000
24.4	76	-0.39%	124.51	24.90	99.61	0.39	2564
25.6	78	-0.59%	124.26	24.85	99.41	0.59	1695
26.7	80	-0.78%	124.03	24.81	99.22	0.78	1282
27.8	82	-0.98%	123.78	24.76	99.02	0.98	1020
28.9	84	-1.17%	123.54	24.71	98.83	1.17	855
30.0	86	-1.37%	123.29	24.66	98.63	1.37	730
31.1	88	-1.56%	123.05	24.61	98.44	1.56	641
32.2	90	-1.76%	122.80	24.56	98.24	1.76	568
33.3	92	-1.96%	122.55	24.51	98.04	1.96	510
34.4	94	-2.15%	122.31	24.46	97.85	2.15	465

Hình 4.56 Tác động về nhiệt độ trên tương tác giữa loa và loa

4.4.4 Tác động môi trường -- Environmental effects

Trước đây, chúng ta đã thảo luận về tác động nhiệt độ trên tốc độ âm thanh (phần 3.2.8.2). Tất cả thành phần cộng âm đều có tốc độ thay đổi âm thanh của nó bằng tỷ lệ như nhau (miễn là tất cả đều trải qua sự thay đổi nhiệt độ giống nhau). Phần trăm thay đổi là tỷ lệ, nhưng chúng ta phải nhớ thời gian bù thì lại khác. Những đường truyền dài sẽ tích lũy nhiều thay đổi tốc độ hơn đường ngắn cho việc thay đổi nhiệt độ nhất định. Thời gian delay chúng ta đặt khi trời lạnh, không còn lạnh nữa. Biểu đồ tham khảo có trong hình 4.56.

4.5 Cộng âm của Loa/Phòng -- Speaker/Room Summation

Dạng thức thay phiên nhau của crossover âm thanh không gian là cộng âm của âm thanh trực tiếp và phản dội. Cho gọn, chúng ta sẽ đề cập đến điều này giống như trong phòng (ngay cả khi ở ngoài trời). Tiến trình cộng âm của âm thanh trực tiếp và phản dội trong phòng tương tự như tương tác của loa tại khoảng chia không gian đã thảo luận trước đây. Không có gì bất ngờ bởi vì tường, sàn và trần đều có nghĩa đen: "com-pa không gian". Hoạt động phản dội của những bề mặt này sẽ cư xử như thể nó là những loa bổ sung thêm âm thanh vào khu vực nghe của chúng ta. Đối với mỗi cấu hình loa/phòng, chất lượng array loa cũng giống nhau. Chúng ta tập trung điều trị những phẩm chất chung này, và tương phản lại nó theo yêu cầu. Điểm chung chia sẻ giữa những kiểu crossover này rất lớn, sự hiểu biết về cộng âm loa/loa sẽ cho chúng ta biết hầu hết những cái cần biết về cộng âm của loa/phòng.

4.5.1 Chức năng tương tự

So sánh và tương phản về cộng âm của loa và phòng

- Điều tiết cả hai loại tương tác bằng tính chất của cộng âm.
- Chiến lược cộng âm tối ưu bắt nguồn từ cùng khái niệm.

Chương 4

- Phản dội trong phòng là tương quan giữa cộng âm vốn có với âm thanh trực tiếp. Tường cũng hát cùng bài hát với âm thanh nào chạm vào nó.
- Có thể tiếp tục phản dội trong thời gian dài khi di chuyển từ bề mặt này sang bề mặt khác chung quanh phòng. Độ bù thời gian giữa âm thanh trực tiếp và phản dội có thể vượt quá thời gian của tín hiệu ban đầu, do đó vượt quá yêu cầu về thời gian chùng chéo.
- Rất ít bề mặt dội lại tất cả tần số, phase và góc phản dội ở mức tương ứng. Bề mặt quá phức tạp mà chỉ có đặc tính phản dội tương đương mấp mô của nó mới có thể được khẳng định ở đây. Sự phức tạp tạo ra cộng âm phụ thuộc tần số. Tuy nhiên, trên cơ sở từng tần số, sự tương đồng giữa loa/loa nói chung là đủ.
- Ngoại trừ những hiệu ứng filter đã trích dẫn ở trên, crossover giữa phòng/loa là "tự sắp xếp", tức là nó không thể đảo ngược cực, phù hợp đúng thời gian và mức độ tại điểm crossover (bề mặt).

Những bộ phận tương tự -- Analogous Organs

- Khoảng cách giữa loa và bề mặt tương tự như điểm giữa nằm giữa hai loa.
- Góc giữa loa và bề mặt tương tự với một nửa góc mở giữa hai loa.
- Phạm vi bao quát của loa thật và phản dội với loa "ảo" phù hợp.
- Bề mặt là crossover không gian (đường ghép). Âm trực tiếp và phản dội đồng phase và có thể có mức độ bằng nhau (nếu không bị hấp thụ).
- Sự hấp thụ bề mặt tương tự như sự suy giảm của loa thứ hai.
- Ghép nối với sự phản dội bề mặt tương tự như ghép nối loa/loa.

Có những cân nhắc thật tế đối với crossover không gian, đặt trên bề mặt tòa nhà. Thính giả của chúng ta sẽ không bị nhúng vào tầng, tường hay đáng chú ý nhất, trần nhà, vậy chúng ta có nên đặt nó trong thảo luận không. Chúng ta không thể thảo luận về sự ghép nối, chài và cô lập mà không có kỹ thuật điều khiển nó: cộng âm từ nguồn ảo phía sau tường. Loa ảo "vượt qua" vào thế giới của chúng ta tại tường, vì vậy chúng ta phải bao gồm những người chơi ảo trong trò chơi cộng âm.

Mô phỏng cộng âm loa/phòng bằng tia sáng theo dõi đường dẫn của loa thật và loa "ảo" đại diện cho phản dội. Sự tương quan hoàn hảo giữa nguồn thật và ảo sẽ đòi hỏi bề mặt có chất lượng phản dội hoàn hảo. Đánh giá bề mặt khuếch tán phức tạp nằm ngoài phạm vi sách này, vì vậy đây chỉ là phép tính gần đúng. Đầu tiên, chúng ta giả định tất cả bề mặt đều phản dội 100%, như thường thấy trong phòng có thiết kế bởi kiến trúc sư nổi tiếng.

4.5.2 Khả năng nghe crossover -- Crossover audibility

Chương cuối cùng về khả năng nghe crossover là trong phòng. Khi bố trí high-hat ở phía trước balcon, chúng ta đang tìm qua crossover tại nguồn loa ảo (virtual).

Khả năng nghe crossover trong phòng phản ánh khoảng cách không gian của loa/loa. Nguy cơ phát hiện tăng lên với góc mở rộng. Một lần nữa, chúng ta nhạy cảm với mặt phẳng nằm ngang hơn, do sự định vị của hai tai chúng ta.

Chùng chéo quá mức sẽ làm mất vị trí nguồn phản dội. Chúng ta không thể đồng bộ hóa ở bất kỳ vị trí nào ngoại trừ ở crossover (bề mặt). Tai nhận biết hai nguồn riêng biệt (tiếng vang rời rạc), khi những

Cộng âm

phản dội mạnh quá dài. Giống như cộng âm loa/loa, hàm lượng tần số cao tăng mạnh sẽ tăng nguy cơ định vị hóa.

4.5.3 Loại cộng âm loa/phòng -- Speaker/room summation types

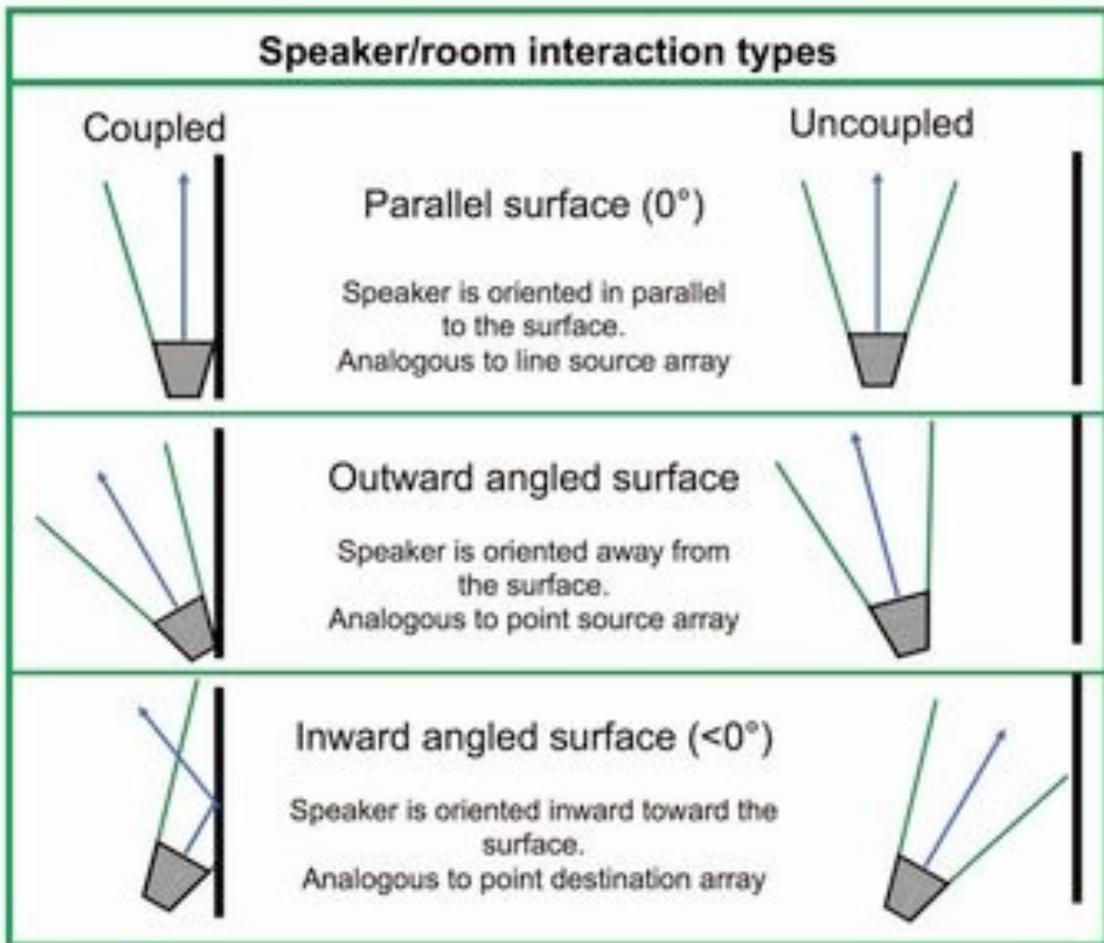
Có hai họ loa/phòng (ghép và không ghép) và ba loại quan hệ (song song, góc hướng ngoại hay hướng nội). Nghe có vẻ quen không?

Ở đây, ghép nối có cùng ý nghĩa. Loa subwoofer xếp chồng lên nhau (ghép) đều đủ gain và không hao hụt. Bề mặt nào không ghép sẽ sinh ra chài. Tìm thấy những yếu tố khoảng cách/bước sóng giống như tương tác loa/loa ở đây, mặc dù ở quy mô lớn hơn (phòng thường lớn hơn array loa).

Lưu ý: Trừ khi có quy định khác, phần này giả định bề mặt có phản dội 100% ở tất cả tần số. Mô tả cộng âm trên mặt phẳng duy nhất, dọc hay ngang (Hình 4.57).

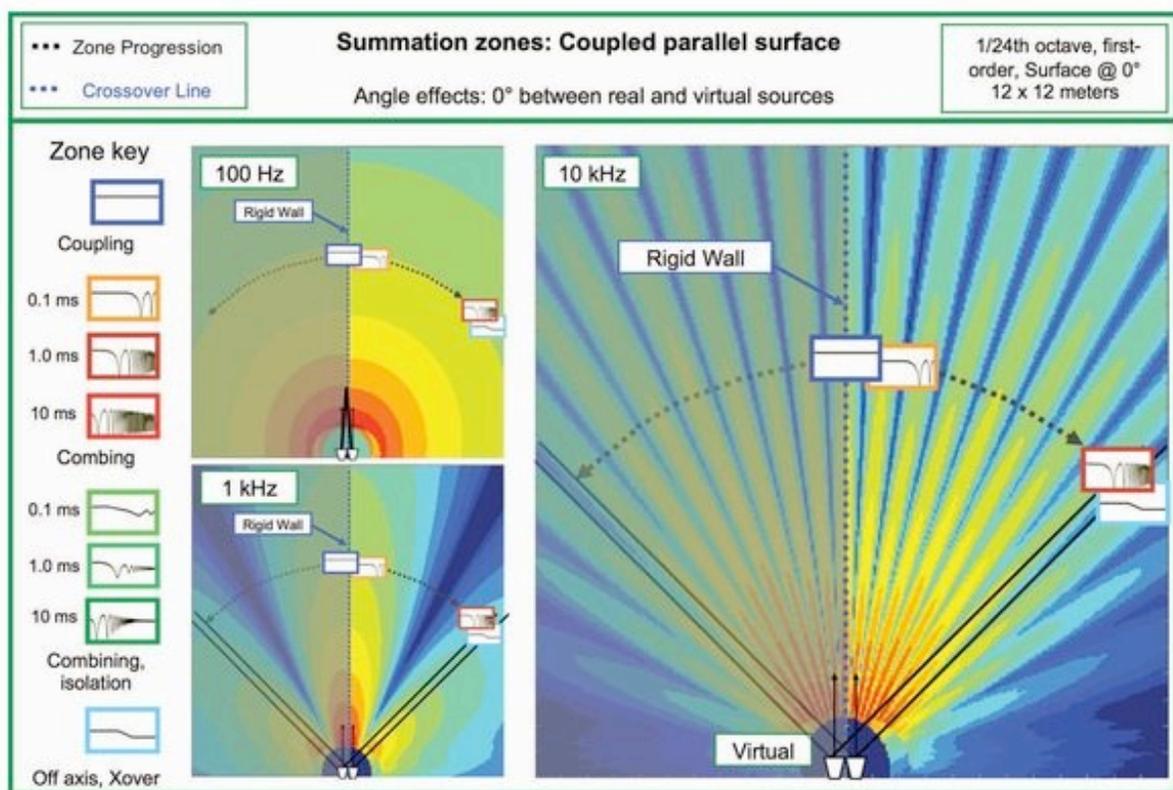
4.5.3.1 Mặt phẳng song song ghép -- Coupled Parallel Surface

Chồng loa trên sàn phẳng là array thông thường, có tên riêng đặc biệt: tải một nửa không gian (half-space loading). Một nửa bức xạ hình cầu đã dội trở lại, đồng phase với bề mặt, tăng mức độ lên đến 6dB. Cùng một bề mặt tạo ra chài trên dải tần số loa subwoofer. Việc này sao chép array nguồn line ghép, đã thảo luận trước đây (Hình 4.58).



Hình 4.57 Những loại tương tác giữa loa và phòng

Chương 4



Hình 4.58 Những yếu tố về tiến trình vùng cộng âm cho mặt phẳng song song ghép

4.5.3.2 Bề mặt góc quay ra ghép -- Coupled Outward Angled Surface

Tiếp theo, chúng ta sẽ mở một loa ra ngoài ra từ bề mặt ghép (Hình 4.59), tương tự như nguồn điểm ghép (Hình 4.42). Góc mở từ bề mặt bằng với góc mở từ giữa đến mỗi loa trong array nguồn điểm ghép. Góc mở đồng nhất sẽ đặt bức tường tại điểm bao quát -6dB.

4.5.3.3 Mặt phẳng song song không ghép (uncoupled Parallel Surface)

Loại không ghép đầu tiên là bề mặt song song như trong hình 4.60. Khoảng cách đến bề mặt tương tự như điểm-giữa, giữa những phần tử của loa trong array nguồn không ghép, thí dụ: 3m đến tường sẽ bằng 6m từ phần tử này đến phần tử khác (mỗi 3m đến giữa). Giống như mô hình array, phân đội sẽ làm suy giảm đều đặn theo khoảng cách. Khoảng cách tới tường có cùng tác động rút ngắn phạm vi tới loa, cũng như sự dịch chuyển giữa những phần tử của array. Thí dụ ở đây cho thấy một cặp bề mặt đối xứng, có loa ở giữa. Di chuyển loa ra khỏi trung tâm tạo ra khoảng cách bất đối xứng, phía gần có phạm vi gần hơn là xa. Lưu ý, hiện diện kim tự tháp song song trong đáp ứng LF, chắc chắn sẽ xuất hiện chuyển này khi có điều kiện là tập trung và đối xứng.

4.5.3.4 Bề mặt có góc hướng ngoài không ghép -- Uncoupled Outward Angled Surface

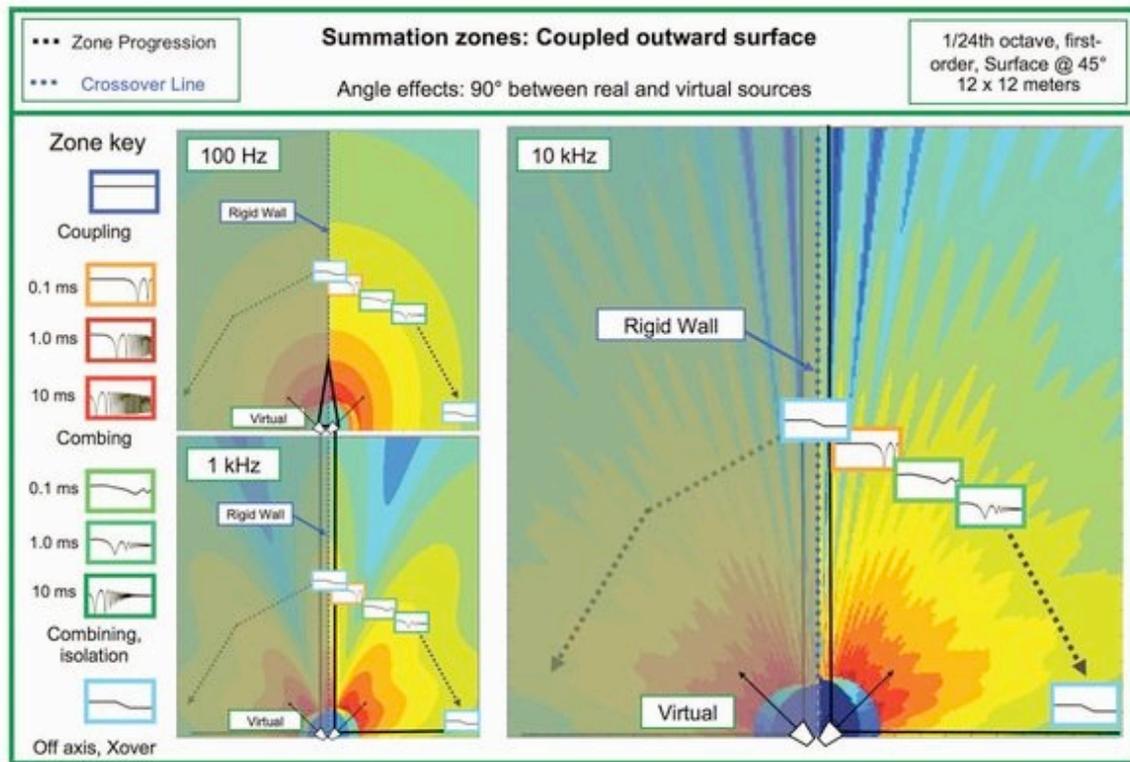
Loa không ghép với bề mặt và có góc hướng ra ngoài (hình 4.61) sẽ tương tự như array nguồn điểm không ghép (Hình 4.49). Áp dụng những cân nhắc tương tự nhưng có vài lưu ý bổ sung cần quan tâm. Trước đây chúng ta đã quan sát thấy, nếu góc mở và góc của phần tử bằng nhau thì array nguồn điểm không ghép sẽ có khe hở mãi mãi. Có thể xử dụng việc này cho lợi thế thật tế, cho chúng ta phương

Cộng âm

tiện che vùng bao quát dọc theo khu vực chỗ ngồi mà không chổng chéo vào tường bên cạnh hay trần nhà. Cấu hình bề mặt hướng ra ngoài cho vài độ ổn định tầm xa, phát hiện sớm trong array nguồn điểm.

4.5.3.5 Bề mặt hướng vào trong không ghép -- Uncoupled Inward Angled Surface

Trước đây, chúng ta đã thấy array điểm đến điểm không ghép có tỷ lệ chài cao nhất. Chẳng có gì ngạc nhiên khi bề mặt tương tự của nó làm như vậy. Bức tường bên trong (Hình 4.62) mang năng lượng trên trục quay trở lại trung tâm vùng bao quát. Khi góc của bề mặt hướng trong tăng lên, có nhu cầu phải hấp thụ (hay phá hủy) nó.



Hình 4.59 Những yếu tố về tiến trình vùng cộng âm cho bề mặt hướng ra ngoài ghép nối

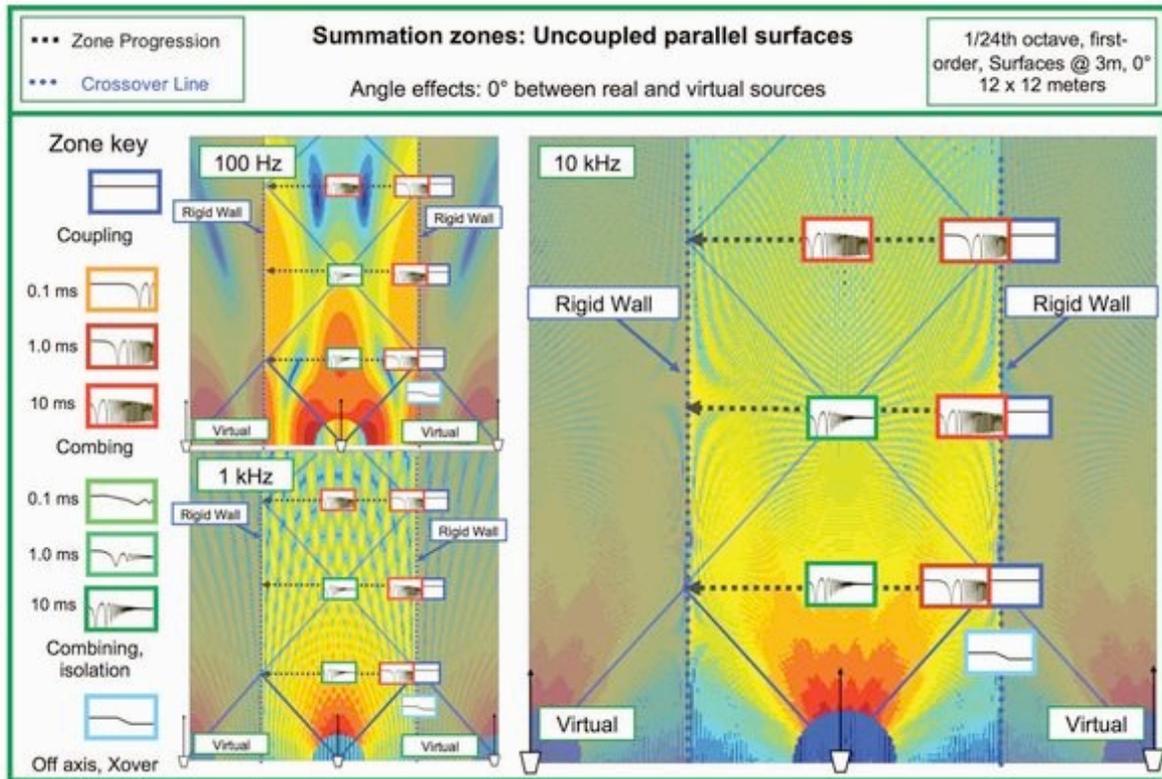
Tác động -- Effects

Bề mặt bình thường (tường phía sau điển hình) là cấu hình có không gian lớn nhất cho tổng thể loa/phòng (Hình 4.63). Nó tương tự như array điểm đến điểm 180° (loa monitor side-fill). Có khía cạnh đáng khuyến khích trong cách giải phẫu, giúp chúng ta giảm được tác động cảm nhận của dạng cộng âm này: tai chúng ta từ chối từ phía trước/sau. Tuy nhiên, loại tường này thường cần độ hấp thụ lớn hơn bất kỳ loại nào khác.

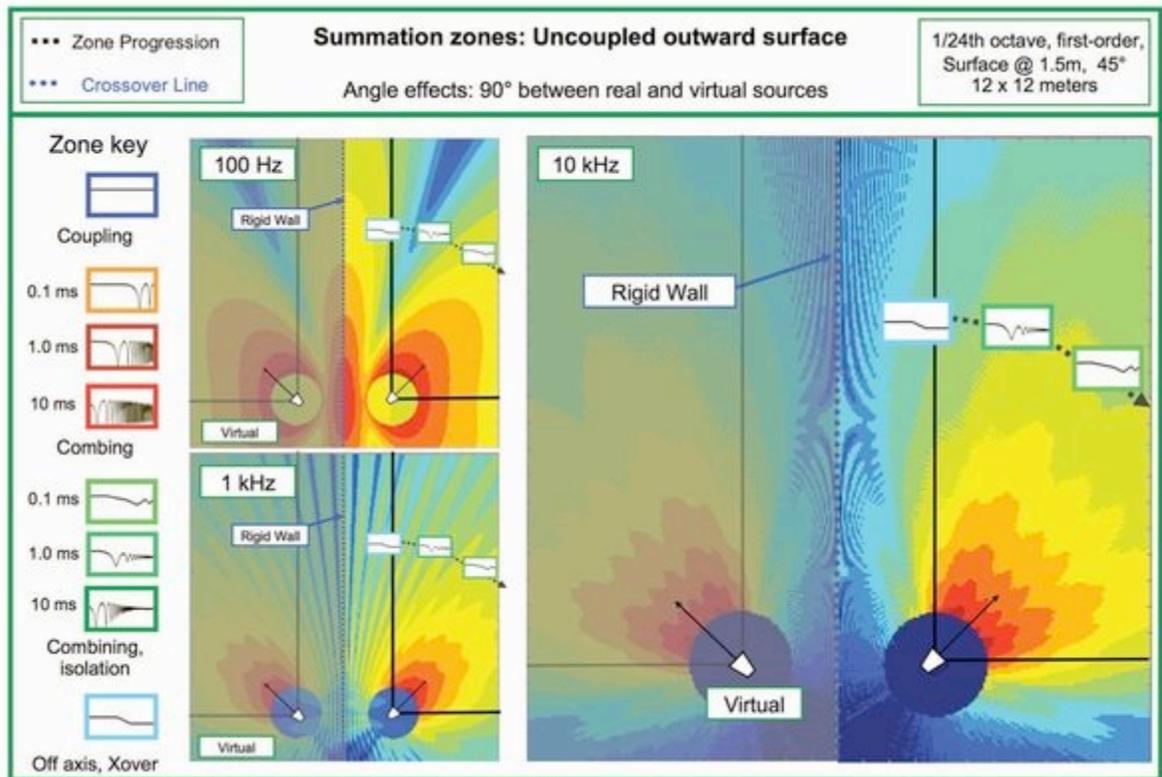
4.5.4 Tác động hấp thụ -- Absorption effects

Chừng nào còn thảo luận về sự hấp thụ, chúng ta có thể xem xét tác động này sẽ có trên cộng âm của tường bình thường. Hình 4.64 cho thấy kết quả của âm thanh gạch cách âm trên bề mặt so với bề mặt cứng đã thấy đến thời điểm này. Kết quả đáng khuyến khích, với việc giảm cộng âm vùng chài ở HF và đáp ứng mid-range ở mức độ thấp hơn.

Chương 4

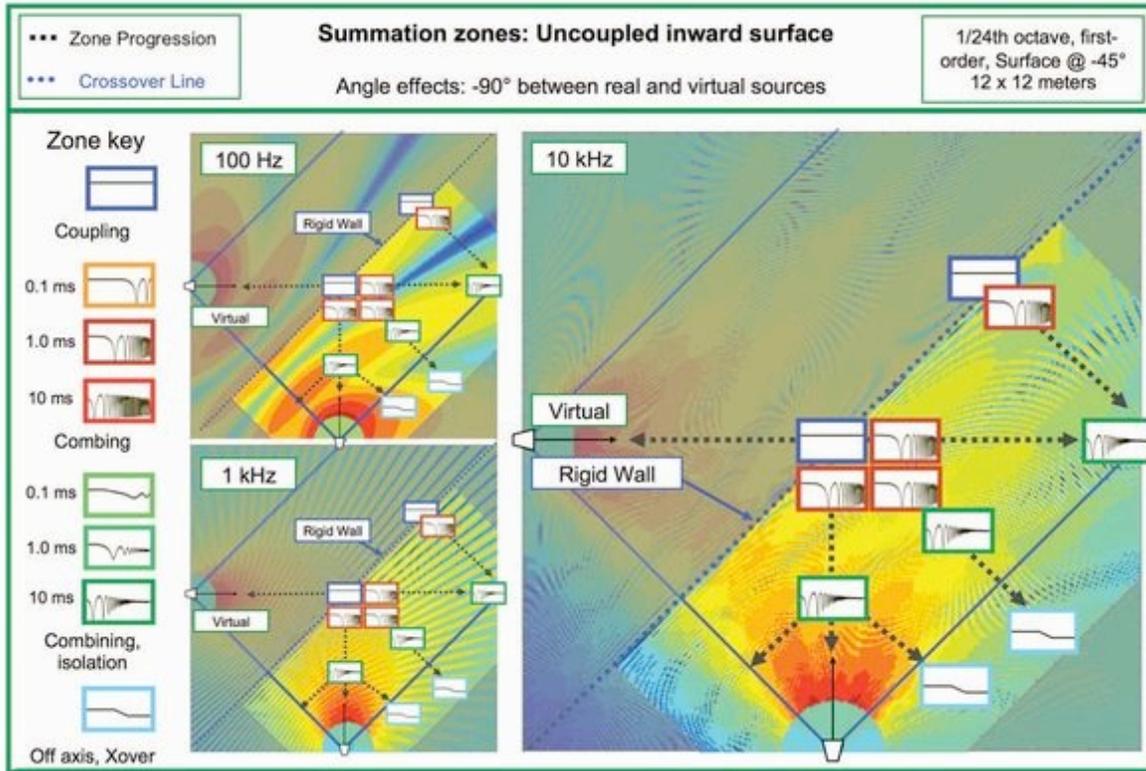


Hình 4.60 Những yếu tố về tiến trình vùng cộng âm cho bề mặt song song không ghép

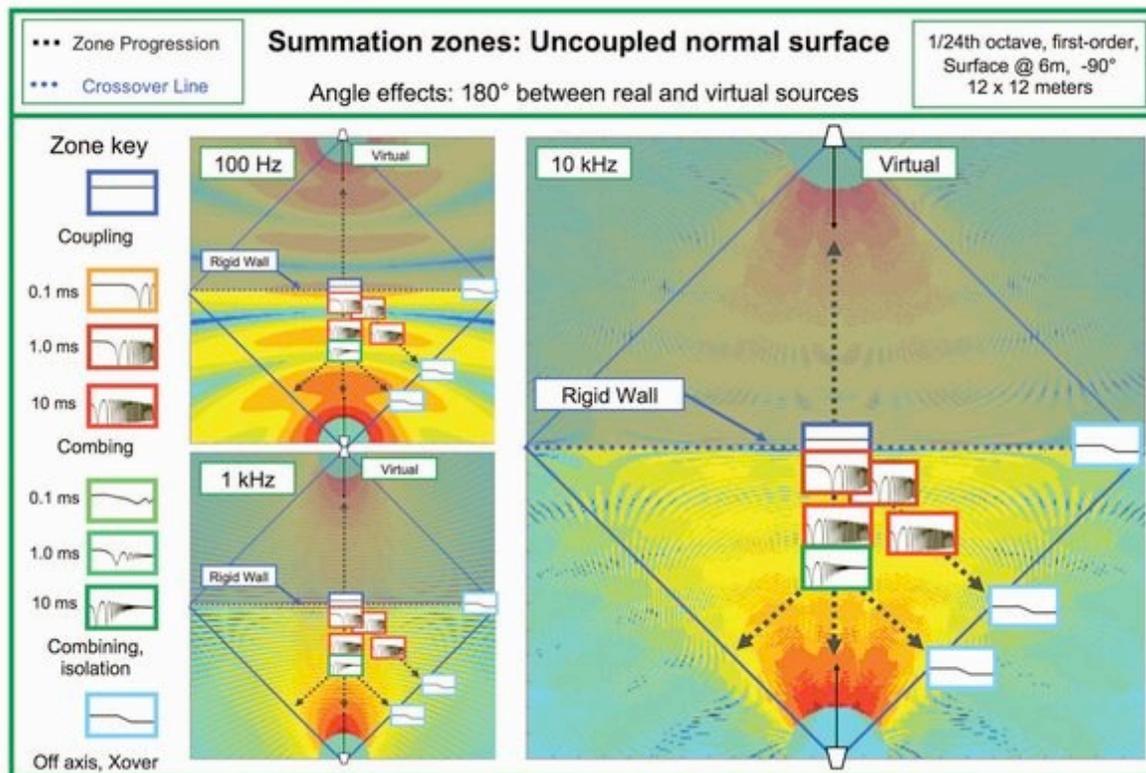


Hình 4.61 Những yếu tố về tiến trình vùng cộng âm cho bề mặt hướng ra ngoài không ghép

Cộng âm

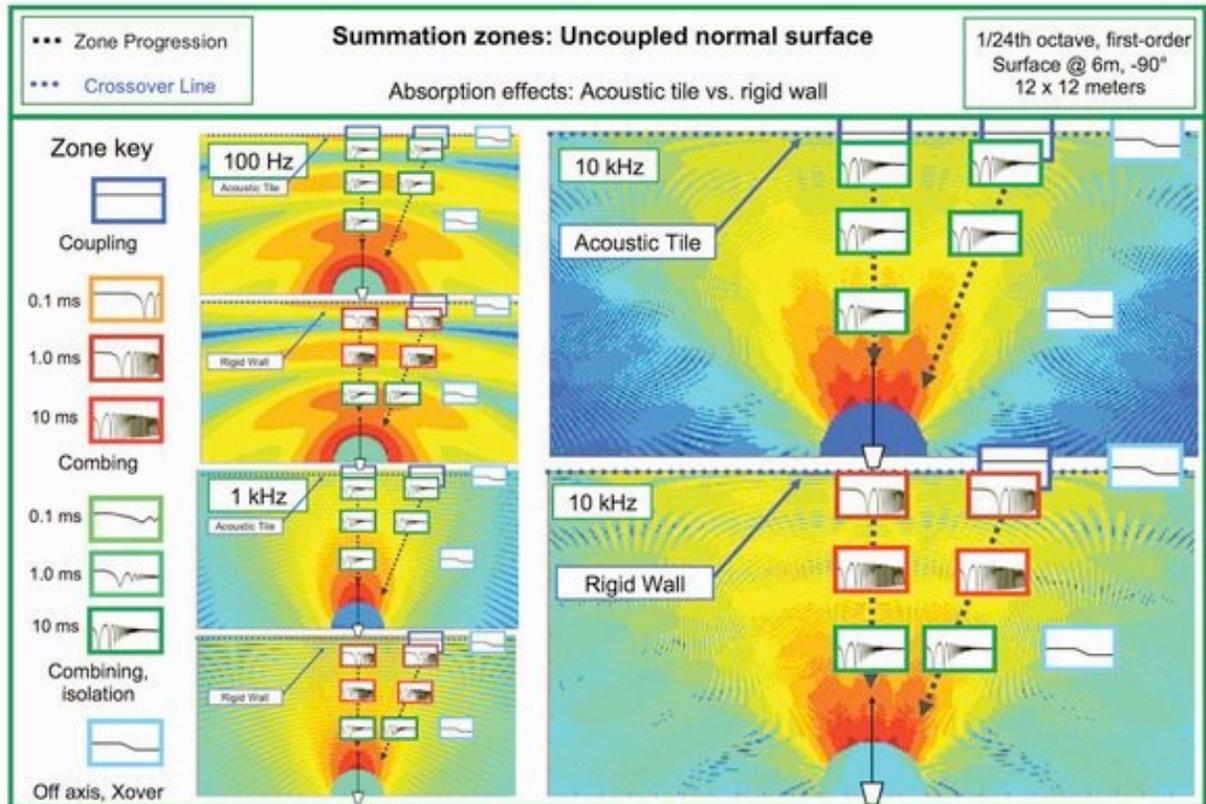


Hình 4.62 Những yếu tố về tiến trình vùng cộng âm cho bề mặt hướng trong không ghép



Hình 4.63 Những yếu tố về tiến trình vùng cộng âm cho bề mặt bình thường không ghép

Chương 4



Hình 4.64 Những yếu tố về tiến trình vùng cộng âm cho bề mặt bình thường không ghép, hấp thụ

Temperature effects on speaker/room summation

Temperature (C°)	Temperature (F°)	Temperature change (%)	Sound speed change (%)	Direct sound arrival (ms)	Reflection arrival (ms)	Time offset (ms)	Comb filter frequency (Hz)
10.0	50	-4.13%	2.15%	25.54	127.69	-102.15	9.79
11.1	52	-3.76%	1.96%	25.49	127.45	-101.96	9.81
12.2	54	-3.38%	1.76%	25.44	127.20	-101.76	9.83
13.3	56	-3.00%	1.56%	25.39	126.95	-101.56	9.85
14.4	58	-2.63%	1.37%	25.34	126.71	-101.37	9.86
15.5	60	-2.25%	1.17%	25.29	126.46	-101.17	9.88
16.7	62	-1.87%	0.98%	25.25	126.23	-100.98	9.90
17.3	64	-1.50%	0.78%	25.20	125.98	-100.78	9.92
18.9	68	-1.12%	0.59%	25.15	125.74	-100.59	9.94
20.0	68	-0.75%	0.39%	25.10	125.49	-100.39	9.96
21.1	70	-0.37%	0.20%	25.05	125.25	-100.20	9.98
22.2	72	0.00%	0.00%	25.00	125.00	-100.00	10.00
23.3	74	0.38%	-0.20%	24.95	124.75	-99.80	10.02
24.4	76	0.76%	-0.39%	24.90	124.51	-99.61	10.04
25.5	78	1.14%	-0.59%	24.85	124.26	-99.41	10.06
26.7	80	1.51%	-0.78%	24.81	124.03	-99.22	10.08
27.3	82	1.89%	-0.98%	24.76	123.78	-99.02	10.10
28.9	84	2.27%	-1.17%	24.71	123.54	-98.83	10.12
30.0	86	2.64%	-1.37%	24.66	123.29	-98.63	10.14
31.1	88	3.02%	-1.56%	24.61	123.05	-98.44	10.16
32.2	90	3.40%	-1.76%	24.56	122.80	-98.24	10.18
33.3	92	3.77%	-1.96%	24.51	122.55	-98.04	10.20
34.4	94	4.15%	-2.15%	24.46	122.31	-97.85	10.22

Hình 4.65 Tác động về nhiệt độ đối với sự tương tác giữa loa và phòng là trái tim của vùng bao quát. Khi góc của bề mặt hướng trong tăng lên, có nhu cầu phải hấp thụ (hay phá hủy) nó.

Cộng âm

4.5.5 Tác động nhiệt độ -- Temperature effects

Tác động nhiệt độ trên cộng âm của loa/phòng (Hình 4.65) tương tự như kết quả của loa/loa, nhưng với hàng trăm con đường thay vì chỉ một vài con đường. Nhiệt độ tăng làm tăng tốc độ cho tất cả đường dẫn truyền âm thanh, trực tiếp và phản dội đều như nhau. Thời gian tương đối giữa trực tiếp và delay sẽ thay đổi vì đường phản dội dài hơn. Tần số lọc lọc ở giữa sẽ thay đổi theo tỷ lệ với sự thay đổi trong thời gian bù. Đây là cách hình dung khi toàn bộ phòng co lại (nóng hơn) hay mở rộng (lạnh hơn) đơn giản nhất. Tác động này đáng chú ý nhất trong giải LF khi (a) chúng ta đang nghe cộng âm của hầu hết đường dẫn và (b) có nhiều khả năng cộng âm sẽ nằm trong vùng nhận thức âm điệu.

