

Chương 09

Kết hợp -- Combination

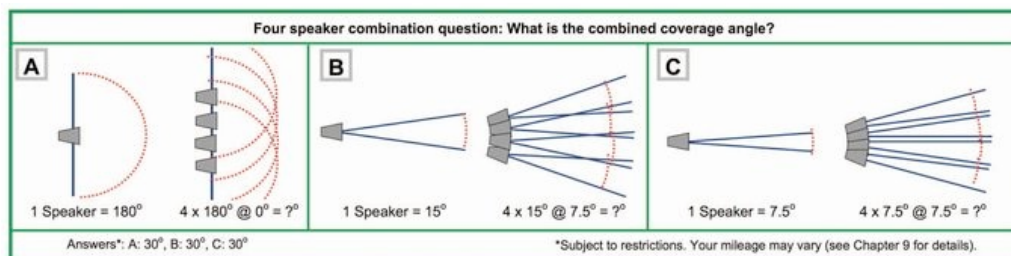
9.1 Tiến trình phương sai của loa kết hợp -- Combined Speaker Variance Progressions

Chương này khám phá những hành vi phương sai tối thiểu vượt ra ngoài đáp ứng đơn. Đáp ứng kết hợp là tổng của những phần của nó. Vì vậy, nghiên cứu của chúng ta về hình dạng loa đơn đã chi tiêu hết thời gian. Hãy bắt đầu với câu hỏi đơn giản: so sánh góc bao quát kết hợp của hai loa với cái gì? Câu trả lời không đơn giản như vậy. Kết quả có thể dao động từ hai đến một nửa của từng phần từ (hình 9.1). Yếu tố quyết định là tỷ lệ của hai lực lượng đối lập: chồng chéo và cô lập. Có hai dạng thức: góc và chuyển chỗ. Chúng ta giảm bớt chồng chéo bằng cách cô lập nguồn, tức là hướng theo nhiều hướng khác nhau (góc) di chuyển nó đi (chuyển chỗ) hay cả hai. Những phần từ giữ lại nhiều đặc tính của nó khi ít bị chồng chéo, kết hợp array thành nhiều hình điều khắc độc đáo. Khi chồng lên nhau quá nhiều, hầu hết yếu tố riêng đều biến mất và hợp nhất (và hẹp hơn) giống như loa đơn. Array kết hợp có nhiều đặc tính khác biệt với những thành phần bao gồm nó và có nhiều biến đổi về không gian và tần số. Hình dạng thì đồng nhất, nhưng không ngẫu nhiên, do đó khá dễ hiểu, có thể đoán trước và quan trọng nhất, có thể điều chỉnh được. Sự chồng chéo và cô lập là những công cụ định hình. Sự cô lập làm chúng ta tăng khả năng tạo ra hình dạng phức tạp nhưng có khả năng ghép năng lượng tối thiểu. Không có năng lượng bổ sung mà không chồng chéo nhưng điều này mang rủi ro bị chài. Đây là mặt sáng và tối (Yin and Yang) của những lực mạnh này.

9.1.1 Tiến trình phương sai mức độ -- Level variance progressions

Chúng ta có thể mở rộng mức độ phương sai mức tối thiểu vượt quá giới hạn của loa đơn theo ba hướng: phía trước, hướng tâm (hình quạt) và bên (cạnh ngang) (Hình 9.2).

Thực hiện việc kéo dài tới trước bằng cách thêm loa delay trong mặt phẳng trục của hệ loa chính. Loa hướng trước lấp đầy để bù độ hao hụt cho tiến trình tiêu chuẩn của hệ chính. Những tín hiệu kết hợp truyền đi từ đó và tiến trình hao hụt tiếp tục trở lại (trừ khi thêm vào phần mở rộng về phía trước). Đường phương sai tối thiểu (MV- minimum-variance) chạy về phía trước (từ trước tới sau). Bù hao hụt về truyền dẫn lan truyền của những cá thể (-6dB) bằng tổng của cặp (+6dB). Sự mở rộng về phía trước có hai hình thức cơ bản: "delay" và "relay-chuyển tiếp". Tìm thấy cái trước ở dưới và ngoài balcon, trong khi tìm thấy cái sau ở lễ hội. Yếu tố khác biệt là mức độ tương đối. Chúng ta đang ở mô hình "delay" khi đáp ứng hệ chính ở mức ngang bằng (hay nhỏ hơn). Sự kết hợp hệ chính/delay cộng thêm không vượt quá 6dB, đồng thời cung cấp tăng tỷ số tín hiệu/tạp âm. Loa chuyển tiếp trội lên từ nguồn ở xa là trạm tăng tốc năng lượng (như tháp chuyển tiếp điện thoại di động). Chuyển tiếp mở rộng với hệ delay có phạm vi thực hành hạn chế trong khi mở rộng với hệ relay bị giới hạn bởi ngân sách.



Hình 9.1 Câu hỏi về kết hợp

Kết hợp

Hệ thống ghép nối chồng lên nhau cao tạo ra dạng thức mở rộng về phía trước. Mô hình kết hợp là phiên bản thu hẹp của từng phần tử, do đó có chiều sâu hơn cho bề rộng nhất định. Điều này cho phép hệ thống "phóng-throw" xa hơn, cũng là hình thức mở rộng về phía trước. Điều này thường quy cho độ lặp với nguồn line song song nhưng cũng áp dụng cho nguồn điểm và điểm đến điểm, chừng nào chồng chéo góc trội hơn cô lập góc.

Array nguồn điểm tạo ra sự mở rộng hướng tâm (hình quạt) bằng cách dung hợp loa ở cạnh góc của nó. Đường đồ thị MV giống như đường cung (từ ONAX của loa này sang loa tiếp theo). Bù hao hụt trên trục (-6dB) từng loa riêng bằng tổng của cặp (+6dB). Giới hạn của sự mở rộng hướng tâm trên, có lý do rõ ràng, là 360°.

Array nguồn line không ghép mở rộng sang hai bên. Nguồn tỏa ra dọc theo đường line, cũng như phạm vi bao quát. Một lần nữa, bù hao hụt của từng cá thể (-6dB) bằng tổng của cặp (+6dB), nhưng lần này đường MV chạy thẳng qua (từ ONAX của loa này sang loa tiếp theo). Việc mở rộng sang bên tích tụ dần khi thêm thiết bị vào và, một lần nữa, chỉ bị giới hạn bởi ngân sách.

Cũng có thể kết hợp những cơ chế mở rộng này. Delay dưới balcon là thí dụ về sự mở rộng kết hợp: chuyển tiếp (hệ chính + delay) và bên và/hay hướng tâm (delay + delay).

9.1.2 Tiến trình phương sai âm phổ -- Spectral variance progressions

Biến thiên âm phổ cho loa đơn full-range là tham số cố định. EQ, mức độ hay delay sẽ không làm thay đổi mô hình bao quát theo tần số. Tuy nhiên, có thể xây dựng array có hình dạng bao quát kết hợp, khác với từng thành phần riêng (Hình 9.2). Có thể kết hợp array nguồn điểm ghép có nhiều loa thứ bậc cao với phương sai âm phổ tối thiểu bằng cách truyền giải HF đã cô lập và thu hẹp chồng chéo của giải LF. Thí dụ rất đơn giản: Bố trí cặp loa bậc hai ở góc mở đồng nhất 40°, mở rộng vùng bao quát HF lên 80°. Góc bao quát riêng của LF rộng hơn góc mở 40° rất nhiều. Kết quả, ngẫu lực chồng chéo lên nhau ở trung tâm và thu hẹp phạm vi bao quát của LF. Hình dạng kết hợp có độ phương sai âm phổ thấp hơn từng phần tử riêng.

Độ nghiêng âm phổ -- Spectral Tilt

Array loa chia sẻ giải LF của nó nhiều hơn HF. Kết quả là độ nghiêng âm phổ tương ứng với số lượng. Array ghép nối có thể nghiêng trên giải âm phổ đồng đều hơn array không ghép, bị giới hạn bởi phương sai gợn (ripple variance). Chúng ta lại thấy sự nghiêng của sóng âm đối với tần thấp như trước đây nhưng có thêm phản dội vào (phần 8.2.2).

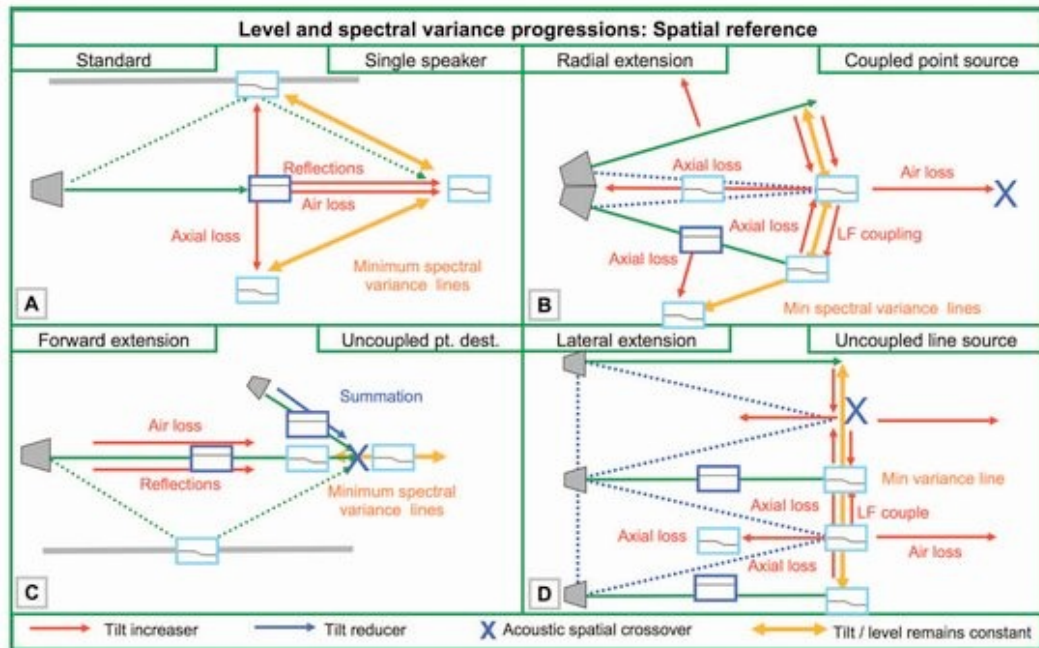
Vài mẫu đại diện cho cơ chế, thể hiện trong hình 9.3, nơi so sánh nhiều đường biểu diễn khuynh hướng nghiêng âm phổ với nhau. Tiến trình cho thấy khuynh hướng nhất quán trong việc ủng hộ hàm lượng LF trên HF. Có thể khai thác đặc điểm chung này để tạo ra độ nghiêng âm phổ nhất quán. Vì hầu hết tiến trình đều dẫn đến độ nghiêng, giảm phương sai âm phổ đi bằng cách kết hợp nghiêng hơn là bằng những nỗ lực ngăn chặn sự tiến triển vô ích. Có thể san bằng độ nghiêng bằng cách equalization đến mức độ muốn có. Đáp ứng tần số không cần phải phẳng để được coi là phương sai âm phổ tối thiểu. Yếu tố quyết định là tính nhất quán. Câu trả lời cho nghiêng cũng theo cách giống như câu trả lời cho phẳng.

9.1.3 Tiến trình phương sai gợn -- Ripple variance progressions

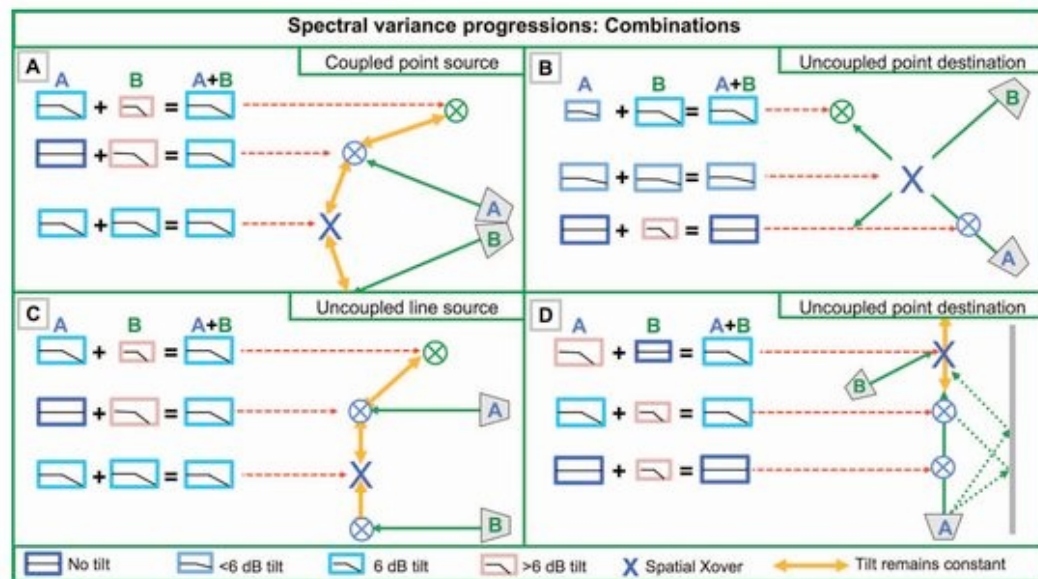
Tiến trình phương sai gợn tiêu chuẩn, thể hiện trong hình 9.4. Chu trình mở rộng và lặp lại cho nhiều phần tử nhưng theo một mẫu quen thuộc. Điểm trung tâm trong tiến trình là điểm crossover không gian định hướng theo phase (XOVR). Đây là điểm có phương sai thấp nhất trong tiến trình, và nó vẫn là trung tâm của khu vực có tỷ lệ thay đổi phương sai gợn cao nhất. Điểm ghép nối tương tự với điểm có tốc độ gió thấp nhất trong cơn bão: mắt. Tuy nhiên, khu vực ngoài tầm mắt có chứa nhiều biến thể tốc độ gió

Chương 9

cao nhất. Đó là bản chất của khu vực XOVR, và chúng ta hy vọng thoát khỏi cơn bão bằng cách cô lập càng nhanh càng tốt.



Hình 9.2 Tiến trình phương sai âm phổ liên quan đến cộng âm



Hình 9.3 Tiến trình phương sai âm phổ liên quan đến sự kết hợp nhiều loa. Hiển thị đáp ứng từng loa với độ nghiêng và độ rộng đại diện. Hiển thị kết hợp tại nhiều địa điểm khác nhau để so sánh.

Tiến trình phương sai gọn có mặt trong tất cả dạng array loa. Bất kỳ hai loa nào trong phòng cuối cùng cũng sẽ đáp ứng ở nơi nào đó, ít nhất là trong giải LF, bất kể khoảng cách, mức độ tương đối hay hướng góc. Trọng tâm của chúng ta là chuyển đổi crossover không gian full-range, vì vậy chúng ta sẽ hạn chế thảo luận với những cái nằm trong vùng bao quát của những phần tử. Những điểm chuyển tiếp cho

Kết hợp

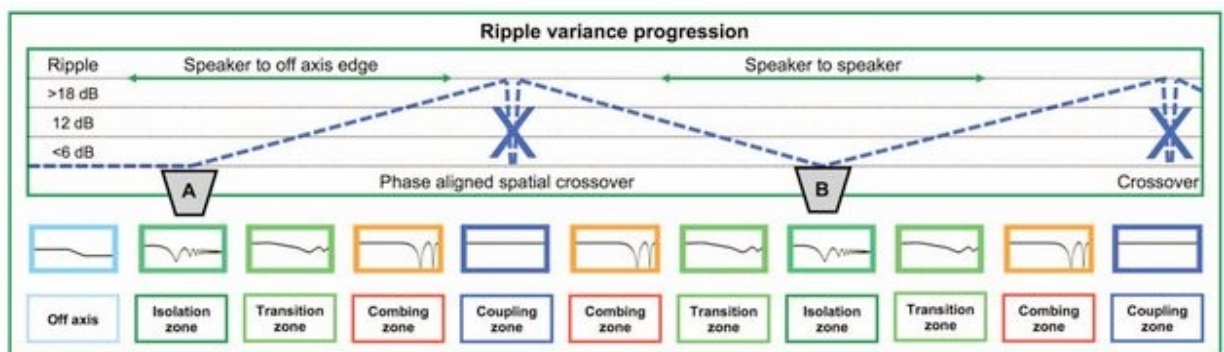
mỗi cấu hình array sẽ rơi vào những khu vực khác nhau và ở đó chúng ta sẽ tìm thấy bí quyết quản lý phương sai gợn. Vài cấu hình array hạn chế phương sai với tỷ lệ nhỏ trong phạm vi bao quát của nó. Những loại khác rơi vào vùng chải và không bao giờ leo lên lần nào nữa. Chỉ số chính là sự dịch chuyển nguồn và chồng chéo. Xảy ra phương sai nhỏ nhất khi cả hai đều ở tần thấp. Xảy ra phương sai lớn nhất khi cả hai đều ở tần cao.

Tiến trình phương sai gợn

- Độ gợn của đáp ứng tần số: Độ gợn tăng theo chồng chéo và chuyển vị trí khi đến gần XOVR.
- Từ XOVR: vùng ghép đến vùng chải tới vùng chuyển tiếp đến vùng cô lập.
- Từ vùng cô lập: đến vùng bao quát, hay vùng chuyển tiếp đến vùng chải đến vùng ghép tại XOVR.

Lập lại chu kỳ này cho mỗi lần chuyển tiếp loa cho đến khi đạt đến vùng bao quát. Sẽ cần phải cân chỉnh mỗi vị trí XOVR theo phase. Chuyển tiếp không gian sắp xếp theo phase sẽ không thể loại trừ được phương sai gợn trên không gian. Đơn giản, đó chỉ là phương tiện tốt nhất để chứa nó.

Tỷ lệ tiến triển theo tần số không bằng nhau. Giải HF là cái đầu tiên vào (và thoát ra trước hết) mỗi tiến trình khu vực. Cái vào cuối cùng cả hai trường hợp đều là tần thấp. Có thể, và khá phổ biến, để chạy HF từ XOVR đến vùng cô lập trước khi tần thấp đã tới, thậm chí đã rời khỏi khu vực ghép. Array nguồn điểm ghép là thí dụ điển hình về điều này. Do đó, lộ trình của chúng ta về tiến trình phương sai gợn cũng cần phải tính đến tần số, vì mức chuyển tiếp không cân bằng nhau.



Hình 9.4 Tiến trình phương sai gợn tiêu chuẩn từ ngoài trục đến trên trục và băng qua crossover

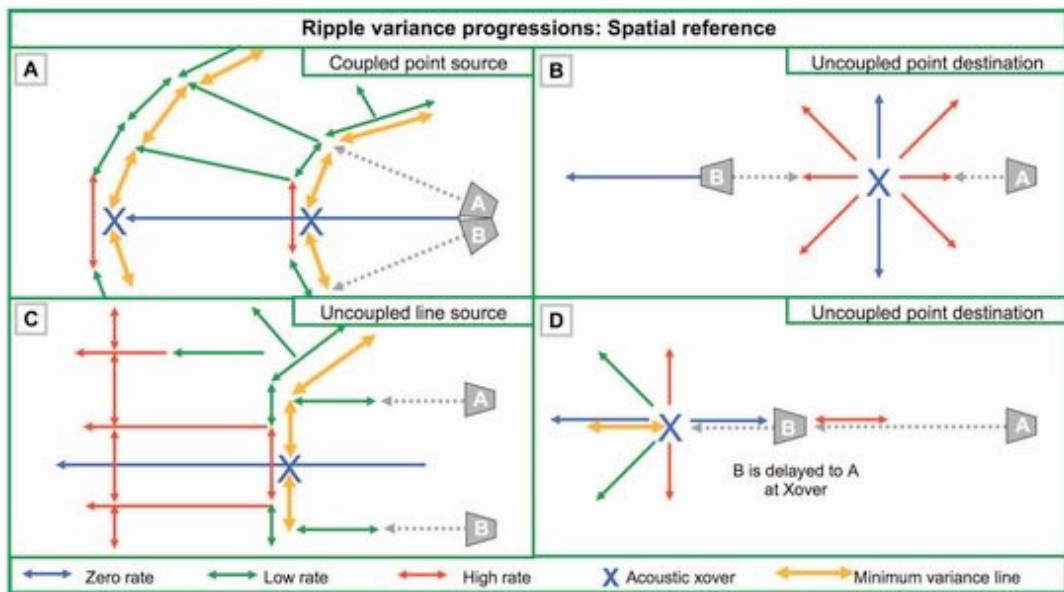
Hình học phương sai gợn -- Ripple Variance Geometry

Trước đây chúng ta đã thảo luận cách tính tam giác giúp chúng ta hình dung phương sai gợn trên không gian (xem hình 4.16 đến 4.18). Bốn loại tam giác cho thấy dấu hiệu phương sai gợn của hành vi không gian rất mạnh. Nó đã xác định mô hình gợn không ổn định trên không gian. Quan tâm chính của chúng ta là xác định khu vực nào có chải mạnh nhất (phương pháp tam giác) và thay đổi nhanh nhất. Tốc độ thay đổi phụ thuộc vào khoảng cách và góc định hướng của nguồn. Xảy ra tốc độ thay đổi cao nhất khi chúng ta tiếp cận một nguồn trong khi di chuyển ra khỏi nguồn khác (đường giữa những nguồn). Tốc độ giảm khi chúng ta đi ra (hay tiếp cận) từ cả hai nguồn (đường không ghép). Hình tam giác cân, đại diện của vùng ghép nối, có gợn nhỏ nhất nhưng thường có tỷ lệ thay đổi cao trong khu vực tam giác vuông và nhọn gần đó. Hình tam giác nghiêng sẽ có gợn giảm do sự cô lập và sẽ có tỷ lệ thay đổi nhỏ (di chuyển ra khỏi cả hai nguồn). Hai kịch bản này đại diện cho các thái cực của phương sai gợn trên không gian. Hiện thị thí dụ về array trong hình. 9.5.

Chương 9

9.2 Phương sai mức độ của array ghép -- Level Variance of Coupled Arrays

Hàng loạt kịch bản sau đây để minh họa cách kết hợp hình dạng loa đơn thành nhiều array khác nhau ra sao. Xử dụng những biểu tượng tỷ lệ hướng tới trước (FAR-Forward aspect ratio) trong dạng bố cục để tạo điều kiện hiển thị trực quan cho từng phần tử đã đóng góp. So sánh và đối chiếu những cái này với sơ đồ của array kết hợp trong cùng cấu hình. So sánh này phục vụ cho việc giải cấu trúc trực quan đáp ứng dự đoán kết hợp và xem phần hoạt động của mỗi thành phần. Biểu tượng phù hợp với dự đoán kết hợp khi sự cô lập trội hơn và ít khi so sánh khi chồng chéo nổi bật (ghép hay chài). Ghép sửa đổi hình dạng kết hợp khá nhiều, nhưng phù hợp trong khi chài làm thay đổi hình dạng phụ thuộc tần số và hơi tương đồng với từng cá thể. Chúng ta sẽ khám phá cách hình dạng, khoảng cách, mức độ tương đối và góc đóng vai trò độc đáo trong kết hợp ra sao.



Hình 9.5 Tham khảo không gian cho thấy tỷ lệ thay đổi của nhiều cấu hình array khác nhau

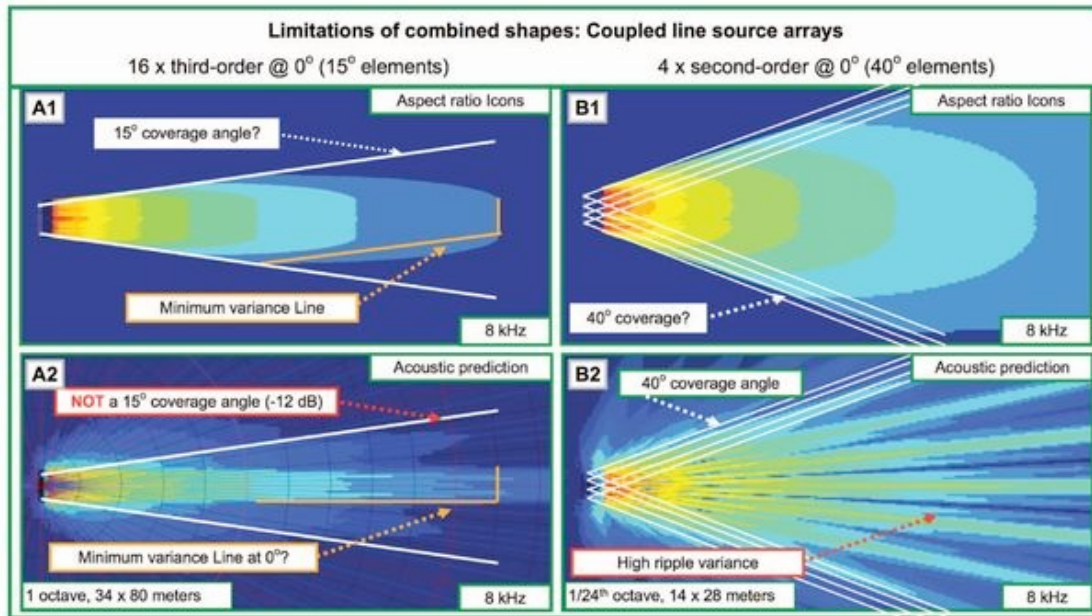
9.2.1 Nguồn line ghép -- Coupled line source

Nguồn line ghép chồng chéo lên nhau 100% (không có tách góc và độ dịch chuyển tối thiểu). Chúng ta bắt đầu với hệ thống bậc ba tối thiểu có cộng âm vùng ghép riêng biệt (Hình 9.6). Biểu tượng tỷ lệ hướng phủ lên theo đường thẳng dọc, tạo ra ấn tượng trực quan của nguồn tỏa dọc hướng bên với góc phủ kết hợp hơi rộng hơn những phần tử. Mô hình kết hợp thật tế là hẹp hơn từng phần tử vì nó đồng phase ở trung tâm chặt chẽ nhất. Điều này cho thấy có hạn chế trong phương pháp tiếp cận tỷ lệ hướng: Phối cảnh đơn giản không nhìn thấy sự thu hẹp theo định hướng của cộng âm ở vùng ghép.

Cũng thể hiện trong hình 9.6 là hệ thống bậc hai, có thể di chuyển đủ để tạo ra độ chài mạnh. Sự dịch chuyển lớn và nhiều lớp chồng chéo làm cho đáp ứng chài vượt trội trong phần ghép nổi. Kết quả, mô hình có những mấu và thùy theo tần số, do đó không tương đồng với đáp ứng của từng biểu tượng riêng. Cho đến nay, biểu tượng tỷ lệ hướng đã không mô tả hành vi khu chồng chéo chính xác (ghép nối và chài) vì nó thiếu thông tin về phase. Hãy nhìn vào vùng ghép nổi một lần nữa và thử cách tiếp cận khác với từng biểu tượng. Mọi người thường khẳng định array kết hợp sẽ giống với một loa đơn đồng nhất. Nó có thể, trong điều kiện sau: chồng chéo 100% giữa những nguồn đều ghép nối chặt chẽ. Loa ghép khác với

Kết hợp

những phần tử của nó: nó hẹp hơn. Tăng gấp đôi phần tử sẽ làm giảm hình dạng bao quát. Nó có thể chỉ giảm nhẹ nhưng có thể làm giảm xuống còn một nửa ($2 \times$ phần tử = $2 \times$ FAR). Loa thêm vào sẽ kéo dài hình chữ nhật FAR, nhưng không làm rộng hơn. Xây ra độ hẹp tối đa (không chãi) khi nguồn cách nhau $\frac{1}{2} \lambda$. Nếu dịch chuyển nhỏ sẽ dẫn đến giảm độ hẹp tương ứng.



Hình 9.6 Hình dạng phương sai mức độ tối thiểu đối với array line ghép đối xứng. Trái: Array loa mười sáu phần tử bậc ba với góc mở 0° và mức độ bất biến. Phải: Array loa bốn phần tử bậc ba với góc mở 0° và mức độ bất biến.

Hãy di chuyển về phía trước với khoảng cách $\frac{1}{2} \lambda$. Thay vì xếp chồng những biểu tượng tỷ lệ hướng cạnh nhau (giống như loa vật lý), hãy thử xếp nó hướng tới trước (như mô hình loa). Có thể hình dung sự mở rộng về phía trước của một nguồn line ghép hoàn toàn bằng cách xếp chồng những hình FAR lên nhau (Hình 9.7). Một phần tử 180° (FAR = 1) cho ra hình dạng cơ bản. Mỗi lần thêm loa vào nguồn ghép, mẫu kết hợp tương đương với việc thêm biểu tượng FAR khác về phía trước của loa. FAR tăng gấp đôi với mỗi lần tăng phần tử gấp đôi, và khả năng năng lượng trên trục tăng lên 6dB. Trong mỗi trường hợp (hai, bốn và tám thùng) hiển thị ba phần tử: xếp chồng từng phần tử riêng lẻ lên phía trước, biểu tượng FAR kết hợp giữa loa đơn và kết hợp âm thanh sẽ dự đoán ra số lượng phần tử nhất định. Lưu ý: Sẽ không xảy ra hiệu ứng này cho đến khi ghép nối array đầy đủ, tức là tất cả mô hình đã chồng lên nhau. Quy trình lắp ráp đa phần tử thành loa kết hợp "đơn-single", trình bày trong hình 9.8. Ở đây chúng ta thấy hai mức độ bổ sung, từ hai cặp loa thành bộ ba cặp. Một khi tất cả phần tử đã chồng lên nhau, sẽ thiết lập góc bao quát và sẽ tiếp tục chuyển tiếp dạng giống như loa đơn. Số bước lắp ráp để đạt được ghép nối đầy đủ (và dạng góc không đổi) tăng lên khi bổ sung mỗi phần tử. Nên nhớ, array ghép nằm trong các bước sóng một phần của nhau, và array không ghép lại có nhiều λ . Độ dịch chuyển phải trong phạm vi $\frac{1}{2} \lambda$ để xây ra bội số FAR. Nếu không, chúng ta sẽ bị chãi thay thế.

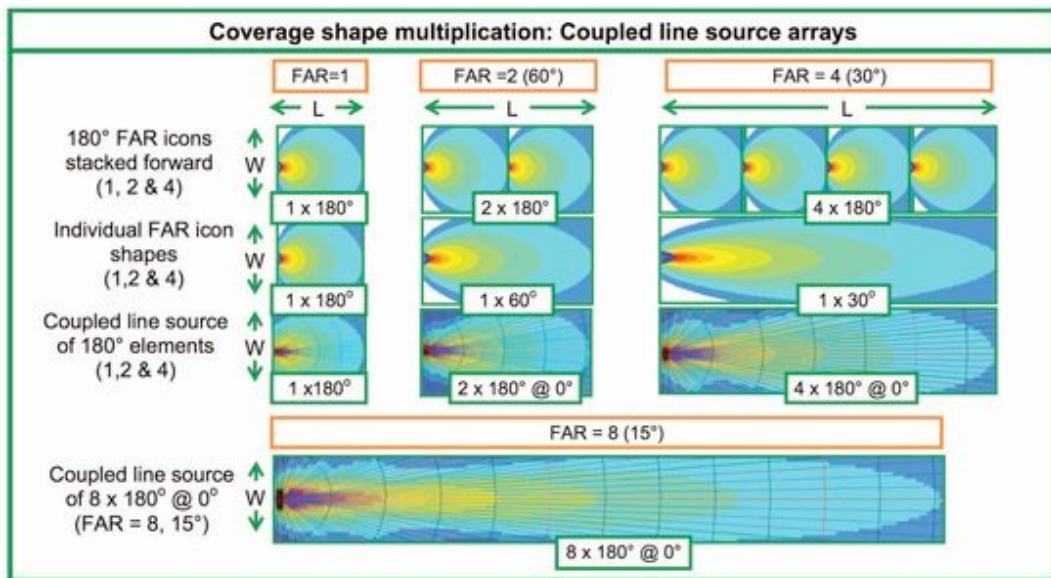
9.2.2 Nguồn điểm ghép -- Coupled point source

Sự tách góc mở ra con đường đến cô lập, cải thiện tương quan giữa biểu tượng FAR và hình dạng kết hợp thật tế. Sự cô lập làm cho biên độ có phase trội hơn, cho phép giữ vững hình dạng từng biểu tượng riêng. Hình dạng kết hợp thể hiện dưới dạng góc bao quát, theo độ, chứ không phải tỷ lệ hướng

Chương 9

hình chữ nhật. Hình dạng phương sai mức độ tối thiểu bây giờ thành cung tròn. Cuối cùng, pizza của chúng ta đã đến.

Nguồn điểm ghép tỏa năng lượng ở dạng hướng tâm (Hình 9.9). Tỷ lệ hướng từng hình chữ nhật trải dài dọc theo vòng cung giống như bộ bài xòe hình quạt. Lấp đầy khoảng trống bằng năng lượng chia sẻ và tạo ra phương sai mức độ tối thiểu của đường hướng tâm khi xử dụng góc mở đồng nhất. Đường phương sai mức độ tối thiểu chạy giữa ONAX của những phần tử ngoài cùng. Có thể chấp nhận đường phương sai lớn nhất khi mở rộng những phần tử cuối cùng ra ngoài cho đến khi đạt tới điểm -6dB. Array có góc phương sai tối thiểu nhất định có thể bao gồm lượng nhỏ phần tử mở rộng hay lượng lớn phần tử hẹp. Kích bản thứ hai tạo ra tỷ lệ bao quát trên đường mức độ tối thiểu cao hơn cạnh ngoài khung, trong biên độ tối đa có thể chấp nhận.

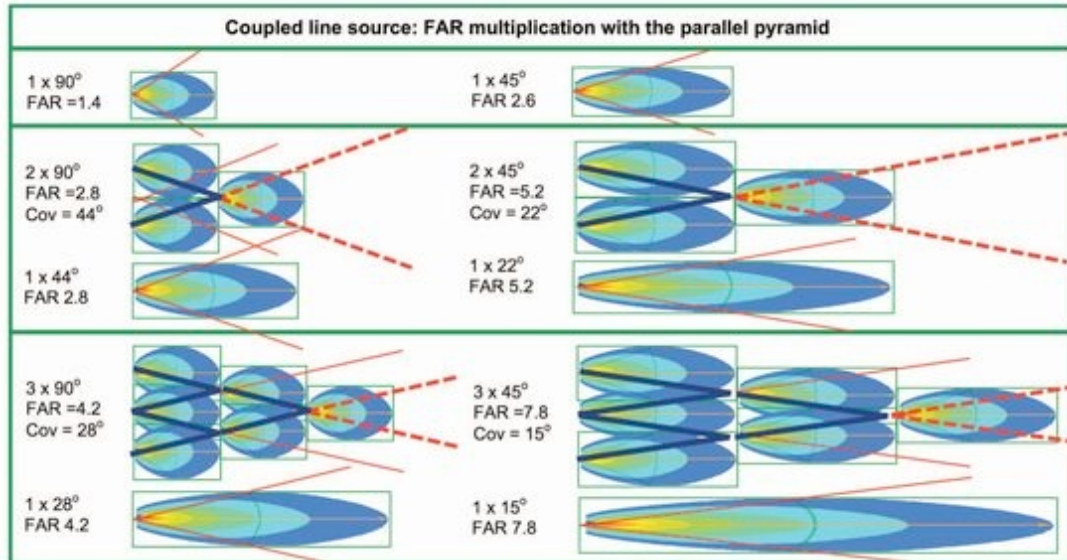


Hình 9.7 Hiệu ứng số lượng trên tỷ lệ hướng kết hợp của array nguồn ghép đối xứng. Những phần tử xếp chồng lên theo chiều rộng. Lượng gấp đôi liên tiếp gây ra gấp đôi FAR liên tiếp. Tỷ lệ hướng kết hợp phù hợp với hình dạng của từng tỷ lệ hướng phần tử, đặt trong một đường chuyển tiếp. Có trùng hợp ngẫu nhiên không?

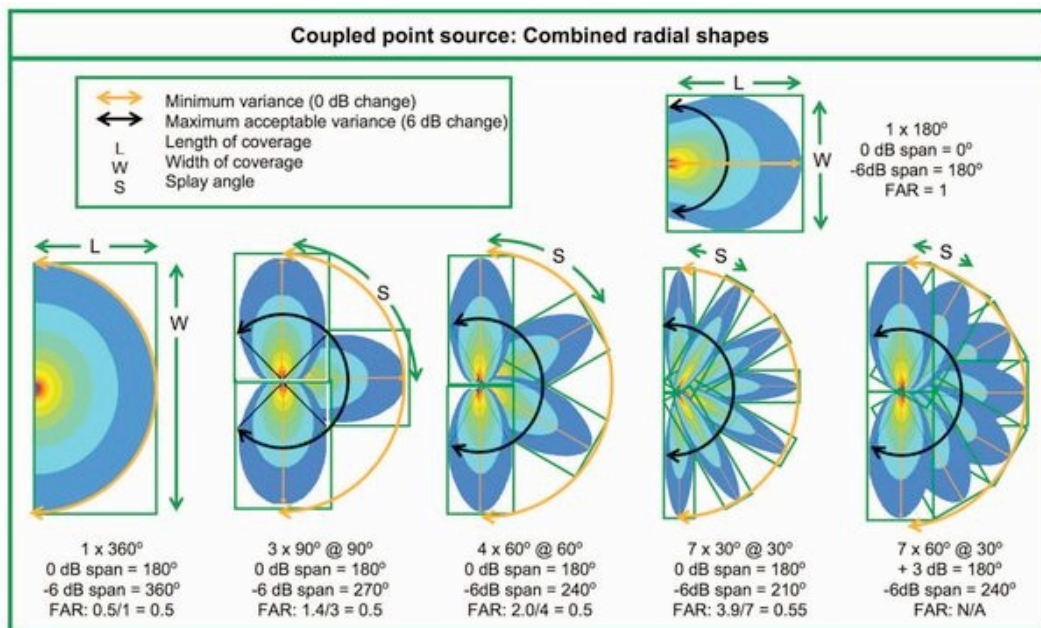
Ở đây, tính năng quan trọng là sự khác biệt giữa đường phương sai tối thiểu (0dB) và đường phương sai tối đa chấp nhận được (0 đến -6dB). Phần trên bên phải của hình 9.9 hiển thị loa đơn 180° và hình dạng tỷ lệ hướng hình vuông tiêu chuẩn. Line hướng tâm có phương sai tối đa có thể chấp nhận kéo dài 180°, và đường hướng tâm cho 0dB kéo dài 0°. Tại sao? Vì loa vẽ vòng cung hướng tâm ở giữa sẽ theo vết một đường ngay lập tức, cho thấy nó suy giảm mức độ khi rời khỏi trục rồi đến điểm -6dB. So sánh cái này với mô hình 360° (dưới cùng bên trái), có FAR là 0.5. Loa này có bề rộng 180° trên đường 0dB và 360° trên đường từ 0 đến -6dB. So sánh và đối chiếu hai loa đơn với bốn array kết hợp. Loa đơn 360° và bốn array đều ở mức độ 0dB cho bề rộng 180° (đường phương sai tối thiểu) nhưng khác nhau về việc nó đi được bao xa trước khi rơi xuống -6dB (khoảng cách tối đa có thể chấp nhận). Bài học ở đây là array chứa đầy nhiều phần tử hẹp có cạnh sắc nét hơn array bao gồm ít phần tử rộng. "Cạnh-edge" bộc lộ ra sự khác biệt giữa đường phương sai tối thiểu và tối đa chấp nhận được. Nếu muốn phương sai mức độ 180° của 0dB, chúng ta sẽ cần phải tạo array có khoảng cách giữa những điểm trên trục của phần tử ngoài cùng là 180°. Chúng ta có thể làm được điều này với ba loa ở 90° (0 đến -6dB = 270°), 181 loa ở 1° (0 đến -6dB = 181°) hay bất cứ cái gì ở giữa. Nếu quan tâm đến độ rò rỉ, chúng ta sẽ thấy ưu điểm khi giữ từng

Kết hợp

phần tử riêng thật hẹp. Lưu ý bổ sung liên quan đến kịch bản cuối cùng, cho thấy sự chồng chéo giữa những phần tử. Mặc dù chồng chéo sẽ có khả năng tăng năng lượng lên phía trước array và có thể gây ra sự tăng phương sai gọn, điều này sẽ không làm thay đổi tỷ lệ phương sai mức độ tối thiểu và biên độ phương sai tối đa có thể chấp nhận.



Hình 9.8 Hình dạng kết hợp của nguồn line ghép. Tìm ra vùng bao quát kết hợp khi đã hình thành array hoàn chỉnh ở đỉnh của kim tự tháp song song.



Hình 9.9 Hiệu ứng số lượng trên tỷ lệ hướng kết hợp của nguồn điểm ghép đối xứng

FAR kết hợp trong thí dụ array nguồn điểm của chúng ta định giá khoảng 0.5, đó là giá trị FAR của từng phần tử 360°. Đây không phải là trùng hợp ngẫu nhiên. Góc mở hướng tâm của array tạo ra đường

Chương 9

cung ngang bằng, có hình dạng giống như phần tử đơn 360°. Về cơ bản, nguồn điểm kết hợp đối xứng là phiên bản cắt ngang của hình dạng 360° có thể phủ nhiều theo ý muốn.

9.2.2.1 Nguồn điểm ghép đối xứng -- Symmetric Coupled Point Source

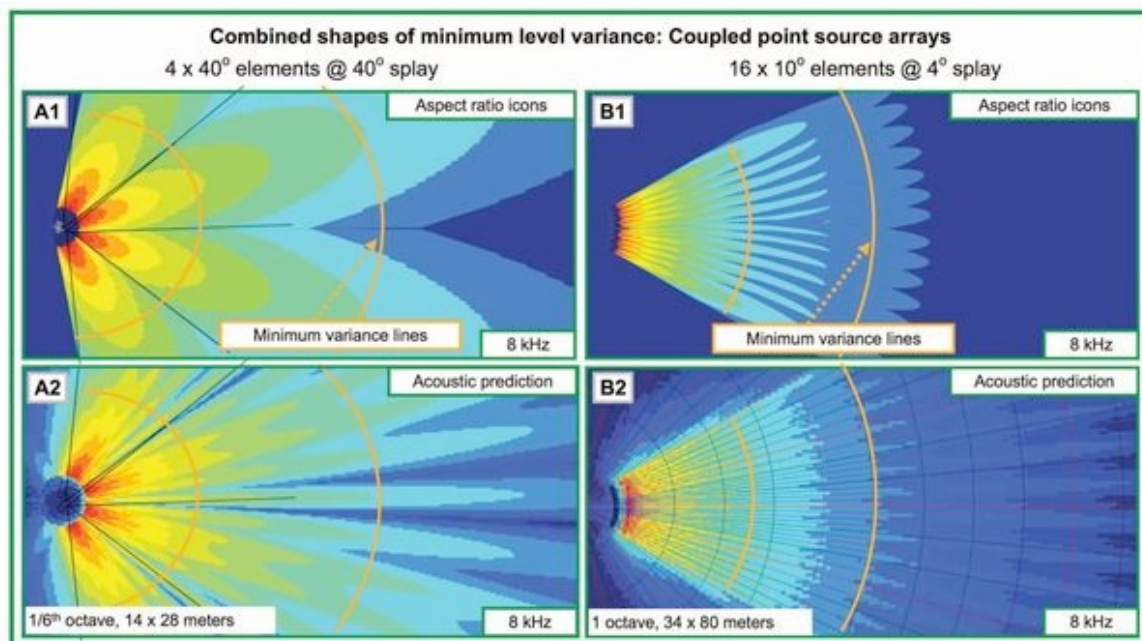
Nguồn điểm ghép đối xứng có thể cho ra đường cong có mức độ bằng nhau, phát ra từ nguồn điểm ảo. Đáp ứng kết hợp rất giống với sự lan truyền hướng tâm của từng mô hình FAR riêng, chừng nào việc chài còn rất nhỏ (Hình 9.10). Tương quan đến biểu tượng đơn giản hóa, tốt nhất khi góc chùng chéo thấp (cô lập) và sự dịch chuyển thấp (ghép-coupling), và tệ nhất khi chùng chéo cao và độ dịch chuyển cao (chài-combing). Những bảng bên trái hiển thị array bậc hai có chùng chéo tối thiểu.

Nguồn điểm kết hợp đối xứng lấp đầy cung tròn. Hai chế độ hành vi chùng chéo đặc trưng cho array nguồn điểm đối xứng theo số lượng. Dĩ nhiên, mô hình chùng chéo 100% là nguồn line, (không phải nguồn điểm). Trong bất kỳ trường hợp nào đó, nó là giới hạn cuối cùng cực đoan, và đặc trưng hành vi của nó là cường độ và bội số FAR. Cực khác là góc mở đồng nhất, đặc trưng như bội số góc bao quát. Cái này có cường độ trên trục bổ sung nhỏ nhất, nhưng đừng quên chúng ta đang làm lan rộng việc bổ sung cường độ trên vòng cung. Hành vi ở miền giữa là cấu hình chùng chéo từng phần, mô tả như bội số góc mở. Đây cũng chính là miền giữa của cường độ trên trục. Lưu ý, góc vùng bao quát và góc mở là một và giống nhau ở góc mở đồng nhất, nhưng ở những chỗ khác thì không.

Tác động của góc chùng lên góc bao quát kết hợp

1. Chùng 0-95%: kết hợp bao quát = (số lượng) × (Góc mở giữa những phần tử).

2. Chùng 100%: kết hợp bao quát = (số lượng) × (FAR). Tùy chọn của chúng ta là gì nếu chúng ta cần phạm vi bao quát 40°? Có vô số cách tạo ra mô hình 40°. Thí dụ sau minh họa vai trò của chùng chéo trong việc tính toán độ bao quát kết hợp.



Hình 9.10 Hình dạng phương sai mức độ tối thiểu cho nguồn điểm ghép đối xứng. Trái: thứ bậc loa bất biến, góc mở đồng nhất và mức độ bất biến. Phải: thứ bậc loa bất biến, góc mở chùng chéo 60% và mức độ bất biến.

Kết hợp

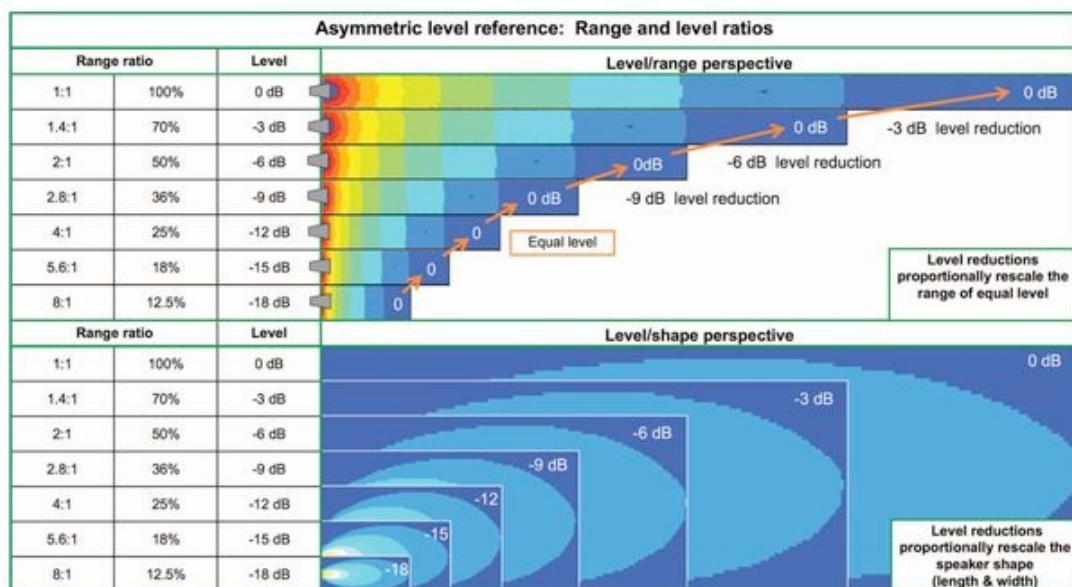
Góc bao quát kết hợp ở 40 °

- Loa 1 x 40° (FAR 3).
- Loa 2 x 20° @ góc mở 20°: chồng chéo 0% (bao quát 20° x 2 = 40°).
- Loa 2 x 27° @ góc mở 20°: chồng chéo 25% (góc mở 20° x 2 = 40°).
- Loa 2 x 40° @ góc mở 20°: chồng chéo 50% (góc mở 20° x 2 = 40°).
- Loa 4 x 40° @ góc mở 10°: chồng chéo 75% (góc mở 10° x 4 = 40°).
- Loa 8 x 20° @ góc mở 5°: chồng chéo 75% (góc mở 5° x 8 = 40°).
- Loa 2 x 80° @ góc mở 0°: chồng chéo 100% (FAR 1.5 x 2 = 3).

Luôn có sự đánh đổi giữa cường độ và phương sai gợn. Độ dịch chuyển phải nhỏ khi chồng lên nhau. Loa bậc ba là sự lựa chọn tốt nhất của chúng ta trong thiết kế có chồng chéo cao. Thiết kế chồng chéo thấp có ưu thế đoạn bằng-plateau của luồng âm bậc một và hai với vùng cô lập kéo dài.

9.2.2.2 Nguồn điểm ghép bất đối xứng -- Asymmetric Coupled Point Source

Mức độ khiến khác nhau tạo ra nguồn điểm ghép bất đối xứng, uốn hình dạng hướng tâm thành đường viền hình elip hay đường chéo. Thang đo biểu tượng tỷ lệ hướng có thay đổi mức độ cho phép chúng ta nhìn thấy hình dạng bất đối xứng. Giảm mức độ không làm thay đổi góc bao quát của loa nhưng nó đổi hình dạng: Nó sẽ nhỏ hơn (hình 9.11). Giảm 6dB làm giảm biểu tượng xuống còn một nửa, cho thấy vai trò của nó trong ngữ cảnh đến những phần tử nghe lớn hơn. Thí dụ, nguồn điểm bất đối xứng hiển thị trong hình 9.12. Lưu ý trong bảng "B", cấu hình array có góc bao quát chồng chéo nhiều trong khu vực trên trục của loa 10°. Một khi mức độ là yếu tố, chúng ta sẽ thấy ngược lại là đúng: Đây thật sự là khu vực cô lập nhất, một điểm được làm rõ khi vẽ biểu tượng FAR theo tỷ lệ và dự đoán kết hợp. Thật dễ lo nghĩ về tương tác của hệ loa mở rộng như downfill, frontfill và delay khi chúng ta nhìn đường bao quát hướng tâm của nó. Rõ ràng, nó không phải là mối đe dọa một khi mức độ là yếu tố có đếm gộp cả tỷ lệ FAR.

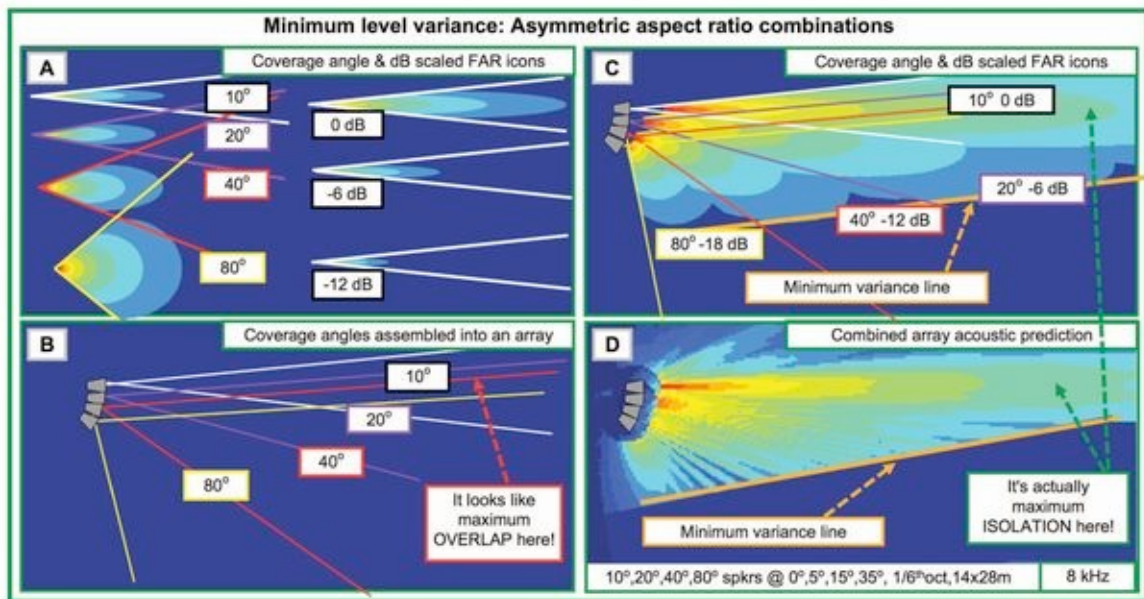


Hình 9.11 Tỷ lệ mức độ/phạm vi cho những nguồn có nguồn gốc phù hợp, bao gồm cả tỷ lệ FAR

Chương 9

Góc mở đồng nhất đã bù -- Compensated unity splay angle

Xử dụng phương pháp tạo array nguồn điểm bất đối xứng thể hiện qua hai kịch bản trong hình 9.13. Bảng bên trái cho thấy mức độ giảm theo log và góc mở bất biến (chồng chéo 50%) giữa những thành phần phù hợp. Array như vậy sẽ nhắm vào điểm trên trục của mỗi phần tử kế tiếp tại điểm -6dB của mỗi phần tử trên. Giảm dần mỗi lớp đến -6dB, tạo ra XOVR đồng nhất ở phía trước của mỗi loa nằm thấp hơn. Bù mức độ giảm dần và góc mở để đạt được độ đồng nhất XOVR, gọi là "góc mở đồng nhất đã bù". Ở đây xử dụng số lượng tách lớp tối đa (6dB). Kết quả là tiếp tục có vùng có phương sai tối thiểu không giới hạn theo khoảng cách. Bảng bên phải cho thấy việc áp dụng nguyên tắc tương tự với những phần tử chưa phù hợp để tăng phạm vi bao quát của nó với mỗi lớp lên gấp đôi. Áp dụng góc mở đồng nhất đã bù thêm lần nữa nhưng mỗi lớp sẽ cách nhau bằng góc mở bậc lớn hơn để duy trì quan hệ giữa điểm mục tiêu trên trục với cạnh -6dB của đơn vị trên. Kết quả là đường chéo phương sai tối thiểu liên kết XOVR với XOVR, sản phẩm của bất đối xứng bổ sung việc thay đổi góc mở và góc bao quát.



Hình 9.12 Biểu tượng tỷ lệ hướng đã tăng lên theo từng hình dạng riêng và kết hợp

Chọn nguồn điểm bất đối xứng ghép vì những lý do giống như nguồn điểm đối xứng nhưng phù hợp với hình dạng khác. Sự bổ sung công suất cho nguồn điểm bất đối xứng là tự gộp vào vì toàn bộ lý do cho array này là nó phù hợp với hình dạng có nhiều khoảng cách khác nhau. Giảm mức độ dần thích ứng để điều chỉnh array theo khoảng cách. Sau đó phải bù góc mở đồng nhất thích hợp cho những yếu tố bù mức độ.

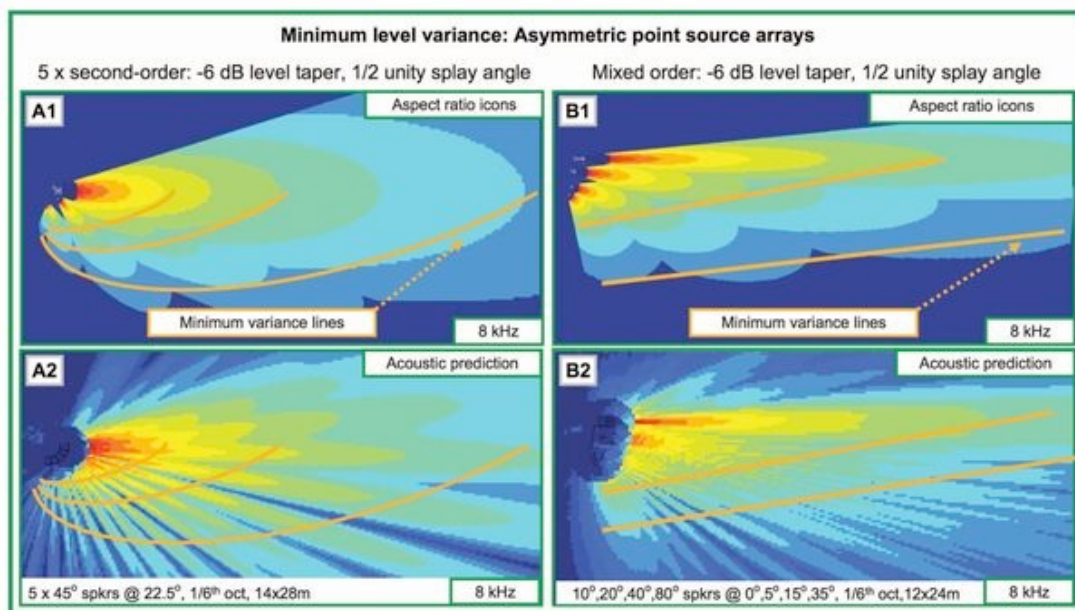
Không có phần tử nào "chính xác-correct" để bắt đầu nguồn điểm bất đối xứng. Chúng ta phải bắt đầu với cái gì đó rồi bắt đầu quy trình khi nhìn thấy những cái còn lại. Sau khi thêm phần tiếp theo, chúng ta đánh giá lại cho đến khi lấp đầy hình dạng. Có thể khởi động lại quy trình cho đến khi tìm thấy tập hợp những mảnh ghép thỏa đáng.

Rất dễ tìm thấy góc mở đồng nhất trong array đối xứng. Cặp loa 30° sẽ đặt cách nhau 30°. Chúng ta chỉ có thể thêm nó rồi chia cho hai, miễn là mức độ đều phù hợp.

$$(\text{Bao quát 1} + \text{Bao quát 2}) / 2 = \text{góc mở đồng nhất}$$

$$(30^\circ + 30^\circ) / 2 = 30^\circ$$

Kết hợp



Hình 9.13 Hình dạng phương sai mức độ tối thiểu cho nguồn điểm bất đối xứng. Trái: thứ bậc loa và góc mở bất biến, với mức độ giảm dần. Phải: thứ bậc loa trộn chung có góc mở giảm dần để cho ra tỷ lệ chõng chéo bất biến, với mức độ giảm dần.

Crossover không gian nằm ở vị trí trung tâm và mức độ điểm giữa: ngoài trục 15° với một trong hai phần tử. Còn nếu chúng ta muốn hợp nhất loa 30° và 60° ? Áp dụng phương trình tương tự, miễn là mức độ đều phù hợp.

$$(30^\circ + 60^\circ) / 2 = 45^\circ$$

Những phần tử gặp nhau tại cạnh -6dB của cả hai phần tử: ngoài trục 15° từ phần tử 30° và ngoài trục 30° từ phần tử 60° . Crossover không gian ở giữa, nhưng không phải ở giữa hình học.

Phải sửa đổi phương trình bất cứ khi nào đã bù mức (hình 9.14 và 9.15). Không có góc mở nàp giữa hai loa tốt nhất, cho đến khi chúng ta biết quan hệ giữa khoảng cách/mức độ. Nếu chúng ta lấy hai phần tử phù hợp và giảm xuống 6dB thì góc mở đồng nhất tiêu chuẩn sẽ không mang lại kết quả đồng nhất. Tìm ra điểm giữa hình học ở cách -6dB từ phần tử này và -12dB từ phần tử khác. Rồi góc mở đồng nhất là gì? Thay đổi 6dB thì mức độ chênh lệch 50%. phải điều chỉnh góc mở cùng tỷ lệ để trở lại hiệu suất đồng nhất tại XOVR. Giảm 6dB làm giảm phạm vi của loa đi một nửa. Đó là con số quyết định.

Công thức cho góc mở đồng nhất đã bù --

The compensated unity splay equation

$$((\text{Bao quát 1} + \text{Bao quát 2}) / 2) \times (\text{Phạm vi 2} / \text{Phạm vi 1}) = \text{góc mở đồng nhất đã bù} *$$

* Giả định đã thiết lập mức độ tương ứng với khoảng cách

Dưới đây là thí dụ về hai loa 30° , với một cái phủ bằng nửa cái kia (-6dB)

$$((30^\circ + 30^\circ) / 2) \times (0.5 / 1) = \text{góc mở đồng nhất đã bù}$$

$$(60^\circ) / 2 \times (0,5) = \text{góc mở đồng nhất đã bù}$$

$$0^\circ \times 0,5 = 15^\circ$$

Chương 9

Tiếp theo chúng ta nối loa 30° với phần từ 60°, bao quát 70%, phạm vi (-3dB).

$$((30^\circ + 60^\circ) / 2) \times (0.7 / 1) = \text{góc mở đồng nhất đã bù}$$

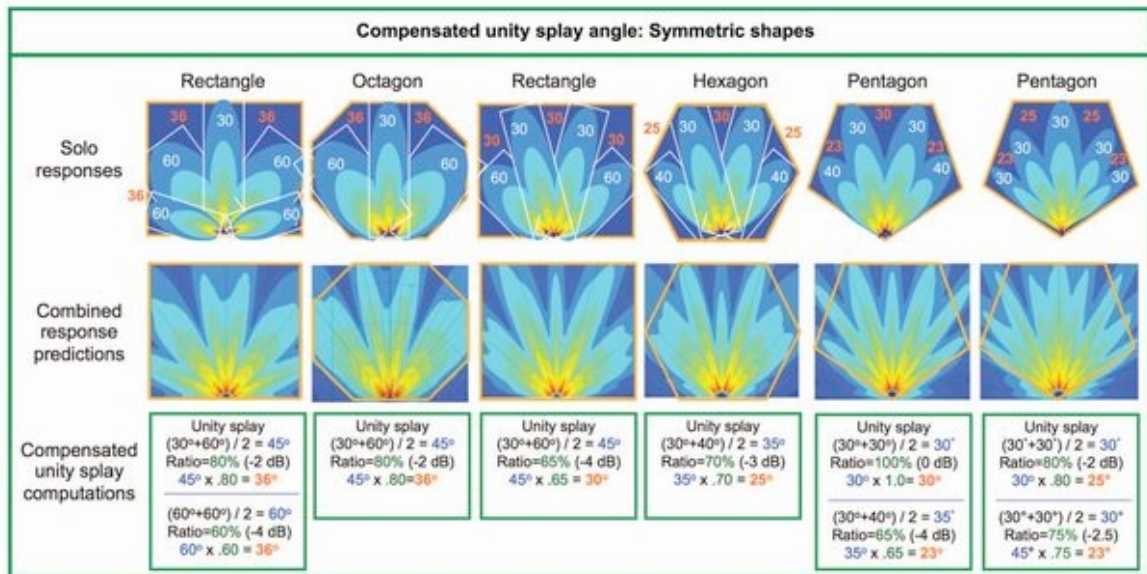
$$((90^\circ) / 2) \times (0.7) = \text{góc mở đồng nhất đã bù}$$

$$45^\circ \times 0.7 = 31.5^\circ$$

9.3 Phương sai mức độ của array không ghép -- Level Variance of Uncoupled Arrays

Về cơ bản, hành vi phương sai tối thiểu của array không ghép khác với array ghép. Yếu tố khác là phạm vi. Array ghép thiết lập hình dạng MV của nó và giữ nó trong phạm vi không giới hạn, trong khi array không ghép sẽ thay đổi không ngừng. Biểu tượng FAR giúp hình dung hình dạng thay đổi theo khoảng cách và chúng ta sẽ so sánh nó với những dự đoán đáp ứng đã kết hợp lại.

Ưu điểm của phương pháp tiếp cận FAR trở nên rõ ràng khi chúng ta cần phủ hình dạng có chiều rộng lớn hơn chiều sâu (tỷ lệ <0.5). Hình dạng như vậy đòi hỏi loa có góc bao quát vượt quá 360°, thách thức mà chỉ có bộ phận tiếp thị mới có thể khắc phục. Cách tạo ra hình dạng bao quát quá rộng tốt nhất là phát tán bằng nhiều nguồn, tức là array không ghép nối. Phải mô tả hình dạng bao quát là chiều sâu theo chiều rộng, điều này làm cho FAR trở thành công cụ mô tả đặc tính array không ghép tốt nhất.



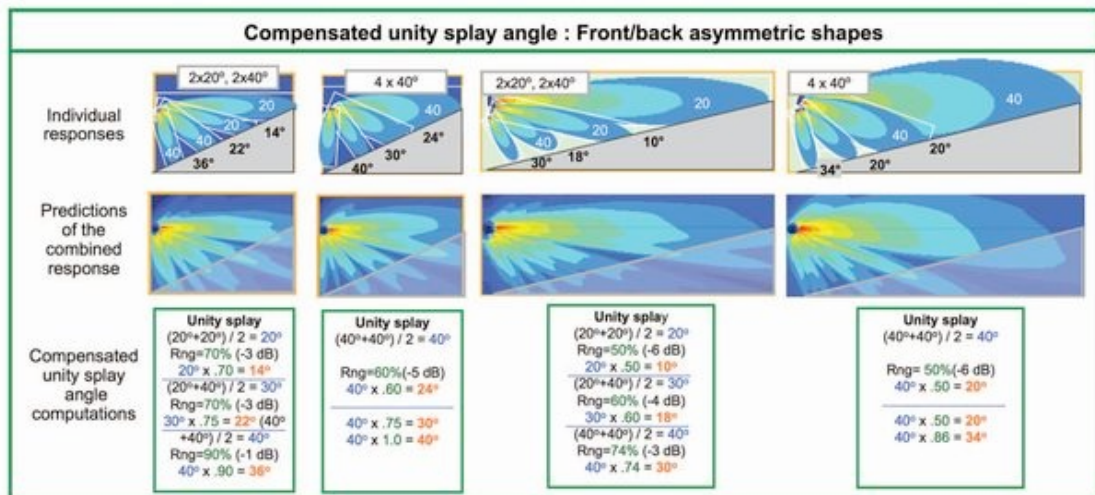
Hình 9.14 Thí dụ về góc mở đồng nhất đã bù cho hình dạng phẳng ngang điển hình

9.3.1 Nguồn line không ghép -- Uncoupled line source

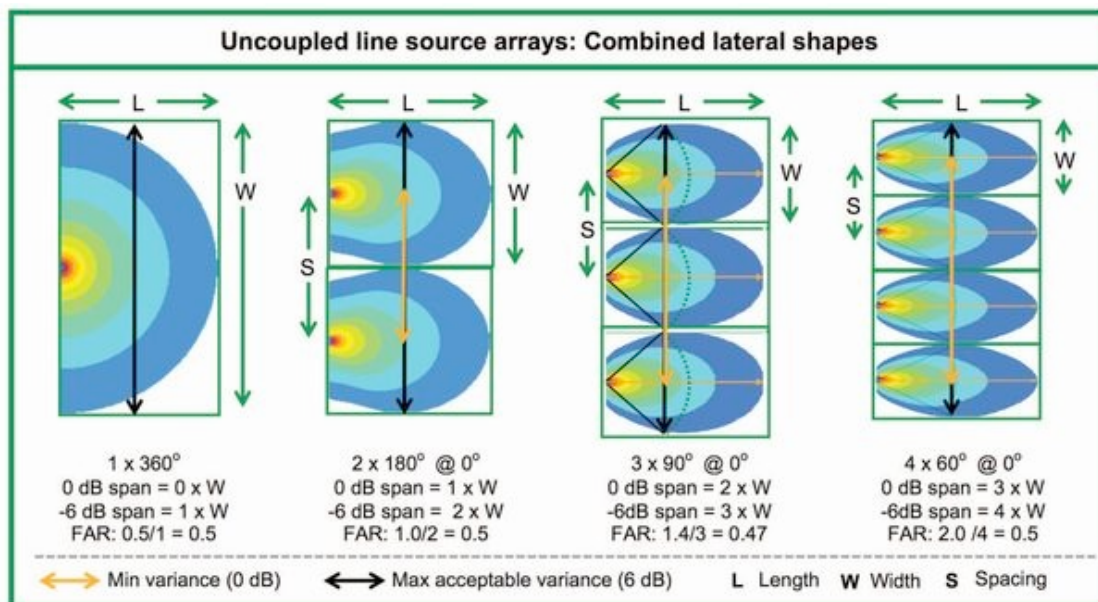
9.3.1.1 Nguồn line không ghép đối xứng -- Symmetric Uncoupled Line Source

Hình dạng kết hợp của nguồn line không ghép là phần mở rộng sang bên cạnh, đặc trưng là xếp chồng lên nhau theo từng hình dạng FAR. FAR kết hợp bị giảm bởi chiều rộng nhân cho chiều sâu nhất định. Tìm thấy FAR kết hợp bằng cách chia FAR của phần từ đơn bằng số phần từ, thí dụ: Một line gồm bốn phần từ 90° sẽ truyền tới FAR kết hợp là 0.35 (1.4/4). FAR thấp nhất có thể cho một phần từ là 0.5 (360°). Điều này cho ra hình dạng cơ bản cho những kịch bản trong thí dụ của hình 9.16, hiển thị ba phần từ tuần tự tăng gấp đôi (trong khi FAR giảm một nửa). Mỗi kết hợp có khoảng FAR tương tự như phần từ 360° đơn (0.5).

Kết hợp



Hình 9.15 Thí dụ về góc mở đồng nhất đã bù cho hình dạng phẳng dọc điển hình



Hình 9.16 Hình dạng phương sai mức độ tối thiểu của array line không ghép đối xứng. Tỷ lệ hướng kết hợp của nguồn line không ghép nối phù hợp với hình dạng tỷ lệ hướng của từng phần tử riêng, đã đặt trong line bên. Lưu ý, đối chiếu với phép nhân nguồn line ghép đã trình bày ở hình 9.7.

Chúng ta đang nối nhiều dạng chiều rộng phần bên (phần 3.10.5.5) vào một đường phương sai tối thiểu bất biến. Chiều sâu điểm giữa của hình dạng FAR nối vào điểm trên trục của mỗi phần tử qua crossover không gian của những phần tử kế bên, cho tới khi đến phần tử cuối cùng và mức độ rơi xuống điểm phương sai tối đa có thể chấp nhận (-6dB). Mô tả nguồn line không ghép chính xác hơn, nó có dạng kết hợp (chiều sâu/chiều rộng) hơn là góc bao quát. Thí dụ, kết hợp của chúng ta phủ đầy cùng hình dạng FAR như loa 360° đơn, và phủ vào nhiều hình chữ nhật khi có nhiều mảnh nhỏ hơn. Cạnh ngoài rất sắc nét như những phần tử hẹp, như đã thấy trong nguồn điểm ghép trước đây. Trên thật tế, hiếm khi array không ghép có đặc tính mong muốn, hầu như chỉ xử dụng phần tử bậc một ($\geq 60^\circ$). Những phần tử hẹp

Chương 9

phải cách nhau sát sao và do đó có thể hoạt động như array ghép ở tần số thấp, điều này sẽ làm hình bao quát phức tạp thêm.

Sẽ là hợp lý để suy nghĩ làm sao những phiên bản array nguồn line ghép và không ghép lại cho ra những đáp ứng khác nhau như vậy. Đường ghép kéo dài chiều dài tỷ lệ hướng trong khi phiên bản không ghép lại mở rộng chiều rộng. Ghép thì nhân lên, trong khi không ghép thì chia xuống. Sự khác biệt là do vị trí tương ứng của nó trong kim tự tháp song song. Đáp ứng ở đường ghép nằm trên đầu kim tự tháp, trong khi đó phần không ghép nằm dưới đáy. Trên thực tế, rất đơn giản, array không ghép chỉ là đang chờ biến thành array ghép. Chúng ta chỉ cần hạ tần số xuống đủ để tìm thấy nó. (Nhớ lại, trong hình 9.7, nơi loa bậc ba ghép với với bậc hai sẽ bị chài nặng). Array sẽ ghép hoàn toàn khi chúng ta di chuyển về phía trước đủ xa để tất cả phần tử đều chồng lên nhau. Từ thời điểm này, nó không còn được mô tả như hình dạng bên (độ rộng vùng bao quát) mà là hình FAR chữ nhật với góc nhất định.

Ngược lại, array ghép, là array không ghép đã đông cứng lại. Ngay cả những array nhỏ nhất cũng có vài điểm trong khu vực gần nó, nơi chúng ta vẫn chưa đạt tới crossover lớp đồng nhất. Nó bị tách rời ở điểm đó (xác định bằng chiều rộng, chứ không phải góc). Bí quyết là bước sóng và dịch chuyển. Điểm chuyển tiếp từ ghép nối đến không ghép phụ thuộc vào bước sóng (và do đó cũng phụ thuộc tần số).

Có vài lý do để chẻ sợi tóc này ra làm tư. Thứ nhất, hai đáy kim tự tháp song song không ghép nằm trong số những hình dạng phương sai tối thiểu mà chúng ta thường xử dụng trong thiết kế (frontfills, dưới balcon, delay, ...). Thứ hai, vùng chuyển tiếp giữa hai thế giới này là khu vực thiết kế array loa hiện đại rất khó hiểu. Thường thiết kế array nguồn line và array "J" lai (hybrid) sao cho có nhiều vùng nghe nằm bên trong không gian bất ổn định và biến thiên giữa hai thế giới ghép và không ghép. Rất khó mô tả hành vi của array trong vùng biến chất giữa những lực đối nghịch của vùng cô lập lan rộng (ở bên dưới) và luồng âm vùng ghép khuếch tán (ở bên trên). Không thể xác định array có chiều rộng không đổi hay góc không đổi trong vùng chuyển tiếp này. Nếu không thể xác định nó, cơ hội tìm ra chiến lược sắp xếp phương sai tối thiểu rất hiếm hoi. Đây là tâm điểm của tại sao chúng ta thấy từ "phụ thuộc vào cấu hình" trên chi tiết kỹ thuật cho vùng bao quát của line array.

Trước khi tiếp tục, chúng ta hãy cùng xem lại nguồn line ghép đã trình bày ở hình 9.7. Lý do biểu tượng tỷ lệ hướng không phù hợp với dự đoán đáp ứng vì chúng ta xử dụng phương pháp không ghép (biểu tượng lan rộng) chứ không phải là phương pháp ghép nối (biểu tượng xếp chồng). Trong khi đó, những đáp ứng dự đoán đang làm việc theo cách của nó lên kim tự tháp.

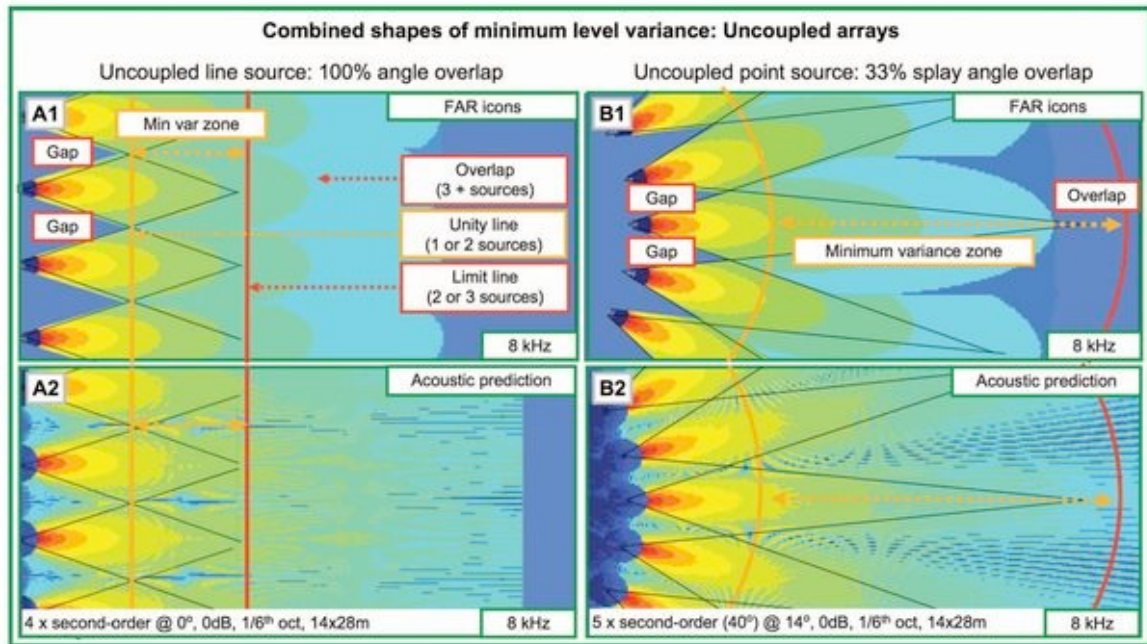
Xác định giới hạn chiều sâu của phương sai tối thiểu cho array như vậy là vấn đề đơn giản vì nó liên quan trực tiếp đến tỷ lệ hướng. Tham khảo hình 9.17. Vùng bao quát phương sai tối thiểu bắt đầu ở chiều sâu điểm giữa của hình tỷ lệ hướng (đường đồng nhất, nơi mà góc bao quát gấp và khép khoảng hở) và kết thúc ở chiều sâu đầy đủ (đường giới hạn, ở đó chúng ta bắt đầu đạt ba lần đến người nghe). Ngoài đường giới hạn sẽ có ba hay nhiều lần đến, dẫn đến phương sai gọn cao.

9.3.1.2 Nguồn line không ghép bất đối xứng -- Asymmetric Uncoupled Line Source

Có thể trải phương sai mức độ tối thiểu bất đối xứng trên khu vực giới hạn với nguồn không ghép nếu phối hợp mức độ, vị trí và định hướng cẩn thận. Nguyên tắc liên quan là một trong những hiệu ứng bù, trong trường hợp này không liên quan đến khoảng cách và gain điện từ. Hãy xem xét cuộc đua mà tất cả vận động viên đều có cùng điểm xuất phát. Những người chạy nhanh hơn sẽ luôn dẫn đầu vì họ chạy được khoảng cách lớn hơn theo thời gian. Bây giờ chúng ta hãy thách thức cuộc đua với vị trí khởi đầu so le với nhau để người chạy chậm hơn khởi đầu cân xứng. Người chạy chậm hơn lúc đầu dẫn trước rồi bắt đầu chậm dần, tiếp theo là khoảnh khắc, tất cả mọi người đến đích cùng nhau khi khoản khởi đầu thuận lợi

Kết hợp

đã trôi qua. Từ thời điểm này, cuộc đua đã khởi động lại một cách hiệu quả và những người chạy nhanh nhất sẽ đi trước.



Hình 9.17 Hình dạng phương sai mức độ tối thiểu của array line không ghép và nguồn điểm bất đối xứng.

Trái: array loa bậc hai, bốn phần tử, với góc mở 0°, line phù hợp với đường ban đầu, khoảng cách và mức độ cạnh bên bất biến. Phải: array loa gồm 5 phần tử, bậc hai với góc mở 14°, khoảng cách và mức độ cạnh bên bất biến. Lưu ý, sự mở rộng chiều sâu của vùng có phương sai tối thiểu.

Khoảng cách đồng nhất đã bù -- Compensated unity spacing

Đây là bản chất về tương tác giữa nhiều nguồn âm thanh có mức độ không đồng đều: Nguồn nghe lớn hơn luôn thắng. Nếu cân bằng nó với bất kỳ vị trí nào trước chỗ xuất phát của loa nghe lớn hơn, chúng ta phải cản trở cuộc đua bằng cách di chuyển loa nghe nhỏ lên phía trước bằng lượng cân xứng với mức bù mức độ của nó (Hình 9.18).

Hai thí dụ cường điệu về bù khoảng cách và mức độ (Hình 9.19) dùng để minh họa cho cơ chế. Hình dạng FAR phù hợp từng màu riêng trong đáp ứng kết hợp, chỉ thị những khu vực cô lập cao và phương sai mức độ tối thiểu. Kịch bản đầu tiên cho thấy loa có khoảng cách theo log với mức độ dốc theo log, nghĩa là khoảng cách từ mỗi loa tuần tự giảm xuống nửa khoảng cách và nửa mức độ (-6 dB) so với trước. Độ bù và mức độ bù đã tạo ra đường viền đường chéo ngang bằng nhau và tránh xa những loa nghe lớn hơn ở những điểm crossover đồng nhất. Đường thẳng vẫn thẳng khi chúng ta di chuyển xa hơn nhưng đối góc nghiêng của nó theo khoảng cách (hình dạng phụ thuộc theo phạm vi, đã mô tả ở trên). Có thể tùy chỉnh đường viền cong theo nhiều tỷ lệ mức độ giảm dần và khoảng cách khác nhau.

Phương pháp lựa chọn (cũng hình 9.19) tạo ra đường viền thẳng bằng cách đặt so le điểm khởi đầu và mức độ giảm dần tương xứng. Mức độ phải phù hợp để tạo ra đường crossover đồng nhất dọc. Độ so le ban đầu tạo khoảng cách gấp đôi cho từng nguồn khác nhau. Nhanh như loa kết hợp lại để tạo ra đường thẳng, đường viền bắt đầu nghiêng là thiên vị cho loa truyền đi xa. Một lần nữa, array không ghép chỉ có thể duy trì hình dạng cho phạm vi hạn chế. Có những khoảng hờ trước khi có phạm vi đồng nhất và loa có phạm vi dài hơn (nghe lớn hơn), âm thanh sẽ vượt trội ở khoảng cách xa hơn.

Kết hợp

sản lượng cho phần tử kế tiếp lên hai lần. Thường chọn nguồn điểm không ghép hơn là nguồn line không ghép vì lý do này.

9.3.3 Điểm đến điểm không ghép -- Uncoupled point destination

9.3.3.1 Điểm đến điểm không ghép đối xứng -- Symmetric Uncoupled Point Destination

Array điểm đến điểm không ghép đặt cơ chế cô lập đối nghịch (Hình 9.20). Array này cô lập bằng cách dịch chuyển ra ngoài và đảo ngược sự cô lập (chồng lấn) bởi góc bên trong. Đây là chồng chéo mà không ghép nên có rất ít lợi ích cho việc bổ sung. Tất cả array gặp nhau tại những cạnh của nó ở nơi nào đó nhưng chỉ loại điểm đến điểm mới có thể vượt qua điểm ONAX. Tóm lại, chúng ta đã "vượt qua hai lần" và không là điều tốt. Sự chồng chéo trên trục sẽ giới hạn chiều sâu có thể xử dụng, vào khoảng một nửa khoảng cách tới điểm giao cắt ONAX. Sự cô lập của phân tách vượt trội khi ít nhắm hướng loa vào bên trong nhất, tương tự như nguồn line không ghép. Việc chồng chéo góc trở nên trội hơn khi góc bên trong lớn, hạn chế phạm vi xử dụng gần khu vực của mỗi phần tử. Góc 45° bên trong có thể coi là điểm phá vỡ giữa dịch chuyển và góc nổi trội. Khu vực gần phạm vi cô lập gần như rất gần với biểu tượng tỷ lệ hướng trong phiên bản đối xứng cho đến khi chải trội lên, tiếp cận đường giao cắt ONAX. Tóm lại, không thể xử dụng array này làm array khi chúng ta nghiêng quá 45° về phía trong, mà có thể xử dụng từng đáp ứng riêng của khu vực, nằm giữa những phần tử riêng và khu vực chồng chéo. Phiên bản đối xứng nhất là array infill và monitor sidefill.

9.3.3.2 Điểm đến điểm không ghép bất đối xứng -- Asymmetric Uncoupled Point Destination

Bảng bên phải trong hình 9.20 cho thấy phiên bản bất đối xứng, có thể nhận diện được là mặt phẳng dọc của "loa delay". Giả sử hệ thống đã đồng bộ, chúng ta có thể quan sát phần mở rộng tầm xa của loa delay.

Mức độ kết hợp làm giảm tỷ lệ hao hụt theo khoảng cách, do đó tạo ra đường mức độ quân bình chuyển tiếp trên trục cho những phần tử. Đây là phương tiện mở rộng mức độ duy nhất mà không dựa vào tác động bù của khoảng cách và tỷ lệ hao trên trục. Khi xử dụng kết hợp với những hiệu ứng đó, có thể giảm tỷ lệ hao hụt xuống mức thấp nhất có thể. Ở đây, đáp ứng trên trục kết hợp với mức độ tăng 6dB. Những vị trí trước điểm hội tụ gần nhau hơn và cho cả hai yếu tố còn nhiều hơn nữa, do đó dồn mức độ vào thế bí. Phạm vi mở rộng mức độ chuyển tiếp phụ thuộc vào tỷ lệ khoảng cách/mức độ (đã thể hiện trong hình 9.18).

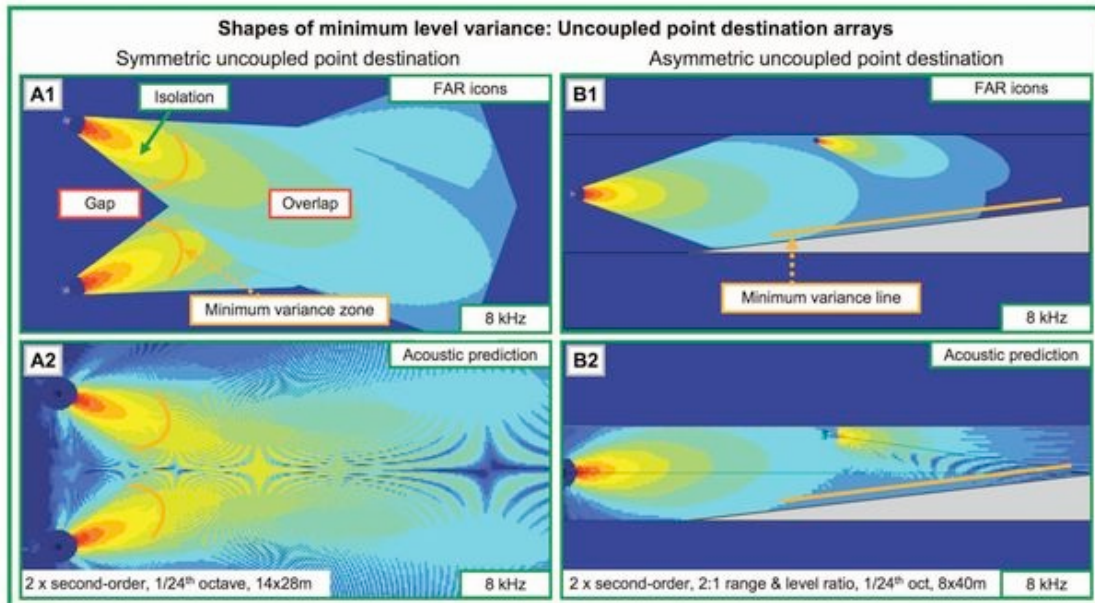
9.4 Phương sai âm phổ của array ghép -- Spectral Variance of Coupled Arrays

Có thể tổng kết phương sai âm phổ tối thiểu bằng hai từ: luồng âm phẳng (flat beamwidth). Mục tiêu là kết hợp nhiều loa tạo ra cùng hình dạng theo tần số. Nếu phần tử đã có hình dạng bao quát bất biến, nghĩa là chiều rộng phẳng, chúng ta có thể lập lại chiến lược phương sai mức độ tối thiểu mặc dù cần xem xét giải bước sóng 600:1.

Thật tế, rất ít (nếu có) loa có luồng âm đồng nhất trên full range của nó. Chúng ta phải thừa nhận giải LF quá rộng, với câu hỏi: hình dạng giải MF và HF ra sao. Trả lời bằng hai họ luồng âm tiêu chuẩn: đoạn bằng và tỷ lệ. Thực hiện phương sai âm phổ tối đa kết hợp bằng cách bù phương sai về từng hình dạng riêng với lượng cô lập và chồng chéo bổ sung. Chúng ta xử dụng chồng chéo (ghép) để thu hẹp giải quá rộng và cô lập nó để mở rộng giải hẹp. Có thể kết hợp những phần tử có luồng âm phẳng với phần tử

Chương 9

bị cô lập trong giải đoạn bằng (plateau) vượt trội và tăng độ chùng chéo ở bên dưới. mở rộng đoạn bằng và thu hẹp giải LF để làm phẳng hình dạng, đạt được phương sai tối thiểu với vài phần tử.



Hình 9.20 Hình dạng phương sai mức tối thiểu cho array điểm đến điểm không ghép. Trái: phiên bản đối xứng. Phải: phiên bản bất đối xứng.

Phương sai phổ tối thiểu với những phần tử luồng âm đoạn bằng

- Vùng cô lập nói rộng giải đoạn bằng (tối đa 2x).
- Chồng chéo tăng dần làm hẹp đáp ứng bên dưới đoạn bằng (tối đa 0,5x).
- Chải nâng tính miễn nhiễm với cô lập nhưng lại bù theo tần số.
- Chải nâng độ chồng chéo nhưng bù bằng việc tăng bước sóng.
- Tăng số lượng làm tăng độ phẳng luồng âm kết hợp.

Những phần tử có luồng âm cân xứng còn cả chặng đường dài phía trước và sẽ cần lượng để đến đó. Tỷ lệ cô lập để chồng lên nhau phải có tần số cân xứng để bù cho sự thu hẹp dần dần của những phần tử. Độ cô lập tăng lên theo tần số cung cấp lực mở rộng dần dần. Sự chồng chéo tăng lên cùng với bước sóng cung cấp lực thu hẹp dần dần. Luồng âm kết hợp sẽ giảm xuống khi lực chồng chéo và cô lập bằng nhau và ngược với hình dạng phần tử ban đầu.

Phương sai luồng âm tối thiểu với luồng âm của phần tử tương xứng

- Vùng cô lập nói rộng giải tần số cao nhất (tối đa 2x).
- Mở rộng giải tần số cô lập tương ứng với số lượng.
- Chồng chéo tăng dần làm hẹp đáp ứng dưới giải cô lập (tối đa 0,5x).
- Chải nâng tính miễn nhiễm với cô lập nhưng bù với tần số.
- Chải nâng độ chồng chéo nhưng bù đắp bằng cách tăng bước sóng.

Kết hợp

■ Tăng số lượng làm tăng độ phẳng luồng âm kết hợp..

Chúng ta có hai công cụ để chuyển tiếp. Cơ chế nổi trội cho đoạn bằng của loa là cô lập, cho phép xử dụng nó trong cả hai array: ghép và không ghép. Chồng chéo làm nổi bật luồng âm của loa theo tỷ lệ thuận, làm giới hạn nó tới array ghép. Cô lập lan tỏa cường độ, trong khi chồng chéo cô đặc nó.

Có thể mô tả array như là sự kết hợp, có thể xảy ra năm kết quả: thu hẹp luồng âm (vùng ghép chồng chéo), lan truyền luồng âm (vùng cô lập), dồn thể tích giữa chồng chéo và cô lập, tán xạ luồng âm (vùng chài) và cuối cùng là việc triệt tiêu luồng âm (áp dụng cho subwoofer trong chương kế tiếp). Mục tiêu của chúng ta là phương pháp array loa dẫn đến phương sai âm phổ tối thiểu. Chúng ta tìm cách tạo ra nhiều đường vạch ngang bằng, có tần số nằm ngang nhau như sàn của tòa nhà. Khi đáp ứng trở nên nghiêng theo âm phổ, nó sẽ nghiêng ở mọi chỗ. Đây là mơ về giấc mơ không khả thi, nhưng vài cách tiếp cận sẽ làm cho chúng ta đến gần hơn những cách khác nhiều.

Một lần nữa, chúng ta sẽ nghiên cứu xử dụng mô hình quen thuộc để cô lập những thông số chính và xem sự đóng góp của nó cho đáp ứng tổng thể bằng nhiều bước như gấp đôi liên tiếp.

Hãy thảo luận bốn loại array ghép: nguồn line, nguồn điểm đối xứng, nguồn điểm bất đối xứng và kết hợp lại giữa line/điểm, còn gọi là Array "J". Mỗi loại đều có cách kiểm soát tập trung luồng âm và lan truyền của nó khác nhau. Hai loại sẽ vượt qua phép thử phương sai tối thiểu và trở thành ứng cử viên cho việc thiết kế tối ưu hóa.

9.4.1 Nguồn line ghép -- Coupled line source

Nguồn line ghép chứa lượng loa không giới hạn số góc hạn chế nhất: 1. Tất cả chồng chéo đều không có sự cô lập và không chứa cơ chế mở rộng, chỉ thu hẹp. Đây là một cái bẫy cố hữu. Một nguồn line ghép có thể đạt được chiều rộng luồng âm kết hợp phẳng miễn là những phần tử đều phẳng để bắt đầu. Kết quả tổng hợp là phiên bản thu hẹp từ bản gốc ở tất cả tần số. Đây là một cuộc săn độc đáo vì phần tử này không tồn tại dưới dạng thức có khả năng duy trì đáp ứng ghép nối (trong vòng $0,5 \lambda$) trong toàn bộ dải tần. Tuy nhiên, chúng ta sẽ thực hiện bài tập để minh họa tác động âm phổ của vùng ghép nối ở dạng tinh khiết nhất của nó.

9.4.1.1 Phần tử -- Elements

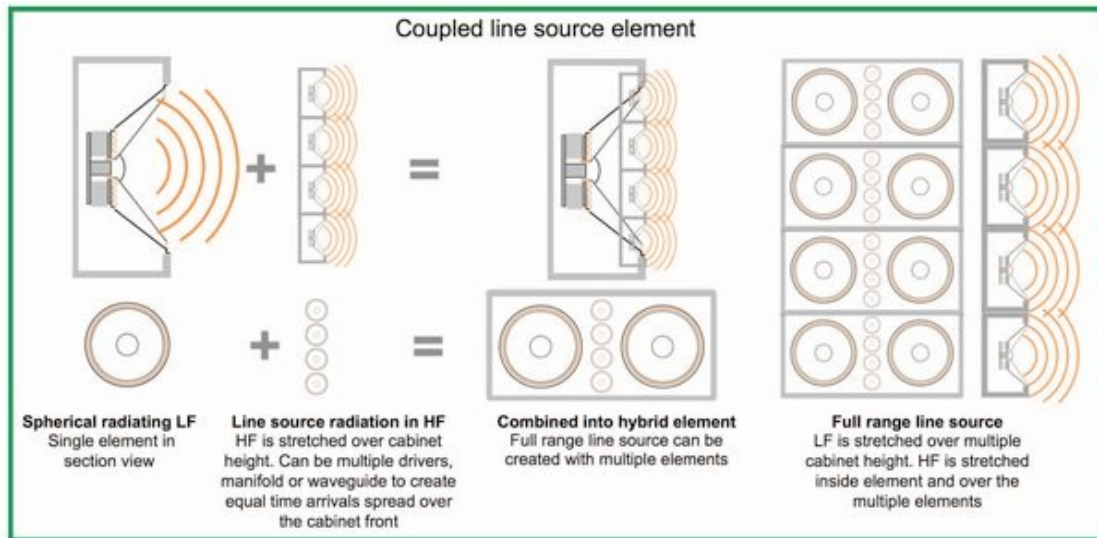
Phần công việc đầu tiên là chọn phần tử tốt nhất để xử dụng giống như khối xây dựng nguồn line ghép phương sai âm phổ tối thiểu. Không có lựa chọn nào tốt cả, nhưng có vài loại dở hơn những loại khác. Chúng ta không có đại lộ để mở rộng phạm vi bao quát mà không có góc mở hay chế biến đặc biệt như lái luồng âm. Điều này làm cho mô hình bị thu hẹp ở mọi tần số và phương sai gợn bị nhòe vì việc dịch chuyển. Phần tử có luồng âm phẳng sẽ chạy vào rắc rối về phương sai gợn vì tăng tần số và số lượng. Chúng ta có thể sống sót khi kết hợp hai hay ba phần tử, nhưng sự dịch chuyển sẽ sớm bắt kịp bước sóng nhỏ. Những phần tử có luồng âm cân xứng có khả năng miễn dịch lớn hơn nhưng không có cơ chế nào thay đổi cách thu hẹp.

Trường hợp xấu nhất là phần tử bậc một định dạng lớn: chồng chéo cao và dịch chuyển lớn, nhưng không nghĩ bạn sẽ không thấy nó chỉ vì đó là ý tưởng ngu ngốc hoàn toàn. Luồng âm phẳng có góc chồng lên nhau 100% sẽ có công thức toán học đơn giản: chài tỷ lệ với tần số. Định dạng nhỏ hơn và thứ bậc cao hơn làm giảm triệu chứng nhưng không có cách nào giảm bớt bệnh.

Phần tử có luồng âm cân xứng trong điều kiện tương tự cũng có một công thức đơn giản: thu hẹp tỷ lệ với số lượng.

Tuy nhiên, chúng ta sẽ tiếp tục với những phần tử có thể gặp phải trong tự nhiên: tương ứng với bậc ba. Ở đây có nhiều điều cần học, sẽ áp dụng cho nhiều loại array khác (Hình 9.21).

Chương 9



Hình 9.21 Chọn phần tử cho nguồn line ghép

9.4.1.2 Chiều dài của line -- Line Length

Có câu hỏi mà kỹ sư âm thanh thích hỏi nhau là: "Củ bạn dài ra sao?". Dĩ nhiên, chúng ta đang nói về chiều dài array line, tác động chủ yếu khi kiểm soát hướng LF.

Nhớ lại, luồng âm của loa đơn đạt tới 90° khi bước sóng truyền đi bằng kích cỡ bức xạ hình nón. Tần số thấp sẽ rộng hơn 90° và những tần số càng thấp thì càng hẹp hơn cho đến khi bước sóng thu nhỏ lại đến mức lượng sóng tán xạ theo mô hình. Nguồn line ghép cũng có mối định hướng liên quan đến kích cỡ: Phạm vi bao quát là 72° khi đường truyền λ bằng chiều dài của line, thí dụ: Array dài 2m sẽ là 72° tại 170 Hz. Phạm vi bao quát mở rộng bên dưới và thu hẹp theo tỷ lệ trên. Sự thu hẹp cũng theo tần số/bước sóng, bị hạn chế bởi độ tán xạ, trong trường hợp này là do tương tác chài gây ra bởi khoảng cách giữa phần tử.

Vài điều kiện đáng chú ý gắn vào độ bao quát chuẩn $1 \lambda = 72^\circ$. Phương trình đường chiều dài (line-length) chắc chắn nguồn là đa hướng, vì vậy con số vùng bao quát sẽ co lại với phần tử định hướng. Chúng ta cũng cần đủ số lượng cho hình dạng line để có loa khá đầy đủ. Hãy suy nghĩ về độ dài 1λ như sự lan truyền bù phase 360° trên phần tử. Với chỉ hai phần tử, nguồn sẽ cách nhau λ đầy đủ, tạo ra thùy bên trái khổng lồ ($0^\circ + 360^\circ$). Ba phần tử cách nhau khoảng 180° , nên đặt chuông báo động. Năm phần tử mang lại khoảng cách đến 90° , có thể đạt tới sự hỗn loạn có trật tự cần để triệt tiêu tán xạ hai bên. Ngoài điểm này, số lượng ảnh hưởng đến tần số cắt rất ít. Line dài 3 mét sẽ có cùng tần số cắt (113Hz) cho dù chúng ta lấp đầy bằng 8, 12 hay 16 phần tử đi nữa. Chiều dài line 1.35m, 2.7m và 5.4m tương ứng với tần số cắt 250Hz, 125Hz và 63Hz.

Những tính năng chính của chiều dài line

- Thuộc tính tiêu chuẩn áp dụng cho nguồn đa hướng.
- Bao quát danh định là 72° khi chiều dài line = 1λ , 36° khi chiều dài = 2λ v.v.
- Phần tử định hướng giảm phạm vi bao quát danh định theo tỷ lệ.
- Line phải có hiệu quả liên tục (đủ mật độ để duy trì ghép nối).

Kết hợp

Giảm góc sẽ giảm tỷ lệ ở tần số trên chiều dài 1λ , tức là chúng ta nhận được 36° khi tăng gấp đôi chiều dài, hay gấp đôi tần số. Vẫn tiếp tục thu hẹp với nhiều lần gấp đôi liên tiếp. Tỷ lệ đơn giản không giữ dưới tần số 1λ khi phạm vi bao quát đạt tới 360° . Điều này cũng tương tự như cách góc bao quát và hình dạng FAR tỷ lệ thuận với góc hẹp, nhưng với góc rộng thì không (Hình 3.40). Tăng gấp đôi chiều dài/số lượng làm góc còn một nửa (phép nhân FAR mô tả trong phần 9.2 ở trên).

Thật dễ cường điệu sự phân chia chiều dài line, cũng như thường xảy ra với góc bao quát. Tần số 1λ là điểm tham khảo thuận tiện nhưng không là cái gì đó nổi bật như crossover sai vị trí. Đầu phải 72° là góc bao quát lớn nhất thế giới. Những tần số bên dưới điểm đánh dấu mở rộng dần dần, không đột ngột, vì vậy đừng thất vọng khi thêm thùng loa mười sáu sẽ làm giảm độ bao quát xuống đến 68° .

Chiều dài line là quyết định duy nhất ở đầu tần số cực thấp của loại array này, nơi mà phần tử đa hướng không bị lái hướng. Khi tần số tăng lên và phần tử trở thành định hướng, chiều dài line mở rộng vùng không ghép/không xác định của kim tự tháp song song. Giai đoạn mở rộng thay đổi theo tần số, trong HF dần dần sẽ lâu hơn. Điều này dẫn đến việc thay đổi phương sai theo góc và khoảng cách.

Người ta thường tin, chiều dài line là đặc tính riêng, liên quan đến nguồn line ghép (tất cả thùng đều 0°). Nguồn điểm ghép cũng có chiều dài, mặc dù ở dạng cong. Thùng loa xéo vài độ với phần tử đa hướng thì không đáng kể, do đó, không nên phí thời gian phân tích sự khác biệt giữa line và nguồn điểm trong phạm vi liên quan.

Chúng ta có thể tóm tắt hành vi chiều dài line theo phương pháp Goldilocks: quá lớn, quá nhỏ và vừa phải. Chúng ta sẽ kiểm soát không đủ khi $\lambda >$ chiều dài line, kiểm soát tốt hơn khi $\lambda <$ chiều dài line và "vừa phải" khi $\lambda =$ chiều dài line (Hình 9.22).

Vòng tròn định cỡ theo bước sóng của tần số đã thấy (dưới bên trái). Chú ý thủy nằm trước sau điểm hợp lưu của vòng tròn và xảy ra triệt tiêu ở những nơi mà vòng tròn phân ra. Góc bao quát khoảng 70° , bất kể số lượng khi chiều dài line bằng bước sóng (phần trên). Góc bao quát sẽ giảm một nửa khi λ bằng một nửa chiều dài line (bảng giữa dưới và bên phải).

9.4.1.3 Khoảng cách giữa phần tử -- Element Spacing

Không có giới hạn lý thuyết về chiều dài line và sự thu hẹp bất tận của nó. Đạt tới giới hạn vật lý khi dịch chuyển phần tử đủ lớn để giải phóng array và thủy. Đây là kịch bản "catch 22" cổ điển. Chúng ta có thể thu hẹp array mãi mãi nếu có dịch chuyển nhỏ vô hạn. Mặt khác, sẽ không có thu hẹp chút nào khi không di chuyển giữa phần tử. Dịch chuyển là cơ chế lái hướng.

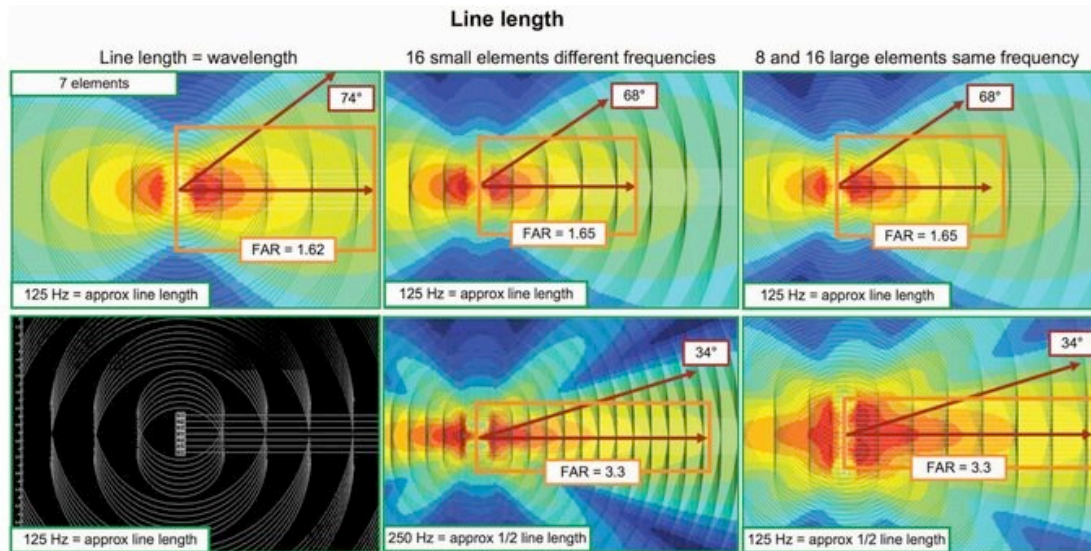
Tính năng chính của khoảng cách phần tử

- Phương sai cho ra bù phase trong mặt phẳng không ghép (cơ chế lái hướng).
- Không dịch chuyển vượt quá $2/3\lambda$. Dịch chuyển 1λ tạo ra thủy bên chết người.
- Dịch chuyển nhỏ sẽ giảm lượng lái hướng (tăng lượng sẽ lái hướng lớn).

Nhớ lại biểu tượng không gian cho cộng âm (Hình 4.16), có hai tính năng chính: line ghép và không ghép. Nguồn line tập trung luồng âm chuyển tiếp của nó lên đường ghép nối trong khi thể chất trải dài dọc theo đường không ghép. Đường ghép có độ dịch chuyển/thời gian giữa những phần tử ít nhất và đường không ghép thì nhiều nhất. Điều này làm cho phần mở rộng tối đa về phía trước dọc theo đường ghép và lượng nhỏ hơn dọc theo đường không ghép. Ghép nối ngang sẽ ít hơn ghép nối về phía trước nhiều, miễn là tổng số phase giữa phần tử đầu tiên và cuối cùng $< 360^\circ$. Sự dịch chuyển liên tục giữa phần tử tạo ra khoảng cách bù phase đều nhau trong mặt phẳng không ghép. Thí dụ: mười phần tử lan truyền ở 36° hình thành hàng rào lần đến hoàn hảo trong mặt phẳng không ghép, không có gì chồng lên nhau

Chương 9

(từ 0° đến 324°). Thùng thứ mười một sẽ xuất hiện ở 360°, thêm vào thùng đầu tiên vì nó ở đằng sau 1λ. Đây là sự ra đời của thùng bên, mụn cóc sẽ phát triển giống như thêm nhiều phần tử vào. Sẽ thêm nhiều thùng bổ sung từ chỗ chuyển tiếp này, dọc theo cả hai, đường ghép lẫn không ghép. Sự khác biệt là tất cả mọi cái đang dẫn lòng vòng trên đường ghép và nó đang ghép chồng nhau ở cạnh. Thùng trước vẫn còn thêm tối đa nhưng có cơn bão mây đen trên cạnh.



Hình 9.22 Ảnh hưởng của chiều dài line trong nguồn line ghép, chiều dài là 2.76 mét (1λ @ 125Hz).

Việc tích tụ ghép chồng nhanh hơn khi tần số tăng lên. Cuối cùng, chúng ta đến chỗ kết thúc trò chơi, đó là khi $\lambda =$ độ dịch chuyển. Sự hội tụ hài hòa này đặt phần tử ở vào khoảng 360° dọc theo đường không ghép. Mỗi phần tử thêm một cách xây dựng vào phần tử kế tiếp (cũng ở tần số đó), gửi luồng âm mạnh sang bên cạnh. Chúng ta không thể dừng tiến trình này, nhưng có thể giảm tác động của nó. Chúng ta cần kiểm soát biên độ khi không thể chiến thắng bằng phase, do đó nên giữ thùng bên cạnh nhỏ lại để giảm thiểu thiệt hại.

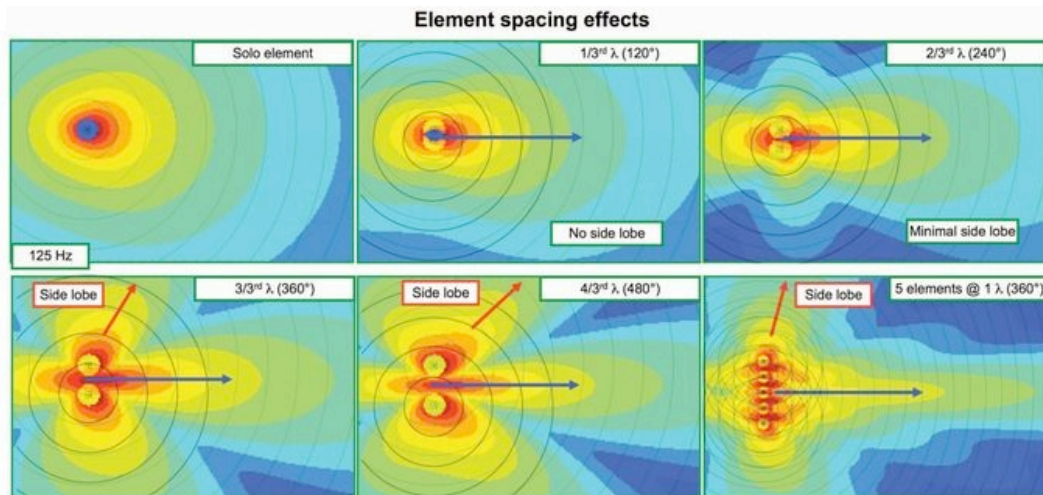
Vì vậy, đây là cuộc đua. Chúng ta có thể giữ cường độ cho những phần tử rộng và ghép, miễn là chúng ta có thể giữ nó ở gần nhau (theo bước sóng). Chúng ta có hai lựa chọn theo cách dịch chuyển đến gần λ: Thu hẹp phần tử (cô lập) hay chồng nó sang phần tử khác bằng độ dịch chuyển nhỏ hơn, khởi động lại cuộc đua (Hình 9.23).

9.4.1.4 Hiệu ứng số lượng -- Quantity Effects

Phối hợp ghép nối và dịch chuyển để tạo ra sự thu hẹp. Lực phản tác dụng tiềm năng đối với điều này là sự cô lập bằng góc mở và/hay tách rời, không có mặt trong nguồn line ghép. Việc cố xử dụng số lượng để giảm phương sai âm phổ cho luồng âm của loa thật cân xứng, đã trình bày trong hình 9.24 là vô ích. Số lượng gấp đôi liên tiếp chắc chắn thu hẹp luồng âm kết hợp, nhưng nó làm như vậy cho tất cả tần số. Đó là một chu kỳ chia vô tận, với mỗi phần thêm vào làm giảm toàn bộ đáp ứng, nghĩa là gần đến, nhưng không bao giờ đạt tới độ bao quát 0°. Thang đo biểu đồ theo chiều dọc (theo độ) gây ảo giác về sự khác biệt về việc âm phổ giảm theo số lượng, nghĩa là luồng âm của 16 phần tử, khi nhìn trực quan có chiều ngang lớn hơn khi số lượng nhỏ hơn. Đây chắc chắn không phải là đoạn bằng luồng âm đã mô tả trước đây. Chiều rộng luồng âm HF chỉ thay đổi vài độ/octave, nhưng sự thay đổi góc như vậy rất lớn khi nó có độ chênh lệch nằm giữa 4° và 2°. Góc bao quát theo tần số vẫn cân bằng tương đối trong mọi

Kết hợp

trường hợp, nghĩa là, nếu nó rộng hơn $12\times$ ở 1kHz hơn 8kHz cho một thùng, thì 16 thùng sẽ rộng hơn $12\times$.



Hình 9.23 Hiệu ứng khoảng cách giữa những phần tử cho nguồn line ghép. Khoảng cách chiều dài sóng (wavelength) từ $1/3$, $4/3$. Thùy bên sẽ mạnh ở khoảng cách ngoài $2/3\lambda$.

Ảo giác bị phá vỡ khi chúng ta thu lại độ bao quát của array tương tự thành FAR theo tần số (Hình 9.25). Thang đo FAR cho thấy tập trung luồng âm của kim tự tháp song song. Luồng âm thu hẹp liên tục khi tăng số lượng và hình dạng của vùng bao quát mở rộng về phía trước vô hạn. Giải LF của line ghép sẽ không bao giờ nhận được bất kỳ gần giải MF và HF và hình dạng của nó bất kể số lượng ra sao. Xuất hiện thay đổi luồng âm 1° khi điều chỉnh chiều dọc không đáng kể. Nhưng thay đổi 1° giữa 90° và 91° là vấn đề rất khác so với 1° sang 2° ! Thang đo FAR cho thấy điều này.

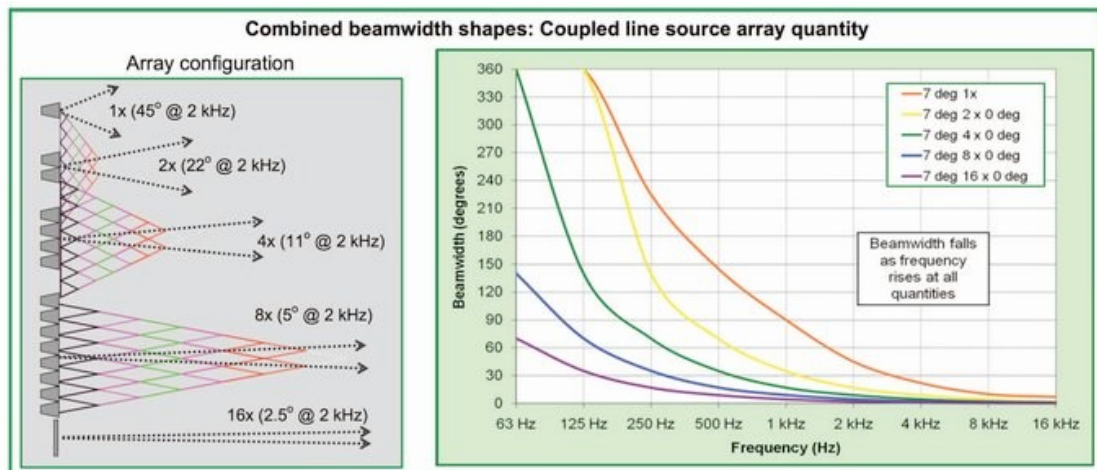
Khoảng cách chuyển tiếp cần để đạt đáp ứng ghép nối hoàn toàn sẽ tỷ lệ nghịch với tần số. Khoảng cách cho mỗi phần tử để đáp ứng phần tử gần nhất của nó sẽ kéo dài khi hình dạng FAR thu hẹp. Kim tự tháp ghép nối đầy đủ có thể xa hơn $32\times$, ở tần số 16kHz hơn là 125Hz. Độ nghiêng âm phổ thay đổi theo khoảng cách vì khán giả ở gần nằm trong vùng bao quát chỉ nghe có vài driver HF (và tất cả LF). Khán giả ở khu vực xa nghe thấy cả HF và LF.

Tập hợp nhiều dự đoán với ba số lượng gấp đôi liên tục, hiển thị trong hình 9.26. Hãy nhìn vào cách xếp chồng trong bảng đánh giá của chúng ta. Dạng mô hình bao quát cho mỗi giải sẽ nằm trên đầu mỗi cái khác nếu đạt tới phương sai âm phổ tối thiểu. Trong trường hợp của chúng ta, phạm vi bao quát thu hẹp theo tần số.

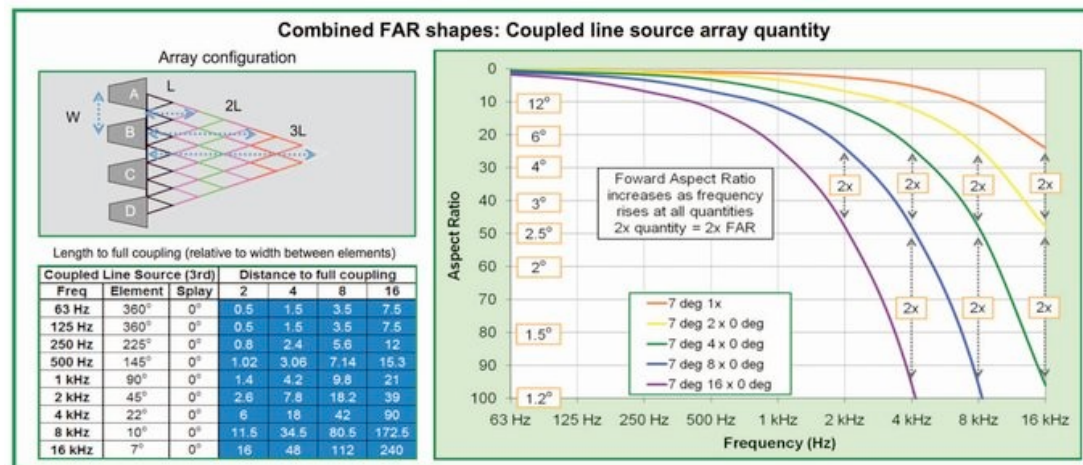
Hiệu ứng số lượng trên nguồn line ghép (Hình 9.26)

- Thu hẹp phạm vi bao quát tỷ lệ thuận với số lượng (giảm/nhân đôi 50%).
- Tỷ lệ của phương sai âm phổ không thay đổi (tất cả tần số đều thu hẹp).
- Ghép nối luồng âm (chồng 100% trong kim tự tháp song song) là lực chính.
- Số lượng lớn hơn hình như làm giảm phương sai âm phổ vì giải tần đang thấy không mở rộng đủ xa để hiển thị ghép nối đầy đủ ở tần số cao hơn. Những giải thấp hơn chạy toàn bộ quy trình của kim tự tháp trong khi giải cao hơn vẫn chưa đạt đến đỉnh điểm.

Chương 9



Hình 9.24 Sơ đồ luồng âm với tần số cho nguồn line ghép bậc ba



Hình 9.25 Sơ đồ FAR với tần số cho nguồn line ghép bậc ba

Để coi chúng ta có thể tìm thấy đường phương sai âm phổ tối thiểu hay không. Đường phương sai mức độ tối thiểu nằm hai bên chạy qua đáp ứng gần khu vực của array (Hình 9.27). Đây là mức độ dưới cùng của kim tự tháp song song, đường đồng nhất cho nguồn line không ghép, đã mô tả trong phần 4.4.2 (và ngay trong phần 9.5). Tuy nhiên, đây không phải là line phương sai âm phổ tối thiểu, vì vị trí của nó thay đổi mạnh theo tần số. Sự khác biệt này có thể dễ thành yếu tố 20:1 trong array có phần tử luồng âm cân xứng!

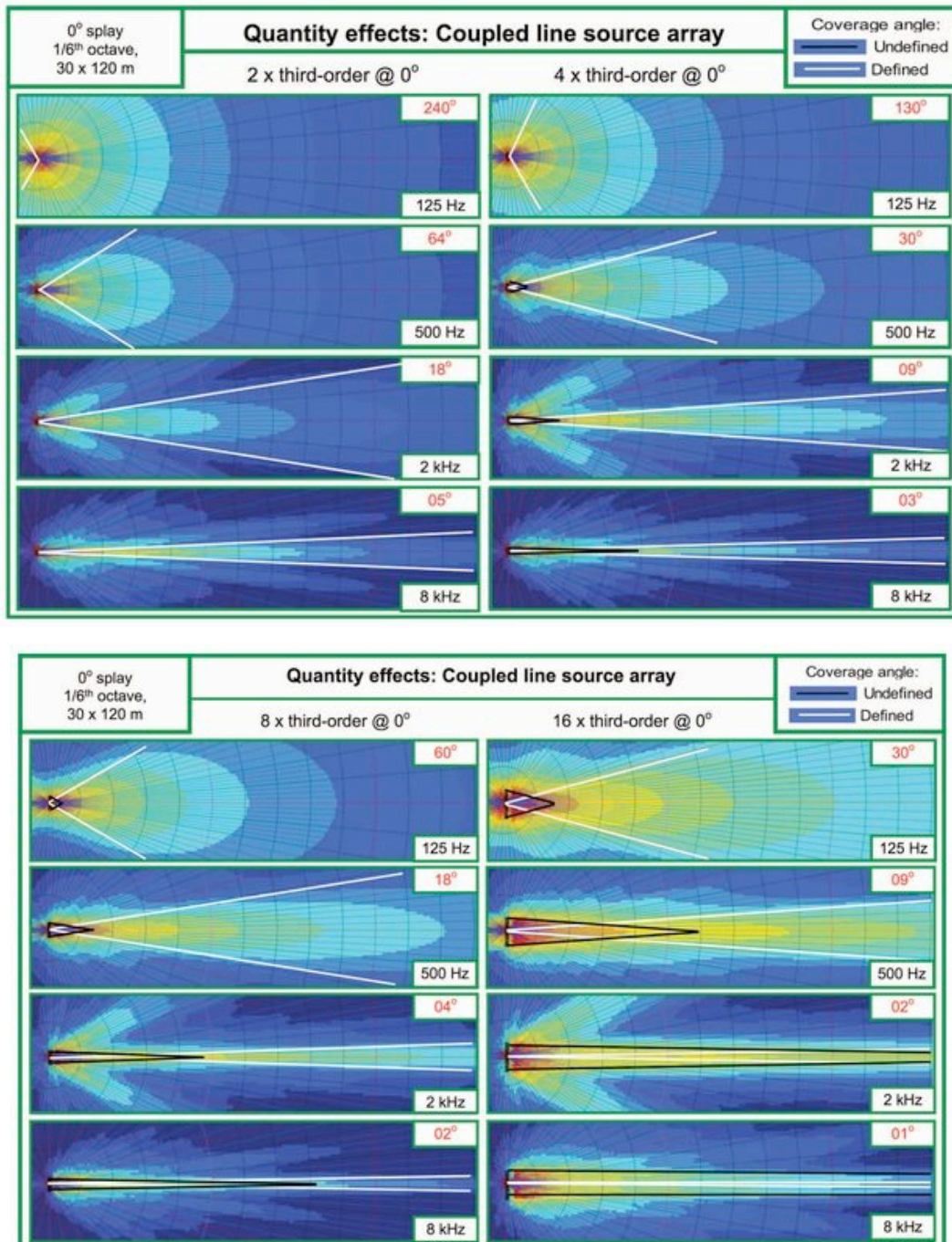
Ba giai đoạn kết hợp trong nguồn line ghép

- Không ghép (khu vực gần): xác định phạm vi bao quát được theo chiều dọc trên chiều dài line.
- Ghép một nửa (khu vực giữa): Bao quát biến hình giữa những xác định.
- Ghép nối (khu vực xa): xác định phạm vi bao quát theo góc.

Đã loại trừ cách tiếp cận khu vực gần/không ghép như đối thủ. Hãy đi sâu hơn. Chúng ta sẽ chờ cho đến khi array ghép hoàn toàn và có hình dạng của loa đơn. Chúng ta đang tìm đường MV, từ ONAXFAR đến OFFAXNEAR. Vấn đề là ONAXFAR ở tần số 100Hz ở cách loa vài mét, còn ở 8kHz, phải

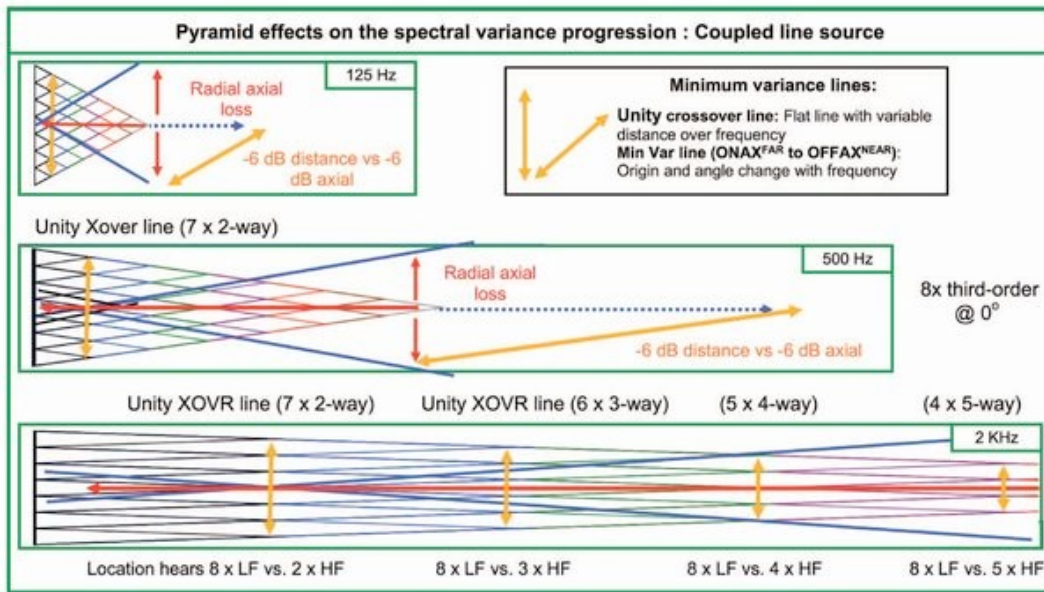
Kết hợp

dán nhãn cho nó là ONAXEXTREMELY-FAR. Phải xa 20x hơn nữa để HF đạt được đỉnh kim tự tháp (ghép hoàn toàn) hơn cả LF, vì vậy chúng ta đang đương đầu với những thách thức không khả thi tương tự. ONAX tiếp tục tiến sâu hơn theo tần số. Quan hệ của nó với OFFAX cho thấy đáp ứng góc thu hẹp, giống như phần tử ban đầu (bất ngờ chưa!). Khu vực biến dạng ở giữa sẽ không có giá trị tốt hơn vì chiều dài và chiều rộng của nó đổi tỷ lệ theo tần số. Không có vị trí ONAX hay OFFAX nào có thể coi là đại diện âm phổ cho array. Vậy đâu là vị trí đặt micro để điều chỉnh array này cho tốt nhất? Tôi chẳng biết.



Hình 9.26 A, B Hiệu ứng số lượng so với tần số cho nguồn line ghép

Chương 9



Hình 9.27 Hiệu ứng kim tự tháp song song trên phương sai âm phổ của nguồn line ghép.

Có một vị trí có thể phục vụ làm mốc tham chiếu: đỉnh kim tự tháp ở tần số cao nhất. Tất cả loa đều ghép đủ ở tất cả tần số. Hãy dùng tám phần tử làm thí dụ. Đáp ứng kết hợp từ thời điểm này trở đi có hiệu quả tương đương với một phần tử array đã chia và nhân rộng. Đáp ứng sẽ phẳng (nếu nó bắt đầu theo cách đó) ngoại trừ những ảnh hưởng của sự hao hụt trong không khí (HF) và phản dội. Luật bình phương nghịch đảo về hao hụt tiêu chuẩn và định rõ góc lan truyền trở thành chuyện bình thường.

Hãy gọi nó là "phẳng-flat" và di chuyển hướng về phía array. Đáp ứng tần số bắt đầu nghiêng về phía thấp (pink shift) vì mỗi bước tiến giảm số lượng phần tử ở đỉnh cao (high end), từ tám đến sáu, bốn và cuối cùng là hai. Chúng ta đang trong phạm vi bao quát của chỉ có hai phần tử HF nhưng vẫn có thể được nghe bốn driver MF và tám driver LF. Kết quả là tăng độ nghiêng âm phổ khi chúng ta tiếp cận array. Kết luận: phương sai âm phổ cao theo khoảng cách.

Phương sai âm phổ giảm nhẹ ít nhất giữa điểm tham chiếu và khu vực gần bằng sự hấp thụ của không khí (niềm an ủi nhỏ). Chóp kim tự tháp, điểm xa nhất, có hao hụt không khí ở HF cao nhất và thấp nhất theo trục. Di chuyển gần hơn sẽ giảm độ hao hụt trong không khí, nhưng ít loa trên trục hơn. Kết quả, ứng dụng phụ thuộc vào thời tiết.

Chúng ta hãy trở lại điểm tham chiếu và di chuyển theo hướng hướng tâm. Áp dụng giảm trên trục tương tự khi chúng ta mất phần tử HF với tốc độ nhanh hơn MF và LF. Sự nghiêng âm phổ tăng khi chúng ta di chuyển khỏi trục. Kết luận: Phương sai âm phổ cao theo góc.

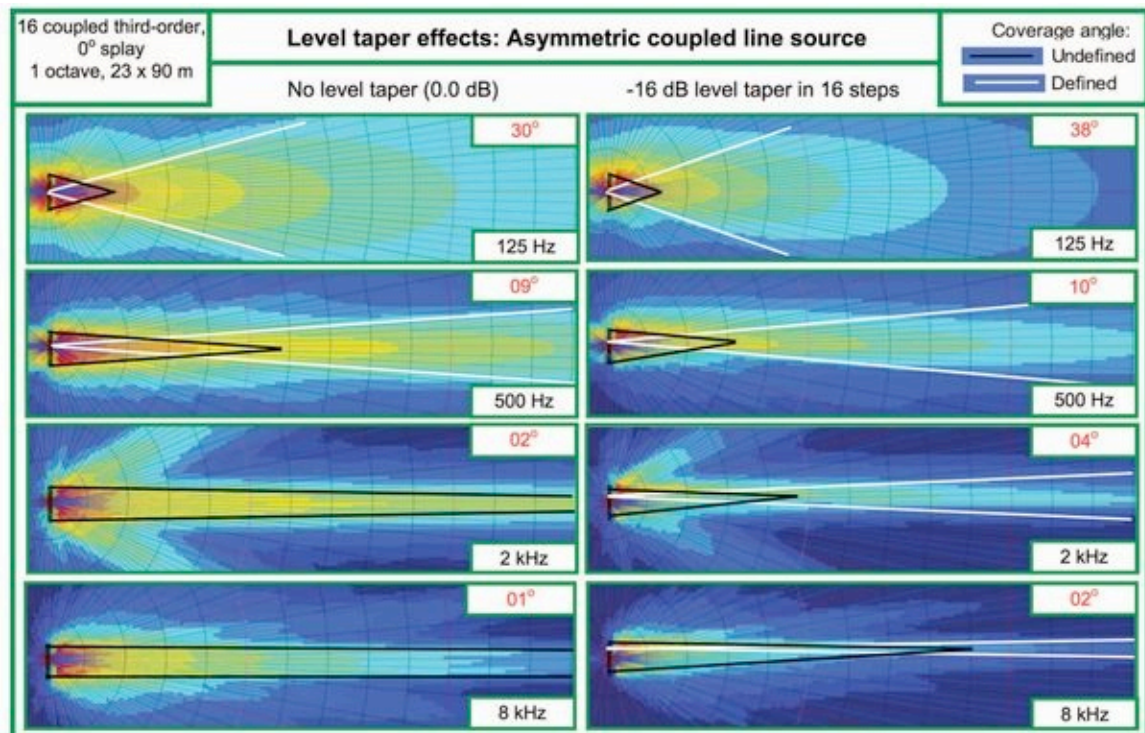
Người ta thường khẳng định, hành vi nguồn line ghép bắt chước loa đơn. Đó là loa mà muốn tìm hình dạng của nó phải mất một quãng đường dài! "Loa" này chỉ có thể duy trì đường phương sai tối thiểu cho giải tần số và khoảng cách giới hạn. Người nghe và kỹ sư tối ưu hóa có thể sẽ thấy mình trong vùng chuyển tiếp biến đổi giữa bức xạ của chiều và góc đã xác định. Người nghe không quan tâm, nhưng phân biệt có liên quan đến tối ưu hóa, vì chiến lược của chúng ta đòi hỏi mô hình bao quát có thể định rõ và ổn định. Chỉ có thể điều chỉnh hệ thống đang chuyển đổi ở một điểm trong không gian. Có thể làm những hệ thống này lớn và mạnh lên. "Đường âm thanh-line of sound" hiện đại là cải tiến lớn từ "tường âm thanh" cũ, vì giới hạn sự can thiệp trong một mặt phẳng và giảm đáng kể ở mặt phẳng khác. Nhưng chúng ta

Kết hợp

không cần giải quyết quyền hành trên phương sai tối thiểu ngay. Loa bậc ba hiện đại vẫn có thể thực hiện lời hứa đó, chúng ta sẽ thấy sớm thôi.

9.4.1.5 Hiệu ứng mức độ bất đối xứng -- Asymmetric Level Effects

Chỉ có một lựa chọn về bất đối xứng trong array nguồn line ghép: mức độ biến đổi (Hình 9.28). Có thể giảm phần tử có mức độ bao quát gần nhất để bù cho khoảng cách. Đây là làm lẩn vì thật tế không có tách biệt giữa phạm vi bao quát gần và xa. Kết quả của mức độ giảm dần (taper) như vậy, không đáng ngạc nhiên, vì phần lớn không có hiệu quả. Tìm thấy hiệu ứng mạnh nhất trong khu vực gần (và giải HF), nơi mà hành vi không ghép là cơ chế chi phối. Tốc độ giải HF giảm dần sẽ nghiêng đường đồng nhất theo cách của nguồn line không ghép bất đối xứng (phần 9.5.1.2). Ghép nối vượt trội khi tần số giảm và kết quả chẳng qua chỉ là định tâm lại (và tăng nhẹ) luồng âm phía trước (và mất tương ứng với khả năng năng lượng LF). Mức độ vuốt giảm dần vốn làm giảm khả năng SPL tối đa nhưng có thể đáng làm trong trường hợp có thể thay đổi hình dạng đáp ứng theo hướng phương sai tối thiểu. Mô hình định hướng biên độ không có hiệu quả khi không có sự cô lập, điều này làm cho mức độ âm phổ đầy đủ bị giảm đi, chuyện không thể làm với nguồn line ghép. Cần điều chỉnh mức bất đối xứng cho HF trong khu vực gần. Mặc dù vậy, những điều chỉnh như vậy sẽ có lợi ích rất nhỏ. Bao gồm thính giả ở khoảng cách gần và xa bằng một chõng loa đặt ở 0° là thiết kế lớn thất bại mà ở đó mức độ giảm dần của HF chẳng qua chỉ là Band-aid® (sơ cứu).



Hình 9.28 Hiệu ứng bất đối xứng với tần số cho array nguồn line ghép

9.4.2 Nguồn điểm ghép -- Coupled point source

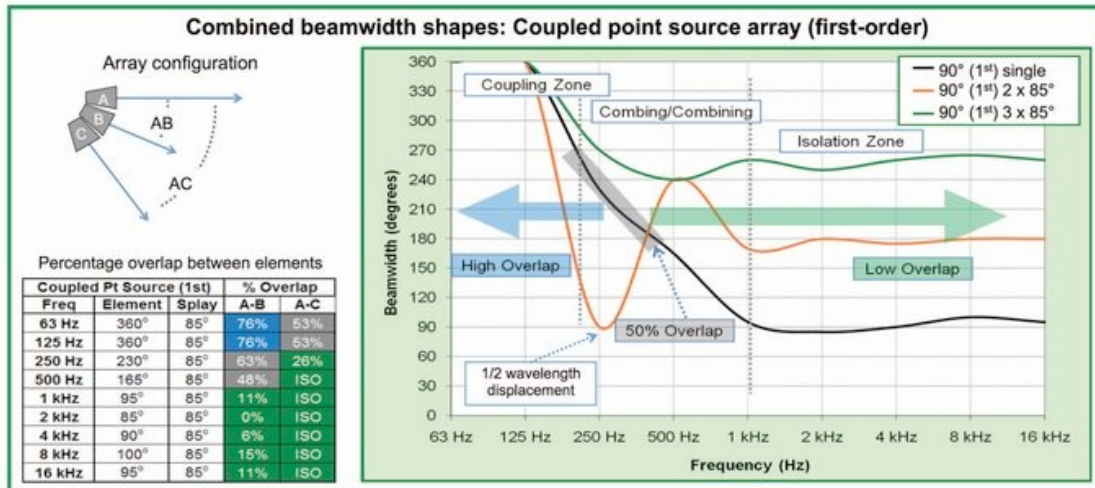
Nguồn điểm ghép là lai giữa góc chõng chéo và cô lập. Nó có cơ chế mở rộng và thu hẹp, có thể áp dụng cùng lúc. Nguồn điểm ghép có thể đạt luồng âm kết hợp phẳng khi những phần tử phẳng bắt đầu với/hay thu hẹp tương xứng với tần số.

Chương 9

Nguồn điểm ghép có thể chứa lượng loa không giới hạn nhưng bị giới hạn trong một luồng âm kết hợp không quá 360° (duh!). Từng phần tử, góc mở, số lượng và mức độ bất đối xứng, tất cả đều có vai trò để chơi. Chúng ta lại cô lập mỗi cơ chế trong việc tìm phương sai âm phổ tối thiểu.

9.4.2.1 Phần tử -- Elements

Tất cả phần tử loa tiêu chuẩn của chúng ta đều là ứng viên nguồn điểm ghép. Xử dụng loại luồng âm phẳng bậc một và hai để mở rộng hướng tâm (hình quạt). Nó hoạt động tốt khi cô lập góc. Phần tử có luồng âm cân xứng được ưa thích cho việc thu hẹp mô hình và tạo dạng bất đối xứng cao. Nó cũng có thể mở rộng đáp ứng, nhưng đòi hỏi số lượng lớn hơn phần tử bậc một và hai rất nhiều.



Hình 9.29 Sơ đồ luồng âm cho nguồn điểm ghép bậc một, góc mở xéo và mức độ đồng nhất.

9.4.2.2 Cân bằng tác động của góc chồng chéo và cô lập -- Balancing Effects of Angular Overlap and Isolation

(Splay: Góc đặt loa xéo, xin dịch tóm gọn là góc mở để không trùng với từ khác - ND).

Hành vi luồng âm của array nguồn điểm đối xứng bậc một, thể hiện trong hình 9.29. So sánh từng đơn vị với số lượng hai và ba đơn vị array ở góc mở đồng nhất. Giải tần trên 1kHz cho thấy sự giãn nở hướng tâm bằng cách lan truyền luồng âm (cộng âm vùng cô lập). Luồng âm kết hợp trên 1kHz là giản thể của nhiều phần tử riêng. Array ba phần tử có luồng âm bất biến khoảng 260° trong 6 octave. Đây là array có phương sai âm phổ tối thiểu. Những cấu hình này chia sẻ tính năng phổ biến trong những array nguồn điểm. Hành vi này có thể coi như là chia dọc theo đường chồng lên nhau 50%. Sự phân bố ở vùng cô lập vượt trội dưới đường 50% và luồng âm vùng ghép ở trên (cùng với khả năng chải). Để nhận ra đường 50/50: điểm mà vùng bao quát kết hợp quân bằng góc từng phần tử riêng.

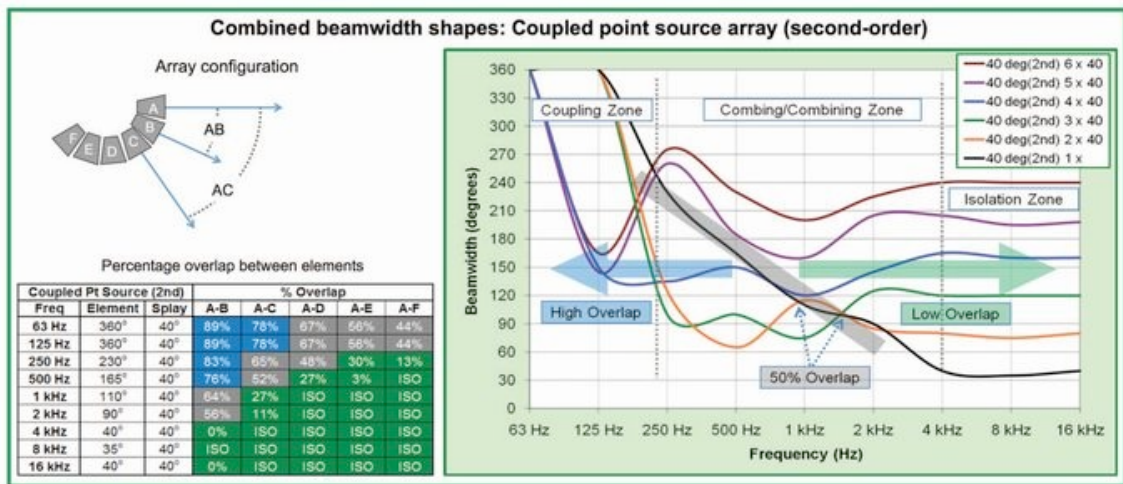
Hình 9.29 cũng chứa bảng của quan hệ phần trăm chồng chéo riêng giữa những phần tử của array. Cấu hình ba phần tử cho thấy, có đẩy và kéo ở 250Hz, có khuynh hướng ghép nối giữa những phần tử liền kề (A-B và B-C) và cô lập vòng ngoài cùng (A-C). Quan hệ đẩy-kéo (push-pull) này rất quan trọng khi nâng lượng phần tử đi lên.

Lưu ý thêm về hình 9.29: Cần giải thích tần số từ 250Hz đến 500Hz ngắn gọn. Có độ cô lập góc trên 1kHz để mô tả luồng âm không có sự giãn nở vật lý, nghĩa là những phần tử này có thể lớn hay nhỏ, và cũng thu nhỏ độ dịch chuyển của nó tương ứng. Sự dịch chuyển là yếu tố xác định dưới 1kHz khi góc chồng chéo tăng đều đặn. Array hai phần tử này có dịch chuyển 1λ (0,69 m) ở 500Hz (và 0,5λ ở 250Hz).

Kết hợp

Tìm thấy loại biến thiên luồng âm này trong bất kỳ array hai phần tử nào khi tần số rơi xuống dưới 1λ , với điểm hẹp nhất đạt tới 0.5λ (xem phần 4.2.2.3). Kích cỡ phần tử ảnh hưởng đến giải tần số, khi dịch chuyển lớn sẽ hạ giải tần xuống. Độ phức tạp tăng lên khi thêm phần tử vào vì mỗi cái đều có quan hệ tương quan với nhau. Người đọc nên coi những tương tác dưới giải tần số bị cô lập như là khuynh hướng sẽ điều chỉnh giải tần số của nó bằng kích cỡ vật lý của phần tử. Nói tóm lại, chúng ta có thể nói chắc chắn, một cặp loa bậc một đặt xéo 90° sẽ thu hẹp (ở 0.5λ) nhưng không nhất thiết tại 250Hz.

Cũng áp dụng những nguyên tắc này cho hệ thống bậc hai (Hình 9.30). Kích cỡ vật lý và phần bổ sung của driver cũng tương tự như phần tử bậc một (Hình 9.29), vì thế sự chênh lệch có thể cho là do sự khác nhau giữa horn HF và góc mở. Giải tần vùng cô lập bây giờ bị giới hạn ở 4kHz và tăng lên ở nơi nó lan truyền tăng theo độ mở của góc mở đồng nhất 40° .



Hình 9.30 Sơ đồ luồng âm cho nguồn điểm ghép bậc hai, góc mở và mức độ đồng nhất

Có vài khuynh hướng đáng chú ý bên dưới 4kHz, trong đó số lượng phần tử có ảnh hưởng mạnh đến phương sai âm phổ. Đầu tiên là trong kịch bản hai phần tử, giữa 500Hz và 1kHz. Chữ ký đặc trưng này ($1\lambda/0,5\lambda$) là một octave phía trên array hai phần tử bậc một (Hình 9.29). Độ dịch chuyển vật lý giảm đi một nửa do góc mở nhỏ hơn (gần phía trước hơn).

Khuynh hướng tiếp theo là hướng tới tập trung luồng âm vùng ghép. Góc kết hợp ở tần số 125Hz và thấp hơn luôn hẹp hơn đáp ứng 360° của nó. Luồng âm hẹp lại theo số lượng tăng lên: làm việc về tập trung luồng âm không thể sai lầm.

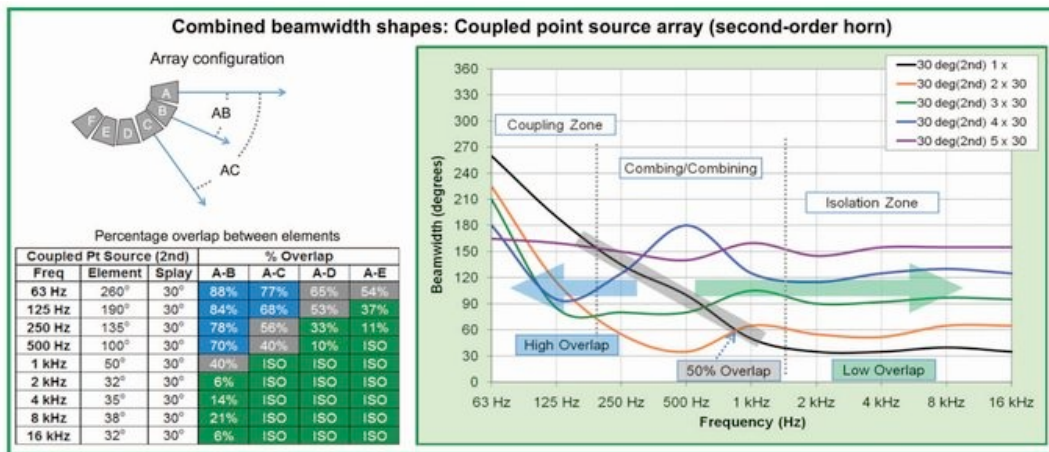
Không còn áp dụng kim tự tháp song song có chuỗi chồng chéo 100%. Thay vào đó, có chuỗi chồng chéo phức tạp khác nhau giữa những phần tử theo tần số. Những phần tử ngoài cùng là những phần bị cô lập nhất, đặt cái thẳng xe lên hệ số luồng âm và cuối cùng tiến tới lan rộng. Điều này là hiển nhiên trong đáp ứng 250Hz, mở rộng với số lượng lớn (năm và sáu phần tử).

Khoảng từ 200Hz đến 4kHz là chiến trường giữa hai yếu tố cạnh tranh và bù: cô lập góc và sự dịch chuyển bước sóng. Thật tế vật lý của nhiều cụm phần tử bao gồm thay đổi λ lớp như số lượng phần tử tăng lên. Mỗi phần tử di chuyển cùng một lượng từ đơn vị lân cận nhưng sự tương tác vẫn tiếp tục giữa những đơn vị tách biệt, mặc dù giảm bằng cách cô lập góc. Việc xếp lớp cho những tương tác này tạo ra khung dệt phức tạp đã tìm thấy ở đây. Thí dụ nhanh, hãy xem xét array 5 phần tử dịch chuyển đi $0,5\lambda$. Thùng ở giữa cách thùng lân cận $0,5\lambda$, nhưng cách đơn vị bên ngoài 1λ . Đơn vị ngoài cùng cách nhau 2λ . Những tương tác tương tác này rất mạnh, miễn là phần tử có giải tần số đã cho khá rộng.

Chương 9

Giải 250Hz đến 500Hz cho ra cái nhìn về yếu tố cạnh tranh. Luồng âm kết hợp hẹp hơn từng đơn vị riêng với số lượng từ hai đến bốn phần tử (tập trung luồng âm vượt trội). Góc lan ra rất rộng với năm và sáu đơn vị (200 đến 240°), cô lập những phần tử ngoài cùng đủ để lan truyền luồng âm, ngay cả khi phần tử ở giữa bị chi phối bởi luồng âm tập trung. Kết quả kết hợp sẽ mở rộng ra ngoài một phần tử duy nhất.

Hệ thống bậc hai thay thế xử dụng hệ thống horn-loaded có dạng lớn với mô hình danh định 30° trên 2kHz (hình 9.31). Driver horn-loaded thấp làm giảm luồng âm LF, mở rộng giải tần số riêng biệt vượt qua loa front-loaded bậc hai, mặc dù góc mở giảm. Kết quả là luồng âm đồng nhất hơn theo số lượng. Lực luồng âm lan truyền và luồng âm tập trung đẩy đáp ứng ngược hướng khi lượng tăng lên. Đáp ứng HF mở rộng tiếp tục, trong khi đáp ứng LF bị thu hẹp, kết quả là kết hợp luồng âm ổn định hơn phần tử đơn. Khu vực mid-range nhìn thấy cả hai, tập trung (số lượng < 3) lẫn lan truyền (số lượng > 3).



Hình 9.31 Sơ đồ luồng âm cho nguồn điểm ghép bậc hai, sườn, góc mở và mức độ đồng nhất.

Array năm phần tử là thí dụ đáng chú ý về phương sai âm phổ tối thiểu. Những yếu tố array bù đã đáp ứng trong giải 160° trên toàn bộ giải tần số của thiết bị.

Tiếp theo, chúng ta kiểm tra tác động chồng chéo góc cho vài phần tử cố định. Trong trường hợp này (Hình 9.32), chúng ta sẽ xử dụng lại array bậc hai horn-loaded đã mô tả đặc điểm. So sánh tác động chồng chéo góc tăng lên theo đáp ứng bằng cách xử dụng góc mở đồng nhất là 30°. Góc mở 22.5° cho phép chúng ta cô lập 75% và chồng 25%. Kết quả kết hợp giảm bằng thông xấp xỉ 25% trong toàn bộ giải tần. Không nhìn thấy hiệu ứng phụ chồng chéo trong luồng âm: tăng phương sai gọn (-) và tăng thêm năng lượng (+).

Phát sinh tác động ngoài ý muốn ở mức chồng chéo 50% (góc mở 15°). Giải 125Hz bị lái hướng do mix quá nặng ở phía chồng chéo. Phần tử đơn là 180°, làm cho đơn vị lân cận ở góc mở 15°, có chồng chéo hơn 90%. Sự kết hợp này rời khỏi giải tần thấp, giảm xuống chỉ còn 60° trong khi vùng đoạn bằng ở trên 2kHz vẫn giữ ở 90°. Mọi người đều thích kiểm soát hướng LF nhưng bạn có thể có quá nhiều cái tốt hơn. Đầu ngoài 10° (một bên) của vùng bao quát có phần mở rộng HF đầy đủ trong khi giải LF giảm hơn 6dB. Độ rộng luồng âm của array (hay phần tử) không bao giờ có mids và low hẹp hơn giải tần số HF trừ khi bạn muốn nó nghe giống điện thoại. Array có phần tử luồng âm phẳng chồng chéo cao cũng có phương sai gọn tăng lên. Nhưng ít nhất nó nghe thật lớn! Đây là array có khả năng bắt chúng ta rời khỏi phòng.

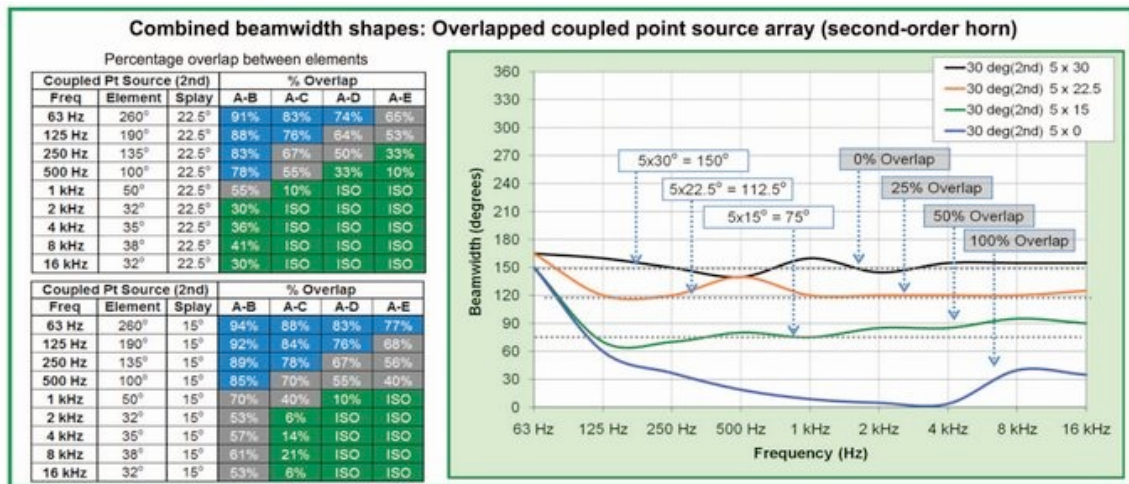
Cuối cùng, chúng ta cũng đạt chồng chéo 100% với góc mở 0°, đổi nguồn điểm sang nguồn line. Kim tự tháp song song làm sụp đổ luồng âm như dự kiến. Vẫn tiếp tục thu hẹp cho đến khi sự dịch chuyển

Kết hợp

phá vỡ luồng âm tập trung và chải/quét phân tán mô hình (trong trường hợp này điểm phá vỡ vào khoảng 4kHz). Những luồng âm kết hợp trong vùng phân tán giống như từng phần tử riêng, mặc dù có phương sai gợn lớn. Độ rộng luồng âm mở rộng theo yếu tố 10:1, giữa 4 và 8kHz, loại bỏ tất cả hy vọng về hiệu suất phương sai tối thiểu cho array này. Đáng chú ý là array luồng âm phẳng chồng chéo cao là loại phổ biến cho âm thanh ca nhạc nhất, trước khi loa có luồng âm cân xứng bậc ba, ra đời vào thập niên 90. Công suất, có. Phương sai tối thiểu? Không.

Array có loa bậc ba (Hình 9.33) xử dụng góc mở là một phần nhỏ của những giá trị đã xử dụng trước đây cho hệ thống bậc một và hai. Giải tần số nơi giữ góc mở đồng nhất là thấp nhất hơn bao giờ hết: trên thật tế thì không vậy. So sánh đáp ứng của một phần tử với gấp đôi liên tiếp lên đến tám đơn vị. Có vài khuynh hướng khá quan trọng.

Chúng ta bắt đầu với hành vi lan truyền luồng âm ở 8kHz. Lưu ý, đáp ứng từng đơn vị (15°) rộng hơn array của hai đơn vị (8°), và bằng bốn. Điều này phù hợp với thật tế là góc đã chọn (góc mở tối đa của hãng sản xuất với khung treo chuẩn) nhỏ hơn góc mở đồng nhất. Những đơn vị ngoài cùng chồng lên nhau ít hơn và luồng âm bắt đầu lan rộng khi lượng tăng. Sự chồng chéo trở nên mạnh hơn và luồng âm tập trung ngày càng trội hơn khi tần số giảm. Kết quả là luồng âm kết hợp dẹt dần dần, trái ngược với phần tử dốc xuống ổn định. Đây là tính năng thiết kế loa bậc ba chủ yếu. Array nguồn điểm bao gồm nhiều phần tử thu hẹp đều sẽ làm hành vi luồng âm có hiệu ứng bù đều đặn. Đối với góc mở nhất định, khi từng luồng âm riêng hẹp (tăng tần số), luồng âm kết hợp sẽ lan ra do sự cô lập. Khi luồng âm riêng mở rộng (tần số rơi xuống) thì luồng âm kết hợp tập trung lại do chồng lên nhau. Kết quả là hiệu ứng push-pull làm phẳng băng thông trên giải tần số lớn khi số lượng tăng lên. Việc quan sát đáp ứng theo số lượng cho thấy sẽ tăng gấp đôi diện tích đã làm phẳng với mỗi lần tăng gấp đôi số lượng. Hai đơn vị có sản lượng làm phẳng xuống 2kHz, bốn đơn vị mở rộng nó xuống 1kHz và tám đơn vị làm phẳng băng thông đến 500Hz.



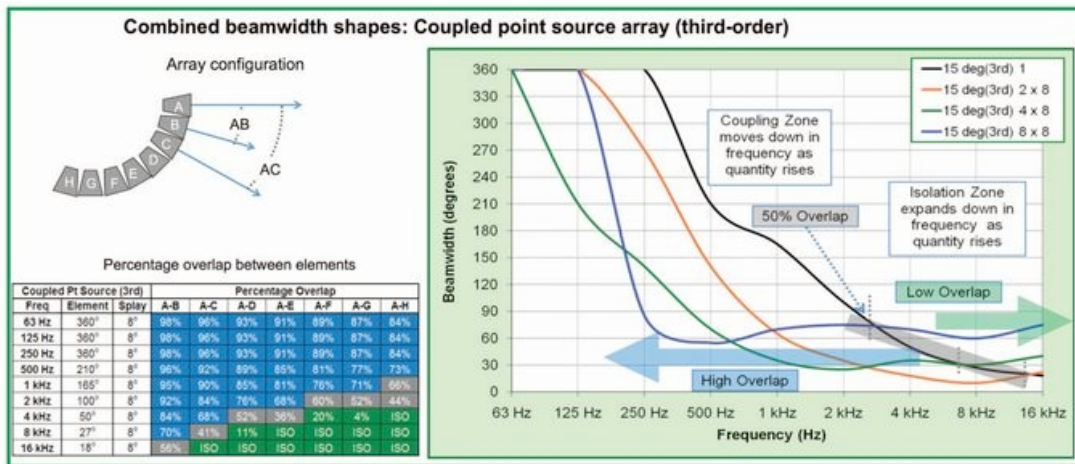
Hình 9.32 Sơ đồ luồng âm cho nguồn điểm ghép bậc hai, năm phần tử, horn-loaded, có góc mở và mức độ đồng nhất khác nhau

9.4.2.3 Hiệu ứng góc mở theo tần số (Đối xứng) -- Splay Angle Effects Over Frequency (Symmetric)

Hiện diện của góc, thậm chí là góc nhỏ, sẽ mở ra cơ hội giảm phương sai âm phổ. Ngay cả cô lập góc nhỏ cũng sẽ bắt đầu đảo ngược sự thu hẹp mô hình không ngừng. Hình 9.34 cho thấy mười sáu phần tử loa bậc ba ở mức độ đồng nhất với ba góc mở gấp đôi liên tiếp. Hành vi luồng âm tập trung quen thuộc

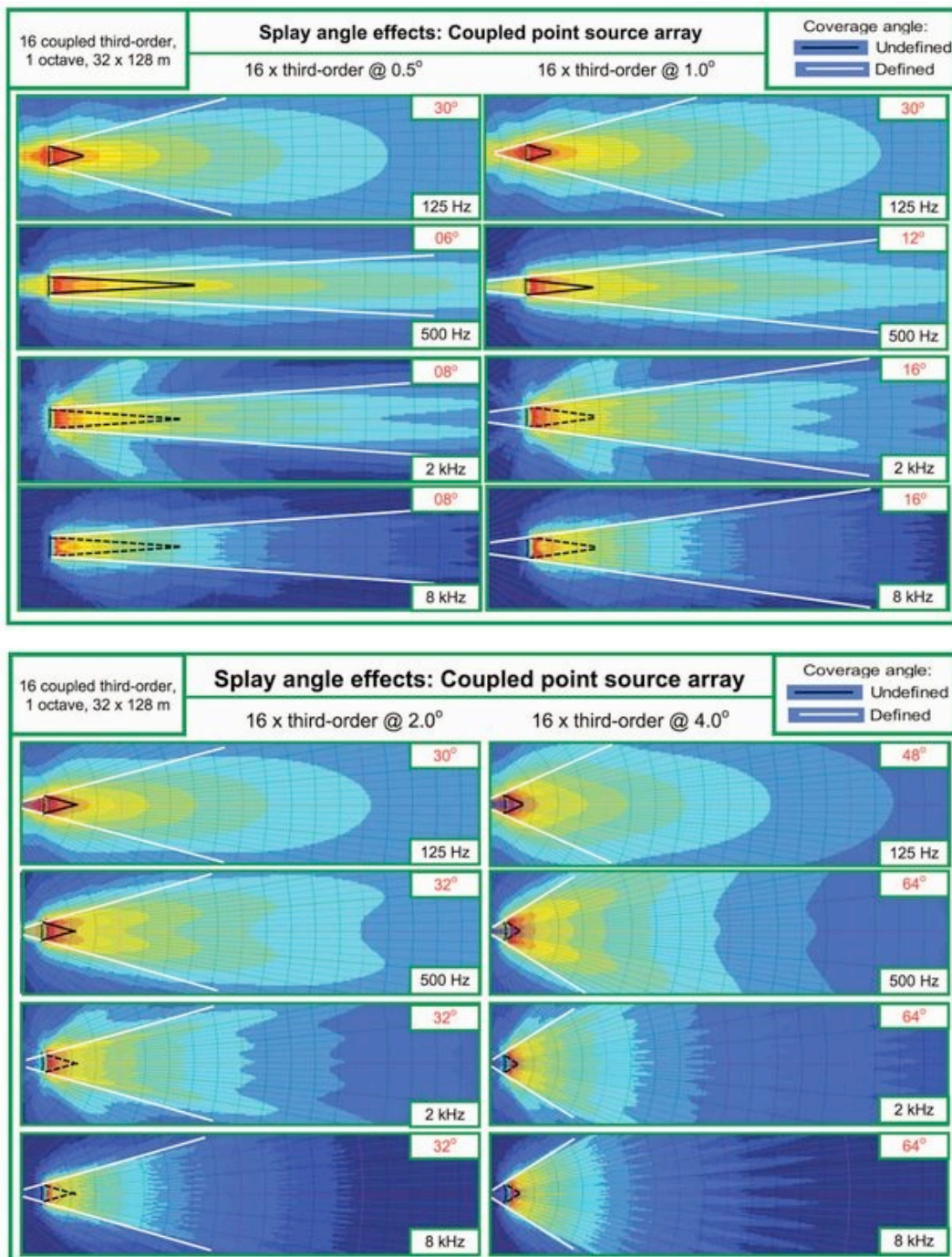
Chương 9

xuất hiện dần dần hướng về yếu tố vượt trội mới: lan truyền hướng tâm. Hai hành vi này là thủ lĩnh của giải tần thấp và cao tương ứng, và nó sẽ gặp nhau ở vài điểm ở giữa. Chúng ta bắt đầu bằng việc tăng góc cho mỗi phần tử nhỏ hơn 0.5° . Độ rộng góc kết hợp là 8° ($16 \times 0,5^\circ$). Đáp ứng LF (125Hz và 500Hz) hầu như không thay đổi so với nguồn line ghép tại 30° và 9° tương ứng (xem hình 9.26B để tham khảo). Không gì đáng ngạc nhiên vì sự kết hợp lan truyền 8° sẽ không cho ra nhiều lực cản cho những tác động chổng chéo của mười sáu phần tử có mô hình riêng 300° . Đáp ứng HF (2kHz và 8kHz) cho thấy có thay đổi đáng kể, mở rộng mỗi lần từ 2° và 1° lên 8° . Làm chậm độ hội tụ kim tự tháp lại bằng việc đưa vào góc mở, cho phép mở rộng luồng âm tới bề rộng góc, thay vì chiều rộng của line. Lưu ý, hình dạng góc giữ theo khoảng cách, tương phản với mô hình thay đổi của nguồn line theo khoảng cách. Không phải ngẫu nhiên mà sự lan truyền của góc mở 8° và góc bao quát phù hợp nhau. Thiết bị làm phẳng luồng âm của chúng ta đã bắt đầu hoạt động. Đây sẽ là đáp ứng điển hình khi cộng âm của vùng cô lập vượt trội.



Hình 9.33 Sơ đồ luồng âm cho nguồn điểm ghép đối xứng bậc ba. Góc mở chổng chéo 50%, mức độ đồng nhất.

Kết hợp



Hình 9.34 A, B Hiệu ứng góc mở so với tần số cho nguồn điểm ghép

Chữ ký vùng cô lập vượt trội trong giải HF khi góc mở gấp đôi tới 1°. Xác định lan truyền 16° rõ ràng là góc có cạnh rõ nét. Đáp ứng 500Hz cho thấy dấu hiệu đẩy và kéo như nó mở rộng một chút (từ 9° đến 12°).

Tạo ra hình dạng bao quát bằng cách cô lập hướng tâm khác với tạo ra hình khối bằng ghép luồng âm, ngay cả khi mô tả cả hai bằng cùng góc bao quát. Sự khác biệt thường bị bỏ qua vì xác định góc bao

Chương 9

quát bằng cách so sánh trên trục tới điểm -6dB. Hình dạng bị cô lập vẫn giữ giá trị 0dB trên đường cung và cuối cùng giảm mạnh xuống -6dB và nhiều hơn nữa. Phiên bản luồng âm ghép bắt đầu suy giảm ngay khi điểm trên trục dời đi.

Đây là hình chữ nhật tương tự như đáp ứng loa đơn. Chỉ so sánh những điểm 0dB và -6dB khi so sánh hình dạng mô hình.

Hãy tăng gấp đôi góc lần nữa. Bây giờ chúng ta có góc mở xéo 2° tạo ra lan truyền 32° đầy đủ (hình 9.34B). Đáp ứng 500Hz hiện đang tìm thấy chính nó ở ngã tư, trong khi giải trên cao cho thấy sự lan rộng phát triển cao. Chúng ta đã đạt đến cột mốc quan trọng: Mô hình bao quát trong khoảng thời gian 8 octave này gần như hoàn hảo. Tất cả bốn đáp ứng cho thấy điểm -6dB cách khoảng 32° . Tăng gấp đôi cuối cùng (4°) chỉ để lại 125Hz ở chế độ luồng âm tập trung. Chúng ta đã thật sự đi quá xa. Phạm vi bao quát từ 500Hz trở lên đã lan rộng đến độ xéo 64° nhưng giải 125 Hz chỉ mới bắt đầu đưa cái thẳng vào luồng âm của nó. Luồng âm 48° của nó rời khỏi vùng bao quát bên ngoài không có đáp ứng LF, trong khi mid và high vẫn còn mạnh. Những cái không thể có chiều dài line đủ, có thể xem xét có thể có điều tốt quá nhiều. Tuy nhiên, nếu chúng ta có subwoofers bao phủ ở đó, điểm này có thể là học thuật.

Chúng ta hãy đánh giá bốn array này bằng tiêu chuẩn phương sai tối thiểu. Tất cả đều có phương sai âm phổ thấp hơn chúng ta đã thấy trong array line ghép. Sự lan truyền hướng tâm bắt nguồn từ việc sóng thu hẹp vô tận đã tìm ra trước đây khi tất cả phần tử đều có chõng chéo 100% ở tất cả tần số. Tìm thấy phương sai thấp nhất trong array 32° và 64° . Khoản thường thêm là những điều này sẽ có phương sai gợn thấp do giảm chõng chéo. Chúng ta đã tìm thấy cấu hình array phương sai tối thiểu: nguồn điểm đối xứng.

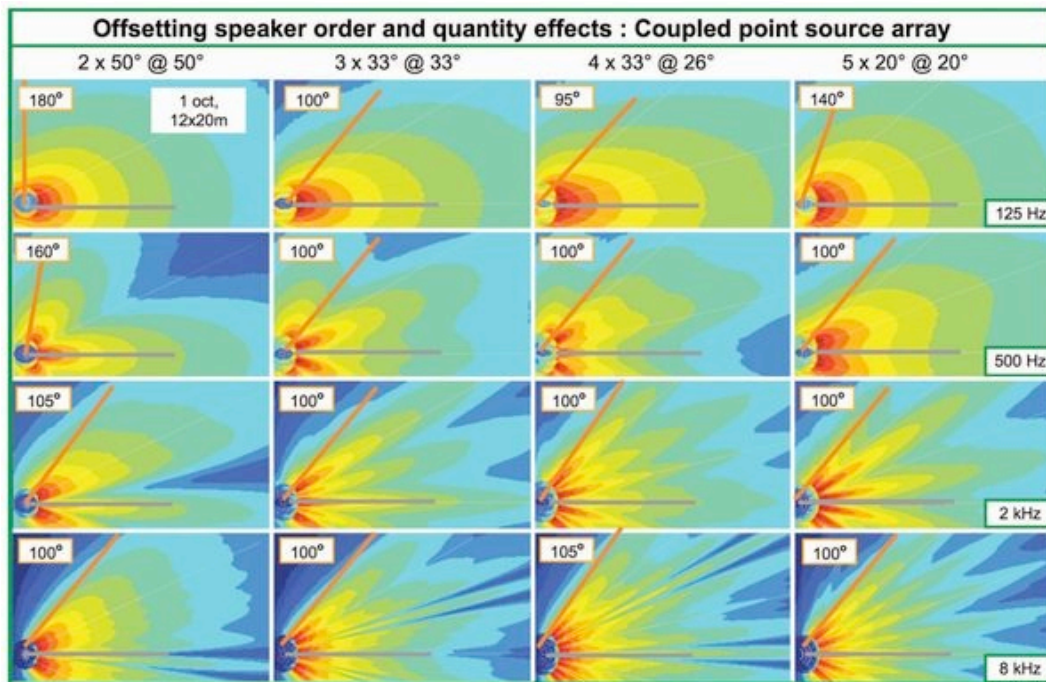
Áp dụng khung cơ bản này cho tất cả thứ bậc loa, không chỉ là loa bậc ba (Hình 9.35). Ở đây chúng ta thấy bốn công thức khác nhau với độ bao quát 100° , từ một cặp loa 50° đến tập hợp gồm 20 phần tử. Trong tất cả trường hợp, đáp ứng HF rơi vào 100° do cô lập hướng tâm. Nói chung, chúng ta có thể duy trì luồng âm phù hợp hơn khi số lượng tăng lên.

9.4.2.3 Hiệu ứng mức độ bất đối xứng -- Asymmetric Level Effects

Bây giờ chúng ta điều tra những ảnh hưởng của mức bất đối xứng. Tham khảo hình. 9.36. Thí dụ, array ba mươi hai đơn vị. có góc mở xéo 1° . Mức độ giảm dần liên tục để mỗi phần tử nhận được mức lái hướng nhỏ hơn cái kế tiếp. Lờn từ chối: Trẻ em, không thử điều này ở nhà. Đề nghị không thực hành mức giảm mạnh như vậy. Ở đây xử dụng nó để minh họa những khuynh hướng.

Tính chất của dạng bất đối xứng tạo ra thách thức đối với tư duy truyền thống của chúng ta. Mô hình bao quát bất đối xứng "trên trục" nằm ở đâu? Chúng ta làm gì với những điểm ngoài trục rơi xuống những góc/khoảng cách từ "trung tâm" khác nhau? Chúng ta sẽ xác định trung tâm là điểm có mức độ cao nhất. Tính ra "ngoài trục" từ đó, và sẽ có hai góc riêng (cạnh) và một góc kết hợp (lan truyền hướng tâm). Điều đó là đơn giản, nhưng chúng ta phải làm gì khi nhiều giải tần số khác nhau có trung tâm khác nhau?

Kết hợp



Hình 9.35 Bốn kịch bản nguồn điểm ghép khác nhau tạo ra phạm vi bao quát hướng tâm 100°, từ lượng nhỏ phần tử rộng tới những phần tử hẹp hơn. Lựa chọn 2 x 50° (trái) cho thấy phương sai cao nhất theo tần số vì vùng LF vẫn rộng hơn HF. Lưu ý, những phần tử trong hai kịch bản ở giữa sử dụng driver LF horn-loaded, giúp bảo tồn phương sai âm phổ tối thiểu với số lượng tương đối nhỏ. 5 x 20° trở lại là front-loaded LF nhưng đạt tới luồng âm phẳng bằng cách ghép chồng năm driver LF.

Hãy suy ngẫm một chút về bài học từ phiên bản đối xứng. Phù hợp điểm trung tâm theo tần số nhưng cạnh vẫn khác nhau. Chúng ta thấy những đường viền hướng tâm khắc sâu trong giải cô lập và có giải luồng âm tròn lớn trong vùng ghép. Giải giữa di chuyển dần dần giữa những hình dạng. Giải HF là phần dẫn đầu vì những cạnh dẻo của nó dễ phù hợp với dạng bất đối xứng nhất. Mục tiêu của chúng ta là mở rộng cùng loại hình ảnh xuống theo tần số.

Đánh giá array bất đối xứng

- Trung tâm (trên trục): hướng góc của điểm xa nhất/nghe lớn nhất.
- Trên/dưới (ngoài trục): điểm -6dB dọc theo hình dạng đích, ở trên và dưới trung tâm.
- Tổng số (TTL): sự kết hợp góc lan truyền từ trên xuống dưới.
- Tỷ lệ phần trăm đối xứng: tỷ lệ góc bao quát ở trên và dưới trung tâm.

Phạm vi bao quát bất biến theo tần số không còn đủ. Chúng ta phải biết low và high là đồng trục, và nó phù hợp với mục tiêu bất đối xứng của chúng ta ra sao.

Array đầu tiên của chúng ta có góc mở đối xứng (1°) và độ dốc 8dB bất đối xứng trong ba mươi mốt bước 1/4dB kế tiếp. Giải HF khắc thành đường chéo đường kính MV theo tỷ lệ với dự tính của chúng ta về mức độ và khoảng cách (xem hình 9.11). Điểm xa nhất (trên trục) trong giải 8kHz là ở +3°. Phạm vi bao quát chỉ kéo dài 2° trên điểm này và 31° bên dưới cho tổng số kết hợp là 33°. Đường phương sai tối thiểu xa đỉnh hơn 2,5x (tương đương với 8dB). Rõ ràng, điều này là bất đối xứng cao, và mang lại kết quả đối xứng 6%. Luồng âm "trung tâm" trong đáp ứng 2kHz thấp hơn 2°, nhưng góc trên và dưới vẫn không

Chương 9

thay đổi. Đây là sự khởi đầu của khuynh hướng giảm ở trung tâm và gia tăng sự đối xứng (14%) khi tần số giảm. Trung tâm đã di chuyển xuống -4° ở 500Hz. Trung tâm hình học của array, đánh dấu bằng đường chấm chấm xanh, nằm ở -12.5° (thùng trên cùng hướng đến $+4^\circ$). Trung tâm hình học cho biết vị trí của trung tâm luồng âm nếu array đối xứng. Điều này đóng vai trò là điểm tham khảo về việc chúng ta đã di chuyển array từ khuynh hướng đối xứng của nó ra sao. Đã nâng trung tâm luồng âm 500Hz lên 8° theo mức độ giảm dần nhưng vẫn giảm xuống dưới đáp ứng HF. Giải LF (125Hz) duy trì góc bao quát gần giống những giải khác nhưng hướng xuống rất xa (-12°) và có đối xứng 93%. Tất cả những cái đó có nghĩa là gì? Dưới đây là bản tóm tắt đơn giản: Trung tâm ở 8kHz nằm ở trục 500Hz và 125Hz. Mức độ uốn cong đáp ứng HF dần dần nhưng hầu như không di chuyển đáp ứng LF. Đây là sự khởi đầu.

Hãy tìm hiểu thêm bằng cách nhân đôi mức độ giảm dần đến 16dB (Hình 9.36, bên phải). Bản khắc HF uốn cong xa hơn với mức độ bất đối xứng ngày càng tăng. Đường phương sai tối thiểu rơi xuống độ dốc 15° . Điều này sẽ phù hợp phần nhìn khắp ghế khán giả (mặt phẳng dọc). Bộc lộ kiểm soát lái hướng cho phép chúng ta hình thành dạng phù hợp với đáp ứng trên bề mặt nghiêng với góc nghiêng khác nhau. Lái hướng có hiệu quả cao khi cô lập góc (HF) và ít khi ghép (LF). Giảm đối xứng ở tất cả giải tần số, nhưng điều này làm giảm sự chênh lệch giữa mô hình LF và HF không bao nhiêu. Luồng âm vùng bao quát HF dài nhất vẫn nằm ngoài trục đến bao quát LF.

Có rất nhiều báo cáo giải LF ít "kiểm soát" do mức độ thon thả. Điều này phụ thuộc vào định nghĩa của bạn về "kiểm soát-control". Với mức độ phù hợp, luồng âm sẽ đối xứng nhất nhưng không nhất thiết phải hẹp nhất, là đặc tính thường đồng nghĩa với "kiểm soát". Chúng ta không đánh giá góc bao quát theo thuật ngữ đối xứng khi chỉ có hình dạng bất đối xứng để phủ đầy. Mức độ giảm dần có thể làm tăng "kiểm soát" nếu chúng ta coi đó là thước đo mức độ bao quát phù hợp với hình dạng. Nếu loại bỏ mức độ giảm dần cho array này, sự gia tăng "kiểm soát" đi kèm với chỉ phí lực đẩy trung tâm luồng âm LF xuống thấp hơn, dẫn tới trung tâm hình học (-12.5°). Mức độ giảm dần của "kiểm soát" đi kèm với khoản thưởng của việc lái luồng âm theo hướng hình dạng đáp ứng tần số phương sai tối thiểu. Sự giảm dần mức LF quy mô lớn là lãng phí nguồn năng lượng và do đó không thực hiện rộng rãi. Sau này, chúng ta sẽ thấy việc lái phase bất đối xứng sẽ hiệu quả hơn. Bây giờ chúng ta chỉ cần đủ để chứng minh HF và LF yêu cầu cơ chế lái hướng khác.

Vào lúc này, cần cân nhắc đến vấn đề ưu tiên. Giả sử, chúng ta không thể luôn đạt đến phương sai âm phổ tối thiểu trong toàn bộ giải tần. Giải nào sẽ tập trung và cho đi tốt nhất? Chúng ta biết kiểm soát giải HF sẽ đơn giản nhất, trong khi giải LF thường bị chòng chéo và do đó có nhiều thách thức hơn. Chúng ta cũng biết, những nỗ lực kiểm soát giải LF theo cách tập trung luồng âm có thể bị phản tác dụng bằng cách lái giải tần cao vượt quá. Câu trả lời ưu tiên của chúng ta nằm trong phòng. Cộng âm của loa/phòng sẽ là yếu tố chi phối giải LF trội hơn HF (trừ khi chúng ta có phòng quá tệ). Chúng ta phải hy vọng giải low sẽ bị ảnh hưởng mạnh. Nó vẫn có thể nhận được năng lượng LF hữu dụng từ cộng âm của loa/phòng, ngay cả khi hình dạng ở đó không phù hợp. Đóng góp của phòng bên ngoài band LF sẽ quá trễ để cung cấp thêm nhiều tiện lợi, mà không cần phải chài tốn kém. Do đó, chúng ta phải ưu tiên việc giảm tần số xuống. Ưu tiên hàng đầu là để phù hợp với high-mid cho đến high. Sau đó, thêm lo-mid và sẽ khai champagne nếu chúng ta làm cho nó tắt cả con đường đi xuống.

Việc xem xét array này cuối cùng là phương sai gọn. Khu vực crossover không gian có thể biểu hiện gọn đáng kể, như đã biết khi nghiên cứu sâu về cộng âm. Trong trường hợp này, có ba mươi một crossover chòng chéo không gian bất đối xứng, mỗi trong số đó đều có vài biến động. Mặt khác, có hai yếu tố làm hạ độ gọn đáng kể:

1. Góc mở và mức độ vuốt giảm dần làm giảm lượng nhiều phần tử chòng chéo, tìm thấy trong array nguồn line ghép đối xứng. Độ cô lập tăng theo sự dịch chuyển giữa những phần tử không liền kề.

Kết hợp

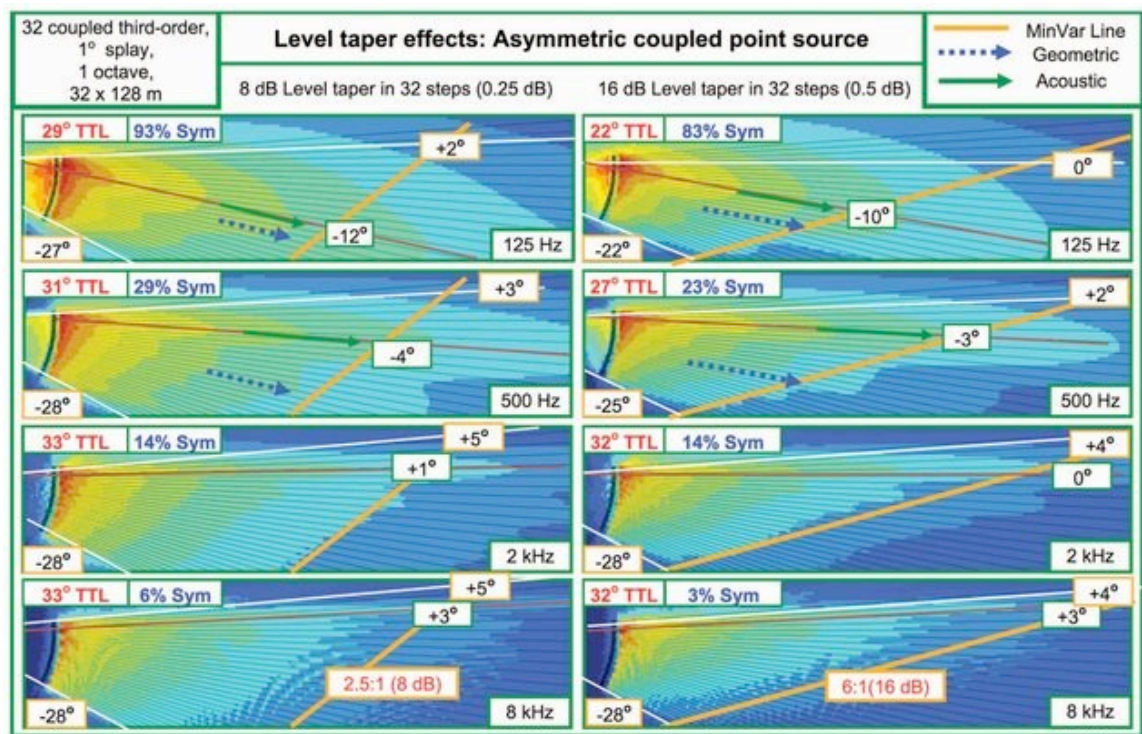
2. Có thể giữ bù thời gian (time offset) thấp (điều kiện là thùng nhỏ và cấu hình chặt) do có dịch chuyển nhỏ nhất giữa những nguồn chồng chéo.

Chúng ta có thể kết luận, nguồn điểm ghép bất đối xứng vượt giảm dần có tiềm năng về hiệu suất phương sai tối thiểu trong cả ba loại: mức độ, âm phổ và gợn sóng. (Chỉ cần không thử vượt giảm nó đến 16dB).

9.4.2.4 Hiệu ứng tăng mức độ -- Level Increment Effects

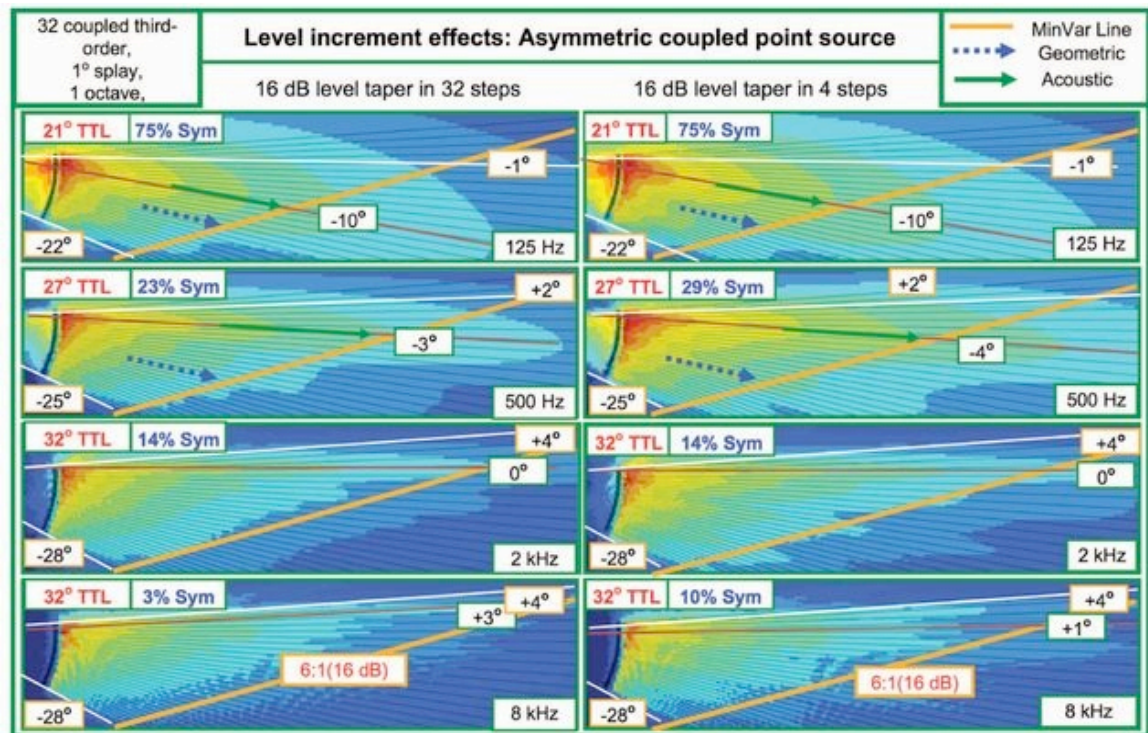
Hiệu ứng có bao nhiêu số lượng vượt giảm mức độ có kết quả? Nếu chúng ta nhận vượt giảm mức độ 16dB, sẽ có vấn đề cho dù thực hiện bằng ba mươi hai hay hai bước? Chúng ta có thể đoán ngay sẽ có vài hiệu ứng, nhưng có bao nhiêu và ở tần số nào? Câu trả lời là gia tăng, giống như câu hỏi. Chúng ta chia đáp ứng nhỏ mịn hơn sẽ có phân hủy trên cạnh bàn khắc. Thí dụ trong hình 9.37 cho thấy đáp ứng với ba mươi hai (trái) và bốn số gia tăng (phải) tương ứng. Hạn chế sự khác biệt gần như hoàn toàn khi cô lập giải HF. Điều này không đáng ngạc nhiên vì sự cô lập và kiểm soát đáp ứng riêng đi cùng nhau. Kích bản bốn bước sẽ để lại dấu vân tay trong đáp ứng 8kHz. Khái niệm then chốt ở đây là sự thay đổi mức độ gia tăng, là nguyên nhân trực tiếp của phương sai âm phổ. Hình dạng HF trở nên không hợp với những giải tần số thấp mà đã làm mịn những cạnh của nó bởi tỷ lệ chồng chéo cao hơn.

Góc vuông trong hình HF sẽ tăng theo độ cô lập. Chúng ta có thể mong những điểm cắt sẽ rõ và rộng hơn trong giải nếu nâng góc mở và tăng cô lập lên. Array bậc một đòi hỏi tỷ lệ phần tử tăng thấp nhất trong khi hệ thống bậc ba có khả năng nhóm nhiều phần tử trên một channel xử lý. Có sự cân bằng thật tế giữa tăng mức độ và phương sai âm phổ tiêu chuẩn. Chia nhỏ mịn cần phải xử lý tín hiệu và khuếch đại, nhiều bước tối ưu hơn và tăng cơ hội đi dây sai. Phương pháp thô giới hạn khả năng tinh chỉnh hình dạng của chúng ta.



Hình 9.36 Hiệu ứng mức độ bất đối xứng so với tần số cho nguồn điểm ghép

Chương 9



Hình 9.37 Tác động của con số mức độ tăng dần so với tần số cho nguồn điểm ghép bất đối xứng

9.4.2.5 Hiệu ứng thứ bậc của loa -- Speaker Order Effects

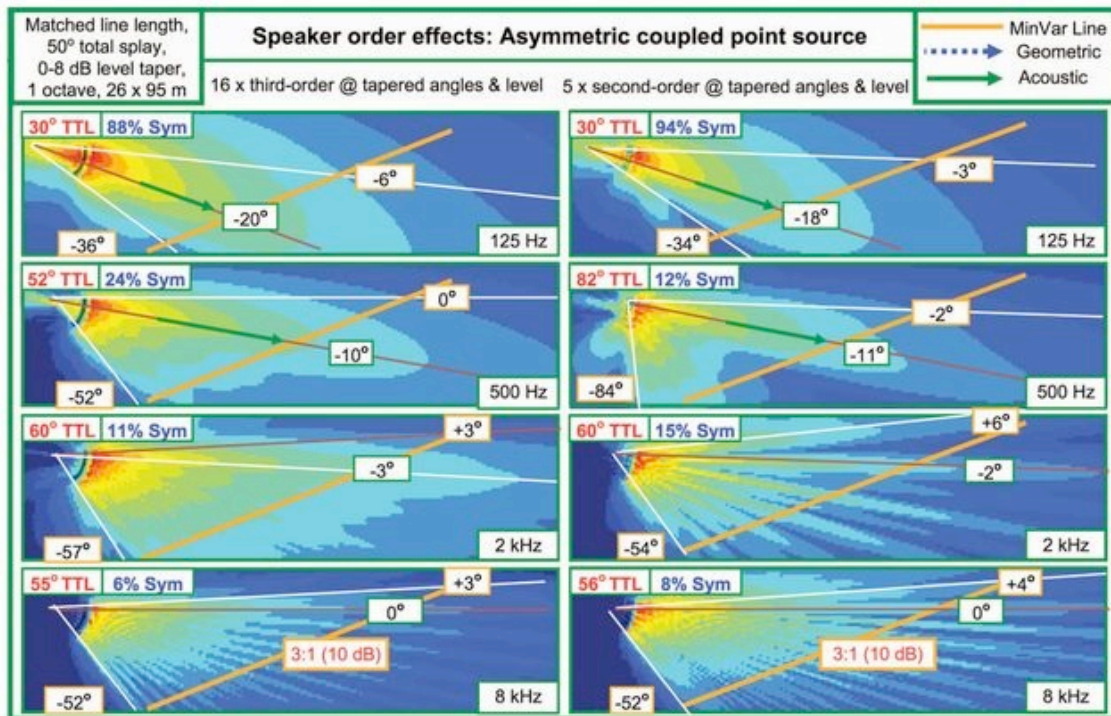
Chúng ta có thể phủ đầy hình dạng hướng tâm đối xứng 60° bằng loa 60° hay array gồm sáu mươi loa góc mở xéo 1°. Đây là cực đoan, nhưng nó đo lường về thứ bậc loa cho nguồn điểm kết hợp. Tính toán thay đổi đáng kể khi chúng ta thêm tính bất đối xứng vào phương trình. Bất kỳ thứ bậc loa nào cũng có thể phủ đầy hình dạng này với tỷ lệ phạm vi nhỏ, nhưng chỉ những loa bậc cao mới có thể xử lý tỷ lệ cực đoan. Tóm lại, loa hẹp có thể làm ra bản sao phân đoạn của loa rộng nhưng những phần tử bậc thấp không thể đáp lại. Tuy nhiên, có đủ khả năng định hình trong loa bậc thấp để nó đưa ra lựa chọn thiết thực cho nguồn điểm ghép bất đối xứng.

Hãy khám phá điều này bằng cách coi array bậc hai và ba có những tham số gần như phù hợp: chiều dài, góc mở xéo và mức độ vượt giảm dần (Hình 9.38). Hình dạng mục tiêu có tỷ lệ phạm vi 3:1 (10dB) nên chúng ta không dễ làm bằng hệ thống bậc hai. Dĩ nhiên, góc bao quát của phần tử và số lượng khác nhau, với array bậc ba có lượng phần tử hẹp lớn hơn. Đáp ứng cho thấy nhiều điểm tương đồng và vài khác biệt quan trọng. Những điểm tương đồng cho thấy cấu hình array cũng quan trọng như bản chất của từng phần tử. Cấu hình array phù hợp bao gồm nhiều phần tử khác nhau có độ tương đồng lớn hơn những phần tử phù hợp có cấu hình khác nhau.

Bốn cặp giải tần số có cùng hình dạng cơ bản. Sự khác nhau giữa trung tâm, đỉnh và đáy không có ý nghĩa thống kê ở tất cả giải ngoại trừ 500Hz, trong đó hệ thống bậc hai cho thấy thùy giảm mạnh. Hệ thống bậc hai có nhiều rò rỉ HF hơn array bên trên (do phần tử rộng hơn) và nhiều phương sai hơn trong vùng bao quát (góc rộng hơn, dịch chuyển cao hơn).

Kết hợp

Chúng ta có thể kết luận gì từ điều này? Có thể đạt phương sai âm phổ tối thiểu với cấu hình này, bất kể thứ bậc của loa, với điều kiện áp dụng số lượng bù. Phương pháp tiếp cận bậc ba có tiềm năng tăng sức mạnh và hình dạng bất đối xứng từ việc tăng số lượng những phần tử chồng chéo nhau.



Hình 9.38 Hiệu ứng thứ bậc của loa so với tần số cho nguồn điểm ghép bất đối xứng

9.4.2.6 Góc mở, mức độ và delay all-pass, bất đối xứng kết hợp -- Combined Asymmetric Splay, Level and All-Pass Delay

Hiệu ứng -- Effects

Có ba cơ chế lái hướng bất đối xứng chính cho đường chéo phương sai tối thiểu: mức độ, góc và độ delay. Có thể kết hợp ba cơ chế lại để tạo ra hiệu ứng hình dạng vượt từng lực riêng của nó. Tác động của góc vuốt giảm dần và bất đối xứng thể hiện riêng rẽ và kết hợp trong hình 9.39A. Trung tâm, đỉnh và đường phương sai tối thiểu kết hợp chặt chẽ bên trên 125Hz. (đây không phù hợp vì có góc mở khác.) Sự kết hợp của những dốc phù hợp này có hiệu ứng tăng gấp đôi (bảng bên trái hình 9.39B). Sự kết hợp của độ vát mức 6dB và tỷ lệ góc bất đối xứng 6:1 tạo ra hình dạng tương tự như góc vuốt 16dB trong hình 9.36, nhưng với sự phù hợp hình dạng LF lớn hơn. Sự kết hợp này có phương sai âm phổ thấp nhất mà chúng ta vẫn thấy, với đáp ứng LF nghiêng xuống chỉ vài độ.

Sự kết hợp cuối cùng trong loạt bài này bao gồm trễ (delay) bất đối xứng. Đây không phải là delay theo nghĩa truyền thống, mà là delay chọn lọc tần số sẽ điều khiển giải LF trở lên mà không ảnh hưởng đến giải HF. Thùng phía trên nhận delay nhiều nhất, lật độ tập trung của nó hướng lên. Delay này tỷ lệ nghịch với tần số. Giải tần số 125Hz của phần tử phía trên có độ delay lớn nhất (3.2ms) trong khi khu vực 500Hz của nó chỉ có ¼ lượng này (0.8ms). Delay giảm tương ứng khi chúng ta di chuyển xuống dưới chõng loa. Một lần nữa array này có phương sai âm phổ thấp nhất, thay đổi chỉ có một độ theo hướng trung tâm của nó.

9.4.2.7 Hiệu ứng vô hướng -- Scalar Effects

Chương 9

Sẽ xuất hiện hình dạng vùng bao quát giống nhau nếu chúng ta co array lại thành một nửa nhưng duy trì cùng góc tổng thể và quan hệ mức độ từ trên xuống dưới? Câu trả lời là: có, đủ trình độ chuyên môn. Sự mở rộng góc bao quát trong giải LF là chắc chắn (giảm chiều dài line), nhưng hành vi của giải HF đáng để xem xét cho một vài lần tăng gấp đôi vô hướng (Hình 9.40). Chúng ta có thể đổi tỷ lệ bằng cách nhân đôi và giảm một nửa thông số. Khi giảm số lượng đi một nửa, góc mở sẽ tăng gấp đôi. Không gian mô phỏng cũng giảm đi một nửa để bảo tồn tất cả quan hệ về chiều. Chúng ta tạo ra cùng hình dạng bất đối xứng bằng một nửa array trong một nửa không gian.

Hình dạng bao quát trong mỗi cái có chức năng tương đương trên 2kHz. Có thể mở rộng hành vi định hình của phần từ array bị cô lập. Tất cả đều cho thấy hành vi lan truyền trên góc 32° và mức độ vượt giảm 8dB đều tương tự. Điều này có giới hạn. Chúng ta sẽ làm hồ lệch HF nếu đặt những phần từ xéo quá giới hạn của nó. Điều này hiển nhiên trong đáp ứng 8kHz ở quy mô nhỏ, không thể tăng gấp đôi được nữa. Có thể thực hiện chia tỷ lệ với cùng lượng thùng nhỏ hơn. Tỷ lệ phạm vi cũng ảnh hưởng đến khả năng mở rộng. Hình dạng bất đối xứng cao đòi hỏi số lượng. Chúng ta có thể bảo vệ hình dạng tốt hơn với cùng lượng thùng nhỏ hơn, góc mở tương tự hơn là nửa thùng lớn và góc mở gấp đôi.

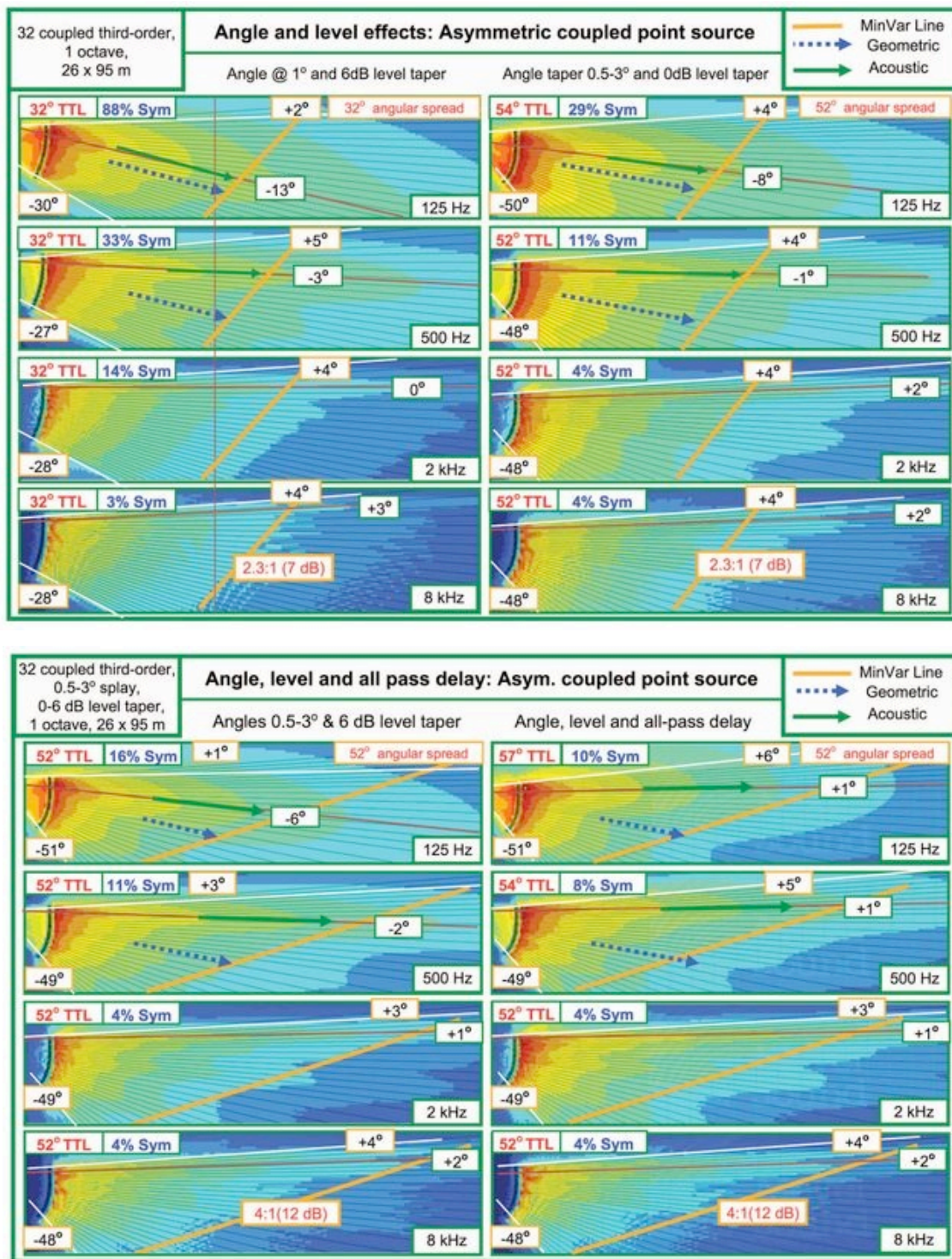
Số lượng vô hướng chủ yếu là năng lực và vấn đề lái hướng tần số thấp vì chúng ta có đủ số lượng để bao phủ tỷ lệ phạm vi.

9.4.3 Nguồn lai line/điểm -- Hybrid line/point source

Có thể cấu hình nhiều đơn vị array thành nguồn lai line/điểm. Đây là thói quen phổ biến trong nhiều ứng dụng array line bậc ba. Hầu hết thiết kế hệ thống hiện đại không đặt tất cả phần từ array vào một đường thẳng dọc. Ít ra, người thiết kế cảm thấy bị buộc phải nghiêng vài thùng loa ở dưới cuối array về phía hàng ghế đầu.

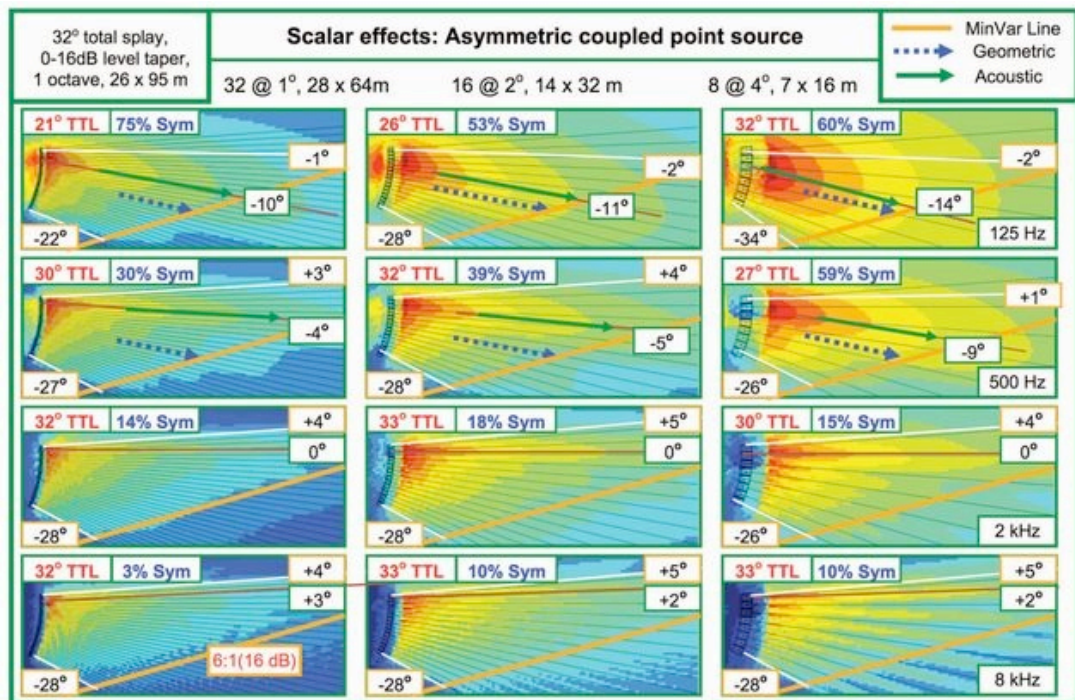
Array lai là vốn đã bất đối xứng. Phần trên là nguồn line đối xứng, trong khi thấp hơn là nguồn điểm ghép. Tham số chính là điểm chuyển tiếp giữa array, vốn có crossover không gian bất đối xứng. Số lượng tương đối và tỷ lệ bất đối xứng của hai loại array này ảnh hưởng đến hành vi crossover.

Kết hợp



Hình 9.39A, B Hiệu ứng tách biệt, kết hợp góc và bất đối xứng so với tần số cho nguồn điểm ghép

Chương 9



Hình 9.40 Hiệu ứng vô hướng so với tần số cho nguồn điểm ghép bất đối xứng

Nhiều kịch bản gấp đôi cô lập hiệu ứng. Chúng ta sẽ sửa đổi việc phân bố nguồn line/điểm của mười sáu phần tử trong khi vẫn duy trì góc nhất quán. Phần nguồn line chỉ trình bày ở dạng đối xứng, vì trước đây chúng ta đã cho thấy sự vô ích của mức độ vượt giảm nó (xem hình 9.28). Nói ngắn gọn, chỉ hiển thị phần nguồn điểm ở dạng đối xứng.

Sự sắp xếp phân bố nguồn lực line/điểm thay đổi từ 2/14, 4/12 đến 8/8 cho array mười sáu phần tử (Hình 9.41). Nói đến nhiều nhất là kịch bản 8/8. Giải HF cho thấy rõ hai loại array chia thành nhiều thể giới riêng biệt. Những phần tử nguồn line cho thấy sự thu hẹp luồng âm tập trung, trong khi đơn vị nguồn điểm thực hiện việc truyền luồng âm hướng tâm. Thay đổi mức độ nghiêm trọng đến mức có thể tìm thấy bốn cạnh vùng bao quát khác nhau (trên cùng và dưới cùng của mỗi array và khoảng hở ở giữa). Hình dạng kết hợp trông giống như một khẩu súng chĩa vào phía sau hội trường (và có lẽ âm thanh cũng giống vậy). Đây là hình dạng cho mặt phẳng khán giả không mong muốn nhất.

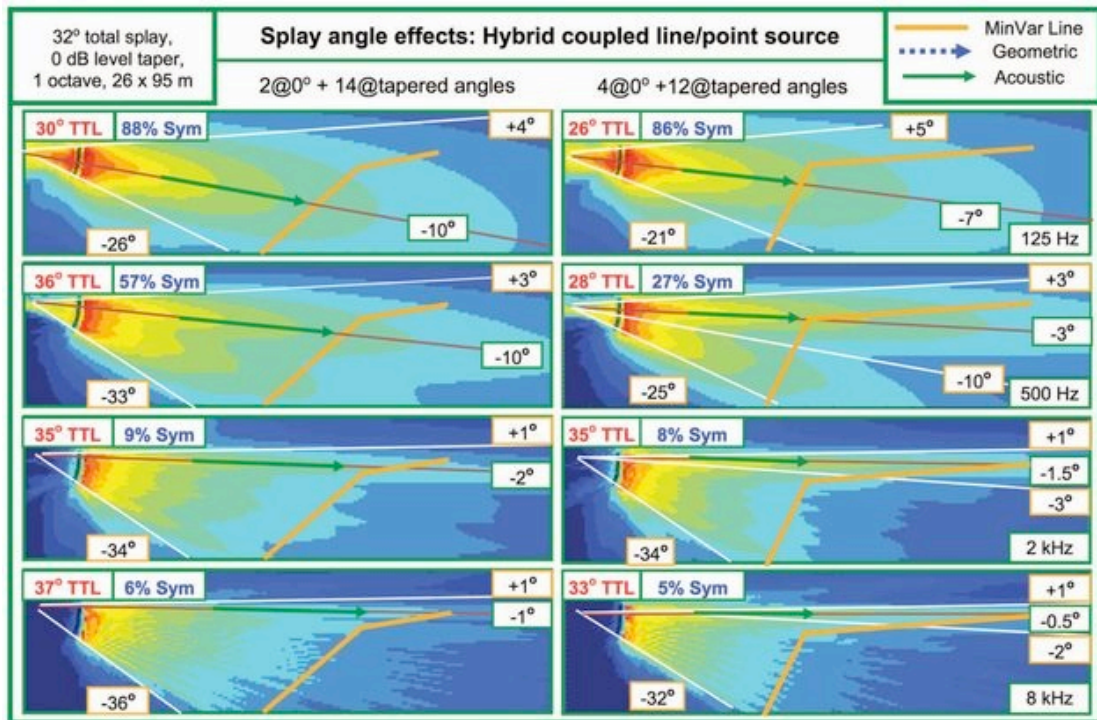
Đừng trộn hai loại array lại vì luồng âm tập trung của nguồn line chuyển năng lượng ra khỏi điểm phát tán. Ghép nối làm tăng mức độ trên trục, thu hẹp luồng âm đủ để đưa nó vượt tầm của bộ phận lan truyền. Năng lượng từ những phần tử bị cô lập hướng tâm không thể kết hợp với độ dốc của kim tự tháp song song. Hàn gắn việc phân ly khi tần số rơi xuống và chổng chéo trội lên ở cả hai loại array.

Về lâu dài, những nỗ lực lai tạo để trộn hai dạng không thể kết hôn với nhau: kim tự tháp biến thiên và đường cung cố định (hình 9.42). Nhớ lại, nguồn line ghép vẫn giữ được luồng âm tỷ lệ thuận với những phần tử của nó, trong khi đó nguồn điểm ghép lại làm phẳng nó. Có thể làm góc mở nổi loa tốt nhất, thay đổi hình dạng của nó theo tần số đến một cái nào đó không? Tôi không có ý kiến.

Có thêm phức tạp. Nguồn line ghép phải trải qua giai đoạn biến thái của nó trước khi trở thành loa có luồng âm cân xứng đơn giản. Nguồn line ghép cho biết thêm phần mở rộng bên cạnh nguồn điểm ghép hoàn chỉnh, tạo thành dạng "J" kết hợp. Đó là hôn nhân ngắn hạn, cách nhau xa hơn khi nguồn line phát triển tiếp tục, thành sự kết hợp hoàn chỉnh. Hình dạng nguồn line không ổn định theo khoảng cách, trong

Kết hợp

khi nguồn điểm lại khá ổn định. Hình dạng ổn định khi đặt đỉnh kim tự tháp ở tất cả tần số, nhưng hình dạng hoàn chỉnh của nguồn line không có khả năng kết nối với hàng xóm bên dưới.



Hình 9.41A Hiệu ứng góc mở bất đối xứng so với tần số cho nguồn line/điểm ghép

Việc phân bố 4/12 làm giảm sự bổ sung trên trục và làm giảm nguồn line thu hẹp. Đáp ứng HF thể hiện độ hơi dày trong khu vực sát nhập, giữa vùng tập trung và khu vực lan truyền, nhưng khuynh hướng chính vẫn còn. Súng có nạp đạn vẫn nhắm vào khán giả. Nòng súng vẫn tồn tại cho phân bố 2/14.

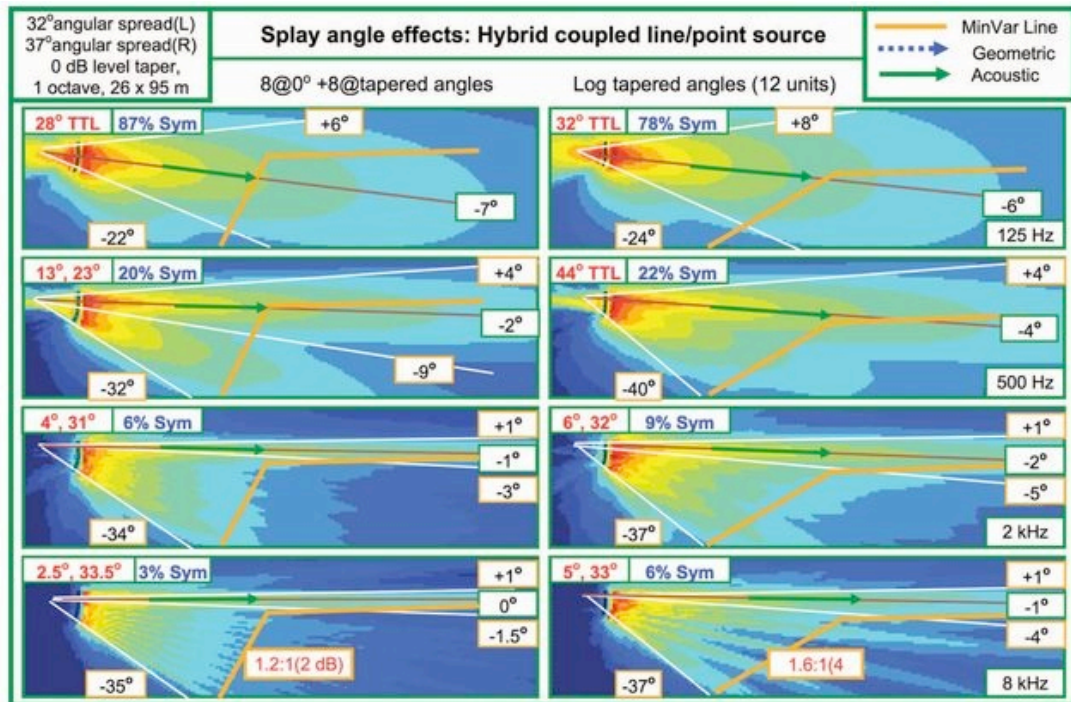
Kịch bản khác là vượt góc theo "log", do hãng sản xuất loa khuyến cáo. Đây thật sự là dạng nguồn điểm bất đối xứng, vì không có góc 0°. Góc ban đầu quá nhỏ (0.2°), giống như array lai hơn nguồn điểm bất đối xứng đã bao gồm trước đây. Nòng súng vẫn còn trong tầm nhìn đáp ứng HF.

9.5 Phương sai âm phổ của array không ghép -- Spectral Variance of Uncoupled Arrays

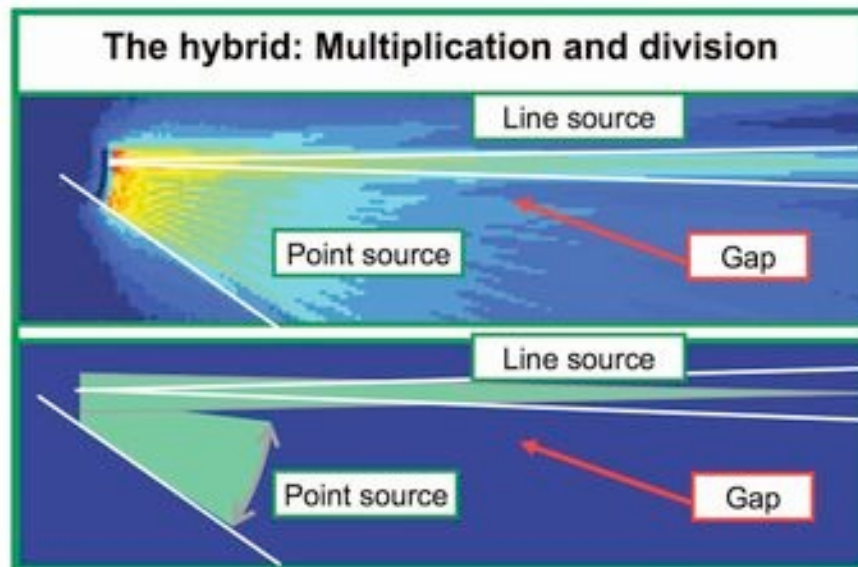
Nghiên cứu của chúng ta về array ghép cho thấy những thách thức để tạo ra đường viền mức độ nhất quán theo tần số. Đây chỉ là "đi dạo trong công viên" so với mối nguy của array không ghép. Bây giờ phương sai gợn trở thành lực định vị do độ dịch chuyển những phần tử không ghép khá lớn. Những thuộc tính không gian phụ thuộc tần số của cộng âm đóng vai trò chính trong cách chúng ta tiếp cận phương sai âm phổ tối thiểu trong array không ghép. Khi tìm ra độ dịch chuyển và chồng chéo đáng kể cùng lúc, hy vọng phương sai âm phổ tối thiểu sẽ đi kèm với nó. Chúng ta không thể chạy qua tất cả phép lập có thể, thay vào đó, tập trung vào hướng, nơi thành công có giới hạn sẽ khả thi.

Array không ghép có thể tạo ra một hình dạng phù hợp hợp lý theo ba hướng: bên, hướng tâm và về phía trước. Ứng dụng thí dụ sẽ bộc lộ khuynh hướng theo những hướng này.

Chương 9



Hình 9. 41B Hiệu ứng góc mở xéo bất đối xứng so với tần số cho nguồn lai line/điểm ghép



Hình 9.42 Hình dạng bao quát cho thành phần của nguồn lai line/điểm ghép

9.5.1 Nguồn line không ghép -- Uncoupled line source

9.5.1.1 Nguồn line không ghép đối xứng -- Symmetric Uncoupled Line Source

Chúng ta bắt đầu bằng nguồn line không ghép đối xứng (Hình 9.43). Khu vực có độ phương sai tối thiểu chạy từ 50% đến 100% dạng FAR như đã thảo luận ở phần trước (phần 8.6.2). Chiều sâu bao quát bị giới hạn bởi phương sai gợn vì không có góc cô lập. Đo độ thành công bằng tính nhất quán của điểm

Kết hợp

bắt đầu và điểm dừng (vùng đồng nhất và giới hạn). Do đó, dạng kết hợp phù hợp đòi hỏi hình dạng phần tử nhất quán, ưu ái loa bậc một. Khi tăng thứ bậc loa lên, những khu vực bắt đầu và dừng chỉ có giải tần high di chuyển về phía trước, bỏ lại giải mid và low phía sau. Khi mở rộng khoảng cách, điểm bắt đầu và điểm dừng sẽ tỷ lệ tương ứng. Tần số không có tỷ lệ, do đó phương sai gợn sẽ khác với độ dịch chuyển. Tác động của những biến thể này đã thể hiện trước đây trong nhiều hình ở chương 4 nên ở đây bỏ qua.

9.5.1.2 Nguồn line không ghép bất đối xứng -- Asymmetric Uncoupled Line Source

Chúng ta chuyển tiếp bằng thí dụ về sự thay đổi hình dạng với nguồn line không ghép (hình 9.44 và 9.45). Có vô số cách trộn ba biến thể sau: mức độ tương đối, khoảng cách và thứ bậc của loa. Cho ngắn gọn, chúng ta sẽ tái chế hai kịch bản minh họa phương sai mức độ trong hình 9.19, bây giờ thêm những thông tin về phương sai âm phổ cho những cấu hình khoảng cách đồng nhất bù trừ.

Kịch bản đầu tiên sắp xếp những điểm xuất phát, tạo ra đường chéo đồng nhất, trong khi cái thứ hai sắp xếp nó xen kẽ để tạo ra đường thẳng (ở một vị trí). Đáp ứng HF chứa nhiều hình dạng rõ ràng nhưng hỗn độn bên dưới nó. Sự cô lập theo mức độ là đủ trong giải HF vì sự kiểm soát hướng ở đó. Việc thiếu sự cô lập ở tần low sẽ khiến cho loa yếu ớt khi nhận được âm huệ từ những nguồn vượt trội đến trễ. Ở đây chúng ta có ba lựa chọn chính: bắt đầu việc lưu giữ LF cho những phần tử vượt trội (thí dụ như lần cực low xuống những đơn vị nhỏ), xử dụng những phần tử có kiểm soát định hướng trong LF (khó làm việc này với loa nhỏ) hay sống với thật tế là giải LF nằm trong vùng chài. Sự hội tụ độ dịch chuyển cao, chồng chéo cao, bất đối xứng và định hướng thấp tạo ra câu đố không thể giải quyết. Điều này không có nghĩa là chúng ta không bao giờ nên xử dụng nguồn line bất đối xứng không ghép, đơn giản là giữ cho kỳ vọng của chúng ta biết thật tế về những cái chúng ta có thể làm với nó.

Kịch bản xen kẽ cũng phải đối mặt với những thách thức và chi phí như vậy. Mô hình cô lập và chài có cùng vị trí trong âm phổ nhưng ở vị trí trong phòng khác nhau.

Ở đây, định hướng khác đi giống như giải pháp tốt, vì sự chồng chéo lên nhau tạo ra vấn đề. Điều này là đúng nhưng không phải theo cách dự kiến. Nếu thay đổi sang loa bậc hai hay ba, chúng ta có thể sẽ làm cho vấn đề tồi tệ hơn, vì vấn đề này là kiểm soát LF chứ không phải HF. Phần tử lý tưởng cho array này có luồng âm phẳng cho toàn bộ giải của nó. Điều này sẽ cho chúng ta mức độ cô lập như nhau trên toàn bộ âm phổ và tạo ra hình dạng kết hợp đồng nhất tối đa. Ít nhất, phần tử bậc cao cũng có khả năng có chiều rộng luồng âm phẳng mở rộng. Có thể, nhưng sẽ có vài loại kích cỡ (thí dụ: array horn, parabol hay cột-collum).

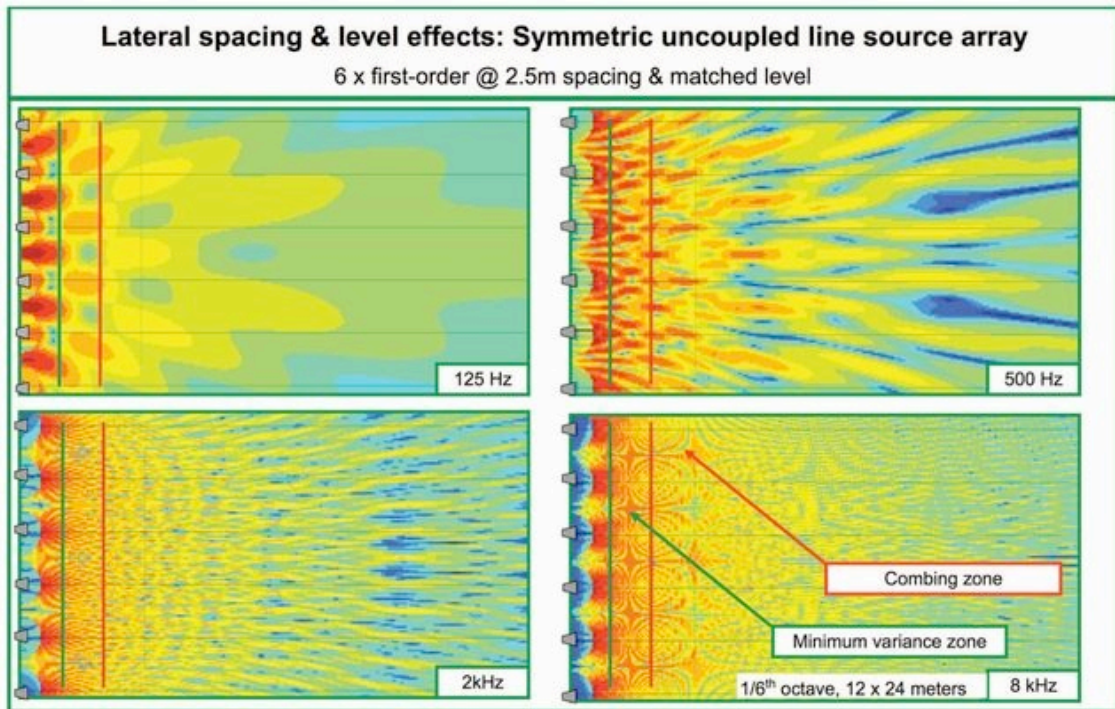
Tất cả tốt rồi và sẽ tốt hơn nếu kết luận, việc xử dụng những array như vậy nên bỏ rơi việc phải có array ghép thật mạnh và phương sai nhỏ. Nhưng chúng ta không thể. nguồn line và điểm không ghép bất đối xứng vào cuộc khi chúng ta nhìn thấy bức tranh toàn cảnh. Lùi bước, nhìn vào hình này và thay thế từng phần tử riêng bằng array ghép. Ở phía trên cùng là hệ chính high, nằm trên cùng bức tường phía ngoài trước sân khấu. Tiếp theo là hệ chính low cách bức ba mét. Sau đó, chúng ta có hệ frontfill. Sự kết hợp của những array ghép này sẽ hoạt động như array không ghép bất đối xứng. Dệt ra bức tranh toàn cảnh bằng nhiều cái nhỏ.

9.5.2 Nguồn điểm không ghép -- Uncoupled point source

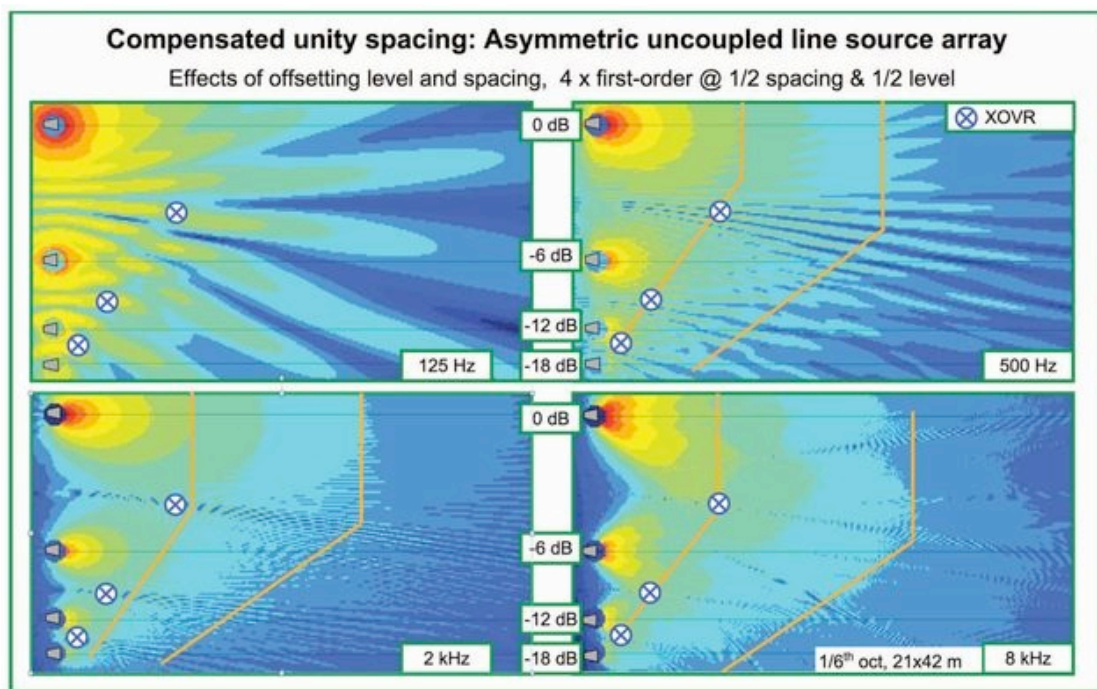
Array nguồn điểm không ghép có đường biểu diễn phương sai mức độ tối thiểu sẽ xác định điểm bắt đầu và dừng bằng sự dịch chuyển và góc chồng lên nhau. Đáp ứng của hệ thống bậc hai, thể hiện trong hình 9.46. Khu vực kín cho thấy có phù hợp cao theo tần số, mặc dù không miễn dịch với phương sai gợn khi tần số rơi. Có thể thực hiện phiên bản bất đối xứng dưới nhiều hình thức khác nhau: mức độ,

Chương 9

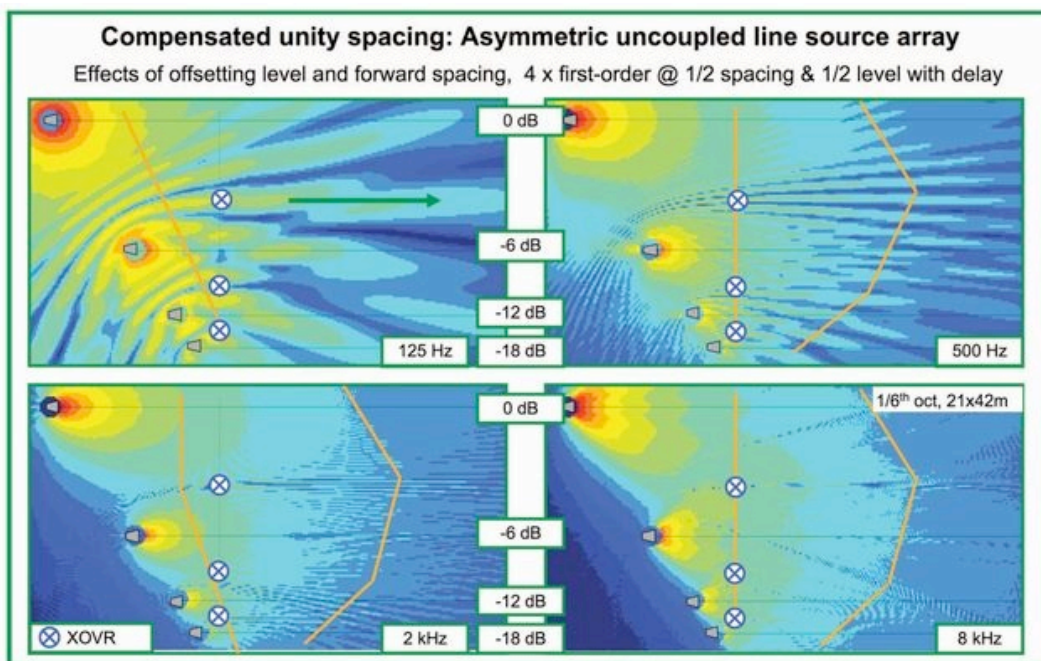
góc và thứ bậc của loa. Khuynh hướng của những hành động này phần lớn phù hợp với những khuynh hướng đã thảo luận.



Hình 9.43 Hình dạng bao quát so với tần số cho nguồn line không ghép



Hình 9.44 Hiệu ứng khoảng cách đồng nhất đã bù so với tần số cho nguồn line không ghép bất đối xứng (ban đầu không phù hợp)



Hình 9.45 Hiệu ứng khoảng cách đồng nhất bù trừ so với tần số cho nguồn line không ghép bất đối xứng (ban đầu không phù hợp)

9.5.3 Điểm đến điểm không ghép

Sự kết hợp của hai nguồn di chuyển về phía trước và hoạt động ở nhiều mức độ khác nhau, tương tác với giới hạn chiều sâu (thí dụ: hệ thống chính và delay). Yếu tố quyết định là khoảng cách và mức độ. Hai nguồn sẽ có mức độ tương ứng ở vài khoảng cách chuyển tiếp, điểm crossover không gian. Cả hai nguồn sẽ bị mất mức độ khi nó tiến lên tiếp tục, nhưng ở nhiều giá trị khác nhau. Tồn thất là bất đối xứng vì nó dựa trên khoảng cách gấp đôi riêng từ nguồn. Loa hệ chính xa hơn dần dần trở nên nổi trội mức độ sau điểm crossover. Kích cỡ khu chuyển tiếp phụ thuộc vào tỷ lệ phạm vi đến điểm gấp crossover. Kích cỡ của khu vực bị ảnh hưởng tỷ lệ nghịch với tỷ lệ mức độ/phạm vi, thể hiện ở hình 9.19.

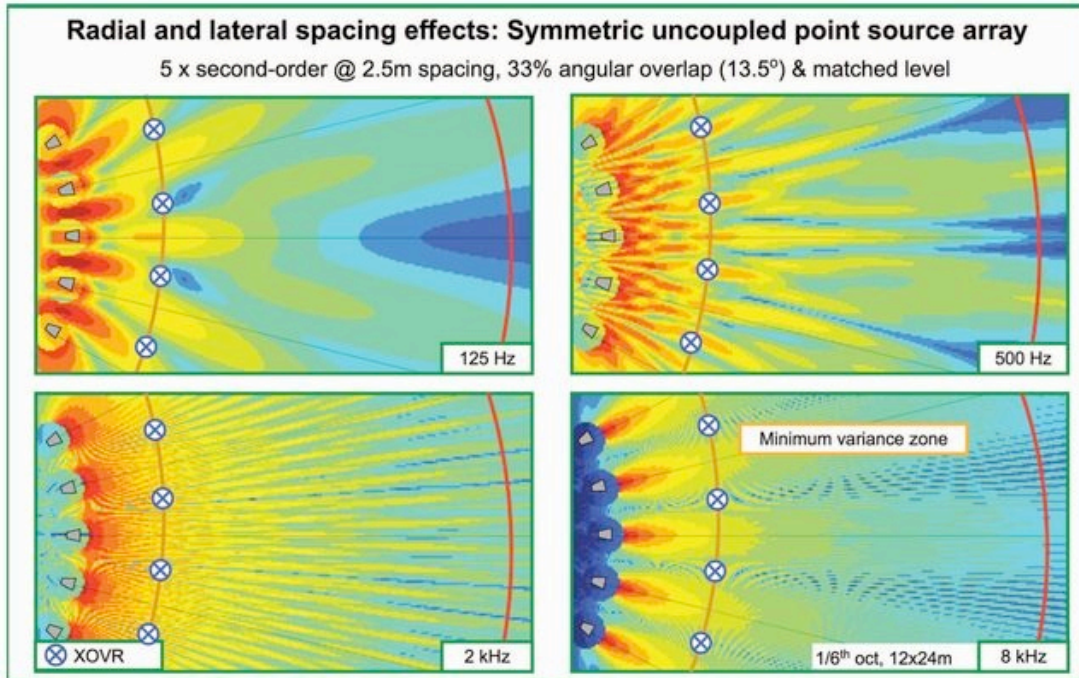
Tạo ra điểm crossover không gian có cùng khoảng cách trong tất cả trường hợp của kịch bản thí dụ (Hình 9.47). Bù phạm vi và tỷ lệ mức độ để tạo ra kết hợp đáp ứng tại XOVR. Mức độ kết hợp tại XOVR, không trùng hợp, so sánh với chiều sâu điểm giữa của vùng bao quát từ nguồn chính (ONAX A điển hình).

Hãy bắt đầu với tỷ lệ phạm vi là 2:1. Tỷ lệ phạm vi từ nguồn duy nhất này sẽ tạo ra khác biệt mức độ 6dB bởi luật bình phương nghịch đảo. Suy giảm của loa chuyển tiếp bằng gấp đôi cái 6dB này. Cả hai đều đến điểm gặp nhau ở mức độ quân bình và kết hợp để khôi phục lại đến 0dB. Tỷ lệ hao hụt trên khoảng cách xa XOVR với loa chuyển tiếp lớn hơn, do đó nó giảm dần dần, ra khỏi phương trình kết hợp khi di chuyển về phía trước. Nhiều bước lặp lại trong thí dụ của chúng ta di chuyển theo tỷ lệ khoảng cách gấp đôi và giảm mức gia tăng 6dB. Kết quả là mức độ không đổi tại XOVR nhưng giảm một cách ổn định trong phạm vi tương tác, cả trước và sau crossover không gian. Tỷ lệ cao làm giảm tác động "trôi nổi" xấu từ loa ở xa, nhưng cũng làm giảm phạm vi mở rộng về phía trước.

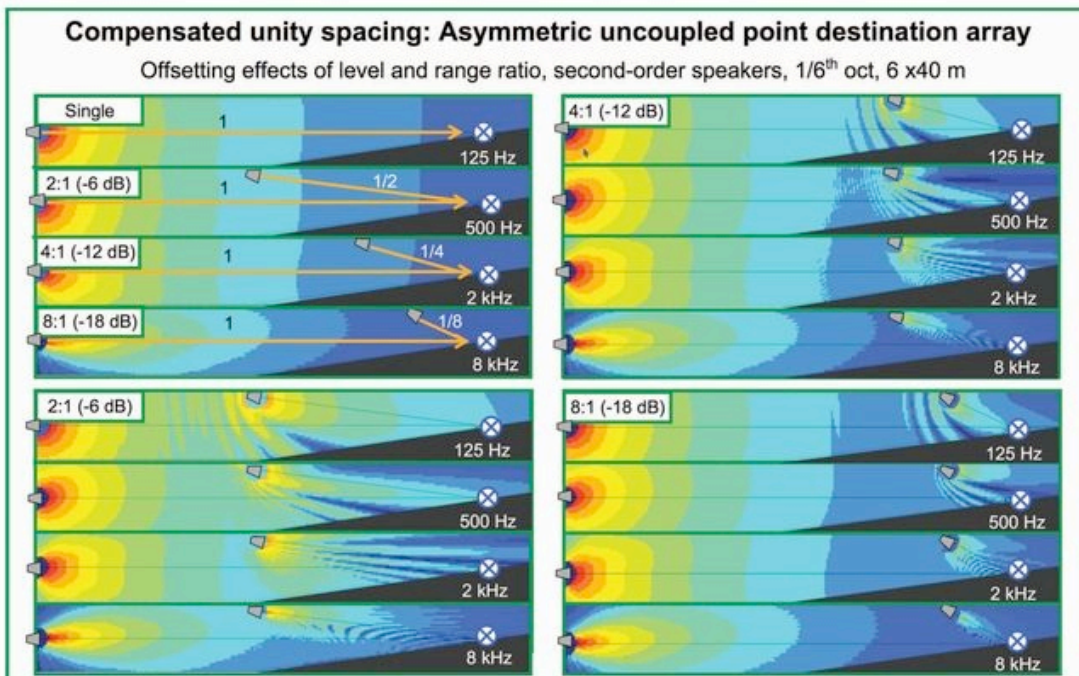
Mức độ trong khu vực không gian xấu sẽ tăng lên 6dB từ đường cơ sở trong tất cả trường hợp, đó là âm thanh tương đương với việc chuyển khán giả về phía trung tâm phòng. Kịch bản 2:1 có thể hãm mức độ hao hụt ở phía sau phòng nhưng phải trả giá về phương sai gần loa delay. Gợn cao nhất giữa những nguồn, đặc biệt là gần phía sau loa delay. Điều này là do thời gian bù giữa những nguồn, thiết

Chương 9

lập để sắp xếp phase tại crossover không gian. Khu vực "trôi nổi" phía sau loa delay này là tính năng có thể nhận biết trong khi thảo luận về tam giác của chúng ta: Nó nằm trên đường thẳng có phương sai gợn tối đa giữa hai nguồn. Những kịch bản 4:1 (-12dB) và 8:1 (-18dB) có ít sự chuyển tiếp hơn và tỷ lệ trôi nổi nhỏ hơn.



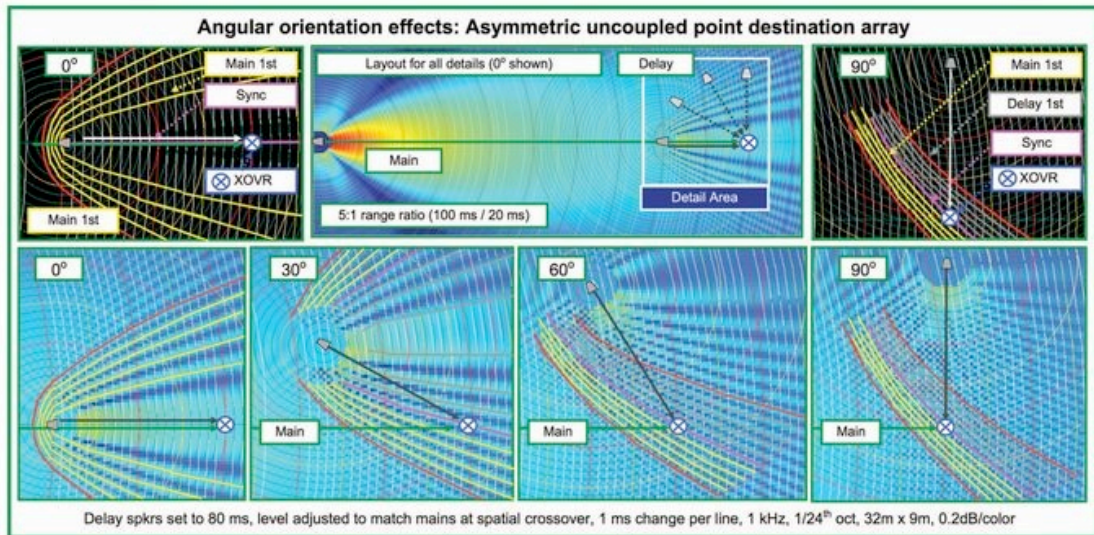
Hình 9.46 Hình dạng bao quát so với tần số cho nguồn điểm không ghép



Hình 9.47 Mức độ và tỷ lệ phạm vi áp dụng cho array điểm đến điểm không ghép bất đối xứng

Kết hợp

Yếu tố thứ yếu là định hướng góc của loa. Hình 9.48 cho thấy tác động của nhiều hướng góc khác nhau với cùng tỷ lệ khoảng cách. Mỗi hướng định hướng tạo ra đường thời gian quân bình khác nhau, ngược với đường mức độ quân bình, tạo ra trong bài tập trước đây. Đồng bộ hóa delay tại XOVR và đánh dấu "đồng bộ- sync" trên đường viền thời gian quân bình trong bản vẽ. Đường này chỉ thị những vị trí giữ nguyên thời gian giữa những loa. Những đường cộng thêm cho thấy các khoảng bù thời gian gia tăng từ 1ms lên 5ms. Giới hạn 5ms chỉ thị phạm vi hiệu ứng lọc lọc sẽ mở rộng xuống 100Hz, đủ thấp để làm suy giảm toàn bộ phạm vi hoạt động của hầu hết delay.



Hình 9.48 Hiệu ứng định hướng góc, áp dụng cho array điểm đến điểm không ghép bất đối xứng

Loa delay dẫn hướng hệ chính ở vài chỗ và tụt hậu ở những chỗ khác. Khuynh hướng đầu tiên đáng chú ý là góc mở tăng sẽ làm giảm khu vực xử dụng được (trong giới hạn 5ms). Đường khuynh hướng thứ hai theo dõi quan hệ thời gian và mức độ bù. Lưu ý, loa delay nằm phía trước loa chính ở khu vực ngoài XOVR. Nhớ lại, tỷ lệ hao hụt theo khoảng cách gấp đôi có lợi cho loa chính. Chúng ta có yếu tố bù trong cuộc chiến về hình ảnh âm thanh (phần 5.5.4.2 và 8.4). Hình ảnh vẫn không đổi khi chúng ta di chuyển sâu hơn do những yếu tố bù. Hệ chính dẫn hướng đúng lúc chúng ta di chuyển về phía trước của XOVR và hệ delay dẫn trong mức độ (cho đến khi chúng ta di chuyển ra trực). Một lần nữa, dịch chuyển cạnh tranh lại tạo ra bề tắc hình ảnh.

Sơ đồ giữa cho thấy hướng tăng lên theo tần số giảm trong vùng trôi nổi giữa hệ chính và delay. Khoảng tương tác thu hẹp lại như bị tổn thương vì sự gia tăng gợn (hướng so với bước sóng ngắn hơn), lại hiệu ứng bù khác.

Chúng ta hãy quay về hình 9.48 và tập trung vào việc thay đổi tỷ lệ phạm vi, thay đổi quan hệ góc giữa những nguồn. Góc định hướng bên trong của loa delay tăng khi nó di chuyển sâu vào hội trường hơn, làm tăng phương sai gợn (xem hình 4.52 và 4.53). Dòng chảy trôi nổi không đáng kể và phạm vi của cộng âm nhỏ tới 8kHz khi đạt độ cô lập đến mức tối đa. Những sự bổ sung nhỏ như vậy đang tiến triển theo hướng mục tiêu của chúng ta. Chúng ta đã cải thiện mức độ đồng nhất phía trước/sau và giảm tỷ lệ reverb trực tiếp (dạng phương sai giảm gợn khác) ở phía sau. Những lực lượng vượt trội trong phương sai gợn ở phía sau hội trường sẽ là những phản dội trong phòng và âm thanh trực tiếp, thậm chí với hiển thị gợn, vẫn có triển vọng giảm gợn tổng thể khá cao. Điều này cũng làm giảm phương sai âm phổ bằng cách phục hồi vài mức hao hụt không khí của loa HF chính.

9.6 Tóm tắt về phương sai tối thiểu -- Minimum-Variance Inventory

Bây giờ chúng ta có thể dự trữ và sắp xếp nhiều phần tử và loại array khác nhau. Điều này sẽ chuẩn bị cho chúng ta chọn những tùy chọn tốt nhất cho thiết kế của chúng ta.

9.6.1 Sơ lược về đặc tính

Ứng dụng cho loa bậc một

- Thích hợp nhất cho những ứng dụng một phần tử có tỷ lệ phạm vi nhỏ.
- Ít phù hợp với sự chõng chéo góc tỷ lệ cao.
- Ít thích hợp cho ghép công suất.
- Không đảo hướng luồng âm khi tăng tần số. Độ bao quát phải không đổi (không mở rộng ở tần số cao hơn) khi đã đạt đến phần đoạn bằng.
- Nên ghép array loa tại hay gần góc mở đồng nhất của đoạn bằng luồng âm.

Ứng dụng cho loa bậc hai

- Phù hợp nhất cho những ứng dụng một phần tử có tỷ lệ phạm vi trung bình.
- Thích hợp cho việc kết hợp công suất.
- Không đảo hướng luồng âm (như ở trên cho bậc một).
- Nên dàn loa tại hay gần góc mở đồng nhất của đoạn bằng luồng âm.

Ứng dụng cho loa bậc ba (Luồng âm cân xứng)

- Ít thích hợp cho những ứng dụng một phần tử.
- Phù hợp với sự chõng chéo góc tỷ lệ cao.
- Phù hợp cho việc kết hợp công suất nhất.
- Luồng âm thu hẹp dọc cân xứng không đảo hướng khi tăng tần số.
- Nên đặt loa có góc mở lớn hơn 0° .

Năng lượng so với những cân nhắc phương sai khác

- Array ghép có thể tăng khả năng năng lượng vượt quá một phần tử duy nhất mà vẫn duy trì phương sai tối thiểu theo khoảng cách dài.
- Nguồn điểm kết hợp có khả năng tối đa hóa năng lượng bổ sung trong khi vẫn duy trì phương sai tối thiểu trong giải tần và khu vực không gian rộng.
- Nguồn line ghép có thể cung cấp năng lượng không giới hạn nhưng không có khả năng phương sai âm phổ tối thiểu.
- Mức độ vượt giảm bất đối xứng có thể làm giảm phương sai trên không gian bất đối xứng, với sự cân bằng về khả năng năng lượng giảm tổng thể tại trung tâm hình học của array.
- Array không ghép có thể làm tăng khả năng phân phối năng lượng ngoài một phần tử. Chỉ có thể duy trì phương sai tối thiểu trong phạm vi hạn chế.

Kết hợp

Hình dạng bao quát phương sai tối thiểu chính

- Hình chữ nhật (phiên bản FAR): như thấy trong từng phần từ riêng.
- Hướng tâm-Hình quạt-Radial: như thấy trong nguồn điểm đối xứng. Phiên bản ghép nối chỉ bị giới hạn bởi mất độ lan truyền và phương sai âm phổ từ sự hao hụt trong không khí (HF). Phiên bản không ghép bị giới hạn bởi phương sai gợn gây ra bởi chồng chéo.
- Hai bên: như thấy trong nguồn line không ghép.
- Đường chéo: như thấy trong nguồn điểm bất đối xứng.
- Chuyển tiếp-Forward: như thấy trong điểm đến điểm không ghép bất đối xứng (hệ thống delay).

9.6.2 Thực đơn phương sai tối thiểu

Đã đánh giá những khối xây dựng cho hệ thống chính và hệ thống phụ của chúng ta. Chúng ta có menu nhiều lựa chọn để lấp đầy vào không gian âm thanh. Lựa chọn đầu tiên, món khai vị, là loa đơn.

Nguyên tắc phương sai tối thiểu cho loa đơn

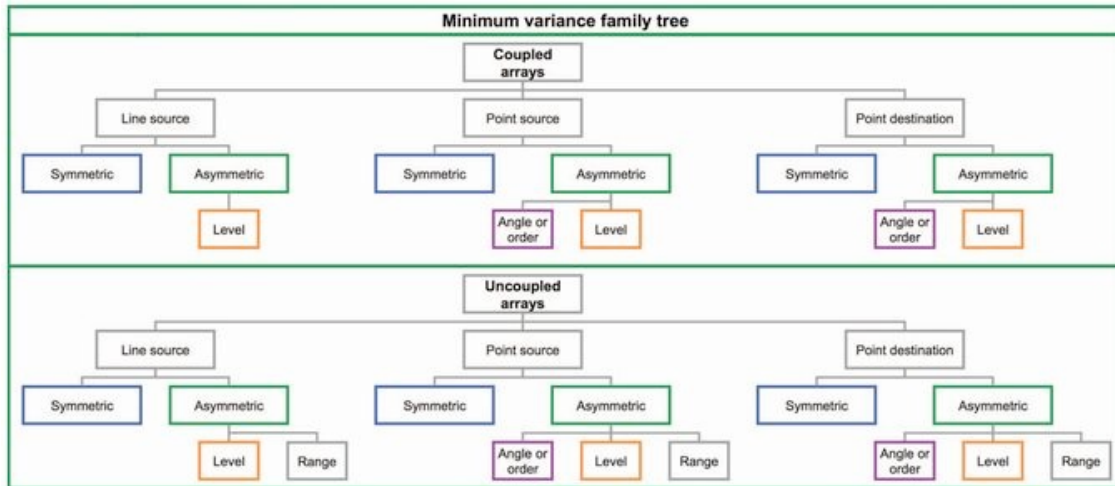
- Giảm thiểu tỷ lệ phạm vi: Đặt loa để giảm thiểu tỷ lệ phạm vi trong ít nhất một mặt phẳng. Điều này có thể bị giới hạn bởi việc quan tâm về hình ảnh âm thanh (thí dụ: cụm trung tâm cao) hay tầm nhìn (thí dụ: cố gắng hạ thấp cụm trung tâm). Frontfill là trường hợp tỷ lệ phạm vi cao do tầm nhìn khác. Lưu ý: Cũng mang việc tới trước này cho array nữa.
 - Xử dụng loa bậc thấp: Phương sai âm phổ thấp của loa bậc một và hai làm cho nó trở thành sự lựa chọn ưa thích cho những ứng dụng solo. Chỉ có thể xử dụng loa bậc ba làm solo khi vùng bao quát hầu như là hai chiều (thí dụ: hệ frontfill chỉ nhắm vào mặt phẳng khán giả phẳng).
 - Đối xứng bổ sung: Phù hợp với tính chất đối xứng (Định hướng đối xứng cho hình dạng đối xứng, Định hướng bất đối xứng cho hình dạng bất đối xứng).
 - Phù hợp hình dạng (ngang): Phù hợp với hình dạng loa (FAR) với hình dạng khu vực khán giả.
 - Kết hợp hình dạng (dọc): Phù hợp với đường MV của loa với mặt phẳng người nghe.
 - Hạn chế: Xử dụng array thay vì một phần tử khi tỷ lệ phạm vi vượt quá 2:1 hay nếu vùng bao quát tràn quá nhiều vào bề mặt phòng.
- Hệ chính là array ghép. Điều này sẽ lấp đầy phần lớn không gian. Menu hiển thị trong hình 9.49.

Nguyên tắc phương sai tối thiểu cho array nguồn điểm

- Lấp đầy hình dạng hướng tâm: Array phải lấp đầy góc cung của hình dạng khán giả. Số lượng phần tử đã yêu cầu sẽ phụ thuộc vào thứ bậc loa của phần tử. Loa bậc thấp phải có mức chồng chéo tối thiểu. Hệ thống bậc cao có thể chồng chéo để bổ sung năng lượng tối đa.
- Làm phẳng luồng âm: Xử dụng cô lập để định dạng HF và chồng lên nhau để định dạng LF.
- Giảm thiểu độ dịch chuyển: giữ những phần tử càng gần nhau càng tốt. HF chồng thật cao là vấn đề dịch chuyển quan trọng nhất.
- Bù tỷ lệ phạm vi: Phân bổ nguồn và điều khiển hướng phải đối chiếu theo tỷ lệ phạm vi (thí dụ: chúng ta cần gửi nhiều hơn 6dB về phía sau mặt trước của không gian với tỷ lệ phạm vi 2:1). Mô hình khác nhau, tỷ lệ phần trăm chồng chéo, mức bất đối xứng hay tất cả loại bên trên có thể đạt điều này.

Chương 9

Bây giờ phục vụ món tráng miệng: array không ghép. Nó theo hệ chính cũng như chúng ta giữ nó tương đối nhỏ. Array không ghép có thể kết hợp nhiều loa đơn hay array ghép trước đây nhưng nó chỉ có thể duy trì phương sai tối thiểu trong giải giới hạn. Vì vậy, nó bao gồm những phần tử bậc một hay hai điển hình (hay array ghép giống như phần tử bậc một hay hai). Cũng hiển thị menu trong hình 9.49.



Hình 9.49 Cây phá hệ của phương sai tối thiểu

Nguyên tắc phương sai tối thiểu cho array không ghép

- **Cô lập:** Đạt sự cô lập bằng cách bù góc, dịch chuyển, hay cả hai. Ngoại lệ: hệ delay.
- **Đặt phạm vi:** Chiều sâu array không ghép bắt đầu (và kết thúc) bằng cách chồng chéo nhau. Trước khi chồng chéo, đáp ứng chủ yếu là một phần tử. Sự chồng chéo của những phần tử liền kề bắt đầu từ vùng bao quát của array (đường đồng nhất) và chồng chéo của những điểm kết thúc không liền kề nó (đường giới hạn).
- **Chia tỷ lệ mức độ:** Có thể điều chỉnh array không ghép theo mức độ tương đối đến chiều sâu thích hợp.
- **Xử dụng phần tử bậc thấp:** Thay đổi chiều rộng luồng âm trong chiều sâu hoạt động phụ thuộc tần số (MF có thể vượt quá đường giới hạn trước khi HF đạt đến đường đồng nhất). Loa có luồng âm bậc thấp phải bảo đảm có phương sai tối thiểu về chiều sâu hoạt động.

