

# Chương 7

## Dự đoán -- Prediction

Bắt đầu dự đoán bằng tầm nhìn về những mục tiêu thiết kế và (hy vọng) kết thúc bằng thiết kế tối ưu hóa thành công. Điều này luôn đúng, cho dù thực hiện ra nó có trợ giúp bằng bản vẽ CAD và phần mềm phức tạp, bằng khăn ăn, thước đo góc hay quả cầu pha lê và người đọc bài Tarot hay không. Dự đoán cho phép chúng ta điều tra nhiều tình huống khác nhau mà không cần trang bị. Chúng ta chọn mô hình loa, vị trí, góc tập trung và thậm chí cả cài đặt bộ xử lý. Đã cài đặt thiết kế dự đoán xong và bắt đầu tối ưu hóa.

Phép đo hiện trường có thể chứng minh hay bác bỏ dự đoán. Sự tín nhiệm của chúng ta với tư cách là người thiết kế xoay quanh vào việc liệu sắp xếp hệ thống có đáp ứng mục tiêu thiết kế hay không. Thiết kế thành công chỉ cần tinh chỉnh trong quy trình tối ưu. Thiết kế không thành công đòi hỏi phải thay đổi tốn tiền và thời gian vì những vấn đề đã tiết lộ trong quy trình tối ưu. Thất bại có thể là kết quả của những dự đoán không chính xác hay lỗi cách đọc những dự đoán chính xác. Hay trên bộ phân tích của chúng ta sẽ giống nhau.

Đây là quan hệ tuần hoàn: đo và dự đoán. Rốt cuộc, dữ liệu dự đoán đến từ đo lường trong phòng thí nghiệm và đo lường hệ thống trên hiện trường, xuất phát từ dự đoán. Phép đo hiện trường kiểm tra lý thuyết cơ bản của thiết kế. Rồi chứng minh và củng cố những phần thành công. Khu vực nào mà phép đo bác bỏ dự đoán cho thấy chúng ta cần dự đoán tốt hơn hay hiểu nó rõ hơn. Những quy trình này nâng cao lẫn nhau trong chu kỳ phát hiện.

Công cụ dự đoán và đo lường phải chia sẻ ngôn ngữ chung. Dự đoán phải mô tả sự truyền âm thanh khi chúng ta đo được. Phép đo phải mô tả âm thanh khi chúng ta cảm nhận ra nó. Tai là bộ phân tích có độ chính xác cao, đặt ra ngưỡng đáy cao để dự đoán và đo. Về cơ bản, những quy trình này đều giống nhau, cho dù chúng ta xử dụng chương trình thiết kế máy tính 3D (CAD) để mô phỏng âm thanh hay bằng bút chì và khăn ăn. Đó là phương trình hai phần: bản vẽ và dự đoán đáp ứng âm thanh. Mục đích để xác định loại loa tốt nhất, xác định vị trí và nhắm mục tiêu cho không gian bằng bản vẽ. Xác định hình dạng của không gian trong bản vẽ, hình dạng của loa bằng thước đo góc, thước đo hay chương trình dự đoán.

### **Chúng ta cần cái gì từ bản vẽ**

- Hình dạng vĩ mô trong tòa nhà.
- Vị trí sân khấu.
- Vị trí khán giả.
- Loại trừ đường nhìn-Sightline (vùng không có loa).
- Chỗ có thể đặt loa (và/hay không thể).
- Chi tiết bề mặt (vùng phản dội, vùng hấp thụ).
- Cấu hình biến đổi (hố dàn nhạc, sân khấu mở rộng, tường di chuyển, v.v).

### **Những cái chúng ta cần từ dự đoán hệ thống âm thanh**

- Truyền tải loa khu vực tự do (bao quát và SPL tối đa).
- Cộng âm giữa loa/loa.

## Dự đoán

- Cộng âm giữa loa/phòng.
- Tác động môi trường truyền dẫn (không khí).

### 7.1 Bản vẽ -- Drawings

Bản vẽ bao gồm từ bản thiết kế sang những loại file CAD (.dwg, .dxf, ...) ở định dạng 2-D và 3-D. Loại bản vẽ 2-D phổ biến nhất và chức năng của nó thể hiện trong hình 7.1.

Quan hệ giữa kế hoạch và mặt cắt thể hiện trong hình 7.2. Nếu đang làm việc với bản vẽ CAD 3-D, bạn sẽ không cần tôi giải thích cách đọc nó.

Parameter	X/Y	Viewpoint	Function
1F Plan	L/W	Looking down on the main floor	Speaker locations, horizontal coverage, aim
2F plan	L/W	Looking down on the upper floor	Speaker locations, horizontal coverage, aim
Reflected Ceiling Plan	L/W	Looking down through the ceiling	Speaker locations, mounting details
Section, Longitudinal	L/H	From horizontal center to side wall	Speaker locations, front/back vertical coverage, aim
Cross section, Transverse	W/H	From front/back center to stage or rear wall	Speaker locations, side/side vertical coverage, aim
Interior Elevation	L/H or W/H	Interior wall surface (side, front or rear)	Speaker locations, mounting details
Exterior Elevation	L/H or W/H	Exterior wall surface (side, front or rear)	Speaker locations, mounting details

Hình 7.1 Bản vẽ 2-D tiêu chuẩn

#### 7.1.1 Mặt phẳng dọc -- Vertical plane

Vùng bao quát mặt phẳng dọc kéo dài từ trên xuống dưới và trước ra sau. Mục tiêu thiết kế tiêu chuẩn là bao quát đồng nhất trong mặt phẳng này. Bao phủ lên mô hình loa dọc và mặt cắt của phòng để phân tích độ bao quát. Mục tiêu là đường nối chiều cao đầu người nghe, hiển thị đường chạy từ trước ra sau ở nhiều mức độ khác nhau. Không cần quan tâm khoảng hở bao quát trong không khí phía trên khán giả hay chổng chéo dưới chân của người nghe. Khai thác chiều cao đầu người. Mặt phẳng dọc khá đơn giản vì khoảng cách giữa nguồn tới người nghe nói chung gần với những khoảng cách thật tế. Thiết kế cho vùng bao quát đồng nhất ở mức độ người nghe có thể mang lại kết quả dự tính.

#### 7.1.2 Mặt phẳng ngang

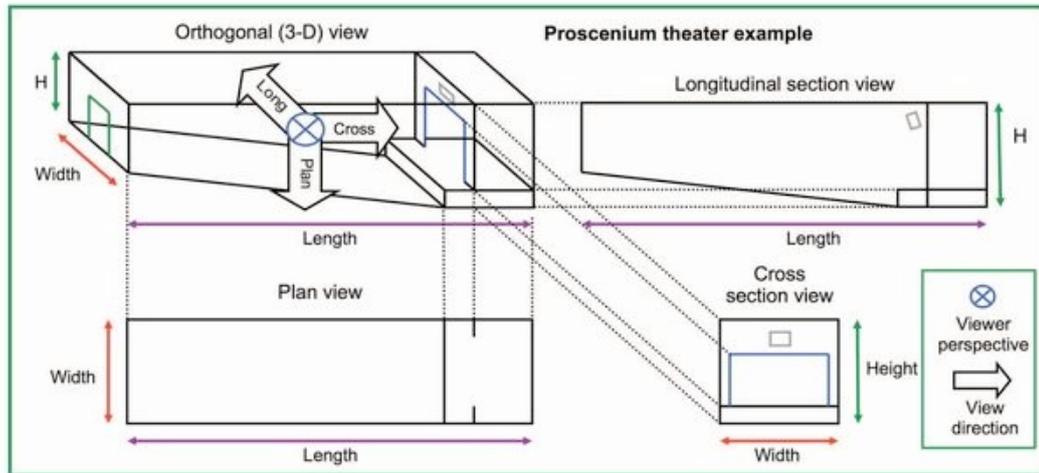
Độ bao quát mặt phẳng ngang kéo dài cạnh/cạnh và trước/sau. Điều này đơn giản hơn mặt phẳng dọc nhiều. Mô hình bao quát của loa và mặt bằng của phòng thể hiện đáp ứng như là đặt loa ngang tai trong phòng phẳng. Điều này cho frontfills có thể khá chính xác nhưng không nên cho hệ chính (vì chúng ta bay trên đầu nó). Mục tiêu là khu vực chỗ ngồi giống như nhìn từ phía trên, vì vậy không có dấu hiệu về chiều cao đầu (hay loa). Bao quát mặt phẳng ngang có chức năng liên tục, nghĩa là nó cày khán giả, từ trước ra sau. Chúng ta đến hàng ghế thứ ba sau khi đi qua hàng thứ hai, v.v. Chúng ta không nhìn thấy điều này trong mặt phẳng dọc, tức là chúng ta không đến được chỗ ngồi trên tầng một sau khi đi qua tầng hai. Có thể xuất hiện vùng bao quát ngang khủng khiếp (và tốt) hay ngược lại. Kết quả phổ biến nhất là chỗ ngồi phía trước hình như có vùng nóng và lạnh nghiêm trọng khi trên thật tế vùng bao quát có thể khá đồng đều. Lớp phủ ngang loa/phòng 2-D sẽ cần phải tính đến hiệu ứng bù của mặt phẳng dọc (nhiều hơn ngược lại). Hình dạng mục tiêu nằm ngang là vùng, trong khi mục tiêu theo chiều dọc là đường kẻ.

#### 7.1.3 Mặt phẳng người nghe -- Listener plane

Vài chương trình dự đoán kết hợp những mặt phẳng ở trên và hiển thị đáp ứng trên mặt phẳng "người nghe". Việc này đòi hỏi mô hình 3-D để tính toán nhưng có thể hiển thị dưới dạng mặt cắt và mặt

## Chương 7

bằng đơn giản. Những đường dẫn tam giác cũng tính vào và đáp ứng sẽ hiển thị cạnh/cạnh và trước/sau như được tìm thấy ở mức độ người nghe. Điều này làm giảm tải tâm thần đáng kể, cần cho người thiết kế, đến yếu tố ảnh hưởng của việc ghép trật mặt phẳng.



**Hình 7.2** Quan hệ giữa những tầm nhìn chính

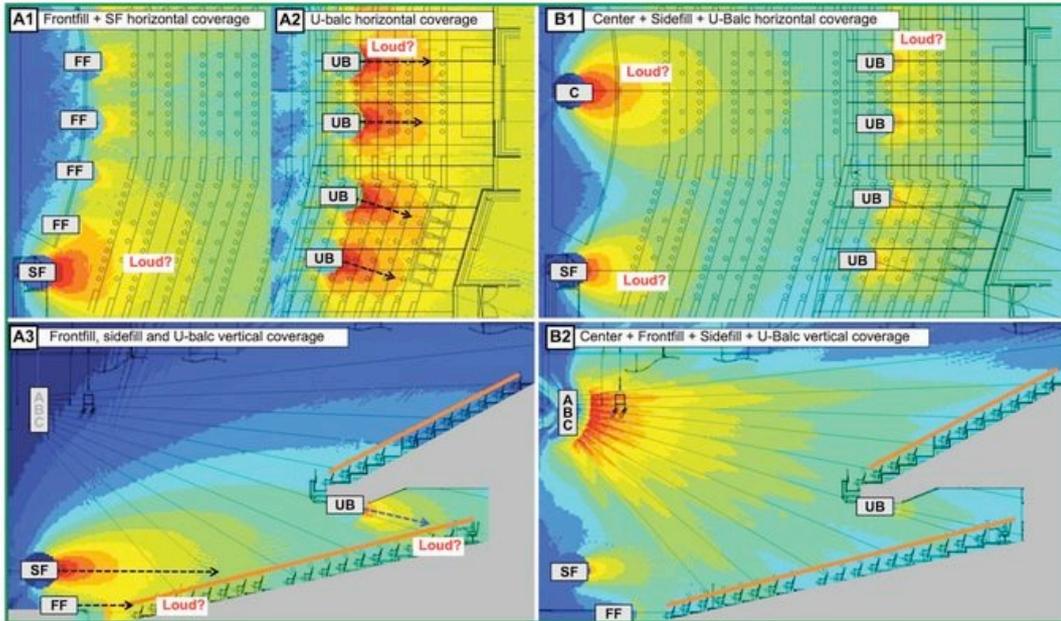
### 7.1.4 Bản vẽ: 2-D trong thế giới 3-D

Quan điểm 2-D bao gồm lớp phủ của những lát dọc và ngang. Điều này có những hạn chế bởi sự truyền âm thanh là hình cầu và phòng ở dạng 3-D. Không quá khó hình dung vùng bao quát chính xác khi mặt bằng lan truyền và mặt phẳng dự đoán đều phù hợp (hay gần như vậy). Chúng ta hãy nhìn vào hệ thống mẫu và coi những hoạt động phù hợp và không phù hợp (Hình 7.3). Trong bảng A1 chúng ta thấy mặt bằng frontfills và sidefills. Cả hai đều nhắm tới gần như phẳng với mặt phẳng này, và sàn ở phía trước cũng khá phẳng. Mô hình lan truyền và mặt phẳng phù hợp. Xuất hiện bao quát của frontfill lớn trên mặt trước (và nó là). Xuất hiện bao quát của sidefill lớn trên mặt trước (và nó là). Trong bảng A2, chúng ta sẽ thấy loa bên dưới balcon. Nó giống như frontfills nhưng có vẻ như lớn thật sự và không đều trong chỗ bao quát hàng ghế đầu. Không phải vậy. Loa dưới balcon gắn trên mô hình mặt bằng và hướng xuống. Đây là nơi chúng ta cần giải thích để có cảm giác chính xác. Bảng A3 cho thấy một phần của ba hệ thống phụ này (với hệ chính off). Không cần giải thích vì mặt cắt thẳng hàng. Phía trước và dưới ban công coi bộ nghe lớn hơn, vì nó sẽ như vậy (cho đến khi chúng ta mở hệ chính lên). Chúng ta hãy thêm hệ chính ở giữa và kiểm tra mặt bằng trong bảng B1. Hình như hệ chính đang giết chúng ta ở hàng ghế đầu. Không có khả năng vì nó vượt quá mặt trước sân khấu. Mặt bằng không phù hợp. Hệ thống sidefills và hệ thống dưới balcon cũng nghe lớn ở phía trước. Sidefills thì vậy nhưng dưới balcon thì không. Bảng cuối cùng (B2) cho thấy hệ chính, frontfill và dưới balcon đồng nhất theo chiều dọc rất chính xác vì nó sẽ lan truyền dọc theo trung tâm của phòng. Sidefills gần hơn (và xa hơn), do đó, quan hệ với hệ chính ở giữa không là đại diện hoàn hảo.

Quy trình chuyển đổi dựa trên việc tìm ra vector đường truyền khi mặt bằng không khớp. Quy trình này trong hình 7.4. Ở đây, chúng ta có phần downfill trong phòng hình quạt. Chúng ta cần biết cách bao quát trên sàn ra sao để chọn đúng số lượng và khoảng cách của hệ chính. Chúng ta có cần hai, ba hay bốn? Chúng ta biết chiều cao vì xác định bằng video (dĩ nhiên). Chúng ta cũng biết frontfills sẽ bao phủ hàng ghế thứ ba. Chúng ta cần vòng cung bao quát sâu cách sân khấu 5m (hàng ghế thứ ba). Trước hết, chúng ta hãy nhìn vào phần downfill trong phần (A). Tất cả mọi cái đều rõ ràng và đơn giản cho cả hai, downfill lẫn frontfill. Trong mặt bằng (B), có vẻ như downfill có khoảng trống ở hàng thứ ba. Downfill chính

## Dự đoán

hướng xuống dưới 40°, gần trường hợp không phù hợp xấu nhất là 45°. Khoảng cách vector từ nguồn chính đến hàng thứ ba là 7m.



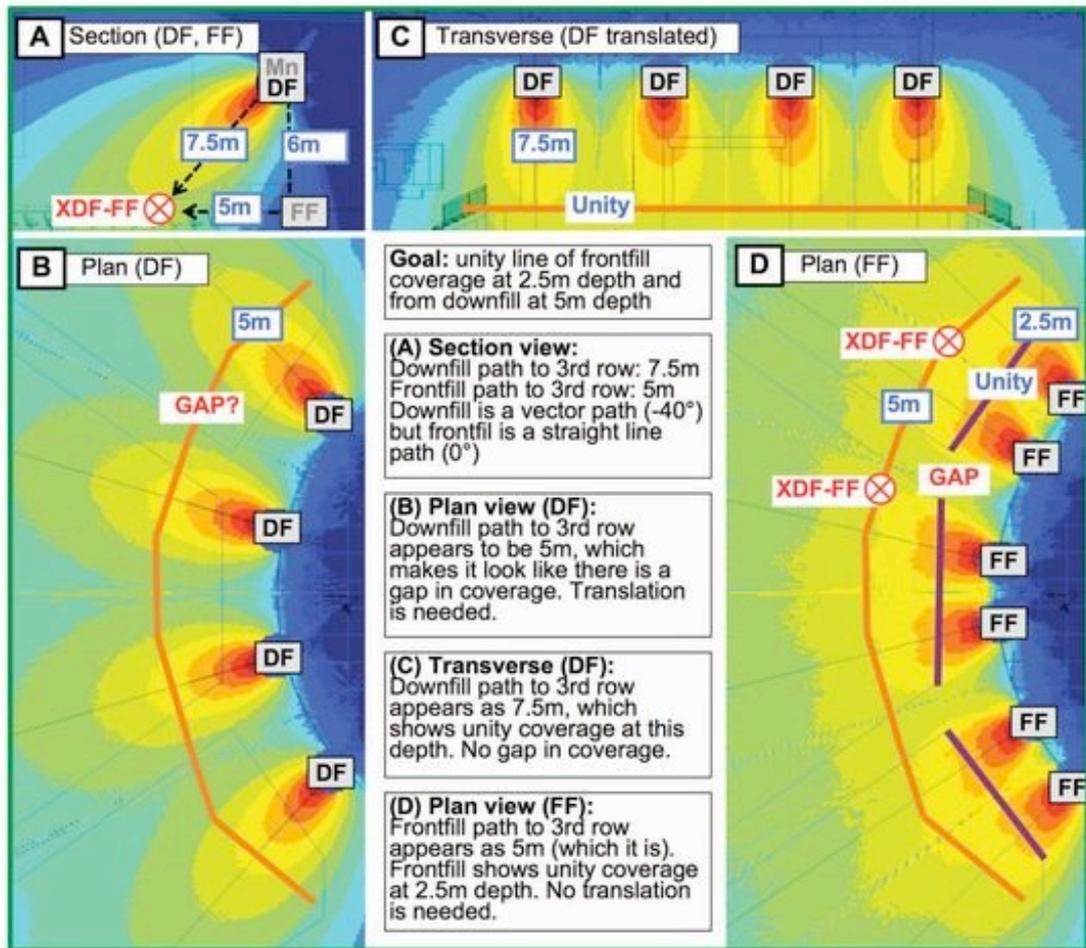
**Hình 7.3** Thí dụ về việc xử dụng dự đoán hệ thống loa khi vài mặt phẳng không tương xứng với nhau

Chúng ta có thể chuyển loa ra sau 2m theo mặt bằng, rồi coi nó có thu hẹp khoảng trống ở hàng thứ ba hay không. Việc thay thế là chuyển vị trí sang mặt cắt ngang và hướng thẳng vào loa. Mặt cắt ngang chuyển đi đến 7m (C) cho thấy khoảng cách làm ra đường đồng nhất, thậm chí ở trong phạm vi mong muốn. Trường hợp đóng cửa; Chúng ta cần bốn cụm. Bảng cuối cùng (D) cho thấy vùng bao quát của frontfill thu hẹp khoảng cách ở hàng ghế đầu tiên (theo thiết kế). Chúng ta không cần dịch chuyển cho cái đó.

### 7.2 Chương trình mô phỏng âm thanh -- Acoustic Modeling Programs

Những chương trình mô phỏng âm thanh cung cấp thông tin trước về hiệu suất của loa trong không gian. Mô hình dựa trên số đo hiệu suất loa, truyền âm thanh qua không khí và tính chất phản dội của vật liệu xây dựng. Đưa những thuộc tính này vào công cụ tính toán mô phỏng tương tác của loa trong không gian. Độ chính xác dự đoán cũng có giới hạn, thậm chí với phương trình hoàn hảo và đại diện của kích cỡ phòng hoàn hảo. Mô phỏng dựa trên vài điểm dữ liệu hữu hạn để mô tả thực thể chia ra vô hạn. Câu hỏi quan trọng là độ chính xác có đủ gần với khả năng nhận thức của tai của chúng ta hay không. Hiệu ứng âm thanh của lớp sơn thứ hai không thể nghe được chúng ta, do đó, quên nó đi! Chúng ta chỉ cần đủ thông tin để lựa chọn mô hình, số lượng, loại array, vị trí, góc tập trung, xử lý tín hiệu và xử lý âm thanh của loa. Phải tính toán chính xác những tính chất truyền dẫn, cộng âm và tiếp nhận vì nó đóng vai trò quan trọng trong những lựa chọn này.

## Chương 7



Hình 7.4 Thí dụ về quy trình chuyển đổi cho hệ thống downfill

### 7.2.1 Lịch sử rất ngắn gọn -- A very brief history

Những chương trình mô phỏng lúc đầu được phát triển bởi những hãng sản xuất loa và mỗi hãng đều đóng kín thư viện sản phẩm riêng của họ. Điều này làm cho những chuyên gia (những người muốn không tham gia vào hãng sản xuất) đang nắm giữ thước và thang đo góc, trong khi công ty sản xuất loa làm khách hàng lúng túng về phối cảnh của hiệu suất loa. Càng làm vấn đề tồi tệ hơn (đối với chuyên gia tư vấn), những công ty loa cung cấp dự đoán cho khách hàng miễn phí, tạo ra sự thay đổi vai trò của người tư vấn và hãng sản xuất. Sự thiếu tiêu chuẩn tạo ra mối quan tâm nghiêm trọng (và có cơ sở) về việc tạo ra dự đoán từ nghiên cứu âm thanh hay tiếp thị. Sự thúc đẩy tiêu chuẩn đã nảy sinh nỗ lực nhằm nâng cao sân chơi. Tiêu chuẩn hoá sẽ cho phép người thiết kế tiếp cận thư viện dữ liệu của hãng sản xuất cạnh tranh, so sánh và đối chiếu hiệu suất của loa với điều kiện bình đẳng.

Hệ thống mô phỏng âm thanh thương mại đầu tiên là EASE™, thiết kế bởi Dr Wolfgang Ahnert. EASE có thư viện dữ liệu mở của hãng sản xuất loa cạnh tranh và kết quả là hiện đang thích cơ sở người dùng rộng rãi. Vài công ty đã đồng ý về định dạng dữ liệu phổ biến, có thể xử dụng bởi vài chương trình mô phỏng mới từ công ty độc lập.

Nhìn chung, chương trình này có ba loại cơ bản:

## Dự đoán

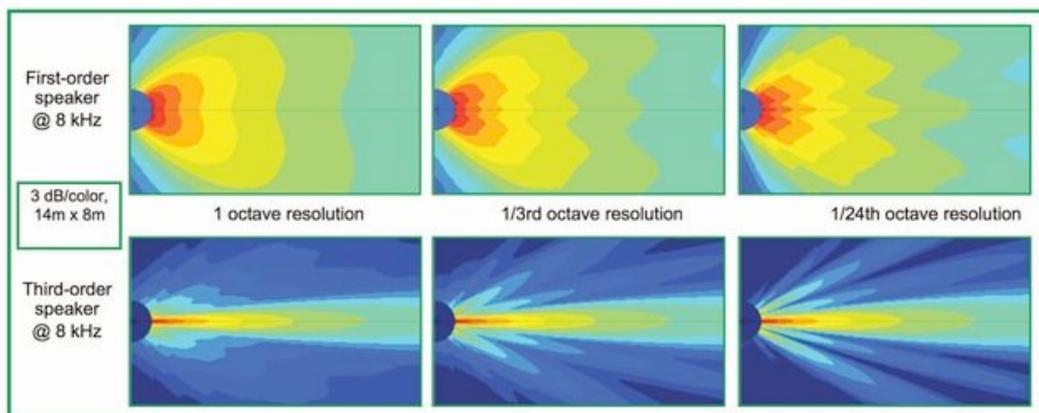
- Độ chính xác thấp 2-D/3-D: 1 octave, góc 10°, tùy chọn phase (CLF1).
- Độ chính xác trung bình 2-D/3-D: 1/3 octave, góc 5°, tùy chọn phase (CLF2, EASE™).
- Độ chính xác cao 2-D: 1/24 octave, góc 1°, phase (MAPP Online™).

### 7.2.2 Tập tin dữ liệu của loa -- Speaker data files

Mô phỏng âm thanh bắt đầu bằng tập tin dữ liệu của loa, thu được trong môi trường phản dội tự do, chẳng hạn như buồng không phản dội. Mô phỏng sự truyền âm thanh trực tiếp của loa từ dữ liệu này (mô hình bao quát, đáp ứng tần số, SPL, v.v.). Sản phẩm cuối cùng là bảng giá trị biên độ và phase theo góc theo tần số. Kích thước file thay đổi đáng kể theo độ chính xác và tăng mạnh với file 3-D

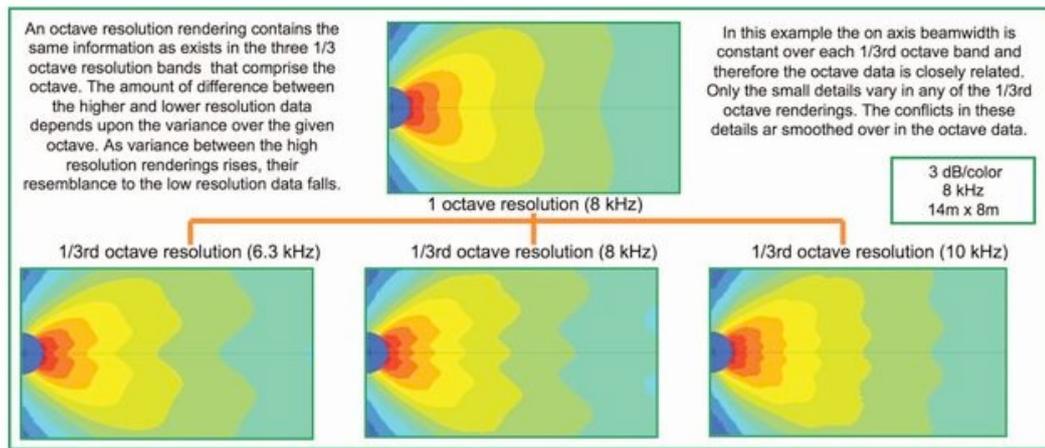
Độ chính xác tần số, độ chính xác góc và kích cỡ tập tin (giả định mặt phẳng là đối xứng)	
2-D, 1 octave, 10°: 10 x 52 = 520 điểm dữ liệu	3-D, 1 octave, 10°: 10 x 614 = 6140 điểm dữ liệu
2-D, 1/3 octave, 5°: 30 x 106 = 3180 điểm dữ liệu	3-D, 1/3 octave, 5°: 30 x 2522 = 75.660 điểm dữ liệu
2-D, 1/24 octave, 1°: 240 x 538 = 129.120 điểm dữ liệu	3-D, 1/24 octave, 1°: 240 x 64.080 = 15.379.200 điểm dữ liệu

Dữ liệu nguồn giới hạn độ chính xác đáp ứng dự đoán. Dự đoán mô hình bao quát là những đường liên tục, nội suy từ những điểm dữ liệu loa đã đo riêng biệt. Phép nội suy (Interpolation) " nối liền dấu chấm" giữa những cái đã biết, "bước nhảy niềm tin" về mặt toán học. Phép nội suy là sự thật về cuộc sống trong dữ liệu âm thanh và vấn đề của chúng ta đơn giản chỉ là vấn đề mức độ (trong vài trường hợp đúng chóc nghĩa đen). Độ chính xác giảm xuống khi nhịp nội suy tăng lên. Chúng ta cần độ chính xác góc và tần số vừa đủ để đưa ra những quyết định thiết kế tốt.

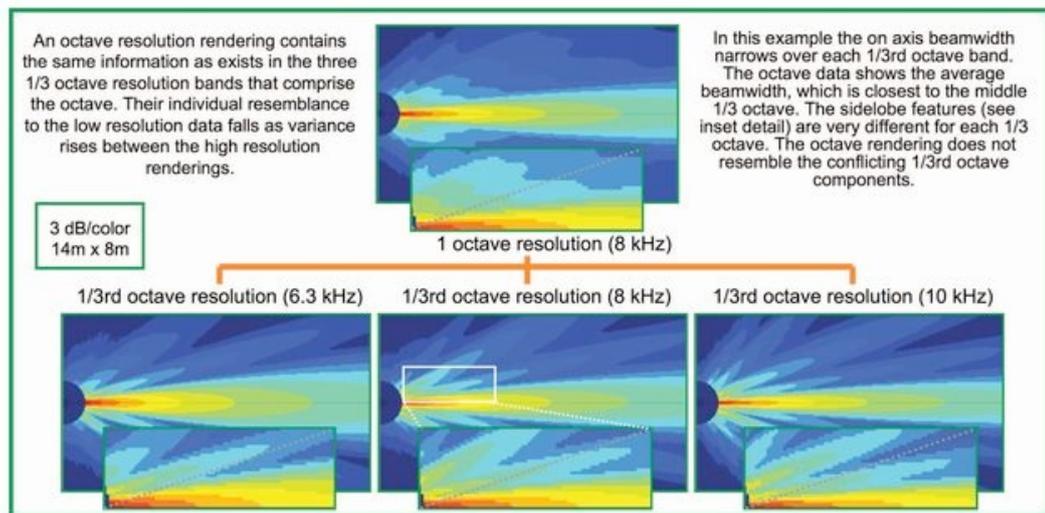


**Hình 7.5** Những vấn đề giải quyết tần số liên quan đến đặc tính của loa đơn. Trên: Loa bậc một chỉ cho thấy những khác biệt nhỏ giữa dữ liệu có độ chính xác thấp và cao. Dưới: Loa bậc ba cho thấy sự khác biệt đáng kể về chi tiết thùy hai bên.

## Chương 7



**Hình 7.6** Loa bậc một ở độ chính xác 1 octave so với thành phần 1/3 octave có cùng giải tần số. Giới hạn trong những chi tiết khác biệt.



**Hình 7.7** Loa bậc ba ở độ chính xác 1 octave so với thành phần 1/3 octave có cùng giải tần số. Tìm thấy sự khác biệt trong những chi tiết, thùy hai bên và trong độ rộng luồng âm (beamwidth).

### 7.2.2.1 Độ chính xác tần số

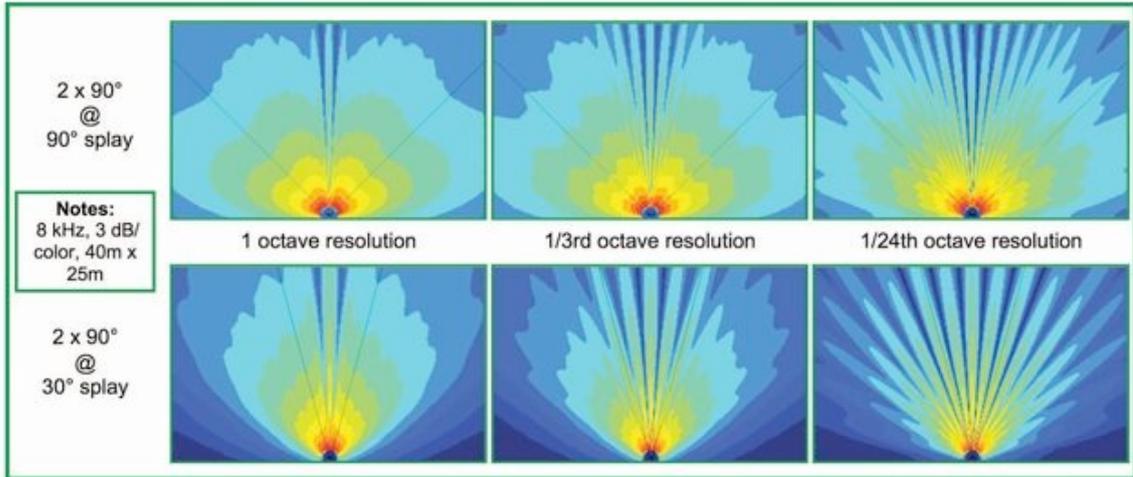
Độ chính xác tần số đặt số lớp cho loạt sơ đồ bao quát (1, 1/3 hay 1/24 octave). Những biến thể phụ thuộc tần số trong vùng bao quát bậc lộ trong lớp. Độ chính xác thu thập giới hạn độ chính xác của màn hình. Độ chính xác màn hình có thể nhỏ hơn việc thu thập bằng cách quân bình nhiều lớp với nhau để có được màn hình composite trong dự tính (Hình 7.5 và 7.6). Có thể cho thấy dữ liệu thu thập ở 1/3 hay 1/24 octave ở bất kỳ độ chính xác nào thấp hơn (độ chính xác ba mảnh 1/3 octave và 24 mảnh 1/24 octave). Ngược lại, dữ liệu octave không thể chuyển đổi thành vào màn hình có độ chính xác cao hơn. Cái đó gọi là "nâng nó lên- making it up" và đòi hỏi mức độ tiếp thị.

Trường hợp dữ liệu có độ chính xác thấp dễ tha thứ nhất là loa có thứ bậc thấp, đã thiết kế tốt với hình dạng tương đối ổn định theo tần số. Độ chính xác tăng sẽ cho thấy độ khác biệt không đáng kể. Nếu không đối xử tốt với loa thì sự khác biệt sẽ thành quan trọng. Làm sao chúng ta có thể nói loa tốt khi nó xấu? Dữ liệu có độ chính xác cao. Khi tính năng định hướng của loa làm tăng việc thay đổi hình dạng

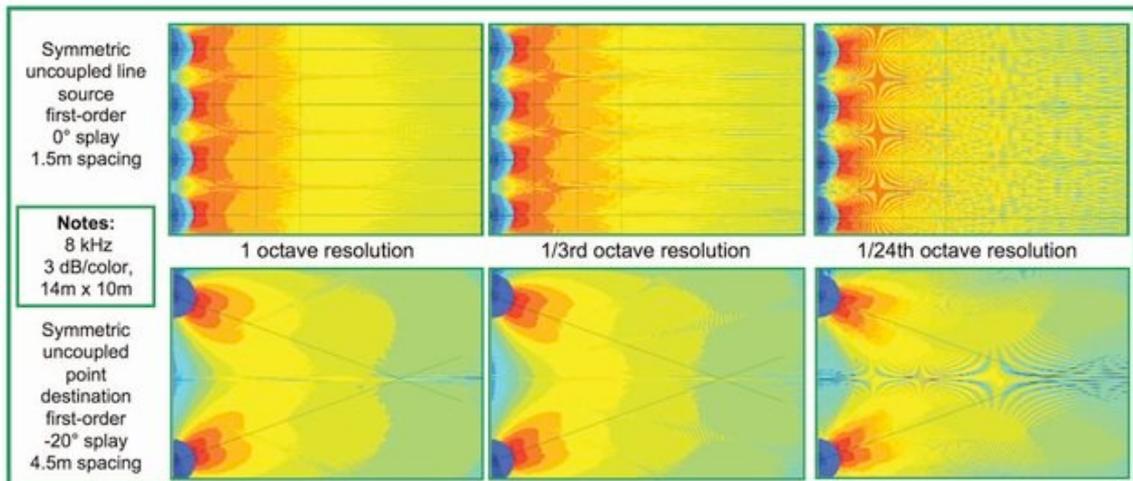
## Dự đoán

nhau hơn và sẽ khó ổn định hơn. Giá trị của dữ liệu có độ chính xác cao tăng theo thứ bậc của loa (Hình 7.7).

Dữ liệu có độ chính xác thấp sẽ trơn tru khi cộng độ chài của loa lại và loại bỏ nó khỏi tầm nhìn. Điều này tạo ra giả tính tương đương giữa chiến lược thiết kế với số lượng chài rất khác nhau (Hình 7.8 và 7.9). Dữ liệu tần số cao nhất có đủ chi tiết để hiển thị những biến thể âm thanh, trong khi dự đoán nào có độ chính xác thấp sẽ loại bỏ bằng chứng.



**Hình 7.8** Những vấn đề giải quyết tần số liên quan đến đặc tính cộng âm (summation) trong những array loa ghép. Trên: Array không chồng chéo có cộng âm lọc lược tối thiểu. Điều này được phơi bày tốt nhất trong phương pháp vẽ phối cảnh có độ chính xác cao, nơi có thể phân biệt rõ sự tương tác giữa vùng chài và vùng cô lập. Dưới: Array chồng chéo hình như có dạng thu hẹp nhưng có chài tương đương trong dự đoán độ chính xác thấp. Bảng độ chính xác cao cho thấy sự tương tác của vùng chài để chiếm ưu thế trên hầu hết vùng bao quát.



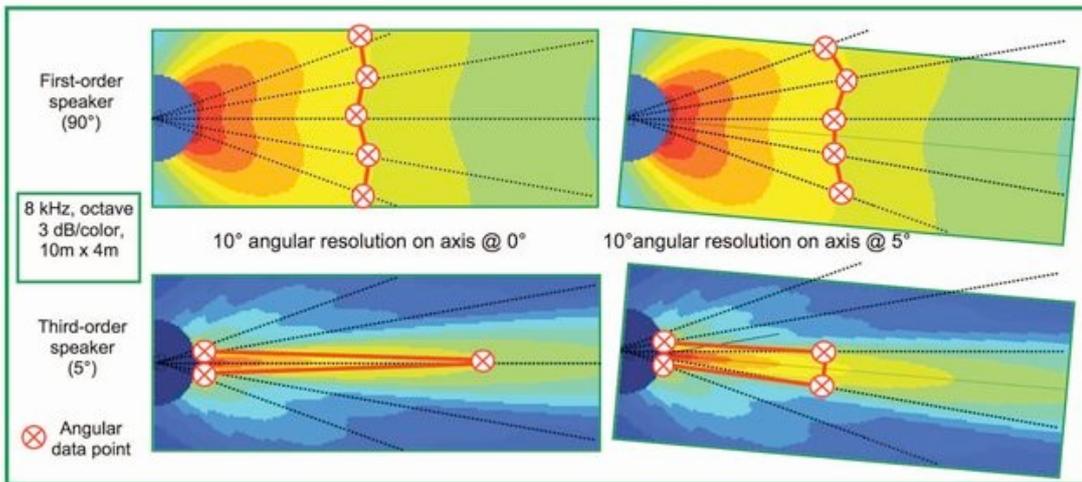
**Hình 7.9** Những vấn đề giải quyết tần số liên quan đến đặc tính cộng âm (summation) trong những array loa không ghép. Hình ảnh độ chính xác thấp không cho thấy mức độ gợn biến thiên cao từ tương tác giữa loa. Với dự đoán có độ chính xác thấp, những vùng chồng chéo hình như đồng nhất nhất. Dữ liệu có độ chính xác cao bộc lộ diện tích chồng chéo đồng nhất ít nhất.

## Chương 7

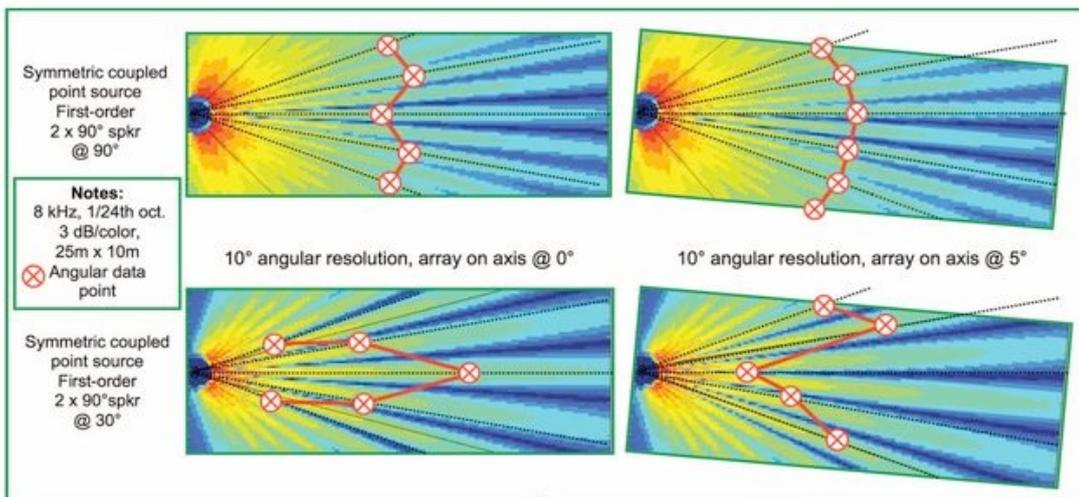
### 7.2.2.2 Độ chính xác góc

Dữ liệu ở cực là chuỗi tròn hay nhiều hình cầu những điểm có khoảng cách đều nhau. Khoảng cách là độ chính xác góc, tính theo độ. Kết quả đã cho thấy bao gồm phép nội suy (interpolation) để tạo ra những đường cong liên tục, trơn tru (Hình 7.10 đến 7.11).

Dự đoán phải theo dõi chính xác những thay đổi góc độ trong loa đã đo. Loa bao quát rộng có tính ứng dụng tốt với tỷ lệ thay đổi thấp, có thể mô tả mật độ góc thấp đầy đủ. Loa bậc một có thể phù hợp với những tiêu chí này, nhưng loa bậc ba có mức thay đổi trên góc nhỏ quá cao.



**Hình 7.10** Những vấn đề về độ chính xác góc liên quan đến đặc tính của loa đơn. Bảng bên trái cho thấy kết quả khi định hướng trực loa để khớp với những điểm thu thập góc. Bảng bên phải cho thấy định hướng trực loa giữa những điểm thu thập góc. Trên: Loa bậc một chỉ cho thấy sự khác biệt nhỏ với độ dịch chuyển góc. Dưới: Loa bậc ba cho thấy những khác biệt về hình dạng đáng kể. Loa thứ bậc cao yêu cầu độ chính xác góc cao để mô tả cho chính xác.



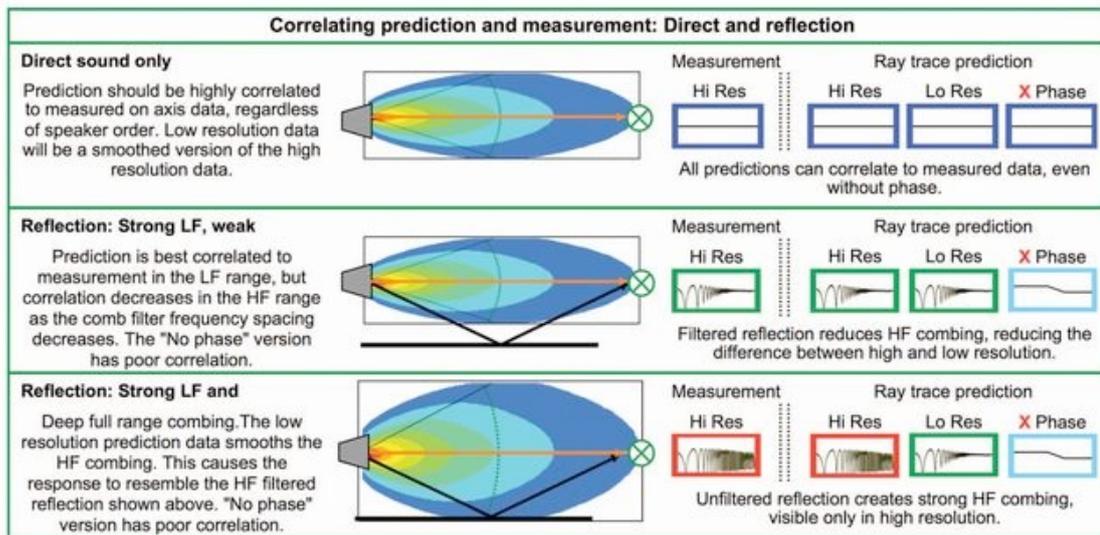
**Hình 7.11** Những vấn đề về độ chính xác góc độ liên quan đến đặc tính cộng âm trong array loa ghép nối. Bảng bên phải cho thấy định hướng trực array giữa những điểm thu thập góc. Trên: Array không chùng chéo chỉ cho thấy những khác biệt nhỏ với độ dịch chuyển góc. Dưới: Array chùng chéo cho thấy sự khác biệt về hình dạng đáng kể. Array chùng chéo đòi hỏi phải có độ chính xác góc cao để mô tả cho chính xác.

## Dự đoán

Tuy nhiên, loa bậc một cũng không ngoại lệ. Nhiều loa bậc một có horn với độ chênh gợn sóng đáng kể trong phạm vi bao quát của nó (coi giống như những cái vấu và chốt). Độ chính xác góc thấp, đặc biệt khi ghép với độ chính xác tần số thấp, có thể tạo ra giả tính tương đương (false equivalence) giữa loa có chất lượng âm thanh khác nhau. Dữ liệu có độ chính xác thấp (góc hay tần số) làm giảm chất lượng điều tra dự đoán của chúng ta, mang lại những quan điểm lạc quan là trơn tru. Dữ liệu có độ chính xác cao thường có thể giống như âm thanh ngày tận thế (Armageddon), nhưng chúng ta có lợi từ việc có khả năng đưa ra những quyết định sáng suốt hơn. Độ chính xác thấp là giải pháp video cho vấn đề về âm thanh.

### 7.2.2.3 Đáp ứng phase -- Phase Response

Đáp ứng phase cộng thêm phức tạp vào việc giải thích dữ liệu đáng kể. Có cần nó thật thiết không? Trả lời là có, trừ khi chúng ta giới hạn thiết kế để có thanh toán thấp nhất trong ngành công nghiệp: một loa duy nhất trong lĩnh vực tự do. Phải tính phase trong mỗi lần phương trình có bù thời gian (thí dụ như nhiều loa, phản dội). Đặc tính cộng âm không có dữ liệu phase sẽ vi phạm quy luật nhiệt động lực học thứ hai. Tạo ra năng lượng (mặt tích cực của cộng âm) mà không có bù tổn thất (mặt triệt tiêu). Kết quả, chúng ta không thể quan sát đáp ứng bằng tai hay bộ phân tích. Do đó có thể kết luận, phải bao gồm cả phase trong đặc tính (xem phần 7.2.5.3).



**Hình 7.12** So sánh mô hình dự đoán tia ray với độ đáp ứng đã đo có độ chính xác cao dự kiến. Trên: Đường dẫn âm thanh trực tiếp trên trục đáp ứng. Giữa: đã lọc phản dội. Dưới: không lọc phản dội.

### 7.2.2.4 Định dạng loa thường -- Common Loudspeaker Format (CLF)

Nỗ lực tạo ra định dạng để chuẩn hóa tập tin mã nguồn mô phỏng âm thanh. Điều này cho phép nhiều hãng sản xuất khác nhau gửi dữ liệu để xử dụng trong chương trình dự đoán của bên thứ ba. Theo tiêu chuẩn của ngành công nghiệp âm thanh tiêu chuẩn (hai tiêu chuẩn tốt hơn một), chúng ta có hai "định dạng loa thông thường." CLF1 có độ chính xác thấp (1 octave, 10°) và CLF2 có độ chính xác trung bình (1/3 octave, 5°). Đã thêm đáp ứng phase vào trong CLF2 v.2. Tạo ra tập tin dữ liệu bằng nhiều phép đo 2-D hay 3-D. Bộ phận tiếp thị không thể gửi dữ liệu tưởng tượng. Phải đo nó bằng cơ sở đã phê duyệt và chứng nhận theo những điều kiện tiêu chuẩn. Cả hai định dạng đều có thể cho thấy những mô hình hình cầu 3-D. Đây có thể là phép đo 3-D thật tế hay phép nội suy hình cầu, dựa trên những khoanh tập tin 2-D đơn độc. Khi coi kết quả, phải xem xét phạm vi sai lệch, phát sinh từ sự kết hợp giữa độ chính xác

## Chương 7

thấp/trung bình và nội suy hình cầu. Đáng chú ý là chương trình cảnh báo người dùng khi diễn ra nội suy hình cầu.

Dự đoán âm thanh đã hưởng lợi từ việc thực hiện tiêu chuẩn nhằm tạo sân chơi giữa những đối thủ cạnh tranh. Tiêu chuẩn phải khắt khe, đủ để phân biệt giữa loa và thiết kế chất lượng tốt và kém. CLF1 chính xác thấp đòi hỏi chúng ta phải thận trọng khi thực hiện bất kỳ đánh giá nào với nó. Thấy rõ những tính năng thô của loa rộng (bậc một) nhưng chi tiết của phần thùy bên và triệt tiêu (cancellations) sẽ bóng bẩy hơn. Loa có nhiều thùy có thể xuất hiện bình đẳng với loa có mô hình đồng nhất hơn. Ý định của tiêu chuẩn là cân bằng sân chơi mà không cày xuống cột mục tiêu. Xem xét loa bậc ba hiện đại, xử dụng trong line array, thường có mô hình trong phạm vi  $10^\circ$  ( $\pm 5^\circ$  từ trục). CLF1 sẽ không lấy điểm dữ liệu đầu tiên của nó cho đến khi loa đã vượt qua mốc thiết kế quan trọng nhất, điểm -6dB. Bạn có cảm thấy thoải mái khi thiết kế quanh điểm nội suy -6dB không?

Độ chính xác tần số của band octave cũng hạn chế phạm vi ứng dụng. Chúng ta có thể thấy nhiều loa đơn trong khu vực tự do. Chúng ta không thể mô tả chính xác các đáp ứng của loa tổng hợp có độ chính xác chỉ octave. Nó cày phần chài để chúng ta không thể thấy sự khác biệt giữa thiết kế tối ưu hóa và thiết kế có nhiều chài. So sánh CLF2 (mặc dù không tương thích) với EASE™, có độ chính xác cao hơn. Thay đổi là một trong những thang đo gia tăng. Độ chính xác tần số gấp 3 và độ chính xác góc gấp 2 lần CLF1. Đây là cải tiến rõ ràng, nhưng đã đủ chưa?

### 7.2.2.5 Mapp Online™

MAPP Online chỉ là dự đoán 2-D với độ chính xác cực cao và dữ liệu phức tạp. Dữ liệu của loa được đo ở  $1/24$  octave, độ chính xác góc  $1^\circ$  theo chiều dọc và ngang với số đo đáp ứng phase thật tế của từng mô hình. Có thể kết hợp nhiều mô hình loa khác nhau có cộng âm thật tế. MAPP có độ chính xác và độ chính xác vượt trội trong đặc tính của từng chi tiết loa và cộng âm của loa. Tuy nhiên, có ba hạn chế nghiêm trọng: Thư viện dữ liệu loa chỉ có loa Meyer Sound, mô hình phản dội trong phòng rất hạn chế, và tất cả dữ liệu đều là 2-D. Những hạn chế này rõ ràng đã ngăn cản việc xử dụng nó làm công cụ phổ quát.

Thiết kế âm thanh hiện đại phụ thuộc vào array loa có độ chính xác cao với rất nhiều góc chòng chéo nhau. Ngay khi đổi  $1^\circ$  sang  $2^\circ$  sẽ có tác động trên hiệu suất array rất rõ. Dữ liệu có độ chính xác thấp, không có phase, không thể cung cấp những chi tiết quan trọng cần có để đưa ra quyết định đầy đủ về hệ thống như vậy. Trái cầu pha lê của tôi (dạng dự đoán lỗi thời) cho biết tương lai sẽ có định dạng chuẩn với dữ liệu độ chính xác cao phức tạp. Có thể là CLF3 chẳng?

### 7.2.3 Tính chất truyền âm -- Acoustic transmission properties

#### 7.2.3.1 Truyền âm thanh trực tiếp -- Direct Sound Transmission

Mô phỏng sự hao hụt khi truyền âm thanh trực tiếp ở khu vực tự do (6dB/khi tăng gấp đôi). Vài chương trình máy tính phụ thuộc tần số HF tính hao hụt hấp thụ không khí bằng cách bao gồm cả người dùng điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm. Đây là tính năng hữu ích nhưng có giới hạn thật tế. Những ứng dụng trong nhà có thể xử dụng "nhiệt độ phòng" danh định và độ ẩm tiêu chuẩn, nhưng không thể chắc chắn xảy ra những điều này. Ứng dụng ngoài trời có thời tiết thật tế nên chẳng cần giả vờ thiết kế hệ thống theo dự kiến của nó.

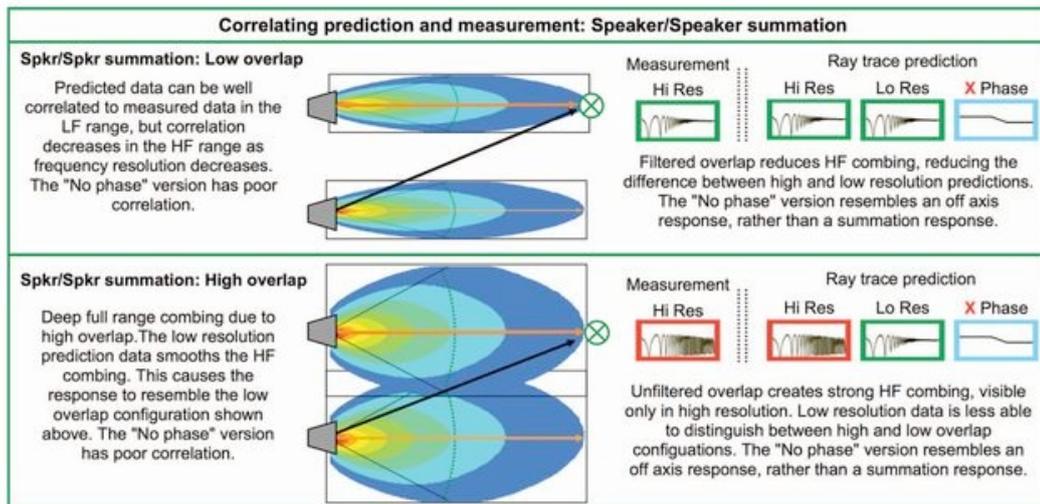
#### 7.2.3.2 Mô hình Ray-Tracing

Khi tia chạm vào bề mặt, nó bị phản dội như ánh sáng trên kính (góc nghiêng = góc phản dội). Ray tracing chịu trách nhiệm về rất nhiều thông tin dẫn động quy trình thiết kế dự đoán. Trong quy trình tối ưu hóa, sẽ đo đáp ứng của hệ thống và hy vọng sẽ có kết quả tương tự như dự đoán những thông số quan trọng nhất. Chúng ta không thể dựa vào mô hình dự đoán để hoàn thiện, và chúng ta cũng không cần đến

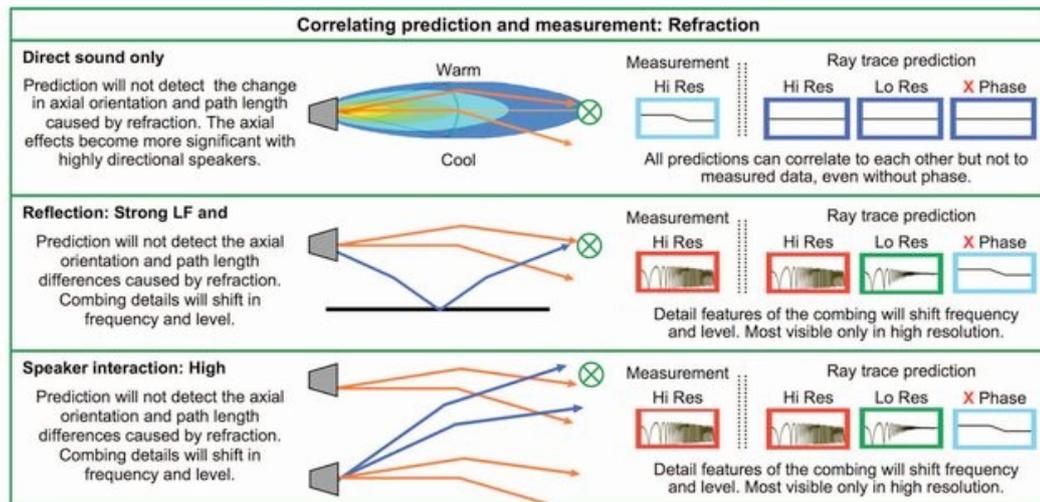
## Dự đoán

nó. Sẽ rất hữu ích khi hiểu được nơi chúng ta có thể mong đợi kết quả sẽ phù hợp với dự đoán, và ở đó chúng ta cần phải đi một mình và chỉ dựa vào dữ liệu đo. Những liên quan đến thời tiết tạo ra trường hợp. Ngay cả khi chương trình dự đoán có thể làm yếu tố này nhưng nó không thể dự đoán thời tiết. Việc giám sát và đền bù những tác động liên quan đến thời tiết sẽ đòi hỏi đo đạc tại chỗ.

Hàng loạt số liệu, minh họa sự khác biệt giữa mô hình dự đoán ray-tracing và phản dội tần số có độ chính xác cao mà chúng ta thấy trong quy trình tối ưu hóa. Biểu tượng đáp ứng tần số khu vực cộng âm đã giới thiệu trong chương 4 lại xuất hiện ở đây. Lý tưởng là kết hợp hoàn hảo giữa dự đoán và đo đạc. Sự khác biệt là đáng kể, vì những biểu tượng cộng âm này là cột mốc quan trọng cho những quyết định tối ưu. Nếu kết quả dự đoán đi quá xa với thật tế đo được, chúng ta có thể đưa ra những quyết định thiết kế tồi mà sau này sẽ phát hiện trong quy trình tối ưu hóa.



**Hình 7.13** So sánh những mô hình dự đoán ray-tracing với đáp ứng đo được có độ chính xác dự kiến cao. Trên: Tương tác của loa có tỷ lệ trùng lặp thấp. Dưới: Tương tác của loa có tỷ lệ trùng lặp cao.



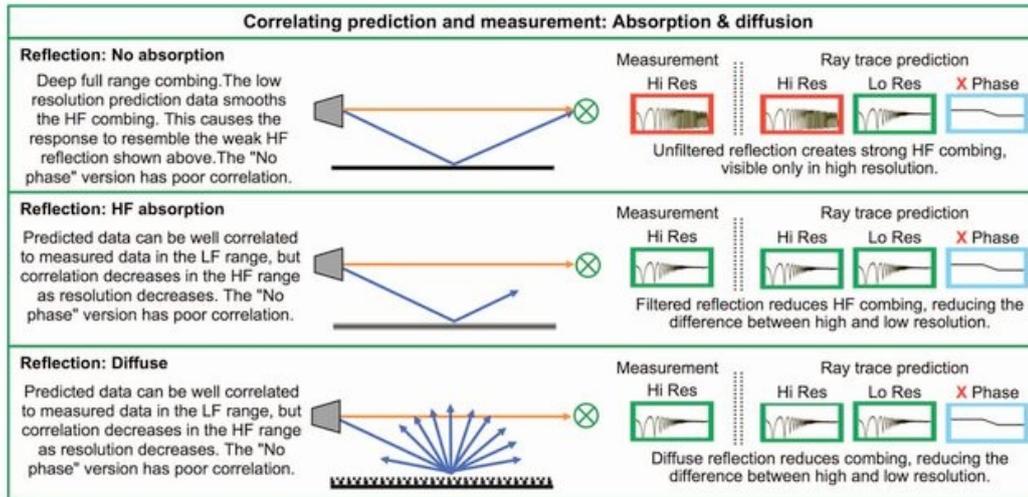
**Hình 7.14** So sánh những mô hình dự đoán ray-tracing với đáp ứng đo được có độ chính xác dự kiến cao. Trên: khúc xạ của đường âm thanh trực tiếp. Giữa: Tác động khúc xạ đối với phản dội không lọc. Dưới: Khúc xạ của việc cộng âm loa/loa.

## Chương 7

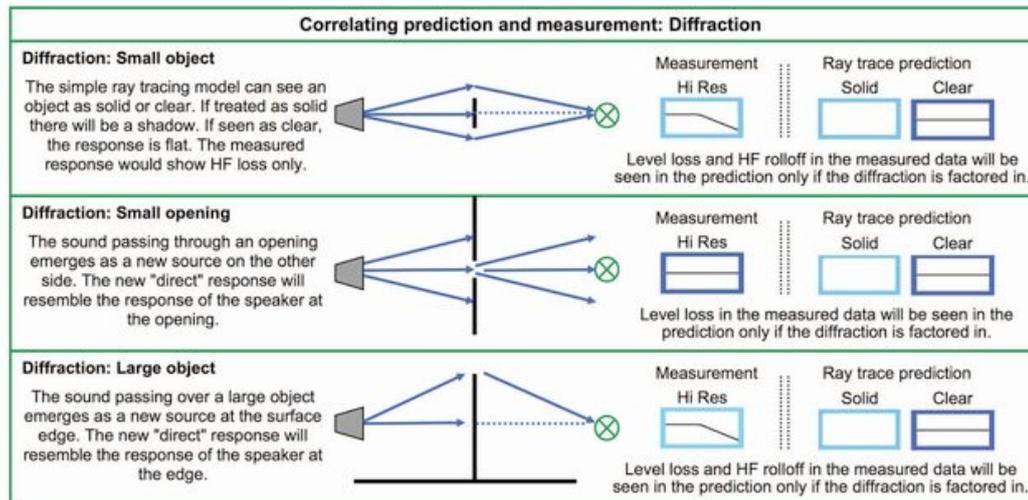
Mỗi con số chứa kết quả đã đo dự tính và ba phiên bản kết quả mô phỏng theo ray-tracing: độ chính xác cao, độ chính xác thấp và không có phase. Chúng ta sẽ thấy, độ tương quan cao nhất luôn là độ chính xác cao nhất, và thấp nhất là đáp ứng "không phase" (hình 7.12 đến 7.16).

Gợi ý của chương trình dự đoán cho bộ điều chỉnh truyền âm

■ **Khúc xạ (Refraction):** Đường truyền âm thanh uốn quanh, đi qua những lớp môi trường. Chỉ liên quan đến những ứng dụng ngoài trời tầm xa. Dự đoán sẽ phải tính đến những lớp nhiệt độ không khí khác nhau và mức độ uốn sẽ gây ra cái gì. Nghi ngờ độ chính xác cực kỳ do ngoài trời cộng thêm điều kiện như gió. Không có quyết định thiết kế hệ thống âm thanh nào phụ thuộc vào dữ liệu khúc xạ lại có thể chính xác.



**Hình 7.15** So sánh những mô hình dự đoán ray-tracing với đáp ứng đo được có độ chính xác dự kiến cao. Trên: phản dội không lọc từ bề mặt không hấp thụ. Giữa: phản dội đã lọc từ bề mặt hấp thụ. Dưới: phản dội không lọc từ bề mặt khuếch tán.



**Hình 7.16** So sánh những mô hình dự đoán ray-tracing với đáp ứng đo được có độ chính xác dự kiến cao. Trên: nhiễu xạ chung quanh vật nhỏ. Mô hình ray-tracing có thể hay đặc trưng đối tượng là cứng hay rỗng. Giữa: nhiễu xạ qua lỗ nhỏ. Dưới: nhiễu xạ chung quanh vật lớn như trên tường.

## Dự đoán

■ Khuếch tán (Diffusion): biến đổi tần số phức tạp. Vô cùng phức tạp đến mô hình cho những lý do chính mà làm cho nó nên có âm thanh muốn có. Mô phỏng bề mặt phản dội phân tán phẳng sẽ nhìn mô hình tồi tệ hơn là khu vực. Rất nghi ngờ có quyết định thiết kế hệ thống nào phụ thuộc vào dữ liệu khuếch tán lại có thể chính xác.

■ Nhiễu xạ (Diffraction): Sóng âm uốn quanh bề mặt, chứ không nảy lên. Bất kỳ trụ cột và một phần bức tường nào cũng cần phải có tính chất phản dội khác nhau theo tần số. Phải mô phỏng lỗ cửa như là nguồn âm thanh thứ yếu. Mô hình dự đoán tiên tiến kết hợp nhiễu xạ có thể mô tả luồng âm chữ I ở phía trước loa và cho chúng ta biết vị trí nào có tần số nào. Cảm ơn, nhưng không đâu. Giải pháp ưu tiên là cái cửa cắt sắt.

■ Cộng hưởng (Resonance): quan hệ khoảng cách đang cảm thông với bước sóng nào đó. Chúng ta sẽ chọn loa khác vì 275.4Hz là tần số cộng hưởng chẳng? Sẽ thấy những tính chất cộng hưởng khi hoàn thành tòa nhà, chúng ta đã lắp đặt loa và đã sẵn sàng điều chỉnh.

### 7.2.4 Tính chất hấp thụ của vật liệu

Cho đến nay, chúng ta chỉ xem xét những bề mặt có hiệu suất phản dội sóng âm 100%. May mắn là hầu hết bề mặt đều có chất lượng hấp thụ phụ thuộc vào vài tần số. Xem xét tiếp theo là làm sao những tính chất này đại diện trong dự đoán và đo lường.

Tổng hợp những tính chất âm của vật liệu xây dựng thành bảng giá trị hệ số hấp thụ theo tần số (Hình 7.17). Hệ số hấp thụ cho thấy năng lượng âm thanh bị mất trong quy trình chuyển đổi ở bề mặt. Giá trị dao động từ tối đa là 1,00 (cửa sổ mở) đến 0,00 (phản dội 100%). Chúng ta có thể chuyển đổi những số này thành độ hao hụt dB như sau: suy giảm là  $10 \cdot \log_{10} (1-\alpha)$  trong đó " $\alpha$ " là hệ số hấp thụ).

Absorption level loss reference	
Loss (dB) = $10 \times \log (1-\alpha)$	
Absorption	
Value (dB)	Coefficient ( $\alpha$ )
-0.10	0.02
-0.25	0.06
-0.5	0.10
-1.0	0.20
-1.5	0.30
-2.0	0.37
-3.0	0.50
-4.0	0.60
-5.0	0.69
-6.0	0.75
-7.0	0.80
-8.0	0.84
-9.0	0.88
-10.0	0.90
Total	1.00

**Hình 7.17** Tham khảo mức độ hệ số hấp thụ (xấp xỉ). Biểu đồ tham khảo ở trên chuyển đổi hệ số hấp thụ ( $\alpha$ ) thành độ hao hụt dB cho việc phản dội. Tính toán mô hình ray-tracing như thế này có thể mô phỏng sự hao hụt tia phản dội khi nó thoát ra khỏi bề mặt phản dội/hấp thụ.

## Chương 7

Những hệ số hấp thụ đã công bố thường giới hạn ở band octave, dao động từ 125Hz đến 4kHz. Nó không gây ra sự khác nhau giữa bề mặt nổi bật ở  $9.0^\circ$  và  $90^\circ$ , điều này có thể đáng kể với vài vật liệu (không phải tất cả) và tần số thay đổi. Vùng bề mặt nào có chứa vật liệu hỗn hợp sẽ có tính chất phản dội, hấp thụ, cộng hưởng, khuếch tán và nhiễu xạ qua góc tới và tần suất khác nhau. Độ phức tạp đáng kinh ngạc, ngay cả ở phòng đơn giản. Mô phỏng âm thanh với dữ liệu hệ số hấp thụ đã công bố, tốt nhất, là phép tính xấp xỉ rất thô.

### 7.2.5 Đặc tính cộng âm -- Characterizing summation

Chúng ta không thể phóng đại tầm quan trọng của quản lý cộng âm đến thiết kế tối ưu. Nên xử dụng hạn chế chương trình mô phỏng nào không mô tả cộng âm chính xác. Kiểm tra coi: vô ích và gây hiểu lầm.

#### 7.2.5.1 Độ chính xác tần số -- Frequency Resolution

Đầu tiên, lưu ý nhanh về độ chính xác tần số, bước sóng và cộng âm. Độ chính xác octave có nghĩa là chúng ta thấy âm thanh trực tiếp và hiệu ứng cộng âm của âm thanh trực tiếp đến  $1\lambda$  phía sau âm thanh trực tiếp (tạo ra đỉnh octave rộng). Đó chỉ là 1ms tại 1kHz. Độ chính xác  $1/3$  octave tăng gấp ba lần bao gồm tín hiệu đến sau  $3\lambda$ . Woohoo! Điều này chỉ có nghĩa là có phần nhỏ trong số hiệu ứng cộng âm đã bao gồm trong đáp ứng. Độ chính xác thấp cho phép truyền tự do đến lọc lược (trong dự đoán) sẽ không cung cấp cho khán giả. Điều này không có nghĩa là chúng ta cần làm tất cả mọi cái ở  $1/24$  octave, nhưng chúng ta cần tùy chọn để đến đó khi có câu hỏi. Ở độ chính xác thấp có thể rất khó phân biệt được cái tốt, tệ và xấu.

#### 7.2.5.2 Độ chính xác của góc -- Angular Resolution

Độ chính xác của góc cũng đóng vai trò quan trọng trong quyết định cộng âm. Bạn có nhận thấy ai đó thay đổi góc nghiêng bằng  $5^\circ$  chưa? Chương trình dự đoán của bạn có thể không chạy nếu dữ liệu của nó xuất phát từ độ chính xác góc  $10^\circ$ . Thật là lố bịch khi xem xét độ chính xác góc  $10^\circ$  hay thậm chí  $5^\circ$  vì loa hiện đại có mô hình bao quát và góc treo cho phép thay đổi  $0.5^\circ$ . Array chính có thể chứa nhiều loa nghiêng khoảng một vài độ và có thể tạo ra mô hình kết hợp nhỏ hơn một độ. Góc tương đối thay đổi nhỏ rất quan trọng với đáp ứng hướng kết hợp, sẽ mất những chi tiết nếu không có độ chính xác góc cao.

Ngược lại, loa bậc một có thể đặt góc tối ưu  $5^\circ$  hay  $10^\circ$  và sẽ có ít người nhận ra bất kỳ hiệu ứng tiêu cực nào về tính đồng nhất. Phải nhắm hướng array bậc ba chồng lên nhau cho chính xác tuyệt đối và sẽ có mức độ đồng nhất cao nhất có thể tưởng tượng. Sai sót một vài độ có thể ném toàn bộ chuyện này đi.

#### 7.2.5.3 Đáp ứng phase -- Phase Response

Tôi tự hỏi, nếu chúng ta phát nhiều bài hát khác nhau cho mỗi loa thì độ lớn sẽ ra sao. Sau đây là câu trả lời khi dự đoán mô hình loa không có đáp ứng phase. Việc cộng âm mang tính xây dựng hoàn toàn. Không có sự triệt tiêu. Ngay cả có phân cực ngược hay thiết lập delay cũng không quan trọng! Không có ứng dụng nào cho chiến lược này và không có chiến lược thiết kế nào có lợi từ nó. Có hai họ cộng âm: tương quan và không tương quan. Chúng ta quản lý sự tương tác giữa những đối tác có tương quan. Chúng ta không phân tích sự tương tác của những cái không có tương quan vì nó là ngẫu nhiên. Bạn sẽ thực hiện quyết định thiết kế nào liên quan đến những cái có liên quan ngẫu nhiên? Tôi phát hiện ra delay âm thanh 2.94ms có vẻ tốt nhất.

#### 7.2.5.4 Đáp ứng Quasi-Phase

Lựa chọn trung gian là quy kết đáp ứng phase danh định cho tất cả loa (thay vì xử dụng những đáp ứng đo được thật tế của từng mô hình). Giả định tất cả tần số đều có phase phẳng và phase tương

## Dự đoán

đối giữa những nguồn, rồi kết hợp vào dự đoán dựa trên thời gian bù. Cách tiếp cận này cho thấy sự tương tác cộng âm có độ chính xác hợp lý, miễn là chỉ dự đoán một mô hình loa đơn. Nếu kết hợp nhiều mô hình (model) khác nhau (như hệ chính và loa subwoofer, hay những mô hình full-range khác) sẽ không theo dõi được đáp ứng đã đo trong quy trình tối ưu hóa. Tính tương thích phase giữa nhiều mô hình là vấn đề phức tạp, thường phát sinh trong quy trình tối ưu hoá. Thông báo trước trong quy trình thiết kế có thể dẫn đến quyết định hạ những thách thức này trong quy trình tối ưu.

Hạn chế của đáp ứng quasi-phase khác là giả định của nó về sự phát triển phase từ nguồn điểm đơn. Đáp ứng phase đo được của loa hai way thật (không đồng trục) sẽ xác nhận những cái chúng ta thấy bằng mắt: Tín hiệu HF và LF truyền từ những vị trí vật lý khác nhau. Do đó, ngay cả cộng âm của hai loa mô hình giống nhau cũng không chính xác trong phạm vi crossover âm thanh (trong mặt phẳng di dời driver HF và LF). Đây là điểm hợp lưu của chia âm phổ và không gian, đã thảo luận ở hình 4.34.

### 7.2.6 Đưa dự đoán vào công việc

Mô phỏng âm thanh là công cụ thiết kế. Chương trình chính xác làm tăng khả năng thiết kế tốt và giảm bớt lý do cho thiết kế dở. Trong phân tích cuối cùng (chơi chữ có ý đồ), chúng ta sẽ thấy nó ra sao khi tối ưu.

Sẽ là ngày tuyệt vời khi chúng ta có sẵn dữ liệu 3-D và có số đo của phase nhanh cực kỳ. Vào thời điểm viết không có sẵn chương trình này. Thời điểm này, chúng ta phải làm việc với những cái có sẵn. Mỗi chương trình đều có điểm mạnh và điểm yếu. Nếu chúng ta không thể có tất cả, chúng ta ưu tiên cho cái nào?

Mục tiêu cuối cùng là tối ưu hóa thành công. Có nhiều cơ hội thành công lớn nhất nếu dữ liệu dự đoán phản ánh những cái chúng ta sẽ thấy trên bộ phân tích. Phải ưu tiên cho sự tương quan này hơn là trình bày chất lượng cho giám đốc điều hành hội đồng quản trị. Lựa chọn tốt nhất là dự đoán mang lại sự lựa chọn mô hình loa, vị trí, loại array, nguồn xử lý tín hiệu và xử lý âm thanh khôn ngoan nhất. Có thể điều chỉnh những vấn đề này tại hiện trường, như equalization, góc mở và mức độ tương đối, cũng có thể để lại cho giai đoạn hiệu chỉnh.

Nhiệm vụ dự đoán phức tạp cực kỳ. Lớp này nằm trên lớp khác khi cộng thêm hiệu ứng âm thanh vào việc truyền âm thanh trực tiếp. Chắc chắn sẽ giảm độ chính xác theo khoảng cách và mỗi khi thêm bề mặt hay loa. Chồng chất rất nhiều điều dị thường so với mặt tương tác loa/phòng của phương trình, với cơ chế âm thanh phức tạp của nó và dữ liệu có sẵn không đầy đủ để tính toán.

#### **Những điều tốt nhất đến viễn tượng tồi tệ nhất cho tính chính xác của dự đoán (theo thứ tự)**

1. Đáp ứng khu vực trực tiếp (mô hình bao quát, đáp ứng tần số, mức độ, hao hụt trong không khí).
2. Hiệu ứng cộng âm loa/loa (mô hình bao quát, đáp ứng tần số, mức độ).
3. Hiệu ứng cộng âm về loa/phòng (mô hình).
4. Nhiễu xạ, khuếch tán, khúc xạ, cộng hưởng, hiệu ứng reverb (mô hình non-ray-tracing).

Đáp ứng trực tiếp (gần và xa) của một loa đơn có khả năng mô tả chính xác cao nhất với điều kiện là chúng ta có đủ tần số và độ chính xác góc. Tiếp theo là đáp ứng cộng âm khu vực trực tiếp của nhiều loa. Ngay cả array khổng lồ cũng ít phức tạp hơn sự cộng âm của loa/phòng. Vị trí cuối cùng đi theo hành vi non-ray-tracing của cộng âm loa/phòng.

Chúng ta thiết kế hệ thống loa, không phải phòng giao hưởng. Tiến trình theo đúng thứ tự cho chúng ta vì hầu hết dự đoán chính xác nhất đều phù hợp với ưu tiên cao nhất về thiết kế và tối ưu hóa.

## Chương 7

Nhu cầu của chúng ta là việc dữ liệu chính xác cùng với dự đoán độ chính xác, phần còn lại sẽ đo tại chỗ. Lựa chọn mô hình loa, góc hướng, loại array và phân phối xử lý tín hiệu, chủ yếu dựa trên đáp ứng trực tiếp. Nếu hệ thống không thể cho ra đáp ứng đồng nhất trong khu vực tự do, thật ngớ ngẩn khi mong đợi phản dội trong phòng lấp đầy khoảng trống. Nó có thể hữu ích để xác định những bề mặt có tiềm năng gây nhiễu nguồn phản dội. Nhưng đường phản dội không bộc lộ cho đến khi chúng ta xác định hình dạng âm thanh trực tiếp. Nguồn gốc rắc rối thường là quan hệ của nó với đường dẫn âm thanh trực tiếp, không phải là mạng lưới đường dẫn đa bề mặt phức tạp. Chúng ta đã có kết luận để tránh nhầm vào tường và yêu cầu sự hấp thụ từ lâu, trước chương trình mô phỏng.

Cho ứng dụng của chúng ta, không nên xem xét việc mô phỏng tính âm trong phòng bình đẳng với mô phỏng âm thanh trực tiếp. Sẽ không bao giờ tìm ra thiết kế hệ thống loa tốt nhất nếu phối cảnh của chính nó không chính xác, bất kể dự đoán phòng tốt ra sao. Có thể tìm thấy những chỗ sửa đổi tính âm có lợi nhất bằng cách nhìn vào trên bề mặt, chỗ âm thanh trực tiếp đổ vào, ngay cả khi không mô phỏng tính âm cho phòng. Làm cái nào trước, âm thanh trực tiếp hay phản dội?

OK. Vì vậy, chúng ta không thể mô phỏng phản dội trong phòng hoàn toàn. Có vấn đề gì với sự bao gồm ít nhất vài phản dội của phòng trong tính toán của chúng ta về độ đồng nhất không? Có phải mô phỏng tính chính xác đáng ngờ sẽ tốt hơn không?

### Xem xét những điều sau đây:

- Nếu dữ liệu loa có độ chính xác thấp, thì dữ liệu phản dội có thể tốt hơn ra sao?
- Có phải mô phỏng cộng âm mà không có phase giống như mô phỏng treo loa mà không có trọng lực?
- Góc bao quát tốt nhất là  $40^\circ$  với màn cửa. Cái gì tốt nhất khi không màn cửa?
- Chúng ta cần loa SPL 132dB với màn cửa. Không có màn cửa thì ra sao?
- Array nguồn điểm ghép là tốt nhất với màn cửa, Cái nào tốt nhất khi không có?
- Có tường kính 10m x 20m. Cần mô phỏng chính xác nào để biết giải pháp?
- Có phải việc dự đoán âm thanh trực tiếp chính xác sẽ giúp chúng ta tránh khỏi tường kính không?
- Ngày mai sẽ nóng và ẩm. Chúng ta có nên đổi mô hình loa hay góc tập trung không?
- Tôi cần những mô hình và góc tập trung nào cho phòng có RT là 2.3 giây?

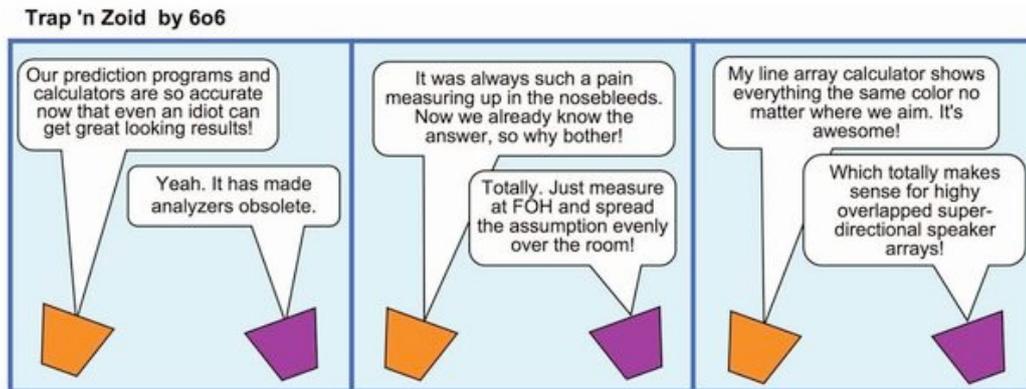
Tôi không thể cho bạn biết cách thiết kế hệ thống bằng cách xử dụng dự đoán không có độ chính xác đủ để phân biệt thành công hay thất bại hay với triết tiêu phase mong muốn ra sao. Tôi không biết làm cách nào, vì vậy chắc chắn tôi không thể dạy cho bạn. Quan điểm thiết kế của tôi luôn bao gồm kỳ vọng, trên bộ phân tích của tôi, hệ thống sẽ xuất hiện có quy trình tối ưu hóa chính xác cao bao gồm cả phase nữa. Bộ phân tích của tôi chưa bao giờ tìm thấy hệ thống có hành vi như phối cảnh có độ chính xác thấp hay không có phase. Tuy nhiên, tôi đã thấy hệ thống của nhiều hãng sản xuất có hành vi giống như bản phối cảnh, có phase chính xác cao như của MAPP Online.

Hãy xem xét việc tự thú về sự thiên lệch của tác giả hay hạn chế tầm nhìn của tôi. Tôi sẽ phải vật lộn với những hạn chế của tầm nhìn 2-D đối với những sai sót và bỏ qua việc dữ liệu không phase có độ chính xác thấp cho đến khi dự đoán độ chính xác cao chuyển thành 3-D (và tôi học cách vận hành nó).



## Dự đoán

Chúng ta đã sẵn sàng áp dụng quy trình dự đoán cho thiết kế tối ưu hóa. Những chương tiếp theo sẽ tiến hành tìm kỹ cách thiết kế hệ thống loa cung cấp sự đồng nhất tối đa cho khu vực nghe ra sao. Mô hình dự đoán có độ chính xác cao, bao gồm cả phase sẽ hướng dẫn chúng ta hướng tới mục tiêu này.



# Chương 08

## Sai lệch (Phương sai) -- Variance

Phạm vi bao quát của loa có hình dạng. Khu vực khán giả có hình dạng. Thiết kế âm thanh là đặt hình dạng loa lên trên khán giả. Chương này bắt đầu tìm hình dạng loa tốt nhất để lấp đầy cả phòng. Chúng ta bắt đầu đơn giản, với một loa đơn, và thiết lập sân khấu cho chương tiếp theo, nơi chúng ta sẽ mở rộng vào array loa.

Mục tiêu rất thẳng thắn: ở mọi chỗ. Cùng mức độ, đáp ứng tần số, độ rõ và vị trí hình ảnh âm thanh. Nguyên tắc áp dụng cho loa đơn và array phức tạp, cho nhà hát hộp đen đầy đủ hay nhà hát đầy đủ hộp đen đều như nhau. Nhiệm vụ là thay đổi không gian tối thiểu, là nhiệm vụ khách quan mà thước đo thành công của nó ở cách chúng ta giữ điểm số thấp này là bao nhiêu. Nếu nó có âm thanh tốt ở đây, nên cũng có âm thanh tốt ở đó. Thuật ngữ phương sai- variance cho biết mức độ tiếp cận mục tiêu dự tính này nhưng cuối cùng không thể tới đó.

*(Phương sai (variance): là số đo, xử dụng phổ biến để đo mức độ của biến số ngẫu nhiên (hay thống kê) phân tán quanh giá trị trung bình của nó – Tự điển Wikipedia).*

### 8.1 Tiến trình phương sai cho loa đơn

Chúng ta tìm cách giảm thiểu phương sai không gian trong bốn loại chính:

- Phương sai mức độ: tính bằng dB, thí dụ: Khu vực dưới balcon là -6dB, so với hàng ghế 24.
- Phương sai âm phổ: tính bằng dB theo tần số, thí dụ: Dưới balcon, giải tần từ 2-8kHz là -6dB so với đáp ứng phẳng trong hàng ghế 24.
- Phương sai hình ảnh âm thanh: ở vị trí bù giữa hình ảnh cảm nhận, thí dụ: Diễn viên nghe có vẻ họ đang ở trong mái cho ghế ngồi ở hàng thứ tư nhưng hình ảnh thì gần mức độ sân khấu từ hàng ghế thứ mười lăm.
- Phương sai độ gợn: tính bằng dB, cho peak và dip có liên quan đến cộng âm, thí dụ: Vùng dưới balcon có gợn giải mid 12dB, so với 3dB ở hàng hai mươi bốn.

Vài hạng mục phụ là phân khu của những bộ phận lớn hay chia sẻ giữa nó. Sự thay đổi độ dễ hiểu bị ảnh hưởng bởi gợn (chải và echo) và âm phổ (hao hụt MF hay HF) và thay đổi mức độ. Có lẽ chiến lược phương sai tối thiểu trong hạng mục chính sẽ cải thiện độ dễ hiểu. Khả năng mức độ tối đa là hạng mục phụ của việc thay đổi mức độ, chỉ duy trì khi tất cả loa đều duy trì đáp ứng tuyến tính đến mức độ (không nén hay quá tải). Phải tính tỷ lệ công suất cho loa ở vùng bao quát của nó để tất cả vị trí cùng nhau đạt đến mức độ cao nhất. Thí dụ, phải tính tỷ lệ loa dưới balcon để theo kịp với hệ chính ở khu vực của nó. Thảo luận về tỷ lệ công suất ở phần sau chương 11. Bây giờ chúng ta giả định đã có tỷ lệ thích hợp. Chúng ta cũng cho rằng tất cả loa đều có điểm tham chiếu âm phổ phổ biến: đáp ứng âm phổ trên trục phẳng.

#### Mô tả việc truyền loa đơn bằng bốn đường phương sai tiêu chuẩn trong mỗi mặt phẳng

- Đường phương sai tới trước (Forward-variance line): từ 0dB đến -6dB theo hướng về phía trước.
- Đường phương sai hướng tâm (Radial-variance line): từ 0dB đến -6dB trên bán kính đều.

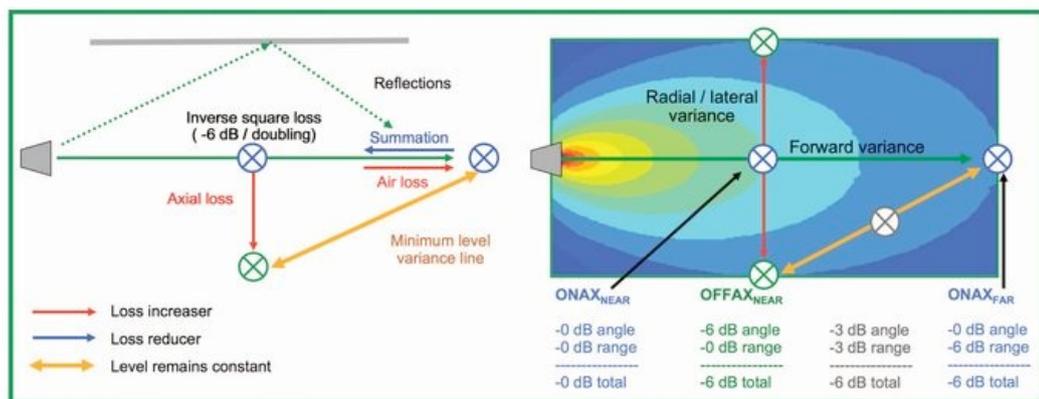
## Phương sai

- Đường phương sai phía hai bên (Lateral-variance line): từ 0dB đến -6dB trên đường thẳng vuông góc với loa.
- Đường phương sai tối thiểu (Minimum-variance line): từ 0dB đến 0dB theo hướng phía trước, hướng tâm (hình quạt) hay hướng ngang.

Mỗi đường đều có vai trò trong chiến lược thiết kế (Hình 8.1). Thí dụ, đường phương sai tới trước liên kết hệ chính với delay, đường hướng tâm liên kết những phần tử của array nguồn điểm và đường phía bên liên kết những nguồn line không ghép. Đường phương sai tối thiểu nhằm mục tiêu cho loa đơn. Đường phương sai tới trước, đường hướng tâm và đường bên có thể liên kết với nhau để tạo ra đường phương sai tối thiểu mở rộng.

Đường phương sai tới trước, hướng tâm và bên là tất cả đường có thể chấp nhận độ phương sai tối đa (0dB đến -6dB). Đường phương sai tối thiểu của loa đơn là liên kết giữa những điểm có mức độ tương đương tương đối: điểm cuối -6 dB kết thúc của đường phương sai tới trước và đường hướng tâm (hay bên). Cả hai đầu của những đường này đều giống nhau, do đó độ phương sai tối thiểu. Bây giờ chúng ta có thể đặt tên cho cột mốc phương sai tối thiểu: ONAXFAR (điểm cuối -6 dB của đường tới trước) và OFFAXNEAR (-6 dB cuối của đường hướng tâm/bên). Đường phương sai tối thiểu kết nối giữa chúng nó với nhau (hình 8.1).

Áp dụng cho array cũng cùng nguyên tắc này. Điểm cuối -6dB của đường phương sai hướng tâm và bên nối với nhau, tạo ra kết nối cộng âm là 0dB, mở rộng đường phương sai tối thiểu cho đến khi nó giảm 6dB theo hướng tới trước, hướng tâm hay bên (chi tiết trong chương tiếp theo).



**Hình 8.1** Sự tiến triển trên không gian theo mức độ phương sai. Cho thấy liên kết phương sai tối thiểu giữa ONAXFAR và OFFAXNEAR.

## 8.2 Phương sai mức độ (Loa đơn) -- Level Variance (Single Speaker)

Hai cơ chế đang tham gia: mô hình bao quát và tỷ lệ phạm vi. Mô hình bao quát tạo ra hình dạng lan truyền. Nếu là đa hướng thì yếu tố duy nhất là phạm vi: càng gần càng lớn hơn. Loa đơn mất mức độ ngang theo khoảng cách khu vực tự do theo mọi hướng. Khuynh hướng tự nhiên là giảm xuống khi chúng ta đi sâu vào phòng và/hay di chuyển ra ngoài về hai bên. Nếu nguồn có định hướng, chúng ta có được hình dạng đồng nhất hướng tâm tùy chỉnh. Hàng ghế thứ mười có thể nghe lớn bằng hàng ghế thứ hai, nhưng rồi phạm vi nắm quyền kiểm soát lại. Ở hai bên hàng ghế thứ mười hai sẽ nghe nhỏ hơn trừ khi chúng ta làm điều gì đó để bù hiệu ứng phạm vi.

## Chương 8

### 8.2.1 Hình dạng mức độ bất biến (đường viền mức độ ngang bằng nhau) -- Level-invariant shape (equal-level contour)

Chúng ta có thể tìm ra vùng bao quát của loa bằng cách xoay quanh nó và duy trì mức độ ngang bằng khi đi vòng quanh. Chúng ta theo dõi vòng tròn cách đều nhau nếu loa là nguồn bức xạ đa hướng hoàn hảo. Bất kỳ loa nào khác đều đòi hỏi phải thay đổi khoảng cách khi đi vòng quanh của chúng ta và tạo ra hình dạng tùy chỉnh đặc trưng cho đáp ứng có mức độ bất biến độc nhất của nó. Đây là bản đồ đường viền mức độ bằng nhau, còn gọi là sơ đồ áp suất đẳng áp-isobaric. Mỗi loa đều có một hình dạng trong mỗi mặt phẳng (và cho vấn đề này trong 3-D) và nó biến thiên theo tần số. Chúng ta sẽ tập trung vào mức tổng thể ngay bây giờ và thêm tần số sau. Đạt độ phương sai mức độ tối thiểu khi chúng ta đặt đối tượng theo hình dạng này. Điều đó giải quyết sự phân bố hướng tâm nhưng chúng ta cần thêm khoảng cách vào phương trình.

### 8.2.2 Tỷ lệ phạm vi -- Range ratio

Sẽ dễ đạt phương sai mức độ tối thiểu nếu chỉ có một hàng ghế khán giả rất sâu: Đơn giản, chỉ cần khớp hình dạng mức độ bất biến của loa với hình dạng đối tượng. Khi đó không phải là trường hợp, chúng ta phải kết hợp những khác biệt trong khoảng giữa người nghe xa nhất và gần nhất, tức là tỷ lệ phạm vi (Hình 8.2). Có thể biểu diễn việc này bằng dạng tỷ lệ tuyến tính hay ở log (dB). Loa cách ghế xa nhất gấp đôi ghế gần nhất sẽ có tỷ lệ phạm vi 2:1 (6dB). Đây là phương sai mức độ mặc định của khu vực nghe. Nhiệm vụ của chúng ta là chống lại khác biệt phạm vi bằng cách định hướng/định hình vùng bao quát cho loa để tạo ra mức độ ở địa điểm xa và gần ngang bằng nhau. Giải pháp là đặt loa ở vị trí, chỗ ghế mặt trước và sau tương ứng với nhau (giảm tỷ lệ phạm vi xuống 0dB). Chỗ này thường là vị trí cao kỳ cục trên trần nhà. Ngoài ra, chúng ta có thể xử dụng loa có định hướng 6dB, hay kết hợp cả hai.

Hãy xử dụng thí dụ cực đoan để minh họa (Hình 8.3). Đặt loa trên rìa sân khấu. Nó cách mặt đất 4m và phía trước là 32m. Tỷ lệ phạm vi là 8:1 (18dB). Chúng ta cần loa full-range có định hướng 18dB để vượt qua thách thức này. Đây là lý do tại sao chúng ta không chõng PA trên sàn nữa. Nâng loa lên chiều cao điển hình cho hệ chính L/R và chúng ta có thể tăng gấp đôi khoảng cách cho hàng ghế đầu tiên. Điều này làm giảm gánh nặng sang 4:1 (12dB), đưa chúng ta vào lĩnh vực thực tiễn thật tế cho array loa (2:1 là giới hạn thật tế cho loa đơn). Nâng nó lên độ cao cụm trung tâm làm giảm khoảng 2:1. Sẽ đạt tỷ lệ phạm vi thấp nhất với cách tiếp cận trên không, nhưng rõ ràng là không khả thi để tăng cường âm thanh từ sân khấu này. Khi tiếp cận loa trong mặt phẳng ngang (phía trước) chúng ta di chuyển khỏi nó theo chiều dọc. Kết quả là bù lại hiệu ứng mức độ, giúp chúng ta duy trì mức độ không đổi.

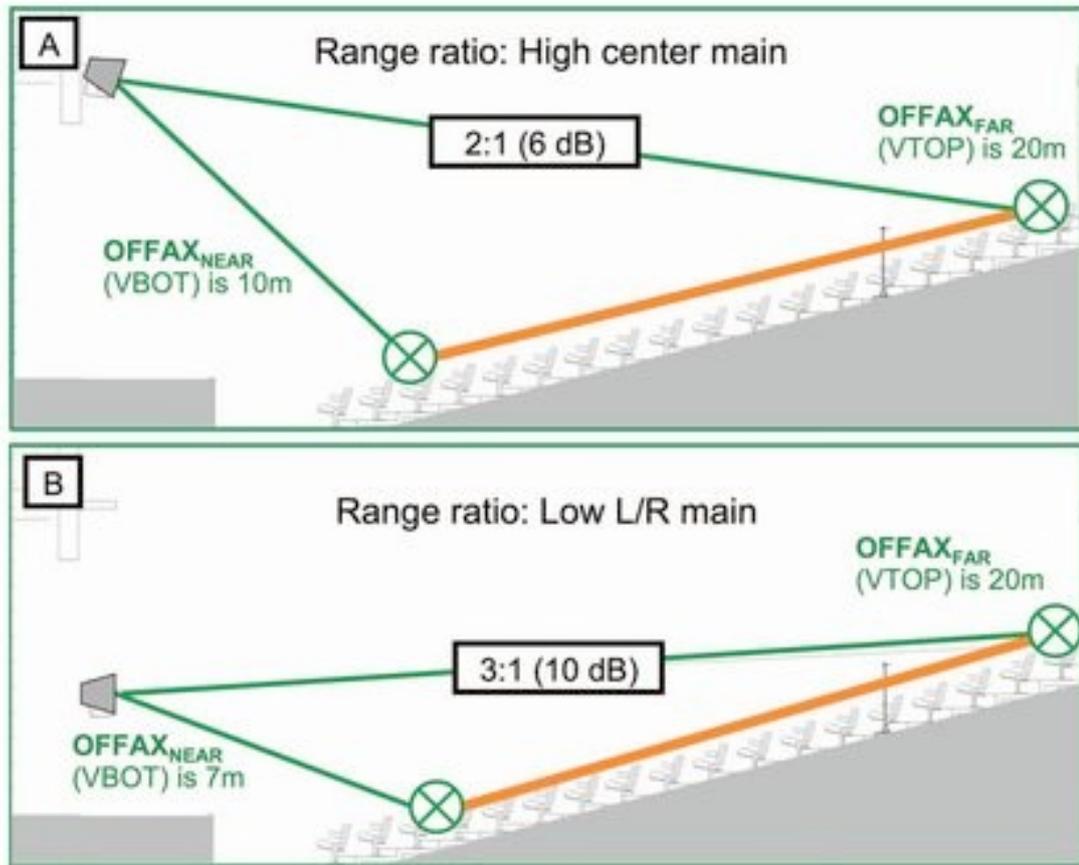
Cũng có thể giảm tỷ lệ phạm vi bằng cách chia vùng bao quát (phần dưới của hình 8.3). Frontfills mở rộng điểm khởi đầu cho hệ chính và delay làm giảm ở đầu cuối, sẽ giảm tỷ lệ trên tổng ảnh hưởng.

## 8.3 Phương sai âm phổ -- Spectral Variance

### 8.3.1 Tiến trình phương sai âm phổ -- Spectral variance progression

Phát hiện ra phương sai mức độ của chúng ta mang đến phương sai về âm phổ với thêm vào một thành phần: tần số. Xin lỗi, tôi nói đây có nghĩa là 600 thành phần. Chúng ta có thể coi điều này như là phương sai của vùng bao quát đối với tần số (không gian/âm phổ), hay là phương sai về tần số đáp ứng đối với vùng bao quát (âm phổ/không gian). Áp dụng thuật ngữ phương sai âm phổ vì dù sao đi nữa, tất cả hình thức biến thể đều "vượt qua không gian".

## Phương sai



**Hình 8.2** Tìm ra tỷ lệ phạm vi từ hai vị trí trong cùng phòng. Vị trí cao (A) mang lại tỷ lệ phạm vi nhỏ hơn vị trí thấp (B) 4 dB, nhưng với độ cân bằng tương ứng trong phương sai hình ảnh âm thanh.

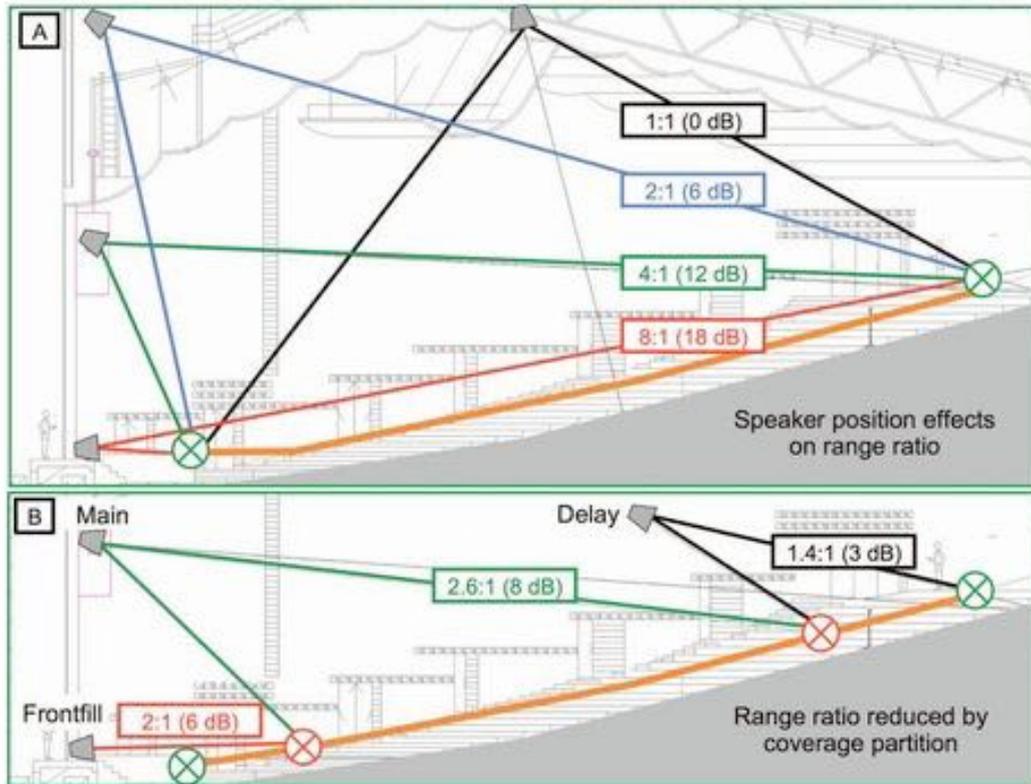
Chuyển tiếp từ ONAXNEAR sang ONAXFAR tạo ra đáp ứng nghiêng về thấp hơn là cao (phản dội và hao hụt trong không khí). Đây là sự gia tăng độ nghiêng âm phổ. Di chuyển từ ONAXNEAR sang OFFAXNEAR cuộn HF ra nhiều hơn LF. Âm phổ lại nghiêng. Sự khác biệt về độ nghiêng của âm phổ giữa ONAXNEAR và những vị trí khác là phương sai âm phổ. Độ nghiêng tương tự giữa ONAXFAR và OFFAXNEAR là phương sai âm phổ tối thiểu.

### So sánh sự nghiêng âm phổ và phương sai âm phổ

- Những vị trí có đáp ứng phẳng tương ứng: không có độ nghiêng âm phổ và không có phương sai âm phổ.
- Những vị trí phù hợp HF giảm hay LF tăng: có độ nghiêng âm phổ nhưng không có phương sai âm phổ.
- Địa điểm có HF giảm hay LF tăng: có độ nghiêng âm phổ. Cái khác là phẳng (không nghiêng): phương sai âm phổ.

Mục tiêu của chúng ta là phương sai âm phổ tối thiểu, không nhất thiết là nghiêng âm phổ tối thiểu. Chúng ta không phải là "cảnh sát phẳng". Nhiều kỹ sư ủng hộ số lượng nghiêng đáng kể. Độ phương sai âm phổ tối thiểu bảo đảm cùng độ nghiêng âm phổ nghe được ở khắp mọi nơi (Hình 8.4).

## Chương 8



**Hình 8.3** Thí dụ cụ thể về tác động vị trí của loa theo tỷ lệ phạm vi cho cùng một phòng. (A) Bốn vị trí có tỷ lệ phạm vi từ 18dB đến 0dB. (B) Giảm tỷ lệ phạm vi cho hệ chính bằng cách phân vùng bao quát với frontfills và delay.

### 8.3.2 Nghiêng tới trước -- Forward tilt

Mọi nguồn âm thanh trên trái đất đều có phương sai về âm phổ khi nó truyền về phía trước theo khoảng cách. Ngay cả nguồn đa hướng trong khu vực tự do sẽ cho thấy phương sai âm phổ theo khoảng cách do sự suy giảm không khí trong giải HF. Đơn giản là không có cách nào cho nguồn duy nhất duy trì đáp ứng tần số của nó theo khoảng cách. Phản dội cũng thêm phương sai âm phổ theo khoảng cách khi nó giảm tỷ lệ hao hụt trong LF. Đáp ứng ngày càng nghiêng với khoảng cách tương ứng với đáp ứng trung bình (LF ở trên và HF ở dưới). Phân loại hành vi này là phương sai âm phổ tới trước, dọc theo đường ONAXNEAR tới ONAXFAR (thể hiện ở hình 8.4 (A)).

### 8.3.3 Nghiêng hướng tâm/sang bên -- Radial/lateral tilt

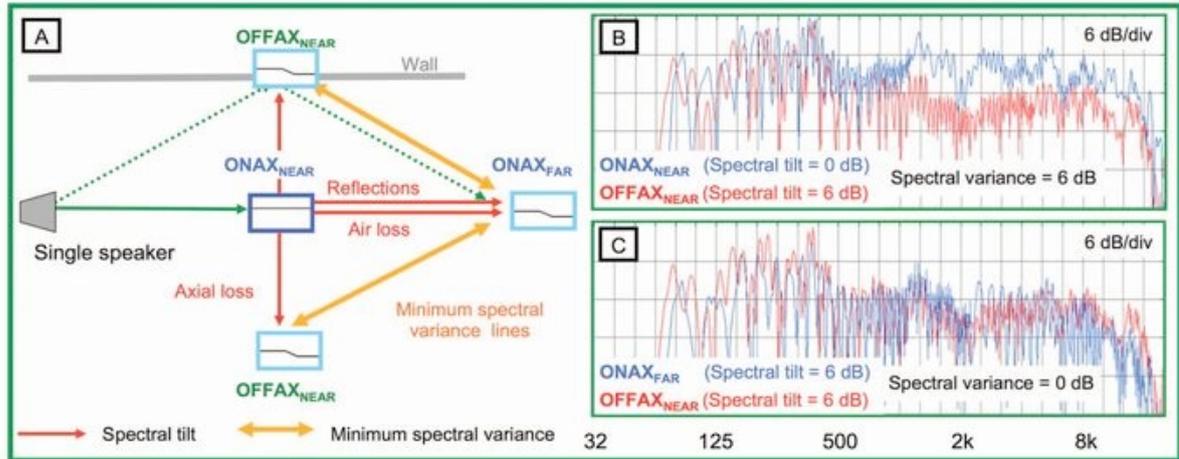
Nguồn hướng thêm lớp khác biệt âm phổ khác: hướng tâm, nghĩa là đáp ứng phụ thuộc tần số trên góc. Âm phổ nghiêng hay hướng tâm tiến triển từ ONAXNEAR đến OFFAXNEAR. Phương sai âm phổ hướng tâm tăng lên theo hướng của loa, trong khi phương sai âm phổ tới trước tăng lên theo khoảng cách.

Loa full-range điển hình mở rộng ở tần thấp và bất kể ở tần cao (Hình 8.5). Loa bậc một chạy từ 360° (LF), 120° (MF), 90° (HF) có phương sai âm phổ thấp hơn loa bậc ba có luồng âm tỷ lệ thuận với khoảng cách 360° (LF), 90° (MF), 5° (HF). Đây là tham số cố định cho loa đơn, không bị ảnh hưởng bởi

## Phương sai

equalization, mức độ hay delay. Tuy nhiên, có thể xây dựng array có hình dạng bao quát kết hợp, khác với những thành phần riêng (thảo luận trong chương kế tiếp).

Thiết kế âm thanh của chúng ta có thể xử dụng tiến trình phương sai tới trước và hướng tâm, kết hợp với nhau để đạt được phương sai âm phổ tối thiểu trong vùng nghe mục tiêu. Đường phương sai âm phổ tối thiểu cực đại phổ biến sẽ nối độ nghiêng âm phổ của ONAXFAR với OFFAXNEAR.



**Hình 8.4** Độ nghiêng âm phổ và phương sai âm phổ. (A) Tiến trình không gian cho nghiêng và phương sai âm phổ. (B) So sánh ONAXNEAR và OFFAXNEAR cho thấy nghiêng và phương sai âm phổ không tương xứng là 6dB. (C) So sánh ONAXFAR và OFFAXNEAR cho thấy độ nghiêng của âm phổ và phương sai âm phổ phù hợp là 0dB.

### 8.3.4 Giới thiệu "pink shift"

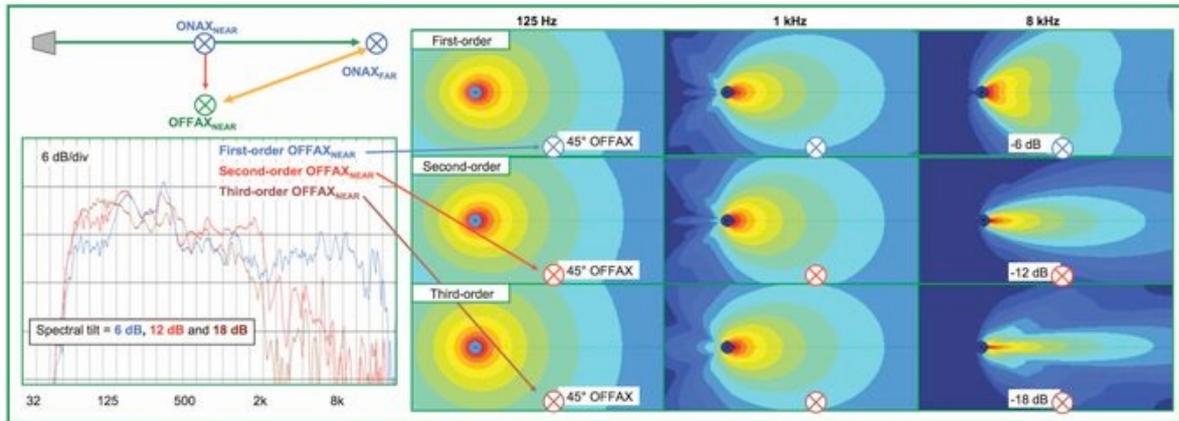
Nhà thiên văn xử dụng "red shift" làm công cụ dò tìm xa cho những nguồn ánh sáng xa xôi trong vũ trụ. Red shift bắt nguồn từ hiệu ứng Doppler và tăng lên cùng với tốc độ của ngôi sao. Red shift trong âm phổ báo hiệu khoảng cách lớn hơn.

Chúng ta cũng có những đầu mối về tâm lý - âm thanh khác nhau. Chúng ta mong cây violin ở gần có âm thanh sáng hơn cái ở xa. Chúng ta mong độ nghiêng âm phổ tới trước tăng lên theo khoảng cách và nghi ngờ nó lừa đảo nếu không tăng. Đáp ứng từ nguồn âm phổ phẳng bắt đầu là màu trắng (không nghiêng) và dần dần chuyển sang màu hồng (nghiêng) theo khoảng cách. Tham chiếu ở đây là để lọc tạp âm trắng-white noise (mỗi tần số có năng lượng bằng nhau) so với "pink noise-tạp âm hồng", giảm theo mỗi octave đều đặn 3dB. Điều này tạo ra năng lượng đồng đều cho mỗi octave, và cân bằng tạp âm của âm phổ cho thính giác logarithmic của chúng ta. Nghiêng âm phổ sẽ cộng thêm "pink shift-dịch chuyển hồng" vào đáp ứng theo khoảng cách. Trong sự truyền âm thanh tự nhiên, pink shift này liên quan trực tiếp đến khoảng cách nguồn âm. Hệ thống sonar trong tai chúng ta ước tính khoảng cách nguồn bằng cách tính toán dự tính về "pink shift".

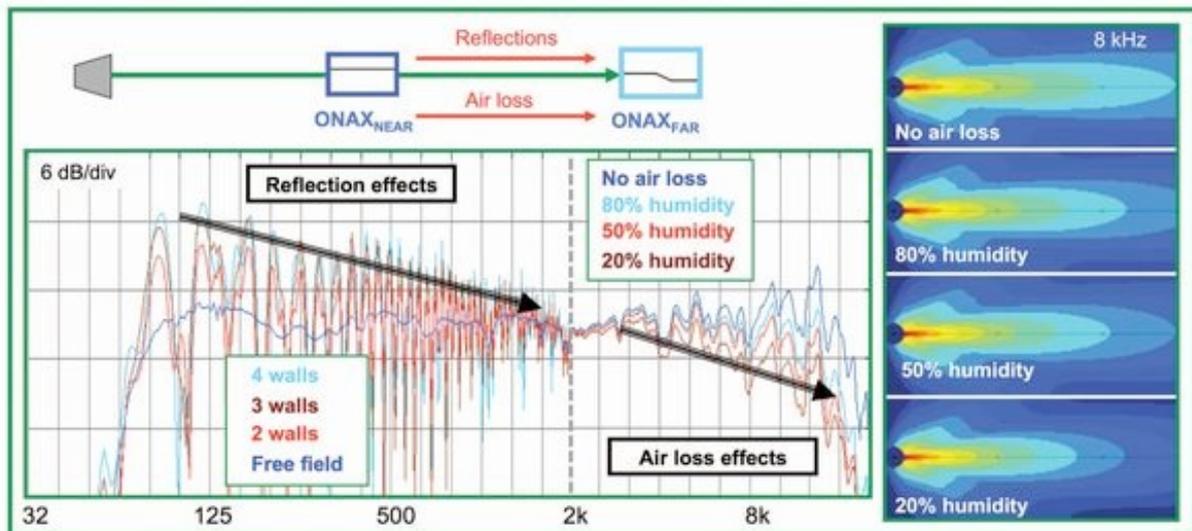
Có thể áp dụng equalization để giảm pink shift trong đáp ứng. Trong thật tế, chúng ta đang giảm phạm vi hình ảnh sonic cho khán giả, đưa họ đến gần hơn. Ngoài ra, người ta có thể cân bằng hệ thống với pink shift có chủ định, do đó chọn phạm vi hình ảnh âm thanh (sonic xa hơn). Đáp ứng phẳng tương đương tự nhiên với khoảng cách gần, trong khi pink shift tương đương tự nhiên với âm thanh xa. Đây là tùy chọn cho kỹ sư để thực hiện. Sự nghiêng âm phổ và pink shift tương đối giống nhau cho cùng dạng đáp ứng, bất kể nó có phải là kết quả của cộng âm LF, hao hụt HF hay cả hai.

## Chương 8

Những khuynh hướng chính trong độ nghiêng âm phổ/pink shift phân phối trong không gian, thể hiện trong hình 8.6. Hiệu ứng chia thành hai loại: phản dội trong phòng tần thấp nghiêng lên và hao hụt trong không khí giảm tần cao. Hao hụt trong không khí có thể làm giảm hình dạng bao quát trong giải HF vì đã tích lũy hao hụt từ xa. ONAXFAR hao hụt trong không khí gấp đôi OFFAXNEAR vì nó có thể đi trong không khí gấp đôi. Thể hiện việc này trong sơ đồ bao quát của hình. 8.6.



**Hình 8.5** Độ nghiêng âm phổ hướng tâm/hai bên. Hiển thị phản dội bậc một, hai và ba. Hiển thị mỗi đáp ứng tần số ở góc 45° so với trục trung tâm cho thấy độ nghiêng âm phổ tăng lên theo thứ bậc của loa. Sơ đồ bao quát cho thấy sự khác biệt ngày càng gia tăng giữa hình dạng LF, MF và HF khi thứ bậc của loa tăng lên.



**Hình 8.6** Tiến trình pink shift. Phản dội trong phòng và hao hụt trong không khí, cả hai đều cho thấy độ nghiêng ngày càng tăng khi thêm nó vào tín hiệu trực tiếp.

### 8.3.5 Hiệu ứng tỷ lệ phạm vi

Tỷ lệ phạm vi có ý nghĩa liên quan đến việc kiểm soát phương sai âm phổ. Nó kiểm soát hình dạng của giải HF dễ dàng, thậm chí ở tỷ lệ cao. Rất khó phù hợp với việc kiểm soát đó trong LF (Hình 8.7). Điều này có thể dẫn đến phương sai âm phổ quy mô lớn ở khoảng cách gần do pink shift quá mức mà chỉ có HF bị kiểm soát.

## Phương sai

Tỷ lệ phạm vi giúp xác định thời điểm phải gọi cho dân pro-sound (cố ý chơi chữ), nghĩa là downfill, sidefill, infill, v.v ... Chúng ta có thể di chuyển một mình với tỷ lệ phạm vi từ 2 trở xuống bằng cách bù khoảng cách bằng mục tiêu bất đối xứng. Pink shift trên trục tại OFFAXNEAR có thể so sánh với hao hụt không khí của HF và hiệu ứng phản dội trong phòng tại ONAXFAR, nhưng sự bình đẳng này có giới hạn. Tỷ lệ phạm vi lớn hơn 2 cho phép chúng ta có pink shift ở khu vực lân cận ngoài trục gần đó rất mạnh. Chúng ta cần kiểm soát mô hình trên âm phổ rộng thật kỹ để giảm thiểu phương sai âm phổ ở đó, thách thức cho array rất đáng kể, và với loa đơn thì hầu như không thể. Tỷ lệ phạm vi là 2 (6dB) là điểm cao trào trong việc phải thêm hệ thống fill. Tín hiệu âm thanh trên trục tươi mới từ loa fill sẽ đảo ngược pink shift.

### 8.3.6 Tỷ lệ phạm vi, độ rộng luồng âm và thứ bậc của loa -- Aspect ratio, beamwidth and speaker order

Loa điển hình trong giải LF rộng hơn HF. Chúng ta chấp nhận điều này là bình thường, nhưng nó là lý tưởng chưa? Câu trả lời phụ thuộc vào ứng dụng. Nếu loa sống cô đơn, không bao giờ ghép nối với những loa khác, thì luồng âm phẳng sẽ có vẻ lý tưởng (Hình 8.8). Dạng lý tưởng khác xuất hiện cho loa nào chơi tốt với những loa khác. Tỷ lệ luồng âm ưu tiên khi có lượng lớn array chõng chéo cao. Sự lai ghép của hai loại kết nối này là đường nối tỷ lệ luồng âm LF và luồng âm HF liên tục. Loại loa này có thể chơi đủ tốt dù chỉ có mình nó hay với số lượng hạn chế.

Loa nào có luồng âm phẳng lý tưởng sẽ có dạng bao quát giống nhau ở mọi tần số. Do đó nó phù hợp với phòng dù ở 100Hz cũng như 10kHz. Khớp vùng bao quát của loa đến hình dạng phòng và nhắm hướng nào có phương sai tối thiểu thì chúng ta đã xong việc. Tôi không nói tôi đã từng thấy con kỳ lân này, nhưng chúng ta cứ việc mơ mộng, eh?

Hãy tập trung vào những công cụ tiêu chuẩn thương mại hơn là lý tưởng không thể xảy ra. Loa full-range hai hay ba way điển hình có luồng âm lai: kết hợp của LF front-loaded và HF horn-loaded, với MF đi theo một trong hai cách. Vẫn có loại loa full-range định dạng lớn với LF horn-loaded, nhưng chỉ có vài loại đủ lớn để làm phẳng luồng âm xuống đến giới hạn giải 60Hz của nó. Luồng âm chuẩn cho họ loa này là đường chéo trong LF (luồng âm tương xứng) và đường thẳng trong HF (luồng âm không đổi). Đáp ứng LF là hành vi của driver hình nón tiêu chuẩn front-loaded: tăng tính ổn định hướng cho đến khi mô hình chia nhỏ thành nhiều thùy và triệt tiêu. Phạm vi bao quát rộng khi truyền bước sóng lớn hơn đường kính chuyển đổi và thu hẹp khi tỷ lệ thấp. Tìm ra mốc phạm vi tiêu chuẩn khi  $\lambda$  và kích cỡ driver phù hợp:  $90^\circ$ . Những tần số bên dưới rộng hơn  $90^\circ$  và tần số bên trên hẹp hơn. Driver lớn đạt mốc luồng âm  $90^\circ$  ở tần số thấp hơn driver nhỏ.

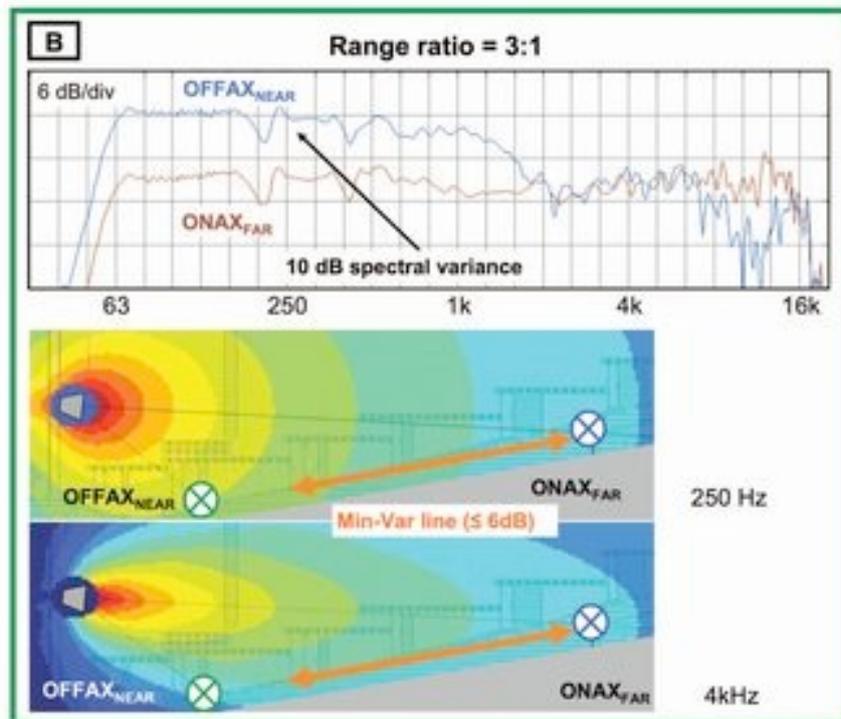
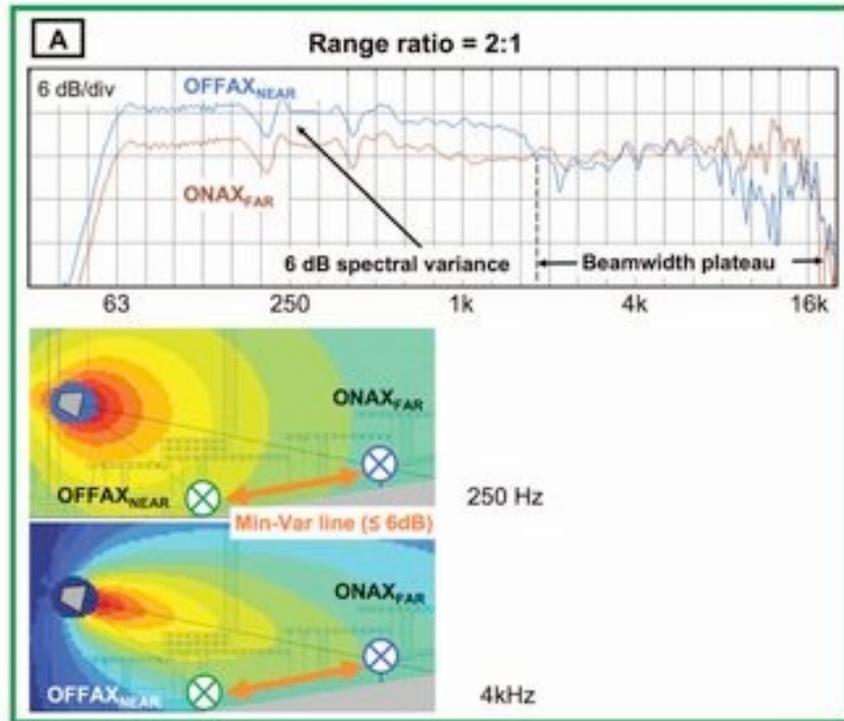
Phía bên kia của luồng âm lai là horn, làm phẳng luồng âm trong giải tần nhất định. Một lần nữa, chúng ta bị hạn chế ở phía dưới và trên cùng theo tỷ lệ bước sóng so với tỷ lệ thiết bị truyền âm. Horn sẽ bị mất kiểm soát và luồng âm mở rộng khi  $\lambda$  quá lớn (sớm hơn trên horn định hướng, cao hơn những horn mở rộng hơn). Tần số cao hơn, lại bị giới hạn bởi thùy sóng lần nữa. Nó lấy horn lớn để đi đến hẹp và thấp nhưng nó kết thúc (thùy) sớm. Horn nhỏ bắt đầu và kết thúc cao hơn.

Luồng âm lai là bộ ghép giữa đường chéo LF và đoạn bằng (plateau) HF. Chúng ta có thể xác định nó bằng chiều rộng và tần số góc của đoạn bằng, thí dụ:  $80^\circ$  từ 1kHz hay  $50^\circ$  từ 2kHz. Hai tham số này cung cấp cho chúng ta đủ thông tin để chọn đúng loa cho vùng bao quát tối thiểu và nhắm vào đó.

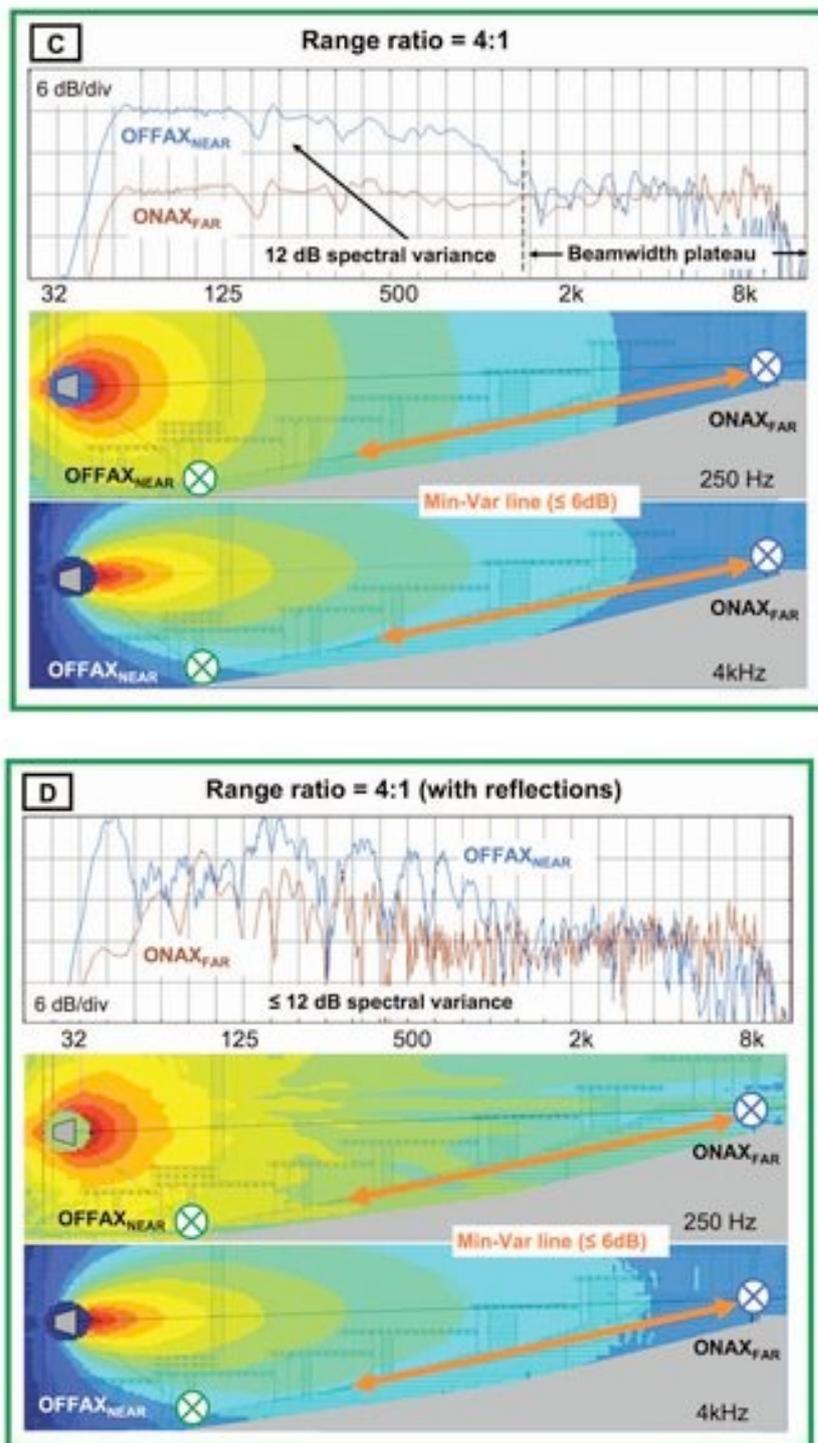
Hãy quan sát những đồ thị luồng âm cho những yếu tố của loa đơn (Hình 8.9). Là những yếu tố đơn độc, phương sai âm phổ của nó chỉ là vấn đề đơn giản về độ dốc.

Năm cái loa sẽ đóng vai trò quan trọng trong thí dụ về sau này. Hình dạng của luồng âm (Hình 8.10) và hình dạng tỷ lệ hướng theo tần số (Hình 8.11) sẽ giới thiệu ở đây.

# Chương 8



## Phương sai

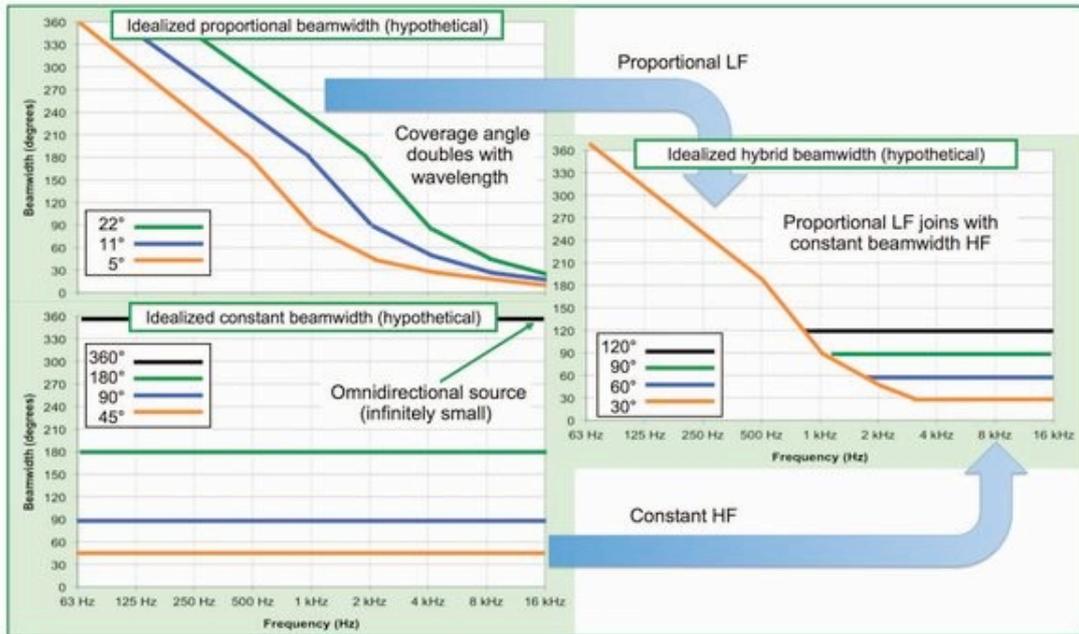


**Hình 8.7** Thí dụ về hiệu ứng tỷ lệ phạm vi trên pink shift (độ nghiêng âm phổ). (A) Phương sai âm phổ ở cạnh của phương sai tối thiểu (6dB) cho tỷ lệ phạm vi 2:1. (B) Nghiêng loa lên để duy trì phương sai mức độ tối thiểu của giải HF cho hình dạng 3:1 nhưng phương sai không gian hiện tại đã đạt 10dB. (C) Tỷ lệ phạm vi 4:1 chỉ làm cho nó tồi tệ hơn (12dB). (D) Phản dội làm giảm tỷ lệ (thêm độ nghiêng ở phía sau) nhưng nó không phải là đối tác đáng tin cậy cho phương sai tối thiểu.

## Chương 8

### Thí dụ tiêu biểu về luồng âm của loa và FAR

- Đoạn bằng bậc một, 90°, 1kHz, FAR 1.4
- Đoạn bằng bậc hai, 40°, 2.5kHz, FAR 3.0
- Đoạn bằng bậc hai, 35°, 1.5kHz, FAR 3.3
- Đoạn bằng bậc ba, 15°, FAR 8.
- Đoạn bằng bậc ba, 7°, FAR 16.



**Hình 8.8** Giả thiết về những khuynh hướng luồng âm lai, tương xứng và phẳng

### 8.4 Phương sai hình ảnh âm thanh -- Sonic Image Variance

Cách đạt hình ảnh thật tế của âm thanh an toàn nhất là tắt hệ thống âm thanh và la toáng lên. Với tất cả ứng dụng khác, chúng ta cần phải xem xét vị trí loa, thời gian, equalization và mức độ. Cơ chế cảm nhận ở đây đã thảo luận ở chương 5. Ở đây chúng ta áp dụng nó cho nguồn và loa của sân khấu.

#### 8.4.1 Phương sai khoảng cách tới trước -- Forward range variance

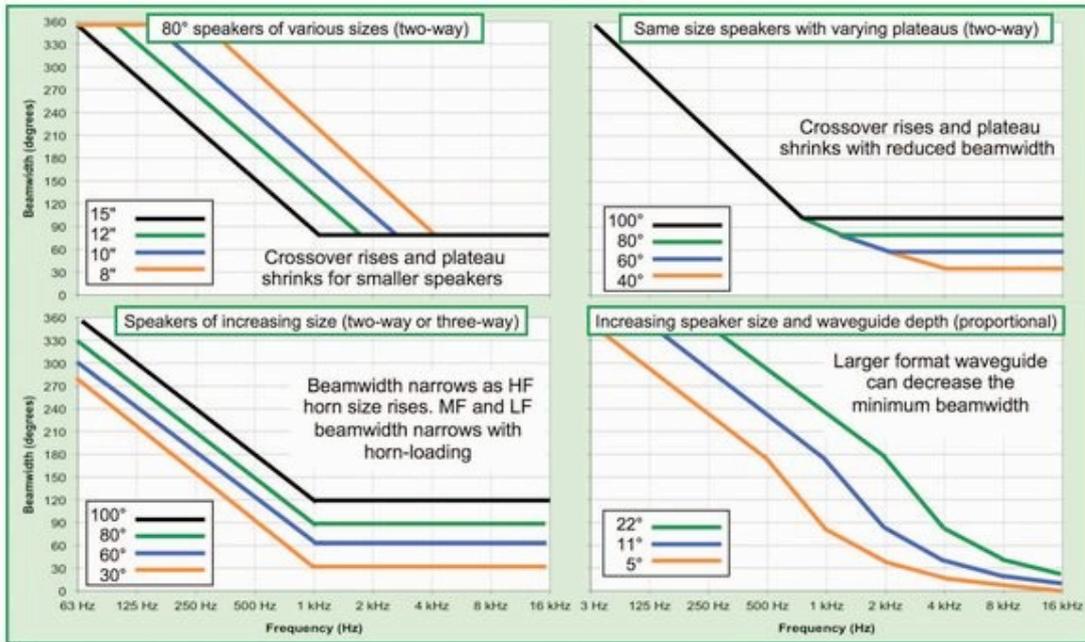
Nghe nguồn tự nhiên ở những hàng ghế phía trước sẽ thấy gần và ở phía sau thấy xa (vì nó là vậy!). Đây là phương sai hình ảnh âm thanh tới trước, khía cạnh tự nhiên của việc truyền âm thanh. Một trong những mục tiêu thiết kế âm thanh của chúng ta là giảm hiệu ứng này để mọi người ở phía sau cảm thấy gần hơn thật tế. Độ nghiêng âm phổ (pink shift) phù hợp tạo ra nhận thức về khoảng cách nguồn tới người nghe gần và xa tương đương nhau. Ghế ngồi gần cần ít chuyển động về phía trước và ghế phía sau cần nhiều nhất. Chúng ta chỉ muốn giảm bớt sự khác biệt, không loại trừ nó hoàn toàn. Đẩy quá xa sẽ làm âm thanh không tự nhiên (vì nó là vậy!).

## Phương sai

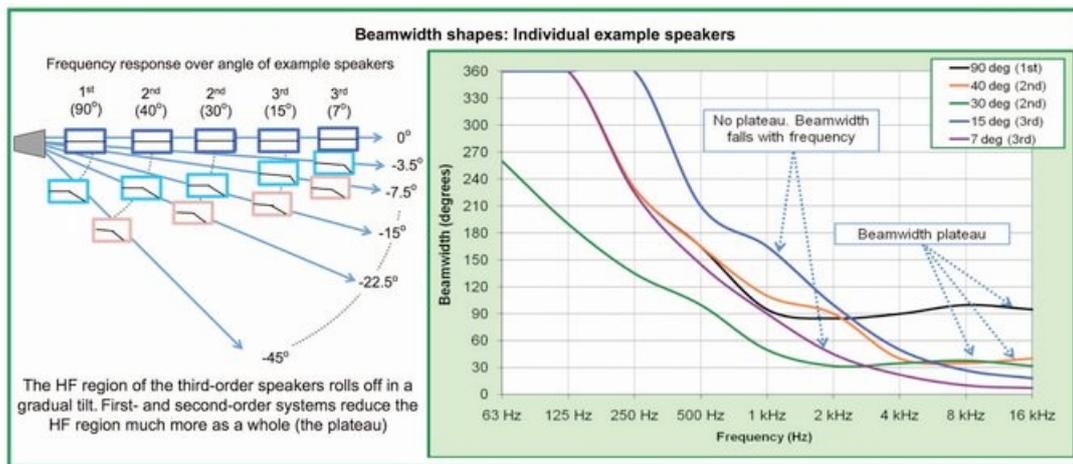
### 8.4.2 Phương sai khoảng cách dọc và ngang -- Vertical and horizontal range variance

Di chuyển trực cho thấy độ nghiêng âm phổ, đẩy hình ảnh nhận thức đi. Người nghe ở vị trí ONAX và OFFAX tương đương nhau không chia sẻ khoảng cách hình ảnh âm thanh tương đương nhau. Pink shift của OFFAX quá mức làm cho âm thanh gần nguồn nghe quá xa, lỗi như nhau nhưng ngược lại sẽ làm cho nguồn âm thanh ở xa nghe lại quá gần.

Những ảnh hưởng dọc trục trong tiến trình nhận thức khoảng cách đều bằng nhau trong cả hai mặt phẳng dọc và ngang. Âm phổ phù hợp trên mặt phẳng dọc và ngang giúp giảm thiểu sự khác biệt trong phạm vi đã biết.

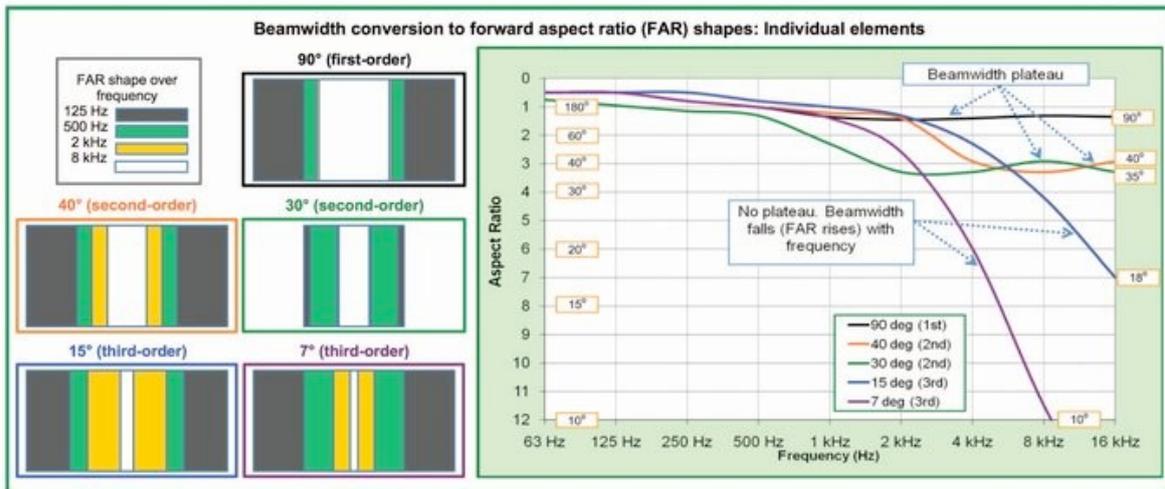


Hình 8.9 Những khuynh hướng đơn giản về luồng âm chuẩn của loa đơn.



Hình 8.10 Sơ đồ luồng âm của vài loa tiêu biểu đã xử dụng trong sách này. Loa bậc một và hai có đoạn bằng luồng âm trong khi mô hình bậc ba là tỷ lệ bước sóng (ngày càng hẹp theo tần số).

## Chương 8



**Hình 8.11** Tỷ lệ hướng theo tần số cho cùng loa, đã thể hiện trong hình 8.10. Lưu ý, sự thu hẹp liên tục của loa bậc ba rõ hơn hình trước. Phía bên trái hiển thị mỗi bộ năm loa như tập hợp hình dạng FAR phủ lên theo tần số. Những dạng bậc một trong bốn giải cũng tương tự nhau trong khi bậc ba cho thấy sự khác biệt rất lớn.

### 8.4.3 Phương sai vị trí dọc -- Vertical location variance

Một loa đơn cô lập sẽ bảo đảm hình ảnh sẽ đến vị trí thật tế của nó (trừ mách khóe lừa dối). Nếu loa tăng cường nguồn trên sân khấu, sẽ thấy vị trí của hình ảnh âm thanh ở cả giữa hai nguồn (Hình 8.12). Hình ảnh theo chiều dọc phụ thuộc chủ yếu vào mức độ; Do đó, nguồn nào trội hơn sẽ mang những tín hiệu định vị. Khi mức độ tiếp cận độ đồng nhất, hình ảnh sẽ tập trung và kéo dài giữa những nguồn. Có thể mức độ tương đối giữa nguồn sân khấu và loa đơn sẽ không đổi trong khu vực nghe (từ trước tới sau, từ trên xuống dưới hay từ bên này sang bên kia). Chỉ có một cách giảm thiểu phương sai hình ảnh âm thanh trong ứng dụng như vậy là đặt loa vừa gần vừa thật tế, tới nguồn sân khấu và vận hành nó ở mức độ tương đối thấp. Oh . . . Và nói với những diễn viên về dự án này!

### 8.4.4 Phương sai vị trí ngang -- Horizontal location variance

Hình ảnh ngang có cả hai, phụ thuộc thời gian lẫn mức độ. Nguồn đến sớm nhất thống trị việc định vị khi mức độ gần (hiệu ứng thứ bậc). Dẫn đầu chỉ vài mili giây có hiệu ứng định vị mạnh, có thể đảo ngược bởi mức độ trội hơn. Có thể định vị hình ảnh âm thanh giữa nhiều nguồn bên trong cửa sổ 0-7ms và cửa sổ 0-10dB. Độ bù mức độ hơn 10dB (vùng cô lập) giữ hình ảnh nằm trên nguồn nào trội hơn. Một lần nữa, loa có vị trí gần đó và hoạt động ở mức độ thấp rất quan trọng với phương sai hình ảnh âm thanh tối thiểu trong mặt phẳng này. Cơ chế nhận thức chiều ngang của chúng ta nhạy hơn định vị dọc nhiều. Chúng ta phát hiện phương sai vị trí ngang dễ hơn dọc, thật tế cần xem xét khi phải thực hiện thỏa hiệp (Hình 8.13).

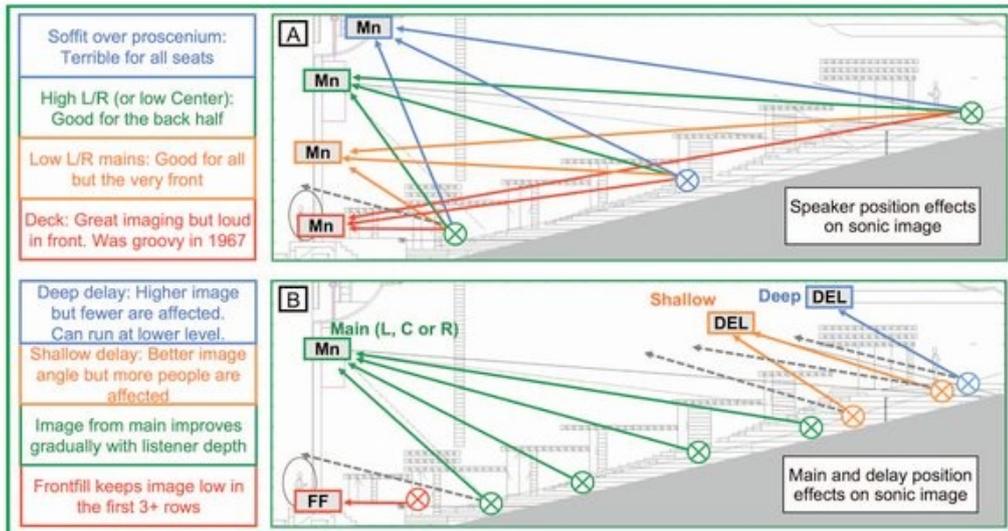
## 8.5 Phương sai gợn (Chải) -- Ripple Variance (Combing)

Loa đơn chỉ nên có một nguồn phương sai gợn: phản dội. Tiến triển phương sai gợn của nó chạy song song với nhiều phản dội, và hiệu ứng bổ sung của nó là tỷ lệ ngang. Sự tiến triển kết thúc ở crossover không gian (bề mặt phản dội). Đây là điểm zero cho phương sai gợn (ghép nối), nhưng gần với khu vực chải tối đa. Chiều sâu gợn rơi khi chúng ta di chuyển xa hơn và/hay nếu bề mặt hấp thụ.

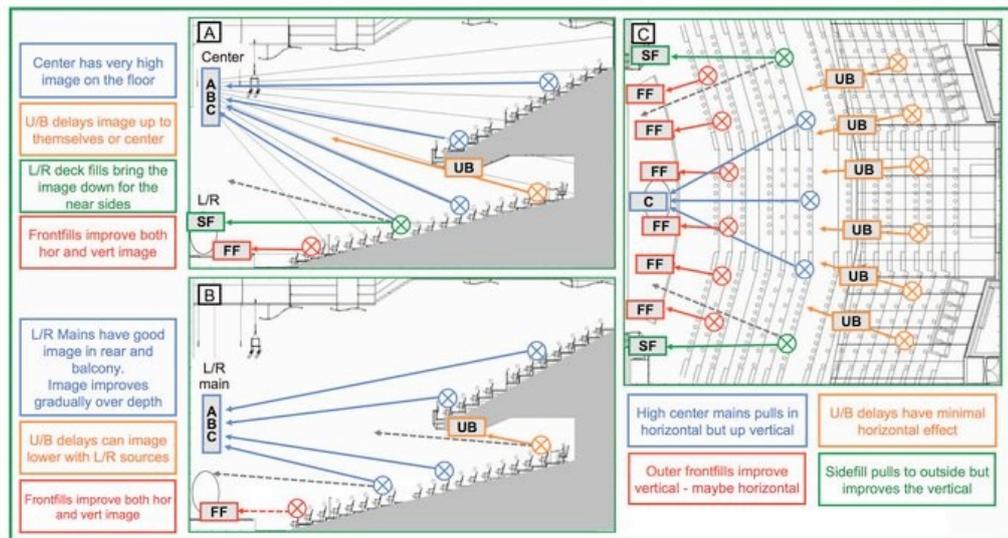
## Phương sai

### 8.5.1 Phương sai gợn tới trước -- Forward ripple variance

Phương sai gợn tới trước là kết quả từ phân dội trên bề mặt về phía trước (như tường phía sau). Đường dẫn là đường thẳng từ loa tới người nghe, đến tường và quay trở lại người nghe. Trong thực tế, đầu của chúng ta sẽ chặn đường dẫn chính xác này nhưng thí dụ này nhằm mục đích phân tích đường trở lại từ trước ra sau.

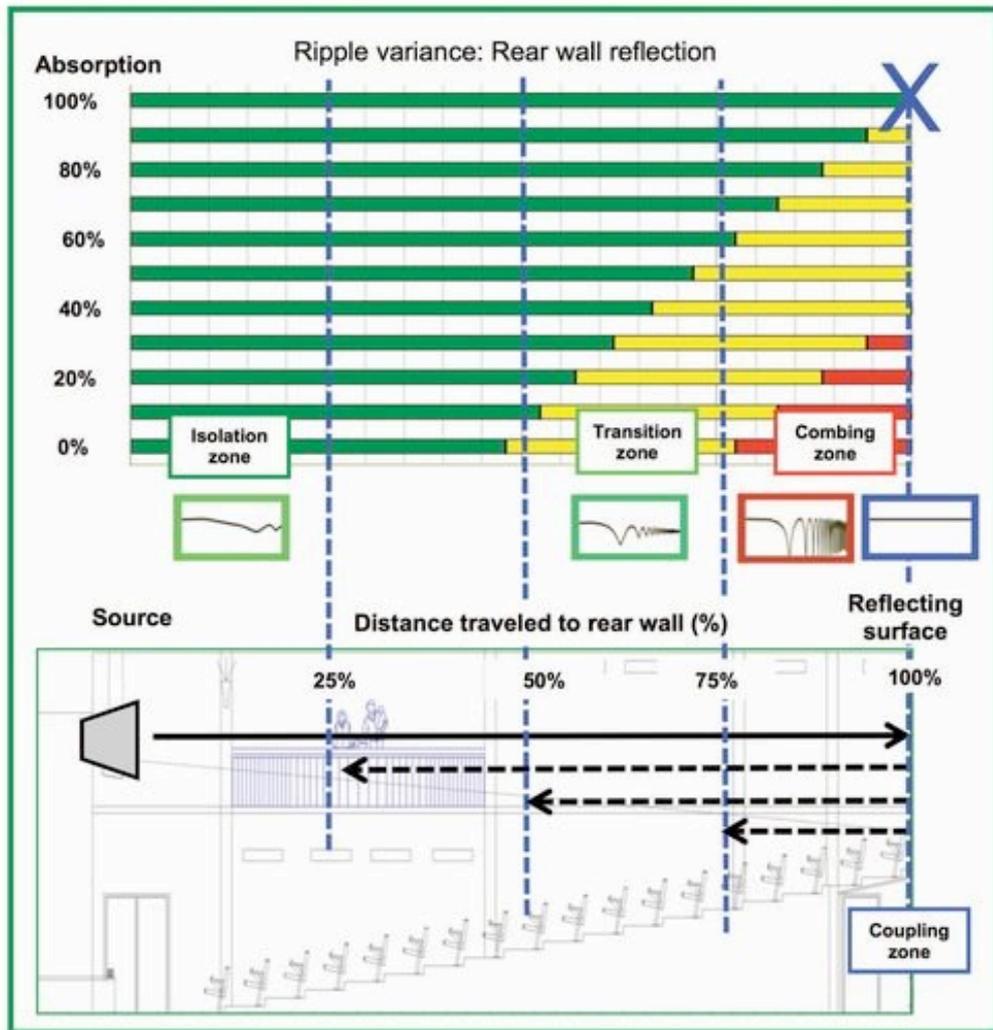


**Hình 8.12** Phương sai hình ảnh trên mặt phẳng với nguồn âm thanh ở mức độ sâu khấu. (A) Phương sai hình ảnh âm thanh tăng lên theo chiều cao của hệ thống chính và giảm đi theo chiều sâu trong phòng. (B) Frontfills làm giảm phương sai hình ảnh âm thanh trong trường hợp có thể xảy ra tình huống xấu nhất trong ghế ngồi gần. Delay có thể làm giảm phương sai mức độ, âm phổ và gợn, chỉ phải trả giá bằng vài độ phương sai hình ảnh âm thanh.



**Hình 8.13** Thí dụ về phương sai hình ảnh âm thanh: (A, B) Những cân nhắc về mặt phẳng dọc trong hội trường có hệ thống center và/hay L/R. (C) Vai trò của loa fill trong việc giảm thiểu phương sai hình ảnh âm thanh ở cả hai mặt phẳng.

## Chương 8



**Hình 8.14** Phương sai gợn tới trước: Hiển thị tiến triển chuẩn cho loa đối diện tường phía sau.

Sự tiến triển phương sai gợn sóng (gần khu vực loa A tới sau bề mặt S) là:

ONAX A (cô lập) => (truyền tải) => (chải) => XOVR AS (ghép nối)

Tìm thấy chỉ một chu kỳ duy nhất cho mỗi đường phản dội và hiệu ứng kết hợp tích lũy tại vị trí nhất định. Những vùng này tỉ lệ thuận với vị trí nghe, liên quan đến loa và bề mặt. Độ mạnh phản dội ở vị trí điểm giữa khoảng -10dB, giả sử không bị hấp thụ. Do đó, từ điểm giữa tới trước có thể coi là vùng cô lập. Vùng chải đạt tới (-4dB) ở mức 77% (thí dụ: cách 77ms so với loa và tường ở 100ms). Vùng tới trước nằm trong khoảng từ 50% đến 77%. Nếu tường hấp thụ thì vùng cô lập và vùng tới trước sẽ mở rộng và vùng chải sẽ co lại. Hệ số hấp thụ 0,37 (2 dB) di chuyển vùng đánh dấu tới 57% và 88%, trong khi đó 0,60 (4dB) di chuyển vùng tới trước đến 67% và loại bỏ vùng chải (Hình 8.14). Tỷ lệ tiến triển của khu vực trong giải HF luôn dài hơn do hao hụt không khí, tức là vùng cô lập sẽ bị tiếp cận sâu hơn trong phòng do hao hụt không khí trong đường phản dội. Sự hấp thụ bề mặt có thể làm kéo dài sự cô lập trong HF và có thể cả giải tần khác nữa (phụ thuộc vào tần số hệ số hấp thụ của bề mặt).

## Phương sai

Giảm thiểu phương sai gợn tới trước bằng sự hấp thụ và kiểm soát mô hình. Hấp thụ rất hữu ích trong mọi trường hợp. Kiểm soát mô hình chỉ có hiệu quả khi chúng ta có thể tránh được bề mặt phản dội và vẫn bao quát mục tiêu của khán giả. Rất khó tránh bề mặt phản dội trực tiếp phía sau người nghe bằng cách kiểm soát mô hình và do đó nó là những ứng cử viên tốt nhất về hấp thụ mạnh. Không may, chúng ta không thể thiết lập kiểm soát khoảng cách tới trước trong loa của chúng ta và nói với nó phải bao quát hàng ghế cuối cùng và dừng lại trước tường phía sau.

### 8.5.2 Phương sai gợn hai bên -- Lateral ripple variance

Phương sai gợn hai bên là kết quả từ phản dội tường bên (mặt phẳng ngang). Nó có vài tiến trình, có thể phụ thuộc vào độ cô lập chúng ta có ở vị trí ONAX.

Tiến trình phương sai gợn hai bên (từ Onax đến bề mặt bên)

- **Cô lập @ONAX <4dB:** ONAX A (chải) => XOVR AS (ghép nối).
- **Cô lập @ONAX <10dB:** ONAX A (tới trước) => (chải) => XOVR AS (ghép nối).
- **Cô lập @ONAX >10dB:** ONAX A (cô lập) => (tới trước) => (chải) => XOVR AS (ghép nối).

Giảm thiểu phương sai gợn hai bên bằng hấp thụ và kiểm soát mô hình, cũng giống như phản dội tới trước. Kiểm soát mô hình có nhiều khả năng thành công hơn vì nó sắp xếp mô hình bao quát của loa để thả ra trước khi chạm vào bề mặt dễ hơn. Mặt bên thuận lợi nhất là tường mở xòe ra phía ngoài (sảnh phía trước rộng hơn sau) vì nó đi theo hình dạng bao quát của loa. Thuận lợi nhỏ nhất là tường mở xòe vào bên trong, nó chạy trực tiếp tới đường lan truyền của loa.

### 8.5.3 Phương sai gợn dọc -- Vertical ripple variance

Phương sai gợn dọc phát sinh từ phản dội đến từ bên trên hay dưới. Tiến trình giống như hai bên đã mô tả nhưng có vài khác biệt thật tế. Phương sai gợn dọc là bất đối xứng. Gần như chắc chắn chúng ta ở xa trần hơn sàn và tính chất âm thanh của nó cũng rất khác nhau. Chắc chắn sàn là bề mặt cứng vì nó phải đỡ khán giả. Điều trị tính âm từ số không đến có trải thảm, do đó chỉ có giải HF mới có cơ hội hấp thụ. Có thể phủ sàn bằng những ghế ngồi khuếch tán và những con người dễ hấp thụ. Trần có vậy không? Có lẽ không.

Góc của sàn sẽ nằm trong khoảng từ phẳng đến xòe vào trong (gọi là "lõm") để tạo cảm giác trực quan. Hầu như không thể thực hiện kiểm soát mô hình để tiếp cận khán giả và tránh sàn. Cách tiếp cận bao quát cũng bất đối xứng. Kiểm soát mô hình là người chơi thiếu số ở bên dưới và chúng ta chủ yếu dựa vào hấp thụ. Bên trên cùng, chúng ta có rất nhiều khả năng: cách gần hay xa, góc xòe trong, phẳng hay xòe ra ngoài, vật liệu hấp thụ, phản dội hay khuếch tán. Trường hợp xấu nhất là gần, xòe trong và phản dội.

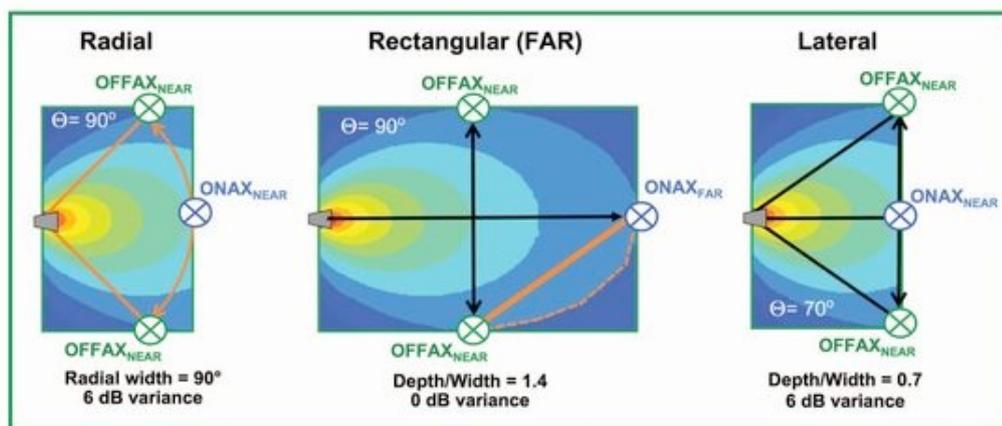
## 8.6 Hình dạng bao quát của loa -- Speaker Coverage Shapes

Phòng có nhiều hình dạng khác nhau, nhưng không thay đổi theo tần số. Mô hình bao quát của loa có hạn chế biến thiên về hình dạng nhưng có tần số biến đổi cao. Mục tiêu của chúng ta là làm đầy căn phòng bằng độ bao quát theo tần số, có thể đáp ứng với loa đơn phù hợp với hình dạng phòng và có luồng âm cố định hay qua array loa, kết hợp để tạo ra luồng âm không đổi. Chúng ta bắt đầu bằng một loa đơn trong chương này và array ở chương tiếp theo. Có nhiều cách mô tả bao quát của loa, đã mô tả trong phần 3.10.5. Ở đây chúng ta áp dụng nó với phương sai tối thiểu.

## Chương 8

### 8.6.1 Hình dạng hướng tâm -- Radial shape

Hình dạng hướng tâm là bao phủ bánh pizza, là đường cung cách đều đi từ ONAXNEAR (0dB) đến OFFAXNEAR (-6dB). Đây là khoảng cách liên tục (không phải mức độ liên tục). Đây không phải là đường hướng tâm phương sai tối thiểu mà là phương sai tối đa có thể chấp nhận được (biến đổi 6dB), điều tồi tệ nhất chúng ta có thể đứng, trước khi gọi để dự phòng. Ở đây có rất nhiều phòng mở. Mức độ dọc theo đường hướng tâm từ ONAX đến OFFAX có thể tiến triển dần qua 0-1-2-3-4-5-6dB. Nó có thể là 0-0-0-0-0-6dB, 0-5-5-5-5-6dB hay thậm chí là 5-3-1-0-1-3-6 dB dễ dàng. Tất cả chúng ta biết thật sự OFFAX là 6dB từ mức cao nhất trong vòng cung, được coi là trung tâm ONAX. Loa 80° là lựa chọn tốt nhất cho phòng 80°? Phòng 80° là gì? Loa không phù hợp với những phòng như vậy, ngay cả phòng hình quạt (trừ khi chúng ta đặt loa ở đỉnh của cái quạt phía sau sân khấu, hú liên!). Hình dạng hướng tâm không phù hợp với thiết kế phương sai tối thiểu cho loa đơn vì nó không liên kết hình ảnh với dạng phương sai tối thiểu.



**Hình 8.15** So sánh ba dạng bao quát của loa: hướng tâm, tỷ lệ hướng tới trước (FAR- forward aspect ratio) và tỷ lệ hướng bên (LAR- lateral aspect ratio)

### 8.6.2 Hình dạng tới trước (tỷ lệ hướng nhìn về phía trước)

Hình dạng tỷ lệ hướng tới trước (FAR) phức tạp hình dạng phương sai tối thiểu của loa hướng về phía trước (không bao gồm bức xạ phía sau). Đây là hình chữ nhật (chiều sâu theo chiều rộng) của ONAX<sub>FAR</sub> và OFFAX<sub>NEAR</sub>. Đường phương sai tối thiểu nối giữa những điểm này và có thể đơn giản hóa dưới dạng đường chéo nhưng trong thực tế vật lý là biến thiên và có nhiều khả năng làm tròn lại (Hình 8.15). Hình dạng loa và hình dạng phòng liên kết qua tỷ lệ hướng, loa 2:1 có thể phù hợp với phòng 2:1 (loa 60° ở phòng 60°). FAR giúp chúng ta đưa cái chốt vuông vào lỗ vuông và cái chốt chữ nhật vào lỗ chữ nhật khi thiết kế hệ thống cho chúng ta.

### 8.6.3 Hình dạng bên (tỷ lệ hướng bên)

Hình dạng bên là đường bao phủ đường thẳng từ ONAX đến OFFAX. Đường này không cách đều nhau (như hướng tâm) hay mức độ cách đều (như FAR) vì chúng ta đang di chuyển cách xa loa khi chúng ta tiếp cận vị trí OFFAX. Do đó đạt tới điểm -6dB bằng sự kết hợp hao hụt của hướng tâm và tới trước. Hình dạng bên có liên quan đến thiết kế phương sai tối thiểu khi hình dạng người nghe là đường thẳng bên với chiều sâu tối thiểu bằng sau chỗ bắt đầu phạm vi bao quát (thí dụ: loa frontfill). Chiều rộng bao quát của loa phải (ít nhất) phù hợp với chiều rộng người nghe.

## Phương sai

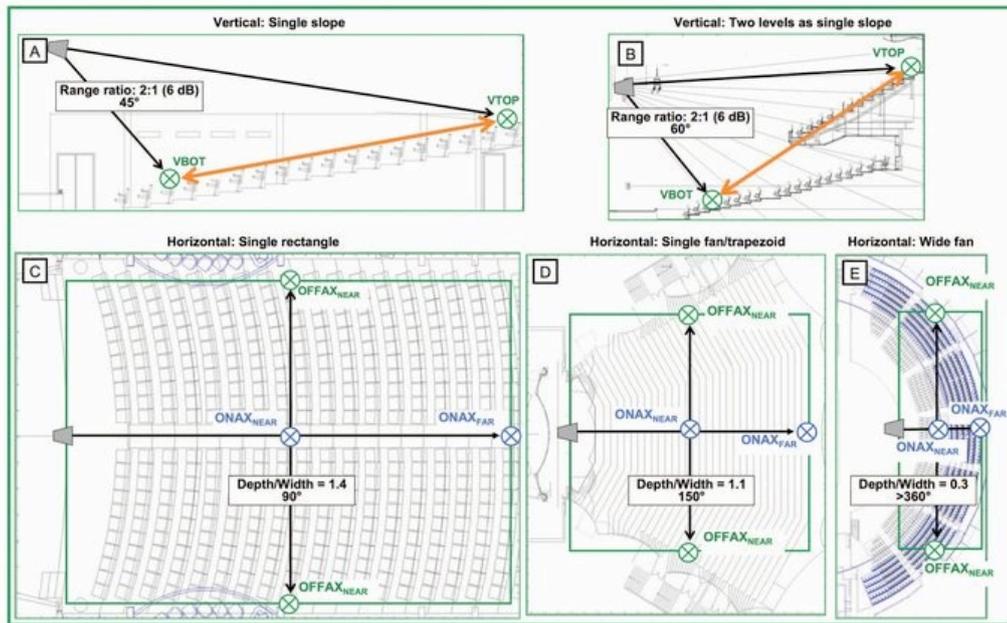
Phạm vi bao quát là quy cách phương sai tối đa có thể chấp nhận được, tức là 0dB đến -6dB. Nếu chúng ta muốn bao quát 3 mét chiều rộng khán giả, chúng ta cần có chiều rộng loa tối thiểu 3 mét. Làm sao chúng ta có được 3 mét chiều rộng loa? Tất cả đều làm điều đó. Một nơi nào đó. Chỉ cần tiếp tục di chuyển ra sau cho đến khi bạn nhận được nó. Đó là chức năng của chiều sâu/rộng (xem hình 3.41).

### 8.7 Hình dạng phòng

Khuynh hướng mọi người thường nghĩ, mặt phẳng ngang và dọc đơn giản chỉ là hai phiên bản của cùng câu chuyện. Cách tiếp cận của chúng ta về bao quát gây ấn tượng thật tế, đây là những động vật khác nhau. Sự khác biệt chính là làm sao chúng ta tiếp cận được với mọi người. Trong mặt phẳng ngang, chúng ta cày vùng bao quát qua những hàng ghế phía trước, đi tới hàng sau. Con đường lan truyền chảy qua hình dạng và sự kết hợp giữa bao quát và hình dạng khán giả rất quan trọng. Chúng ta muốn có phạm vi bao quát đủ rộng để vượt qua hàng ghế đầu, trong khi cùng lúc ở phía sau không tràn quá nhiều. Điều này có thể yêu cầu một hình dạng thỏa hiệp, cân bằng dưới và trên luồng âm. Ngược lại, mặt phẳng dọc, chỉ có một người (ngoại trừ trẻ con). Cũng chẳng quan trọng nếu độ bao quát quá hẹp trong không khí trên khán giả hay nếu có quá nhiều vùng bao quát dưới họ trong tầng hầm. Chúng ta chỉ cần đặt một đường bao quát, thậm chí ở mức độ tai nghe được. Chúng ta đánh giá hình dạng theo nhiều cách cơ bản khác nhau và xử dụng nhiều phiên bản loa khác nhau để lấp đầy nó.

#### 8.7.1 Chiều ngang -- Horizontal

Đánh giá hình dạng ngang dưới dạng cứng, là thùng chứa để lấp đầy. Hình dạng mục tiêu là bản vẽ chỗ ngồi của khán giả (chứ không phải tường). Hình dạng vĩ mô là chiều sâu (chiều dài từ loa đến ghế cuối), theo chiều rộng. Góc nhìn của loa đơn sẽ có dạng như sau: khoảng cách đến ghế cuối so với chiều rộng của khán giả ở chiều sâu điểm giữa (mid-point). Hình dạng bao quát của loa muốn tiếp cận tỷ lệ chiều rộng này.



**Hình 8.16** Thí dụ về cách đánh giá hình dạng theo chiều ngang và dọc: (A) Dạng bao quát dọc, nối từ hàng ghế trên cùng sang đường truyền của frontfill theo độ dốc đơn. (B) Cách tiếp cận dốc đơn, áp dụng cho phòng có balcon tương đối gần. Balcon sâu đòi hỏi sự tách biệt. (C) Đánh giá bao quát ngang bằng hình dạng FAR cho hình chữ nhật và (D) hình thang. (E) Hình dạng quạt quá rộng, không thể bao bằng loa đơn.

## Chương 8

Để đánh giá mục tiêu chỗ ngồi hình chữ nhật nhất vì chiều rộng ở đầu, giữa và cuối đều giống nhau. Phòng nở rộng (hình thang) xử dụng độ rộng điểm giữa và biến thể chung quanh hình chữ nhật cơ bản. Phòng hẹp, hình quạt có thể tiếp cận theo cách này, nhưng hình quạt rộng không thể dễ mô tả như là có chiều rộng điểm giữa. Có thể đánh giá nó theo độ dài bằng góc hướng tâm, nhưng cách tiếp cận này chỉ có hiệu quả đối với một loa đơn đặt ở đỉnh của cái quạt. Đó là đằng sau sân khấu, vậy nên quên chuyện đó đi. Nếu hình dạng quạt trông giống như ứng cử viên xấu cho hình chữ nhật gần giống thì đó có thể là ứng cử viên xấu cho loa (tương quan hữu ích).

### 8.7.2 Chiều dọc -- Vertical

Đánh giá hình dạng dọc giống như đường bao quát, chạy từ hàng ghế trước đến ghế cuối cùng (Hình 8.16). Hình dạng mục tiêu là chiều cao của khán giả (không phải là không khí ở trên hay dưới sàn). Đánh giá hình dạng bằng góc độ bao quát và tỷ lệ phạm vi (ghế trên đến ghế dưới). Nếu hình dạng quá phức tạp để đánh giá theo cách này thì đó có thể là một ứng cử viên xấu cho loa (tương quan hữu ích).

**Phương sai**

(Trang trắng)