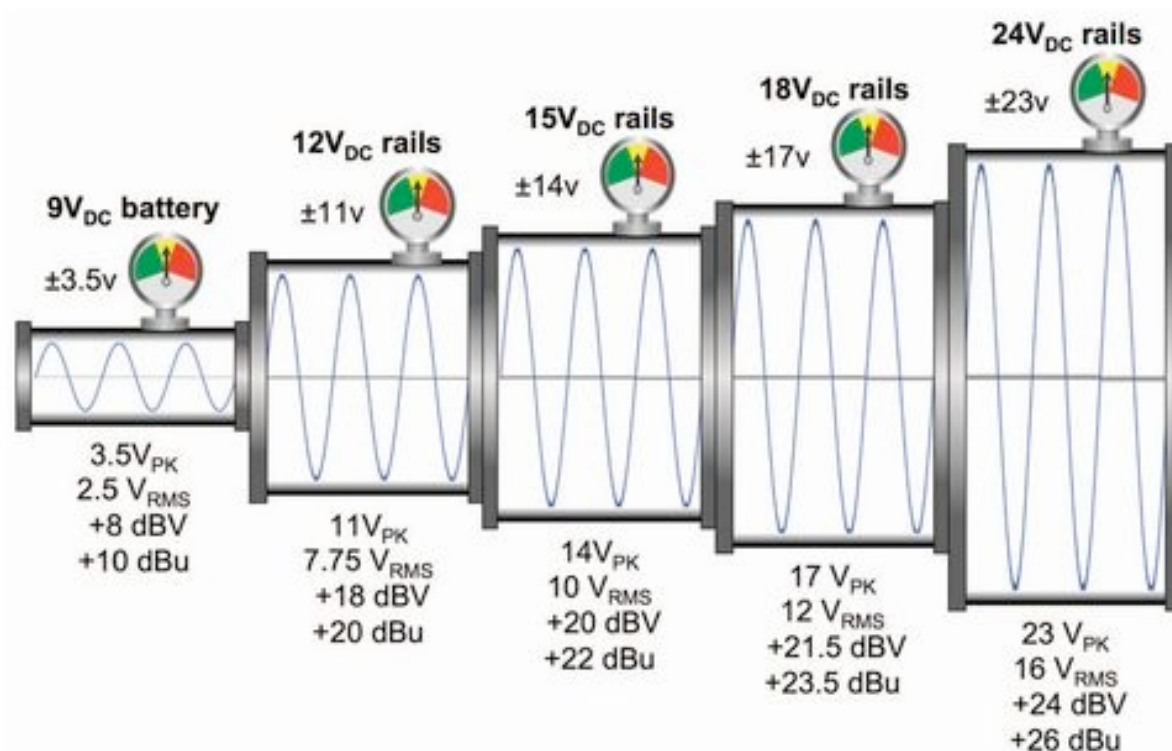


Chương 3

3.4.3 Giải động lực -- Dynamic range

3.4.3.1 Giới hạn trên -- Upper Limits

Nguồn DC cung cấp giới hạn trên cho đường ống âm thanh analog (phần 3.1). Nhiều thiết bị mức micro và line có điện thế rail giống nhau (± 12 - 18 VDC) và do đó có điện thế tương tự. Đây là giới hạn cứng (rock-solid), kết quả của clipping khi quá tải (Hình 3.15).



Hình 3.15 Điện thế rail DC và công suất output cực đại cho đường ống điện tử analog

3.4.3.2 Giới hạn dưới -- Lower Limits

Nguồn tạp âm bao gồm tạp âm ngẫu nhiên, phát ra từ bất kỳ mạch điện tử nào, gây ra tạp âm từ những mạch khác (thí dụ: nhiễu xuyên âm, RFI và EMI) và vòng đất (ground loop). Thách thức đáp ứng tần số chính là phản ứng của điện dung và cảm ứng, filter active và passive trong giải thông của mạch hay thậm chí ở bên ngoài.

3.4.3.3 Giai đoạn -- Stages

■ Giai đoạn tổng hợp (Summing): Nguồn cung cấp giải điện thế rail cho thiết bị ở mức line, cho giai đoạn tổng hợp so với input và output, hiếm khi nào khác. Do đó cùng áp dụng giới hạn trên. Cần giảm ở giai đoạn tổng hợp để ngăn tín hiệu tổng hợp quá tải.

■ Giai đoạn gain active: Thường quản lý độ gain hay hao hụt bằng điều khiển cố định (hay biến) của vòng lặp hồi tiếp của op-amp. Pre-amp cho micro có thể có mức độ tăng cực cao, trong khi hầu hết mức độ khác không vượt quá 10dB.

Truyền dẫn

■ Giai đoạn tắt dần passive: Giai đoạn tắt dần passive sẽ chuyển tín hiệu xuống đất qua biến trở (potentiometer). Output của giai đoạn này có thể chạy từ tối đa (chổi tiếp xúc biến trở ở đỉnh) đến tắt hoàn toàn (chổi tiếp xúc biến trở xuống đất-mass).

3.4.4 Tỷ lệ hao hụt -- Loss rate

Tỷ lệ hao hụt khi truyền mức micro và mức line có thể không đáng kể. Trong thực tiễn hiện đại, sẽ bất thường nếu đường truyền mức line bị hao đi chỉ 1dB. Ba yếu tố trở kháng sẽ tham gia vào phương trình: output (nguồn), input và cable. Cả ba đều là tổng trở kháng, tín hiệu chạy qua đó. Độ hao hụt là $20 \cdot \log_{10}$ (tổng trở kháng/trở kháng input).

Công thức tính độ hao hụt này là dạng chuẩn nhưng sẽ rõ hơn nếu chúng ta lật ngược lại và tính gain của mạch (tối đa là 0dB, tỷ lệ 1:1). Tỷ lệ quyết định là trở kháng input trên tổng số (output + cable + input). Khi output và cable đều là số không (zero), chúng ta nhận được tỷ lệ không hao: 01:01. Điều này giúp để thấy rằng bất cứ điều gì được thêm vào bởi output hay cable dẫn chúng ta xuống.

Insertion loss examples						
Description	Sending (Ω)			Receiving (Ω)	Result	
	Output	Cable	Input	Input	Gain ratio	Loss (dB)
Lossless line (theoretical)	0.1	0	1000	1000	1.00	0.00
Matched output, cable and input impedance	1000	1000	1000	1000	0.33	-9.54
Low Z output to High Z input (no cable loss)	100	0	10000	10000	0.99	-0.09
Low Z output to Low Z input (no cable loss)	100	0	100	100	0.50	-6.02
High Z output to Low Z input (no cable loss)	10000	0	100	100	0.01	-40.09
Passive 600 Ω line, 10m cable	600	0.5	600	600	0.50	-6.02
Microphone to mixer, 10m cable	250	0.5	3000	3000	0.92	-0.70
Active line output to input, 10m cable	150	0.5	10000	10000	0.99	-0.13
Active line output to input, 100m cable	150	5	10000	10000	0.98	-0.13
Active line output to input, 1000m cable	150	50	10000	10000	0.98	-0.17
Active line output to 2 inputs (10k Ω), 10m cable	150	0.5	5000	5000	0.97	-0.26
Active line output to 10 inputs (10k Ω), 10m cable	150	0.5	1000	1000	0.87	-1.22

Hình 3.16 Tham chiếu về cable và thiết bị insert bị hao do lines analog balanced (mức micro và line)

Hình 3.16 là tập hợp kịch bản về hao hụt dòng (line-loss), đủ loại từ lý thuyết, thực hành tốt (Z thấp đến Z cao), đã học (600 Ω) và thực hành dở (từ Z cao đến Z thấp). Bí quyết giảm thiểu hao hụt là làm cho trở kháng input cao hơn kết hợp của output và trở kháng cable rất nhiều. Tại sao lại không tăng trở kháng input đến 1meg Ω và giảm thiểu thiệt hại? Lý do lớn nhất là có lượng nhỏ dòng chảy cường độ làm giảm miễn dịch tạp âm và CMRR. Ngành công nghiệp này đang có khuynh hướng ủng hộ trở kháng output thấp, giảm thiểu thiệt hại ngay cả khi khiến cho nhiều input. Mỗi input bổ sung làm giảm trở kháng hiệu quả và tăng line loss.

Phục hồi hao hụt khi mất kết nối (Interconnection) rất dễ, chỉ đòi hỏi có điện thế gain ở giai đoạn sau. Tác dụng phụ chính là thêm tạp âm, không làm giảm khả năng tối đa. Mất kết nối ở chỗ này kém quan trọng hơn ở cable loa, trong đó việc phục hồi đòi hỏi điện năng (không chỉ có gain) và kết quả là bị mất khả năng SPL.

3.4.5 Cable và jack nối analog

Chương 3

3.4.5.1 Cấu hình cable chuẩn

Những loại cable âm thanh analog thường là 2 dây dây hay 3 dây với vài ngoại lệ là 4 dây và 5 dây.

- 2 dây: tín hiệu (+) và giáp chắn chung (common).
- 3 dây: tín hiệu (+), tín hiệu (-) và giáp chắn chung.
- 4 dây: tín hiệu (+), tín hiệu (-), chung và giáp chắn nối đất.
- 5 dây: 2 x tín hiệu (+), 2x tín hiệu (-) và giáp chắn chung (thí dụ StarQuad™).

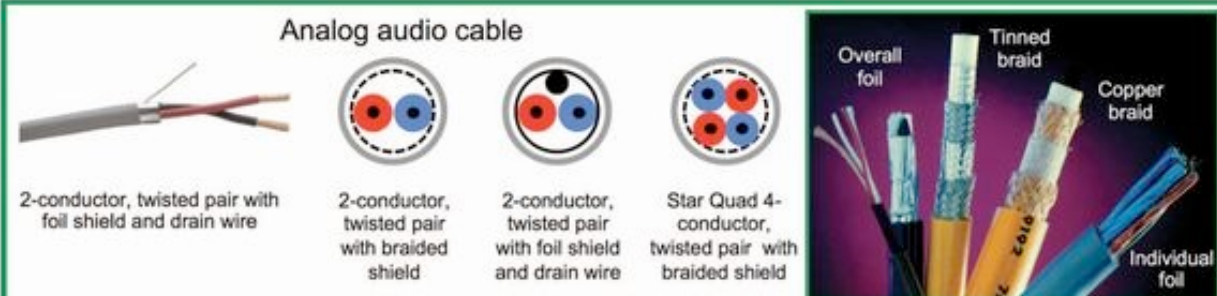
3.4.5.2 Trở kháng cable -- Cable Impedance

Trở kháng cable là kết hợp điện trở DC và điện kháng AC reactance (điện dung và tự cảm). Điện trở DC hoạt động như bộ suy giảm (attenuator) full-range trong khi điện dung nối tiếp khối (block) thấp và ứng hộ khối cao. Tự cảm (Inductance) làm ngược lại. Mặc song song cả hai lại đảo ngược lẫn nữa: Mặc nối tiếp tự cảm và song song điện dung thì cả hai là filter HF. Độ tự cảm là cân nhắc nhỏ trong việc chạy dây cable mức độ line.

Điện dung giữa dây dẫn và giáp chắn tạo ra đường đi ngang (song song) cho tần số cao, giảm trở kháng input một cách có hiệu quả. Line-loss tăng theo tần số. Hãng sản xuất cable cung cấp thông số điện dung (điển hình bằng picofarads/mét). Cable âm thanh chuyên nghiệp phải nhỏ hơn 250pf/m. Đường dây line 100m chạy bằng nguồn trở kháng thấp ($<250\Omega$) có hao hụt HF <1 dB. Chúng ta cập nhật tên cable chạy đủ dài để quan tâm về điện dung: analog backup.

3.4.5.3 Giáp chắn -- Shielding

Dây common của dây dẫn âm thanh bao quanh toàn dây dẫn (không chạy sóng đối với nó). EMI phải đi qua dây điện bên ngoài, gọi là "giáp chắn- shield", trước khi đến dây dẫn bên trong. EMI mắc rẽ (shunt) qua giáp chắn tới đất, không để nó tiếp cận dây dẫn. Mẫu điển hình là dây kim loại mịn hay giấy bạc metalized (với dây bổ sung ở đầu cuối). Giáp chắn bên thái EMI cao hơn nhưng nhìn chung có chi phí cao hơn.

Analog audio cable						
						
Model	Conductors	Conductors	Conductor gauge, (strand #)	Shield type, % coverage	Capacitance ¹ (pF/ft, m)	Capacitance ² (pF/ft, m)
Whirlwind Accusonic+2	Flexible, polyethylene insulation	2	22 AWG (26)	Braid 78%	19 (62)	35 (115)
Belden 8412	Flexible, rubber insulation	2	20 AWG (26)	Braid 85%	30 (98)	55 (180)
Belden 8413	Flexible, EPDM insulation	2	24 AWG (45)	Braid 56%	30 (98)	55 (180)
Belden 8451	Hookup, polypropylene insulation	2	22 AWG (7)	Foil 100%	34 (112)	67 (220)
Belden 1266	Hookup, polypropylene insulation	2	22 AWG (7)	Foil 100%	30 (98)	54 (177)
Belden 1192 (Starquad)	Flexible, polyethylene insulation	4	24 AWG (42)	Braid 95%	40 (131)	36 (118)

Hình 3.17 Tham chiếu cable âm thanh analog (hình Belden.com)

3.4.5.4 Cặp xoắn

Xoắn trong sơ đồ cable âm thanh balanced là dây dẫn không đơn giản, chạy song song bên trong giáp chắn. Nó xoắn quanh nhau, làm giảm điện dung và cải thiện sự thải bỏ EMI. Đề bệp EMI hiệu quả nhất khi dây nằm ở tâm giáp chắn. Không thể với chỉ một cặp xoắn, nhưng mô phỏng lại trong phiên bản 4 dây xoắn. Loại này xử dụng bốn dây dẫn (hai cặp xoắn mang cùng tín hiệu) cho mỗi đường tín hiệu ở vị trí trung tâm giáp chắn hơn (Hình 3.17).

3.4.5.5 Jack nối mức line -- Line-Level Connector

■ XLR: Đây là jack nối chuẩn 3-pin (và vỏ). Chân 1: common, chân 2: tín hiệu +, chân 3: tín hiệu -. [Nếu bạn chưa có jack nối XLR, hãy đọc Yamaha Sound Reinforcement Handbook (Davis và Jones) và quay lại đây sau.]

■ Jack cắm điện thoại RTS: Cấu hình jack khoen-chóp-vỏ ngoài (ring-tip-sleeve) rất hiếm vì nó không đáng tin cậy. Đây là jack nối thất bại vì bạn đã di chuyển nó, hay vì bạn không làm. Chỗ có nhiều khả năng tìm thấy cái này nhất sẽ là bảng patch analog. Sleeve: common, tip: signal +, ring: tín hiệu -.

■ Phoenix: Lai jack nối/khối đầu cuối với nhiều mối nối vặn vít. Phổ biến trên thiết bị âm thanh đa channel hiện đại do dấu chân nhỏ hơn XLR riêng lẻ. Đáng buồn, không có cấu hình dây tiêu chuẩn. Giống như bất kỳ thiết bị đầu cuối vặn vít nào, tiếp xúc dây cable dễ bị lỏng. Tốt nhất ứng dụng nên yêu cầu insert tối thiểu như cài đặt cố định hay bên trong rack.

3.4.6 Sơ đồ kết nối mức micro và line

3.4.6.1 Output

■ Active balanced (push-pull): cấu hình 3 dây với common (C) và hai tín hiệu (+ và -). Output negative bị phân cực ngược để khiển vào input op-amp phía sau. Giữ trở kháng output dưới 250Ω để giảm thiểu hao hụt trên cable và cho phép nó khiển được nhiều thiết bị.

■ Transformer balanced: cấu hình 3 dây, đầu dây giống như active balanced, có ưu điểm cách ly tốt và khuyết điểm về tuyến tính, tạp âm, méo dạng, v.v ...

■ Active unbalanced: cấu hình 2 dây, common (C) và tín hiệu (+). Cấu hình tiêu chuẩn cho mức độ loa và đôi khi xử dụng khi đi dây mức rất rất ngắn (thí dụ: Insert, patch từ console mix cho thiết bị bên ngoài) và ứng dụng không chuyên nghiệp.

3.4.6.2 Input

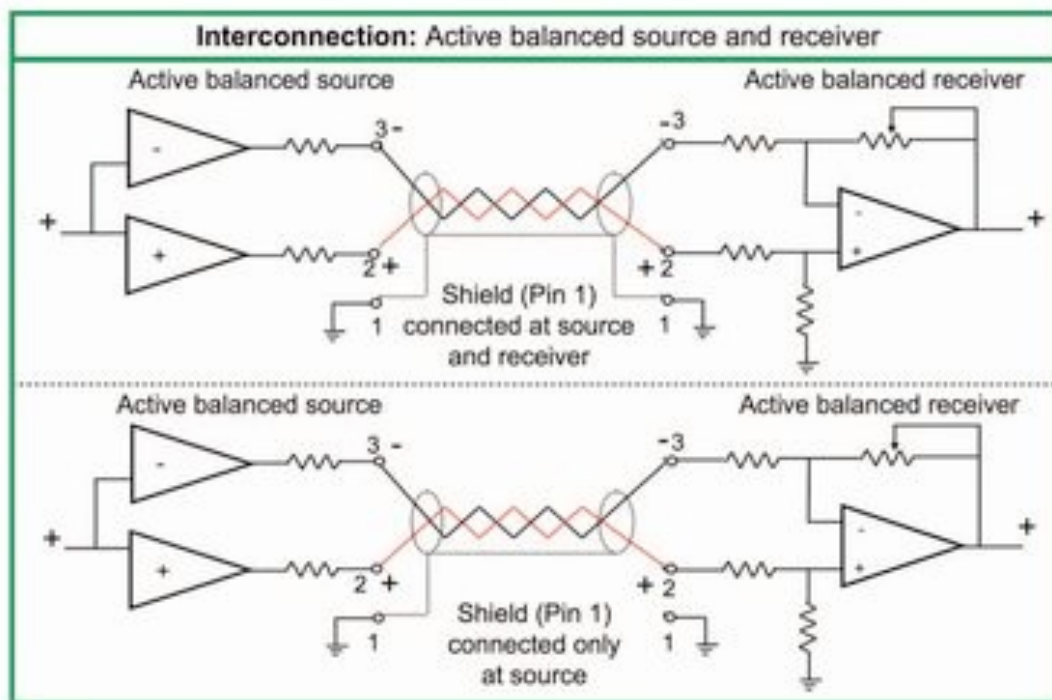
■ Active balanced (op-amp): cấu hình 3 dây với tín hiệu common (C) và hai tín hiệu (+ và -), "bộ khuếch đại vi sai- differential amplifier" có output là tổng của hai input. Tín hiệu âm thanh bị đảo ngược hai lần (trong tín hiệu nguồn và ở giai đoạn input) dẫn đến kết hợp phase phù hợp (+6dB). Tạp âm có trong đường dây chỉ đảo cực một lần (ở giai đoạn input), kết quả phase bị triệt tiêu, quy trình này gọi là "chế độ thải bỏ common - common mode rejection" (Hình 3.18A).

■ Transformer balanced: Biến thể balanced có thể thay thế cho input active, có ưu điểm cách ly giữa hệ thống. Biến thể thường hay gây cảm ứng EMI, méo dạng và nhiễu, nhưng có thể ít nguy hại hơn khi cách ly vấn đề phát sinh (Hình 3.18B).

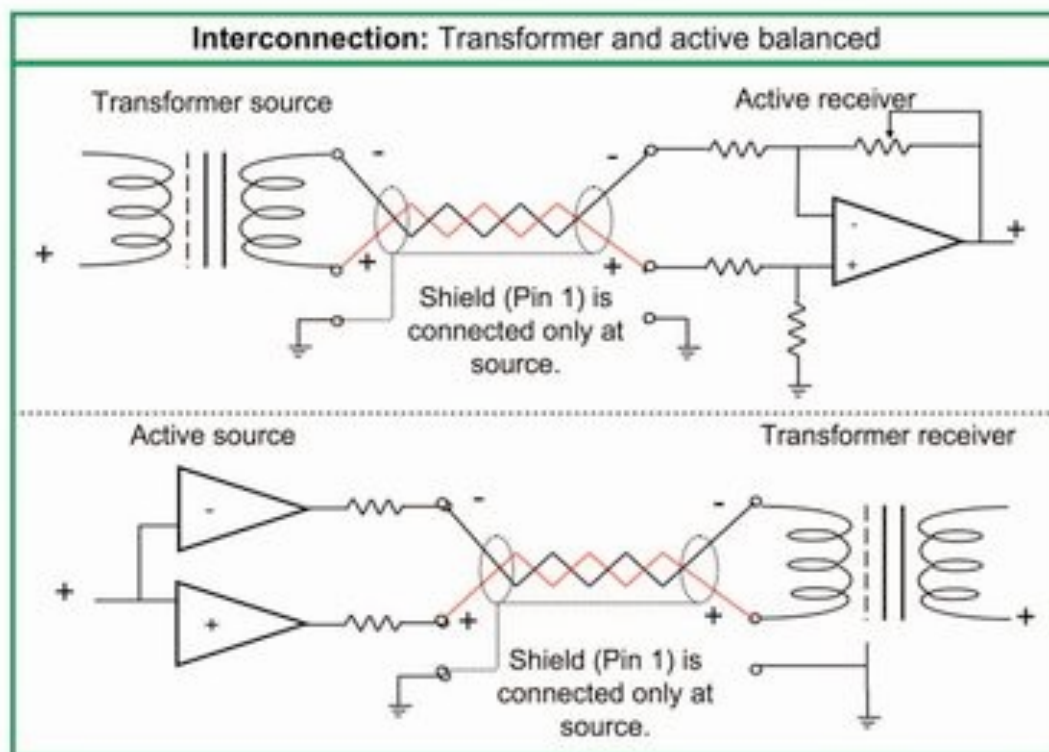
■ Active unbalanced: Input unbalanced có cấu hình 2 dây với tín hiệu common (C) và tín hiệu (+). Cấu hình input này tạo ra sự khác biệt giữa dạng sóng input và common. Cấu hình bán chuyên nghiệp này không có khả năng miễn dịch tạp âm, thải bỏ common của line balanced và chỉ nên xử

Chương 3

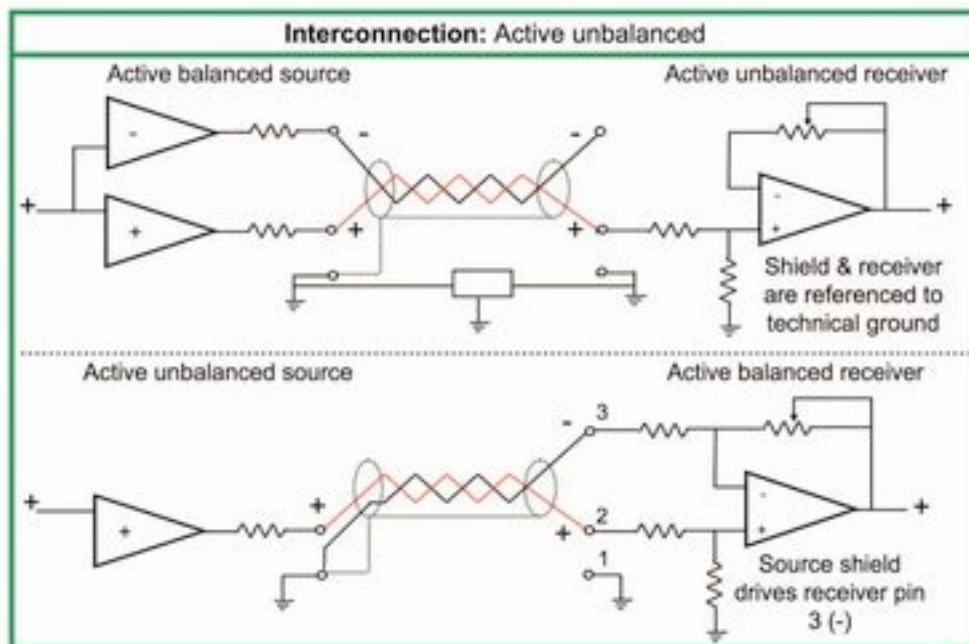
dụng cho đợt chạy dây rất ngắn, chẳng hạn như: Insert, patch từ console mix cho thiết bị bên ngoài (Hình 3.18C).



Hình 3.18A Sơ đồ kết nối analog: active balanced



Hình 3.18B Sơ đồ kết nối analog: active transformer balanced



Hình 3.18C Sơ đồ kết nối analog: active unbalanced

3.5 Truyền tải analog sang digital -- Analog to Digital Transmission

3.5.1 Chuyển đổi analog sang digital (A/D)

Đã đến lúc chuyển đổi tín hiệu điện từ analog sang miền digital. Chuyển đổi A/D là quy trình mã hóa, yêu cầu phải chuẩn hóa nghiêm ngặt hay chúng ta sẽ không thể chuyển nó trở lại khi hoàn tất. Nó giống như bốc một chiếc xe tải: Chúng ta cần tổ chức gói hàng tốt để chắc chắn mọi cái đều ở đó an toàn và đi ra đúng thứ tự khi đến nơi.

Việc chuyển đổi A/D là bước đóng gói đầu tiên. Chúng ta chuyển đổi dạng sóng analog liên tục thành rất nhiều hình tĩnh. Giống như làm phim nhưng tỷ lệ hướng hình nhanh hơn hàng ngàn lần.

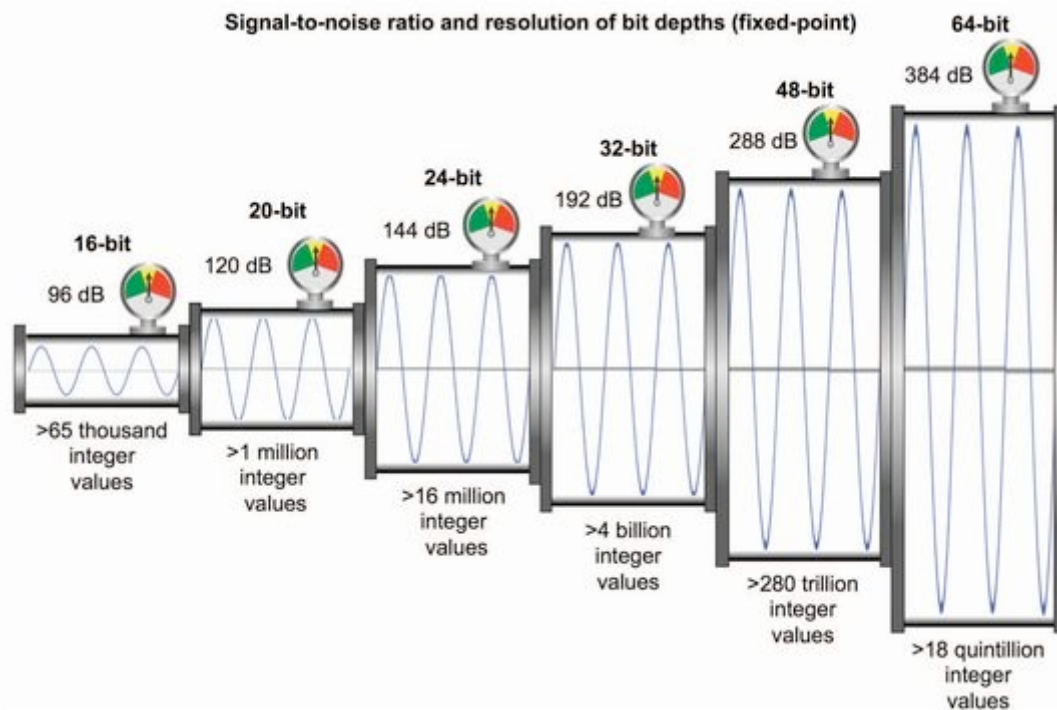
Điều chế mã xung tuyến tính (LPCM Linear pulse code modulation) là output phổ biến nhất của bộ chuyển đổi A/D trong âm thanh chuyên nghiệp. Đây là âm thanh không bị nén và biến thể của nó bao gồm nhiều tiêu chuẩn nổi tiếng như wav (Compact Disk), Blu-Ray, DVD Audio và AES3. Điều chế mã xung là quy trình chuyển đổi ba bước: lấy mẫu, lượng tử hóa và mã hóa.

- Lấy mẫu: Lấy mẫu sóng.
- Lượng tử hóa (Quantization): Xác định giá trị biên độ.
- Mã hoá: Đóng gói nó dưới dạng nhị phân và gửi nó.

Mẫu (sample) là shot âm thanh snap snap (biên độ so với thời gian). Khi đồng hồ nói "đi-go" chúng ta chụp hình. Mỗi tấm hình là cận cảnh nhỏ hơn nửa chu kỳ ở bất kỳ tần số nào. Quy trình quantization phân loại giá trị biên độ và gửi nó tới bộ mã hóa, kết hợp những giá trị biên độ với nhau.

3.5.2 Tỷ lệ mẫu -- Sample rate

Có bốn tỷ lệ mẫu xử dụng phổ biến. Tiêu chuẩn AES3 có thể đọc tất cả:



Hình 3.19 Chiều sâu bit và giải động lực

Tìm output tối đa của thiết bị analog. Làm tươi dBu và dBV, peak và RMS lên, và chuẩn bị chào tạm biệt analog (một thời gian). Xác định điện thế peak cực đại, vì bộ chuyển đổi chỉ đọc peak.

Chúng ta có thể đọc chi tiết kỹ thuật hay đơn giản đặt vào sóng sine và tự tìm ra cho mình. Xử dụng bộ phân tích để tìm ra mức output tối đa (điểm clip). Không xử dụng đồng hồ VU vì nó đọc RMS trong thế giới analog và peak trong thế giới digital. (Xem kiểm tra xác minh ở phần 13.3 để có được khả năng I/O tối đa).

■ Xem những đánh giá về bộ chuyển đổi A/D. Đơn vị là gì? Peak hay RMS? (DBu chỉ là RMS) Chúng ta có sự linh hoạt ra sao? Mỗi bước là 10dB, hay 3dB?

■ Kết hợp số dB/FS với khả năng tối đa của thiết bị analog, làm cho điểm clip của analog và digital giống nhau. Đường kính đường ống ngoài đã phù hợp.

■ Bất cứ ai quan tâm đến headroom của thiết bị analog, có thể hiệu chỉnh dB/FS với điện thế thấp hơn. Chúng ta mất một chút độ chính xác digital cho mỗi 6dB của headroom analog đã thêm vào.

Chúng ta hãy chạy qua thí dụ. Thiết bị mức line điển hình có khả năng tối đa là +23dBVPK (+20dBVRMS, +22dBu). Nếu đặt dB/FS ở mức "danh định" (0dBVRMS) thì sẽ không bao giờ xử dụng ba bit đầu. Xử dụng tất cả bit nếu đặt -20dBFS thành 0dBV (hay 0dBFS = +20dBV).

3.5.8 Lượng tử hóa -- Quantization

Hãy chơi trò chơi xa xưa, gọi là "20 câu hỏi". Hãy suy nghĩ về một số từ 0 đến 1,048,575. Tôi có thể giành chiến thắng mỗi khi tôi làm theo trình tự phương pháp này:

■ Câu 1: Nó có lớn hơn 524,288 không? Không.

■ Câu 2: Nó có lớn hơn 262.144 không? Có.

Chương 3

■ Câu 3: Nó có lớn hơn 393.216 không? Có.

Chỉ trong ba câu hỏi, tôi đã thu hẹp phạm vi xuống 8 lần, xuống còn 131,072 giá trị (>393,216 và <524,288). Mỗi câu hỏi chia phần còn lại một nửa. Vì tới thời điểm tôi hỏi câu hỏi thứ 20, chỉ còn lại có hai khả năng. Ba câu trả lời cho đến nay là không, có và có. Dịch: 0-1-1. Đây là tóm lược việc chuyển đổi analog sang digital: âm thanh 20-bit là 20 câu hỏi. Trò chơi sẽ khởi động lại mỗi khi word-clock tích tắc vào mẫu tiếp theo.

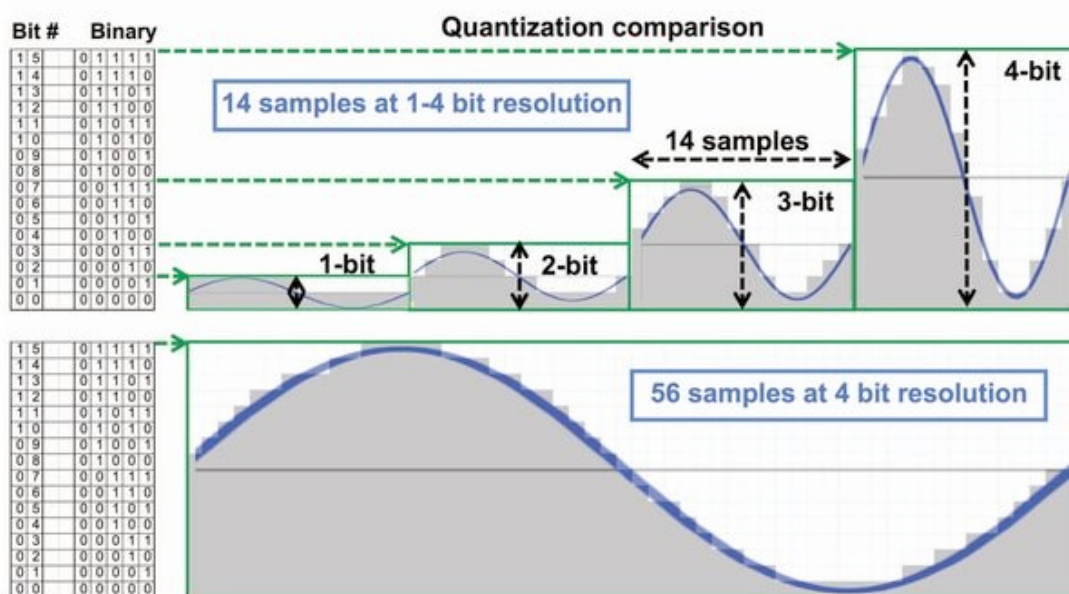
Logic: Bắt đầu với toàn bộ phạm vi biên độ. Điện thế dương nằm ở trên đầu, không ở giữa và âm ở phía dưới. Giá trị mẫu hiện tại là chỗ nào đó trong đó.

■ Câu 1: Có nửa nào trên (1) hay thấp hơn (0) không? Đây là dấu hiệu (sign) bit. Điện thế dương tăng lên và âm đi xuống. Lấy một nửa chiến thắng và chuyển sang câu 2.

■ Câu 2: Có nửa nào trên (1) hay thấp hơn (0) không? Đây là bit cấp cao nhất. Nếu "1" thì tín hiệu nằm trong $\frac{1}{2}$ mức toàn bộ (cực đại 6dB của giải động lực). Lấy nửa chiến thắng và chuyển sang câu 3.

■ Câu 3: Tiếp tục yêu cầu cho đến khi những bit chạy ra (giới hạn xấp xỉ).

Âm thanh không đơn giản như tín hiệu lớn nhất thì tất cả đều là 1 (số nhị phân tối đa) và im lặng thì tất cả đều là 0. Chúng ta có những giá trị điện thế analog dương và âm rồi nên xử dụng bit đầu tiên để xác định dấu hiệu (+ là 1 và - là 0). Vì vậy, tín hiệu 20-bit tối đa có thể là hai mươi 1 (+) hay 0 nếu tiếp theo là mười chín 1 (-). Sự im lặng là dấu hiệu hay tiếp theo là mười chín 1 (hình 3.20).



Hình 3.20 Thí dụ về lượng tử: Hiển thị sự khác biệt giữa 4 mức độ bit (1-4 bit). Cũng thể hiện tác động tăng tỷ lệ mẫu lên 4 x (56 mẫu so với 14).

Thí dụ theo từng bước một 96kHz, 24-bit, 0dBFS = +20dBVRMS (10VRMS, 14.14VPK)

Khước từ: Minh hoạ đơn giản này không nhất thiết phải chính xác từng bit cho bất kỳ bộ chuyển đổi thương mại nào.

1. Đồng hồ gõ 1: Mở cửa sổ thời gian 0,01ms và lấy mẫu [voltage = +4.5VPK].

Truyền dẫn

2. Ký hiệu bit: Có điện thế dương không? Có. [Bit0 = 1]
3. Hầu hết bit quan trọng: Có phải điện thế $> 0.5 \times (1/2)$ thang đo? (7.07VPK) Không. [Bit1 = 0]
4. Bit quan trọng tiếp theo: Có phải điện thế $> 0.25 \times (1/4)$ thang đo? (3.53 VPK) Có. [Bit2 = 1]
5. Bit quan trọng tiếp theo: Có phải điện thế $> 0.375 \times (3/8)$ thang đo? (5.3VPK) Không. [Bit3 = 0]
6. Bit quan trọng tiếp theo: Có phải giá trị analog $> 0.3125 \times (5/16)$ thang đo? (4.42VPK.) Có. [Bit4 = 1]
7. Tiếp tục quy trình bay zíc zắc (bracketing) theo giá trị cho đến bit cuối cùng. Tại lỗi xấp xỉ bit quan trọng ít nhất là lớn nhất (giống tỷ lệ phần trăm của tín hiệu với tạp âm). Quy trình chuyển đổi có thể rung rinh (thêm tạp âm trắng) để giảm thiểu âm thanh chướng tai của sự thiếu quyết đoán về digital: "tạp âm định lượng- quantization noise".
8. Gửi giá trị số 20-bit cho bộ mã hóa và lặp lại.

3.5.9 Mã hóa -- Encoding

Mã hóa là quy trình đóng gói. Chúng ta quấn quanh con số bằng bộ hướng dẫn cho bất cứ ai tìm ra nó. Bộ mã hoá âm thanh tiêu chuẩn chuyên nghiệp là AES3 (và biến thể đa channel), có sự pha trộn linh hoạt và độ cứng cho phép kết hợp nền tảng và trò chơi với người tiêu thụ. Cả hai tỷ lệ mẫu và bit-depth đều là biến; Chúng ta chỉ cần ghi nhãn gói dữ liệu với những cái chúng ta đã xử dụng.

3.5.10 Sai sót và xấp xỉ -- Error and approximations

Có vài đại lộ cho sai sót, từ ấn tượng cực kỳ đến giảm giá trị.

- Nhả ra (Dropout): Không cần giải thích (ngoại trừ quản lý). Nếu không thể đọc đồng hồ, show sẽ dừng lại.
- Biến động (Jitter): Thời gian trong đồng hồ không ổn định. Xung đến sớm hay muộn và gây mờ hồ hay delay việc xử lý mẫu. Chúng ta có thể mất đồng bộ với những thiết bị khác.
- Phản dội: Nếu không cân bằng trở kháng cable đúng, xung đồng hồ có thể dội trở lại đường dây. Điều này có tiềm năng tạo ra sự kích hoạt sai.
- Rối loạn (Aliasing): Lỗi giải mã do sự nhận dạng nhập nhằng. Thường có chuyện này bởi hàm lượng tần số bên trên tần số Nyquist.
- Nội suy (Interpolation): Quantization là phép tính gần đúng của tín hiệu analog phân chia gấp bội. Sẽ xảy ra lỗi làm tròn với quy trình này. Chúng ta cũng phải đối mặt với sự thật là có nhiều sai sót trong hệ thống analog. Kim đĩa hát cày qua (và hơi nấu chảy) đường rãnh bằng nhựa vinyl lượn tròn, có thể làm tròn hoàn toàn theo nghĩa đen với mỗi cách xử dụng. Sẽ có thêm nhiều lỗi làm tròn khi chúng ta di chuyển tín hiệu dọc theo đó, rồi sau đó là tập cuối cùng trong quy trình tái thiết tại bộ chuyển đổi D/A.

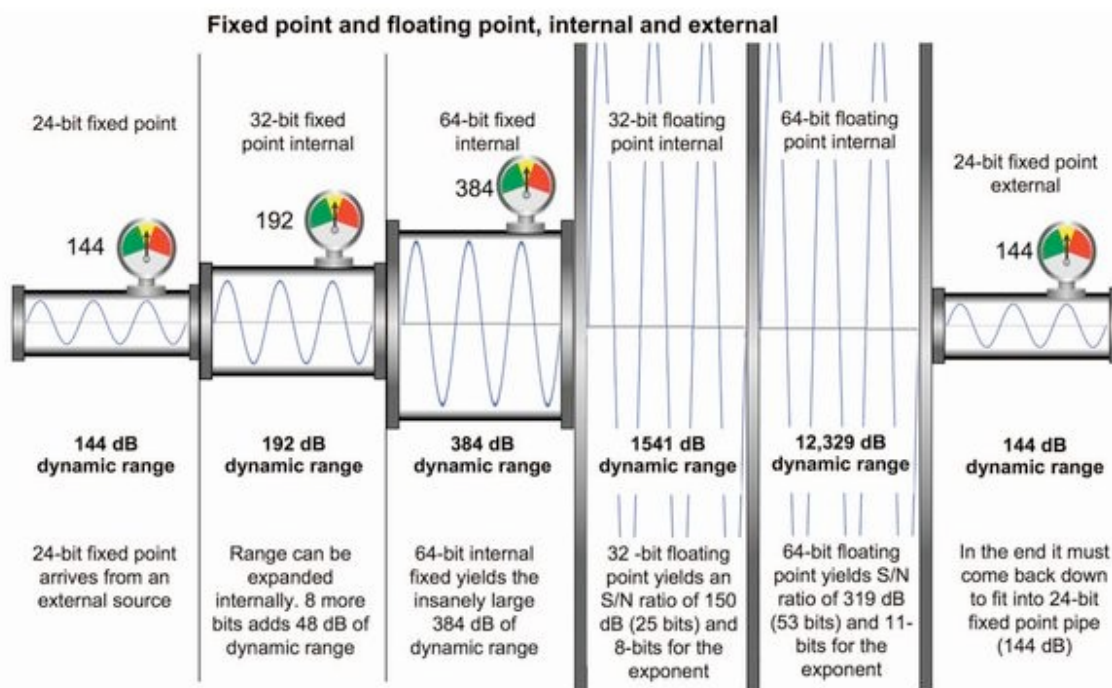
3.6 Truyền dẫn Digital đến Digital

Tín hiệu của chúng ta sẽ vẫn còn là digital cho đến khi tái thiết analog cho nó. Có nhiều chỗ để đi và nhiều cách để đến đó. Phần này mô tả việc truyền âm thanh digital nội bộ và truyền tải bên ngoài giữa những thiết bị. Trong dạng này, chúng ta vẫn nhận ra tín hiệu dưới dạng âm thanh mã hoá và thực hiện những chức năng như mix, filtering và delay.

Chương 3

3.6.1.1 Truyền nội bộ -- Internal Transmission

Trước đây, chúng ta đã thấy truyền dẫn analog bên trong yêu cầu ít tiêu chuẩn hóa và bảo vệ hơn bên ngoài. Điều này cũng đúng với digital. Một khi luồng dữ liệu đã an toàn bên trong bức tường, chúng ta có thể làm bất cứ cái gì chúng ta muốn và cho đến khi phải đi. Chi tiết khác nhau từ mô hình này sang mô hình khác nên chúng ta chỉ sờ tới vài khía cạnh chung. Tháo gói tin âm thanh ra đầu tiên, rồi chia nhỏ thành nhiều khung (frame) riêng. Gói âm thanh digital 96kHz (192 khung) là 2ms dữ liệu, cái này sẽ không hoạt động tốt như tăng âm thanh tối thiểu của chúng ta! Phương pháp từng khung cho phép tăng độ trễ rất hữu ích là 0.01ms. Truyền dẫn di chuyển qua đường ống dẫn vị trí của bộ nhớ máy tính. Giới hạn tốc độ bên trong là tốc độ xung đồng hồ nội bộ và giới hạn bên ngoài là vị trí bộ nhớ.



Hình 3.21 Điểm cố định và điểm trôi nổi (bên trong và ngoài)

3.6.1.2 Điểm cố định và trôi nổi -- Internal Fixed and Floating Point

Đây là chuyện thông thường khi xem thông số kỹ thuật cho bộ xử lý âm thanh 32-bit và 64-bit. Việc này có vẻ lạ đối với những thiết bị có bộ chuyển đổi A/D 24 bit. Bit ngoại cỡ chỉ có sẵn để xử dụng nội bộ, một trong những món tiền thưởng dành riêng, hiện hữu giống như một đồng con số. Đây là đường ống nội bộ tạm thời, mở rộng được, chạy cho đến khi chúng ta đáp ứng giới hạn điểm cố định chiều sâu bit của bộ chuyển đổi D/A (Hình 3.21).

Nhớ lại kích cỡ cố định của đường ống mức line analog. Sẽ tăng nguy cơ quá tải khi tổng hợp nhiều tín hiệu vào ống có kích cỡ cố định. Có những consoles mix analog thật sự như thế này với rail 120 VDC cho mix bus nội bộ: Là ống có thể mở rộng! Mở rộng chiều sâu bit nội bộ sẽ cung cấp cùng một chức năng trong DSP mà không có nguy cơ bị shock. Cuối cùng, chúng ta phải phù hợp mức độ vào điểm cố định bộ chuyển đổi D/A, nhưng bên trong bộ xử lý, có nhiều dynamic từng giai đoạn tự do hơn là chúng ta có thể làm được với analog. Chúng ta có thể tổng điểm nổi "quá tải" an toàn và cắt tủy kích cỡ lại sau mà không ảnh hưởng đến tín hiệu. Ngược lại, chạm vào cạnh đường ống analog nội bộ làm giảm dạng sóng vĩnh viễn. Đưa nó xuống sau này sẽ không giúp ích gì.

Truyền dẫn

Chiều sâu bit điểm cố định nội bộ 32-bit cung cấp khả năng mở rộng dynamic lên 8-bit (48dB) trên mức tối đa 24 bit của bộ chuyển đổi A/D. Console analog sẽ cần 3000 rail VDC để đạt đến điều này. 64 bit nội bộ cộng thêm 192dB, vì vậy chúng ta có thể tham gia mạnh bên trong thiết bị, miễn là đừng cố đưa nó ra bên ngoài. Điểm cố định bên trong làm tăng chiều sâu bit ở đỉnh mà không cần cộng thêm lỗi làm tròn ở bên dưới (ít nhất cho đến ngày thanh toán tại bộ chuyển đổi D/A). Việc mở rộng điểm cố định yêu cầu thêm tài nguyên bộ nhớ với chi phí liên quan và thách thức về tốc độ truyền.

Tính toán điểm trôi nổi vẽ ra giá trị biên độ như là số nguyên có độ dài cố định (25-bit hay 53-bit) và số mũ và hướng vector (+/-) (8-bit hay 11-bit tương ứng cho 32-bit và 64-bit tương ứng). Nó là số mũ biến đổi, tạo ra thuật ngữ "nổi- floating" ở đây. Khả năng phép nhân tiềm ẩn trong số nguyên + số mũ cho phép con số vượt quá giới hạn bit nhị phân đơn giản của cấu trúc liên kết (topology) điểm cố định. Do đó không áp dụng danh sách đơn giản về giá trị tối thiểu và tối đa. Hệ thống trôi nổi có thể mang con số "ngoài thang đo" bên trong bộ xử lý của nó, chỉ cần di chuyển "trong thang đo" tại điểm chuyển đổi D/A hay truyền tới thiết bị âm thanh điểm cố định. Những lỗi làm tròn điểm trôi nổi không đổi theo mức độ, vì chuỗi số nguyên đều có cùng độ dài, bất kể số nhân số mũ ra sao. Do đó những sai số làm tròn giống nhau cho những tín hiệu lớn nhất và mức tín hiệu thấp nhất.

3.6.1.3 Điểm trộn -- Mix Points

Điểm mix là digital, tương đương với tổng số bus. Tín hiệu công thêm con số vào và theo tiến trình tổng kết như analog (phép cộng/trừ dựa trên biên độ và phase tương đối). Cơ hội làm tròn lỗi mới, phát sinh khi chúng ta mix tín hiệu lại với nhau và tạo ra tín hiệu mới.

3.6.1.4 Điểm kiểm soát

Điểm kiểm soát quản lý quy trình hoạt động như định tuyến (routing) tín hiệu, gain (nhân), delay (sidetracking vào ngân hàng bộ nhớ), filter (nhân, gain và định tuyến delay) và nhiều nữa. Có thể thực hiện thao tác liên quan trên những luồng tín hiệu riêng biệt, giống như VCA của thế giới analog (hiện nay là viết tắt của điều khiển điện thế bằng số học- voltage-controlled arithmetic).

3.6.2 Đường ống AES/EBU -- The AES/EBU pipeline

3.6.2.1 Output đến input

Chúng ta có thể truyền âm thanh digital giữa thiết bị mà không cần chuyển sang analog. Chúng ta cần làm theo quy trình và đóng gói để vận chuyển. AES3 là giao thức chuẩn, xử dụng cho nhiều định dạng và phương tiện khác nhau. Phương pháp đóng gói nòng cốt rất phổ quát trong ngành công nghiệp rồi áp dụng bằng những hình thức tương thích rất khác nhau. Tìm thấy phiên bản hai channel và nhiều channel trong định dạng dây và quang học.

Truyền âm thanh digital là nối điểm-điểm, không cho phép chia tín hiệu output ra nhiều input (không giống như truyền dẫn analog). Điều này chủ yếu là giao tiếp RF, vì vậy vài jack nổi và cable giống như dùng trong RF và video.

3.6.2.2 Trở kháng cable

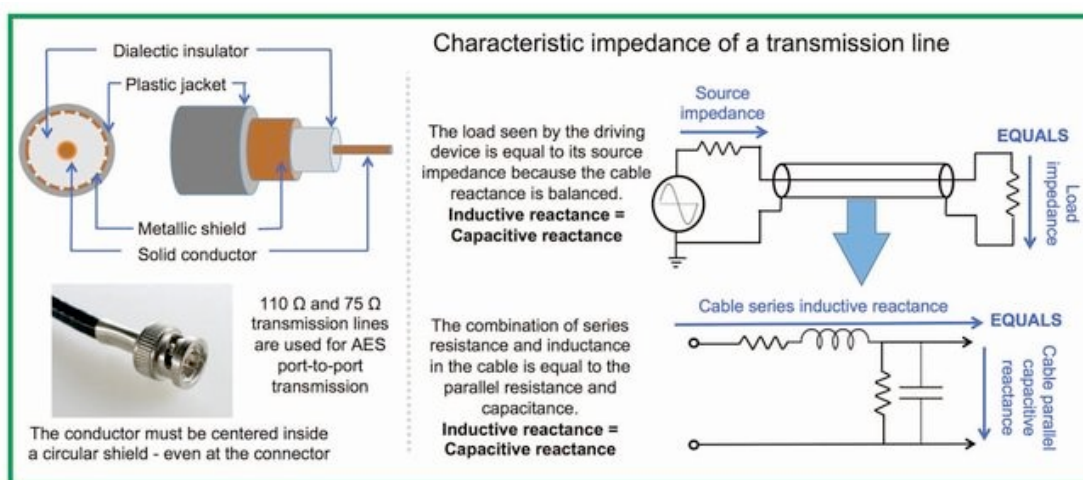
Kết nối điện tiêu chuẩn giữa output và input AES là cable 75Ω hay 110Ω. Trở kháng cable âm thanh này rất cao cho những người trong chúng ta đóng khung trong tâm trạng analog. Đặc biệt cho cable 1m! Làm sao nó có thể có cùng trở kháng với cable 10m? Trở kháng được chỉ định cho truyền dẫn digital là động vật khác hoàn toàn, từ điện trở dòng theo tỷ lệ chiều dài, điện dung tự cảm và song song mà chúng ta thấy trong tín hiệu analog. Đặc điểm kỹ thuật 75Ω là "trở kháng đặc tính-characteristic impedance", bao hàm giải phẫu cắt ngang sợi cable, không phải chiều dài của nó. Sự khác biệt giữa cable 75Ω và 110Ω là đường kính dây dẫn, vật liệu cách điện, cách điện giữa nó và giáp chắn, không phải chiều dài. "Trở kháng

Chương 3

đặc tính” mạnh nhất trong dây dẫn duy nhất ở trung tâm của giáp chắn tròn: cable đồng trục. Cable analog cũng có trở kháng đặc tính (22AWG khoảng 70Ω), nhưng chúng ta không khiên bằng thông 20kHz đi một dặm hay truyền 6MHz. Đó là lý do tại sao chúng ta không bao giờ lo lắng nhiều về trở kháng đặc tính, nhưng ngành điện thoại chắc chắn đã có trước khi sợi quang nắm quyền kiểm soát.

Chủ đề muôn thuở trong chương này là khiến Z thấp sang Z cao. Đó là âm thanh. Còn đây là truyền RF qua cable có trở kháng tương ứng với nguồn và bộ thu, "đường dây truyền tải- transmission line". Nó là line balanced, nhưng theo cách khác hoàn toàn với line âm thanh: trở kháng balanced. Hàng loạt trở kháng (điện trở + tự cảm) bằng trở kháng song song (trở + điện dung). Điều này làm cho gần như không bị mất truyền tải chút nào, với những phản dội tối thiểu trong cable (Hình 3.22).

Trong thế giới âm thanh analog chuyên nghiệp, chúng ta không nghĩ đến những phản dội trong cable, nhưng có vài người chúng ta cũng đủ già để nhớ nó trong những cuộc gọi điện thoại đường dài. Phản dội trở thành mối quan tâm khi truyền đạt bước sóng theo chiều dài cable. Đây là 1156m @ 20kHz cho mạch điện từ, vì vậy không có vấn đề ở đó. Chúng ta đang làm việc trong dải 6MHz và cao hơn. Phản dội trong đường dây truyền âm thanh digital sẽ không gây ra tiếng vọng âm thanh giống như bộ phận analog của nó. Thay vào đó, nó tạo ra nhiễu dữ liệu bổ sung giả mạo bản gốc, có dạng răng cưa có thể gây ra lỗi truyền dẫn khiến không thể đọc dữ liệu được. Đầu dây cable nằm tại trở kháng đặc tính sẽ làm giảm phản xạ tại điểm đến.

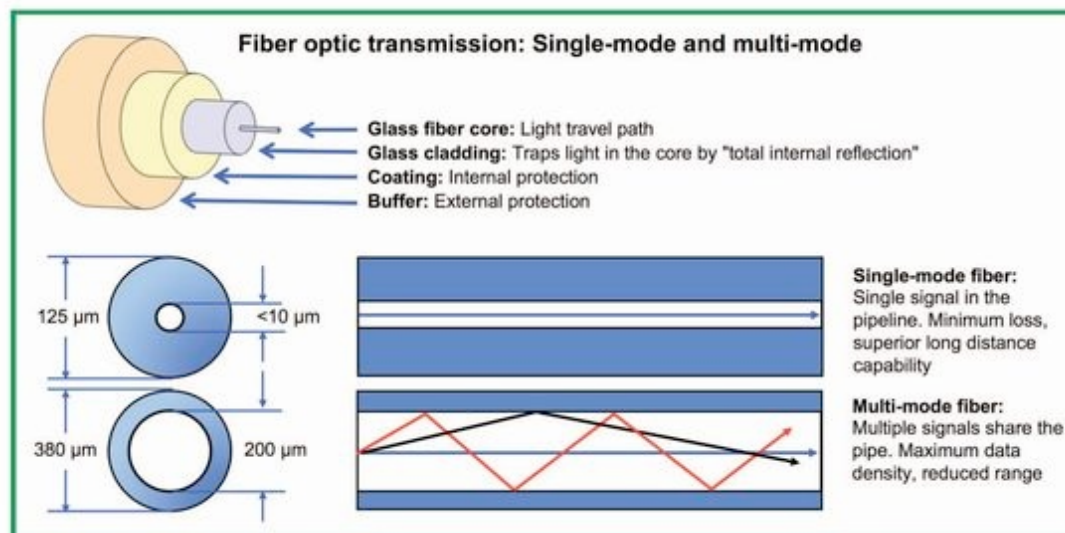


Hình 3.22 Đặc tính trở kháng cable.

3.6.2.3 Quang học -- Optical

Hải quân đã sử dụng truyền thông không dây để gửi âm thanh digital bằng quang đã mã hóa giữa những tàu: Một thủy thủ chớp mã Morse bằng cách mở và đóng cửa chớp trên đèn. Âm thanh digital bằng sợi quang nhanh hơn nhiều, nhưng khái niệm cũng như nhau. Khi hệ thống truyền dẫn quang đang nhấp nháy, nó hoạt động đúng. Truyền dẫn quang học thay ánh sáng cho điện thế. Cable có bề mặt phản chiếu gần như không mất chất lượng. Cable quang có thể chạy cho nhiều channel bằng ghép channel (chạy nhiều tín hiệu trong chuỗi và giải mã nó riêng). Tín hiệu quang không có vấn đề gì về hồi tiếp đất và có thể patch nóng mà không sợ đột biến. Cần phải cẩn thận, tránh gấp cable quang vì nó làm gián đoạn đường phản chiếu (Hình 3.23).

Truyền dẫn



Hình 3.23 Truyền dẫn quang học

3.6.3 Cấu hình tương thích AES -- AES-compatible configurations

3.6.3.1 AES / EBU (AES3)

Đây là cấu hình hai channel (trên danh nghĩa là stereo nhưng trên thật tế chỉ có hai channel độc lập). Cable AES3 tiêu chuẩn là 110Ω, 3 dây xoắn cặp với độ dài tối đa là 100 m. Jack nối XLR và RCA chính nó đã trải qua việc chuyển analog sang digital và được tái chế cho AES3. Tôi đoán vào thời điểm đó, đây có vẻ là ý tưởng hay nhưng có thể dẫn đến việc patch sai. Jack nối cắm vào lỗ phù hợp, nhưng cable thì không tương thích và dẫn đến kết quả không bất ngờ theo cả hai hướng. Kết luận: Kiểm tra cable của bạn.

Jack nối tiêu chuẩn là jack XLR (input cái, output đực) có dây giống như tổ tiên của nó, pin 1: common, pin 2: tín hiệu +, pin 3: tín hiệu -. Cấu trúc định dạng AES3

Mỗi mẫu mang giá trị số duy nhất từ 16 đến 24 bit. Mỗi khung dữ liệu cần có dấu hiệu đồng nhất để giữ nó theo thứ tự. Sẽ rất không hiệu quả khi quăn từng khung (frame) cho mỗi channel. Thay vào đó, nhóm nó lại thành bộ 192 khung, với âm thanh tần số 48kHz đến 4ms ($0.02083\text{ms} \times 192$).

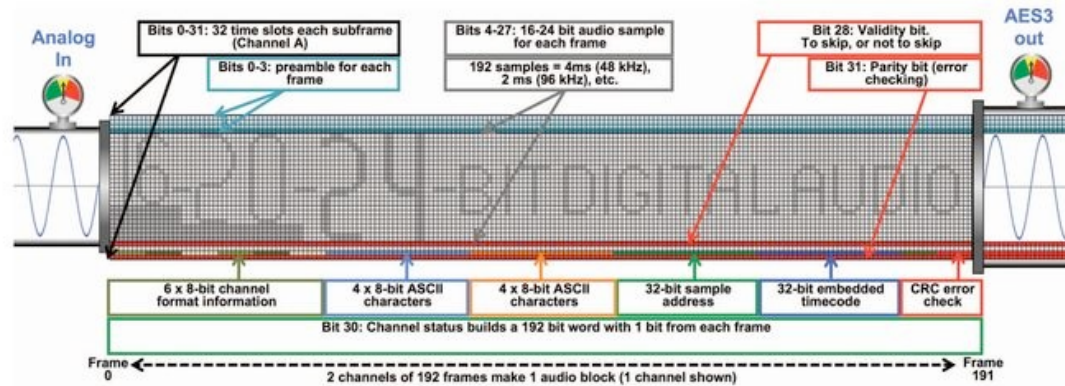
Sản phẩm cuối cùng là "khối âm thanh- audio block": 2 channel với 192 khung âm thanh và bộ vật liệu đóng gói hoàn chỉnh. Hãy xem chúng ta đến đó ra sao. Mẫu âm thanh đã chuyển đổi sẽ đóng gói thành 32-bit để tạo ra khung âm thanh. 24 Bit ở giữa (bit âm thanh) là giá trị đại lượng trong dạng số thập phân điểm cố định. Chúng ta hãy gọi 24 bit này là bit âm thanh và 8 bit đóng gói khác để dễ thảo luận. Tám gói bit và 24 bit audio cung cấp cho chúng ta khung hình đơn (một trong 2 channel). Tham gia vào khung phụ cùng nhau để tạo ra khung hoàn chỉnh (64 bit dữ liệu âm thanh và thông tin). Chúng ta tiếp tục hoạt động này 191 lần và gói tất cả thành một gói âm thanh.

Mỗi khối âm thanh yêu cầu 64 hoạt động nối tiếp trước mẫu tiếp theo (32/khung phụ). Chia những hoạt động thành nhiều khe thời gian, quản lý bởi đồng hồ mã hóa đánh dấu hai phase- biphas mark coding clock (BMC), nhanh hơn word-clock nhiều.

Thí dụ cho 48kHz, chúng ta có $64\text{bit} \times 48\text{kHz} = 3072\text{kb/sec}$ với đồng hồ biphas là 6.144 MHz.

Chương 3

Biểu diễn bằng khối âm thanh mất bao lâu? Điều này phụ thuộc vào tỷ lệ mẫu. 192 khung của âm thanh 48kHz là 4ms âm thanh, tốc độ khung là 250Hz. Giảm một nửa cho 96kHz (2 ms) và một lần nữa cho 192kHz (Hình 3.24).



Hình 3.24 Cấu trúc khung AES3

Hãy trở lại với khung phụ 32-bit. Những bit âm thanh chứa 192 con số 24-bit duy nhất: luồng dữ liệu âm thanh. Bây giờ chúng ta có mạng giá trị âm thanh (biên độ 24 bit so với thời gian 192 bit). Tất cả định dạng đều chia sẻ 16 bit quan trọng nhất và lấp đầy dữ liệu 20 và 24 bit trong những bit thấp hơn. Định dạng 16 và 20 bit gửi tất cả 0s đến những bit thấp hơn không xử dụng. Mạng này là trọng tải (payload) cho một khối âm thanh.

Xử lý vài phần đóng gói khác nhau. Nó được truyền trên 192 khung là 24 word với mỗi 8 byte ($24 \times 8 = 192$) để cho chúng ta biết câu chuyện về khối âm thanh này. Đọc bit âm thanh theo chiều dọc, khung bên dưới bằng khung bên dưới và đọc hướng dẫn đóng gói theo chiều ngang trên 192 khung phụ. Điều này lan truyền thông tin đóng gói qua khối âm thanh, hiệu quả cao hơn việc gửi các ghi chú hoàn chỉnh trên mỗi khung rất nhiều.

Đóng gói 8 bit chia thành hai phần: trước-pre và sau-post. Bit 0-3 là preamble, chuẩn bị sắp xếp những dữ liệu đi đến. Ở đây có khung đầu tiên của channel A. Tiếp theo là khung từ B v.v. Bốn bit cuối cùng đi theo dữ liệu âm thanh. Kiểm tra bit 28 để xem nếu dữ liệu đã sẵn sàng chuyển đổi D/A hay chưa và nếu chưa thì đặt lệnh dừng. Bit 31 là bit chẵn lẻ, bộ kiểm tra lỗi truyền tải cơ bản.

Bit trạng thái channel -- Channel status bit

Sự kiện chính để đóng gói là bit 30, "bit trạng thái channel", có đủ thông tin chi tiết để giải mã chính xác và tìm ra cây kim âm thanh này trong cả đồng hồ khô của hơn 17 triệu gói tin. Đó là hơn 12 giờ âm thanh liên tục ở 96kHz (chúng ta có thể truyền soundtrack cho bộ phim Lord of the Rings mà không cần lặp lại số chỉ mục). Cũng bao gồm trong bit này được nhúng mã thời gian SMPTE. Bạn có thể tự hỏi, làm sao chúng ta thực hiện việc này chỉ trong 8 bit, vì phải mất 32-bit word để làm mỗi mã thời gian. Đó là phần thưởng cho việc truyền word trên toàn bộ khối thay vì đặt nó vào từng khung hình phụ.

Những định dạng tương thích AES/EBU

■ **TOSLINK:** Toshiba Link (TOSLINK) là phiên bản sợi quang ngắn (<10 m) của AES3. Toshiba, Sony Philips Digital In Format (SP/DIF). Jack nối là JIS F05.

Truyền dẫn

■ S/PDIF: Định dạng giao diện digital của Sony/Philips (S/PDIF) là phạm vi ngắn, unbalanced, là AES3 với tiêu chuẩn tham chiếu điện thế thấp hơn. Phiên bản có dây sử dụng cable đồng trục 75Ω với jack nối RCA và phiên bản quang học sử dụng jack nối TOSLINK.

■ ADAT Lightpipe (ADAT Optical Interface): Định dạng quang đa channel được Alesis thực hiện trước tiên cho máy thu ADAT của họ nhưng cũng được nhiều hãng khác sử dụng. Jack nối giống như TOSLINK và S/PDIF nhưng giao thức không tương thích. Lightpipe có dung lượng cố định nhưng có thể phân bổ theo số channel ở tỷ lệ mẫu nhất định. Thí dụ, 8 channel ở 48kHz, 4 channel ở 96kHz.

■ MADI (AES10): Multichannel Audio Digital Interface (MADI) có thể truyền tải nhiều channel không nén AES tương thích âm thanh. Số channel chính xác sẽ thay đổi theo tỷ lệ mẫu nhưng 56-64 channel 48kHz của âm thanh 24-bit là bình thường. Số channel bị giảm xuống một nửa ở 96kHz. Jack nối và cable cho cả hai định dạng điện và quang học giống như phiên bản 2-channel (AES3) vì vậy việc tiết kiệm cable và kết nối rất đáng kể. MADI tuân thủ tiêu chuẩn AES10 và có sự hỗ trợ rộng rãi của hãng sản xuất. Chiều dài cable có thể đạt đến độ dài đề nghị tối đa từ 100 đến 3000 mét.

3.7 Truyền dẫn mạng digital -- Digital Network Transmission

Chúng ta bước vào thế giới digital trong một luồng khác với âm thanh I/O mô tả ở trên. Nếu bạn đã vào âm thanh vì bạn muốn ngâm chính chúng ta trong hầu hết phi nghệ thuật, phi âm nhạc, không có gì để làm với phần tai của bạn về thương mại, thì đây là chỗ của bạn. Mạng digital là một trò chơi số. Làm sao chúng ta có thể di chuyển nó cho nhanh đáng tin cậy? Không có mục tiêu hay cải thiện dạng sóng, chỉ cần nhân bản và di chuyển nó chung quanh.

Vài thiết bị mạng âm thanh phổ biến đối với ngành CNTT (IT-Information Technology), trong khi vài thiết bị khác lại thích nghi với chúng ta. Kỹ năng gỡ rối trên mạng máy tính gia đình thật sự giúp đỡ ở đây rất nhiều.

Hãy làm rõ trong mạng có cái gì và đang xảy ra cái gì. Thiết bị gửi và nhận gói âm thanh đã digital hóa trước đây đã đưa vào. Bộ chuyển đổi A/D và D/A quấn và tháo gói tin âm thanh từ bên ngoài mạng. Những thiết bị "trong mạng" chính là bộ điều hợp mạng, switch, đồng hồ và hơn nữa.

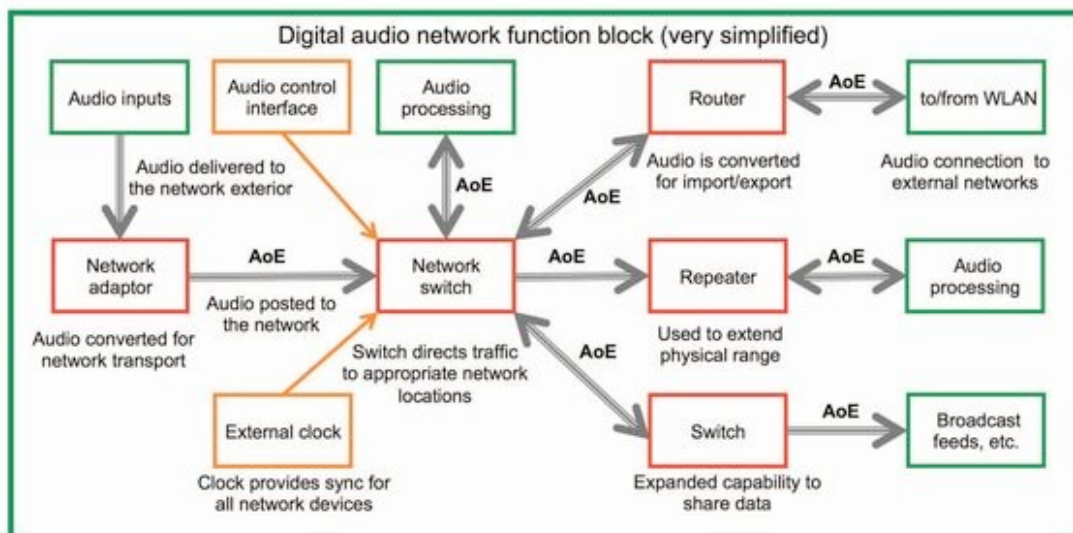
3.7.1 Tổng quan về mạng

Không có phép so sánh để hình dung mạng digital như đường ống. Theo nghĩa đen là vậy. Mạng chỉ là hệ thống giao thông. Nó không đưa ra ý kiến gì về chuyện đó có phải là tweeter hay Twitter hay không. Chúng ta muốn mạng làm hai việc: đóng gói và vận chuyển nó (Hình 3.25). Điểm nhập mạng yêu cầu phần cứng thích ứng (bộ điều hợp mạng) với gói luồng âm thanh của chúng ta để vận chuyển. Quy trình đảo ngược ở phía bên kia.

Nhớ lại, đường dẫn tín hiệu âm thanh analog là theo từng điểm. Output có thể khiến input đơn lẻ hay chia ra ("wye'd" apart) để khiến thêm nữa. Ngược lại, nhiều output không thể "wye'd" với nhau mà không có vài điện trở cách ly hay biến chứng phiền hà. Thiết kế hệ thống analog một cách cẩn thận, lập kế hoạch mỗi kết nối điểm-điểm trước và dự đoán những điểm tham chiếu có thể cần sự linh hoạt liên tục. Chúng ta có thể tìm thấy bảng patch ở đây, cho phép tùy chọn định tuyến lại (rerouting) và thêm liên kết rất yếu có độ tin cậy. Âm thanh digital AES cũng giống như vậy. Cái này vẫn còn điểm đến điểm nhưng thậm chí chia và kết hợp tín hiệu ít linh hoạt hơn.

Tuy nhiên, những hệ thống digital này có thể mang nhiều nhóm tín hiệu lớn với nhau tại điểm nồng cốt chung và định tuyến những tín hiệu lại nếu cần. Hiện tại có rất ít nhu cầu về bảng patch.

Chương 3



Hình 3.25 Mạng âm thanh digital: khối chức năng đơn giản

Mạng hoạt động khác nhau. Mặc dù kết nối vật lý là điểm đến điểm, dòng chảy của thông tin thì không. Một tín hiệu xuất hiện trên mạng có thể đọc bởi tất cả thiết bị mạng (nếu chúng ta muốn nó). Chúng ta phát sóng tín hiệu và sau đó bất cứ ai muốn nó có thể nhặt nó lên.

Thách thức hệ thống âm thanh cho ứng dụng âm thanh live:

- Độ chờ thấp: hạn chế dung sai cho tín hiệu delay. Độ chờ quá mức làm giảm mối quan hệ của âm thanh đã gia cố với âm thanh tự nhiên và giảm quá xa so với thị giác.
- Đồng hồ thời gian nhất quán: Tất cả luồng âm thanh liên quan phải bấm giờ cùng nhau. Dung sai của chúng ta ở đây rất nhỏ (theo tiêu chuẩn mạng), cần ở trong một mẫu duy nhất (thí dụ: 0,01ms cho 96kHz).
- Cung cấp đúng thời hạn: Phải gửi gói tin âm thanh có đủ thời gian để đệm thêm và giải nén. Cần phải nhất quán luồng để ngăn việc bỏ rơi ký tự (quá trễ) hay tràn bộ đệm (quá sớm).
- Phát tán không có lỗi: Chúng ta cần bộ gói tin âm thanh hoàn chỉnh có sửa lỗi tối thiểu.

Nhu cầu truyền tải đặc biệt luôn đòi hỏi phải tách mạng âm thanh vào môi trường riêng (mạng LAN riêng), với channel quảng bá đến những mạng LAN khác hay mạng diện rộng hạn chế.

3.7.2 Mô hình lớp OSI

Mô hình kết nối mạng mở (Open Systems Interconnection-OSI) là khung khái niệm để giúp hình dung thiết kế bên trong mạng digital. Khung OSI đơn giản hoá việc nói chuyện bằng giọng nói để giúp chúng ta hiểu về cách dữ liệu đang di chuyển chung quanh ra sao. Kết quả là "mô hình trừu tượng-abstraction model" bảy lớp. Dữ liệu thô từ lớp trên cùng (như tín hiệu âm thanh của chúng ta) truyền qua lớp theo lớp trong thiết bị cho đến khi nó xuống đến đáy và đã sẵn sàng cho việc vận chuyển.

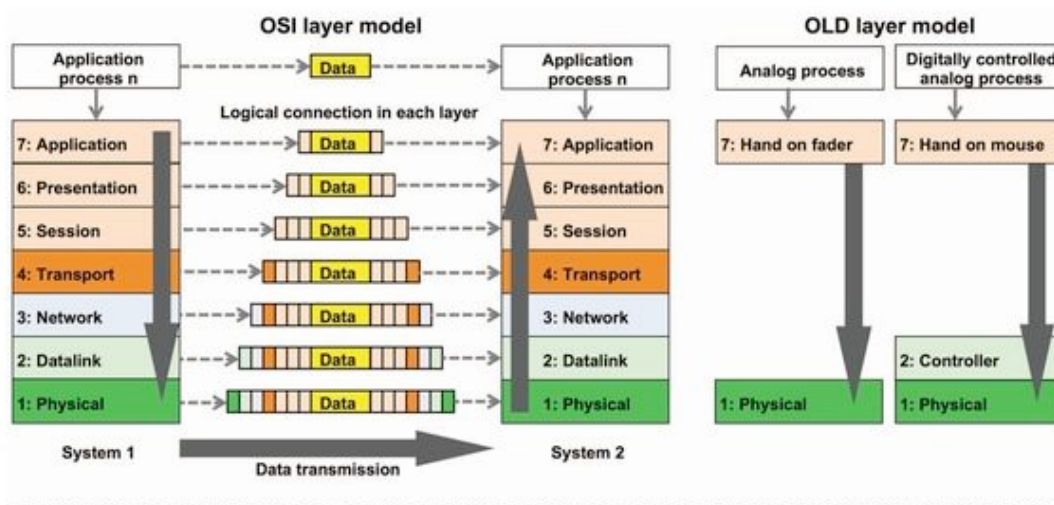
Có thể hình dung mạng digital như thành phố nhiều tòa nhà bảy tầng, chỗ mọi người trên từng tầng đều nói ngôn ngữ khác nhau. Người cư trú ở tầng thứ bảy trong tòa nhà muốn liên lạc với những người ở tòa nhà khác. Thông tin về đích đến cộng thêm tin nhắn vào, rồi truyền xuống từng tầng và chuyển phát bằng mặt đất (lớp vật lý) tới tòa nhà tiếp theo. Mỗi tầng cộng thêm gói bên ngoài để gửi tin nhắn theo quy tắc chuyển đổi của nó (gọi là giao thức). Có thể gửi gói hoàn chỉnh đi rồi tháo ra khi nó lên

Truyền dẫn

đến tầng trên của tòa nhà tiếp theo. Có thể đọc tin nhắn này trên tầng 7 vì họ nói cùng ngôn ngữ (giao thức nội bộ).

Kiểu quản lý trong lớp là từ trên xuống (Hình 3.26). Mỗi lớp quản lý lớp bên dưới nó, hoạt động ngang hàng để bình đẳng với máy chủ (host) khác cùng mức độ của nó và có lệnh từ lớp ở trên. Dữ liệu ở dạng thô nhất ở cấp cao nhất. Mỗi lần chúng ta chuyển dữ liệu xuống một lớp thì nó phải gói gọn trong giao thức của lớp mới. Bởi thời gian chúng ta đến lớp dưới cùng, dữ liệu lồng vào nhau như con búp bê Nga bảy cấp. Giao diện người dùng của chúng ta nằm trên lớp cao nhất. Chúng ta sẽ phân phối gói tin âm thanh lên đỉnh ngăn xếp và cung cấp vị trí vận chuyển. Gói tin sẽ đóng gói lại khi nó chuyển xuống qua nhiều lớp và chuẩn bị truyền đi.

Lớp dưới cùng là lớp vật lý, chỗ chúng ta kết nối điện hay quang giữa thiết bị. 100-Base-T, USB, Bluetooth, RS-232 và nhiều thiết bị khác là giao thức lớp vật lý. Nhân viên lớp vật lý không đọc tin nhắn của chúng ta (không giống như chính phủ); Họ chỉ gói và gửi nó đi. Chúng ta không quan tâm đến chi tiết vận chuyển miễn là gói sẽ giao đúng thời gian trong điều kiện có thể đọc được.



Layer	Units	Application/example	Protocol, hardware	Audio networks
7: Application	Data	Network process to application	SMTP	
6: Presentation		Data representation, encryption and decryption	JPEG, ASCII, TIFF, GIF	
5: Session		Interhost communications, managing between applications	Logical ports	
4: Transport	Segments	Host to host, message control (TCP)	TCP, UDP	
3: Network	Packets	Path determination and IP (Logical addressing)	Router	AES67, AVB, Dante (Audinate), RAVENNA, Q-LAN (QSC)
2: Datalink	Frames	MAC and LLC (Physical addressing)	Network switch	AES51, AVB (1722), Cobranet, Ethersound
1: Physical	Bits	Media, signal and binary transmission	Cables, hub, ports	AES50, A-Net (Aviom), RockNet (Riedel), Hydra2 (Calrec)

Hình 3.26A và B Mô hình lớp OSI và OLD

Điều quan trọng cần ghi nhớ là mô hình lớp OSI là trừu tượng, tức là nó là cấu trúc đơn giản để giúp chúng ta hình dung cấu trúc vĩ mô và những quan hệ tương đối phức tạp hơn. Có vài sai lầm trong mạng vòng tròn giữa mô hình OSI bảy lớp và mô hình phân lớp TCP/IP. Những điều khoản không thể hoán đổi cho nhau. Thí dụ: vận chuyển âm thanh nằm ở lớp 3 và 4 của mô hình lớp OSI nhưng có thể thấy

Chương 3

trên lớp 2 và 3 của mô hình TCP/IP. Có liên kết đến cả hai mô hình phân lớp trong phần tham khảo của chương này.

Mô hình lớp OSI làm rõ khoảng cách khác biệt với tín hiệu âm thanh mà chúng ta kiểm soát bằng chuột hay GUI là bao xa. Trái ngược với mô hình analog, nơi tay chúng ta tiếp xúc trực tiếp với biến trở điều khiển dòng điện tín hiệu. Đây gọi là mô hình OLD (Già giống bố-Old Like Dad).

Vài thiết bị mạng âm thanh thương mại hoạt động với giao thức lớp 1, điều này có nghĩa là nó phải trực tiếp quản lý việc truyền thông của nó bằng phần cứng riêng chứ không phải qua thiết bị mạng có mục đích chung. Chúng ta có thể tận dụng thiết bị mạng có mục đích chung nhiều hơn khi chúng ta di chuyển lên lớp trên nhưng chúng ta cũng cần lòng thương xót của họ. Thiết bị mạng âm thanh phải rất kín đáo về đối tác của nó vì thời gian là cốt yếu, và tỷ lệ lỗi của chúng ta quá nhỏ. Hệ thống lớp 2 có thể xử dụng thiết bị chuyển mạch âm thanh qua Ethernet (AoE) và phần cứng mạng khác. Hệ thống lớp 3 đang trở thành lãnh đạo trong mạng âm thanh vì nó có thể tận dụng phần cứng giao thức Internet.

AVB/TSN (đã thảo luận trong phần 3.7.6.5) dựa trên tiêu chuẩn IEEE 1722- 2011, là giao thức lớp 2 và 3. Tuy nhiên, AVB's Stream Reservation Protocol "vượt qua nhiều lớp" vì khung chỉ dành cho việc vận chuyển giữa hai đầu dây và không bao giờ chuyển tiếp hay làm cầu nối hay gửi đi, như thể nó là lớp 1½!

3.7.3 Cấu trúc mạng

Mạng là gia đình cục bộ, kết nối giữa người nói và thính giả. Mạng cục bộ kết nối với nhau để tạo ra cấu trúc toàn cầu.

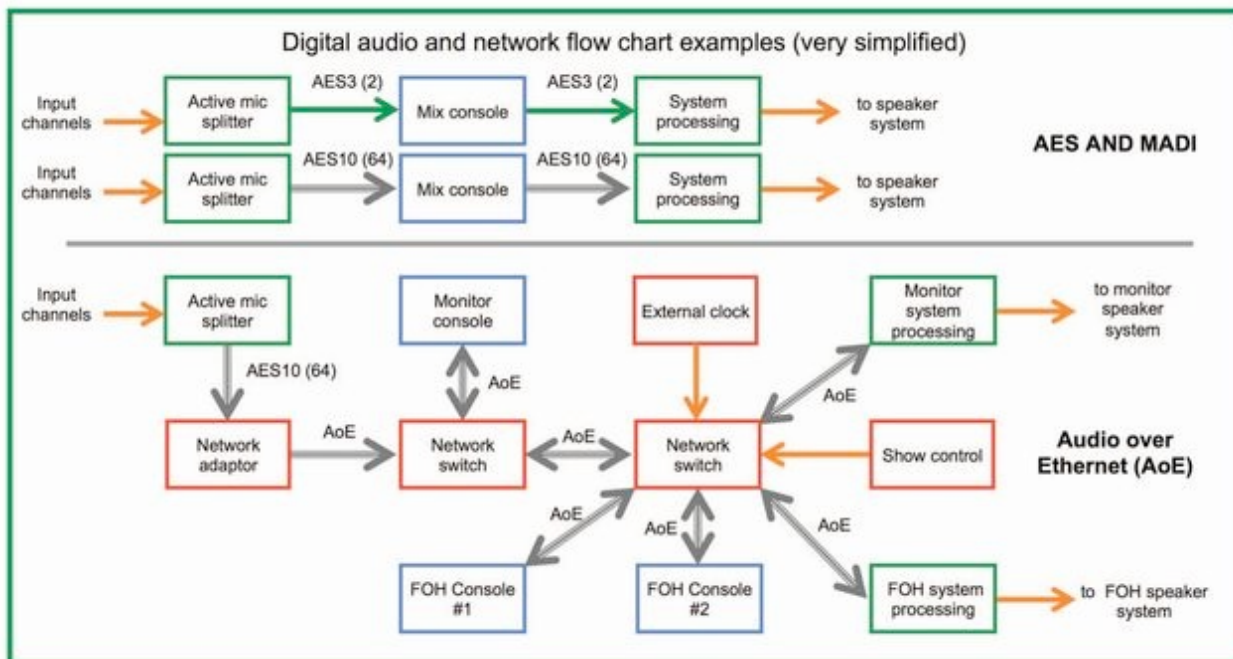
3.7.3.1 Mạng cục bộ -- LAN (Local Area Network)

Mạng riêng, hạn chế sự giao tiếp của nó với thiết bị mạng đã chỉ định, thí dụ như trong "vùng cục bộ-local area". Mạng cục bộ (LAN) có tường ngăn cách (thường gọi là "tường lửa") giữa nó và mạng LAN khác như Internet. Với hệ thống mạng âm thanh, việc quản lý lưu lượng rất quan trọng vì bản chất nhạy với thời gian của luồng dữ liệu. Thiết bị âm thanh phải có khả năng trò chuyện với nhau mà không phải lo show âm thanh sẽ tạm dừng để thanh toán tiền bán đồ lưu niệm. Nói tóm lại, chúng ta cần đường dây riêng, thay vì đường dây chung, để chắc chắn giao hàng đúng hạn.

3.7.3.2 WAN (Mạng diện rộng)

Mạng diện rộng (WAN) là không riêng tư, nơi hệ thống âm thanh có thể phát sóng đi hay nhận từ bên ngoài mạng. Từ quan điểm LAN (local), WAN là bất kỳ cái gì trong thế giới hoang dã ngoài cổng của chúng ta. Khi chúng ta gửi tín hiệu ra khỏi mạng (thí dụ: show online trên Internet), chúng ta không nối trực tiếp với mọi giao diện trên Internet. Thay vào đó, chúng ta đi du lịch qua hàng loạt mạng LAN rộng (như dịch vụ Internet) đã mở những kết nối thích hợp để cho phép dữ liệu của chúng ta truyền đến ngôi nhà ở Tasmania. Phải định rõ những nguy cơ giao thông tiềm ẩn khi đi qua WAN ngay lập tức, vì bất kỳ điểm nào cũng có thể thiếu tốc độ cần để duy trì luồng không bị gián đoạn. Nếu bạn gặp sự cố này, hãy truy cập youtube.com. Nếu bạn bị đóng băng, mất ký tự và thấy từ "buffering" trên màn hình, bạn có thể gặp phải tình trạng tắc nghẽn mạng WAN. Bạn sẽ là đồ khủng khi gửi show âm thanh của bạn ra khỏi sự kiểm soát của mạng LAN cho đến khi bắt buộc, nhưng không có nghĩa là không được thực hiện nó. Do đó, trong âm thanh chuyên nghiệp, chúng ta phải tối đa hóa sự kiểm soát tại cục bộ và thực hiện những biện pháp tốt nhất để chắc chắn chúng ta nhận được sóng ưu tiên trên mạng WAN (Hình 3.27).

Truyền dẫn



Hình 3.27 Khối chức năng mạng digital cho hệ thống ca nhạc (rất đơn giản)

3.7.4 Tốc độ/băng thông mạng -- Network speed/bandwidth

Mạng của chúng ta có thể (giả thuyết) chuyển bao nhiêu dữ liệu qua đường ống trong một giây? Đây là cách phân loại mạng chính. Mạng hoạt động ở tốc độ 1Mb/giây gọi là băng thông 1MHz. Mạng này có thể truyền một file có kích cỡ 1Mbit hay 10 file có kích cỡ 100kb/giây.

Thí dụ về trọng tải âm thanh digital là 24 bit/khung @ tỷ lệ mẫu 48kHz. Đây là 1.152 Mb/giây (24×48.000). Đây là những cái chúng ta đang gửi xuống đường ống, cùng với hướng dẫn và đóng gói.

Tôi nhớ khi nâng cấp modem Internet của tôi lên 14.4 Kb/giây! chính tôi đề ngày, tôi sẽ đề ngày tháng cho sách này bằng cách nói chúng ta hiện thấy 100Mb và tốc độ mạng gigabit. Gigabit là gì? Đó là 1000Mbits/giây. Đây là tốc độ nhanh hơn 100Mb 10 lần (100BASE-X), nhanh hơn 10Mb (10BASE-T) 10 lần. Nếu mạng của bạn chậm hơn 10BASE-T, bạn có thể muốn bỏ tài khoản AOL của mình.

3.7.5 Thiết bị mạng -- Network devices

Vài thiết bị nối giữa nhiều mạng khác nhau (router), vài thiết bị khác chuyển dữ liệu giữa nhiều thiết bị trong cùng một mạng (switch) và vài thiết bị nối talker/listener với nhau (interface/ports).

■ Giao diện (cổng)-Interface (port): Điểm kết nối tới thiết bị khác trong mạng. Chức năng của nó là gửi và nhận gói dữ liệu. Điều này tương tự như kết hợp input và output trong thế giới analog. Điều chúng ta phải đối mặt gần nhất mà là hệ thống liên lạc trong trường học rất cũ, xử dụng loa làm micro và ngược lại.

■ Router-bộ định tuyến: Kết nối mạng với mạng. Router gia đình của tôi nối mạng cục bộ với công ty truyền hình cable không hoạt động. Đôi khi bộ định tuyến phải chuyển đổi dữ liệu giữa những cấu hình mạng, tương tự như transducer (chuyển đổi giữa những phương tiện). Router quản lý việc trao đổi dữ liệu, điểm kiểm soát liên lạc với những quy tắc cụ thể để chắc chắn việc chuyển thông tin thành công. Router analog: là biến thể cách ly âm thanh, cho phép chuyển dữ liệu (dạng sóng) trong khi hệ thống kết nối vẫn an toàn trong quỹ đạo tương ứng của nó.

Chương 3

■ **Hub:** Kết nối nhiều thiết bị trong một mạng duy nhất. Giao diện của thiết bị mạng nhất định nối với giao diện trong hub. Gói dữ liệu đã gửi lên mạng đi vào giao diện trên hub rồi phát sóng tới tất cả giao diện. Những thiết bị đã kết nối có thể chọn nghe hay không (như thanh thiếu niên). Hub tương tự như console mix tổng hợp matrix với mỗi bộ điều khiển để đồng nhất: Tất cả input đi đến tất cả output. Đây không phải là điều muốn có trong mixer và có khuyết điểm tương tự như hub mạng: Làm tắc đường ống bằng cách gửi dữ liệu mà không ai nghe. Đây là lý do tại sao bây giờ phần lớn hub đã lỗi thời (thay thế bằng switch).

■ **Switch:** Hub biết phân biệt. Thay vì có quan hệ với mọi cái nó gặp (giống như hub không phân biệt) thì switch chỉ nói/nghe theo giao diện đã chấp nhận. Cấu hình nó để gửi gói tin giữa những thiết bị cụ thể, theo dõi bằng địa chỉ MAC duy nhất của nó. Hình dung ra điều này như là matrix analog có sự phân bố đồng nhất tại những giao lộ muốn có. Hãy nhớ, giao diện có cả gửi lẫn, nhận vì vậy matrix analog tăng gấp đôi

■ **Repeater:** Cổng/bản sao giao diện. Tín hiệu được nhận tại một giao diện và chuyển lại nguyên mẫu từ cái khác. Xử dụng repeater khi chạy cable quá dài để có kết nối port-to-port đáng tin cậy. Phiên bản digital của line driver analog.

■ **Bộ điều hợp mạng- Network adaptor:** Thiết bị đóng gói và dịch dữ liệu, cho phép máy tính truyền thông qua tiêu chuẩn dữ liệu cụ thể như Ethernet. Bộ chuyển đổi gói và giải nén dữ liệu đến/từ giao diện với giao thức có liên quan (thí dụ: TCP/IP). Bộ điều hợp mạng là trình biên dịch của giao diện nói bằng ngôn ngữ của cả máy tính lẫn mạng cục bộ.

3.7.6 Giao thức mở và độc quyền -- Open and proprietary protocols

Giao tuyến giữa mở và độc quyền là hơi màu xám trong lĩnh vực này. Rốt cuộc, mạng là kết nối của nhiều thiết bị, do đó, trừ khi hãng sản xuất làm cho mọi cái trong chuỗi tín hiệu trả tiền để xuất bản giao thức của bạn và khuyến khích hãng khác tạo ra thiết bị tương thích. Mạng nào nối đến tất cả phần của hệ thống sẽ được ưa chuộng cao, vì vậy chúng ta không phải đổi giao thức mạng khác mỗi lần chúng ta gửi đến thiết bị của hãng sản xuất khác. Nhiều hãng sản xuất mạng xử lý vấn đề này bằng cách thiết lập quan hệ hợp tác và thỏa thuận cấp phép cho những hãng khác để tạo điều kiện cho việc mở rộng mạng (Hình 3.28).

3.7.6.1 COBRANET

Phát triển vào thập niên 1990 bởi Peak Audio, CobraNet là giao thức mạng đa channel Audio over Ethernet (AoE) xử dụng rộng rãi đầu tiên. CobraNet xử dụng gói tin Ethernet thay vì TCP/IP (loại xử dụng trên Internet phổ biến), ngăn không cho nó đi qua router chuẩn. Kết nối qua cable Cat5 và jack nối RJ45. Có phiên bản Ethernet 10MB và 100MB. Xem thêm tại www.cobranet.info.

3.7.6.2 DANTE™

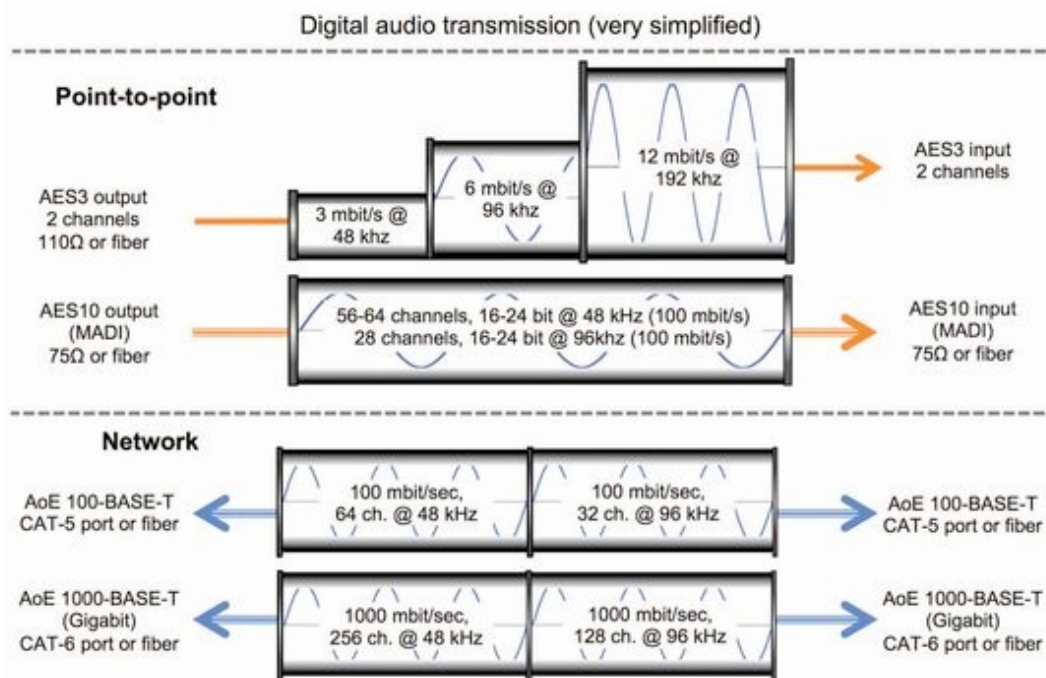
Dante là hệ thống Audio over Internet (AoE) thế hệ thứ hai, phát triển bởi Audinate với sự hỗ trợ của chính phủ Úc. Đây là giao thức độc quyền có nhiều công ty đối tác. Dante là giải pháp dựa trên nền IP (trái với CobraNet ở trên) cung cấp tốc độ truyền không đồng bộ nhiều channel, tốc độ truyền đến gigabit với độ trễ thấp. Vì Dante là giao thức dựa trên nền IP, nó có thể đi qua thiết bị hub switches và routers Internet. Để biết thêm thông tin, hãy truy cập www.audinate.com.

3.7.6.3 AES67

AES67 là giao thức chuẩn mở lớp 3, phát triển vào năm 2013 để tạo thuận lợi cho kết nối giữa những hệ thống cạnh tranh như Ravenna, Livewire, Q-LAN, Dante và những hệ thống khác bao gồm AVB.

Truyền dẫn

Khái niệm đằng sau AES67 là thiết lập giao thức truyền tải tiêu chuẩn (Realtime Transport Protocol) mà những nền tảng khác nhau có thể cung cấp như là sự thay thế cho phiên bản độc quyền của họ. Điều này cho phép người dùng kết nối các nền tảng mạng thương mại khác nhau và ngăn chặn cuộc chiến định dạng, dập tắt sự tiến bộ trong lĩnh vực này. Thông tin thêm tại AES.org.



HÌNH 3.28 Truyền âm thanh digital: point to point và mạng

3.7.6.4 Q-LAN (Q-SYSTEM)

Q-LAN là hệ thống của QSC thế hệ thứ hai, thay thế cho hệ thống RAVE của họ, hoạt động theo CobraNet. Đây là hệ thống dựa trên gigabit IP. Thông tin thêm tại www.qsc.com.

3.7.6.5 AVB (Liên kết Video Âm thanh), gọi là Mạng có độ nhạy thời gian (TSN) -- AVB (Audio Video Bridging), A.K.A. Time-Sensitive Networking (TSN)

Thật tuyệt nếu nhiều cầu thủ lớn trong mạng, viễn thông, âm thanh và video tất cả ngồi cùng nhau tạo ra tiêu chuẩn chung cho việc truyền âm thanh và video? Có, dĩ nhiên, miễn là họ làm chủ tình huống để thực hiện việc đó (đó là công việc đang tiến triển rất nhiều tại thời điểm viết sách này). Đó là mục tiêu của liên minh Avnu, đang nỗ lực tiêu chuẩn hóa việc chuyển tiếp video âm thanh (AVB) như thế hệ mạng truyền thông tiếp theo. Sẽ nổi mạng âm thanh chuyên nghiệp (đặc biệt là âm thanh live) có thời gian và giao thông nhạy hơn nhiều so với hầu hết ứng dụng truyền dữ liệu. Nếu mạng không bảo đảm thời gian giao nhận, show của chúng ta sẽ gặp rủi ro.

Tôi sẽ để Jeff Koftinoff lo tiếp chuyện này:

AVB là tên của tập hợp nhiều tiêu chuẩn của Viện Kỹ thuật Điện và Điện tử -- Electrical and Electronics Engineers (IEEE) cung cấp cách xử dụng Ethernet để truyền tín hiệu âm thanh và hình ảnh có độ trung thực cao với độ trễ tối thiểu, băng thông bảo đảm và với mẫu output đồng bộ ở tất cả giao diện trên mạng. Nền tảng của AVB bao gồm PTP tổng quát chính xác cao (gPTP), lưu trữ băng thông luồng và phương tiện giao thông Ethernet nhận dạng phương tiện truyền thông. Có thể xử dụng nền tảng này cho

Chương 3

vận tải truyền thông AVB trên bất kỳ lớp mạng nào và có thể xử dụng cho mạng không nhậm thời gian (TSN).

AVB là nỗ lực phối hợp nhiều ngành công nghiệp có ý nghĩa sâu rộng về kiểm soát hệ thống video âm thanh ở cả cấp độ chuyên nghiệp và người dùng. Về phía âm thanh chuyên nghiệp, chúng ta quan tâm nhất đến hứa hẹn về độ trễ tối thiểu và khả năng giữ những mẫu âm thanh đi qua hệ thống của chúng ta đồng bộ.

3.8 Truyền dẫn digital tới analog

Chúng ta đã có niềm vui trong thế giới digital nhưng bây giờ là lúc trở lại hành tinh analog. Bộ chuyển đổi cấu trúc dạng sóng analog từ chuỗi số digital cuối. Về điều này, chúng ta không cần phải bắt đầu từ số không, vì nhiều quy trình là sự đảo ngược A/D đã thảo luận trước đây.

3.8.1 Bắt đầu "Có" -- Getting to "yes"

Hãy nhớ lại, khối âm thanh AES của chúng ta có riêng một bit để kiểm tra xem có thể chuyển đổi mẫu hay không, phiên bản bảo mật giao thông. kiểm tra từng gói để bảo đảm không có bom trong đó. Nếu nó phát hiện ra có vấn đề sai sót không thể sửa chữa thì "không có âm thanh cho bạn!" Tệ như vậy đó, nó chạm vào cơn sốt âm thanh digital.

Phải đóng gói tín hiệu và chuyển đến bộ chuyển đổi D/A ở trạng thái sẵn sàng: Một chuỗi số điểm cố định (fixed-point) chưa rõ định dạng, chiều sâu bit, thứ bậc bit, tần số clock, ... Tất cả 192 mẫu phải theo thứ tự thời gian.

3.8.2 dBFS (dB full-scale)

Chúng ta cần tài liệu tham khảo về độ nhậm của lối ra (nghịch với lối vào). Nó thường là tham số đo người dùng định đoạt. Tại thời điểm này, digital full-scale tạo ra (không phải là đọc) điện thế nhất định. Đó là dBFS ở phía input, do đó, có lẽ chúng ta nên gọi nó là FSdB (có lẽ không, vì không ai làm vậy). dBFS ở bên A/D và không phù hợp bên D/A. Có thể tối ưu hóa mỗi cái để chuyển với thiết bị đầu và cuối nguồn tương ứng tốt nhất. Trong âm thanh chuyên nghiệp, chúng ta nghĩ có thể chuyển sang hệ thống analog có mức line tiêu chuẩn (+20dBV) còn gọi là -20dBFS = 1V (0dBV). Analog tối đa và digital tối đa sẽ kết hợp nếu chúng ta nhắm mục tiêu dBFS đến giải này. Những giá trị thấp đòi hỏi phải thêm gain analog vào sau khi chuyển để đạt được tín hiệu analog full-scale (Hình 3.29).

3.8.3 Nội suy và làm mịn -- Interpolation and smoothing

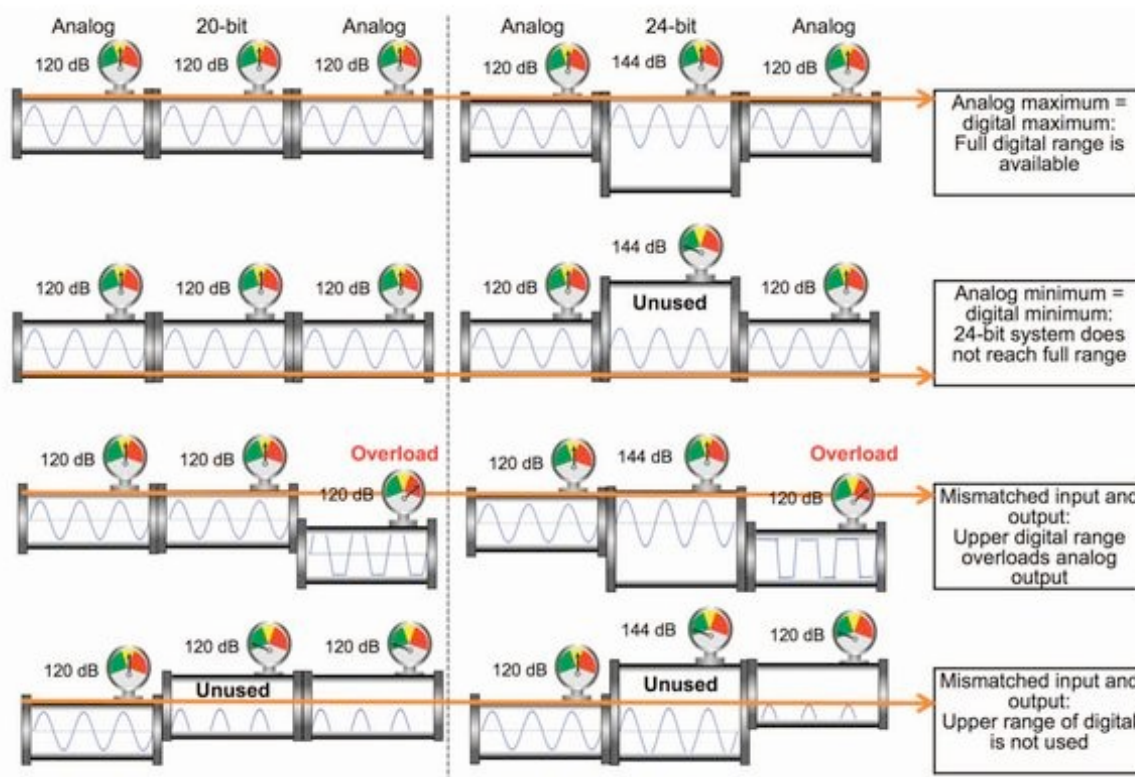
Đã đến lúc chơi "nối những dấu chấm". Điều này sẽ không đơn giản như trò chơi thời thơ ấu, bởi chúng ta vẽ một đường thẳng ngắn nhất và thẳng giữa chuỗi số chấm. Hãy bắt đầu bằng cách tìm hiểu sẽ xảy ra cái gì nếu chúng ta không làm gì, rồi tiếp tục việc giải quyết nó ra sao.

Nếu làm theo hướng dẫn digital theo nghĩa đen, chúng ta sẽ giữ giá trị điện thế hiện tại cho toàn bộ mẫu thời gian rồi BOOM, di chuyển gần như lập tức đến thiết lập tiếp theo (như là sóng vuông). Đây được gọi là "hàm bậc thang-step function" vì nó giống với cầu thang. Tín hiệu analog của chúng ta cần một đoạn đường nối giữa những trạng thái, tôi đoán vì nó quá cũ. Nhưng nghiêm túc, chúng ta không thể yêu cầu thiết bị analog tái sản xuất sự chuyển tiếp sắc nét của hàm bậc thang. Để làm như vậy, tạo ra sóng họa âm không phải là một phần của tín hiệu gốc. Chúng ta đang phải đối mặt với sóng răng cưa từ hướng ngược lại một lần nữa vì hàm bậc thang sẽ tạo ra sự méo dạng sóng họa âm out-of-band.

Thay vào đó, chúng ta nối những chấm bằng đường cong trơn tru chuyển tiếp thành hình dạng cơ bản để chuyển động hài hòa trong thế giới vật lý. Chúng ta biết mình đang đẩy loa vòng quanh nên hãy làm tròn những cạnh để có thể theo dõi trung thực hơn. Hàm bậc thang là công thức cho sự thất bại cho loa.

Truyền dẫn

Nó có khối lượng, động lượng, tuân thủ, trở lại EMF và nhiều nữa để ngăn chặn nó khỏi thay đổi từ phần còn lại tức thời để dịch chuyển đầy đủ. Điểm mấu chốt, loa sẽ không theo dõi hàm bậc thang, vì vậy hãy giúp nó ra khỏi, làm hết khả năng của chúng ta.



Hình 3.29 Tỷ lệ dBFS cho dynamic range tối đa

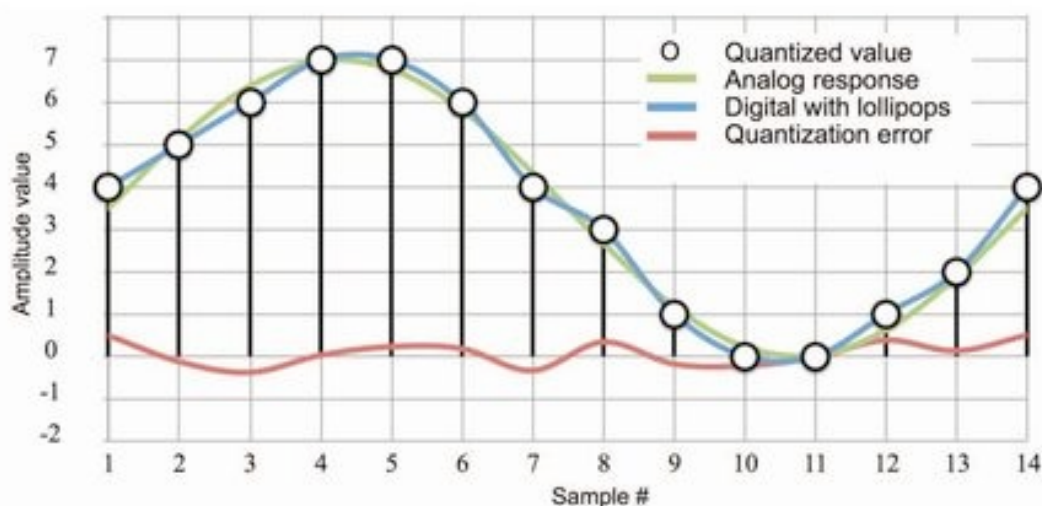
Quy trình toán học gọi là "bộ lọc tái thiết-reconstruction filter", xem xét từng bước chuyển đổi và áp dụng thuật toán làm mịn khoảng vận hành tín hiệu analog xấp xỉ tốt nhất. Mỗi mô hình D/A tiếp cận cách nội suy này đều khác nhau, như "nhảy vọt của đức tin" giữa hai điểm đã biết. Rõ ràng, đây là khác biệt quan trọng về chất lượng âm thanh của bộ chuyển đổi. Làm sao chúng ta có thể biết phép nội suy là giả định tốt? Chúng ta sẽ cần phải so sánh bản gốc analog với bản sao analog đến digital đến analog (hình 3.30). Điều này bao gồm hai chuyển đổi và tất cả mọi cái giữa, vì vậy rất khó cô lập thành nguyên nhân duy nhất, nhưng có thể tìm ra những khác biệt (gọi là lỗi lượng tử) miễn là chúng ta chỉ truyền tín hiệu qua hệ thống digital (không phải mix, filter v.v). Mọi người đều nội suy khác nhau, do đó, từ quan điểm tiếp thị, chúng ta có thể đi tới với khẩu hiệu: "lỗi của tôi tốt hơn lỗi của bạn".

3.9 Truyền tải điện thế analog sang công suất analog -- Analog Voltage to Analog Power Transmission

Chúng ta đã đi xa ra sao trong thế giới truyền điện thế một chiều và giá trị số. Giai đoạn tiếp theo đòi hỏi năng lượng, và điện năng có cường độ yêu cầu. Nó có rất nhiều. Đã đặt tên bộ khuếch đại công suất rất chính xác. Nó khuếch đại công suất ngay cả khi đạt được điện thế thống nhất. Volt điều khiển input mức line 10kΩ là động vật khác với volt khiển loa 4Ω (2500 × cường độ). Bộ khuếch đại công suất đổi tỷ lệ dạng sóng từ mức line tới ống có mức độ lớn hơn nhiều và thêm hệ thống bơm mạnh hơn. Đây là những gì cần để đẩy dạng sóng vào máy phát âm thanh đang đòi năng lượng (tải loa). Tìm thấy điểm nối ống bên

Chương 3

trong bộ khuếch đại công suất trong hai giai đoạn. Giai đoạn điều khiển đổi tỷ lệ điện thế đến kích cỡ ống cao thế và giai đoạn output cung cấp máy bơm cường độ cao.



Hình 3.30 So sánh tín hiệu nguồn analog với bản sao digital hoá và tái tạo lại. Hãy coi lỗi lượng tử là sự khác biệt.

3.9.1 Giai đoạn khuếch đại công suất -- Power amplifier stages

3.9.1.1 Nguồn -- Power Supply

Nguồn cung cấp không phải là giai đoạn âm thanh mà là bộ dự trữ cường độ và điện thế có sẵn để truyền. Đây là bơm duy trì áp lực trong đường ống có khối cứng điện DC tiềm năng. Tín hiệu output của ampli là sự điều chế điện thế DC truyền đến tải loa. Bộ điều biến là dạng sóng âm thanh. Bộ cấp nguồn phải có năng lượng tức thời và dự trữ để theo dõi nhu cầu méo dạng sóng âm thanh. Nguồn cung cấp chuyển năng lượng từ nguồn điện AC sang nguồn dự trữ DC. Chúng ta có thể vượt qua công suất của nó bằng cách yêu cầu quá nhiều điện thế (cắt điện thế), quá nhiều cường độ (cắt cường độ). Cắt điện thế đơn giản khi đạt đến giới hạn của rail DC (đường kính ngoài của đường ống dẫn âm thanh). Xảy ra cắt cường độ khi nguồn điện chạy ra ngoài dung lượng lưu trữ, làm sụp đổ rail và cắt ở điện thế thấp hơn trước (hút thêm nước so với bơm có thể cung cấp). Nguồn cung cấp năng lượng có thể có khả năng gây ra đoản mạch điện nhưng sụp đổ khi dạng sóng yêu cầu duy trì ở mức cao. Đây là dấu hiệu của rail cao nhưng không đủ khả năng lưu trữ. Không thể tin amplifier có thông số kỹ thuật công suất cao, cần phải kiểm tra coi nó có thể duy trì được bao lâu (Hình 3.31).

Vượt quá khả năng cường độ của thiết bị output cũng có thể gây ra cắt cường độ và có thể là điều kiện nhiệt độ khi không bảo vệ thiết bị đầy đủ.

3.9.1.2 Giai đoạn input/xử lý -- Input/Processing Stage

Giai đoạn input là mức độ line (hay digital) tiêu chuẩn. Thông số cho người dùng điều chỉnh như độ nhạy (điều khiển gain) và nhiễu, sẽ thấy ở đây. Có thể chuyển sang phiên bản digital sau input (giai đoạn trước tầng khiển) hay ở giai đoạn output. Input chỉ có một chức năng quan trọng: độ nhạy, mà chúng ta có thể xử dụng để đồng nhất cấu trúc gain cho hệ thống loa.

3.9.1.3 Khiển và output

Giai đoạn điều khiển nối mức độ line và loa, cùng mang nguồn, input và output của giai đoạn công suất. Đây là nơi dạng sóng input điều chỉnh nguồn cấp vào giai đoạn công suất để tạo ra dạng sóng output.

Truyền dẫn

Giai đoạn điều khiển tăng điện thế và điều khiển transistor output, cung cấp dòng điện lớn và gửi tín hiệu ra ngoài tải. Xử dụng hồi tiếp âm từ output để ổn định giai đoạn công suất và giảm méo dạng, trở kháng nguồn và (quan trọng nhất) bảo vệ ampli và loa.

Voltage		DC Rails	Current (Amperes)		Impedance	Power (Watts)	
rms	pk	±VDC*	rms	pk	Ω	rms	pk
14	20	20	1.8	2.5	8	25	50
28	40	40	3.5	5.0	8	100	200
42	60	60	5.3	7.5	8	225	450
57	80	80	7.1	10.0	8	400	800
71	100	100	8.8	12.5	8	625	1250
85	120	120	10.6	15.0	8	900	1800
99	140	140	12.4	17.5	8	1225	2450
113	160	160	14.1	20.0	8	1600	3200
14	20	20	3.5	5.0	4	50	100
28	40	40	7.1	10.0	4	200	400
42	60	60	10.6	15.0	4	450	900
57	80	80	14.1	20.0	4	800	1600
71	100	100	17.7	25.0	4	1250	2500
85	120	120	21.2	30.0	4	1800	3600
99	140	140	24.8	35.0	4	2450	4900
14	20	20	7.1	10.0	2	100	200
28	40	40	14.1	20.0	2	400	800
42	60	60	21.2	30.0	2	900	1800
57	80	80	28.3	40.0	2	1600	3200
71	100	100	35.4	50.0	2	2500	5000
85	120	120	42.4	60.0	2	3600	7200

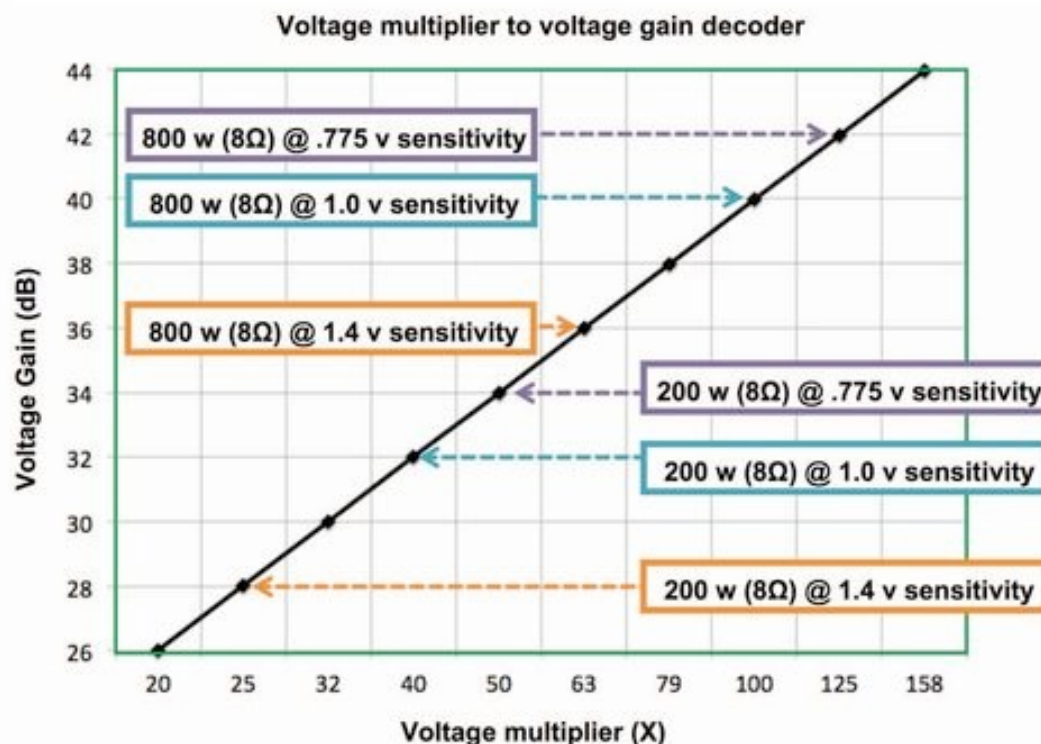
Hình 3.31 Đánh giá điện thế/công suất rail DC và tham khảo ampli VI

3.9.2 Phân cực – Polarity

Ampli chuyên nghiệp với input analog có input balanced/output unbalanced. Một cực liên kết output (+) sang input (+). Tiêu chuẩn là "Pin 2 Hot" (đầu output đi sang input pin 2). Bất kỳ model ampli nào có input digital hay analog, sản xuất sau năm 1990 đều theo tiêu chuẩn này, vì vậy không còn cần cảnh giác điều này nữa. Vẫn cảnh giác Crest cũ, BGW hay đồ cổ khác của Mỹ.

3.9.3 Độ khuếch đại/độ nhạy của amplifier -- Amplifier gain/sensitivity

Chúng ta có thể giả định 100% gain điện thế của ampli lớn hơn độ đồng nhất, nhưng lớn bao nhiêu thì không ai biết. Không có tiêu chuẩn AES nào, đừng nói tới hai. Nhiều hãng sản xuất khác xử dụng gain khác nhau và thậm chí trong một hãng sản xuất cũng khác gain tùy từng model. Chúng ta có thể đưa 1volt vào nhưng không biết rồi sẽ có gì. Thật đó.



Hình 3.32 Giải mã gain độ nhạy/điện thế của ampli

3.9.3.1 Gain điện thế -- Voltage Gain

■ Gain điện thế (tuyến tính): thể hiện dưới dạng số nhân output /input; Output 20V với input 1V là gain 20 x.

■ Gain điện thế (log): thể hiện dưới hình thức log như là số nhân output/input; +26dBV output với input 0dBV là gain 26 dB. Đây là ứng dụng khác của công thức $20 * \text{Log}_{10}(\text{output}/\text{input})$.

Lưu ý, hai thí dụ tuyến tính và log hiển thị ở trên phù hợp: $20 \times \text{gain} = \text{gain} + 26\text{dB}$

3.9.3.2 Độ nhạy -- Sensitivity

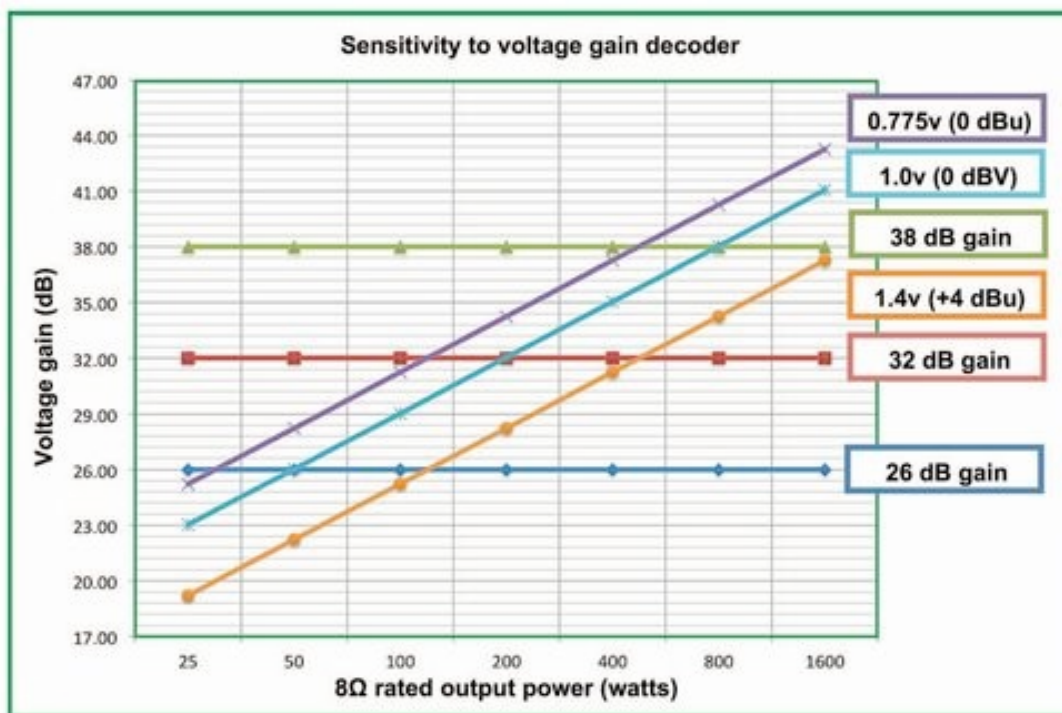
Cách biểu hiện gain ampli thứ ba sử dụng thuật ngữ chuyển đổi cảm biến: “độ nhạy”. Không giống như micro hay loa, ampli không chuyển đổi trung bình; Thay vì đó nó chuyển điện thế điện thành điện năng. Trong trường hợp này, "độ nhạy" biểu thị mức input cần thiết để đạt được mức output đủ (Hình 3.32). Giả sử chúng ta có ampli có mức output tối đa là 40V. Nó đạt tới công suất đủ khi khiển với 2volts. Điều này gọi là đánh giá độ nhạy của 2V (+6dBV) để đạt tới công suất định mức. Lưu ý, một lần nữa, ở đây cũng cùng ampli (20 x, gain điện thế 26dB).

3.9.3.3 So sánh độ nhạy và gain điện thế

Nếu những phần về gain điện thế và độ nhạy trước đây khiến bạn gãi đầu, cảm thấy cô đơn, nhưng hãy yên tâm vì có cái vòng giải mã (hình 3.33). Phần một khá dễ: Gain điện thế tuyến tính và log liên quan đến phương trình $20 * \text{Log}_{10}(\text{output}/\text{input})$. Gain điện thế rất đơn giản. Không có vấn đề gì nếu đánh giá ampli là 10 hay 1000W. Nó là chu kỳ output/input. Độ nhạy là phần ngoài (và đặc điểm kỹ thuật phổ biến hơn).

Truyền dẫn

Độ nhạy là lượng khiên input cần để đạt tới công suất output danh định (điểm clip). Sự khác biệt giữa ampli 8W và 800W sẽ có ngay bây giờ. Nếu cả hai đều có cùng độ nhạy (thí dụ: 1V), cả hai đều sẽ clip tại cùng mức khiên. Ampli 800W sẽ cần thêm gain điện thế 20dB để tới mức đó. Ngược lại, nếu chúng ta cho cả hai model có gain điện thế tương tự, nó sẽ mất mức khiên input thêm 20dB để đưa ampli 800W lên rail.



Hình 3.33 Giải mã độ nhạy amplifier

Phần của cái làm bối rối là ampli là điện thế chuyển sang công suất (wattage). Tiếp theo, việc xử dụng thang $20 \times \text{Log}_{10}$ cho điện thế và thang $10 \times \text{Log}_{10}$ cho wattage sẽ lấy khá nhiều chất xám của não. Rất ít hãng sản xuất cho biết đánh giá điện thế tối đa, vì vậy chúng ta phải tính toán nó theo định luật Ohm từ mức công suất và trở kháng. Xử dụng đánh giá 8Ω vì nó cần phải có dự trữ cường độ đủ để khỏi bị sụt ở mức điện thế tối đa.

Điện thế = $\sqrt{\text{công suất}/\text{điện trở}}$. Vì vậy, 8 watt @ 8Ω yêu cầu 8volts. 800 watt @ 8Ω yêu cầu 80 volts. Nếu độ nhạy cho cả hai là 1 volt (0dBV) thì gain điện thế lần lượt là $8 \times (18\text{dB})$ và $80 \times (38\text{dB})$. Nếu chúng ta theo hướng khác, chọn điện thế duy nhất là $20 \times (26\text{dB})$ thì mức khiên cần để đạt công suất đủ sẽ là 0,4volts (-8dBV) và 4 volts (+12dBV) tương ứng.

Cái nào tốt hơn, phù hợp với độ nhạy hay phù hợp gain điện thế? Độ nhạy phù hợp giữ input phù hợp trong khi những output khác nhau. Có ưu điểm, trong tất cả ampli đều có so sánh headroom (gần quá tải). Ampli nhỏ trên loa nhỏ sẽ đạt đến giới hạn ở cùng mức khiên như ampli lớn trên loa lớn. Chúng ta không cần phải khiên hệ chính nặng hơn hệ frontfill 20dB, phải không?

Nhớ lại đường ống cỡ cố định có mức line. Ống analog bị giới hạn bởi nguồn cấp điện thế cũng như ống digital thường chuẩn hóa thành một dBFS khi cài đặt nhất định. Ưu điểm cùng mức khiên analog là nó duy trì được headroom ở cùng mức line để dễ khiên tất cả ampli lên công suất tối đa.

Gain điện thế phù hợp có giá trị trong việc bổ sung cho hệ thống loa bi-amplified hay tri-amplified, nơi tín hiệu từ ampli HF và LF sẽ tái kết hợp âm thanh. Thiết lập crossover âm thanh dễ hơn khi ampli phù

Chương 3

hợp với gain điện thế. Thí dụ: nếu chúng ta đang xử dụng thiết lập DSP của factory hay controller loa chuyên dụng, giả định sẽ cài đặt gain ampli phù hợp. Nếu không phù hợp, sẽ bù mức độ tương đối tại crossover âm thanh, gây ra việc dịch tần số crossover (xem hình 4.27).

Tại sao gain điện thế không phù hợp? Loa HF và LF, khiến bởi ampli có nhiều công suất cực đại khác nhau sẽ không phù hợp nếu có input dựa trên độ nhạy. Tiếp tục từ thí dụ trên, ampli LF 400W đi cặp với ampli HF 100W có bù gain 6dB tại crossover nếu ampli dựa vào độ nhạy (so sánh độ đồng nhất nếu dựa vào gain điện thế).

Hạn chế hoạt động dựa trên gain điện thế. Ước tính tiêu hao năng lượng loa (công suất) dựa trên điện thế thấy trong vòng hồi tiếp giới hạn. Ước tính công suất chính xác dựa vào mức gain điện thế đã biết giữa giới hạn và output của ampli. Không xác định được gain điện thế sẽ tạo ra hạn chế không kiểm tra được, hay sẽ làm giảm dynamic range (vượt quá giới hạn) hay không cung cấp sự bảo vệ cần.

3.9.3.4 Điều khiển mức độ -- Level Controls

Chúng ta không thực hiện gain điện thế và độ nhạy hoàn toàn. Ampli có ít nhất một nút điều khiển cho người dùng xài: mức độ. Người dùng có thể không muốn xử dụng nút này nếu nó gắn nhãn "Sensitivity/voltage gain de-calibrator". Nếu may mắn, bảng điều khiển sẽ cho chúng ta biết cách cài đã biết của chúng ta bị xa (sai) bao nhiêu (và không chỉ đánh dấu hay bấm).

Điều khiển mức độ làm suy giảm tín hiệu nội bộ và tác dụng như bộ điều chỉnh độ nhạy/điện thế. Nó không làm giảm công suất nguồn ra nếu như chúng ta có thể đạt đến mức tối đa trước khi cắt tín hiệu mức line. Điều chỉnh lại chân ga trên xe hơi của bạn không thay đổi tốc độ tối đa của nó miễn là nó vẫn có thể dụng tới sàn xe.

Không có cách tiếp cận tiêu chuẩn để hiển thị việc thay đổi gain. Hầu hết là ở mức tăng giảm dB với 0dB ở bên trên (như thể đây là gain đồng nhất!). Có vài cái nhỏ đánh dấu bằng gain điện thế thật. Có thể làm được! Hầu hết kỹ sư đều kín đáo rời khỏi hệ thống với gain ampli khác vì sợ sau đó có ai đó chỉnh lại mức độ này. Điều này chứng minh vì không chắc có khả năng khôi phục cài đặt bị giả mạo này. May thay, khuynh hướng hiện đại cho phép người dùng điều khiển mức độ bằng digital và lưu trữ cài đặt rất an toàn. Lý do điều chỉnh mức độ bao gồm giảm tạp âm, gain và chỉnh crossover.

3.9.4 Z thấp đến Z thấp: truyền tải năng lượng --

Low(er) Z to low Z: power transmission

Đại khái, kết nối giữa ampli và loa là output trở kháng thấp khác sang tải trở kháng cao, nhưng ở đây chúng ta đang phân loại theo đường biểu diễn. Mặc dù hình như 8Ω không đủ tiêu chuẩn là tải trở kháng cao, nhưng nó sẽ vậy khi so sánh với trở kháng nguồn 0.01Ω cực thấp của ampli. Điều chỉnh trở kháng quen thuộc này cho phép ampli giảm thiểu tải nhiệt và tối đa hóa việc chuyển năng lượng sang loa. Trở kháng tổng thấp cho phép rất nhiều cường độ dòng chảy, và do đó có rất nhiều năng lượng.

3.9.4.1 Trở kháng nguồn -- Source Impedance

Đây là tải nối tiếp, tách transistors output khỏi tiếp xúc trực tiếp với loa. Cái này có trở kháng rất thấp, thường nhỏ hơn $0,1\Omega$ đáng kể. Việc truyền năng lượng hiệu quả phụ thuộc vào trở kháng nguồn rất thấp so với trở kháng tải. Thí dụ, $0,1\Omega$ coi rất nhỏ so với 8Ω . Tổng tải ampli coi như kết hợp nối tiếp của nguồn và trở kháng tải (vì vậy, theo thí dụ, chúng ta có tổng tải 8.1Ω trong đó khoảng 1.25% mất trong trở kháng nguồn). Trở kháng nguồn là cố định, nhưng tải là biến. Nếu tải là 4Ω , tổng tải là 4.1Ω (mất 2.5%). Với tải 2Ω (trở thành 2.1Ω), chúng ta đang phải đối mặt với hao hụt 5% ($0.5dB$).

Chúng ta chưa cộng trở kháng cable loa, mà đơn giản là chỉ thêm trở kháng nguồn nối tiếp. Trở kháng cable cố định sẽ có nhiều hao hụt khi trở kháng tải giảm (xem phần 3.9.6).

Truyền dẫn

3.9.4.2 Trở kháng tải

Trở kháng tải nằm bên ngoài ampli nhưng ảnh hưởng rất lớn đến việc xảy ra cái gì trong hệ thống. Nhu cầu cường độ tăng khi trở kháng tải sụt. Hao hụt việc chèn (nguồn và cable trở kháng) cũng sẽ tăng khi trở kháng tải giảm. Sự dao động điện thế cực đại cũng sẽ giảm khi nhu cầu cường độ vượt quá khả năng cung cấp.

Trở kháng tải thật tế thấy trong ampli cách xa con số đơn giản chúng ta thường thảo luận (8Ω). Trở kháng là tham số về tần số thay đổi, và nó rất biến đổi. Trở kháng quy định cao hơn điện trở DC (thường là 6Ω cho loa 8Ω) và thấp hơn hầu hết dải tần số của loa. Trở kháng ở đỉnh cộng hưởng cho thấy độ gia tăng đặc trưng ($5\times$ hay nhiều hơn danh định). Trở kháng sẽ trở lại phạm vi danh định trên cộng hưởng rồi leo lên cao khỏi biểu đồ khi tăng tần số. Hao hụt vật chèn mô tả ở đây sẽ thay đổi theo tần số, có hao hụt lớn nhất trong dải có trở kháng thấp nhất, có thể ngày càng phụ thuộc tần số khi vật chèn bị hao hụt lớn (thí dụ như trở kháng tải thấp và cable dài). Giữ trở kháng nguồn thấp so với trở kháng tải sẽ giảm thiểu khía cạnh phụ thuộc tần số.

3.9.4.3 Hệ số tắt dần -- Damping Factor (DF)

Hệ số tắt dần (DF) là thước đo chất lượng kiểm soát tải của ampli (sai sót chuyển động tắt dần). Chuyển động màng loa theo sau tín hiệu output ampli, nhưng cũng đẩy năng lượng trở lại đường dây, làm cho nó dễ bị quá tải (đặc biệt là loa lớn như subwoofers). Đặc tính DF dựa trên tỷ lệ trở kháng tải tối thiểu cho phép (thông thường là 4Ω hay 2Ω) trên trở kháng nguồn. Giá trị trên 20 có thể chấp nhận được đối với hệ thống prosound và 50 được coi là trung thực cao. Thông số kỹ thuật sản xuất tiêu biểu (không có cable) cho thấy giá trị dao động từ 150 đến tương đương không kiểm chế được.

DF là đánh giá độ quá mức. Chỉ có ampli đi cable cực ngắn mới có thể đạt được bất cứ điều gì gần gũi thật tế với con số quy định. Mặc dù trở kháng output của ampli thường dưới $0,05\Omega$, điện trở cable sẽ lớn hơn và trở thành tay chơi nổi trội, làm cho DF thành lý thuyết suông. Điện trở cable cộng vào trở kháng nguồn và giảm tỷ lệ này. DF tối ưu là đi cable ngắn, lớn cho loa 8Ω . Trường hợp xấu nhất là đi cable dài, nhỏ đến tải 2Ω . Điều này có thể giúp hình dung hệ số DF: (a) Viết tên bạn lên mảnh giấy. (b) Băng keo cây bút vào thanh tre dài một mét và đồ theo chữ ký của bạn. Không dễ làm vậy, eh? Đó là chạy cable ngắn ở 8Ω . (c) Bây giờ làm cái sào tre lớn hơn 4 lần và dài hơn 10 lần và thử lại. Đó là cable dài với tải 2Ω . Không làm được trường hợp này cho loa tự cấp nguồn giống DF.

3.9.5 Khả năng công suất ra -- Output power capability

Chúng ta đã đạt đến giai đoạn công suất output. Ống dẫn là về việc có thể xử lý rộng hơn nhiều và nhiều áp lực (điện thế) và dòng chảy (cường độ) hơn để chúng ta có thể truyền tải vài loại năng lượng hệ trọng.

Định mức công suất của ampli là output tối đa (watts) khi bắt đầu cắt ($<1\%$ THD). Đánh giá nhiều trở kháng output khác nhau: 8Ω (chuẩn) và có thể là 16Ω , 4Ω , 2Ω và 1Ω . Dưới đây là thí dụ về công suất cho ampli công suất thật: 8Ω , 800 watt, 4Ω , 1250watts, 2Ω , 2000watt. Lưu ý, chúng ta có được tổng năng lượng lớn hơn khi khiến trở kháng thấp hơn. Giá tiền ampli đều như nhau, cho dù chúng ta khiến nó ở 2Ω hay 8Ω nhưng lại có được công suất gấp 2.5 lần ở trở kháng thấp. Yếu tố này ảnh hưởng rất nhiều vào ampli và phân bổ nguồn lực cho loa nên tôi đã đặt ra thuật ngữ "econoΩics" cho quy trình ra quyết định. Chúng ta sẽ quay trở lại đó nhanh thôi, nhưng trước hết hãy nhìn vào số wattage một lần nữa: 800watt @ 8Ω , 1250 watts @ 4Ω , 2kW @ 2Ω . Chúng ta đang giảm một nửa sức đề kháng (và thêm lần nữa) nhưng chúng ta không thấy công suất gấp đôi (hay tăng gấp đôi). Đang xảy ra cái gì ở đây? Đã đến lúc đưa định luật Ohm vào cuộc chơi.

Chương 3

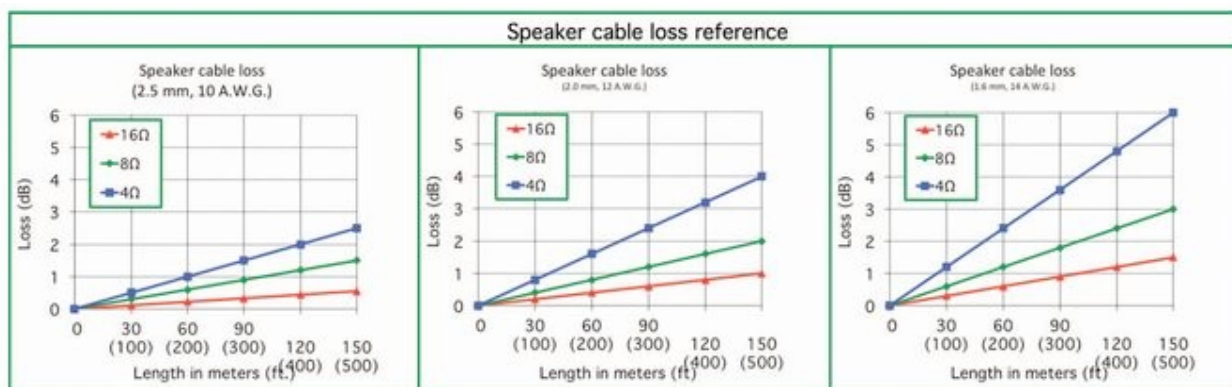
Chúng ta có hai thông số cần thiết để phân tích điều này bằng định luật Ohm: năng lượng và sức đề kháng. Với công suất và điện trở đã biết, chúng ta có thể giải quyết được điện thế theo công thức sau: $E = \sqrt{(P \times R)}$. Hãy giải quyết cho 800watt @ 8Ω: $E = \sqrt{800 \times 8}$, $E = \sqrt{6400}$, $E = 80\text{volts}$. Có thể giải quyết dòng cường độ bằng $I = \sqrt{P/R}$. Điều này mang lại những chuyện sau: $I = \sqrt{800/8}$, $I = \sqrt{100}$, $I = 10\text{amps}$. Ampli đặt 80volts với 10ampe vào 8Ω để tạo ra 800watt.

Khi trở kháng giảm xuống một nửa (8Ω sang 4Ω), yêu cầu cường độ sẽ tăng gấp đôi, nếu (cực kỳ quan trọng nếu) điện thế vẫn giữ nguyên. Rồi sau đó công suất sẽ tăng gấp đôi. Nếu nguồn cung cấp điện không thể cung cấp được cường độ yêu cầu thì điện thế không thể vươn lên để đạt đến công suất gấp đôi.

3.9.6 Cable loa

Cable loa thường dễ bị hao hụt vì nó di chuyển điện năng thật sự. Trở kháng của cable có thể đáng kể so với tải của loa. Tỷ lệ hao hụt phụ thuộc chủ yếu vào ba yếu tố: chiều dài cable (tỷ lệ thuận), đường kính dây dẫn (tỷ lệ nghịch) và trở kháng tải (tỷ lệ nghịch).

Cable loa làm tăng chi phí và tăng trọng lượng, vì vậy chúng ta chú ý đến sự cân bằng. Số tiền tiết kiệm được từ chi phí cable bó buộc ampli và loa. Có thể nghĩ hao hụt ở cable ba decibel là loa chỉ chạy ở 70% công suất. Xem xét tiền tiết kiệm được trên cable tránh độ hao hụt khi đầu tư loa (Hình 3.34).



Hình 3.34 Tham khảo độ hao hụt truyền dẫn cable của loa

Chúng ta thường phải đối mặt với việc lựa chọn đi dây một cặp loa bằng một dây duy nhất (chia ra ở cuối) hay chạy hai dây. Nó giảm số lượng dây đồng một trong hai cách. Dây cable lớn giống như hai dây cable nhỏ khi nó cộng thêm vào cùng mặt cắt ngang. Thêm một cable thứ hai có cùng kích cỡ là 1.4 x đường kính. Trong American Wire Gauge (AWG) tương đương với ba số (dây 2 @ 14AWG tương đương với 1 @ 11AWG).

Hao hụt cable của loa gây khó khăn khi đo trực tiếp, do mức điện thế cao và vì phải gắn loa vào ampli để theo dõi hiệu quả tải. Trong thực tế, chúng ta chỉ đơn giản đo kết quả theo đáp ứng âm thanh của loa. Thực hiện điều chỉnh cho đáp ứng chưa phù hợp ở bộ điều khiển mức độ ampli công suất.

3.9.7 Jack nối loa

Những jack nối này mang theo rất nhiều cường độ, có từ dây trần đến dây chuyên dùng quân sự không thấm nước. Sau đây là vài loại phổ biến nhất.

■ Hộp phân dây (Terminal block): thanh nối dây đã tước vỏ đơn giản đến đầu ốc vặn, giá rẻ nhưng rất dễ bị rung, căng và đứt mối nối. Dây phơi trần có thể có thể làm đoản mạch ampli. Trong hệ thống di động nên tránh những cái này. Chúng ta thường gặp cái này tại bảng phân phối và trong ampli công suất và loa phiên bản "nhà thầu".

Truyền dẫn

■ Jack trái chuối (Banana plug): Jack nổi đực có hai đầu dây hình trái chuối với ma sát phải lắc ra khỏi jack cái. Cách thứ hai là phiên bản của hộp phân dây, cũng là ma sát không tin cậy hơn khác. Jack nổi này đang trở thành lịch sử cổ đại (vỗ tay). Tôi chưa bao giờ tìm ra cách thứ năm, một trong những bí ẩn lớn của cuộc sống.

■ Speak-on™: Jack nổi chuẩn công nghiệp của Neutrik là kỹ thuật sáng tạo cơ khí với jack nổi khóa không để cho 2 đầu cuối chạm nhau (và đã cứu sống được vô số ampli). Ampli và loa chia sẻ cùng jack nổi gắn trên chassis trong khi cable có hai nối trực tiếp kết hợp. Áp dụng cho cả di động lẫn cài đặt.

3.10 Truyền tải từ năng lượng analog đến âm thanh -- Analog Power to Acoustic Transmission

3.10.1 Quy trình truyền tải -- Transduction process

Chúng ta đang ở cuối chuỗi điện tử. Bước cuối cùng là chuyển năng lượng điện sang năng lượng âm thanh. Đó là quy trình chuyển đổi đa giai đoạn: điện đến từ tính đến cơ học đến âm thanh. Sách này tập trung vào ứng dụng loa, không phải là hoạt động bên trong, vì vậy đây không phải là chuyên luận rộng.

Dòng điện chảy qua cuộn dây phát âm bị lơ lửng trong khoảng cách giữa hai từ trường đối lập. Cường độ trong dây tạo ra từ trường cho riêng nó, vốn được hút bởi (hay đẩy) nam châm cố định, tạo ra lực cơ học di chuyển cuộn dây trong khe hở. Cuộn dây di động gắn vào màng, di chuyển theo dấu tín hiệu âm thanh và tạo ra sự truyền âm thanh.

3.10.2 Giới hạn

Chúng ta trở lại lần nữa, đến đường ống analog. Giới hạn bên ngoài của đường ống là hành trình tối đa của loa, điều khiển bởi sự tuân theo màng nhện và viền quanh. Sự biến dạng tăng khi sức kháng cơ gia tăng gần đến giới hạn vật lý. Nếu lan tràn hoàn toàn, cuộn dây có thể đụng đáy nam châm hay di chuyển quá xa về phía trước và nháy ra khỏi khe hở. Trong một trong hai trường hợp này có nguy cơ uốn cong cộn dây mong manh và phá hủy loa.

Viền quanh và nhện (spider) có thể bị yếu dần theo thời gian và dần dần mất khả năng kiểm soát chuyển động. Có rất nhiều cách phá hủy phần cơ loa như bong keo, gấp dây nối với cuộn dây, bể màng kim loại và nhiều cách nữa. Kỹ sư âm thanh sáng tạo tìm ra cách tiêu diệt loa mới hàng ngày!

Nhiệt là kẻ thù khác, sản phẩm phụ của dòng điện đi qua dây cuộn dây. Nhiệt dư có thể làm tan lớp cách nhiệt, chạm vòng dây. Dây chạm làm giảm trở kháng, bắt đầu vòng xoáy cuộn dây loa chết người. Chạm nhiều vòng nữa sẽ làm giảm trở kháng, tăng cường độ và tăng nguy cơ đoản mạch nhiều hơn và/hoặc gây nguy hiểm cho nguồn điện ampli. Nhiệt cũng có thể bẻ cong cuộn dây, làm nó ma sát vào khe hở. Mạ sẽ hờ ra và loa câm nếu dây tới điểm nóng chảy.

Trở kháng cuộn dây loa tăng lên với nhiệt độ. Cuộn dây nóng có hiệu suất thấp hơn khi nguội và do đó loa có thể mất mức độ trong show khi bị khiêu nặng. Nếu bạn từng nghĩ hệ thống hình như đang mất dần tác động khi show tiếp tục, bạn có thể đã đúng. Chương trình bắt đầu trên driver nguội, trở kháng nhỏ, nhưng không nhất thiết phải kết thúc như thế.

3.10.3 Công suất đến độ nhạy SPL (1W/1m)

Tiêu chuẩn đánh giá độ nhạy của loa là trả lời cho câu hỏi "Có bao nhiêu SPL ở 1 mét khi tôi khiến 1 watt?" Tìm ra hai phương trình log khác nhau ở phía đối diện của chuyển đổi này. SPL tạo ra ở khoảng cách xa hơn là ngoại suy từ đây bởi 6dB/tăng gấp đôi tỷ lệ hao hụt ($20 * \log_{10}$). Công suất tiêu thụ là ngoại suy tại tỷ lệ 3dB ($10 * \log_{10}$). Loa có độ nhạy 100dB (1W/1m) tạo ra 103 dB khi khiến 2 watt và

Chương 3

120dB với 100watt. Không có nghĩa là nó sẽ cho ra 130dB khi chạy ở mức 1000watt. Nó có thể tạo ra khói mù để thay thế.

Độ nhạy nói với chúng ta ra sao? Driver có độ nhạy 97dB (1W/1m) cần gấp hai công suất để phù hợp với SPL của driver có độ nhạy 100dB. Nếu cả hai có thể đạt đến cùng SPL tối đa, thì driver độ nhạy cao là một món hời do giảm chi phí ampli. Nhưng độ nhạy chỉ là điểm khởi đầu. Nó sẽ không cho chúng ta biết năng lực tối đa. Ferrari và Prius có thể bằng tốc độ ở số 1, nhưng mức tối đa khác nhau cả dặm.

Độ nhạy phù hợp không bảo đảm đáp ứng phù hợp ở tần số nhất định cho driver có giải phổ khác nhau. Do giá trị SPL là tích hợp cả toàn giải, chúng ta không thể giả định driver LF và HF có độ nhạy tương thích sẽ bằng nhau ở tần số crossover dự định.

3.10.4 Điện thế đến độ nhạy SPL (dB SPL/volt) -- Voltage to SPL sensitivity (dB SPL/volt)

Chúng ta đã nối dây cả đồng loa và sẵn sàng bắt đầu show. Làm sao chúng ta bảo đảm đã tận dụng hệ thống tối đa và vẫn có cái gì đó có giá trị trong xe tải khi hết show? Đã kết hợp ampli và loa, đã chạy cable và set mức crossover để đạt được đáp ứng tần số kết hợp dự định. Đã hiệu chỉnh limiter đến mức cực đại và nóng nhất.

Chúng ta trở lại cho vòng chung kết về đường ống. Điều quan trọng là phải có tín hiệu sạch đi qua mức độ line, mức độ loa và đường ống dẫn âm thanh mà không có điểm tắc nghẽn nào. Console khiển điện thế hay "faux voltage" (tín hiệu digital) và sẽ tối đa vào khoảng 10V (+20dBV). Chúng ta phải chắc chắn tất cả tín hiệu khác nhau đã đi đến những loa khác nhau (cao và thấp, main và fill) vẫn hoạt động tuyến tính cho đến giai đoạn cuối cùng.

Trả lời cho câu hỏi "Bao nhiêu SPL tại console?" có thể đưa xuống dạng độ nhạy khác: tỷ lệ SPL/console. Điều này nghe lố bịch nhưng bạn đã làm nó hoài mà. Khiến console đến mức line danh định (0dBV) và đo SPL tại console. Đó là giá trị dB SPL/volt cơ sở của bạn. Nếu mọi cái ở cuối nguồn chạy hoàn hảo, bạn có thể có headroom đến 20dB trước khi đụng tường.

Độ nhạy cũng không đóng góp nhiều cho việc ghép nối ampli/loa vì chúng ta cần biết khả năng tối đa của loa. Thực hành ngành công nghiệp hiện tại là dành cho hãng sản xuất chỉ ra khả năng công suất tối đa và phạm vi ampli đề nghị. Rồi kỹ sư chỉ định ampli có giá trị cao hơn nhiều.

Đánh giá 1W/1m không có ý nghĩa trong việc gain điện thế ampli vì nó chỉ dựa trên công suất ra. Do đó, khiến loa phù hợp độ nhạy với ampli không phù hợp độ nhạy (có cùng thuật ngữ nhưng chuyển đổi khác nhau) vẫn phù hợp với giá trị 1W/1m nhưng mức SPL chưa phù hợp. Trường hợp trở kháng loa rơi vào mix này thì sao? Nếu loa 8Ω và loa 16Ω phù hợp với độ nhạy, nó sẽ cần độ nhạy ampli (gain điện thế) khác nhau để đạt đến output phù hợp với 1watt. Chóng mặt chưa?

Hãy thêm một (hay hai mươi) lớp nữa. Rất nhiều khả năng chúng ta sẽ nghe array loa: pha trộn phức tạp nhiều loa đa way active có độ nhạy, trở kháng, mức độ khiển, ampli và lượng âm thanh bổ sung trên nhiều tần số khác nhau. Câu hỏi chúng ta thật sự muốn trả lời là: "Có bao nhiêu dB SPL có thể thoát khỏi console?". Đây là tin tốt. Bạn có lẽ không bao giờ cần phải suy nghĩ về đặc tính độ nhạy, trừ khi bạn đang thiết kế loa để sản xuất. Ghép loa với ampli cho đúng chỉ dựa trên xếp hạng công suất tối đa và điều chỉnh độ nhạy của ampli (gain điện thế) bằng cách đo đáp ứng tần số. Tôi đã thiết kế và điều chỉnh trong ba mươi năm mà chưa hề đưa ra quyết định phân tích thông số độ nhạy 1W/1m nào cả (Hình 3.35).

Bây giờ chúng ta hãy liên hệ việc này với loa tự cấp nguồn. Thật ra, mức đánh giá độ nhạy 1W/1m chỉ là học thuật trong hệ thống có input mức line. Hình dB SPL/volt minh họa tiềm năng của loa ở mức khiển danh định.

Loudspeaker sensitivity reference														
Amplifier power rating			94 dB 1w /m SPL @ 1m			100 dB 1w /m SPL @ 1m			106 dB 1w /m SPL @ 1m			112 dB 1w /m SPL @ 1m		
16Ω	8Ω	4Ω	16Ω	8Ω	4Ω	16Ω	8Ω	4Ω	16Ω	8Ω	4Ω	16Ω	8Ω	4Ω
1024 W	2048 W	Fire	124	127	130	130	133	136	136	139	142	142	145	148
256 W	512 W	1024 W	118	121	124	124	127	130	130	133	136	136	139	142
64 W	128 W	256 W	112	115	118	118	121	124	124	127	130	130	133	136
16 W	32 W	64 W	106	109	112	112	115	118	118	121	124	124	127	130
4 W	8 W	16 W	100	103	106	106	109	112	112	115	118	118	121	124
1 W	2 W	4 W	94	97	100	100	103	106	106	109	112	112	115	118
0.5 W	1 W	2 W	91	94	97	97	100	103	103	106	109	109	112	115
0.25 W	0.5 W	1 W	88	91	94	94	97	100	100	103	106	106	109	112

Hình 3.35 Tham chiếu độ nhạy của loa

3.10.5 Đặc trưng góc bao quát

Bây giờ âm thanh đang di chuyển qua không khí, chúng ta cần mô tả đáp ứng không gian của nó. Có rất nhiều cách mô tả đáp ứng, vài cách đã lỗi thời trong thời đại hiện đại của phần mềm dự đoán âm thanh. Chắc hẳn chúng ta xử dụng biểu hiện góc bao quát để hỗ trợ quy trình lựa chọn loa, góc mở, khoảng cách và mức độ tỷ lệ. Bây giờ, trong ngành ưa chuộng dữ liệu hỗ trợ trực tiếp quy trình này hơn nhiều (Hình 3.36).

3.10.5.1 Sơ đồ cực và đường đẳng áp -- Polar Plots and Isobaric Contours

Ngành công nghiệp nước đóng chai có sơ đồ bí mật, đẩy nhanh sự ấm lên toàn cầu để họ có thể khai thác những tảng băng tan ở Nam Cực (sơ đồ cực). Sơ đồ cực khác là phối cảnh log của góc độ trên (Hình 3.37). Đo loa trên trục và làm cho nó trở thành đáp ứng tham khảo hay "bình thường hóa-normalized". Bây giờ xoay loa trên trục và biểu đồ hao hụt (hay gain) của nó theo dB. Vẽ kết quả trên nhiều vòng tròn đồng tâm khoảng cách theo log. Loa (hay micro) omnidirectional trông giống hình tròn, trong khi những phân dọi theo hướng ngày càng cho thấy tỷ lệ góc độ bao quát co lại theo log. Vốn mô hình cực truyền thống không có gì sai. Nhưng nó dễ bị lẫn lộn với đáp ứng không gian chúng ta thấy trong phòng. Phòng đều tuyến tính (không phải log) vì vậy chúng ta không thể lấy sơ đồ cực và đặt nó vào phòng, vẽ và phù hợp với hình dạng của nó. Sẽ mất 6, 12 và 18dB dưới dạng đường viền ngang trên sơ đồ cực, nhưng thể hiện sự giảm thiểu liên tiếp đến kích cỡ ½, ¼ và 1/8 trong phòng.

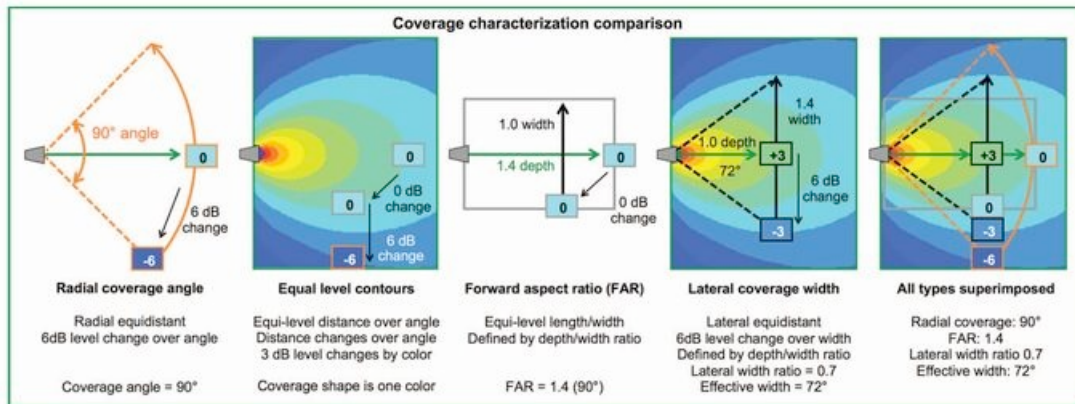
Đường đẳng áp đồng mức là bản đồ áp suất. Chúng ta thường thấy nó trong dự báo thời tiết. Đây là kết quả phổ biến nhất trong chương trình dự đoán có nhiều loại màu biểu thị mức độ. Có thể thấy trực tiếp dạng bao quát mức độ đồng nhất bằng cách đi theo bất kỳ đường chuyển tiếp màu nào. Đây là chế độ coi loa trên không gian tiêu chuẩn. Tôi đã có thể thuyết phục nhà xuất bản ấn bản đầu của sách này thực hiện sách đủ màu về âm thanh chuyên nghiệp đầu tiên, vì tầm quan trọng của ánh xạ màu trên đường đẳng áp đồng mức.

3.10.5.2 Góc bao quát hướng tâm -- Radial Coverage Angle

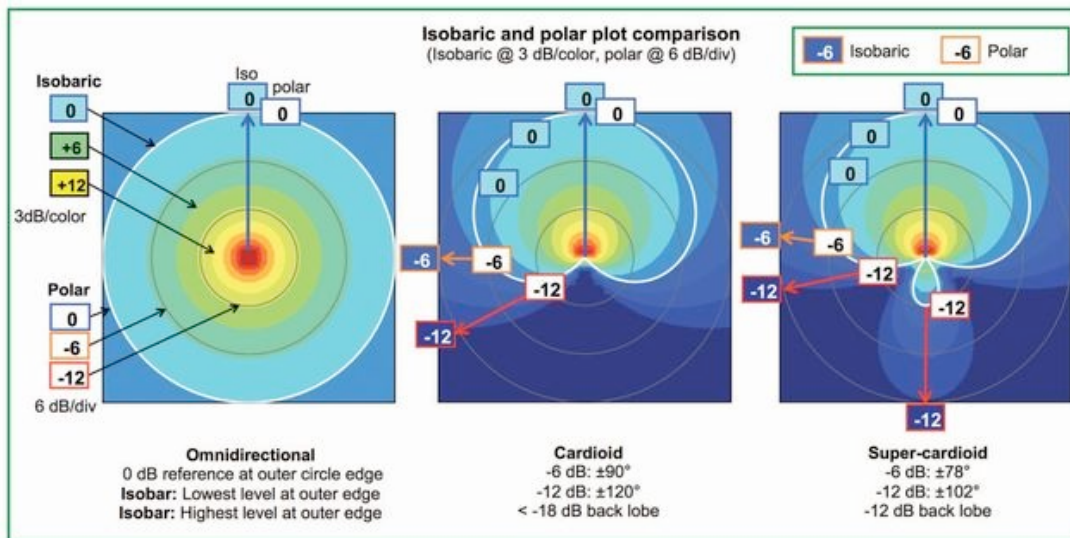
Góc bao quát là vùng hướng tâm (tọa hình quạt), giữa những điểm ngoài trục (6dB so với trên trục). Hao hụt do toàn bộ góc, vì tất cả điểm dọc theo cung tròn đều cách đều nhau (Hình 3.38). Góc bao quát là giá trị khác cho cái gì đó thay đổi theo tần số rất nhiều. Chúng ta nên xử dụng loại giá trị "danh định" nào? Làm sao biết về 1kHz sẽ ra sao từ khi chúng ta xử dụng nó cho thiết bị điện tử? Có lẽ là lựa chọn dở. Điều quan trọng là thiết lập phạm vi nơi người nghe sẽ nhận thức được sự chuyển đổi từ bao quát tốt sang tồi. HF bị tụt xuống là đầu mối rõ ràng, chúng ta đang ở xa hay không nằm trong vùng bao quát của nguồn âm thanh. Mid-range rất khó bao quanh tai nếu chúng ta vẫn nhận được đáp ứng HF mạnh. Điểm mốc để tìm là đoạn bằng (plateau) của độ rộng luồng âm (beamwidth), duy trì phạm vi tụt xuống ổn

Chương 3

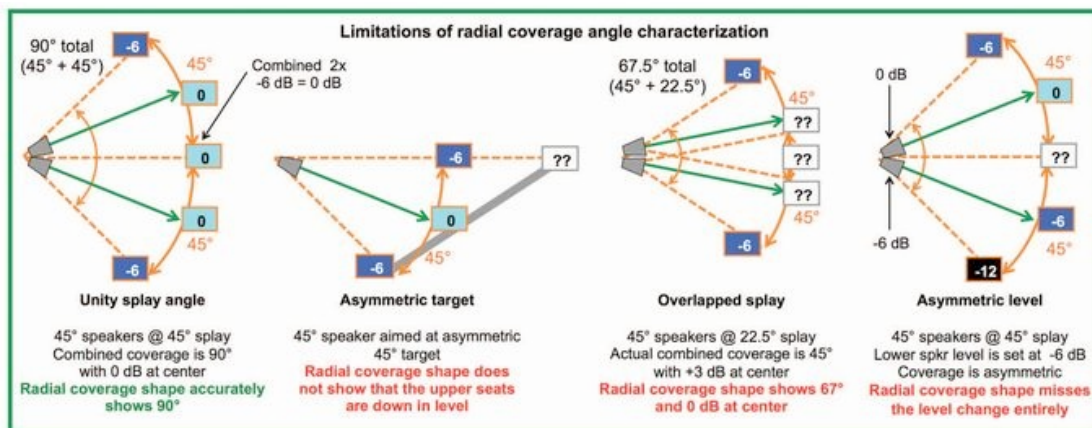
định. Hệ thống thiết kế tốt sẽ đạt đến đoạn bằng ở mid-range và mang nó qua HF. Góc "danh định" là vị trí mà bạn sẽ xử dụng để đạt độ đồng nhất với thiết bị thứ hai (2 loa x 60° ở 60° sẽ có 0dB ở giữa).



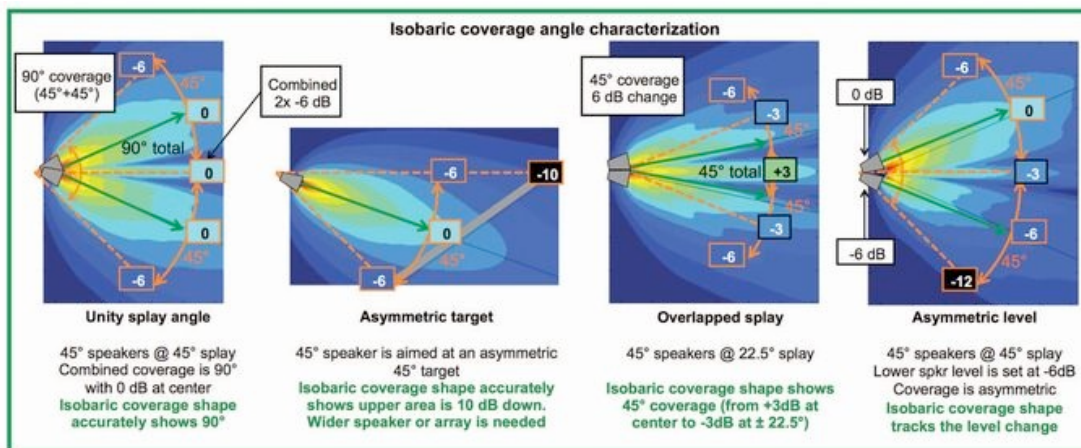
Hình 3.36 So sánh đặc tính góc bao quát



Hình 3.37 So sánh kết xuất cực và vẽ đường đẳng áp của cùng dữ liệu



Hình 3.38 Đặc tính hạn chế của góc bao quát hướng tâm



Hình 3.39 Dạng bao quát của loa: đường đẳng áp

Dạng hướng tâm có thể tạo ra vài điểm gây hiểu lầm đáng lưu ý. Đầu tiên là nhìn thấy dạng cạnh ngoài cứng như cạnh chất lượng âm thanh bị cứng. Âm thanh không nằm ngay trên cung tròn và không giảm mạnh ở cạnh. Bên trong cạnh là -5dB và bên ngoài là -7dB. Thứ hai, lưu ý, nếu chúng ta ở khoảng cách khác với cạnh bên ngoài thì chúng ta đang có nhiều mức độ khác nhau. Thứ ba, không có thang đo góc bao quát hướng tâm. Hình dạng tiếp tục vô cùng, không thay đổi theo khoảng cách hay mức tương đối, thí dụ: đường góc bao quát của hệ front-fill chạy đến tận phía sau phòng mặc dù ở đó không nghe thấy nó.

3.10.5.3 Hình dạng bao quát của loa -- Speaker Coverage Shape

Sự khác biệt giữa "mô hình bao quát-coverage pattern" và "hình dạng bao quát" trong sách này và mấy sách khác của tôi là độc nhất. Tôi xử dụng "hình dạng" khi tham chiếu đến đường gain đồng nhất trong bản đồ áp suất đẳng áp (đường biểu diễn tiêu chuẩn trong chương trình dự đoán). Hình dạng bao quát thay đổi theo khoảng cách (nó mở rộng ra) và với mức tương đối (hợp đồng là nếu loa bị tắt). Hình dạng vùng bao quát liên kết với những mốc quan trọng của góc bao quát (trên và ngoài trục). Điểm ngoài trục nối với điểm trên trục tại khoảng cách gấp đôi. Quan hệ giữa "trên trục đến gần ngoài trục" sẽ là chủ đề lặp lại nhiều lần ở đây (Hình 3.39).

3.10.5.4 Tỷ lệ hướng chuyển tiếp -- Forward Aspect Ratio (FAR)

Hình dạng bao quát có thể khái niệm như hình chữ nhật có tỷ lệ chiều dài và rộng. Kiến trúc sư mô tả hình dạng phòng theo tỷ lệ (chiều dài theo chiều rộng) và chúng ta có thể làm tương tự với loa chúng ta đang đặt ở đó. Hình chữ nhật chỉ bao gồm phần thùy trước đáp ứng, do đó có tên "tỷ lệ hướng chuyển tiếp-forward aspect ratio (FAR)". Hình dạng FAR nổi trên trục xa (chiều dài) đến trục gần (chiều rộng). Tỷ lệ hướng tăng lên khi góc bao quát của loa thu hẹp (Hình 3.40).

Thuật ngữ đường phổ cho việc này là "phóng-throw". Loa phóng xa (long-throw) chạm vào phía sau, trong khi loa phóng gần đứng chơi phía trước. Làm sao định lượng? Loa phóng tùy tiện xa đến đâu? Thật sự không giới hạn, trừ khi có cái gì đó cản lại hay hết không khí. Tỷ lệ hướng cho chúng ta hình dạng có thể mở rộng mức độ. Loa có FAR cao sẽ phóng. . . xa (far).

3.10.5.5 Góc bao quát cạnh bên -- Lateral Coverage Angle

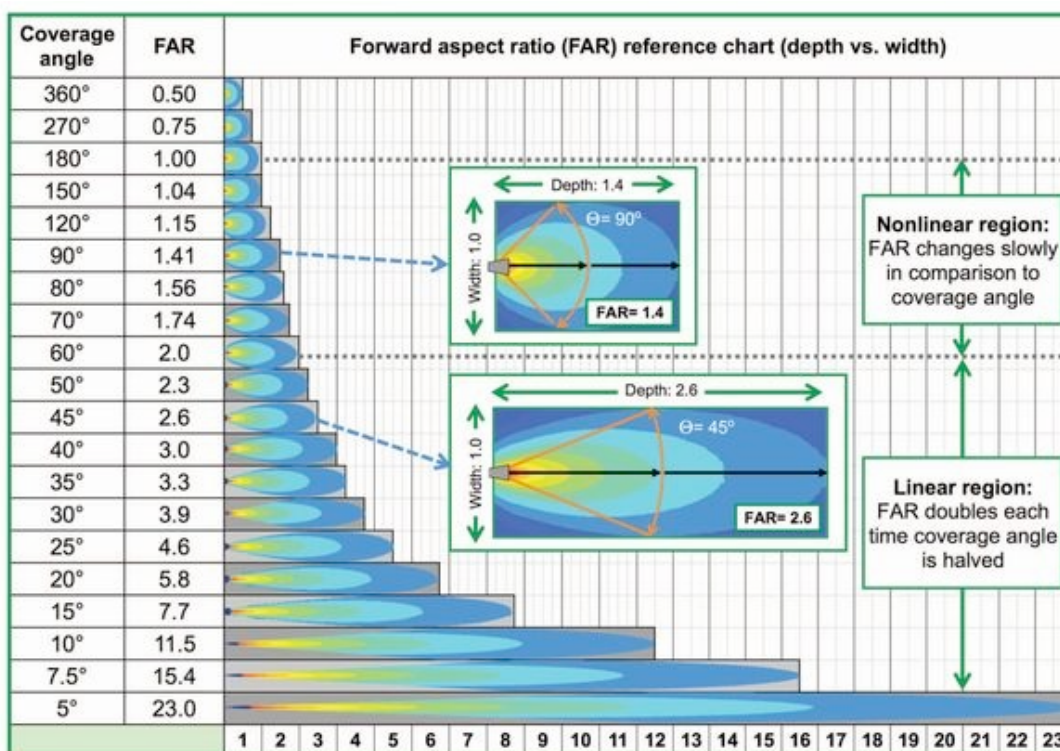
Hình dạng góc bao quát tiêu chuẩn là hướng tâm nhưng chúng ta thường thấy mình có mục tiêu bao quát phẳng. Xem xét loa trên cao, nằm trên sàn bằng phẳng. Người nghe trực tiếp bên dưới nằm trên trục và gần hơn bất kỳ người nào khác. Xử dụng đáp ứng ở đây như là tham khảo và di chuyển đi, chúng ta sẽ mất 6dB do kết hợp góc và hao hụt khoảng cách. Loa có góc bao quát hướng tâm 90° trên đường

Chương 3

bao quát phẳng sẽ đạt được ít hơn do hao hụt khoảng cách (thí dụ nếu nó bị hao hụt 2dB theo khoảng cách, nó chỉ có thể hao hụt 4dB theo góc độ, tổng cộng là 6dB) . Kết quả, mô hình bao quát co lại đáng kể với tỷ lệ phần trăm hao hụt cao hơn ở góc hướng tâm rộng.

3.10.5.6 Chiều rộng bao quát (Tỷ lệ hướng khía cạnh bên) -- Coverage Width (Lateral Aspect Ratio)

Phạm vi bao quát là biến thể về hình dạng bao quát hai bên, xử dụng cho mục tiêu bao quát đường phẳng- flatline (Hình 3.41). Mô tả vùng bao quát bằng khoảng cách (mét hay feet) thay vì góc. Độ rộng phạm vi bao quát là trả lời cho câu hỏi, "Loa 90° xa 3m bao quát bao nhiêu trên một đường bằng phẳng?" Đáp: 4.2 m. Mục tiêu gần hơn hay loa hẹp hơn bao gồm mục tiêu tương đối nhỏ hơn. Xử dụng phạm vi bao quát để xác định khoảng cách giữa loa và giúp xác định có cần phải lấp đầy (fill) v.v. Hiển thị thí dụ ứng dụng trong hình 3.42.

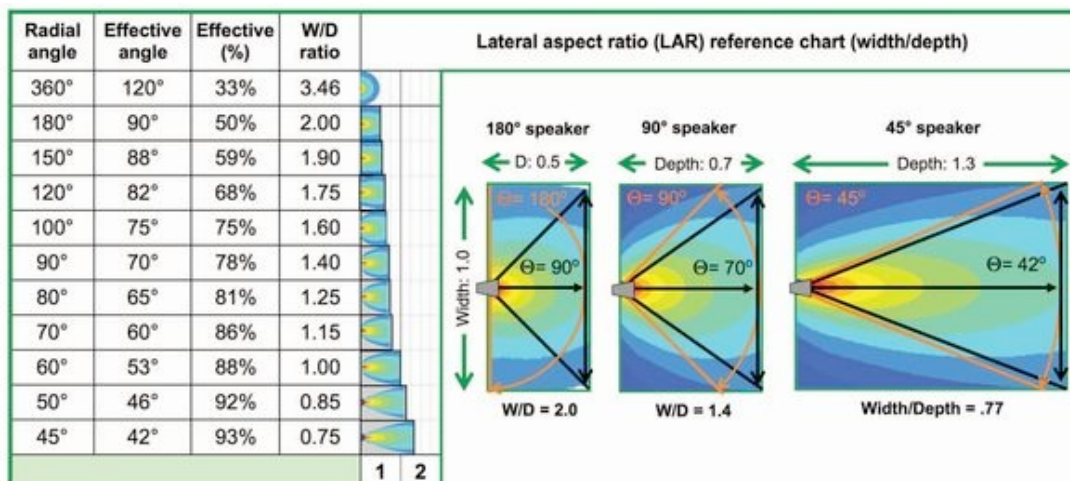


Hình 3.40 Hình dạng bao quát của loa: tỷ lệ hướng chuyển tiếp (FAR)

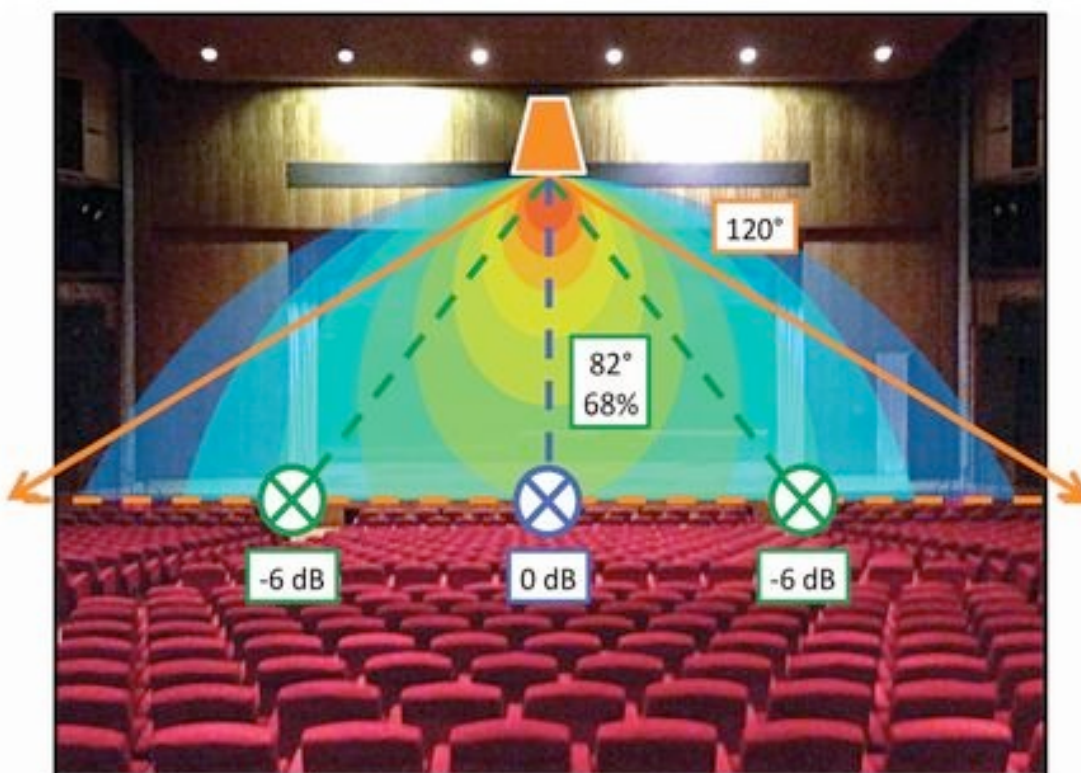
3.11 Hoàn tất truyền tải -- Transmission Complete

Đó là hành trình dài qua những biến thể của hệ thống truyền tải hiện đại. Toàn bộ con đường là analog khi tôi bắt đầu sự nghiệp âm thanh chuyên nghiệp và cuối cùng hầu như tất cả là digital. Hiện vẫn còn nhiều biến thể làm phức tạp quy trình này. Nhiều hệ thống hiện tại có thể hệ công nghệ vẫn còn trong chuỗi tín hiệu. Vài người thiết kế thích công cụ và thích phức tạp hơn là đơn giản. Chúng ta có thể gặp phải bất kỳ, tất cả biến thể truyền tải, chuyển tải, chuyển đổi và những con số đã nêu trong chương này vào bất kỳ ngày nào. Hy vọng thông tin này sẽ giúp duy trì tầm nhìn của tín hiệu khi nó tiến chuyển từ đầu đến cuối.

Truyền dẫn



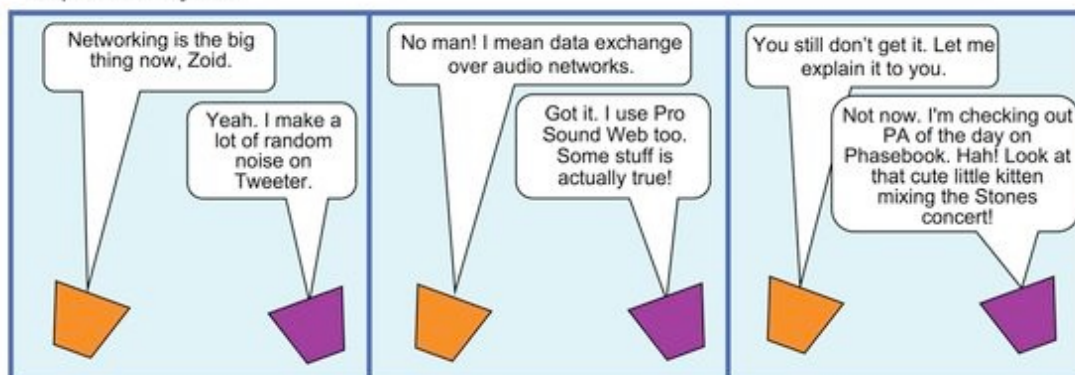
Hình 3.41 Hình dạng bao quát loa: tỷ lệ hướng bên



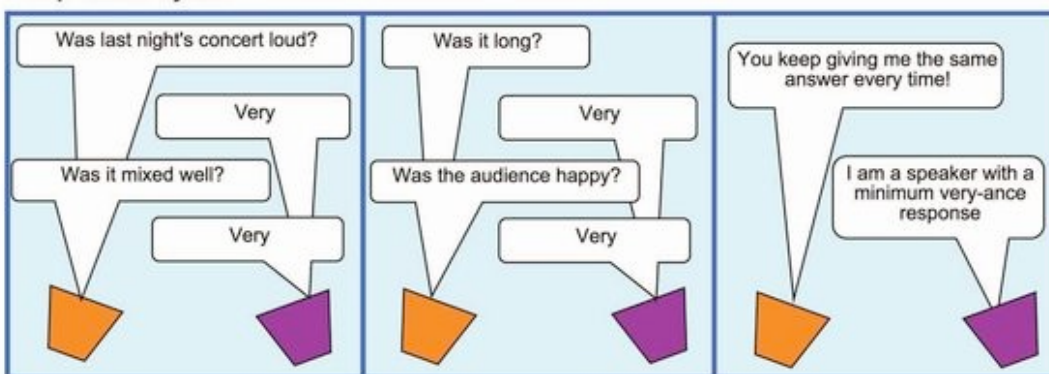
Hình 3.42 Áp dụng thí dụ tỷ lệ hướng ngang, down-fill ở trung tâm

Chương 3

Trap 'n Zoid by 6o6



Trap 'n Zoid by 6o6



Truyền dẫn

(Trang trắng)

Chương 4

Cộng âm -- Summation

(Trong sách này, có rất nhiều từ, thuật ngữ chuyên dùng cho âm thanh chuyên nghiệp rất mới, có thể chưa có trong những sách khác từ trước tới nay. Ngay trong chương này, có từ “summation” làm tôi bối rối, không biết dịch ra sao. Ý nghĩa của từ này trong tiếng Việt là: phép cộng, tổng cộng, tóm tắt, kết luận v.v. Không có nghĩa nào phù hợp với ngữ cảnh trong sách này. Mãi đến khi dịch xong gần hết chương 4, tôi mới tìm ra từ thay thế: “cộng âm”, có nghĩa, hai hay nhiều nguồn âm thanh gặp nhau, cộng lại và tăng biên độ. Thuật ngữ này khá dễ có thể nằm trong bất cứ ngữ cảnh nào trong sách này mà vẫn đủ nghĩa.

Trong chương này còn thêm từ “crossover”, khá quen thuộc trong lĩnh vực pro-sound. Về thiết bị, crossover là bộ phân tần, về kỹ thuật nó là điểm giao cắt tần số trong giải âm phổ (crossover âm phổ). Ở sách này, tác giả còn gán cho nó thêm nghĩa khác: Điểm giao cắt giữa những vùng âm thanh do nhiều nguồn tạo ra (crossover không gian). Tôi xin đề nguyên bản tiếng Anh, không dịch, có thể giúp các bạn dễ hiểu hơn vì nếu dịch cho đúng theo từng ngữ cảnh sẽ rất lộn xộn, phức tạp – ND).

Sự thật hiển nhiên của người làm âm thanh khôn ngoan, "chĩa cạnh nghe lớn cho khán giả." Đó là lời khuyên tốt cho loa đơn. Nếu có hai loa hay nhiều hơn, sẽ phát sinh ra nguồn lực mới rất mạnh, có thể hướng âm thanh tới những phần chưa biết: Cộng âm. Khó hình dung ra hình dạng âm thanh từ loa đơn, nhưng chúng ta phải đào sâu hơn để hiểu được sự kết hợp. Có nhiều dạng tương tác khác nhau ở mọi tần số và mọi vị trí. Mặc dù phức tạp, vẫn có thể dự đoán nó và chúng ta có chìa khóa giải mã: mức độ và bù phase.

Hiểu được cộng âm là thách thức lớn nhưng thật ra còn lớn hơn vậy nữa. Hiểu biết về mức độ và bù phase cho chúng ta quá cầu pha lê làm việc. Tôi đã đo hệ thống âm thanh trong ba mươi năm và chưa bao giờ thấy ngoại lệ nào về quy tắc cộng âm đó. Chúng ta có thể làm rõ về xảy ra cái gì ở bất cứ chỗ nào có driver thấp gặp driver cao, loa gặp loa hay loa gặp tường.

Chương này đúc kết sự liên tục giữa ba khía cạnh tương tác và dễ bắt ổn định nhất của hệ thống âm thanh: bộ chia âm phổ (crossover), array (array) loa và phòng. Hành vi cộng âm của những thực thể hình như khác biệt này liên quan chặt chẽ đến nỗi có thể gộp nó vào một thể loại duy nhất: crossover âm thanh. Crossover là chỗ những dạng sóng tương quan có mức độ tương đương gặp nhau. Khi nó như vậy, cho dù nó đến từ nhiều loại driver khác nhau, thùng loa khác nhau hay khác thường, nó đều tuân theo quy tắc cộng âm.

4.1 Cộng thêm và bớt âm thanh -- Audio Addition and Subtraction

Xảy ra cộng âm bất cứ khi nào và ở đâu có hai hay nhiều tín hiệu âm thanh tần số phù hợp kết hợp với nhau. Chỉ có thể xảy ra ba kết quả: mức tín hiệu tổng sẽ lớn hơn, nhỏ hơn hay giống như tín hiệu riêng lẻ.

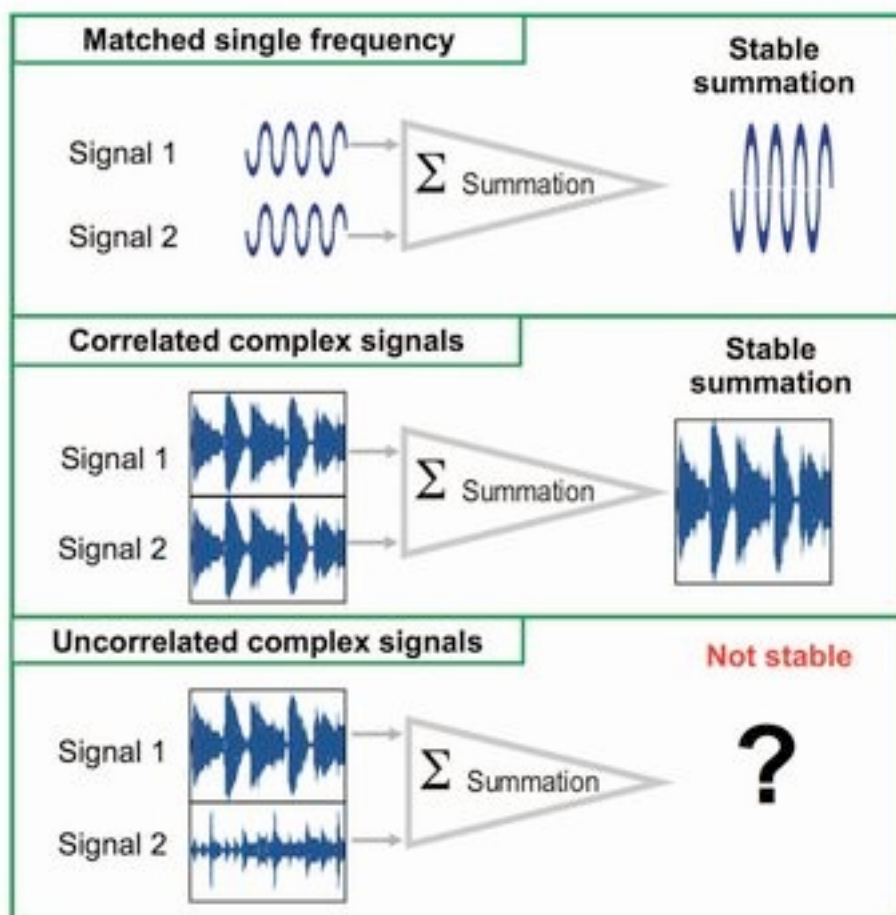
4.1.1 Tiêu chí cộng âm liên quan -- Correlated summation criteria

Chúng ta có thể đánh giá cộng âm vào thời điểm này và sẽ có câu trả lời. Chúng ta sẽ có những khoảnh khắc khác hoàn toàn nếu chúng ta kết hợp những tín hiệu không liên quan. Chỉ có tín hiệu tương quan tổng hợp trong thời gian ổn định, tạo ra đáp ứng tần số phù hợp, có thể dự đoán và phân phối không gian. Chiến lược tối ưu hóa dựa trên kết quả ổn định của cộng âm tương quan. Những tín hiệu tương quan duy trì mức độ tuyến tính và quan hệ phase, nghĩa là nó hát cùng một bài hát.

Cộng âm

4.1.1.1 Nguồn tương quan -- Source Correlation

Những dạng sóng tương quan là hậu duệ của nguồn chung (Hình 4.1). Về mặt di truyền, đó là những đứa trẻ có cùng dạng sóng với cha mẹ nó. Nếu chúng nó là cặp song sinh giống hệt nhau thì tổng sẽ giống như phép tính đơn giản: $1 + 1 = 2$. Nếu có sự khác nhau giữa nó, chúng ta đánh giá sự tương tác dưới dạng phức tạp: biên độ và phase. Đáp ứng là ổn định, có thể dự báo, đo và có thể điều trị bằng delay, equalization và/hay những thủ tục sắp xếp khác. Ngược lại, cộng âm không liên quan đến Symphony thứ 9 của Beethoven với "Iron Man" của Black Sabbath sẽ không ổn định, vì sẽ không có những giai đoạn kết hợp mã nguồn phù hợp. Trường hợp lai giữa hai cực này là âm thanh stereo, cộng âm tương quan một nửa. Chỉ có phần trung tâm của mix sẽ tạo ra cộng âm ổn định. Mix mono chủ yếu sẽ có độ ổn định cao hơn cái có tỉ lệ tách biệt cao.



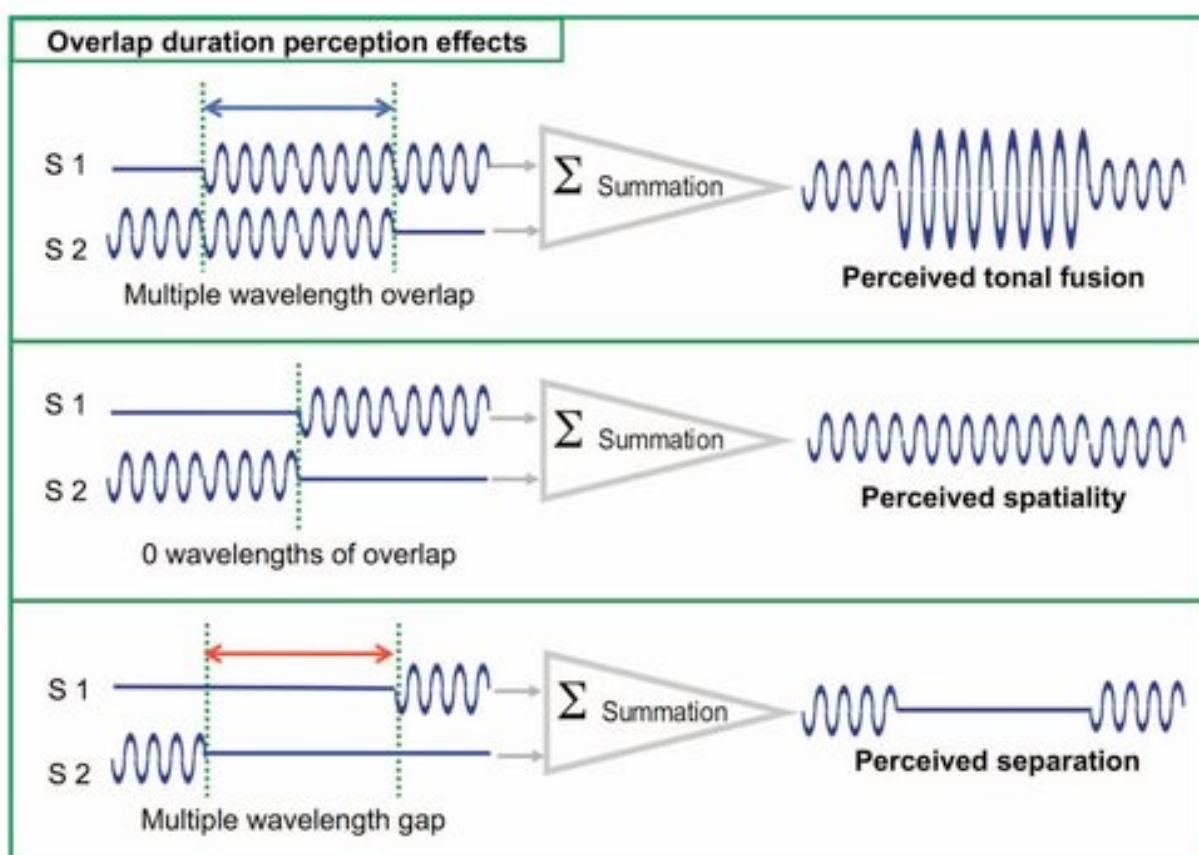
Hình 4.1 Hiệu ứng tương quan nguồn với cộng âm: Những nguồn liên quan có cộng âm tần số ổn định. Nguồn không liên quan tạo ra cộng âm liên tục.

4.1.1.2 Thời hạn

Cộng âm hai bản sao của tín hiệu không bảo đảm mọi cái sẽ lớn hơn. Tín hiệu phải gần đúng đủ thời gian nó chia sẻ không gian (hay trong dây dẫn, v.v). Phát bài nhạc qua hai loa song song làm nó lớn gấp hai lần, nhưng không lâu hơn. Phát hai lần nối tiếp làm nó lâu hơn, nhưng không lớn hơn. Khi cộng những nguồn bù thời gian, kết quả mix là hiệu ứng nối tiếp và song song: hơi lớn hơn, và hơi lâu hơn (Hình 4.2).

Chương 4

Tổng nguồn tương quan bù thời gian có thể mang lại ba kết quả: chồng lên nhau, chồng hay tách biệt nhau tối thiểu. Về mặt toán học, cái này không phân biệt rõ ràng, nhưng nhận thức thính giác của chúng ta sẽ khác nhau theo sự liên tục này. Cộng âm chồng lên nhau cao phải hiểu là tăng độ lớn và sửa đổi cấu trúc âm thanh. Ở cực khác là cộng âm không chồng lên, phải hiểu là sự tách biệt, tách ra, lập lại và lập lại (echo). Một phần chồng là diện tích giãn nở giữa nó khiến chúng ta phải xem xét nguồn nguyên liệu và tần số liên quan. Chúng ta sẽ không bao giờ cảm thấy độ tách nếu nguồn là tạp âm liên tục. Chúng ta có thể thấy nhịp tim tách biệt bằng cách dùng xung tạm thời. Ngưỡng nhận thức thay đổi theo âm nhạc vì nó trộn tín hiệu liên tục và tạm thời với nhau. Ngưỡng tách sẽ nhanh hơn khi tăng tần số, thí dụ: Phản dội rất nhanh có thể làm cho âm thanh của hi-hat thành ra hai nguồn trong khi phải có rất nhiều phản dội để cảm nhận ra có hai âm basse. Đáp ứng tần số quasi-log của bộ phân tích sẽ điều chỉnh cho việc thay đổi nhận thức này bằng cách nắm bắt thời gian ở những tần số thấp lâu hơn. Những tín hiệu đến sau thời gian nắm bắt của bộ phân tích (thí dụ cho tần số cao nhất khoảng 5ms) sẽ coi là tách biệt (được coi là tạp âm không liên quan tới bộ phân tích).



Hình 4.2 Tín hiệu cộng chồng lên nhau: Sự nhận thức về hiệu ứng cộng thay đổi theo lượng tín hiệu chồng

4.1.2 Cộng âm điện và âm thanh -- Electrical vs. acoustical summation

Mặc dù đều áp dụng hầu hết tính chất cộng âm cho hệ thống điện và âm thanh nhưng có vài khác biệt rõ ràng. Cộng âm điện có kích cỡ hình học không đáng kể, trong khi đó không thể xem xét cộng âm âm thanh nếu không có nó. Thêm và bớt điện sẽ in dấu trên tín hiệu ở bất cứ chỗ nào mà dây mang nó. Có thể triệt tiêu nhau hoàn toàn. Bất kỳ điểm đơn nào trong không gian âm thanh sẽ hoạt động như cộng âm điện tử, nhưng đừng mong sẽ thấy cùng dấu vết này ở chỗ khác. Diễn ra việc thêm và bớt cộng âm âm thanh khác nhau ở mọi vị trí trong phòng. Không thể triệt tiêu tại chỗ này mà không cần thêm cho chỗ khác.

Cộng âm

4.1.3 Hướng nguồn âm thanh -- Acoustical source direction

Cộng âm âm thanh bao gồm những tín hiệu đến từ sóng truyền theo nhiều hướng khác nhau (Hình 4.3). Hướng lan truyền tương đối không ảnh hưởng đến mức áp suất âm thanh tại vị trí nhất định. Hướng chuyển động của hạt (cường độ âm thanh) khác với nguồn được tổng hợp từ nhiều vị trí khác nhau nhưng không phải là yếu tố đáp ứng âm thanh tổng hợp (quan tâm của chúng ta trong việc tối ưu hóa hệ thống).

Hướng nguồn tương đối có ảnh hưởng rất lớn đến tính đồng nhất của sự phân phối cộng âm trên toàn bộ không gian. Quan hệ định hướng giữa những nguồn âm thanh này sẽ là yếu tố chính dẫn đến biến đổi tốc độ của cộng âm trên không gian (xem phần 9.1).

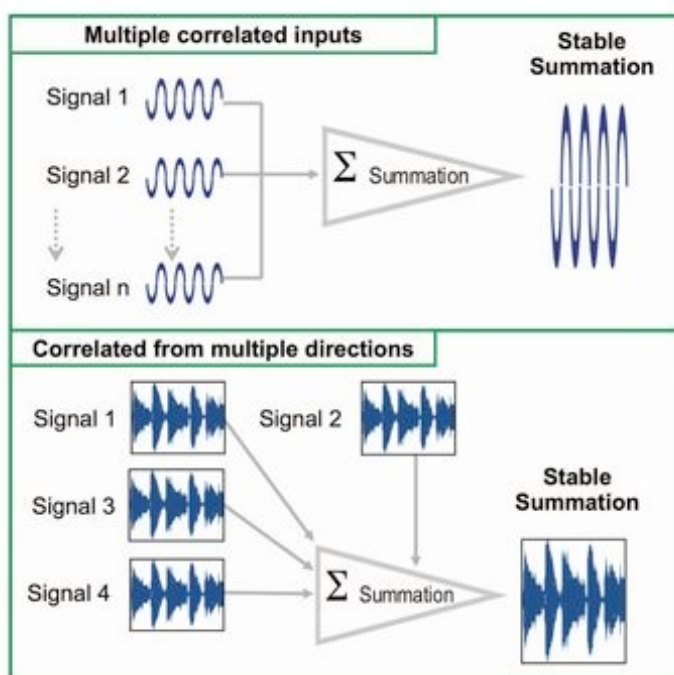
4.1.4 Tính toán cộng âm đơn giản -- Simple summation math

Hãy bắt đầu với cộng và trừ âm thanh. Dạng thức đơn giản nhất là $1 + 1 = 1 (\pm 1)$ * với dấu hoa thị nhắc nhở chúng ta, nó phụ thuộc vào phase tương đối. Sự kết hợp của hai tín hiệu mức độ bằng nhau có thể tăng gấp đôi số lượng, phá vỡ hay mất tất cả. Ba kết quả khác nhau điều khiển bởi giá trị phase tương đối của 0° , 120° và 180° tương ứng. Chúng ta sẽ quay trở lại phase sớm thôi. Bây giờ giả sử phase kết hợp và cô lập cơ chế bổ sung biên độ.

Cộng âm hai nguồn âm thanh tương quan đồng bộ là:

$$\text{Summation} = 20 \times \log_{10} \frac{(A + B)}{A}$$

Trong đó A là tín hiệu mạnh hơn và B là tín hiệu quân bình hay yếu.



Hình 4.3 Cộng âm nhiều input: Không giới hạn lượng input tương quan. Hướng nguồn không ảnh hưởng đến sự ổn định của cộng âm.

Công thức này đòi hỏi máy tính hàm log. Còn bằng không có, chúng ta có thể đọc bảng tham chiếu nhưng không giúp hiểu nó. Vấn đề không phải tại bạn. Chung quy là tại log. Thật tuyệt vời khi theo dõi việc

Chương 4

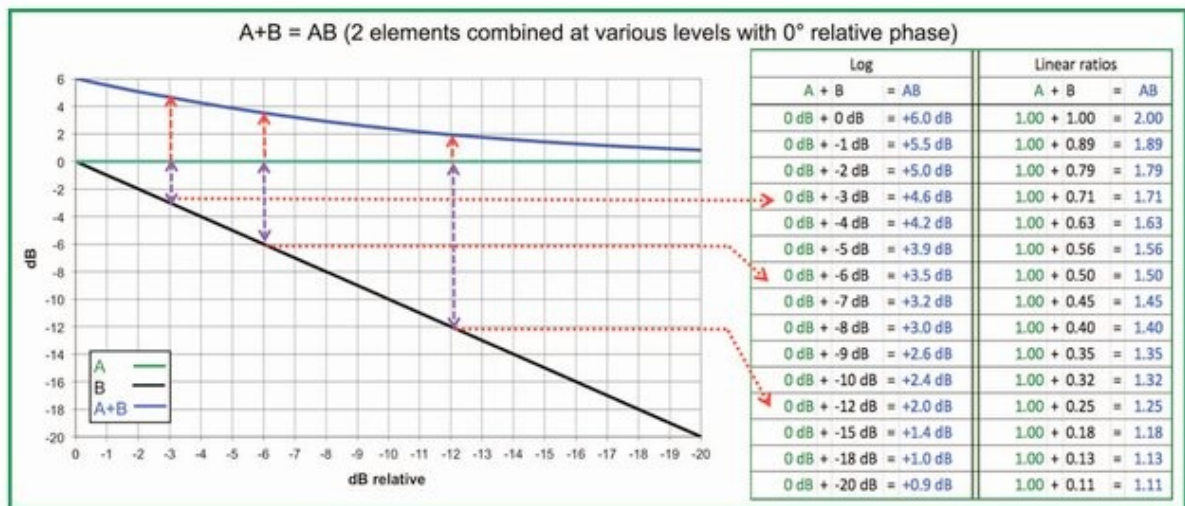
thay đổi mức độ âm thanh, nhưng lại nhột nhèo khi học toán. Tính toán âm thanh sẽ trở thành trực quan sau khi dịch sang tuyến tính trở lại. Chúng ta thường không nhìn thấy mức âm thanh thể hiện dưới dạng tỷ lệ tuyến tính của nó. Nếu làm như vậy, chúng ta sẽ bổ sung hai tín hiệu mức độ bằng nhau là $1 + 1 = 2$. Thay vào đó, chúng ta xử dụng bộ nhớ đã học vẹt cho phương trình tương tự dưới dạng log: $0\text{dB} + 0\text{dB} = +6\text{dB}$. Chúng ta phải nhớ $(-6\text{dB}) + (-6\text{dB}) = 0\text{dB}$, bản dịch của $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$.

Tôi sẽ cá bạn đã không nhớ câu trả lời cho $(-12\text{dB}) + (-12\text{dB})$ nhưng bạn sẽ không gặp rắc rối với $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$ (-6dB). Có mẫu ở đây: Tổng của hai mức độ (và phase) tín hiệu phù hợp là tăng gấp đôi ($2 \times 6\text{dB}$).

Mọi cái thành ra thách thức khi mức độ không phù hợp. Hãy giải $0\text{dB} + (-6\text{dB})$. Bạn có thấy mình nghĩ ra là -3dB không? Giải mã tuyến tính là $1 + 0.5 = 1.5$ ($+3.5\text{dB}$). Đã giải quyết bí ẩn! Sẽ thấy việc chuyển đổi mức tuyến tính sang mức log cho nguồn đơn trong hình 4.4.

Công thức $A + B = AB$ tìm ra gain khi tổng hợp hai nguồn phase phù hợp bằng cách thêm tuyến tính, xử dụng giá trị nguồn đơn. Tất cả việc chúng ta cần là tính mỗi mức độ tương đối (tính bằng dB) rồi chuyển đổi nó ra tuyến tính. Thí dụ, $100\text{dB SPL (A)} + 98\text{dB SPL (B)} = AB$. Bước 1 là ghi nhận độ khác biệt của 2dB . Nguồn (A) được cho giá trị tương đối là 0dB (1) và (B) là -2dB (0,8). Chúng ta cộng nó như $1 + 0.8 = 1.8$. Bảng giải mã cho thấy tỷ lệ tuyến tính là 1.8, tương ứng với độ tăng của 5dB . Cộng âm của chúng ta: (AB) là $100 + 5$ (105dB SPL).

Hình 4.5 là chuyển đổi tuyến tính/log (lập lại 1dB) của $A + B = AB$. Về đẹp của mô hình tỷ lệ tuyến tính là chúng ta không phải dừng lại ở hai. Ba hộp (thùng loa) có mức độ bằng nhau sẽ có tỷ lệ tuyến tính là $3:1$, và bốn hộp là $4:1$. Yes, thật đơn giản (trong tuyến tính). Bản dịch sang log sẽ là $+10\text{dB}$ và $+12\text{dB}$ tương ứng. Chúng ta cũng có thể thêm nhiều nguồn ở nhiều mức độ khác nhau và tìm ra kết quả dễ dàng. Hãy thử $-3\text{dB} + (-6\text{dB}) + (-9\text{dB}) + (-12\text{dB})$. Tìm ra tỷ lệ tuyến tính là $0.7 + 0.5 + 0.36 + 0.25 = 1.81$ (một lần nữa, là 5dB).



Hình 4.5 Tác động mức độ lên hai tổng input ở dạng log và dạng tuyến tính

Hình 4.6 cho phép gain tuyến tính và log với số lượng lên đến 32 đơn vị. Câu hỏi phổ biến về array loa hiện đại liên quan đến hiệu ứng mức độ giảm dần trong vài thùng loa. Câu trả lời, có thể tính gần đúng bằng cách thêm tuyến tính. Thùng loa nào không giảm tính là 1 trong khi những đơn vị nào giảm dần sẽ giảm tỷ lệ tương đương (thí dụ $-3\text{dB} = 0.7$). Thể hiện thí dụ trong hình 4.7, có thể áp dụng cho bất kỳ array nào.

Cộng âm

Multiple input summation reference		
Linear	Log gain*	Example
1	+0 dB	
2	+6 dB	
3	+10 dB	
4	+12 dB	
5	+14 dB	
6	+17 dB	
8	+18 dB	
10	+20 dB	
12	+22 dB	
16	+24 dB	
20	+26 dB	
24	+28 dB	
32	+30 dB	
* All inputs matched in level and phase		

Hình 4.6 Gain của cộng âm nhiều input

8 speakers @ various levels	A	B	C	D	E	F	G	H	SUM	Log gain	Taper loss
8 @ 0 dB	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	8	+18.1 dB	-0.0 dB
7 @ 0 dB, -1dB	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	7.9	+18.0 dB	-0.1 dB
6 @ 0 dB, -1, 2 dB	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.80	7.7	+17.7 dB	-0.4 dB
5 @ 0 dB, -1,2,3 dB	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.80	0.70	7.4	+17.4 dB	-0.7 dB
4 @ 0 dB, -1,2,3,4 dB	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.80	0.70	0.63	7.03	+16.9 dB	-1.2 dB
3 @ 0 dB, -1,2,3,4,5 dB	1.00	1.00	1.00	0.90	0.80	0.70	0.63	0.55	6.58	+16.4 dB	-1.7 dB
2 @ 0 dB, -1,2,3,4,5,6 dB	1.00	1.00	0.90	0.80	0.70	0.63	0.55	0.50	6.08	+15.7 dB	-2.4 dB

Hình 4.7 Thí dụ về bộ giải mã log/tuyến tính về kết hợp mức độ cho tám loa (bỏ qua phase). Giảm dần theo từng bước 1dB. Sự hao hụt có thể từ cộng âm tối đa, thể hiện trong cột cuối cùng.

4.1.5 Tính toán cộng âm phức tạp -- Complex summation math

Chúng ta hãy vượt qua cách nhìn một chiều tới mô hình cộng âm phức tạp bao gồm biên độ và phase. Phase rất quan trọng đến kết quả của cộng âm nhưng chúng ta không đánh giá nó quá cao. Rõ ràng, nó phụ thuộc vào biên độ. Sao lại như thế? Nếu loa của tôi lớn hơn của loa bạn 100dB, thì phase không có nghĩa là nhiều, phải không? Ngược lại, khi loa có mức độ phù hợp, đáp ứng phase sẽ chạy trong show. Đó là hiệp phụ. Nếu chúng ta có người chiến thắng rõ ràng trong thể loại biên độ, thì hiệu ứng phase chỉ là chi tiết. Khi gần tới mức độ, phase sẽ ra quyết định về đáp ứng tần số của tín hiệu và sự phân phối không gian.

4.1.5.1 Hệ số nhân phase -- Phase Multiplier

Thêm phase cho phương trình cộng âm đòi hỏi phải tính toán vượt quá phạm vi của chúng ta ở đây: bổ sung những số thật và số ảo phức tạp. Miễn là có mức độ phù hợp, chúng ta làm mô hình hiệu ứng phase giống như phép nhân tăng phase đơn giản, giảm gain khi bù phase. Đó là khi chúng ta trộn biến bù phase và biến bù mức độ với nhau để đạt tới điểm tính toán phức tạp. Như bạn có thể tưởng tượng, phương trình thật sự là trộn số thật và số ảo, rõ ràng là vi phạm lời hứa sẽ tính toán tối thiểu của tôi.

Chương 4

Sẽ cung cấp bảng kết quả cộng âm về mức độ và phase trong hình 4.8 vì vậy chúng ta có thể có câu trả lời mà không cần đào sâu hơn nữa, nhưng chúng ta có thể tách vài lớp ra và nó trợ giúp sự hiểu biết cho chúng ta mà không làm những nhà toán học biểu tình bên ngoài hội trường.

Có thể mô phỏng cộng âm đơn giản ở hai cực phase bằng cách thêm yếu tố nhân thứ cấp để cộng thêm tuyến tính mà chúng ta đã thực hiện trước đây. Nhớ lại công thức tuyến tính đơn giản: $1 + 1 = 1 (\pm 1)$ *, trong dạng chữ cái là $A + B = AB$. Hãy thêm vào hệ số nhân "a" như $(A*a) + (B*b) = AB$. Vì mọi cái ở đây đều tương đối, chúng ta tự động đặt cả hai giá trị "A" và "a" thành 1, giảm phương trình của chúng ta thành $1 + (B*b) = AB$. Hệ số nhân là 1 cho 0° và -1 cho 180° tương ứng. Hãy làm hai cộng âm mức độ phù hợp với độ lệch (bù) phase 0° và 180° tương ứng:

Thêm tối đa (0°): $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (1*1)$ là $1 + 1 = 2 (+6\text{dB})$

Trừ tối đa (180°): $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (1*(-1))$ là $1 - 1 = 0 (-\infty\text{dB})$

Bài tập này cho thấy vai trò của bù phase khi thêm tối đa (ghép) và phép trừ (triệt tiêu).

Bây giờ chúng ta hãy tính hệ số bù bằng cách biến "B" xuống 6dB:

Thêm tối đa (0°): $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (0.5*1)$ là $1 + 0.5 = 0.5(+3.5\text{dB})$

Trừ tối đa (180°): $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (0.5*(-1))$ là $1 - 0.5 = 0.5(-6\text{dB})$

Bây giờ, chúng ta thấy rằng nếu không có mức độ phù hợp, hiệu ứng của cộng âm và trừ phase sẽ giảm đi.

Đi tới mức tiếp theo bằng cách biến "B" xuống 12dB:

Thêm tối đa (0°): $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (0.25*1)$ là $1 + 0.25 = 1.25(+2.0\text{ dB})$

Trừ tối đa (180°): $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (0.25*(-1))$ là $1 - 0.25 = 0.75(-2.5\text{dB})$

Tại thời điểm này, chúng ta có đủ độ chênh lệch về mức độ để giảm hiệu ứng bù phase xuống dưới $\pm 3\text{dB}$. Chúng ta đã đạt được sự cách ly có hiệu quả, nghĩa là không xảy ra thêm hay trừ đáng kể, khu vực tăng tính trung lập với bù phase.

Những phương trình đơn giản này mang lại kết quả tương tự như phiên bản phức tạp ở hai cực phase 0° và 180° . Hệ số phase là con số từ 1 đến -1 cho tất cả giá trị phase khác nhưng nó thay đổi theo mức độ tương đối nên không thể gắn số duy nhất với giá trị phase cụ thể nào. Tuy nhiên, chúng ta có thể ước lượng hệ số nhân với số đơn cho độ bù phase 90° hay nhỏ hơn và ở $\pm 0.5\text{dB}$ của kết quả phức tạp. Nếu chưa đủ gần thì xử dụng công thức đầy đủ, như sau:

$$\text{Re}_n = 10^{\left(\frac{L_n}{20}\right)} \cdot \cos(\Phi_n)$$

$$\text{Im}_n = 10^{\left(\frac{L_n}{20}\right)} \cdot \sin(\Phi_n)$$

$$\sum_{\text{Re}_n} = \text{Re}_A + \text{Re}_B + \dots + \text{Re}_n$$

$$\sum_{\text{Im}_n} = \text{Im}_A + \text{Im}_B + \dots + \text{Im}_n$$

$$L_\Sigma = 20 \cdot \log\left(\sqrt{\sum_{\text{Re}_n}^2 + \sum_{\text{Im}_n}^2}\right)$$

Cộng âm

Hệ số nhân phase giản thể

- $0^\circ = 1$: thêm vào B ở mức thật tế của nó.
- 30° xấp xỉ 0.92 ($\pm 0.15\text{dB}$): thêm vào B bằng giá trị nhỏ hơn -1dB dưới mức thật.
- 60° xấp xỉ 0.7 ($\pm 0.25\text{dB}$): thêm vào B bằng giá trị suy giảm là -3dB dưới mức thật.
- 90° xấp xỉ 0.35 ($\pm 0.5\text{dB}$): thêm vào B bằng giá trị ảo là -9dB dưới mức thật.
- 120° bằng 0 khi mức bằng nhau (vì vậy không thêm gì vào B) và trừ đi một chút là mức bù.
- 150° : trừ B đi từ A nhưng tốc độ quá cao so với mức độ đơn giản hóa.
- $180^\circ = -1$: trừ B đi từ A ở mức thật tế.

Bây giờ chúng ta hãy so sánh 1dB của bù mức độ (một mình) với 30° của bù phase (một mình) và hình dung bù phase bắt chước hiệu ứng bù mức độ ra sao.

B được bù -1dB @ 0° : $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (0.89*1)$ là $1 + 0.89 = 1.89$ (+5.5dB)

B được bù 0dB @ 30° : $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (1*0.92)$ là $1 + 0.92 = 1.92$ (+5.7dB)*

* *Kết quả phương trình phức tạp khác bằng 0,04dB.*

Vì vậy, thêm 30° của bù phase là như biến loa B xuống và thêm dB. Khi từng cặp hiệu ứng -1dB này đã kết hợp, kết quả tương đương -2dB của mức bù @ 0° :

B được bù -2dB @ 0° : $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (0.8*1)$ là $1 + 0.8 = 1.8$ (+5.2dB)

B được bù -1dB @ 30° : $(A*a) + (B*b)$ là $1 + (.89*0.92)$ là $1 + 0.82 = 1.82$ (+5.2dB)*

* *Kết quả phương trình phức tạp khác bằng 0.03 dB.*

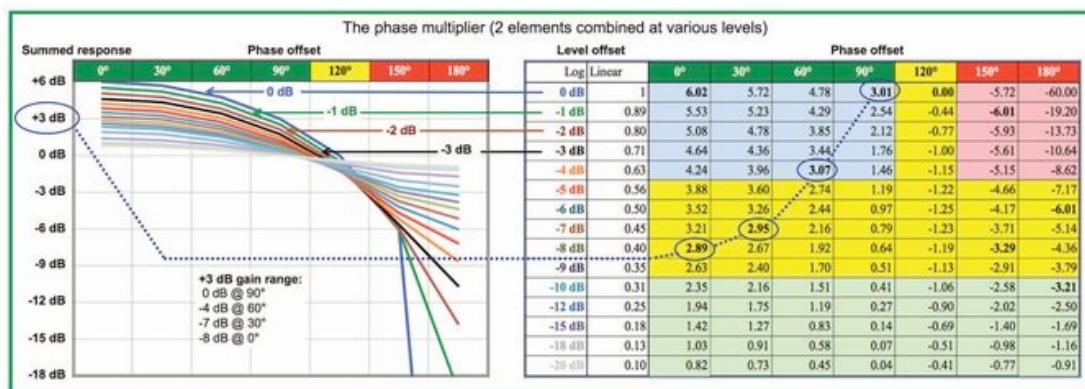
Mục đích ở đây là để coi cách phase khiến thêm cộng âm và trừ khi không có chỗ hờ ra sao. Tính toán đơn giản nói lòng sự hình dung cộng âm khi độ lệch (bù) phase dưới 90° hay gần 180° . Khoảng cách giữa này rất biến động trong bất kỳ trường hợp nào, điều này làm hạn chế lựa chọn của chúng ta ở đó. Nói tóm lại, ở đó có sự hỗn độn lộn xộn.

Rõ ràng, có sự bù phase (và giá trị số nhân với mức bù khác nhau) liên tục giữa những mốc quan trọng 0° và 180° . Có hai dấu hiệu nhỏ hơn khác mà chúng ta có thể sử dụng để giúp hình dung ra. Bảo đảm có cộng thêm khi bù phase $<90^\circ$ và bù mức độ $<6\text{dB}$. Khi bù phase là $>120^\circ$ tất cả kết hợp của bù mức độ cung cấp vài lượng trừ đi.

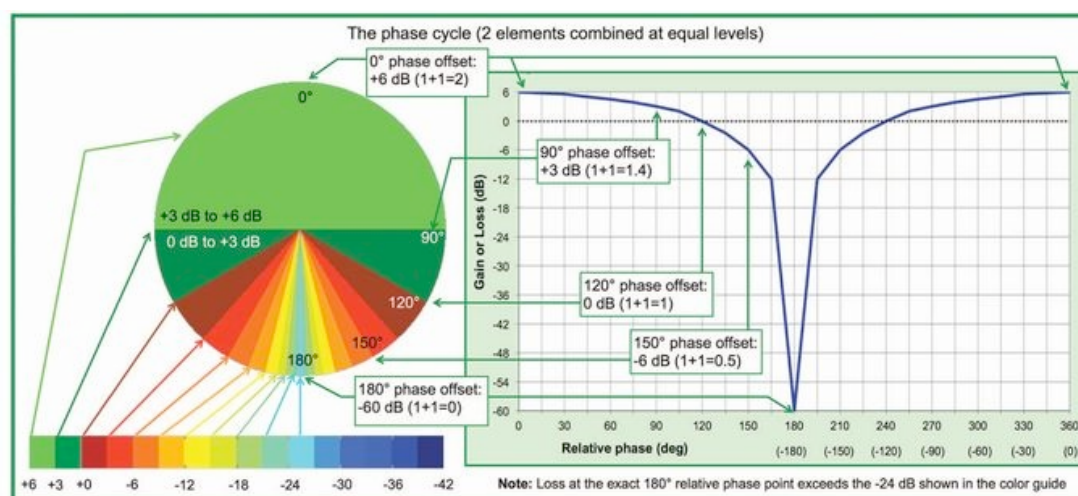
Chúng ta đã thực hiện vài bí ẩn của cả hai cơ chế, biên độ lẫn phase, và đã gộp bù mức độ liên quan trong khoảng 20dB. Đã biên soạn cái này thành bảng tham chiếu (hình 4.8) kết quả cho cộng âm hai chiều (biên độ chính xác 1dB và phase 30°). Đây là chìa khóa giải mã hoàn chỉnh cho việc kết hợp nguồn như loa. Lưu ý, chỉ có một cách đạt được 6dB cộng thêm (0dB @ 0°) trong khi có bốn cách có được +3dB (0dB @ 90° , -4dB @ 60° , -7dB @ 30° và -8dB @ 0°). Về mặt tối, việc giảm hơn 6dB đòi hỏi độ bù pha $>150^\circ$).

Chúng ta có thể vượt qua cộng âm hai phần tử nhưng phải lưu ý, quan hệ phase là thành phần của từng phần tử. Cộng âm ABC chứa bù phase giữa AB, BC và AC. Rõ ràng, AC là duy nhất và lớn hơn. Điều này vượt quá bảng đơn giản nhưng sự hiểu biết về cộng âm hai phần tử sẽ giúp chúng ta có chặng đường dài hướng đến những kết quả có thể đoán trước.

Chương 4



Hình 4.8 Gia đình hệ số nhân cộng âm của đáp ứng về cộng âm hai phần tử. Tìm thấy cộng âm hai cực ở 0dB, 0° và 180°. Hiệu ứng cộng và trừ sẽ giảm khi mức độ giảm. Lưu ý, có thể đạt cộng âm +3dB theo bốn cách (0dB @ 90°, -3dB @ 60°, -7dB @ 30° và -8@ 0°).



Hình 4.9 Chu kỳ phase

4.1.5.2 Hiệu ứng chu kỳ phase trên cộng âm -- Phase Cycle Effects on Summation

Thời gian và phase có liên quan nhưng không có nghĩa là cùng chung một cái. Thời gian tiến về phía trước theo đường thẳng, trong khi phase đi vòng tròn (Hình 4.9). Nó bắt đầu cùng lúc với thời gian ở 0ms và phase ở 0°. Phase đi qua 359°, resets về 0° và nó có cảm giác ngờ ngợ lại từ đầu. Chúng ta coi hiệu ứng bù phase trên cộng âm giống như hàm số vòng, gọi là "chu kỳ phase". Bản chất hình tròn có ý nghĩa quan trọng.

■ Chu kỳ phase bất đối xứng, nghĩa là $\frac{2}{3}$ là cộng và $\frac{1}{3}$ là trừ.

■ Gain và hao hụt (loss) chung bằng nhau nhưng phân phối bất đối xứng, tức là cộng thêm nhỏ và dần dần, trong khi phép trừ là dốc và sâu.

■ Dấu hiệu phase (+ hay -) không làm thay đổi gain hay giảm, tức là -90° cũng giống như +90°. Mức cộng không quan tâm ai đến trước.

■ Biên độ cộng âm dựa trên vị trí hướng tâm trong chu kỳ. Thí dụ, nguồn đến ở 0° và 360° đã khớp vị trí hướng tâm và cộng thêm như 0° và 0°. Tuy nhiên, ở đây có hạn chế không quan trọng, thời hạn

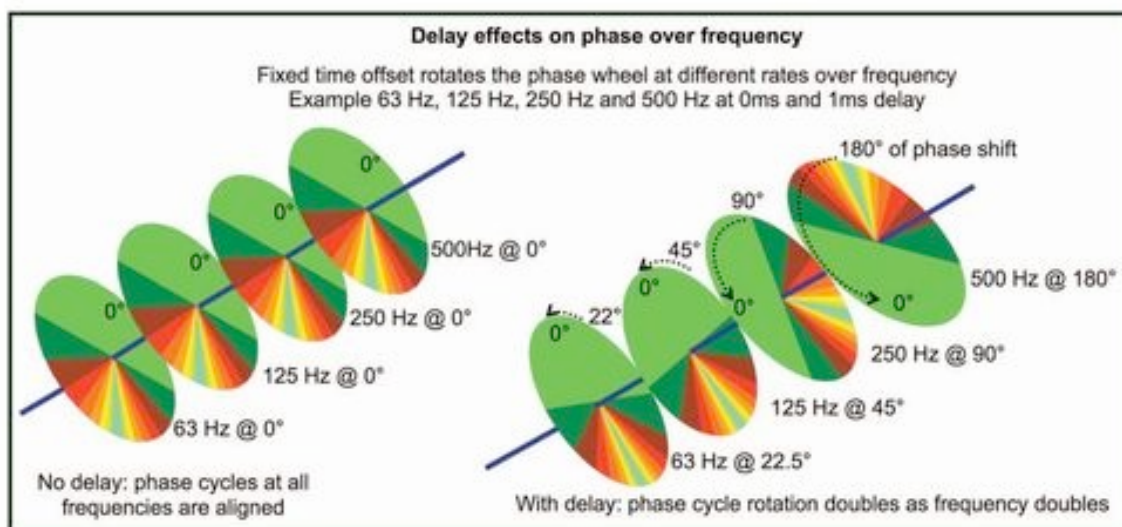
Cộng âm

tín hiệu đặt điểm dừng cuối vào bao nhiêu chu kỳ nào đó, chúng ta có thể rơi phía sau và vẫn cộng thêm mức độ.

4.2 Cộng âm tần số phụ thuộc -- Frequency-Dependent Summation

Chúng ta đã sẵn sàng áp dụng biên độ và hiệu ứng phase vào đáp ứng tần số. Ngay khi giới thiệu bù thời gian giữa nhiều nguồn, có biến bù phase theo tần số. Vài tần số thêm vào trong khi những cái khác trừ đi. Dãy kết quả của peak và dip là dự đoán hoàn toàn được vì nó đi chính xác theo cùng kịch bản mà chúng ta vừa trải qua. Chúng ta chỉ đơn giản phải chạy nhiều con số cho mỗi tần số thay vì chỉ một. Nó không khó như âm thanh, một khi chúng ta nhìn thấy mô hình.

Trước đây, chúng ta đã bù mức độ và bù phase cho hai thành phần. Chúng ta sẽ giữ trao đổi mức độ và bù phase cho bù thời gian (dẫn đến bù phase/tần số). Bù thời gian là tuyến tính và tạo ra bù phase tuyến tính theo tần số. Thí dụ, bù 1ms tạo ra vòng xoay chu kỳ, quay với tốc độ 1kHz. Đó là 360° @ 1kHz, 720° @ 2kHz và v.v. Điều này cũng tạo ra 180° @ 500Hz và 540° @ 1500Hz. tìm thấy cộng thêm tối đa ở mỗi giải 1kHz và trừ tối đa ở điểm giữa tuyến tính giữa những đỉnh (500Hz, 1500Hz v.v).



Hình 4.10 Hiệu ứng bù thời gian trên chu kỳ phase theo tần số

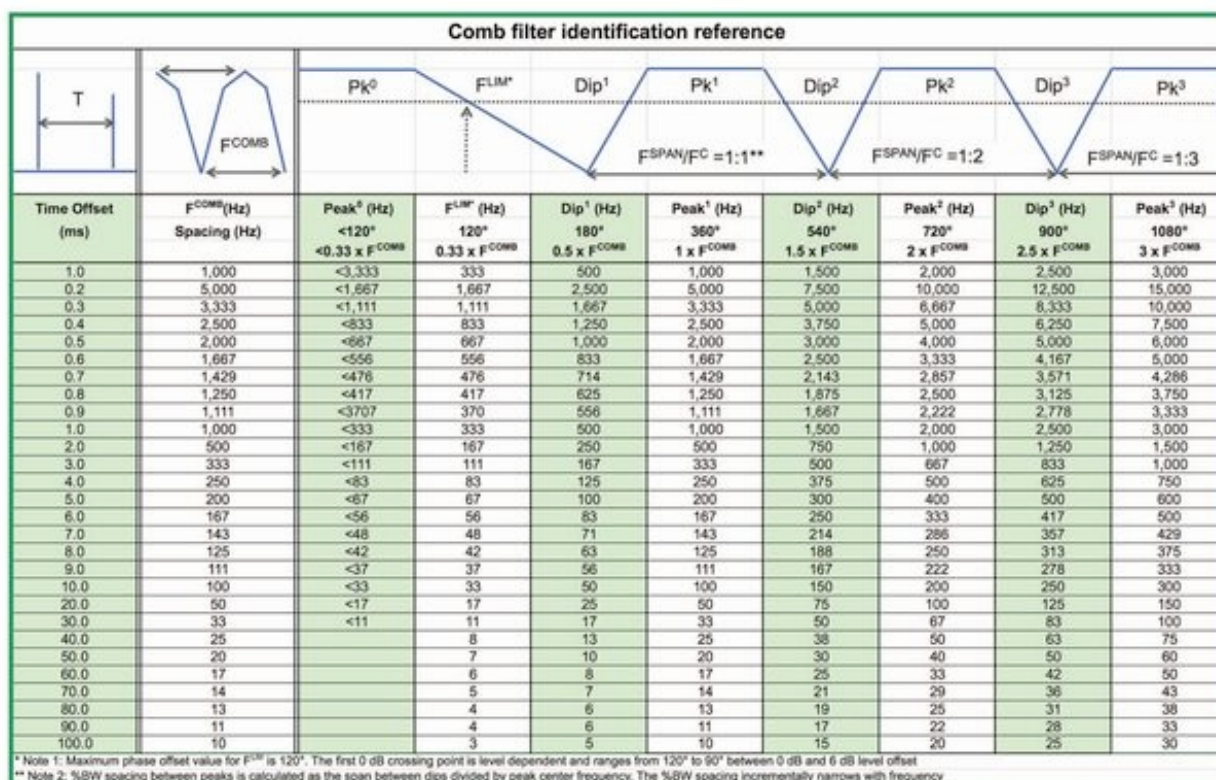
Bù thời gian tạo ra biến phase và cộng âm sinh ra nhiều tên: ghép nối, triệt tiêu và chài (coupling, cancelling and combing) có liên quan với chúng ta nhất. Có thể xử dụng ghép nối và triệt tiêu có chọn lọc theo lợi thế của chúng ta. Chài là sản phẩm phụ, chúng ta làm hết mình để giảm thiểu nó.

Nhớ lại, giải tần số cho hệ thống âm thanh kéo dài tỷ lệ ít nhất 600:1, có kích cỡ (18.000Hz đến 30Hz). Thời gian bù nhất định tạo ra dịch phase ở 18kHz, gấp 600 lần ở 30Hz. Thí dụ 33ms tạo ra 360° (1 chu kỳ) của bù phase ở 30Hz và 216.000° (600 chu kỳ) ở 18kHz. Hãy suy nghĩ về bù thời gian như là trục khuỷu dẫn động 600 tỷ lệ khác nhau. Thời gian duy nhất tất cả xếp hàng với nhau là 0ms (Hình 4.10).

Câu chuyện về bù thời gian tiêu chuẩn giống như câu chuyện lãng mạn. Nó bắt đầu cùng nhau, rồi nó đánh nhau và và cứ lặp lại như vậy. Tiến trình này chuyển động chậm và chúng ta chỉ có vài sự cố nếu thời gian bù nhỏ.

Nếu lớn, chúng ta thấy rất nhiều cái lên và xuống. Bất kỳ thời gian bù nào, dù lớn hay nhỏ, đều bắt đầu tiến triển. Sau khi lần dip đầu tiên xuống đến tầm nghe của chúng ta, show đã bắt đầu (Hình 4.11).

Chương 4



Hình 4.11 Bảng tham khảo hiệu ứng lọc lược (Comb filter)

Câu chuyện bắt đầu ở tần số thấp nhất, giống như ghép nối hạnh phúc cho đến khi độ bù phase đạt đến 120°. Tiếp theo là cuộc chiến đầu tiên (bù phase = 180°), rồi chúng ta lại hạnh phúc lần nữa ở 360°. Xảy ra điểm thấp nữa khi đạt đến 540° và đến khi nó đi. Nếu thời gian bù nhỏ, chẳng hạn như 0.1ms, giải ghép nối đầu tiên sẽ mở rộng tất cả con đường đến 3kHz trước khi rơi vào cái lỗ ở 5kHz và quay trở lại ở 10kHz. Ngược lại, với thời gian bù 10ms, vùng ghép nối tự do chỉ kéo dài đến 30Hz, với sự chài cắt lên tất cả mọi cái trên đó. Hãy đặt tên cho những chương trong chuỗi: ghép nối (peak0), dip1, peak1, dip2 v.v. Nó luôn giữ cùng thứ bậc. Chúng ta chỉ cần điền tần số tương ứng vào cho mỗi lần bù thời gian.

Sự chài trải đều xuyên qua âm phổ, đây là âm phổ tuyến tính. Để cho thính giác log của chúng ta nghe nhiều chương trong chuỗi có âm thanh khác nhau. Vùng ghép nối (peak0) là gain thuần nhất. Dip1 là lỗ lớn nhất và peak1 là bộ điều chỉnh âm điệu dễ nhận ra nhất. Dip và peak tiếp theo đều lần lượt, ít bị nhận dạng như biến thể âm điệu. Peak (và dip) có kích cỡ/tuyến tính, được nhận thức như bị thu hẹp vào tai log của chúng ta. Sự chuyển đổi tuyến tính sang log của khoảng cách giữa chuỗi peak là đảo nghịch của số peak thấp hơn (peak1 đến peak2 là một bát độ (octave), peak2 đến peak3 là ½ octave v.v). Peak rộng là cách dễ phân biệt đặc điểm âm điệu nhất, trong khi peak100 (rộng khoảng 0,01 octave) tại chúng ta sẽ không thể nhận ra có tần số trung tâm nào.

4.2.1 Vùng cộng âm -- Summation zones

Chúng ta đã thấy cách bù thời gian khiến cộng âm tiêu chuẩn, từ ghép nối đến những cột cây số chài dip1, peak1 ra sao rồi... Hãy thêm mức độ tương đối vào mix và tạo ra thư viện những đáp ứng cộng âm tiêu chuẩn đã thấy trong tự nhiên. Nhiều quyết định tối ưu hóa dựa vào việc xác định hành vi cộng âm thật chính xác. Sẽ thực hiện những vùng cộng này qua việc thảo luận về array loa, góc mở, loa subwoofer và thậm chí cho cả phòng (Hình 4.12).

Cộng âm

4.2.1.1 Vùng ghép nối -- Coupling Zone

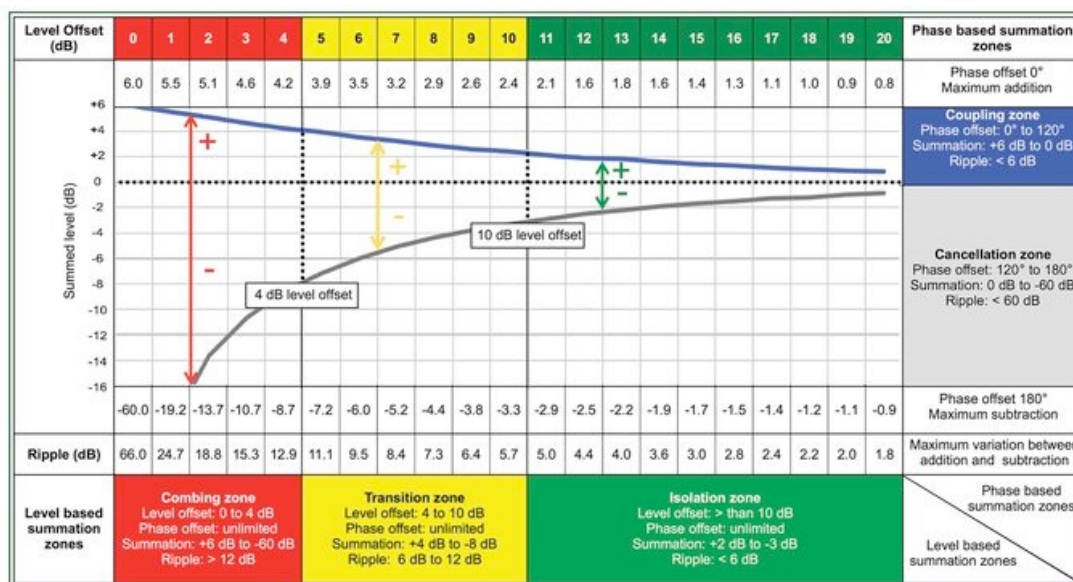
Vùng ghép nối nổi tiếng từ bấy giờ: có tất cả gain, và không hao hụt vì bù phase là $< \pm 120^\circ$. Giải của vùng ghép nối không bị giới hạn bởi bù mức độ nhưng, vì cộng thêm quá nhỏ so với độ bù lớn, chúng ta vẽ đường thẳng ở 10dB. Gain có thể cho 2 yếu tố tối đa là +6dB (độ bù 0dB @ 0°) và tối thiểu là 0dB (ở bất kỳ bù mức độ nào @ 120°). Vùng ghép nối là phương tiện tạo ra thêm năng lượng âm thanh hiệu quả nhất. Giải tần số hiệu dụng tỷ lệ nghịch với sự dịch chuyển nguồn (khoảng cách gần hơn kéo dài giải lên phía trên). Sự phân bố không gian theo khuynh hướng tương tự: Nguồn gần nhau duy trì ghép nối trên diện rộng hơn những vùng xa. Ở mức tối thiểu, phải bảo đảm ghép nối tại đường giữa hai loa ghép thật chính xác (trừ khi đảo ngược một cực).

4.2.1.2 Vùng triệt tiêu -- Cancellation Zone

Vùng triệt tiêu, cạnh tối của vùng ghép, xác định bởi hiệu ứng đối lập của nó: có tất cả độ hao hụt và không có gain. Vùng triệt tiêu chồng lên nhau để tạo ra hao hụt bằng cách giữ bù phase ở phía cạnh trừ. Ứng dụng thật tế bao gồm chống tạp âm và loa subwoofer cardioid. Độ triệt tiêu mạnh (giảm hơn -6dB) đòi hỏi điều kiện gần hoàn hảo: mức độ phù hợp và độ bù phase trong khoảng $\pm 30^\circ$ đến 180° . Tác động thông thường nhất là đảo cực và delay cực, kéo dài triệt tiêu xuống đến tần số thấp nhất.

4.2.1.3 Vùng chải -- Combing Zone

Vùng chải hợp nhất vùng ghép và triệt tiêu. Mức độ gần đủ cho hiệu ứng mạnh (trong vòng 4dB) và đủ bù thời gian cho chu kỳ qua bù phase. Đánh giá vùng chải ở chế độ "kiểm soát thiệt hại": Peak và dip sâu bao nhiêu, giải tần số bị ảnh hưởng bao nhiêu và đã xảy ra cái gì với mô hình bao quát của tôi? Lỗ hỏng chết người của vùng chải là nó không còn cô lập và vẫn có chu kỳ bù phase hoàn toàn. Kết quả đáp ứng tần số bị gợn sóng >12dB. Kiểm soát vùng thiệt hại tốt nhất qua chiến lược tối đa hóa việc cô lập và/hay giảm thiểu thời gian bù.



Hình 4.12 Vùng cộng âm

4.2.1.4 Vùng chuyển tiếp -- Transition Zone

Đúng như tên gọi, vùng chuyển tiếp nối những vùng chồng chéo cao (ghép nối, chải và triệt tiêu) và nơi trú ẩn cô lập. Đó là một trạng thái bán cô lập giữa vùng cô lập 4-10dB, với vòng tua của chu kỳ

Chương 4

phase đầy đủ. Kết quả đáp ứng tần số gọn sóng 6-12dB. Vùng chuyển tiếp xử dụng cách tiếp cận kiểm soát thiệt hại của vùng chải, với biến thể gọn sóng và không gian ít mức độ trầm trọng hơn.

4.2.1.5 Vùng cô lập -- Isolation Zone

Bù mức độ vượt quá 10dB tạo ra sự cô lập, đủ để giảm thiểu hiệu ứng bù phase. Tần số đáp ứng gọn sóng <6dB. Những thuộc tính positive của vùng cô lập bị gọn sóng nhỏ và mô hình bao quát kết hợp dự đoán. Cảnh đi xuống là cộng thêm năng lượng tối thiểu.

4.2.1.6 Vùng cộng âm theo tần số

Hệ thống âm thanh của chúng ta có thể chiếm nhiều vùng cộng âm vì nó trải rộng trên dải tần số 600:1. Một cặp loa mở xéo có thể có ghép LF và cô lập HF do mô hình bao quát biến đổi của nó. Hãy đánh giá vùng bằng cách thêm thời gian bù, điều khiển giải bù phase trên tần số. Chúng ta cũng sẽ thêm độ nghiêng âm phổ lên phía bù mức độ của phương trình: lọc HF xuống để quan sát cộng âm ghép tần số thấp và cô lập tần số cao.

Sự tương tác này có thể tiến triển qua bốn trong số năm loại cộng âm trong quy trình đáp ứng full-range. Hãy xử dụng thời gian bù 1ms làm thí dụ. Cộng âm cho vùng ghép ($\leq 120^\circ$) mở rộng đến 333Hz, sau đó vùng chải còn lại của đường lên. Hãy thêm một filter cuộn HF lên một trong những nguồn để tạo ra bù mức độ với tần số. Sự tiến triển của vùng bây giờ đi từ ghép đến chải đến chuyển tiếp (khi filter đạt đến 4dB) và cuối cùng là cô lập (10dB). Sự tiến triển của vùng này sẽ là một chủ đề chính trong sách này vì nó là chuỗi sự kiện tiêu chuẩn cho sự tương tác cộng âm thanh.

Chuỗi đáp ứng tần số trong hình 4.13 đến 4.14 đóng vai trò như tự điển về họ hàng vùng cộng âm. Hiệu ứng tần số và mức độ thật tế biến đổi liên tục. Dấu vết đại diện cho mốc quan trọng và sẽ hạ xuống thành biểu tượng để xử dụng trong phần còn lại của sách này, để chỉ định vị trí trong hội trường hay chung quanh array, nơi có điều kiện gây ra việc nó tồn tại. Chúng ta cần thông thạo những biểu tượng này để xác định nó bằng bộ phân tích trong tự nhiên. Hãy nghĩ về nó như là "bạn ở đây" trên bản đồ tương tác không gian/âm phổ của chúng ta.

Biểu tượng kết hợp với nhau trong đồ thị xác định vị trí vùng cộng âm thành phối cảnh tổng thể về bù thời gian và bù mức độ (Hình 4.15). Rút ra chiến lược thiết kế và tối ưu hóa từ quan hệ này. Chiến lược thành công trong việc chuyển từ vùng ghép (dưới bên trái) và di chuyển dọc theo con đường dẫn đến sự cô lập mức độ khi thời gian bù tăng lên (phía dưới bên phải). Nếu thời gian bù tăng lên mà không thực hiện bù mức độ cho đủ thì chúng ta sẽ thấy chính mình trong vùng chải dễ bất ổn định (phía trên bên trái).

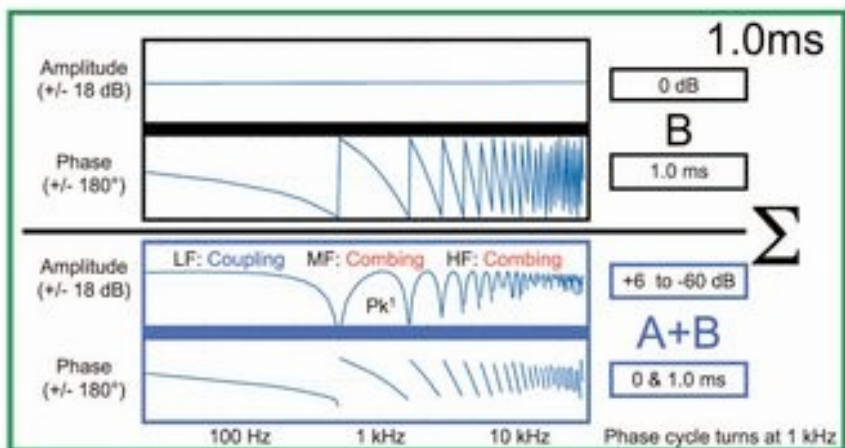
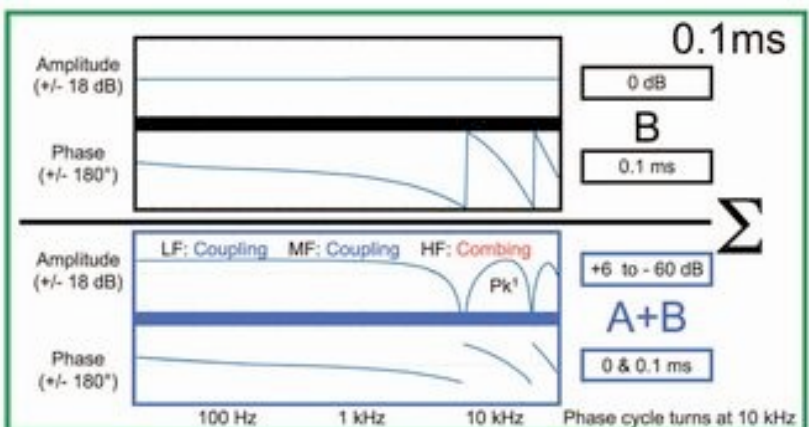
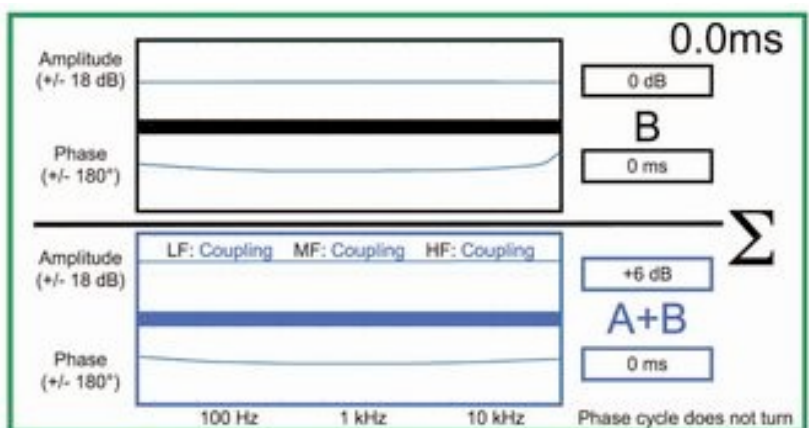
4.2.1.7 Tóm lược âm phổ vùng cộng âm -- Spectral Summation Zone Summary

Sự tiến triển của vùng cộng âm phổ tiêu chuẩn phải luôn làm mới trong đầu.

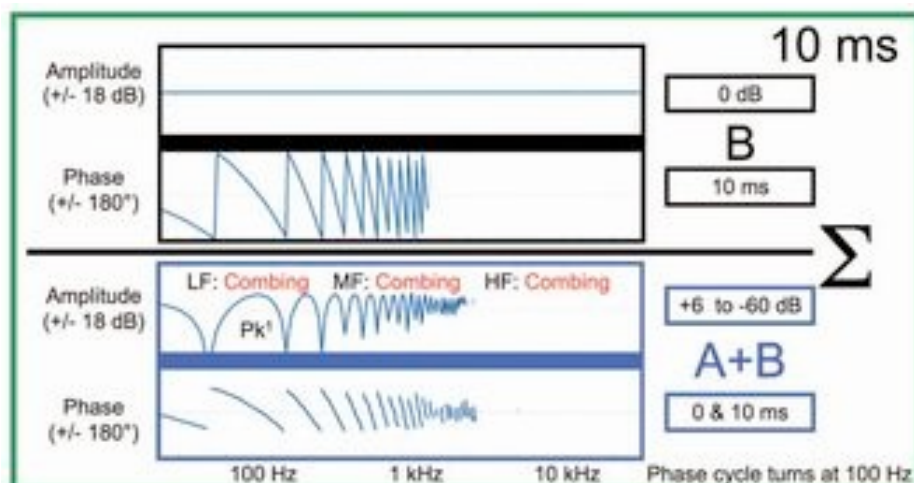
Tóm lược vùng cộng âm

- Tần số chải (F) = 1/thời gian bù.
- Vùng ghép kéo dài đến bù phase 120° ($1/3F$ là điểm cuối của peak0).
- Vùng chải bắt đầu ở bù phase 120° nếu bù mức độ là ≤ 4 dB. Dip1 = $\frac{1}{2} F$, peak1 = F.
- Vùng chuyển tiếp bắt đầu ở bù phase 120° khi bù mức độ khoảng 4 đến 10dB.
- Vùng cô lập bắt đầu ở bù mức độ 10 dB bất kể bù phase ra sao.

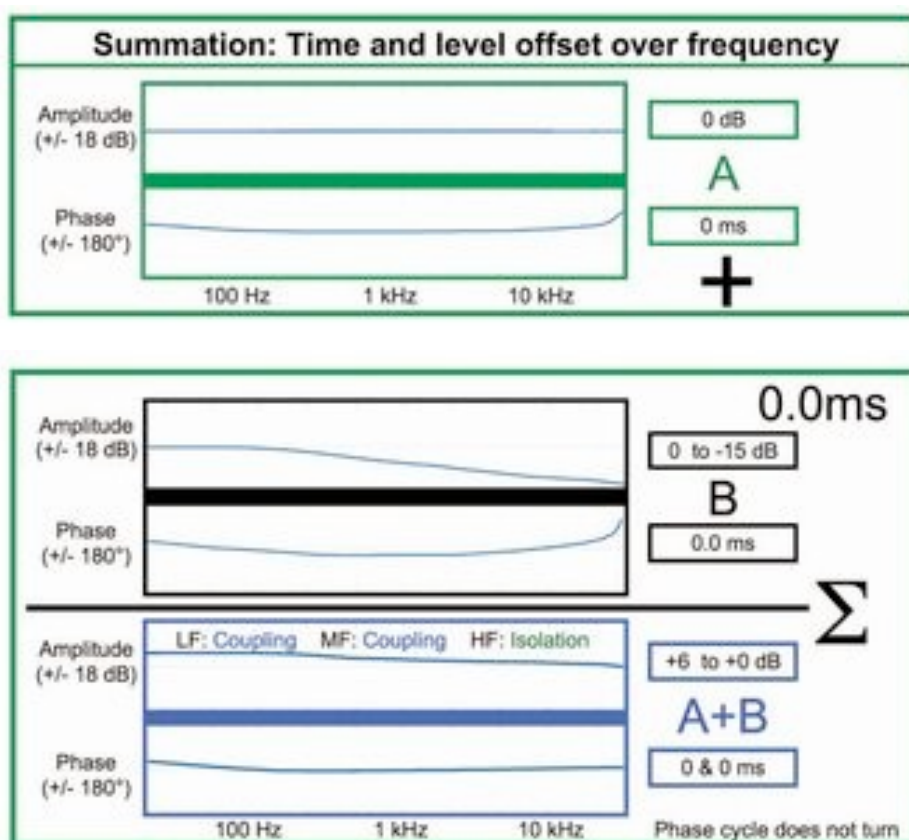
Cộng âm



Chương 4



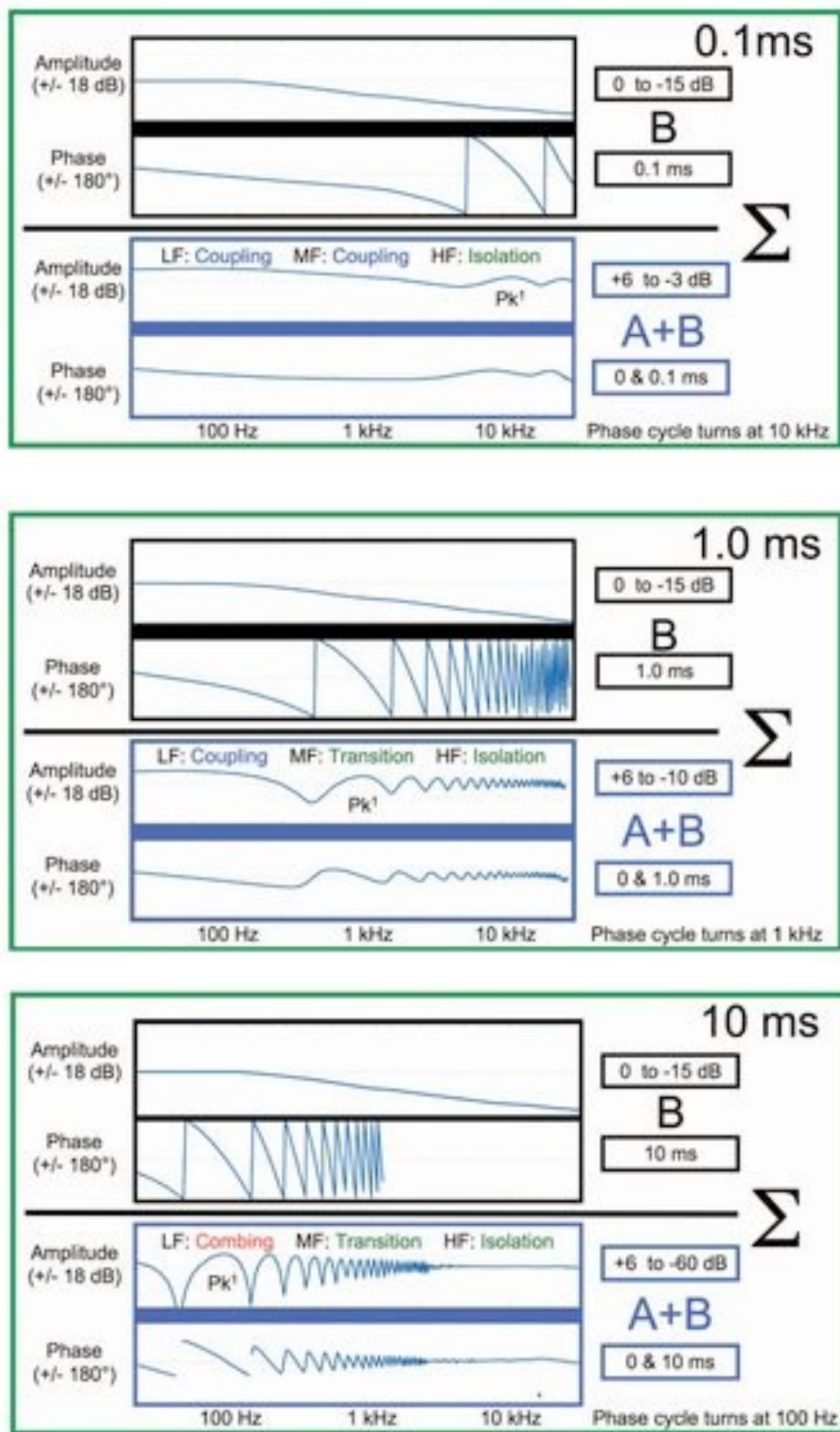
Hình 4.13 Vùng cộng về tần số (A + B) với mức độ phù hợp và bù thời gian thay đổi là 0-10ms



4.2.2 Hình học về cộng âm -- Summation geometry

Cộng âm âm thanh ở khắp nơi, theo nghĩa đen. Nó chứa khía cạnh không gian không thấy bên trong đoạn dây, chẳng hạn như mô hình bao quát của từng loa và sự dịch chuyển giữa nó. Một lần nữa, nó rất phức tạp, nhưng không ngẫu nhiên. Chúng ta sẽ thấy bù mức độ, bù thời gian và bù phase sẽ xác định vị trí âm thanh đang đi và cộng thêm hình học vào chìa khóa giải mã của chúng ta.

Cộng âm



Hình 4.14 Vùng cộng về tần số (A + B) với mức độ không phù hợp và bù thời gian thay đổi là 0-10ms