DREAM THEATRE
• ทพ. พงศ์ศิพจักร์ เชื้อเจ็ดองค์

SOLUTIONS TO STANDING WAVES

หลังจากฉบับที่แล้ว ผมได้ทิ้งท้ายว่า... สัดส่วนของห้อง Home Theater ถ้าไม่เหมาะสมจะทำอย่างไร ก่อนที่จะพูดถึงการแก้ปัญหานี้ เราต้องมาทำความเข้าใจต้นตอของปัญหาก่อนครับ

โดยปกติห้อง Home Theater ของเราที่อยู่ในบ้าน มักเป็นห้องหนึ่งในบ้าน หรือมุมสักมุมในบ้าน ที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก

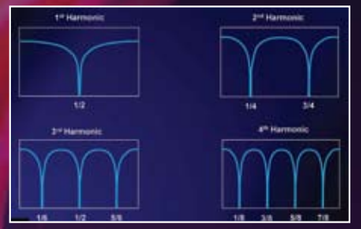
ดังนั้น ปัญหาของเสียงที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในห้องขนาดเล็กก็คือ Standing Waves หรือที่เรียกกันบ่อยๆ ว่า Room Modes บางครั้งก็อาจเรียกว่า Bass Modes ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เสียงเดินทางสะท้อนไปมาระหว่างผนังตั้งแต่สองผนังขึ้นไป และเมื่อระยะห่างระหว่างผนังมีค่า 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 ฯลฯ เท่าของความยาวคลื่นหนึ่งๆ

มันก็จะเกิดการเพิ่มพลังงานเสียงที่ความถี่นั้นๆ ขึ้นในบางตำแหน่ง และหักล้างคลื่นเสียงความถี่นั้นๆ ในบางตำแหน่ง เมื่อสะท้อนกลับไปมาหลายๆ รอบ (resonant behavior) เช่น เมื่อระยะห่างระหว่างผนังสองข้างมีขนาดเท่ากับ ½ ของความยาวคลื่น พลังงานที่สะท้อนไปมา ก็จะเพิ่มขึ้นบริเวณใกล้ผนังทั้งสองด้าน ซึ่งเราเรียกว่า peak หรือ node ส่วนบริเวณตรงกลางคลื่นก็หักล้างกัน เกิดเป็นบริเวณที่มีค่าพลังงานเสียงน้อยกว่าบริเวณอื่น เราเรียกว่า dip หรือ null หรือ anti node

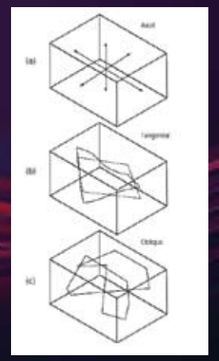
เมื่อนำมาวาดเป็นรูปให้เข้าใจได้ง่ายก็จะเป็นดังรูป ตรงกลางเป็นตำแหน่ง dip ส่วนริมผนังทั้งสองข้างเป็นบริเวณที่มีพลังงานมากกว่าบริเวณอื่น แต่พลังงานทั้งสองข้างของ dip เป็นขั้ว (Polarities) ที่ตรงข้ามกัน โดยเราเรียกการเกิด resonance ที่ ½ ของความยาวคลื่นนี้ว่าเป็น First Harmonic หรือ First Mode

เช่นเดียวกัน เมื่อเกิด resonance ที่ 1, 1.5, 2 เท่าของความยาวคลื่น ก็จะทำให้เกิด 2nd Harmonic, 3rd Harmonic และ 4th Harmonic ตามลำดับ

ห้องทุกห้องล้วนมี standing waves แต่จะทำให้เกิดปัญหากับเสียงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับขนาดสัดส่วนของห้องว่าทำให้เกิดการ Resonances ที่ความถี่ใดความถี่หนึ่งมากเกินความถี่อื่นๆ หรือเปล่า นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและความแข็งของผนังอีกด้วย ผนังที่แข็งและมีหนาแน่นสูงทำให้เกิดการสะท้อนของพลังงานเสียงมากกว่าผนังที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า เช่น ผนังคอนกรีตจะทำให้พลังงานคลื่นเสียงสะท้อนออกมาได้มากกว่าไม้แท้, ไม้อัด, ยิปซัม, ผนังที่รองพื้นด้วยยางหรือ isolation clip อย่างที่เคยอธิบายในฉบับที่แล้ว



นอกจาก room mode เกิดจากการ resonance ของผนังคู่ใดคู่หนึ่งในห้อง เช่น ระหว่างผนังด้านยาว, ระหว่างผนังด้านกว้าง หรือระหว่างผนังด้านสูงแล้ว (axial length, axial width, axial height mode) ก็จะเกิดการสะท้อนจากผนังสองคู่ได้เช่นกัน เช่น สะท้อนกันระหว่างผนังด้านกว้างและผนังด้านยาวทั้งสี่ด้านร่วมกัน (Tangential mode) หรือไม่ก็เกิดจากการสะท้อนของพื้นกับเพดานร่วมด้วย เป็นการสะท้อนของผนังทั้งหกด้านเลย (Oblique mode) แต่พลังงานก็จะลดลงตามจำนวนของผนังที่สะท้อน ดังนั้น axial modes จึงเป็นmode ที่มีพลังงานมากที่สุด ตามมาด้วย tangential modes และน้อยที่สุดใน oblique mode ที่มักไม่ค่อยพบว่าเป็นปัญหาในห้องขนาดเล็กเลย ส่วน tangential modes ก็อาจพบได้บ้าง ถ้าผนังมีความแข็งและความหนาแน่นสูง หรือต้นกำเนิดเสียงมาจากหลายตำแหน่งและความถี่ตรงกันพอดี ดังนั้น เราจึงพูดได้ว่า axial modes เป็น modes ที่เราควรให้ความสำคัญที่สุดในห้องขนาดเล็ก



Standing Waves เป็นสาเหตุของ...

1. การสะท้อนก้องของเสียงในห้อง (Resonances)
2. การตอบสนองของห้องต่อคลื่นเสียงในความถี่ต่างๆ ไม่เท่ากัน (Uneven frequency response)
3. เสียงความถี่ต่ำไม่มีแรง (Poor bass impact)
4. ตำแหน่งนั่งฟังแต่ละที่มีเสียงเบสที่ต่างกัน (Different bass at each seat)
5. ปัญหาทั้งหมดมักอยู่ระหว่างความถี่ 30Hz – 200Hz

เราไม่สามารถกำจัด Standing Waves ให้หมดไปจากห้องได้ แต่เราสามารถควบคุมและลดความรุนแรงของมันได้ โดยวิธีการดังต่อไปนี้...

1. เปลี่ยนอัตราส่วนของห้องเพื่อลดการซ้อนกันของความถี่ที่เกิด mode ต่างๆ (Minimizes over lapping frequencies) แต่ถ้าเป็นห้องที่เราไม่สามารถเปลี่ยนตรงนี้ได้ ก็คงต้องใช้วิธีในข้อต่อๆ ไป
2. เปลี่ยนตำแหน่ง subwoofer เพื่อลดพลังงานในความถี่ที่เกิด mode รุนแรง (Drive mode out-of-phase to reduce relative amplitude) หรือใช้ subwoofer หลายตัว
3. ย้ายตำแหน่งนั่งฟังให้ห่างจากตำแหน่ง Dip และ Peak
4. ใช้วัสดุพวกดูดซับเสียงบุผนัง (bass absorption) หรือทำผนังที่ดูดซับเสียง (absorptive-walls)
5. ใช้เทคนิคการวัดเสียงขั้นสูง transfer-function measurements วัดเสียงลำโพงแต่ละตัวในแต่ละตำแหน่งนั่งฟัง เพื่อ optimization algorithms ต่างๆ
6. Equalized เป็นทางเลือกสุดท้าย

ผมจะค่อยๆ อธิบายในรายละเอียดในแต่ละหัวข้อไปเรื่อยๆ นะครับ

เริ่มจากข้อแรกก่อน เรื่องการหาอัตราส่วนห้องที่เหมาะสม โดยหลักการแล้ว การเปลี่ยนความยาว (p) ความกว้าง (q) ความสูง (r) ของห้องก็เพื่อให้ resonance frequencies มี mode กระจายห่างกันมากกว่า 5% ปัญหาคือ... แล้วเราจะหา mode มันอย่างไรล่ะ เห็นคนอื่นๆ เขาใช้โปรแกรมหาสัดส่วนห้องกันก่อน แล้วใช้เครื่องมือวัดเสียงวัดอีกครั้งหนึ่ง แต่ครั้นจะซื้อโปรแกรมหรือเครื่องมือมาใช้เองก็ไม่คุ้ม เพราะใช้แต่ห้องเราห้องเดียว จะถามผู้รู้ก็ไม่รู้จักใคร อันนี้คงเป็นปัญหาของนักเล่นมือใหม่ทุกคน

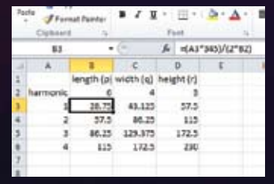
ผมขอเสนอวิธีคำนวณง่ายๆ แต่มีประสิทธิภาพมาให้ลองใช้เบื้องต้นกันดูก่อน เพราะความจริงแล้วโปรแกรมเหล่านี้ก็ใช้หลักการจากสูตรพื้นฐาน Physics เรื่องเสียง คือ...

Equation:
F = n1130/2D (in ft)
F= n345/2D (in m)
โดย F คือความถี่
n คือ Harmonic ที่ n
D คือ ระยะห่างระหว่างผนัง

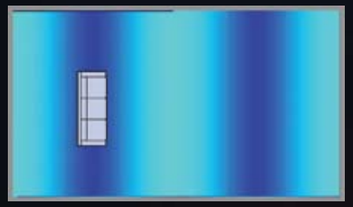
โดยเมื่อเราได้ขนาดของห้องแล้ว เราก็แทนค่าในสูตรเพื่อหา mode ในแต่ละ harmonic เพื่อหา mode ที่มีค่าใกล้เคียงกัน (น้อยกว่า 5%) เราก็จะสามารถหาตำแหน่งที่เกิด peak หรือ dips ในแต่ละ harmonics ได้ อ่านดูอาจจะงงนะครับ ทดลองทำจริงๆ ตามนี้นะครับ

ขั้นแรกเปิดโปรแกรม Microsoft Excel ขึ้นมา ใส่ข้อมูลพื้นฐานทั้งด้าน Row และ Column ดังรูป แล้ว Insert Function (A3*345)/(2*B2) ลงในช่อง B3 ทำการ copy Function นี้ ไปครอบคลุมทั้ง B3 - D6 ดังนั้น เมื่อเราเปลี่ยนสัดส่วนความกว้าง ความยาว ความสูง ที่ B2, C2, D2 ค่าความถี่ในตารางก็จะเปลี่ยนไปดังแสดงในรูป ในที่นี้เราหาแค่ 4th harmonic ก็น่าจะเพียงพอ เมื่อเราได้ค่าความถี่ใน harmonic ต่างๆ แล้ว เราก็มาแปลผลกัน เป็นไงครับ แค่นี้เราก็จะได้เครื่องมือในการหา room mode ง่ายๆ แบบไม่ต้องเสียตังค์ซื้อเลย แค่เปลี่ยนตัวเลขความยาว ความกว้าง ความสูง ของห้อง ค่าความถี่ที่ resonance ก็จะออกมาเอง ไม่ต้องนั่งเสียเวลามาคำนวณทีละค่า

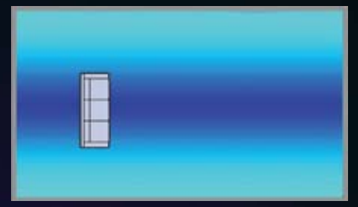
ยกตัวอย่างจากตารางนี้ที่เราสมมติว่า ห้องมีความยาว 6 เมตร, กว้าง 4 เมตร, สูง 3 เมตร จะพบว่ามีความถี่ 57.5Hz ซ้อนกันที่ 2nd length mode กับ 1st height mode เมื่อนำไปเทียบกับรูป harmonic ข้างต้น ก็พบว่าบริเวณที่เป็น dip ของห้องนี้คือ ½ ของความสูง ส่วนความยาวจะมี dip ที่ ¼ และ ¾ ของความยาวห้อง ความสูงคงไม่เป็นปัญหา เพราะตำแหน่งนั่งฟังคงไม่อยู่สูงถึงกลางห้อง แต่ต้องระวังในด้านยาว เพราะการวางตำแหน่งนั่งฟังตรงบริเวณสีฟ้าเข้มในรูป ซึ่งเป็นบริเวณ dip ของห้อง หรือบริเวณสีฟ้าอ่อนจะเป็นตำแหน่ง peak ของห้อง ส่วน mode อื่นๆ เช่น ที่ 86.25Hz ก็ใช้หลักการเดียวกันในการคิด



B3		=(A3*345)/(2*B2)		
	A	B	C	D
1		length (p)	width (q)	height (r)
2	harmonic	6	4	3
3	1	28.75	43.125	57.5
4	2	57.5	86.25	115
5	3	86.25	129.375	172.5
6	4	115	172.5	230
7				

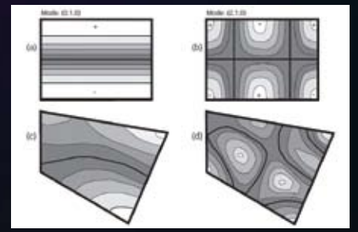


นำมาเขียนให้ดูสากลหน่อย ก็เขียนสัญลักษณ์ mode แบบนี้ได้เป็น (2, 0, 0) เพราะเขาจะเขียน harmonic เรียงตาม (p, q, r) และสมมติถ้าห้องของเราได้ mode ออกมาเป็น (0, 1, 0) ก็จะได้ dip กับ peak ของ 1st wide mode ในห้อง ดังรูปนี้



ดังนั้นถ้าห้องเรามี mode เป็น (2,1,0) แสดงว่ามีทั้ง 2nd length mode และ 1st wide mode อยู่ด้วยกันรูปแบบมันก็คือนำทั้งสองภาพมาซ้อนกัน เราก็จะสามารถคาดเดาตำแหน่งที่เป็น good harmonic ในห้องได้

แต่อย่าลืมว่า การคำนวณแบบนี้ใช้ได้กับห้องที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมมุมฉากเท่านั้นนะครับ ถ้าเป็นรูปร่างอื่นๆ เราไม่สามารถคำนวณด้วยวิธีง่ายๆ อย่างนี้ บางทีในห้องที่รูปร่างแปลกมากๆ อาจต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงมากในการคำนวณ เพราะ mode ของมันจะเป็นรูปแบบที่ซับซ้อน ดังตัวอย่างข้างล่างจะเป็น mode (0, 1, 0) กับ mode (2, 1, 0) ของห้องสี่เหลียมทั่วไปเทียบกับห้องที่เป็นสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า จากภาพเราจะเห็นว่าห้องที่มีรูปร่างไม่สมมาตร mode ในห้องก็จะมีรูปร่างไม่แน่นอน ทำให้เราคาดเดาตำแหน่ง mode ของห้องไม่ได้ การที่จะหาตำแหน่งวางลำโพง ตำแหน่งนั่งฟัง หรือแม้กระทั่งตำแหน่งการวางไมค์เพื่อทำ Auto-calibration ก็จะยากยิ่งขึ้น เนื่องจากตำแหน่งเหล่านี้ เราต้องเลี่ยงตำแหน่ง peak และ dip ของ mode ในห้อง



วิธีการหา mode แบบ manual นี้ ขอให้เครดิตกับอาจารย์ของผม John Dahl, director education and senior fellow THX Ltd. ที่ได้สอนใน THX class ให้เข้าใจหลักการพื้นฐานของการหาสัดส่วนห้อง และสามารถเอาไปประยุกต์ใช้ได้ในสถานการณ์จริงๆ

ในฉบับหน้า ผมจะมาต่อในเรื่องวิธีควบคุมและลดความรุนแรงของ Standing Waves ที่น่าสนใจวิธีต่อมา คือ Subwoofer Placement to Reducing Standing Waves โปรดติดตามนะครับ. VDP