DREAM THEATRE
• ทพ. ผงศ์ทิพจักร์ เชื้อเจ็ดองค์

Understanding PHASE

PART 1: Time & Phase Alignment for Home Theater

เขียนออกมาว่ามี Part1 แต่ความจริงก็ไม่รู้จะมี Part2, 3... ต่อไปเรื่อยๆ อีกหรือเปล่า 555 เพราะเรื่อง Phase นี้ค่อนข้างเป็นวิชาการ และน่าเบื่อ ถ้าเราไม่ได้สนใจมันมากนัก ความจริงผมมีความคิดที่จะเขียนเรื่อง Phase มานานแล้ว ปัญหาอยู่ที่เนื้อหาที่ยากและซับซ้อน กลัวว่าเขียนมาแล้วจะยิ่งทำให้งงกัน อย่างไรก็ดี สืบเนื่องจากเนื้อหาที่ผมเคยเขียนในฉบับเดือนกรกฎาคม 2558 Vol. 19 No. 221 เรื่อง “Room Tuning” ก็มีหลายคนสงสัยเรื่องการหาค่า Distance ของลำโพงต่างๆ ในงาน Home Theater ว่าทำไมผมถึงแนะนำให้ใช้ตลับเมตรวัดเอา ใช้วิธีอื่นได้ไหม ผมก็เลยคิดว่าคงต้องมาพูดในเรื่องนี้ต่อเนื่อง แต่ก่อนที่จะตอบคำถามนี้ได้ จำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้ในเรื่อง Phase มาร่วมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ฉบับนี้ ผมเลยจะเขียนเรื่อง Time & Phase Alignment สำหรับใช้ในห้อง Home Theater ซึ่งที่เขียนฉบับนี้ไม่ใช่พื้นฐานเรื่อง Phase ทั้งหมด แต่เป็นแบบที่ประยุกต์นำไปใช้ในห้อง Home Theater เพราะถ้าผมเริ่มพูดจากพื้นฐานคงน่าเบื่อ และก็ไม่รู้ว่าจะเอาไปใช้จริงๆ ได้อย่างไร แต่ถ้ามีคนสนใจก็ค่อยไปกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานเบื้องต้นใน Part ต่อๆ ไปอีกที ถ้ามีโอกาส

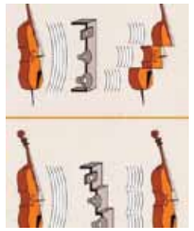
ว่าแล้วขอเพลงประกอบสตาร์วอร์สด้วย จะได้น่าตื่นเต้นหน่อย...

การตั้งค่า Distance ใน AVR หรือ Pre-processor เป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งใน Home theater system tuning ซึ่งการใส่ค่า Distance ไปว่าลำโพงแต่ละตัวอยู่ห่างตำแหน่งนั่งฟังเท่าไหร่ ก็คือการใส่ Time delay เข้าไปเพื่อให้เกิดการหน่วงสัญญาณคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง คือลำโพงต่างๆ หลายๆ แชนเนล จะได้มาถึงจุดนั่งฟังที่มีความถูกต้องเหมาะสมไปด้วยกัน หรือเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Align กัน โดยถ้าเวลามีความถูกต้องสัมพันธ์กันก็เรียกว่า “Time alignment” และถ้ามีความถูกต้องในเรื่องของ Phase ก็เรียกว่า “Phase alignment” โดยทั้งสองสิ่งนี้มีความสัมพันธ์กัน แต่มีพื้นฐานและการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน จึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องรู้ว่าอันไหนใช้ในสถานการณ์ไหนเพื่อจะได้เป็นการตอบโจทย์ได้ถูกต้อง

Time alignment หมายถึงการตรงกันในเรื่องเวลาของสัญญาณคลื่นเสียง เช่น เสียงจากลำโพงทั้งสองมาถึงพร้อมกันที่ตำแหน่งนั่งฟังในเวลา 14 milliseconds (ms) ส่วน Phase alignmen แสดงถึงความเข้ากันของตำแหน่ง Phase ของสัญญาณคลื่นเสียงทั้งสองคลื่นโดย Phase ของเสียงจะสื่อมาจากตำแหน่งองศารอบๆ วงกลม 360 องศา เช่น คลื่นเสียงทั้งสองเมื่อมาถึงจุดนั่งฟังจะมีค่า Phase ของเสียงอยู่ที่ 90 องศาเท่ากัน ด้าน Time alignment ส่วนมากจะใช้เมื่อลำโพงของเราทั้งหมดมีลักษณะเหมือนกัน เป็นรุ่นเดียวกัน ตอบสนองช่วงความถี่เหมือนกันทุกอย่าง ซึ่งในระบบ Home theater ของเราคงมีน้อยที่ใช้ลำโพงตัวเดียวกันทั้งหมดทุกแชนเนล ส่วนมากแล้วลำโพงหน้า หรือ LCR มักตัวใหญ่ๆ ลำโพง Surround ก็เล็กลงแบบแขวนได้ หรือยิ่งถ้าเป็นระบบ Dolby Atmos ด้วยแล้ว ลำโพง Ceiling channel ยิ่งมีขนาดเล็กลงไปอีกเพื่อให้ไม่ยุ่งยากในการติดตั้ง ส่วน Subwoofer ไม่ต้องพูดถึงเลย เป็นลำโพงตัวที่แตกต่างจากตัวอื่นๆ อย่างชัดเจน ทั้งการตอบสนองความถี่ที่ครอบคลุมเฉพาะความถี่ที่ต่ำกว่า 120Hz ส่วนขนาดของไดรเวอร์ก็ใหญ่กว่าขนาดของวูฟเฟอร์ในลำโพง Main โดยทั่วไป ดังนั้นจึงเหมาะสมกว่า ถ้าเราใช้ทั้ง Phase alignment และ Time alignment ร่วมกันในการทำให้ลำโพงที่แตกต่างกันทั้งในเรื่องขนาด การตอบสนองความถี่ที่ต่างกันในห้อง Home theater มีความเข้ากันในการทำงานไปด้วยกันได้ดี

คราวนี้ เราลองมาดูให้ลึกขึ้นว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น “เอ้า... นักเรียนเปิดหนังสือเรียนได้ เอาวิชาฟิสิกส์ หน้าที่มีรูปกราฟขึ้นๆ ลงๆ แปลกๆ สูตรคณิตศาสตร์เยอะๆ นะ” มาถึงตรงนี้คนอ่านก็คงจะวางหนังสือลง หรือไม่ก็เปิดผ่านไปหน้าอื่นๆ ไปดูรูปโฆษณาลำโพงแปลกสวยๆ เรียบร้อย สรุปเลยไม่เข้าใจกันเลย 555... เอาอย่างนี้ละกัน ผมจะเปรียบเทียบเรื่องของ Phase ให้ได้เห็นภาพ ลองนึกถึงสนามแข่งวิ่งผลัดที่มีหลายๆ ทีมแข่งกัน และStart จากจุด Starting point เดียวกันในสนาม เมื่อสัญญาณปล่อยตัวเริ่มดังขึ้น ตรงตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่นักวิ่งทีมต่างๆ หรือเราสมมติว่าเป็นสัญญาณเสียงต่างๆ มี Time alignment กัน ส่วน Phase เรานึกภาพเอาว่าเป็นมุมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่กลางสนาม ดังนั้นที่จุด Start นี้ นักวิ่งก็มี Phase alignment เท่ากันที่ 0 องศา

ต่อมา ถ้านักวิ่งทุกคนวิ่งด้วยความเร็วเท่ากัน เราก็จะพบว่านักวิ่งทุกคนมี Phase align กัน เนื่องจากมุมที่เขาทำต่อจุดศูนย์กลางของสนามก็เท่ากัน ส่วน Time align ก็เท่ากัน เพราะทุกคนใช้เวลาเหมือนกันจากจุด Start และวิ่งมาได้ระยะทางเท่ากัน ทีนี้สมมติว่ามีนักวิ่งคนใดคนหนึ่งวิ่งเร็วกว่าคนอื่นๆ มาก ก็จะทำให้เขามี Phase และ Time ที่ไม่ Align กับคนอื่น และเมื่อเขาวิ่งครบรอบมาถึงที่จุด Start ตำแหน่ง Phase ของเขาก็จะกลับมาเป็น 0 องศาอีกที ส่วนเวลาจะไม่เป็น 0 เนื่องจากเวลาก็เดินไปเรื่อยๆ และนี่เป็นการแข่งวิ่งผลัด นักวิ่งคนแรกก็ต้องส่งไม้วิ่งผลัดให้กับนักวิ่งคนที่สองตรงตำแหน่งแถวๆ บริเวณเส้น Start ตรงนี้สำคัญ เพราะว่านักวิ่งคนที่หนึ่งและคนที่สองต้องส่งไม้วิ่งผลัดในตำแหน่ง Phase align กัน หรือก็คือนักวิ่งคนที่สองต้องอยู่ในตำแหน่งมุมจากจุดศูนย์กลางสนามเท่ากับนักวิ่งคนแรกถึงจะส่งไม้วิ่งต่อไปได้ (Phase ตรงกัน) ซึ่งตรงนี้เราก็ไม่ได้ให้ความสำคัญในเรื่องของเวลา เพราะว่าอีกทีมก็อาจจะนำไปข้างหน้าแล้ว แต่ยังไงก็ตามตำแหน่งส่งไม้ต้องอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน หรือ Phase ตรงกัน ซึ่งตำแหน่งที่นักวิ่งผลัดส่งไม้ให้กันนี่แหละ คือตำแหน่งที่เราเรียกว่า Crossover ถ้าเปรียบเทียบกับลำโพงสามทางของเราเหมือนในสนามแข่งวิ่งผลัด ตัว Tweeter, Midrange และ Subwoofer ก็ต้องมี Phase align ที่ตำแหน่ง Crossover เพื่อที่จะไม่ทำให้ไม้วิ่งผลัดตก แล้วไม่สามารถแข่งต่อไปได้ หรือก็คือเสียงของลำโพงไม่ไปด้วยกัน



คราวนี้มาดูคำจำกัดความคร่าวๆ ของคำเหล่านี้กันก่อนเพื่อที่จะพูดต่อได้ Phase shift, Phase delay, Phase offset และ Phase alignment

ขอเริ่มจาก Phase shift ก่อนครับ... หมายถึงมุมของ Phase ที่เปลี่ยนไป เนื่องจากเกิดการ Delay ขึ้นในแต่ละความถี่ ซึ่งเป็น Frequency dependent หรือขึ้นอยู่กับความถี่ที่เกิด Delay ขึ้น ความถี่ต่างกันก็ตอบสนองต่างกัน ต่อมาคือ Phase delay หมายถึง การหน่วงของ Phase ที่ช้าลง มีหน่วยเป็น milliseconds (ms) ส่วน Phase Alignment ก็ได้พูดไปแล้วว่า หมายถึงกระบวนการที่ Phase มีความเข้ากัน (match) ที่ในตำแหน่งความถี่หนึ่งๆ และตำแหน่ง Phase หนึ่งๆ มีอีกคำที่ผมไม่กล่าวถึงในที่นี้ เพราะอาจจะไม่ค่อยเกี่ยวกับงาน Home theater เท่าไหร่ คือคำว่า “Group delay” โดยจะใช้ในบางสถานการณ์ของ Phase delay

คราวนี้ลองมายกตัวอย่างเพื่อจะได้เข้าใจได้ดีขึ้น เช่น เราพูดว่าการลด Amplitude หรือระดับความแรงในขั้นตอนการ EQ เสียงจะทำให้การตอบสนองของ Phase เปลี่ยนไป 90 องศา ที่ความถี่ 1kHz ซึ่งก็คือ Phase shift 90 degrees หรือเกิด Phase delay ขึ้น 0.25ms ที่ความถี่ 1kHz คราวนี้สมมติถ้าลำโพงตัวหนึ่งมี Phase shift ที่ 1kHz 90 degrees แต่ลำโพงอีกตัวไม่มี Delay เลย ก็จะทำให้ลำโพงทั้งสองตัวมี Phase offset กัน 90 degrees หรือก็คือ ¼ ของความยาวคลื่น

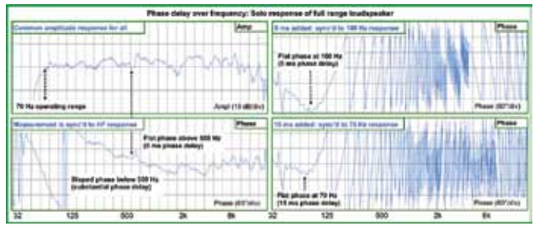
มาถึงคำว่า Time offset ก็คือเวลาที่ต่างออกไปไม่เท่ากัน ความหมายก็ตรงไปตรงมา เพราะไม่ได้ขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency independent) โดยตัว Time offset นี้จะทำให้เกิด Phase offset ขึ้น ซึ่ง Phase offset จะเป็น Frequency dependent ลองมาดูตัวอย่างเรื่องนี้กัน เช่น การมี Time offset 1ms จะทำให้เกิด Phase offset ขึ้น 3600 degrees ที่ 10kHz, ส่วนที่ 1kHz Time offset 1ms ก็จะเกิด Phase offset ขึ้น 360 degrees เช่นเดียวกันที่ 100Hz Time offset เท่าเดิมก็จะเกิด Phase offset ขึ้น 36 degrees จะเห็นได้ว่าแต่ละความถี่การเกิด Phase offset จะเกิดขึ้นไม่เท่ากัน เพราะว่า Phase offset มันเป็น Frequency dependent

เพื่อให้เห็นภาพชัดเจน การใช้ Time alignment ก็เพื่อเป็นการแก้ไขเวลาที่เครื่องแต่ละเครื่องใช้ไปในการคิดคำนวณต่างๆ ใน path หนึ่งๆ (หรือที่เรียกกันว่า Latency ของเครื่อง) ทำให้เกิด Delay ของคลื่นสัญญาณขึ้น ซึ่งเวลาที่ต่างกันของทั้งสอง path นี้เรียกว่า Time offset และตัว Latency นี้ไม่ขึ้นอยู่กับความถี่ (frequency independent) มันเป็น Fixed time offset ดังนั้น การแก้ไขเพื่อให้เกิด Time delay ก็คือ... การใส่ Delay เข้าไปในสัญญาณที่มาถึงก่อน ส่วนคำว่า Acoustic latency ก็หมายถึงเวลาที่ถูกหน่วงไปจากการเดินทางของเสียงในอากาศ ดังนั้น ถ้าลำโพงเหมือนกันมีเวลามาถึงตำแหน่งนั่งฟังต่างกัน เนื่องจาก Acoustic ที่ต่างกันจนทำให้เกิด Latency offset เราก็สามารถชดเชยได้เช่นเดียวกัน โดยการใช้ Time alignment ส่วน Phase alignment จะมามีบทบาทเมื่อลำโพงแต่ละตัวมี Phase response ไม่เหมือนกันในแต่ละความถี่ เนื่องจากลำโพงไม่เหมือนกัน ที่จะพบบ่อยในระบบ Home theater โดยทั่วไป เพราะเราใช้ลำโพงไม่เหมือนกันในแต่ละแชนเนลอย่างที่ได้กล่าวไว้แล้ว

การวัด Time alignment ก็ไม่ยาก เราสามารถใช้วิธีการวัดแบบ Impulse Response (IR) และก็มาดูว่าเวลาที่ตั้งแต่เสียงส่งออกไปจนถึง Microphone ได้รับเสียงกลับมาต่างกันเท่าไหร่ในลำโพงแต่ละแชนเนล หรือก็คือวิธีที่เราใช้ Auto calibration ในเครื่องAVR โดยเครื่องจะทำการปล่อยเสียงออกมาแต่ละลำโพง เสียงที่ออกมานี่แหละเขาเรียกว่า Impulse ที่อาจจะเป็นเสียง ปุ๊ปสั้นๆ หรือเสียงติ๊ดไล่ความถี่ยาวๆ หรือเสียง Pink noise แล้วไมค์รับเสียงก็จะจับเวลาว่าใช้เวลาไปเท่าไหร่ ตั้งแต่ปล่อยเสียงออกมาจนเสียงถึงไมค์รับเสียง แล้วเครื่องก็คำนวณจากความเร็วของเสียงก็จะรู้ว่าลำโพงแต่ละตัวอยู่ห่างจากไมค์วัดเสียงกี่เมตร เสร็จแล้วก็จะโชว์ในเมนู Distance ของ Speaker configuration ว่าลำโพงแต่ละตัวอยู่ห่างจากจุดนั่งฟังกี่เมตร ในทางกลับกัน การใช้ตลับเมตรวัดว่าลำโพงอยู่ห่างจากตำแหน่งนั่งฟังกี่เมตร แล้วใส่ค่าเข้าไปใน Distance ของ AVR ก็เหมือนเป็นการบอกว่า เครื่องต้องใส่ Delay filter เพื่อให้หน่วงเวลาลำโพงที่อยู่ใกล้ที่สุดเท่าไหร่ ตัวห่างถัดออกไปอีกเท่าไหร่... เพื่อให้ลำโพงทุกตัวในระบบมี Time alignment กัน ในปัจจุบันลำโพงที่มีคุณภาพดีโดยทั่วไปจะมี Phase shift อยู่ระหว่าง -60 degrees ถึง +60 degrees ในความถี่ที่มากกว่า 500Hz หรือ Phase delay น้อยกว่า 1ms แต่เมื่อถึง100Hz Phase shift จะเริ่มมากขึ้นเป็น 5ms และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อน้อยกว่า 80Hz เช่น 70Hz Pphase delay จะเพิ่มขึ้นเป็น 10-15ms และที่ 30 Hz Phase delay อาจจะยืดไปถึง 30ms ไม่ต้องคิดถึงเลยว่า ถ้า 20Hz Phase delay จะยืดถึงขนาดไหน ที่เป็นอย่างนี้ก็เพราะว่าคลื่นความถี่ต่ำต้องมีการใช้เวลาเพื่อยืดตัว (stretch) ดังที่ผมเคยอธิบายไว้แล้วว่า ตามธรรมชาติความถี่ 18kHz ก็มีความยาวคลื่นประมาณนิ้วมือเรานิ้วหนึ่ง, 8kHz ก็ประมาณสองนิ้ว, 1kHz จะยาวประมาณข้อศอกถึงข้อมือ, 500Hz ประมาณความยาวของแขน, ส่วนถ้าเป็น 80Hz จะยาวเกือบเท่ารถยนต์หนึ่งคัน หรือถ้าเป็นความถี่ต่ำมากๆ ระดับ 25Hz ก็จะอยู่ประมาณตู้ Shipping container ตู้หนึ่งเลยทีเดียว

เราเคยสงสัยกันไหมครับ ว่าความยาวคลื่นระดับความถี่ต่ำ 20Hz - 80Hz ที่มีความยาวคลื่นหลายๆ เมตร ทำไมเราไม่ต้องใช้ลำโพงที่ขนาดใหญ่เป็นเมตรๆ เหมือนในหนังเรื่อง Back to the Future เพื่อให้เกิดคลื่นความถี่ต่ำระดับความยาวคลื่นเป็นเมตร แต่ subwoofer ที่มีความกว้างหน้าตัดไม่กี่นิ้ว ช่วงชักอย่างมากสองสามนิ้วถึงทำให้เกิดเสียงความถี่ระดับหลายๆ เมตรได้ เพราะว่าคลื่นความถี่ต่ำนั้นจะยืดหรือ stretch ตามเวลา พูดง่ายๆ ก็คือ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นก็จะมากขึ้น ลูกคลื่นก็จะใหญ่ขึ้น ความถี่ก็จะลดลงไปเป็นความถี่ต่ำ (Low Frequency, LF) ดังนั้น ถ้าเราตั้งค่า Speaker configuration ของลำโพงเป็น Small เพื่อให้ลำโพง Main แต่ละแชนเนลปล่อยแต่เสียงความถี่สูงที่มากกว่า Crossover point ที่อาจจะเป็น 80Hz ออกมา แล้วใช้ตลับเมตรวัดระยะห่างลำโพงแต่ละลำโพงวางอยู่ห่างไปก็ถือว่าค่าที่วัดได้ยังไง Phase shift ก็ยังน้อย เมื่อเทียบกับความถี่ต่ำ เพราะอย่างที่บอกไป ความถี่ที่เกิน 100Hz จะมี Phase shift น้อยกว่า 5ms และเมื่อคำนวณเป็น Phase offset ในแต่ละแชนเนลก็จะน้อยลงไปอีกมาก เพราะเอาแต่ตัวเลขที่แต่ละแชนเนลต่างกันมาลบกัน Phase shift จึงมีค่าต่างกันไม่มาก เราจึงสามารถใช้วิธีการวัดระยะห่างโดยใช้ตลับเมตร แล้วใส่ค่าลงไปใน AVR ได้เลย เมื่อเราตั้งค่า Bass management ของลำโพงเป็น Small เพราะถึงแม้เราจะวัดผิดบ้างเล็กๆ น้อยๆ ค่าเหล่านี้เมื่อเอาไปดูในPhase shift แต่ละแชนเนลก็จะต่างกันน้อย และยิ่งถ้าเกิด Phase shift ที่ความถี่สูงมากขึ้น หูของคนเราก็จะจับได้ยากมากขึ้น เนื่องจากหลักการของ Psychoacoustic ที่มนุษย์เราสามารถแยกแยะความถี่ที่ต่ำได้ดีกว่าความถี่ที่สูง เช่น ถ้าเราให้ความถี่ 40Hz -45Hz สูงขึ้นสัก 5dB หูของมนุษย์เราจะจับได้อย่างง่ายดายมาก แต่เมื่อเราให้ความถี่ 5040Hz - 5045Hz สูงขึ้น 5dB รับรองว่าเราฟังแทบไม่ต่างกันเลย นอกจากนี้ เมื่อเราตั้งลำโพงให้ตอบสนองแต่ความถี่สูง เช่น มากกว่า 80Hz โดยไม่ตอบสนองความถี่ต่ำๆ แน่นอนการใช้ Time alignment ก็จะมีประสิทธิภาพ เพราะว่ามันมี Octaves มากกว่า 6 Octaves ที่มัน Overlap ซ้อนทับกัน แต่สำหรับความถี่ต่ำที่น้อยกว่า 100Hz ก็มีแค่ 1-2 Octave เท่านั้นที่ซ้อนทับกัน จึงแสดงว่าการใช้ Time alignment เป็นตัวเลือกที่ไม่ดีสำหรับความถี่ต่ำ เราจึงต้องใช้ Phase alignment เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า

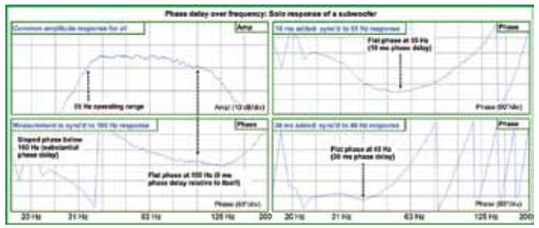
สิ่งที่สำคัญและเป็นลักษณะเฉพาะของความถี่ต่ำอย่างหนึ่งก็คือ เวลาที่มาถึงจุดนั่งฟัง ไม่ได้มาถึงเป็นจุดของเวลา (Ingle arrival time) แต่เวลาที่ความถี่ต่ำมาถึงจุดนั่งฟังจะยืดเป็นช่วงเวลา อย่างเช่น ลำโพงสองทางตัวหนึ่ง เวลาที่มันยืดเกิด Phase delay ขึ้นในความถี่ที่ต่ำกว่า 70Hz จะยืดได้ถึง 10 - 15 ms ลองดูจากกราฟที่ 1 ประกอบ



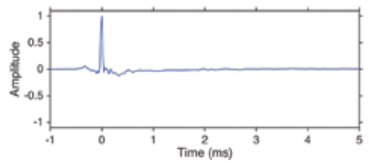
ผมแนะนำการดูกราฟ Phase นิดหนึ่งว่า ถ้าเราใส่ค่า Phase delay ลงไปแล้ววัดดู ถ้ากราฟบริเวณที่ความถี่ไหนเรียบเป็นเส้นตรงไม่ขึ้นๆ ลงๆ แสดงว่าไม่มี Phase shift หรืออาจจะมีแต่น้อย เช่น จากกราฟที่ 1 ด้านล่างซ้าย เมื่อเราตั้งให้ Phase delay ที่ความถี่ 500Hz มีค่าเป็น 0ms เราจะสังเกตุเห็นได้ว่า ความถี่สูงที่มากกว่า 500Hz จะมี Phase shift ที่น้อย ดูจากกราฟก็น่าจะอยู่แค่ระหว่าง -60 degrees ถึง +60degrees ตามที่ได้บอกไว้ในพารากราฟข้างบน ควานนี้จากกราฟขวาบน เราจะเห็นว่าความถี่ที่ 100Hz เราก็ต้องใส่ Phase delay ไป 5ms จะไม่มี Phase shift และถ้าเป็นความถี่ต่ำลงมาที่ 70Hz ก็ต้องมี Phase delay ถึง 15ms เลย จึงจะทำให้ความถี่ที่ 70Hz ไม่มี Phase shift

สมมติ Subwoofer ตอบสนองต่อความถี่ที่ 30Hz - 100Hz โดยปกติมีค่า Phase delay ต่างกันมากได้ถึง 30ms จากความถี่สูงสุดถึงความถี่ต่ำสุด ลองดูจากกราฟที่ 2 ที่เป็นกราฟ Phase delay ของ Subwoofer ในความถี่ต่างๆ

จากกราฟซ้ายล่าง เมื่อเราตั้งให้ที่ความถี่ 100Hz มี Phase delay เป็น 0ms เมื่อลองดูที่กราฟตรง 100Hz กราฟจะเรียบ แสดงถึงไม่มี Phase shift หรืออาจจะมีน้อย แต่สำหรับ 55Hz เราต้องใส่ Phase delay ถึง 10ms ถึงจะทำให้ไม่มี Phase shift ยิ่งไปที่ 30Hz ต้องยิ่งเพิ่ม Phase delay เข้าไปในระบบ 30ms ถึงจะทำให้ความถี่ที่ 30Hz ไม่มีปัญหาเรื่อง Phase shift

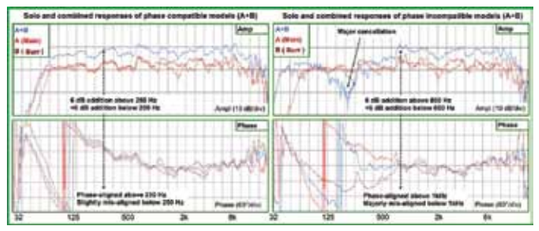


คราวนี้ ปัญหาจึงมาอยู่ที่ว่าเราจะสามารถ Time align ได้อย่างไร ในเมื่อเวลาที่มาถึงของความถี่ต่ำมาถึงห่างกันถึง 30ms แถมยังมี Octave ที่ซ้อนกันแค่ 2 Octave คือที่ 31 Octave และ 63 Octave ยกตัวอย่างง่ายๆ ถ้าเคยใช้เครื่องมือวัด Impulse response แล้ว เราลองให้เครื่องคำนวณเพื่อหาตำแหน่งของ Subwoofer เครื่องจะแสดงค่าที่ไม่ค่อยแน่นอน ค่าเปลี่ยนไปเรื่อยๆ คล้ายๆ กับว่ามันหาตำแหน่งยาก ทั้งนี้ก็เพราะความจริงที่ว่า พลังงานความถี่ต่ำจาก Subwoofer จะมาถึงตำแหน่งวัดหรือตำแหน่งนั่งฟังเป็นช่วงเวลาที่นาน การคำนวณหาตำแหน่งจากการใช้เวลาที่เสียงเดินทางมาถึงจึงเป็นไปได้ยาก และค่าที่ออกมาก็เป็นค่าที่ไม่แน่นอน เพราะเราไม่รู้ว่าจริงๆ แล้ว ตกลงเครื่องเอาเวลาตรงจุดไหนที่อยู่ใน 30ms ไม่เหมือนกับลำโพง Main อื่นๆ ที่เมื่อเราตั้งให้เป็น Small ช่วงเวลาที่มาถึงจุดนั่งฟังหรือไมค์วัดเสียง ก็ต่างกันแค่ไม่เกิน 0.5ms และมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากทั้ง 6 Octave ทำให้ความผิดพลาดตรงนี้ถือว่าน้อยมาก ซึ่งก็เช่นเดียวกันกับการใช้ตลับเมตรแล้วใส่ค่าลงไปใน AVR เพราะเครื่องจะคำนวณกลับไปเป็นเวลาที่เป็น Time delay ในแต่ละแชนเนล ส่วนถ้าใครมีเครื่องที่สามารถวัดและเห็นภาพกราฟของ Impulse response ได้ ก็จะได้กราฟออกมาที่มีจุดแหลมๆ (Impulse spike) สวยงาม



สาเหตุของ Phase delay ของความถี่ต่ำ เกิดจากสาเหตุประกอบกันหลายๆ อย่าง ทั้งจากลักษณะทางไฟฟ้า ทางอะคูสติกของตัวความถี่ต่ำเอง (Electroacoustic behaviors) ร่วมกับการที่เราใส่ Filter ต่างๆ เข้าไป ไม่ว่าจะเป็น Crossover, EQ, Delay ฯลฯ แต่มันก็จะน้อยลงในความถี่ที่สูงขึ้น ดังนั้น วิธีการที่เหมาะสมในการจัดการความถี่ต่ำให้เข้ากันก็คือ วิธี Matched phase delay หาจุดที่ไม่มี Phase offset (ทำให้ Time offset น้อยไปด้วย) เพื่อให้ Phase ความถี่ต่ำเข้ากัน ลดการเกิด Cancellation ที่ Phase ไม่เข้ากัน

คราวนี้ลองดูจากกราฟรูปที่ 3 ประกอบ...



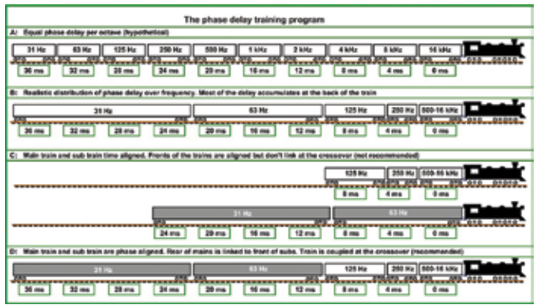
จากกราฟซ้ายล่าง เมื่อเราทำให้ลำโพง Main และ Surround มี Phase align กันที่ความถี่ 250Hz กราฟ Frequency response ด้านบนซ้ายจะมีการตอบสนองที่ Smooth ดี แต่คราวนี้เราลองทำให้ Phase align กันที่ความถี่สูงกว่า 1kHz ปรากฏว่าที่ความถี่มากกว่า 1kHz Phase ก็เข้ากันดีอยู่หรอก แต่ความถี่ที่ต่ำๆ น่ะสิ Phase offset กันอย่างแรง แถมมี Phase cancellation ที่ความถี่ต่ำเข้าไปอีก ดูจากกราฟ Frequency response ด้านขวาบนจะมี dip อย่างรุนแรงบริเวณความถี่ต่ำๆ เลยทีเดียว

อย่างที่ได้บอกไปว่า การที่ลำโพงในระบบ Home theater เรามีความแตกต่างกันก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิด Phase shift ได้ที่ความถี่ต่าง เราจึงต้องหาตำแหน่งที่ Phase offset เริ่มเกิดมากขึ้นเรื่อยๆ ลองกลับไปนึกถึงสนามแข่งวิ่งผลัดที่ผมเปรียบเทียบไว้ ถ้าสมมติมีทีมใดทีมหนึ่งวิ่งเร็วกว่าทีมอื่นๆ แต่ตำแหน่งที่วิ่งหรือตำแหน่ง Phase offset ไม่มากนัก เราก็สามารถบอกได้ว่ามี “Phase compatible” ดังนั้น การใช้ Time alignment ก็ยังใช้ได้อยู่(ความถี่สูง) แต่ถ้า Offset นี้เยอะมาก(ความถี่ต่ำ) เราก็คงต้องใช้วิธี Phase alignment แทน คราวนี้มาเปรียบเทียบกับระบบ Home theater ซึ่งลำโพงแต่ละแชนเนลของเราสามารถใส่ค่า Delay time หรือ Distance ได้ค่าเดียว ดังนั้น ถ้าเราตั้งลำโพงเป็น Large ความถี่ทั้งหมดทุกย่าน 20Hz - 20000Hz ก็จะส่งมายังลำโพง แล้วเราจะเลือกตัวไหนล่ะ จะเอา Time alignment ให้ความถี่สูงเข้ากับลำโพงอื่นๆได้ หรือจะเลือกเอา Phase alignment ให้เข้ากับลำโพง Subwoofer ถ้าเปรียบเทียบกับในสนามวิ่งผลัดก็เหมือนกับถ้าเราจะใส่ค่า Delay time โดยอาศัย Time alignment ก็จะทำให้นักวิ่งทีมเราสามารถวิ่งทันนักวิ่งทีมอื่นที่วิ่งเร็วได้ คราวนี้มีอวิ่งผลัดที่วิ่งไม่ค่อยเร็วของเราก็จะบอกว่าเฮ้ย... รอๆ หน่อย รับไม้วิ่งผลัดไม่ทัน วิ่งช้าๆ เอาตาม Phase alignment หน่อยสิ ฉันวิ่งช้ารับไม่ทัน แล้วเราจะแก้ปัญหานี้ยังไง คำตอบก็คือ เราก็ต้องใช้ Bass management หรือปรับลำโพงให้เป็น Small ไงครับ เพราะเมื่อเราปรับลำโพงเป็น Small ความถี่ต่ำที่ต่ำกว่าจุด Crossover point จะถูกส่งไปยัง Subwoofer ส่วนความถี่ที่สูงกว่าจุด Crossover point ก็จะส่งไปที่ลำโพง Main คราวนี้นักวิ่งผลัดก็ไม่ต้องพะวงว่าจะไม่ทันนักวิ่งคนอื่นๆ เนื่องจากไม่ต้องรับผิดชอบกับนักวิ่งช้าๆ ใช้ค่า Time alignment หรือค่า Delay time ที่ได้จากการวัดระยะห่างของลำโพง Main ได้เลย นักวิ่งที่วิ่งเร็วก็จะวิ่งไปพร้อมๆ กันทุกคน ก็คือเสียงจากลำโพง Main ก็มี Time alignment กัน ส่วน Subwoofer ก็สบาย รับผิดชอบแต่เฉพาะหน้าที่ของตัวเอง แค่ปรับตำแหน่ง Phase เช่น ใส่ค่า Delay time หรือ Distance ให้ Phase alignment กับลำโพง Main บริเวณ Crossover point ก็พอ ไม่ต้องกลัวมีปัญหาเรื่อง Phase shift กับลำโพง Main อีก เพราะลำโพง Main ถูกตั้งไม่ให้ตอบสนองในความถี่ที่ต่ำๆ แล้ว และถ้าระบบใช้ Subwoofer หลายตัวก็แค่ Align phase ให้ Subwoofer ทุกตัวให้มี Phase offset น้อยที่สุดก็พอ

นี่ก็คือเหตุผลหลักอีกเหตุผลหนึ่งว่า ทำไมสถาบันต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น THX, HAA, CEDIA และอื่นๆ เหล่านี้ถึงได้แนะนำให้ตั้งลำโพงเป็น Small แล้วตัดความถี่ที่ 80Hz นอกเหนือจากเหตุผลที่ว่า ลำโพง Main ไม่สามารถทำความถี่ต่ำได้ หรือทำได้แต่ไม่ดีพอ อย่างที่ผมเคยอธิบายละเอียดไว้ในนิตยสาร Videophile ฉบับเดือนมิถุนายน 2558 เรื่อง A/V Receiver and Pre Processor Set Up ลองกลับไปหาอ่านดูได้ครับ ถ้าสนใจ

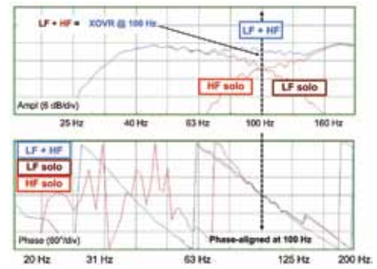
คราวนี้มาดูว่า เราจะนำลำโพง Main กับลำโพง Subwoofer มาเชื่อมต่อกันแบบ Phase alignment ที่ Crossover point ได้อย่างไร ผมขอยกตัวอย่างอีกแบบเพื่อจะได้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น ลองนึกถึงรถไฟกำลังวิ่งอยู่บนรางที่ตัดกับถนน แล้วเรากำลังรถติดอยู่บนถนน รอให้รถไฟวิ่งผ่านไปให้หมด สมมติตู้รถไฟคันแรกวิ่งผ่านหน้ารถเราตอน 12.00 น. แต่ตู้สุดท้ายก็จะยังไม่ผ่านหน้าเราจนถึงเวลา 12.05น. เสียงของลำโพงวิ่งผ่านตำแหน่งนั่งฟังของเราก็มีลักษณะเหมือนกัน ตู้แรกก็เปรียบได้กับความถี่สูง แล้วค่อยๆ ลดลงมาจนถึงความถี่ต่ำในตู้สุดท้าย โดยเราจะแบ่งตู้แต่ละตู้เหมือนเป็นแต่ละ Octave (ลักษณะการได้ยินของคนเราอิงตาม Octave)

คราวนี้ สมมติว่าลำโพงมี Phase delay ในแต่ละ Octave 4ms เราก็จะเห็นรถไฟของเรามีตู้โดยสารที่ขนาดความยาวเท่าๆ กัน และรถไฟก็มีความยาว 36ms เช่นเดียวกับขบวนรถไฟในรูป A คราวนี้ลองคิดถึงว่ามีรถไฟอีกคันวิ่งบนรางขนานไปกับรถไฟขบวนนี้ แต่ละตู้รถไฟของทั้งสองขบวนอาจจะตรงกันได้ เช่น รถไฟมีPhase delay มาก แต่ Phase offset เป็น 0 รถไฟทั้งสองขบวนก็ถือว่ามี Time align แต่ในความเป็นจริงของเสียงไม่เป็นอย่างนั้น ตู้รถไฟหกตู้แรก (16kHz – 500Hz) จะสั้นมาก เพราะใช้เวลาแค่ 0.5ms ก็วิ่งผ่านหน้าเราแล้ว แต่หลังจากนั้นแต่ละตู้จะยืดยาวขึ้น ยาวขึ้น จนถึง 36ms เหมือนรูป B



คราวนี้ เราเอารถไฟขบวนนี้มาวิ่งขนานกับรถไฟในรูป A เราก็พบว่า ตู้รถไฟตู้แรกและตู้รถไฟตู้สุดท้ายจะตรงกัน แต่ตรงกลางไม่ต้องพูดถึง ไม่ตรงกันเลย แสดงถึงว่าตู้รถไฟขบวนแรกและขบวนสุดท้ายมี Time align แต่ตรงกลางๆ เต็มไปด้วย Phase offset ซึ่งเป็นการแสดงถึงว่าระบบไม่มี Phase compatible กัน ก็เหมือนกับระบบ Home theater ถ้าเราตั้งค่าลำโพงเป็น Large แต่ลำโพงในระบบมีลำโพงแตกต่างกันในแต่ละแชนเนล ดังนั้น ถึงแม้ลำโพงมี Time alignment กัน แต่ก็จะมี Phase offset ขึ้นในความถี่ต่างๆ ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหานี้ เราก็เลยต้องตั้งลำโพงเป็น Small ดังที่อธิบายไว้ในย่อหน้าข้างต้น คราวนี้ ถ้าเราตั้งลำโพงเป็น Small แล้ว เราจะทำยังไงล่ะที่จะให้ตู้รถไฟ Main ต่อกับตู้รถไฟ Subwoofer ได้ครั้นจะใช้ Time alignment ก็จะเกิดเหตุการณ์เหมือนรูป C ที่รถไฟตู้ Main และรถไฟตู้ Subwoofer มี Time align กันในตู้แรก แต่ก็ไม่ใช่เป็นจุด Crossover แถมตู้ถัดๆ มา Phase ก็ไม่เท่ากันเลยสักตู้ เนื่องจาก Phase delay ของตู้ Main กับตู้ Subwoofer ไม่เท่ากัน แบบนี้มีอย่างเดียวก็คือ การต่อแบบ Series กัน (ต่างจาก Time align ที่เอาขบวนทั้งสองมาวิ่งขนานกัน ที่เรียกว่าการต่อแบบ Parallel) ก็คือเอาส่วนหลังของตู้ Main ต่อกับตู้หน้าของตู้ Subwoofer ที่ Crossover point แค่นี้ก็ทำให้ตู้ทั้งสองตู้มี Phase align กันตามรูป D

ส่วนวิธีการก็คือ ถ้าเรามีเครื่องมือที่สามารถวัด Phase response ได้ เราก็แค่วัด Phase ของลำโพง Main ตัวหนึ่งก่อน แล้วค่อยวัดค่า Phase ของลำโพง Subwoofer มาดูตรงตำแหน่ง Crossover point พยายามให้เส้นกราฟ Phase ของลำโพง Main และลำโพง Subwoofer อยู่ทับกัน แค่นี้ก็แสดงว่าลำโพง Main และลำโพง Subwoofer มี Phase align กันแบบ Series ที่ตำแหน่ง Crossover point แล้ว

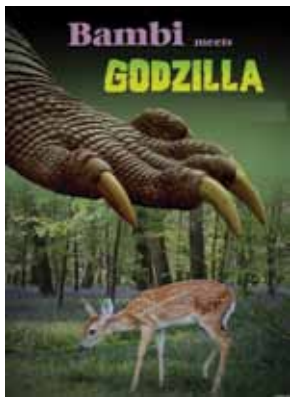


แต่มี Trick บอกเล็กน้อยนะครับ เช่น จากตัวอย่างกราฟรูปที่ 5 ตรงตำแหน่ง 100Hz ที่เป็น Crossover สมมติว่าเราต้องใส่ Delay เข้าไปใน Subwoofer 7ms ถึงจะเกิด Phase align กันของลำโพง Subwoofer กับ Main แต่ถ้าเราลองกลับ Phase ของ Subwoofer แล้วเราจะใส่ Delay อีกแค่ 2ms มันก็เกิด Phase align กันแล้ว เหมือนรูปกราฟที่ 5 ล่าง ถ้าเป็นแบบนี้ให้ทำตามแบบหลังนะครับ เพราะว่าการใส่ Filter time delay เข้าไปมากๆ จะทำให้เกิดการยืดของเวลา (Time spread) ทั้งหมด Spectrum เลย ส่งผลให้เกิดความเพี้ยนขึ้นมากกว่าการที่เรา

กลับPhase ของลำโพง Subwoofer และใส่ค่า Time delay นิดหน่อย เพราะจะส่งผลต่อ Time spread ทั้งหมดน้อยกว่า ความเพี้ยนจึงน้อยกว่า แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ถ้าใครไม่มีเครื่องมือที่สามารถวัด Phase response ได้โดยตรง อีกวิธีที่ใช้เพื่อหา Phase alignment ก็คือใช้วิธีการดู Level จาก RTA ตรงบริเวณ Crossover point ซึ่งผมเคยอธิบายวิธีนี้ไว้ละเอียดแล้วในเรื่อง Room Tuning ฉบับเดือนกรกฎาคม 2558

จริงๆ แล้วก็ยังมีอีกหลายวิธีที่ใช้ในการหา Distance ของลำโพงเพื่อทำให้เกิดการ Align กันของลำโพงต่างๆ ให้ไปด้วยกัน แต่ละวิธีก็มีจุดเด่นจุดด้อยต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น วิธีใช้การฟัง Stereo image หรือ Phantom image คือใช้แผ่นดิสก์ที่มีเมนูของวิธีนี้อยู่แล้ว เปิดเสียงของลำโพงทีละคู่เพื่อหาตำแหน่งที่เมื่อปรับ Delay time หรือ Distance แล้ว เสียงของ Stereo image ไปอยู่ตรงกลางก็ให้ใช้ค่านั้น ความจริงวิธีนี้ก็ถือว่าเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่ง ผมก็ยังใช้วิธีนี้ในบางครั้งเพื่อยืนยันตำแหน่งของลำโพง Center กับลำโพง Front left และ Front right เพียงแต่ผมไม่ได้ใช้เสียงมาจากแผ่นดิสก์ ผมใช้เสียงมาจากเครื่อง Pink noise generator โดยตรงที่มีความแม่นยำกว่า ก็คล้ายๆ กับปรับภาพที่เราใช้แผ่นดิสก์ปรับกับใช้เครื่อง Pattern generator ในการปรับ ซึ่งโดยปกติการใช้เครื่อง Pattern generator ในการปรับมีความแม่นยำมากกว่า อีกอย่างหนึ่งผมก็ไม่ได้ใช้วิธีนี้เป็นหลักในการปรับค่า Distance ทั้งหมด เพราะวิธีนี้ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย แต่ก่อนที่จะเข้าใจว่า ทำไมถึงมีความคลาดเคลื่อนได้มากในวิธีนี้ เราก็คงต้องย้อนกลับไปในเรื่องการเกิด Stereo image ก่อน ว่ามันเกิดขึ้นได้อย่างไร ยังไงผมขอยกเอามาอธิบายอีกครั้งหนึ่ง หลังจากเคยพูดเรื่องนี้เมื่อปีที่แล้ว

สิ่งหนึ่งที่เราต้องทราบก่อนคือ การ Stereo perception ตำแหน่งวัตถุของสมองมนุษย์ตามหลักของ Psychoacoustics การรับรู้ตำแหน่งในแนวระนาบ หรือ Horizontal localization เกิดจากสองสิ่ง คือ... เวลา (Time หรือ Phase) และระดับเสียง dB (Level) อธิบายง่ายๆ สมมติว่าถ้าเสียงจากลำโพงทั้งสองข้างมาถึงหูเราในเวลาพร้อมกัน หรือมี Phase เท่ากัน และมีความดังเท่ากัน สมองก็จะทำให้เราเกิดภาพเสมือนว่าเสียงอยู่ตรงกลางลำโพงทั้งสอง แต่ถ้าเมื่อไหร่ที่เสียงจากลำโพงตัวหนึ่งมาถึงก่อนลำโพงอีกตัวหนึ่ง ตำแหน่ง Phantom image ก็จะขยับออกจากจุดกึ่งกลางออกไป ถ้าเรายังต้องการให้เสียงเสมือนออกอยู่ตรงกลาง เราสามารถชดเชย Level ได้โดย เช่น ถ้าเสียงมาถึงก่อน 1ms เราก็สามารถชดเชยโดยเพิ่ม Level ลำโพงอีกข้างขึ้น 3dB เสียงก็จะกลับมาอยู่ตรงกลาง และถ้ามาถึงก่อน 5ms เราก็ต้องชดเชย Level ไป 7dB แต่สมองของคนเรายินยอมให้เกิด Stereo image นี้ถึงแค่ 5ms เท่านั้น ถ้าเสียงทั้งสองข้างมาถึงห่างกันเกิน 5ms การเห็นภาพ Stereo ก็จะค่อยๆ หายไป แต่ที่จะเป็นปัญหาสำหรับเรามากกว่านั้นคือ Level ครับ โดยในแง่ของ Acoustics นั้น ถ้าจะเปรียบเทียบง่ายๆ Level ก็เป็นเหมือน Godzilla ส่วน Time หรือ Phase ก็เปรียบได้กับกวางน้อย หรือ Bambi



Bambi เป็นความอ่อนโยนสวยงาม เหมือนกับ Phase ที่มีความอ่อนไหวสวยงาม และสามารถปรับได้แค่เล็กน้อย ส่วน Godzilla มันคือความแข็งแรงมีพลังมหาศาล ทำลายทุกอย่างที่ขวางหน้า ปัญหาก็คือ ในโลกของความจริง Acoustics care Godzilla not care Bambi face ดังนั้น เมื่อ Godzilla กับ Bambi มาเจอกันจะเกิดอะไรขึ้นครับ แน่นอน Godzilla จะชนะเสมอ ส่วน Bambi ก็จะ R.I.P. เรียบร้อย 555 มันจึงส่งผลทำให้ Stereo image หายไป เช่นเดียวกับการปรับ Distance ของลำโพงในห้อง Home theater เมื่อเราใช้หูคนในการปรับหาตำแหน่ง Stereo image ให้อยู่ตรงกึ่งกลางลำโพงเพื่อหา Distance ก็จะเกิด Human error ขึ้นได้ เนื่องจากการรับรู้เสียงของหูแต่ละคนไม่เท่ากันในหูแต่ละข้าง หรือแม้กระทั่งหูคนเดียวกันแต่ต่างเวลาก็อาจจะรับ Level ของเสียงแต่ละข้างได้ต่างกัน เช่น บางวันเราก็อาจจะรู้สึกหูอื้อ หรือได้ยินข้างหนึ่งดังไม่เท่าอีกข้างหนึ่ง เหล่านี้ล้วนมีผลมากต่อการรับรู้ Phase ของเสียง เพราะอย่างที่บอก Godzilla always win เมื่อการรับรู้ Level เสียงไม่เท่ากัน ภาพ Phantom image ก็จะเปลี่ยนตำแหน่งไป ผมเคยลองเอาเพื่อนๆ สองสามคนมานั่งฟังเจ้า Phantom image นี้ที่จุดเดียวกัน ปรากฏว่าแต่ละคนตอบตำแหน่งไม่ตรงกันเลย และเหตุผลอีกอย่างที่ทำให้วิธีนี้ค่อนข้างคลาดเคลื่อนก็คือ Acoustic ของห้องที่ต่างกันย่อมให้ตำแหน่ง Phantom image ต่างกัน เรื่องนี้ชาว Audiophile น่าจะเข้าใจกันดี ใส่ Diffuser ตรงโน้น ใส่ Absorber ตรงนี้ ล้วนแต่ทำให้การรับรู้ Stereo เปลี่ยนไป ดังนั้น ห้อง Home theater ของเราไม่ได้เหมือนกันหมดทุกห้อง แต่ละห้องตำแหน่งของ Phantom image ก็จะต่างกัน ยิ่งห้องที่มีการสะท้อนของเสียงมาก พวกเสียงที่สะท้อนออกมาเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อ Level จึงทำให้การรับรู้ Stereo image เปลี่ยนไป นอกจากนี้ก็มีคนถามผมอีกในเรื่องการหา Distance ของลำโพง Ceiling channel ในระบบ Immersive sound ต่างๆ ทั้ง Auro3D, Dolby Atmos หรือ DTS:X ว่าควรจะใช้วิธีไหน ซึ่งผมก็ได้แนะนำให้ใช้วิธีตลับเมตรวัดเอาเลยจะสะดวก และความผิดพลาดค่อนข้างน้อยกว่าการใช้แผ่นเพื่อฟัง Phantom image ดังที่ได้อธิบายไปแล้ว และอีกเหตุผลหนึ่งก็คือ คนเราไม่มีหูบน หูล่าง ที่จะใช้จับระยะเวลาต่างกันของเสียงที่ถึงหูทั้งสองข้าง เหมือนหูด้านซ้ายหูด้านขวาเพื่อทำให้เกิด Phantom image ทำให้การแยกแยะเสียงในแนวดิ่งหรือในแนว Vertical ทำได้ไม่ดี มีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้น วิธีนี้จึงไม่เหมาะกับการหา Distance ของลำโพงที่อยู่ในด้านบนศีรษะของเรา

ส่วนวิธีที่ผมใช้เป็นหลักในการหา Distance หรือ Delay time ก็คือ การใช้เครื่องมือวัดค่าที่เรียกว่า Dual FFT หรืออีกชื่อคือ Transfer function วิธีนี้สามารถวัดได้ทั้ง Impulse response, Frequency response หรือแม้กระทั่ง Phase response (ภาพกราฟที่ออกมาก็จะคล้ายๆ กับกราฟที่ 4) ให้ค่าละเอียดแม่นยำ ทำให้สามารถวินิจฉัยสภาพ Acoustics ของห้อง รูปแบบการเดินทางของเสียงของภาพในห้องได้อย่างครบถ้วน ถ้าเปรียบเทียบกับการแพทย์ การวัดแบบ RTA ก็ประมาณว่าเป็นภาพ X-Ray ขาวดำ 2 มิติ การวัดแบบ FFT ที่ละเอียดขึ้นก็คงเท่ากับการ X-Ray คอมพิวเตอร์ หรือ CT Scan ส่วนการวัดแบบ Transfer function ก็คงเทียบเท่าได้กับการทำ 3D CT Scan เพราะให้ความละเอียดของภาพชัดเจน แม่นยำกว่าแบบอื่นๆ (ความจริงเรื่องการวัดเสียงแบบต่างๆ นี่ก็น่าสนใจ เอาไว้ผมค่อยเล่าให้ฟังแบบละเอียดอีกที) แต่วิธีนี้ก็มีปัญหา เพราะเครื่องมือที่ใช้มีอุปกรณ์มาก ราคาแพง การต่อสายต่างๆ ค่อนข้างยุ่งยาก คนอ่านแปลผลก็ต้องมีความเข้าใจทั้งในเรื่อง Acoustic และพื้นฐานในเรื่อง Phase & IR เป็นอย่างดี ความจริงวิธีการหา Distance ลำโพงก็ยังมีอีกหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็มีจุดเด่นจุดด้อยต่างๆ กันไป เราก็ลองศึกษาหาว่าวิธีไหนเหมาะสมกับห้องของเราดูครับ

อ้อ... ก่อนจบ ผมขอฝากอีกเรื่อง กลัวว่าอ่านไปแล้วจะเข้าใจผิดกันเรื่องของความเร็วเสียง ที่ผมพูดถึงว่าความถี่ต่ำเดินทางมาทีหลังความถี่สูง ไม่ได้หมายถึงว่าความถี่ต่ำมีความเร็วของเสียงน้อยกว่าความถี่สูงนะครับ ความเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศา มีค่าอยู่ที่ 346 เมตร/วินาทีเท่ากันหมด ไม่ว่าความถี่ต่ำหรือความถี่สูง สาเหตุที่ความถี่ต่ำเดินทางมาถึงจุดนั่งฟังหลังกว่าความถี่สูงก็เพราะต้องใช้เวลาในการยืด (stretch) ทำให้เกิดเป็นความถี่ต่ำอย่างที่ได้อธิบายไปแล้ว หรือง่ายๆ ลองนึกถึงรูปรถไฟที่ผมสมมติให้เหมือนกับคลื่นเสียง ตู้แรกๆ จะเป็นความถี่สูง ส่วนตู้หลังๆ เป็นความถี่ต่ำที่มาถึงช้ากว่า แต่รถไฟขบวนนี้มีความเร็วเท่ากัน ไม่ว่าจะตู้แรกหรือตู้หลังก็มีความเร็วเท่ากัน เพียงแต่ตู้หลังมาถึงช้ากว่าแค่นั้นเอง ต้องอธิบายเพิ่มเติมตรงนี้ เพราะว่าเดี๋ยวเอาไปคุยเรื่อง Physics กับเด็กมัธยม เด็กจะหัวเราะเอา... 555 ความจริงความเร็วของเสียงในอากาศจะเปลี่ยนได้เนื่องจากสองปัจจัย คือ... อุณหภูมิ และ ความชื้น ดังนั้น ถ้าเราไม่ได้ทำ Home theater อยู่ในห้องอบซาวน่าก็คงไม่ต้องไปกังวลกับความเร็วเสียงนะครับ 555... “ขอให้ Phase จงสถิตอยู่กับท่าน”. VDP