



เทคโนโลยี ลำโพง

ปาริมาภย์ จามรวิเชียร

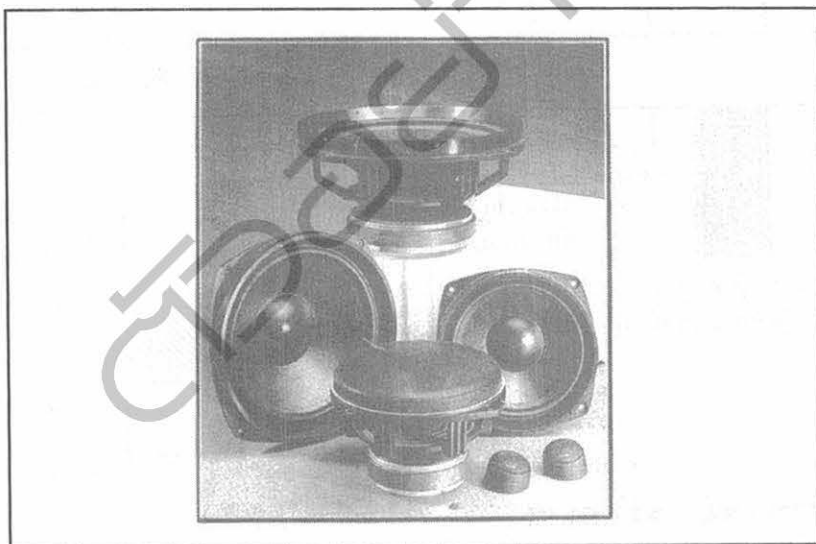
SCIENCE

รู้จักกับเสียงและลำโพง
รายละเอียดของลำโพง
รายละเอียดของตู้ลำโพง
เทคนิคการสร้างตู้
เทคนิคการตกแต่ง
เทคนิคการเดินสายลำโพง
การจัดองค์ประกอบก่อนใช้งาน
โครงงานสร้างตู้ลำโพง
ระบบเสียงในรถยนต์
เทคนิคการติดตั้งในรถยนต์

เทคโนโลยี

ลำโพง

BUILDING SPEAKER SYSTEMS



ปราโมทย์ จามรวีเชียร

คำนำ

ในเรื่องนี้จะขอลำดับถึงระบบลำโพงคุณภาพไฮไฟท์ทั้งที่ใช้ภายในบ้านและรถยนต์ โดยจะกล่าวอธิบายถึงทฤษฎีการออกแบบ การบ่งบอกคุณภาพการทำงานและหลักการสร้าง เพื่อเหมาะกับวงจรขยายยุคใหม่ ทั้งนี้ประกอบด้วยคำอธิบายง่าย ๆ มีรูปภาพประกอบทุกขั้นตอน รายละเอียดงานต้นแบบโครงงานและแนวการติดตั้งโดยเฉพาะในรถยนต์ประเภทต่าง ๆ และได้แยกเนื้อหาออกเป็นบทๆ ดังต่อไปนี้

1. รู้จักกับเสียงและลำโพง
2. รายละเอียดของลำโพง
3. รายละเอียดของตู้ลำโพง
4. เทคนิคการสร้างตู้
5. เทคนิคการตกแต่ง
6. เทคนิคการเดินสายลำโพง
7. การจัดองค์ประกอบต่างๆ ให้สมบูรณ์ก่อน ใช้งาน
8. โครงงานต่าง ๆ
9. ระบบเสียงในรถยนต์
10. เทคนิคการติดตั้งในรถยนต์ประเภทต่าง ๆ

ไม่ว่าจะเป็นระบบเครื่องเสียงดีเลิศเพียงใด สิ่งที่ขาดไม่ได้คือลำโพง (หรือตู้ลำโพง) แม้ว่าอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ (จูนเนอร์และแอมพลิฟายเออร์) จะดีเลิศและมีราคาแพงเพียงใด แต่หากใช้ลำโพงไม่ดีย่อมไม่มีทางได้เสียงดีไปได้ ลำโพงจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งในหมู่นักเล่นเครื่องเสียงไฮไฟท์

ในหนังสือเล่มนี้เน้นการสร้างระบบตู้ลำโพงเป็นสำคัญ หากคุณมีความรู้ทางด้านช่างไม้มาบ้างย่อมไม่มีปัญหาการสร้างแต่อย่างใด

ด้วยรัก

ปราโมทย์ จามรวีเชียร

สารบัญ

รู้จักกับเสียงและลำโพง	5
รายละเอียดของลำโพง	12
รายละเอียดของตู้ลำโพง	23
เทคนิคการสร้างตู้	33
เทคนิคการตกแต่ง	43
เทคนิคการเดินสายลำโพง	45
การจัดองค์ประกอบก่อนใช้งาน	53
โครงงานสร้างตู้ลำโพง	58
ระบบเสียงในรถยนต์	72
เทคนิคการติดตั้งในรถยนต์	80

ลำโพง

BUILDING SPEAKER SYSTEMS



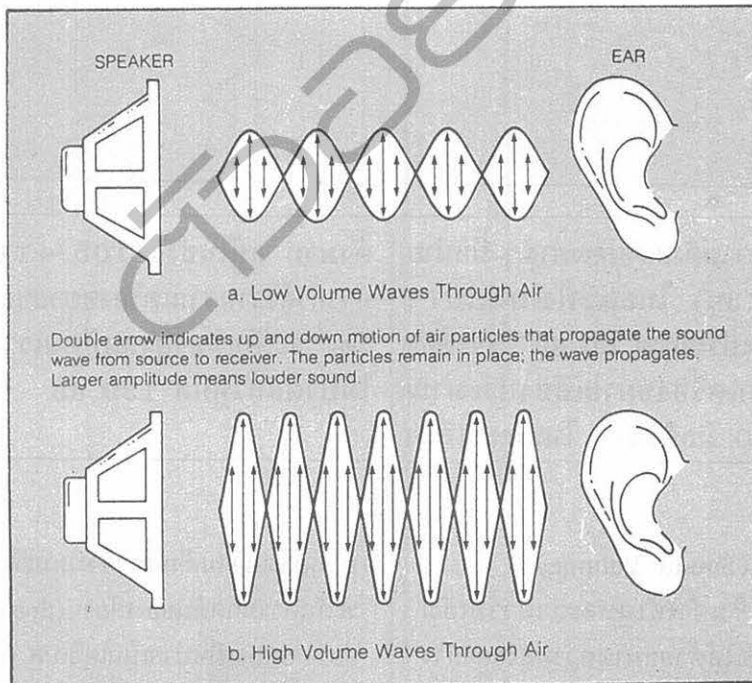
รู้จักกับเสียงและลำโพง

ธรรมชาติของเสียง

เสียงที่ท่านได้ยินไม่ว่าจะมาจากแหล่งเสียงสเตอริโอหรือจากบุคคลที่ยืนเบื้องหน้า ล้วนเดินทางผ่านอากาศในลักษณะของคลื่น แหล่งกำเนิดเสียงจะทำให้อนุภาคอากาศสั่นไหว คลื่นเสียงที่ได้จึงเดินทางผ่านอากาศในลักษณะสูงๆ ต่ำๆ ส่งเข้ามายังหูของเรา

หูชั้นในจะทำการแปลงคลื่นเสียงเข้าสู่สมองมนุษย์ให้รับรู้ต่อไป

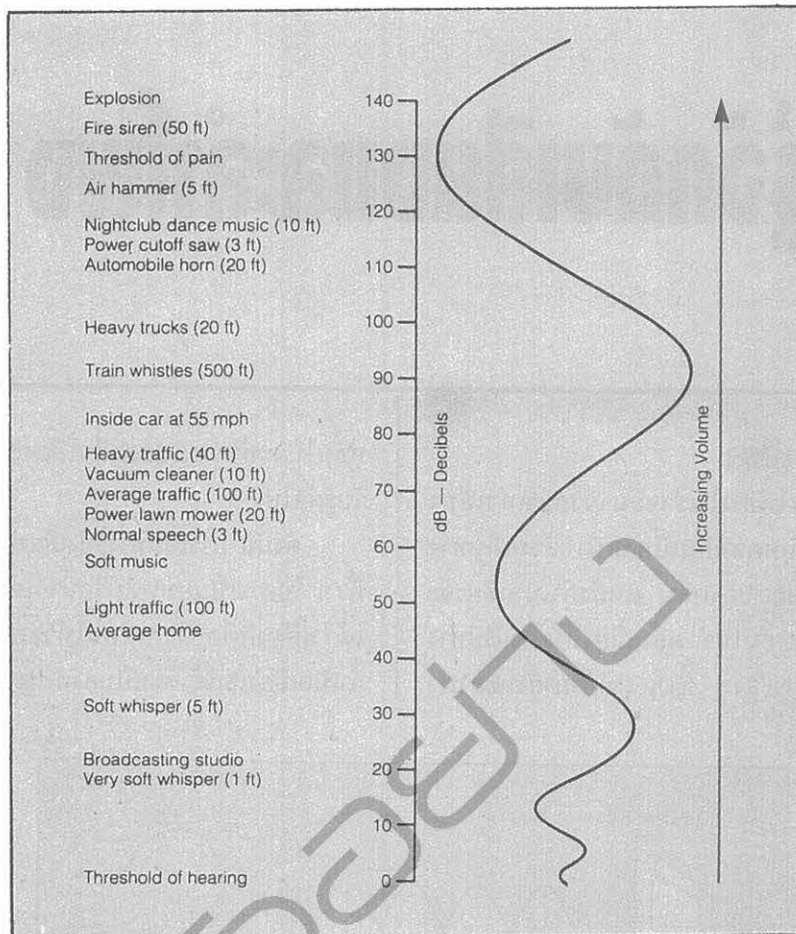
ดังนั้น การเดินทางของเสียงจึงต้องมีตัวกลาง ซึ่งทั่วๆ ไปอาจเป็นอากาศหรือน้ำก็ได้ กล่าวโดยทั่วๆ ไปได้ว่าเสียงก็คือการเคลื่อนไหวของอากาศ โดยมีต้นกำเนิดเสียงเช่นลำโพงเป็นองค์ประกอบเข้าด้วยกัน



รูปที่ 1.1 คลื่นเสียงขนาดเล็กจะให้เสียงเบา ในขณะที่คลื่นเสียงขนาดใหญ่ให้เสียงที่ดัง ขนาดคลื่นเรียกเป็นศัพท์เฉพาะว่าแอมพลิจูด

ก. คลื่นขนาดเล็ก (เสียงเบา)

ข. คลื่นขนาดใหญ่ (เสียงดัง)



รูปที่ 1.2 ระดับความดังของเสียงต่างๆ มีหน่วยวัดเป็นเดซิเบล (dB) ในขณะที่ฟังเพลงเบาๆ จะมีระดับความดังประมาณ 60 dB ซึ่งจะต้องการกำลังงานจากเครื่องขยายเสียงประมาณ 0.010 วัตต์ (10 มิลลิวัตต์) ในขณะที่เสียง

ดังมาก อยู่ในช่วง 105→115 dB จะต้องการกำลังงานจากเครื่องขยายขนาด 30→300 วัตต์ ระดับเสียงสูงสุดที่คนเรายังคงฟังได้โดยไม่ปวดแก้วหูคือ 130 dB

การวัดความดัง (Sound Volume)

บางทีก็เรียกเป็นศัพท์เฉพาะว่าความเข้ม (Intensity) กำหนดได้ด้วยขนาดความสูงของการสั่นไหวของอนุภาคอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ดังในรูป a เป็นกรณีเสียงเบาเทียบกับรูป b ซึ่งมีความดังมากกว่า

ในทางเทคนิคแล้วถือว่าคลื่นเสียงมาในรูปของคลื่นความกดดัน (Pressure Wave) หากมีการเปลี่ยนแปลงของความกดดันนี้มาก เสียงก็จะดังมาก

หน่วยวัดความดังเสียงจึงนิยมเรียกเป็นมาตรฐานว่าระดับความกดดันของเสียง (Sound Pressure Level ย่อว่า SPL) มีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) สังเกตว่าหน่วย dB นี้จริงๆ เป็นเพียงตัวเลขเปรียบเทียบ มิใช่หน่วยสัมบูรณ์ ที่ 0 dB.SPL จะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่ 1000 Hz ที่มีความดังเพียงทำให้คนเราเริ่มรับรู้การได้ยินเสียงนั้นๆ หรือหมายถึงระดับความดังต่ำสุดที่มนุษย์จะได้ยิน ส่วนความดังอื่นๆ จะอ้างอิงกับ 0

dB.SPL เสมอ เช่นที่ระดับความดัง 10 dB.SPL ก็จะเป็นเสียงที่ดังเป็นสองเท่าของระดับเสียงอ้างอิง (0 dB.SPL)

ในรูปที่ 2 แสดงถึงระดับความดังของเสียงต่างๆ ในชีวิตประจำวัน โดยมีหน่วยเป็น dB.SPL สังเกตว่าในการวัดระดับความดังจะต้องมีการกำหนดระยะห่างจากต้นกำเนิดเสียงไว้เสมอ ระดับเสียงจะลดลงไป 50% ทุกๆ ครั้งที่ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดเสียงกับหูมนุษย์ห่างเพิ่มขึ้นเท่าตัว จากการศึกษาพบว่าหูมนุษย์ไม่อาจบอกความแตกต่างของระดับความดังเสียงที่มีขนาดเล็กกว่า 1 dB ได้

มีเตอรืวัดระดับความดังเสียงแสดงดังในรูปที่ 1.3

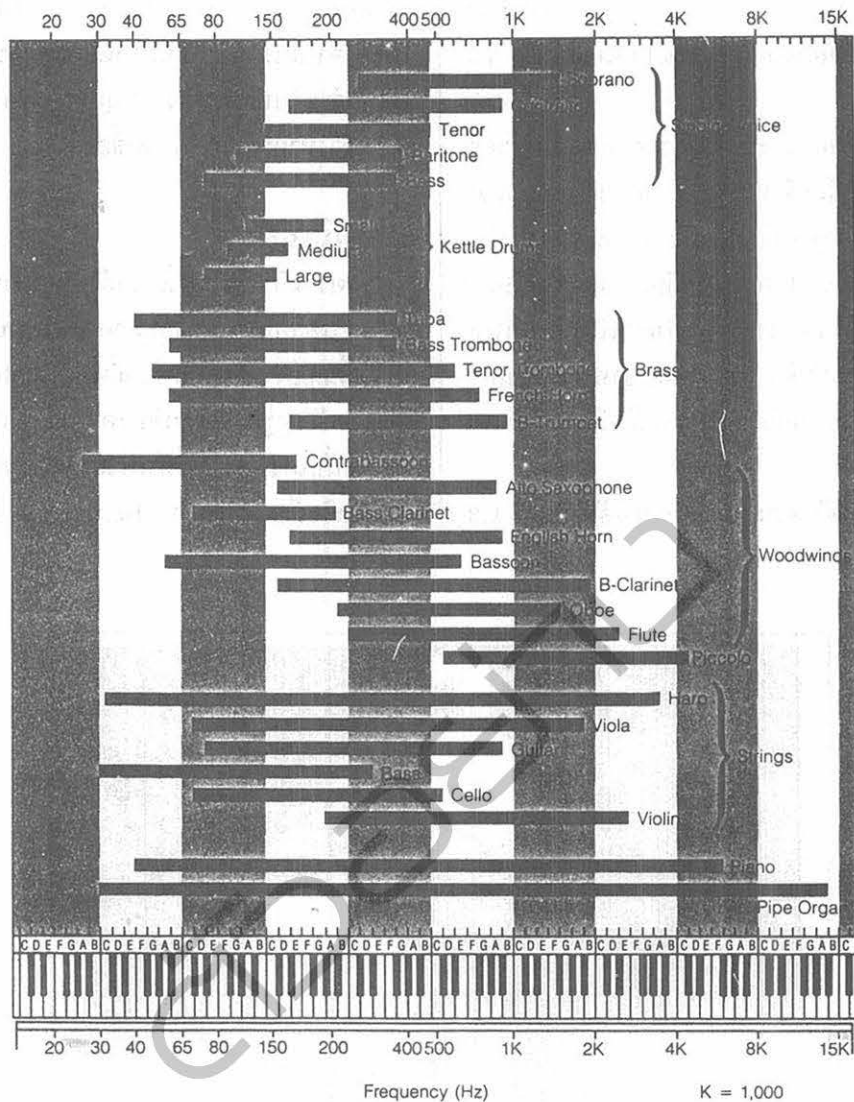
จะใช้ในการวัดความดังเสียงอย่างละเอียด อุปกรณ์นี้มิใช่สิ่งจำเป็นสำหรับนักสร้างและทดสอบตู้ลำโพง แต่จำเป็นสำหรับนักทดลองหาทฤษฎีการออกแบบตู้ลำโพงมากกว่า หากท่านสนใจก็หาซื้อได้

ความถี่เสียง

ความถี่ของเสียงหมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนไหวของอนุภาคอากาศที่ประกอบกันขึ้นเป็นคลื่นเสียง เสียงที่มีความถี่ต่ำ (การเปลี่ยนแปลงช้า) จะเป็นเสียงทุ้ม ส่วนเสียงความถี่สูงก็คือพวกเสียงแหลมนั่นเอง ความถี่มีหน่วยเป็นจำนวนลูกคลื่นต่อวินาทีหรือเรียกง่าย ๆ ว่า Hertz มักย่อว่า Hz นั่นคือ



รูปที่ 1.3 มีเตอรืวัดระดับเสียง



รูปที่ 1.4 ช่วงที่หูคนเราได้ยินเสียงคือ 10 Hz ถึง 20 kHz มีเสียงพูดและดนตรีส่วนใหญ่ก็อยู่ในช่วงความถี่นี้ สังเกตว่ามีเครื่องดนตรี

หลายชิ้นเช่นเปียโนให้ช่วงความถี่ที่กว้างมาก จึงต้องการระบบตู้ลำโพงคุณภาพสูง

เสียงที่มีความถี่ 10 Hz จึงมีการเปลี่ยนแปลงไปมาครบรอบ 10 ลูก/วินาที อนุภาคของอากาศจะวิ่งขึ้นและลงถึง 10 ครั้งต่อวินาที โดยทั่วไปแล้วหูมนุษย์จะได้ยินเสียงในช่วง 20 Hz ถึง 20,000 Hz

ช่วงความถี่การทำงานของลำโพงจึงเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ต้องพิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 1.4

สังเกตว่าเสียงพูดคนเราและเสียงจากเครื่องดนตรีต่างๆ ล้วนมีช่วงความถี่ของมันเอง

การแบ่งเสียงเป็น 3 ช่วงของการได้ยิน

ระบบเสียงที่มนุษย์ได้ยินจะเริ่มจาก 20 Hz ถึง 20 kHz และมักแบ่งออกเป็น 3 ช่วงหลักๆ ดังแสดง

ในรูปที่ 1.5 ดังนี้

- เสียงความถี่ต่ำ มักเรียกว่าเสียงทุ้ม (Bass) เช่นเสียงจากนักร้องเสียงเบสหรือกลองต่างๆ
- เสียงความถี่กลาง มักเรียกว่าเสียงกลาง (Midrange) เช่นเสียงจากนักร้องทั่วๆ ไป เสียงจากกีตาร์และเสียงจากเครื่องดนตรีส่วนมาก
- เสียงความถี่สูงมักเรียกว่าเสียงแหลม (Treble) เช่นเสียงจากกระดิ่ง ไวโอลิน ฟลูท

ลำโพงที่ดีต้องออกแบบให้ครอบคลุมเสียงเหล่านี้ดังในรูปที่ 1.5 แสดงเสียงที่ได้จากลำโพงแบบต่างๆ ดังนี้

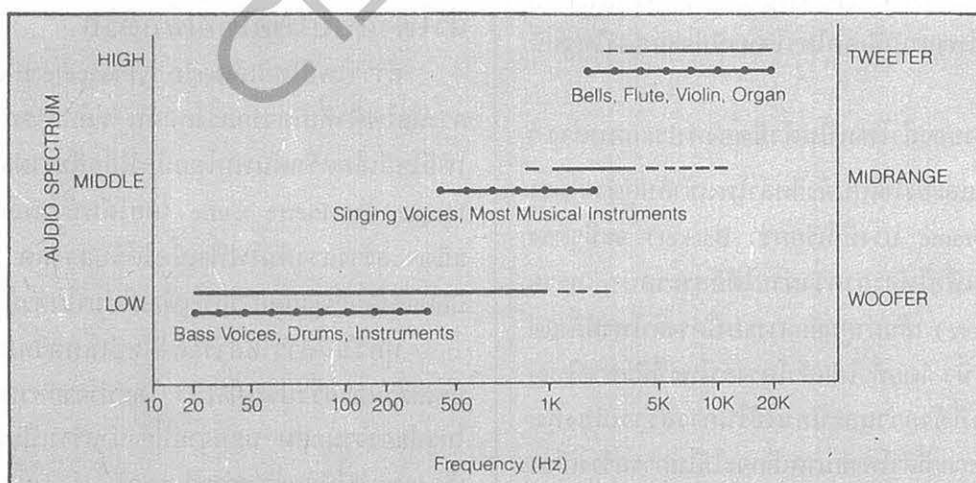
- ลำโพงขนาดใหญ่เรียกว่าวูฟเฟอร์ (Woofer) ให้เสียงทุ้มเป็นหลักและเสียงกลางบางส่วน
- ลำโพงขนาดกลางเรียกว่ามิดเรนจ์ (Midrange) ให้เสียงกลางเป็นหลักและเสียงแหลมบางส่วน
- ลำโพงขนาดเล็กเรียกว่าทวิตเตอร์ (Tweeter) ให้เสียงแหลม (Treble Sound)

เสียงจากแหล่งกำเนิดโดยตรงกับเสียงจากการสะท้อนกลับ

เสียงที่เราได้ยินกันทุกวันนี้อาจมาจากแหล่งเสียง

โดยตรงหรือมาจากการสะท้อนกลับก็ได้ เสียงสะท้อนกลับที่รู้จักกันดีคือเสียงเอคโค่ (Echo) และเสียงรีเวิร์บ (Reverberation) ซึ่งเสียงอย่างหลังหมายถึงผลรวมของเสียงเอคโค่รวมกับเสียงเดิมจะรวมกันเป็นเสียงรีเวิร์บ หากใครเคยอยู่ในห้องใต้ดินหรือห้องทึบใหญ่ที่มีผนังเรียบแข็ง จะได้ยินเสียงรบกวนเท้าขณะเดินเป็นห้วงๆ ในลักษณะของเสียงรีเวิร์บ นั่นคือมีการสะท้อนกลับของเสียง รูปแบบการสะท้อนกลับของเสียงขึ้นกับขนาดห้องและชนิดผนัง ในขณะที่ฟังเพลงในห้องฟังเพลงนั้น เสียงส่วนหนึ่งจะมาจากลำโพงโดยตรง แต่ก็มีเสียงบางส่วนสะท้อนมาจากผนังห้อง เพดาน ฯลฯ ดังนั้นเสียงที่คุณได้ยินจริงๆ จึงเป็นผลรวมของเสียงดังกล่าวซึ่งเรียกว่าเสียงรีเวิร์บ

ไม่ว่าคุณจะคิดเห็นอย่างไร เสียงสะท้อนจะมีผลต่อการรับฟังเพลงเสมอ ตัวอย่างเช่นการสะท้อนของเสียงย่อมไปเพิ่มความดังของเสียงความถี่ต่ำ จึงช่วยให้ลำโพงสร้างเสียงทุ้มได้ดียิ่งขึ้น ช่วยให้ลำโพงเล็กๆ เปล่งเสียงได้ดังขึ้น ในลักษณะคล้ายๆ กับเราพูดในห้องเล็กๆ ย่อมได้ยินชัดกว่าการพูดในที่กลางแจ้ง ระบบตู้ลำโพงล้วนใช้หลักการเอคโค่เข้าช่วยในการทำงานและเสียงที่ได้จะได้ยินชัดเจนนุ่มนวลกว่าด้วย



รูปที่ 1.5 ช่วงความถี่เสียงที่คนเราได้ยินมักแบ่งออกเป็น 3 ช่วงความถี่ คือ ทุ้ม กลาง

แหลม ลำโพงส่วนใหญ่ก็จัดในลักษณะนี้ แนวเส้นที่แสดงช่วงความถี่ลำโพงแต่ละช่วง

ลำโพงทำงานอย่างไร

อาจจะดูง่ายขึ้นหากมาทำความเข้าใจการทำงานของหูมนุษย์ก่อน ในขณะที่รับฟังเสียงคลื่นเสียงจะเดินทางเข้าช่องหูไปทำให้เยื่อแก้วหูสั่น เสียงยิ่งมีความถี่สูงจะทำให้แก้วหูสั่นเร็วขึ้น เยื่อแก้วหูนี้จะต่อกับชิ้นกระดูกเล็กๆ โดยทำการแปลงพลังงานเสียงเป็นไฟฟ้าส่งไปยังสมองต่อไป

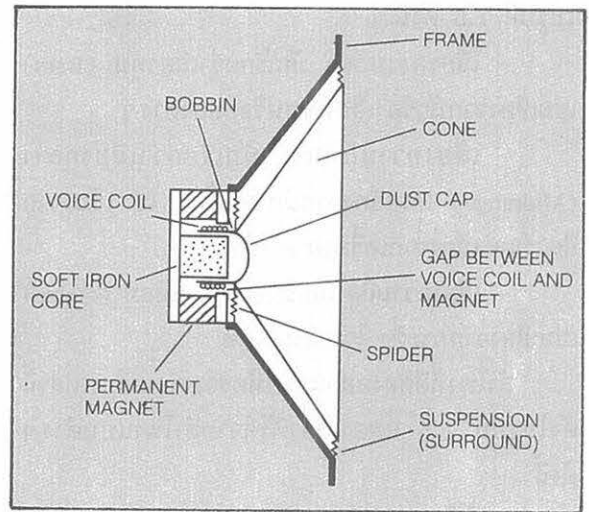
สำหรับลำโพงเราเริ่มต้นจากสัญญาณไฟฟ้าในส่วนของภาคขยายสัญญาณ ทั้งนี้หัวเข็มจากเครื่องเล่นจากเสียงหรือหัวเทปจากเครื่องเล่นเทปจะส่งสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่ภาคขยายก่อนป้อนสู่ลำโพง ซึ่งทำให้กรวยลำโพงสั่นไปตามความถี่สัญญาณทางขั้วลำโพง ทำให้เกิดคลื่นเสียงเดินทางผ่านอากาศมายังหูคนเรา ความถี่สูงของเสียงแหลมจะทำให้กรวยลำโพงสั่นเร็วขึ้น

ลำโพงแบบอีเล็กโตรไดนามิก

ประมาณ 95% ของลำโพงที่ใช้กันในระบบเครื่องเสียงสเตอริโอล้วนเป็นลำโพงชนิดนี้ โดยการใช้แม่เหล็กและขดลวดที่พันจากลวดเส้นเล็กๆ ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของกรวยลำโพง ซึ่งก็ก่อให้เกิดคลื่นเสียงตามมา ส่วนลำโพงพิเศษอีกชนิดหนึ่งเรียกว่าลำโพงแบบไพโซอิเล็กตริก จะได้กล่าวในบทที่ 2 องค์ประกอบหลักในลำโพงแบบอีเลคโตรไดนามิกจะแสดงในรูปที่ 1.6

โครงของลำโพงเป็นตัวยึดองค์ประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันและยังใช้เป็นตัวยึดลำโพงเข้ากับตู้ด้วยโครงลำโพง (Frame บางทีก็เรียกว่า Basket) จะมีรูตรงกลางกลวงเพื่อให้อากาศวิ่งผ่านได้อิสระรอบๆ กรวยลำโพง (Core) เส้นผ่าศูนย์กลางของโครงลำโพงมีตั้งแต่ 1 ถึง 15 นิ้ว โดยทั่วไปแล้วโครงลำโพงที่มีขนาดใหญ่จะให้เสียงที่ดังกว่าและนิยมใช้ในการสร้างเสียงทุ้ม (Bass) ในขณะที่ลำโพงขนาดเล็กจะใช้ในการสร้างเสียงกลางและเสียงแหลม

ส่วนของลำโพงที่เรียกว่าไดรเวอร์ (Driver) ได้แก่ แม่เหล็กถาวรและขดลวด (Voice Coil) ซึ่งจะประกอบด้วยลวดเส้นเล็กๆ พันบนแกนบอบบิ้นหลายๆ ขด



รูปที่ 1.6 องค์ประกอบต่างๆ ในลำโพงทั่วไปซึ่งเป็นชนิดอีเลคโตรไดนามิก (รูปตัดขวาง)

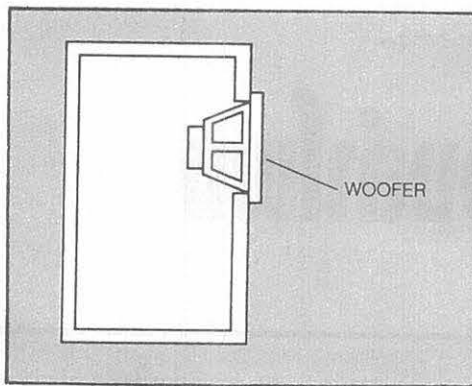
ซ้อนกันอยู่ สัญญาณไฟฟ้าจากวงจรขยายจะป้อนสู่ขดลวดนี้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กรอบๆ ขดลวดกับแม่เหล็กถาวร ทำให้ตัวขดลวดนี้เคลื่อนที่ไปมาโดยที่รอบๆ ขดลวดจะยึดกรวยกระดาดไว้จึงเกิดการกระพืออากาศก่อให้เกิดเป็นคลื่นเสียงขึ้น

ลำโพงแบบไพโซอิเล็กตริก

คำว่าไพโซอิเล็กตริก (Piezoelectric) ก็คือกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากแรงกดดัน หลักการทำงานของไพโซอิเล็กตริกค้นพบโดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสคือ Jacques กับ Pierre Curie โดยได้พบว่าผลึกสารบางชนิดจะสร้างแรงดันไฟฟ้าเมื่อได้รับแรงกด และหากป้อนแรงดันก็จะเกิดการกระพือไปมาในตัวมันเองด้วย

ทุกวันนี้การใช้สารไพโซอิเล็กตริกมาทำเป็นบัชเซอร์และกริ่งประตูไฟฟ้า โดยทำจากสารเซรามิก ในรูปของจานกลม นอกจากนี้นั้ยังนำสร้างเป็นลำโพงให้เสียงแหลมที่นิยมเรียกว่าทวีตเตอร์

ลำโพงทั้งสองแบบที่กล่าวมาล้วนมีข้อดีในตัวมันเองดังจะกล่าวในภายหลัง



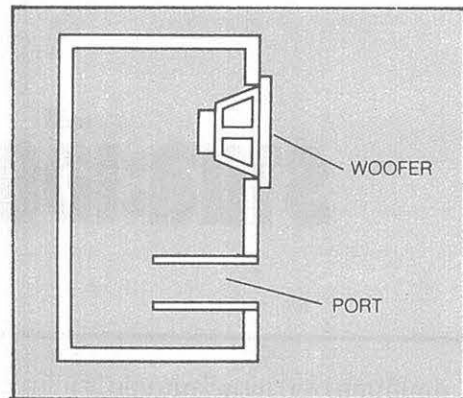
รูปที่ 1.7 ระบบลำโพงตู้ปิด

หลักการพื้นฐานในการออกแบบระบบลำโพง

โดยตัวของลำโพงเอง หากติดตั้งไว้อย่างไม่อาจเปล่งเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เสียงที่ได้จึงยังไม่ดีนัก หากต้องการปรับปรุงคุณภาพเสียงและประสิทธิภาพการทำงาน ก็จำเป็นต้องบรรจุไว้ในกล่องที่เหมาะสม

ในขณะลำโพงทำงาน จะมีการสร้างคลื่นเสียงทั้งจากด้านหน้าและด้านหลังของกรวยลำโพงคลื่นความกดอากาศจากด้านหลังลำโพงจะเดินทางผ่านรอบๆ ขอบลำโพงออกมายังบริเวณความกดอากาศต่ำทางด้านหน้า (หรือในนัยกลับกันด้วย) ส่งผลให้เกิดการหักล้างสัญญาณบางส่วนในบริเวณด้านหน้าลำโพง ทำให้การทำงานด้อยประสิทธิภาพและยังอาจมีเสียงผิดเพี้ยนในบางช่วงความถี่อีกด้วย

รูปแบบของตู้ลำโพงส่วนมากแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.8 ระบบลำโพงตู้เปิด ขนาดรูและท่อเปิดเป็นเรื่องสำคัญมากต่อช่วงความถี่ที่ได้

โดยวางลำโพงไว้ในตู้ปิดผนึก (มีอากาศอยู่ภายในตู้) เมื่อกรวยลำโพงสั่นจะสร้างแรงดันต่ออากาศภายในตู้ ทำให้กรวยกระเพื่อมมากขึ้น ในขณะเดียวกันคลื่นจากด้านหลังลำโพงก็ยังไม่ออกมาพร้อมกับคลื่นจากหน้าลำโพง เสียงที่ได้จึงดังยิ่งขึ้นโดยเฉพาะช่วงเสียงทุ้ม

ตู้แบบนี้จะเป็นการวางลำโพงไว้ในอากาศภายในตู้จึงมักเรียกว่าตู้แบบ Acoustic Suspension แต่หากออกแบบตู้มีขนาดใหญ่ ทรงสูง (แบบหอคอย Tower Size) ก็เรียกตู้แบบนี้ว่าแบบ Infinite Baffle

ยังมีการออกแบบตู้ลำโพงอื่นๆ อีก เช่นแบบ Ported Reflex ดังในรูปที่ 1.8 โดยภายในตู้จะมีการเจาะช่องเปิดใส่ท่อไว้ มักเรียกว่าตู้แบบเปิด ในขณะที่ตู้แบบแรกที่ถูกกล่าวถึงเป็นแบบตู้ปิดผนึก ตู้แบบเปิดมีข้อดีที่ให้เสียงทุ้มลึกกว่า และจึงมีประสิทธิภาพดีกว่า ตู้แบบเปิดนี้มีชื่อเรียกกันหลายชื่อ เช่น Bass Reflex Ducted Port และแบบ Helmholtz Resonator

รายละเอียดของลำโพง

ก่อนอื่นลองพิจารณาดูว่ามนุษย์เปล่งเสียงพูดได้อย่างไร หลอดเสียงจะต้องสั่น เพดานและลิ้นและปากจะต้องกระทำอย่างเหมาะสม เป็นเรื่องยุ่งยากยิ่งในการจะเข้าใจถึงการเปล่งเสียงแต่ละคำจากมนุษย์ ด้วยมีองค์ประกอบมากมาย แต่การทำงานจากลำโพงจะดูง่ายกว่ามาก นั่นคือกรวยลำโพงซึ่งอาจทำจากกระดาษหรือพลาสติกจะกระพืออากาศรอบๆ กรวย ทำให้เกิดคลื่นเสียงขึ้น

ก่อนก้าวสู่การออกแบบตู้ลำโพง ควรทราบถึงเทคนิคต่าง ๆ เบื้องต้นที่เกี่ยวข้องเสียก่อนดังนี้

ผลตอบสนองเชิงความถี่

คือช่วงความถี่เสียงที่ออกมาจากลำโพงได้ถูกต้อง เช่นสัญญาณต้นแบบ ทำการวัดโดยการปรับเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณอินพุตโดยกำหนดขนาดสัญญาณคงที่ ความถี่มีหน่วยเป็น Hz และปรับค่าความถี่จาก 20 Hz จนถึง 20 kHz อันเป็นช่วงปกติที่หูได้ยิน อย่างไรก็ตามก็มีมนุษย์ส่วนมากมีช่วงการได้ยินเพียงในช่วง 30 Hz ถึง 15 kHz เป็นส่วนมาก หากสัญญาณเสียงที่ได้มีขนาดคงที่ทุกช่วงความถี่ทางอินพุต เรียกว่ามีผลตอบสนองเชิงความถี่ที่ราบเรียบ (Flat) เขียนเป็นศัพท์เทคนิคได้ว่า $20\text{ Hz} \rightarrow 20\text{ kHz} \pm 0\text{ dB}$

ตัวเลข dB แสดงถึงความเปลี่ยนแปลงทางขนาดสัญญาณ(แอมพลิจูด) ปกติมักจะวัดเป็นค่าอัตราส่วนเชิงกำลังเอาท์พุทเทียบกับกำลังงานอินพุท หากเราป้อนสัญญาณเข้าวงจรขยายทางอินพุทให้มีกำลังงานคงที่แล้ว พบว่ากำลังงานเอาท์พุททุกช่วงความถี่มีกำลังงานคงที่ ก็เรียกว่ามีผลตอบรับเรียบ (มี dB คงที่ทุก

ช่วงความถี่) หากค่า dB ทางเอาท์พุทสูงบ่งว่าวงจรขยายนั้นมีกำลังขับมาก

มักแสดงค่าผลตอบสนองเชิงความถี่เป็นรูปกราฟระหว่าง dB กับความถี่ ดังในรูปที่ 2.1 สังเกตว่าผลตอบของช่วงความถี่กลางมีค่าคงที่ แต่จะมีผลตอบลดลงเมื่อต่ำกว่าความถี่ f_1 และสูงกว่าความถี่ f_2 จุด f_1 กับ f_2 นี้คือจุดที่มีเอาท์พุทลดลง 3 dB

ช่วงไดนามิก

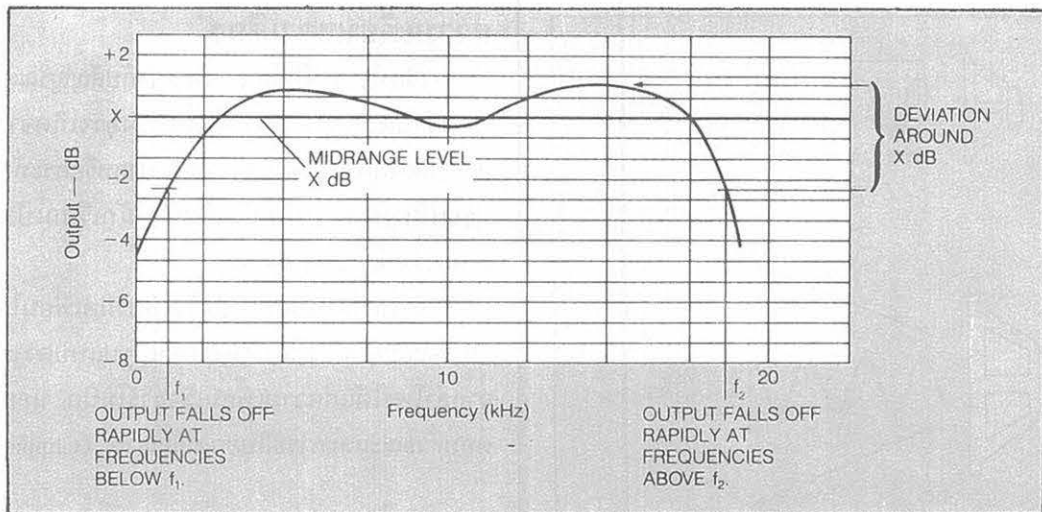
คือช่วงความถี่แตกต่างระหว่างเสียงดนตรีที่เบาสุดกับดังสุด ทั้งนี้ขึ้นกับแหล่งสัญญาณขาเข้า เช่นในกรณีของเครื่องเล่นแผ่น CD ในทางทฤษฎีจะให้ช่วงไดนามิกได้มากถึง 96 dB แต่ในทางปฏิบัติจะอยู่ในช่วง 85 → 90 dB ซึ่งก็นับว่าดีกว่าแหล่งเสียงอื่นๆ มากแล้ว

ตัวเลข 90 dB หมายถึงกำลังงานของสัญญาณเสียงที่ดังที่สุดมีขนาดเป็น 1 พันล้านเท่าของกำลังเสียงที่เบาที่สุด ซึ่งจะไม่มีพบในวงดนตรีทั่วๆ ไป นอกจากนี้แม้ว่าแหล่งเสียงโดยทั่วไปจะมีช่วงไดนามิก 60 → 70 dB ก็จัดว่าเป็นระบบเสียงที่ดีเลิศแล้ว

ทิศทางการแพร่กระจายของเสียงจากลำโพง

ดูในรูปที่ 2.2 หากมีทิศการแพร่กระจาย (Dispersion) ที่แคบ เสียงจะไม่กระจายไปรอบห้อง ผู้ฟังจะต้องอยู่เพียงด้านหน้าของตู้ลำโพงเท่านั้นจึงได้ยินเสียงดีที่สุด แต่หากมีทิศการแพร่กระจายกว้างขึ้นบริเวณการรับฟังเพลงก็จะกว้างตาม

ขอบเขตการแพร่กระจายนี้จะแตกต่างกันไป ขึ้นกับความถี่ แม้จากลำโพงตัวเดียวกัน โดยทั่วๆ ไปแล้วถือว่าลำโพงเป็นแหล่งเสียงรอบทิศทาง (Omnidirectional)



รูปที่ 2.1 แสดงกราฟบอกผลตอบสนองเชิงความถี่ โดยมีการกำหนดขีดจำกัดต่ำสุดและสูงสุดไว้ ความราบเรียบของเส้นกราฟบ่งบอกถึงความสามารถในการสร้างเสียงได้ถูกต้อง

ตามอินพุตเพียงใด ระดับตัวเลข dB จะบอกถึงปริมาณเอาต์พุตจากภาคขยายในช่วงความถี่กลาง

ตั้งแต่ความถี่ต่ำไปจนถึงความถี่หนึ่งๆ ที่มีค่าความยาวคลื่นเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของลำโพงพอดี ที่ช่วงความถี่สูงกว่านี้ (ความยาวคลื่นสั้นลง) เสียงจะมีทิศทางแพร่กระจายแคบเข้า

เนื่องจากความเร็วเสียงในอากาศ ณ ระดับน้ำทะเลอยู่ที่ 13,200 นิ้ว/วินาที ความถี่สูงสุดที่ยังคงแพร่กระจายเสียงได้รอบทิศทางจึงกำหนดด้วยความเร็วเสียงหารด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางของลำโพง เช่น สำหรับลำโพง 15 นิ้วจะมีความถี่ที่ยังคงแพร่กระจายรอบทิศทางที่ 880 Hz ส่วนลำโพงขนาด 12 8 และ 4 นิ้วจะมีความถี่สูงสุดที่ 1.1 kHz 1.65 kHz และ 3.3 kHz ตามลำดับ นอกจากนี้ขีดจำกัดนี้เป็นเพียงการคำนวณในทางทฤษฎี จริงๆ แล้วยังขึ้นกับชนิดสารและโดยรูปร่างจริง ๆ ของลำโพงด้วย ดังนั้นลำโพง 4 นิ้วอาจให้เสียงรอบทิศทางได้จนถึงความถี่ 4 kHz และลำโพง 2 นิ้วที่ความถี่ 8 kHz ก็ได้

ความไว (Sensitivity)

เป็นการวัดระดับเสียงจากลำโพงเมื่อป้อนกำลัง

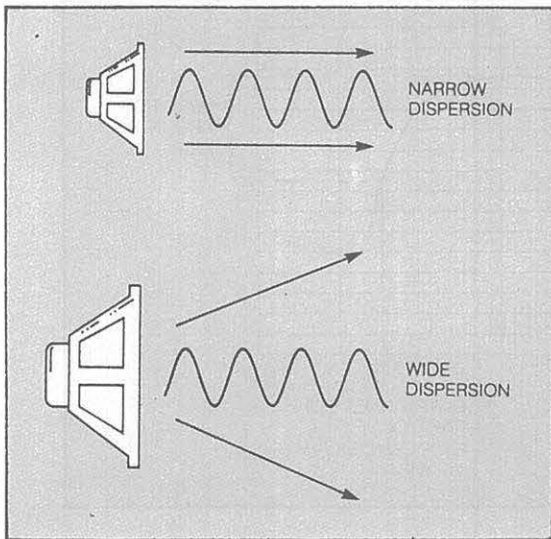
งานไฟฟ้าคงที่แก่ลำโพง โดยการป้อนสัญญาณขนาดคงที่ทั้งในแง่ความถี่และแอมพลิจูด ระดับเสียงจากลำโพงจะถูกวัดที่ห่างออกจากปากลำโพงในระยะทางหนึ่งๆ (มักกำหนดที่ระยะ 1 เมตร) สเปคบอกค่าความไวนี้จึงบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของลำโพงโดยตรง

แดมปีง (Damping)

กรวยลำโพงจะต้องเคลื่อนที่ตามรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าทางอินพุต หากกรวยลำโพงยังคงกระเพื่อมต่อไปทั้งๆ ที่ทางสัญญาณอินพุตหายไปแล้ว ย่อมทำให้เสียงที่ได้จากลำโพงผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง จึงต้องมีการหน่วงการเคลื่อนที่เรียกขบวนการนี้ว่าแดมปีง กลไกการแดมปีงเพื่อมิให้เกิดการสั่นผดปกตินี้ขึ้นกับ

- ชนิดสารที่ใช้ทำกรวยลำโพง
- แม่เหล็ก
- ตัวจับกรวยกระดาดเข้ากับโครงหลักของ

ลำโพง (Suspension และ Spider)



รูปที่ 2.2 ช่วงกระจายทิศทางที่แคบเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงจากลำโพงมีอาจกระจายได้ทั่วห้องขณะเดินทาง โดยเฉพาะในช่วงความถี่สูง จำเป็นต้องมีการออกแบบลำโพงที่ดีจะช่วยจัดปัญหานี้ไปได้

กรวยลำโพงส่วนมากจะทำจากสารค่อนข้างแข็งเพื่อยืดหยุ่นทนทาน แต่หากแข็งเกินไปก็อาจกระทบได้ดีพอทุกช่วงความถี่ ส่วนบรรดาตัวยึดเข้ากับโครงลำโพงก็เป็นสิ่งสำคัญที่ก่อให้เกิดความยืดหยุ่นต่อการเคลื่อนที่ของกรวยลำโพง ความอ่อนแอของตัวยึดจับกรวยนี้จะมีหน่วยวัดเป็น Compliance หากมีค่านี้ต่ำก็จะแข็ง

ขนาดและน้ำหนักของแท่งแม่เหล็กจะกำหนดถึงปริมาณสัญญาณขาออก แต่ก็ยังมีผลต่อการหน่วงการเคลื่อนที่ (Damping) เช่นกัน แม่เหล็กขนาดเล็กจะไม่อาจให้แรงกระพือขนาดใหญ่แก่กรวยลำโพง ถ้าเป็นกรณีรถยนต์เรียกว่ามีใช้คอพ้ออ่อน บรรทุกไม่ได้มาก

เราจะกล่าวเรื่องแดมปีงนี้อีกครั้งในบทที่ 3 ว่า จะกำหนดอย่างไรในตอนออกแบบตู้ลำโพง การจัดแดมปีงที่ดีจะทำให้เสียงจากตู้ลำโพงให้เสียงเป็นธรรมชาติ สดใส

ความเพี้ยนของเสียง

เสียงใดๆ ที่ได้ยินหากไม่ตรงกับสัญญาณต้นแบบ เรียกว่ามีความผิดเพี้ยนทั้งสิ้น ซึ่งอาจเกิดจากวงจรขยายไล่ตั้งแต่ภาคจูนเนอร์ วงจรขยายหรือกระทั่งลำโพง กรณีเสียงผิดเพี้ยนอย่างชัดเจนมักเรียกเป็นศัพท์เฉพาะว่าเสียงแบบ Fuzzy

ลำโพงก็เป็นอุปกรณ์ที่ให้เสียงผิดเพี้ยนได้เสมอ ไม่ว่าจะเป็นออกแบบมาดีเลิศเพียงใด รูปแบบความเพี้ยนจากลำโพงได้แก่ความเพี้ยนเชิงฮาร์โมนิก นอยส์ ผลตอบชั่วขณะและการขลิบยอดสัญญาณ (Clipping)

ความเพี้ยนเชิงฮาร์โมนิก และอินเตอร์มอดูเลชัน

เกิดจากความถี่แปลกลบหลวมขึ้นทางลำโพงทั้งๆ ที่ไม่มีความถี่เหล่านั้นทางอินพุต สาเหตุเกิดจากองค์ประกอบในลำโพง (เช่น Driver และ Suspension) ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะในกรณีขับลำโพงด้วยสัญญาณไฟฟ้าขนาดใหญ่ การออกแบบลำโพงและตู้ลำโพงอย่างถูกต้องจะมีผลอย่างมากในการลดความเพี้ยนแบบนี้

นอยส์ (Noise)

เป็นเสียงแบบสั้นกระแทกจากลำโพงเนื่องจากอุปกรณ์ในลำโพงเสียหาย เช่นกรวยกระดาชบบางส่วนหรือเกิดจากการสั่นของตู้ลำโพงก็ได้

ผลตอบชั่วขณะ (Transient Response)

เป็นลักษณะของการหน่วงเวลาจากการที่กรวยลำโพงเริ่มต้นทำงานจากจุดหยุดนิ่งไปถึงจุดสั้น โดยการป้อนหัวสัญญาณกระชาก ความไวการตอบสนองของลำโพง (ให้เสียงได้รวดเร็วเพียงใด) ขึ้นกับหลายๆ องค์ประกอบ เช่นค่าความแข็งของกรวยลำโพง ส่วนยึดจับกรวยลำโพง การออกแบบลักษณะตู้ลำโพง กรวยลำโพงที่แข็งจะหน่วงเวลาการเคลื่อนที่ของมันเอง ทำให้มีผลตอบสนองที่ช้า

การขลิบสัญญาณ (Clipping)

เกิดขึ้นเมื่อกรวยลำโพงไม่สามารถเคลื่อนที่เร็ว

เท่าที่ต้องการขณะป้อนสัญญาณไฟฟ้า ทำให้เสียงที่ได้แตกพร่า หากปล่อยการทำงานเช่นนั้นนานไป ลำโพงอาจเสียหาย เพราะกรวย/ขดลวด/ส่วนยึดจับกรวยอาจสึกหรอ จำเป็นต้องป้องกันโดยเฉพาะกับลำโพงเสียงทุ้ม โดยเฉพาะกรณีขับสัญญาณเสียงทุ้มที่มีขนาดใหญ่ มิให้ลำโพงเกิดโอเวอร์โหลด

ชนิดของลำโพง

แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ วูฟเฟอร์ มิดเรนจ์และทวีตเตอร์ ความถี่การทำงานของแต่ละลำโพงจะมีช่วงคาบเกี่ยวกัน อีกชนิดที่นิยมคือฟูลเรนจ์ ซึ่งให้เสียงครบทุกความถี่ในตัวเดียวกัน

วูฟเฟอร์

ให้เสียงความถี่ต่ำ ช่วงใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพคือ 20 Hz ถึง 1000 Hz แต่อาจขยายช่วงใช้งานไปจนถึง 3 kHz ดังแสดงในรูปที่ 2.3 วูฟเฟอร์ทั่วๆ ไปอาจมีตั้งแต่ขนาด 4 นิ้วไปจนถึง 15 นิ้ว ในระบบเสียงไฮฟายนิยมใช้วูฟเฟอร์ขนาด 10→12 นิ้ว กรวยลำโพงที่ใช้ทำวูฟเฟอร์มักนิยมใช้กระดาษหรือจากสารโพลีพรอบิลีน ในภาพวูฟเฟอร์ 12 นิ้วบางรุ่นมีวอยซ์คอยล์ 2 ชุด ให้กำลังงาน 120 วัตต์เฉพาะกับเสียงทุ้ม

มิดเรนจ์

ให้ความถี่เสียงกลางในช่วง 1000 Hz ถึง 10 kHz ช่วงทำงานอย่างมีประสิทธิภาพคือ 1→4 kHz ซึ่งเหมาะกับเสียงร้องและเครื่องดนตรีส่วนมาก ตัวลำโพงเองไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 3→8 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 2.4

กรวยลำโพงสำหรับมิดเรนจ์จะใช้กระดาษ ผ้า หรือโพลีพรอบิลีนก็ได้ ลำโพงบางรุ่นอาจมีโคมพลาสติกเล็กๆ ครอบ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการกระจายทิศทางได้กว้างยิ่งขึ้น

ทวีตเตอร์

ให้เสียงแหลมภายในช่วง 4→20 kHz มักมี

ขนาดเล็กๆ ตั้งแต่ 2 นิ้วลงไป ดังในรูปที่ 2.5 กรวยอาจทำจากกระดาษ ผ้า โดยมีฝาครอบเป็นพลาสติกหรือเหล็ก ลำโพงบางแบบทำจากสารโพลีเอสเตอร์

ทวีตเตอร์ส่วนมากมีทิศทางแคบในการแพร่กระจายเสียง เพื่อให้การรับฟังเสียงที่ถูกต้อง ครอบ-คลุมพื้นที่กว้าง จึงมักบรรจุทวีตเตอร์ไว้ในกล่องใส่รูปฮอว์นหรือรูปโดมก็จะช่วยแพร่กระจายทิศทางที่กว้างขึ้น

ฟูลเรนจ์ (Full Range)

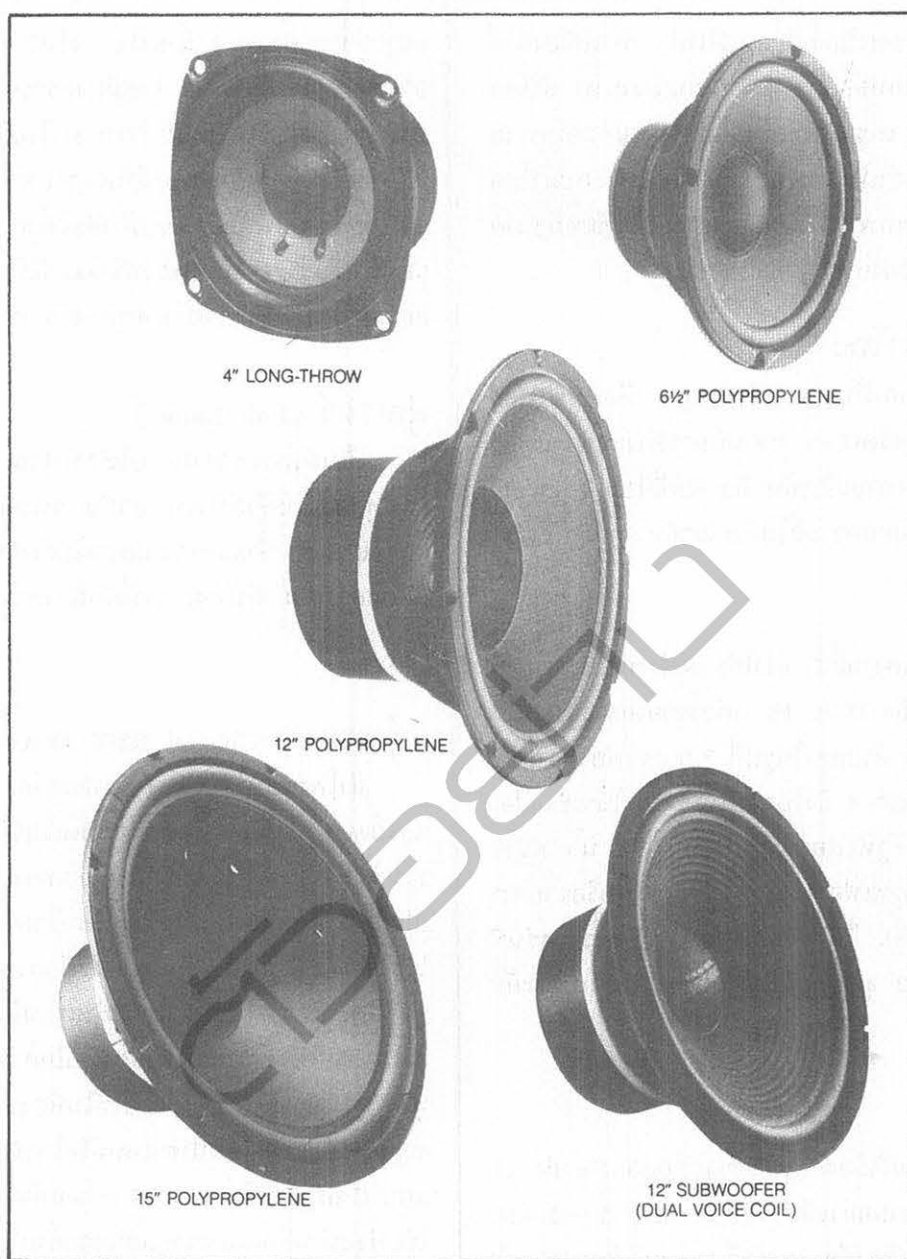
เป็นลำโพงที่ออกแบบให้สามารถสร้างเสียงได้ครบทุกช่วงในตัวลำโพงเดียวกัน แทนการใช้ลำโพงแยกกัน 3 ตัว ซึ่งผลตอบแทนจะไม่ดีเท่าการใช้ลำโพง 3 ตัวแยกกัน ลำโพงแบบนี้มีราคาไม่แพงดังในรูปที่ 2.6

ลำโพงแบบ Coaxial และ Triaxial

ลำโพงแบบ Coaxial จะประกอบด้วยวูฟเฟอร์และมิดเรนจ์ หรือประกอบด้วยมิดเรนจ์กับทวีตเตอร์รวมกันเป็นชุดลำโพงเดียวกัน ส่วนแบบ Triaxial เป็นการรวมวูฟเฟอร์ มิดเรนจ์ และทวีตเตอร์เข้าด้วยกันในลำโพงแต่ละแบบดังกล่าวนี้อาจมีกรวยและขดลวดหลายๆ ชุดวางไว้ล้อมรอบแท่งแม่เหล็กขนาดใหญ่ ลำโพงแบบนี้จะมีคุณภาพเสียงเหนือกว่าลำโพงแบบฟูลเรนจ์มาก โดยเฉพาะเมื่อใช้ในห้องขนาดเล็กเช่นรถยนต์ อย่างไรก็ตามลำโพงแบบที่ใช้ในรถยนต์อาจมีใช้แบบ Coaxial หรือ Triaxial อย่างแท้จริงก็ได้ เพราะใช้แท่งแม่เหล็กและกรวยแยกจากกันเป็นอิสระในตู้เดียวกันก็มี

กรวยแบบ Whizzer

ในลำโพงแบบวูฟเฟอร์และมิดเรนจ์บางแบบจะมีกรวยเล็กๆ แยกกันเพื่อให้งานเป็นทวีตเตอร์ โดยวางติดกับกรวยและขดลวดหลักของลำโพง จึงมิใช่ลำโพงแบบ Coaxial และ Triaxial เพราะไม่มีวอยซ์คอยล์ของมันเองอยู่ด้วย ดังในรูปที่ 2.6 วิธีนี้ทำให้ผลตอบแทนเสียงแหลมดีขึ้น



รูปที่ 2.3 รูปแบบต่างๆ ของวูฟเฟอร์

องค์ประกอบการออกแบบลำโพง

ในเชิงวิศวกรรมแล้วจะมีการปรับปรุงคุณภาพลำโพงต่อเนื่องนับแต่เริ่มประดิษฐ์ขึ้นมา มีการพัฒนา รูปแบบและชนิดสารในการสร้าง แต่ละแบบต่างก็มี ข้อดีในตัวเอง เพื่อความเข้าใจง่ายขึ้นจึงขอสรุปดังนี้

กำลังงาน (Power Rating)

คือกำลังงานที่ใช้ขับลำโพงมีหน่วยเป็นวัตต์ ลำโพงทั่วๆ ไป (โดยเฉพาะวูฟเฟอร์) จะสามารถรับ กำลังงานได้ทั้งแบบพิกและแบบค่าเฉลี่ย อัตรากำลัง พิกคือกำลังงานสูงสุดที่ลำโพงรับได้ในเวลาสั้นๆ

ส่วนอัตรากำลังงานเฉลี่ยเป็นกำลังงานที่ลำโพงรับได้ต่อเนื่องโดยไม่เสียหาย หากป้อนกำลังงานพีคานหลายวินาที ลำโพงอาจเสียหายจากขดลวดไหม้ โดยสเปคทั่วๆ ไปสำหรับลำโพง 10→12 นิ้วคือ 50→60 วัตต์ ส่วนกรณีลำโพงมิดเรนจ์และทวีตเตอร์ซึ่งมีขนาดเล็กลง จะมีกำลังงานสูงสุด 10→40 วัตต์

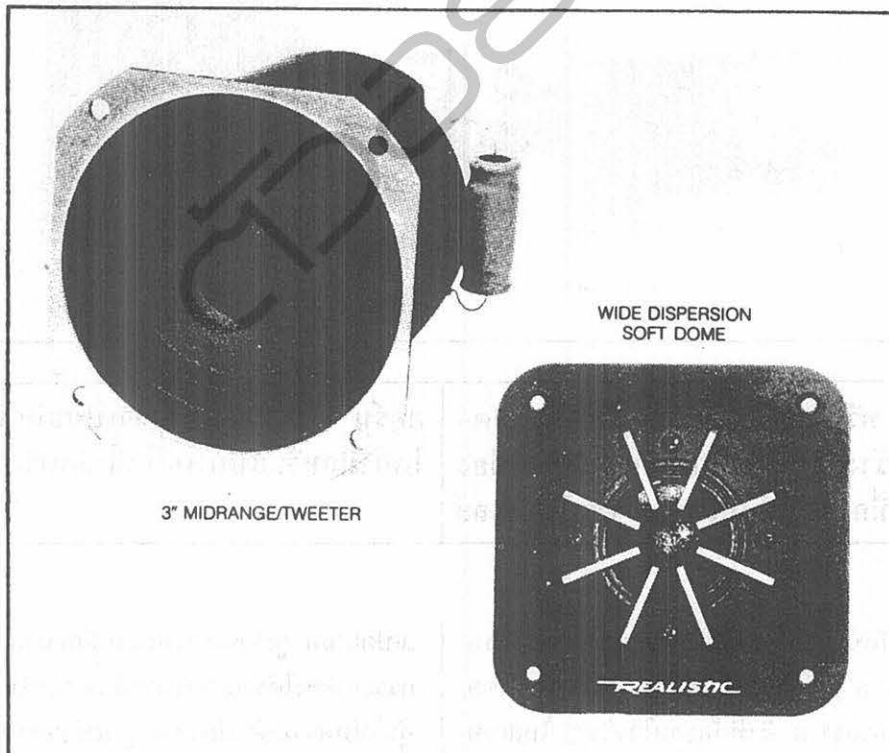
ลำโพงบางแบบมีระบบระบายความร้อนพิเศษเพื่อแพร่กระจายรวดเร็วแม้ตัวลำโพงนั้นมีขนาดเล็ก ลำโพงคุณภาพดีเลิศส่วนมากโดยเฉพาะทวีตเตอร์ จะมีสารแม่เหล็กเหลวเรียกว่า Ferrofluid เพื่อรักษาความเย็นของลำโพงไว้ ทำให้ลำโพงรับกำลังงานได้มากขึ้นโดยไม่เสียหายไม่ผิดเพี้ยนหรือเสียหาย นอกจากนี้ยังใช้สารแม่เหล็กเหลวทำงานเป็นส่วนยึดจับกรวย (Suspension) ในแถบกรวยลำโพงด้านในคล้ายๆ กับ Spider ที่ใช้ในลำโพงทั่วๆ ไปในการยึดกรวยเข้ากับโครงลำโพง

ภาคขยายโดยทั่วไปนิยมบ่งบอกอัตรากำลังงาน

เป็นวัตต์/แซนแนล เช่น 100 วัตต์/แซนแนลก็คือ 100 วัตต์แบบ RMS ลำโพงที่ใช้ต้องทนกำลังได้อย่างต่ำ 100 วัตต์ โดยกำลังงานส่วนมากสูญเสียในวูฟเฟอร์ สำหรับดนตรีทั่วๆ ไป กว่า 50% จะเป็นกำลังงานในช่วงความถี่ 75→500 Hz (ประมาณ 3 ออกเตพ) ลำโพงบางตัวจะบอกวัตต์ต่ำสุดให้ทราบ ซึ่งก็คือระดับกำลังงานต่ำสุดที่ต้องการเพื่อให้ลำโพงทำงานได้ความดังพอเหมาะ (ประมาณ 85→95 dB.SPL อันเป็นระดับการรับฟังพอเหมาะในห้องฟังเพลงขนาด 1500→1800 ลูกบาศก์ฟุต)

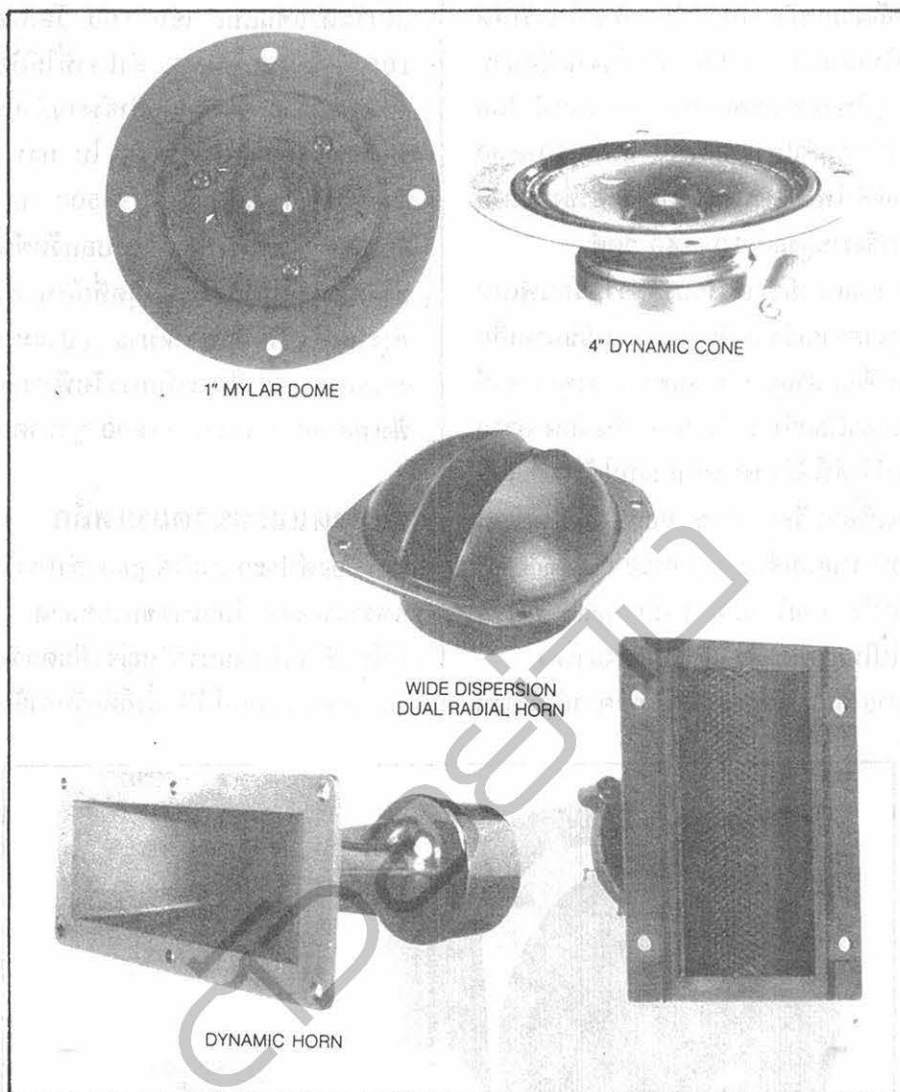
ขดลวดและขนาดแม่เหล็ก

องค์ประกอบสำคัญของลำโพงในการกำหนดอัตรากำลังงานคือขนาดของขดลวด (Voice Coil) ลำโพงที่ให้กำลังขนาดใหญ่จะมีขดลวดใหญ่ ทำให้กระจายความร้อนได้ดี ซึ่งก็คือรับกำลังงานได้มากขึ้น



รูปที่ 2.4 รูปแบบต่างๆ ของมิดเรนจ์ โดยแบบ 3 นิ้วจะรวมมิดเรนจ์กับทวีตเตอร์ไว้ ซึ่ง

จะถูกนำมาใช้ร่วมกับวูฟเฟอร์อีกตัวในตู้ลำโพงแบบ 2 ทาง



รูปที่ 2.5 ทวีตเตอร์แบบต่างๆ มีการใช้เทคนิคโครงสร้างต่างๆ เพื่อให้เกิดการแพร่เสียงในทิศทางที่กว้าง ได้แก่ โครงสร้างรูปโดมและ

ฮอร์น ตัวลำโพงเองอาจเป็นชนิดอิเล็กทรอนิกส์ไดนามิกหรือแบบไพโซอิเล็กตริก

ในวูฟเฟอร์มักมีการกำหนดเส้นผ่าศูนย์กลางของขดลวดมาให้ทราบ แต่ตัวเลขนี้มิได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตรากำลังงาน สิ่งที่ต้องสนใจจริงๆ ในสเปคลำโพงคืออัตรากำลังงานสูงสุดที่ลำโพงรับได้ เพื่อเลือกลำโพงให้ถูกต้องกับการใช้งาน

น้ำหนักของแม่เหล็กที่ใช้ในลำโพงจะมีบอกไว้ใน

สเปคเสมอ วูฟเฟอร์จะมีแม่เหล็กขนาดใหญ่เพื่อเคลื่อนกรวยลำโพงได้ระยะทางมากอันจำเป็นในการสร้างเสียงทุ้มให้มีความดังเพียงพอ วูฟเฟอร์ส่วนมากที่ควรแก่การใช้งานจริงๆ ควรมีแม่เหล็กหนักตั้งแต่ 35→50 ออนซ์ขึ้นไป

สารที่ใช้ทำแม่เหล็กก็เป็นสิ่งสำคัญ แม่เหล็กที่ทำ