

การเลือก สายเชื่อมระบบเสียง

ตอนที่ 1



• ในกระบวนการผลิตสายจะมีการนำทองแดงมารีดให้ได้ขนาดตามต้องการ ซึ่งไม่ว่าจะผลิตในระบบใด การรีดทองแดงจะทำให้เกิดปัญหาสำคัญตามมา ได้แก่

1. **ปัญหาที่เกิดจากช่องว่างในเนื้อตัวนำ** ซึ่งจะทำให้สารมลภาวะต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) หรือแม้แต่ออกซิเจน (O₂) เข้ามาทำปฏิกิริยาให้เกิดสนิมออกไซด์ (สนิมสีเขียว) ได้ง่าย ซึ่งมีผลทำให้สัญญาณที่ไหลผ่านไม่ได้ดี คุณภาพของเสียงก็ด้อยลง

2. **ปัญหาที่เกิดจากฉนวนของสาย** โดยสายทั่วไปนิยมใช้ PVC ในการทำฉนวน ซึ่งสาร PVC มีข้อบกพร่องที่สำคัญคือ PVC จะเสื่อมตามการใช้งาน, PVC สามารถทำ

ปฏิกิริยากับสารเคมีได้ง่าย, PVC ติดไฟง่าย, PVC เป็นสารที่มีพิษ ซึ่งจะทำให้สายสภาพแวดล้อมและมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้คุณสมบัติของสายและสัญญาณที่ผ่านด้อยลงไป

3. **ปัญหาที่เกิดจากการสั่นสะเทือน (Vibration) หรือการหักงอในการใช้งาน** สายสัญญาณหรือสายไฟยอมหลีกเลี่ยงการหักงอหรือการตัดสายไปไม่ได้ ซึ่งการกระทำเหล่านี้จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของสายเปลี่ยนไป

4. **ปัญหาจากสัญญาณภายนอกเข้ามารบกวนสัญญาณภายในสาย** สายที่คุณภาพไม่ดีนั้น สัญญาณรบกวนจากภายนอกจะเข้ามารบกวนได้ง่าย

สายเชื่อมระบบบางชนิดในยุคสมัยแรกมีค่าอิมพีแดนซ์สูงเหล่านี้จะให้เสียงตึกว่าหรือแยกว่า ก็ขึ้นอยู่กับความสามารถหรือความไวความสามารถในอันที่จะเกี่ยวเนื่องกับปัญหาต่างๆ ในเรื่องปัจจัยของสาย ได้แก่

หลักสำคัญของสาย จะต้องไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่วิ่งผ่าน

ผลกระทบที่เกิดจากพื้นที่ผิวของสาย (Skin-Effect) เป็นปัจจัยสำคัญที่ลดทอนคุณภาพและประสิทธิภาพการนำสัญญาณของสาย ยังมีพื้นที่ผิวมากก็ยิ่งผิดพลาดมาก

ปฏิกิริยาที่เกิดจาก **'สนามแม่เหล็ก'** (Magnetic Interaction) เมื่อสายนั้นมีการเสียดสีเข้าไปจะส่งผลต่อคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของสาย ทำให้ความถี่เพิ่มสูงขึ้นและเกิดความผิดเพี้ยน

สารตัวนำแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการถ่ายนำสัญญาณที่แตกต่างกันออกไป ตามค่าของความต้านทานจำเพาะของมัน นอกจากนี้ยังรวมถึง **'ความบริสุทธิ์'** (Purity) และรูปแบบของ **'การตกผลึก'** (Crystallization) ในตัวมันเองด้วย

สายประเภทนี้ส่วนใหญ่จะถูกหาว่าเป็นเหตุให้สัญญาณจืดจางเกินไป หรือทำให้เกิดเสียงรบกวนขึ้น ซึ่งในความจริงแล้วสายเองไม่ได้มีความจืดจางเลย เพียงแต่เกิดจากเพาเวอร์แอมป์ที่ต่ออยู่ได้ส่งสัญญาณที่ไม่สม่ำเสมอผ่านการถ่ายนำของสายนั้นต่างหาก

สายบางประเภทที่มีค่าความจุสูงๆ ได้ถูกออกแบบโดยใช้เทคนิคที่เรียกกันว่า Litz ซึ่งหมายถึงการจัดเรียงตัวของสายที่หุ้มฉนวนแต่ละเส้น โดยแต่ละเส้นมีค่าทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ต่างกันไป สายแบบ Litz จึงมีความจุที่หลากหลาย บางทีก็สูงมาก บางทีก็ต่ำมาก แม้ปัจจุบันก็ยังมีการเข้าใจผิดว่าสายประเภทนี้มีความจืดจางเกินไป ทั้งที่จริงปัญหาคือเพาเวอร์แอมป์

เช่นเดียวกับความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการใช้สายที่ใช้โลหะตัวนำที่เป็นทองแดงแบบ LC-OFC ที่บางคนก็ว่ามันไม่มีดีอะไร บาง



ค้นก็ว่ามันมีเสียงกวนและจัดจ้าน ซึ่งความจริงแล้วการใช้สายแบบ LC-OFC เป็นเพียงทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้ เพราะหากเป็นสายที่ทำมาจากทองแดงเกรดต่าง ๆ เสียงที่ได้ก็คงไม่ดีเด่นอะไรนัก

การออกแบบสายนำสัญญาณ

- การออกแบบสายเพื่อใช้กับ ‘การนำสัญญาณระดับต่ำ’ (Low Level) ก็มีปัญหาหลัก ๆ คล้ายกับการออกแบบสายเชื่อมระบบอื่นๆ เพียงแต่ผลในเชิงกลที่เกี่ยวข้องกับสนามแม่เหล็กนั้นลดลงไปอย่างมาก คุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของสารทำฉนวนนั้น มีความสำคัญมากกับสายนำสัญญาณระดับต่ำ โดยฉนวนจะไปลดหรือกักเก็บพลังงานเอาไว้ และมันจะมีผลไปถึงสัญญาณเสียงที่ออกตรงปลายทางด้วย

โดยทั่วไป ‘ค่าความคงที่ของฉนวน’ (Dielectric Constant) มักถูกนำมาใช้ในการโฆษณาเพื่อเน้นไปที่สเปก แต่ความจริงมันไม่ได้เป็นสิ่งชัดเจนกับการบอกว่าสารที่ต่างไปนั้นจะให้ผลทางเสียง จริง ๆ คือ ‘ค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับ’ (Coefficient of absorption) นั้นไม่มีประโยชน์มากนัก แต่ที่มีความหมายและมีผลมากกว่าก็คือ ปัจจัยในเรื่อง ‘ความเร็วในการแพร่กระจาย’ (Velocity of propagation and dissipation)

ปัญหาก็คือตัวฉนวนจะก่อให้เกิดผลคล้าย ‘ตัวเก็บประจุ’ (Capacitor) โดยจะกักพลังงานเอาไว้ แล้วลดระดับพลังงานลง ในที่สุด ซึ่งปัญหาทำนองเดียวกันนี้ก็เกิดขึ้นกับสารที่ใช้ทำแผงวงจร, ทำสาย และตัวต้านทานเช่นกัน มีเพียง ‘สายในอุดมคติ’ (Ideal Wire) เท่านั้นที่ไม่มีปัญหาในเรื่องนี้

เมื่อนำ ‘โลหะตัวนำในสภาพของแข็ง’ (Solid Material) มาใช้ เราไม่สามารถเห็นถึงผลทางอิเล็กทรอนิกส์ได้โดยตรง การลดลงของพลังงานจะเป็นตัวบอกให้ทราบ พลังงานที่ถูกดูดซับไว้นั้นก็ยังคงอยู่ที่จุดเดิม แล้วเปลี่ยนสภาพออกไปเป็นพลังงานความร้อนและความร้อนนี้จะกลับไปมีผลต่อโลหะตัวนำนั้นอีกครั้งในเรื่อง ‘เฟส’ (Phase) ที่เบี่ยงเบนไป แต่ไม่ใช่เรื่องของ ‘การเลือกความถี่’ (Frequency Selective) ที่ระดับความถี่สูง ๆ โดยปกติฉนวนทุกชนิดจะมีการดูดซับพลังงานเอาไว้ แต่บางครั้งก็ไม่มีผลมากนักเมื่อรวมกับคุณสมบัติอื่นๆ

สารสำหรับทำเป็นฉนวนที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน มีอยู่ไม่กี่ชนิด อันได้แก่ PVC, Polyethylene, Polypropylene และ Teflon ซึ่งบรรดาสารเหล่านี้สามารถที่จะเกิด ‘ฟองอากาศ’ (air foam) ได้ด้วย

การพิจารณาเลือกใช้สารใดก็จะดูจากผลกระทบที่มีต่อการนำสัญญาณในระดับต่ำ สำหรับ PVC นั้นถือว่าด้อยที่สุดเพราะมีการดูดซับพลังงานไว้มากที่สุด ในขณะที่ Polyethylene ได้รับความนิยมใช้กันมาก

ที่สุด เพราะดูดซับพลังงานน้อยกว่า และมีความเพี้ยนต่ำมาก โดยมันจะมีความแข็งแกร่งทางอิเล็กทรอนิกส์มากกว่า และ Teflon จะดีที่สุด (แต่ใช้กันน้อยเนื่องจากราคาสูง)

‘ค่าความจุ’ (Capacitance) จะมีความสำคัญมากกับสายนำสัญญาณระดับต่ำ ด้วยเหตุผลคือ หากสายนั้นมีค่าความจุสูงและมาก สัญญาณแปรเอ้าท์จากเครื่องเล่นต่างๆ จะไม่สามารถขับสัญญาณออกมาได้ ค่าความเพี้ยนจะไม่เกิดขึ้นภายในสายแต่เกิดจากตัวสายเอง

ดังนั้นมันจะไม่มีข้อด้อยใดๆ จากการใช้สายนำสัญญาณระดับต่ำที่มีค่าความจุน้อย เหตุผลสำคัญประการหนึ่งคือ ค่าความจุที่สูงๆ นี้ก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นระหว่าง ‘ตัวนำแบบลบ’ (Negative) และ ‘แบบบวก’ (Positive) ซึ่งนั่นหมายความว่าพลังงานเป็นจำนวนมากจะถูกกักเอาไว้ที่ฉนวน สรุปก็คือไม่ว่าจะใช้สารใดมาเป็นตัวฉนวนก็ตาม ค่าความจุจะมีผลมากกว่า ยิ่งค่าความจุต่ำเท่าใดก็จะมีปัญหาลดน้อยลงเท่านั้น

ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสาย



1. เช่นกันกับอุปกรณ์ระบบเสียงรถยนต์ชิ้นอื่นๆ สายก็ต้องการระยะเวลาในการอุ่นเครื่องเหมือนกัน โดยสายจะปรับตัวเองให้ทำงานจนได้คุณภาพเสียงออกมา เมื่อผ่านการใช้งานไปแล้วประมาณ 2-3 สัปดาห์ เวลาที่ใช้มักเป็นการช่วยทำให้สารที่ใช้ทำฉนวนปรับสภาพทางอิเล็กทรอนิกส์จนเข้าที่เข้าทาง

2. สายทั้งหลายจะมี ‘ทิศทาง’ (Direction) ในการถ่ายนำด้วยกันทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นสายไฟธรรมดา จนถึงสายพิเศษที่ทำจากโลหะเงินบริสุทธิ์ ดังนั้นในการใช้งานบางชนิดจำเป็นต้องคำนึงถึงทิศทางด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายนำสัญญาณเสียงและสายลำโพง บางครั้งต้องใช้ไปในทิศทางเดียวกัน บางทีก็ต้องใช้ในทิศทางตรงกันข้าม สายบางยี่ห้อที่ผลิตโดยบริษัทชื่อดังจะมีการทำคู่มือเพื่อการใช้งานมาให้ด้วย หรือแม้กระทั่ง ‘ตัวแกนของโรลสาย’ (Spool) และหาก



ไม่มีแรงเอาไว้ อาจต้องใช้การเปรียบเทียบดูว่าด้านไหนจะได้เสียงดีกว่ากัน ซึ่งเปรียบเทียบได้ง่ายพอควร

3. พาสซีฟ-ครอสโอเวอร์ของลำโพงบางยี่ห้อ สามารถต่อแบบ ‘ไบไวร์’ (Bi-wire) ได้ทันที โดยมีขั้วอันหนึ่งสำหรับวูฟเฟอร์และขั้วอีกอันหนึ่งสำหรับทวีตเตอร์ ซึ่งวิธีการนี้สามารถลดความเพี้ยนบางอย่างของลำโพงลงได้

การต่อสายลำโพงแบบไบไวร์นั้น จะต้องใช้สายทั้งสองเส้นที่เหมือนกัน หรือออกแบบมาลักษณะเดียวกัน หากสายทั้งสองมีความแตกต่างกันในเรื่องของเฟสมาก จะเกิดลักษณะการเลื่อนเฟสมาก ๆ ความสมบูรณ์และความเข้ากันได้ของลำโพงทั้งสองก็จะด้อยลง

4. การเชื่อมต่อสายเพื่อให้มีคุณภาพสูงสุดนั้นมักเป็นการต่อแบบเชิงกล การบัดกรีไม่มีผลต่อการถ่ายนำที่ตื่นัก เพราะตะกั่วไม่ใช่ตัวนำที่ดี ซึ่งการเชื่อมต่อสายด้วยการบัดกรีนั้นจะใช้ตะกั่วน้อยสุด ให้ผิวของโลหะตัวนำสัมผัสกันและกันมากที่สุด การหลอมละลายให้ติดกันจึงเป็นวิธีการต่อสายที่ดีที่สุด

ตัวนำสัญญาณชนิดต่างๆ

- สายนำสัญญาณโดยทั่วไปมักนิยมใช้โลหะทองแดง (Copper) เป็นตัวนำสัญญาณ แต่ถึงจะใช้ทองแดงเป็นสารตัวนำสัญญาณเหมือนกัน แต่คุณภาพของการถ่ายนำสัญญาณจะเด่นจะด้อยก็ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการผลิตทองแดงนั้นๆ ขึ้นมา โดยเน้นให้มีความบริสุทธิ์สูงสุด เพื่อให้คลื่นสัญญาณเสียงผ่านได้สะดวกมากที่สุด จนเกิดการแปลงสัญญาณที่สูญหายไปของทองแดงจึงถูกเรียกแตกต่างกันไปตามกระบวนการในการผลิตขึ้นมา ที่พบเห็นกันบ่อยก็ได้แก่

TPC (Tough Pitch Copper)

- เป็นสายที่ผลิตขึ้นเพื่อการใช้งานเกี่ยวกับไฟฟ้าทั่วไป อาทิ สายไฟบ้าน ซึ่งอาจมีการนำมาใช้กับระบบเสียงอยู่เหมือนกัน แต่เป็นสายแบบธรรมดา กระบวนการผลิตเส้นทองแดงชนิดนี้จะใช้กรรมวิธีการหลอมปกติแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน (Oxygen) อยู่ประมาณ 300-



แรงดันไฟ และแรงดันไฟนั้นก็มักจะเป็น ริฟเฟิล จึงก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและ มีอยู่เช่นนี้ในรถเกือบทุกคัน มันมีอิทธิพลต่อ อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆในรถน้อยมาก แต่มี อิทธิพลกับระบบเสียงที่ติดตั้งเข้าไป ในทาง ฟิสิกส์แล้วพบว่าเมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวนำ จะก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และเมื่อมี โลหะตัวนำไปตัดผ่านอยู่ภายในสนามแม่ เหล็กไฟฟ้านั้นก็จะเกิดการเหนี่ยวนำ ทำให้ เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าขึ้น และก่อให้เกิด กระแสไฟฟ้าไหลในโลหะตัวนำตัวที่สอง นั้นด้วย ซึ่งเราเรียกว่า กระแสเหนี่ยวนำ

ในกรณีที่เราใช้สายสัญญาณแบบ ‘โคแอกเซียล’ (Co-Axial) โดยใช้โลหะ ตัวนำอยู่กลางเป็นขั้วบวกและใช้ชีลด์ (Shield) เป็นขั้วลบ เมื่อมีสนามแม่เหล็ก ไฟฟ้าเกิดขึ้น บริเวณ A และ B จะได้รับ อิทธิพลจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไม่เท่ากัน ก่อให้เกิดความต่างศักย์ และเกิดกระแส เหนี่ยวนำขึ้น ส่งผลให้เกิดเสียงรบกวน เล็ดลอดเข้ามาในระบบการถ่ายนำสัญญาณ และจะยังมีผลมากขึ้นหากสายนั้นมีระยะทาง ที่อยู่ใกล้สนามแม่เหล็กมากขึ้น ยิ่งในกรณีการ

500 PPM (PPM: Part Per Million หรือ หนึ่งล้านส่วน) เส้นทองแดงชนิดนี้นอกจาก ตัวเนื้อโลหะตัวนำเป็นทองแดงแล้ว ยังมี ส่วนผสมของไฮโดรเจน (Hydrogen) อยู่ด้วย

OFC (Oxygen Free Copper)

• เป็นสายที่ผลิตขึ้นโดยเน้นการกำจัด ไฮโดรเจนออกไป และลดปริมาณของ ออกซิเจนลงให้มากที่สุด โดยการหลอมโลหะ ทองแดงให้อ่อนตัวลงเพื่อลดโครงสร้างของ ผลึกทองแดงให้เล็กลง สายประเภท OFC นี้ จะมีค่าความบริสุทธิ์ของทองแดงมากถึง 99.99% และมีออกซิเจนเจือปนอยู่น้อยมาก ประมาณไม่ถึง 10 PPM

PCOCC (Pure Copper by OHNO Continuous Casting Precess)

• กรรมวิธีการผลิตแบบนี้ ปัจจุบันถือว่า สุดยอดทางเทคนิคการผลิตทองแดง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการถ่ายนำสัญญาณ พัฒนาขึ้นโดยศาสตราจารย์ OHNO แห่ง Chiba Institute of Technoloty เริ่มต้นจากการหลอมทองแดงให้เกี่ยวเนื่องกันแบบ โมดความร้อน เพื่อทำให้ทองแดงเหลือเพียง ‘ผลึกเดียว’ (Monocrystallization) การเกิดเป็นผลึกเดี่ยวนี้เอง จึงไม่มีทั้ง ออกซิเจนและไฮโดรเจน และยังช่วยลด อัตราส่วนของแรงดึงต่อแรงดันลงได้มากอีกด้วย จึงทำให้มีค่าความพลิกผันมากกว่า ค่า Q นอกจากนี้ PCOCC ยังมีแรงต้านทานต่อสนามแม่เหล็ก อันเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ก่อให้เกิดการสั้นสะเทือนภายในตัวนำ สัญญาณต่าง ๆ ที่ผ่านเข้ามาจึงไม่มีการ



บิดเบือน ปัจจุบันด้วยเทคนิคของ PCOCC นี้ ทำให้มีค่าความบริสุทธิ์ของทองแดงมากถึง 99.99999% เลยทีเดียว มีชื่อเรียกอีก อย่่างว่า ‘สาย 7N’

การดักเก็ลยว บกสรุปของสายนำสัญญาณ

• ในการติดตั้งระบบเสียงรถยนต์นั้น ปัญหาที่สร้างความรำคาญให้กับงานติดตั้งทั้ง หลายก็คือ เสียงรบกวนที่ดูราวกับปัญหาหน้า ปวดหัว จริง ๆ แล้วปัญหาก็คือเกิดเพราะไฟฟ้าที่ ได้จากไดชาร์จรถยนต์นั้นเป็นไฟฟ้ากระแส สลับแบบ 3 เฟส จากนั้นเมื่อผ่านชุดไดโอด เพื่อแปลงเป็นไฟตรงจะเกิดลักษณะที่เรียกกัน ว่า ‘ริฟเฟิล’ (Ripple) คือเป็นไฟบวกที่ไม่ เรียบ ยิ่งความเร็วรอบมาก ริฟเฟิลนี้ก็จะมาก ตามไปด้วย และทำให้เกิดเสียงรบกวนใน ระดับหนึ่งขึ้นมา ดังนั้นจะเห็นว่าเสียงรบกวน จะมีก็ต่อเมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ และระบบ เสียงเรียกใช้ไฟจากไดชาร์จ เมื่อเราใช้ตัวถังรถเป็นทางเดินกลับของ

เดินสายนำสัญญาณสองเส้นขนานกัน จะพบว่าเมื่อมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้น จะมี อิทธิพลกับสายนำสัญญาณทั้งสองในระดับที่ ไม่เท่ากัน และจะเกิด ‘ลูป’ (Loop) ของ กระแสเหนี่ยวนำขึ้น และนำไปสู่การ แทรกซ้อนของเสียงรบกวนเข้าสู่ระบบเสียง

วิธีที่ดีที่สุดเท่าที่เคยค้นคิดกันมา ก็คือ การใช้สาย ‘ระบบลมมาตรฐาน’ (Balanced Line) ที่มีการชดเชยต่าง ๆ จนไม่เกิดความ ต่างศักย์ขึ้น แต่ก็อีกนั่นแหละเทคนิคสมมาตร นี้ค่อนข้างแพงเกินไป จึงมักใช้กับระบบที่มี มูลค่าสูง ๆ



ติดตามอ่านเรื่อง ‘การเลือกสายเชื่อมระบบเสียง’ ตอน 2 ในเล่มหน้า