

ความผิดปกติของการวัด OTDR ที่เกิดจาก Connector ที่ไม่ได้คุณภาพ

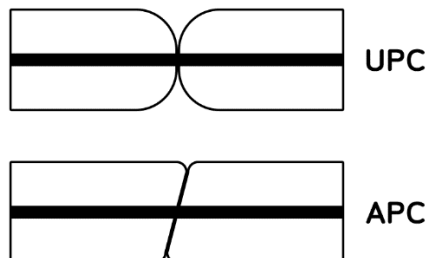
บทความโดย นายกฤต ศรีวิลาศ

วิศวกรอาวุโส ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางแสง ส่วนสอบเทียบและซ่อมอุปกรณ์โทรคมนาคม บมจ.โทรคมนาคมแห่งชาติ

แก้ไขครั้งที่ 1 วันที่ 10 สิงหาคม 2568

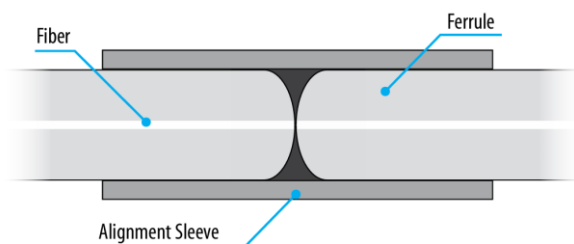
ในปัจจุบันโครงข่ายทองแดงแบบเก่าถูกแทนที่ด้วยโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงที่มีประสิทธิภาพมากกว่า การติดตั้งดูแลรักษาโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่เรียกว่า OTDR เพื่อทำการวัดและผลการวัดออกมาในรูปแบบของกราฟ (trace) หากเครื่องมือ OTDR ที่มีคุณภาพและได้รับการออกแบบในส่วนการทำงานต่าง ๆ มาอย่างดีย่อมให้ผลการวัดที่มีความถูกต้อง (accuracy) และความเที่ยง (precision) ซึ่งเครื่องมือที่มีคุณภาพก็ย่อมมาพร้อมกับราคาในการจัดหาที่สูง ปัจจุบันมีราคาเครื่องมือที่ขายอยู่ตามท้องตลาดนั้นมีตั้งแต่หลัก 1,000 บาท จนถึง 1,000,000 บาท ซึ่งมีรูปแบบการทำงานและผลลัพธ์ที่ต้องการวัดที่เหมือนกัน แต่มีระดับราคาที่ต่างกันมาก โดยมาจากผู้ผลิตที่เป็นแบรนด์ระดับสากลที่เรารู้จักกัน รวมทั้งผู้ผลิตแบรนด์ใหม่ ๆ ที่ผลิตเครื่องมือออกมา แล้วเราในฐานะผู้ใช้งานก็ต้องมีความรู้และประสบการณ์ใช้งานมาพอสมควรถึงจะจัดหาเครื่องมือที่ดีมีประสิทธิภาพในราคาที่เหมาะสมมาใช้งาน โดยในบทความนี้จะทำการอธิบายปัจจัย ๆ หนึ่งที่สมควรนำมาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการจัดหาหรืออาจจะนำมาแก้ไขในกรณีที่จัดหามาแล้ว คือรูปแบบของ connector adapter ที่มีหน้าที่ในการเชื่อมต่อ connector ภายในของ OTDR กับ connector ของสายวัดจากภายนอก (patch cord)

หากพูดถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือนั้นสามารถดูได้จากสี่สิ่งคือ ความพร้อมใช้งาน (readiness) ความถูกต้อง (accuracy) ความเที่ยง (precision) และความเชื่อถือได้ (reliability) การจะได้มาซึ่งสี่สิ่งนี้ที่กล่าวถึงนี้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องมือทุกชิ้นส่วนจะต้องอยู่ในสภาพพร้อมและทำงานของมันได้อย่างถูกต้องเที่ยงตรง หากมีชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่งทำงานผิดปกติหรือมีจุดประสงค์ของมันก็ย่อมทำในเครื่องมือชิ้นนั้นทำงานผิดพลาดหรือได้ผลลัพธ์ที่ผิดเพี้ยนไป



รูปที่ 1 รูปแบบการเชื่อมต่อของ fiber connector ทั้งแบบ UPC และ APC

ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือ คือคุณภาพการผลิตและออกแบบ connector adapter ของเครื่องมือวัดที่พบเจอได้บ่อย ๆ ในตอนหลังนี้ โดยปกติแล้วการเชื่อมต่อ connector adapter ที่ดีต้องให้ ferrule ทั้งสองข้างตรงกันที่สุดโดยจะมี fiber optic alignment sleeve เป็นตัวช่วยบังคับ นอกจากนั้นมุมของการเชื่อมต่อกันระหว่างสายวัดและ connector ของเครื่อง OTDR นั้นจะส่งผลเป็นอย่างมาหากเป็น connector ประเภท APC (angle physical contact) ที่เชื่อมต่อกันด้วยมุม 8° มากกว่าประเภท UPC (ultra physical contact) โดยจะมีส่วนหนึ่งใน connector adapter ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมมุมการเชื่อมต่อ (alignment) ระหว่าง connector สองอันนี้ซึ่งเรียกว่า fiber connector key และในปัจจุบันการสั่งซื้อเครื่องมือวัดทั้งหมดนิยมเป็นเป็นหัว connector แบบ APC เพื่อลดผลกระทบจาก back reflection



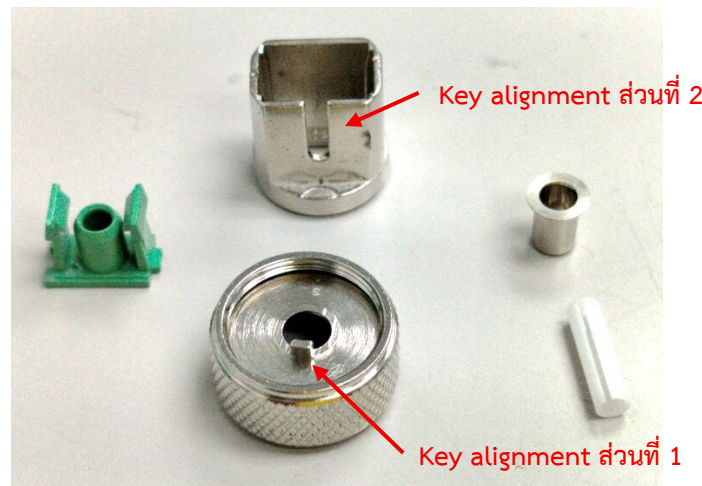
รูปที่ 2 การเชื่อมต่อ fiber connector ที่มี alignment sleeve เป็นตัวบังคับการเชื่อมต่อให้สมบูรณ์²

จากประสบการณ์ของผู้เขียนในการซ่อม ทดสอบ และสอบเทียบเครื่องมือวัดประเภท OTDR นี้ตลอดการทำงานที่ผ่านมา เนื่องจากปัจจุบันมีการแข่งขันด้านราคาที่สูงมากทำให้การผลิตจำเป็นต้องลดต้นทุนหรืออาจจะเป็นปัญหาด้านสิทธิบัตรในการผลิตที่ทำให้ผู้ผลิตบางเจ้าเลือกใช้ connector adapter ที่ไม่เหมาะสม การเลือกใช้ connector adapter ที่มีคุณภาพ ทำให้การทำงานถูกต้อง และคงความเชื่อถือได้ไปเป็นระยะเวลานานอาจจะ 5-10 ปี หรือตลอดชีวิตการใช้งานของเครื่องมือเลยก็ได้ แต่กลับกันเครื่องมือที่เลือกใช้ connector adapter ที่ไม่ดีก็อาจจะสามารถทำงานได้มีความถูกต้องและความเที่ยงเช่นเดียวกันแต่จะไม่สามารถคงความถูกต้องและความเที่ยงของการวัดนั้นไว้นาน อาจจะคงไว้ได้แค่ 1-2 ปีเท่านั้น หลังจากนั้นจะพบปัญหาเครื่องมือไม่สามารถทำการวัดค่าได้อย่างถูกต้องและมีความเที่ยง หรือเครื่องมืออาจจะไม่สามารถวัดค่าได้เลย ซึ่งพบเจอได้เป็นประจำ สาเหตุเกิดจาก fiber connector key ของ connector ทั้งสองตัวไม่ตรงกัน หรือเกิดจากเชื่อมต่อกันไม่สนิทของหน้าสัมผัส เนื่องด้วยหลังจากใช้งานไปสักระยะหนึ่ง connector adapter ที่ไม่ได้คุณภาพพวกนี้จะเริ่มเกิดความล้าจากการใช้งานทั้งการ เสียบเข้าออกของสายวัด ความร้อน การดัดรั้ง การตกกระแทบ ทำให้มุมการประกอบต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่ผลิตออกมาจากโรงงานผิดเพี้ยน หรือเรียกว่าเกิด misalignment เนื่องด้วยการออกแบบที่ไม่ถูกต้อง



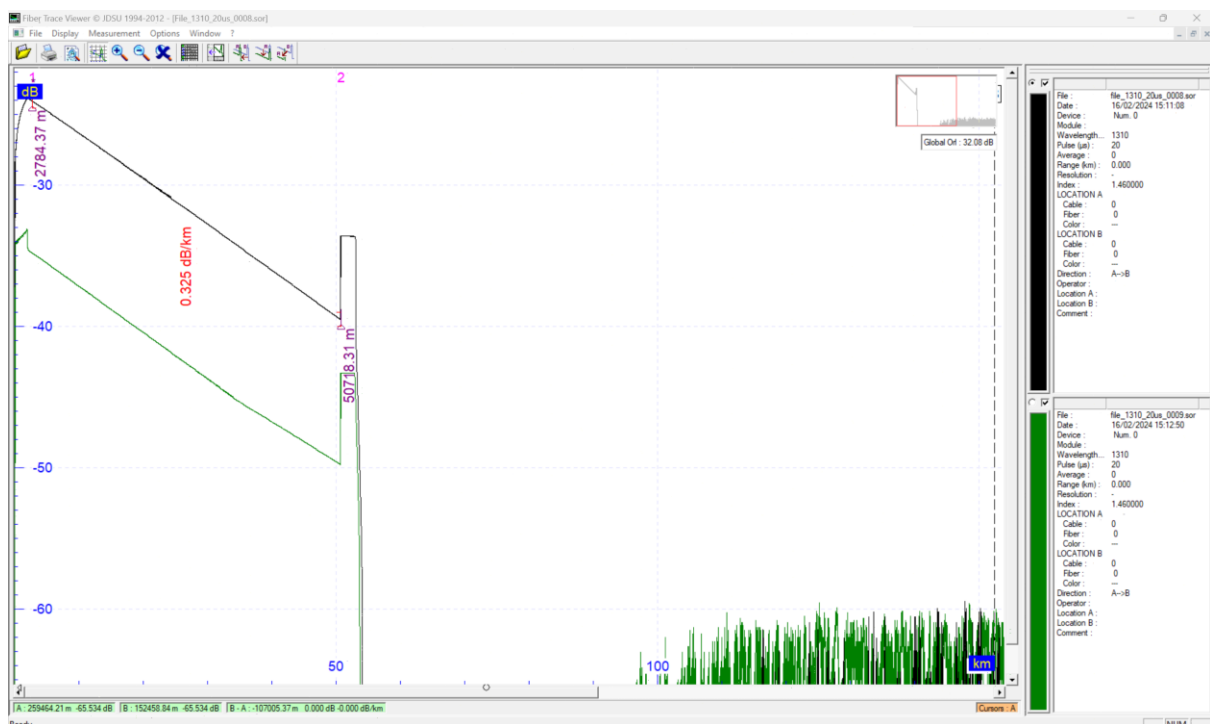
รูปที่ 3 รูปแบบของ connector adapter ที่พบปัญหา misalignment

จากภาพด้านบนคือรูปแบบของ connector adapter แบบนี้จะพบเจอได้มาก จากเครื่องมือวัดหลากหลายชนิดไม่ว่าจะเป็น OTDR, optical power meter, PON power meter หรือ laser source ที่มาจากผู้ผลิตเครื่องมือวัดที่เน้นราคาประหยัด หรือเป็นแบรนด์ใหม่ ๆ ที่เข้ามาแข่งขันในตลาด โดยการออกแบบและการประกอบแบบนี้จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมือวัดในระยะยาวตามที่ได้กล่าวไปข้างต้น



รูปที่ 4 ชิ้นส่วนประกอบต่างๆของ connector adapter ที่ misalignment

เมื่อทำการแยกชิ้นส่วน connector adapter ตัวเมียที่มีปัญหา misalignment ทำให้เครื่องมือวัด OTDR เกินค่าความสูญเสียในการวัดมากในภาพจะเห็นได้ว่าตัวของ connector adapter นั้นประกอบกันจากชิ้นส่วนหลาย ๆ ชิ้นแต่ที่สำคัญที่สุดคือตัวของ fiber connector key ที่มีหน้าที่ alignment ของชิ้นส่วนหมายเลข 1 ที่ติดอยู่กับฐานของ connector adapter นั้น ซึ่งเมื่อประกอบกับชิ้นส่วนที่ 2 ที่เปรียบเสมือนตัวบังคับมุมการเชื่อมต่อระหว่าง connector ตัวเมียและตัวผู้ เนื่องจากชิ้นส่วนทั้งสองไม่ได้เป็นชิ้นเดียวกันทำให้เกิดการให้ตัวได้เมื่อใช้งานไปสักระยะหนึ่ง key alignment หรือมุมการเชื่อมต่ออาจมีการเปลี่ยนแปลง หรือมีอาการหลวมทำให้แยกตัวออกจากกันเกิดเป็นช่องอากาศ (air gap) ทำให้การเชื่อมต่อไม่น่าเชื่อถือ



รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบก่อนทำและหลังทำ realignment connector ของ OTDR

ทั้งนี้สามารถดูได้จากกราฟของ OTDR ที่ได้ทำการวัดเพื่อทดสอบก่อนการทำ realignment connector (เส้นสีเขียว) และภายหลังการทำ realignment connector (เส้นสีดำ) จะเห็นว่าเมื่อทำการวัดค่า dynamic range ก่อนทำและหลังทำ realignment connector เปรียบเทียบกันมีความต่างกันของค่า dynamic range ประมาณ 10 dB หากเทียบ

ว่าค่าความสูญเสียของสายไฟเบอร์ออปติกชนิด G.652.D ในย่านความยาวคลื่นแสง 1310 nm เท่ากับ 0.4 dB/km ตามมาตรฐาน ITU-T G.652 ¹ นั้นหมายความว่าเราสูญเสียกำลังงานของแสงสูงสุดไป 10 dB ทำให้เราสูญเสียโอกาสในการวัดไปเป็นระยะทาง 25 km เลยทีเดียว

ดังนั้นการพิจารณารูปแบบชนิดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ก่อนทำการซื้อจะทำให้เราได้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและมีความเชื่อถือได้ในระยะยาวและ ทั้งนี้ถึงแม้เครื่องมือนั้นจะผ่านการทดสอบคุณสมบัติการทำงานต่าง ๆ มีแล้วก็ตามจากส่วนงานหรือหน่วยงานทดสอบที่มีมาตรฐาน ซึ่งการทดสอบนี้ไม่สามารถทดสอบความคงทน หรือความเชื่อมั่นในระยะยาวได้อย่างร้อยเปอร์เซ็นต์เพราะต้องทำการทดสอบในการใช้งานจริงและเป็นระยะเวลานานในระดับหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. International telecommunication union, (2016), ITU-T G.652 (11/2016) Recommendation - Characteristics of single-mode optical fibre and cable., <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/en>
2. SENKO Advanced components INC., (Jul 2017), White paper – Optical fiber connector handbook by Bernard Lee and Tom Mamiya.

จัดทำโดย

นายกฤศ ศรีวิลาส

Email. tcal.ntplc@gmail.com, srivilas.kr@gmail.com, krit.srivilas@ntplc.co.th

สามารถอ่านบทความต่าง ๆ เพิ่มเติมได้จาก website: www.tottcal.com

Line official account: @931yjwol