

โครงการศึกษา วิเคราะห์ปัญหา น้ำและความชื้นที่ส่งผลกระทบต่อ Connector SC/APC

ฝ่ายวิจัยและพัฒนา (วบ.2) บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน)

1. ความเป็นมาและสภาพปัญหา

การติดต่อสื่อสารโครงข่ายสื่อสารหลัก ๆ แบ่งได้ 2 รูปแบบ รูปแบบแรกสื่อสารด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น คลื่นดาวเทียม คลื่นวิทยุ คลื่นโทรศัพท์มือถือ รูปแบบที่สองสื่อสารผ่านตัวกลาง เช่น ลวดตัวนำทองแดง เส้นใยแก้วนำแสง เป็นต้น การสื่อสารภาคพื้นดินพฤติกรรมผู้บริโภคเดิมต้องการสื่อสารกันด้วยเสียงเพียงอย่างเดียว ค่อย ๆ พัฒนาเป็นต้องการสื่อสารข้อมูลเพิ่มเติม เดิมต้องการสื่อสารกันเฉพาะภายในอาคารปรับเปลี่ยนเป็นต้องการสื่อสารได้ทุกสถานที่ พร้อมกับความต้องการความเร็วและความจุของข้อมูลเพิ่มขึ้นตลอดเวลา

เทคโนโลยีโทรศัพท์พื้นฐาน (Fixed Line Plus) บนโครงข่าย FTTx (Fiber to The X) รองรับความเร็ว ความจุข้อมูลสูงมากให้เลือกใช้ เป็นบริการโทรศัพท์พื้นฐานบนระบบโครงข่าย NGN (Next Generation Network) ที่รวมเอาเทคโนโลยี Packet แบบ Internet Protocol (IP) ในรูปแบบไฟล์ดิจิทัลสามารถส่งข้อมูลการใช้งานอินเทอร์เน็ตได้รวดเร็ว รองรับการส่งผ่านข้อมูลจำนวนมาก (ขึ้นกับคุณภาพโครงข่าย)

มาตรฐานสายเคเบิลเส้นใยแก้วนำแสง (OFC: Optical Fiber Cable) ที่ผลิตจากโรงงาน มาตรฐานการผลิตความยาวระวิงละ 4,000 เมตร เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ตัวอย่างเช่น โครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงระยะทาง 60,000 เมตร ต้องนำสายเคเบิล OFC จำนวน 15 ระวิง มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน

การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงแบบถาวรที่ไม่ต้องการตรวจสอบสัญญาณแสง ณ ตำแหน่งนั้น การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงมีให้เลือก 2 วิธีคือ วิธี Mechanical Splice และ Fusion Splicing ทั้ง 2 วิธีมีจุดเด่นจุดด้อยดังนี้

วิธี Mechanical Splice มีจุดเด่นไม่ต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์ราคาแพง จุดเชื่อมต่อมาตรฐานค่าสูญเสียทางแสง (Loss) < 0.5 dB อุปกรณ์ Mechanical Splice บางรุ่นเชื่อมสภาพเร็ว ข้อควรระวังพนักงานที่ปฏิบัติงานต้องมีทักษะระดับหนึ่ง นิยมเชื่อมต่อชั่วคราวหรือโครงข่ายที่มี Power Budget เพียงพอ

วิธี Fusion Splicing มีจุดเด่นจุดเชื่อมต่อดีค่า Loss ต่ำ ($< 0.05 \text{ dB}$) เสถียร แต่การเชื่อมต่อต้องใช้เครื่อง Fiber Fusion Splicer ราคาเครื่องมือสูง นิยมใช้งานโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงทั่วไป

เส้นใยแก้วนำแสงยึดหยุ่นและโค้งงอได้เพราะฉนวนห่อหุ้ม (Outside Jacket) ชั้น Cladding ไว้ ก่อนการเชื่อมต่อต้องนำฉนวนห่อหุ้มเส้นใยแก้วนำแสงออกเหลือเพียงชั้น Cladding ที่มีแกนนำแสง (Core) อยู่ภายใน ชั้น Cladding ที่ไม่มีฉนวนห่อหุ้มเมื่อมีแรงกระทำจากภายนอกจะเปราะและแตกหักได้ง่าย ดังนั้นหลังเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงแล้วเสร็จต้องห่อหุ้มด้วย Protective Sleeves ทันที ก่อนจัดเก็บในหัวต่อเคเบิล (Cable Joint Closer) สำหรับข่ายสายหรือจับเก็บในตู้ FDF (Fiber Distribution Frame) ภายในอาคาร

โครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงต้นทางปลายทางหรือจุดที่ต้องการตรวจวัดสัญญาณแสงในซ่อมบำรุง เช่น ภายในตู้ SDP/ODP (Splitter Distribution Point) หรือตู้ OFCCC (Outdoor Fiber Cross Connecting Cabinet) ภายในห้องระบบสื่อสารหรือตู้ FDF เป็นต้น เพื่ออำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุงตำแหน่งนั้น ๆ จะเชื่อมต่อด้วย Connector Fiber Optic มาตรฐานค่า Loss $< 0.4 \text{ dB}$ อุปกรณ์ Connector Fiber Optic มีหลายหลายชนิด บริการ FTTx ใช้ Connector แบบ SC/APC (Subscription Channel Connector / Angle Polished Physical Contact) มุมเอียง 8°

ตำแหน่งที่ Connector SC/APC เชื่อมต่อเข้าด้วยกันจะมีอุปกรณ์ Adapter บังคับให้ Connector อยู่ในตำแหน่งที่ ค่า Loss ที่ Connector SC/APC สูงกว่ามาตรฐาน ($< 0.4 \text{ dB}$) เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ความสะอาดหน้าสัมผัส (Contamination) พื้นผิวหน้าสัมผัสชำรุดเสียหาย มีความชื้นสะสม เป็นต้น

โครงการศึกษานี้เน้นวิเคราะห์ปัญหาค่า Loss ตำแหน่ง Connector SC/APC จากความชื้นจากสภาพสิ่งแวดล้อมหรือจากน้ำเพื่อหาแนวทางป้องกัน อุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติม (ถ้ามี)

1.1 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

สำรวจปัญหาค่า Loss การเชื่อมต่อด้วย Connector SC/APC ที่ติดตั้งภายในและภายนอกอาคาร สรุปปัญหาค่า Loss ตำแหน่ง Connector SC/APC นำข้อมูลมาวิเคราะห์ลดปัญหาค่า Loss พร้อมหาวิธีป้องกัน ออกแบบอุปกรณ์เสริม (ถ้ามี) เผยแพร่ข้อมูลวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสม กรณีปัญหาค่า Loss เกิดจากความผิดพลาดของพนักงาน (Human Error)

1.2 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

สำรวจปัญหาค่า Loss จุดเชื่อมต่อด้วย Connector SC/APC ผ่านอุปกรณ์ Adapter ที่ติดตั้งภายในและภายนอกอาคาร สรุปและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจหาเหตุและผลของปัญหาเพื่อพิสูจน์ที่มาของปัญหาเลือกจำลองเหตุการณ์ เตรียมตัวอย่างเหมือนอุปกรณ์ที่ใช้งานจริงในพื้นที่มา

ทดสอบในห้องปฏิบัติการเช่น จำลองสภาพความชื้นสะสม ละล่อน้ำตามมาตรฐาน IP_{xy} (ฝุ่น x น้ำ y) นำข้อมูลที่ได้มาออกแบบอุปกรณ์ (ถ้ามี) สรุปปัญหา ค่า Loss และแนวทางแก้ไข เขียนรายงานสรุปผล นำเสนอผู้บริหารเพื่อเผยแพร่ต่อไป

1.3 ขั้นตอนของการศึกษา

- 1) ตรวจสอบและเก็บข้อมูลปัญหา ค่า Loss โครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงต้นทาง ปลายทาง ภายในและภายนอกอาคาร โดยเฉพาะจุดเชื่อมต่อ Connector SC/APC
- 2) สรุปผลวิเคราะห์ข้อมูล กำหนดแนวทางทดสอบเพื่อหาต้นเหตุและแนวทางแก้ปัญหา
- 3) จำลองเหตุการณ์เพื่อพิสูจน์ที่มาของปัญหาในห้องปฏิบัติการ
- 4) สรุปผลจัดทำรายงานวิจัยเพื่อขยายผลใช้งาน

1.4 ประโยชน์ที่ บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) จะได้รับ

- 1) ปัญหา ค่า Loss ที่เกิด ณ จุดเชื่อมต่อ Connector SC/APC ภายในและภายนอกอาคาร
- 2) แนวทางป้องกันปัญหา ค่า Loss ที่เกิดขึ้น ออกแบบอุปกรณ์ (ถ้ามี) เพื่อลดปัญหา
- 3) สร้างมาตรฐานและองค์ความรู้ให้กับองค์กร

2. ปัญหาภาคสนามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับจุดเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสง

โครงข่าย ODN (Optical Distribution Network) [1] บริการ FTTx บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) เลือกใช้มาตรฐาน GPON Class B+ ตาม ITU-T Reg.G.982.2 [2] กำหนดค่า Power Levels Downstream 2.4 Gb/s Upstream 1.25 Gb/s พลังงานทางแสงที่ยอมรับได้ของระบบหรือ Power Budget 13 dB ถึง 28 dB ระยะทางเส้นใยแก้วนำแสงที่ให้บริการ < 20 กิโลเมตร

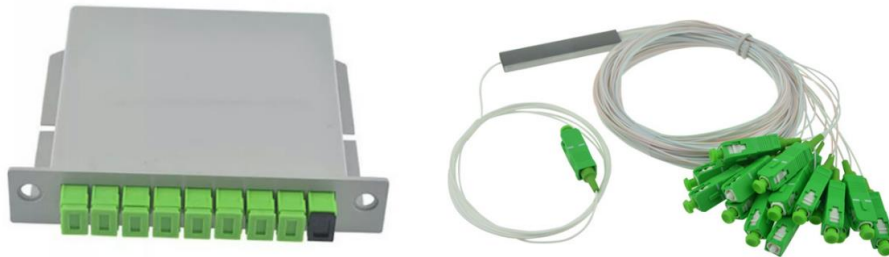
ค่า Power Budget ที่ส่งผลให้ระยะทางบริการ FTTx สั้นลงมีหลายปัจจัย เช่น จุดเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงด้วย Fusion Splicing ($< 0.05 \text{ dB}$) จุดเชื่อมต่อด้วย Connector SC/APC ผ่านอุปกรณ์ Adapter ($< 0.4 \text{ dB}$) ค่า Loss ของเส้นใยแก้วนำแสงต่อระยะทาง ($< 0.35 \text{ dB/km @ 1310 nm}$) ค่า Loss ของอุปกรณ์ Fiber Optic Splitter [3] Ratio 1:2 1:4 1:8 1:16 1:32 และ 1:64 ตามลำดับ ค่า Attenuation Loss ค่า Ratio ต่ำสุด $1:2 \leq 4.0 \text{ dB}$ ค่า Ratio สูงสุด $1:64 \leq 20.5 \text{ dB}$ เป็นต้น ดังนั้นในการออกแบบโครงข่าย ODN ต้องคำนวณค่า Power Budget ให้เหมาะสม

บริการ FTTx ส่งข้อมูลจากต้นทาง (OLT) ไปปลายทาง (ONU/ONT) ผ่านตัวกลางเส้นใยแก้วนำแสงเพียงเส้นเดียว รับและส่งข้อมูลต่างเวลากัน ตำแหน่งปลายทาง (ONU/ONT) รับข้อมูล Download ด้วยความยาวคลื่น 1490 nm ส่งข้อมูล Upload ด้วยความยาวคลื่น 1310 nm

อุปกรณ์ OLT 1 Port กระจายสัญญาณไปยังอุปกรณ์ปลายทางสูงสุดได้ 64 อุปกรณ์ เมื่อมีผู้ใช้งานเพิ่มขึ้น เพียงติดตั้ง Fiber Optic Splitter ที่เป็นอุปกรณ์ Passive ทำหน้าที่แยกแสงอัตราส่วนเริ่มจาก 1:2 ถึง 1:64 เมื่อแสงถูกแบ่งกระจายออกจะมีค่า Loss เป็นสัดส่วนตาม Ratio

มาตรฐาน Fiber Optic splitter ที่ บมจ.ทีโอที (เดิม) กำหนดตาม No. OES-001-076-04 [3] แบ่งชนิดของ Fiber Optic splitter ออก 2 ชนิด คือ Type A1 Non-Connectorized ด้านเข้า (Input) ไม่มี Connector ต้องต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเครื่อง Splice Fusion ส่วนด้านออก (Output) มี Connector SC/APC และ Type A2 Connectorized ทั้ง Input และ Output มี Connector SC/APC พร้อมใช้งาน

ตามภาพประกอบที่ 1. แสดงตัวอย่าง Fiber Optic splitter ที่มี Connector SC/APC Type A2 ที่อุปกรณ์และสายบรรจุในกล่องและแบบเปลือย ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมในการติดตั้งใช้งาน



ภาพประกอบที่ 1. ตัวอย่าง Fiber Optic splitter ที่มี Connector SC/APC Type A2

อุปกรณ์ Fiber Optic Splitter ที่ติดตั้งภายในตู้ SDP ด้านออก (Output) มี Connector SC/APC พร้อมต่อเชื่อมโยงไปใช้งานผ่าน Adaptor SC/APC มีคุณสมบัติคล้ายอุปกรณ์เต้าเสียบต่อเชื่อม Connector SC/APC สองด้านต่อเชื่อมถึงกัน เมื่อลูกค้าขอใช้บริการ FTTx ผู้ปฏิบัติงานจะนำ Connector SC/APC มาเสียบเข้าอีกด้านของ Adaptor SC/APC ที่วางพร้อมใช้งานต่อเชื่อมโยงสัญญาณแสงไปยังอาคารของลูกค้า

โครงข่าย ODN บริการ FTTx จะเผื่อค่า Safety Margin สำรองไว้ $\geq 3 \text{ dB}$ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Splitter ไม่เกิน 2 ชั้น ค่า Loss ที่ ODP/SDP ใน PON เดียวกัน (Differential Optical Path Loss) [4] ค่าต่ำสุดและสูงสุด ต้องแตกต่างกันไม่เกิน $\leq 15 \text{ dB}$

ค่า Differential Optical Path Loss ส่งผลกระทบต่อบริการ FTTx ในปัจจุบันรุนแรงที่สุดเกิดปัญหาซ้ำ ๆ กระทบต่อคุณภาพการให้บริการ ตัวอย่างเช่น PON นั้นมีผู้ใช้บริการ 20 Port กรณี Port ใด Port หนึ่งมีปัญหาเพียง Port เดียว อาจเกิดจากจุดเชื่อมต่อ Connector SC/APC ผ่านอุปกรณ์ Adapter บกพร่องหรือสาเหตุอื่นใด ค่า Loss เปลี่ยนแปลงบางช่วงเวลาแล้วกลับมาคืนดี ค่า Loss สูงเกินกว่าค่า “ต่ำสุด-สูงสุด” ใน PON $\leq 15 \text{ dB}$ ระบบบริหารจัดการอุปกรณ์ OLT จะล็อก PON นั้นเพื่อ

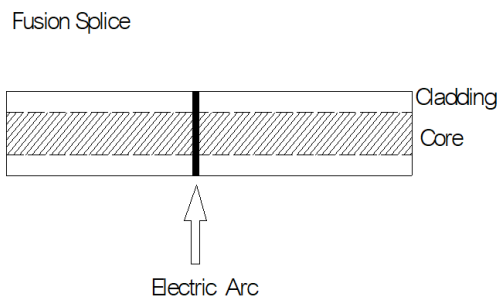
ป้องกันอุปกรณ์ ลูกค้ำทั้ง 20 Port ไม่สามารถใช้บริการได้ พนักงานแก้ปัญหาโดยการไป Reset ระบบ กลับมาใช้งานได้ตามปกติ วันดีคืนดีปัญหานี้ก็วนกลับมาอีก ผู้ปฏิบัติงานต้องไล่ตรวจหา Port ที่มีปัญหา 1 ใน 20 Port นั้นเพื่อแก้ที่ต้นเหตุ

ปัญหาค่า Loss โครงข่าย ODN ที่พบมากที่สุดคือจุดเชื่อมต่อ Connector SC/APC ผ่าน อุปกรณ์ Adapter รองลงมาคือจุด Fusion Splicing และการติดตั้งไม่ได้ตามมาตรฐาน เส้นใยแก้วนำแสงโค้งงอเกิดค่า Loss ตามลำดับ

2.1 การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสง

การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงเป็นขบวนการนำเส้นใยแก้วนำแสง 2 เส้น มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อส่งผ่านลำแสงระหว่างเส้นใยแก้วนำแสงผ่านจุดเชื่อมต่อ กรรมวิธีเชื่อมต่อต้องให้มีค่า Loss ต่ำ (Recommendations ITU-T L.12, ITU-T G.671.) เทคนิคการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงหลัก ๆ มี 3 วิธี รายละเอียดดังนี้

วิธีที่ 1. เชื่อมต่อแบบหลอมละลาย (Fusion Splice) เป็นวิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงด้วยวิธีหลอมละลายเส้นใยแก้วนำแสงเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Fusion Splicer ใช้หลักการอาร์คไฟฟ้า (Electric Arc) ตามภาพประกอบที่ 2. วิธีการ Fusion Splicer นิยมใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากวิธีการนี้จุดเชื่อมต่อมีค่า Loss น้อยสุด มาตรฐานกำหนด $< 0.05 \text{ dB}$ จุดเชื่อมต่อมีความแข็งแรง มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

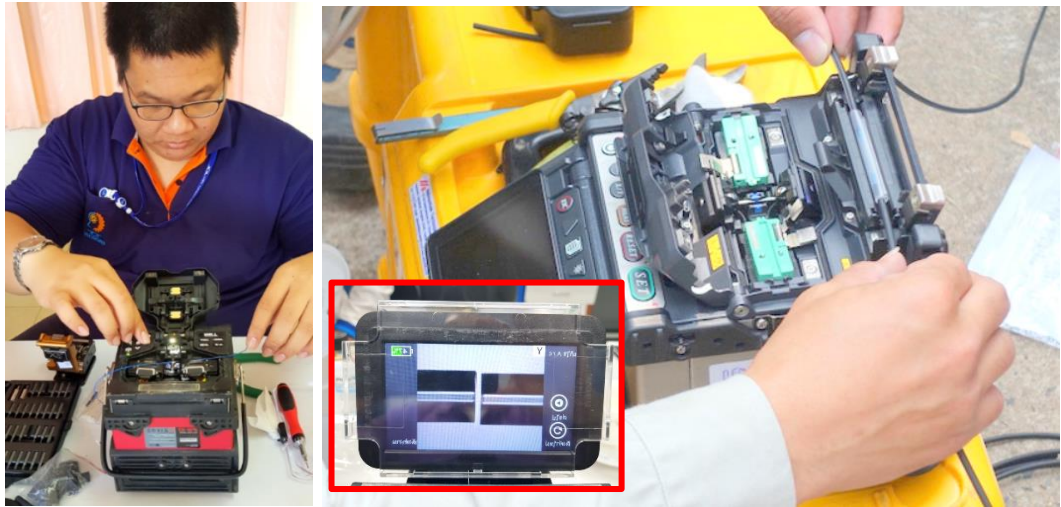


ภาพประกอบที่ 2. การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงด้วยวิธี Fusion Splicer ด้วยหลักการอาร์คไฟฟ้า

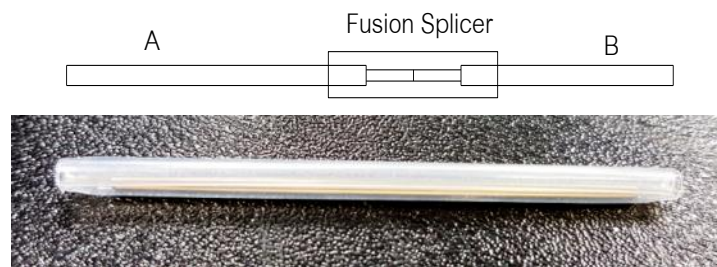
อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงที่จำเป็นประกอบด้วย แอลกอฮอล์แนะนำให้เลือกใช้ความบริสุทธิ์ 99.5% ขึ้นไป กระจกทำความสะอาดที่ไม่มีขุย คีมสำหรับปอกฉนวน (Fiber Cable Stripper) มีดตัดเส้นใยแก้วนำแสง (Fiber Cleaver) และเครื่อง Fusion Splicer ตามภาพประกอบที่ 3.

โครงสร้างเส้นใยแก้วนำแสงเนื้อแก้วประกอบด้วย Core สำหรับให้ลำแสงส่งผ่านและ Cladding ควบคุมให้ลำแสงเดินทางผ่าน Core ด้วยค่าดัชนีหักเหทางแสงที่แตกต่างกัน เนื้อแก้วที่มี Core เป็นแกนกลางห่อหุ้มด้วย Cladding โครงสร้างเปราะบางแตกหักง่าย ไม่สามารถโค้งงอได้ต้อง

ห่อหุ้มด้วย Coating หรือฉนวนห่อหุ้มอีกชั้นด้วยวัสดุ UV Acrylic เสริมให้เส้นใยแก้วนำแสงแข็งแรง สามารถโค้งงอได้



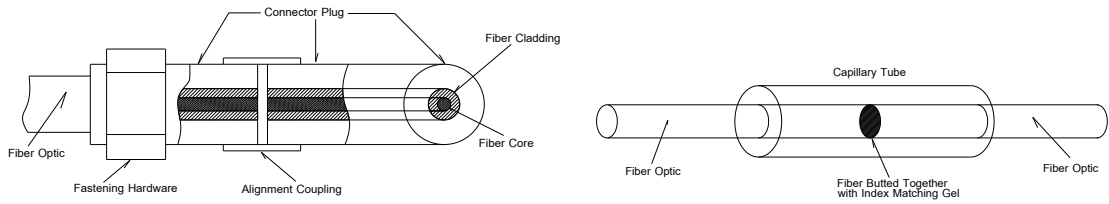
ภาพประกอบที่ 3. เครื่อง Fusion Splicer สำหรับการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสง



ภาพประกอบที่ 4. Protective Sleeves ห่อหุ้มเส้นใยแก้วนำแสง

การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงต้องปก Coating ออกจากเนื้อแก้ว ทำความสะอาด ตัดเส้นใยแก้วและเชื่อมต่อ (Splicer) ด้วยเครื่อง Fusion Splicer ตามลำดับ ตำแหน่งที่เส้นใยแก้วนำแสงเชื่อมต่อกันไม่มีฉนวนห่อหุ้ม ไม่สามารถโค้งงอหรือรับแรงดึงได้ (จุดเชื่อมต่อรับแรงดึง 0.5-1.5 ปอนด์) ต้องป้องกันจุดเชื่อมต่อด้วย Protective Sleeves หรือท่อหดแบบความร้อนเจลซิลิโคนห่อหุ้มป้องกัน

วิธีที่ 2. เชื่อมต่อแบบ Mechanical Splice เป็นวิธีการนำปลายเส้นใยแก้วนำแสงแต่ละเส้นมาจับยึดด้วยอุปกรณ์เฉพาะที่มีร่องบังคับเส้นใยแก้วนำแสงให้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนด จากนั้นนำหน้าสัมผัสของเส้นใยแก้วนำแสงทั้งสองด้านมาชนกันโดยให้ Core ตรงกันมากที่สุด พร้อมล็อคเส้นใยแก้วให้แน่น ภายในอุปกรณ์ฯ บรรจุสารละลาย (Gel) ป้องกันความชื้นและช่วยลดช่องว่างหน้าสัมผัสตามภาพประกอบที่ 5.



ภาพประกอบที่ 5. การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงด้วยวิธี Mechanical Splice

เหมาะสำหรับการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงฉุกเฉินชั่วคราว การเชื่อมต่อแบบ Mechanical Splice มาตรฐานกำหนดค่า Loss $< 0.5 \text{ dB}$ จุดเด่นไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง อุปกรณ์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ส่วนมากใช้ในกรณีฉุกเฉินหรือใช้แบบถาวรที่มีค่า Margin เพียงพอ เช่น ระบบกล้องวงจรปิด อุปกรณ์ Mechanical Splice ตามภาพประกอบที่ 6. รองรับสาย Tight Buffered ขนาด $250 \mu\text{m}$ - $900 \mu\text{m}$ การใช้งานมีข้อจำกัดเรื่องอายุการใช้งานเมื่อ Gel บางยี่ห้อเมื่อ Gel หมดสภาพค่า Loss เพิ่มขึ้นอย่างเป็นนัยสำคัญ



ภาพประกอบที่ 6. Mechanical Splice แบบ Fast Connector

วิธีเชื่อมต่อด้วยอุปกรณ์ Mechanical Splice มีจุดเด่นไม่ต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์ราคาแพง แต่มีข้อด้อยใช้เวลาปฏิบัติงานนาน จุดเชื่อมต้อมีค่าสูญเสียทางแสง (Loss) สูงกว่าวิธีอื่น ๆ มาตรฐานกำหนดค่า Loss $< 0.5 \text{ dB}$ อุปกรณ์ Mechanical Splice ในท้องตลาดคุณภาพมีหลายเกรด หลายราคา ข้อควรระวังพนักงานที่ปฏิบัติงานต้องมีทักษะระดับหนึ่ง



ภาพประกอบที่ 7. Connector Fiber optic แบบ Splice-on Connector และแบบสาย Pigtail

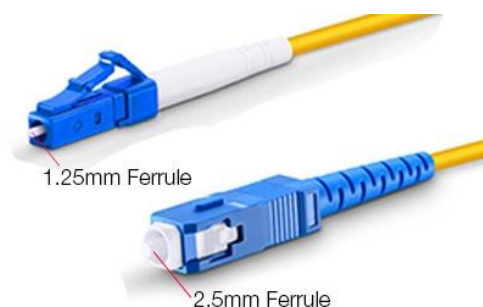
วิธีที่ 3. เชื่อมต่อด้วย Connector Fiber optic ใช้งานในตำแหน่งต้นทางปลายทางของ ข่ายสายใยแก้วนำแสง สำหรับงานซ่อมบำรุงเมื่อต้องการตรวจวัดสัญญาณแสง ณ ตำแหน่งนั้น หลักการเชื่อมต่อด้วยด้วยอุปกรณ์ Connector Fiber optic คล้ายวิธี Fast Connector ด้วยหลักการจัดวางสายใยแก้วนำแสงให้ปลายทั้ง 2 ด้านมาสัมผัสกัน Connector Fiber optic มีทั้งแบบนำมาประกอบกับสายใยแก้วนำแสงโรงงานแบบ Splice-on Connector ต้องมีเครื่อง Fusion Splice และ Holder เฉพาะงาน ราคาอุปกรณ์สูง และประกอบเป็นหัวสำเร็จรูปเชื่อมต่อกับสาย Patch Cord หรือสาย Pigtail พร้อมใช้งาน การเชื่อมต่อด้วยวิธีนี้นิยมเชื่อมต่อ ณ ตำแหน่งที่ต้องมีการตรวจสอบสัญญาณแสงเพื่อบำรุงรักษา มีค่า Loss ตำแหน่งเชื่อมต่อ $< 0.4 \text{ dB}$

2.2 Connector Fiber optic

อุปกรณ์ Connector Fiber Optic หรือบางท่านเรียกว่า Connector Fiber Optic ติดตั้งใช้งานในตำแหน่งที่ต้องการตรวจสอบสัญญาณแสงเพื่องานซ่อมบำรุง งานตรวจสอบคุณภาพสัญญาณแสง ชนิด Connector Fiber Optic มีหลายแบบ ขึ้นกับการนำไปใช้ประโยชน์หรือแตกต่างกัน ใช้งานในห้อง Data Center ใช้งานด้านความมั่นคงที่ต้องการความเสถียรสูง งานโครงข่ายโทรคมนาคม Connector Fiber Optic บางชนิดใช้งานเฉพาะด้าน เช่น E2000, F-3000, ESCON, D4 เป็นต้น

Connector Fiber Optic แบ่งได้ตามขนาดของแกน (Ferrule)

- 1) แกน Ferrule 2.50 mm ใช้กับ Connector Fiber Optic ชนิด ST, SC, FC, D4, SMA
- 2) แกน Ferrule 1.25 mm ใช้กับ Connector Fiber Optic ชนิด LC, MU



ภาพประกอบที่ 8. ขนาด Ferrule ของ Connector Fiber Optic

Connector Fiber optic มีหลายประเภทมากตามภาพประกอบที่ 9. แต่ที่นิยมมี 4 แบบ คือ ST, SC , FC , LC โดยทั้ง 4 แบบนี้มีประสิทธิภาพเท่ากันทั้งหมด การเลือกใช้ตามการออกแบบระบบหรือจาก Port Fiber optic ของอุปกรณ์ที่จะต่อพ่วง รายละเอียดขอ Connector Fiber optic แต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

1) **ST Connector** ปัจจุบันไม่นิยมใช้งาน การใช้งานเพียงสอด ST Connector เข้าไปที่รู Connector เพียงบิดล็อกกับแกนด้านข้าง แข็งแรงทนทาน รองรับการสั่นสะเทือน ค่า Loss < 0.5 dB ใช้งานกับระบบ LAN Hub, Switch ใช้ได้กับเส้นใยแก้วนำแสงทั้งชนิด Single Mode และ Multimode

2) **SC Connector** ได้รับความนิยมใช้งานมากในปัจจุบัน (พ.ศ. 2564) โดยเฉพาะโครงข่าย ODN บริการ FTTx (SC/APC, SC/UPC) SC Connector สามารถปรับแกนเส้นใยนำแสงได้ ถอดเข้าออกเพื่อมาวัดสัญญาณได้สะดวก ใช้งานง่าย

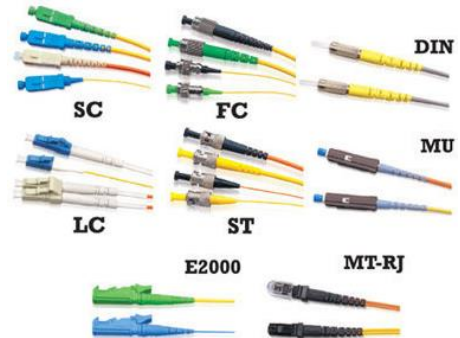
3) **FC Connector** การใช้งานใช้วิธีขันเกลียวเพื่อยึด จุดเชื่อมต่อแข็งแรงทนทาน การถอด FC Connector เข้า-ออก เสียเวลา ตำแหน่งใช้งานไม่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีอุปกรณ์หนาแน่นมาก ได้รับความนิยมมากในญี่ปุ่น สหรัฐฯ และยุโรป ใช้งานกับเครือข่ายโทรศัพท์

4) **LC Connector** มีขนาดเล็กนิยมใช้ในห้อง DATA Center รับ-ส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูง ใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Converter, GBIC หรือ SFP มีให้เลือกใช้ทั้งแบบเดี่ยว (Simple) และแบบคู่ (Duplex) ใช้งานง่าย ราคาถูก ค่า Loss ต่ำ ใช้ได้กับเส้นใยแก้วนำแสงทั้งชนิด Single Mode และ Multimode

Credit: <http://www.bpcctvshop.com>



Credit: <http://gblccthailand.com>



ภาพประกอบที่ 9. Connector Fiber Optic แบบต่าง ๆ

Connector Fiber Optic มีหลากหลายแบบ การเลือกใช้ขึ้นกับการออกแบบระบบหรือจาก Port Fiber optic ของอุปกรณ์ที่จะต่อพ่วง ซึ่ง Connector Fiber Optic แต่ละประเภท มีหน้าสัมผัส (Contact) แตกต่างกันให้เลือกใช้ตามระบบงาน

หน้าสัมผัสแบบ Physical Contact (PC) ใช้งานกับระบบ Network รับส่งข้อมูล Data หรือ Information หน้าสัมผัสแบบ Ultra-Physical Contact (UPC) ใช้งานกับระบบ IT ที่ความเร็วสูง

หน้าสัมผัสแบบ Angled Physical Contact (APC) มุม APC มาตรฐาน 5-15 ° ใช้งานกับบริการ FTTx เครือข่ายโทรคมนาคมที่ต้องการความเร็วสูง หน้าสัมผัสแต่ละแบบมีค่า Loss ณ จุดเชื่อมต่อแตกต่างกัน

2.3 ค่าสูญเสีย (Loss) ณ จุดเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสง

กรรมวิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงมีเพียง 2 กรรมวิธี คือการเชื่อมเนื้อแก้วสองเส้นให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Fusion Splicer) และการให้ผิวหน้าสัมผัสของเส้นใยแก้วนำแสงสองเส้นมาสัมผัสกันให้แนบสนิทที่สุด (Fast Connector และ Connector Fiber Optic) การส่งผ่านสัญญาณแสงบริเวณจุดเชื่อมต่อ กรณีส่งผ่านสัญญาณแสงปกติทั่วไปความบกพร่องของจุดเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงก่อปัญหาน้อย แต่เมื่อไรจะส่งผ่านสัญญาณแสงที่มีการบีบอัดข้อมูลจำนวนมากในเวลาน้อย เช่น ระบบ WDM (Wavelength Division Multiplexing) รับส่งข้อมูลที่อัตรา 2.5 Gbps ถึง 10 Gbps ที่ 32 ถึง 64 ช่องสัญญาณ (Channel) พัฒนาเป็นระบบ DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) ช่องสัญญาณเป็น 160 Channel ระยะห่างช่องสัญญาณ 25 ถึง 50 GHz รับส่งข้อมูลได้ถึง 1 Terabit/s แถบ DWDM ใช้ย่าน C-Band, S-Band และ L-Band โครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงตำแหน่งต้นทางปลายทางต้องมีการวัดสัญญาณแสงที่ซ่อมบำรุงหรือตรวจสอบสัญญาณ ณ จุดที่ต้องตรวจวัดสัญญาณ แสงการเชื่อมต่อที่เหมาะสมคือการเชื่อมต่อด้วย Connector Fiber Optic

Connector Fiber Optic ที่นำปลายเส้นใยแก้วนำแสงสอง Fiber มาชนกัน รอยต่อของปลายเส้นใยแก้วนำแสงที่สัมผัสกันมีอากาศคั่นกลาง คุณภาพจุดเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงขึ้นกับปัจจัยหลายประการ รอยต่อจะมีค่าพารามิเตอร์สำคัญเกิดขึ้น 2 ค่าที่สำคัญมากคือ Insertion Loss (IL) และ Optical Return Loss (ORL) เมื่อมีการส่งผ่านสัญญาณแสงที่มีการบีบอัดจำนวนมากในเวลาน้อย ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ค่าจะยิ่งส่งผลกระทบต่อโครงข่าย

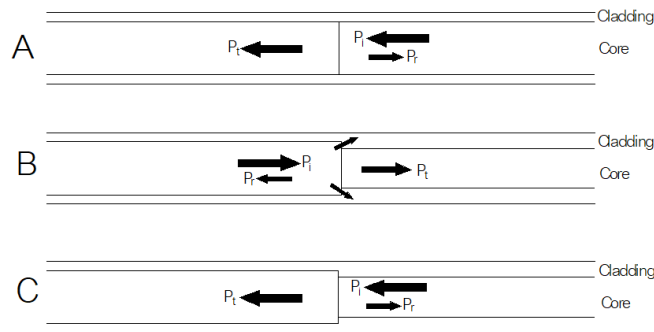
2.3.1 Insertion Loss

Insertion Loss (IL) คือค่าการลดทอนของสัญญาณที่ผ่านจุดต่อโดยคำนวณได้จากการวัดสัญญาณแสงก่อนผ่านรอยต่อและหลังจากผ่านรอยต่อนำมาเปรียบเทียบกับกัน ซึ่งจะได้ค่าสัญญาณลดทอนลงเล็กน้อย โดยปกติค่า Loss จะอยู่ที่ประมาณ 0.10 dB ถึง 0.50 dB แต่ต้องไม่เกิน 0.75 dB ตามมาตรฐาน

ตำแหน่งที่ปลายเส้นใยแก้วนำแสง 2 Fiber มาเชื่อมต่อถึงกันเกิดค่า Loss ณ ตำแหน่งนี้ (Insertion Loss) เกิดปรากฏการณ์การส่งผ่านทางแสงขึ้น 4 เหตุการณ์

- 1) แสงตกกระทบจุดเชื่อมต่อ P_i (Incident Power)
- 2) แสงส่งผ่านออกจากจุดเชื่อมต่อ P_t (Transmitted Power)
- 3) แสงสะท้อนกลับจากจุดเชื่อมต่อ P_r (Reflected Power)
- 4) นำเส้นใยแก้วนำแสงที่ขนาด Core ไม่เท่ากันมาเชื่อมต่อกันจะเกิดได้ 2 กรณี

- ขนาด Core ใหญ่ ไปหา Core เล็กกว่าแสงบางส่วนกระเจิงเข้าสู่ Cladding เกิดการสูญเสียสัญญาณ สามารถยิงแสงสีแดงเพื่อดูแสงที่กระเจิงออกมาได้ ภาพประกอบที่ 10. (B)
- ขนาด Core เล็ก ไปหา Core ใหญ่กว่าไม่มีแสงกระเจิงออกจาก Core เข้าสู่ Cladding ภาพประกอบที่ 10. (C)



ภาพประกอบที่ 10. การส่งผ่านสัญญาณแสงผ่านจุดเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสง

สามารถคำนวณหาค่าการสูญเสียสัญญาณแสงจุดเชื่อมต่อ L_i (Insertion Loss) ด้วยการเปรียบเทียบระหว่างแสงตกกระทบจุดเชื่อมต่อ P_i (กำลังงานด้าน Input) กับแสงส่งผ่านออกจากจุดเชื่อมต่อ P_t (กำลังงานด้าน Output) ด้วยสมการที่ 1.

$$L_i = -10 \log \left(\frac{P_t}{P_i} \right) \quad dB \quad (1.)$$

ทั้งนี้ค่า IL ยิ่งน้อยยิ่งดีแสดงว่าค่าสูญเสียสัญญาณแสงจุดเชื่อมต่อมีน้อย สัญญาณแสงสามารถส่งผ่านจุดเชื่อมต่อได้มีประสิทธิภาพ

2.3.2 Optical Return Loss

Optical Return Loss (ORL) คือค่าของสัญญาณแสงในส่วนที่สะท้อนกลับบริเวณจุดเชื่อมต่อ ถ้าค่า ORL มีมากแสดงว่าสัญญาณแสงมีการสะท้อนกลับน้อย ในระบบการสื่อสารอนาล็อกต้องการค่า ORL สูง ๆ เพื่อความแม่นยำของสัญญาณ สัญญาณแสงที่สะท้อนกลับส่งผลถึงการลดทอนของสัญญาณด้วย เนื่องจากเมื่อมันสะท้อนกลับไปหักล้างกับสัญญาณที่ส่งมาสัญญาณก็จะลดทอนลงไป

ตำแหน่งที่ปลายเส้นใยแก้วนำแสงชนกันตามอุดมคติแสงต้องส่งผ่านได้หมด แต่ในทางปฏิบัติจุดที่เนื้อแก้วหลอมรวมกันเกิดฟองอากาศหรือค่าดัชนีที่ผิดเพี้ยนขึ้น เมื่อสัญญาณแสงมากระทบ

จะเกิดสัญญาณแสงสะท้อนกลับ L_r (Return Loss) การเชื่อมต่อที่ดีที่สุดหรือเข้าใกล้ 0 dB สามารถคำนวณหาค่าสะท้อนกลับได้ตามสมการที่ 2.

$$L_r = 10\log\left(\frac{P_r}{P_i}\right) \quad \text{dB} \quad (2.)$$

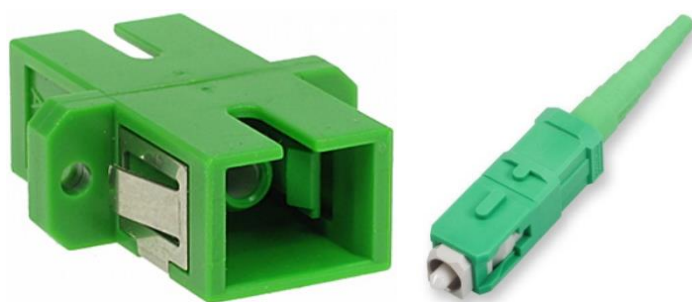
บางท่านอาจสงสัยว่าทำไม ORL ยิ่งมากยิ่งดี จากสมการที่ 1. แสดงให้เห็นว่าค่า P_r (กำลังงานสะท้อนกลับ) น้อยกว่าค่า P_i (กำลังงานด้าน Input) มากๆ มันก็จะทำให้ ORL มากไปด้วยส่งผลดี เพราะระบบไหน ๆ ที่ออกแบบมาเขาก็ต้องพยายามทำให้ P_r ซึ่งเป็นสัญญาณแสงสะท้อนกลับน้อย ๆ

เพื่อลดปัญหาค่า IL และ ORL ที่ Connector Fiber optic บริเวณรอยต่อ บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน) เลือกใช้ Connector Fiber optic ชนิด SC/APC ในโครงข่าย ODN ของระบบ FTTx

2.4 จุดเชื่อมต่อ Connector Fiber optic ชนิด SC/APC

บริการ FTTx ในตู้ SDP ที่ติดตั้ง Fiber Optic splitter ภายใน มาตรฐาน Fiber Optic Splitter ทั้ง 2 ชนิด (Type A1 และ Type A2) ขั้ว Input และ Output ใช้ Connector SC/APC ตามภาพประกอบที่ 11.

Connector SC/APC เป็นหัวสำเร็จรูปที่เชื่อมต่อกับสาย Patch Code หรือสาย Pigtail สาย Patch Cord ขึ้นกับการเลือกใช้ สาย Patch Code คือสาย Fiber Optics สำเร็จรูปที่มี Connector SC/APC ทั้งสองด้านพร้อมใช้งาน แต่สาย Pigtail จะมี Connector SC/APC เพียงด้านเดียว ปลายอีกด้านเป็นสายเปิดไว้เมื่อใช้งานต้องเชื่อมต่อกับเส้นใยแก้วนำแสง



ภาพประกอบที่ 11. Adaptor SC/APC (ซ้ายมือ) และ Connector ชนิด SC/APC (ขวามือ)

ตำแหน่งที่ Connector SC/APC เชื่อมต่อเข้าด้วยกันจะมีอุปกรณ์ Adapter บังคับให้ Connector อยู่ในตำแหน่งที่ปลายเส้นใยแก้วนำแสงเชื่อมต่อถึงกัน ปัญหาค่า Loss ที่ Connector SC/APC อาจเกิดจากความสะอาดหน้าสัมผัส (Contamination) พื้นผิวหน้าสัมผัสชำรุดเสียหาย มี

ความชื้นสะสม เป็นต้น โครงการศึกษานี้เน้นวิเคราะห์ปัญหาค่า Loss ตำแหน่ง Connector SC/APC จากความชื้น จากสภาพสิ่งแวดล้อมหรือจากน้ำเพื่อหาแนวทางป้องกัน อุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติม (ถ้ามี)

3. ทดสอบและวิเคราะห์ปัญหา Connector SC/APC

ข้อมูลจากการสอบถามผู้ปฏิบัติงานซ่อมบำรุงบริการ FTTx ปัญหาที่เจอแบ่งเป็นข้อบกพร่องของอุปกรณ์ ONU/ONT ปัญหาสัญญาณแสงไม่มี ปัญหาค่า Loss ก่อนถึงอุปกรณ์ ONU/ONT สูงกว่าค่ามาตรฐาน (Maximum Power Budget Class $B+ < 28\text{ dB}$) เป็นสาเหตุให้อุปกรณ์ ONU/ONT ไม่สามารถเชื่อมต่อกับ OLT ได้

ผู้ปฏิบัติงานระบุปัญหาการให้บริการ FTTx เกินครึ่ง ($> 50\%$) เกิดจากสัญญาณแสงบกพร่อง จุดเด่นของเส้นใยแก้วนำแสงมีเครื่องมือวิเคราะห์หาเหตุเสียง่ายกว่าสายเคเบิลทองแดง ด้วยเครื่องวัด OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) ช่วยวิเคราะห์ปัญหาและระยะทาง เครื่องมือสามารถระบุตำแหน่งเส้นใยแก้วนำแสงขาด ระบุตำแหน่งค่า Loss ได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว

ปัญหาโครงข่าย ODN ระบบบริหารจัดการ OLT (บางรุ่น) สามารถตรวจสอบและระบุปัญหาได้รวดเร็วและแม่นยำ ระบบแจ้งปัญหาที่เกิดแต่ละ User ของแต่ละ Port ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานแก้ปัญหาได้รวดเร็ว แต่ระบบบริหารจัดการ OLT รุ่นเก่า ๆ หรือบางรุ่นเป็น Option ที่ต้องซื้อเพิ่ม ช่วงเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยียังมีจุดบอด (Gap) นี้

จากการแข่งขันทางธุรกิจสื่อสารโทรคมนาคม ผู้ให้บริการทุกรายพยายามลดค่าใช้จ่ายบนพื้นฐานความเป็นจริงที่จำนวน Port เพิ่มขึ้นผู้ปฏิบัติงานจำนวนเท่าเดิมหรือลดลง เพื่อลดค่าใช้จ่ายผู้ให้บริการหลายรายจ้างบริษัทมารับช่วง จ้างเหมาติดตั้งซ่อมบำรุงโครงข่าย ODN สามารถเข้าไปแก้ปัญหาหน้างานตามสัญญา SLA (Service Level Agreement) สร้างความพึงพอใจกับผู้ใช้บริการ FTTx แต่บ่อยครั้งเกิดปัญหาคุณภาพบริการ FTTx ผกผันกับประสิทธิภาพของพนักงานบริษัทนั้น ๆ เช่น เกิดปัญหาซ้ำ ๆ ผู้ให้บริการรายเดิม ค่า Safety Margin Port สำรอง Port นั้นต่ำกว่ามาตรฐาน เป็นต้น

เมื่อทีมวิจัยวิเคราะห์ปัญหาเชิงลึกจากการสอบถามผู้ปฏิบัติงานที่เข้ามาใช้บริการที่ ทวบ.2 จากการลงพื้นที่และข้อมูลบางส่วนจากงานสัมมนาทางวิชาการ ปัญหาค่า Loss ที่จุด Connector Fiber Optic เป็นปัญหาที่มีการกล่าวถึงมากที่สุด

ค่า Loss ที่จุด Connector Fiber Optic เกิดจากความสะอาดหน้าสัมผัส พื้นผิวหน้าสัมผัสชำรุดเสียหาย มีความชื้นสะสม เพื่อวิเคราะห์ปัญหาค่า Loss โดยทีมวิจัยมุ่งเน้น (Focus) ปัญหาที่เกิด ณ ตำแหน่ง Connector จากสภาพสิ่งแวดล้อม ความสะอาดหน้าสัมผัส ความชื้น น้ำท่วมขัง เพื่อหาแนวทางป้องกันหรือหาอุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติม (ถ้ามี) มาป้องกันและลดปัญหา

3.1 จำลองปัญหา Connector SC/APC ที่เกิดจากน้ำ

ทดสอบผลกระทบจากน้ำฝน น้ำท่วมขัง Connector SC/APC และ Adaptor SC/APC ที่ติดตั้งในตู้ SDP โดยจำลองรูปแบบการติดตั้งจากภาคสนาม วัดค่า Loss ที่เกิดขึ้น แบ่งการทดสอบทั้งสิ้น 3 หัวข้อ ดังนี้

- 1) จำลอง Connector SC/APC ในตู้ SDP รูปแบบการติดตั้งที่ถูกต้อง
- 2) จำลอง Connector SC/APC ในตู้ SDP รูปแบบการเปิดฝาดูที่ังไว้และมีน้ำเข้า
- 3) จำลอง Connector SC/APC ในตู้ SDP น้ำท่วมมิด

3.1.1 ผลกระทบของ Connector SC/APC ที่ติดตั้งภายในตู้ SDP ที่ติดตั้งถูกต้อง

ทดสอบผลกระทบของน้ำที่ตกกระทบตู้ SDP จำลองรูปแบบการติดตั้งในแนวตั้ง ด้วยตู้ควบคุมอุณหภูมิ-ความชื้นตามมาตรฐาน IPX1-6 (Rain/Spray Test Chamber and Temp Humidity Chamber)” ตามภาพประกอบที่ 12. ทดสอบปล่อยหยดน้ำตามมาตรฐาน IPx2 ปริมาณเทียบเท่าปริมาณน้ำฝนขนาด 1 mm/min ต่อเนื่อง 10 นาที (min)

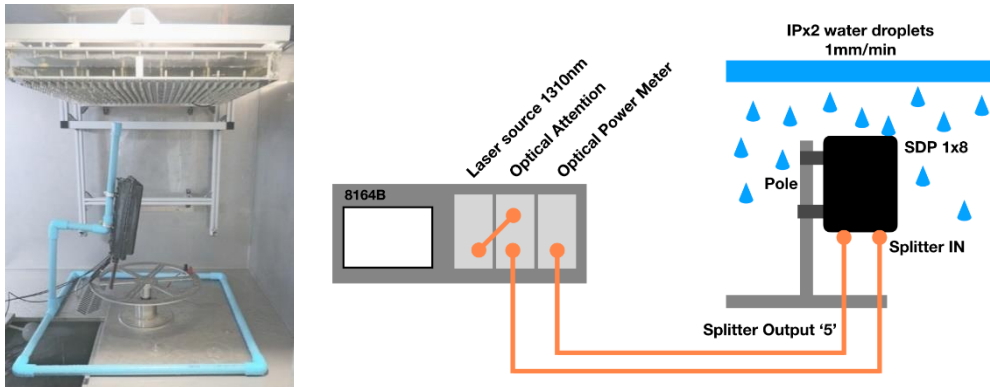


ภาพประกอบที่ 12. ตู้ทดสอบ Rain/Spray Test Chamber and Temp Humidity Chamber



ภาพประกอบที่ 13. ชุด Laser, Attenuator และ Optical Power Meter

วัดค่า Loss ที่ความยาวคลื่น (Laser Wavelength) 1310 nm ใช้ Optical Attenuator ควบคุมพลังงานแสงให้ Power Input อยู่ในระดับที่ต้องการ (0 dBm) จากนั้นเชื่อมต่อสัญญาณแสงเข้าด้วย Connector SC/APC เข้าในช่อง Adaptor SC/APC ที่ Input Port ของ Splitter 1X8 ด้าน Output Port ของ Splitter เลือก Port ที่ 5 (จาก 8 Port) เสียบ Connector SC/APC เข้าในช่อง Adaptor SC/APC เหมือนด้าน Input ก่อนเชื่อมต่อเข้ากับ Optical Power Meter เพื่อทำการวัดค่ากำลังงานแสงที่ส่งผ่าน Splitter เพื่อบันทึกค่า รูปแบบการติดตั้งการทดสอบตามภาพประกอบที่ 14.



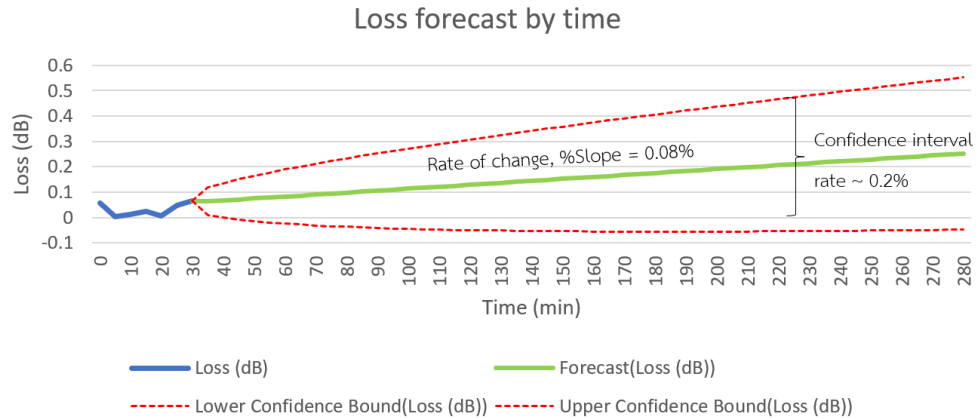
ภาพประกอบที่ 14. จำลองผลกระทบของ Connector SC/APC ภายในตู้ SDP ที่ติดตั้งถูกต้อง

ตารางที่ 1. ผลการทดสอบค่า Loss Connector SC/APC ภายในตู้ SDP ที่ติดตั้งถูกต้อง

เหตุการณ์	เวลาในการทดสอบ	Loss (dB)
Warm up	เริ่ม	0.0419
	30 min	0.0557
เริ่มหยดน้ำ	5 min	0.0024
	10 min	0.0132
	15 min	0.0242
	20 min	0.0050
	25 min	0.0466
	30 min	0.0652

ผลการทดสอบค่า Loss Connector SC/APC ภายในตู้ SDP ที่ติดตั้งถูกต้อง ทำการทดสอบติดต่อกัน 3 รอบ ๆ ละ 10 min รวมทั้งสิ้น 30 min ผลการทดสอบค่า Loss เปลี่ยนแปลงสูงสุด 0.0652 dB เปลี่ยนแปลงน้อยสุด 0.0024 dB แตกต่างกัน 0.0628 dB เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Safety Margin ที่สำรองไว้ $\geq 3\text{ dB}$ แทบไม่ส่งผลกระทบต่อโครงข่าย ODN

ทีมวิจัยทำการคำนวณเพื่อพยากรณ์การสูญเสียที่เกิดขึ้นจะได้กราฟโดยมีช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) เท่ากับ 95% และทำการพยากรณ์ไปจนถึง 280 min ลักษณะกราฟข้อมูลที่ได้ตามภาพประกอบที่ 15.



ภาพประกอบที่ 15. กราฟความเชื่อมั่นค่า Loss ภายในตู้ SDP ที่ติดตั้งถูกต้อง

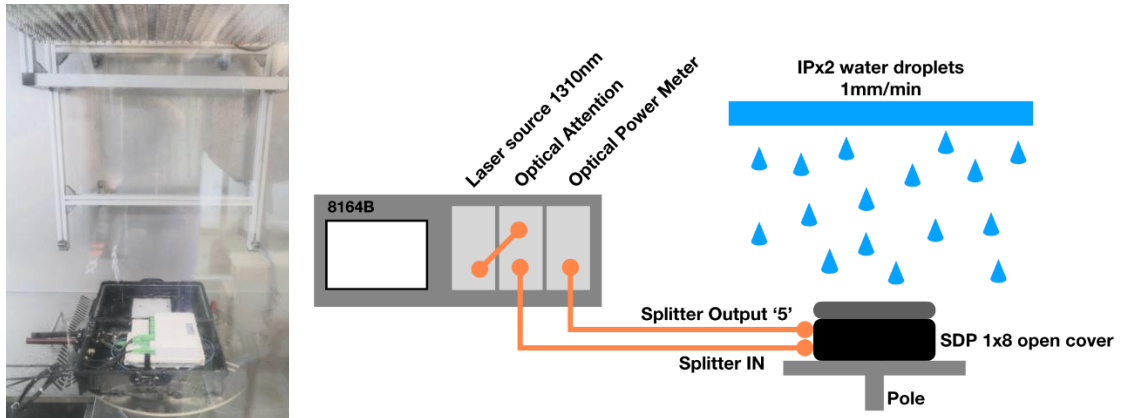
พิจารณาผลการทำนายช่วงความเชื่อมั่น จากกราฟการทำนายผลของ Loss ต่อเวลานั้นจะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าการสูญเสีย (Rate of Change, % Slope) จะอยู่ที่ประมาณ 0.08 % และมีช่วงของค่าที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลที่เรานำมาทำนายมีแนวโน้ม (Confidence Interval Rate) เพิ่มขึ้นประมาณ 0.2% จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของความสูญเสียกำลังงานของแสงอยู่เล็กน้อยหรืออาจจะไม่มีนัยสำคัญใด ๆ เลย ลักษณะกราฟตามภาพประกอบที่ 16.



ภาพประกอบที่ 16. กราฟการเพิ่มขึ้นของความเชื่อมั่นค่า Loss ภายในตู้ SDP ที่ติดตั้งถูกต้อง

3.1.2 ผลกระทบของ Connector SC/APC ที่ติดตั้งภายในตู้ SDP ที่ติดตั้งถูกต้องเปิดฝา

ทดสอบผลกระทบของน้ำที่ตกกระทบตู้ SDP โดยทำการเปิดฝาทู้ SDP และวางตู้ในลักษณะหงายขึ้นเพื่อรับน้ำที่ตกกระทบลงโดยตรงกับตู้ SDP ปลอ่ยหยดน้ำตามมาตรฐาน IPx2 ปริมาณเทียบเท่าปริมาณน้ำฝนขนาด 1 mm/min ต่อเนื่อง 10 min การติดตั้งตามภาพประกอบที่ 17.



ภาพประกอบที่ 17. จำลองผลกระทบของ Connector SC/APC ที่ติดตั้งภายในตู้ SDP เปิดฝา

การต่อสัญญาณแสงเพื่อวัดค่าเหมือนการทดสอบข้อ 3.1.1 เพื่อระยะเวลาในการทดสอบแตกต่างกัน รายละเอียดตามตารางที่ 2.

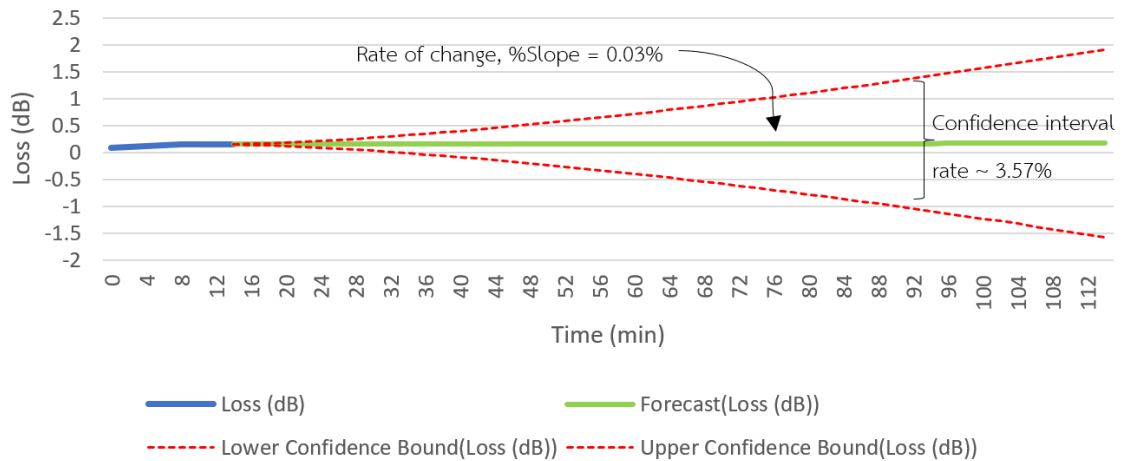
ตารางที่ 2. ผลการทดสอบค่า Loss Connector SC/APC ภายในตู้ SDP ที่เปิดฝา

เหตุการณ์	เวลาในการทดสอบ	Loss (dB)
Warm up	เริ่ม	0.0835
เริ่มหยดน้ำ	2 min	0.1021
	4 min	0.1184
	6 min	0.1296
	8 min	0.1411
	10 min	0.1455
	12 min	0.1492
	14 min	0.1492

ผลการทดสอบค่า Loss ของ Connector SC/APC ภายในตู้ SDP ที่ติดตั้งผิดวิธีและเปิดฝาทู้ทิ้งไว้ เมื่อฝนตกน้ำฝนกระทบถูกชุด Connector SC/APC (IPx2) ทำการทดสอบติดต่อกัน 15 min บันทึกค่า Loss ทุก ๆ 2 min ผลการทดสอบค่า Loss เปลี่ยนแปลงสูงสุด 0.1492 dB เปลี่ยนแปลงน้อยสุด 0.00835 dB แตกต่างกัน 0.0657 dB

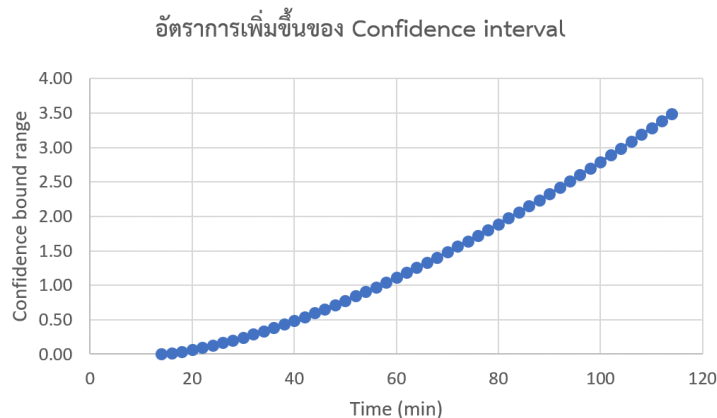
คำนวณเพื่อพยากรณ์การสูญเสียที่เกิดขึ้นจะได้กราฟโดยมีช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) เท่ากับ 95% และทำการพยากรณ์ไปจนถึง 112 min ลักษณะกราฟข้อมูลที่ได้ตามภาพประกอบที่ 18.

Loss forecast by time (Open cover)



ภาพประกอบที่ 18. กราฟความเชื่อมั่นค่า Loss ภายในตู้ SDP ที่ติดตั้งชนิดวิธี ฝาเปิดรับน้ำฝน

พิจารณาผลการทำนายช่วงความเชื่อมั่น จากกราฟการทำนายผลของ Loss ต่อเวลานั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ อัตราการเพิ่มขึ้นของค่าการสูญเสีย (Rate of Change, % Slope) จะอยู่ที่ประมาณ 0.03 % และมีช่วงของค่าที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลที่เราไม่ทราบมีแนวโน้ม (Confidence Interval Rate) เพิ่มขึ้นประมาณ 3.57 % จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของค่า Loss แม้จะน้อยและไม่ค่อยเห็นผลชัดเจนแต่ถ้าเทียบค่า Loss แต่ละลำดับแล้วจะเห็นการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเห็นได้จากช่วงของค่าแนวโน้มที่เราไม่ทราบมีอัตราการเพิ่มขึ้นถึง 3.57 % ซึ่งในอนาคตเมื่อวันเวลาเพิ่มขึ้นค่า Loss อาจจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก ลักษณะกราฟตามภาพประกอบที่ 19.

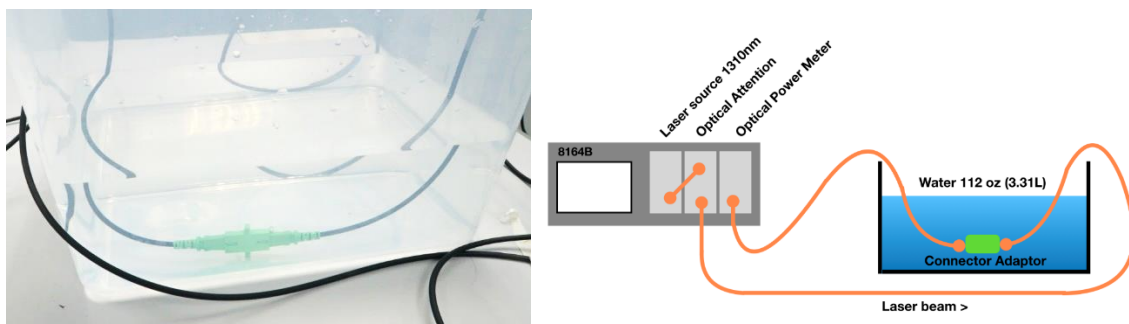


ภาพประกอบที่ 19. กราฟการเพิ่มขึ้นของความเชื่อมั่นค่า Loss ในตู้ SDP ที่ติดตั้งชนิดวิธี ฝาเปิดรับน้ำ

3.1.3 ผลกระทบของ Connector SC/APC แชน้ำ

จากการทดสอบที่ผ่านมาทั้ง 2 เหตุการณ์นั้น ข้อมูลจากพื้นที่ยังไม่ครอบคลุมเหตุการณ์ทุกเหตุการณ์ กรณีตู้ SDP หรือหัวต่อที่จัดเก็บจุดเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงไว้ภายในน้ำท่วมมีจุดเชื่อมต่อ

ทั้งหมด ทีมวิจัยจึงได้จำลองสถานการณ์ในกรณี Connector SC/APC แห่อยู่ในน้ำ จำลองการทดสอบเป็นเวลา 200 min ที่ระดับน้ำลึก 3.5 cm เก็บค่าการสูญเสียของแสง (Insertion Loss) ทุก 5 min ติดตั้งและรูปแบบการทดสอบตามภาพประกอบที่ 20.



ภาพประกอบที่ 20. จำลองผลกระทบของ Connector SC/APC ที่น้ำท่วมขังจนมิด

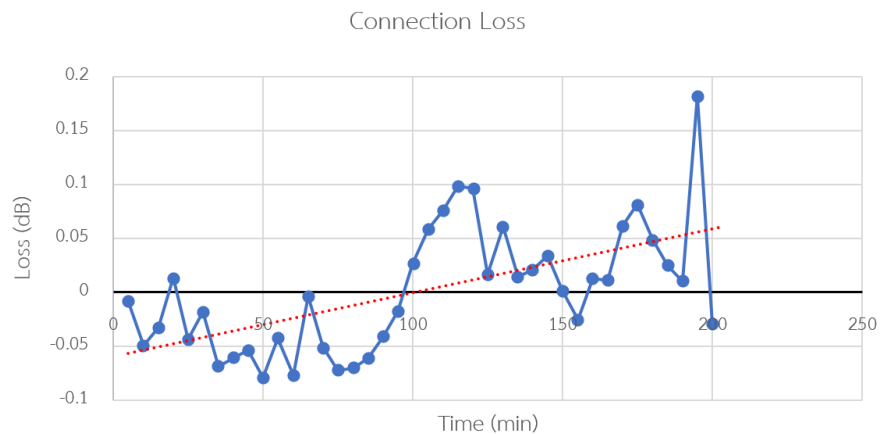
ขบวนการทดสอบเริ่มจาก Setup เครื่องมือ ตั้งค่า Zero เครื่อง Optical Power Meter และทำความสะอาดอุปกรณ์ทั้งหมด ก่อนทำการเชื่อมต่อ Connector สายนำสัญญาณเส้นใยแก้วนำแสง จากเครื่อง Optical Attenuation ไปยังเครื่อง OPM (Optical Power Meter) เปิด Laser ปรับค่า กำลังงานทางแสงควบคุมด้วยเครื่อง Optical Attenuation ค่า Power Output ใกล้เคียง 0 dBm

Setup เครื่อง OPM เพื่อ Reference Power สำหรับวัด Insertion Loss ในหน่วย dB (Warm Up 15 min) ทำการบันทึกค่า Reference ทุก 5 min เป็นเวลา 3 ครั้ง ดูแนวโน้มของค่า Reference ว่ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างไร เมื่อ Warm Up เรียบร้อยแล้วนำจุดเชื่อมต่อ Connector ลงในถังบรรจุน้ำ 112 oz (3.31 ลิตร) โดยให้ Connector นั้นจมมิดน้ำ ใช้เทปกาวยึด Connector ให้ อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการไม่ลอยตัวขึ้น ก่อนเริ่มจดค่าผลการวัดจนครบ 200 min

ตารางที่ 3. ผลการทดสอบค่า Loss Connector SC/APC แชน้ำ

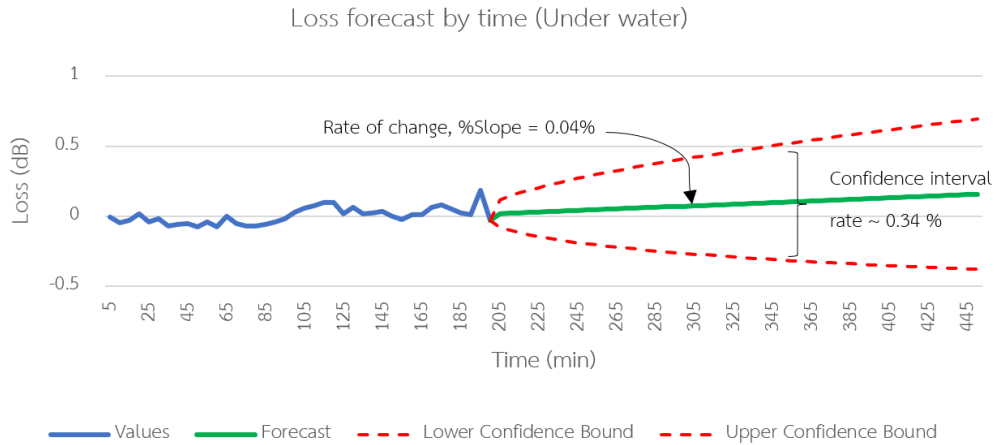
เวลาดทดสอบ (min)	Loss (dB)	เวลาดทดสอบ (min)	Loss (dB)
5	-0.0082	105	+0.0584
10	-0.0494	110	+0.0759
15	-0.0325	115	+0.0989
20	+0.0135	120	+0.0967
25	-0.0438	125	+0.0167
30	-0.0184	130	+0.0609
35	-0.0688	135	+0.0147
40	-0.0607	140	+0.0207
45	-0.0537	145	+0.0341
50	-0.0789	150	+0.0017
55	-0.0428	155	-0.0254
60	-0.0771	160	+0.0131
65	-0.0040	165	+0.0111
70	-0.0511	170	+0.0613
75	-0.0724	175	+0.0816
80	-0.0701	180	+0.0485
85	-0.0608	185	+0.0248
90	-0.0412	190	+0.0103
95	-0.0175	195	+0.1819
100	+0.0271	200	-0.0291

นำผลทดสอบค่า Loss Connector SC/APC แชน้ำตามตารางที่ 3. มาเขียนกราฟดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ตามกราฟภาพประกอบที่ 21.



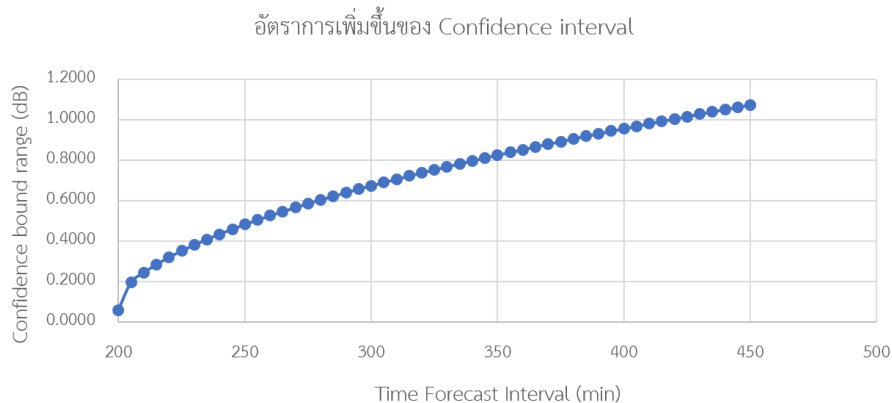
ภาพประกอบที่ 21. กราฟแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงข้อมูลค่า Loss Connector SC/APC แชน้ำ

พยากรณ์ทำนายผลการสูญเสียในอนาคตโดยมีช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) เท่ากับ 95% โดยพิจารณาพยากรณ์ต่อไปจนถึงนาฬิกาที่ 455 (7.5 ชม.) ตามภาพประกอบที่ 22



ภาพประกอบที่ 22. กราฟความเชื่อมั่นค่า Loss Connector SC/APC แชน้ำ

พิจารณาค่าจากกราฟนาฬิกาที่ 445 ค่าช่วงของ loss เท่ากับ 1.07 dB คำนวนอัตราการเพิ่มขึ้นของช่วง Confidence Interval ได้ 0.34% โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของการสูญเสียกำลังงานทางแสง (Insertion loss) ได้ตามกราฟภาพประกอบที่ 23.



ภาพประกอบที่ 23. กราฟอัตราการเพิ่มขึ้นของช่วง Confidence Interval

พิจารณาผลการทำนายจากกราฟค่า Loss ต่อเวลา สังเกตได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าการสูญเสีย (Rate of Change, % Slope) ประมาณ 0.04% และช่วงของค่าที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ของ Confidence Interval Rate เพิ่มขึ้นประมาณ 0.34% มีค่าน้อยมาก

เมื่อพิจารณาค่าการสูญเสียมีการเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับประมาณ 1 dB ที่เวลา 445 min และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่ม ดังนั้นการที่ Connector SC/APC แชน้ำท่วมมิตตลอดเวลาไม่เป็น

ผลดีต่อคุณภาพของโครงข่าย ตัวอย่างน้ำที่นำมาทดสอบเป็นน้ำสะอาดค่า Loss ต่อเวลาเพียง 7.5 ชั่วโมงเปลี่ยนแปลงสูงเกือบ 1 *dB* สูงถึง 1 ใน 3 ของ Safety Margin (≥ 3 *dB*) แต่ในสภาพแวดล้อมในพื้นที่ความสกปรกปนเปื้อนในแหล่งน้ำอาจส่งผลให้คุณภาพจุดเชื่อมต่อวิกฤติมากกว่า

สรุป ปัญหาโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงภายนอกอาคารโดยเฉพาะโครงข่าย ODN มีปัญหา ค่า Loss ตำแหน่ง Connector SC/APC ที่เชื่อมต่อถึงกันผ่าน Adaptor SC/APC ติดตั้งใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง มีปัญหาค่า Loss สูงกว่ามาตรฐาน (< 0.4 *dB*) จำลองผลกระทบจากน้ำด้วยตู้ควบคุมอุณหภูมิ-ความชื้น ตามมาตรฐาน IPx2 ผลการทดสอบตู้ SDP ที่ติดตั้งถูกต้อง ใช้งานถูกวิธีไม่มีปัญหาค่า Loss จากละอองน้ำ น้ำฝน

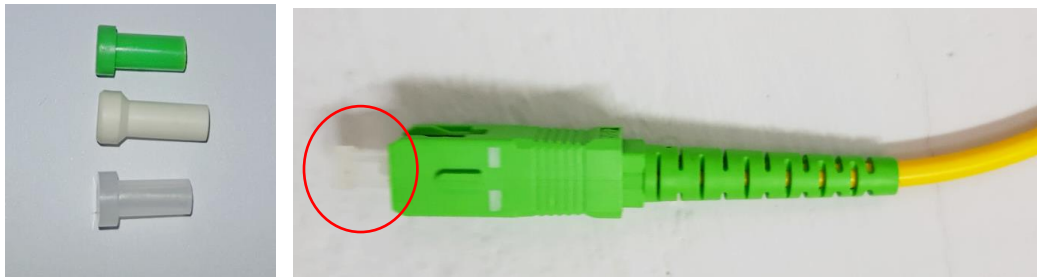
ตู้ SDP ที่ติดตั้งถูกต้อง ใช้งานผิดวิธี เช่น เปิดฝาทู้ทิ้งไว้ ตำแหน่งสายเข้าออกจากตู้ น้ำสามารถไหลผ่านเข้าไปภายในตู้ได้ และผลการทดสอบนำ Connector SC/APC ที่เชื่อมต่อผ่าน Adaptor SC/APC แชนน้ำลึก 3.5 *cm* พิจารณา ค่า Loss มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งสองแบบจำลอง คือเปิดฝาทู้พ่นหยดน้ำตามมาตรฐาน IPx2 และแช่น้ำ แนวนอนค่า Loss ไปในทิศทางเดียวกัน ด้วยเหตุผล Connector SC/APC ขนาดแกน Ferrule 2.50 *mm* เมื่อสวมเข้ากับ Adaptor น้ำจะค่อย ๆ ซึมผ่านทางหน้าผิวสัมผัส

พิจารณาผลการทำนายช่วงความเชื่อมั่นจากกราฟการทำนายผล ของ Loss ต่อเวลานั้นจะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปค่าแนวโน้มที่เราไม่ทราบมีอัตราการเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นอย่างมาก สรุปผลการจำลองเบื้องต้นตู้ SDP ที่ติดตั้งและใช้งานถูกวิธีไม่มีปัญหาเรื่องน้ำจากการใช้งานปกติ แต่ถ้าใช้งานผิดวิธี เช่น เปิดฝาทู้ SDP หรือติดตั้งผิดตู้ SDP มีน้ำท่วมขัง ค่า Loss จะสะสมเพิ่มขึ้นจนเกินมาตรฐานกระทบต่อการให้บริการ

3.2 Connector SC/APC

โครงข่ายสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงทุกระบบจำเป็นต้องมีจุดเชื่อมต่อด้วย Connector Fiber optic เพื่อตรวจสอบสัญญาณแสงสำหรับงานซ่อมบำรุง งานตรวจสอบคุณภาพโครงข่าย ชนิดและลักษณะการใช้งานได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การเชื่อมต่อจะนำ Connector เชื่อมต่อกับเส้นใยแก้วนำแสง ทั้ง 2 ด้าน จากนั้นนำ Connector เสียบกับอุปกรณ์ Adaptor เพื่อควบคุมให้หน้าสัมผัสแกน Ferrule ที่ฝั่งเส้นใยแก้วนำแสงไว้ตรงกลางมาชนกัน

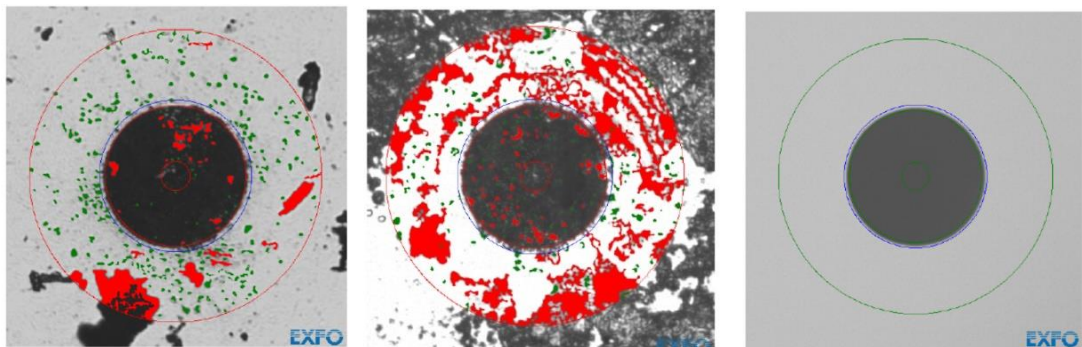
เดิมแกน Ferrule ใช้วัสดุ Polymer ผลิตจากพลาสติกมีปัญหาค่า Loss เพิ่มขึ้นหลังจากใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง หน่วยงานมาตรฐานสากลที่กำลังดูแลเทคโนโลยี FTTHx ปรับเปลี่ยนวัสดุผลิตแกน Ferrule จาก Polymer เป็น Ceramic เพิ่มความคงทน อายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้นและจุดเชื่อมต่อมีค่า Loss จะน้อยกว่าแกน Polymer Connector Fiber optic เมื่อจัดซื้อจากผู้ผลิตจะมีฝาครอบปิดปลายแกน Ferrule เพื่อรักษาความสะอาดหน้าสัมผัส (End Face of Connector) ที่ปลายของแกน Ferrule ตามภาพประกอบที่ 24. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อบริการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงอันดับต้น ๆ เกิดที่จุดเชื่อมต่อด้วย Connector



ภาพประกอบที่ 24. ฝาครอบเพื่อรักษาความสะอาด Connector SC/APC

โครงการวิจัยนี้ศึกษาปัญหาโครงข่าย ODN ของบริการ FTTx จึงเน้นศึกษาเฉพาะ Connector SC/APC ข้อมูลที่ได้รับจากภาคสนาม ผู้ปฏิบัติงานดูแลรักษา Connector SC/APC ไม่ถูกวิธี เมื่อถอด Connector SC/APC ออกเพื่อซ่อมบำรุงไม่มีการปิดหัวด้วยฝาครอบ ก่อนเสียบ Connector SC/APC กลับบางครั้งไม่ได้ทำความสะอาด บางครั้งเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าหรืออุปกรณ์ทำความสะอาดที่ไม่เหมาะสม เช่น นำปลายแกน Ferrule มาเช็ดทำความสะอาดกับเสื้อ เป่าลม เป็นต้น

คราบน้ำลาย คราบสกปรกเกาะติดที่ปลายแกน Ferrule จะไม่ส่งผลกับค่า Loss ทันที แต่เมื่อผ่านไประยะเวลาหนึ่ง ผู้คนคราบสกปรกมีความชื้นสะสมเกิดค่า Loss เกินมาตรฐานกระทบต่อบริการ FTTx ผู้ปฏิบัติเพียงนำอุปกรณ์ทำความสะอาดไปล้างทำความสะอาด ตัวอย่างตามภาพประกอบที่ 25. ทดลองนำปลายแกนมาเช็ดกับเสื้อ (ภาพกลาง) และเป่าลมทำความสะอาด (ภาพซ้ายมือ) จากนั้นทำความสะอาดด้วยอุปกรณ์ ONE-Click 3 ครั้ง (ภาพขวามือ)

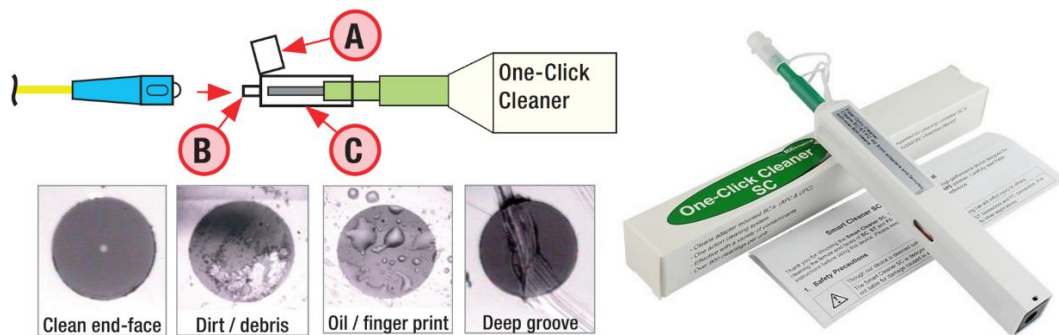


ภาพประกอบที่ 25. คราบสกปรกปลายแกน Ferrule ที่ทำความสะอาดผิดวิธี

ทีมวิจัยสุ่ม Connector SC/APC ใหม่ที่ยังไม่เคยออกจากกล่องมาส่องด้วยกล้อง บางตัวอย่างหน้าแกน Ferrule มีคราบสกปรกเล็กน้อย ดังนั้นในโครงข่ายหลักโดยเฉพาะบริการ DWDM ต้องทำความสะอาด Connector ทุกครั้งทั้งของใหม่และถอดออกมาเพื่อตรวจวัดสัญญาณแสง เพราะโครงข่ายหลักมีความสำคัญในการให้บริการ การทำความสะอาด Connector SC/APC สามารถทำความสะอาดได้หลายวิธี เช่น

- 1) แอลกอฮอล์บริสุทธิ์ ใช้กระดาษทิชชู (Tissue Paper) หรือผ้าฝ้ายที่ไม่มีขุย หรือ Cotton Bud Cleaning ไม่มีขนาด 2.0 mm ชุบแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ (IPA: Isopropyl Alcohol)
- 2) ปากกาทำความสะอาดแบบคลิกเดียว (One Click Cleaner)
- 3) ม้วนเทปทำความสะอาด Fiber Optic Connector Cleaner

เครื่องมือและวิธีการทำความสะอาดสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพการทำความสะอาด ความคล่องตัวในการปฏิบัติงานต้นทุน การปฏิบัติงานนอกอาคาร แนะนำอุปกรณ์ทำความสะอาด One Click Cleaner ตามภาพประกอบที่ 26. เพราะคล่องตัว ประสิทธิภาพสูง



ภาพประกอบที่ 26. อุปกรณ์ One Click Cleaner ที่เหมาะกับงานภาคสนาม

สรุปโครงข่ายสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงทุกระบบ ต้นทาง ปลายทาง จุดกลาง (บางโครงข่าย) มีจุดเชื่อมต่อด้วย Connector Fiber optic เพื่อตรวจสอบสัญญาณแสง ชนิดของ Connector ขึ้นกับระบบโครงข่ายนั้น ๆ การดูแลรักษา Connector การทำความสะอาดไม่ถูกวิธี คราบสกปรกเกาะติดที่ปลายแกน Ferrule จะไม่ส่งผลกับค่า Loss ทันที แต่เมื่อผ่านไประยะเวลาหนึ่ง ฝุ่นคราบสกปรกมีความชื้นสะสมเกิดค่า Loss เกินมาตรฐานกระทบต่อบริการ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อบริการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงอันดับต้น ๆ เกิดที่จุดเชื่อมต่อด้วย Connector ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่ควรเกิดขึ้นถ้าบริหารจัดการความสะอาดที่เหมาะสม

เครื่องมือและวิธีการทำความสะอาดหลัก ๆ มี 3 วิธี สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม การปฏิบัติงานนอกอาคาร ทีมวิจัยแนะนำอุปกรณ์ทำความสะอาด One Click Cleaner เพราะคล่องตัว ประสิทธิภาพสูง



ภาพประกอบที่ 27. ทีมงานบางส่วนในโครงการศึกษาวิจัยฯ

บริการ FTTx มาตรฐานกำหนดใช้อุปกรณ์ Connector ชนิด SC/APC ปัญหาที่ได้รับจากผู้ปฏิบัติงานภาคสนามเมื่อได้รับแจ้งเหตุเสียของบริการ FTTx นอกจากปัญหาสายสายใยแก้วนำแสงชำรุดเสียหาย (ขาด กระรอกกัดแทะ) ปัญหาค่า Loss ที่ Connector SC/APC เป็นปัญหาที่เจอบ่อยครั้ง ผู้ปฏิบัติงานแก้ปัญหาด้วยการทำความสะอาด Connector SC/APC ระบบสามารถกลับมาใช้งานได้ตามปกติ เพื่อลดปัญหา ณ ตำแหน่งที่ใช้งานอุปกรณ์ Connector ชนิด SC/APC ทีมวิจัยตามภาพประกอบที่ 27. จึงได้มีโครงการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาน้ำและความชื้นที่ส่งผลกระทบต่อ Connector SC/APC

ผลการศึกษาทดลองอุปกรณ์ Connector SC/APC อุปกรณ์ Adaptor SC/APC ที่ติดตั้งภายในตู้ SDP ติดตั้งและใช้งานถูกวิธี สิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ ความชื้น ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานสัญญาณแสง จำลองการติดตั้งและใช้งานผิดวิธี โดยทดสอบพ่นและแช่น้ำ Connector SC/APC และ Adaptor SC/APC มีค่า Loss เพิ่มขึ้นอย่างเป็นนัยสำคัญ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อบริการ FTTx ไม่ว่าจะติดตั้งถูกหรือผิดวิธีคือความสะอาดแกน Ferrule

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาน้ำและความชื้นที่ส่งผลกระทบต่อ Connector SC/APC เพื่อหาแนวทางป้องกัน เผยแพร่องค์ความรู้ เพราะโครงข่ายสายใยแก้วนำแสงทุกระบบจะมีจุด Connector สำหรับตรวจวัดสัญญาณแสงเพื่อซ่อมบำรุง ตรวจสอบคุณภาพโครงข่าย โดยเฉพาะบริการ FTTx อุปกรณ์ Connector ภายในตู้ SDP/ODP ตู้ OFCCC ตู้ FDF รวมแล้วมีจำนวนมาก การบริหารจัดการที่เหมาะสมจะช่วยลดต้นทุนการให้บริการอย่างเป็นรูปธรรม

ข้อมูลซ่อมบำรุงบริการ FTTx ปัญหาค่า Loss ที่จุด Connector Fiber Optic เป็นปัญหาที่มีการกล่าวถึงมากที่สุด ปัจจัยเกิดจากความสะอาดหน้าสัมผัส พื้นผิวหน้าสัมผัสชำรุดเสียหาย มีความชื้นสะสม เพื่อวิเคราะห์ปัญหาค่า Loss โดยที่มิจำจี้มุ่งเน้น (Focus) ปัญหาที่เกิด ณ ตำแหน่ง Connector จากสภาพสิ่งแวดล้อม ความสะอาดหน้าสัมผัส ความชื้น น้ำท่วมขัง เพื่อหาแนวทางป้องกัน

ปัญหาความสะอาดหน้าสัมผัสเป็นองค์ความรู้ที่เผยแพร่อย่างแพร่หลายอยู่แล้ว และทดสอบในโครงการนี้สอดคล้องกับองค์ความรู้ทั่วไป

แต่ปัญหา จุด Connector Fiber Optic โดยเฉพาะโครงข่าย ODN บริการ FTTx ใช้ Connector SC/APC และ Adaptor SC/APC ถูกน้ำฝนสาด (ฝาตู้ SDP ปิดไม่สนิท) น้ำท่วมขัง จะส่งผลกระทบต่อค่า Loss ณ ตำแหน่งนั้น ๆ หรือไม่

ทีมวิจัยทำการศึกษาค้นคว้าได้ข้อสรุปดังนี้

- 1) ตู้ SDP ที่ติดตั้งและใช้งานถูกวิธีไม่มีปัญหาเรื่องน้ำจากการใช้งานปกติ
- 2) ตู้ SDP ติดตั้งถูกวิธีแต่ใช้งานผิดวิธี เช่น เปิดฝาตู้ SDP ทิ้งไว้หรือติดตั้งผิดตู้ SDP มีน้ำท่วมขัง ค่า Loss จะสะสมเพิ่มขึ้นจนเกินมาตรฐานกระทบต่อการให้บริการ
- 3) Connector SC/APC และ Adaptor SC/APC เช่นน้ำลึก 3.5 cm แนวโน้มค่า Loss ไปในทิศทางเดียวกันกับข้อ 2) แต่ค่าพารามิเตอร์ของข้อมูลที่เราไม่ทราบมีแนวโน้ม (Confidence Interval Rate) เพิ่มขึ้นรุนแรงกว่า
- 4) ความสะอาดแกน Ferrule และคุณภาพอุปกรณ์ Connector SC/APC และ Adaptor SC/APC ผลการศึกษาค้นคว้าสอดคล้องกับองค์ความรู้ทั่วไปที่มีอยู่แล้ว

โดยสรุปปัญหาน้ำและความชื้นที่ส่งผลกระทบต่อ Connector SC/APC แก้ไขโดยติดตั้งตู้ SDP และใช้งานอย่างถูกวิธี น้ำส่งผลกระทบต่อจุดเชื่อมต่อค่า Loss สอดคล้องกับเวลา แต่ความสะอาดของ Connector เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า Loss มากที่สุด ดังนั้นการปฏิบัติงานทุกครั้งควรทำความสะอาดแกน Ferrule ทุกครั้ง อุปกรณ์ทำความสะอาดที่ทีมวิจัยแนะนำคือ One Click Cleaner เพราะคล่องตัว ประสิทธิภาพสูง

หมายเหตุ โครงการวิจัยนี้ศึกษาเพื่อตอบคำถามผู้ปฏิบัติงานภาคสนาม ปัญหาค่า Loss จาก Connector SC/APC เช่น แกน Ferrule สกปรก ไม่ได้ไม่ปิดฝาตู้ที่ใช้งานกลางแจ้ง น้ำท่วมขัง Connector หรือปัจจัยอื่น ๆ ส่งผลกระทบต่อบริการ FTTx ระยะสั้น ระยะยาว อย่างไรก็ตาม จากสถานการณ์ Covid-19 จำนวนตัวอย่างที่ศึกษาวิจัยน้อย ไม่สามารถตอบคำถามทางวิชาการได้ แต่ผลทดสอบสามารถตอบคำถามผู้ปฏิบัติงานเบื้องต้นได้ ถ้าต้องการอ้างอิงทางวิชาการ ในอนาคตควรศึกษาค้นคว้าจำนวนตัวอย่างมากกว่านี้ (ข้อมูลที่อ้างอิงทางวิชาการ ≥ 5 ตัวอย่างทดสอบ ข้อมูลเชิงสถิติที่นำไปอ้างอิงเพื่อออกข้อกำหนด ≥ 30 ตัวอย่าง)

ที่ปรึกษาโครงการวิจัยฯ

รศ.ดร.อฉิม ฤกษ์บุตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร.สมมาตร แสงเงิน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

ผู้บริหาร บริษัท โทรคมนาคมแห่งชาติ จำกัด (มหาชน)

นายมรกต เขียวมนตรี	รองกรรมการผู้จัดการใหญ่สายงานโครงสร้างพื้นฐาน
นายทินกร นาทองลาย	ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่กลุ่มบริหารโครงข่าย
นายทรงวุฒิ วงษ์สุนทร	ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนา

ผู้ร่วมวิจัย

นายกฤศ ศรีวิลาส	นายชัยฤทธิ์ ศรีดาวงษ์	ว่าที่ร้อยตรี ชัชวาล จันทรกุล
นายประกิจ รักชีพ	นายเมธี สุมานะนันท์	นายสุวัจน์ชัย เจริญนนท์วัฒน์
นายไพศาล แข่งเจริญ	นายดิเรก เย็นนภา	นายดำรงห์ ตรีจรรุญ
นายกิตติโชค บุญชัยยะ	นายทัตไฉน เลานวัฒนา	นางปณิตพร รักชีพ
นายศักดิ์สิทธิ์ จิระเสวี	นายทรงพล สงวนรัตน์	นางสุภมาส แข่งเจริญ
นายวรวิทย์ อรชร	นายสุชาติ เหมือนจีน	นายสันติภาพ แสงจันทร์
นายพิสันต์ พงษ์ไชยโสภณ	นายสรรเสริญ ทรงเผ่า	นายณฤทธิ์สมเจริญ สำเภาพล

นักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

นางสาวปรางสุดา เนติ	นายวราพงษ์ ยิ่งเขียว	นายรังสฤษฏ์ สุนทรโรทก
---------------------	----------------------	-----------------------

เอกสารอ้างอิง

- [1] คำสั่งบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ที่ รก 1/2558 เรื่องมาตรฐาน Optical Distribution Network (OND): 26 กุมภาพันธ์ 2558
- [2] ITU Recommendation G.982 (11/96) Transmission Systems and Media, Digital Systems and Networks Optical Line Systems for Local and Access Networks (Geneva, 1996)
- [3] TOT Public Company Limited, Fixed Line and Broadband Development Sector Specification No. OES-001-076-04 Issued; November 2018 “Fiber Optic Splitter (Splitter in Passive Optical Network)”
- [4] ITU-T Recommendation, Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification, Rec.G.984.2 (03/2003)