

โครงการวิจัย

แก้ปัญหาโครงข่าย ODN ปลายทางของระบบ FTTx ด้วยอุปกรณ์ OFTK (Optical Fiber Termination Kit)

สถาบันนวัตกรรม ทีโอที (นฐ.) บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

พฤษภาคม 2560

1. ความเป็นมาและสภาพปัญหา

ภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติยุคดิจิทัล (Digital Economy) บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) หนึ่งในผู้ให้บริการโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลมีโครงข่ายบรอดแบนด์ FTTx (Fiber to the x) ให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงภายใต้ชื่อ TOT Fiber 2U [1]

ระบบ FTTx เริ่มจากอุปกรณ์ OLT (Optical Line Terminal) ที่ติดตั้ง ณ ศูนย์ให้บริการหลัก (Central Office) ต่อเชื่อมกับอุปกรณ์ ONU/ONT (Optical Network Unit/Optical Network Terminal) ที่ติดตั้งปลายทางตำแหน่งจุดขอรับบริการกระจายสัญญาณสื่อสารฯ ไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านโครงข่ายสื่อสารไร้สาย (Wi-Fi Network) หรือผ่านสายสัญญาณภายในของโครงข่ายนั้นๆ

สัญญาณแสงระบบ FTTx เริ่มจากอุปกรณ์ OLT ส่งสัญญาณแสงผ่านสายเคเบิล OFC (Optical Fiber Cable) [2] มายังอุปกรณ์แยกสัญญาณแสง Fiber Optic Splitter [3] ที่ติดตั้งภายใน SDP/ODP (Splitter Distribution Point) หรือตู้ OFCCC (Outdoor Fiber Cross Connecting Cabinet) ขึ้นกับการออกแบบโครงข่าย ODN (Optical Distribution Network) ก่อนแยกสัญญาณแสงจากโครงข่ายหลักไปยังผู้ใช้บริการแต่ละรายผ่านสาย Optical Fiber Drop Cable (Round Type) [4] ตามลำดับ สุดท้ายจะต่อเชื่อมอุปกรณ์ ONU/ONT เพื่อเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าสื่อสารต่อไป

หลังจากที่ บมจ.ทีโอที เปิดให้บริการ FTTx ไประยะเวลาหนึ่ง ปัญหาเหตุเสียของโครงข่าย ODN ส่วนปลายทางมากกว่าร้อยละ 50 ปัญหาที่พบตั้งแต่ตู้ OFCCC ถึงอุปกรณ์ต่อเชื่อมโยงทางแสง ก่อนเข้าอุปกรณ์ ONU/ONT (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์พนักงานซ่อมบำรุง) เช่น สาย Fiber Optic Patch Cord ขำรุดเสียหายจากสัตว์กัดแทะ สายโค้งงอ หัก-พับ จุดต่อเชื่อม Connector สกปรก หลวมคลอน เป็นต้น

จากปัญหาข้างต้น บมจ.ทีโอที ได้มอบหมายให้ สถาบันนวัตกรรม ทีโอที (นฐ.) ส่งกำลังสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน หน่วยธุรกิจโครงสร้างพื้นฐาน (BU1) ร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องศึกษาหาแนวทางป้องกัน ลดปัญหา และ/หรือ หาแนวทางลดต้นทุนโครงข่าย ODN ส่วนปลายทาง

2. วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยนี้ เพื่อศึกษาและสำรวจปัญหาบริการ FTTx ในส่วนของการต่อเชื่อมสัญญาณแสงโครงข่าย ODN ส่วนปลายทาง ตั้งแต่ตู้ OFCCC สาย OFC Round Type ถึงอุปกรณ์ต่อเชื่อมโยงทางแสงก่อนเข้าอุปกรณ์ ONU/ONT เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา ออกแบบ-ประยุกต์เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม สนับสนุนการแก้ปัญหา ทั้งนี้แนวทางแก้ไขปัญหานั้นๆ ต้องไม่เป็นอุปสรรคของการปฏิบัติงานเดิม และต้นทุนในการแก้ปัญหาต่ำ

3. วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

- 1) สำรวจและเก็บข้อมูลปัญหาบริการ FTTx เฉพาะโครงข่าย ODN ส่วนปลายทาง เกี่ยวกับปัญหาสัตว์กัดแทะสาย OFC ชำรุดจากสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน
- 2) สรุปผลการทดสอบหาแนวทางแก้ปัญหา สนับสนุนบริการ FTTx เฉพาะโครงข่าย ODN ส่วนปลายทางเกี่ยวกับปัญหาสัตว์กัดแทะสาย OFC ชำรุดจากสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน
- 3) จัดทำต้นแบบแนวทางแก้ปัญหาและสนับสนุนบริการ FTTx ทดสอบต้นแบบฯ ในห้องปฏิบัติการ
- 4) ทดสอบต้นแบบฯ ภาคสนาม
- 5) เก็บบันทึกข้อมูลการใช้งาน ปัญหาและแนวทางแก้ไข
- 6) สรุปและนำเสนอผลงานวิจัยต่อผู้บริหารเพื่อขยายผลนำไปใช้งานต่อไป

4. ปัญหาภาคสนามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 โครงข่าย ODN (Optical Distribution Network)

โครงข่าย ODN [5] บมจ.ทีโอที ได้กำหนดมาตรฐานอุปกรณ์ด้านเทคนิคหมายเลข TES-104-017-03 โดยเลือกใช้ GPON Class B+ มาตรฐานกำหนดค่า Power Budget Minimum 13 dB. Maximum 28 dB. ความยาวสาย OFC ไม่เกิน 20 กิโลเมตร(Class B+ ตามมาตรฐาน ITU-T Reg.G.982.2 กำหนด Power Levels Downstream 2.4 Gb/s Upstream 1.25 Gb/s) และตามมาตรฐาน Bandwidth PON Interface เทียบกับ Splitter Ratio กรณีเชื่อมต่อตรงจาก Port PON ค่า Downstream Bandwidth ได้ 2.4 Gb/s และค่อยๆ ลดลง ค่าต่ำสุดที่ Splitter Ratio 1:64 คือ 37.5 Mb/s ตามลำดับ รายละเอียดตามตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. แสดงค่า Downstream Bandwidth/Subscriber เทียบกับ Splitter Ratio

Splitting Ratio	Downstream Bandwidth/Subscriber
	GPON Equipment
No Splitter	2.4 Gb/s
1:2	1.2 Gb/s
1:4	600.0 Mb/s
1:8	300.0 Mb/s
1:16	150.0 Mb/s
1:32	75.0 Mb/s
1:64	37.5 Mb/s

ตามมาตรฐาน ODN ที่ บมจ.ทีโอที กำหนดให้โครงข่ายสายเคเบิลใยแก้วนำแสง Access Network ครอบคลุมจาก FDF (Fiber Distribution Frame) ถึงตู้พักปลายทาง แบ่งรูปแบบมาตรฐาน ODN ได้ 2 ประเภท คือ

- 1) Optical Centralized Network เป็นการกระจายเส้นใยแก้วนำแสงจาก Splitter ณ ตำแหน่งที่อาคารชุมสาย (Central Office) และที่ OFCCC
- 2) Optical Distribution Network หรือแบบ Cascade กระจายเส้นใยแก้วนำแสงจาก Splitter 2 ชั้น แบ่งตามตำแหน่งที่ติดตั้ง Splitter
 - รูปแบบแรก ชั้นที่ 1 ติดตั้ง Splitter ที่อาคารชุมสาย (Central Office) ชั้นที่ 2 ที่ตู้พักปลายทาง
 - รูปแบบที่สอง ติดตั้ง Splitter ชั้นที่ 1 ที่ OFCCC ชั้นที่ 2 ที่ตู้พักปลายทาง เหมือนรูปแบบแรก

4.2 Fiber Optic splitter และ Connector ชนิด SC/APC

บริการ FTTx ใช้หลักการส่งข้อมูลจากต้นทาง (OLT) ไปปลายทาง (ONU/ONT) ผ่านตัวกลางเส้นใยแก้วนำแสงด้วยความยาวคลื่น 1490 nm. (Download) แต่รับข้อมูลกลับมาจากปลายทาง (ONU/ONT มายังต้นทาง (OLT) ด้วยความยาวคลื่น 1310 nm. (Upload) ด้วยเส้นใยแก้วนำแสงเพียงเส้นเดียวแต่ส่งและรับต่างเวลากัน ตามค่ามาตรฐานของ Power Levels ต่อ Port คือ Downstream 2.4 Gb/s Upstream 1.25 Gb/s

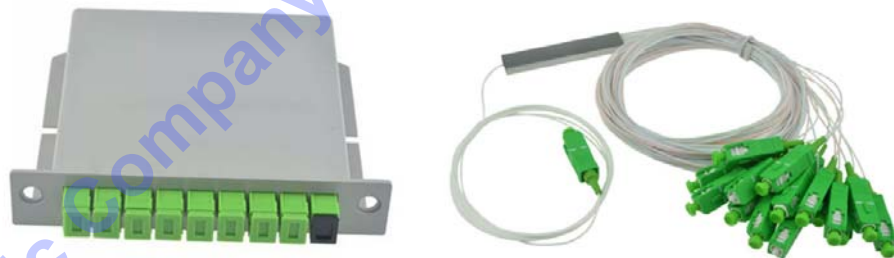
อุปกรณ์ OLT 1 Port รองรับอุปกรณ์ปลายทางสูงสุดได้ 64 อุปกรณ์ เมื่อมีผู้ใช้งานเพิ่มขึ้นเพียงติดตั้ง Fiber Optic Splitter ที่เป็นอุปกรณ์ Passive ทำหน้าที่แยกแสงอัตราส่วนเริ่มจาก 1:2 ถึง 1:64 เมื่อแสงถูกแบ่งกระจายออกจะมีค่า Loss เป็นสัดส่วนตาม Ratio ดังตารางที่ 2.

ตารางที่ 2. ค่า Loss แต่ละ Ratio ของ Fiber Optic Splitter ตามตารางข้างล่าง

Splitting Ratio	Attenuation Loss (dB.)
1:2	≤ 4.0
1:4	≤ 7.2
1:8	≤ 10.5
1:16	≤ 13.8
1:32	≤ 17.0
1:64	≤ 20.5

มาตรฐาน Fiber Optic splitter ที่ บมจ.ทีโอที กำหนดตาม No. OES-001-076-0-3 [3] แบ่งชนิดของ Fiber Optic splitter ออก 2 ชนิด คือ Type A1 Non-Connectorized ด้านเข้า (Input) ไม่มี Connector ต้องต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเครื่อง Splice Fusion ส่วนด้านออก (Output) มี Connector ชนิด SC/APC และ Type A2 Connectorized ทั้ง Input และ Output มี Connector ชนิด SC/APC พร้อมใช้งาน

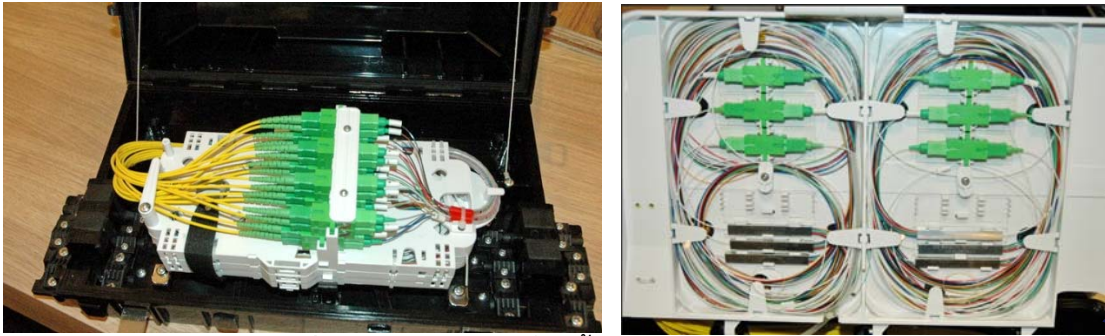
ตามภาพประกอบที่ 1. แสดงตัวอย่าง Fiber Optic splitter ที่มี Connector ชนิด SC/APC Type A2 ที่อุปกรณ์และสายบรรจุในกล่องและแบบเปลือย ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมในการติดตั้งใช้งาน



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

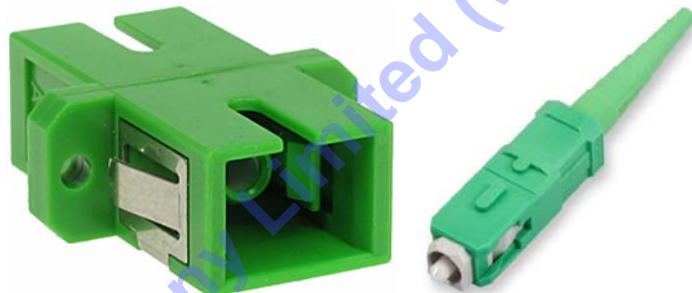
โครงข่าย ODN ส่วนของ Passive Optical Network (PON) เริ่มจากตู้พักปลายทางหรือ DP (Distribution Point) แบ่งออกหลักๆ ได้ 2 ชนิด คือ

- 1) ODP (Optical Distribution Point) ทำหน้าที่ กระจาย-แบ่งกลุ่ม เส้นใยแก้วนำแสงออกจากกลุ่มเคเบิลเส้นใยแก้วนำแสงหลัก เช่น กระจายจากถนนหลักเข้าถนนซอย เป็นต้น
- 2) SDP (Splitter Distribution Point) ทำหน้าที่คล้าย ODP เพียงแต่ติดตั้ง Fiber Optic Splitter ไว้ภายใน พร้อมนำสาย OFC Round Type (มาตรฐานมีจำนวนเส้นใยแก้วนำแสง 1 และ 2 เส้น ให้เลือกใช้ใช้งาน) มาต่อเชื่อมผ่าน Connector ชนิด SC/APC



ภาพประกอบที่ 2. แสดงอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในของตู้พักปลายทาง SDP รูปแบบหนึ่ง

อุปกรณ์ Fiber Optic splitter ที่ติดตั้งภายในตู้ SDP ด้านออก (Output) มี Connector ชนิด SC/APC พร้อมต่อเชื่อมโยงไปใช้งานผ่าน Adaptor SC/APC มีคุณสมบัติคล้ายอุปกรณ์เต้าเสียบต่อเชื่อม Connector ชนิด SC/APC สองด้านต่อเชื่อมถึงกัน ตามภาพประกอบที่ 3. เมื่อลูกค้าขอใช้บริการ FTTx บมจ.ทีโอที จะต่อเชื่อมโยงสัญญาณแสงไปยังอาคารของลูกค้า เริ่มจากนำ Connector ชนิด SC/APC มาเสียบเข้าอีกด้านของ Adaptor SC/APC ที่วางพร้อมใช้งาน

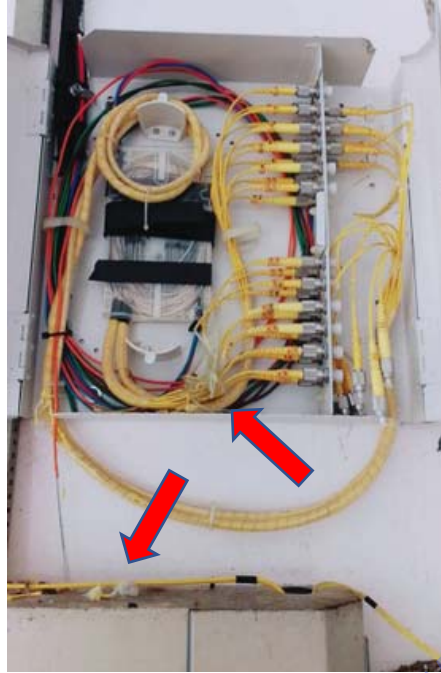


ภาพประกอบที่ 3. Adaptor SC/APC (ซ้ายมือ) และ Connector ชนิด SC/APC (ขวามือ)

การออกแบบโครงข่าย ODN ที่มีตู้ OFCCC ติดตั้ง Fiber Optic splitter ไว้ภายในตู้ฯ มี Adaptor SC/APC พร้อมใช้งาน ตามภาพประกอบที่ 4. ตู้ OFCCC อาจติดตั้ง Fiber Optic split ชั้นที่ 1. หรือ 2. ขึ้นกับลักษณะการต่อเชื่อมโยงและความหนาแน่นของลูกค้า เช่น อาคารพาณิชย์ อาคารชุด พักอาศัย เป็นต้น



ภาพประกอบที่ 4. ตัวอย่างตู้ OFCCC หลากๆ รูปแบบที่ติดตั้งใช้งาน



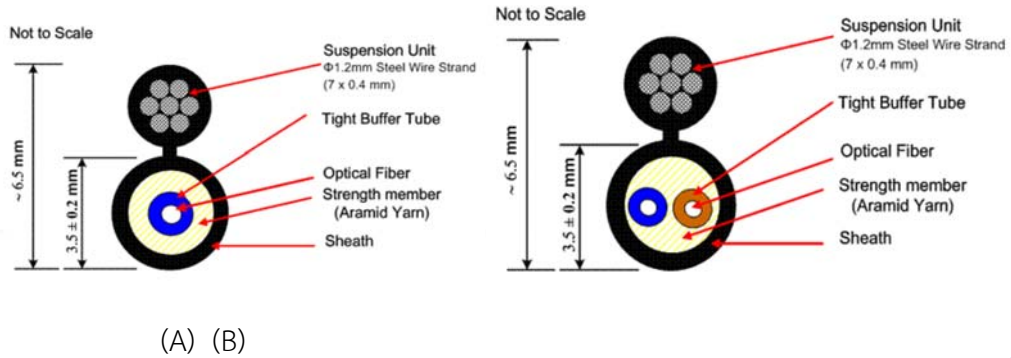
ภาพประกอบที่ 5. สาย Fiber Optic Patch Cord ในและนอกตู้ OFCCC ชำรุดเสียหายจากสัตว์กัดแทะ

ตู้ OFCCC ออกแบบให้สามารถป้องกันสัตว์กัดแทะ เช่น หนู มด และแมลงบางชนิด เป็นต้น เข้าไปกัดแทะสาย OFC ที่ติดตั้งภายในตู้ฯ แต่เมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง จุดเคเบิลเข้าออก (Cable Entrance) หรือช่องรูต่างๆ วัสดุอุดเสริมเริ่มเสื่อมสภาพ เมื่อไปบำรุงรักษาไม่อุ้ดกลับตำแหน่งเดิม หรือ ปิดฝาตู้ไม่สนิท หนูเริ่มเข้าไปทำรัง และกัดสาย Fiber Optic Patch Cord ชำรุดเสียหาย เริ่มเกิดขึ้น ตามภาพประกอบที่ 5. และอีกปัญหาคือค่า Margin Loss เกินมาตรฐานที่กำหนด

4.3 สาย Optical Fiber Drop Cable (OFC Round Type)

สาย OFC ที่ต่อเชื่อมโยงเข้าอาคาร (Drop Cable) แบ่งหลักๆ ได้ 2 ชนิดคือ ชนิด OFC Flat Type โครงสร้างแบนเส้นใยแก้วนำแสงฝังตรงที่เปลือกเคเบิล เหมาะสมกับระยะทางสายไม่ยาวมาก และชนิด OFC Round Type โครงสร้างกลมเส้นใยแก้วนำแสงอยู่แกนกลางแยกจากเปลือกเคเบิล สามารถเคลื่อนตัวได้เล็กน้อย เหมาะสมกับระยะทางสายที่ยาว (มาตรฐาน บมจ.ทีโอที ประมาณ 300 เมตร) และสภาพการใช้งานในพื้นที่ที่มีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมสูง

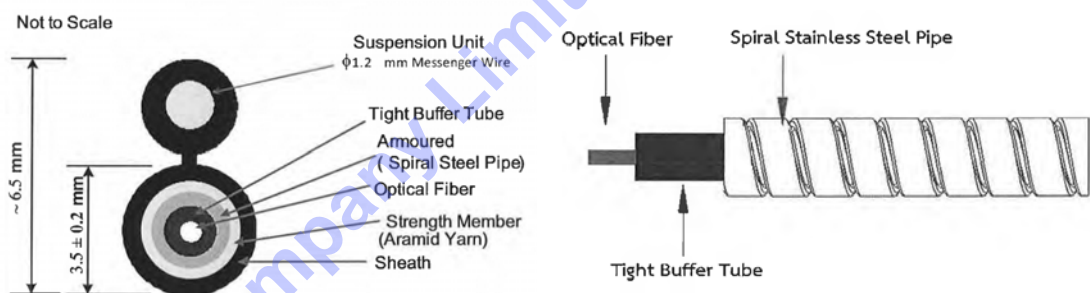
บมจ.ทีโอที เลือกชนิด Optical Fiber Drop Cable (Round Type) (Optic Drop Wire for FTTx (Round Type) 1-2F) [4] จัดอยู่ในกลุ่มสายเคเบิลเส้นรอง แยกออกจากเคเบิลเส้นหลักหรือเคเบิลเส้นรองเข้าอาคารที่ใช้บริการ FTTx สาย Round Type ไม่มี Loose Tube แต่จะใช้เส้นใยแก้วนำแสงใช้ชนิด Tight-Buffered Fiber พันด้วย Aramid Yarn ช่วยในการรับแรงและป้องกันเส้นใยแก้วนำแสงเสียหาย



ภาพประกอบที่ 6. สาย Optic Drop Wire for FTTx (Round Type) 1F (A) และ 2F (B)

สาย OFC Round Type มี 2 ชนิด คือชนิดธรรมดา กับชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะ โครงสร้างภายในของสาย OFC Round Type ทั้งสองชนิดเหมือนกัน แบ่งโครงสร้างออกได้ 2 แบบ คือ

- 1) แบบเส้นใยแก้วนำแสง 1F ตามภาพประกอบที่ 6. (A) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลังห่อหุ้มด้วย Tight-Buffered Fiber โท 900 μm และ
- 2) แบบเส้นใยแก้วนำแสง 2F ตามภาพประกอบที่ 6. (B) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลังห่อหุ้มด้วย Tight-Buffered Fiber แต่ละเส้น โท 600 μm



ภาพประกอบที่ 7. สายชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะ OFC Armoured Round Type 1F

สาย OFC Round Type ชนิดป้องกันสัตว์กัดแทะ โครงสร้างเพิ่มโลหะห่อหุ้ม (Spiral Steel Pipe) ผลิตจาก Stainless Steel เกรด SUS304 เส้นลวดรับแรง (Suspension) จากเดิมขนาด 7X0.4 mm. เป็น 1X1.2 mm. ฉนวนใช้วัสดุ LSZH (Low Smoke Zero Halogen) ตามภาพประกอบที่ 7. ภายใต้ชื่อ “Armoured Optical Fiber Drop Cable (Armoured Round Type) (Armoured Optic Drop Wire for FTTx (Round Type))” [7]

โครงสร้างสาย OFC Armoured Round Type ที่ห่อหุ้มด้วย Spiral Steel Pipe ผลิตจาก Stainless Steel เกรด SUS304 เมื่อทดลองนำเส้นลวดรับแรง (Suspension) ให้เหลือเฉพาะสาย OFC ทดลองโค้งงอเปรียบเทียบกับสาย Fiber Optic Patch Cord สีเหลืองที่ใช้งานอยู่ (สุ่มจากพนักงาน 3 คน โดยไม่บอกชนิดสายฯ) ลักษณะการโค้งงอแทบไม่แตกต่าง ดังนั้นอาจประยุกต์นำ สาย OFC Armoured

Round Type มาประยุกต์ใช้งานเป็นสาย Fiber Optic Patch Cord ป้องกันสัตว์กัดแทะ โดยกำหนดสีของสายเฉพาะขึ้นมา

4.4 ต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงนอกรอาคาร

4.4.1 ชนิดและรูปแบบสาย OFC Round Type

โครงข่าย ODN ส่วนปลายทางจากตู้ SDP อุปกรณ์ Fiber Optic splitter ด้านออก (Output) มี Connector ชนิด SC/APC พร้อมต่อเชื่อมโยงไปใช้งานผ่าน Adaptor SC/APC เมื่อลูกค้าขอใช้บริการ FTTx พนักงานจะมาต่อเชื่อมโยงสัญญาณแสงไปยังอาคารของลูกค้าด้วยสาย OFC Round Type สามารถเลือกชนิดแบบธรรมดาและป้องกันสัตว์กัดแทะขึ้นกับพื้นที่นั้นๆ



ภาพประกอบที่ 8. สาย OFC Round Type มี Connector ชนิด SC/APC ที่ปลายทั้งสองด้าน

สาย OFC Round Type ในท้องตลาดมีให้เลือกแบบที่ต้องมาต่อเชื่อม Connector ภายหลัง และแบบพร้อมใช้งานที่มี Connector ชนิด SC/APC ที่ปลายทั้งสองด้าน สามารถสั่งผลิตจากโรงงานตามความยาวสายๆ ตามมาตรฐานผลิตที่ความยาว 50 100 150 200 250 และ 300 เมตร ตามลำดับ หรือสั่งผลิตตามความยาวที่ต้องการตามภาพประกอบที่ 8.

ข้อดีของสายที่มี Connector ชนิด SC/APC ที่ปลายทั้งสองด้าน คือความเร็วในการปฏิบัติงาน ไม่ต้องมีเครื่อง Fusion Splice สำหรับมาต่อเชื่อมเส้นใยแก้วนำแสง แต่ต้องยอมรับเรื่องความยาวสายที่ต้อง Loop เก็บกรณีระยะทางไม่สอดคล้องกับมาตรฐานความยาวสาย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่เจาะเข้าอาคารโตกว่าปกติ เพื่อให้ Connector ชนิด SC/APC สอดเข้าไปได้

สาย OFC Round Type ที่ต้องมาต่อเชื่อม Connector ภายหลัง ความยาวสาย OFC Round Type ตามมาตรฐานระวางละ 1,000 เมตร เมื่อไลท์สายเรียบร้อยต้องต่อเชื่อม Connector ชนิด SC/APC เข้ากับปลายสายด้านตู้ SDP ซึ่งสามารถต่อเชื่อมฯ ได้ 2 วิธี คือ

- 1) ต่อเชื่อมด้วย SC/APC Splice-on Connector หรืออาจเรียกว่า Fast Connector ตามภาพประกอบที่ 9. ซ้ายมือ ข้อเด่นคือไม่ต้องใช้เครื่อง Fusion Splice แต่มีจุดอ่อนเรื่องการติดตั้ง ใช้เวลาติดตั้งนาน มีค่า Loss สูง จึงไม่เป็นที่นิยม

- 2) อีกวิธีนำสาย Pigtail Connector SC/APC ตามภาพประกอบที่ 9. ขวามือ สะดวก รวดเร็ว แต่ต้องมีเครื่อง Fusion Splice วิธีนี้เป็นที่นิยมกว่าแบบแรก

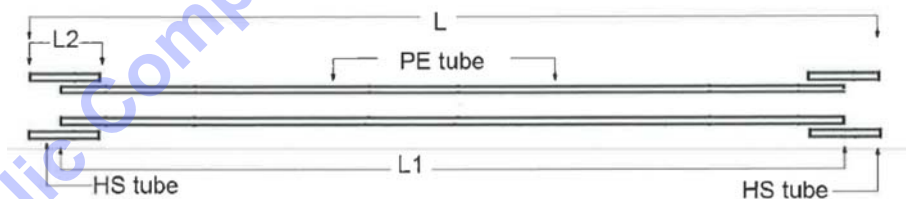


ภาพประกอบที่ 9. Fast Connector (ซ้ายมือ) และ สาย Pigtail Connector SC/APC (ขวามือ)

สาย Pigtail Connector ชนิด SC/APC มีจุดอ่อนคือไม่สามารถใช้งานกลางแจ้งได้ บางกรณีฝาดู SDP ปิดไม่สนิทสาย Pigtail โดนแสงแดดระยะเวลาหนึ่งจะเปลี่ยนสีซีดลงและเปลือกสายกรอบ หรือรูที่เคเบิลเข้าอุดรูไม่ดีพอมีสัตว์เข้าไปอาศัยภายในและกัดแทะสาย Pigtail ขำรุดเสียหาย

4.4.2 อุปกรณ์ต่อสาย OFC Round Type เพื่อซ่อมบำรุง

หลังติดตั้งใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง ปัญหาสาย OFC Round Type ขาดระหว่างเสาเริ่มเกิดขึ้น จากปัญหากิ่งไม้ล้มทับ รถเกี่ยว พนักงานซ่อมบำรุงจะต่อเชื่อมสาย OFC Round Type ด้วยอุปกรณ์ Pre-Heat Shrinkable Tube for FTTx Drop Cable Jointing [8] โครงสร้างอุปกรณ์ฯ ตามภาพประกอบที่ 10.



ภาพประกอบที่ 10. อุปกรณ์ Pre-Heat Shrinkable Tube for FTTx Drop Cable Jointing

เมื่อสาย OFC Round Type ขาดจากกัน พนักงานซ่อมบำรุงต้องปลดสายลงมาจากเสาไฟฟ้าต้นใดต้นหนึ่ง เนื่องจากระยะสายเดิมยาวไม่เพียงพอต้องหาเศษสาย OFC Round Type มาต่อเชื่อมตรงกลาง (ความยาวขึ้นกับความเหมาะสม) ดังนั้นจะมีจุดต่อเชื่อมสาย OFC Round Type ขึ้นมา 2 จุด หลังจากต่อเชื่อมเสร็จ นำสาย OFC Round Type ไปจับยึดตำแหน่งเดิมที่ปลดออกมา แต่ต้องมี loop สาย OFC Round Type เพิ่มขึ้นมา 1 Loop

A



B



C



ภาพประกอบที่ 11. ขั้นตอนหุ้มอุปกรณ์ Pre-Heat Shrinkable Tube

ขั้นตอนหุ้มสาย OFC Round Type ด้วยอุปกรณ์ Pre-Heat Shrinkable Tube ขั้นตอนแรกต่อเชื่อมสาย OFC Round Type ด้วยเครื่องมือ Fusion Splice ตามขั้นตอนปกติตามภาพประกอบที่ 11. (A) จากนั้นเลื่อนท่อ PE มาสวมทับ Sleeve ที่หุ้มจุดต่อภาพประกอบที่ 11. (B) ก่อนนำท่อหดมาหุ้มรัดปลายทั้งสองด้านภาพประกอบที่ 11. (C)



เกิดการไหลตัวของแก้วของจุดต่อภายในท่อ ทำให้เกิดแรงดึง หรือแรงผลักบริเวณจุดต่อ



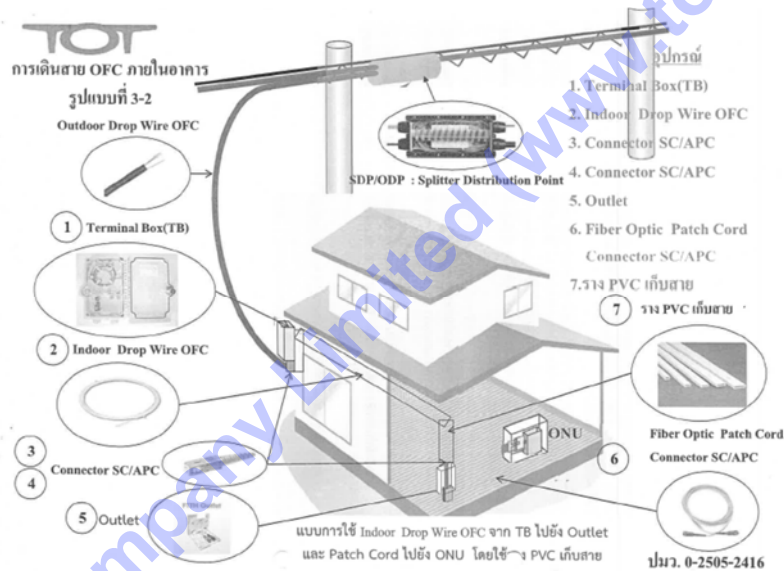
ภาพประกอบที่ 12. เหตุเสียในหลอดหุ้มจุดต่อสายจากอาการไหลของเส้นใยแก้วนำแสง

เนื่องจากอุปกรณ์ Pre-Heat Shrinkable Tube ออกแบบมาให้เหมาะกับสาย OFC Flat Type ที่โครงสร้างของเส้นใยแก้วนำแสงฝังอยู่กับเปลือกโดยตรง เส้นใยแก้วนำแสงไม่มีการเคลื่อนตัวแต่สาย OFC Round Type โครงสร้างกลมเส้นใยแก้วนำแสงอยู่แกนกลางแยกจากเปลือกเคเบิล เส้นใยแก้วนำแสงสามารถเคลื่อนตัวได้เล็กน้อย เมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งเกิดแรงดึง แรงผลักบริเวณจุดต่อเชื่อ

ทำให้เส้นใยแก้วชำรุดเสียหายตามภาพประกอบที่ 12.บริเวณแสงสีแดงคือบริเวณที่เส้นใยแก้วนำแสงชำรุดเสียหาย เกิดการแตกตัวของเนื้อแก้ว

4.5 ต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงในอาคาร

ตัวอย่างการเดินสาย OFC ภายในอาคารรูปแบบที่ 3-2 ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งจาก 12 รูปแบบ (แต่ละรูปแบบฯ ลักษณะการติดตั้งและราคาอุปกรณ์แตกต่างกัน) จากหน่วยงานมาตรฐาน บมจ.ทีโอที ตามภาพประกอบที่ 13. เริ่มจากสาย OFC Round Type ที่แยกจาก Fiber Optic Splitter ต่อเชื่อมโยงมายังกล่อง Terminal Box (TB) สำหรับตรวจสอบสัญญาณสำหรับงานซ่อมบำรุง (จุดเด่น สามารถตรวจสอบสัญญาณได้กรณีผู้ใช้บริการไม่อยู่บ้าน และ/หรือ ไม่รบกวนลูกค้า จุดด้อย ต้นทุนการติดตั้งเพิ่มขึ้น)



ภาพประกอบที่ 13. ตัวอย่างการต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงภายในอาคาร

จาก Terminal Box โยงสาย OFC ผ่าน Connector SC/APC ที่ต่อเชื่อมโยงด้านปลายสาย Indoor Drop Wire OFC Flat Type (G.657A) 1 F ทั้งสองด้านมายังกล่อง Outlet จากนั้นนำสาย Fiber Optic Patch Cord in SC/APC out SC/APC ต่อเชื่อมโยงระหว่างกล่อง Outlet กับ อุปกรณ์ ONU/ONT การเดินสาย OFC ภายในอาคารรูปแบบที่ 3-2 ต้นทุนการติดตั้งสูงสุดประมาณ 2,500 บาท

การต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงภายในอาคารอีกรูปแบบหนึ่งที่ต้นทุนต่ำลงมา ตามภาพประกอบที่ 14. เริ่มจากโยงสาย OFC Round Type เข้าในอาคาร จากนั้นต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเครื่อง Fusion Splicer ระหว่างสาย OFC Round Type และสาย Pigtail ที่อีกด้านมี Connector SC/APC เข้าด้วยกัน ม้วนเก็บจุดต่อและสาย Pigtail เก็บภายในกล่อง Outlet จากนั้นนำ

สาย Fiber Optic Patch Cord in SC/APC out SC/APC เสียบผ่าน Adaptor SC/APC ต่อเชื่อมโยงระหว่างกล่อง Outlet กับ อุปกรณ์ ONU/ONT ต้นทุนการติดตั้งประมาณ 500 บาท



ภาพประกอบที่ 14. การต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงภายในอาคารก่อนเข้าอุปกรณ์ ONU/ONT

รูปแบบการต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงในอาคาร บมจ.ทีโอที กำหนดให้เลือกใช้ 12 รูปแบบ เพื่อเป็นแนวทางให้เลือกเพราะลักษณะอาคาร การโยง มีหลากหลาย ต้นทุนการติดตั้งต่ำสุดประมาณ 500 บาท/จุด สูงสุดประมาณ 2,500 บาท/จุด หลังติดตั้งใช้งานระยะหนึ่ง ปัญหาสาย Fiber Optic Patch Cord ชำรุดเสียหาย จากสัตว์กัดแทะ จากการกดทับ บางกรณีเกิดการรั้งดึงสายเกิดโค้งงอเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด (Bending Loss) ส่งผลให้ไม่สามารถส่งผ่านสัญญาณแสงได้

5. ศึกษาหาแนวทางแก้ปัญหาสัตว์กัดแทะสาย OFC โครงข่าย ODN ส่วนปลายทาง

แนวทางดำเนินงานโครงการวิจัยหลังจากสำรวจและเก็บข้อมูลปัญหาบริการ FTTx เฉพาะโครงข่าย ODN ส่วนปลายทาง เกี่ยวกับปัญหาสัตว์กัดแทะ สาย OFC ชำรุดจากสภาพแวดล้อมที่ใช้งานที่ผ่านมา สามารถสรุปผลหลังการสำรวจและเก็บข้อมูลปัญหาภาคสนาม ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของโครงข่าย ODN สามารถสรุปประเด็นปัญหาได้ดังนี้

- 1) ต้นทุนในการติดตั้ง ดำเนินการสูง
- 2) ปัญหาสัตว์กัดแทะโครงข่าย ODN เช่นจาก กระจอก หนู มด และแมลงบางชนิด
- 3) อุปกรณ์ต่อเชื่อมเส้นใยแก้วนำแสงภายในอาคาร เส้นใยแก้วนำแสงมีการโค้งงอและ/หรือ ชำรุดเสียหาย สายๆ โดนกดทับ รั้งดึง เกิดค่า Loss
- 4) จุดต่อเชื่อมกลางสายที่ห่อหุ้มด้วยอุปกรณ์ Pre-Heat Shrinkable Tube มีปัญหาเส้นใยแก้วนำแสงภายในชำรุดจากการเคลื่อนตัว
- 5) ค่า Margin Loss เกินมาตรฐานที่กำหนด

จากประเด็นปัญหา สามารถวิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้นของโครงข่าย ODN ออก 4 จุด คือ

- 1) สัตว์กัดแทะสาย Fiber Optic Patch Cord บริเวณภายในและภายนอกตู้ OFCCC
- 2) ตู้ SDP จุดต่อเชื่อม Connector SC/APC กับสาย OFC Round Type
- 3) จุดต่อเชื่อมกลางสาย OFC ที่ห่อหุ้มด้วยอุปกรณ์ Pre-Heat Shrinkable Tube
- 4) ภายในอาคาร จุดต่อเชื่อมสาย OFC Round Type กับ Connector SC/APC ก่อนเข้า ONU/ONT

ทั้งนี้ค่า Loss ที่สำคัญตามมาตรฐานโครงข่าย ODN มีดังนี้ [5]

- 1) Safety Margin ระหว่างอุปกรณ์ FDF ถึง ODP/SDP ≥ 3 dB.
- 2) Optical Connector Loss ≤ 0.4 dB./Point
- 3) Splice Loss ≤ 0.05 dB./Point
- 4) Optical Fiber Loss 1310 nm. ≤ 0.35 dB./km.
- 5) Optical Fiber Loss 1490 nm. ≤ 0.24 dB./km.
- 6) Optical Fiber Loss 1550 nm. ≤ 0.21 dB./km.
- 7) Differential Optical Path Loss ≥ 15 dB.
- 8) Optical Return Loss (ORL) ≥ 32 dB.
- 9) Connector SC/APC Return Loss ≥ 60 dB.
- 10) Connector SC/UPC Return Loss ≥ 55 dB.

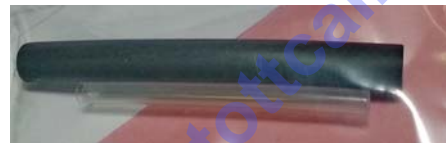
จากข้อมูลและปัญหาข้างต้น ถ้าสามารถลดจุดต่อเชื่อมให้น้อยลง ออกแบบอุปกรณ์ใหม่ทดแทน เช่น ผลิตสาย Pigtail จากสาย OFC Round Type ชนิดกันกระรอกที่ประกอบ Connector SC/APC สำเร็จรูปจากโรงงานใช้งานที่ตู้ SDP และภายในอาคาร เชื่อมต่อกับสาย OFC Round Type ด้วยชุดท่อหุ้มที่สามารถต่อเชื่อมสาย OFC Round Type เข้าด้วยกัน ชุดท่อหุ้มนี้สามารถเชื่อมต่อกกลางสาย OFC Round Type และระหว่างสาย Pigtail กับสาย OFC Round Type ได้

ผลิตสาย Fiber Optic Patch Cord ป้องกันสัตว์กัดแทะที่กำหนดชนิด Connector ใช้งานบริเวณภายในและภายนอกตู้ OFCCC ก็จะสามารถแก้ปัญหาทั้งหมดได้ตามเป้าหมายที่กำหนด

5.1 ต้นแบบอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm.

มาตรฐานการต่อเชื่อม Connector SC/APC ที่ตู้ SDP มีสองวิธี คือ วิธี Fast Connector และวิธีนำสาย Pigtail Connector SC/APC ซึ่งทั้งสองวิธีมีจุดเด่นและข้อควรระวัง ที่ทีมงานได้วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสองวิธี คือวิธี Fast Connector เพียงแต่เอาอุปกรณ์ Connector SC/APC มาเสียบเข้าที่ปลายสาย OFC Round Type (ปัญหาการติดตั้งต้องใช้ประสบการณ์) วิธีที่สองนำสาย Pigtail

Connector ที่มี Connector SC/APC มาต่อเชื่อมด้วยเครื่อง Fusion Splicer (ปัญหาต้องจัดเก็บจุดต่อเชื่อมให้เหมาะสม)



ภาพประกอบที่ 14. ชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm.

ถ้าประยุกต์รวมสองวิธีเข้าด้วยกัน โดยดึงเฉพาะจุดเด่นมาใช้งาน กล่าวคือสาย OFC Round Type ทนทานแข็งแรงกว่าสาย Pigtail แต่การเข้า Connector SC/APC ด้วยวิธี Fast Connector ไม่คล่องตัว ถ้าผลิตสาย Pigtail Round Type ที่มี Connector SC/APC สำเร็จรูปต่อเชื่อมแล้วหุ้มด้วยท่อหดด้วยอุปกรณ์ตามภาพประกอบที่ 14. ชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm. จะสามารถใช้งานได้ทั้งต้นทาง (ตู้ SDP) และปลายทาง (ในอาคาร) ลดจุดต่อเชื่อมช่วยค่า Margin Loss โครงข่าย ODN ดีขึ้น



ภาพประกอบที่ 15. การต่อเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงด้วยชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm.

ชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm. ประกอบด้วยสาย Pigtail Round Type ป้องกันสัตว์กัดแทะตามมาตรฐานสาย OFC Armoured Round Type [7] พร้อมชุดท่อหดประกอบด้วย Protect Sleeve Tube ยาว 60 mm. และท่อหดชนิดที่มีกาวขนาดความยาว 100 mm.



ภาพประกอบที่ 16. แนะนำการใช้งานชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm.

การต่อเชื่อมชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm. เข้ากับสาย OFC Round Type ด้วยเครื่อง Fusion Splicer ก่อนห่อหุ้มด้วยท่อหดชนิดที่มีกาว มีข้อจำกัดเรื่องเครื่อง Fusion Splicer ที่ใช้ชุด Holder ต้องเป็นชุดของ Holder Round type เฉพาะเพื่อจับยึด Tight Buffer Tube และ Sheath พร้อมกันป้องกันเส้นใยแก้วนำแสงเคลื่อนตัวเมื่อ Fusion ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการทั้งค่าทางแสงและทางกล ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด



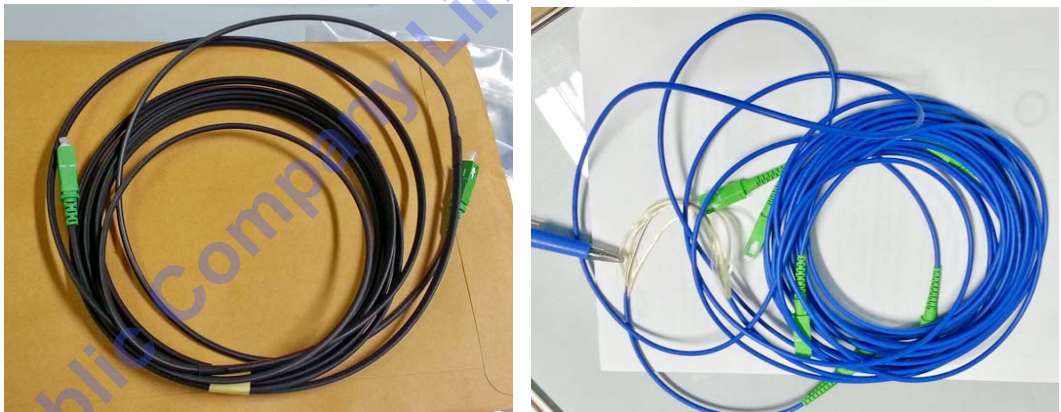
ภาพประกอบที่ 17. ทดลองติดตั้งชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm. ที่ตู้ SDP

ทดลองติดตั้งแบบภาคสนาม ก่อนติดตั้งใช้งานมีการแนะนำการใช้งานเบื้องต้นต่อพนักงาน ช่อมบำรุงที่จะนำตัวอย่างทดลองใช้งานตามภาพประกอบที่ 16.

ผลการติดตั้งต้นแบบชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm. ณ ตำแหน่งตู้ SDP และ ในอาคารตามภาพประกอบที่ 17. ผลการติดตั้งใช้งานได้ผลตอบรับที่น่าพอใจ (ต้นแบบทดลองรวม 1,500 ชุด) ส่วนปัญหาสัตว์กัดแทะบริเวณตู้ OFCCC สามารถใช้สาย Fiber Optic Patch Cord ป้องกันสัตว์กัดแทะตามภาพประกอบที่ 18.

ชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm. ประกอบด้วยสาย Pigtail Round Type 3.5 mm. ตามมาตรฐานสาย OFC Armoured Round Type [7] ความยาว 1.5 เมตร จำนวน 1 เส้น และ ชุดท่อหัดประกอบด้วย Protect Sleeve Tube ยาว 60 mm. และท่อหัดชนิดที่มีกาวขนาดความยาว 100 mm. จำนวน 1 ชุด

พนักงานซ่อมบำรุงแนะนำให้ซื้อเป็นสาย Fiber Optic Patch Cord ยาว 3 เมตร พร้อมกับ ชุดท่อหัด 3 ชุด (แยกบรรจุในซองเล็กแยกซองละ 1 ชุด 3 ซอง ป้องกันการเปื้อนฝุ่น) บรรจุใส่ซองรวมกัน เมื่อใช้งาน ตัดสาย Fiber Optic Patch Cord ออกก็จะได้สาย Pigtail Round Type 3.5 mm. 2 เส้น เส้นหนึ่งติดตั้งที่ตู้ SDP อีกเส้นติดตั้งภายในอาคารก่อนเข้าอุปกรณ์ ONU/ONT ส่วนท่อหัดใช้งาน 2 ชุด สำหรับอีก 1 ชุด ข้อดีอีกอย่างคือการวัดค่าทางแสงเพื่อตรวจรับสาย Fiber Optic Patch Cord ขึ้นตอน ในการทดสอบรวดเร็วกว่าสาย Pigtail



ภาพประกอบที่ 18. สาย Fiber Optic Patch Cord ป้องกันสัตว์กัดแทะ

สามารถนำแนวทางสาย Fiber Optic Patch Cord ป้องกันสัตว์กัดแทะไปใช้ในห้องชุมสาย ด้วยวิธีสั่งสายสำเร็จรูปตามความยาวที่ต้องการใช้งานหรือตัดต่อสายตามความยาวใช้งานเหมือนกับวิธีของชุดอุปกรณ์ Pigtail Round Type 3.5 mm.

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากประเด็นปัญหาโครงข่าย ODN มีปัญหาสัตว์กัดแทะสาย Fiber Optic Patch Cord บริเวณภายในและภายนอกตู้ OFCCC ปัญหาค่า Loss ที่จุดต่อเชื่อมกลางสาย OFC ที่ห่อหุ้มด้วยอุปกรณ์ Pre-Heat Shrinkable Tube และจุดต่อเชื่อมระหว่าง Connector SC/APC กับสาย OFC Round Type ณ ตู้ SDP และภายในอาคารก่อนเข้า ONU/ONT สามารถแก้ปัญหาแต่ละประเด็นได้ดังนี้

- 1) ปัญหาสัตว์กัดแทะสาย Fiber Optic Patch Cord บริเวณภายในและภายนอกตู้ OFCCC แก้ไขด้วยสาย Fiber Optic Patch Cord ป้องกันสัตว์กัดแทะ สามารถส่งผลิตตามความยาวมาตรฐานหรือมาตัดต่อหน้างานได้
- 2) จุดต่อเชื่อมกลางสาย OFC ที่ห่อหุ้มด้วยอุปกรณ์ Pre-Heat Shrinkable Tube เปลี่ยนมาใช้ชุดท่อหัด 1 ชุด ประกอบด้วย Protect Sleeve Tube ยาว 60 mm. และท่อหัดชนิดที่มีกาวขนาดความยาว 100 mm.
- 3) จุดต่อเชื่อมระหว่าง Connector SC/APC กับสาย OFC Round Type ณ ตู้ SDP และภายในอาคารก่อนเข้า ONU/ONT ใช้สาย Fiber Optic Patch Cord ยาว 3 เมตร พร้อมกับชุดท่อหัด 3 ชุด เมื่อใช้งาน ตัดสาย Fiber Optic Patch Cord ออกก็จะได้สาย Pigtail Round Type 3.5 mm. 2 เส้น เส้นหนึ่งติดตั้งที่ตู้ SDP อีกเส้นติดตั้งภายในอาคารก่อนเข้าอุปกรณ์ ONU/ONT

โดยสรุปผลการวิเคราะห์ปัญหา ศึกษาแนวทางและคัดเลือกออกแบบอุปกรณ์ที่เหมาะสมมาใช้งานข้างต้น ผลการดำเนินงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ควรนำเสนอผลการดำเนินงานให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องออกข้อกำหนด พร้อมผลักดันมาใช้งานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] คำสั่งบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ที่ รก. 5/2558 เรื่อง “มาตรฐานการให้บริการ TOT Fiber 2U” : 2 ตุลาคม 2558
- [2] Telephone Organization of Thailand, Outside Plant Standard Sector Specification No. OES-004-030-04 Issued; February 2007 “Single Mode Optical Fiber Cable (OFC for Core Network)”
- [3] Telephone Organization of Thailand, Outside Plant Standard Sector Specification No. OES-001-076-0-3 Issued; October 2014 “Fiber Optic Splitter (Splitter in passive optical network)”
- [4] Telephone Organization of Thailand, Outside Plant Standard Sector Specification No. OES-004-049-03 Issued; February 2014 “Optical Fiber Drop Cable (Round Type) (Optic Drop Wire for FTTx (Round Type) 1-2 F)”
- [5] คำสั่งบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ที่ รก 1/2558 เรื่องมาตรฐาน Optical Distribution Network (OND): 26 กุมภาพันธ์ 2558
- [6] รายงานผลการวิจัยและพัฒนา เรื่อง “วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาโครงข่ายสาย Optical Fiber ขำรุดเสียหายจากการกัดแทะของสัตว์” นาย สมศักดิ์ มหาวิริโย ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ สำนักขายและบริการลูกค้าภูมิภาคที่ 1: 16 มกราคม 2560
- [7] TOT Public Company Limited, Outside Plant Standard Sector Specification No. OES-004-055-01 Issued; June 2017 “Armoured Optical Fiber Drop Cable (Armoured Round Type) (Armoured Optic Drop Wire for FTTx (Round Type))”
- [8] TOT Public Company Limited, Outside Plant Standard Sector Specification No. OES-001-083-01 Issued; August 201 “Pre-Heat Shrinkable Tube for FTTx Drop Cable Jointing (Pre-Heat Shrink Tube for FTTx Drop wire Jointing)”