

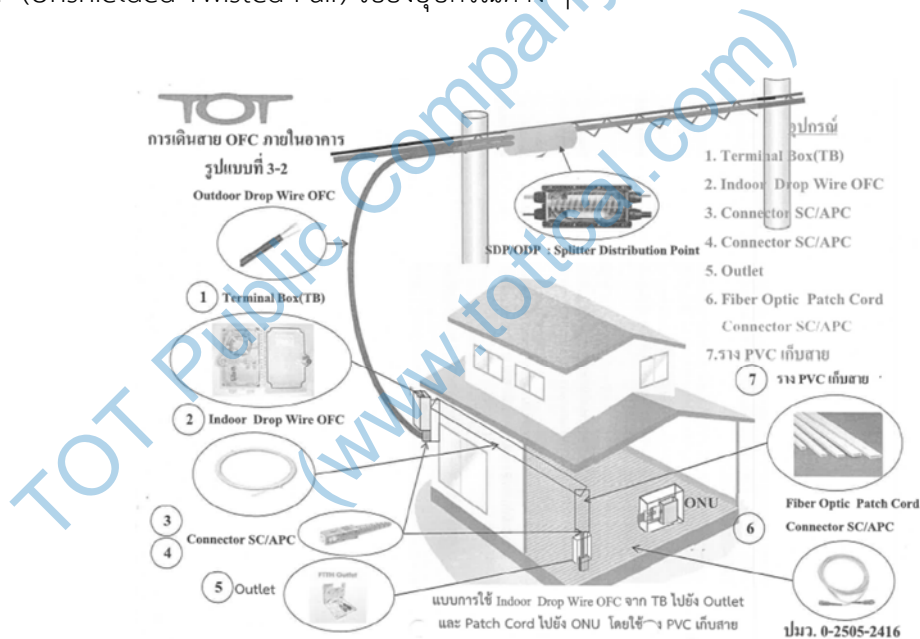
# โครงการศึกษาวิจัย

## NYLON PIGTAIL

สถาบันนวัตกรรม ทีโอที (นฐ.) บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)  
พฤษภาคม 2562

### 1. ความเป็นมาและสภาพปัญหา

บริการ FTTx คือระบบสื่อสารข้อมูลผ่านเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) ประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ ๆ คือ OLT (Optical Line Terminal) ติดตั้ง ณ ชุมสายโทรคมนาคม (Central Office) เชื่อมต่อผ่านโครงข่าย ODN (Optical Distribution Network) ไปยังอุปกรณ์ ONU/ONT (Optical Network Unit/Optical Network Terminal) ที่ติดตั้งภายในอาคาร ณ ตำแหน่งผู้ใช้บริการปลายทาง ก่อนกระจายสัญญาณไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านโครงข่ายสื่อสารไร้สาย (Wi-Fi Network) หรือผ่านสาย UTP (Unshielded Twisted Pair) ไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ

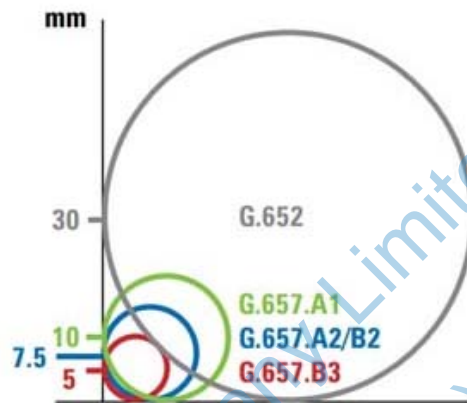


ภาพประกอบที่ 1. โครงข่าย ODN และการเชื่อมต่อโยงเส้นใยแก้วนำแสงภายในอาคาร

บริการ FTTx เริ่มจาก OLT ส่งสัญญาณแสงผ่านสายเคเบิล OFC (Optical Fiber Cable) [1] ไปยังอุปกรณ์ Fiber Optic Splitter [2] ที่ติดตั้งภายในตู้ SDP/ODP (Splitter Distribution Point) หรือตู้ OFCCC (Outdoor Fiber Cross Connecting Cabinet) ขึ้นกับการออกแบบโครงข่าย ODN (Optical Distribution Network) นั้น ๆ เพื่อแยกกระจายสัญญาณแสงด้วยอุปกรณ์ Fiber Optic Splitter สัญญาณแสงด้านเข้า (Input) กระจายด้านออก (Output) หลายสัญญาณตามเทคโนโลยี FTTx

เพื่อเชื่อมต่อผ่านสาย Optical Fiber Drop Cable (Round Type) [3] มาตรฐาน ITU-T G.657(A2/B2) ไปยัง ONU/ONT ณ ตำแหน่งปลายทางตามภาพประกอบที่ 1.

ปัญหาเหตุเสียของโครงข่าย ODN มากกว่าร้อยละ 50 เกิดที่สาย Fiber Optic Patch Cord สีเหลือง ซึ่งเชื่อมต่อสาย Round Type ที่ปลายทั้งสองด้าน คือตำแหน่งตู้ SDP/ODP (ต้นทาง) และ ตำแหน่ง ONU/ONT (ปลายทาง) สาเหตุจากสายโค้งงอ หัก-พับ โดนฝนตู้ SDP/ODN กัดทับ เกิดค่า Loss หรือเส้นใยแก้วนำแสงชำรุดเสียหาย



ภาพประกอบที่ 2. รัศมีโค้งงอต่ำสุดในการใช้งานของมาตรฐานสาย ITU-T G.652 และ G.657

จากปัญหาจุดอ่อนสาย Fiber Optic Patch Cord สีเหลือง สถาบันนวัตกรรม ทีโอที (นฐ.) ร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องออกแบบชุดอุปกรณ์ OFTK (Optical Fiber Terminal Kit) โดยประยุกต์นำสาย Round Type มาตรฐาน ITU-T G.657.B3 มีรัศมีการโค้งงอได้มากกว่ามาตรฐาน ITU-T G.657(A2/B2) ความยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร เชื่อมต่อ Connector SC/APC (สีเขียว) คล้ายสาย Patch Cord ปลายทั้งสองด้านบรรจุในซองพร้อม Protective Sleeves และท่อหดสีดำ (Heat-Shrink Tube) ชนิดพิเศษที่มีกาวเคลือบภายใน 3 ชุดพร้อมใช้งาน (ใช้งาน 2 ชุด ส้ารอง 1 ชุด)



ภาพประกอบที่ 3. ชุดอุปกรณ์ OFTK (Optical Fiber Terminal Kit)

เมื่อใช้งานจะแบ่งครึ่งสาย OFTK จากสาย Patch Cord ที่มี Connector SC/APC ทั้งสองปลายออกเป็นสาย Pigtail ที่ปลายด้านหนึ่งมี Connector SC/APC ปลายสายด้านหนึ่งปล่อยให้เปิดตามภาพประกอบที่ 3. เมื่อใช้งานต้องเชื่อมต่อกับสาย Round Type ด้วยวิธีการ Fusion Splicer หรือวิธีการอื่น ๆ ปลายด้านหนึ่งใช้งานตำแหน่งตู้ SDP/ODP ตามภาพประกอบที่ 4. และปลายอีกด้านใช้งานก่อนเข้า ONU/ONT ตามภาพประกอบที่ 5.



ภาพประกอบที่ 4. สาย OFTK ที่ใช้งาน ณ ตำแหน่งตู้ SDP/ODP



ภาพประกอบที่ 4. สาย OFTK ที่ใช้งาน ณ ตำแหน่ง ONU/ONT

ผลการใช้งานสาย OFTK สามารถลดปัญหาสาย Fiber Optic Patch Cord สีเหลืองที่เชื่อมต่อสาย Round Type ณ ตำแหน่งตู้ SDP/ODP (ต้นทาง) และตำแหน่ง ONU/ONT (ปลายทาง) ลงได้อย่างเป็นรูปธรรมสามารถลดเหตุเสียหายจากสายโค้งงอ หัก-พับ โดนฝาตู้ SDP/ODN กดทับลงได้จากโครงสร้างสาย Round Type ที่แข็งแรงกว่าสาย Fiber Optic Patch Cord สีเหลือง

บริการ FTTx จำเป็นต้องเชื่อมโยงสาย Optical Fiber เข้าไปในอาคาร สามารถติดตั้งได้หลายวิธี เช่น ฝังท่อร้อยสายในผนัง ยึดเกาะไปตามแนวผนัง เป็นต้น อาคารที่ยึดเกาะสายฯ ไปตามแนวผนังมีลูกค้าบางกลุ่ม เช่น กลุ่มห้องชุดคอนโดมิเนียม บ้านพักตากอากาศ และกลุ่มลูกค้าระดับบนไม่พึงพอใจภูมิทัศน์ภายในห้อง

เนื่องจากสาย Fiber Optic Patch Cord สีเหลืองและสาย OFTK ที่ประยุกต์นำสาย Round Type สีดำ สีไม่สอดคล้องกับภูมิทัศน์ของห้องลูกค้าให้ติดตั้งอุปกรณ์ ONU/ONT ณ ตำแหน่งที่มีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น ในห้องเก็บของ ใต้ฝ้าเพดาน หรือตำแหน่งที่ไม่กระทบภูมิทัศน์ภายในที่พักอาศัย แต่อาจกระทบต่อการกระจายสัญญาณ Wi-Fi

## 2. วัตถุประสงค์โครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยนี้ เพื่อศึกษาและสำรวจปัญหาการติดตั้งสาย Optical Fiber บริการ FTTx ภายในอาคารกลุ่มห้องชุดคอนโดมิเนียม บ้านพักตากอากาศและกลุ่มลูกค้าระดับบน เพื่อรับทราบความต้องการของลูกค้าที่อาจขัดแย้งกับคุณภาพบริการ เนื่องจากสาย Fiber Optic Patch Cord สีเหลืองเดิมและสาย OFTK ที่ประยุกต์นำสาย Round Type สีดำ กระทบภูมิทัศน์ภายในห้องหรืออาคารนั้น ๆ ลูกค้าต้องการให้วางอุปกรณ์ ONU/ONT ณ ตำแหน่งที่เน้นความสวยงามแต่อาจกระทบต่อคุณภาพการส่งสัญญาณ Wi-Fi

เป้าหมาย บมจ.ทีโอที ศึกษาเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาสาย Optical Fiber ให้สอดคล้องกับภูมิทัศน์ภายในห้องหรืออาคารของลูกค้า หาแนวทางสร้างความพึงพอใจ ศึกษาตำแหน่งที่วางอุปกรณ์ ONU/ONT ที่เหมาะสม สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าทั้งในแง่ของภูมิทัศน์และการแพร่กระจายสัญญาณ Wi-Fi

จากปัญหาข้างต้น บมจ.ทีโอที ได้มอบหมายให้ สถาบันนวัตกรรม ทีโอที (นฐ.) สังกัดสำนักสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐาน หน่วยธุรกิจโครงสร้างพื้นฐาน (BU1) ร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแก้ไขปัญหาสาย Optical Fiber ให้สอดคล้องกับภูมิทัศน์ภายในห้องหรืออาคารของลูกค้าพึงพอใจ หรือหาแนวทางอื่น ๆ ที่เหมาะสม

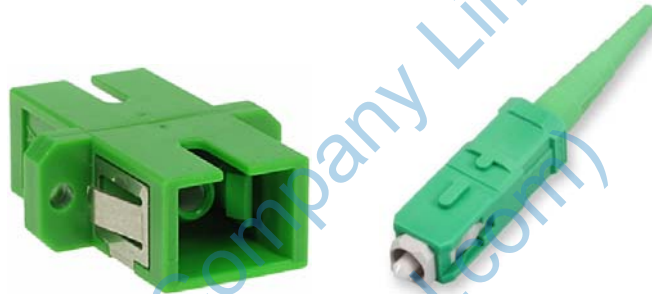
## 3. วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

- 1) สำรวจและเก็บข้อมูลบริการ FTTx ปัญหาสาย Optical Fiber โดยเฉพาะกลุ่มลูกค้าห้องชุดคอนโดมิเนียม บ้านพักตากอากาศ และกลุ่มลูกค้าระดับบน
- 2) สรุปผลหาแนวทางแก้ปัญหาเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กลุ่มลูกค้า
- 3) คัดเลือกผลิตภัณฑ์หรือหาแนวทางแก้ปัญหา
- 4) ทดสอบต้นแบบฯ ภาคสนาม
- 5) เก็บบันทึกข้อมูลการใช้งาน ปัญหาและแนวทางแก้ไข
- 6) สรุปและนำเสนอผลงานวิจัยต่อผู้บริหารเพื่อขยายผลนำไปใช้งานต่อไป

#### 4. ปัญหาภาคสนามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สาย Optical Fiber ภายในอาคารของบริการ FTTx ผู้ให้บริการจะเชื่อมต่อสาย Round Type จากตู้ SDP/ODP หลัง Fiber Optic Splitter เพียงเส้นเดียวด้วยเทคนิค “รับ-ส่ง” คนละความยาวคลื่น โดยส่งข้อมูลจาก OLT ไปยัง ONU/ONT (Download) ด้วยความยาวคลื่น 1490 *nm*. และรับข้อมูลกลับมาจาก ONU/ONT มายัง OLT (Upload) ด้วยความยาวคลื่น 1310 *nm*.

อุปกรณ์ Fiber Optic splitter ที่ติดตั้งภายในตู้ SDP ด้านออก (Output) มี Connector ชนิด SC/APC พร้อมเชื่อมต่อโยงไปใช้งานผ่าน Adaptor SC/APC มีคุณสมบัติคล้ายอุปกรณ์เต้าเสียบสำหรับนำ Connector ชนิด SC/APC สองด้านเชื่อมต่อถึงกัน ตามภาพประกอบที่ 5. เมื่อลูกค้าขอใช้บริการ FTTx ผู้ให้บริการจะนำ Connector ชนิด SC/APC มาเสียบเข้าอีกด้านของ Adaptor SC/APC ผ่านสาย Round Type ไปยังอุปกรณ์ ONU/ONT ที่อยู่ภายในอาคาร



ภาพประกอบที่ 5. Adaptor SC/APC (ซ้ายมือ) และ Connector ชนิด SC/APC (ขวามือ)

ภายในอาคารผู้ให้บริการจะโยงสาย Round Type ไปยังตำแหน่งที่วางอุปกรณ์ ONU/ONT ก่อนเชื่อมต่อกับสาย Round Type ด้วยวิธีการ Fusion Splicer หรือวิธีการอื่น ๆ เข้ากับสาย OFTK สีดำหรือสาย Fiber Optic Patch Cord สีเหลืองเพื่อนำ Connector SC/APC เสียบเข้ากับอุปกรณ์ ONU/ONT

กลุ่มห้องชุดคอนโดมิเนียม บ้านพักตากอากาศ และกลุ่มลูกค้าระดับบนที่มีการตกแต่งภายใน ไม่เพียงพอใจสาย Optical Fiber สีเหลืองและสาย Round Type สีดำที่โยงภายในอาคาร เพราะกระทบต่อภูมิทัศน์ ลูกค้านำเสนอให้หาเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย หรือหาสาย Optical Fiber ที่กลมกลืนกับภูมิทัศน์ของห้องและยินดีจ่ายเงินเพิ่มตามความเหมาะสม

#### 5. ศึกษาและคัดเลือกผลิตภัณฑ์ และ/หรือ สาย Optical Fiber

แนวทางดำเนินงานโครงการวิจัยหลังจากสำรวจและเก็บข้อมูลปัญหาสาย Optical Fiber ของบริการ FTTx ภายในอาคารตามที่กลุ่มลูกค้าแนะนำ เช่น หาเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายหรือหาสาย Optical Fiber ที่กลมกลืนกับภูมิทัศน์ของห้องนั้น เมื่อมาวิเคราะห์เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายอุปกรณ์

ONU/ONT รุ่นที่มีสัญญาณ Wi-Fi ในตัวก็สนับสนุนความต้องการอยู่แล้ว เพียงแต่ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ ONU/ONT ไม่เหมาะสม เป็นสาเหตุให้การแพร่กระจายคลื่นไม่เต็มประสิทธิภาพ

อีกแนวทางหาสาย Optical Fiber ที่กลมกลืนกับภูมิทัศน์ของห้อง ซึ่งจากผลการสำรวจเมื่อสอบถามกลุ่มลูกค้ากรณีจำเป็นต้องโยงสาย Optical Fiber ด้วยข้อจำกัดทางเทคนิค ลูกค้ายอมรับสาย Optical Fiber สีอะไรก็ได้บ้าง ภาพรวมลูกค้ายอมรับสาย Optical Fiber ฉนวนหุ้มสีขาวได้แต่ถ้าสามารถหาสีเดียวกับผนังได้จะพึงพอใจมากกว่า ลูกค้าบางส่วนยินดีจ่ายเงินเพิ่มตามความเหมาะสมแต่ลูกค้าบางส่วนระบุเป็นความรับผิดชอบของผู้ให้บริการที่ต้องสนับสนุนส่วนนี้

## 5.1 ท่อร้อยสาย Optical Fiber สีขาว

จากภาพรวมที่ลูกค้ายอมรับสาย Optical Fiber ฉนวนหุ้มสีขาวได้ เมื่อศึกษาผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดมีท่อร้อยสาย Optical Fiber เช่น Nylon LSZH Indoor Optical Fiber Protection Tubing White (LSZH: Low Smoke Zero Halogen) หรือ Bare Fiber Tube ตามภาพประกอบที่ 6. มีผนังท่อด้านนอกสีขาว



ภาพประกอบที่ 6. ตัวอย่างท่อร้อยเส้นใยแก้วนำแสงในตลาด

ผลการศึกษาคุนสมบัติและสอบถามพนักงานที่มีหน้าที่ติดตั้งบริการ FTTx มีข้อจำกัดหลายประเด็น เช่น ชนิดของเส้นใยแก้วนำแสงที่จะมาใช้งานสามารถใช้สาย Round Type ที่ใช้งานอยู่หรือต้องสั่งสายเฉพาะ ขั้นตอนการร้อยสายในท่อกรณีระยะสายยาว ๆ ราคาที่เพิ่มขึ้น ประเด็นสำคัญลูกค้าบางกลุ่มยังไม่พึงพอใจที่มองเห็นสาย Optical Fiber ตามแนวผนัง

สรุปท่อร้อยสาย Optical Fiber สีขาวมีข้อจำกัดในการติดตั้งใช้งาน การร้อยสายเข้าไปในท่อ ราคาที่เพิ่มขึ้นและไม่ตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าได้

## 5.2 ฝังสาย Optical Fiber ในผนังอาคาร

อาคารที่มีการวางผังภายในอาคารอย่างดีจะฝังท่อร้อยสายระบบไฟฟ้าและระบบสื่อสารพร้อมการสร้างอาคาร หรือมีการเจาะร่องเพื่อฝังท่อในภายหลังเพื่อมิให้สายต่าง ๆ กระทบต่อภูมิทัศน์

สายสื่อสารระบบ FTTx ที่อยู่ในท่อ สามารถเลือกฝังท่อมาตรฐานทั่วไปร้อยสาย Round Type หรือฝังท่อ Micro Duct สำหรับสาย Air Blown Fiber Optic (ABC) ก็ได้ ลูกค้ายกกลุ่มนี้ไม่มีปัญหาเรื่องภูมิทัศน์ในอาคาร ผู้ให้บริการเพียงเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงก่อนเข้าอาคารหรือห้องชุดนั้น ๆ



ภาพประกอบที่ 7. Micro Duct สำหรับ Air Blown OFC (ซ้ายมือ) และ สาย Round Type (ขวามือ)

ถ้าอาคารเหล่านั้นก่อสร้างมาระยะเวลาหนึ่งแล้วระบบสื่อสารเป็นระบบเดิม เช่น ADSL สายที่ฝังในท่อเป็นสายทองแดง “และ/หรือ” ฝังเฉพาะท่อเฉพาะระบบไฟฟ้า เมื่อผู้ใช้บริการขอติดตั้งบริการ FTTx มาตรฐานการติดตั้งจะโยงสาย Round Type โดยวิธีลอดผ่านฝ้าเพดานหรือเจาะผนังอาคาร ก่อนนำสาย OFTK สีดำหรือสาย Fiber Optic Patch Cord สีเหลืองที่มี Connector ชนิด SC/APC พร้อมเสียบเข้ากับกล่อง ONU/ONT

สรุปวิธีฝังสาย Optical Fiber ในผนังอาคารในท่อด้วยสาย Round Type หรือฝังท่อ Micro Duct สำหรับ Air Blown Fiber Optic (ABC) เหมาะกับอาคารสร้างใหม่ที่ผู้ให้บริการสามารถเสนอตัวสนับสนุนระบบสื่อสาร เช่น ห้องชุดคอนโดมิเนียม โครงการหมู่บ้านจัดสรร แต่ยังไม่ครอบคลุมกลุ่มลูกค้าระดับบนที่จำเป็นต้องเชื่อมโยงสาย Optical Fiber ไปบนผนังอาคาร

### 5.3 สาย NYLON PIGTAIL

จากที่ลูกค้ายอมรับสาย Optical Fiber ฉนวนหุ้มสีขาวได้นั้น จากข้อจำกัดเรื่องท่อร้อยสายสีขาวและวิธีฝังท่อในผนังจึงมีแนวคิดที่ว่าถ้าสามารถหาสาย Optical Fiber ที่กลมกลืนกับผนังของลูกค้า เช่น สีเดียวกับผนัง หรือสีของสายๆ ไปรงใสกลมกลืนกับผนัง

ศึกษาผลิตภัณฑ์ในตลาดพบสาย Optical Fiber ที่ผลิตจากพลาสติกหรือ POF (Plastic Optical Fiber / Polymer Optical Fiber) ใช้สื่อสารในวงการเครื่องมือแพทย์ วงการเครื่องเสียง แตกต่างจากสาย Optical Fiber ที่ใช้ในวงการสื่อสารที่ผลิตจากแก้ว (Glass Optical Fiber) สาย POF มีจุดเด่นเบา สามารถผลิตได้ขนาดเดียวกับ Glass Optical Fiber ท่อหุ้มด้วย Nylon ขาวใสคล้ายเส้นเอ็นตปลา เมื่อวางทาบกับผนังอาคารถ้าไม่สังเกตแทบมองไม่เป็นสาย POF แต่เมื่อศึกษาเชิงลึกนิยมใช้

สื่อสารใกล้ ๆ เพราะมีค่า Loss ในเนื้อพลาสติกสูงกว่าแก้วและวิธีการเชื่อมต่อที่ต่างจากเส้นใยแก้วนำแสง  
ทั่วไป



ภาพประกอบที่ 8. สายตัวอย่าง Nylon Optical Fiber มาตรฐาน ITU-T G.657.B3

สาย Bare Fiber สีขาวที่นำผลิตสายเคเบิลมีข้อจำกัดเรื่องความแข็งแรงในการใช้งาน ได้  
ประสานผู้ผลิตสาย Optical Fiber ว่ามีสายๆ ที่ห่อหุ้มด้วย Nylon ใสในตลาดหรือต้องสั่งผลิตเฉพาะ  
หรือไม่ ผู้ผลิตแจ้งว่ามีกลุ่มงานที่สั่งผลิตสาย Optical Fiber ฉนวนห่อหุ้มผลิตจาก Nylon โปร่งแสง  
คล้ายเอ็นตกปลา ผลิตตามการคำสั่งผลิตไม่วางขายตลาดทั่วไป สายตัวนำภายในผลิตได้ทั้งชนิด POE  
หรือ Glass Optical Fiber มาตรฐาน ITU ตามคำสั่งผลิตของลูกค้า



ภาพประกอบที่ 9. ทดสอบการลามไฟตัวอย่างสาย Nylon Optical Fiber เบื้องต้น

ขอตัวอย่างสาย Nylon Optical Fiber มาตรฐาน ITU-T G.657.B3 ภาพประกอบที่ 8.  
ช่วยมือมาทดสอบคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ค่า Loss การไหม้ไฟ (เนื่องจากต้องใช้ภายในอาคารต้องไม่ลาม  
ไฟตามมาตรฐาน) ทดสอบการลามไฟ (Flame Propagation) เบื้องต้นด้วยเครื่องพ่นไฟ

ผลการทดสอบสาย Nylon Optical Fiber ต้นแบบลามไฟตามภาพประกอบที่ 9. เมื่อลน  
ไฟเนื้อ Nylon แตกกระเด็นกระจายออกรอบ ๆ ไม่ปลอดภัยสำหรับใช้งานในอาคาร แต่เมื่อนำสายตัว  
อย่างไปสอบถามพนักงานที่ติดตั้งบริการ FTTx พอใจสาย Nylon Optical Fiber ด้วยเหตุผลเมื่อทดลอง  
ทาบเข้ากับผนังอาคารถ้าไม่สังเกตแทบมองไม่เห็น สามารถตอบโจทยกลุ่มลูกค้าระดับบนได้ ตำแหน่งที่  
วางอุปกรณ์ ONU/ONT ผู้ใช้บริการยอมรับได้ถ้าแก้ปัญหาภูมิทัศน์ในการติดตั้งสายกับผนังได้





ภาพประกอบที่ 10. ตัวอย่างสาย Nylon Optical Fiber ที่ปรับปรุงแล้ว

จากปัญหาสายฯ ตัวอย่างลามไฟผู้ผลิตรับทราบและขอปรับปรุงสูตรฉนวนหุ้ม Nylon ให้ตรงความต้องการ ตัวอย่างสายฯ รุ่งที่ปรับปรุงที่จะส่งมาทดสอบใหม่ขอให้ผู้ผลิตติดตั้ง Connector ชนิด SC/APC ที่ปลายสายทั้งสองด้านมาด้วยเพื่อสะดวกในการทดสอบค่า Loss ผู้ผลิตใช้เวลาประมาณเดือนเศษปรับปรุงสูตรฉนวนหุ้ม Nylon



ภาพประกอบที่ 11. ทดสอบการลามไฟตัวอย่างสาย Nylon Optical Fiber ที่ปรับปรุงแล้ว

ได้รับตัวอย่างสาย Glass Optical Fiber ตามมาตรฐาน ITU-T G.657.B3 ฉนวนหุ้มด้วย Nylon ยาว 15 เมตร ปลายด้านหนึ่งติดตั้ง Connector SC/APC พร้อมใช้งาน ตั้งชื่อเพื่อให้จำง่ายว่า “Nylon Pigtail” จำนวน 10 เส้นเพื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ

นำสายตัวอย่างมาทดสอบการลามไฟเบื้องต้นด้วยเครื่องพ่นไฟ ผลการทดสอบสาย Nylon Optical Fiber ต้นแบบไม่ลามไฟ จึงทดสอบสายตัวอย่างตามมาตรฐาน IEC 60332-1 [3] มาตรฐาน

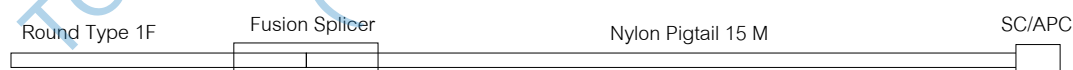
กำหนดความสูงและสีของเปลวไฟและมุม เผาระยะเวลา 60 วินาที เมื่อครบเวลาดึงเปลวไฟออกตัวอย่าง  
ทดลองสามารถลามไฟได้แต่ต้องไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

ผลการทดสอบสายตัวอย่างตามภาพประกอบที่ 11. ฉนวนไหม้ไฟจนเห็นเส้นใยแก้วนำแสง  
ภายในแต่ฉนวนหุ้มไม่ลามไฟ ผ่านตามมาตรฐาน IEC 60332-1 เมื่อทดสอบค่า Loss ผ่านมาตรฐาน

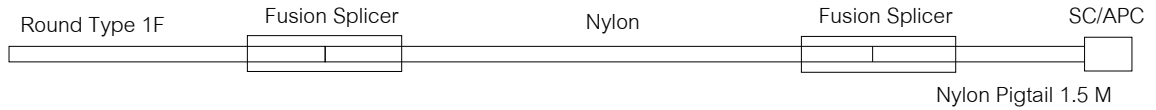


ภาพประกอบที่ 12. สาย “Nylon pigtail” มาตรฐาน ITU-T G.657.B3 ยาว 15 เมตร

สาย Nylon Pigtail ผ่านทดสอบเผาไฟ ค่า Loss ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด จากข้อมูลที่  
สำรวจความต้องการพนักงานที่ติดตั้งระบบ Fttx ว่าต้องการความยาวสายที่ยืดติดผนังเฉลี่ย 15 เมตร  
หมายถึงยังมีกลุ่มลูกค้าที่ต้องการความยาวสายฯ มากกว่า 15 เมตร เพื่อความยืดหยุ่นได้กำหนดแนวทาง  
ศึกษาการประยุกต์นำสาย Nylon Pigtail มาใช้งานไว้ 2 รูปแบบคือ



**รูปแบบที่ 1.** กรณีอาคารหรือห้องนั้น ๆ ต้องการสาย Nylon Pigtail เพื่อยึดติดผนังน้อยกว่า  
หรือเท่ากับ 15 เมตร เตรียมสาย Nylon Pigtail ยาว 15 เมตร ที่ปลายด้านหนึ่ง  
ให้ติดตั้ง Connector SC/APC พร้อมชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างสาย Nylon  
Optical Fiber กับสาย Round Type และชุดอุปกรณ์จับยึดสาย Nylon  
Optical Fiber กับผนังอาคาร



**รูปแบบที่ 2.** กรณีอาคารหรือห้องนั้น ๆ ต้องการสาย Nylon Pigtail เพื่อยึดติดผนังมากกว่า 15 เมตร เตรียมสาย Nylon Pigtail ยาว 1.5 เมตร สาย Nylon Optical Fiber 1 ม้วน พร้อมชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างสาย Nylon Optical Fiber กับสาย Round Type 1 ชุด อุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างสาย Nylon Optical Fiber กับสาย Nylon Optical Fiber อีก 1 ชุด และชุดอุปกรณ์จับยึดสาย Nylon Optical Fiber กับผนังอาคาร

การนำสาย Nylon Pigtail มาประยุกต์ใช้งาน ตำแหน่งเชื่อมต่อระหว่างสาย Optical Fiber ต่างชนิดมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทดลองนำรูปแบบการเชื่อมต่อสาย OFTK มาเชื่อมต่อสาย Nylon Optical Fiber กับสาย Round Type ด้วยวิธีการ Fusion Splicer ตามภาพประกอบที่ 13.



ภาพประกอบที่ 13. เชื่อมต่อ OFTK กับสาย Round Type ด้วยวิธี Fusion Splicer และหุ้มท่อหด



ภาพประกอบที่ 14. เชื่อมต่อสาย Nylon Optical Fiber กับสาย Round Type และหุ้มท่อหด

ทดลองเชื่อมต่อสาย Nylon Optical Fiber กับสาย Round Type วิธีการ Fusion Splicer ด้วยชุด Holder 3.5 mm. ที่ใช้กับสาย OFTK สามารถเชื่อมต่อได้ตามปกติ แต่เมื่อหุ้มท่อหดสีดำด้วย

ความร้อนฉนวนสาย Nylon Optical Fiber หลอมละลายเหลือเพียงเส้นใยแก้วนำแสงเฉพาะจุดที่โดน เปลวไฟแต่ฉนวนหุ้มไม่ลามไฟตามผลการทดสอบการลามไฟที่ผ่านมา



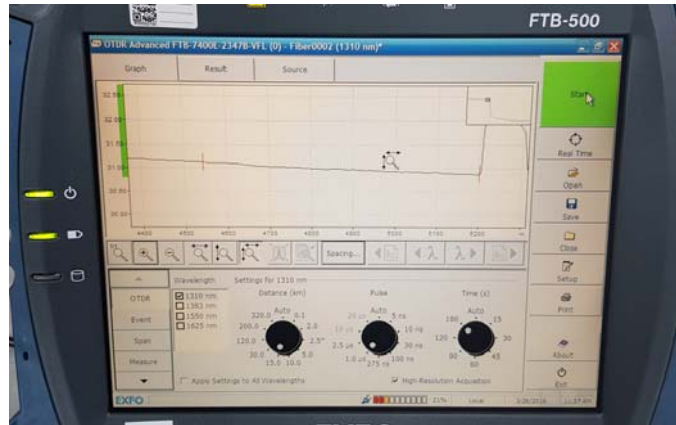
ภาพประกอบที่ 15. สาย Nylon Optical Fiber กับสาย Round Type และหุ้มท่อหด

เพื่อแก้ปัญหาฉนวนหุ้ม Nylon ไหม้จากเปลวไฟของเครื่องพ่นไฟ หลังผ่านขบวนการ เชื่อมต่อด้วยวิธีการ Fusion ทดลองนำฉนวนสาย Round Type สีดำมาสวมด้านสาย Nylon Optical Fiber ประมาณ 10 เซนติเมตร ตามภาพประกอบที่ 15. (ภาพบน) จากนั้นหุ้มท่อหดด้วยเครื่องพ่นไฟ ตามขั้นตอนปกติเหมือนการใช้งานสาย OFTK ผลการทดลองได้ผลเป็นที่น่าพอใจตามภาพประกอบที่ 15. (ภาพล่าง) เปลวไฟจากเครื่องพ่นไฟได้รับการปกป้องจากฉนวนสาย Round Type สีดำที่นำมาสวมได้



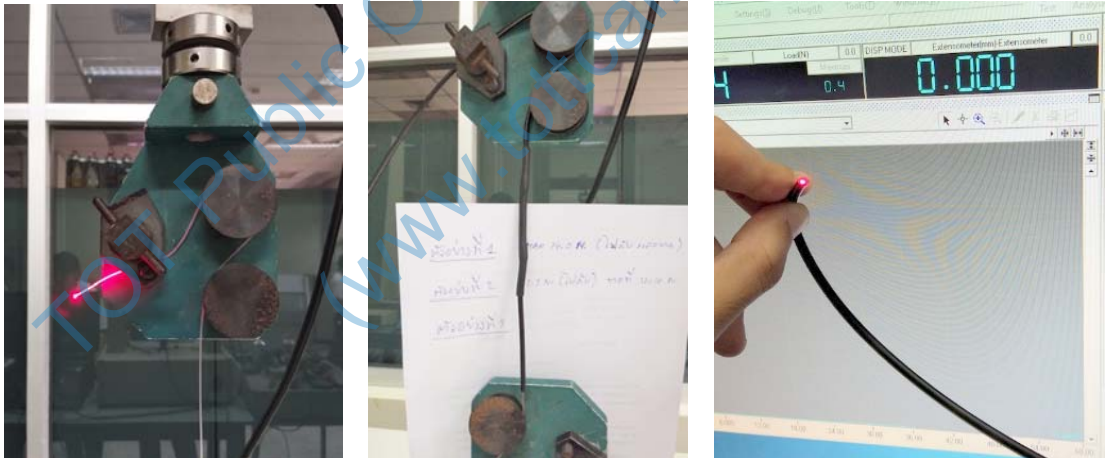
ภาพประกอบที่ 16. วัดค่า Loss จุดเชื่อมต่อด้วยเครื่องมือ OTDR

เชื่อมต่อสาย Round Type กับสาย Nylon Pigtail ยาว 15 เมตร ที่ปลายด้านหนึ่งติดตั้ง Connector SC/APC จำนวน 8 ตัวอย่าง วัดค่า Loss จุดเชื่อมต่อด้วยเครื่องมือ OTDR ตำแหน่งที่ เชื่อมต่อด้วยวิธีการ Fusion กราฟของเครื่องมือ OTDR ไม่แสดงค่า Even Loss ณ ตำแหน่งนั้นทั้ง 8 ตัวอย่าง



ภาพประกอบที่ 17. กราฟของเครื่องมือ OTDR ณ จุดเชื่อมต่อสายฯ

เป้าหมายต้องการนำสาย Nylon Pigtail (สีโปร่งใส) มาทดแทนสาย Round Type (สีดำ) และสาย Fiber Optic Patch Cord (สีเหลือง) ที่ติดตั้งบนผนังเพื่อตอบสนองกลุ่มลูกค้าที่ต้องการภูมิทัศน์การติดตั้งสาย Optical Fiber สวยงาม ผ่านการทดสอบหัวข้อทางเทคนิคที่สำคัญ เช่น การลามไฟ วิธีการเชื่อมต่อ ค่า Loss เพื่อความสมบูรณ์ในการติดตั้งใช้งาน ได้ทดสอบค่าแรงดึงจุดเชื่อมต่อระหว่างสาย Nylon Pigtail กับสาย Round Type เพิ่มเติม



ภาพประกอบที่ 18. ทดสอบค่าแรงดึงสาย Nylon Pigtail และค่าแรงดึงจุดเชื่อมต่อระหว่างสายฯ

ค้นคว้าศึกษาคุณสมบัติทางเทคนิคของจุดเชื่อมต่อสาย Optical Fiber ระบุค่า Loss กำหนดไม่เกิน 0.05 dB. แต่ไม่พบค่ามาตรฐานแรงดึง แต่มาตรฐานจุดเชื่อมต่อสายทองแดงกำหนดไม่น้อยกว่า 10 % (แบบทำลาย) ของค่าเฉลี่ยแรงดึงสายทองแดงเส้นปกติที่ไม่มี การเชื่อมต่อ [4]

ตารางที่ 1. ค่าแรงดึงจุดเชื่อมต่อและสาย Optical Fiber ของบริการ FTTx ภายในอาคาร

ตัวอย่างที่	จุดต่อ Nylon OFC		จุดต่อสาย OFTK	Nylon pigtail
	แสงสีแดงดับ	สายขาด	แสงสีแดงดับ	
1	14.00	14.00	61.00	15.80
2	11.50	12.40	28.00	13.10
3	14.20	14.60	50.00	14.60
4	14.80	15.20	32.00	13.80
5	14.00	14.00	45.00	14.60
6	23.00	14.80	52.00	-
7	14.00	13.20	35.00	-
8	14.00	12.60	-	-
Max	23.00	15.20	61.00	15.80
Min	11.50	12.40	28.00	13.10
Aver	14.94	13.85	43.29	14.38
Unit	Newton			

เพื่อวิเคราะห์ค่ารับแรงดึงของจุดเชื่อมต่อสาย Optical Fiber ได้ป้อนแสงสีแดงขณะทำการทดสอบจุดบันทึกค่าเมื่อแสงสีแดงขาดและเมื่อจุดต่อขาด (บันทึกค่าสูงสุด) เปรียบเทียบสาย Nylon กับจุดเชื่อมต่อระหว่างสาย Nylon กับสาย Round Type และการเชื่อมต่อสาย OFTK ตามตารางที่ 1.

ผลการทดสอบจุดเชื่อมต่อระหว่างสาย Nylon กับสาย Round Type ทั้ง 8 ตัวอย่างแสงสีแดงดับที่ค่าแรงดึงเฉลี่ย 14.94 นิวตัน จุดเชื่อมต่อขาดที่ค่าแรงดึงเฉลี่ย 13.85 นิวตัน ขณะที่ค่าเฉลี่ยแรงดึงสาย Nylon เส้นปกติที่ไม่มีการเชื่อมต่อขาดที่ค่าแรงดึงเฉลี่ย 14.38 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงดึงจุดเชื่อมต่อรับแรงดึงน้อยกว่าสาย Nylon ที่ไม่มีการเชื่อมต่อ 3.68 % (มาตรฐาน  $\leq 10\%$ )

สรุปแนวทางการนำสาย Nylon Pigtail มาใช้งานรูปแบบที่ 1. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเทคนิคผ่านมาตรฐานที่กำหนดทุกหัวข้อ ส่วนค่าทางเทคนิครูปแบบที่ 2. เบื้องต้นสามารถอ้างอิงคุณสมบัติทางเทคนิครูปแบบที่ 1. ได้ (แตกต่างที่มีจุดเชื่อมต่อเพิ่มมาอีก 1 จุด)

#### 5.4 วิธีการติดตั้งสาย Nylon Pigtail ภายในอาคาร

การติดตั้งสาย Nylon Pigtail ภายในอาคารมี 2 รูปแบบ คือความยาวสาย Nylon Pigtail ตามมาตรฐาน 15 เมตร และความยาวสาย Nylon Pigtail ตามความต้องการลูกค้า มีรายละเอียดดังนี้

**รูปแบบที่ 1.** ความยาวสาย Nylon Pigtail ไม่เกิน 15 เมตร ถึง ONU ลูกค้า (ความยาวมาตรฐาน) กรณีอาคารหรือห้องนั้น ๆ ต้องการสาย Nylon Pigtail เพื่อยึดติดผนังน้อยกว่าหรือเท่ากับ

15 เมตร เตรียมสาย Nylon Pigtail ยาว 15 เมตร ที่ปลายด้านหนึ่งให้ติดตั้ง Connector SC/APC พร้อมชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างสาย Nylon Optical Fiber กับสาย Round Type และชุดอุปกรณ์จับยึดสาย Nylon Optical Fiber กับผนังอาคาร

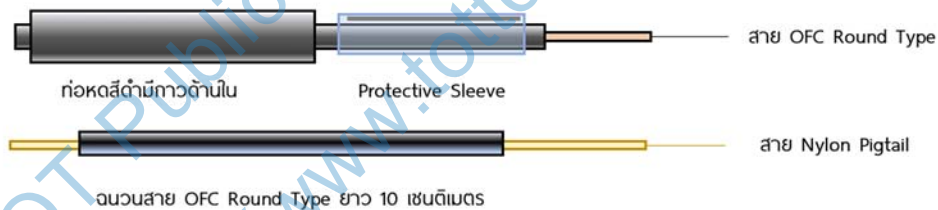


### ขั้นตอนการเชื่อมต่อสาย OFC Round Type เข้ากับสาย Nylon Pigtail

- 1) ปอกฉนวนหุ้มสาย Drop Wire (เก็บเศษฉนวนไว้ใช้งานข้อ 2)) และ Nylon Pigtail ออกตามรูปด้านล่าง



- 2) สวมท่อหุ้มสีดำที่มีกาวด้านใน และ Protective Sleeve เข้าไปสาย OFC Round Type หลังจากนั้นใช้เศษฉนวนของสาย OFC Round Type ที่ปอกออกตามข้อ 1) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร มาสวมหุ้มสาย Nylon Pigtail ตามรูปด้านล่าง



- 3) ทำการ Splice สายทั้งสองเส้นเข้าด้วยกันด้วยเครื่อง Fusion Splicer



- 4) หุ้ม Protective Sleeve ด้วยห้องอบความร้อน (ของเครื่อง fusion Splicer) บริเวณจุด Splicer



- 5) รอกจนกระทั่ง Protective Sleeve เย็นตัวลง ค่อยสวมท่อหตส์ดำที่มีกาวด้านในครอบคลุม ฉนวนหุ้มสาย OFC Round Type จุด Splice และฉนวนสาย OFC Round Type ยาว 10 เซนติเมตรที่สวมสาย Nylon Pigtail ให้อยู่ในท่อหตฯ ทั้งหมดจากนั้นนำอุปกรณ์จับสาย (อาจประยุกต์จากไม้แขวนเสื้อ) มาจับปลายสายนอกท่อหตฯ พร้อมดึงปลายสายให้สายในท่อหตฯ มีแนวตรง ก่อนใช้เปลวไฟจากเครื่องพ่นไฟลนจนท่อหตฯ หดตัวจนมีกาวไหลเยิ้มที่ปลายทั้งสอง ด้านของท่อหตฯ (ไล่เปลวไฟจากแกนกลางท่อหตฯ ไปปลายแต่ละด้าน)



### ขั้นตอนการติดตั้งสาย Nylon กับผนังอาคาร

- 1) ทำความสะอาดพื้นผิวที่จะวางสาย Nylon โดยใช้แปรงขนละเอียด หรือผ้าขนหนูเช็ดฝุ่น ออกให้หมด
- 2) ลากสายและติดกาวร้อนทุกๆ 20 เซนติเมตร
- 3) ใช้อุปกรณ์เข้ามุม โดยดูหัวข้อคำแนะนำการใช้อุปกรณ์เข้ามุม
- 4) เสียบหัวต่อ Connector SC/APC เข้ากับอุปกรณ์ ONU ลูกค้า

**รูปแบบที่ 2.** กรณีอาคารหรือห้องนั้น ๆ ต้องการสาย Nylon Pigtail เพื่อยึดติดผนัง มากกว่า 15 เมตร เตรียมสาย Nylon Pigtail ยาว 1.5 เมตร สาย Nylon Optical Fiber 1 ม้วน พร้อม ชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างสาย Nylon Optical Fiber กับสาย Round Type 1 ชุด อุปกรณ์เชื่อมต่อ ระหว่างสาย Nylon Optical Fiber กับสาย Nylon Optical Fiber อีก 1 ชุด และชุดอุปกรณ์จับยึดสาย Nylon Optical Fiber กับผนังอาคาร



### ขั้นตอนการติดตั้งจุดเชื่อมต่อที่ 1

เหมือนการติดตั้ง Nylon Pigtail ความยาวไม่เกิน 15 เมตร (ความยาวมาตรฐาน)



## ขั้นตอนการติดตั้งจุดเชื่อมต่อที่ 2

- 1) Fusion Splice สาย Nylon Fiber เข้ากับสาย Nylon Pigtail ปอกสาย Nylon Fiber ตามรูปด้านล่าง



- 2) สอดท่อ Protective Sleeve เข้าไปในสาย Nylon Pigtail (เพียงด้านเดียว) และสอดท่อสีขาวเข้าไปในสาย Nylon ทั้งสองด้าน



- 3) ทำการ Splice สายทั้งสองเส้นเข้าด้วยกันด้วยเครื่อง Fusion Splicer



- 4) หุ้ม Protective Sleeve ด้วยความร้อน บริเวณจุดเชื่อม Fusion



- 5) รอกจน Protective Sleeve เย็นตัว จากนั้นนำสาย Nylon ที่เชื่อมเรียบร้อยแล้วนำมาวางใส่กล่อง Protection โดยให้จุดเชื่อมต่ออยู่ตรงกลางกล่อง และกดสายลงไปร่องตรงหัวท้ายตามตำแหน่งที่ลูกศรชี้



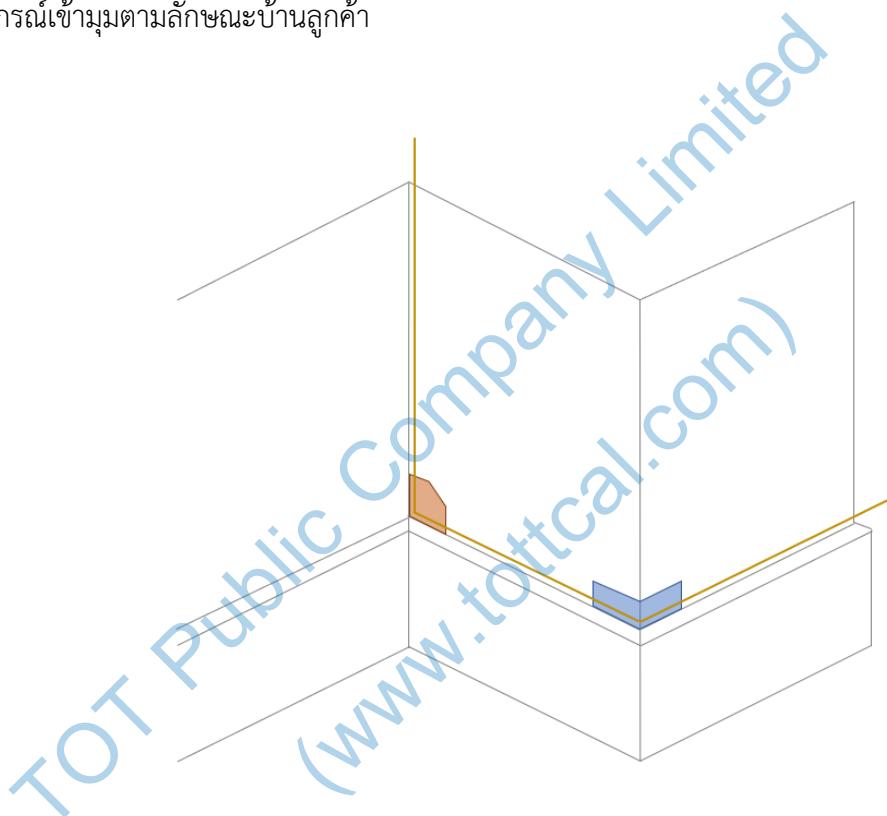
- 6) ปิดฝากล่อง Protection พร้อมติดตั้ง โดยติดกาวด้านหลังของกล่องเข้ากับผนัง



### ขั้นตอนการติดตั้งสาย Nylon กับผนัง คล้ายกับวิธีการด้านบน

1. คำแนะนำการใช้อุปกรณ์เข้ามูม
2. อุปกรณ์เข้ามูมจะมีด้วยกัน 2 ชนิดคืออุปกรณ์เข้ามูมด้านนอก
3. อุปกรณ์เข้ามูมด้านใน

ผลิตภัณฑ์จะแยกความแตกต่างของอุปกรณ์ด้วยสีคือ สีฟ้าสำหรับเข้ามูมด้านนอก และสีแดงสำหรับเข้ามูมด้านใน วิธีใช้ให้ดึงแถบสีออกจากอุปกรณ์เข้ามูมและติดกาวร้อนเข้ากับผนังที่จะยึดสายและกดสาย Nylon Pigtail ลงไปในร่องของอุปกรณ์เข้ามูม รูปด้านล่างเป็นการแนะนำการเลือกใช้ อุปกรณ์เข้ามูมตามลักษณะบ้านลูกค้า



### 6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] 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)”

- [2] 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)”
- [3] 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)”
- [4] บริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ข้อกำหนดหมายเลข GES-172-017-02 “Drop Wire Connector”

TOT Public Company Limited  
(www.tottcal.com)