

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์

การศึกษาการใช้เทคโนโลยี **Optical Fiber Cable** ร่วมกับอุปกรณ์ **DLC** ทดแทนเคเบิลทองแดงเพื่อเพิ่มศักยภาพการให้บริการด้านสื่อสารข้อมูลนี้ จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 5 หัวข้อดังนี้

- 4.1 ปัญหาและอุปสรรคการให้บริการสื่อสารข้อมูลผ่านเคเบิลทองแดง
- 4.2 เทคโนโลยีที่ใช้ทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ
- 4.3 รูปแบบการทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ
- 4.4 ต้นทุนการสร้างทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ
- 4.5 เปรียบเทียบผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยีสร้างทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ

ในการทำวิจัยนี้ ขอบเขตการศึกษาจะเกี่ยวกับข่ายสายเคเบิลโทรศัพท์ที่อยู่ระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับบ้านลูกค้า โดยมุ่งเน้นการทดแทนเคเบิลทองแดงระหว่างชุมสายโทรศัพท์ถึงตู้ผ่าน (Cabinet) คือ ข่ายสายเคเบิลที่เรียกว่า เคเบิลต้นทาง (Primary Cable) เปลี่ยนเป็นข่ายสายเคเบิลใยแก้วนำแสงและใช้อุปกรณ์ **DLC (Digital Loop Carrier)** แทนที่ตู้ผ่าน (Cabinet)

4.1 ปัญหาและอุปสรรคการให้บริการสื่อสารข้อมูลผ่านเคเบิลทองแดง

4.1.1 การเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานเคเบิลทองแดง

การสื่อสารข้อมูลผ่านคู่สายโทรศัพท์ตัวนำทองแดงนั้น จะมีลักษณะทางกายภาพของคู่สายโทรศัพท์แต่ละคู่ ซึ่งประกอบด้วย ตัวนำและฉนวน โดยทั้งตัวนำและฉนวน จะถูกออกแบบให้มีองค์ประกอบที่เหมาะสม เช่น วัสดุที่ใช้ ความหนา การตีเกลียว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตัวนำและระยะห่างระหว่างกึ่งกลางตัวนำ โดยทั่วไปแล้วอายุการใช้งานของเคเบิลทองแดงมากกว่า 10 ปี แต่มีเคเบิลบางเส้นทางเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานก่อนกำหนด อาจเนื่องมาจากหลายๆ สาเหตุดังต่อไปนี้

1. น้ำซึมเข้าหัวต่อเคเบิลใต้ดินทำให้คู่สายใช้งานชำรุดเสียหาย ซึ่งเป็นผลจากการสร้างขायสายเคเบิลไม่ได้มาตรฐาน เหตุเสียคู่สายใช้งานขัดข้องมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์เกิดจากน้ำเข้าหัวต่อเมื่อน้ำขังในหัวต่อเป็นเวลานานทำให้ค่า IR (Insulation Resistance) มีค่าลดลงต่ำกว่ามาตรฐาน ค่า Dielectric Constance ของฉนวนเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ค่า Conductance (G) และค่า Capacitance (C) เปลี่ยนแปลงไปด้วย ทำให้คู่สายไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป

2. ขायสายเคเบิลทองแดงเมื่อใช้งานไปนานๆ ค่า Series Resistance ของคู่สายอาจมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเกิด Fault ที่จุดตัดต่อยังมีหัวต่อจำนวนมากโอกาสที่จะเกิดยอมมีมากขึ้นด้วย ทำให้ค่า Loop Resistance ที่วัดได้สูงเกินกว่ามาตรฐานสำหรับการใช้งาน ส่งผลให้ระยะทางการให้บริการสั้นลงตัวอย่าง เช่น คู่สายใช้งานจริงตัวนำคู่สายทองแดงขนาด 0.40 ม.ม.² ระยะทาง 3 กิโลเมตร วัดค่า Loop Resistance ได้ 1,150 โอห์ม (เฉลี่ย 383 โอห์มต่อกิโลเมตร) การสื่อสารข้อมูลประเภท ISDN ADSL ค่า Loop Resistance มาตรฐานไม่เกิน 1,300 โอห์ม คำนวณระยะทางการให้บริการเท่ากับ 3.39 กิโลเมตร ซึ่งตามมาตรฐานตัวนำคู่สายทองแดง ขนาด 0.40 ม.ม.² ระยะทาง 1 กิโลเมตร ค่า Loop Resistance เท่ากับ 300.15 โอห์ม (อุณหภูมิ 30 °C) ระยะทาง 3 กิโลเมตร ระยะทางการให้บริการเท่ากับ 4.3 กิโลเมตร จะเห็นได้ว่า ระยะทางการให้บริการลดลง 0.91 กิโลเมตร

3. การก่อสร้างสาธารณูปโภคของหน่วยงานต่างๆ ทำให้เคเบิลใต้ดินได้รับความเสียหายหรือเสื่อมสภาพ เช่น การขุดวางท่อประปาใกล้ท่อร้อยสายเคเบิลโทรศัพท์ใต้ดิน อาจทำให้ร้อยสายแตกชำรุดเคเบิลที่อยู่ภายในท่อร้อยสายอาจเกิดรอยแผลที่เปลือกเคเบิล แต่คู่สายใช้งานยังไม่เสียในทันที ซึ่งหากกลบดินโดยยังไม่มีท่อร้อยสายและเคเบิล เมื่อระยะเวลาผ่านไปน้ำจะไหลซึมเข้าทางเปลือกเคเบิลไปยังหัวต่อเคเบิลเกิดความเสียหายขึ้น ตลอดจนการสร้างสะพานรถยนต์ข้ามทางแยก การสร้างถนน การขยายผิวจราจรของกรุงเทพมหานครและกรมทางหลวง อาจเป็นสาเหตุทำให้เคเบิลเสื่อมสภาพชำรุดหมดอายุการใช้งานก่อนกำหนด ส่งผลให้คู่สายใช้งานด้อยคุณภาพหรือไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป

4. ไฟฟ้ารั่วลงเคเบิลทำให้คู่สายใช้งานชำรุด หรืออาจทำให้คุณภาพฉนวนหุ้มคู่สายตัวนำเสื่อมสภาพ ค่า IR (Insulation Resistance) ต่ำกว่ามาตรฐานส่งผลต่อคุณภาพการใช้งานสื่อสารข้อมูล สำหรับสาเหตุนี้้อาจเกิดจากการติดตั้งระบบกราวด์ไม่ได้มาตรฐาน หรือระบบกราวด์เสื่อมสภาพจากการใช้งานมานานหรือปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงเกินกว่าที่สายกราวด์สามารถรองรับได้

5. คุณภาพการบำรุงรักษาเคเบิลของพนักงานช่าง ซึ่งถ้าหากพนักงานขาดความรู้ ความสามารถ ความระมัดระวังในการทำงานแล้ว มีผลอย่างมากต่อการใช้งานเคเบิลทองแดง อาจทำให้เคเบิลเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานก่อนกำหนดคุณภาพการใช้งานลดลง เช่น การเปิด หัวต่อในบ่อพัก (Manhole) เพื่อตรวจแก้คู่สายและปิดหัวต่อไม่เรียบร้อยทำให้น้ำหรือความชื้นเข้า หัวต่อ ทำให้ค่า Dielectric Constance ของฉนวนเปลี่ยนแปลง การแยกคู่สายออกมากเกินไป ขณะทำการตัดต่อคู่สายเคเบิล การ Split คู่สายเมื่อตรวจแก้หรือตัดต่อ สิ่งต่างๆ เหล่านี้ทำให้ค่า Mutual Capacitance(C) ในคู่สายโทรศัพท์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าลดทอนสัญญาณ (Attenuation) เพิ่มขึ้น

6. เคเบิลคุณภาพดี แต่ไม่สามารถใช้งานสื่อสารข้อมูลบางประเภทได้ เช่น ISDN ADSL HDSL เนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะทางไกลชุมสายโทรศัพท์ ทำให้ค่า Loop Resistance สูงเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดใช้งาน ตัวอย่างเช่น การให้บริการ ADSL ค่า Loop Resistance ถึงสถานที่ติดตั้งไม่เกิน 1,300 โอห์ม ค่าฉนวนเป็นระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร ถ้าเกินจากนี้ จะเกิด Error หรือบางครั้งไม่สามารถใช้งานได้เลย

4.1.2 การบำรุงรักษาเคเบิลเพื่อการใช้งานบริการสื่อสารข้อมูล

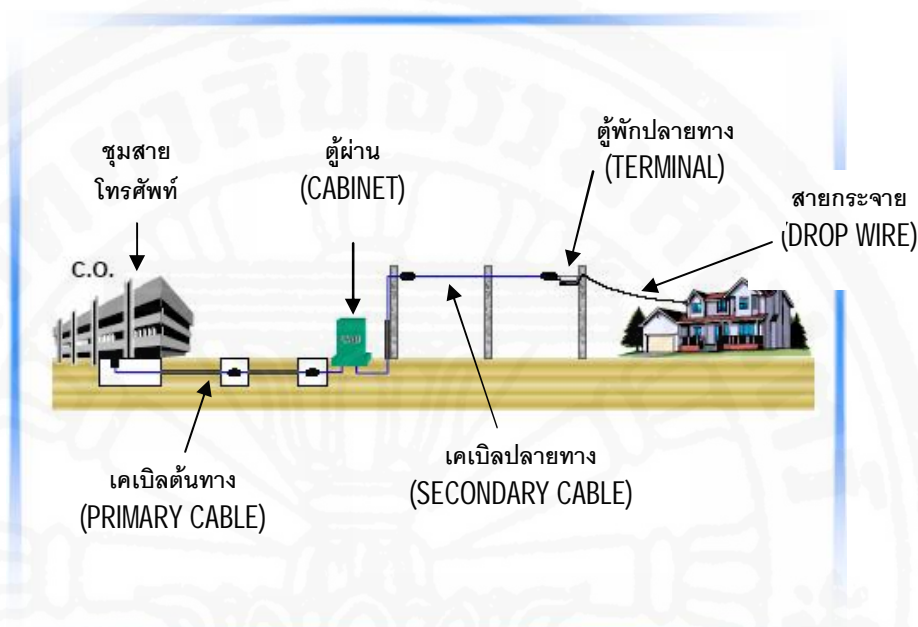
ระบบข่ายสายเคเบิลที่ให้บริการแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบ Direct Feed ให้บริการบริเวณที่มีลูกค้ายูนิคัล และระบบ Indirect Feed ให้บริการบริเวณที่ลูกค้ายูนิคัลแบบกระจายไม่เป็นกลุ่มก้อน ระบบนี้มีความยืดหยุ่นสูงเนื่องจากการให้บริการเพียงแต่โยงสาย Jumper ภายในตู้ผ่าน ก็สามารถแจกจ่ายคู่สายปลายทางไปให้กับลูกค้าที่อยู่ต่างบริเวณได้อย่างทั่วถึง แต่โดยทั่วไปแล้วจำนวนลูกค้ายูนิคัลแบบกระจายและการออกแบบข่ายสายในลักษณะคาดประมาณการลูกค้าจึงต้องออกแบบให้ครอบคลุมมากที่สุด ดังนั้นในระบบข่ายสายเคเบิลส่วนใหญ่จึงใช้ระบบ Indirect Feed ต่อเชื่อมจากชุมสายโทรศัพท์มายังบ้านลูกค้าสำหรับระบบข่ายสายของ TOT ใช้ทั้งระบบ Direct Feed และระบบ Indirect Feed

การบำรุงรักษาข่ายสายเคเบิล ระบบ Indirect Feed

1. การบำรุงรักษาเคเบิลต้นทาง (Primary Cable)
2. การบำรุงรักษาเคเบิลปลายทาง (Secondary Cable)

ภาพที่ 4.1

การแบ่งข่ายสายเคเบิลเป็น 2 ส่วนในระบบ Indirect Feed



1. การบำรุงรักษาเคเบิลต้นทาง (Primary Cable) เป็นข่ายสายเคเบิลที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสาย โทรศัพท์กับตู้ผ่าน (Cabinet) มีข้อควรพิจารณา 3 ประการ คือ

- ด้านกายภาพ(Physical) เคเบิลมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก เนื่องจากจำนวนคู่สายเคเบิลมีจำนวนตั้งแต่ 600 - 3,000 คู่สาย ขนาดตัวนำคู่สาย 0.40 - 0.90 มม² ลักษณะด้านกายภาพดังกล่าว ทำให้ต้องสร้างข่ายสายเคเบิลโดยร้อยในท่อร้อยสายโทรศัพท์ที่ใต้ดิน เคเบิลที่ใช้งานประเภท AP-FSF (Foam / Skin Insulation AP Filled Cable) เคเบิลและหัวต่อเคเบิลที่บ่อ Manhole จมน้ำตลอดเวลา

- การตรวจแก้และบำรุงรักษาเคเบิล (Line Maintenance) ในด้านคุณภาพการบริการนั้น การสร้างข่ายสายเคเบิลใต้ดิน จะให้คุณภาพของการให้บริการและความเชื่อถือสูงว่าการสร้างข่ายสายเคเบิลอากาศ แต่ถ้าคุณภาพงานสร้างข่ายสายเคเบิลใต้ดินดำเนินการไม่ได้มาตรฐาน อาจเนื่องมาจากพนักงานช่างขาดความชำนาญหรือขาดความระมัดระวังในการทำงาน ผลที่ตามมาคือข่ายสายเคเบิลมีอายุการใช้งานสั้นกว่าปกติโดยทั่วไป สำหรับการบำรุงรักษาเมื่อคู่สายใช้งานเกิดขัดข้อง พนักงานช่างจะทำการเปลี่ยนคู่สายโดยใช้คู่สายว่างใกล้เคียงเปลี่ยนใช้งานแทน ในกรณีที่คู่สายใช้งานเกิดขัดข้องจำนวนมากและไม่มีคู่สายว่างเปลี่ยน (คู่สายว่างทุกคู่เสียหายหมด) ต้องทำการวัดหาระยะเหตุเสียหายของคู่สายใช้งานที่ขัดข้อง โดยใช้เครื่องมือวัดหาเหตุเสียหาย

เมื่อวัดได้ระยะเหตุเสียแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการเปิดบ่อกัก (Manhole) เพื่อหาเหตุเสียที่หัวต่อเคเบิล บางครั้งอาจพบหรือไม่พบเหตุเสียเคเบิล ต้องทำการวัดหาระยะเหตุเสียใหม่อีกครั้ง เหตุเสียที่พบส่วนใหญ่ น้ำเข้าหัวต่อเคเบิล รวมระยะเวลาจากเริ่มวัดหาเหตุเสียจนถึงเปิดบ่อ Manhole หาเหตุเสีย ใช้ระยะเวลาประมาณ 2 - 4 วัน ขึ้นอยู่กับบริเวณบ่อกัก (Manhole) ที่ทำการหาเหตุเสีย ถ้าอยู่ในผิวจราจรต้องขออนุญาตเจ้าพนักงานตำรวจก่อนปฏิบัติงาน จะเห็นว่าขั้วสายเคเบิลใต้ดิน คุณภาพของการให้บริการและมีความเชื่อถือสูงกว่าการสร้างขั้วสายเคเบิลอากาศ แต่การบำรุงรักษาเมื่อเคเบิลเกิดเหตุเสียขึ้นต้องใช้ระยะเวลาหลายวันในการดำเนินการแก้ไข

- ต้นทุนการบำรุงรักษา การพบเหตุเสียเคเบิลต้นทางส่วนใหญ่เกิดจากน้ำเข้าหัวต่อเคเบิล หากน้ำขังในหัวต่อเป็นเวลานานๆ จะทำให้ขั้วสายเคเบิลชำรุด การแก้ไขทำได้โดยการตัดต่อขั้วสายที่หัวต่อหรือเปลี่ยนเคเบิล 1 ช่วงหรือ 2 ช่วงบ่อกัก (Manhole) ขึ้นอยู่กับน้ำซึมเข้าเคเบิลหรือไม่ การเปลี่ยนทดแทนเคเบิลใต้ดินชำรุดต้องเปลี่ยนระหว่างบ่อกัก (Manhole) กับบ่อกัก (Manhole) โดยระยะบ่อประมาณ 185 - 215 เมตร การเปลี่ยนเคเบิลต้นทางใต้ดินเป็นต้นทุนการบำรุงรักษาที่สูงมาก ราคาเคเบิลใต้ดินขนาด 3,000 คู่สาย (G 3000-4A6) ราคาต่อ 100 เมตร เท่ากับ 256,900 บาท

ตารางที่ 4.1

ราคากลางงานจ้างเหมาสร้างขั้วสายโทรศัพท์ เลขที่ 186-192

9/8/2005

ราคากลาง

ชนิดงาน	เลขที่อ้างอิง	รายการก่อสร้าง	หน่วยนับ	ค่าเคเบิล	ค่าอุปกรณ์	ค่าแรง
C	186	G1200-4A6	100M	103,000.00	635.00	6,240.00
C	187	G1500-4A6	100M	130,400.00	635.00	6,240.00
C	188	G1800-4A6	100M	147,000.00	635.00	6,240.00
C	189	G2100-4A6	100M	181,400.00	635.00	7,490.00
C	190	G2400-4A6	100M	210,700.00	635.00	7,490.00
C	191	G2700-4A6	100M	233,300.00	635.00	7,490.00
C	192	G3000-4A6	100M	256,900.00	635.00	7,490.00

ที่มา: ฝ่ายมาตรฐานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

บริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

2. การบำรุงรักษาเคเบิลปลายทาง (Secondary Cable) เป็นสายเคเบิลที่ต่อเชื่อมจากตู้ผ่านไปยังตู้พักปลายทาง เพื่อรอให้บริการต่อสาย Drop Wire เข้าบ้านลูกค้า ลักษณะสายเคเบิลส่วนใหญ่แขวนไปตามเสาไฟฟ้าหรือเสาโทรศัพท์ ขนาดสายไม่เกิน 400 คู่สาย การตรวจแก้และบำรุงรักษาทำได้รวดเร็วกว่าเคเบิลต้นทาง การเปลี่ยนเคเบิลแทนของเดิมที่ชำรุดเปลี่ยนได้ตามความยาวที่ชำรุด ต้นทุนในการบำรุงรักษาถูกกว่าเคเบิลต้นทางเนื่องจากมีขนาดเล็กกว่า ราคาเคเบิลขนาด 400 คู่สาย(E400-5A2) ราคาต่อ 100 เมตร เท่ากับ 48,500 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ราคากลางงานจ้างเหมาสร้างสายสายโทรศัพท์ เลขที่ 115-121

9/8/2005

ราคากลาง

ชนิดงาน	เลขที่อ้างอิง	รายการก่อสร้าง	หน่วยนับ	ค่าเคเบิล	ค่าอุปกรณ์	ค่าแรง
C	115	E25-5A2	100M	4,800.00	2,950.00	2,500.00
C	116	E50-5A2	100M	8,000.00	2,950.00	2,500.00
C	117	E100-5A2	100M	14,500.00	2,950.00	2,500.00
C	118	E150-5A2	100M	19,200.00	2,950.00	2,500.00
C	119	E200-5A2	100M	25,000.00	2,950.00	2,500.00
C	120	E300-5A2	100M	39,800.00	2,950.00	2,500.00
C	121	E400-5A2	100M	48,500.00	2,950.00	2,500.00

ที่มา: ฝ่ายมาตรฐานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

บริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

ในการบำรุงรักษาสายเคเบิลนั้น เคเบิลต้นทาง(Primary Cable) เป็นส่วนที่มีต้นทุนในการบำรุงรักษาสูง ระยะเวลาในการตัดต่อคู่สายจำนวนมากเมื่อต้องเปลี่ยนเคเบิลรวมถึงเวลาการตรวจแก้ไขคืนดีค่อนข้างนานในสภาวะการณ์การแข่งขันรุนแรงดังเช่นปัจจุบัน รวมถึงการทำข้อตกลงการให้บริการ SLA (Service Level Agreement) ซึ่ง TOT ทำกับธนาคารพาณิชย์ สถาบันการเงิน และบริษัทอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ กำหนดระยะเวลาในการตรวจแก้คู่สายใช้งานเสีย เช่น คู่สายเช่าหลังจากแจ้งคู่สายใช้งานเสีย ต้องทำการแก้ไขให้สามารถใช้งานได้

ตามปกติภายใน 4 ชั่วโมง เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาค่าการใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier) ทดแทนเคเบิลทองแดงและตู้ผ่าน (Cabinet) จึงเป็นช่องทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น

4.1.3 การปรับปรุงเคเบิลเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งาน

สาเหตุที่ทำให้เคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานก่อนกำหนด ตามหัวข้อ 4.1.1 นั้น การแก้ไขสามารถทำได้โดยการตรวจสอบปรับปรุงเปลี่ยนเคเบิลที่เสื่อมสภาพชำรุดเป็นช่วงๆ เพื่อนำกลับมาใช้งานอีกครั้ง การตรวจสอบปรับปรุงเคเบิลแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบทางกายภาพข่ายสาย (Physical test) เป็นการตรวจสอบเบื้องต้น เพื่อให้ทราบเส้นทางข่ายสาย ขนาดและความยาวเคเบิลจากแบบข่ายสาย และทำการตรวจสอบในพื้นที่จริงด้วย ในขั้นตอนนี้ต้องการรายละเอียดเกี่ยวกับระยะทางรวมของข่ายสายเคเบิลจำนวนหัวต่อทั้งหมดทั้งเส้นทางก่อนการปรับปรุง จำนวนหม้อแปลง(ถ้ามี) ที่แนวข่ายสายเคเบิลอาจขาดผ่าน เสร็จแล้วนำข้อมูลรายละเอียดที่ได้ทั้งหมดบันทึกลงในแบบข่ายสายเคเบิล

2. ตรวจสอบคุณสมบัติเคเบิลก่อนการปรับปรุง (Pre-test ระดับ Prequalification) เป็นการตรวจสอบค่าต่างๆ ของเคเบิลที่ได้โดยการใช้เครื่องมือวัด และคำนวณค่าที่วัดได้นั้น นำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.1 คุณสมบัติของเคเบิลที่ส่งผลต่อการสื่อสาร ข้อมูล ค่าที่ตรวจสอบมีดังนี้

- คุณสมบัติพื้นฐาน : 1. ค่า Loop Resistance
- 2. ค่า Insulation Resistance
- 3. ค่า Mutual Capacitance
- 4. ค่า Aluminum Cable Shield Resistance
- 5. ระบบการต่อสายดิน
- คุณสมบัติทางไฟฟ้า AC: 1. Line Loss
- 2. Insertion Loss
- 3. Noise
- 4. Near-end Crosstalk
- 5. Impulse Noise

3. การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบก่อนการปรับปรุงเพื่อหาสาเหตุ (Fault Analysis) นำค่าที่ตรวจสอบได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามข้อ 2 มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเคเบิลที่กำหนดสำหรับการปรับปรุง ทำให้การปรับปรุงตรงตามสาเหตุที่แท้จริง เช่น อาจมีน้ำหรือความชื้นอยู่ในเคเบิล ค่า Aluminum Cable Shield Resistance มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน เส้นทางขายสายเคเบิลที่กำหนดปรับปรุงไม่มีการติดตั้งเหล็กดินเพื่อนำซีลด์เคเบิลลงดิน (Shield Grounding) ในระยะทางที่เหมาะสม เป็นต้น

4. การค้นหาตำแหน่งเสียและกำหนดเนื้องาน (Fault Location and Job Details) เพื่อทำการปรับปรุง สำหรับขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการค้นหาตำแหน่งเสียหรือช่วงขายสายเคเบิลที่เสียไม่สามารถใช้งานได้ โดยตัดช่วงคู่สายให้สั้นที่สุดเป็นช่วง ๆ แล้ว ตรวจสอบค่า ดังนี้

- ค่า Mutual Capacitance ตรวจสอบด้วยเครื่อง Subscriber Loop Analyzer
- ค่า Insulation Resistance ตรวจสอบด้วยเครื่อง Insulation Tester
- ตรวจสอบระยะทางที่เสียด้วยการตรวจสอบรูปสัญญาณด้วยเครื่อง TDR (Time Domain Reflect meter)

ในช่วงระยะเคเบิลที่ค่าทางไฟฟ้าไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จะกำหนดเป็นเนื้องานเพื่อปรับปรุงเป็นช่วงๆ เช่น ตรวจสอบพบเคเบิลมีความชื้นหรือน้ำเข้าเคเบิล ก็จะกำหนดเนื้องานเปลี่ยนเคเบิลเป็นช่วงๆ ตามที่ตรวจสอบพบหรือการติดตั้งแท่งเหล็กดินเพิ่มเติม เพื่อนำซีลด์เคเบิลลงดิน (Shield Grounding) เพิ่มคุณภาพขายสายเคเบิล เป็นต้น

5. ดำเนินการปรับปรุงตามเนื้องานที่กำหนด (Cable Rehabilitation)

เป็นขั้นตอนการปรับปรุงเคเบิลตามเนื้องานที่กำหนดตามข้อ 4

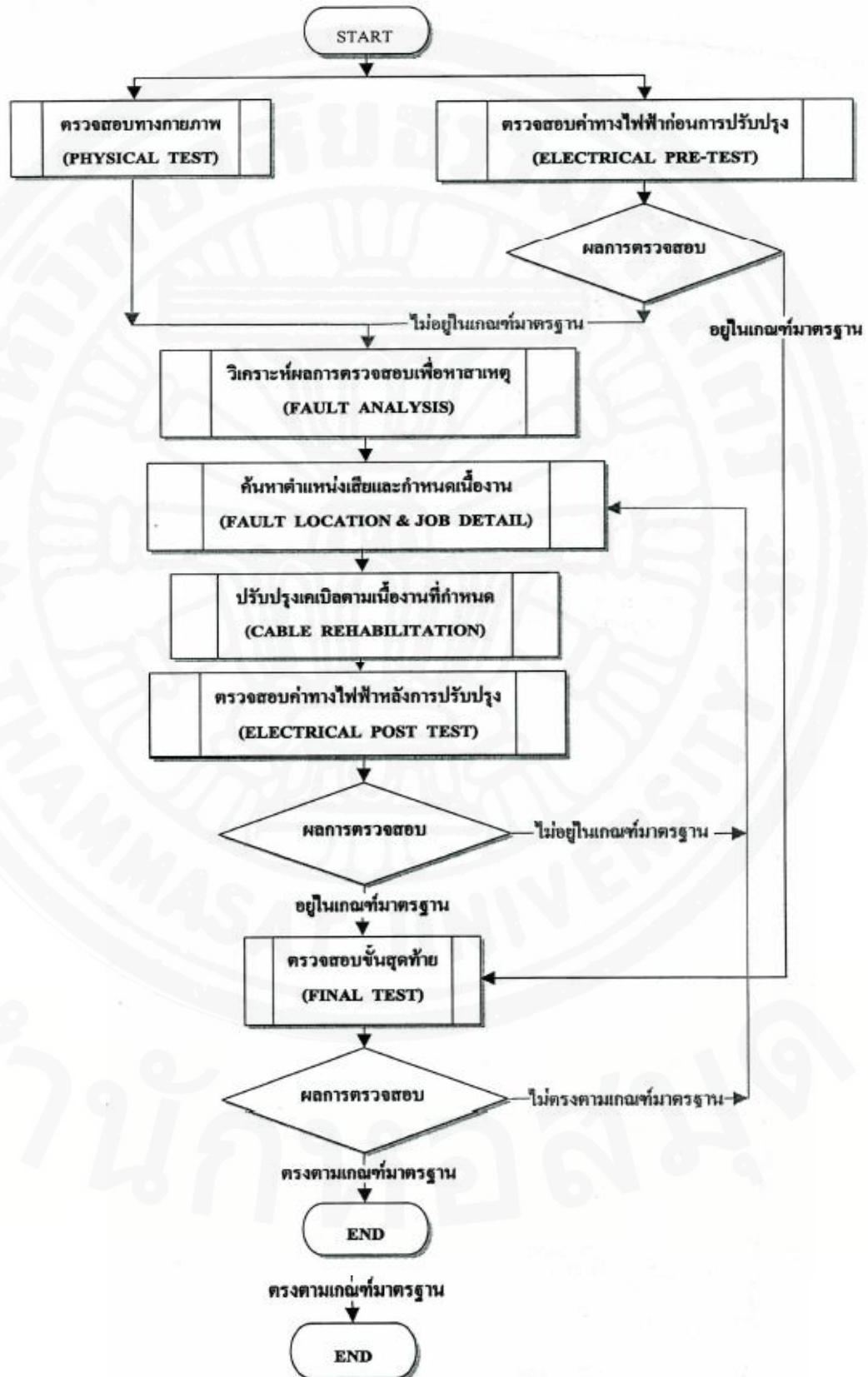
6. ตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าหลังการปรับปรุง (Post test ระดับ Prequalification)

เมื่อดำเนินการปรับปรุงเคเบิลตามเนื้องานที่กำหนดเสร็จแล้วจะดำเนินการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าหลังการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบค่าทางไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง เพื่อให้แน่ใจว่าการปรับปรุงเคเบิลที่ดำเนินการเสร็จ ขายสายเคเบิลหรือหัวต่อที่ด้อยคุณภาพได้รับการปรับปรุงทุกจุด โดยทำการตรวจสอบคู่สายเดิมที่ตรวจสอบก่อนการปรับปรุง รวมทั้งเครื่องมือตรวจสอบ รูปแบบและหัวข้อตรวจสอบดำเนินการเช่นเดียวกับก่อนการปรับปรุง

7. Final test เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าคุณภาพคู่สายที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ในขั้นตอนการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าหลังการปรับปรุง สามารถนำไปใช้งานสื่อสารข้อมูลประเภทต่าง ๆ ได้

ภาพที่ 4.2

ขั้นตอนการปรับปรุงเคเบิลเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งาน



4.1.4 การใช้ระบบตรวจสอบน้ำเข้าหัวต่อเคเบิลใต้ดิน

ข่ายสายเคเบิลต้นทาง (Primary Cable) ที่ใช้กันอยู่นั้น ส่วนใหญ่ร้อยอยู่ในท่อร้อยสายโทรศัพท์ใต้ดิน โดยมีหัวต่อเคเบิลอยู่ที่บ่อพัก (Manhole) ท่อร้อยสายและบ่อพัก (Manhole) เหล่านี้ น้ำจะท่วมขังตลอดเวลาจะนั้นโอกาสที่น้ำท่วมขังนี้จะไหลซึมเข้าไปในหัวต่อที่มีรอยร้าวหรือรอยชำรุดกลางสายเคเบิลเกิดขึ้นได้เสมอ เมื่อน้ำซึมเข้าหัวต่อเป็นเวลานานๆ จะทำความเสียหายกับคู่สายที่ใช้งานอยู่

กองวิจัยอุปกรณ์ต่อนอก ส่วนวิจัยและพัฒนา องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย คิดค้นและพัฒนาระบบตรวจสอบน้ำเข้าหัวต่อเคเบิลใต้ดินขึ้นมาใช้งานเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์แจ้งเหตุเสียอันเนื่องมาจากน้ำเข้าหัวต่อเคเบิลใต้ดิน ซึ่งเดิมนั้นไม่มีระบบตรวจสอบอื่นใดมาช่วยทำการตรวจสอบหรือแจ้งเหตุเสียให้ทางหน่วยงานที่ดูแลรักษาเคเบิลได้ทราบ จึงเกิดปัญหาในงานบำรุงรักษาเพราะกว่าที่ผู้ปฏิบัติงานจะทราบว่าน้ำเข้าไปในหัวต่อเคเบิล ก็เกิดความเสียหายกับคู่สายใช้งานไปก่อนแล้วเป็นจำนวนมาก เพราะน้ำรั่วซึมเข้าไปขังอยู่ในหัวต่อ (Closure) จนกระทั่งตัวต่อคู่สาย (Wire Connector Module) และคู่สายโทรศัพท์ชำรุดจนไม่สามารถแก้ไขได้ ต้องทำการตัดต่อหัวต่อนั้นใหม่ทั้งหมด เป็นเหตุให้เกิดความสูญเสียค่าใช้จ่ายและเวลาเป็นอันมากยิ่งไปกว่านั้นถ้า น้ำที่ขังอยู่ในหัวต่อเคเบิล ซึมเข้าไปยังคู่สายในเคเบิล ทั้งสองด้านของหัวต่อก็ยิ่งเกิดความเสียหายมากขึ้น ทำให้เกิดความสูญเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากเพราะต้องทำการเปลี่ยนเคเบิลช่วงนั้นใหม่

ตารางที่ 4.3

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายหัวต่อเคเบิลปกติกับหัวต่อเคเบิลที่ติดตั้ง TOT Sensor

ประเภทเหตุเสีย	ค่าใช้จ่าย(บาท)	ค่าใช้จ่ายในการแก้ไขเหตุ	ประหยัดค่าใช้จ่าย
1.ซ่อมตัดต่อ	45,700	เสียหัวต่อที่ติดตั้ง Sensor	25,800
2.ซ่อมตัดต่อ 2 หัวต่อและเปลี่ยนเคเบิล 1 เส้น (3000x0.40 AP-FSF)	964,400	ทำให้ทราบเหตุล่วงหน้า คู่สายไม่ชำรุดเสียหาย ค่าใช้จ่ายรวมประมาณ	944,500
3.ซ่อมตัดต่อ 3 หัวต่อและเปลี่ยนเคเบิล 2 เส้น (3000x0.40 AP-FSF)	1,973,100	19,900 บาทต่อการเปลี่ยนหัวต่อพร้อมติดตั้ง Sensor ใหม่หนึ่งครั้ง	1,953,200

ที่มา : ส่วนวิจัยและพัฒนา องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

จากตารางที่ 4.3 เป็นค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาเคเบิลเมื่อเกิดเหตุเสียน้ำเข้าหัวต่อเคเบิล ทำให้คู่สายไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป

รายการที่ 1 การตัดต่อเพิ่มสายที่หัวต่อ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น คือ ค่าพัสดุดต่อคู่สาย (Wire Connector Module) ค่าแรงงาน ค่าพัสดูหุ้มหัวต่อ (Closure) รวมค่าใช้จ่าย 45,700 บาท

รายการที่ 2 การเปลี่ยนเคเบิลขนาด 3,000 คู่สาย ความยาว 1 ช่วงบ่อ ประมาณ 200 เมตร ตัดต่อคู่สาย 2 หัวต่อ ค่าใช้จ่ายรวม 964,400 บาท

รายการที่ 3 การเปลี่ยนเคเบิลขนาด 3,000 คู่สาย ความยาว 2 ช่วงบ่อ ประมาณ 400 เมตร ตัดต่อคู่สาย 3 หัวต่อ ค่าใช้จ่ายรวม 1,973,000 บาท

แต่ถ้าติดตั้งระบบตรวจสอบน้ำเข้าหัวต่อเคเบิลได้ดิน เมื่อน้ำซึมเข้าหัวต่อ TOT Sensor ทำงานทำให้ทราบว่าหัวต่อมีน้ำเข้า ทำการเปลี่ยนหัวต่อและติดตั้ง TOT Sensor ใหม่ ค่าใช้จ่ายต่อครั้ง 19,900 บาท ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากและไม่ทำให้คู่สายใช้งานเสียหาย

ลักษณะการทำงานระบบตรวจสอบน้ำเข้าหัวต่อเคเบิลได้ดิน ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. ตัวอุปกรณ์ตรวจจับน้ำหรือของเหลว (TOT Sensor) ทำหน้าที่เป็นชุดสวิทช์ปิดและเปิดวงจรไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อติดตั้งไว้ในหัวต่อเคเบิลต้นทางใต้ดินที่อยู่ในบ่อพัก (Manhole) ประกอบด้วย

- ชุดสวิทช์ ประกอบด้วย 2 ขั้ว ขั้วหนึ่งต่อกับแกนกลางและอีกขั้วหนึ่งจะต่อกับสปริง ภาวะปกติจะเป็นวงจรเปิด ชุดสวิทช์นี้จะใช้แผ่นสแตนเลสกลม ที่ต่อกับชุดสายขยายตัวทำหน้าที่เป็นหน้าสัมผัสปิด-เปิดวงจร

- ชุดสายขยายตัว จะบรรจุสายขยายตัวในกระป๋องกลม เมื่อน้ำไหลซึมเข้าไปในกระป๋องนี้ สายขยายตัวจะขยายตัวได้มากกว่า 100 เท่า ทำให้เกิดแรงดันไปดันชุดสวิทช์ให้วงจรปิด

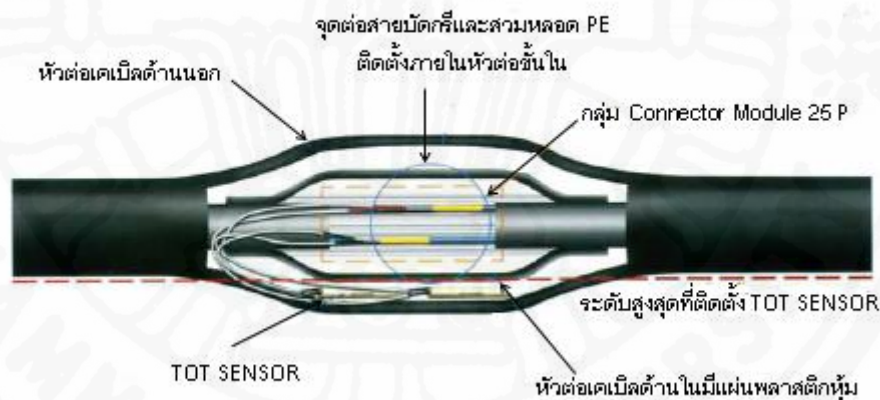
- ชุดสายตัวนำ เป็นสายไฟที่ต่อกับชุดขั้วของสวิทช์เพื่อนำไปต่อกับคู่สายเคเบิลที่กำหนดให้เป็นคู่สายเตือน (Alarm)

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับน้ำหรือของเหลว (TOT Sensor) จะติดตั้งคู่สายเตือน (Alarm) ที่ถูกกำหนดขึ้นและตรวจสอบแล้ว ตำแหน่งของการติดตั้งจะติดตั้งในตำแหน่ง 6 นาฬิกาของหน้าตัดสาย ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ต่ำสุดที่จะดูดซึมน้ำได้ดีที่สุด

ภาพที่ 4.3
อุปกรณ์ตรวจจับสน้ำหรือของเหลว(TOT Sensor)



ภาพที่ 4.4
การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสน้ำหรือของเหลว(TOT Sensor) ในหัวต่อเคเบิล



2. ชุดแสดงผลระบบตรวจสอบน้ำเข้าหัวต่อเคเบิล (Monitor Alarm) ติดตั้งอยู่ในห้อง MDF ชุมสายโทรศัพท์ ทำหน้าที่บอกสัญญาณเตือน ให้รู้ว่ามีเหตุเสียหายจากน้ำเข้าไปในหัวต่อเคเบิลใต้ดินที่เคเบิลเส้นใดหรือจุดใด ตัวอุปกรณ์ Monitor Alarm มีขนาดมาตรฐานและรูปหน้าปัดเป็นกล่องสี่เหลี่ยม บรรจุ Line Card ได้ 10 ชุด และ Line Card แต่ละชุดแสดงผลได้ 8 เส้นทาง ดังนั้น อุปกรณ์ Monitor Alarm 1 ชุด แสดงผลได้รวม 80 เส้นทาง การแสดงผลแต่ละเส้นทาง จะแสดงผลด้วยหลอด LED จำนวน 2 หลอด โดยหลอดไฟสีเขียวจะแสดงสภาวะปกติ หลอดไฟสีแดงจะแสดงสภาวะที่เกิดเหตุเสียหาย

ภาพที่ 4.5

ชุดแสดงผลระบบตรวจสอบน้ำเข้าหัวต่อเคเบิล (Monitor Alarm)



การทำงานของระบบตรวจสอบน้ำเข้าหัวต่อเคเบิลได้ดินนั้น เมื่อน้ำเริ่มซึมเข้าไปในหัวต่อ แต่ยังไม่ทันทำให้คู่สายที่ใช้งานเสียหาย อุปกรณ์ตรวจจับน้ำหรือของเหลว(TOT Sensor) ตรวจจับพบน้ำและทำให้ชุดสายขยายตัวดันชุด Switch ให้วงจรปิด อุปกรณ์ Monitor Alarm ทำงานจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนให้ผู้รับผิดชอบทราบและรีบดำเนินการแก้ไขได้อย่างทันท่วงที ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบตรวจสอบน้ำเข้าหัวต่อเคเบิลได้ดิน

- ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของสายเคเบิล
- ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาโดยเปลี่ยนเฉพาะหัวต่อและอุปกรณ์ตรวจจับน้ำหรือของเหลว(TOT Sensor) เท่านั้น
- ลดระยะเวลาการหาเหตุเสียและการตรวจแก้คืนดี
- เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ ผู้ใช้บริการใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง
- เป็นการบำรุงรักษาเคเบิลได้ดินในลักษณะแบบป้องกัน(Preventive Maintenance)

อย่างไรก็ตามการนำระบบตรวจสอบน้ำเข้าหัวต่อเคเบิลใต้ดินมาใช้กับข่ายสายเคเบิลที่มีอยู่เดิมของบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ยังอยู่ในจำนวนที่น้อยมาก เนื่องจากผู้มีอำนาจอนุมัติงบประมาณมองว่าเป็นการสิ้นเปลืองโดยมองว่าหัวต่อเดิมยังไม่หมดอายุการใช้งาน แต่สำหรับการสร้างข่ายสายเคเบิลใหม่นั้น บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) มีข้อกำหนดทางเทคนิคจะต้องติดตั้ง TOT Sensor ในหัวต่อเคเบิลใต้ดินทุกหัวต่อ

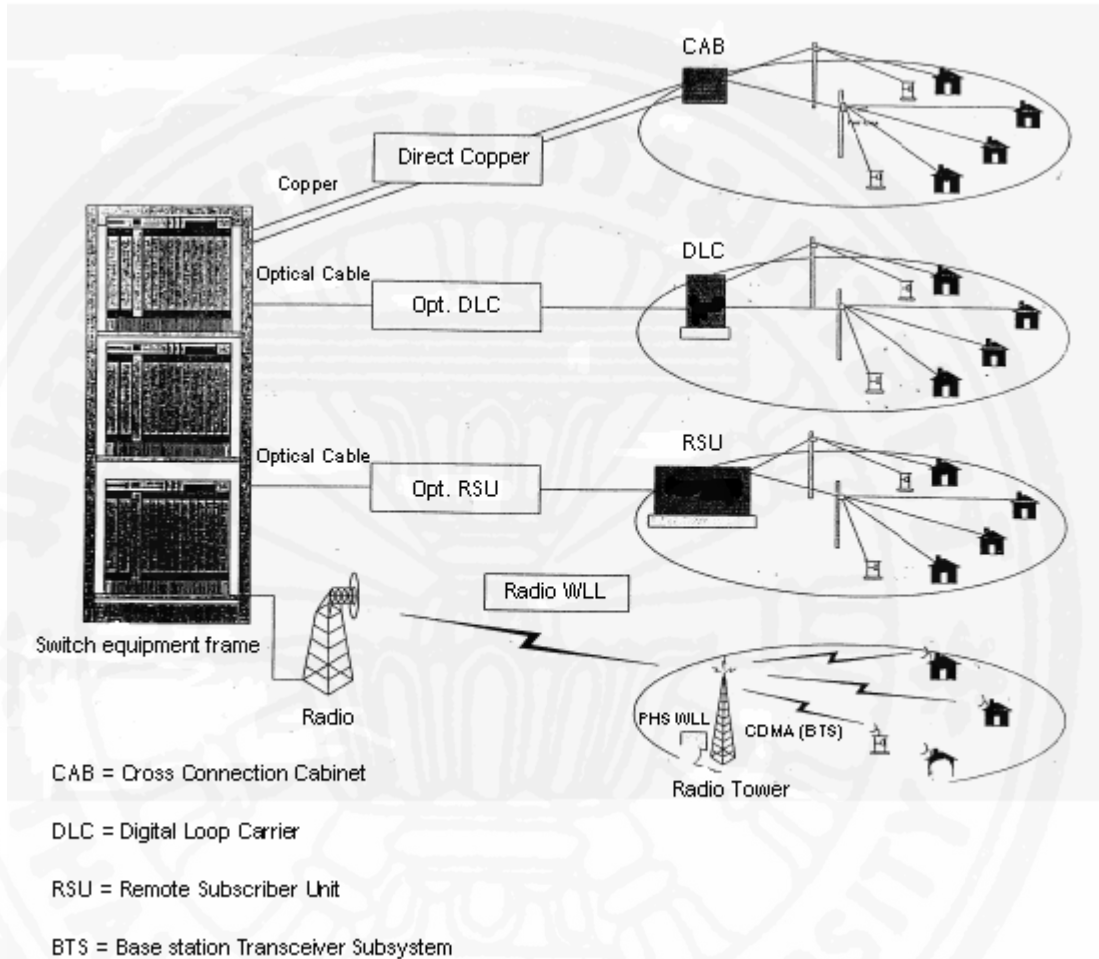
4.2 เทคโนโลยีที่ใช้ทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ

เทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ทดแทนและมีลักษณะใกล้เคียงกันกับรูปแบบข่ายสายเคเบิลเดิม ซึ่งจะนำมาพิจารณา จำนวน 4 เทคโนโลยี คือ

- 4.2.1 การสร้างข่ายสายเคเบิลทดแทนเคเบิลเดิม
- 4.2.2 เคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier)
- 4.2.3 ชุมสายโทรศัพท์ RSU (Remote Subscriber Unit)
- 4.2.4 ระบบ WLL (Wireless Local Loop)

ชำนาญการหอสมุด

ภาพที่ 4.6
รูปแบบเทคโนโลยีการให้บริการโทรศัพท์

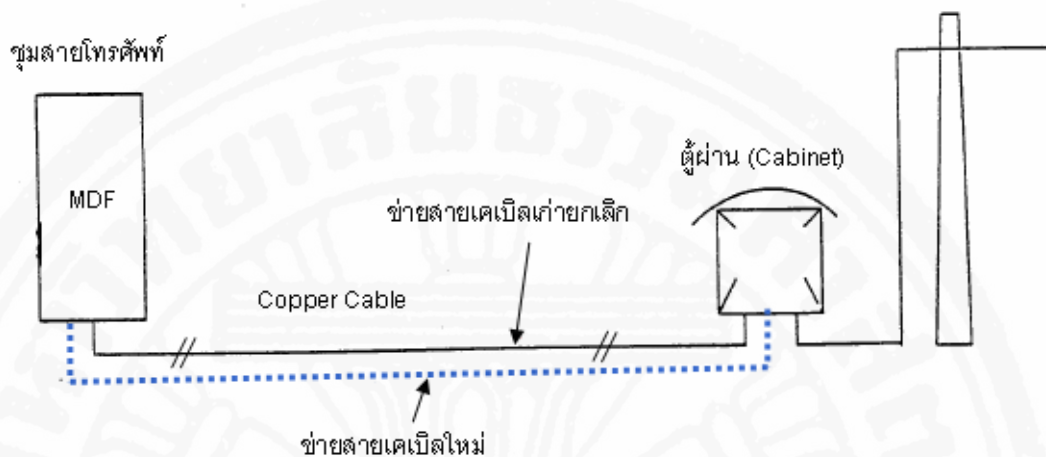


4.2.1 การสร้างข่ายสายเคเบิลทดแทนเคเบิลเดิม

เป็นวิธีการที่มีรูปแบบและลักษณะการทดแทนเหมือนเดิมทุกอย่าง เพียงแต่ข่ายสายเคเบิลเป็นของใหม่ เทคโนโลยีไม่ซับซ้อน

ภาพที่ 4.7

รูปแบบการสร้างข่ายสายเคเบิลทดแทนเคเบิลเดิม



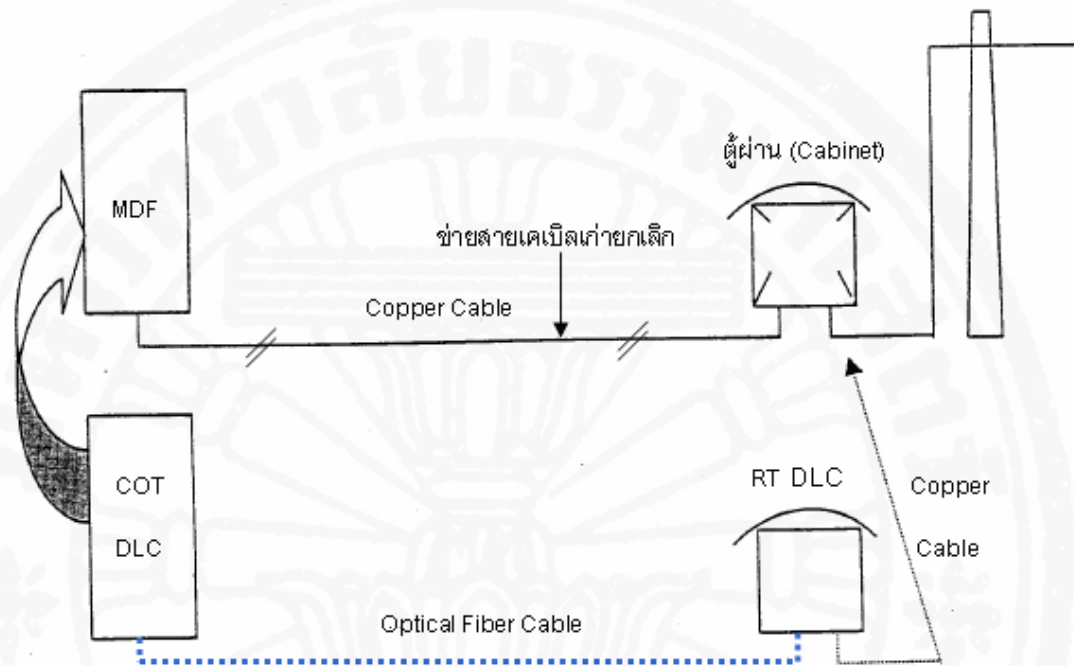
4.2.2 สายเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier)

อุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier) เป็นอุปกรณ์ที่นำสัญญาณจากชุมสายโทรศัพท์ไปถึงผู้ใช้งาน โดยติดตั้งอุปกรณ์รวมสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ (Central Office Terminal) ผ่านระบบสื่อสารสัญญาณที่มีอยู่ในตัวอุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier) หรืออุปกรณ์สื่อสารสัญญาณจากภายนอก (ระบบสื่อสารสัญญาณใช้สาย Optical Fiber) ไปที่อุปกรณ์ปลายทาง (Remote Terminal) เพื่อให้บริการกับผู้เช่า มีขนาดตั้งแต่ 30, 60, 120, 240, 360, 480, 1920 เลขหมาย ขึ้นอยู่กับความต้องการ

DLC (Digital Loop Carrier) ส่วนที่ต่อจากอุปกรณ์ปลายทาง (Remote Terminal) จะเป็นข่ายสายเคเบิลทองแดง เพื่อออกไปให้บริการลูกค้า อุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier) เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ที่มีความต้องการบริการที่หลากหลาย

ภาพที่ 4.8

รูปแบบการทดแทนข่ายสายเคเบิลทองแดงด้วยสายเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC



4.2.3 ชุมสายโทรศัพท์ RSU(Remote Subscriber Unit)

การให้บริการโทรศัพท์ โดยการตั้งชุมสายย่อยขึ้นในพื้นที่ที่มีความต้องการโทรศัพท์ ระบบสื่อสัญญาณใช้สาย Optical Fiber หรือ ระบบ Microwave ชุมสายโทรศัพท์ RSU มีขนาด ตั้งแต่ 128, 256, 512, 1024, 2048 เลขหมาย โดยให้บริการโทรศัพท์พื้นฐาน และบริการ ISDN ข้อควรพิจารณาที่ต้องคำนึงถึงคือ

- การต่อกับชุมสายหลัก เป็นลักษณะ Proprietary Interface ซึ่งต้องจัดซื้อ กับบริษัทผู้ผลิตชุมสายหลักเท่านั้น การจัดซื้อเป็นลักษณะ Repeat order
- ต้องพิจารณาว่าพื้นที่นั้นมีความต้องการบริการอื่น ๆ เช่น Leased Line หรือไม่ เนื่องจากชุมสายโทรศัพท์ RSU ไม่สามารถให้บริการได้โดยตรง
- ปัจจุบันมีปัญหาการบำรุงรักษาเกี่ยวกับตัวอุปกรณ์บางชนิดบริษัทเล็กผลิต แล้ว ชุมสายโทรศัพท์ RSU(Remote Subscriber Unit) ได้รับการเปลี่ยน(Replace)ใช้อุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier) แทน

ภาพที่ 4.9

ชุมสายโทรศัพท์ RSU (Remote Subscriber Unit)



4.2.4 ระบบ WLL (Wireless Local Loop)

เป็นการให้บริการโดยใช้ระบบวิทยุ แบบ Point to Multi-Point เนื่องจากในพื้นที่ที่มีความต้องการโทรศัพท์ที่มีลักษณะกระจายกระจัดกระจาย หรือการสร้างข่ายสาย, ขยายข่ายสายทำได้ยากลำบาก มีการลงทุนสูง ระบบนี้มีอุปกรณ์ของสถานีแม่ข่ายเชื่อมต่อกับระบบชุมสายด้วย 2W Analog Interface หรือ V5.2 Digital Interface และเชื่อมต่อกับสถานีลูกข่ายด้วยคลื่นวิทยุ ระบบนี้สามารถให้บริการโทรศัพท์พื้นฐาน (Voice) บริการข้อมูล (Data) และบริการ ISDN ระบบ WLL แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ตามลักษณะการใช้งานดังนี้

- WLL ที่ให้บริการในเขตเมืองหรือชุมชนที่มีความหนาแน่นมากระบบนี้ จะมีรัศมีการให้บริการจากสถานีแม่ข่ายได้ไกลประมาณ 3-5 กิโลเมตร การออกแบบระบบสามารถรองรับจำนวนเลขหมายได้มาก โดยที่เครื่องลูกข่ายมีขนาดเล็กกำลังส่งไม่สูงและติดตั้งได้ง่าย
- WWLL (Wide Area Wireless Local Loop) เป็นการให้บริการในเขตชานเมืองที่มีชุมชนความหนาแน่นน้อย และอยู่ห่างไกลจากชุมสายโทรศัพท์มาก ระบบนี้จะมีรัศมีการให้บริการประมาณ 10-30 กิโลเมตร จากสถานีแม่ข่าย การออกแบบระบบสามารถรองรับจำนวนเลขหมายได้มาก การติดตั้งสถานีลูกข่ายค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากระยะทางไกล ทำให้ต้องมีการก่อสร้างเสาอากาศเพื่อใช้ติดตั้งสายอากาศให้มีความสูงที่เหมาะสมเพียงพอ ในการรับส่งคลื่นวิทยุกับสถานีแม่ข่าย

ข้อควรพิจารณาที่ต้องคำนึงถึง

- ข้อจำกัดในการออกแบบด้านการวางแผนการใช้ความถี่วิทยุ เนื่องจากคลื่นความถี่วิทยุมีจำนวนจำกัด การรบกวนกันของคลื่นความถี่วิทยุอาจเกิดขึ้นได้
- การใช้ความถี่วิทยุจะต้องได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์โทรเลขและต้องจ่ายค่าธรรมเนียมการใช้ความถี่เป็นรายปี

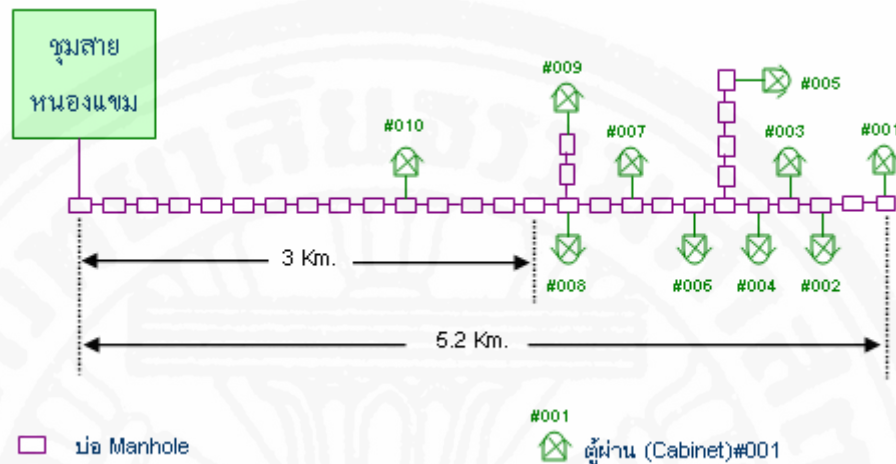
การศึกษากาการใช้เทคโนโลยี Optical Fiber Cable ร่วมกับอุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier) ทดแทนเคเบิลทองแดง จะพิจารณาในส่วนของ Access network ในประเภทการสื่อสารทางสาย (Wire Line) ดังนั้น ระบบ WLL (Wireless Local Loop) จึงไม่อยู่ในขอบเขตการค้นคว้าอิสระที่ทำการศึกษา

4.3 รูปแบบการทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ

การค้นคว้าอิสระนี้ศึกษาแบบการทดแทนเคเบิลที่เสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งาน ใน 2 รูปแบบ คือ การทดแทนข่ายสายเคเบิลทองแดงที่เสื่อมสภาพด้วยข่ายสายเคเบิลทองแดง และการทดแทนข่ายสายเคเบิลทองแดงที่เสื่อมสภาพ ด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับ DLC (Digital Loop Carrier) ทั้งสองรูปแบบ ทำการเลือกพื้นที่ตัวอย่างเพื่อศึกษา 1 พื้นที่ อยู่ในความรับผิดชอบของศูนย์บริการลูกค้า ทีโอที สาขาหนองแขม เลือกเคเบิลต้นทาง(Primary Cable) เส้น 10 ชุมสายหนองแขม ลักษณะเคเบิลใต้ดิน ขนาด 3,000 คู่สาย ระยะทางจาก MDF ชุมสายโทรศัพท์ถึงตู้ผ่าน(Cabinet) สุดท้าย 5.2 กิโลเมตร รวม 10 ตู้ผ่านแต่ละตู้ผ่านมีคู่สายต้นทาง 300 คู่สาย เคเบิลร้อยในท่อร้อยสายผ่านบ่อ Manhole จำนวน 26 บ่อ ดังแสดงในภาพที่ 4.10

ภาพที่ 4.10

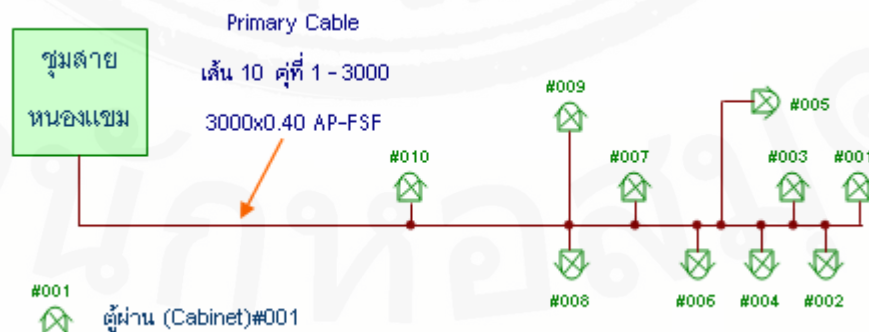
ข่ายสายเคเบิลต้นทาง เส้น 10 ผ่านบ่อ Manhole จากชุมสายไปยังตู้ผ่าน



เส้นทางข่ายสายเคเบิลต้นทาง เส้น 10 ให้บริการตามแนวถนนเพชรเกษม ไปทาง นครปฐม จากชุมสายหนองแขม ผ่านแยกถนนเศรษฐกิจ 1 แยกถนนพุทธมณฑลสาย 5 เทศบาล อ้อมน้อย เทศบาลอ้อมใหญ่ สิ้นสุดบริเวณทางเข้าวัดอ้อมใหญ่ กลุ่มลูกค้าส่วนใหญ่เป็นโรงงาน อุตสาหกรรม ธนาคารพาณิชย์ โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า Big C สาขาอ้อมใหญ่ และบ้านพักอาศัย เลขหมายให้บริการประมาณ 3,000 เลขหมาย

ภาพที่ 4.11

ข่ายสายเคเบิลต้นทาง เส้น 10 ผ่านบ่อ Manhole จากชุมสายไปยังตู้ผ่าน

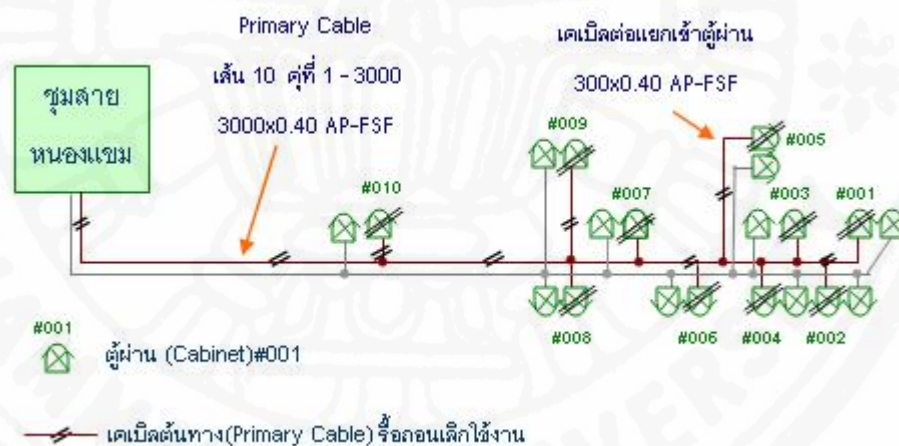


4.3.1 การทดแทนขั้วสายเคเบิลทองแดงที่เสื่อมสภาพด้วยขั้วสายเคเบิลทองแดง

รูปแบบขั้วสายเคเบิลเหมือนเดิมทุกประการ เปลี่ยนแต่ขั้วสายเคเบิลใหม่และรื้อถอนเคเบิลเดิม ในภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนทดแทนเคเบิลเดิมที่เสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งาน จากชุมสายโทรศัพท์หนองแขมไปยังตู้ผ่าน #001 ถึง ตู้ผ่าน #010 เคเบิลต้นทาง(Primary Cable) ขนาด 3,000 คู่สาย เคเบิลใต้ดินชนิด AP-FSF (Foam / Skin Insulation AP Filled Cable) ความโตตัวนำคู่สายขนาด 0.40 มม.² และเคเบิลต่อแยกเข้าตู้ผ่านทุกตู้ ขนาด 300 คู่สาย เคเบิลใต้ดินชนิด AP-FSF ความโตตัวนำคู่สายขนาด 0.40 มม.²

ภาพที่ 4.12

รูปแบบการการทดแทนขั้วสายเคเบิลทองแดงที่เสื่อมสภาพด้วยขั้วสายเคเบิลทองแดง



หลังการตัดถ่ายเคเบิลเส้นใหม่ ทดแทนเคเบิลเดิมที่เสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งาน เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ ทำการรื้อถอนเคเบิลเลิกใช้งาน ซึ่งรูปแบบขั้วสายเคเบิลมีลักษณะเหมือนภาพที่ 4.11

4.3.2 การทดแทนสายเคเบิลทองแดงที่เสื่อมสภาพด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับ DLC(Digital Loop Carrier)

การออกแบบข่ายสายเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับ DLC (Digital Loop Carrier) ทดแทนเคเบิลทองแดง เพื่อ

1. เปลี่ยนเคเบิลต้นทางทองแดงต้นทาง(Primary Cable) ที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งานให้เป็นเคเบิลใยแก้วนำแสง โดยใช้อุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier) ไปแทนที่ตู้ผ่าน (Cabinet)
2. ทำให้ระยะเคเบิลทองแดงลดน้อยลง ส่งผลทำให้การส่งสัญญาณที่มีคุณภาพ ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการส่งข้อมูลความเร็วสูงผ่านเคเบิลทองแดงได้ดียิ่งขึ้น เช่น การใช้ Internet, High Speed Internet, การใช้อุปกรณ์คู่สายเช่า (Leased Line)
3. เพิ่ม Capacity ของท่อร้อยสายให้เกิดประโยชน์สูงสุด และช่วยลดขนาดเคเบิลใต้ดินและอากาศให้มีขนาดเล็กลง

การออกแบบจะออกแบบให้เป็นลักษณะ Star (Star Configuration) ดังนี้

- ตู้ผ่าน (Cabinet) ขนาด 900 คู่สาย 1 ตู้ แทนด้วย RST (Remote Subscriber Terminal) 360 คู่สาย 1 ตู้
- การคำนวณ Optical Fiber Cable ที่ออกจากชุมสาย จากตารางที่ 4.4
- RST (Remote Subscriber Terminal) 1 ตู้ ใช้ Optical Fiber Cable ขนาด 12 Fibers โดยใช้งานจริงต่อ 1 RST คือ 4 Fibers (2 Fibers เพื่อใช้งาน, 2 Fibers เพื่อสำรอง)
- การออกแบบเปลี่ยนเคเบิลทองแดง เป็น Optical Fiber Cable ให้คงการวางเคเบิลเหมือนเดิมให้มากที่สุด

ตารางที่ 4.4
จำนวนตู้ RST (Remote Subscriber Terminal) ทั้งเส้นทางกับเคเบิลใยแก้วนำแสง

จำนวนตู้ RST ทั้งเส้นทาง	จำนวน Fiber ใช้งาน	สำรอง Fiber 20 %	Optical Fiber Cable ออกจากชุมสาย
3	12	14	24
4	16	19	24
5	20	24	24
6	24	29	48
7	28	34	48
8	32	38	48
9	36	43	48
10	40	48	48

ที่มา: ส่วนมาตรฐานข่ายสาย บริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

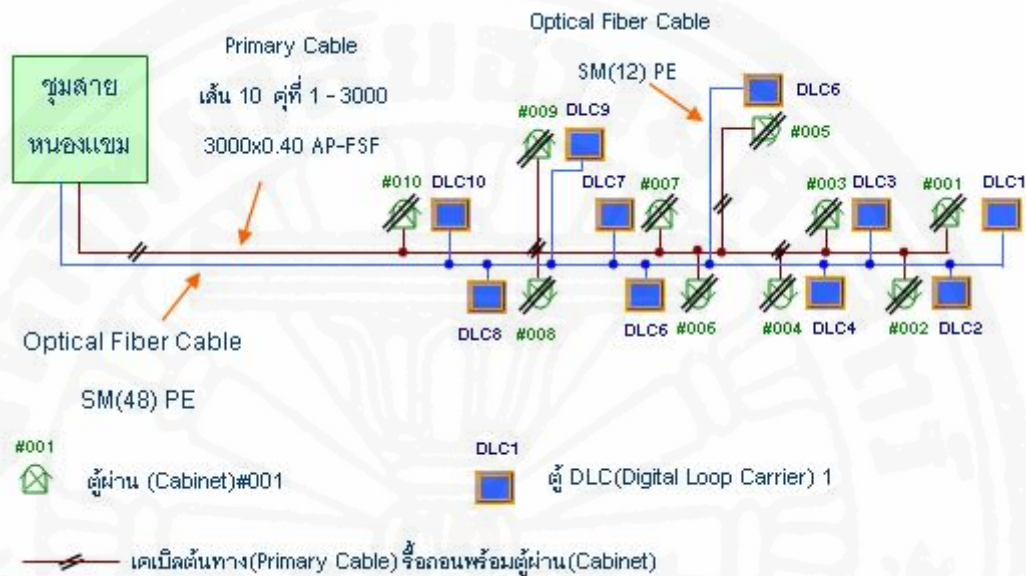
ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ DLC กับชุมสายของ TOT มี 2 ลักษณะดังนี้

- 2 Wire Interface เป็นการนำเอาอุปกรณ์ LET (Local Exchange Terminal) ต่อกับชุมสายโทรศัพท์ที่แผง MDF (Main Distribution Frame) โดยตรงระบบนี้เรียกว่า UDLC (Universal DLC)
- V 5.2 Interface นำสัญญาณ E1 จากชุมสายต่อเข้ากับอุปกรณ์ DLC โดยชุมสายโทรศัพท์ต้องเป็น V 5.2 Interface ระบบนี้เรียกว่า IDLC (Integrated DLC)

ในการศึกษา DLC ที่นำมาใช้เป็น IDLC โดยตั้งข้อสมมติฐานเบื้องต้น ชุมสายหนองแขมเป็นชุมสายระบบ V 5.2 Interface รูปแบบการทดแทนสร้างข่ายสายเคเบิลใยแก้วนำแสงชนิด Single Mode Optical Fiber Cable จากชุมสายหนองแขมไปตามแนวเคเบิลต้นทาง (Primary Cable) ที่เป็นข่ายสายเคเบิลทองแดงขนาด 3,000 คู่สาย ไปยังอุปกรณ์ตู้ DLC1 ถึง DLC10 ที่ติดตั้งทดแทนตู้ผ่าน (Cabinet) ดังภาพที่ 4.13

ภาพที่ 4.13

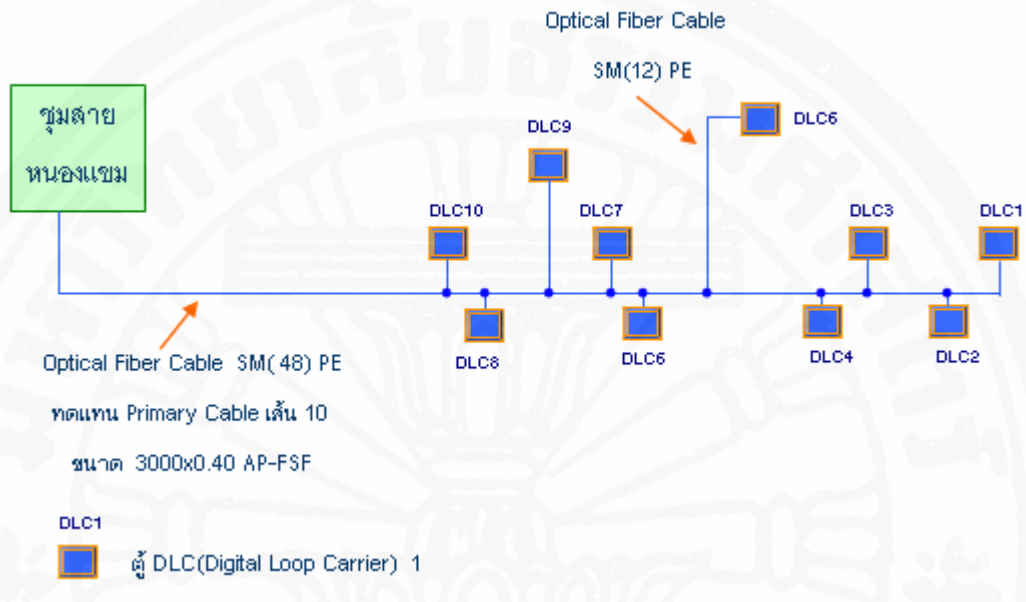
การทดแทนข่ายสายเคเบิลทองแดงด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ ตู้ DLC



หลังการตัดถ่ายเลขหมายโทรศัพท์เข้าอุปกรณ์ตู้ DLC เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ ทำการรื้อถอนเคเบิลเดิมที่เสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งาน ซึ่งรูปแบบข่ายสายเคเบิลใหม่มีลักษณะ ดังภาพที่ 4.14

ภาพที่ 4.14

รูปแบบข่ายสายเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ ตัว DLC



4.4 ต้นทุนการก่อสร้างทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ

การศึกษาต้นทุนการทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ ผู้วิจัยคิดต้นทุนการสร้างข่ายสายทดแทนเคเบิลทองแดง โดยคำนวณจากราคากลางสำหรับกรำ้งงานโครงการ ซึ่งจัดทำโดยส่วนมาตรฐานอุปกรณ์ข่ายสาย ฝ่ายมาตรฐานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร บริษัท ทศท คอปอร์เรชั่น จำกัด(มหาชน) ในการศึกษาจะเป็นการเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างรูปแบบการทดแทนข่ายสายเคเบิลทองแดงด้วยทองแดง และรูปแบบการใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC ทดแทนเคเบิลทองแดง โดยเลือกตัวอย่างพื้นที่ชุมสายหนองแขม ทดแทนเคเบิลขนาด 3000 คู่สาย ดังรายละเอียดดังภาพที่ 4.11

4.4.1 ต้นทุนการสร้างทดแทนด้วยเคเบิลทองแดง

รูปแบบการสร้างข่ายสายทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพด้วยเคเบิลทองแดง รายละเอียดดังภาพที่ 4.11 ต้นทุนการสร้างประกอบด้วยเคเบิลทองแดง ตู้ผ่าน (Cabinet) พัสตุสำหรับตัดต่อคู่สาย ต้นทุนการสร้างข่ายสายทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5

ประมาณการสร้างข่ายสายทดแทนเคเบิลเสื่อมสภาพด้วยเคเบิลทองแดง

ลำดับ	รายการ	หน่วย นับ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย			รวมทั้งหมด
				ค่าเคเบิล	ค่าแรง+ อุปกรณ์	รวม	
1	G3000 -.4R6 (เคเบิลขนาด 3000 คู่สาย)	100 M	50	256,900	8,125	265,025	13,251,250
2	G300 -.4R6 (เคเบิลขนาด 300 คู่สาย)	100 M	14	30,500	8,125	36,125	505,750
3	J3000 (ตัดต่อ 3000 คู่สาย ที่ Pod head ชุมสาย)	EACH	1	-	49,470	49,740	49,740
4	M3CP(R) (ตัดต่อ 3000 คู่สาย และ Closure)	EACH	26	-	23,225	23,225	603,850
5	M3BP(R) (ตัดต่อ 300 คู่สายและ Closure)	EACH	6	-	24,445	16,220	97,320
6	L900 เปลี่ยนตู้ผ่าน(Cabinet)	EACH	10	-	25,310	25,310	253,100
7	L25B2(IDC) ตัดต่อคู่สายที่แผงตู้ผ่าน(Cabinet)	EACH	360	-	2,170	2,170	781,200
8	TOT Sensor	EACH	32	-	215	215	6,880
9	WATERGUARD (เคเบิลขนาด 3000 คู่สาย)	EACH	26	-	4,450	4,450	115,700
10	WATERGUARD (เคเบิลขนาด 300 คู่สาย)	EACH	6	-	1,500	1,500	9,000
11	ค่าใช้จ่ายอื่นๆ						3,134,758
รวมต้นทุนในการสร้างเคเบิลทดแทน							18,808,548
	Y(N) 3000 -.4R6 (เคเบิลร้อยถอนขนาด 3000 คู่สาย)	100 M	35	86,467	3,510	82,957	2,903,495
	Y(N) 300 -.4R6 (เคเบิลร้อยถอนขนาด 300 คู่สาย)	100 M	9.8	10,056	2,810	7,246	71,011
รวมราคาซากเคเบิลร้อยถอน							2,974,506
ต้นทุนสร้างข่ายสายสุทธิ (จากรวมสร้างหักราคาซาก)							15,834,042

สรุปต้นทุนการสร้างทดแทนด้วยข่ายสายเคเบิลทองแดง

1. ต้นทุนการสร้างข่ายสาย	18,808,548	บาท
2. ค่าซากเคเบิลที่รื้อถอน	2,974,506	บาท
3. ต้นทุนสร้างข่ายสายสุทธิ (หักค่าซาก)	15,834,042	บาท

4.4.2 ต้นทุนการสร้างทดแทนด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier)

รูปแบบการสร้างทดแทนด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC รายละเอียดดังภาพที่ 4.13 ต้นทุนการสร้างประกอบด้วยเคเบิลทองแดง ตู้ผ่าน (Cabinet) พัดลมสำหรับตัดต่อคู่สาย สรุปต้นทุนการสร้างข่ายสายทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ

1. ต้นทุนการสร้างข่ายสาย	18,808,548	บาท
2. ค่าซากเคเบิลที่รื้อถอน	2,974,506	บาท
3. ต้นทุนสร้างข่ายสายสุทธิ (หักค่าซาก)	15,804,274	บาท

รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.6

ชำนาญกหอสมุด

ตารางที่ 4.6

ประมาณการสร้างข่ายสายเคเบิลใยแก้วนำแสง ทดแทนเคเบิลทองแดง

ลำดับ	รายการ	หน่วย นับ	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	รวมเงิน
1	DLC Out Door 360 เลขหมาย (SW+MUX+OLTE)	ตู้	10	1,459,440	14,594,400
2	OFC 48 Core	กม.	5	185,000	925,000
3	OFC24 Core	กม.	1.4	77,000	107,800
4	สร้างฐานหลังคา	ตู้	10	135,000	1,350,000
5	มิเตอร์ไฟฟ้า	ตู้	10	20,000	200,000
6	ค่าใช้จ่ายอื่นๆ				1,717,720
รวมต้นทุนในการสร้างเคเบิล					18,894,920
Y(N) 3000 -.4R6 (เคเบิลร้อยถอนขนาด 3000 คู่สาย)					2,903,495
Y(N) 300 -.4R6 (เคเบิลร้อยถอนขนาด 300 คู่สาย)					71,011
รวมราคาซากร้อยถอน					3,090,646
ต้นทุนสร้างข่ายสายสุทธิ (ราคารวมสร้างหักราคาซาก)					15,804,274

4.5 เปรียบเทียบผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยีสร้างทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ4.5.1 ต้นทุนการสร้างทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ

ต้นทุนการทดแทนด้วยเคเบิลทองแดง (15,834,042 บาท) เปรียบเทียบกับต้นทุนการทดแทนด้วยการใช้เคเบิลใยแก้วนำแสง (15,804,274 บาท) พบว่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยรูปแบบการทดแทนด้วยเคเบิลทองแดงต้นทุนสูงกว่ารูปแบบการทดแทนด้วยการใช้เคเบิลใยแก้วนำแสง ประมาณ 0.18 %

4.5.2 ขีดความสามารถของการให้บริการ

รูปแบบการทดแทนด้วยเคเบิลทองแดงเมื่อดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขีดความสามารถในการให้บริการเท่าเดิมคือ 3,000 เลขหมาย แต่สำหรับรูปแบบการทดแทนด้วยการใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงขีดความสามารถในการให้บริการเท่ากับ 3,600 เลขหมาย (DLC 10 ตัวๆละ 360 เลขหมาย) ดังนั้นจึงได้เลขหมายเพิ่มขึ้นสำหรับให้บริการลูกค้าอีก 600 เลขหมาย

4.5.3 ศักยภาพการให้บริการสื่อสารข้อมูล

รูปแบบการทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพทั้งสองรูปแบบนั้น Access Network รูปแบบที่ 1 ใช้เคเบิลทองแดง รูปแบบที่ 2 ใช้เคเบิลใยแก้วนำแสง ในการให้บริการสื่อสารข้อมูล เคเบิลใยแก้วนำแสงมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ โดยเฉพาะคุณสมบัติที่ได้เปรียบเคเบิลทองแดง (Twisted Pair Metallic Cable) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่า ระยะทางจากชุมสายไปยังตู้ผ่าน จำนวน 9 ตู้ที่มี ระยะทางสายเกิน 3 กิโลเมตร การให้บริการสื่อสารข้อมูลประเภท Voice และ Low Speed Voice ค่า Loop Resistance มาตรฐานไม่เกิน 1500 โอห์ม การให้บริการสื่อสารข้อมูล ประเภท ADSL ISDN ค่า Loop Resistance มาตรฐานไม่เกิน 1300 โอห์มถึงสถานที่ติดตั้งเครื่อง หากคำนวณ ความโตตัวนำ 0.40 มม. ระยะทางที่ให้บริการประมาณ 4.5 กิโลเมตร (1300/288.8) หากรวม ระยะเคเบิลปลายทางและสาย Drop Wire ที่ต่อไปยังบ้านลูกค้าแล้วระยะทางมากกว่า 1500 เมตร จะส่งผลต่อคุณภาพการให้บริการผ่านข่ายสายเคเบิลทองแดง

แต่สำหรับการสร้างทดแทนด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier) ระยะทางไม่เป็นอุปสรรคเนื่องจากเคเบิลใยแก้วนำแสงมีค่า LOSS ต่ำมาก นั่นคือ รูปแบบการสร้างทดแทนด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC (Digital Loop Carrier) เพิ่มศักยภาพการให้บริการสื่อสารข้อมูลดีกว่าข่ายสายเคเบิลทองแดง

ตารางที่ 4.7

เปรียบเทียบคุณลักษณะการสื่อสารข้อมูลผ่านเคเบิลทองแดงและเคเบิลใยแก้วนำแสง

ลำดับที่	เคเบิลทองแดง	เคเบิลใยแก้วนำแสง
1	Bandwidth แคบ มีความเร็วในการส่งสัญญาณข้อมูลช่วง 1 kbps - 8 Mbps	เนื่องจากความถี่ของแสงสูงมาก ทำให้ใช้ Bandwidth ได้กว้างสามารถส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราส่งสูงประมาณ 1,000 Mbps ในระยะทาง 1 km.
2	มีคุณสมบัตินำไฟฟ้า ทำให้ได้รับการรบกวนจากการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference, EMI) หรือจากสัญญาณคลื่นวิทยุ (Radio Frequency Interference, RFI)	เป็นสารอโลหะ ทำจากแก้ว จึงไม่ถูกรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือจากสัญญาณวิทยุรบกวน
3	มีน้ำหนักมาก ขนาดของตัวนำโต อยู่ในช่วง 0.4-0.9 mm.	มีน้ำหนักเบา ตัวนำมีขนาดเล็ก เพียง 125 μ m เล็กเท่ากับเส้นผม
4	ค่าลดทอนสัญญาณ(Attenuation) สูง สามารถส่งสัญญาณโทรศัพท์ ในระยะสั้นๆ จากชุมสายโทรศัพท์ ขึ้นอยู่กับขนาดตัวนำ	ค่าลดทอนสัญญาณ(Attenuation) ต่ำ สามารถส่งสัญญาณโทรศัพท์ ในระยะไกลๆ
5	ความปลอดภัยจากการดักฟังสัญญาณน้อย สามารถ Tap สายเพื่อดักฟังได้ง่าย	ความปลอดภัยจากการดักฟังสัญญาณ สูง เนื่องจากสัญญาณข้อมูลที่ส่งไปในรูปพลังงานแสง
6	มีการรบกวนกันระหว่างคู่สายตัวนำสัญญาณที่อยู่ใกล้กัน(Crosstalk)	ไม่มีการรบกวนกันระหว่างสายใยแก้วที่อยู่ใกล้กัน
7	มีโอกาสเกิดการลัดวงจรและการ Spark เนื่องจากสัญญาณที่ส่งผ่านเป็นสัญญาณไฟฟ้า	ไม่มีโอกาสเกิดขึ้น เนื่องจากสัญญาณที่ส่งผ่านเป็นสัญญาณแสง
8	คู่สายตัวนำมีโอกาสฟุ่กร่อนเนื่องจากเป็นโลหะ	ไม่มีการฟุ่กร่อน เนื่องจากเป็นอโลหะ