ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคโนโลยีเส้นใยนำแสงในข่ายสายกระจายท้องถิ่น

THE FEASIBILITY STUDY OF OPTICAL PLANT TECHNOLOGY FOR LOCAL DISTRIBUTION NETWORKS

โดย

นายธนิตศักดิ์ ทุมเสน

รหัส 41067229

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์อัครินทร์ คุณกิตติ

H002771

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการศึกษากรณีพิเศษ
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วัน เดือน ปี 11 มิ.ย. 2550
เลขทะเบียน 02771
เลขเรียกหนังสือ วพ. ส 2621 2543
"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคโนโลยีเส้นใยนำแสงในข่ายสายกระจายท้องถิ่น
นักศึกษา	นายธนิตศักดิ์ ทุมเสน
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อัครินทร์ คุณกิตติ
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

โครงการนี้ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีเส้นใยนำแสงมาใช้ในข่ายสายกระจาย โดยในขั้นแรกจะศึกษาปัญหาที่มีในข่ายสายทองแดงรวมทั้งคุณลักษณะเส้นใยนำแสง จากนั้นจะทำการศึกษาและวิเคราะห์สถาปัตยกรรมข่ายสายกระจายเส้นใยนำแสง อุปกรณ์ประกอบในโครงข่าย การประมาณราคาโครงข่าย นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจ 4 ประการได้แก่ ราคาลงทุนแรกเริ่ม, ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา, การจำลองรายได้จากบริการบนโครงข่ายและระยะเวลาจุดคุ้มทุน ในที่สุดจะนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดมาใช้ในการเลือกรูปแบบโครงข่ายเพื่อให้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	The Feasibility Study of Optical Plant Technology for Local Distribution Networks
Student	Mr. Thanitsak Tumsen
Advisor	Mr. Akharin Khunkitti
Level of Study	Master of Science in Information Technology
Major	Information Technology Management
Academic Year	2000

ABSTRACT

This project is the feasibility study of taking the optical network technology to be deployed and to substitute the traditional local copper distribution networks. The study focuses on the troubles of using the copper distribution network as well as the characteristics of the optical fiber. Next it consists the study and analysis of the optical distribution network architecture, the related network equipment and any alternative distribution network architecture including the cost estimation of network. The study also includes 4 important decision making factors, which are capital expenditure, cost of operation and maintenance, estimated revenue from network services and payback period. Finally shall be utilized the result of this feasibility study is analyzed of which appropriate model.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษากรณีพิเศษฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์อัครินทร์ คุณกิตติ ผู้ควบคุมการศึกษาโครงการและ ดร. จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์, ดร. นพพร โชติกกำธร คณะกรรมการสอบการศึกษาโครงการศึกกรณีพิเศษที่กรุณาให้คำปรึกษา แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆและประการสำคัญได้ให้โอกาสผู้จัดทำได้ปฏิบัติงานประจำที่เร่งด่วนจน แล้วเสร็จ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย(นายสุธรรม มลิลา) หัวหน้าคณะทำงานตรวจสอบข้อเสนอด้านเทคนิคของผู้เสนอราคางานขยายโครงข่าย องค์การ โทรศัพท์แห่งประเทศไทย พ.ศ. 2538–2541 และขอบคุณเพื่อนร่วมคณะทำงานทุกคนที่เป็นกำลังใจ ในการทำโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้โดยตลอดแม้จะอยู่ในระหว่างปฏิบัติงานเป็นกลุ่มคณะที่ต้อง ใช้ความพยายาม อุตสาหะ ละเอียด รอบครอบ โปร่งใส เป็นระยะเวลานาน

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยส่วนปฏิบัติการโทรคมนาคมต่างประเทศ(นายพัฒนวิทย์ โฆสิตธรรม)ที่สนับสนุนให้ศึกษานอกเวลาราชการ ขอขอบคุณ นายวรวิทย์ พันธุ์ธนุสร นายวสุ งามสม นายสมชาย สิงขร นายไพโรจน์ ลิขิตธนเศรษฐ์ ทีมงานสังกัดงานสื่อสัญญาณต่างประเทศและ นายสิทธิศักดิ์ ทุมเสน สังกัดกองอุปกรณ์การกำลัง ฝ่ายโทรศัพท์นครหลวงที่ 4 ที่ให้ความช่วยเหลือ ในการวิเคราะห์ข้อมูล การพิมพ์โครงการศึกษากรณีพิเศษฉบับนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณนางตติยา ทุมเสน ภรรยาและลูกๆ รวมถึงญาติพี่น้องทุกคนที่ให้ความรัก ความห่วงใย เอาใจใส่ช่วยเหลือทั้งกำลังกาย กำลังใจ ด้วยดีตลอดมา

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอน้อมระลึกถึงพระคุณของบิดามารดาที่ให้การอบรมเลี้ยงดูมาอย่างดี ขอระลึกถึงพระคุณของครูอาจารย์ทุกท่าน ที่ถ่ายทอดความรู้ให้ได้นำมาใช้ในการศึกษา คุณความดี และประโยชน์ที่พึงมีของโครงการศึกษากรณีพิเศษฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของผู้มี พระคุณยิ่งทุกท่าน ส่วนข้อบกพร่องทุกประการ ผู้จัดทำขอน้อมรับไว้เป็นบทเรียนแก่ตนเองต่อไป

ธนิตศักดิ์ ทุมเสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญภาพ VI
สารบัญตาราง VIII
เอกสารอ้างอิง 152

บทที่

1. บทนำ 1
   - 1.1 ปัญหาข่ายสายกระจายชนิดคู่สายทองแดง 1
   - 1.2 คุณลักษณะเส้นใยนำแสง 5
   - 1.3 ประโยชน์ของความถี่แถบกว้าง(Broadband) 9
   - 1.4 บริการในระบบข่ายสายท้องถิ่น 10
   - 1.5 ลักษณะระบบข่ายสายกระจายใหม่ 12
   - 1.6 วัตถุประสงค์ 13
   - 1.7 ขอบเขตและแผนการศึกษา 13
   - 1.8 วิธีการศึกษาความเป็นไปได้ 15
   - 1.9 เงื่อนไขการวิเคราะห์ 16
   - 1.10 กรอบเนื้อหา 16
2. ระบบข่ายสายกระจายชนิดเส้นใยนำแสง 17
   - 2.1 แนวคิดพื้นฐานของรูปแบบโครงข่าย 17
   - 2.2 ทางเลือกรูปแบบโครงข่าย 28
   - 2.3 ความเป็นไปได้ของรูปแบบโครงข่าย 36
   - 2.4 อุปกรณ์ประกอบในข่ายสายกระจายแบบเส้นใยนำแสง 39
   - 2.5 เทคโนโลยีพื้นฐานของโครงข่าย 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การจำแนกหมวดหมู่ของระบบข่ายสายกระจาย 50
2.7 เทคโนโลยีทางเลือกสำหรับข่ายสายกระจาย 52
3. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ 65
3.1 การจำลองค่าลงทุนเริ่มแรกในโครงข่าย 65
3.2 การประมาณการค่าดำเนินการและบำรุงรักษา 90
3.3 การประมาณการผลตอบแทนโครงการ 97
3.4 ปัจจัยวิเคราะห์เทคโนโลยีทางเลือก 99
3.5 กระบวนการหาจุดคุ้มทุน 101
3.6 กรณีจำลองจุดคุ้มทุนในระยะเวลา 10 ปี 104
3.7 กรณีจำลองจุดคุ้มทุนในระยะเวลา 3 ปี 119
3.8 การวิเคราะห์รายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง 121
3.9 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยและระยะเวลาคุ้มทุน 143
3.10 เทคโนโลยีทางเลือกที่เหมาะสม 144
4. บทสรุป 145
4.1 การเลือกรูปแบบโครงข่าย 145
4.2 ปัจจัยวิเคราะห์ 148
4.3 ผลการวิเคราะห์ 148
4.4 รูปแบบที่เลือก 149
4.5 ผลที่ได้จากโครงข่ายระบบใหม่ 150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปภาพที่

1.1 รูปประกอบการคำนวณระยะทางการวางสายเคเบิลเส้นใยนำแสง 7
1.2 รูปแสดงขอบเขตและแนวทางการศึกษา 14
2.1 รูปแสดงสถาปัตยกรรมแบบซิงเกิลสตาร์ 17
2.2 รูปแสดงสถาปัตยกรรมแบบมัลติเพิลสตาร์ 19
2.3 รูปแสดงสถาปัตยกรรมแบบเดดิเคดท์ไฟเบอร์ 21
2.4 รูปแสดงสถาปัตยกรรมแบบใช้ตัวผสานและตัวแยกสัญญาณ 22
2.5 รูปแสดงสถาปัตยกรรมแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ 23
2.6 รูปแสดงสถาปัตยกรรมแบบสายร่วม 25
2.7 รูปแสดงสถาปัตยกรรมแบบริงมัลติเพิลสตาร์ 26
2.8 รูปแสดงรูปแบบโครงข่าย(Topology)แบบซิงเกิลสตาร์ 29
2.9 รูปแสดงสถาปัตยกรรม(Architecture)แบบซิงเกิลสตาร์ 29
2.10 รูปแสดงรูปแบบโครงข่าย(Topology)แบบแอคทีบมัลติเพิลสตาร์ 30
2.11 รูปแสดงรูปแบบสถาปัตยกรรม(Architecture) แบบมัลติเพิลสตาร์ 30
2.12 รูปแสดงรูปแบบโครงข่าย(Topology)แบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ 32
2.13 รูปแสดงรูปแบบสถาปัตยกรรม(Architecture)แบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ 32
2.14 รูปแสดงรูปแบบโครงข่าย(Topology)แบบสายร่วม 33
2.15 รูปแสดงรูปแบบสถาปัตยกรรม(Architecture)แบบสายร่วม 33
2.16 รูปแสดงรูปแบบโครงข่าย(Topology)แบบริงมัลติเพิลสตาร์ 35
2.17 รูปแสดงรูปแบบสถาปัตยกรรม(Architecture)แบบริงมัลติเพิลสตาร์ 35
2.18 รูปแสดงโครงสร้างเส้นใยนำแสง 40
2.19 รูปแสดงภาพตัดเส้นใยนำแสง 41
2.20 รูปแสดงการเชื่อมต่อเส้นใยนำแสงแบบสไปรซ์ 43
2.21 รูปแสดงการเชื่อมต่อเส้นใยนำแสงแบบใช้หัวต่อ 44
2.22 รูปแสดงสัญลักษณ์ของตัวแยกและตัวรวมพลังงานแสง 45
2.23 รูปแสดงสัญลักษณ์ตัวผสานและแยกสัญญาณแบบแบ่งส่วนตามความยาวคลื่น 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่

2.24 รูปแสดงสัญลักษณ์ของตัวกรองความยาวคลื่นแสง 45
2.25 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบดับเบิลสตาร์ 47
2.26 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบใช้ตัวแยกและรวมพลังงานแสง ... 48
2.27 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบใช้ตัวผสานและแยกคลื่นแสง 49
2.28 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบผสม 50
2.29 รูปแสดงประเภทของระบบวงจรผู้ใช้ปลายทาง 51
2.30 รูปแสดงระบบวงจรผู้ใช้ปลายทาง 52
2.31 รูปแสดงระบบวงจรทางไกลทางแสง 54
2.32 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ 56
2.33 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงกับสายทองแดง 58
2.34 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายเส้นใยนำแสงสำหรับแถบสัญญาณแคบ 60
2.35 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงกับสายแกนร่วม 63
2.36 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายร่วมบอร์ดแบน 64
3.1 รูปแผนผังแสดงขบวนหาจุดคุ้มทุน 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1.1 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของคู่สายทองแดง 2
1.2 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพไฟฟ้าของคู่สายเคเบิลทองแดง 4
1.3 แสดงข้อดีข้อเสียของคู่สายทองแดง 5
1.4 แสดงการคำนวรหาระยะทางสูงสุดในการวางเส้นใยนำแสง..... 8
1.5 แสดงข้อดีข้อเสียของเส้นใยนำแสง 9
1.6 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาและราคาในการส่งแฟ้มข้อมูล 10
1.7 แสดงขนาดแบนวิดธ์สำหรับบริการต่างๆที่ใช้ผ่านข่ายสายท้องถิ่น..... 11
1.8 แสดงความต้องการข่ายสายกระจายแบบใหม่ 13
2.1 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่ายที่นำมาใช้พัฒนาทางเลือกโครงข่าย 27
2.2 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบซิงเกิลสตาร์(Single Star) 28
2.3 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์(Active Multiple Star) 30
2.4 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์(Passive Multiple Star) 31
2.5 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบสายร่วม(Bus)..... 33
2.6 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบริงมัลติเพิลสตาร์(Ring Multiple Star)..... 34
2.7 แสดงรูปความเป็นไปได้ของแต่ละทางเลือกรูปแบบโครงข่าย(Topology)..... 36
2.8 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างระบบวงจรผู้ใช้ปลายทางกับระบบ
วงจรทางไกล 54
3.1 แสดงราคาประมาณของอุปกรณ์สำหรับระบบจ่ายไฟที่หน่วยต่อเชื่อมโครงข่าย
เส้นใยนำแสง(ONT)..... 68
3.2 สรุปประมาณการราคาต่อผู้ใช้ของระบบการกำลังสำหรับสถาปัตยกรรม
โครงข่ายรูปแบบต่างๆ..... 69
3.3 แสดงสรุปการประมาณราคาของอุปกรณ์ผู้ใช้..... 71
3.4 แสดงราคาของชิ้นส่วนในโครงข่าย..... 75
3.5 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายแบบสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ..... 77
3.6 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายแบบข่ายเส้นใยนำแสงแบบดับเบิลสตาร์.... 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่

3.7 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง..... 83

3.8 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดงแบบบัส 86

3.9 แสดงสัมประสิทธิ์ผลตอบแทนรายปีสำหรับต้นทุนลงทุนรอบรายปี 90

3.10 แสดงการคำนวณต้นทุนการทุนรอบรายปีของบริการความเร็วต่ำ..... 91

3.11 แสดงการคำนวณต้นทุนการทุนรอบรายปีของบริการความเร็วสูง 92

3.12 แสดงค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการและบำรุงรักษาสำหรับโครงข่ายทางเลือกต่างๆ . 95

3.13 แสดงรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % กับ แถบความถี่กว้าง 1 % รวม เดือนละ 1,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน 97

3.14 แสดงตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาคุ้มทุน..... 98

3.15 แสดงสรุปปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์เทคโนโลยีทางเลือกโครงข่าย..... 98

3.16 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % คงที่เดือนละ 750 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่..... 104

3.17 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % กับแถบความถี่ กว้าง 1 % รวมเดือนละ 1,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 105

3.18 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % กับแถบความถี่ กว้าง 5 % รวมเดือนละ 2,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 106

3.19 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % กับแถบความถี่ กว้าง 10 % รวมเดือนละ 3,250 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 107

3.20 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % กับแถบความถี่ กว้าง 25 % รวมเดือนละ 7,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 108

3.21 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % คงที่เดือนละ 750 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน..... 109

3.22 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % กับแถบความถี่ กว้าง 1 % รวมเดือนละ 1,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วน กับต้นทุน..... 110

3.23 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % กับแถบความถี่ กว้าง 5 % รวมเดือนละ 2,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วน กับต้นทุน..... 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่

3.24 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % กับแถบความถี่กว้าง 10 % รวมเดือนละ 3,250 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน 112

3.25 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ 100 % กับแถบความถี่กว้าง 25 % รวมเดือนละ 7,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน 113

3.26 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 115

3.27 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน 117

3.28 แสดงรายได้เพื่อให้คุ้มทุนใน 3 ปี จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ 100 % (คงที่)กับสัญญาณแถบกว้าง 1 % (แปรเปลี่ยน) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 119

3.29 แสดงรายได้เพื่อให้คุ้มทุนใน 3 ปี จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ 100 % (คงที่)กับสัญญาณแถบกว้าง 1 % (แปรเปลี่ยน) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน 120

3.30 แสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสงโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 บาท 121

3.31 แสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสงโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่เมื่อรายได้รวมเดือนละ 1,000 บาท 122

3.32 แสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสงโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุนเมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 บาท 122

3.33 แสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสงโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุนเมื่อรายได้รวมเดือนละ 1,000 บาท 122

3.34 แสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสงโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุนเมื่อรายได้รวมเดือนละ 1,000 บาท 123

3.35 แสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ 100 % กับสัญญาณแถบกว้าง 25 % โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุนเมื่อรายได้รวมเดือนละ 7,000 บาท 133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่

4.1 แสดงสรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบซิงเกิลสตาร์ 145

4.2 แสดงสรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบแอคทีบมัลติเพิลสตาร์ 146

4.3 แสดงสรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ 147

4.4 แสดงสรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบสายร่วมบัส 147

4.5 แสดงสรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบริงมัลติเพิลสตาร์ 148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาข่ายสายกระจายชนิดคู่สายทองแดง

นานกว่าครึ่งศตวรรษแล้วที่มนุษย์ใช้คู่สายทองแดงเป็นสื่อกลางในการรับ-ส่งข้อมูล ข่าวสาร และเสียงโต้ตอบทางโทรศัพท์เป็นหลัก ต่อมาได้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงโดยนำสายแกนร่วม (Coaxial Cable) ซึ่งยังคงใช้โลหะเป็นตัวนำสัญญาณไฟฟ้ามาใช้งาน จากนั้นก็เป็นระบบวิทยุไมโครเวฟและดาวเทียม กระทั่งปัจจุบันเทคโนโลยีเส้นใยนำแสงได้รับการพัฒนาจนมีความน่าเชื่อถือสูงและมีอัตราการใช้งานขยายตัวมากที่สุด อย่างไรก็ตามข่ายสายทองแดงที่ใช้เทคโนโลยีต่ำสุดยังเป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายที่ใช้งานอยู่อย่างไม่มีการเปลี่ยนแปลง อาจจะเป็นเพราะด้วยเทคนิคที่ง่ายกว่าระบบอื่นพร้อมทั้งอายุการใช้งานที่มากกว่า 15 ปี

การนำคู่สายทองแดงมาใช้เป็นสื่อกลางเชื่อมโยงระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับบ้านผู้ใช้ ยังมีปัญหาหลายประการทั้งด้านคุณภาพที่เกิดการรบกวนจากสัญญาณภายนอกได้ง่าย การซ่อมแซมและบำรุงรักษาต้องใช้แรงงานมาก ระยะเวลานาน มูลค่าของการลงทุนในการขยายข่ายสายกระทำได้ยากเพราะกระทบกับสิ่งแวดล้อมเช่น การจราจร ค่าดำเนินงานในแต่ละปีจะต้องชำระค่าแขวนสายเคเบิลตามเสาไฟฟ้าซึ่งนับวันจะเพิ่มมากขึ้นตามขนาดของสายเคเบิล อีกทั้งการที่ไม่สามารถใช้ทรัพยากรราคาแพงร่วมกันได้ ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าบริการยังคงมีราคาสูงแต่คุณภาพไม่แตกต่างจากยุคแรกเริ่มมากนัก ในที่สุดจะกลายเป็นอุปสรรคสวนทางกับความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่กำลังก้าวไปสู่ความต้องการแบบใหม่ที่ต้องประกอบด้วย ความเร็วการรับส่งข้อมูล ความน่าเชื่อถือในการใช้งานและราคาถูก

หากมองในแง่ของผู้ให้บริการหรือเจ้าของโครงข่ายแล้ว จะเห็นว่าหากไม่คำนึงถึงมูลค่าของข่ายสายทองแดงที่มีอยู่และยังใช้งานได้ต่อไปอีกหลายปีแล้ว คู่สายทองแดงยังมีข้อบกพร่องสำหรับให้บริการในยุคข้อมูลข่าวสารที่ต้องการความจุหรืออัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่หลากหลายจำนวนมากพร้อมๆกันโดยไม่เกิดปัญหาคอขวด (Bottle Neck Problem)

จะด้วยเหตุผลด้านมูลค่าการลงทุนหรือจำนวนผู้ใช้คู่สายโทรศัพท์เพื่อติดต่อทางเสียงยังมีจำนวนมากกว่าบริการอื่นๆหรือด้วยเหตุใดก็ตาม ประเทศไทยและอีกหลายประเทศทั่วโลกยังไม่มีการนำเทคโนโลยี เส้นใยนำแสงมาใช้สร้างเป็นข่ายสายกระจาย ทั้งๆที่เทคโนโลยีด้านนี้ก็ได้รับการวิจัยและพัฒนาจนเห็นได้ชัดเจนว่า ส่วนใหญ่มีข้อดีเหนือกว่าคู่สายทองแดง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพและอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่เหมาะกับทั้งในปัจจุบันและในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้การวางคู่สายทองแดงนั้น หากจำนวนความต้องการคู่สายเปลี่ยนแปลงไปจากข้อมูลการสำรวจ จำนวนคู่สายที่เหลือจากการการก่อสร้างจะโยกย้ายเปลี่ยนแปลงได้ยาก

- **คุณสมบัติของคู่สายทองแดงและอุปสรรคในการใช้งานที่สำคัญมีดังนี้**

จากข้อแนะนำของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU: International Telecommunication Union Recommendation G.613) ยกตัวอย่างคุณสมบัติทางไฟฟ้าในการส่งสัญญาณดิจิตอลของคู่สายทองแดง (ตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 แสดงคุณคุณสมบัติทางไฟฟ้าของคู่สายทองแดง

Characteristics		Type of cable			
		Type I	Type II	Type II *Bis*	Type III ***
Operational bit rate (kbit/s)		2048	2048	2048	2048
Nominal conductor diameter (mm)		0.8	0.7	1	0.6
Nominal impedance ** at f_0 MHz (Ω)	1 MHz	100	130	130	
Nominal attenuation coefficient at f_0 and at 20° C *** (dB/km)	1 MHz	16	11.5 b)	8.5 b)	15.5
Minimum near-end crosstalk (mV)	a)	-	60	60	
Minimum far-end crosstalk (mV)	a)	-	45	45	
Nominal direct current resistance at 20°C (Ω/km)		68.6	94.1 b)	46.1 b)	63
Nominal mutual capacitance (nF/km)		50	39	39	44

หมายเหตุของตาราง

* ณ ปัจจุบัน ค่าต่างๆได้ให้ไว้เป็นข้อมูล

** ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือมาร์จินจะกำหนดให้ในภายหลัง

*** เคเบิลที่มีสกรีนแยกคู่สายที่ทำการส่งในแต่ละทิศทาง

a) จะกำหนดขึ้นภายหลัง

b) ค่าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัตถุประสงค์หลักคือให้บริการโทรศัพท์พื้นฐานย่านความถี่เสียง 0.3 – 3.4 กิโลเฮิร์ท และโยงสายได้ไกล 5 กิโลเมตร หากเป็นส่งข้อมูลดิจิตอลในรูปแบบ เอชดีบี 3 (High Density Bipolar 3) จะได้อัตราเร็วสูงเพียง 2.048 Mbps โดยระยะทางสั้นๆประมาณ 1.7 – 3.5 กิโลเมตร [1] ดังนั้นหากต้องการใช้กับบริการแบบบร์อดแบนหรือมัลติมิเดียจะต้องนำอุปกรณ์เช่น เอดีเอสแอล (ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line) ต่อเพิ่มซึ่งก็ต้องมีค่าใช้จ่ายจึงจะใช้งานได้ ในการนำมาใช้งานในประเทศไทย เอดีเอสแอล จะต้องสมรรถนะ [2] ดังนี้

Downstream Data Rate	Copper Wire Diameter	Distance
2.048 Mbps	0.4 mm.	$\geq$ 3.8 Km.
8.192 Mbps	0.4 mm.	$\geq$ 1.5 Km.

- เกิดสัญญาณรบกวน (Cross talk) เพราะสัญญาณที่ส่งผ่านสายทองแดงจะมีการสูญเสีย (Attenuation) หากผู้ใช้อยู่ไกลจะได้รับสัญญาณที่ต่ำลงมากจึงเกิดมีสัญญาณจากคู่สายอื่นๆที่มีสัญญาณแรงกว่าข้ามเข้ามารบกวนได้ง่าย
- เกิดการเหนี่ยวนำ สายเคเบิลโทรศัพท์ส่วนใหญ่จะวางขนานไปกับสายไฟฟ้าทั้งแรงต่ำและแรงสูง บางครั้งจึงเกิดการเหนี่ยวนำเข้ารบกวนสายโทรศัพท์ได้
- เกิดฟ้าผ่าสายเคเบิลโดยตรง หรือเกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าขณะปล่อยประจุของฟ้าผ่า หรือเกิดเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิตย์ของการปล่อยประจุของเมฆหรือฟ้าแลบ ซึ่งอาจจะทำลายสายเคเบิลหรือรบกวนในลักษณะที่เรียกว่าไวท์นอย (White Noise)
- ก่อสร้างยากและนาน สมมุติหากต้องการวางสายเคเบิลเพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้ 1,200 ราย จะก่อสร้างได้ยาก ใช้เวลา แรงงานมากกว่าการวางเส้นใยนำแสงเพื่อให้บริการผู้ใช้จำนวนเท่ากันหลายเท่า
- ค่าบำรุงรักษาสูง เมื่อสายมีความยาวมาก ไม่ว่าจะติดตั้งบนเสาไฟฟ้าหรือร้อยท่อใต้ดินก็ไม่สามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายอย่างใดอย่างหนึ่งเช่น สายขาด สายแตะกัน หรือลัดวงจรลงดิน พายุ ไฟไหม้ น้ำท่วม ฟ้าผ่าได้ เมื่อคำนึงถึงการซ่อมและบำรุงรักษาหากเคเบิลขนาด 1,200 คู่สายเกิดเหตุเสียหรือขาดก็จะต้องทำการตัดต่อใหม่ถึง 2,400 คู่สายมากเป็นสองเท่าของจำนวนคู่สายเดิม ขณะเดียวกันค่าแรงงานก็จะมากตามเวลา ยิ่งเวลาที่ใช้ในการซ่อมนานรายได้และความน่าเชื่อถือก็ยิ่งสูญเสียมากขึ้นเท่านั้น
- ข้อดีของคู่สายทองแดงก็คือประหยัดกระแสไฟเพราะกินกระแสไฟฟ้าขณะใช้งาน[4]
- สายเคเบิลทองแดงมีน้ำหนักมากดังแสดงในตารางที่ 1.2 เป็นสายเคเบิลทองแดง มาตรฐาน ที่ผลิตโดยบริษัทเฟลฟ์ดอดซึ่งใช้อยู่ในข่ายสายกระจายปัจจุบัน ในตารางจะเห็นว่าเส้นทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 มิลลิเมตร จำนวน 1,200 คู่สาย จะมีน้ำหนัก 4,400 กิโลกรัมต่อกิโลเมตร[3]

ตารางที่ 1.2 แสดงคุณลักษณะทางกายภาพของสายเคเบิลทองแดง

ขนาดตัวนำ (มม.)	จำนวนคู่สาย	ชนิด	ความหนาของปลอกสายเคเบิล (มม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางโดยประมาณ (มม.)	น้ำหนักโดยประมาณ (กก./กม.)	ความยาวมาตรฐาน (ม.)
0.4	25	26 FSF 025	1.5	12.5	170	1,000/R
	100	26 FSF 050	1.5	20.0	470	1,000/R
	600	26 FSF 600	2.0	40.0	2,300	500/R
******	**1,200**	26 FSF 1200	2.3	54.0	**4,400**	200/R
0.5	25	24 FSF 025	1.5	15.0	240	1,000/R
	100	24 FSF 100	1.5	23.5	720	1,000/R
	600	24 FSF 600	2.3	50.0	3,620	250/R
	1,200	24 FSF 1200	2.8	68.0	6,940	200/R
0.65	10	22 FSF 101	1.5	12.5	110	1,000/R
	100	22 FSF 100	1.8	28.0	1,090	1,000/R
	600	22 FSF 600	2.5	61.5	5,660	200/R
	1,200	22 FSF 1200	2.8	84.0	10,910	150/R
0.9	10	19 FSF 010	1.5	15.5	290	1,000/R
	100	19 FSF 100	2.0	39.0	2,060	500/R
	600	19 FSF 600	2.8	87.5	11,090	150/R

<u>หมายเหตุ</u>

R = บรรจุม้วนอยู่ในระวิงไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 สรุปข้อดี-ข้อเสียของคู่สายทองแดง

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ต้นทุนต่ำกว่าสายเคเบิลประเภทอื่น 2. ประหยัดกระแสไฟ เนื่องจากกินไฟขณะใช้งานเท่านั้น	1. น้ำหนักมาก 2. มีสัญญาณรบกวน (Crosstalk) เนื่องจากการเหนี่ยวนำ 3. ก่อสร้างยาก ใช้เวลานาน 4. แบนด์วิดธ์ต่ำ มีข้อจำกัดในการส่งข้อข้อมูลความเร็วสูง 5. ค่าบำรุงรักษาสูง

1.2 คุณลักษณะเส้นใยนำแสง

อุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับปลายทั้งสองของคู่สายทองแดงจะมีการเปลี่ยนแปลงความก้าวหน้าอยู่ตลอดเวลา แต่คู่สายทองแดงก็ยังเป็นที่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพพอที่จะให้บริการได้ อย่างไรก็ตามขณะนี้คู่สายทองแดงมีแนวโน้มว่าจะมีข้อบกพร่องเมื่อเทียบกับ บริการใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น มัลติมีเดีย (Multimedia) หรือข้อมูลความเร็วสูง บริการที่ใช้ความถี่กว้าง (Broadband) โทรทัศน์ความละเอียดสูง (High Definition Television) การพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีสื่อสัญญาณทางแสง ทำให้เกิดแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยีเส้นใยนำแสงมาใช้ในการให้บริการทั้งโทรศัพท์และข้อมูลข่าวสารจำนวนมากมายไปในตัวกลางเดียวกันเพียงคู่สายเดียวไปยังผู้ใช้หรือใกล้บ้านผู้ใช้มากที่สุด

ด้วยพื้นฐานของข่ายเส้นใยนำแสงมีราคาค่อนข้างต่ำ มีความยืดหยุ่นในการใช้งานจึงเหมาะที่จะเป็นสาธารณูปโภคพื้นฐาน ที่มีการขยายตัวอย่างกว้างขวาง สำหรับการสื่อสารและข้อมูลข่าวสารในอนาคต ขณะเดียวกันนวัตกรรมทางเทคโนโลยีมีแนวโน้มที่จะรวมบริการหลายๆประเภทส่งไปด้วยกันเช่น บริการสื่อสารร่วมดิจิตอล ดังนั้นการพัฒนาระบบเส้นใยนำแสงให้สามารถรับส่งได้ทั้งเสียง ข้อมูล ภาพ น่าจะมีความเหมาะสมกว่าระบบอื่นๆ

เทคโนโลยีข่ายสายนำแสงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับภาวะในปัจจุบันที่ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกเห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้งานทดแทนข่ายสายเดิมซึ่ง สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union) ได้วางแนวทางและข้อกำหนดไว้บ้างแล้วดังปรากฏใน ITU Recommendation L.15 [4] แม้จะยังไม่เป็นระบบเปิดโดยสมบูรณ์ทุกประเด็น เช่นการจัดการโครงข่าย (Network Management) ก็ยังอยู่ในระหว่างการศึกษา แต่ก็มีผู้มองเห็นเทคโนโลยีสำหรับการพัฒนาไว้แล้วซึ่งราคาของอุปกรณ์มีแนวโน้มที่จะลดลง อย่างไรก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข่ายสายชนิดนี้สามารถส่งข้อมูลไปถึงผู้ใช้ได้เป็นจำนวนมาก หากทำการขยายคู่สายก็ไม่จำเป็นต้องวางสายเคเบิลใหม่ทำให้ลดค่าใช้จ่ายและเวลาได้เป็นจำนวนมาก ผู้ให้บริการในหลายประเทศ กำลังดำเนินการศึกษาความเหมาะสมในแต่ละประเทศ เพื่อนำไปใช้เป็น กลยุทธ์ในการวางข่ายสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ, ประสิทธิผลในด้านราคา เข้าสู่การแข่งขันในยุคที่จะก้าวไปสู่การติดต่อสื่อสารด้วยข้อมูลดิจิตัลโดยสมบูรณ์ตลอดโครงข่าย ด้วยค่าบริการที่ไม่สูงนัก

1.2.1 คุณสมบัติของเส้นใยนำแสงที่สำคัญมีรายละเอียดดังนี้

การเจริญเติบโตของเส้นใยนำแสงในระบบโครงข่ายสื่อสารข้อมูลสืบเนื่องมาจากคุณสมบัติด้านเทคนิคที่ดีกว่าข่ายสายทองแดงที่ใช้อยู่ อันได้แก่

- ความสามารถในการส่งข้อมูลที่สูงมีเสถียรภาพดี อัตราความผิดพลาดในการส่งข้อมูล (BER) ต่ำกว่า $1X10^{-11}$ [5] เพราะเส้นใยนำแสงผลิตขึ้นจากสารที่ไม่เป็นสื่อทางไฟฟ้าแต่เป็นฉนวนต่อกระแสไฟฟ้า โดยธรรมชาติซึ่งจะไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากฟ้าผ่าเหมือนสายทองแดงไม่ถูกรบกวนโดยฝน อุณหภูมิ ความชื้น และ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คุณภาพของสัญญาณจึงดี ความผิดพลาดของข้อมูลจึงเกิดได้ยาก

มีข้อสังเกตเพิ่มเติมอีกประการหนึ่งสำหรับการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบเส้นใยนำแสงซึ่งอาจมีผลต่อเสถียรภาพการใช้งานปกติก็คือ ถ้าเลือกจ่ายกำลังไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูงผ่านสายทองแดงไปเลี้ยงอุปกรณ์อิเล คทรอนิคส์ระยะไกลหรือตามแนวสายเคเบิลก็จะทำให้เกิดปัญหาเนื่องจากฟ้าผ่าได้เช่นกัน

- มีความปลอดภัย(Security) สูง หากมีความพยายามดักฟังหรือแปลงสัญญาณในระบบเส้นใยนำแสงโดยการพ่วงสายหรือแทป (tap) จะไม่สามารถทำได้ [6] หากทำการพ่วงสายหรือแทป (tap) จะมีการสูญเสียกำลังงานแสงที่ส่งผ่านเส้นใยนำแสงจนรู้ได้หรืออุปกรณ์อาจจะไม่ทำงานตามปกติ

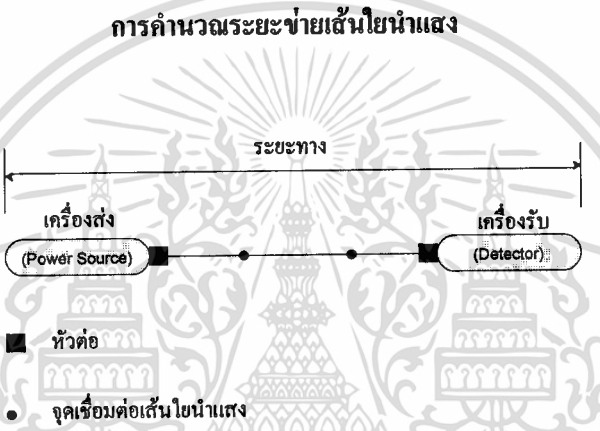
- ไม่มีการรบกวนข้ามคู่สาย(Cross talk) เนื่องจากการส่งสัญญาณแสงผ่านเส้นใยนำแสงจะไม่แพร่กระจายพลังงานหรือถูกรบกวนจากพลังงานภายนอก [6]

- ขนาดเล็กและเบากว่าสายทองแดง สายทองแดงยาว 6 กิโลเมตร หนักประมาณ 500 กิโลกรัม แต่เคเบิลเส้นใยนำแสงที่มีขนาดเดียวกันหนักเพียงประมาณ 25 % ของสายทองแดง[6]

- แบนวิดธ์(Bandwidth)กว้างดังนั้นปริมาณความจุของเส้นใยนำแสงจึงสูงกว่าสายทองแดงมาก ความจุที่สูงขึ้นทำให้ ศักยะภาพในการเจริญเติบโตสูงมากด้วย เส้นใยนำแสงสามารถส่งผ่านข้อมูลได้มากกว่า 2 กิกะบิตต่อวินาที(Gbps) แต่ข้อจำกัดของความจุขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ประกอบในโครงข่าย เช่น อุปกรณ์ทางแสงหรือออพโตอิเลคทริค (Optoelectric) [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าใช้จ่ายถูกลง ค่าการลงทุนต่ำ การใช้จำนวนเส้นใยนำแสงและอุปกรณ์ทวนสัญญาณน้อยกว่าและค่าบำรุงรักษาต่ำ
- ค่าลดทอนสัญญาณต่ำ(Low Attenuation) ระยะการวางสายโดยไม่ใช้ตัวทวนสัญญาณไกลขึ้น เส้นใยนำแสงสามารถรับส่งข้อมูลในระยะมากกว่า 45 กิโลเมตร โดยปราศจากอุปกรณ์ทวนสัญญาณ ในทางปฏิบัติสามารถออกแบบให้ระยะทางเกินกว่า 100 กิโลเมตร ตัวอย่างการคำนวณอย่างง่ายๆ ที่แสดงให้เห็นข้างล่างนี้ จะมีระยะทางถึง 49 กิโลเมตร [5]



รูปที่ 1.1 แสดงรูปประกอบการคำนวณระยะทางการวางสายเคเบิลเส้นใยนำแสง

การคำนวณช่วงระยะทางมีปัจจัยหลักต่างๆที่ต้องคำนึงถึงคือ

- ระดับสัญญาณที่เครื่องรับได้รับ (Receive level) จะต้องแรงพอที่เครื่องรับสามารถทำงานปกติได้
- ระดับสัญญาณที่เครื่องส่งป้อนเข้าไปในเส้นใยนำแสงลบด้วยการสูญเสียทั้งหมดในเส้นใยนำแสงจะต้องมีระดับเพียงพอที่จะทำให้เครื่องรับทำงานได้
- ระดับต่ำสุดของสัญญาณที่เครื่องรับรับได้และสามารถทำงานปกติเรียกว่า ความไวของเครื่องรับ (Receiver sensitivity)
- ความแตกต่างระหว่างระดับสัญญาณส่งออกของเครื่อส่ง (Transmitter output power) กับสัญญาณที่เครื่องรับได้รับ (Receive Level) เรียกว่า ซิสเทมเกน (system gain)
- การออกแบบต้องมีค่าเบี่ยงเบนพิเศษ (Extra Margin) ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าระดับต่ำสุดของสัญญาณที่เครื่องรับเพื่อมิให้เกิดคุณภาพระบบลดถอย (system degradation) เนื่องจากการแปรเปลี่ยนของระบบเองหรือเนื่องจากการเพิ่มอุปกรณ์ในอนาคตเพื่อขยายเครือข่าย การกำหนดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณช่วงระดับพิเศษ โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งาน, สมรรถนะของอัตราข้อมูลผิดพลาด (Bit Error Rate Performance), ความต้องการของระบบ (System Requirement) และราคา

1.2.2 หลักในการคำนวณการคำนวณในการหาระยะทาง

มีสมการคำนวณในการหาระยะทางของเส้นใยนำแสงง่ายๆเป็นหลักดังนี้

ระยะวางเส้นใยนำแสง = (กำลังส่งเครื่องส่ง – ความไวเครื่องรับ – ค่าลดทอนรวมที่หัวต่อ – ค่าเบี่ยงเบนพิเศษ) / (ค่าลดทอนรวมในเส้นใยนำแสงทั้งหมด + ค่าลดทอนรวมทุกจุดเชื่อมต่อ)

การคำนวณหาระยะทางสูงสุดในการวางเส้นใยนำแสงที่ใช้ความยาวคลื่น 1300 นาโนเมตร(nm.) โดยให้มีค่าต่างๆประกอบการคำนวณไว้ดังนี้ (ตารางที่ 1.4)

ตารางที่ 1.4 แสดงการคำนวณหาระยะทางสูงสุดในการวางเส้นใยนำแสง

1. กำลังส่งเครื่องส่ง	0 เดซิเบล
2. ความไวเครื่องรับ (กำหนดให้ BER=10^{-9})	-38 เดซิเบล
3. ค่าลดทอนของหัวต่อ (2 หัว)	1 เดซิเบล
4. ค่าค่าเบี่ยงเบนพิเศษ	5 เดซิเบล
5. ค่าลดทอนรวมในเส้นใยนำแสงและจุดต่อทั้งหมด (ข้อ1 - ข้อ2 - ข้อ3 - ข้อ4)	32 เดซิเบล
6. ค่าลดทอนจากจุดเชื่อมต่อ(splices)	0.15 เดซิเบล / ก.ม.
7. ค่าลดทอนในเส้นใย นำแสง (1300 นาโนเมตร)	0.5 เดซิเบล / ก.ม
8. รวมค่าลดทอนในเส้นใยนำแสงและจุดเชื่อมต่อ / ก.ม. (ข้อ 7 + ข้อ 8)	0.65 เดซิเบล / ก.ม.
9. วางระยะเส้นใยนำแสงได้ไกลสุด (ข้อ 5 / ข้อ 8)	= 32 เดซิเบล / 0.65 เดซิเบล/ก.ม.= 49 ก.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.5 แสดงข้อดี - ข้อเสียของเส้นใยนำแสง

ข้อดี	ข้อเสีย
1. น้ำหนักเบา 2. ไม่มีสัญญาณรบกวน (Crosstalk) เนื่องจากการเหนี่ยวนำ 3. ก่อสร้างง่าย ใช้เวลาไม่มาก 4. แบนด์วิธกว้างมาก ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ในอัตราเร็วสูง	1. ต้นทุนยังสูง 2. อุปกรณ์มีราคาสูง

1.3 ข้อดีของความถี่แถบกว้าง(Broadband)

ปัจจุบันธุรกิจสมัยใหม่ได้เคลื่อนย้ายมาสู่ตลาดการค้าขายที่ไม่มีตัวตนจริงแต่เป็นการค้าขายที่เข้ามาอาศัยสาธารณูปโภคพื้นฐานการติดต่อด้วยโทรศัพท์ ดังนั้นคุณลักษณะของระบบข่ายสายกระจายแบบใหม่อย่างน้อยต้องประกอบด้วย สามารถรองรับการใช้งานความถี่แถบแคบ (Narrow Band) และ การใช้งานความถี่แถบกว้าง (Broadband) เช่น การเข้าใช้อินเตอร์เน็ตความเร็วสูง (High Speed Internet Access) บริการวิดีทัศน์ตามความต้องการ (Video On Demand) การค้าทางพาณิชย์อิเลคทรอนิคส์ (E-Commerce) บริการภาพกราฟฟิก มัลติมีเดีย ข้อมูลความเร็วสูงทางด่วนได้ นั่นคือสามารถให้บริการแบบเดิมที่ใช้รับส่งด้วยสัญญาณเสียงย่านความถี่ 0.3 – 3.4 กิโลเฮิรตซ์ ขณะเดียวกันก็รับส่งสัญญาณข้อมูลที่มีความเร็วสูงขนาด 64 กิโลบิตต่อวินาทีหรือสูงกว่าได้

ในอนาคตหากผู้ใช้จำนวน 3,000 รายที่อยู่ในพื้นที่ชุมสายเดียวกันประสงค์ที่จะเปลี่ยนไปใช้การติดต่อด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีความเร็วสูงขนาด 2.048 Mbps หรือมากกว่า เนื่องจากประกอบธุรกิจพาณิชย์อิเลคทรอนิคหรืออินเตอร์เน็ตหรือมัลติมิเดียแล้ว ผู้ให้บริการจะต้องจัดการวางแนวทางที่จะตอบสนองผู้ใช้ให้ได้รับบริการด้วยจำนวนข้อมูลที่มีความจุจำนวนมากเช่นนี้พร้อมๆกันได้ทันทีโดยปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์เพียงเล็กน้อย

นอกจากนี้การขยายความจุให้ครอบคลุมมากขึ้นก็ทำได้ง่ายและไม่ต้องสร้างสายเคเบิลต้นทางเลย เพียงแต่เปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ให้มีขนาดความจุสูงขึ้นเท่านั้นก็เพียงพอแล้ว ความน่าเชื่อถือในการใช้งานจึงสูงกว่าคู่สายทองแดง

- **ความเร็วสูงทำให้ประหยัดเงิน** (High speed save money) ค่าใช้โทรศัพท์ในปัจจุบันขึ้นอยู่กับเวลาไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลที่ส่งออกไป ดังนั้นในทางปฏิบัติการส่งแฟ้มข้อมูลที่เป็นตัวอักษร รูปภาพ จึงถูกเปลี่ยนรูปแบบบีบอัดให้มีขนาดของข้อมูลเล็กลง หากสามารถส่งข้อมูลได้มากเท่าไรในระยะเวลาสั้นๆก็จะประหยัดเงินได้มากเท่านั้น [7] แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาและราคาในการส่งแฟ้มข้อมูลขนาด 1 Mbps.(ตารางที่ 1.6) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t = n \times 10 / b / 60$$

t หมายถึง ระยะเวลาในการส่งข้อมูลมีหน่วยเป็นนาที

n หมายถึง จำนวนข้อมูลมีหน่วยเป็นไบท์(byte)

b หมายถึง ความเร็วในการส่งข้อมูลของโมเด็ม(modem) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที(bps)

ตารางที่ 1.6 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาและราคาในการส่งแฟ้มข้อมูล

ความเร็วในการส่งข้อมูล (บิตต่อวินาที)	ระยะเวลาในการส่งข้อมูล (นาที)	ราคาในการส่งแฟ้มข้อมูล $0.10 / นาที
300	555	55.50
1,200	139	13.90
2,400	69	6.90
4,800	35	3.50
9,600	17	1.70
1,440	12	1.20
28,800	6	0.60
33,600	5	0.50
56,000	3	0.30

1.4 บริการในระบบข่ายสายท้องถิ่น

ปัจจุบันบริการที่ใช้งานผ่านระบบข่ายสายท้องถิ่นที่สำคัญแบ่งได้ 3 กลุ่ม[8]ได้แก่

- การติดต่อสื่อสารทางเสียง : ส่วนใหญ่เป็นบริการโทรศัพท์ธรรมดาซึ่งใช้ความถี่ที่ 0.3-3.4 กิโลเฮิร์ท
- บริการข้อมูล : เป็นการให้บริการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบต่างๆเช่น ธุรกรรมบนสาย (Online Transaction), ธุรกรรมรวมศูนย์ / กระจายศูนย์(Centralized / Decentralized Transaction), อินเตอร์เน็ต, ข้อมูลความเร็วสูง, การประชุมทางวิดีทัศน์, การสื่อสารส่วนบุคคล,ระบบสื่อสารร่วมดิจิตอล
- ความบันเทิง : ประเภทการใช้งานด้านความบันเทิงจะมีความต้องการที่เป็นพื้นฐาน คือ ราคาถูก, ใช้งานง่าย, ใช้งานได้ไว, ใช้งานได้ทุกแห่ง มีหลายบริการเช่น
  - การกระจายสัญญาณโทรทัศน์(Broadcast TV.) เป็นการให้สารบันเทิงตามสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โทรทัศน์ความละเอียดภาพสูง (HDTV. : High Definition Television) เป็นบริการความบันเทิงภาพเคลื่อนไหวที่มีความละเอียดของภาพสูงมากในการส่ง
- บริการวีดีโอตามสั่ง (Video-on-demand) เป็นสารบันเทิงลักษณะเดียวกับโทรทัศน์แต่ผู้ใช้สามารถที่จะเลือกรายการโดยการโต้ตอบกลับได้
- ระบบการเรียนทางไกล (Distance learning)

จากประเภทบริการทั้ง 3 แบบ ความต้องการใช้แบนวิดธ์ผ่านข่ายสายกระจายของบริการที่สำคัญ พอสรุปได้ดังนี้ (ตารางที่ 1.7)

ตารางที่ 1.7 แสดงขนาดแบนวิดธ์สำหรับบริการต่างๆที่ใช้ผ่านข่ายสายท้องถิ่น

Media	Transaction type	Format	Sampling dimensions, pixel, line, frame/s	Uncompress bit rate	Compressed maximum bit rate
Speech and music	Telephony		8 Kps x 8 bit / sample	64 Kbps	8-32 kbps
	Teleconferencing		16 Kps x 8 bit / sample	128Kbps	48-64 kbps
	CD – audio		44.1 Kps x 16 bit / sample	705.6 Kbps	128 kbps
Image	Normal resolution image	SVGA	640 pixel x 480 line x 8 bit / pixel	2.458 Mbits	24 k – 245 kbits
		JPEG	720 pixel x 576 line x 16 bit / pixel	6.636 Mbits	104 k - 830 kbits
	Very high resolution image		1280 pixel x 1024 line x 24 bit / pixel	31.46 Mbits	300 k - 3 Mbits
Business video	Videophone	QCIF (H.261)	176 pixel x 144 line x 12 bit x 30 frame / s*	9.115 Mbps	Px64Kbps (p=1.2)
		MPEG-4 (H.320)	176 pixel x 144 line x 12 bit x 10 frame / s	3.04 Mbps	64 Kbps
	Video conferencing	CIF (H.261)	352 pixel x 288 line x 12 bit x 30 frame / s*	36.45 Mbps	mx348kbps (m= 1,2…5)
		MPEG-1 (PAL)	352 pixel x 288 line x 12 bit x 25 frame / s	30.4 Mbps	1.15 M – 3 Mbps
		MPEG-1 (NTSC)	352 pixel x 240 line x 12 bit x 30 frame / s	30.4 Mbps	1.15 M – 3 Mbps
Entertainment video	VCR	CIF (MPEG-2)	352 pixel x 240 line x 12 bit x 30 frame / s	30.4 Mbps	4 Mbps
	Broadcast television	MPEG–2 (PAL)	720 pixel x 576 line x 12 bit x 25 frame / s	124.4 Mbps	15 Mbps
		MPEG–2 (NTSC)	720 pixel x 480 line x 12 bit x 30 frame / s	124.3 Mbps	15 Mbps
	High quality television	HDTV	1920 pixel x1080 line x 16 bit x 30 frame / s	994.3 Mbps	135 Mbps
		MPEG-3	1920 pixel x1080 line x 12 bit x 30 frame / s	745.8 Mbps	20 M – 40 Mbps

* Frame Rate can be 30, 15, 10, 7.5 frame / s

CIF = Common intermediate format

QCIF = Quarter common intermediate format

MPEG = Moving pictures expert group

JPEG = Joint photographic experts group

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ลักษณะระบบข่ายสายกระจายใหม่

ทั่วโลกมีความพยายามที่จะทำให้การบริการผ่านโครงข่ายเป็นระบบดิจิตอลเต็มรูปแบบตั้งแต่ผู้ใช้ด้านส่งไปถึงผู้ใช้ด้านรับ แต่ก่อนจะถึงยุคนั้นจำเป็นต้องค่อยๆ เปลี่ยนแปลงไปเป็นขั้นตอนอย่างเหมาะสม

การศึกษาครั้งนี้จะเป็นการวิเคราะห์ถึงการนำเทคโนโลยีเส้นใยนำแสงมาใช้ในข่ายสายกระจายแทนคู่สายทองแดง โดยมีเป้าหมายให้เข้าไปถึงผู้ใช้โดยตรงหรือให้ใกล้บ้านผู้ใช้มากที่สุด ระยะแรกการวางโครงข่าย ความต้องการเบื้องต้นมีกลุ่มเป้าหมายของผู้ใช้ที่สำคัญ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นธุรกิจขนาดกลางหรือขนาดเล็กกับกลุ่มผู้ใช้ตามบ้านพักอาศัยเท่านั้น

ผู้ให้บริการโครงข่ายควรจะสร้างข่ายสายกระจายแบบใหม่ซ้อนไปกับข่ายคู่สายทองแดงเดิมแล้ว ค่อยๆตัดถ่ายจากคู่สายทองแดงไปใช้บริการบนโครงข่ายเส้นใยนำใยแสง สิ่งที่ข่ายสายกระจายระบบใหม่ ควรจะมีได้แก่

- ความต้องการเบื้องต้นสำหรับข่ายสายกระจายระบบใหม่ก็คือสามารถบรรเทาสิ่งบกพร่องที่เป็นปัญหาและอุปสรรคในคู่สายทองแดงดังได้กล่าวมาก่อนนี้
- ให้บริการได้ทั้งโทรศัพท์พื้นฐาน บริการย่านแถบความถี่แคบ (Narrow Band) และความถี่กว้าง(Broadband)
- ขยายโครงข่ายได้ง่าย ลงทุนต่ำและมีประสิทธิผลด้านราคา (Cost Efficiency) เนื่องจากต้นทุนการสร้างคู่สายทองแดง ขึ้นอยู่กับจำนวนและความยาว[6] มูลค่าเฉพาะด้านข่ายสายเป็นสัดส่วนถึง 60% ของต้นทุนทั้งหมด[9] ดังนั้นหากขยายจำนวนคู่สายเพิ่มโดยเพียงแต่เปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ต้นทางกับปลายทางเท่านั้น จะลดต้นทุนในส่วนที่เป็นค่าสร้างสายเคเบิลได้เป็นจำนวนมาก ยิ่งขยายจำนวนคู่สายมากขึ้น ต้นทุน/คู่สายยิ่งน้อยลง
- ประสิทธิภาพอุปกรณ์ในโครงข่ายโดยรวมสูงขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงข่ายส่วนหนึ่งจะเป็นอุปกรณ์แบบพาสซีบ(Passive) ซึ่งไม่ใช้กระแสไฟฟ้า จึงมีอายุการใช้งานสูง ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาต่ำ ทำให้ต้นทุนในแต่ละปีลดลง
- ยกระดับและปรับขนาด (Scalability) ให้เป็นระบบที่ใช้ข้อมูลแถบกว้างในอนาคตได้
- รวมข้อมูลจำนวนมากและหลากหลายบริการส่งไปในโครงข่ายเดียวกัน
- มีความเร็วหรืออัตรารับ – ส่งสัญญาณสูง
- มีความน่าไว้วางใจ(Reliability) เกิดเหตุเสียน้อย
- วางเส้นใยนำแสงให้ถึงหน้าบ้าน
- ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.8 แสดงความต้องการข่ายสายกระจายแบบใหม่

ความต้องการข่ายสายกระจายแบบใหม่
1. บรรเทาปัญหาและอุปสรรคในคู่สายทองแดง
2. ให้บริการโทรศัพท์พื้นฐาน, บริการย่านแถบความถี่แคบ(Narrow Band)และความถี่กว้าง (Broadband)
3. ขยายโครงข่ายได้ง่าย
4. ประสิทธิภาพอุปกรณ์ในโครงข่ายสูงขึ้น
5. ยกระดับและปรับขนาด (Scalability) เป็นระบบข้อมูลแถบกว้างได้
6. รวมบริการต่างๆส่งไปบนโครงข่ายเดียว
7. อัตราเร็วการส่งข้อมูลสูง
8. ระบบน่าเชื่อถือ
9. ค่าบำรุงรักษาลดลง

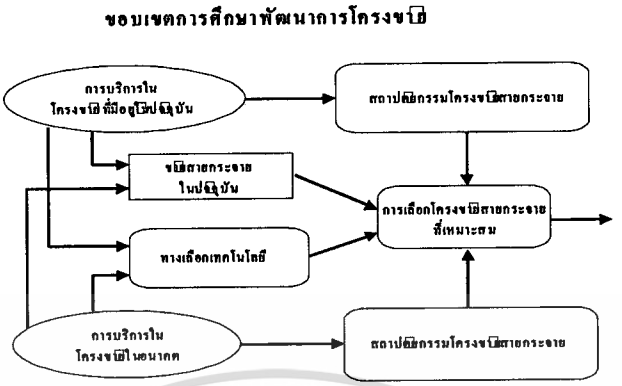
1.6 วัตถุประสงค์

ในโครงการศึกษาพิเศษนี้ จะทำการศึกษาถึงการนำเทคโนโลยีเส้นใยนำแสงมาประยุกต์ใช้เป็นโครงข่ายสายกระจายท้องถิ่น ทั้งในด้านเทคนิคและความเหมาะสมของรูปแบบสถาปัตยกรรมข่ายสาย การใช้อุปกรณ์ผสานสัญญาณ (Multiplexing Schemes) เพื่อเพิ่มความจุในเส้นใยนำแสง อันทำให้มีประสิทธิผลด้านการลงทุน เพิ่มสมรรถนะ คุณภาพการให้บริการตามความต้องการของผู้ใช้ รวมทั้ง ต้องการทราบมูลค่าการลงทุน ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษาและจุดคุ้มทุนในแต่ละปี ซึ่งเมื่อวิเคราะห์โดยรวมแล้วสามารถทราบถึงแนวโน้มของความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

1.7 ขอบเขตและแผนการศึกษา

ในการศึกษาความเป็นไปได้จะอาศัยกรอบการพัฒนาการของข่ายสายเส้นใยนำแสง(รูปที่ 1.2) ที่ David P. Reed ได้ทำการวิเคราะห์ขอบเขตไว้ [6] เป็นส่วนหนึ่งของแนวทางในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 แสดงขอบเขตและแนวทางการศึกษา

- **การบริการในโครงข่ายปัจจุบัน** ในยุคเริ่มต้นจะเป็นยุคที่บริการต่างๆรับส่งด้วยสัญญาณอะนาลอก (Analog) บริการชนิดใดที่จะส่งผ่านข่ายสายกระจายจะต้องเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณอะนาลอก ความถี่เสียงย่าน 0.3 – 3.4 กิโลเฮิร์ท ก่อนจึงจะส่งไปยังผู้ใช้ปลายทาง เช่น โมเด็ม(Modem)ที่ใช้ส่งข้อมูลงานออนไลน์ (Online) ที่ความเร็ว 9,600 บิทต่อวินาที เมื่อจะส่งผ่านคู่สายทองแดง จะทำการเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณอะนาลอก ความถี่เสียงย่าน 0.3 – 3.4 กิโลเฮิร์ท ด้วยวิธีการที่เรียกว่า มอดูเลชั่นแบบเลื่อนความถี่(Frequency Shift Keying Modulation) ก่อนจึงจะส่งออกไป
- **การบริการในโครงข่ายในอนาคต** เป็นการศึกษาบริการชนิดต่างๆเช่น ระบบสื่อสารร่วมดิจิตอลแบบบอร์ดแบนด์ โทรทัศน์ความละเอียดสูง เป็นต้น ที่ใช้ส่งผ่านโครงข่ายสายกระจายเพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าจะนำเทคโนโลยีทางเลือกใดมาใช้จึงจะรองรับบริการที่ต้องการ
- **ข่ายสายกระจายปัจจุบัน** เป็นข่ายสายทองแดงเชื่อมโยงแบบจุด-ต่อ-จุด (point-to-point) ซึ่งไม่มีเทคโนโลยีซับซ้อน เน้นให้บริการย่านความถี่เสียง หากดูตามรูปที่ 2 จะนับเป็นจุดเริ่มต้นพัฒนาการจากระบบข่ายสายทองแดงไปสู่ระบบข่ายสายใหม่ที่มีความเร็ว การรับส่งข้อมูล มีความน่าเชื่อถือในการใช้งานและ ราคาถูก
- **เทคโนโลยีทางเลือก** เป็นการศึกษาความสามารถของโครงข่ายหลายแบบที่พัฒนามาจาก สถาปัตยกรรมโครงข่ายสายกระจาย เช่น ข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC: Digital Loop Carrier) และข่ายสายร่วมบรอดแบน (IBN : Integrate Broadband Network) เป็นต้น เพื่อเป็นทางเลือกว่ารูปแบบใดเหมาะสมที่จะส่งผ่านบริการตามความต้องการได้ นอกจากนี้ทางเลือกเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ได้จะทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้สายทองแดง สายแกนร่วม หรือเส้นใยนำแสงต่อเชื่อมตามความต้องการได้

- **สถาปัตยกรรมโครงข่ายสายกระจาย** เป็นการศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติของสถาปัตยกรรมโครงข่ายสายกระจายแต่ละแบบ เช่นแบบ ซิงเกิลสตาร์ แอคทีบและพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ สายร่วม (Bus) ริง (Ring) ตามรูปแบบของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจว่าเทคโนโลยีทางเลือกที่พัฒนามาจากสถาปัตยกรรมแบบใดเหมาะสมที่สุด

- **การเลือกโครงข่ายสายกระจายที่เหมาะสม** จะนำผลจากการศึกษาในประเด็นต่าง โดยใช้นัยสำคัญด้านราคาและชนิดบริการเช่น โครงข่ายสามารถรับบริการพื้นฐานที่มีได้ตามความต้องการเบื้องต้นหรือไม่ ราคาลงทุนเป็นอย่างไรเป็นต้น มาใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบข่ายสายที่เหมาะสมที่สุด

1.8 วิธีการศึกษาความเป็นไปได้

ในขั้นแรกจะทำการศึกษาถึงอุปสรรคและคุณสมบัติของคู่สายทองแดง ความต้องการของข่ายสาย สถาปัตยกรรมรูปแบบของโครงข่ายที่สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union) ได้วางแนวทางและข้อกำหนดไว้ดังปรากฏใน ITU Recommendation L.15 พร้อมนี้จะวิเคราะห์ตัวแปรสำคัญต่างๆในทางเทคนิครวมทั้งข้อจำกัดของแต่ละรูปแบบเพื่อให้การศึกษาอยู่ในขอบเขตอันจำกัดได้ จากนั้นรวบรวมทางเลือกเทคโนโลยี ที่ให้บริการได้ตั้งแต่เสียงโทรศัพท์ที่มีความถี่ 0.3–3.4 กิโลเฮิร์ท (KHz) จนถึงบริการที่ใช้ความถี่กว้าง (Broadband) สิ่งที่น่าสนใจก็คือเทคโนโลยีที่เลือกสามารถให้หลายบริการร่วมใช้โครงข่ายเดียวกันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในการประมาณค่าใช้จ่ายจัดหาส่วนประกอบของการติดตั้งโครงข่าย จะตั้งสมมติฐานว่ามีการก่อสร้างข่ายสายใหม่เพื่อให้บริการแก่ผู้อยู่อาศัย ในระยะเริ่มต้นนั้นผู้ให้บริการเลือกที่จะให้บริการโทรศัพท์พื้นฐานหรือวงจรแถบความถี่ใช้งานแคบและบริการวงจรแถบความถี่ใช้งานกว้างหลังจากนั้นจึงคำนวณค่าใช้จ่ายของโครงข่ายสำหรับเทคโนโลยีสื่อสัญญาณที่เลือกไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 เงื่อนไขการวิเคราะห์

เมื่อเลือกสถาปัตกรรมข่ายเส้นใยนำแสงเพื่อนำไปพัฒนาเป็นโครงข่ายทางเลือกให้เหมาะกับชนิดของบริการบนโครงข่ายได้แล้ว จะดำเนินวิเคราะห์ความเป็นไปได้โดยอาศัยปัจจัย 4 ประการ ได้แก่ ราคาลงทุนเริ่มแรก(Construction Cost), ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา(Operation and Maintenance), ผลตอบแทน (Revenue) และจุดคุ้มทุน(Break-event point)

ปัจจัยแรกจะประมาณการราคาลงทุนเริ่มแรกทั้งหมดในการสร้างโครงข่ายแต่ละแบบให้เห็นชัดเจนเป็นหน่วยราคาต่อผู้ใช้ ปัจจัยที่สองคือค่าดำเนินการและบำรุงรักษาทั้งสองปัจจัยจะรวมแสดงให้เห็นเป็นค่าใช้จ่ายรอบรายปี, ปัจจัยต่อมาจะทำการจำลองรายได้ที่เกิดขึ้นจากค่าบริการบนโครงข่ายจำนวน 10 รูปแบบแล้วนำค่าที่ได้นั้นไปเป็นฐานในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนโดยกำหนดให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งานทั้งในระยะเวลา 3 ปีและในระยะเวลา 10 ปี จากนั้นจะนำผลการวิเคราะห์ของโครงข่ายแต่ละแบบมาสรุปเป็นผลการศึกษาความเป็นไปได้ ในการตัดสินใจเลือกนำมาใช้งาน

1.10 กรอบเนื้อหา

เนื้อหาของโครงการศึกษากรณีพิเศษเล่มนี้เป็นไปตามลำดับที่บรรยายไว้ข้างต้น การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 4 บท บทที่ 1 จะเสนอปัญหาที่มีในข่ายสายกระจายแบบทองแดงรวมทั้งความจำเป็นที่จะต้องนำเส้นใยนำแสงเข้ามาใช้งาน เพื่อให้บริการใหม่ในโครงข่ายเช่น เทคโนโลยีวิดีทัศน์ อินเตอร์เน็ต มัลติมีเดีย บทที่ 2 จะศึกษาลักษณะของโครงข่ายตามแนวทางของสหภาพโทรคมนาคม (International Telecommunication Union), อุปกรณ์ประกอบในข่ายสาย, การแบ่งหมวดหมู่ของระบบข่ายสายกระจาย, ทางเลือกเทคโนโลยีสื่อสัญญาณแสงแบบต่างๆพร้อมรายการประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง บทที่ 3 เสนอผลของการศึกษาโดยวิเคราะห์ปัจจัยด้านประมาณการราคาติดตั้งโครงข่าย, ด้านค่าดำเนินการและบำรุงรักษา, ด้านรายได้ผลตอบแทน, ด้านจุดคุ้มทุนและในบทสุดท้ายจะสรุปผลความเป็นไปได้ของข่ายสายเส้นใยนำแสงที่ได้จากโครงข่ายระบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

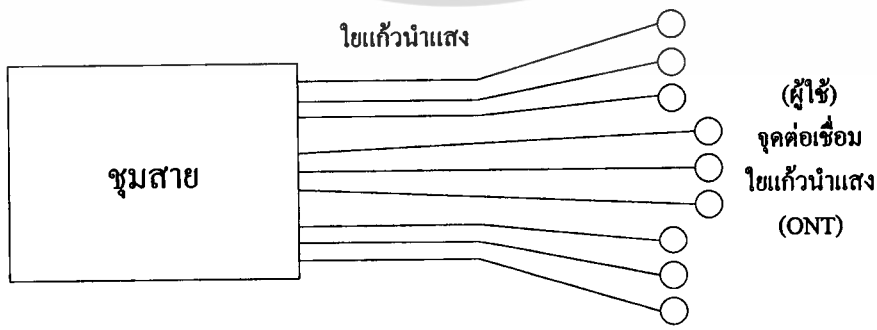
บทที่ 2
ระบบข่ายสายกระจายชนิดเส้นใยนำแสง

2.1 แนวคิดพื้นฐานของรูปแบบโครงข่าย

หากเปรียบเทียบกับสายเคเบิลแบบโลหะแล้วจะเห็นว่าเส้นใยนำแสงมีข้อที่เด่นกว่าหลายประการเช่น แถบคลื่นกว้าง (Wide Bandwidth), มีค่าความสูญเสียต่ำ, ปราศจากการรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นต้น เมื่อมองคุณสมบัติที่โดดเด่นเช่นนี้จะทำให้ข่ายสายกระจายที่ใช้เส้นใยนำแสงเป็นโครงข่ายที่น่าสนใจ ในการศึกษาของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศได้กำหนดไว้ใน Internation Telecommunication Union Recommendation L.15 แบ่งเป็น 3 รูปแบบใหญ่ๆ คือ

2.1.1 ซิงเกิลสตาร์ (Single Star)

โครงข่ายแบบซิงเกิลสตาร์แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 เป็นรูปแบบที่ใช้เส้นใยนำแสงอย่างน้อยหนึ่งเส้นต่อเชื่อมโดยตรงระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับผู้ใช้แต่ละราย[4]ในลักษณะแยกเป็นอิสระ (dedicate) แบบนี้จะมีโครงสร้างที่ง่าย ถ้าอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางเป็นของผู้ใช้เองอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงข่ายนี้ มีเพียง 2 อย่าง คือ เส้นใยนำแสงและหัวต่อเส้นใยนำแสง โครงข่ายแบบนี้เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการแถบสัญญาณกว้างและความปลอดภัยสูง เนื่องจากการสูญเสียพลังงานแสงค่อนข้างต่ำกว่ารูปแบบอื่นๆ เพราะไม่มีการสูญเสียพลังงานจากการใช้ตัวแยกพลังงานแสง (Optical Power Splitter) ดังนั้นจึงสามารถให้บริการกับผู้ใช้ที่อยู่ห่างไกลได้กว่าทุกแบบ ข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือใช้อุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์ทางแสงที่มีเทคโนโลยีง่ายๆกว่าแบบอื่นเช่น ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Dioed : LED) [6]



รูปที่ 2.1 แสดงสถาปัตยกรรมแบบซิงเกิลสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

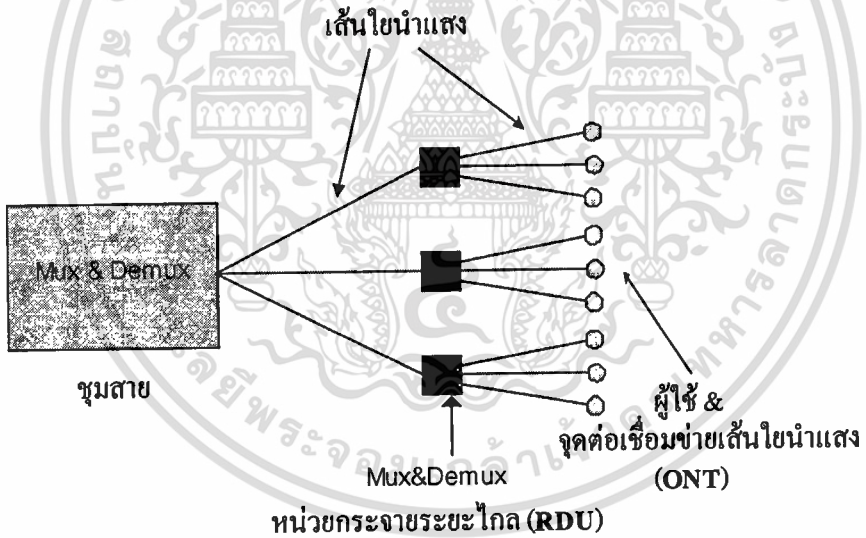
- **ส่วนประกอบโครงข่าย**
  - เครื่องส่งและรับสัญญาณแสง
  - เส้นใยนำแสงและหัวต่อ
  - หน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง (ONT)
- **คุณลักษณะ**
  - มีความอิสระต่อกันของผู้ใช้เนื่องจากผู้ใช้จะใช้เส้นใยนำแสงแบบหนึ่งต่อหนึ่ง
  - การละเมิดหรือพ่วงสายทำได้ยากจึงมีความปลอดภัยในการใช้งานสูง
  - โครงสร้างไม่ซับซ้อนเนื่องจากเป็นการต่อตรงระหว่างชุมสายกับบ้านผู้ใช้
  - ไม่มีอุปกรณ์อื่นใดเพิ่มเติมระหว่างชุมสายกับบ้านผู้ใช้
  - โครงข่ายใช้จำนวนเส้นใยมาก
- **ข้อดี**
  - ความปลอดภัยสูงเนื่องจากมีความอิสระต่อกันของผู้ใช้แต่ละราย
  - ส่งข้อมูลได้ในอัตราเร็วสูงเนื่องจากแถบสัญญาณกว้างเพราะหนึ่งเส้นใยนำแสงมีผู้ใช้เพียงรายเดียว
  - พื้นที่บริการครอบคลุมกว้างกว่าเนื่องจากการลดทอนพลังงานระหว่างชุมสายกับบ้านผู้ใช้ต่ำเพราะไม่มีการต่อเชื่อมอุปกรณ์ระหว่างเส้นทาง
  - ยกระดับบริการได้ง่ายโดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ปลายทางเท่านั้น
- **ข้อเสีย**
  - ค่าใช้จ่ายส่วนของเส้นใยนำแสงสูงเพราะใช้เส้นใยนำแสงปริมาณมาก
  - ค่าใช้จ่ายส่วนของอุปกรณ์สูงเพราะใช้อุปกรณ์ต่อผู้ใช้เป็นหนึ่งต่อหนึ่ง
- **บริการที่ใช้งานผ่านโครงข่าย**
  - บริการความเร็วต่ำเช่น บริการโทรศัพท์
  - บริการความเร็วสูงเช่น บริการส่งข้อมูลความเร็วสูง, โทรทัศน์ภาพละเอียดสูง, บริการวีดีทัศน์, ไอเอสดีเอน ฯลฯ ทั้งนี้จะใช้บริการใดนั้นขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ปลายทางด้วย
- **ทางเลือกโครงข่าย** โครงข่ายแบบนี้จะเหมาะสมกับผู้ใช้ที่ต้องการอัตราเร็วสูงเช่น ผู้ใช้งานอิสระ, ชุมสายโทรศัพท์, ผู้ให้บริการอินเทอร์เนตความเร็วสูง, บริษัทเงินทุนหลักทรัพย์, สถาบันการศึกษา, ผู้ให้บริการโทรทัศน์ทางสายเป็นต้น ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดของเทคโนโลยีทางเลือกที่นำสถาปัตยกรรมแบบนี้ไปพัฒนาในภายหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 มัลติเพิลสตาร์ (Multiple Star)

รูปที่ 2.2 เป็นรูปแบบที่มีวัตถุประสงค์โดยใช้ตัวผสานและแยกสัญญาณ (Multiplexing & Demultiplexing) และใช้ตัวแยกพลังงานแสง (Optical power splitter) ระหว่างชุมสายกลางกับหน่วยกระจายระยะไกล (RDU : Remote Distribution Unit) การนำอุปกรณ์เหล่านี้มาประกอบในโครงข่ายทำให้ข้อมูลจำนวนมากส่งไปในเส้นใยนำแสงเส้นเดียวได้ ในการก่อสร้างจึงไม่จำเป็นวางสายเคเบิลขนาดใหญ่

หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง (ONT : Optical Network Terminal) ที่อยู่ถัดไปจากหน่วยกระจายระยะไกล (RDU) จะทำหน้าที่ทั้งเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและสัญญาณไฟฟ้าให้กลับเป็นสัญญาณแสงหรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าทำการผสานและแยกสัญญาณที่มาจากกลุ่มผู้ใช้หลายประเภทหลายบริการทั้งที่ต่อเชื่อมด้วยคู่สายทองแดง สายแกนร่วม (Coaxial cable) หรือวิทยุไร้สายให้ส่งผ่านไปในเส้นใยนำแสงเดียวกันได้



รูปที่ 2.2 แสดงสถาปัตยกรรมแบบมัลติเพิลสตาร์ (Multiple Star)

สถาปัตยกรรมแบบนี้จะมีโครงสร้างที่ยุ่งยาก เพราะมีอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงข่ายหลายอย่างและผสมได้หลากหลายรูปแบบดังนี้

2.1.2.1 แอคทีบมัลติเพิลสตาร์ (Active Multiple (Double/Triple) Star)

สถาปัตยกรรมแบบนี้ เป็นรูปแบบที่ผู้ใช้จำนวนหลายๆรายใช้เส้นใยนำแสงเส้นเดียวร่วมกัน (Shares Fiber) โดยใช้ตัวผสานสัญญาณ(Multiplexer)ทำการผสานสัญญาณ(Multiplexing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างชุมสายกลางกับหน่วยกระจายระยะไกล(RDU)ชั้นหนึ่งก่อน แล้วใช้ เดดิเคดท์ไฟเบอร์ (dedicate fiber) ดังรูปที่ 2.3 หรือใช้ตัวผสานสัญญาณ(Multiplexer) ดังรูปที่ 2.4 ส่งสัญญาณจากหน่วยกระจายระยะไกล(RDU) ต่อไปยังหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT)อีกชั้นหนึ่ง ก่อนแยกเข้าบ้านผู้ใช้ ความเหมาะสมของทั้งสองแบบจะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้และชนิดของบริการบนโครงข่าย ข่ายสายแบบนี้เมื่อพิจารณาการทำงานของอุปกรณ์แล้วเสมือนเป็นการต่อเชื่อมโดยตรงระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับผู้ใช้ในลักษณะเดดิเคดท์(dedicate)นอกจากนี้การใช้อุปกรณ์แอคทีบอิเลกทรอนิกส์(Active electronic) ประกอบอยู่ในหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) ทำให้ไม่จำเป็นต้องสร้างจำนวนเส้นใยนำแสงระหว่างชุมสายกลางกับหน่วยกระจายระยะไกลให้มากเกินความจำเป็น

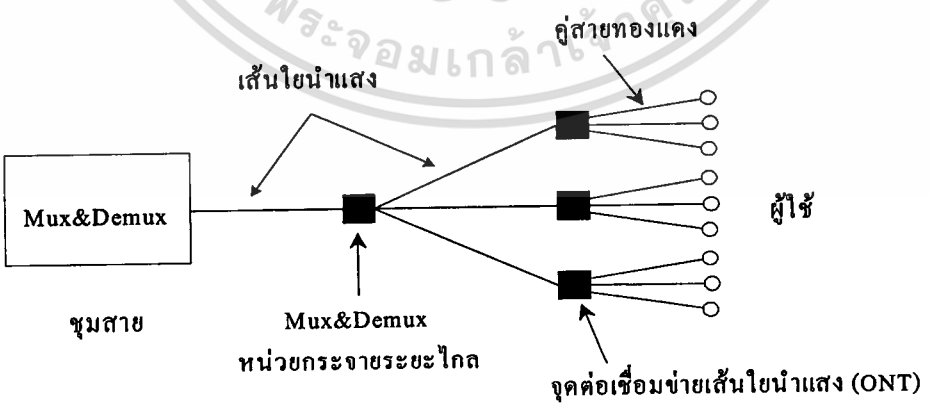
สถาปัตยกรรมแบบนี้ ยกระดับให้เป็นแถบคลื่นกว้าง(Wideband)ได้แต่ไม่ง่ายเหมือนแบบ ซิงเกิลสตาร์(single star) หรือ พาสซีบมัลติเพิลสตาร์(Passive multiple star) แต่อย่างไรก็ตามการใช้เส้นใยนำแสงร่วมกัน(sharing fiber) ระหว่าง ชุมสายกลางกับหน่วยกระจายระยะไกลจนกระทั่งถึงผู้ใช้ ก็เป็นที่น่าสนใจที่จะทำการศึกษาการนำเส้นใยนำแสงมาใช้งาน

- **ส่วนประกอบ**
  - เครื่องส่งและรับสัญญาณแสง
  - ตัวผสานสัญญาณ (Multiplexing)&ตัวแยกสัญญาณ (Demultiplexing)
  - เส้นใยนำแสง
  - ตัวแยกพลังงานแสง(Optical power splitter)
  - หน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล (RDU)
  - หน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง(ONT) หรือหน่วยกระจายริมทาง (Pedestral)
  - อุปกรณ์ปลายทางของผู้ใช้
- **คุณลักษณะ**
  - ใช้เส้นใยนำแสงร่วมกันจากชุมสายถึงหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล
  - มีความอิสระต่อกันของผู้ใช้ในระดับความยาวคลื่นจากหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลจนถึงบ้านผู้ใช้
  - โครงสร้างซับซ้อนเนื่องจากต้องมีการผสานและแยกสัญญาณในหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลและต้องมีการจ่ายไฟเลี้ยงหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลด้วย
- **ข้อดี**
  - ความปลอดภัยพอสมควรเนื่องจากมีความอิสระต่อกันของผู้ใช้ในช่วงระหว่างหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลกับบ้านผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

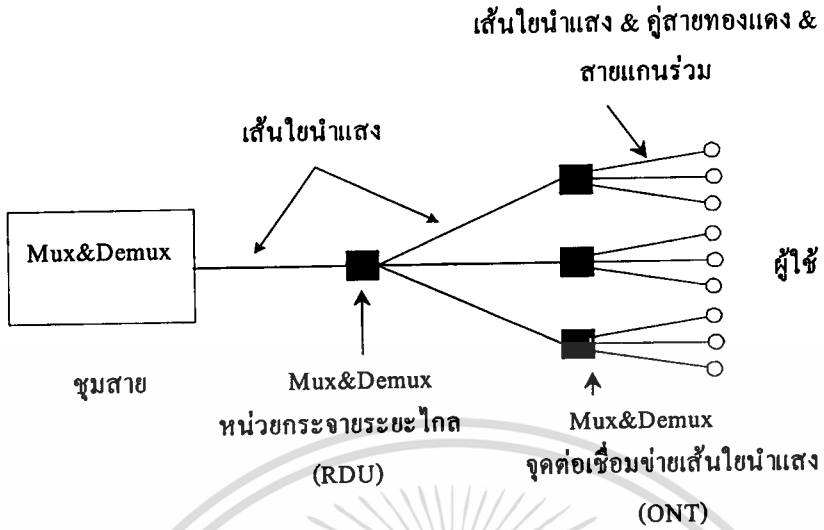
- ค่าใช้จ่ายในช่วงระหว่างชุมสายถึงหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลต่ำเนื่องจากมีการใช้เส้นใยนำแสงร่วมกัน
- ต้นทุนต่อผู้ใช้ เป็นสัดส่วน ผกผันกับจำนวนคู่สายที่เพิ่มขึ้นจึงได้ประคยชน์ในการขยายคู่สาย

- **ข้อเสีย**
  - อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ในหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลราคาสูงเนื่องจากความซับซ้อนในการแปลงสัญญาณทางไฟฟ้ากับสัญญาณแสง รวมถึงการผสานและแยกสัญญาณของผู้ใช้แต่ละราย
  - ยกระดับบริการได้ยากเพราะต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ปลายทางและหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล
- **บริการที่ใช้งานผ่านโครงข่าย**
  - บริการความเร็วต่ำเช่น บริการโทรศัพท์
  - บริการความเร็วสูงเช่น บริการส่งข้อมูลความเร็วสูง บริการวีดีทัศน์ (ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ปลายทาง)
- **ทางเลือกโครงข่ายที่นำไปพัฒนา**
  - ข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ
  - ข่ายสายเส้นใยนำแสงสำหรับสัญญาณแถบแคบ
  - ข่ายสายร่วมความถี่แถบกว้างหรือบอร์คแบน(Broadband)



รูปที่ 2.3 แสดงสถาปัตยกรรมแบบเดดิเคดท์ไฟเบอร์(dedicate fiber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงสถาปัตยกรรมแบบใช้ตัวผสาน(Multiplexing)และตัวแยกสัญญาณ (Demultiplexing)

2.1.2.2 พาสซีบมัลติเพิลสตาร์ (Passive Multiple(Double/Triple) Star)

สถาปัตกรรมแบบนี้ (รูปที่ 2.5) ใช้ตัวแยกและรวมพลังงานแสง (Optical power splitter) แทนตัวผสานสัญญาณ(Multiplexer)โครงข่ายนี้ทำเป็นโครงข่ายเส้นใยนำแสงแถบกว้าง(Wideband optical link) ของโครงข่ายประเภทข่ายเส้นใยนำแสงถึงบ้าน (Fiber to the Home) เหมาะสำหรับส่งแบบกระจายสัญญาณเช่นรายการโทรทัศน์หรือสัญญาณแถบกว้าง (Wideband)อื่นๆ

- **ส่วนประกอบ**
  - เส้นใยนำแสง
  - หน่วยแยกแสง (Splitter)
  - หน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสงและอุปกรณ์ปลายทางของผู้ใช้
  - คู่สายทองแดง
- **คุณลักษณะ**
  - ใช้เส้นใยนำแสงร่วมกันเป็นระดับ
  - โครงสร้างไม่ซับซ้อนเนื่องจากไม่ต้องมีการผสานและแยกสัญญาณของผู้ใช้แต่ละราย ระหว่างเส้นทาง ทำให้อุปกรณ์ที่ใช้ระหว่างชุมสายและบ้านผู้ใช้ไม่ซับซ้อน
  - ใช้หน่วยแยกแสงในการแยกพลังงานแสงส่งไปยังบริเวณต่างๆ
- **ข้อดี**
  - ค่าใช้จ่ายในช่วงระหว่างชุมสายถึงหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลต่ำเนื่องจากมีการใช้เส้นใยนำแสงร่วมกัน
  - ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ระหว่างทางต่ำกว่าแบบแอคทีบเนื่องจากไม่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง

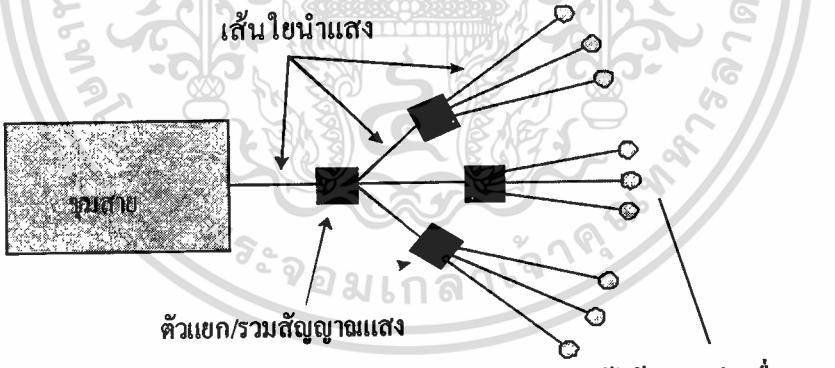
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระหว่างหน่วยแยกแสงและบ้านผู้ใช้มีสื่อหลายชนิดให้เลือกใช้ เช่น คู่สายทองแดง สายแกนร่วม เส้นใยนำแสง

- **ข้อเสีย**
  - ความปลอดภัยของข้อมูลลดลง และความเป็นส่วนตัวอาจถูกละเมิดเนื่องจากสัญญาณที่ไปถึงผู้ใช้แต่ละรายเป็นสัญญาณเดียวกัน (กรณีใช้เส้นใยนำแสงตลอดเส้นทาง)

- **บริการที่ใช้งานผ่านโครงข่าย**
  - บริการความเร็วต่ำเช่น บริการโทรศัพท์
  - บริการความเร็วสูงเช่น บริการส่งข้อมูลความเร็วสูง บริการวีดีทัศน์ (ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ปลายทาง)

- **ทางเลือกโครงข่าย**
  - ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง
  - ข่ายสายเส้นใยนำแสงสำหรับสัญญาณแถบแคบ
  - ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและแกนร่วม
  - ข่ายสายร่วมบอร์ดแบน



รูปที่ 2.5 แสดงสถาปัตยกรรมแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์

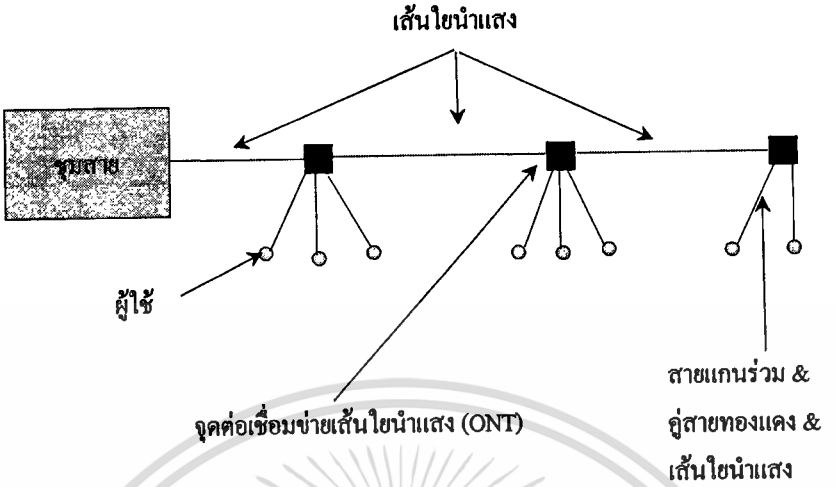
2.1.2.3 สายร่วม (Bus)

สถาปัตยกรรมแบบนี้ (รูปที่ 2.6) ในการศึกษาของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (Internation Telecommunication Union Recommendation L.15) ถือว่าเป็นรูปแบบหนึ่งของสถาปัตยกรรมแบบมัลติเพิลสตาร์ จึงไม่ได้แยกประเภทออกมา ในการศึกษาครั้งนี้จะไม่กล่าวถึงรายละเอียดของระบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ส่วนประกอบโครงข่าย** เหมือนกับอุปกรณ์ในแบบมัลติเพิลสตาร์
  - เครื่องส่งและรับสัญญาณแสง
  - ตัวผสานสัญญาณ (Multiplexing)&ตัวแยกสัญญาณ (Demultiplexing)
  - เส้นใยนำแสง
  - อุปกรณ์ดักแสงแบบสัมผัส (Tap coupling) หรือ ตัวแยกพลังงานแสง(Optical Splitter)
  - หน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง(ONT) หรือหน่วยกระจายริมทาง (Pedestral)
  - อุปกรณ์ปลายทางของผู้ใช้
- **คุณลักษณะ**
  - คล้ายกับพาสซีบมัลติเพิลสตาร์
  - มีหน่วยดักแสงแบบสัมผัสใช้แทนหน่วยแยกแสงที่ใช้ในพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ทั่วไป
- **ข้อดี**
  - คล้ายกับพาสซีบมัลติเพิลสตาร์
  - ใช้เส้นใยนำแสงจำนวนน้อยลงกว่าพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ทั่วไป
- **ข้อเสีย**
  - คล้ายกับพาสซีบมัลติเพิลสตาร์
  - หน่วยกระจายริมทางที่อยู่ไกลชุมสายจะได้รับสัญญาณแสงที่อ่อนกว่าหน่วยกระจายริมทางที่อยู่ใกล้กว่า
- **บริการที่ใช้งานผ่านโครงข่าย**
  - บริการความเร็วต่ำเช่น บริการโทรศัพท์
  - บริการความเร็วสูงเช่น บริการส่งข้อมูลความเร็วสูง บริการวีดีทัศน์
- **ทางเลือกโครงข่าย**
  - ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง
  - ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงสถาปัตยกรรมแบบสายร่วม(BUS)

2.1.3 ริงมัลติเพิลสตาร์ (Ring Multiple Star)

สถาปัตยกรรมแบบนี้(รูปที่ 2.7) จะเห็นว่าจุดเริ่มต้นและปลายข่ายสายจะอยู่ที่เดียวกัน โครงข่ายแบบนี้จะเป็นการผสมกันระหว่าง 2 หรือ 3 รูปแบบที่กล่าวมาก่อนนี้ แบบนี้มีข้อดีในเรื่องความน่าเชื่อถือเนื่องจากมีมีเส้นทางสำรอง เมื่อเกิดเหตุเสียสัญญาณจะวิ่งกลับทิศทางได้ การออกแบบจะต้องมีระบบป้องกัน(Protection)ได้ ทั้งอุปกรณ์และเส้นทางเชื่อมโยง ดังนั้นบางทีราคาอุปกรณ์อาจจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

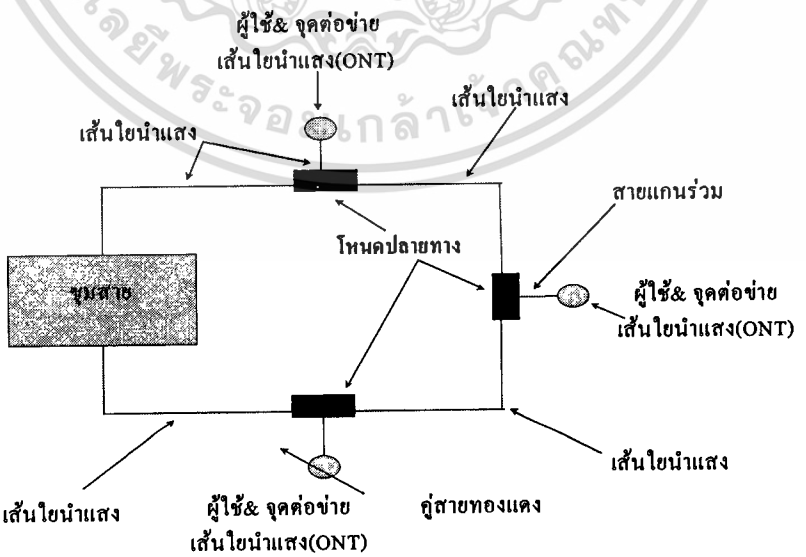
สถาปัตยกรรมแบบนี้มีความซับซ้อนและการลงทุนสูงมากอย่างน้อยเป็นสองเท่าของระบบอื่นๆจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นข่ายสายท้องถิ่นสำหรับประเทศไทยเป็นลำดับท้ายสุดและจะไม่นำมาเป็นรูปแบบในการศึกษา

- **ส่วนประกอบโครงข่าย** เหมือนกับอุปกรณ์ในแบบมัลติเพิลสตาร์
  - เครื่องส่งและรับสัญญาณแสง
  - ตัวผสานสัญญาณ (Multiplexing)&ตัวแยกสัญญาณ (Demultiplexing)
  - เส้นใยนำแสง
  - อุปกรณ์ดักแสงแบบสัมผัส (Tap coupling) หรือ ตัวแยกพลังงานแสง(Optical Splitter)
  - หน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง(ONT) หรือหน่วยกระจายริมทาง (Pedestral)
  - อุปกรณ์ปลายทางของผู้ใช้
- **คุณลักษณะ**
  - คล้ายกับพาสซีบมัลติเพิลสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีหน่วยดักแสงแบบสัมผัสใช้แทนหน่วยแยกแสงที่ใช้ในพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ทั่วไป

- **ข้อดี**
  - คล้ายกับพาสซีบมัลติเพิลสตาร์
  - ใช้เส้นใยนำแสงจำนวนน้อยลงกว่าพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ทั่วไป
  - สามารถทำให้คืนดีได้ด้วยตัวเอง (Self Healing)
- **ข้อเสีย**
  - คล้ายกับพาสซีบมัลติเพิลสตาร์
  - หน่วยกระจายริมทางที่อยู่ไกลชุมสายจะได้รับสัญญาณแสงที่อ่อนกว่าหน่วยกระจายริมทางที่อยู่ใกล้กว่า
  - ต้องใช้อุปกรณ์มากกว่าเป็น 2 เท่า
- **บริการที่ใช้งานผ่านโครงข่าย**
  - บริการความเร็วต่ำเช่น บริการโทรศัพท์
  - บริการความเร็วสูงเช่น บริการส่งข้อมูลความเร็วสูง บริการวีดีทัศน์
- **ทางเลือกโครงข่าย**
  - ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง
  - ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและแกนร่วม



รูปที่ 2.7 แสดงสถาปัตยกรรมแบบริงมัลติเพิลสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาปัตยกรรมโครงข่ายที่ได้ศึกษาตามข้อกำหนดของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศทั้ง 3 กลุ่ม ที่ศึกษามานั้น สามารถนำมาใช้พัฒนาทางเลือกโครงข่ายรูปแบบต่างๆตามความเหมาะสมดังนี้ (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่ายที่นำมาใช้พัฒนาทางเลือกโครงข่าย

ทางเลือกโครงข่าย	สถาปัตยกรรมโครงข่าย				
	ซิงเกิล สตาร์ (SINGLE STAR)	แอคทีบ มัลติเพิล สตาร์ (ACTIVE MULTIPLE STAR)	พาสซีบ มัลติเพิล สตาร์ (PASSIVE MULTIPLE STAR)	สายร่วม(BUS)	ริง (RING)
ข่ายสายทองแดง (Copper loop)	●				
ข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (Digital loop carrier)		●			●
ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง (Fiber and copper hybrid)			●	●	●
ข่ายสายเส้นใยนำแสงสำหรับแถบสัญญาณแคบ (All Fiber narrowband network)	●	●	●		●
ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายแกนร่วม (Fiber and coaxial cable hybrid)			●	●	●
ข่ายสายร่วมบอร์ดแบน (Integrated broadband network)		●	●		●

2.2 ทางเลือกรูปแบบโครงข่าย (Network Topology Option)

ในการเลือกรูปแบบโครงข่ายมาพัฒนาให้สอดคล้องกับบริการบนโครงข่ายจะวิเคราะห์ว่ารูปแบบโครงข่ายใดที่มีข้อได้เปรียบด้านมูลค่าการลงทุน, มีคุณสมบัติที่เหมาะกับบริการที่มี, ข้อดีข้อเสียทางด้านเทคนิครวมทั้งการยกระดับโครงข่ายเป็นสำคัญ ซึ่งได้นำมาสรุปให้เห็นความเหมาะสมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

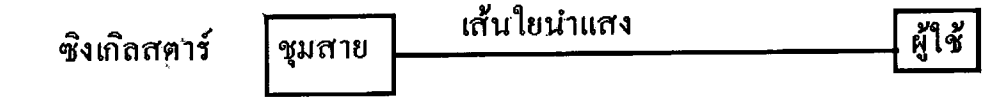
2.2.1 ทางเลือกแบบซิงเกิลสตาร์ (Single Star) รูปแบบและสถาปัตยกรรมที่แสดงในรูป 2.8, 2.9 และรายละเอียดในตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าข่ายสายแบบนี้แม้จะมีข้อดีในเรื่องของอุปกรณ์ส่วนประกอบโครงข่ายที่มีจำนวนน้อยเพียงเส้นใยนำแสงกับหัวต่อเส้นใยนำแสงเท่านั้นแต่อุปกรณ์ด้านผู้ใช้ที่จะนำมาใช้งาน จะมีราคาแพงอีกทั้งอุปกรณ์นี้ใช้เพียงผู้เดียว ถ้าเป็นความต้องการที่ผู้ใช้จะจัดเตรียมไว้เองก็จะมีค่าลงทุนอุปกรณ์หลายอย่างเช่น ตัวรับ – ส่ง สัญญาณแสง, ตัวผสานสัญญาณ และอื่นๆ มากขึ้นอีก นอกจากนี้จำนวนคอร์(Core)ของเส้นใยนำแสงจะต้องมีจำนวนมากตามระยะห่างและจำนวนผู้ใช้ซึ่งในที่สุดก็จะมีผลต่อมูลค่าการลงทุนที่สูงมากตามจำนวนผู้ใช้

ในการนำมาใช้งานจะเหมาะสมก็ต่อเมื่อมีผู้ใช้ต้องการแบนวิดธ์กว้าง, อัตราการส่งข้อมูลสูงเช่น การส่งกระจายสัญญาณโทรทัศน์ภาพละเอียดสูง, การส่งข้อมูลของกลุ่มบริษัทเงินทุนในตลาดหลักทรัพย์แบบนี้จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในระยะแรกนี้

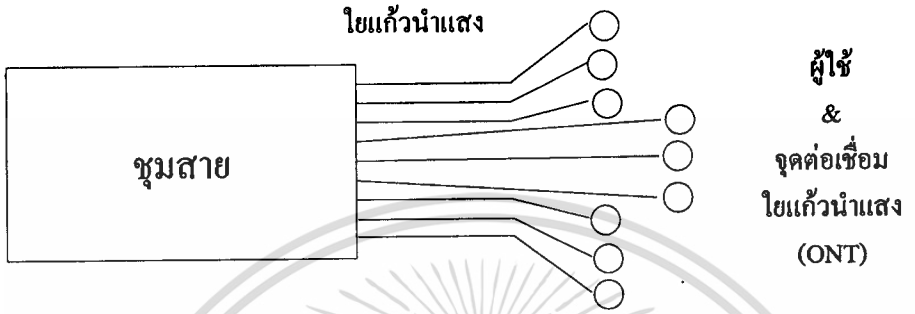
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบซิงเกิลสตาร์ (Single Star)

รูปแบบ	ส่วนประกอบ	คุณลักษณะ	ชนิดบริการ
ซิงเกิลสตาร์ (Single Star)	- เส้นใยนำแสง - หัวต่อ	- ผู้ใช้แยกเป็นอิสระ - ความปลอดภัยสูง - โครงสร้างไม่ซับซ้อน - แถบสัญญาณกว้าง - ใช้เส้นใยนำแสงมาก - ราคาลงทุนต่ำ - อุปกรณ์ผู้ใช้ราคาสูง	- งานใช้แบนวิดธ์กว้าง - วีดิทัศน์ - ไอเอสดีเอ็น - อินเทอร์เนตแอคเซส - โทรทัศน์ความละเอียดภาพสูง - ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงรูปแบบโครงข่าย(Topology) แบบซิงเกิลสตาร์ (Single Star)



รูปที่ 2.9 แสดงสถาปัตยกรรม(Architecture)แบบซิงเกิลสตาร์

2.2.2 ทางเลือกแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์ (Active Multiple Star) ข่ายสายแบบนี้แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ(แสดงในรูป 2.10, 2.11) แต่ในการนำไปใช้งานอาจจะมีการผสมผสานระหว่าง 2 รูปแบบนี้ขึ้นอีกเป็นหลายๆรูปแบบขึ้นอยู่กับความต้องการ จะเห็นว่าคุณลักษณะที่เป็นข้อดีของระบบนี้ (รายละเอียดในตารางที่ 2.3) อยู่ที่การใช้ทรัพยากรร่วมทั้งใช้เส้นใยนำแสงและใช้อุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบในโครงข่ายโดยเฉพาะแก้ไขข้อด้อยของระบบซิงเกิลสตาร์ที่ใช้จำนวนเส้นใยเป็นจำนวนมากได้ จึงมีผลทำให้ค่าลงทุนรวมต่ำลงที่สำคัญยิ่งก็คือค่าลงทุนต่อผู้ใช้จะเป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนวงจรขยายเพิ่มขึ้นเสมอ

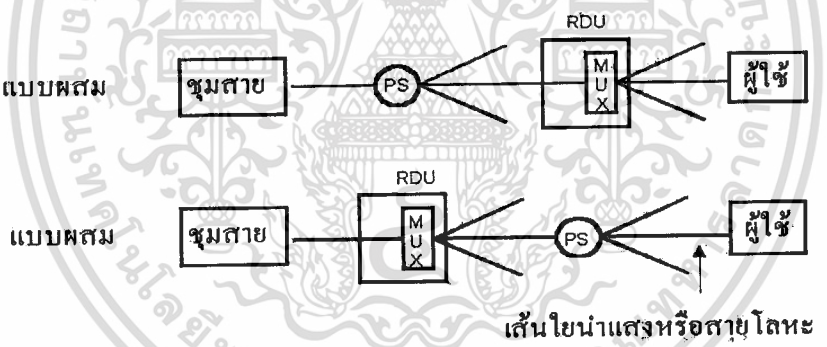
ในส่วนที่เป็นชนิดของบริการนั้น การให้บริการความเร็วต่ำและโทรศัพท์จะเป็นจุดเด่นที่เห็นได้ชัดเจนในเรื่องของการใช้ทรัพยากรร่วมกันอย่างมีประสิทธิผลด้านราคาลงทุน ข้อด้อยของระบบนี้อยู่ที่โครงสร้างจะซับซ้อน, ชนิดอุปกรณ์และส่วนประกอบก็มากกว่าแบบอื่นดังนั้นราคาอุปกรณ์โดยรวมดูเหมือนว่าจะสูง อย่างไรก็ตามชนิดและอุปกรณ์ที่มากนี้มีการใช้ร่วมกันและค่าลงทุนต่อผู้ใช้เป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนวงจรขยายเพิ่มเสมอจึงมีผลกระทบต่อการลงทุนน้อย

ในการนำมาใช้จะเหมาะสมกับงานหลายระดับตั้งแต่แบนวิดธ์แคบไปจนถึงแบนวิดธ์กว้าง, อัตราการส่งข้อมูลสูงๆเช่น การส่งกระจายสัญญาณโทรทัศน์ภาพละเอียดสูง, อินเทอร์เนตความเร็วสูง, การส่งข้อมูลของกลุ่มบริษัทเงินทุนในตลาดหลักทรัพย์เป็นต้น ข่ายสายแบบนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่นแล้วเห็นว่าเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในระยะแรกนี้มากกว่าแบบอื่นๆ

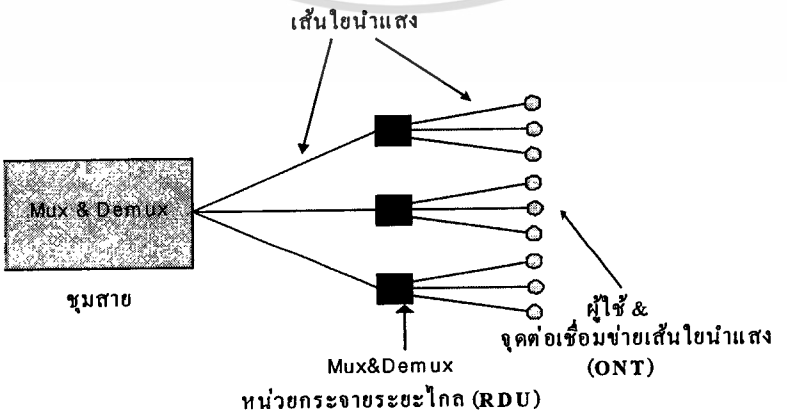
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์(Active Multiple Star)

รูปแบบ	ส่วนประกอบ	คุณลักษณะ	ชนิดบริการ
แอคทีฟมัลติเพิลสตาร์ (Active Multiple Star)	- เครื่องส่งและรับแสง - ตัวผสานและแยกสัญญาณ - เส้นใยนำแสง - ตัวแยกพลังงานแสง - หน่วยกระจายระยะไกล - หน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง - อุปกรณ์สายกระจาย - อุปกรณ์ด้านผู้ใช้	- ผู้ใช้แยกเป็นอิสระ - ความปลอดภัยสูง - โครงสร้างซับซ้อน - ใช้เส้นใยนำแสงน้อย - ใช้ทรัพยากรร่วมทำให้ค่าลงทุนต่ำลง - ค่าลงทุนต่อผู้ใช้ เป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนวงจรขยายเพิ่มขึ้น	- โทรศัพท์ - วงจรเช่าความเร็วต่ำ - วงจรเช่าความเร็วสูง งานใช้แบนวิดธ์กว้าง - วิดีทัศน์ - โทรทัศน์ความละเอียดภาพสูง - ไอเอสดีเอ็น - อินเทอร์เนตแอคเซส - ฯลฯ



รูปที่ 2.10 แสดงรูปแบบโครงข่าย(Topology) แบบแอคทีพมัลติเพิลสตาร์(Active Multiple Star)



รูปที่ 2.11 แสดงสถาปัตยกรรม(Architecture)แบบมัลติเพิลสตาร์ (Multiple Star)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ทางเลือกแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์(Passive Multiple Star) รูปแบบและสถาปัตยกรรมที่ แสดงในรูป 2.12, 2.13 และรายละเอียดในตารางที่ 2.4 มีคุณลักษณะคล้ายกับแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์(Active Multiple Star) แต่โครงสร้างไม่ซับซ้อน, มีการใช้เส้นใยนำแสงร่วมกันเป็นระดับจึงใช้จำนวนเส้นใยนำแสงมากกว่าแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์, อุปกรณ์ในส่วนของโครงข่ายจะเป็นชนิดไม่ใช้กำลังงานไฟฟ้าเช่นตัวแบ่งพลังงานแสง(Optical splitter), ตัวผสานสัญญาณทางความยาวคลื่นแสง (Wavelength Division Multiplexer) จึงมีอายุการใช้งานนาน อย่างไรก็ตามตัวผสานสัญญาณทางความยาวคลื่นแสงยังมีราคาสูงมากในปัจจุบัน

สัญญาณที่ส่งในระบบนี้จะใช้เทคโนโลยีแบบส่งข้อมูลตามการแบ่งเวลา (Time Division Multiple Access) ซึ่งเหมาะสมกว่าวิธีอื่น แต่เนื่องจากวิธีนี้มีการหน่วงเวลาของข้อมูลเกิดขึ้นดังนั้นจึงต้องมีระบบซิงโครไนเซชั่น (Synchronization) ที่ดีด้วย

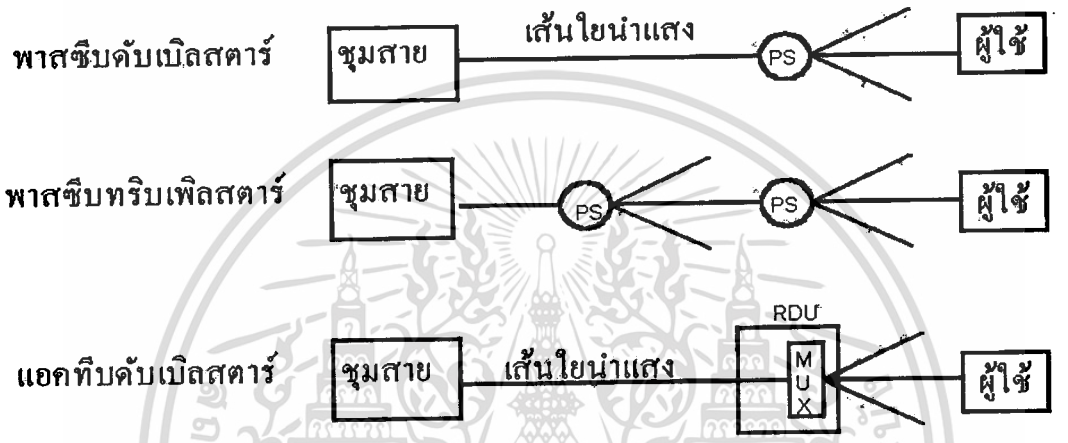
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ (Passive Multiple Star)

รูปแบบ	ส่วนประกอบ	คุณลักษณะ	ชนิดบริการ
พาสซีบมัลติเพิลสตาร์ (Passive Multiple Star)	- เครื่องส่งและรับแสง - ตัวผสานและแยกแสง - เส้นใยนำแสง - หน่วยกระจายระยะไกล - หน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง - อุปกรณ์สายกระจาย - อุปกรณ์สายครอพ - อุปกรณ์ด้านผู้ใช้	- ใช้เส้นใยนำแสงร่วมกันเป็นระดับ - ผู้ใช้แยกเป็นอิสระ - โครงสร้างไม่ซับซ้อน - ใช้ทรัพยากรร่วมทำให้ค่าลงทุนรวมต่ำลง - ใช้เส้นใยนำแสงน้อย - ยกระดับให้แถบสัญญาณกว้างได้ง่าย - อุปกรณ์เป็นแบบไม่ใช้กำลังไฟฟ้าอายุการใช้งานสูงและค่าบำรุงรักษาต่ำ - ความปลอดภัยข้อมูลลดลงอาจถูกละเมิดได้ - เกิดหน่วงเวลาของข้อมูล	- โทรศัพท์ - วงจรเช่าความเร็วต่ำ - วงจรเช่าความเร็วสูง - งานใช้แบนวิดธ์กว้าง - วิดีทัศน์ - โทรทัศน์ความละเอียดภาพสูง - ไอเอสดีเอ็น - อินเทอร์เนตแอคเซส - ฯลฯ

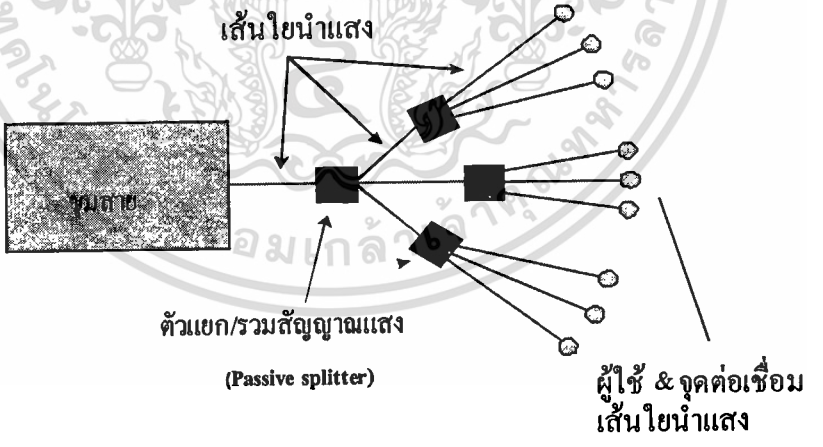
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบนี้ข้อมูลส่งไปยังผู้ใช้ทุกรายเป็นข้อมูลเดียวกัน ในการใช้งานผู้ใช้จะเลือกรับเฉพาะข้อมูลตัวเองเท่านั้น เมื่อมองในแง่ความปลอดภัยแล้วจึงมีโอกาสที่ข้อมูลจะถูกละเมิด

การนำมาใช้จะมีความเหมาะสมกับงานที่ต้องการความเร็วสูงแต่ยังมีผู้ใช้จำนวนน้อยและผู้ใช้งานความเร็วสูงแยกเป็นกลุ่มได้ง่ายเช่นกลุ่มบริษัทเงินทุนในตลาดหลักทรัพย์, กลุ่มบริษัทในนิคมอุตสาหกรรม, สถานีโทรทัศน์



รูปที่ 2.12 แสดงรูปแบบโครงข่าย (Topology) แบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ (Passive Multiple Star)]



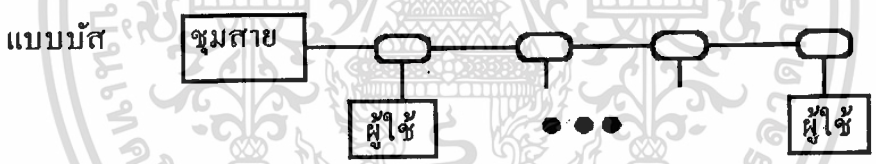
รูปที่ 2.13 แสดงสถาปัตยกรรม(Architecture)แบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์

2.2.4 ทางเลือกแบบสายร่วม (Bus) รูปแบบและสถาปัตยกรรมที่ แสดงในรูป 2.14, 2.15 และรายละเอียดในตารางที่ 2.5 ระบบนี้เป็นรูปแบบหนึ่งของมัติเพิลสตาร์คุณลักษณะจึงเหมือนกับแบบมัลติเพิลสตาร์เช่นกัน มีความเหมาะที่จะนำมาใช้งานเฉพาะกลุ่มหรือบริษัทในเครือที่มีหลายสาขา ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลร่วมกันหรือข้อมูลเดียวกันได้

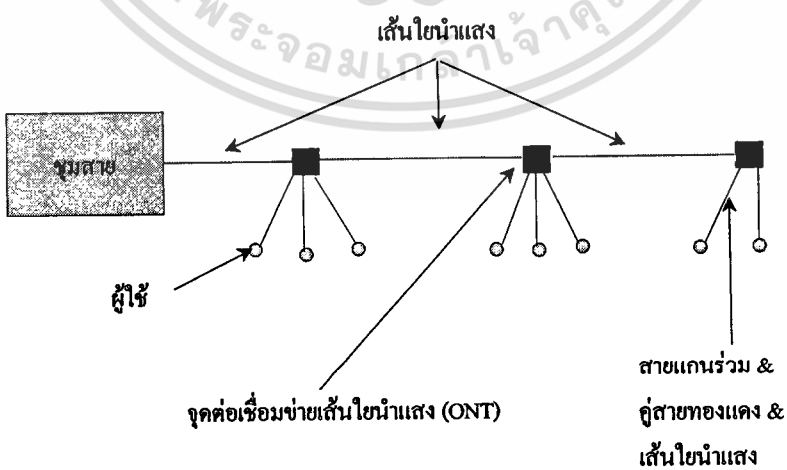
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบสายร่วม (Bus)

รูปแบบ	ส่วนประกอบ	คุณลักษณะ	ชนิดบริการ
สายร่วม (BUS)	- เครื่องส่งและรับแสง - ตัวผสานและแยกสัญญาณ - เส้นใยนำแสง - ตัวดักพ่วงพลังงานแสง - หน่วยกระจายระยะไกล - หน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง - อุปกรณ์สายกระจาย - อุปกรณ์สาครอพ - อุปกรณ์ด้านผู้ใช้	- เหมือนแบบมัลติเพิลสตาร์ - หน่วยกระจายระยะไกลที่อยู่ไกลสุดจะรับสัญญาณได้ต่ำกว่า - ความปลอดภัยข้อมูลลดลงหรืออาจถูกละเมิด	- เหมือนแบบมัลติเพิลสตาร์



รูปที่ 2.14 แสดงรูปแบบโครงข่าย(Topology)แบบสายร่วม(Bus)



รูปที่ 2.15 แสดงสถาปัตยกรรมแบบสายร่วม(Bus Architecture))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

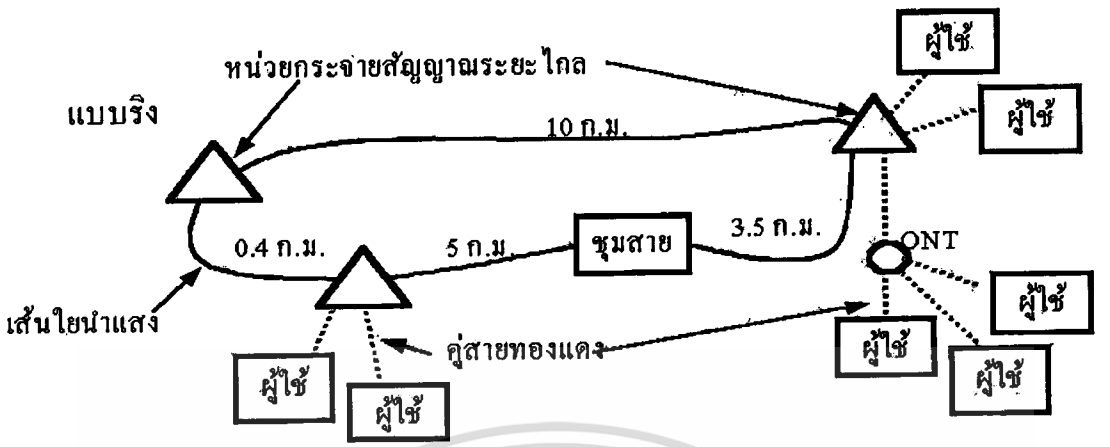
2.2.5 ทางเลือกแบบริง (Ring) รูปแบบและสถาปัตยกรรมที่ แสดงในรูป 2.16, 2.17 และรายละเอียดในตารางที่ 2.6 ระบบนี้เกิดจากหลายรูปแบบผสมกันมีคุณลักษณะเด่นที่มีความน่าเชื่อถือสูง สามารถรักษาระบบให้คืนดีได้เองเมื่อเกิดเหตุเสีย

การนำมาใช้งานจะมีความเหมาะสมเมื่อต้องการงานความน่าเชื่อถือสูงเช่นกลุ่มบริษัทเงินทุนในตลาดหลักทรัพย์, กลุ่มบริษัทในนิคมอุตสาหกรรม, สถานีโทรทัศน์ ธนาคาร อย่างไรก็ตามระบบนี้มีค่าใช้จ่ายสูงมากกว่าระบบอื่นประมาณ 2 เท่าขึ้นไปโอกาสได้รับผลตอบแทนถึงจุดคุ้มทุนค่อนข้างยาก นอกจากจะมีผู้ใช้บริการจำนวนมากเพียงพอและยินยอมจ่ายอัตราค่าใช้บริการที่สูงเท่านั้น เมื่อพิจารณาจึงเห็นว่ายังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในประเทศไทยในระยะแรกนี้

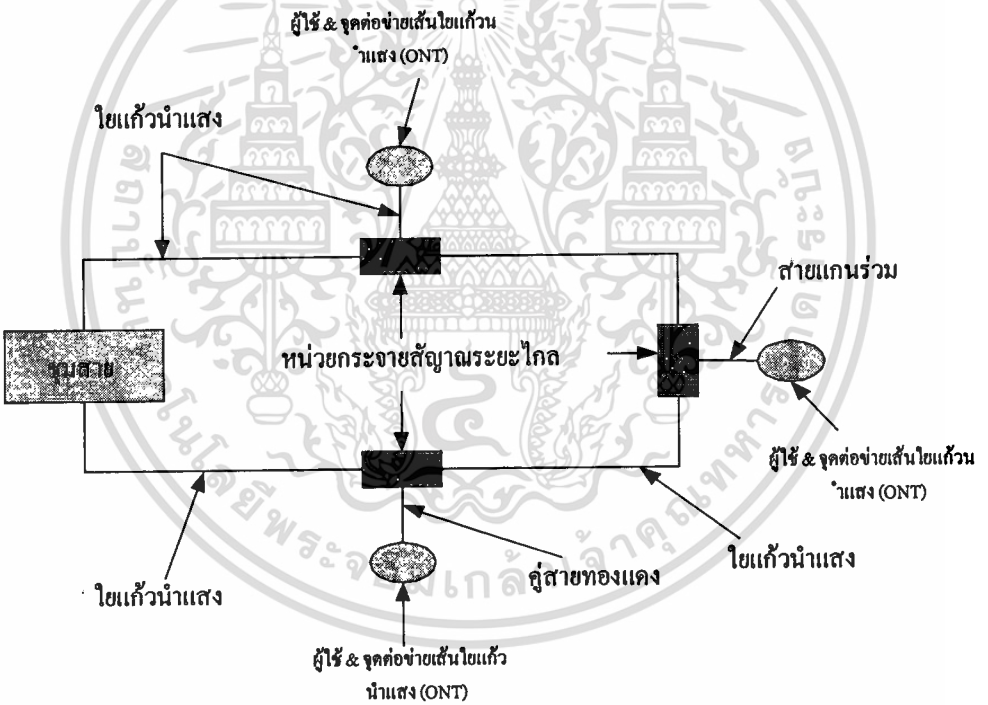
ตารางที่ 2.6 แสดงคุณลักษณะของโครงข่ายแบบริงมัลติเพิลสตาร์ (Ring Multiple Star)

รูปแบบ	ส่วนประกอบ	คุณลักษณะ	ชนิดบริการ
ริงมัลติเพิลสตาร์ (Ring Multiple Star)	- เครื่องส่งและรับแสง - ตัวผสานสัญญาณ - เส้นใยนำแสง - ตัวดักพ่วงพลังงานแสง - ตัวแยกพลังงานแสง - หน่วยกระจายระยะไกล - หน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง - อุปกรณ์สายกระจาย - อุปกรณ์สาดรอพ - อุปกรณ์ด้านผู้ใช้	- เหมือนแบบมัลติเพิลสตาร์ - จุดเริ่มต้นและปลายข่ายสายอยู่จุดเดียวกัน - ระบบคืนดีด้วยตัวเองได้ - ค่าอุปกรณ์รวมทั้งระบบสูงกว่าระบบอื่นประมาณ 2 เท่า	-เหมือนแบบมลติเพิลสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงรูปแบบโครงข่าย(Topology) แบบริง(Ring)



รูปที่ 2.17 แสดงรูปสถาปัตยกรรมแบบริง(Ring Architecture)

2.3 ความเป็นไปได้ของรูปแบบโครงข่าย

จากที่ได้กล่าวถึงอุปกรณ์ประกอบ, คุณลักษณะ, ข้อเด่นและข้อด้อยของรูปแบบโครงข่ายต่างๆ โดยละเอียดและสรุปไว้ในตารางที่ 2.2 ถึงตารางที่ 2.6 นั้น พอจะนำคุณลักษณะ, ข้อเด่นและข้อด้อยเฉพาะที่สำคัญอย่างง่ายๆมาเปรียบเทียบอีกครั้งหนึ่งในตารางที่ 2.7 เพื่อให้เห็นนัยสำคัญใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตัดสินใจเลือกรูปแบบโครงข่าย (Topology) ก่อนที่จะนำมาพัฒนาเป็นเทคโนโลยีทางเลือกข่ายสายในลำดับต่อไป

ตารางที่ 2.7 แสดงสรุปความเป็นไปได้ของแต่ละทางเลือกรูปแบบโครงข่าย(Topology)

สถาปัตยกรรม	ซิงเกิลสตาร์ (Single Star)	แอคทีฟมัลติเพิล สตาร์ (Active multiple star)	พาสซีบมัลติเพิล สตาร์ (Passive multiple star)	แบบสายร่วม (Bus)	แบบริง (Ring)
จำนวนอุปกรณ์	น้อย	มาก	ปานกลาง	มาก	มาก 2 เท่า
สถาปัตยกรรม	ซิงเกิลสตาร์ (Single Star)	แอคทีฟมัลติเพิล สตาร์ (Active multiple star)	พาสซีบมัลติเพิล สตาร์ (Passive multiple star)	แบบสายร่วม (Bus)	แบบริง (Ring)
คุณลักษณะเด่น	โครงสร้างง่าย	ใช้เส้นใยนำแสงและทรัพยากรร่วม ค่าลงทุนต่อวงจรเป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนวงจรขยายเพิ่ม	เหมือนแบบแอค-ทีฟมัลติเพิล สตาร์	เหมือนแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์	วงจรคืนดีด้วยตัวเองได้ (Self Healing)
คุณลักษณะด้อย	ใช้เส้นใยนำแสงมาก	โครงสร้างซับซ้อน	ข้อมูลมีความปลอดภัยลดลง & อาจถูกละเมิด เกิดหน่วงเวลาของข้อมูล WDM ราคาสูง	ข้อมูลมีความปลอดภัยลดลง & อาจถูกละเมิด	ค่าอุปกรณ์รวมทั้งระบบราคาสูงมาก
ชนิดบริการ	หลายบริการ	หลายบริการ	หลายบริการ	หลายบริการ	หลายบริการ
ความเหมาะสมในระยะเริ่มต้น	น้อย	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก

<u>หมายเหตุ</u> WDM :Wavelength Division Multiplexer (ตัวผสานสัญญาณทางความยาวคลื่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ความเป็นไปได้ของทางเลือกแบบซิงเกิลสตาร์(Single Star) ในสดมภ์ที่ 2 ของตารางที่ 2.7 จะเห็นว่าข่ายสายแบบนี้จะมีข้อเด่นในเรื่องของอุปกรณ์ส่วนประกอบโครงข่ายที่มีจำนวนน้อยเพียง เส้นใยนำแสงกับหัวต่อเส้นใยนำแสงและโครงสร้างที่ง่ายเท่านั้นแต่จำนวนคอร์(Core)ของเส้นใยนำแสงจะต้องมีจำนวนมากตามระยะห่างและจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นซึ่งในที่สุดก็จะมีผลต่อมูลค่าการลงทุนที่สูงมาก มีความเหมาะสมสำหรับการให้บริการความเร็วสูงเช่น วีดิทัศน์, โทรทัศน์ภาพละเอียดสูง, อินเทอร์เนตความเร็วสูง, การศึกษาทางไกล จำนวนผู้ใช้วงจรแถบความกว้างสูงจะต้องมีมากพอจึงจะพบจุดคุ้มทุนยังไม่เหมาะสมที่จะเลือกนำมาใช้งานในระยะแรกนี้

2.3.2 ความเป็นไปได้ของทางเลือกแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์(Active Multiple Star) ในสดมภ์ที่ 3 ของตารางที่ 2.7 จะพบข้อดีของระบบนี้อยู่ที่การใช้ทรัพยากรร่วมทั้งใช้เส้นใยนำแสงและอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบในโครงข่ายโดยเฉพาะแก้ไขข้อด้อยของระบบซิงเกิลสตาร์ที่ใช้จำนวนเส้นใยเป็นจำนวนมากได้ จึงมีผลทำให้ค่าลงทุนรวมต่ำลงที่สำคัญยิ่งก็คือค่าลงทุนต่อผู้ใช้จะเป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนวงจรขยายเพิ่มขึ้นเสมอ ในขณะที่ข้อด้อยของระบบนี้มีความยุ่งยากที่โครงสร้างซับซ้อน, ชนิดอุปกรณ์และส่วนประกอบมากกว่าแบบอื่น รูปแบบนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่นแล้วเห็นว่าเมื่อยกระดับให้รองรับผู้ใช้จำนวนมากขึ้นแล้วจะมีราคาต่อผู้ใช้ลดลงจึงเหมาะสมที่สุดที่จะเลือกนำมาใช้เป็นรูปแบบในการพัฒนาเทคโนโลยีข่ายสายต่อไป

2.3.3 ความเป็นไปได้ของทางเลือกแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์(Passive Multiple Star) ในสดมภ์ที่ 4 ของตารางที่ 2.7 มีคุณลักษณะเหมือนกับแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์(Active Multiple Star) แต่โครงสร้างซับซ้อนน้อยกว่า นอกจากนี้ข้อด้อยหลายประการเช่นราคาตัวผสานสัญญาณทางความยาวคลื่นแสง(Wavelengtjh Division Multiplexer) ยังสูงมากในปัจจุบัน, การส่งสัญญาณวิธีนี้มีการหน่วงเวลาของข้อมูลเกิดขึ้นอีกทั้งในแง่ความปลอดภัยที่ข้อมูลมีโอกาสจะถูกละเมิด การเลือกนำมาใช้งานในระยะเริ่มต้นยังมีความเหมาะสมน้อย แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มด้านสารสนเทศในยุคปี 2000 ต้องการความเร็วสูงมากจำเป็นจะต้องนำโครงข่ายแบบนี้มาใช้จึงได้นำผลการศึกษามาเปรียบเทียบไว้ด้วย

โครงข่ายนี้จะเหมาะสำหรับบริการประเภทส่งกระจายสัญญาณหรือบริการที่แบ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้ได้เช่นกลุ่มสถานีโทรทัศน์, กลุ่มบริษัทเงินทุนในตลาดหลักทรัพย์, หรือเมื่อจำนวนผู้ใช้ส่วนใหญ่ต้องการบริการสัญญาณแถบกว้างมากขึ้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ความเป็นไปได้ของทางเลือกแบบสายร่วม(Bus) ในสดมภ์ที่ 5 ของตารางที่ 2.7 จะเห็นว่าคุณลักษณะเหมือนกับแบบมัลติเพิลสตาร์แต่เพราะข้อมูลมีโอกาสที่จะถูกละเมิดได้ โครงข่ายนี้จะเหมาะสำหรับบริการประเภทส่งกระจายสัญญาณหรือผู้ใช้ที่มีสำนักงานสาขาใช้ข้อมูลร่วมกันได้เช่น ธนาคาร, กระทรวง, กรม, สำนักงาน, สถานีโทรทัศน์, ตลาดหลักทรัพย์, เป็นต้น การเลือกนำมาใช้งานในระยะเริ่มต้นยังมีความเหมาะสมน้อยเนื่องจากสาขาเหล่านี้ตั้งอยู่ระยะห่างกัน มูลค่าการลงทุนสูง จึงไม่เหมาะที่จะเลือกนำมาใช้งานในระยะเริ่มต้นนี้

2.3.5 ความเป็นไปได้ของทางเลือกแบบริง(Ring) ในสดมภ์ที่ 6 ของตารางที่ 2.7 ระบบนี้แม้จะมีคุณลักษณะเด่นที่มีความน่าเชื่อถือสูง สามารถรักษาระบบให้คืนดีได้เองเมื่อเกิดเหตุเสียแต่มีค่าลงทุนสูงมากกว่าระบบอื่นประมาณ 2 เท่าขึ้นไป โครงข่ายนี้จะเหมาะสำหรับบริการประเภทที่ผู้ใช้ต้องการคุณภาพและความน่าเชื่อถือสูง หากขาดการติดต่อจะทำให้เกิดความเสียหายสูง จึงยอมที่จะให้มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้ เช่น ศูนย์คอมพิวเตอร์, ศูนย์ข้อมูลทหาร, ตลาดหลักทรัพย์, เป็นต้น โอกาสได้รับผลตอบแทนถึงจุดคุ้มทุนค่อนข้างยาก ดังนั้นจึงยังไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในระยะแรกนี้

2.3.6 ความเป็นไปได้ของรูปแบบที่เลือก จากการวิเคราะห์โดยรวมจะเห็นว่าคุณลักษณะที่เป็นข้อดีของข่ายสายแบบแอคทีพมัลติเพิลสตาร์อยู่ที่การใช้ทรัพยากรร่วมกันได้ทั้งใช้เส้นใยนำแสง ใช้อุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบในโครงข่ายโดยเฉพาะที่สำคัญยิ่งก็คือค่าลงทุนต่อผู้ใช้จะเป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนวงจรขยายเพิ่มขึ้นเสมอ ยิ่งผู้ใช้มีจำนวนมากขึ้นเท่าไรค่าลงทุนต่อรายยิ่งต่ำลงเท่านั้น ผลที่ได้โดยรวมแล้วก็คือทำให้ค่าลงทุนต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่นแล้วเห็นว่าโอกาสได้รับผลตอบแทนถึงจุดคุ้มทุนค่อนเป็นไปได้สูง รองรับลูกค้าจำนวนมากได้ จึงมีความเหมาะสมที่จะเลือกนำมาใช้เป็นต้นแบบสำหรับพัฒนาให้เป็นเทคโนโลยีทางเลือกต่างๆ เช่น ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber 2 Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid 2-star), ข่ายสายแบบสายร่วม (Hybrid bus) มากกว่าแบบอื่นๆ

2.4 อุปกรณ์ประกอบในข่ายสายกระจายแบบเส้นใยนำแสง

ภายหลังปี พ.ศ. 2513 อุปกรณ์สำคัญสำหรับระบบสื่อสัญญาณด้วยแสงคือ ตัวเลเซอร์ไดโอด ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนเลเซอร์สามารถส่งคลื่นแบบต่อเนื่องได้ในอุณหภูมิห้องโดยใช้ความยาวคลื่นขนาด 0.8, 1.3 และ 1.5 ไมโครเมตร ขณะเดียวกันเส้นใยนำแสงที่ทำมาจากซิลิกา (Silica) ซึ่งมีค่าความสูญเสีย 20 เดซิเบล/กิโลเมตร(dB/km) ก็ได้รับการพัฒนาจนปัจจุบันค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียในเส้นใยนำแสงลดลงต่ำกว่า 0.2 เดซิเบล/กิโลเมตร(dB/km) ที่ความยาวคลื่นขนาด 1.55 ไมโครเมตร อย่างไรก็ตามหากศึกษาความก้าวหน้าของส่วนประกอบเหล่านี้โดยครบถ้วนแล้วจะมีรายละเอียดด้านเทคนิคที่มากเกินความจำเป็น ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงมีขอบเขตแสดงให้เห็นถึงหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์ประกอบในโครงข่ายนำแสงเป็นสำคัญ ส่วนข้อมูลด้านเทคนิคจะแสดงเฉพาะที่สำคัญเท่านั้น

เพื่อให้ง่ายแก่การทำความเข้าใจจึงแบ่งส่วนประกอบของข่ายสายกระจายแบบเส้นใยนำแสงออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่เป็นเส้นใยนำแสง (Optical Fiber Cable), กลุ่มอุปกรณ์ประกอบทางแสงแบบพาสซิบ (Passive Optical Component) และอุปกรณ์ประกอบทางแสงแบบแอคทีบ (Active Optical Component)

2.4.1 กลุ่มเส้นใยนำแสง (Optical Fiber Cable)

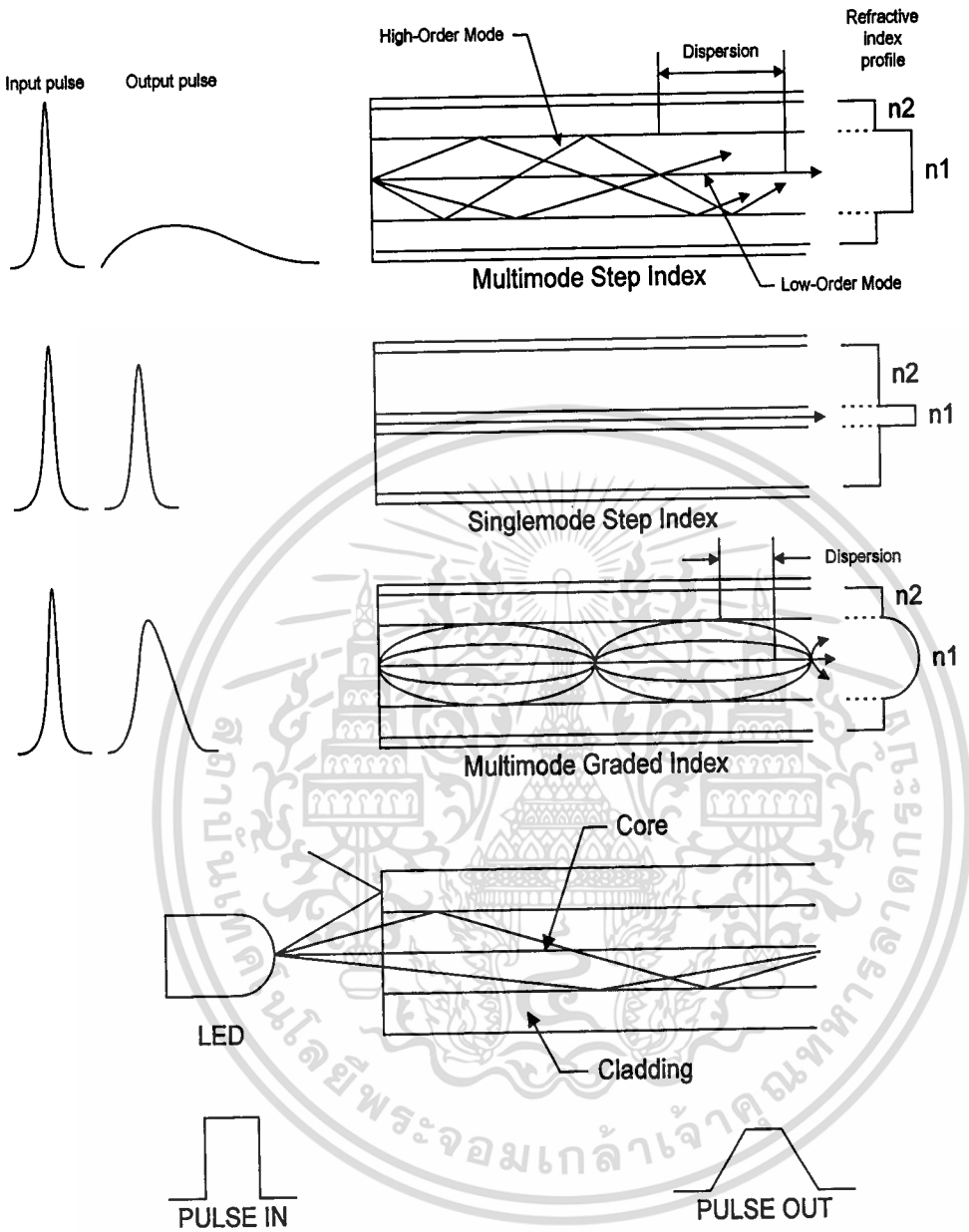
เป็นส่วนที่กล่าวถึงชนิด, ขนาดวิธีการต่อเชื่อม (Splicing) เป็นต้น เส้นใยนำแสงที่นิยมใช้งานในปัจจุบันได้แก่ ชนิดหลายโหมดแบบดัชนีขั้น (multimode step index) และชนิดโหมดเดียวแบบดัชนีลาด (single mode graded index) ทั้งสองมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันในด้านขนาดเส้นใย, ค่าการลดทอน และอัตราการส่ง ในเวลาต่อมาพบว่าเส้นใยนำแสงใช้ร่วมกับตัวกำเนิดแสงคือไดโอดเลเซอร์ที่ความยาวคลื่น 1.3 หรือ 1.5 ไมโครเมตรนั้นมีจุดเด่นที่สามารถส่งได้ระยะทางไกลกว่า จึงนิยมนำมาใช้งาน

สำหรับข่ายสายกระจายการสร้างด้วยระบบเส้นใยแสงโหมดเดียวจึงเป็นเป้าหมายของการศึกษาในครั้งนี้

- **เส้นใยนำแสง**

ปรากฏการณ์ในการนำแสงของเส้นใยนำแสงทำมาจากการหลอมของแก้วซิลิกา (SiO_2) ซึ่งมีดัชนีหักเหเท่ากับ 1.45 ถึง 1.46 เมื่อใช้ความยาวคลื่นประมาณ 1.3 ไมโครเมตร ก็คือเกิดการรวมแสงสะท้อนและแสงหักเหอยู่ภายในส่วนที่เป็นคอร์(Core)ของเส้นใยเส้นใยนำแสงเท่านั้น (รูปที่ 2.18) โดยอาศัยคุณสมบัติความแตกต่างกันเล็กน้อยของค่าดัชนีการหักเหระหว่างคอร์กับแคลดดิ้งเป็นตัวทำให้แสงเกิดการหักเหไม่สามารถผ่านทะลุแคลดดิ้งออกไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

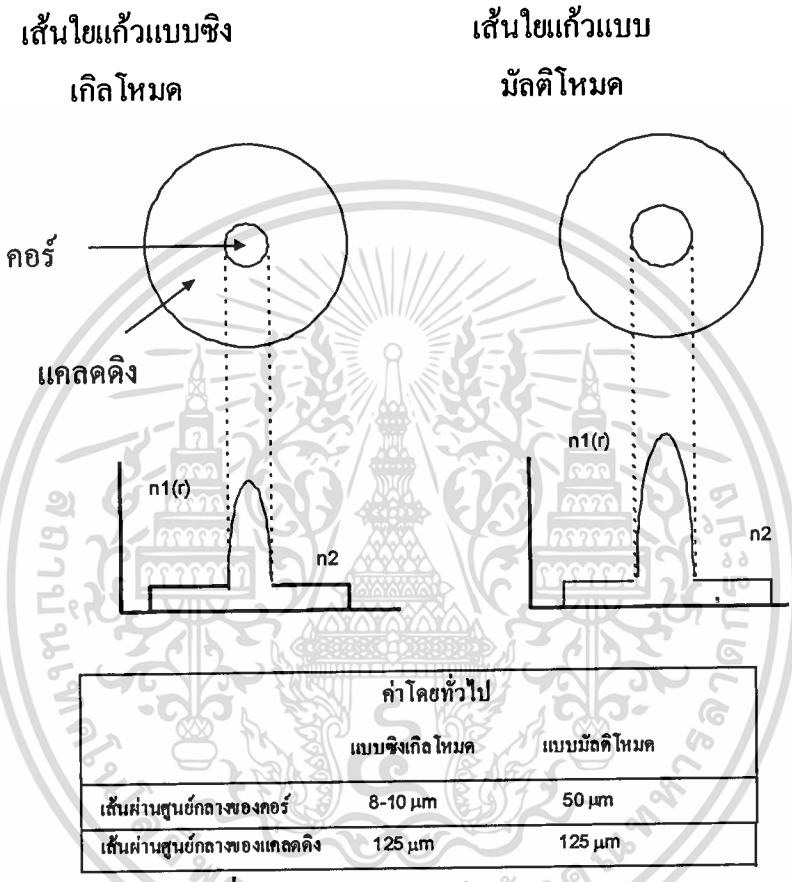


รูปที่ 2.18 รูปแสดงโครงสร้างเส้นใยนำแสง

หน้าตัดของเส้นใยนำแสงจะต้องทำขึ้นเป็นพิเศษคือ ตรงส่วนกลางเรียกว่าคอร์ (Core) จะต้องมีค่าดัชนีหักเห มากกว่าส่วนที่ห่อหุ้มรอบๆเรียกว่าแคลดดิง (Cladding)เล็กน้อย ในการทำคอร์และแคลดดิง (รูปที่ 2.19) นั้นจะใช้สารมากระตุ้น (dope) คือ แกลเลี่ยมไดออกไซด์ (GeO_2)ใช้ในการกระตุ้นเพื่อเพิ่มดัชนีหักเห และฟลูออไรด์ (F) ใช้เพื่อลดดัชนีหักเห ตัวอย่างการทำเส้นใยนำแสงแบบดัชนีลาดคือใช้ แกลเลี่ยมไดออกไซด์ รวมกับ ซิลิกอนไดออกไซด์ (GeO_2+SiO_2) เป็นคอร์ และ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นแคลดดิง โดยใช้การควบคุมค่าดัชนีหักเหให้มีค่าเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปทีละน้อยตามรัศมี (r คือรัศมีของคอร์) อีกตัวอย่างของการทำเส้นใยนำแสงแบบดัชนีขั้นคือใช้ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นคอร์ และใช้ ซิลิกอนไดออกไซด์รวมกับฟลูออไรด์ (SiO_2+F) เป็นแคลดดิง ซึ่งในกรณีนี้ค่าดัชนีหักเหจะมีค่าคงที่ ซึ่งเรียกว่าเส้นใยนำแสงแบบดัชนีขั้น (step-index : SI)



	ค่าโดยทั่วไป	
	แบบซิงเกิลโหมด	แบบมัลติโหมด
เส้นผ่านศูนย์กลางของคอร์	8-10 μm	50 μm
เส้นผ่านศูนย์กลางของแคลดดิง	125 μm	125 μm

รูปที่ 2.19 ภาพตัดของเส้นใยนำแสง

เส้นใยนำแสงที่มีค่าดัชนีหักเหระหว่างคอร์กับแคลดดิงต่างกันเพียงเล็กน้อยและให้ลำแสงผ่านเพียงเส้นเดียวเราเรียกว่าซิงเกิลโหมดหรือโมโนโหมด

ในทางปฏิบัติเส้นใยนำแสงแบบดัชนีขั้น (Step index) นั้น จะต้องมีค่าคัดออฟ (Vc) เท่ากับ 2.405 แสงจึงจะสามารถเดินทางผ่านไปได้เพียงเส้นเดียว อย่างไรก็ตามในเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมด (Single Mode)มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8–10 ไมโครเมตรนั้น สามารถส่งลำแสงที่ตั้งฉากเป็นออโทโกนอลโพลาไลซ์(Orthogonalpolarized)ได้พร้อมกัน 2 ลำแสง[6] ซึ่งได้มีการศึกษากันมาแล้วแต่ในปัจจุบันระบบสื่อสัญญาณยังไม่มีการนำเส้นใยนำแสงแบบโพลาไลซ์มาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมดดัชนีลาด (Graded-index multimode fiber) ในรูปที่ 2.18 นั้น เส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ขนาด 50 ไมโครเมตร จึงง่ายต่อการส่งลำแสงหลายลำแสงพุ่งพร้อมกันและทำการเชื่อมต่อได้ง่ายกว่าแบบซิงเกิลโหมด

ในการสร้างเส้นใยนำแสงให้มีค่าความสูญเสียต่ำนั้น วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยนำแสงจะต้องมีค่าความสูญเสียต่ำด้วย ค่าความสูญเสียนี้เกิดจากความไม่บริสุทธิและค่าความสูญเสียในเนื้อแท้ของวัสดุไฮดรอกไซด์ (OH) ความสูญเสียที่เกิดจากไฮดรอกไซด์นี้ จะเกิดกับแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 0.9 ถึง 2.5 ไมโครเมตร ซึ่งเราสามารถกำจัดไฮดรอกไซด์ เพื่อให้ได้เส้นใยนำแสงที่ดีได้ แต่ในปัจจุบันยังทำได้น้อยมาก

อิออน(i-on)ของโลหะคือตัวการหลักที่ทำให้เกิดความไม่บริสุทธิ์ในเส้นใยซิลิกอนแต่อิออนของโลหะก็ไม่ใช่ปัญหาใหญ่เพราะเทคโนโลยีการผลิตปัจจุบันได้มีการพัฒนาแก้ไขได้

การออกแบบโครงสร้างของเส้นใยนำแสงก็มีความสำคัญที่จะทำให้ค่าความสูญเสียต่ำได้ ในทางปฏิบัติการส่งลำแสงจากแหล่งกำเนิดเช่น เลเซอร์ไดโอด เข้าไปในคอร์ของเส้นใยนำแสง ส่วนใหญ่ลำแสงจะอยู่ภายในคอร์ แต่ยังมีแสงบางส่วนที่ทะลุผ่านไปอยู่ในแคลดดิง ซึ่งทำให้เกิดความสูญเสียมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากันกับคอร์ จึงมีความจำเป็นที่แคลดดิงจะต้องออกแบบได้อย่างเหมาะสม

มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่สองประการที่จะต้องสนใจเมื่อจะต้องออกแบบระบบสื่อสัญญาณโดยใช้เส้นใยนำแสง ประการแรกคือค่าความสูญเสียเนื่องจากการกระจาย (dispersion) ซึ่งเกิดจากวัสดุที่นำมาทำคอร์และแคลดดิงเรียกว่าค่าการกระจายในเนื้อวัสดุ (material dispersion) ค่านี้จะมีผลต่อการส่งสัญญาณที่มีอัตราการส่งบิตสูง(high-bit-rate) เพราะมีความสัมพันธ์กับค่าของกรุ๊ปดีเลย์ (Group delay) ซึ่งเป็นเวลาหน่วงที่เกิดขึ้นขณะแสงเคลื่อนที่ในเส้นใยนำแสง และประการที่สองคือค่าการกระจายที่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของตัวนำคลื่นเรียกว่าการกระจายเนื่องจากการนำคลื่น (waveguide dispersion) ส่วนในเส้นใยนำแสงแบบมัลติโหมดนั้นเรียกว่าค่าการกระจายเนื่องจากหลายโหมด (modal dispersion)

เมื่อพิจารณาทางด้านกายภาพของเส้นใยนำแสงแบบดัชนีลาด(Graded-index multimode fiber) แล้วจะสามารถแบ่งโหมดของเส้นใยนำแสงได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มมัลติโหมดและกลุ่มซิงเกิลโหมด (รูปที่ 2.19) ในกลุ่มซิงเกิลโหมดนั้นเส้นทางการเดินของแสงจะอยู่ใกล้กับแกนของเส้นใยนำแสงที่มีดัชนีหักเหสูงความเร็วในการเดินทางจะต่ำเมื่อเทียบกับกลุ่มมัลติโหมด อย่างไรก็ตามระยะของการเดินทางของกลุ่มซิงเกิลโหมดจะสั้นกว่า ส่วนในกลุ่มมัลติโหมดเส้นทางการเดินอยู่ระหว่างพื้นที่ของแกนคอร์และขอบในของแคลดดิง ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีค่าดีเลย์เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

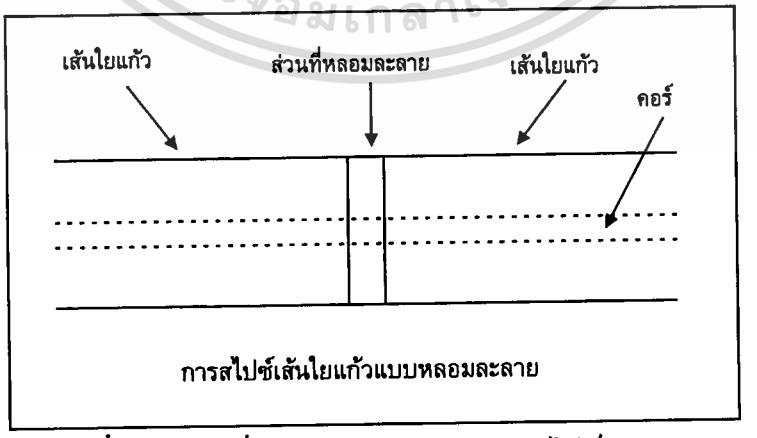
สำหรับเส้นใยนำแสงที่เป็น ซิลิกอนธรรมดาที่ความยาวคลื่น 1300 นาโนเมตรเป็นความยาวคลื่นที่มีค่าการกระจายน้อยที่สุด เราจะเรียกค่าความยาวคลื่นนี้ว่า ค่าความยาวคลื่นที่ทำให้ค่าการกระจายเป็นศูนย์ (zero dispersion wavelength λ_0) ส่วนเส้นใยนำแสงที่มีค่า $\lambda_0 = 1550$ นาโนเมตรยังมีค่าการกระจายอยู่จึงเรียกว่า ดิสเพอชันชิฟไฟเบอร์(dispersion-sifted fibers : DSF)

- **การเชื่อมต่อเส้นใยนำแสงแบบสไปซ์และการใช้หัวต่อ**

เส้นใยนำแสงในระบบสื่อสัญญาณนั้นมีความสำคัญมาก เช่นจุดสไปซ์(Splice)ที่มีค่าความสูญเสีย 0.3 เดซิเบล(dB) จะมีค่าความสูญเสีย เท่ากับเส้นใยนำแสงความยาวประมาณ 1 กิโลเมตร ดังนั้นจึงต้องทำให้จุดต่อมีค่าความสูญเสียต่ำด้วย โดยทั่วไปเมื่อใช้ความยาวคลื่นขนาด 1,500 นาโนเมตร การเชื่อมต่อแบบสไปรซ์(Splice)และการใช้หัวต่อ(Connector)จะมีค่าความสูญเสียอยู่ที่ 0.2 ถึง 0.4 เดซิเบล/กิโลเมตร(dB/km)

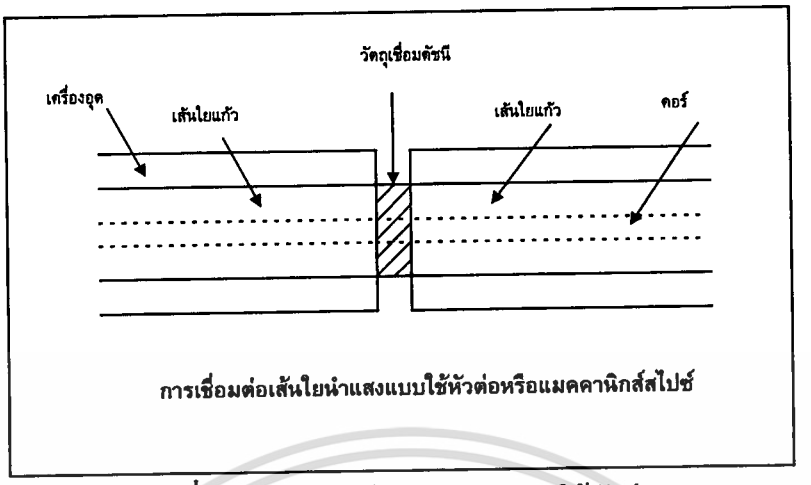
การสะท้อนเนื่องจากจุดเชื่อมต่อเกิดขึ้นเพราะค่าดัชนีหักเหของเส้นใยนำแสงและจุดเชื่อมต่อมีความแตกต่างกันทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง เราสามารถใช้ตัวแยกพลังงานแสง (Optical Splitter) มาช่วยลดการสะท้อนได้ แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันตัวแยกแสงยังมีราคาแพงอยู่และถ้ามองในด้านความประหยัดก็ไม่จำเป็นต้องนำมาใช้กับระบบเส้นใยนำแสง

การเชื่อมต่อโดยวิธีสไปซ์(Splice)เหมาะสำหรับกรณีที่จุดนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงการเชื่อมต่อบ่อยมากนัก แต่หากมีการเปลี่ยนย้ายการเชื่อมต่อบ่อยๆก็จะทำเป็นหัวต่อใช้แทน ในขณะที่การใช้หัวต่อจะใช้ในกรณีที่ในขณะที่การใช้หัวต่อจะใช้ในกรณีที่โดยทั่วไปค่าความสูญเสียของการเชื่อมต่อแบบสไปซ์(Splice)มีน้อยกว่าการใช้หัวต่อ



รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่อเส้นใยนำแสงแบบสไปซ์(Splice)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การต่อเส้นใยนำแสงแบบใช้หัวต่อ

ตัวอย่างของการเชื่อมต่อแบบสไปซ์(Splice)นั้น (รูปที่ 2.20) เส้นใยนำแสงแต่ละเส้นจะถูกหลอมพร้อมๆกันเชื่อมเข้าด้วยกันซึ่งแต่ละเส้นจะมีค่าความสูญเสียจากการต่อโดยวิธีนี้มีค่าต่ำกว่า 0.1 เดซิเบล(dB) [6]

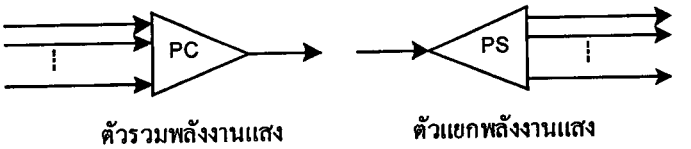
รูปที่ 2.21 แสดงเทคนิคการทำให้การเชื่อมต่อแบบหัวต่อสองข้างชนกันสนิทโดยไม่มีช่องว่างและไม่ใช้อินเด็กซ์แมทชิง(Index Matching) เพื่อลดการสะท้อนให้ต่ำลง เราเรียกวิธีนี้ว่าการต่อแบบกายภาพ(physical contact) ซึ่งวิธีนี้ในทางทฤษฎีจะทำให้ทั้งค่าสูญเสียและค่าการสะท้อนมีค่าต่ำ เพราะจะไม่มีค่าความแตกต่างของดัชนีของเส้นใยนำแสงทั้งสอง แต่ในทางปฏิบัติยังมีค่าการสะท้อนเกิดขึ้นเพราะเราไม่สามารถทำให้หน้าตัดของทั้งสองชนกันได้สนิทจริง อีกวิธีของการเชื่อมต่อทางกายภาพคือการเชื่อมต่อแบบเฉียงที่สามารถลดการสะท้อนได้มากที่สุด แต่ทำให้เกิดค่าความสูญเสียมากกว่าวิธีการอื่นๆ เราสามารถทำให้ค่าการสะท้อนมีค่าได้ต่ำสุดถึง – 60 เดซิเบล(dB) แต่ในการใช้งานในปัจจุบันมีค่าการสะท้อนประมาณ –15 ถึง –30 เดซิเบล(dB) [6]

2.4.2 กลุ่มอุปกรณ์ประกอบทางแสงแบบพาสซีบ (Passive Optical Component)

อุปกรณ์ประกอบทางแสงแบบพาสซีบ เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานเกี่ยวกับพลังงานแสงล้วน โดยไม่มีอุปกรณ์อิเลกทรอนิกส์รวมอยู่ด้วย ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานแสงกับพลังงานไฟฟ้าจึงไม่มีเกิดขึ้นในส่วนที่เป็นพาสซิบนี้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่

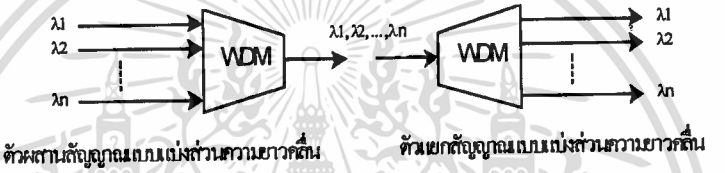
- **ตัวแยกพลังงานแสง** (Optical Power Splitter:PS) เป็นส่วนประกอบโครงข่ายที่ทำการแยก พลังงานแสงที่ผ่านเข้ามาหนึ่งทางเข้า ให้แยกออกไปเป็นหลายๆทาง (รูปที่ 2.22) พลังแสงแต่ละทางออกอาจเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ขึ้นอยู่ความต้องการ ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ทำการแยกได้ถึง 32 ทางออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงสัญลักษณ์ของตัวแยกและตัวรวมพลังงานแสง

- **ตัวผสานและตัวแยกสัญญาณแสงแบบแบ่งส่วนความยาวคลื่น** (Wavelength Division Multiplexer/Demultiplexer) ทำหน้าที่ผสานคลื่นแสงหลายคลื่นแสงที่ให้บริการหลายแบบให้ผ่านไปในเส้นใยเพียงเส้นเดียวได้และแยกคลื่นแสงที่ผสานกันมาให้ออกเป็นหลายคลื่นแสงตามเดิม (รูปที่ 2.23)



รูปที่ 2.23 แสดงสัญลักษณ์ของตัวผสาน/ตัวแยกสัญญาณแบบแบ่งส่วนความยาวคลื่นแสง

- **ตัวกรองความยาวคลื่นแสง** (Optical Filter) เป็นตัวที่จะยอมให้ความยาวคลื่นแสงที่ต้องการผ่านได้ ส่วนความยาวคลื่นแสงที่ไม่ต้องการจะไม่ยอมให้ผ่าน (รูปที่ 2.24) ในทางปฏิบัติจะยอมให้ผ่านเพียงความยาวคลื่นเดียวหรือหลายความยาวคลื่นพร้อมกันก็ได้

รูปที่ 2.24 แสดงสัญลักษณ์ของตัวกรองความยาวคลื่นแสง

2.4.3 กลุ่มอุปกรณ์ประกอบทางแสงแบบแอคทีบ (Active Optical Component)

- **เลเซอร์ไดโอด** คือ แหล่งกำเนิดแสงที่เป็นเซมิคอนดักเตอร์มีขนาดเล็กและง่ายต่อการควบคุม พัฒนามาเพื่อใช้กับเส้นใยนำแสง ในระยะแรกมีการใช้เลเซอร์ไดโอดที่มีความยาวคลื่นขนาด 0.8 ถึง 0.9 ไมโครเมตร (คลื่นสั้น) และต่อมาได้มีการพัฒนาเลเซอร์ไดโอดที่มีความยาวคลื่นขนาด 1.3 ถึง 1.6 ไมโครเมตร (คลื่นยาว) ซึ่งมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Dioed : LED) เพราะมีประสิทธิภาพในการเข้ากันได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการพัฒนาเลเซอร์ไดโอ ดห ลายชนิดเพื่อนำมาใช้กับระบบสื่อสัญญาณด้วยแสง สำหรับความยาวคลื่นขนาด 0.8 ถึง 0.9 ไมโครเมตร (คลื่นสั้น) โดยปรกติทั่วไปแล้วเลเซอร์ไดโอดได้ถูกฝังอยู่ในวัสดุสองอันที่มีโครงสร้างของเนื้อวัสดุไม่เหมือนกัน ซึ่งหมายความว่าชั้นในถูกล้อมรอบไปด้วยวัสดุห่อหุ้ม ทำให้วัสดุสองชนิดมีรอยต่อโดยเนื้อวัสดุไม่เหมือนกัน ตัวนำสัญญาณจะอยู่ชั้นในเรียกว่าวัสดุแอกทีพ ความแตกต่างของช่องว่างจะทำให้เกิดพลังงานแสง วัสดุห่อหุ้มที่มีช่องว่างมากกว่าจะทำให้มีดัชนีหักเหต่ำกว่า

- **ไดโอดเปล่งแสง (LED : Light Emitting Diode)**

ในด้านส่งของระบบสื่อสัญญาณทางแสงนั้น ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Dioed : LED) หรือเลเซอร์ไดโอด(Laser Diode) จะเป็นตัวกำเนิดแสงในระบบ หากพิจารณาในแง่ราคา ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Dioed : LED) มีราคาถูกกว่า มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมมากกว่า และให้ความน่าเชื่อถือมากกว่าเลเซอร์ไดโอด(Laser Diode) แต่อาจมีกำลังในการส่งไม่เพียงพอ ส่วนในด้านรับหากคำนึงถึงอัตราในการส่งข้อมูลและระยะห่าง อะวาเลนเซโฟโต้ไดโอด (Avalenze Photo Diode) มีความสามารถในการรับแสงได้มากกว่า พินโฟโต้ไดโอด (PIN photodiodes)

แต่ด้วยราคาที่แพงกว่าและมีความไวต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากกว่า ดังนั้น ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED) จึงได้รับการเลือกใช้มากกว่าเลเซอร์ไดโอด เช่นเดียวกับพินโฟโต้ไดโอด (PIN photodiodes) ได้รับการเลือกใช้มากกว่า อะวาเลนเซโฟโต้ไดโอด (Avalenze Photo Diode)

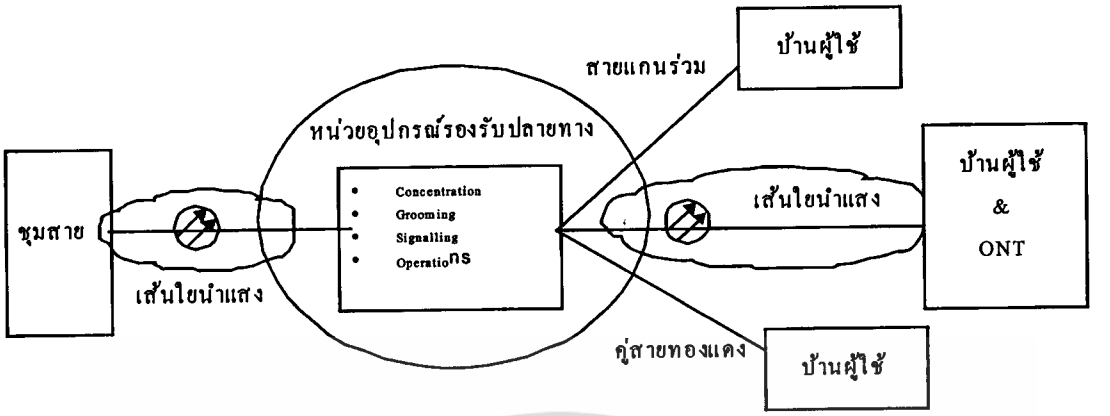
2.5 เทคโนโลยีพื้นฐานของโครงข่าย

เพื่อแสดงให้เห็นรายละเอียดส่วนประกอบชัดเจนขึ้น จึงขอนำผลการศึกษาเทคโนโลยีพื้นฐานแต่ละแบบ ก่อนที่จะใช้ประกอบเป็นทางเลือกของเทคโนโลยีข่ายสายกระจายหลายๆรูปแบบดังต่อไปนี้

2.5.1 เทคโนโลยีข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบแอคทีบมัลติเพิลสตาร์ (Active Multiple Star)

จากรูปที่ 2.25 จะเห็นว่าหากผู้ใช้ ต่อกับชุมสายโดยตรงในลักษณะเดดิเคดท์(Dedicated)จะเรียกแบบซิงเกิลสตาร์(Single Star) ถ้าผู้ใช้ต่อเข้ามายังชุมสายกลางโดยผ่านหน่วยกระจายระยะไกล (Remote Distribution Unit : RDU)หนึ่งแห่ง จะเรียกแอคทีบดับเบิลสตาร์ตาร์ ถ้าผ่านสองแห่ง จะเรียกแอคทีบทริบเพิลสตาร์(Active Tripple Star) ข่ายสายที่ต่อจากหน่วยกระจายระยะไกล(RDU) ไปยังผู้ใช้จะเป็นได้ทั้งคู่สายทองแดงหรือเส้นใยนำแสงหรือสายแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบดับเบิลสตาร์

ตามรูปที่ 2.25 แบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนข่ายสายส่ง(feeder Network) กับส่วนข่ายสายกระจาย (distribution Network)

ข่ายสายส่ง(feeder Network) ประกอบด้วยส่วนแรกคืออุปกรณ์สื่อสัญญาณแสงด้านชุมสาย ซึ่งจะทำการรวมสัญญาณที่จะกระจายไปยังผู้ใช้เข้าด้วยกันแล้วเปลี่ยนสัญญาณนี้ให้เป็นพลังงานแสงส่งผ่านเส้นใยนำแสงไปยังหน่วยกระจายระยะไกล(RDU)ต่อไป

ข่ายสายกระจาย(Distribution Network) ประกอบด้วย อุปกรณ์รองรับระบบที่ติดตั้งอยู่ภายในหน่วยกระจายระยะไกลเช่นกันแต่ทำหน้าที่เป็นตัวกระจายสัญญาณทั้งรูปที่เป็นแสงและไฟฟ้าไปยังเส้นใยนำแสงหรือสายแกนร่วมหรือคู่สายทองแดง

สำหรับข่ายสายแบบเส้นใยนำแสงสู่บ้านพัก (Fiber To The Home) แล้วหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง (ONT) จะติดตั้งไว้ภายในบ้านของผู้ใช้ แต่ข่ายสายแบบเส้นใยนำแสงสู่รั้วบ้านพัก (Fiber to the Curve) จะติดตั้งไว้ภายนอกบ้านหรือหน่วยกระจายริมทาง (Pedestral) เช่นตู้ตามเสาไฟฟ้าหรือตู้ริมถนน ที่ต่อแยกไปบ้านผู้ใช้หลายๆรายได้สะดวก

2.5.2 เทคโนโลยีข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์(Passive Multiple Star)

เทคโนโลยีข่ายเส้นใยนำแสงแบบพาสซีบมีข้อดีประการสำคัญคือ

- ปรับปรุงได้โดยมีผลกระทบบริการเดิมน้อยที่สุดเพราะการเพิ่มบริการใหม่จะเพิ่มเฉพาะอุปกรณ์ต้นทางกับปลายทาง
- มีความจุสูง (High capacity service) เนื่องจากส่งผ่านเส้นใยนำแสงที่มีแถบกว้างมาก สิ่งที่เป็นข้อจำกัดจะอยู่ที่อุปกรณ์เปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้าหรือไฟฟ้าเป็นแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีประสิทธิผลด้านราคา (Cost effective) เพราะราคาของอุปกรณ์มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆและเมื่อปรับปรุงเพิ่มวงจร ราคา/คู่สาย จะลดลงเพราะไม่ต้องสร้างสายเคเบิลเส้นใยใหม่
- หลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องแถบกว้าง/คู่สาย (Bandwidth/line) เพราะแต่ละคู่สายมีแถบกว้างมาก

สถาปัตยกรรมแบบนี้พัฒนาให้แตกต่างกันตามอุปกรณ์ที่ใช้ ในการศึกษาในครั้งนี้มี 3 แบบ ได้แก่

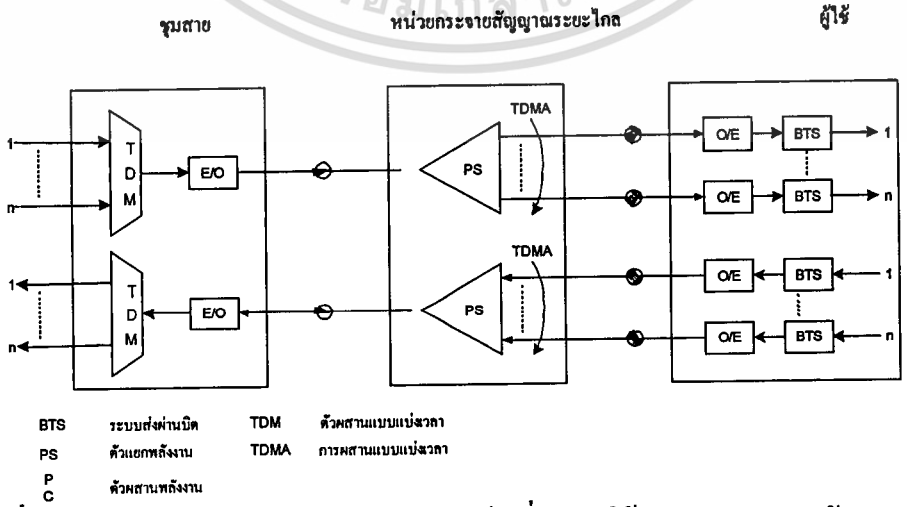
- **แบบใช้อุปกรณ์แยกและอุปกรณ์รวมแสง(Optical Power Combiner & Splitter Architecture)**

สถาปัตยกรรมตามรูป 2.26 การให้บริการระหว่างชุมสายกับผู้ใช้ จะทำได้โดยส่งผ่านสายเส้นใยนำแสงและตัวแยกพลังงานแสงแบบพาสซิบ การส่งข้อมูลจะใช้วิธีแบ่งเวลาให้กับผู้ใช้ทุกราย (Time Division Multiple Access) แล้วส่งไปกับความยาวคลื่นแสงเพียงหนึ่งคลื่น

เครื่องรับ (Receiver) ที่หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) ที่อยู่ใกล้บ้านผู้ใช้จะทำการแยกเฉพาะช่องสัญญาณตัวเองออกมาในทางกลับกันข้อมูลจากผู้ใช้ก็จะป้อนกลับในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ให้

ปัญหาก็คือจะเกิดการหน่วงเวลาของข้อมูล (data delay) ระหว่างหน่วยกระจายระยะไกลกับชุมสายได้ ดังนั้นการออกแบบต้องให้แน่ใจว่าแต่ละช่องสัญญาณ มี สัญญาณนาฬิกา (time clock) ถูกต้อง มีการ ซิงโครไนเซชั่น (synchronization)_กับหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง (ONT) ในลักษณะมาสเตอร์ (Master) กับ สเลฟ (Slave)ด้วย

ระบบนี้หากต้องการยกระดับ(Upgrade)ให้ส่งข้อมูลได้มากขึ้นในภายหลังก็จะใช้ตัวกรองคลื่นแสง(Optical Filter)ใส่ไว้ในหน่วยกระจายระยะไกล(RDU) เพื่อบังคับให้เฉพาะความยาวคลื่นที่ต้องการแยกผ่านแต่ละเส้นใยนำแสงได้ ดังนั้นในภายหลังจึงสามารถเพิ่มความยาวคลื่นใหม่สำหรับบริการใหม่ได้ง่ายโดยไม่กระทบกับบริการเดิม

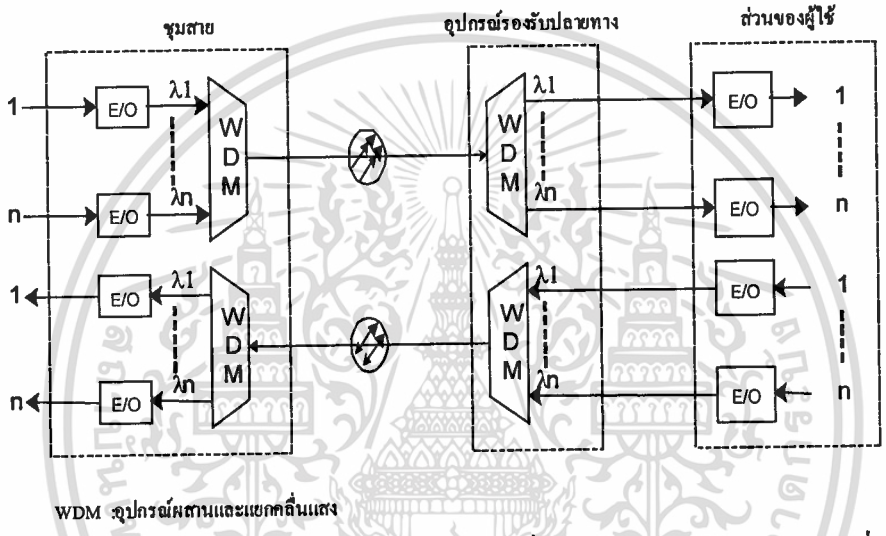


รูปที่ 2.26 แสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบใช้ตัวแยกและรวมพลังงานแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **แบบใช้อุปกรณ์ผสานและแยกคลื่นแสง (Wavelength Division Multiplex & Demultiplex Architecture)** สถาปัตยกรรมตามรูปที่ 2.27 จะทำการผสานคลื่นแสงหลายคลื่นแสง (Optical multiplexing) ให้ส่งผ่านเส้นใยนำแสงเพียงเส้นเดียวไปยังหน่วยกระจายระยะไกล

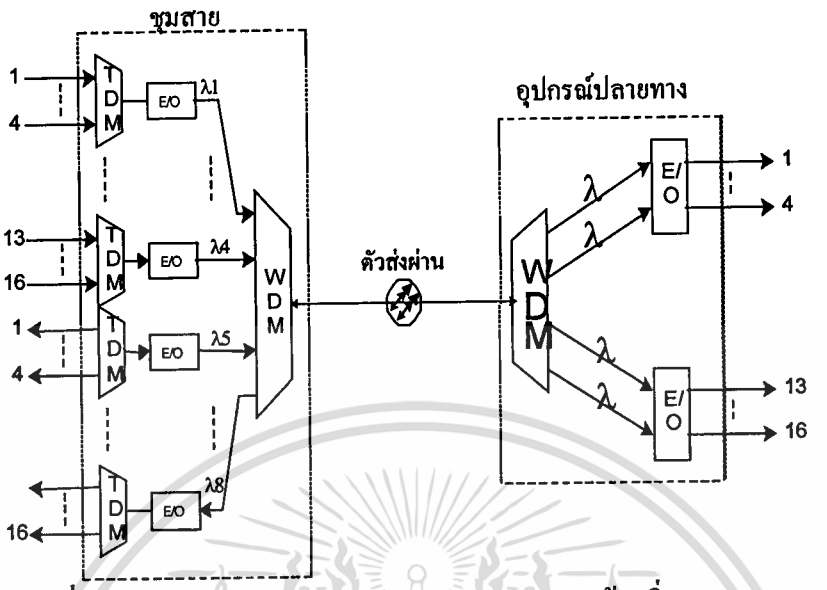
โครงข่ายแบบนี้ ผู้ใช้แต่ละรายจะใช้สองความยาวคลื่นแตกต่างกัน ความยาวคลื่นแรกสำหรับส่งข้อมูล อีกความยาวคลื่นสำหรับรับข้อมูล ที่หน่วยกระจายระยะไกลจะแยกคลื่นแสงให้แต่ละความยาวคลื่นกระจายกันไปในแต่ละเส้นใย ส่วนทิศทางรับก็จะทำงานเช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.27 แสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบใช้ตัวผสานและแยกคลื่นแสง

- **แบบผสม (Hybrid Passive Optical Network Architecture)** เป็นสถาปัตยกรรมข่ายเส้นใยที่ได้จากทั้งสองแบบแรกรวมกัน (รูปที่ 2.18) ซึ่งทำให้แยก ชนิด ประเภทและระดับของบริการแต่ละกลุ่มของผู้ใช้ได้ นอกจากนี้การแบ่งกลุ่มผู้ใช้ให้ใช้ความยาวคลื่นแสงเดียวกันก็สามารถทำได้เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แสดงสถาปัตยกรรมของข่ายสายกระจายท้องถิ่นแบบผสม

2.6 การจำแนกหมวดหมู่ของระบบข่ายสายกระจาย

การจำแนกประเภทของระบบข่ายสายกระจายตามลักษณะการวางข่ายจากชุมสายเข้าไปยังบ้านพักหรือสถานที่ของผู้ใช้ได้ 3 รูปแบบ คือ

2.6.1 เชื่อมโยงเส้นใยนำแสงแบบขอบโครงข่ายถึงหน้าบ้าน(FTTC:Fiber – To – The – Curve)

จะใช้รับ-ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสงระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับอุปกรณ์ปลายทางเท่านั้น แล้วสัญญาจะถูกแยกกระจายจากอุปกรณ์ปลายทางไปยังบ้านผู้ใช้แต่ละรายโดยผ่านสายโลหะ (รูปที่ 2.29 ก)

2.6.2 เชื่อมโยงเส้นใยนำแสงถึงอาคารสำนักงาน (FTTO:Fiber – To – The – Office)

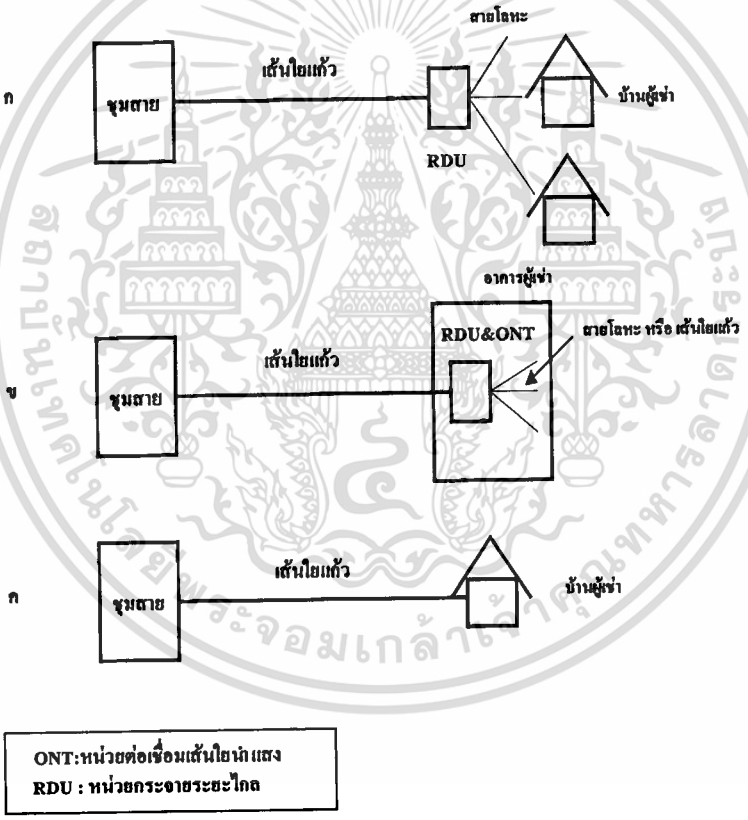
เป็นระบบที่ข่ายสายกระจาย ที่เหมาะสำหรับใช้งานทางธุรกิจ และมีอยู่ 2 รูปแบบ (รูปที่ 2.29 ข) คือ

- แบบแรก สัญญาณที่ได้รับการผสานแล้วจะส่งผ่านเส้นใยนำแสงจากชุมสายโทรศัพท์ถึงอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งต้องอยู่ภายในอาคารของผู้ใช้ เช่น อาคารห้องพัก โรงแรม ชุมชนบ้านจัดสรร เป็นต้น แล้วกระจายแยกสัญญาณไปยังบ้านของผู้ใช้แต่ละรายโดยคู่สายโลหะ เช่น คู่สายทองแดงหรือสายแกนร่วม (coaxial cable)
- แบบที่ 2 จะเป็นการเชื่อมระหว่างชุมสายโทรศัพท์ กับสำนักงานผู้ใช้ด้วยเส้นใยนำแสงโดยตรง วิธีนี้จะเชื่อมต่อสัญญาณแสงโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 เชื่อมโยงเส้นใยนำแสงถึงบ้าน (FTTH:Fiber – To –Tthe – Home)

ดังรูปที่ 2.29 ค เป็นระบบที่เชื่อมโยงระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับบ้านผู้ใช้ด้วยเส้นใยนำแสงโดยตรง ระบบนี้มีหลายอย่างที่ควรพิจารณาและแก้ไข เช่น กระแสไฟฟ้าสำหรับป้อนให้อุปกรณ์ทำงาน เนื่องจากระบบเดิมกำลังไฟฟ้าสำหรับให้เครื่องโทรศัพท์ทำงานจะส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์คู่สายจึงใช้สำหรับส่งไฟฟ้ามาให้อุปกรณ์ทำงานและเป็นตัวกลางรับส่งสัญญานด้วย (เป็นตัวกลางทั้งสัญญาณและกระแสไฟฟ้า) แต่กรณีเส้นใยนำแสงจะส่งไปเพียงลำแสงเท่านั้น ยกเว้นเป็นบริการที่เป็นบอร์ดแบน(Broadband services) ระยะทางสั้นๆเช่น การประชุมทางไกล (Video conference) ก็สามารถที่จะส่งไปกับคู่สายสำหรับป้อนไฟภายในของเส้นใยนำแสงได้



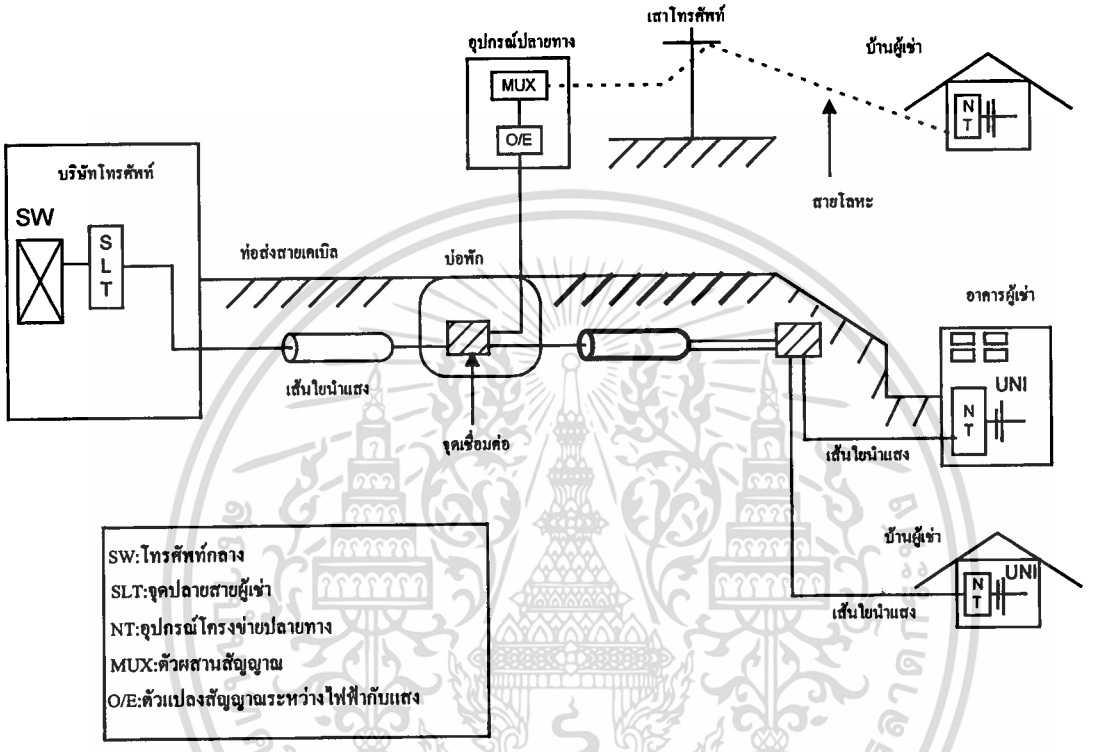
รูปที่ 2.29 ประเภทของระบบวงจรผู้ใช้ปลายทาง

2.7 เทคโนโลยีทางเลือกสำหรับข่ายสายกระจาย

บริการโทรคมนาคมสามารถแบ่งตามขอบเขตของการให้บริการได้เป็นสองประเภท คือ โทรคมนาคมระหว่างประเทศ และโทรคมนาคมภายในประเทศ ในส่วนที่เป็นโทรคมนาคมภายในประเทศนั้น การรับส่งข่าวสารข้อมูลจะประกอบด้วยระบบวงจรทางไกล (Trunk system) และระบบวงจรผู้ใช้ปลายทาง (Subscriber loops systems)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของระบบวงจรทางไกลก็คือจะทำการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายเข้าด้วยกัน ส่วนระบบวงจรผู้ใช้ปลายทางจะเชื่อมโยงระหว่างชุมสายกับผู้ใช้งาน ซึ่งในการศึกษาโครงการนี้จะสนใจในระบบวงจรผู้ใช้ปลายทาง(Subscriber loops systems) เท่านั้น



รูปที่ 2.30 แสดงระบบวงจรผู้ใช้ปลายทาง

- **ระบบวงจรผู้ใช้ปลายทาง**

ระบบวงจรผู้ใช้ปลายทางแบบแสงแบ่งตามชนิดสายตัวกลางประเภทมี 2 ชนิดคือ

- ผู้ใช้เชื่อมต่อกับชุมสายผ่านสายเส้นนำแสง โดยส่งผ่านข้อมูลผ่านเส้นใยนำแสงเท่านั้น ระบบนี้ อุปกรณ์ระบบสื่อสัญญาณแสงจะติดตั้งไว้ทั้งภายในบ้านผู้ใช้และชุมสาย ตามส่วนบนของรูปที่ 2.30 จะเห็นว่าเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้ ต่อเชื่อมเข้ากับชุมสายโดยตรงด้วยเส้นใยนำแสง ดังนั้นข้อมูลทั้งหมดจะส่งผ่านด้วยระบบสื่อสัญญาณด้วยแสง (Optic transmission system)

- ผู้ใช้เชื่อมต่อกับชุมสายผ่านสายเส้นนำแสงและสายโลหะ ในกรณีนี้ระบบสื่อสัญญาณแสงจะอยู่ระหว่างชุมสายกับหน่วยกระจายระยะไกล(Remote Distribution Unit) โดยข้อมูลจากบ้านผู้ใช้หลายๆรายจะส่งผ่านสายโลหะและจะผสานสัญญาณกันด้วยตัวผสานตัวแยกสัญญาณ (Multiplexer&Demultiplexer) ที่หน่วยกระจายระยะไกล(Remote Distribution Unit) จากนั้นก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับเปลี่ยนเป็นสัญญาณแสง โดยอุปกรณ์แปลงกลับระหว่างไฟฟ้ากับแสง(O/E : Optical /Electrical Conversion) ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังชุมสายบนเส้นใยนำแสงเพียงเส้นเดียว ส่วนล่างของรูปที่ 2.30 จะเห็นว่าเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้ ต่อเชื่อมกับชุมสายด้วยเส้นใยนำแสงร่วมกับสายเคเบิลโลหะ ดังนั้นข่าวสารที่นำพาไปด้วยสายเคเบิลโลหะจำนวนมากนั้น จะถูกทำการผสานสัญญาณ (Multiplex) ที่อุปกรณ์ปลายทางก่อนแล้วเปลี่ยนให้เป็นพลังงานแสง โดยอุปกรณ์แปลงสัญญาณแสง/ไฟฟ้า (O/E) ข้อมูลที่ได้รับการผสานและแปลงสัญญาณแล้วจะส่งผ่านไปด้วยเส้นใยนำแสง

ในทางปฏิบัติ วงจรผู้ใช้ปลายทางจะใช้งานรัศมี 5 กิโลเมตรจากชุมสายโทรศัพท์ ดังนั้น ถ้าชุมสายโทรศัพท์ตั้งที่จุดศูนย์กลางแล้ว เลขหมายโทรศัพท์ของผู้ใช้ก็จะกระจัดกระจายในรัศมี นี้

- **คุณสมบัติของระบบวงจรผู้ใช้ปลายทาง**

- ระบบนี้จะสร้างขึ้นตามความต้องการของผู้ใช้ แต่ความต้องการของผู้ใช้นี้หลากหลายบริการไม่มีรูปแบบ มีความต้องการใช้งานที่กระจัดกระจายทั่ว ๆ ไป ดังนั้นโดยทั่วไปรูปแบบของโครงข่ายจึงค่อนข้างยุ่งยาก

- การทำให้ราคาลงทุนครั้งแรกลดลง (Cost reduction) ทำได้ยากมากในระบบนี้ โดยเฉพาะเมื่อมีผู้ใช้จำนวนเลขหมายผ่านระบบนี้มากขึ้นระบบใหญ่มากขึ้น การลดค่าลงทุนและให้ครอบคลุมทั้งหมดจะต้องใช้เทคโนโลยีเข้าช่วย รูปแบบจะต้องง่าย อุปกรณ์ประกอบจะต้องมีขนาดเล็ก ใช้ไฟน้อย ความร้อนต่ำ เพราะจะต้องนำไปติดตั้งไว้ที่ตู้ริมถนน หรือในบ้าน ในสำนักงานผู้ใช้

ในระบบใช้งานจริงลักษณะของระบบวงจรทางไกลกับระบบวงจรผู้เช่าปลายทางอาจไม่แตกต่างกันมาก เพราะอุปกรณ์ประกอบแทบเป็นชนิดเดียวกันทั้งสิ้น

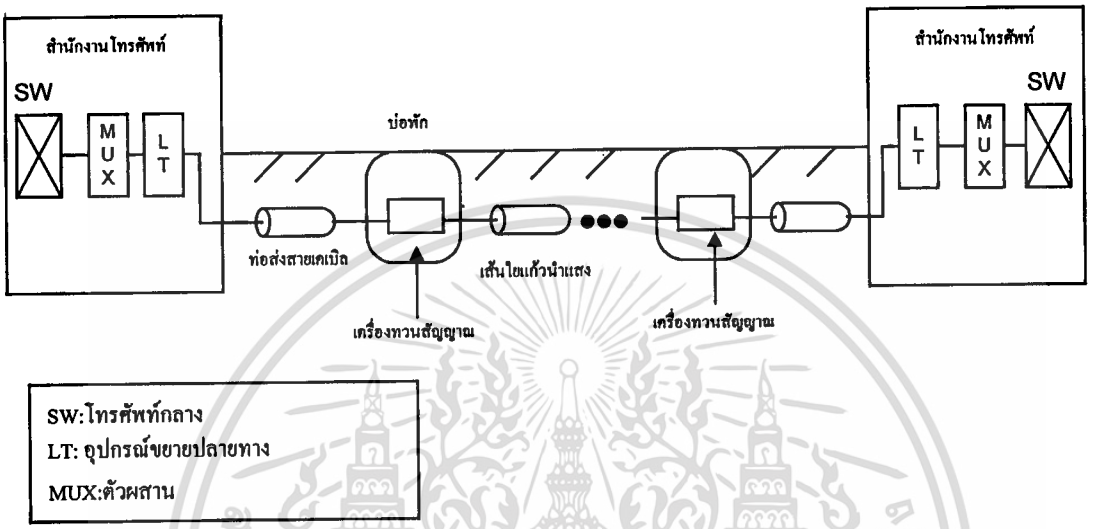
- **ระบบวงจรทางไกล**

ในระบบนี้มิได้เป็นประเด็นในการศึกษาครั้งนี้จึงขออธิบายเพียงเพื่อประกอบการศึกษาเท่านั้น ตามรูปที่ 2.31 ข้อมูลจากผู้เช่าจะผสานสัญญาณ แล้วจะรับ-ส่งระหว่างชุมสายผ่านสายเส้นใยนำแสงด้วยอัตราเร็วที่สูงขึ้น ในปัจจุบันนี้สื่อสัญญาณดิจิตอลใช้สายเส้นใยนำแสงโหมดเดียว ในสื่อสัญญาณทางไกลบางเส้นทางที่ห่างไกลกันมากจำเป็นต้องใช้ตัวทวนสัญญาณ ซึ่งมีหน้าที่ 3 อย่าง คือ ปรับเวลาของสัญญาณใหม่ ปรับรูปของสัญญาณใหม่ และสร้างสัญญาณขึ้นใหม่ (3 R, retiring, reshaping, regenerating) ปัจจุบันระยะห่างระหว่างตัวทวนสัญญาณทำได้มากกว่า 80 กิโลเมตร

ในปัจจุบันตัวทวนสัญญาณแบบที่ไม่ต้องใช้การแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณไฟฟ้ากำลังอยู่ระหว่างการศึกษาซึ่งจะทำให้การส่งข้อมูลทำได้รวดเร็วขึ้น ขณะนี้สื่อสัญญาณโซลิตอนซึ่งใช้ลักษณะความไม่เป็นเส้นตรงของเส้นใยกำลังอยู่ในระหว่างการศึกษาเพื่อใช้ในสื่อสัญญาณวงจรทางไกล ในสื่อสัญญาณโซลิตอนลูกคลื่นเดี่ยวสามารถส่งไปได้เป็นระยะทางไกลโดยไม่ทำให้ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นแคบลงหรือกว้างขึ้น หากเทคโนโลยีนี้นำมาใช้ในระบบวงจรทางไกลแสงจริงก็ไม่ต้องแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าอีก เทคโนโลยีนี้ก็จะส่งผลต่อระบบวงจรผู้ใช้ปลายทางในอนาคตด้วย



รูปที่ 2.31 ระบบวงจรทางไกลแสง

ตารางที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างระบบวงจรผู้ใช้ปลายทางกับระบบวงจรทางไกล

	ระบบวงจรผู้เช่าปลายทาง	ระบบวงจรทางไกล
รูปแบบโครงข่าย	ซับซ้อน	ไม่ยุ่งยาก
อัตราส่ง	พอสมควร(2.048Mb/s–565 Mb/s)	สูง (100 Mb/s –10 Gb/s)
ระยะสื่อสัญญาณ	สั้น (0 – 10 กม.)	ยาว(มากกว่า 10 กม.)
จำนวนระบบ	มาก	ไม่มาก
สิ่งแวดล้อมของอุปกรณ์	แย่	ดี

ในการใบริการโทรศัพท์แต่ละครั้งเฉพาะมูลค่าการลงทุนด้านสร้างข่ายสายจะมีมูลค่าถึง 60% ของต้นทุนทั้งหมดโดยไม่รวมค่าบำรุงรักษา [9] ในโครงการขยายโครงข่ายสื่อสัญญาณของขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย พ.ศ. 2538 – 2541 การลงทุนด้านสร้างข่ายสายเส้นใยนำแสงจะมีมูลค่าถึงประมาณ 5,700 ล้านบาท แต่ค่าอุปกรณ์สื่อสัญญาณมีมูลค่าประมาณ 1,800 ล้านบาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาทางเลือกเพื่อให้ได้โครงข่ายมาทดแทนข่ายคู่สายทองแดงและสามารถปรับปรุงไปสู่โครงข่ายบอร์ดแบนได้นั้น ในการศึกษาครั้งนี้จะอาศัยราคาลงทุนของโครงข่ายแต่ละแบบที่ให้บริการโทรศัพท์หรือข้อมูลความเร็วต่ำขนาด 64 Kbps เป็นเงื่อนไขหลักอันหนึ่งในการพิจารณา

การเลือกสรรสถาปัตยกรรมพร้อมทั้งเทคโนโลยีสื่อสัญญาณที่ดีจะนำไปสู่ให้บริการโครงข่ายที่รองรับความต้องการได้อย่างเหมาะสมบรรลุเป้าหมายทางกลยุทธ ทางเลือกรูปแบบโครงข่ายที่จะนำมาศึกษามี 5 ประเภทแบ่งแยกตามบริการและเทคโนโลยีสื่อสัญญาณดังนี้

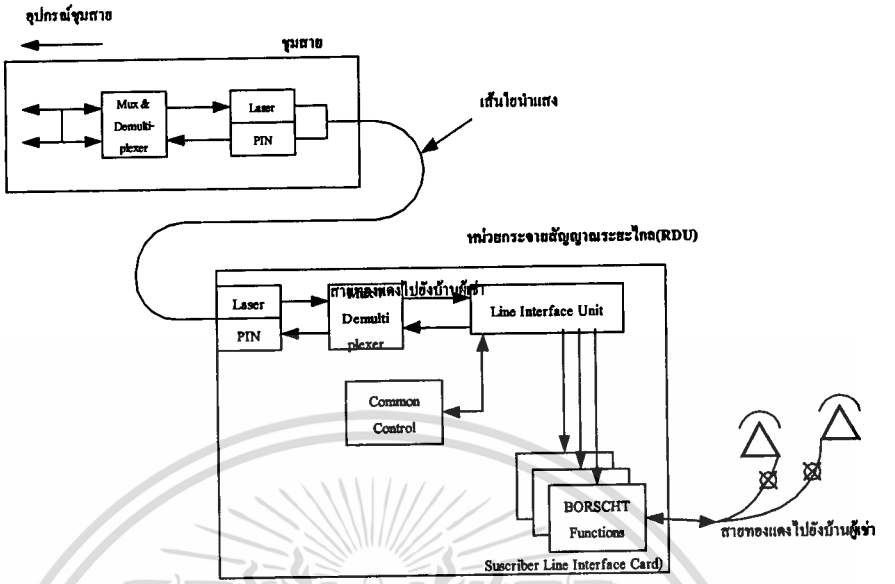
2.7.1 ข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (Digital Loop Carrier)

เป็นสถาปัตยกรรมแบบที่ใช้เส้นใยนำแสงร่วมกับคู่สายทองแดง ที่เจ้าของโครงข่าย ต่างก็พยายามหาวิธีการที่จะลดต้นทุนด้วยการสรรหาเทคโนโลยีมาใช้สร้างโครงข่าย ข่ายสายกระจายแบบคู่สายทองแดงมีลักษณะเป็นซิงเกิลสตาร์แต่ละผู้ใช้จะมีคู่สายแยกกันเป็นระยะทางยาว หากผู้ใช้มีจำนวนมากเงินลงทุนจะมากตามสัดส่วนโดยตรง การนำเทคนิคการผสานสัญญาณ(Multiplexing) มาใช้ ทำให้ช่องสัญญาณจำนวนมากๆใช้อุปกรณ์ร่วมกันพร้อมส่งไปในสายเส้นเดียวกันได้ เป็นผลให้การสร้างคู่สายมีจำนวนลดลง นอกจากนี้เส้นใยนำแสงยังสามารถรองรับการเจริญเติบโตของปริมาณข้อมูลที่ส่งผ่านโดยไม่ต้องสร้างสายเคเบิลใหม่เพียงแต่เปลี่ยนอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ที่ปลายทั้งสองของเส้นใยนำแสงก็เพียงพอแล้ว วิธีการเช่นนี้เรียกว่าข่ายสาย ดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (Digital Loop Carrier) ที่เรียกเช่นนี้ก็เพราะว่าสัญญาณโทรศัพท์จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณดิจิตอลก่อนเพื่อให้ง่ายในการผสานสัญญาณแล้วจึงผสมกับคลื่นแสงพาหะ (Carrier) ก่อนส่งไปในข่ายสาย

ในยุคเริ่มต้นของข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(Digital Loop Carrier)นั้นใช้ทั้งคู่สายทองแดงและตัวทวนสัญญาณ (Repeater) เป็นพาหะประกอบในโครงข่ายด้วย แต่เมื่อใช้เส้นใยนำแสงแล้วไม่ต้องการใช้ตัวทวนสัญญาณอีกเลย

ตามรูปที่ 2.32 เส้นใยนำแสงจะเป็นพาหะนำสัญญาณเสียงที่ผสานกันแล้วจากชุมสายส่งไปยังหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล(RDU) ซึ่งจะทำการแยกสัญญาณเสียงออกมาแล้วส่งผ่านคู่สายทองแดงไปบ้านผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 สถาปัตยกรรมข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ

สถาปัตยกรรมแบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(Digital Loop Carrier)นี้ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้

- **อุปกรณ์ที่ชุมสาย** จะประกอบด้วย
  - ตัวผสานสัญญาณ (multiplexer) ซึ่งรับสัญญาณโทรศัพท์หลายๆคู่สายจากเครื่องอุปกรณ์ชุมสายมาทำการผสานให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าขนาดความเร็ว 2,048 Mbps หรือ 155 Mbps หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับความต้องการและจำนวนผู้ใช้
  - เครื่องส่งพลังงานแสง (Optical Transmitter) ใช้เลเซอร์ไดโอด(Laser Diode) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสงแล้วส่งสัญญาณที่อยู่ในรูปพลังงานแสงผ่านเส้นใยนำแสงไปยังหน่วยกระจายระยะไกล(RDU)
  - ตัวรับสัญญาณ (Detector Unit) ใช้ พินโฟโตดีเทคเตอร์ (PIN Photodetector) ทำหน้าที่เป็นเครื่องรับเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอลก่อนแยกส่งไปยังบ้านผู้ใช้
  - เส้นใยนำแสงเป็นพาหะให้สัญญาณจากหลายๆคู่สายที่ผสานกันเดินทางจากชุมสายไปยังหน่วยกระจายระยะไกล(RDU) หากอุปกรณ์ระหว่างชุมสายกลางกับหน่วยกระจายระยะไกลมีขนาดความจุหรืออัตราเร็ว หรือ STM-1(155 Mbps) จะเชื่อมโยงเลขหมายได้ 1,890 คู่สาย ถ้าเปลี่ยนขนาดให้มีความจุสูงขึ้นการเชื่อมโยงเลขหมายก็จะมีจำนวนมากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

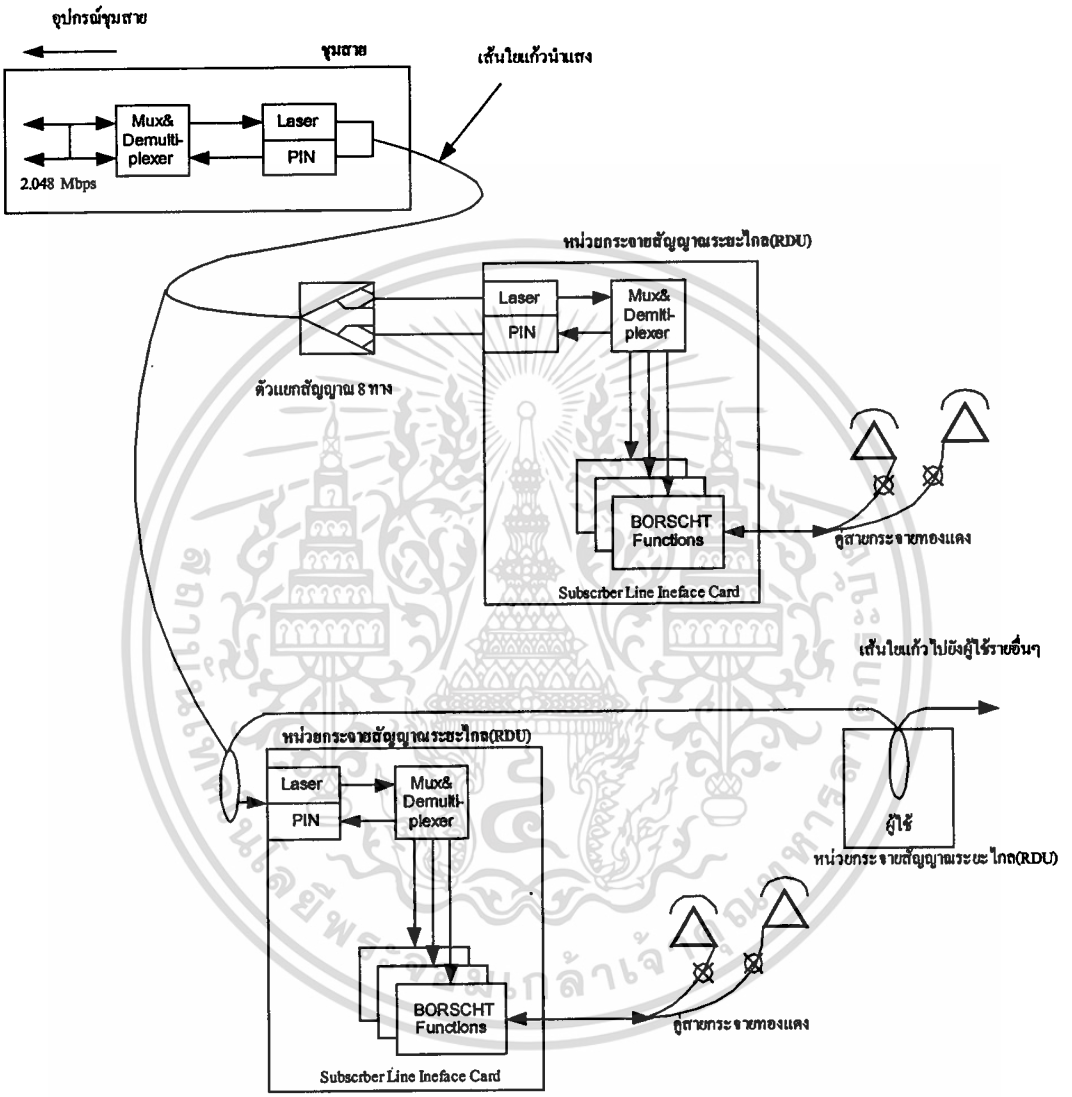
- **อุปกรณ์ที่หน่วยกระจายระยะไกล (RDU)** ประกอบด้วย
  - ตัวแยกสัญญาณ (Demultiplexer) จะทำการลดอัตราเร็วสัญญาณจาก STM-1(155 Mbps) ลงสู่ 2.048 Mbps แล้วจึงส่งสัญญาณต่อไปยัง ไลน์ อินเตอร์เฟซ ยูนิต (Line Interface Unit)
  - ไลน์อินเตอร์เฟซยูนิต (Line Interface Unit) ทำหน้าที่กระจายสัญญาณเสียงไปยังคู่สายที่ต้องการตัวควบคุมร่วม(Common Control) ทำหน้าที่ควบคุมไลน์อินเตอร์เฟซยูนิต ให้เลือกต่อกับสับซไคร์เบอร์ไลน์ อินเตอร์เฟซ คาร์ด (Subscriber Line Interface Card) ของเลขหมายใดๆก็ได้ที่ต้องการ
  - สับซไคร์เบอร์ไลน์อินเตอร์เฟซคาร์ด (Subscriber Line Interface Card) ทำหน้าที่กระจายสัญญาณเสียงหรือข้อมูลขนาด 64 Kbps ผ่านคู่สายทองแดงไปยังบ้านผู้ใช้ นอกจากนี้ สับซไคร์เบอร์ไลน์อินเตอร์เฟซคาร์ด (Subscriber Line Interface Card) ยังมีแบตเตอรี่(Battery), ตัวป้องกันไฟเกิน(Over voltage protection), ตัวกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง(Ringing), สัญญาณควบคุม(Signalling), โคเดค(Codec),ไฮบริด(Hybrid), และตัวทดสอบวงจร(Testing)หรือเรียกว่า BORSCHT
- **ข้อดีของข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(Digital Loop Carrier)**
  - ด้วยความจุสูง ของเส้นใยนำแสงและการใช้อุปกรณ์ร่วมกันทำให้สามารถกระจายไปยังผู้ใช้ได้เป็นจำนวนมาก
  - สามารถขยายเป็นข่ายสายบอร์ดแบนแบบเส้นใยนำแสงถึงบ้านผู้ใช้(Fiber To The Home) ได้ง่าย
  - ให้บริการได้ทั้งเสียง, ข้อมูลความเร็วสูง, ข้อมูลบอร์ดแบน, มัลติมิเดีย
- **ข้อเสียของข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(Digital Loop Carrier)**
  - ยุ่งยากกว่าแบบอื่นเพราะเป็นแบบผสมสลับซับซ้อนและต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ทุกแห่งในโครงข่าย

2.7.2 ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง (Narrowband Fiber and Copper Hybrid)

สถาปัตยกรรมชนิดนี้จะออกแบบให้บริการเสียงโทรศัพท์หรือข้อมูลความเร็วต่ำที่ใช้เส้นใยนำแสงร่วมกับคู่สายทองแดงเท่านั้น เหมาะกับข่ายสายที่เรียกว่าเส้นใยนำแสงถึงหน้าบ้าน(Fiber To The Curve) เป็นข่ายเส้นใยนำแสงที่พัฒนาจากสถาปัตยกรรมแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ (Passive Multiple Star) และแบบสายร่วม(Bus) ดังแสดงรายละเอียดในข้อ 2.7.2.1 และ 2.7.2.2 โครงข่ายใช้เส้นใยนำแสงแบบนี้ จะต้องมีจุดใดจุดหนึ่งเพื่อเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะติดตั้งไว้ภายในตู้ของหน่วยกระจายระยะไกล(RDU) ตามข้างถนน บนเสาไฟฟ้า บนอาคารผู้ใช้ จุดนี้บางครั้งเราจะเรียกว่า หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT)



รูปที่ 2.33 สถาปัตยกรรมข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง

สถาปัตยกรรมแบบข่ายสายนี้ จะเหมือนกับระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC) คือประกอบด้วย

- **อุปกรณ์ที่ชุมสาย** ได้แก่
  - ตัวผสานสัญญาณ (Mux&Demultiplexer)
  - เครื่องส่งพลังงานแสง (Optical Transmitter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวรับสัญญาณ (Detector Unit)
- เส้นใยนำแสง

- **อุปกรณ์ที่หน่วยกระจายระยะไกล(RDU) หรือ หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT)**
  - จะเหมือนกับข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC) เช่นกันเว้นแต่ระบบนี้ไม่ใช้ ไลน์อินเตอร์เฟซยูนิต (Line Interface Unit) และ ตัวควบคุมร่วม(Common Control)
  - ตัวแยกสัญญาณแสงแบบ 8 ทิศทาง (Optical Splitter)

2.7.2.1 แบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ (Passive Multiple Star)

ตามรูปที่ 2.33 จะเห็นว่าส่วนบนของข่ายสายผสมจะเป็นแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ มีตัวแยกสัญญาณแสงแบบ 8 ทิศทาง ดังนั้นเส้นใยนำแสงเส้นเดียวจะเป็นพาหะส่งช่องสัญญาณเสียงที่ผสานกันแล้วไปได้ 8 ตู้พัก ซึ่งมีความจุเทียบเท่า 4E-1(120 คู่สาย)ขณะเดียวกันตัวแยกสัญญาณแสงที่หน่วยกระจายระยะไกล(RDU) จะทำการกระจายผ่านเส้นใยนำแสงออกไปปลายทางทั้ง 8 แห่ง สัญญาณส่งกลับในทิศทางกลับกันจะผ่านเส้นใยนำแสงเส้นเดียวกันนี้ได้ โดยใช้เทคนิคการผสานสัญญาณตามความยาวคลื่นแสง (Wavelength Division Multiplexing)

นอกจากนี้ส่วนประกอบอื่นๆภายในเช่น สับซไคร์เบอร์ไลน์อินเตอร์เฟซคาร์ด (Subscriber Line Interface Card) หรือเรียกว่า BORSCHT จะเหมือนกับข่ายสายแบบดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC) อย่างไรก็ตาม ทั้งสองแบบที่กล่าวมีความแตกต่างกันที่ ไลน์อินเตอร์เฟซ ยูนิต (Line Interface Unit) และ ตัวควบคุมร่วม(Common Control)

2.7.2.2 แบบสายร่วม(BUS)

จะเห็นว่าส่วนล่างของรูปที่ 2.33 เส้นใยนำแสงแต่ละเส้นจะต่อเป็นแบบสายร่วม(BUS) กับตู้ของหน่วยกระจายระยะไกล (RDU) หรือออพติคัลเนตเวอร์คอินเตอร์เฟซ (Optical Networks Interface) จำนวน 8 ตู้ เข้าด้วยกัน โดยแต่ละเส้นจะส่งได้ ขนาด 30 คู่สาย (2.048 Mbps)

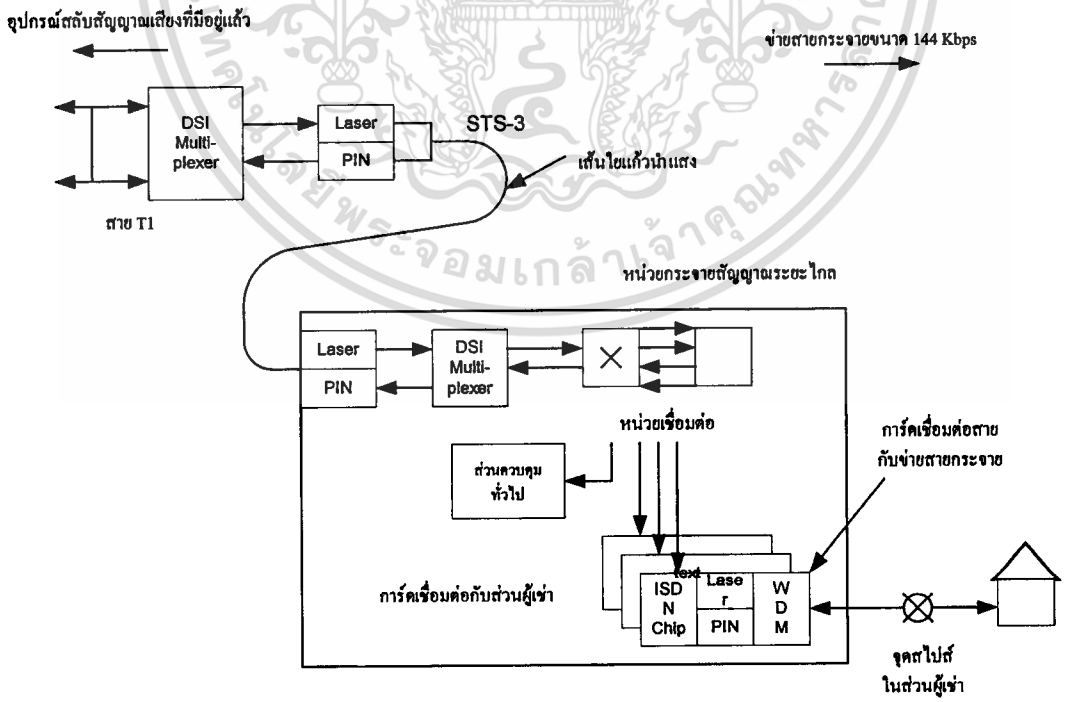
ที่ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่ผสานกันแล้วผ่าเส้นใยนำแสงมายังตู้ของหน่วยกระจายทั้ง 8 แห่ง แต่ละแห่งจะพ่วง(Tap)รับเอาสัญญาณมายังเครื่องรับ ในทางส่งกลับก็ใช้วิธีแบบเดียวกัน ในระบบนี้จะต้องมีระบบประสานจังหวะสัญญาณนาฬิกาที่ดีข้อมูลจึงจะไม่เกิดชนกัน จึงนิยมใช้การรับ – ส่งโดยแบ่งเวลาหรือที่เรียกว่า ระบบ ที ดี เอ็ม เอ (TDMA :Time Division Multiple Access)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ข้อดีของข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง (Narrowband Fiber and Copper Hybrid)**
  - เหมาะกับข่ายสายที่เรียกว่าเส้นใยนำแสงถึงหน้าบ้าน(Fiber To The Curve)
  - ราคาถูก
- **ข้อด้อยของข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง (Narrowband Fiber and Copper Hybrid)**
  - การจ่ายกำลังไฟฟ้ามีความยุ่งยากเพราะโครงข่ายระบบมีหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT)จำนวนมากติดตั้งไว้ในตู้พักริมทาง กระจายไปทั่วทั้งโครงข่าย
  - ใช้กำลังไฟฟ้าจากจุดจ่ายไฟของการไฟฟ้าและต้องมีแบตเตอรี่สำรอง 8 ชั่วโมง

2.7.3 ข่ายสายเส้นใยนำแสงสำหรับแถบสัญญาณแคบ (All Fiber Narrowband Network)

เป็นข่ายสายที่เป็นเส้นใยนำแสงทั้งหมดจนถึงบ้านผู้ใช้ ดังแสดงรายละเอียดในข้อ 2.7.3.1 และ 2.7.3.2 โดยพัฒนาจากสถาปัตยกรรม 2 แบบคือแอคทีบมัลติเพิลสตาร์ (Active Multiple Star) ดังรูปที่ 2.3, 2.4 และ แบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ (Passive Multiple Star) ตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.34 สถาปัตยกรรมข่ายสายเส้นใยนำแสงสำหรับแถบสัญญาณแคบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากสร้างตามสถาปัตยกรรมข่ายสายแบบแอคทีบมัลติเพิลสตาร์ จุดเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าหรือที่เรียกว่าหน่วยกระจายระยะไกล(RDU) จะติดตั้งไว้ที่ตู้ริมถนนหรือเสาไฟฟ้า จากนั้นจึงจะส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสงไปต่อเข้ากับอุปกรณ์ของผู้ใช้ภายในบ้าพักผู้ใช้

อุปกรณ์ประกอบที่ชุมสายและที่หน่วยกระจายระยะไกล(RDU) มีข้อแตกต่างกับระบบข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง(Narrowband Fiber and Copper Hybrid) ที่ใช้ไลน์อินเตอร์เฟซยูนิต (Line Interface Unit) ซึ่งทำหน้าที่จัดรูปแบบสัญญาณสื่อสารร่วมระบบดิจิตอล (Narrowband Integrated Services Digital Network) และทำหน้าที่เป็นอินเทอเฟซระหว่างพลังงานแสงกับพลังงานไฟฟ้า(Optical to electrical interface card) แทน ไลน์อินเตอร์เฟซคาร์ด (Line Interface Card) ส่วนอุปกรณ์อื่นๆจะเหมือนกันเช่น

- ตัวผสานสัญญาณ (multiplexer)
- เครื่องส่งพลังงานแสง (Optical Transmitter)
- ตัวรับสัญญาณ (Detector Unit) เป็นต้น

ในกรณีสร้างตามสถาปัตยกรรมข่ายสายแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์นั้น ตัวแยกสัญญาณแสง(Optical Splitter) จะติดตั้งไว้ที่ตู้ริมถนนหรือเสาไฟฟ้าเช่นกันดังรูปที่..... แต่หน่วยกระจายระยะไกล(RDU) จะย้ายไปติดตั้งไว้ภายในอาคารสำนักงานหรือบ้านผู้ใช้ จากนั้นจึงจะส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสงไปต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่อยู่ภายในบ้าน คุณสมบัติสำคัญอันหนึ่งของระบบนี้ก็คือข้อมูลที่ทำการผสานจะใช้เทคนิคการแบ่งเวลา(Time Division Multiple Access) อัตราเร็วตลอดการส่งจากชุมสายออกไปจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเส้นทาง ดังนั้นสัญญาณของทุกๆคู่สายจึงส่งไปทุแห่ง จึงมีปัญหาด้านความปลอดภัยของข้อมูลส่วนตัว แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้จะมีข้อดีที่อุปกรณ์ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าให้สิ้นเปลือง อายุการใช้งานจึงยืนยาวอีกทั้งค่าบำรุงรักษาก็ต่ำด้วย

2.7.3.1 แบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์

สถาปัตยกรรมแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์คล้ายกับข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC) จะแตกต่างกันก็เพียงการใช้เส้นใยนำแสงเป็นตัวกลางในโครงข่ายสายกระจายทั้งหมด รูปที่ 2.34 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่ายแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์

เนื่องจากการใช้ใยนำแสงเป็นคู่สายกระจาย ภายในหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลจึงต้องมีการ์ดทำหน้าที่สร้างสัญญาณแสง-ไฟฟ้าและเชื่อมต่อข่ายสายกระจายกับอุปกรณ์ผู้ใช้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.2 แบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์

ในกรณีที่ส่วนของเส้นใยนำแสงที่อธิบายในแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์ หากขยายยาวผ่านตู้พักริมทางออกไปถึงผู้ใช้แล้ว ตู้พักจะต้องมีตัวแบ่งสัญญาณออกเป็นแปดส่วนแต่ละส่วนสำหรับหนึ่งผู้ใช้ เมื่อมองจากชุมสายจะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งให้ผู้ใช้จะผ่านตัวแบ่งสัญญาณสองตัวต่อแบบอนุกรมกัน ที่เป็นสายเข้าบ้านผู้ใช้ก็เป็นเส้นใยนำแสง ส่วนหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง (ONT) ก็นำไปติดตั้งไว้ในบ้านผู้เช่า

อัตราการส่งสัญญาณของระบบเหมือน กับแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์คืออุปกรณ์ผสานสัญญาณที่ ชุมสายจะรวมช่องสัญญาณเสียงโดยใช้เทคนิคการแบ่งเวลา(TDMA) ขณะเดียวกันสัญญาณกำกับ (Signalling)ที่ส่งออกมาจะสั่งการให้ตัวรับรับสัญญาณเสียงและตัวส่งส่งสัญญาณเสียงใช้ช่องเวลาที่ถูกต้องเท่านั้น

ข่ายสายแบบนี้สัญญาณของผู้เช่าทุกรายจะไปถึงบ้านผู้เช่าทั้งหมดจึงมีปัญหาของความปลอดภัยของข้อมูลที่เป็นส่วนตัว แต่ข้อดีของระบบนี้ก็คือหน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลและตู้พักริมทางมีแต่อุปกรณ์พาสซีบจึงไม่ต้องการกำลังไฟฟ้า อายุการใช้งานสูงและทนทานดังรูปที่ 2.35

- **ข้อดีของข่ายสายเส้นใยนำแสงสำหรับแถบสัญญาณแคบ (All Fiber Narrowband Network)**
  - อุปกรณ์ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าให้สิ้นเปลือง
  - อายุการใช้งานจึงยืนยาว
  - ค่าบำรุงรักษาก็ต่ำด้วย
- **ข้อเสียของข่ายสายเส้นใยนำแสงสำหรับแถบสัญญาณแคบ(All Fiber Narrowband Network)**
  - สัญญาณของทุกๆคู่สายส่งไปทุกแห่งจึงมีปัญหาด้านความปลอดภัยของข้อมูลส่วนตัว

2.7.4 ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายแกนร่วม (Fiber and Coaxial Cable Hybrid)

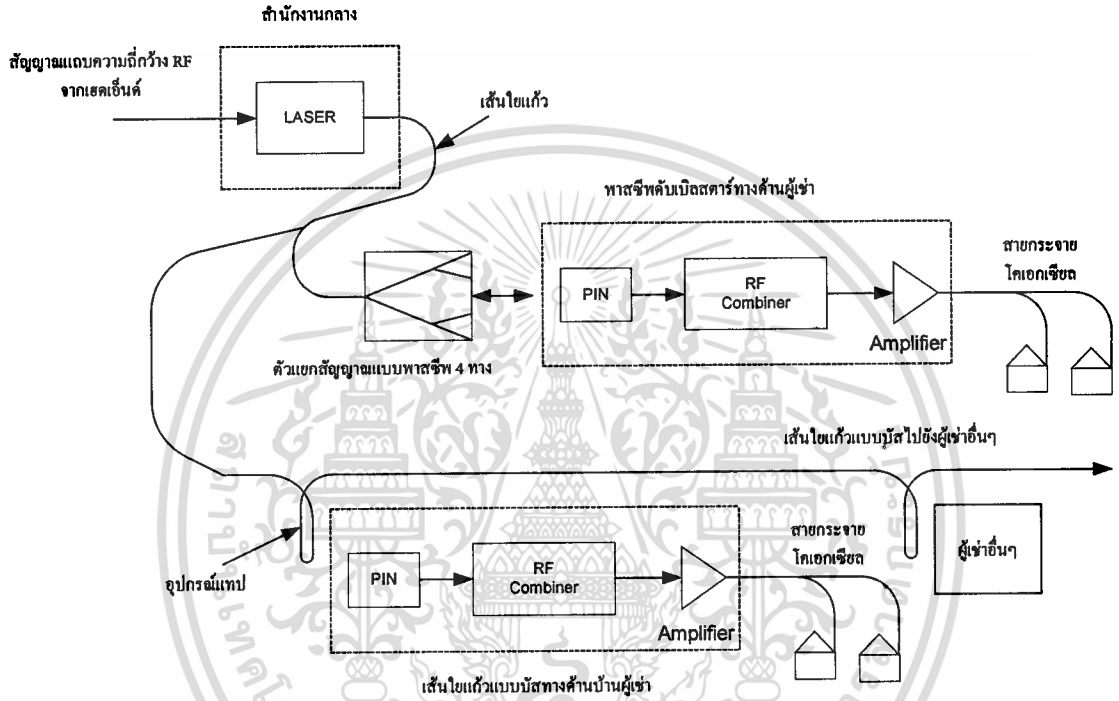
โครงข่ายแบบนี้ใช้ส่งได้ทั้งโทรศัพท์และสัญญาณวิดีทัศน์ไปด้วยกัน ดังรูปที่ 2.35 แสดงโครงข่ายผสมของเส้นใยนำแสงและคู่สายทองแดง ที่พัฒนาจากสถาปัตยกรรมแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์และแบบสายร่วม(BUS) ทั้ง 2 แบบนี้สามารถวางควบคู่ไปกับโครงข่ายแบบแถบความถี่แคบโดยใช้ท่อร้อยสายและตู้คอดินร่วมกันได้ อย่างไรก็ตามการวางควบคู่ในลักษณะนี้ บริการแบบแถบความถี่แคบและการกระจายวีดีโอ ไม่รวมอยู่ในโครงข่ายเดียวกันเพราะใช้ใยนำแสงต่างเส้นกันในการให้บริการ

เพราะโครงข่ายทั้งสองแบบนี้พัฒนาจากสถาปัตยกรรมแบบพาสซีบ พลังงานสูญเสียในโครงข่ายมากกว่าแบบแอคทีบ จำนวนหน่วยกระจายจึงลดลงครึ่งหนึ่ง การเพิ่มจำนวนการให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริการจำเป็นต้องใช้เครื่องขยายสัญญาณหรือไม่เช่นนั้นก็ต้องใช้ระบบของเส้นใยนำแสงขยายต่อไปอีก

ระยะของการเดินสายแกนร่วมจากตู้คอดินจะถูกจำกัดที่ระยะทางประมาณ 80 - 150 เมตร โดยเฉพาะข้อจำกัดของระบบการผสมคลื่นทางแอมปลิจูด (Amplitude Modulation) ทำให้การกระจายวิดีโอระบบการผสมคลื่นทางแอมปลิจูด จะเดินทางได้ระยะใกล้ๆเท่านั้น



รูปที่ 2.35 แสดงข่ายสายแบบผสมเส้นใยนำแสงกับสายแกนร่วม

แบบนี้ เลเซอร์ที่ชุมสายจะปรับสัญญาณเข้าไปสู่เส้นใยนำแสงเส้นละ 32 ช่อง ส่วนตัวรับที่หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) จะเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นสัญญาณผสมคลื่นทางแอมปลิจูด(Amplitude Modulation) ในรูปแบบเดียวกันกับสัญญาณโทรทัศน์ ส่งผ่านสายแกนร่วม (coaxial) ไปยังผู้ใช้ต่อไป

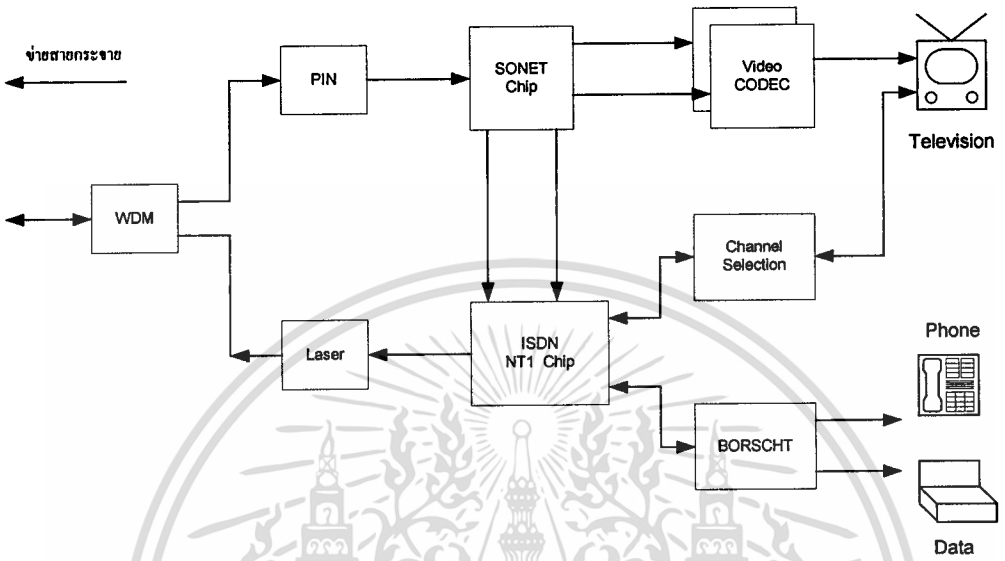
2.7.5 ข่ายสายร่วมบอร์ดแบน (Integrate Broadband Network)

ระบบสุดท้ายของโครงข่ายทางเลือกที่ทำการศึกษาคือโครงข่ายสายร่วมบอร์ดแบน โดยจะทำการศึกษาการพัฒนามาจากสถาปัตยกรรมโครงข่ายเพียง 2 แบบ คือ แอคทีบมัลติเพิลสตาร์กับพาสซีบมัลติเพิลสตาร์

ข่ายสายแบบนี้ต้องการให้ หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) ตั้งอยู่ที่บ้านของผู้ใช้บริการ รูปที่ 2.36 แสดงแผนผังของอุปกรณ์ที่ด้านบ้านผู้ใช้(Customer Premise Equipment) ที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบ แอคทีบมัลติเพิลสตาร์กับพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ นอกจากนั้นระบบจะต้องมีการกำหนดจังหวะเวลาของการสื่อสารทั้งทางส่งและทางรับ



รูปที่ 2.36 รูปแสดงสถาปัตยกรรมข่ายสายแบบสายร่วมบอร์ดแบน

หลังจากรับสัญญาณแสงจากวงจรสื่อสัญญาณทางแสงแล้ว จะทำการแยกสัญญาณออกเป็นช่องสัญญาณเสียงและวีดีโอ ที่วงจรขยายการบีบอัดสัญญาณวีดีโอ จากนั้นจะทำการจัดเฟรมสัญญาณ(Framing) สำหรับการส่งสัญญาณแบบวีดีโอดิจิตอลที่วิดีโอโคเดค (VDO Codec) จะเปลี่ยนสัญญาณวีดีโอดิจิตอล เป็นรูปแบบเดียวกันกับสัญญาณโทรทัศน์ ส่งให้อุปกรณ์ผู้ใช้ต่อไป ในการเรียก(setup call)ช่องสัญญาณเสียงและวีดีโอ จะใช้วิธีส่งผ่านช่องสัญญาณข้อมูล(Data Channel) ของระบบสื่อสารร่วมดิจิตอล(N-ISDN)ไปที่ชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ผลการศึกษาความเป็นไปได้

ในการศึกษาความเป็นไปได้จะทำการศึกษาปัจจัยด้านราคาลงทุนเริ่มแรกของโครงข่ายทางเลือกแบบต่างๆ เป็นลำดับแรก แล้วจะต้องพิจารณาถึงค่าดำเนินการและบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานพร้อมทั้งผลตอบแทนเพื่อเปรียบเทียบว่าแบบใดจะมีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งผลการศึกษาจะทำให้ตัดสินใจได้โดยสรุปว่าโครงข่ายชนิดใด มีความเสี่ยงในการลงทุนต่ำ, มีค่าใช้จ่ายต่ำ และมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในระยะเริ่มแรกมากกว่าระบบอื่น

3.1 การจำลองค่าลงทุนเริ่มแรกในโครงข่าย

แม้ว่าการประมาณราคาค่าอุปกรณ์ค่อนข้างจะทำได้ยาก เพราะอุปกรณ์ส่วนใหญ่ไม่ได้ผลิตในประเทศไทย ค่าของเงินบาทเมื่อเทียบกับเงินตราต่างประเทศมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อย่างไรก็ตามเพื่อให้การประมาณราคาได้รับความน่าจะเป็นไปได้ จึงได้ใช้ข้อมูลราคาอุปกรณ์บางชนิดตามตารางที่ 3.3 ซึ่งนำมาจากผลการศึกษาของ David P. Reed, ในหนังสือ Residential Fiber Optic Networks: An Engineering and Economic Analysis[6] เป็นราคาอ้างอิงในการศึกษา

ราคาอุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์ขึ้นอยู่กับชนิด, เทคโนโลยีการผลิต,ความเร็ว,ความสลับซับซ้อนของวงจร เช่นในระยะเริ่มแรกที่ วงจรรวมขนาดใหญ่ (VLSI : Very Large Scale Integrated Circuit) ผลิตด้วยเทคโนโลยีซีมอส (CMOS : Complementary Metals Oxide Semiconductor) จะทำการผลิตได้คราวละเป็นจำนวนมากๆ กินกระแสไฟฟ้าต่ำ ทำงานด้วยความเร็ว 200 เมกกะบิตต่อวินาที(Mbps) ราคาจะต่ำกว่า วงจรรวมขนาดปานกลาง (MSI : Medium Scale Integration) ที่ผลิตด้วยซิลิคอนไบโพลา หรือ แกลเลี่ยมอาเซไนด์ (GaAs) กินกระแสไฟฟ้ามากกว่าอีกทั้งมีความสลับซับซ้อนของวงจรน้อยกว่า แต่ ทำงานด้วยความเร็วสูงกว่า

เนื่องจากอุปกรณ์ทางด้านสื่อสารชนิดเดียวกันแต่ที่ทำงานด้วยความเร็วต่างกันเช่น 140 Mbps กับ 565 Mbps ต่างก็สามารถผลิตได้คราวละเป็นจำนวนมากๆ ค่าแรงต่ำเหมือนกันค่าอุปกรณ์จึงไม่แตกต่างกันมากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งราคาอุปกรณ์มีแนวโน้มต่ำลงทุกวัน ดังนั้นในการศึกษาจึงนำเอาหลักการเช่นเดียวกันนี้มาใช้ในการประมาณราคาด้วย ในการประมาณค่าจะทำการประมาณเฉพาะ 3 ประเภทที่สำคัญได้แก่ อุปกรณ์การกำลัง, อุปกรณ์ผู้เช่า, อุปกรณ์สื่อสัญญาณทางแสงที่ชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การประมาณราคาอุปกรณ์การกำลัง

การประมาณการราคาอุปกรณ์กำลังจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ประมาณราคาอุปกรณ์การกำลังในโครงข่ายทองแดง ประมาณราคาอุปกรณ์การกำลังที่ชุมสาย (CO), ที่หน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล(RDU), ที่หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง (ONT)

- **ประมาณราคาอุปกรณ์การกำลังในโครงข่ายทองแดง**

พลังไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับข่ายสายทองแดงจะเป็นสัดส่วนกับพลังงานที่โครงข่ายเส้นใยนำแสงใช้งาน เมื่อมีการใช้งานคู่สายทองแดงใช้พลังงานประมาณ 1 ถึง 3 วัตต์ เฉพาะช่วงเวลาการใช้งานเท่านั้นซึ่งคิดเป็นหนึ่งในร้อยของเวลาทั้งหมด สมมุติเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองขนาด 3,000 กิโลวัตต์ ราคาประมาณการในการจัดซื้อเครื่องละ 25,000,000 บาท ต้องมีไว้ในกรณีฉุกเฉินแต่ต้นทุนดังกล่าวสามารถนำมาคิดเฉลี่ยต่อผู้เช่าทั้งหมดได้ ดังนั้นแม้ว่ามูลค่าของกำลังไฟ 1 วัตต์จะอยู่ที่ราว 8.50 บาท ราคาการลงทุนสำหรับอุปกรณ์การกำลังเมื่อเฉลี่ยต่อคู่สายจะน้อยมาก สามารถประมาณละไว้ได้ที่ระดับต่ำกว่า 25 บาทต่อหนึ่งคู่สาย

ข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC) ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าโครงข่ายสายทองแดงมาก แต่ละคู่สายในระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะใช้กำลังไฟฟ้า 1 ถึง 4 วัตต์ โดยใช้พลังงานเป็น 100 เท่าของระบบข่ายสายทองแดง ทั้งนี้เพราะระบบนี้จะใช้กำลังไฟตลอดเวลา นอกจากนี้ที่หน่วยกระจายระยะไกล (RDU : Remote Distribution Unit:) ซึ่งภายในมีหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) ติดตั้งอยู่ด้วย ยังต้องใช้กำลังไฟฟ้าใช้พลังงานกว่าครึ่งหนึ่งของระบบเพื่อแปลงสัญญาณจากเส้นใยนำแสงป้อนสัญญาณไปยังคู่สายทองแดง

สถาปัตยกรรมแบบแอคทีฟดับเบิลสตาร์ ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าไปทุกแห่งในโครงข่ายทั้งที่ชุมสาย, ที่หน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล(RDU)และที่หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง (ONT)

สถาปัตยกรรมแบบพาสซีบไม่ต้องการอุปกรณ์กำลังที่หน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล เนื่องจากอุปกรณ์ไม่ต้องใช้กำลังไฟฟ้าก็ทำงานได้ โครงข่ายแบบนี้จึงคิดราคาอุปกรณ์การกำลังเฉพาะที่ชุมสายและหน่วยกระจายสัญญาณเท่านั้น

- **การประมาณราคาอุปกรณ์การกำลังที่ชุมสาย**

จากการคำนวณของ Goldstein et al. พบว่า ต้นทุนการกำลังที่ชุมสายอยู่ที่ประมาณ 800 บาทต่อวัตต์ ตลอดระยะเวลา 30 ปี แบ่งเป็นค่าปฏิบัติการ400 บาทต่อวัตต์ ดังนั้นจึงคิดราคาต้นทุนที่ชุมสายเป็นเงิน 400 บาทต่อวัตต์[6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การประมาณราคาอุปกรณ์การกำลังที่หน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล(RDU)**

จากการคำนวณของ Mistry et al. ได้ประมาณต้นทุนการกำลังที่หน่วยกระจายสัญญาณระยะไกลไว้ที่ 1,000 บาทต่อวัตต์ ตลอดระยะเวลา 30 ปี และให้เป็นส่วนของค่าปฏิบัติการ 400 บาทต่อวัตต์ ดังนั้นจึงคิดราคาต้นทุนที่ชุมสายเป็นเงิน 600 บาทต่อวัตต์[6]

- **การประมาณราคาอุปกรณ์การกำลังที่หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT)**

สถาปัตยกรรมแบบเส้นใยนำแสงถึงบ้าน มีความยุ่งยากในการประมาณราคาอุปกรณ์การกำลัง ปัญหาสำคัญจะอยู่ที่สายตัวนำเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT)ซึ่งบางแห่งจะต้องตั้งไว้ที่ริมถนน อย่างไรก็ตามจากการรวบรวมในการศึกษาเห็นว่าวิธีการที่ดีที่สุดในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) มีทางเลือกที่ไว้ดังนี้

- จ่ายกำลังไฟฟ้าจากชุมสายโดยใช้สายโครงข่ายสายทองแดงที่มีอยู่ภายในสายเคเบิลเอง
- จ่ายกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟของผู้ใช้ ให้กับหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) ที่ติดตั้งอยู่ภายในบ้าน, สำนักงานของผู้ใช้เองพร้อมมีแบตเตอรี่สำรองในช่วงที่เกิดไฟฟ้าดับเพื่อให้ระดับความน่าเชื่อถือของโ ครงข่ายเส้นใยนำแสงอยู่ในระดับที่เทียบเคียงกับโครงข่ายโทรศัพท์สายทองแดงในปัจจุบัน
- จ่ายกำลังไฟฟ้าไฟโดยแหล่งจ่ายไฟของการไฟฟ้าผ่านสายทองแดงที่สร้างขึ้นใหม่ให้กับหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) ที่ตั้งอยู่ริมถนนพร้อมมีแบตเตอรี่สำรอง

ในกรณีใช้แหล่งจ่ายไฟของผู้ใช้ แล้วให้ผู้ใช้รับผิดชอบการจ่ายไฟและแบตเตอรี่สำรองอาจไม่สมเหตุผล เพราะความเป็นจริงแล้วผู้ใช้ที่ต้องการเพียงบริการที่เหมือนกับโทรศัพท์ทั่วไปที่ให้บริการอยู่ในขณะนี้เท่านั้น ถ้าให้ผู้ใช้มีภาระเพิ่มขึ้นจากการดูแลแบตเตอรี่สำรอง เหตุฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นจากแบตเตอรี่เมื่อหมดอายุ จนไม่สามารถใช้บริการได้ก็เป็นภัยร้ายที่สุดสำหรับองค์กรผู้ให้บริการ ผู้ให้บริการควรเป็นผู้ดูแลมากกว่าผู้ใช้เพื่อประโยชน์ในการใช้ทรัพยากรร่วมกันและต้นทุนการบำรุงรักษาที่ต่ำ

เพื่อให้ง่ายระหว่างรูปแบบตัวเลือกต่างๆ แล้ว หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) จะประมาณการราคาแหล่งจ่ายไฟด้วยหลักการดังต่อไปนี้

- ผู้ให้บริการยังคงรับผิดชอบแหล่งจ่ายไฟเพื่อคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือระดับสูงของโครงข่าย และผู้ใช้ไม่ต้องมีภาระรับผิดชอบเพิ่มขึ้น
- การใช้แหล่งจ่ายไฟที่ตั้งอยู่ริมถนนทำให้มีการแบ่งทรัพยากรใช้ร่วมกัน
- การติดตั้ง หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) กับแหล่งจ่ายไฟที่อยู่ริมถนนจะใช้กับสถาปัตยกรรมแบบเส้นใยนำแสงถึงริมถนน (Fiber to the Curb Architecture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาได้สรุปราคาสำหรับการจ่ายไฟให้กับหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง (ONT) มีราคาประมาณ 2,000 บาทต่อวัตต์ ดังตารางข้างล่างนี้แสดงการคำนวณราคาดังกล่าว บนพื้นฐานที่หนึ่งหน่วยจ่ายไฟต่อเข้ากับผู้ใช้ 8 ราย

ตารางที่ 3.1 แสดงราคาประมาณของอุปกรณ์สำหรับระบบจ่ายไฟที่หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT)

ส่วนประกอบของงระบบจ่ายไฟ	ราคา / วัตต์ / ผู้ใช้ (บาท)	รายละเอียด
หม้อแปลงไฟ	250	ต้นทุนของ 2,000 บาทต่อวัตต์แบ่งใช้โดยผู้ใช้ 8 ราย
แบตเตอรี่สำรอง 8 ชั่วโมง	320	ต้นทุนแบตเตอรี่ 40 บาทต่อวัตต์-ชั่วโมง อายุการใช้งาน 10 ปี
ตัวประจุไฟแบตเตอรี่	200	ตัวประจุไฟคงที่สำหรับประจุแบตเตอรี่
ตัวแปลงไฟกระแสตรงและกระแสสลับ	200	ค่าเฉลี่ยราคาอุปกรณ์หนึ่งหน่วยต่อผู้ใช้ 8 ราย
สายจ่ายกำลังไฟ	200	ใช้คู่สายทองแดงในการจ่ายกำลังไฟ
ค่าเดินสายไฟฟ้า	750	ค่าต่อไฟจากเสาไปยังหน่วยจ่ายไฟสำรองซึ่งใช้ร่วมกันระหว่างผู้ใช้ 8 ราย (6,000/8)
รวมทั้งหมด	1,920	ราคารวมต่อสายต่อวัตต์สำหรับอุปกรณ์การกำลัง ณ. แหล่งจ่ายไฟสำรองในตู้ริมถนน

3.1.2 สรุปการประมาณราคาอุปกรณ์การกำลัง

ตารางสรุปข้างล่าง แสดงราคาของอุปกรณ์การกำลังสำหรับสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีทางเลือกรูปแบบต่างๆ ที่ได้ประมาณจากหลักการที่กล่าวข้างต้น โดยที่ชุมสาย(CO) มีราคา 4,000 บาทต่อวัตต์ ส่วนที่หน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล(RDU)จะมีราคา 600 บาทต่อวัตต์ และราคา 2,000 บาทต่อวัตต์ที่หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT)

ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่า แต่ละส่วนของโครงข่ายที่เป็นเส้นใยนำแสงทั้งหมดใช้กำลังไฟเท่าไร แบบจำลองนี้ประมาณราคาโดยใช้แนวทางจากที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว จากการศึกษาพบว่าระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC)ราคาจำนวน 1,480 บาทต่อผู้ใช้ 1 ราย โดยแบ่งเป็นที่ชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40 บาทต่อวัตต์ (ในการผสานสัญญาณใช้ไฟน้อยกว่าหนึ่งในสิบวัตต์ต่อคู่สายเท่านั้น) และ 1,440 บาทที่หน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล(RDU) ส่วนในระบบอื่นๆ ราคาจะสูงขึ้นตามลำดับ

ตารางข้างล่างนี้ยังรวมถึงต้นทุนระบบไฟในโครงข่ายเคเบิลทีวี เมื่อมีการใช้สายแกนร่วม (Coaxial Cable) จะต้องมีการจ่ายไฟให้ตัวขยายสัญญาณ(Amplifier)ในโครงข่ายอีกด้วย โดยทั่วไประบบเคเบิลมีอุปกรณ์การกำลังตั้งอยู่ในสถานที่เหมาะสมเช่น ที่ชุมสายหรือตู้ริมถนนซึ่งจ่ายกำลังไฟฟ้าผ่านมาตามสายทองแดงที่อยู่ภายในระบบสายเคเบิลส่งสัญญาณโทรทัศน์ สถานีจ่ายไฟจะติดตั้งทุก 1 - 5 กิโลเมตรตามสายเคเบิล ในทางปฏิบัติแล้วการจ่ายไฟไปยังหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) โดยสายเคเบิลภายในและไม่จำเป็นต้องมีการจัดการแหล่งจ่ายไฟสำรองเพิ่ม ราคาจะหารร่วมกันโดยผู้ใช้ทั้งหมด ดังนั้นต้นทุนจะถูกกว่าแบบอื่นๆ

ตารางที่ 3.2 สรุปประมาณการราคาต่อผู้ใช้ของระบบการกำลังสำหรับสถาปัตยกรรมโครงข่ายรูปแบบต่างๆ

ทางเลือกโครงข่าย	ระดับบริการ			ราคาตามสถานที่ (วัตต์ / ผู้ใช้)			ราคารวม (บาท)
	บริการความเร็วต่ำ	บริการกระจายวีดีทัศน์	บริการวงจรวีดีทัศน์	CO 400 บาท /วัตต์	RDU 600 บาท / วัตต์	ONT 2,000 บาท / วัตต์	
สถาปัตยกรรมแบบแอคทีฟ ดับเบิลสตาร์ (Active Double-Star Architectures)							
ดิจิตอลคลื่นพาหะ (DLC)	●			40	1,440		1,480
เส้นใยนำแสง (All Fiber)	●			40	1,800	6,000	7,840
ข่ายสายร่วมบอร์ดแบน (IBN)	●	●	●	80	3,000	12,000	15,080

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 สรุปประมาณการราคาต่อผู้ใช้ของระบบการกำลังสำหรับสถาปัตยกรรมโครงข่ายรูปแบบต่างๆ (ต่อ)

ทางเลือกโครงข่าย	ระดับบริการ			ราคาตามสถานที่ (วัตต์ / ผู้ใช้)			ราคารวม (บาท)
	บริการความเร็วต่ำ	บริการกระจายวีดีทัศน์	บริการวงจรวีดีทัศน์	CO 400 บาท /วัตต์	RDU 600 บาท / วัตต์	ONT 2,000 บาท / วัตต์	
สถาปัตยกรรมแบบพาสซีบสตาร์ (Passive-Star Architectures)							
แบบผสม (Hybrid)	●			40		6,000	6,040
เส้นใยนำแสง (All Fiber)	●			40		6,000	6,040
ข่ายสายร่วมบอร์ดแบน (IBN:34Mbps)				800		12,000	12,800

หมายเหตุ

CO : Central Office(ชุมสาย)

ONT : Optical Network Terminal(หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง)

RDU : Remote Distribution Unit(หน่วยกระจายสัญญาณระยะไกล)

DLC : Digital Loop Carrier(ข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ)

IBN : Integrated Broadband Network(ข่ายสายร่วมบอร์ดแบน)

3.1.3 การประมาณราคาอุปกรณ์ผู้ใช้

การติดตั้งเส้นใยนำแสงถึงบ้านจะติดตั้งอุปกรณ์หน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง (ONT)ในเขตบ้านผู้เช่า ตารางข้างล่างนี้แสดงราคาโดยประมาณของอุปกรณ์ผู้เช่าชนิดความเร็วต่ำและชนิดความเร็วสูง สำหรับบริการความเร็วต่ำเพียงอย่างเดียวสถาปัตยกรรมแบบแอคทีฟและแบบพาสซีบดับเบิลสตาร์จะใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันเล็กน้อยราคาประมาณ 6,680 บาท และ 7,280 บาท ตามลำดับ[6] สำหรับบริการชนิดความเร็วสูง อุปกรณ์ในแบบแอคทีฟดับเบิลสตาร์สามารถรองรับช่องสัญญาณวิดีทัศน์แบบ NTSC ที่ไม่บีบอัดสัญญาณได้ 4 ช่อง หรือ (HDTV : High Definition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Television) จำนวนหนึ่งช่องรวมทั้งบริการ N-ISDNมีราคา 11,920 บาท[6] ส่วนอุปกรณ์แบบพาสซีบดับเบิลสตาร์ซึ่งสามารถรองรับสัญญาณ 155.52 Mbps หรือเป็นสัญญาณวิดีทัศน์แบบ NTSC ที่บีบอัดได้ 3 ช่อง หรือ หนึ่งช่อง (HDTV : High Definition Television) มีราคา 14,040 บาท[6]

ในทางกลับกันการใช้สายทองแดงนั้น ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณทางแสง ไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า มีเพียงชุดกันฟ้าราคาประมาณ 1,200 บาทกับค่าเครื่องโทรศัพท์พร้อมติดตั้ง 3,200 บาทต่อเลขหมาย

ตารางที่ 3.3 แสดงสรุปการประมาณราคาของอุปกรณ์ผู้ใช้

อุปกรณ์	ซิงเกิลสตาร์และดับเบิลสตาร์แบบแอคทีฟ (ราคาบาท)	ดับเบิลสตาร์แบบพาสซีบ (ราคาบาท)	ข้อสังเกต
ชิ้นส่วนบริการความเร็วต่ำ			
หน่วยกำเนิดแสง (Optical Source)	2,400	2,400	ใช้แอลอีดี (LED)
หน่วยรับแสง (Optical Receiver)	1,600	1,600	ใช้พิน(PIN)
ไอเอสดีเอนชิบ (ISDN chip)	600	600	รวมแบตเตอรี่, ตัวป้องกันความต่างศักย์เกิน, สัญญาณกระดิ่ง, การส่งสัญญาณตัวเข้าและถอดรหัส ,การทดสอบ
หน่วยจัดโปรโตคอล	-	600	ตัวกำหนดเวลาการส่งสัญญาณเสียง
ตัวแปลงสัญญาณดิจิตอล/อนาลอก (A-D Converter)	280	280	ตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก
ตัวผสานสัญญาณทางคลื่นแสง(WDM)	1,400	1,400	(Wavelength division multiplexer)
ตู้บรรจุอุปกรณ์ด้านบ้านผู้ใช้(CPE Cab.)	400	400	(Customer Premise Equipment Cabinet)
รวม	6,680	7,280	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงสรุปการประมาณราคาของอุปกรณ์ผู้ใช้ (ต่อ)

อุปกรณ์	ซิงเกิลสตาร์และดับเบิลสตาร์แบบแอคทีฟ (ราคาบาท)	ดับเบิลสตาร์แบบพาสซีบ (ราคาบาท)	ข้อสังเกต
ชิ้นส่วนบริการความเร็วสูง			
ตัวผสานสัญญาณ (Multiplexer)	1,400	1,000	ทำการผสานสัญญาณ
วิดีโอ โคเดค (Video Codec)	3,200	3,200	ตัวเข้าและถอดรหัสหนึ่งช่อง
วิดีโอ โคดเดอร์ (Video Coder)		1,600	ตัวบีบอัดสัญญาณวีดีทัศน์
ราคาเพิ่มจากการเข้าใช้งาน 2 วงจร (Cost of Second Drop)	640	960	ประมาณร้อยละ 20 เรียกดูสัญญาณวีดีทัศน์เพิ่มเป็นวงจรที่สอง
รวม	11,920	14,040	

3.1.4 การประมาณราคาอุปกรณ์สื่อสัญญาณทางแสงที่ชุมสาย

สิ่งที่ยากมากการประมาณมูลค่าของส่วนประกอบในโครงข่ายในการศึกษานี้คือการประมาณมูลค่าของส่วนประกอบในโครงข่ายอย่างสมเหตุสมผล แม้ว่ามีการศึกษาด้านค่าใช้จ่ายของโครงข่ายเส้นใยนำแสงในระบบข่ายสายท้องถิ่นได้ถูกเผยแพร่ออกไปบ้างแล้ว แต่ในการศึกษาดังกล่าวไม่สามารถสนับสนุนเอกสารการประมาณค่าใช้จ่ายเพียงพอที่จะจำลองความเป็นไปได้จากผลลัพธ์

ในความเป็นจริงแล้วอุตสาหกรรมโทรศัพท์และเคเบิลทีวีไม่เต็มใจที่จะเปิดเผยรายละเอียดของการประมาณค่าใช้จ่ายของตนเองเนื่องมาจากเป็นข้อมูลส่วนตัวและเป็นเหตุผลทางด้านกลยุทธทางธุรกิจ อย่างไรก็ตามการไม่เปิดเผยข้อมูลในส่วนนี้ออกมาเป็นการเพิ่มความไม่แน่นอนของการตัดสินใจและทำให้ข้ออ้างจากการศึกษาวิจัยง่ายต่อการชวนให้มีข้อสงสัย

จากความไม่แน่นอนอันนี้เอง ได้มีวิธีการหลายๆรูปแบบถูกนำมาใช้เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือแก่ผลการวิจัยดังกล่าวและประกันความมั่นคงของค่าที่ประมาณ วิธีการเหล่านั้นได้แก่

- การพิจารณาสิ่งพิมพ์ทางด้านเทคนิคอย่างละเอียดเพื่อสนับสนุนการประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การวิเคราะห์ปัจจัยที่กำหนดเพื่อทดสอบผลของสมมุติฐานทางเลือกอื่นและการประมาณทางปริมาณ
- รายละเอียดที่เพียงพอในการอธิบายรูปแบบการจำลองทางวิศวกรรม และการปริมาณราคาและค่าใช้จ่ายเพื่อที่ผู้อ่านสามารถจำลองผลลัพธ์ได้ ซึ่งจะนำวิธีการนี้มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้
- การแสดงการวิเคราะห์เบื้องต้นและการรับคำวิพากษ์วิจารณ์จากผู้เข้ารับฟัง

การเจริญเติบโตที่รวดเร็วของเทคโนโลยีด้านไมโครอิเลกทรอนิคส์(microelectronic) มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาชิ้นส่วนอิเลกทรอนิคส์ของโครงข่ายอันหลากหลาย การประมาณมูลค่าในการศึกษานี้มีสมมุติฐานให้อุปกรณ์หลักเช่น อุปกรณ์ชุมสาย(Switching), ตัวผสานสัญญาณ(Multiplexing) สร้างจากวงจรรวมที่มีการออกแบบพิเศษ

ปัจจุบันราคาอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ(Semiconductor) ขึ้นอยู่กับความเร็วและความซับซ้อนของอุปกรณ์[6] เช่น วงจรประเภทซีมอส(CMOS : Complementary Metal Oxide Semiconductor) ที่กินไฟต่ำและทำงานที่ความเร็วสูงถึง 200 Mbps ต้องการวงจรรวมที่มีส่วนประกอบซับซ้อนจำนวนมากๆ(Very Large Scale Integrated Circuit) ราคาจะสูงกว่าวงจรรวมประเภท ซิลิกอนไบโพลาร์ (Silicon Bipolar) และ แกลเลียมอาร์เซไนด์(GaAs : Gallium Arsenide) ที่มีความความเร็วเท่ากัน แต่วงจรรวมมีส่วนประกอบซับซ้อนจำนวนเพียงปานกลาง (MSI : Medium Scale Integration) และใช้กระแสไฟสูงกว่า

วงจรรวมประเภทซิลิกอนไบโพลาร์(Silicon Bipolar) และ แกลเลียมอาร์เซไนด์(GaAs : Gallium Arsenide) ใช้ในระบบสื่อสัญญาณปัจจุบันมีความเร็วประมาณ 2.4 Gbps และขณะนี้อยู่ในระหว่างการทดสอบในห้องทดลองโดยทำงานที่ความเร็วระดับ 20 Gbps ดังนั้นอุปกรณ์ในอนาคตจะไม่มีความแตกต่างทางราคาระหว่างวงจรที่ความเร็วระดับ 200 Mbps และ 600 Mbpsซึ่งยังจำเป็นต้องใช้ในข่ายสายกระจายเพราะขณะนั้นดูจะเป็นความเร็วที่ไม่สูงมาก

การประมาณมูลค่าที่ได้ทำการศึกษานี้กำหนดไว้สำหรับช่วงปี 1995-2000 แม้ว่าอุปกรณ์หลายชนิดได้ถูกผลิตออกจำหน่ายแล้วในวันนี้ แต่อุปกรณ์บางประเภทได้รับการพัฒนาเทคโนโลยีก้าวหน้าไปอย่างมากเช่น ตัวผสานสัญญาณ(Multiplexer) ปัจจุบันสามารถผลิตผสมรวมการทำงานหลายอย่างลงในวงจรรวมจำนวนซับซ้อนมากได้ซึ่งนำไปสู่ราคาที่ลดต่ำลงอย่างมาก ตารางที่ 3.4 แสดงมูลค่าประมาณของอุปกรณ์ในปัจจุบันของชิ้นส่วนของโครงข่าย การศึกษาของ Bellcore[6] รายงานว่า ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์อิเลคทรอนิคเพิ่มขึ้น 20-80% ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอุปกรณ์และเงื่อนไขตามแต่ละพื้นที่ในด้านค่าใช้จ่ายทางวิศวกรรม การติดตั้ง และการทดสอบ ซึ่งราคาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ในตารางนี้ ได้บวกราคาเพิ่มไปอีก 40% (1.4 เท่า) เพื่อครอบคลุมผลกระทบดังกล่าวไว้ข้างต้น

โดยทั่วไปแล้ววิธีการประมาณค่าใช้จ่ายชิ้นส่วนในโครงข่ายสามารถกระทำผ่านขบวนการที่จะได้ศึกษาต่อไปนี้ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งจริงอาจจะสูงกว่าที่ประมาณการในการศึกษานี้เพราะว่าข้อจำกัดทางปริมาณการผลิต

3.1.5 การประมาณค่าอุปกรณ์พาสซีบ(Passive Components)

อุปกรณ์พาสซีบ(Passive Components) ของโครงข่ายเส้นใยนำแสงทำงานโดยไม่ต้องการพลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์ในกลุ่มนี้คือ เส้นใยนำแสง หัวต่อ(connector) จุดเชื่อมต่อ(splice) อุปกรณ์พ่วงต่อ(couplers), อุปกรณ์ผสานสัญญาณทางความยาวคลื่นแสง (Wavelength Division Multiplexersx)

ทุกๆอุปกรณ์รวมไปถึงข่ายสายผู้ใช้(subscriber loop) กำหนดให้ใช้กับเส้นใยนำแสงแบบซิงเกิลโหมด(single mode fiber) ราคาของปัจจุบันของคอร์(Core)เส้นใยนำแสงอยู่ที่ประมาณเมตรละ 8 บาท และคาดว่าจะลดลงถึง 1.60 บาทต่อเส้น[6] ในการศึกษานี้จึงกำหนดให้ราคาเป็น เมตรละ 4 บาทต่อเส้น สำหรับเคเบิลชีท(cable sheat)หุ้มเส้นใยนำแสงขนาด 50 เส้นราคา 160 บาทต่อเมตร หรือ 7.20 บาทต่อเมตรต่อเส้น สำหรับเคเบิลชนิดใยนำแสง 24 เส้น, 48 บาทต่อเมตร สำหรับเคเบิลชนิดใยนำแสง 8 เส้น และ 40 บาทต่อเมตร สำหรับเคเบิลชนิดใยนำแสง 4 เส้น

การติดตั้งของเส้นใยนำแสงร้อยภายในท่อมีราคา เมตรละ 46 บาท ติดตั้งสายกระจายเส้นใยนำแสง 1 คู่อยู่ภายใต้เปลือกหุ้มที่ป้องกันสัตว์กัดแทะ และป้องกันการแตกหัก มีราคาเมตรละ 60 บาท

ทั้งหัวต่อ(Connector)และการเชื่อม(Splice)สามารถทำการเชื่อมเส้นใยนำแสงในสนามได้ ปัจจุบันนี้การต่อเชื่อมในสนามมีราคาเป็น 2 เท่าของการเชื่อมปกติในอาคาร ในทั้ง 2 กรณีมีการเชื่อมต่อได้ทั้งแบบทีละเส้นหรือแบบหลายๆเส้นเป็นแถบริ้ว(Ribbon)ก็ได้ การต่อแบบถาวรโดยการเชื่อมจะมีการสูญเสียต่ำกว่าการเชื่อมสายกระจายแบบทางกล ค่าใช้จ่ายสำหรับวิธีการเชื่อมทั้ง 2 แบบรวมค่าติดตั้งประมาณ 600 บาทต่อการเชื่อม 1 จุด ในทางปฏิบัติโดยเฉลี่ยมีการเชื่อมทุกๆ 1,000 – 3,000 เมตร ขึ้นอยู่กับความยาวของสายที่ผลิต

เพื่อความยืดหยุ่นโยกย้ายได้ง่าย จึงมีการใช้สายเส้นใยนำแสง ความยาวหลายเมตรที่มีหัวต่อทั้ง 2 ปลายมาใช้เชื่อมระหว่างแผงยึดหัวต่อของเส้นใยนำแสง(Fiber Distribution Frame)ด้านหนึ่งเข้ากับอุปกรณ์อีกด้านหนึ่งแทนการเชื่อมถาวร สายนี้เรียกว่า สายพิกเทล (fiber pigtails) จุดที่จำเป็นต้องใช้สายนี้ได้แก่จุดที่เชื่อมต่อระหว่างเคเบิลที่เดินมาจากภายนอกกับอุปกรณ์ของโครงข่ายภายในชุมสาย รวมถึงที่หน่วยกระจายระยะไกลและที่บ้านของผู้ใช้ด้วย ในการศึกษาความเป็นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ครั้งนี้จะประมาณราคาให้ สายพิกเทล(pigtails) มีราคา 2,000 บาทและแผงยึดหัวต่อราคา 1,000 บาทรวมเป็นราคา 3,000 บาทต่อเส้นใยนำแสง 1 เส้น ปกติการวางโครงข่ายสายทองแดงต้องใช้เคเบิลขนาดใหญ่(600คู่)วางออกไป 1-2 ช่วงตึกจากหน่วยกระจายระยะไกลแล้วเชื่อมกับเคเบิลสายกระจาย(Drop Wire) เส้นเล็กออกไป อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อสำหรับเส้นใยนำแสงสูงกว่าสายทองแดงมากหลายเท่า

การวางอุปกรณ์ในหน่วยกระจายระยะไกลโดยบรรจุในตู้ริมทางนั้น หากบรรจุอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์รวมทั้งตัวแบ่งพลังงานแสง(Power Splitter) ตู้ริมทางรวมค่าติดตั้ง มีราคา 12,000 บาท หากไม่มีอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ในหน่วยกระจายระยะไกล เช่นในสถาปัตยกรรมแบบพาสซีบ (Passive) ก็จะมีเพียงค่าตู้ริมทางบรรจุตัวแบ่งพลังงานแสง(Power Splitter)กับค่าเชื่อมต่อเส้นใยนำแสงเท่านั้น ราคาจะเป็น 4,000 บาท

ตัวแยกพลังงานแสง(Optical Splitter) มีมูลค่า 1,000 บาทต่อพอร์ท(port) แม้ว่าจะมีทางเลือกระหว่างการวางเส้นใยนำแสงไปสู่ผู้เช่าทุกราย 1 เส้นต่อ 1 ทิศทางกับใช้เพียง 1 เส้นร่วมกับตัวผสานสัญญาณทางคลื่นแสง(Wave Division Multiplexer) มาทำการเปรียบเทียบระหว่างการประหยัดจำนวนเส้นใยนำแสงกับค่าอุปกรณ์ผสานสัญญาณทางคลื่นแสง(Wave Division Multiplexer) ที่เพิ่มขึ้นประมาณตัวละ 1,400 - 6,000 บาท จากการคำนวณพบว่าการใช้ อุปกรณ์ผสานสัญญาณทางคลื่นแสงในโครงข่ายสายกระจายจะมีราคาการลงทุนถูกกว่า[6]

การวิเคราะห์นี้ใช้ได้กับการประมาณราคาของ ระบบที่ใช้ สายแกนร่วม(coaxial)และ คู่สายทองแดง การคำนวณโดยอยู่บนพื้นฐานของการประมาณที่ได้จากผู้รับเหมาหรือคู่สัญญาและผู้จำหน่ายอุปกรณ์ การคำนวณสมมุติว่า สายแกนร่วม(coaxial) ชนิดดี มีราคา 120 บาทต่อเมตร ตัวแยกพลังงานแสงแบบ 4 พอร์ท(port) ราคา 2,000 บาท และตัวพ่วงสัญญาณแสง(signal tap)ราคา 400บาทต่อจุดพ่วง(tap) ส่วนราคาของคู่สายทองแดงขนาด 50-600 คู่ แปรเปลี่ยนระหว่าง 0.7 - 1.3 บาทต่อเมตร การใช้สายทองแดงในสายกระจายต้องมีตัวป้องกันฟ้าผ่า(Protection Block)เพื่อและปกป้องไฟฟ้ารั่วเข้าสู่อุปกรณ์ของผู้ใช้มีราคาชุดละ 1,200 บาท

ตารางที่ 3.4 แสดงราคาของชิ้นส่วนในโครงข่าย

ชนิดของอุปกรณ์	ราคาประมาณการ (บาท)	รายละเอียด
เส้นใยนำแสง (Single mode fiber)	4 /เมตร	ผลิตจากใยแก้ว(Glass fiber) (รวมค่าติดตั้ง)
เปลือกหุ้มสายเคเบิล (Feeder Sheath)	160/เมตร	ราคาคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงราคาของชิ้นส่วนในโครงข่าย (ต่อ)

ชนิดของอุปกรณ์	ราคาประมาณการ (บาท)	รายละเอียด
ปลอกหุ้มสายกระจาย (Distribution Sheath)	40-80/เมตร	ราคาคงที่สำหรับขนาด 4–20 เส้น
ปลอกหุ้มเส้นใยภายในท่อร้อยสาย (Feeder Inner Duct)	46/เมตร	ไม่รวมค่าติดตั้ง
ท่อร้อยสายกระจาย (Distribution Duct)	30/เมตร	ไม่รวมค่าติดตั้ง
หน่วยกำเนิดแสงขนาด STM-4 (Optical Source)	2,400	แอลอีดี (LED)
หน่วยกำเนิดแสงขนาด STM-16 (Optical Source)	8,000	เลเซอร์ (Laser Diode)
หน่วยรับแสงขนาด STM-4 (Optical Receiver)	1,600	พิน (PIN)
หน่วยรับแสงขนาด STM-16 (Optical Receiver)	4,800	เอพีดี (APD)
ดิจิตอลแบบคลื่นพาหะ (Digital Loop Carrier)	320,000+(2,200/คู่สาย)	จำนวน 1 ระบบ
ตัวผสานสัญญาณขนาด STS-48 (Multiplexer/Demultiplexer)	89,600	ขนาด 16 STM-1
วิดีโอ โคเดค (Video codec)	3,200	ขนาด 16 STM-1
หน่วยควบคุมสิ่งแวดล้อม (CEV)	2,400,000	ตู้ขนาด 24 ฟุต (controlled environment vault)
ตัวแยกพลังงานแสง (Power Splitter)	1,000	ราคาต่อพอร์ท (Cost per port of power splitter)
หัวต่อ (Connector)	1,000	รวมค่าติดตั้ง
การเชื่อมต่อ(Splice)	600	ราคาต่อจุด(รวมค่าติดตั้ง)
ตัวผสานสัญญาณแสงทางความยาวคลื่น (WDM)	1,400/port	Wavelength division multiplexer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงราคาของชิ้นส่วนในโครงข่าย (ต่อ)

ชนิดของอุปกรณ์	ราคาประมาณการ (บาท)	รายละเอียด
แผงต่อเส้นใยนำแสง (Fiber Distribution)	3,000/fiber	ขนาด 50 จุดต่อ
สายแกนร่วม(Coaxial Cable)	8-120/เมตร	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ¼"–1"
หัวต่อสายแกนร่วม (Coaxial Connectors)	400	รวมค่าติดตั้ง
ตัวแยกสัญญาณ (Cable Signal Splitter)	2,000	ขนาด 4 ทาง(4-way splitter)
ตัวพ่วงสัญญาณ (Signal Tap)	400	ตัวพ่วงสายแกนร่วม
คู่สายทองแดง(Copper Wire Pairs)	0.7 - 1.3 /เมตร	ราคาต่อคู่สาย ขนาด 50 – 600 คู่
ตัวป้องกันไฟเกิน (Protective Block)	1,200	สำหรับ 1 คู่สาย

ในการศึกษาจะเลือกสถาปัตยกรรมโครงข่าย 4 แบบที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้งาน แล้วจะทำการประมาณราคาลงทุนเริ่มแรกรวมทั้งค่าดำเนินการและบำรุงรักษารายปีสัมพันธ์กับประมาณการผลตอบแทนที่จะได้รับ ก่อนเปรียบเทียบและตัดสินใจว่าสถาปัตยกรรมใดมีความเหมาะสมในระยะเริ่มแรกต่อไป โดยสมมุติให้มีชุมสาย 1 แห่งสร้างข่ายสายกระจายมีความสามารถให้บริการ แก่ผู้ใช้จำนวน 1,024 หลังคาเรือนรวมกลุ่มอยู่ในรูปสี่เหลี่ยม

ตารางที่ 3.5 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายแบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (Digital Loop Carrier)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย (บาท/ราย)	คำอธิบาย
ราคาอุปกรณ์ด้านชุมสาย			
หน่วยกำเนิดแสง(Optical source) & หน่วยรับแสง(Optical Receiver)	2,400 1,600	6	:1.4 (2,400 + 1,600) /1,024
หน่วยผสาน/แยกสัญญาณ Multiplexer/Demultiplexer	40,000	55	:1.4(40,000)/1,024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายแบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (Digital Loop Carrier) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย (บาท/ราย)	คำอธิบาย
ราคาหน่วยกระจายระยะไกลหรือหน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง (Remote Distribution Unit or Optical Network Terminal)			
หน่วยกำเนิดแสง(Optical source) & หน่วยรับแสง(Optical Receiver)	2,400 1,600	6	1 เส้นใย / RDU : 1.4 (2,400+1,600) / 1,024
หน่วยผสาน/แยกสัญญาณ (Multiplexer/Demultiplexer)	40,000	55	1.4(40,000) /1,024
ไลน์อินเทอร์เฟซคาร์ด(Line Interface)	320,000 + 2,240 / คู่สาย	3,574	1.4(320,000+(2,240)(1,024)) / 1,024
สับสไครซ์เบอร์ไลน์คาร์ด (Subscriber Line Card)	1,760	1,232	2 ราย /คาร์ด :1.4(1,760)(512) / 1,024
หน่วยควบคุมสภาพแวดล้อม (Control Environment Valve)	2,400,000	2,344	2,400,000 / 1,024
หน่วยจ่ายกำลังไฟ	600 / วัตต์	1,440	2.4(600)
รวม		8,651	
ราคาอุปกรณ์สายกระจาย (Distribution Loop)			
สายทองแดง 50-600 คู่ (Copper Pair and Cable)	ราคาแปรตามคู่สาย	1,966	1.6(600)(0.72)+.6(300)(0.76) +1.8 (100) (1.04)+14.4(50)(1.32)
ค่าติดตั้งสายเคเบิลทองแดง (Cable Installation)	160 / เมตร	2,880	18 เมตร / ราย : 160(18)
ค่าท่อหุ้มภายในท่อร้อยสาย (Inner Duct)	30 / เมตร	540	30(18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายแบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (Digital Loop Carrier) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย (บาท/ราย)	คำอธิบาย
ค่าหัวต่อสายเคเบิลทองแดง (Connectors)	800/คู่สาย	880	800(1,024) + 80(1,024) / 1,024
ค่าเชื่อมสายเคเบิลทองแดง	80/คู่สาย		
ค่าตู้ริมทาง (Pedestal)	12,000	480	: 12,000/1,024
รวม		6,746	
ราคาสายดรอพ (Drop Loop)(รวมค่าผิดพลาด 10 %)			
สายดรอพ (Drop Cable)	20	1,100	55 เมตร
ค่าติดตั้ง (Buried Installation)	80/เมตร	2,960	ค่าขุดฝังสายยาว 37 เมตร / ผู้ใช้
ค่าเชื่อมสาย (Splice)	68	136	2 จุดเชื่อม : 2(68)
รวม		4,196	
ราคาอุปกรณ์ในบ้านผู้ใช้ (Subscriber Premises)			
ตัวป้องกันไฟฟ้า (Protective Block)	1,200	1,200	1 คู่สาย
ค่าติดตั้งโทรศัพท์ (Hook – up & Installation)	3,200/ผู้ใช้	3,840	ค่าเผื่อ 20% : 1.2 x 3,200
รวม		5,040	
รวม			
ราคาอุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์		10,248	
ราคาอุปกรณ์พาสซีบ		16,323	
รวมทั้งหมด		26,571	

* อุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์ประมาณราคาเผื่อ 40 % หรือ 1.4 เท่า (รวมค่าดำเนินการทางวิศวกรรม, การติดตั้งและการทดสอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายแบบข่ายเส้นใยนำแสงแบบดับเบิลสตาร์

(All Fiber Narrowband Active 2 Star)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย	คำอธิบาย
ราคาอุปกรณ์ด้านชุมสาย			
หน่วยกำเนิดแสง(Optical source) & หน่วยรับแสง(Optical Receiver)	2,400 1,600	6	:1.4 (2,400 + 1,600) /1,024
หน่วยผสาน/แยกสัญญาณ Multiplexer/Demultiplexer	40,000	55	:1.4(40,000)/1,024
หน่วยจ่ายกำลังไฟ(Power)	400 / วัตต์	40	0.1(400)
รวม		101	
ราคาอุปกรณ์สายส่ง			
เส้นใยนำแสง(Single Mode Fiber)	4 / เมตร	96	ชนิด 8 เส้น, ยาวเฉลี่ย 3,072 เมตร :4 (8 x 3,072) / 1,024
เปลือกหุ้มสายเคเบิล(Cable Sheath)	48/เมตร	144	48(3,072) /1,024
ค่าติดตั้งสายเคเบิล(Cable Installation)	480/ เมตร	1,440	480(3,072) / 1;024
ค่าท่อหุ้มภายในท่อร้อยสาย (Inner Duct)	46/เมตร	138	46(3,072) / 1,024
ค่าเชื่อมเส้นใยเส้นใยนำแสง (Fiber Splicing) หัวต่อ(Connector) ค่าสายพิกเทล (Pigtail)	600 1,000 3,000	23	:ชนิด 8 เส้น, ใช้งาน 2 เส้น, เชื่อม 3 จุด/เส้น : (8)(600) + 2 (2)(600+1,000+3,000) / 1,024
รวม		1,841	
ราคาหน่วยกระจายระยะไกลหรือหน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง (Remote Distribution Unit or Optical Network Terminal)			
หน่วยกำเนิดแสง(Optical source) & หน่วยรับแสง(Optical Receiver)	2,400 1,600	6	1 เส้นใย / RDU : 1.4 (2,400+1,600) / 1,024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายแบบเส้นใยนำแสงแบบดับเบิลสตาร์ (All Fiber Narrowband Active 2 Star) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย (บาท/ราย)	คำอธิบาย
หน่วยผสาน/แยกสัญญาณ (Multiplexer/Demultiplexer)	40,000	55	1.4(40,000) /1,024
ไลน์อินเทอร์เฟซการ์ด(Line Interface)	320,000 2,240 / คู่สาย	3,574	1.4(320,000+(2,240)(1,024)) / 1,024
สับสไครซ์เบอร์ไลน์คาร์ดสำหรับสายเส้นใยนำแสง (Subscriber Line Card)	4,400	6,160	หน่วยกำเนิดแสง(2,400), หน่วยรับแสง(1,600),แผงชิพวงจรร่วม (400) : 1.4(4,400)
หน่วยควบคุมสภาพแวดล้อม (Control Environment Valve)	2,400,000	2,344	2,400,000 / 1,024
หน่วยจ่ายกำลังไฟ	600 /วัตต์	1,440	2.4(600)
หน่วยผสานทางความยาวคลื่น (Wavelength Division Multiplexer)	1,400/ พอร์ท	1,960	: 1.4(1,400)
รวม		15,539	
ราคาอุปกรณ์สายกระจาย (Distribution Loop)			
สายเส้นใยนำแสง (Single Mode Fiber)	4 / เมตร	3,360	ชนิด 20 คอร์(core), ยาว 840 เมตร :4(840)
เปลือกหุ้มสายเคเบิล(Cable Sheath)	80 /เมตร	3,360	ยาว 42 เมตร/ราย : (42)(80)
ค่าติดตั้ง(Cable Installation)	160 / เมตร	2,880	ยาว 18 เมตร
ค่าท่อหุ้มภายในท่อร้อยสาย (Inner Duct)	30 / เมตร	540	ยาว 18 เมตร : 30(18)
ค่าแผงหัวต่อเส้นใยนำแสง (128 Terminals)	4,000 / จุดต่อ	500	128 หัวต่อ : 128(4,000) / 1,024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายแบบแบบข่ายเส้นใยนำแสงแบบดับเบิลสตาร์ (All Fiber Narrowband Active 2 Star) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/รายผู้ใช้	คำอธิบาย
ค่าเชื่อมเส้นใยเส้นใยนำแสง (Fiber Splicing) ค่าสายพิกเทล (Pigtail)	600 3,000	3,600	: 600+3,000
รวม		14,240	
ราคาสายดรอพ (Drop Loop)(รวมค่าผิดพลาด 10 %)			
เส้นใยนำแสง (Single Mode Fiber)	4/เมตร	440	2 เส้น ยาว 55 เมตร :4(2)(55)
เปลือกหุ้มสายเคเบิล(Cable Sheath)	60 เมตร	3,300	:60(55)
ค่าติดตั้ง(Buried Installation)	80/เมตร	2,960	37 เมตร
ค่าเชื่อมสาย(Splice)	600	600	รายละหนึ่งจุด
ค่าหัวต่อ(Connector)	1,000	1,000	รายละหนึ่งชุด
รวม		8,300	
ราคาอุปกรณ์ในบ้านผู้ใช้ (Subscriber Premises)			
อุปกรณ์บ้านผู้เช่า (Customer Premises Equipment)	6,680	6,680	ดูสรุปการประมาณราคาของอุปกรณ์ผู้ใช้ ตารางที่3.3
ค่าติดตั้งโทรศัพท์ (Hook – up & Installation)	2,000/ผู้ใช้	2,400	ค่าเผื่อ 20% และไม่ใช้คู่สายทองแดงใน สายดรอพ (Drop Loop) : 1.2 x 2,000
หน่วยจ่ายกำลังไฟ	2,000/วัตต์	6,000	3 วัตต์
รวม		15,080	
รวม			
ราคาอุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์		28,376	
ราคาอุปกรณ์พาสซีบ		26,725	
รวมทั้งหมด		55,101	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* อุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์ประมาณราคาเผื่อ 40 %หรือ 1.4 เท่า (รวมค่าดำเนินการทางวิศวกรรม, การติดตั้งและการทดสอบ)

ตารางที่ 3.7 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง (Narrowband Fiber and Copper Hybrid)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย	คำอธิบาย
ราคาอุปกรณ์ด้านชุมสาย			
หน่วยกำเนิดแสง(Optical source) & หน่วยรับแสง(Optical Receiver)	2,400 1,600	88	16 เส้น / RDU : 1.4(16)(24,00+1,600)/1,024
หน่วยผสาน/แยกสัญญาณ (Multiplexer/Demultiplexer)	20,000	438	1.4(16)(20,000)/1,024
หน่วยจัดเฟรม(Framer)	600	27	1.4(16)(2(600)/1,024
หน่วยจัดโปรโตคอล (Ranging Protocol Chip)	600	14	1.4(16)(600)/1,024
หน่วยผสานทางความยาวคลื่น (WDM)	1,400	31	1.4(1,400)(16)/1,024
หน่วยจ่ายกำลังไฟ (Power)	400/วัตต์	40	0.1(400)
รวม		638	
ราคาอุปกรณ์สายส่ง			
เส้นใยนำแสง (Single Mode Fiber)	4/เมตร	600	ใช้ขนาด 50 เส้น, ความยาวเฉลี่ย 3,072 เมตร : 4(50)(3,072)/1,024
เปลือกหุ้มสายเคเบิล(Cable Sheath)	160/ เมตร	480	16(3,072)/1024
ค่าติดตั้งเคเบิล (Cable Installation)	480/ เมตร	1,440	480(3,072)/1,024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง (Narrowband Fiber and Copper Hybrid) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย	คำอธิบาย
ค่าท่อหุ้มภายในท่อร้อยสาย (Inner Duct)	46/เมตร	138	46(3,072)/1,024
ตัวแยกพลังงานแสง(Power Splitter) สายต่อ (Patchcord) ตู้กระจายระยะไกล (RDUenclosure)	1,000/ พอร์ท 3,000 40,000	633	8 พอร์ท / ตัวแยก :(16(8(1,000)+10(3,000)) +40,000) /1,024
ค่าเชื่อมเส้นใยนำแสง (Fiber Splicing) ค่าหัวต่อ(Connector)	600 1,000	120	ชนิด 50 เส้น, เชื่อม 3 จุด/เส้น, 32 หัวต่อ, : [3(50)][600]+[(32)(1,000)] /1,024
รวม		3,411	
ราคาหน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง (Optical Network Terminal at Pedestal)			
หน่วยกำเนิดแสง(Optical source) & หน่วยรับแสง(Optical Receiver)	2,400 1,600	700	จำนวน 128 ตู้ริมทาง : 1.4(128)(2,400+1,600)/1,024
หน่วยผสาน/แยกสัญญาณ (Multiplexer/Demultiplexer)	20,000	3,500	1.4(128)(20,000)/1,024
ไลน์อินเทอร์เฟซ(Line Interface)&หน่วยจัดเฟรม (Framer)	1,800	315	1.4(128)(1,800)/1,024
สับสไครซ์เบอร์ไลน์คาร์ด (Subscriber Line Card)	880	1,232	1.4(880)
หน่วยผสานทางความยาวคลื่น (WDM)	1400	245	1.4(1,400)(128)/1,024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง (Narrowband Fiber and Copper Hybrid) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย	คำอธิบาย
หน่วยจ่ายกำลังไฟ (Power)	2,000/ วัตต์	6,000	3(2,000)
รวม		11,992	
ราคาอุปกรณ์สายกระจาย (Distribution Loop)			
เส้นใยนำแสง (Single Mode Fiber)	4/เมตร	832	จำนวน 8 เส้น, ยาว 26 เมตร : 26(8)(4)
เปลือกหุ้มสายเคเบิล(Cable Sheath)	48/เมตร	1,248	26(48)
ค่าติดตั้งสายเคเบิล (Cable Installation)	160/ เมตร	2,880	18 เมตร
ค่าท่อหุ้มภายในท่อร้อยสาย (Inner Duct)	30/เมตร	540	30(18)
หัวต่อ (Fiber Connector)	1,000	250	16(8)(1,000)(2)/1,024
ตู้ริมทาง(Pedestal-Manhole Terminal)	12,000	1,500	12,000 /8
รวม		7,250	
ราคาสายดรอพ (Drop Loop)(รวมค่าผิดพลาด 10 %)			
สายดรอพ (Drop Cable)	20/เมตร	1,100	55 เมตร
ค่าติดตั้ง(Buried Installation)	80/เมตร	2,960	37 เมตร
ค่าเชื่อมสาย(Splice)	68/จุด	136	2 จุด
รวม		4,196	
ราคาอุปกรณ์ในบ้านผู้ใช้ (Subscriber Premises)			
ตัวป้องกันไฟฟ้า (Protective Block)	1,200	1,200	หนึ่งคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์โครงข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดง (Narrowband Fiber and Copper Hybrid) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย	คำอธิบาย
ค่าติดตั้งโทรศัพท์(รวมสายดรอพ) (Hook – up & Installation)	3,200/ ราย	3,840	ค่าเผื่อ 20% : 1.2 x 3,200
รวม		5,040	
รวม			
ราคาอุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์		16,470	
ราคาอุปกรณ์พาสซีบ		16,057	
รวมทั้งหมด		32,527	

* อุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์ประมาณราคาเผื่อ 40 %หรือ 1.4 เท่า (รวมค่าดำเนินการทางวิศวกรรม, การติดตั้งและการทดสอบ)

ตารางที่ 3.8 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดงแบบบัส (Bus Narrowband Fiber and Copper Hybrid)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย	คำอธิบาย
ราคาอุปกรณ์ด้านชุมสาย			
หน่วยกำเนิดแสง(Optical source) & หน่วยรับแสง(Optical Receiver)	2,400 1,600	88	ใช้งาน 16 เส้น/RDU :1.4(16)(2,400 + 1,600) /1,024
หน่วยผสาน/แยกสัญญาณ (Multiplexer/Demultiplexer) หน่วยจัดเฟรม(Framer)	20,000 600	464	:1.4(16)[(2)(600) + 20,000]/1,024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดงแบบบัส (Bus Narrowband Fiber and Copper Hybrid) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย	คำอธิบาย
หน่วยจ่ายกำลังไฟ(Power)	400 / วัตต์	40	0.1(400)
รวม		592	
ราคาอุปกรณ์สายส่ง			
เส้นใยนำแสง(Single Mode Fiber)	4 / เมตร	1,200	ชนิด 50 คอร์, 2 เส้น, ยาวเฉลี่ย 3,072 เมตร : 4 (50+50)(3,072) / 1,024
เปลือกหุ้มสายเคเบิลขนาด 50 คอร์ (Cable Sheath)	160/ เมตร	960	160(2)(3,072) /1,024
ค่าติดตั้งสายเคเบิล (Cable Installation)	480/ เมตร	1,440	480(3,072) / 1,024
ค่าท่อหุ้มภายในท่อร้อยสาย (Inner Duct)	46/เมตร	138	46(3,072) / 1,024
ค่าสายพิกเทล (Pigtail) ค่าเชื่อมเส้นใยเส้นใยนำแสง (Fiber Splicing)	3,000 600	188 76	:ชนิด 50 เส้น, ใช้งาน 16 เส้น/RDU, เชื่อม 3 จุด/เส้น : (64)(3,000) / 1,024 : (3)(100) + (128)(600) / 1,024
รวม		4,002	
ราคาหน่วยกระจายระยะไกลหรือหน่วยต่อเชื่อมเส้นใยนำแสง (Remote Distribution Unit or Optical Network Terminal)			
หน่วยกำเนิดแสง(Optical source) & หน่วยรับแสง(Optical Receiver)	2,400 1,600	700	128 ตู้ริมทาง : 1.4 (128)(2,400+1,600) / 1,024
หน่วยผสาน/แยกสัญญาณ (Multiplexer/Demultiplexer)	20,000	3,500	1.4(128)(20,000) /1,024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดงแบบบัส (Bus Narrowband Fiber and Copper Hybrid) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย	คำอธิบาย
ไลน์อินเทอร์เฟซคาร์ด(Line Interface)	1,800	315	1.4(128)(1,800) / 1,024
สับสไครซ์เบอร์ไลน์คาร์ด (Subscriber Line Card)	880	1,232	:1.4(880)
ตัวพ่วงสัญญาณ(Tap)	2,000	500	128(2)(2,000) / 1,024
หน่วยจ่ายกำลังไฟ	2,000 / วัตต์	6,000	3 วัตต์ต่อหน่วย
รวม		12,247	
ราคาอุปกรณ์สายกระจาย (Distribution Loop)			
เส้นใยนำแสง (Single Mode Fiber)	4/เมตร	336	จำนวน 4 เส้น, ยาว 21 เมตร/ผู้ใช้ : 21(4)(4)
เปลือกหุ้มสายเคเบิล(Cable Sheath)	40/เมตร	840	21(40)
ค่าติดตั้งสายเคเบิล (Cable Installation)	160/ เมตร	2,880	18 เมตร
ค่าท่อหุ้มภายในท่อร้อยสาย (Inner Duct)	30/เมตร	540	30(18)
ตู้ริมทาง(Pedestal-Manhole Terminal)	12,000	1,500	12,000 /8
รวม		6,126	
ราคาสายดรอพ (Drop Loop)(รวมค่าผิดพลาด 10 %)			
สายดรอพ (Drop Cable)	20	1,100	55 เมตร
ค่าติดตั้ง (Buried Installation)	80/เมตร	2,960	ค่าขุดฝังสายยาว 37 เมตร / ผู้ใช้
ค่าเชื่อมสาย (Splice)	68	136	2 จุดเชื่อม : 2(68)
รวม		4,196	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 แสดงประมาณราคาอุปกรณ์ข่ายสายผสมเส้นใยนำแสงและสายทองแดงแบบบัส (Bus Narrowband Fiber and Copper Hybrid) (ต่อ)

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	ราคา/ราย	คำอธิบาย
ราคาอุปกรณ์ในบ้านผู้ใช้ (Subscriber Premises)			
ตัวป้องกันไฟฟ้า (Protective Block)	1,200	1,200	1 คู่สาย
ค่าติดตั้งโทรศัพท์ (Hook – up & Installation)	2,000/ผู้ใช้	2,400	ค่าเผื่อ 20% : 1.2 x 2,000
รวม		3,600	
รวม			
ราคาอุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์		15,239	
ราคาอุปกรณ์พาสซีบ		15,524	
รวมทั้งหมด		30,763	

* อุปกรณ์อิเลกทรอนิคส์ประมาณราคาเผื่อ 40 %หรือ 1.4 เท่า (รวมค่าดำเนินการทางวิศวกรรม, การติดตั้งและการทดสอบ)

3.2 การประมาณการค่าดำเนินการและบำรุงรักษา

ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานแต่ละโครงข่ายที่เลือกมาจะแสดงให้เห็นรวมในรูปของค่าใช้จ่ายรอบรายปีแล้วจึงทำการเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายของโครงข่ายที่มีราคาต่ำสุด

- **การลงทุนรายปี**

ในบทก่อนหน้านี้พิจารณาเพียงราคาเริ่มแรกซึ่งเกิดขึ้นจากค่าลงทุนสร้างโครงข่าย ความจริงแล้วค่าใช้จ่ายนี้สามารถปรับเป็นค่าใช้จ่ายรายปี เพื่อให้รวมกับค่าดำเนินการและบำรุงรักษาประจำปีตลอดจนค่าใช้จ่ายอื่นๆ ผลที่ได้จะบอกถึงเงินลงทุนรายปีตลอดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ยังทำให้ประมาณการผลตอบแทนหรือมูลค่าเงินรายได้ซึ่งแสดงถึงฐานของอัตราผลตอบแทนหลังหักภาษีและสะท้อนถึงอัตราดอกเบี้ยของหนี้

อัตราของผลตอบแทนก่อนหักภาษี(RIT : Rate of return on new Investment before Taxes) ที่นำมาใช้คำนวณเงินต้นทุนรายปีนั้น จากการศึกษาของ Johnson and Reed ได้คำนวณประมาณค่าตัวเลขสำหรับรอบรายปีไว้ที่ 0.13 หรือร้อยละ 13[17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเสี่ยงของการลงทุนในโครงข่ายความเร็วสูงจะมากกว่าโครงข่ายความเร็วต่ำ เนื่องจากความหนาแน่นของชุมชน ขนาดของตลาดไม่เพียงพอ มีการแข่งขันระหว่างบริษัทโทรศัพท์ การพัฒนาของเทคโนโลยีไร้สายเช่นโทรศัพท์มือถือเป็นต้น วงจรความเร็วสูงจะประสบปัญหาความไม่แน่นอนมากขึ้น

การที่มีข้อมูลจำนวนน้อยจึงกำหนดมาตรฐานความเสี่ยงสำหรับบริการความเร็วสูงไม่แม่นยำเพียงพอ ในการศึกษาได้ประมาณความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มอัตราของผลตอบแทนก่อนหักภาษีขึ้นอีกร้อยละ 3 เมื่อรวมอัตราเงินเฟ้อแล้ว จึงสมมุติให้เป็นร้อยละ 17 (เมื่อเทียบกับร้อยละ 13 ของบริการ ความเร็วต่ำ)

ปัจจัยในการคำนวณข่ายสายตอนนอก เช่น เส้นใยนำแสง หัวต่อ จุดเชื่อม จะไม่มีประโยชน์ในการคำนวณระยะเวลาใช้งานเท่ากับอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ (เช่น ตัวสลับวงจร ตัวผสานสัญญาณ แหล่งกำเนิดแสง และตัวรับแสง) ซึ่งกลุ่มนี้ไวต่อการเปลี่ยนแปลงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมากกว่า จากหลักฐานที่รวบรวมโดย Mitchell ได้กำหนดระยะเวลาใช้งานอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ไว้ที่ 10 ปี และอุปกรณ์ตอนนอกไว้ที่ 20 ปี[16] ดังนั้นจึงได้ค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบแทนการลงทุนรอบรายปีที่ใช้ข้อสมมุตินี้แสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 3.9 แสดงสัมประสิทธิ์ผลตอบแทนรายปีสำหรับต้นทุนลงทุนรอบรายปี

ต้นทุนเงินทุน	อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ (ระยะเวลา 10 ปี)	อุปกรณ์ตอนนอก (ระยะเวลา 20 ปี)
บริการความเร็วต่ำ (13%)	0.18429	0.14235
บริการความเร็วสูง (17%)	0.21466	0.17769

ดังนั้นการแปลงราคาลงทุนเริ่มแรกให้อยู่ในรูปค่าใช้จ่ายรอบรายปี จะทำการแยกต้นทุนรอบรายปีดังกล่าวเป็นทางอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์และอุปกรณ์ตอนนอกหรืออุปกรณ์พาสซีบ ดัง ตารางที่ 3.10 ซึ่งสรุปการคำนวณต้นทุนรอบรายปีสำหรับบริการความเร็วต่ำโดยใช้อัตราร้อยละ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 แสดงการคำนวณต้นทุนการลงทุนรอบรายปีของบริการความเร็วต่ำ

โครงข่าย	ต้นทุนทางอิเลคทรอนิคส์	สัมประสิทธิ์ผลตอบแทน	ต้นทุนข่ายสายตอนนอก	สัมประสิทธิ์ผลตอบแทน	ต้นทุนรายปี
สถาปัตยกรรมดับเบิลสตาร์แบบแอคทีฟ (Active Double-Star Architecture)					
DLC	11,200	0.1843	16,640	0.1424	4,440
All-Fiber 2 Star	29,040	0.1843	26,760	0.1424	9,160
สถาปัตยกรรมแบบพาสซีบ (Passive Architecture)					
Hybrid 2-Star	12,040	0.1843	16,120	0.1424	5,080
Hybrid-Bus	13,760	0.1843	17,120	0.1424	4,960

หมายเหตุ

DLC : Digital Loop Carrier : ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ

All Fiber 2 Star : ข่ายเส้นใยนำแสง

Hybrid 2-star : ข่ายสายแบบผสม

Hybrid bus : ข่ายสายแบบบัส

โครงข่ายบริการความเร็วสูงและบริการความเร็วต่ำ ให้บริการด้วยอัตราเสี่ยงที่แตกต่างกันออกไป ในการคำนวณต้นทุนรอบรายปีของบริการความเร็วสูงจะทำได้โดยนำค่าต้นทุนต่ำสุดของบริการความเร็วต่ำลบออกจากต้นทุนรวม ซึ่งต้นทุนรอบรายปีนี้ก็คือการรวมความเสี่ยงต่ำของบริการความเร็วต่ำที่ใช้อัตราลดร้อยละ 13 และความเสี่ยงสูงจากบริการความเร็วสูงที่ใช้อัตราลดร้อยละ 17 การแยกต้นทุนรวมในลักษณะนี้หากทำอย่างเหมาะสมแล้วจะเป็นการกระจายความเสี่ยงและยังสามารถแยกคิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้นของบริการความเร็วต่ำและบริการความเร็วสูงได้อีกด้วย

ในตารางที่ 3.11 ข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างแสดงต้นทุนรายปีสำหรับโครงข่ายทางเลือกซึ่งให้บริการทั้งบริการความเร็วต่ำและบริการความเร็วสูง ที่ใช้วิธีการคำนวณนี้ทำให้ค่าสัมพัทธ์ของโครงข่ายทางเลือกแตกต่างออกไปเล็กน้อย อย่างไรก็ตามข้อได้เปรียบของโครงข่ายทางเลือกนี้มีราคาสูงยังไม่สามารถตัดสินใจโดยดูที่ต้นทุนรายปีเพียงอย่างเดียวได้ ต้องพิจารณา ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของโครงข่ายด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 การคำนวณต้นทุนการลงทุนรอบรายปีของบริการความเร็วสูง

โครงข่าย	บริการความเร็วต่ำ		บริการความเร็วสูง		ต้นทุนรายปี
	อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ (0.18429)	อุปกรณ์ตอนนอก (0.14235)	อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ (0.21466)	อุปกรณ์ตอนนอก (0.17769)	ต่อผู้เช่า
สถาปัตยกรรมดับเบิลสตาร์แบบแอคทีฟ (Active Double-Star Architecture)					
All-Fiber	11,200	16,640	29,120	10,400	17,920
สถาปัตยกรรมแบบพาสซีบ (Passive Architectures)					
Hybrid 2-Star	11,200	16,640	14,920	6,920	11,840
Hybrid-Bus	11,200	16,640	14,640	6,400	11,560

หมายเหตุ

All Fiber : ข่ายเส้นใยนำแสง

Hybrid 2-star : ข่ายสายแบบผสม

Hybrid bus : ข่ายสายแบบบัส

- **ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาโครงข่าย (Operation and Maintenance Expense)**

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกสถาปัตยกรรมรูปแบบต่างๆนั้น จำเป็นต้องนำการประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานของข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(Digital Loop Carrier), ข่ายสายแบบผสมเส้นใยนำแสงกับคู่สายทองแดง,ระบบสายแกนร่วม(Coaxial cable) และ โครงข่ายที่ใช้เส้นใยนำแสงล้วน(All Fiber)มาร่วมพิจารณาด้วยเพราะค่าใช้จ่ายนี้มีความสำคัญเท่าๆกับมูลค่าการลงทุนเช่นกัน

ขณะนี้ผลลัพธ์ได้ชี้ชัดว่าการสร้างโครงข่ายที่ใช้เส้นใยนำแสงแพงกว่าการสร้างโครงข่ายที่ใช้สายโลหะ ดังนั้นหากต้องการนำมาใช้งานโครงข่ายเส้นใยนำแสงต้องสามารถแสดงให้เห็นได้ถึงการประหยัดในด้านค่าใช้จ่ายการดำเนินการและบำรุงรักษารวมทั้งข้อดีทางเศรษฐกิจได้ เพื่อที่จะมาชดเชยในส่วนนี้ เนื่องจากมีความไม่แน่นอนสูงของการประมาณการค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา (O&M : Operation&Maintenance) ในหัวข้อนี้จึงจะทำการศึกษาว่าค่าใช้จ่ายการดำเนินการและบำรุงรักษาโครงข่ายเส้นใยนำแสงแตกต่างจากโครงข่ายทองแดงอย่างไร การวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยายามที่จะประมาณค่าใช้จ่ายของโครงข่ายสายทองแดง และข่ายสายแกนร่วม(Coaxial) ที่มีใช้งานแล้ว ผสานรวมกับราคาการลงทุนเริ่มแรก แล้วแสดงเป็นตารางเปรียบเทียบเพื่อที่จะทราบและนำไปสู่การเลือกรูปแบบข่ายสายทางเลือกที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุด โดยทั่วไปการศึกษาต่างๆก่อนหน้าชี้ว่าค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินการและบำรุงรักษาของโครงข่ายเส้นใยนำแสงในข่ายสายท้องถิ่นจะต่ำกว่าของข่ายสายทองแดง เช่นจากการศึกษาโดย American Telephone and Telecommunications (AT&T) สรุปว่า การใช้เส้นใยนำแสงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาประมาณ 25-50% ของโครงข่ายทองแดงปัจจุบัน[18] แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นความสำคัญที่ค่าใช้จ่ายทางด้านการดำเนินการและบำรุงรักษา ว่าโครงข่ายแบบใดสูง-ต่ำกว่ากัน หากพบว่าโครงข่ายแบบใดต่ำกว่าจริงก็จะเป็นตัวช่วยให้ตัดสินทางเลือกที่มีประสิทธิภาพทางราคาได้ ความเป็นจริงแล้วค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาสำหรับโครงข่ายเส้นใยนำแสงจะแปรตามสถาปัตยกรรมของโครงข่าย เช่นค่าใช้จ่ายด้านด้านปฏิบัติการและบำรุงรักษาของโครงข่ายเส้นใยนำแสงระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (Digital Loop Carrier) มีปัญหาเรื่องสายเคเบิลตอนนอกอยู่บ้างที่ต้องใช้เวลาในการแก้ไข ต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ทางภาคสนามที่สะสมเพิ่มขึ้นเท่านั้นจึงจะช่วยทำนายได้ใกล้ความเป็นจริงว่าค่าใช้จ่ายทางด้านการดำเนินการและบำรุงรักษาจะมากหรือน้อยจะลดลงหรือไม่และเท่าไร ตัวอย่างหนึ่งที่โครงข่ายเส้นใยนำแสงสามารถลดค่าบำรุงรักษาก็คือการย้ายที่อยู่หรือการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของผู้ใช้ Ensdorf รายงานว่า จำนวนมากถึง 40% ของคำร้องจากผู้ใช้ที่ต้องมีกิจกรรมเปลี่ยนแปลง - ย้าย ของข่ายสายภายนอก ซึ่งใช้เวลาถึง 25% ของเวลาในการบำรุงรักษาทั้งหมด[18] เส้นใยนำแสงจะลดเวลาในส่วนนี้ได้เพราะว่าความจุส่วนเกินของเส้นใยนำแสงตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้เร็วโดยทำการเปลี่ยนแปลงและการทดสอบแบบระยะไกลด้วยซอฟแวร์(Software)เท่านั้น โดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในโครงข่าย ในตัวอย่างเดียวกันหากมองในด้านตรงกันข้ามแล้ว มีเหตุแสดงว่าโครงข่ายเส้นใยนำแสงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มค่าใช้จ่ายด้านบำรุงรักษา เหตุผลแรกซึ่งมีความสำคัญที่สุดคือปัญหาของการติดตั้งอุปกรณ์อิเลคทรอนิคที่มีความทันสมัยและซับซ้อนตามตู้หน่วยอุปกรณ์ปลายทางที่ห่างไกล ดังนั้นบริษัทโทรศัพท์ควรควบคุมค่าใช้จ่ายทางด้านการดำเนินการและบำรุงรักษา โดยควบคุมให้มีการติดตั้งอุปกรณ์อิเลคทรอนิคไว้ที่ส่วนกลาง หรือไว้ที่หน่วยกระจายระยะไกล(RDU) หรือตู้คอดินริมถนนหรือในอาคารของผู้ใช้ให้ปลอดภัยที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหน่วยต่อเชื่อมโครงข่ายเส้นใยนำแสง(ONT) เพราะว่าเหตุเสียของอุปกรณ์อิเลคทรอนิคเป็นภัยต่อการให้บริการแก่ผู้ใช้ อุปกรณ์อิเลคทรอนิคที่มีความน่าเชื่อถือมีความสำคัญอย่างมากต่อบริการของโครงข่าย เหตุผลที่สองที่โครงข่ายเส้นใยนำแสงอาจจะเพิ่มค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินการและบำรุงรักษา คือพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากการให้บริการโทรศัพท์อาจเกิดเหตุขัดข้องขึ้นได้เนื่องมาจากไฟฟ้าดับ ที่บ้านของผู้ใช้จำเป็นต้องมีระบบไฟฟ้าสำรองเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันเหตุดังกล่าว ทำให้ต้องเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาในส่วนนี้ขึ้นไม่ว่าผู้ให้บริการหรือผู้ใช้บริการจะเป็นผู้รับภาระไปก็ตาม เหตุผลที่สามคืออุบัติเหตุจากการขุดดินไปโดนเส้นใยนำแสงเสียหาย จะมีค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ในการซ่อมบำรุงสูงกว่าสายทองแดง เนื่องจากใช้เครื่องมือเฉพาะงานที่ราคาแพงในการเชื่อมเส้นใยนำแสง

ข้อพิจารณาเหล่านี้นำไปสู่การทำแผนปฏิบัติให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินการและบำรุงรักษา เพื่อประเมินการเติบโตของโครงข่ายเปรียบเทียบกับโครงข่ายทางเลือกอื่น ถึงแม้ว่าจะไม่มีความชัดเจนสำหรับการประมาณดังกล่าว แต่ก็มีค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินการและบำรุงรักษาเกิดขึ้น การวิเคราะห์จะถือเอาค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินการและบำรุงรักษาของโครงข่ายเส้นใยนำแสงเปรียบเทียบกับโครงข่ายที่มีอยู่เป็นมาตรฐาน ปกติไม่มีรายงานค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินการและบำรุงรักษา ต่อ 1 คู่สาย ไว้อย่างชัดเจน แต่จากการศึกษาของ Ensdorf ประมาณว่าครัวเรือนหนึ่งที่มี 2 คู่สายโทรศัพท์ ต้องการการบำรุงรักษา 0.8 ชั่วโมง ต่อปี[18] ซึ่งประกอบไปด้วย การตรวจหาความผิดปกติ การทดสอบ ตัดต่อสายและการซ่อมแซมต่างๆ สมมุติว่าค่าจ้างแรงงานอัตราชั่วโมงละ 2,000 บาทต่อปี นั่นหมายความว่าครัวเรือนหนึ่งๆต้องใช้ค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาโครงข่ายแบบสายทองแดงเป็นจำนวน 1,600 บาทต่อปี Cameron et al. ได้ศึกษาและวิเคราะห์ไว้ว่าปัจจัยหลักของค่าบำรุงรักษาโครงข่ายมีมูลค่า 44% ของค่าดำเนินการข่ายสายท้องถิ่นทั้งหมด[14] ส่วนที่เหลือจะเป็นค่าการจัดทำบิล หรือค่าบริการผู้ใช้

ในทางปฏิบัติ Southwestern Bell ได้นำสิ่งนี้ไปประมาณค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินการและบำรุงรักษาของข่ายสายทองแดงเป็น 3,680 บาทต่อหนึ่งครัวเรือน[15] สมมุติฐานไว้ว่าหากระบบเส้นใยนำแสงสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านนี้ได้ โครงข่ายข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(Digital Loop Carrier) จะก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินการและบำรุงรักษาที่ต่ำกว่าระบบที่ใช้สายทองแดงทั้งหมด เพราะเหตุว่าจริงๆแล้วการลดลงนี้ยังไม่ทราบได้ การวิเคราะห์แบบอนุรักษ์นิยมจึงเลือกที่จะใช้ค่านี้และสมมุติให้ค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินการและบำรุงรักษาโครงข่ายข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(Digital Loop Carrier) เป็น 3,680 บาท ต่อ 1 ครัวเรือนเช่นเดียวกับคู่สายทองแดง

- **ค่าใช้จ่ายรวมรอบรายปี**

สำหรับระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC) การรวมค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการและบำรุงรักษา จำนวน 3,680 บาท กับค่าใช้จ่ายในการลงทุนรอบรายปีจำนวน 4,440 บาท เป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายรวมรอบรายปีเป็น 8,120 บาทต่อครัวเรือน

ในตารางที่ 3.10 จะเห็นว่าข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC) จะมีค่าใช้จ่ายต่ำสุดที่การศึกษาครั้งนี้ถือว่าเหมาะที่จะลงทุนสร้าง และจะกำหนดเป็นค่าใช้จ่ายมาตรฐานที่จะทำให้ทางเลือกอื่นๆใช้เปรียบเทียบในการลดค่าใช้จ่ายให้ต้นทุนลดลงจนอยู่ในระดับที่จะนำมาใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางธุรกิจได้ ผลที่ได้จากตารางนี้ แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ว่าจะไม่นำค่าใช้จ่ายของการปฏิบัติการและบำรุงรักษาของโครงข่ายเส้นใยนำแสงมาคิด ข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC) ก็ยังคงมีความน่าสนใจในการลงทุนเพื่อที่จะให้บริการ การเปรียบเทียบในหัวข้อนี้ไม่ได้คำนึงถึงรายได้เพราะสมมุติฐานว่าสถาปัตยกรรมทั้งหมดนั้นมีชนิดและระดับบริการต่างๆ ที่เหมือนกัน

ตารางที่ 3.12 แสดงค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการและบำรุงรักษาสำหรับโครงข่ายทางเลือกต่างๆ

โครงข่าย	สดมภ์ (ก) ค่าลงทุนรอบรายปี (บาท)	สดมภ์ (ข) จำนวนค่าO&Mที่เท่ากันพอดีกับค่าใช้จ่ายต่ำสุดของโครงข่าย DLC (บาท)	สดมภ์ (ค) จำนวนค่า O&M ที่ต้องการให้ลดลง (%) (บาท)
	จากตาราง 3.10	(4,440 + 3,680) - (ก)	(1–((ข)/3,680))(100)
DLC	4,440	-	-
All-Fiber Active 2 Star	9,160	8,120 - 9,160 = - 1,040	-
Hybrid 2-Star	5,080	8,120 -5,080 = 3,040	17%
Hybrid-Bus	4,960	8,120 -4,960 = 3,160	14%
All-Fiber Passive 3 Star	6,080	8,120 – 6,080 = 2,040	45%

<u>หมายเหตุ</u>

DLC : Digital Loop Carrier : ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ

All Fiber : ข่ายเส้นใยนำแสง

Hybrid 2-star : ข่ายสายแบบผสม

Hybrid bus : ข่ายสายแบบบัส

ค่าใช้จ่ายรายปีโดยรวมของระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC) ที่ได้จากค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการและบำรุงรักษา(3,680 บาท)และค่าลงทุนรายปี(4,440 บาท) รวมเป็น 8,120 บาทต่อครัวเรือนซึ่งต่ำที่สุดนั้น หากย้อนกลับไปยังตาราง 3.10 จะเห็นว่าความเป็นไปได้ในกรนำระบบผสม(hybrid)และระบบทางเลือกอื่นๆที่ค่าใช้จ่าสูงกว่ามาใช้งานนั้น จะต้องขึ้นอยู่กับระดับค่าใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ่ายของค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษา ที่อาจจะมีค่าต่ำกว่าระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC)มาเป็นตัวชี้ขาด

ในสดมภ์ (ข) ของตาราง 3.12 จะคำนวณค่าใช้จ่ายของการดำเนินการและบำรุงรักษาของทางเลือกต่างๆเปรียบเทียบและหาทางลดจำนวนเงินค่าใช้จ่ายอื่นๆให้ลงมาเท่ากันกับระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC)

ในสดมภ์ (ค) แสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายรายปีของระบบผสม(hybrid) จะเท่ากับระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC) ก็ต่อเมื่อสามารถลดค่าปฏิบัติการและบำรุงรักษารวมทั้งหมดลงได้ 14-17 เปอร์เซ็นต์

ในสดมภ์ (ง) แสดงส่วนลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาโครงข่าย (โดยสมมติให้เท่ากับ 1,600 ต่อบ้านต่อปี) ซึ่งจะทำให้เกิดจุดคุ้มทุนกับค่าใช้จ่ายรายปีของระบบข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC)พอดี ภายใต้ข้อสมมติฐานนี้ ระบบโครงข่ายแบบผสม(Hybrid) จะต้องลดค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาโครงข่ายลง 30-40 เปอร์เซ็นต์จึงจะสามารถนำมาใช้งานได้

ความหวังทางเศรษฐศาสตร์ของโครงข่ายเส้นใยนำแสงล้วน(All Fiber)นั้น ค่อนข้างจะเลือนลาง ถ้าจะทำให้โครงข่ายแบบพาสซีบ(All Fiber) ถึงจุดคุ้มทุนนั้นต้องลดค่าดำเนินการและบำรุงรักษาลงถึง 45 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนที่สำคัญของโครงข่ายสถาปัตยกรรมแบบแอคทีพ(active double-star)อย่างเดียวนั้นมีค่าเกินราคาต้นทุนรวมกับค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของโครงข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC)ถึง 1,040 บาทแล้ว ดังนั้นในทางปฏิบัติแล้วการลดเฉพาะค่าบำรุงรักษาโครงข่ายเท่านั้น ไม่สามารถทำได้เสมอไป

การเปรียบเทียบของต้นทุนรายปีระหว่างโครงข่ายที่ให้บริการโครงข่ายบริการความเร็วสูงและบริการความเร็วต่ำ จะเห็นว่าต้นทุนต่ำสุดคือข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC) (4,440 บาทต่อบ้าน)

โครงข่ายเส้นใยนำแสงล้วน(All Fibre) ไม่ได้เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ บริษัทโทรศัพท์ยังไม่จำเป็นต้องสนใจที่จะสร้างสถาปัตยกรรมนี้ในระยะแรกนี้ เพราะหากจะให้ได้ต้นทุนที่มีประสิทธิภาพ โครงข่ายเส้นใยนำแสงล้วน(All Fibre) จะต้องลดต้นทุนของค่าดำเนินการและบำรุงรักษา(O&M) จำนวนมาก 45 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปัจจุบัน บริษัทโทรศัพท์จะต้องเลือกสร้างระบบ ข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การประมาณการผลตอบแทนโครงการ

ต่อไปนี้เป็นคำอธิบายตารางและการคำนวณระยะเวลาคุ้มทุนสำหรับโครงการสำหรับโครงข่ายทางเลือก 4 ประเภท โดยใช้รายได้ประมาณการจากอัตราเฉลี่ยรายได้การใช้โทรศัพท์ และอัตราการเช่าใช้วงจรความเร็วสูงขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

ตารางที่ 3.13 รายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % กับ แถบความถี่กว้าง (Broadband) 1 % รวมเดือนละ (750+250) = 1,000 บาทโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (ต่อเดือน) (บาท)	รายได้ (บาท)	ระยะเวลาคุ้มทุน
DLC	44,400	1,288	1%	1,000	5 ปี 10 เดือน
All-Fiber Double-Star	91,600	2,656	1%	1,000	ไม่มีจุดคุ้มทุน
Hybrid Double-Star	50,800	1,473	1%	1,000	7 ปี 3 เดือน
Hybrid Bus	49,600	1,438	1%	1,000	7 ปี

ตารางนี้นำเสนอระยะเวลาคุ้มทุนของโครงการโดยคิดต่อผู้ใช้หนึ่งราย ให้มีรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือแถบความถี่แคบ (Narrowband) เท่ากับ 100% ซึ่งเท่ากับประมาณ 750 บาท (ทศท.) และประเภทความถี่กว้าง (Broadband) เท่ากับ 1% หรือ 250 บาท รวมทั้งสิ้น 1,000 บาท

โครงข่ายที่พิจารณามี 4 แบบคือ DLC, All-Fiber Double-Star, Hybrid Double-Star และ Hybrid Bus มีต้นทุนคงที่ตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี เป็น 44,400, 91,600, 50,800 และ 49,600 บาท ตามลำดับ ค่าบำรุงรักษาเป็น 1,288, 2,656, 1,473 และ 1,438 บาทต่อปี ตามลำดับ ให้มีอัตราดอกเบี้ยต่อเดือนเท่ากับ 1% จะได้ว่าระยะคุ้มทุนของโครงข่ายจะเป็น 5 ปี 10 เดือน สำหรับ DLC ไม่มีจุดคุ้มทุนสำหรับ All-Fiber Double-Star 7 ปี 3 เดือนสำหรับ Hybrid Double-Star และ 7 ปี สำหรับ Hybrid Bus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.14 แสดงตัวอย่างการคำนวณระยะเวลาคุ้มทุน

เดือน	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ยอดยกมา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (%)	ดอกเบี้ยจ่าย (บาท)	O&M (บาท)	หนี้สิน (บาท)	รายได้ (บาท)	หนี้สินสุทธิ (บาท)
1	44,400	44,400.00	0.01	444.00	107.33	44,951.33	1,000	43,951.33
2		43,951.33	0.01	439.51	107.33	44,498.17	1,000	43,498.17
3		43,498.17	0.01	434.98	107.33	44,040.49	1,000	43,040.49
4		43,040.49	0.01	430.40	107.33	43,578.22	1,000	42,578.22

การคำนวณใช้การคำนวณเป็นรายเดือนโดยให้มีต้นทุนคงที่ที่เริ่มแรก 44,400 บาท อัตราดอกเบี้ย 1% ดังนั้นจะมีดอกเบี้ยจ่ายที่ปลายเดือนแรก 444 บาท ค่าบำรุงรักษาที่ปลายเดือนแรก 107.33 บาท รวมเป็นหนี้สินสุทธิ 44,951.33 บาท รายได้เก็บได้ที่ปลายเดือนเท่ากับ 1,000 บาท ดังนั้นจะมีหนี้สินสุทธิ 43,951.33 บาท จัดทำเป็นยอดยกไป ในเดือนที่ 2 มียอดหนี้สินยกมา 43,951.33 บาท ทำดังนี้เรื่อยไปจนหนี้สินสุทธิหมดไปก็จะได้จุดคุ้มทุน

ตารางที่ 3.15 สรุปปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์เทคโนโลยีทางเลือกโครงข่าย

โครงข่าย	ต้นทุนแรกเริ่มรายปี (บาท)		ค่าดำเนินการ&บำรุงรักษารายปี(บาท)		รวมค่าใช้จ่ายรายปี (บาท)		ผลตอบแทนรายปี (บาท)	
	สดมภ์(1) ตาราง 3.10	สดมภ์(2) ตาราง 3.5-3.8	สดมภ์(3) จำนวนคงที่/ราย	สดมภ์(4) 29% ของต้นทุน 0.29(1)	สดมภ์ (5) คงที่ (1)+(3)	สดมภ์(6) 29% (1)+(4)	สดมภ์(7) สัมมนา (FCC.) 12(700)	สดมภ์(8) อัตรา ท.ศ.ท. 12(750)
DLC	**4,440**	**4213**	**2,400**	**1,288**	**6,840**	**5,728**	**8,400**	**9,000**
All Fiber 2 Star	9,160	9035	2,400	2,656	11,560	11,816	8,400	9,000
Hybrid 2 Star	5,080	5386	2,400	1,473	7,480	6,553	8,400	9,000
Hybrid bus	4,960	5019	2,400	1,438	7,360	6,398	8,400	9,000

<u>หมายเหตุ</u>

DLC : Digital Loop Carrier : **ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

All Fiber 2 Star : All Fiber Double Star : ข่ายเส้นใยนำแสง

Hybrid 2 star : Hybrid Double star : ข่ายสายแบบผสม

Hybrid bus : ข่ายสายแบบสายร่วม(บัส)

ท.ศ.ท. : องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

FCC. : Federal Communication Commission

3.4 ปัจจัยวิเคราะห์เทคโนโลยีทางเลือก

ในการวิเคราะห์เทคโนโลยีทางเลือกโครงข่ายจะอาศัยการเปรียบเทียบปัจจัยสำคัญ 4 ประการ ของโครงข่ายแต่ละแบบว่าแบบใดที่มีข้อได้เปรียบด้านราคาลงทุนเริ่มแรก(Construction Cost), ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา(Operation and Maintenance), ผลตอบแทน (Revenue) อย่างไรก็ตามเพื่อให้การตัดสินใจได้ถูกต้องจำเป็นจะต้องใช้จุดคุ้มทุนมาประกอบการพิจารณาด้วยเช่นกัน จึงจะตัดสินใจได้ว่าแบบใดจะมีความเหมาะสมมากที่สุด

ปัจจัยแรก : ราคาลงทุนเริ่มแรก (Construction Cost)

ในสดมภ์ที่ 1 และ 2 เป็นเงินลงทุนทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างข่ายสายเช่นค่าอุปกรณ์ทุกชนิด, ค่าติดตั้ง, ค่าทดสอบ เป็นต้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้สะดวกในการเปรียบเทียบจึงได้แยกรายละเอียดราคาลงทุนเป็นต่อรายผู้ใช้

ในสดมภ์ที่ 1 เป็นราคาลงทุนเริ่มแรกรอบรายปีรายปีที่ได้จากตารางที่ 3.10 ซึ่งค่าในตารางจะคำนวณจากราคาต้นทุนอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิคส์และต้นทุนอุปกรณ์ตอนนอก(จากตารางที่ 3.1 – 3.4) ที่ประมาณจากเลขจำนวนเต็มและให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งาน 10 ปี มูลค่าจึงแตกต่างจากสดมภ์ที่ 2 ที่ได้มาจากตารางที่ 3.6 - 3.8 ซึ่งใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยละเอียด อย่างไรก็ตามมูลค่าทั้งสองไม่แตกต่างกันมากนัก ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ใช้มูลค่าในสดมภ์ที่ 1 เป็นค่าในการวิเคราะห์

ปัจจัยที่สอง : ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา(Operation and Maintenance)

Cameron ได้ทำการศึกษาและแยกค่าดำเนินการและบำรุงรักษาออกเป็น 4 พวกได้แก่ ค่าบำรุงรักษาโครงข่ายมีมูลค่าร้อยละ 44 ค่าดำเนินการด้านบริการมีมูลค่าร้อยละ 40 ค่าจัดทำระบบบิลล์มีมูลค่าร้อยละ 13 ค่าควบคุมงานมีมูลค่าร้อยละ 3 [14] ขณะเดียวกันจากการสัมมนาของคณะทำงานสหพันธ์โทรคนาคม(Federation Communication Commission) ได้ผลสรุปว่าอัตราส่วนของค่าดำเนินการและบำรุงรักษากับค่าลงทุนของโครงข่าดิจิตอลระบบคลื่นพาหะจะเป็น 13 เปอร์เซ็นและ 29 เปอร์เซ็น สำหรับระบบสายเคบิล นอกจากนี้ยังสรุปไว้ด้วยว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายได้เฉลี่ยต่อเลขหมายของการให้บริการโทรศัพท์ประมาณเดือนละ 700 บาท, 1,800 บาทต่อรายสำหรับการให้บริการวิดีทัศน์ผ่านคู่สายโทรศัพท์และ 1,240 บาทสำหรับการให้บริการโทรทัศน์ผ่านสายเคเบิล [8]

ส่วน Southwestern Bell ได้ศึกษาและประมาณการค่าดำเนินการและบำรุงรักษารายปี คู่สายทองแดงไว้ที่ 3,680 บาท ต่อราย โดยแยกเป็น ค่าติดตั้งขยายให้บริการ 66 เปอร์เซ็น, ค่าโยกย้าย 8 เปอร์เซ็น, ค่าบำรุงรักษาและบัญชี 26 เปอร์เซ็น ขณะเดียวกันได้ประมาณการค่าดำเนินการและบำรุงรักษารายปีสำหรับโครงข่ายเส้นใยนำแสงไว้ที่ 2,000 - 2,400 บาทต่อราย [7] ดังแสดงไว้ในสดมภ์ที่ 3 ซึ่งแตกต่างจากสดมภ์ที่ 4 ที่คำนวณจากผลการสัมมนาของคณะทำงานสหพันธ์โทรคมนาคม(Federation Communication Commission) [8] ที่กำหนดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นร้อยละ 29 ของมูลค่าการลงทุนต่อคู่สายต่อปี อย่างไรก็ตามเพื่อให้มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งานจริง ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการแสดงผลการวิเคราะห์ให้เห็นทั้งสองสดมภ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสัมพันธ์กับระยะคุ้มทุน

ปัจจัยที่สาม : ผลตอบแทน (Revenue)

ในสดมภ์ที่ 7 เป็นผลตอบแทนเฉลี่ยในรอบหนึ่งปีสำหรับค่าบริการโทรศัพท์ที่ได้จากผลการศึกษาคณะทำงานสหพันธ์โทรคมนาคม (Federation Communication Commission) [8] โดยจะมีรายได้ เลขหมายละ 700 บาทต่อเดือนหรือ 8,400 บาทต่อปี ขณะเดียวกันจากรายงานประจำปี 2543 ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยจะมีรายได้ เลขหมายละ 783 บาทต่อเดือนแต่ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ค่าเลขหมายละ 750 บาทต่อเดือนหรือ 9,000 บาทต่อปีมาทำการวิเคราะห์ดังแสดงในสดมภ์ที่ 8

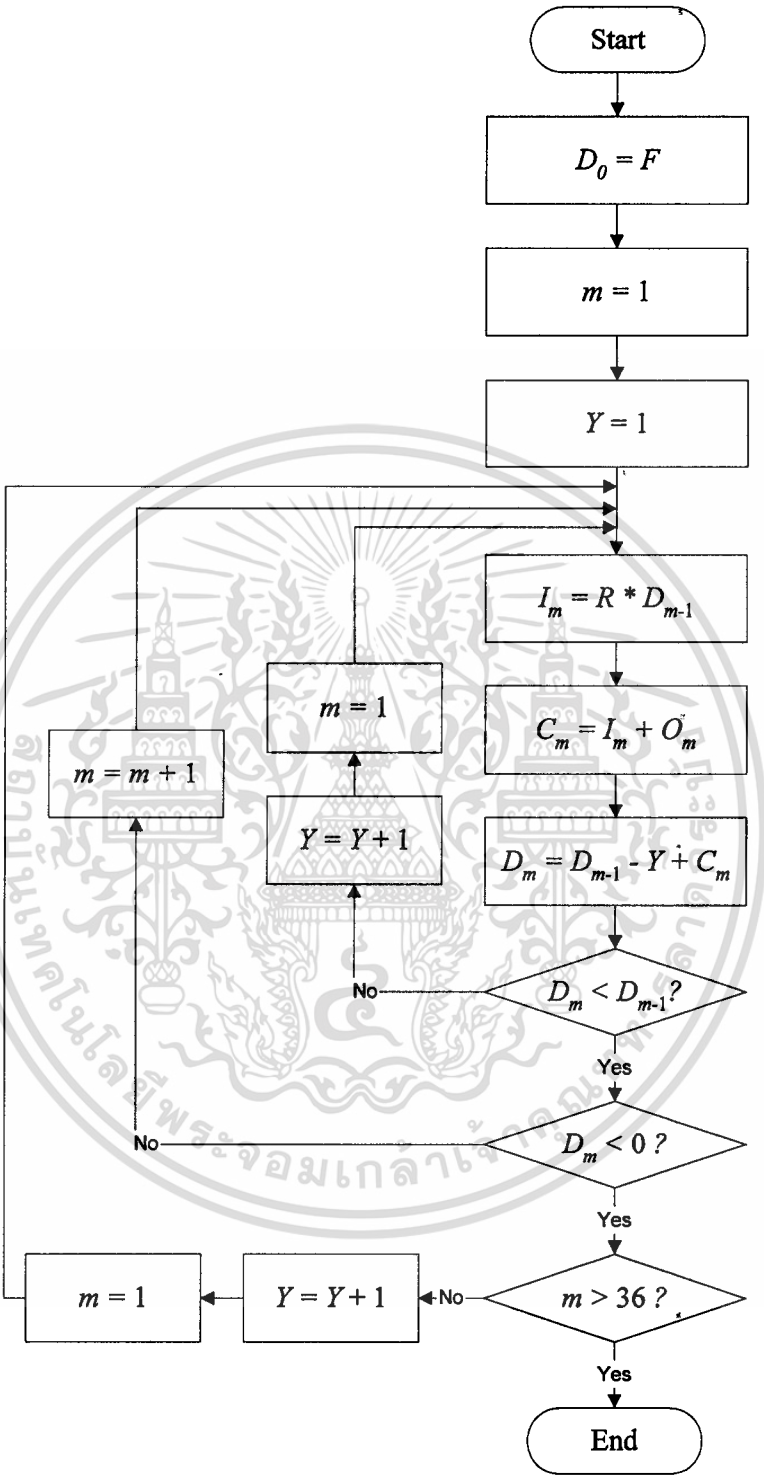
ปัจจัยที่สี่ : การจำลองและวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ในการศึกษาครั้งนี้จะหาจุดคุ้มทุนโดยอาศัยการจำลองและคำนวณทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้จะกำหนดให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งาน 3 ปีและ10 ปี เพื่อนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์สนับสนุนการตัดสินใจ ดังจะได้เสนอรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.5 กระบวนการหาจุดคุ้มทุน

การหาจุดคุ้มทุนเป็นการสมมุติเพื่อให้ทราบว่าการลงทุนจะมีโอกาสได้รับผลตอบแทนคุ้มทุนหรือไม่และจะคุ้มทุนเมื่อใด โดยอาศัยการจำลองและคำนวณทางคณิตศาสตร์ ดังขั้นตอนและขบวนการดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงขบวนการหาจุดคุ้มทุน

การคำนวณทางคณิตศาสตร์

กำหนดให้

C_m = **ค่าใช้จ่ายรวมเดือนที่** m

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R = อัตราดอกเบี้ยรายเดือน

I_m = ดอกเบี้ยจ่ายเดือนที่ m

O_m = ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเดือนที่ m

Y_m = รายได้เดือนที่ m

Y = รายได้ต่อเดือน (คงที่)

F = ต้นทุนคงที่

D_m = หนี้สินเดือนที่ m

โดยที่ $m = 1, 2, 3, \ldots$

ขั้นตอนการหาจุดคุ้มทุน

ขั้นตอนจะมีลำดับดังนี้

0. สมการเริ่มต้น $D_0 = F$

$m = 1$

1. ดอกเบี้ยจ่ายเดือนที่ m $I_m = R \cdot D_{m-1}$

2. ค่าใช้จ่ายเดือนที่ m $C_m = I_m + O_m$

3. หนี้สินเดือนที่ m $D_m = D_{m-1} - Y_m + C_m$

4. ตรวจดูว่าหนี้สินลดลงไหม $D_m < D_{m-1}$?

ถ้าหนี้สินลดลง $D_m < D_{m-1}$ ทำต่อข้อ 5

ถ้าหนี้สินไม่ลดลง ออกจากกระบวนการ

5. คุ้มทุนหรือยัง $D_m \le 0$?

ถ้ายังไม่คุ้มทุน $D_m > 0$ ให้ $m = m + 1$ กลับไปข้อ 1

ถ้าคุ้มทุนแล้ว $D_m \le 0$ จุดคุ้มทุนอยู่ที่ m เดือน ออกจากกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหารายได้ที่ต้องการเพื่อให้คุ้มทุนใน 3 ปี (36 เดือน)

0. สมการเริ่มต้น $D_0 = F$

$Y = 1$

$m = 1$

1. ดอกเบี้ยจ่ายเดือนที่ m $I_m = R \cdot D_{m-1}$

2. ค่าใช้จ่ายเดือนที่ m $C_m = I_m + O_m$

3. หนี้สินเดือนที่ m $D_m = D_{m-1} - Y + C_m$

4. ตรวจดูว่าหนี้สินลดลงไหม $D_m < D_{m-1}$?

ถ้าหนี้สินลดลง $D_m < D_{m-1}$ ทำต่อข้อ 5

ถ้าหนี้สินไม่ลดลงกำหนด $Y = Y + 1$ และ $m = 1$ ทำต่อข้อ 1

5. คุ้มทุนหรือยัง $D_m \le 0$?

ถ้ายังไม่คุ้มทุน $D_m > 0$ ให้ $m = m + 1$ ทำต่อข้อ 1

ถ้าคุ้มทุนแล้ว $D_m \le 0$ ทำต่อข้อ 6

6. คุ้มใน 36 เดือนไหม $m > 36$?

ถ้าเกิน 36 เดือน $m > 36$ กำหนด $Y = Y + 1$ และ $m = 1$ ทำต่อข้อ 1

ถ้าเท่ากับ 36 เดือน ออกจากกระบวนการ

3.6 กรณีจำลองจุดคุ้มทุนในระยะเวลา 10 ปี

เนื่องจากได้กำหนดเป้าหมายในการศึกษาว่าจะนำปัจจัยด้านราคามาใช้ในการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยี ดังนั้นจึงได้สร้างตารางสรุปแสดงจุดคุ้มทุนที่ได้จากการจำลองรายได้ของเทคโนโลยีทางเลือกรูปแบบต่างๆ จำนวน 10 แบบโดยกำหนดให้ มีผู้ใช้บริการ 1,024 ราย, มีต้นทุนคงที่ตลอดอายุการใช้งาน 10 ปี ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย ใช้บริการโทรศัพท์หรือบริการแถบสัญญาณแคบ(Narrowband)โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ (จำลองแบบ N)**

ตารางที่ 3.16 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % เดือนละ 750 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	2,400	1%	750	13 ปี 10 เดือน	(20,016)
All-Fiber Double-Star	91,600	2,400	1%	750	ตารางที่ 3.30	รายได้ < ค่าใช้จ่าย
Hybrid Double-Star	50,800	2,400	1%	750	> 20 ปี	(41,138)
Hybrid Bus	49,600	2,400	1%	750	19 ปี 6 เดือน	(37,178)

เป็นการจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการโทรศัพท์อย่างเดียวทั้ง 1,024 เลขหมายเฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย โดยมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 2,400 บาทต่อปีหรือ 200 บาทต่อเดือน(ตารางที่3.16) การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามสูตรทางคณิตศาสตร์พบว่าเทคโนโลยีทางเลือก ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส (Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 13 ปี 10 เดือน,รายได้น้อยกว่ารายจ่ายตลอดการใช้งาน, มากกว่า 20 ปี, และ 19 ปี 6 เดือน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย เข้าใช้สองบริการโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่(จำลองแบบ NB1)**

ตารางที่ 3.17 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % กับแถบความถี่กว้าง (Broadband) 1 % รวมเดือนละ(750+250) = 1,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	2,400	1%	1,000	6 ปี 10 เดือน	37,494
All-Fiber Double-Star	91,600	2,400	1%	1,000	ตารางที่ 3.31	รายได้ < ค่าใช้จ่าย
Hybrid Double-Star	50,800	2,400	1%	1,000	8 ปี 6 เดือน	16,371
Hybrid Bus	49,600	2,400	1%	1,000	8 ปี 2 เดือน	20,332

เป็นแบบนี้จะจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการสองอย่างในคู่สายเดียวกัน โดยผลตอบแทนแรกเป็นรายได้เฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 1,024 ราย (ร้อยละ 100 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เรียกใช้บริการโทรศัพท์หรือบริการความถี่แถบแคบ(Narrowband) และผลตอบแทนที่สองเป็นรายได้ในการเข้าใช้บริการความถี่แถบกว้าง(Broadband)เฉลี่ยเดือนละ 25,000 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 10 ราย (ร้อยละ 1 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เมื่อคำนวณโดยเฉลี่ยต่อเลขหมายแล้วจะมีรายได้ รวมประมาณ 750 + 250 บาท โดยมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 2,400 บาทต่อปีหรือ 200 บาทต่อเดือน(ตารางที่ 3.17) การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามสูตรทางคณิตศาสตร์พบว่าเทคโนโลยีทางเลือก ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส(Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 6 ปี 10 เดือน, รายได้น้อยกว่ารายจ่ายตลอดการใช้งาน, 8 ปี 6 เดือน, และ 8 ปี 2 เดือน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย เข้าใช้สองบริการโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่(จำลองแบบ NB2)**

ตารางที่ 3.18 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % กับแถบความถี่กว้าง (Broadband) 5% รวมเดือนละ (750+1250) = 2,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	2,400	1%	2,000	2 ปี 5 เดือน	267,532
All-Fiber Double-Star	91,600	2,400	1%	2,000	6 ปี	111,754
Hybrid Double-Star	50,800	2,400	1%	2,000	2 ปี 10 เดือน	246,410
Hybrid Bus	49,600	2,400	1%	2,000	2 ปี 9 เดือน	250,370

เป็นการจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการสองอย่างในคู่สายเดียวกัน โดยผลตอบแทนแรกเป็นรายได้เฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 1,024 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 100 ของผู้ใช้ทั้งหมด) ทำการเรียกใช้บริการโทรศัพท์หรือบริการความถี่แถบแคบ(Narrowband) และผลตอบแทนที่สองเป็นรายได้ที่รวมค่าดำเนินการเข้าใช้บริการความถี่แถบกว้าง(Broadband) เฉลี่ยเดือนละ 25,000 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 51 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 5 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เมื่อคำนวณโดยเฉลี่ยต่อเลขหมายแล้วจะมีรายได้ รวมประมาณ 750 + 1,250 บาท โดยมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 2,400 บาทต่อปีหรือ 200 บาทต่อเดือน(ตารางที่ 3.18) การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามทางคณิตศาสตร์ข้างล่างพบว่าเทคโนโลยีทางเลือก ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส(Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 2 ปี 5 เดือน, 6 ปี, 2 ปี 10 เดือน, และ 2 ปี 9 เดือน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย เข้าใช้สองบริการโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่(จำลองแบบ NB3)**

ตารางที่ 3.19 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % กับแถบความถี่กว้าง (Broadband) 10 % รวมเดือนละ (750+2,500) = 3,250 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	2,400	1%	3,250	1 ปี 4 เดือน	555,081
All-Fiber Double-Star	91,600	2,400	1%	3,250	3 ปี	399,303
Hybrid Double-Star	508,00	2,400	1%	3,250	1 ปี 7 เดือน	533,958
Hybrid Bus	496,00	2,400	1%	3,250	1 ปี 6 เดือน	537,919

เป็นการจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการสองอย่างในคู่สายเดียวกัน โดยผลตอบแทนแรกเป็นรายได้เฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 1,024 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 100 ของผู้ใช้ทั้งหมด) ทำการเรียกใช้บริการโทรศัพท์หรือบริการความถี่แถบแคบ(Narrowband) และผลตอบแทนที่สองเป็นรายได้ที่รวมค่าดำเนินการเข้าใช้บริการความถี่แถบกว้าง(Broadband) เฉลี่ยเดือนละ 25,000 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 102 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 10 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เมื่อคำนวณโดยเฉลี่ยต่อเลขหมายแล้วจะมีรายได้ รวมประมาณ 750 + 2,500 บาท โดยมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 2,400 บาทต่อปีหรือ 200 บาทต่อเดือน(ตารางที่ 3.19) การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามสูตรทางคณิตศาสตร์พบว่าเทคโนโลยีทางเลือก ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส(Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 1ปี 4 เดือน, 3 ปี, 1 ปี 7 เดือน, และ 1 ปี 6 เดือน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย เข้าใช้สองบริการโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่(จำลองแบบ NB4)**

ตารางที่ 3.20 ตารางที่ แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % กับ แถบความถี่กว้าง (Broadband) 25% รวมเดือนละ (750+6,250) = 7,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	2,400	1%	7,000	7 เดือน	1,417,726
All-Fiber Double-Star	91,600	2,400	1%	7,000	1 ปี 3 เดือน	1,261,948
Hybrid Double-Star	50,800	2,400	1%	7,000	8 เดือน	1,396,603
Hybrid Bus	49,600	2,400	1%	7,000	8 เดือน	1,400,564

เป็นการจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการสองอย่างในคู่สายเดียวกัน โดยผลตอบแทนแรกเป็นรายได้เฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 1,024 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 100 ของผู้ใช้ทั้งหมด) ทำการเรียกใช้บริการโทรศัพท์หรือบริการความถี่แถบแคบ(Narrowband) และผลตอบแทนที่สองเป็นรายได้ที่รวมค่าดำเนินการเข้าใช้บริการความถี่แถบกว้าง(Broadband) เฉลี่ยเดือนละ 25,000 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 256 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 25 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เมื่อคำนวณโดยเฉลี่ยต่อเลขหมายแล้วจะมีรายได้ รวมประมาณ 750 + 6,250 บาท โดยมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 2,400 บาทต่อปีหรือ 200 บาทต่อเดือน(ตารางที่ 3.20) การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามสูตรทางคณิตศาสตร์พบว่าเทคโนโลยีทางเลือก ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส(Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 7 เดือน, 1 ปี 3 เดือน, 8 เดือน, และ 8 เดือน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย ใช้บริการโทรศัพท์โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน (จำลองแบบ N1)**

ตารางที่ 3.21 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % เดือนละ 750 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	1,288	0.01	750	9 ปี 10 เดือน	1,301
All-Fiber Double-Star	91,600	2,656	0.01	750	ตารางที่ 3.32	รายได้ < ค่าใช้จ่าย
Hybrid Double-Star	50,800	1,473	0.01	750	13 ปี 11 เดือน	(23,368)
Hybrid Bus	49,600	1,438	0.01	750	13 ปี	(18,736)

เป็นการจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการโทรศัพท์อย่างเดียวทั้ง 1,024 เลขหมายเฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย โดยมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของเทคโนโลยีทางเลือกข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber 2 Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid 2-star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส (Hybrid bus) เป็นสัดส่วนกับต้นทุน(ร้อยละ 29) 1,288 บาทต่อปีหรือ 107.33 บาทต่อเดือน, 2,656 บาทต่อปีหรือ 221.33 บาทต่อเดือน, 1,473 บาทต่อปีหรือ 123 บาทต่อเดือน, 1,438 บาทต่อปีหรือ 120 บาทต่อเดือนตามลำดับ (ตารางที่ 3.21) การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามสูตรทางคณิตศาสตร์พบว่าเทคโนโลยีทางเลือกข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส (Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 9 ปี 10 เดือน,รายได้น้อยกว่าค่าใช้จ่าย, 13 ปี, 11 เดือน, และ 13 ปี ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย เข้าใช้สองบริการโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน (จำลองแบบ NB5)**

ตารางที่ 3.22 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % กับแถบความถี่กว้าง (Broadband) 1 % รวมเดือนละ (750+250) = 1,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	1,288	0.01	1,000	5 ปี 10 เดือน	58,811
All-Fiber Double-Star	91,600	2,656	0.01	1,000	ตารางที่ 3.33 และ 3.34	รายได้ < ค่าใช้จ่าย
Hybrid Double-Star	50,800	1,473	0.01	1,000	7 ปี 3 เดือน	34,142
Hybrid Bus	49,600	1,438	0.01	1,000	7 ปี	38,773

เป็นการจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการสองอย่างในคู่สายเดียวกันโดยผลตอบแทนแรกเป็นรายได้เฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 1,024 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 100 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เรียกใช้บริการโทรศัพท์หรือบริการความถี่แถบแคบ(Narrowband) และผลตอบแทนที่สองเป็นรายได้ที่รวมค่าดำเนินการเข้าใช้บริการความถี่แถบกว้าง(Broadband) เฉลี่ยเดือนละ 25,000 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 10 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 1 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เมื่อคำนวณโดยเฉลี่ยต่อเลขหมายแล้วจะมีรายได้ รวมประมาณ 750 + 250 บาท โดยมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของเทคโนโลยีทางเลือกข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส (Hybrid bus)เป็นสัดส่วนกับต้นทุน(ร้อยละ 29) 1,288 บาทต่อปีหรือ 107.33 บาทต่อเดือน, 2,656 บาทต่อปีหรือ 221.33 บาทต่อเดือน, 1,473 บาทต่อปีหรือ 123 บาทต่อเดือน, 1,438 บาทต่อปีหรือ 120 บาทต่อเดือนตามลำดับ (ตาราง 3.22)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามสูตรทางคณิตศาสตร์พบว่าเทคโนโลยีทางเลือก ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber 2 Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid 2-star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส(Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 5 ปี 10 เดือน, รายได้ต่ำกว่ารายจ่าย, 7 ปี 3 เดือน, และ 7 ปี ตามลำดับ

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย เข้าใช้สองบริการโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน (จำลองแบบ NB6)**

ตารางที่ 3.23 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % กับแถบความถี่กว้าง (Broadband) 5% รวมเดือนละ (750+1,250) = 2,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	1,288	0.01	2,000	2 ปี 3 เดือน	288,849
All-Fiber Double-Star	91,600	2,656	0.01	2,000	6 ปี 1 เดือน	106,847
Hybrid Double-Star	50,800	1,473	0.01	2,000	2 ปี 4 เดือน	264,180
Hybrid Bus	49,600	1,438	0.01	2,000	2 ปี 7 เดือน	268,812

เป็นการจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการสองอย่างในคู่สายเดียวกัน โดยผลตอบแทนแรกเป็นรายได้เฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 1,024 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 100 ของผู้ใช้ทั้งหมด) ทำการเรียกใช้บริการโทรศัพท์หรือบริการความถี่แถบแคบ(Narrowband) และผลตอบแทนที่สองเป็นรายได้ที่รวมค่าดำเนินการเข้าใช้บริการความถี่แถบกว้าง(Broadband) เฉลี่ยเดือนละ 25,000 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 51 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 5 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เมื่อคำนวณโดยเฉลี่ยต่อเลขหมายแล้วจะมีรายได้ รวมประมาณ 750 + 1,250 บาท โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของเทคโนโลยีทางเลือกข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส (Hybrid bus)เป็นสัดส่วนกับต้นทุน(ร้อยละ 29) 1,288 บาทต่อปี หรือ 107.33 บาทต่อเดือน, 2,656 บาทต่อปีหรือ 221.33 บาทต่อเดือน, 1,473 บาทต่อปีหรือ 123 บาทต่อเดือน, 1,438 บาทต่อปีหรือ 120 บาทต่อเดือนตามลำดับ (ตารางที่ 3.23)

การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามสูตรทางคณิตศาสตร์ข้างล่างพบว่าเทคโนโลยีทางเลือกข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส(Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 2 ปี 3 เดือน, 6 ปี 1 เดือน, 2 ปี 4 เดือน, และ 2 ปี 7 เดือน ตามลำดับ

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย เข้าใช้สองบริการโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน (จำลองแบบ NB7)**

ตารางที่ 3.24 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % กับแถบความถี่กว้าง (Broadband) 10% รวมเดือนละ (750+2,500) = 3,250 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	1,288	0.01	3,250	1 ปี 4 เดือน	576,397
All-Fiber Double-Star	91,600	2,656	0.01	3,250	3 ปี 1 เดือน	394,395
Hybrid Double-Star	50,800	1,473	0.01	3,250	1 ปี 6 เดือน	551,729
Hybrid Bus	49,600	1,438	0.01	3,250	1 ปี 6 เดือน	556,360

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการสองอย่างในคู่สายเดียวกัน โดยผลตอบแทนแรกเป็นรายได้เฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 1,024 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 100 ของผู้ใช้ทั้งหมด) ทำการเรียกใช้บริการโทรศัพท์หรือบริการความถี่แถบแคบ(Narrowband) และผลตอบแทนที่สองเป็นรายได้ที่รวมค่าดำเนินการเข้าใช้บริการความถี่แถบกว้าง(Broadband) เฉลี่ยเดือนละ 25,000 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 102 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 10 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เมื่อคำนวณโดยเฉลี่ยต่อเลขหมายแล้วจะมีรายได้ รวมประมาณ 750 + 2,500 บาท โดยมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของเทคโนโลยีทางเลือกข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส (Hybrid bus)เป็นสัดส่วนกับต้นทุน(ร้อยละ 29) 1,288 บาทต่อปี หรือ 107.33 บาทต่อเดือน, 2,656 บาทต่อปีหรือ 221.33 บาทต่อเดือน, 1,473 บาทต่อปีหรือ 123 บาทต่อเดือน, 1,438 บาทต่อปีหรือ 120 บาทต่อเดือนตามลำดับ (ตารางที่ 3.24)

การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามสูตรทางคณิตศาสตร์พบว่าเทคโนโลยีทางเลือกข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส(Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 1 ปี 4 เดือน, 3 ปี 1 เดือน, 1 ปี 6 เดือน, และ 1 ปี 6 เดือน ตามลำดับ

- **ผู้ใช้ทั้ง 1,024 ราย เข้าใช้สองบริการโดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน (จำลองแบบ NB8)**

ตารางที่ 3.25 แสดงระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการแถบความถี่แคบ(Narrowband) 100 % กับแถบความถี่กว้าง (Broadband) 25% รวมเดือนละ (750+6,250) = 7,000 บาท โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน

โครงข่าย	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (% / เดือน)	รายได้ (บาท)	ระยะคุ้มทุน	กำไร (ขาดทุน) ที่ปลายปีที่ 10 (บาท)
DLC	44,400	1,288	0.01	7,000	7 เดือน	1,439,043
All-Fiber Double-Star	91,600	2,656	0.01	7,000	1 ปี 3 เดือน	1,257,040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hybrid Double-Star	50,800	1,473	0.01	7,000	8 เดือน	1,414,374
Hybrid Bus	49,600	1,438	0.01	7,000	8 เดือน	1,419,005

เป็นการจำลองให้มีรายได้จากการใช้บริการสองอย่างในคู่สายเดียวกัน โดยผลตอบแทนแรกเป็นรายได้เฉลี่ยเดือนละ 750 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 1,024 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 100 ของผู้ใช้ทั้งหมด) ทำการเรียกใช้บริการโทรศัพท์หรือบริการความถี่แถบแคบ(Narrowband) และผลตอบแทนที่สองเป็นรายได้ที่รวมค่าดำเนินการเข้าใช้บริการความถี่แถบกว้าง(Broadband) เฉลี่ยเดือนละ 25,000 บาทต่อเลขหมาย ซึ่งเกิดจากผู้ใช้ทั้งหมด 256 ราย (เท่ากับ ร้อยละ 25 ของผู้ใช้ทั้งหมด) เมื่อคำนวณโดยเฉลี่ยต่อเลขหมายแล้วจะมีรายได้ รวมประมาณ 750 + 6,250 บาท โดยมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาของเทคโนโลยีทางเลือกข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส (Hybrid bus)เป็นสัดส่วนกับต้นทุน(ร้อยละ 29) 1,288 บาทต่อปี หรือ 107.33 บาทต่อเดือน, 2,656 บาทต่อปีหรือ 221.33 บาทต่อเดือน, 1,473 บาทต่อปีหรือ 123 บาทต่อเดือน, 1,438 บาทต่อปีหรือ 120 บาทต่อเดือนตามลำดับ (ตารางที่ 3.25)

การจำลองแบบนี้เมื่อคำนวณตามสูตรทางคณิตศาสตร์พบว่าเทคโนโลยีทางเลือกข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier), ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star), ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double star), ข่ายสายแบบสายร่วมบัส(Hybrid bus) จะมีระยะเวลาคุ้มทุนในเวลา 7 เดือน, 1 ปี 3 เดือน, 8 เดือนและ 8 เดือน ตามลำดับ

3.6.1 ผลสรุปกรณีจำลองจุดคุ้มทุนในระยะเวลา 10 ปี

จากที่ได้กล่าวถึงแบบจำลองของจุดคุ้มทุนแบบต่างๆของเทคโนโลยีทางเลือกโครงข่ายต่างๆโดยละเอียดและสรุปไว้ในตารางที่ 3.16 ถึงตารางที่ 3.25 นั้นพอจะนำความแตกต่างของระยะเวลาคุ้มทุนของโครงข่ายแต่ละแบบมาเปรียบเทียบให้เห็นอย่างง่ายๆเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีทางเลือกดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **กรณีค่าบำรุงรักษาคงที่**

ตารางที่ 3.26 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าบำรุงรักษาคงที่

โครงข่าย	ระยะคุ้มทุน				
	N	NB1	NB2	NB3	NB4
DLC	(20,016)*	6 ปี 10 เดือน	2 ปี 5 เดือน	1 ปี 4 เดือน	7 เดือน
All-Fiber 2 Star	รายได้ < ค่าใช้จ่าย**	รายได้ < ค่าใช้จ่าย**	6 ปี	3 ปี	1 ปี 3 เดือน
Hybrid 2 Star	(41,138)*	8 ปี 6 เดือน	2 ปี 10 เดือน	1 ปี 7 เดือน	8 เดือน
Hybrid bus	(37,178)*	8 ปี 2 เดือน	2 ปี 9 เดือน	1 ปี 6 เดือน	8 เดือน

หมายเหตุ

* : แบบจำลอง N ขาดทุน(บาท)ที่ปลายปีที่ 10 (อุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน)

** : แบบจำลอง N และ NB1 รายได้ยังน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่ปลายปีที่ 10 (อุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน)

N : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือ Narrowband 100% เดือนละ 750 บาท

NB1 : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จาก Narrowband 100% กับ Broadband 1% รวมเดือนละ (750+250) = 1,000 บาท

NB2 : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จาก Narrowband 100% กับ Broadband 5% รวมเดือนละ (750+1250) = 2,000 บาท

NB3 : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จาก Narrowband 100% กับ Broadband 10% รวมเดือนละ (750+2500) = 3,250 บาท

NB4 : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จาก Narrowband 100% กับ Broadband 25% รวมเดือนละ (750+6250) = 7,000 บาท

- **ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC : Digital Loop Carrier)**

ตารางที่ 3.26 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ ทางเลือกแบบนี้เมื่อจำลองแบบ N แล้ว ในปลายปีที่ 10 ซึ่งถือว่าอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานค่าดำเนินการและบำรุงรักษาจะเพิ่มสูงไม่สมควรจะทำการบำรุงรักษาหรือนำมาให้บริการอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปแล้วจะยังขาดทุนอยู่ 20,016 บาท หากจำลองแบบ NB1 จะพบจุดคุ้มทุนใน 6 ปี 10 เดือน, หากจำลองแบบ NB2, NB3, NB4 จะพบจุดคุ้มทุนใน 2 ปี 5 เดือน, 1 ปี 4 เดือนและ 7 เดือน ตามลำดับ

- **ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star)**

ตารางที่ 3.26 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ ทางเลือกแบบนี้เมื่อจำลองแบบ N และ NB1 แล้ว ในปลายปีที่ 10 ซึ่งถือว่าอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานค่าดำเนินการ และบำรุงรักษาจะเพิ่มสูงไม่สมควรจะทำการบำรุงรักษาหรือนำมาให้บริการอีกต่อไปแล้ว จะยังมีรายได้น้อยกว่าค่าใช้จ่ายมาก(แสดงในตารางที่ 3.34) จะขาดทุนหากจำลองแบบ NB2 จะพบจุดคุ้มทุนใน 6 ปี, หากจำลองแบบ , NB3, NB4 จะพบจุดคุ้มทุนใน 3 ปี, และ 1 ปี 3 เดือน ตามลำดับ

- **ข่ายสายแบบผสม(Hybrid Double Star)**

ตารางที่ 3.26 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ ทางเลือกแบบนี้เมื่อจำลองแบบ N แล้ว ในปลายปีที่ 10 ซึ่งถือว่าอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานค่าดำเนินการ และบำรุงรักษาจะเพิ่มสูงไม่สมควรจะทำการบำรุงรักษาหรือนำมาให้บริการอีกต่อไปแล้วจะยังขาดทุนอยู่ 41,138 บาท หากจำลองแบบ NB1 จะพบจุดคุ้มทุนใน 8 ปี 6 เดือน, หากจำลองแบบ NB2, NB3, NB4 จะพบจุดคุ้มทุนใน 2 ปี 10 เดือน, 1 ปี 7 เดือนและ 8 เดือน ตามลำดับ

- **ข่ายสายแบบสายร่วม(Hybrid bus)**

ตารางที่ 3.26 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ ทางเลือกแบบนี้เมื่อจำลองแบบ N แล้ว ในปลายปีที่ 10 ซึ่งถือว่าอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานค่าดำเนินการ และบำรุงรักษาจะเพิ่มสูงไม่สมควรจะทำการบำรุงรักษาหรือนำมาให้บริการอีกต่อไปแล้วจะยังขาดทุนอยู่ 37,178 บาท หากจำลองแบบ NB1 จะพบจุดคุ้มทุนใน 8 ปี 2 เดือน, หากจำลองแบบ NB2, NB3, NB4 จะพบจุดคุ้มทุนใน 2 ปี 9 เดือน, 1 ปี 6 เดือนและ 8 เดือน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **กรณีค่าบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน**

ตารางที่ 3.27 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน

โครงข่าย	ระยะคุ้มทุน				
	N1	NB5	NB6	NB7	NB8
DLC	9 ปี 10 เดือน	5 ปี 10 เดือน	2 ปี 3 เดือน	1 ปี 4 เดือน	7 เดือน
All-Fiber 2 Star	รายได้ < ค่าใช้จ่าย**	รายได้ < ค่าใช้จ่าย**	6 ปี 1 เดือน	3 ปี 1 เดือน	1 ปี 3 เดือน
Hybrid 2 Star	(23,368)*	7 ปี 3 เดือน	2 ปี 4 เดือน	1 ปี 6 เดือน	8 เดือน
Hybrid bus	(18,736)*	7 ปี	2 ปี 7 เดือน	1 ปี 6 เดือน	8 เดือน

หมายเหตุ

* : แบบจำลอง N ขาดทุน(บาท)ที่ปลายปีที่ 10 (อุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน)

** : แบบจำลอง N1 และ NB1 รายได้ยังน้อยกว่าค่าใช้จ่ายที่ปลายปีที่ 10 (อุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน)

N1 : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือ Narrowband 100% เดือนละ 750 บาท

NB5 : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จาก Narrowband 100% กับ Broadband 1% รวมเดือนละ (750+250) = 1,000 บาท

NB6 : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จาก Narrowband 100% กับ Broadband 5% รวมเดือนละ (750+1250) = 2,000 บาท

NB7 : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จาก Narrowband 100% กับ Broadband 10% รวมเดือนละ (750+2500) = 3,250 บาท

NB8 : ระยะคุ้มทุนเมื่อรายได้จาก Narrowband 100% กับ Broadband 25% รวมเดือนละ (750+6250) = 7,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC : Digital Loop Carrier)**

ตารางที่ 3.27 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน ทางเลือกแบบนี้เมื่อจำลองแบบ N1 แล้ว จะพบจุดคุ้มทุนใน 9 ปี 10 เดือนในปลายปีที่ 10 ซึ่งถือว่าอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานค่าดำเนินการและบำรุงรักษาจะเพิ่มสูงไม่สมควรจะทำการบำรุงรักษาหรือนำมาให้บริการอีกต่อไปแล้วจะเริ่มมีกำไร 1,301 บาท หากจำลองแบบ NB5 จะพบจุดคุ้มทุนใน 5 ปี 10 เดือน, หากจำลองแบบ NB6, NB7, NB8 จะพบจุดคุ้มทุนใน 2 ปี 3 เดือน, 1 ปี 4 เดือนและ 7 เดือน ตามลำดับ

- **ข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber 2 Star)**

ตารางที่ 3.27 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน ทางเลือกแบบนี้เมื่อจำลองแบบ N1 และ NB5 แล้ว ในปลายปีที่ 10 ซึ่งถือว่าอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานค่าดำเนินการและบำรุงรักษาจะเพิ่มสูงไม่สมควรจะทำการบำรุงรักษาหรือนำมาให้บริการอีกต่อไปแล้ว จะยังมีรายได้น้อยกว่าค่าใช้จ่ายมาก (แสดงในตารางที่ 3.34) หากจำลองแบบ NB6 จะพบจุดคุ้มทุนใน 6 ปี 1 เดือน, หากจำลองแบบ , NB7, NB8 จะพบจุดคุ้มทุนใน 3 ปี 1 เดือน, และ 1 ปี 3 เดือน ตามลำดับ

- **ข่ายสายแบบผสม(Hybrid 2 star)**

ตารางที่ 3.27 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน ทางเลือกแบบนี้เมื่อจำลองแบบ N1 แล้ว ในปลายปีที่ 10 ซึ่งถือว่าอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานค่าดำเนินการและบำรุงรักษาจะเพิ่มสูงไม่สมควรจะทำการบำรุงรักษาหรือนำมาให้บริการอีกต่อไปแล้วจะยังขาดทุนอยู่ 23,168 บาท หากจำลองแบบ NB5 จะพบจุดคุ้มทุนใน 7 ปี 3 เดือน, หากจำลองแบบ NB6, NB7, NB8 จะพบจุดคุ้มทุนใน 2 ปี 4 เดือน, 1 ปี 6 เดือนและ 8 เดือน ตามลำดับ

- **ข่ายสายแบบสายร่วม(Hybrid bus)**

ตารางที่ 3.27 แสดงสรุประยะคุ้มทุนของเทคโนโลยีทางเลือกเมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน ทางเลือกแบบนี้เมื่อจำลองแบบ N1 แล้ว ในปลายปีที่ 10 ซึ่งถือว่าอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานค่าดำเนินการและบำรุงรักษาจะเพิ่มสูงไม่สมควรจะทำการบำรุงรักษาหรือนำมาให้บริการอีกต่อไปแล้วจะยังขาดทุนอยู่ 18,736 บาท หากจำลองแบบ NB5 จะพบจุดคุ้มทุนใน 7 ปี, หากจำลองแบบ NB6, NB7, NB8 จะพบจุดคุ้มทุนใน 2 ปี 7 เดือน, 1 ปี 6 เดือนและ 8 เดือน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 กรณีจำลองจุดคุ้มทุนในระยะเวลา 3 ปี

ในการศึกษาตามแบบจำลองนี้พบว่าหากมีรายได้เฉลี่ยจากการใช้บริการโทรศัพท์รายละ 750 บาทต่อเดือนทั้ง 1,024 ราย(จำนวน 100 %) และบริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband) 10 ราย (จำนวน 1%) โดยมีความต้องการพบจุดคุ้มทุนในเวลา 3 ปี จะต้องหารายได้เพิ่มจากการให้บริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband) ซึ่งจะแปรเปลี่ยนตามมูลค่าการลงทุนของข่ายสายแต่ละแบบ

ดังตารางที่ 3.28 จะเห็นว่าในข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC)ที่มีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 2,400 บาทนั้น หากต้องการพบจุดคุ้มทุนใน 3 ปี จะต้องมีรายจากบริการสัญญาณแถบกว้าง (Broadband)เฉลี่ย 925 บาทต่อเดือนต่อรายนั่นหมายความว่าอย่างน้อยค่าบริการรายเดือนของบริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband)จะเป็น 94,720 บาทต่อเดือน ซึ่งแตกต่างกับแบบจำลองระยะคุ้มทุนในเวลา 10 ปี ที่ค่าบริการรายเดือนเพียง 25,000 บาทต่อเดือนเท่านั้น ส่วนข่ายสายในแบบข่ายเส้นใยนำแสง(All Double Star), ข่ายสายแบบผสม(Hybrid Double star)และข่ายสายแบบสายร่วม(Hybrid bus) จะมีค่าบริการรายเดือน 255,283 บาท, 116,531 บาท, 116,531 บาทตามลำดับ

กรณีต้องการพบจุดคุ้มทุนใน 3 ปีเช่นเดิม เมื่อผู้ใช้บริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5, ร้อยละ 10, ร้อยละ 25 และค่าบริการของสัญญาณแถบกว้างรายเดือนจะลดลงเป็น 18,573 บาท, 50,056 บาท, 22,849 บาท, 22,046 บาทตามลำดับ

ตารางที่ 3.28 แสดงรายได้เพื่อให้คุ้มทุนใน 3 ปี จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100% (คงที่)กับสัญญาณแถบกว้าง1%(แปรเปลี่ยน) เมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่

โครงข่าย	ต้นทุน (คงที่) (บาท)	O&M (บาท) *	ค.บ. (ร้อยละ) **	ระยะคุ้มทุน	รายได้ (คงที่) (บาท) ***	รายได้/ราย (แปรเปลี่ยน) (บาท) ****	ค่าบริการรายเดือนเฉลี่ย (บาท)
DLC	44,400	2,400	1%	3 ปี	750	925	94,720
All Fiber 2-Star	91,600	2,400	1%	3 ปี	750	2,493	255,283
Hybrid 2-Star	50,800	2,400	1%	3 ปี	750	1,138	116,531
Hybrid Bus	49,600	2,400	1%	3 ปี	750	1,098	112,435

<u>หมายเหตุ</u>

* : O&M (ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

** : ด.บ. (อัตราดอกเบี้ยต่อเดือน)

*** : รายได้จาก บริการโทรศัพท์และสัญญาณแถบแคบ(Narrowband) (คงที่)

**** : รายได้จากบริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband)(แปรเปลี่ยนที่ต้องการ)

ในการศึกษาตามแบบจำลองนี้พบว่าหากมีรายได้เฉลี่ยจากการใช้บริการโทรศัพท์รายละ 750 บาทต่อเดือนทั้ง 1,024 ราย(จำนวน 100 %) และบริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband) 10 ราย (จำนวน 1%) โดยมีความต้องการพบจุดคุ้มทุนในเวลา 3 ปี จะต้องหารายได้เพิ่มจากการให้บริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband) ซึ่งจะแปรเปลี่ยนตามมูลค่าการลงทุนของข่ายสายแต่ละแบบ ดังตารางที่ 3.29 จะเห็นว่าในข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC)ที่มีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน 1,288 บาทนั้น หากต้องการพบจุดคุ้มทุนใน 3 ปี จะต้องมีรายจากบริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband)เฉลี่ย 833 บาทต่อเดือนต่อราย นั่นหมายความว่าอย่างน้อยค่าบริการรายเดือนของบริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband)จะเป็น 85,299 บาทต่อเดือน ซึ่งแตกต่างกับแบบจำลองระยะคุ้มทุนในเวลา 10 ปี ที่ค่าบริการรายเดือนเพียง 25,000 บาทต่อเดือนเท่านั้น ส่วนข่ายสายในแบบข่ายเส้นใยนำแสง(All Double Star), ข่ายสายแบบผสม(Hybrid Double star)และข่ายสายแบบสายร่วม(Hybrid bus) จะมีค่าบริการรายเดือน 257,433 บาท, 108,646 บาท, 104,243 บาทตามลำดับ

กรณีต้องการพบจุดคุ้มทุนใน 3 ปีเช่นเดิม เมื่อผู้ใช้บริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5, ร้อยละ 10, ร้อยละ 25 และค่าบริการของสัญญาณแถบกว้างรายเดือนจะลดลงเป็น 16,725 บาท, 50,477 บาท, 21,303 บาท, 20,440 บาทตามลำดับ

ตารางที่ 3.29 แสดงรายได้เพื่อให้คุ้มทุนใน 3 ปี จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100% (คงที่)กับสัญญาณแถบกว้าง1%(แปรเปลี่ยน) เมื่อค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน

โครงข่าย	ต้นทุน (คงที่) (บาท)	O&M (บาท) *	ด.บ. (ร้อยละ) **	ระยะคุ้มทุน	รายได้ (คงที่) (บาท)**	รายได้/ราย (แปรเปลี่ยน) (บาท)****	ค่าบริการรายเดือน (บาท)
DLC	44,400	1,288	1%	3 ปี	750	833	85,299
All Fiber 2-Star	91,600	2,656	1%	3 ปี	750	2514	257,433
Hybrid 2-Star	50,800	1,473	1%	3 ปี	750	1061	108,646
Hybrid Bus	49,600	1,438	1%	3 ปี	750	1018	104,243

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

* : O&M (ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา) ** : ด.บ. (อัตราดอกเบี้ยต่อเดือน)

*** : รายได้จาก บริการโทรศัพท์และสัญญาณแถบแคบ(Narrowband)(คงที่)

**** : รายได้จากบริการสัญญาณแถบกว้าง(Broadband)(แปรเปลี่ยน)ที่ต้องการ

ผลสรุปกรณีจำลองให้พบจุดคุ้มทุนในระยะเวลา 3 ปี

ในทางปฏิบัติแล้วค่าบริการรายเดือนจะกำหนดอัตราไว้เป็นค่าคงที่ตายตัวโดยอาศัยการคิดจากต้นทุนทั้งหมดหากต้องการให้พบจุดคุ้มทุนเร็วจะต้องอาศัยหลักการตลาดระดมความสามารถให้มีผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังจะเห็นได้จากการศึกษานี้ว่าเมื่อจำลองให้จำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นจุดคุ้มทุนจะมีระยะเวลาสั้นลง หรือในทางตรงกันข้ามหากจำลองให้ระยะคุ้มทุนไว้เป็นค่าคงที่ 3 ปีแล้วเมื่อผู้ใช้เพิ่มขึ้นค่าบริการจะลดลงแทน อย่างไรก็ตามทั้งสองแนวคิดนี้จะให้ผลในทิศทางเดียวกัน

3.8 การวิเคราะห์รายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star)

ในการจำลองพบว่าข่ายเส้นใยแบบนี้มูลค่าการลงทุนสูงกว่าแบบอื่นๆ ผู้ใช้จะเป็นกลุ่มที่ต้องการแถบสัญญาณกว้างมากซึ่งไม่แน่นอนว่าจะรวมกลุ่มอยู่ใกล้เคียงกันและมีจำนวนไม่มากรายได้จึงน้อยกว่ารายจ่าย การจะให้พบกับจุดคุ้มทุนจึงจะต้องกำหนดอัตราค่าบริการสูงกว่าปกติ

ตามตารางที่ 3.30 ถึง 3.33 จะเห็นว่ารายได้หลังหักค่าใช้จ่ายจะน้อยลงไปเรื่อยๆจนอุปกรณ์หมดอายุการใช้งาน เช่นตารางที่ 3.30 แสดงให้เห็นว่าเมื่อให้บริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบนั้นจะมีรายได้เดือนละ 750 บาทต่อรายต่อเดือน ในเดือนแรกจะมีรายได้น้อยกว่ารายจ่าย 366 บาทและจะเป็น 369.66 บาทในเดือนที่สามและจะมากขึ้นเรื่อยๆจนหมดอายุการใช้งาน ตารางที่ 3.31 ถึง 3.33 ก็จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน

ตารางที่ 3.30 แสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star)โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 บาท

เดือนที่	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ยอดยกมา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (ร้อยละ)	ดอกเบี้ยจ่าย (บาท)	O&M (บาท)	รวมจ่าย (บาท)	คงเหลือ (บาท)	รายได้ (บาท)	คงเหลือสุทธิ (บาท)	รายได้หักค่าใช้จ่าย (บาท)
1	91,600	91,600.00	1	916.00	200	1,116.00	92,716.00	750	91,966.00	-366.00
2		91966.00		919.66	200	1,119.66	93,085.66	750	92,335.66	-369.66
3		92335.66		923.36	200	1,123.36	93,459.02	750	92,709.02	-373.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.31 แสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บาท

เดือนที่	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ยอดยกมา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (ร้อยละ)	ดอกเบี้ยจ่าย (บาท)	O&M (บาท)	รวมจ่าย (บาท)	คงเหลือ (บาท)	รายได้ (บาท)	คงเหลือสุทธิ (บาท)	รายได้หักค่าใช้จ่าย (บาท)
1	91,600	91,600.00	1	916.00	200	1,116.00	92,716.00	1,000	91,966.00	-116.00
2		91,966.00		919.66	200	1,119.66	93,085.66	1,000	92,335.66	-119.66
3		92,335.66		923.36	200	1,123.36	93,459.02	1,000	92,709.02	-123.36

ตารางที่ 3.32 แสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุนเมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 บาท

เดือนที่	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ยอดยกมา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (ร้อยละ)	ดอกเบี้ยจ่าย (บาท)	O&M (บาท)	รวมจ่าย (บาท)	คงเหลือ (บาท)	รายได้ (บาท)	คงเหลือสุทธิ (บาท)	รายได้หักค่าใช้จ่าย (บาท)
1	91,600	91,600.00	1	916.00	221.33	1,116.00	92,716.00	750	91,966.00	-366.00
2		91,966.00		919.66	221.33	1,119.66	93,085.66	750	92,335.66	-369.66
3		92,335.66		923.36	221.33	1,123.36	93,459.02	750	92,709.02	-373.36

ตารางที่ 3.33 แสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุนเมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บาท

เดือนที่	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ยอดยกมา (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (ร้อยละ)	ดอกเบี้ยจ่าย (บาท)	O&M (บาท)	รวมจ่าย (บาท)	คงเหลือ (บาท)	รายได้ (บาท)	คงเหลือสุทธิ (บาท)	รายได้หักค่าใช้จ่าย (บาท)
1	91,600	91,600.00	1	916.00	221.33	1,116.00	92,716.00	1,000	91,966.00	-116.00
2		91,966.00		919.66	221.33	1,119.66	93,085.66	1,000	92,335.66	-119.66
3		92,335.66		923.36	221.33	1,123.36	93,459.02	1,000	92,709.02	-123.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บาท

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
1	91600	91600.00	0.01	916.00	221.33	1137.33	92737.33	1000	91737.33
2		91737.33		917.37		1138.71	92876.04		91876.04
3		91876.04		918.76		1140.09	93016.13		92016.13
4		92016.13		920.16		1141.49	93157.63		92157.63
5		92157.63		921.58		1142.91	93300.54		92300.54
6		92300.54		923.01		1144.34	93444.88		92444.88
7		92444.88		924.45		1145.78	93590.66		92590.66
8		92590.66		925.91		1147.24	93737.90		92737.90
9		92737.90		927.38		1148.71	93886.61		92886.61
10		92886.61		928.87		1150.20	94036.81		93036.81
11		93036.81		930.37		1151.70	94188.51		93188.51
12		93188.51		931.89		1153.22	94341.73		93341.73
13		93341.73		933.42		1154.75	94496.48		93496.48
14		93496.48		934.96		1156.30	94652.78		93652.78
15		93652.78		936.53		1157.86	94810.64		93810.64
16		93810.64		938.11		1159.44	94970.08		93970.08
17		93970.08		939.70		1161.03	95131.11		94131.11
18		94131.11		941.31		1162.64	95293.76		94293.76
19		94293.76		942.94		1164.27	95458.03		94458.03
20		94458.03		944.58		1165.91	95623.94		94623.94
21		94623.94		946.24		1167.57	95791.52		94791.52
22		94791.52		947.92		1169.25	95960.76		94960.76
23		94960.76		949.61		1170.94	96131.71		95131.71
24		95131.71		951.32		1172.65	96304.36		95304.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บ (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
25		95304.36		953.04		1174.38	96478.73		95478.73
26		95478.73		954.79		1176.12	96654.85		95654.85
27		95654.85		956.55		1177.88	96832.74		95832.74
28		95832.74		958.33		1179.66	97012.40		96012.40
29		96012.40		960.12		1181.46	97193.85		96193.85
30		96193.85		961.94		1183.27	97377.13		96377.13
31		96377.13		963.77		1185.10	97562.23		96562.23
32		96562.23		965.62		1186.96	97749.19		96749.19
33		96749.19		967.49		1188.83	97938.01		96938.01
34		96938.01		969.38		1190.71	98128.72		97128.72
35		97128.72		971.29		1192.62	98321.34		97321.34
36		97321.34		973.21		1194.55	98515.89		97515.89
37		97515.89		975.16		1196.49	98712.38		97712.38
38		97712.38		977.12		1198.46	98910.84		97910.84
39		97910.84		979.11		1200.44	99111.28		98111.28
40		98111.28		981.11		1202.45	99313.73		98313.73
41		98313.73		983.14		1204.47	99518.20		98518.20
42		98518.20		985.18		1206.52	99724.71		98724.71
43		98724.71		987.25		1208.58	99933.30		98933.30
44		98933.30		989.33		1210.67	100143.96		99143.96
45		99143.96		991.44		1212.77	100356.73		99356.73
46		99356.73		993.57		1214.90	100571.63		99571.63
47		99571.63		995.72		1217.05	100788.68		99788.68
48		99788.68		997.89		1219.22	101007.90		100007.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บ (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
49		100007.90		1000.08		1221.41	101229.32		100229.32
50		100229.32		1002.29		1223.63	101452.94		100452.94
51		100452.94		1004.53		1225.86	101678.81		100678.81
52		100678.81		1006.79		1228.12	101906.93		100906.93
53		100906.93		1009.07		1230.40	102137.33		101137.33
54		101137.33		1011.37		1232.71	102370.04		101370.04
55		101370.04		1013.70		1235.03	102605.07		101605.07
56		101605.07		1016.05		1237.38	102842.45		101842.45
57		101842.45		1018.42		1239.76	103082.21		102082.21
58		102082.21		1020.82		1242.16	103324.37		102324.37
59		102324.37		1023.24		1244.58	103568.95		102568.95
60		102568.95		1025.69		1247.02	103815.97		102815.97
61		102815.97		1028.16		1249.49	104065.46		103065.46
62		103065.46		1030.65		1251.99	104317.45		103317.45
63		103317.45		1033.17		1254.51	104571.96		103571.96
64		103571.96		1035.72		1257.05	104829.01		103829.01
65		103829.01		1038.29		1259.62	105088.63		104088.63
66		104088.63		1040.89		1262.22	105350.85		104350.85
67		104350.85		1043.51		1264.84	105615.69		104615.69
68		104615.69		1046.16		1267.49	105883.18		104883.18
69		104883.18		1048.83		1270.17	106153.35		105153.35
70		105153.35		1051.53		1272.87	106426.22		105426.22
71		105426.22		1054.26		1275.60	106701.81		105701.81
72		105701.81		1057.02		1278.35	106980.16		105980.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บ (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
73		105980.16		1059.80		1281.13	107261.30		106261.30
74		106261.30		1062.61		1283.95	107545.25		106545.25
75		106545.25		1065.45		1286.79	107832.03		106832.03
76		106832.03		1068.32		1289.65	108121.68		107121.68
77		107121.68		1071.22		1292.55	108414.23		107414.23
78		107414.23		1074.14		1295.48	108709.71		107709.71
79		107709.71		1077.10		1298.43	109008.14		108008.14
80		108008.14		1080.08		1301.41	109309.56		108309.56
81		108309.56		1083.10		1304.43	109613.98		108613.98
82		108613.98		1086.14		1307.47	109921.46		108921.46
83		108921.46		1089.21		1310.55	110232.01		109232.01
84		109232.01		1092.32		1313.65	110545.66		109545.66
85		109545.66		1095.46		1316.79	110862.45		109862.45
86		109862.45		1098.62		1319.96	111182.41		110182.41
87		110182.41		1101.82		1323.16	111505.56		110505.56
88		110505.56		1105.06		1326.39	111831.95		110831.95
89		110831.95		1108.32		1329.65	112161.61		111161.61
90		111161.61		1111.62		1332.95	112494.56		111494.56
91		111494.56		1114.95		1336.28	112830.83		111830.83
92		111830.83		1118.31		1339.64	113170.48		112170.48
93		112170.48		1121.70		1343.04	113513.51		112513.51
94		112513.51		1125.14		1346.47	113859.98		112859.98
95		112859.98		1128.60		1349.93	114209.92		113209.92
96		113209.92		1132.10		1353.43	114563.35		113563.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250.บ (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
97		113563.35		1135.63		1356.97	114920.31		113920.31
98		113920.31		1139.20		1360.54	115280.85		114280.85
99		114280.85		1142.81		1364.14	115644.99		114644.99
100		114644.99		1146.45		1367.78	116012.78		115012.78
101		115012.78		1150.13		1371.46	116384.24		115384.24
102		115384.24		1153.84		1375.18	116759.41		115759.41
103		115759.41		1157.59		1378.93	117138.34		116138.34
104		116138.34		1161.38		1382.72	117521.06		116521.06
105		116521.06		1165.21		1386.54	117907.60		116907.60
106		116907.60		1169.08		1390.41	118298.01		117298.01
107		117298.01		1172.98		1394.31	118692.32		117692.32
108		117692.32		1176.92		1398.26	119090.58		118090.58
109		118090.58		1180.91		1402.24	119492.82		118492.82
110		118492.82		1184.93		1406.26	119899.08		118899.08
111		118899.08		1188.99		1410.32	120309.41		119309.41
112		119309.41		1193.09		1414.43	120723.83		119723.83
113		119723.83		1197.24		1418.57	121142.40		120142.40
114		120142.40		1201.42		1422.76	121565.16		120565.16
115		120565.16		1205.65		1426.98	121992.15		120992.15
116		120992.15		1209.92		1431.25	122423.40		121423.40
117		121423.40		1214.23		1435.57	122858.97		121858.97
118		121858.97		1218.59		1439.92	123298.89		122298.89
119		122298.89		1222.99		1444.32	123743.21		122743.21
120		122743.21		1227.43		1448.77	124191.98		123191.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บ (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
121		123191.98		1231.92		1453.25	124645.23		123645.23
122		123645.23		1236.45		1457.79	125103.02		124103.02
123		124103.02		1241.03		1462.36	125565.38		124565.38
124		124565.38		1245.65		1466.99	126032.37		125032.37
125		125032.37		1250.32		1471.66	126504.03		125504.03
126		125504.03		1255.04		1476.37	126980.40		125980.40
127		125980.40		1259.80		1481.14	127461.54		126461.54
128		126461.54		1264.62		1485.95	127947.49		126947.49
129		126947.49		1269.47		1490.81	128438.29		127438.29
130		127438.29		1274.38		1495.72	128934.01		127934.01
131		127934.01		1279.34		1500.67	129434.68		128434.68
132		128434.68		1284.35		1505.68	129940.36		128940.36
133		128940.36		1289.40		1510.74	130451.10		129451.10
134		129451.10		1294.51		1515.84	130966.95		129966.95
135		129966.95		1299.67		1521.00	131487.95		130487.95
136		130487.95		1304.88		1526.21	132014.16		131014.16
137		131014.16		1310.14		1531.47	132545.64		131545.64
138		131545.64		1315.46		1536.79	133082.43		132082.43
139		132082.43		1320.82		1542.16	133624.58		132624.58
140		132624.58		1326.25		1547.58	134172.16		133172.16
141		133172.16		1331.72		1553.05	134725.22		133725.22
142		133725.22		1337.25		1558.59	135283.80		134283.80
143		134283.80		1342.84		1564.17	135847.97		134847.97
144		134847.97		1348.48		1569.81	136417.79		135417.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บ (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
145		135417.79		1354.18		1575.51	136993.30		135993.30
146		135993.30		1359.93		1581.27	137574.57		136574.57
147		136574.57		1365.75		1587.08	138161.64		137161.64
148		137161.64		1371.62		1592.95	138754.59		137754.59
149		137754.59		1377.55		1598.88	139353.47		138353.47
150		138353.47		1383.53		1604.87	139958.34		138958.34
151		138958.34		1389.58		1610.92	140569.26		139569.26
152		139569.26		1395.69		1617.03	141186.28		140186.28
153		140186.28		1401.86		1623.20	141809.48		140809.48
154		140809.48		1408.09		1629.43	142438.91		141438.91
155		141438.91		1414.39		1635.72	143074.63		142074.63
156		142074.63		1420.75		1642.08	143716.71		142716.71
157		142716.71		1427.17		1648.50	144365.21		143365.21
158		143365.21		1433.65		1654.99	145020.20		144020.20
159		144020.20		1440.20		1661.54	145681.73		144681.73
160		144681.73		1446.82		1668.15	146349.88		145349.88
161		145349.88		1453.50		1674.83	147024.71		146024.71
162		146024.71		1460.25		1681.58	147706.29		146706.29
163		146706.29		1467.06		1688.40	148394.69		147394.69
164		147394.69		1473.95		1695.28	149089.97		148089.97
165		148089.97		1480.90		1702.23	149792.20		148792.20
166		148792.20		1487.92		1709.26	150501.46		149501.46
167		149501.46		1495.01		1716.35	151217.81		150217.81
168		150217.81		1502.18		1723.51	151941.32		150941.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star)โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บ (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
169		150941.32		1509.41		1730.75	152672.07		151672.07
170		151672.07		1516.72		1738.05	153410.12		152410.12
171		152410.12		1524.10		1745.43	154155.55		153155.55
172		153155.55		1531.56		1752.89	154908.44		153908.44
173		153908.44		1539.08		1760.42	155668.86		154668.86
174		154668.86		1546.69		1768.02	156436.88		155436.88
175		155436.88		1554.37		1775.70	157212.58		156212.58
176		156212.58		1562.13		1783.46	157996.04		156996.04
177		156996.04		1569.96		1791.29	158787.34		157787.34
178		157787.34		1577.87		1799.21	159586.54		158586.54
179		158586.54		1585.87		1807.20	160393.74		159393.74
180		159393.74		1593.94		1815.27	161209.01		160209.01
181		160209.01		1602.09		1823.42	162032.44		161032.44
182		161032.44		1610.32		1831.66	162864.09		161864.09
183		161864.09		1618.64		1839.97	163704.07		162704.07
184		162704.07		1627.04		1848.37	164552.44		163552.44
185		163552.44		1635.52		1856.86	165409.30		164409.30
186		164409.30		1644.09		1865.43	166274.73		165274.73
187		165274.73		1652.75		1874.08	167148.81		166148.81
188		166148.81		1661.49		1882.82	168031.63		167031.63
189		167031.63		1670.32		1891.65	168923.28		167923.28
190		167923.28		1679.23		1900.57	169823.85		168823.85
191		168823.85		1688.24		1909.57	170733.42		169733.42
192		169733.42		1697.33		1918.67	171652.08		170652.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star)โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บ (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
193		170652.08		1706.52		1927.85	172579.94		171579.94
194		171579.94		1715.80		1937.13	173517.07		172517.07
195		172517.07		1725.17		1946.50	174463.58		173463.58
196		173463.58		1734.64		1955.97	175419.54		174419.54
197		174419.54		1744.20		1965.53	176385.07		175385.07
198		175385.07		1753.85		1975.18	177360.26		176360.26
199		176360.26		1763.60		1984.94	178345.19		177345.19
200		177345.19		1773.45		1994.79	179339.98		178339.98
201		178339.98		1783.40		2004.73	180344.71		179344.71
202		179344.71		1793.45		2014.78	181359.49		180359.49
203		180359.49		1803.59		2024.93	182384.42		181384.42
204		181384.42		1813.84		2035.18	183419.60		182419.60
205		182419.60		1824.20		2045.53	184465.13		183465.13
206		183465.13		1834.65		2055.98	185521.11		184521.11
207		184521.11		1845.21		2066.54	186587.66		185587.66
208		185587.66		1855.88		2077.21	187664.87		186664.87
209		186664.87		1866.65		2087.98	188752.85		187752.85
210		187752.85		1877.53		2098.86	189851.71		188851.71
211		188851.71		1888.52		2109.85	190961.56		189961.56
212		189961.56		1899.62		2120.95	192082.51		191082.51
213		191082.51		1910.83		2132.16	193214.67		192214.67
214		192214.67		1922.15		2143.48	194358.15		193358.15
215		193358.15		1933.58		2154.91	195513.06		194513.06
216		194513.06		1945.13		2166.46	196679.53		195679.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.34 แสดงแสดงรายได้น้อยกว่ารายจ่ายของข่ายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 250 บ (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
217		195679.53		1956.80		2178.13	197857.66		196857.66
218		196857.66		1968.58		2189.91	199047.56		198047.56
219		198047.56		1980.48		2201.81	200249.37		199249.37
220		199249.37		1992.49		2213.83	201463.20		200463.20
221		200463.20		2004.63		2225.97	202689.17		201689.17
222		201689.17		2016.89		2238.22	203927.39		202927.39
223		202927.39		2029.27		2250.61	205178.00		204178.00
224		204178.00		2041.78		2263.11	206441.11		205441.11
225		205441.11		2054.41		2275.74	207716.86		206716.86
226		206716.86		2067.17		2288.50	209005.36		208005.36
227		208005.36		2080.05		2301.39	210306.75		209306.75
228		209306.75		2093.07		2314.40	211621.15		210621.15
229		210621.15		2106.21		2327.54	212948.69		211948.69
230		211948.69		2119.49		2340.82	214289.51		213289.51
231		213289.51		2132.90		2354.23	215643.74		214643.74
232		214643.74		2146.44		2367.77	217011.51		216011.51
233		216011.51		2160.12		2381.45	218392.96		217392.96
234		217392.96		2173.93		2395.26	219788.22		218788.22
235		218788.22		2187.88		2409.22	221197.44		220197.44
236		220197.44		2201.97		2423.31	222620.74		221620.74
237		221620.74		2216.21		2437.54	224058.29		223058.29
238		223058.29		2230.58		2451.92	225510.20		224510.20
239		224510.20		2245.10		2466.44	226976.64		225976.64
240		225976.64		2259.77		2481.10	228457.74		227457.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
1	49600	49600.00	0.01	496.00	119.83	615.83	50215.83	7000	43215.83
2	44400	43215.83		432.16		551.99	43767.83		36767.83
3	91600	36767.83		367.68		487.51	37255.34		30255.34
4	50800	30255.34		302.55		422.39	30677.72		23677.72
5	49600	23677.72		236.78		356.61	24034.33		17034.33
6		17034.33		170.34		290.18	17324.51		10324.51
7		10324.51		103.25		223.08	10547.59		3547.59
8		3547.59		35.48		155.31	3702.90		-3297.10
9		-3297.10		-32.97		86.86	-3210.24		-10210.24
10		-10210.24		-102.10		17.73	-10192.51		-17192.51
11		-17192.51		-171.93		-52.09	-17244.60		-24244.60
12		-24244.60		-242.45		-122.61	-24367.21		-31367.21
13		-31367.21		-313.67		-193.84	-31561.05		-38561.05
14		-38561.05		-385.61		-265.78	-38826.83		-45826.83
15		-45826.83		-458.27		-338.43	-46165.26		-53165.26
16		-53165.26		-531.65		-411.82	-53577.08		-60577.08
17		-60577.08		-605.77		-485.94	-61063.02		-68063.02
18		-68063.02		-680.63		-560.80	-68623.82		-75623.82
19		-75623.82		-756.24		-636.40	-76260.22		-83260.22
20		-83260.22		-832.60		-712.77	-83972.99		-90972.99
21		-90972.99		-909.73		-789.90	-91762.89		-98762.89
22		-98762.89		-987.63		-867.80	-99630.68		-106630.68
23		-106630.68		-1066.31		-946.47	-107577.16		-114577.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
24		-114577.16		-1145.77		-1025.94	-115603.10		-122603.10
25		-122603.10		-1226.03		-1106.20	-123709.29		-130709.29
26		-130709.29		-1307.09		-1187.26	-131896.55		-138896.55
27		-138896.55		-1388.97		-1269.13	-140165.68		-147165.68
28		-147165.68		-1471.66		-1351.82	-148517.51		-155517.51
29		-155517.51		-1555.18		-1435.34	-156952.85		-163952.85
30		-163952.85		-1639.53		-1519.70	-165472.55		-172472.55
31		-172472.55		-1724.73		-1604.89	-174077.44		-181077.44
32		-181077.44		-1810.77		-1690.94	-182768.38		-189768.38
33		-189768.38		-1897.68		-1777.85	-191546.23		-198546.23
34		-198546.23		-1985.46		-1865.63	-200411.86		-207411.86
35		-207411.86		-2074.12		-1954.29	-209366.14		-216366.14
36		-216366.14		-2163.66		-2043.83	-218409.97		-225409.97
37		-225409.97		-2254.10		-2134.27	-227544.24		-234544.24
38		-234544.24		-2345.44		-2225.61	-236769.85		-243769.85
39		-243769.85		-2437.70		-2317.87	-246087.71		-253087.71
40		-253087.71		-2530.88		-2411.04	-255498.76		-262498.76
41		-262498.76		-2624.99		-2505.15	-265003.91		-272003.91
42		-272003.91		-2720.04		-2600.21	-274604.12		-281604.12
43		-281604.12		-2816.04		-2696.21	-284300.32		-291300.32
44		-291300.32		-2913.00		-2793.17	-294093.49		-301093.49
45		-301093.49		-3010.93		-2891.10	-303984.59		-310984.59
46		-310984.59		-3109.85		-2990.01	-313974.61		-320974.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
47		-320974.61		-3209.75		-3089.91	-324064.52		-331064.52
48		-331064.52		-3310.65		-3190.81	-334255.33		-341255.33
49		-341255.33		-3412.55		-3292.72	-344548.05		-351548.05
50		-351548.05		-3515.48		-3395.65	-354943.70		-361943.70
51		-361943.70		-3619.44		-3499.60	-365443.30		-372443.30
52		-372443.30		-3724.43		-3604.60	-376047.90		-383047.90
53		-383047.90		-3830.48		-3710.65	-386758.55		-393758.55
54		-393758.55		-3937.59		-3817.75	-397576.30		-404576.30
55		-404576.30		-4045.76		-3925.93	-408502.23		-415502.23
56		-415502.23		-4155.02		-4035.19	-419537.42		-426537.42
57		-426537.42		-4265.37		-4145.54	-430682.96		-437682.96
58		-437682.96		-4376.83		-4257.00	-441939.96		-448939.96
59		-448939.96		-4489.40		-4369.57	-453309.52		-460309.52
60		-460309.52		-4603.10		-4483.26	-464792.78		-471792.78
61		-471792.78		-4717.93		-4598.09	-476390.88		-483390.88
62		-483390.88		-4833.91		-4714.08	-488104.95		-495104.95
63		-495104.95		-4951.05		-4831.22	-499936.17		-506936.17
64		-506936.17		-5069.36		-4949.53	-511885.70		-518885.70
65		-518885.70		-5188.86		-5069.02	-523954.72		-530954.72
66		-530954.72		-5309.55		-5189.71	-536144.44		-543144.44
67		-543144.44		-5431.44		-5311.61	-548456.05		-555456.05
68		-555456.05		-5554.56		-5434.73	-560890.77		-567890.77
69		-567890.77		-5678.91		-5559.07	-573449.85		-580449.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
70		-580449.85		-5804.50		-5684.67	-586134.51		-593134.51
71		-593134.51		-5931.35		-5811.51	-598946.03		-605946.03
72		-605946.03		-6059.46		-5939.63	-611885.65		-618885.65
73		-618885.65		-6188.86		-6069.02	-624954.68		-631954.68
74		-631954.68		-6319.55		-6199.71	-638154.39		-645154.39
75		-645154.39		-6451.54		-6331.71	-651486.10		-658486.10
76		-658486.10		-6584.86		-6465.03	-664951.13		-671951.13
77		-671951.13		-6719.51		-6599.68	-678550.81		-685550.81
78		-685550.81		-6855.51		-6735.67	-692286.48		-699286.48
79		-699286.48		-6992.86		-6873.03	-706159.51		-713159.51
80		-713159.51		-7131.60		-7011.76	-720171.27		-727171.27
81		-727171.27		-7271.71		-7151.88	-734323.15		-741323.15
82		-741323.15		-7413.23		-7293.40	-748616.55		-755616.55
83		-755616.55		-7556.17		-7436.33	-763052.88		-770052.88
84		-770052.88		-7700.53		-7580.70	-777633.58		-784633.58
85		-784633.58		-7846.34		-7726.50	-792360.08		-799360.08
86		-799360.08		-7993.60		-7873.77	-807233.85		-814233.85
87		-814233.85		-8142.34		-8022.51	-822256.35		-829256.35
88		-829256.35		-8292.56		-8172.73	-837429.08		-844429.08
89		-844429.08		-8444.29		-8324.46	-852753.54		-859753.54
90		-859753.54		-8597.54		-8477.70	-868231.24		-875231.24
91		-875231.24		-8752.31		-8632.48	-883863.72		-890863.72
92		-890863.72		-8908.64		-8788.80	-899652.53		-906652.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
93		-906652.53		-9066.53		-8946.69	-915599.22		-922599.22
94		-922599.22		-9225.99		-9106.16	-931705.38		-938705.38
95		-938705.38		-9387.05		-9267.22	-947972.60		-954972.60
96		-954972.60		-9549.73		-9429.89	-964402.49		-971402.49
97		-971402.49		-9714.02		-9594.19	-980996.68		-987996.68
98		-987996.68		-9879.97		-9760.13	-997756.82		-1004756.82
99		-1004756.82		-10047.57		-9927.73	-1014684.55		-1021684.55
100		-1021684.55		-10216.85		-10097.01	-1031781.56		-1038781.56
101		-1038781.56		-10387.82		-10267.98	-1049049.54		-1056049.54
102		-1056049.54		-10560.50		-10440.66	-1066490.21		-1073490.21
103		-1073490.21		-10734.90		-10615.07	-1084105.28		-1091105.28
104		-1091105.28		-10911.05		-10791.22	-1101896.49		-1108896.49
105		-1108896.49		-11088.96		-10969.13	-1119865.63		-1126865.63
106		-1126865.63		-11268.66		-11148.82	-1138014.45		-1145014.45
107		-1145014.45		-11450.14		-11330.31	-1156344.76		-1163344.76
108		-1163344.76		-11633.45		-11513.61	-1174858.37		-1181858.37
109		-1181858.37		-11818.58		-11698.75	-1193557.13		-1200557.13
110		-1200557.13		-12005.57		-11885.74	-1212442.86		-1219442.86
111		-1219442.86		-12194.43		-12074.60	-1231517.46		-1238517.46
112		-1238517.46		-12385.17		-12265.34	-1250782.80		-1257782.80
113		-1257782.80		-12577.83		-12457.99	-1270240.79		-1277240.79
114		-1277240.79		-12772.41		-12652.57	-1289893.37		-1296893.37
115		-1296893.37		-12968.93		-12849.10	-1309742.47		-1316742.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
116		-1316742.47		-13167.42		-13047.59	-1329790.06		-1336790.06
117		-1336790.06		-13367.90		-13248.07	-1350038.13		-1357038.13
118		-1357038.13		-13570.38		-13450.55	-1370488.68		-1377488.68
119		-1377488.68		-13774.89		-13655.05	-1391143.73		-1398143.73
120		-1398143.73		-13981.44		-13861.60	-1412005.33		-1419005.33
121		-1419005.33		-14190.05		-14070.22	-1433075.55		-1440075.55
122		-1440075.55		-14400.76		-14280.92	-1454356.48		-1461356.48
123		-1461356.48		-14613.56		-14493.73	-1475850.21		-1482850.21
124		-1482850.21		-14828.50		-14708.67	-1497558.88		-1504558.88
125		-1504558.88		-15045.59		-14925.76	-1519484.63		-1526484.63
126		-1526484.63		-15264.85		-15145.01	-1541629.64		-1548629.64
127		-1548629.64		-15486.30		-15366.46	-1563996.11		-1570996.11
128		-1570996.11		-15709.96		-15590.13	-1586586.23		-1593586.23
129		-1593586.23		-15935.86		-15816.03	-1609402.26		-1616402.26
130		-1616402.26		-16164.02		-16044.19	-1632446.45		-1639446.45
131		-1639446.45		-16394.46		-16274.63	-1655721.08		-1662721.08
132		-1662721.08		-16627.21		-16507.38	-1679228.46		-1686228.46
133		-1686228.46		-16862.28		-16742.45	-1702970.91		-1709970.91
134		-1709970.91		-17099.71		-16979.88	-1726950.79		-1733950.79
135		-1733950.79		-17339.51		-17219.67	-1751170.46		-1758170.46
136		-1758170.46		-17581.70		-17461.87	-1775632.33		-1782632.33
137		-1782632.33		-17826.32		-17706.49	-1800338.82		-1807338.82
138		-1807338.82		-18073.39		-17953.55	-1825292.38		-1832292.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
139		-1832292.38		-18322.92		-18203.09	-1850495.47		-1857495.47
140		-1857495.47		-18574.95		-18455.12	-1875950.59		-1882950.59
141		-1882950.59		-18829.51		-18709.67	-1901660.26		-1908660.26
142		-1908660.26		-19086.60		-18966.77	-1927627.03		-1934627.03
143		-1934627.03		-19346.27		-19226.44	-1953853.47		-1960853.47
144		-1960853.47		-19608.53		-19488.70	-1980342.17		-1987342.17
145		-1987342.17		-19873.42		-19753.59	-2007095.76		-2014095.76
146		-2014095.76		-20140.96		-20021.12	-2034116.88		-2041116.88
147		-2041116.88		-20411.17		-20291.34	-2061408.22		-2068408.22
148		-2068408.22		-20684.08		-20564.25	-2088972.47		-2095972.47
149		-2095972.47		-20959.72		-20839.89	-2116812.36		-2123812.36
150		-2123812.36		-21238.12		-21118.29	-2144930.65		-2151930.65
151		-2151930.65		-21519.31		-21399.47	-2173330.12		-2180330.12
152		-2180330.12		-21803.30		-21683.47	-2202013.59		-2209013.59
153		-2209013.59		-22090.14		-21970.30	-2230983.89		-2237983.89
154		-2237983.89		-22379.84		-22260.01	-2260243.90		-2267243.90
155		-2267243.90		-22672.44		-22552.61	-2289796.51		-2296796.51
156		-2296796.51		-22967.97		-22848.13	-2319644.64		-2326644.64
157		-2326644.64		-23266.45		-23146.61	-2349791.25		-2356791.25
158		-2356791.25		-23567.91		-23448.08	-2380239.33		-2387239.33
159		-2387239.33		-23872.39		-23752.56	-2410991.89		-2417991.89
160		-2417991.89		-24179.92		-24060.09	-2442051.97		-2449051.97
161		-2449051.97		-24490.52		-24370.69	-2473422.66		-2480422.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
162		-2480422.66		-24804.23		-24684.39	-2505107.05		-2512107.05
163		-2512107.05		-25121.07		-25001.24	-2537108.29		-2544108.29
164		-2544108.29		-25441.08		-25321.25	-2569429.54		-2576429.54
165		-2576429.54		-25764.30		-25644.46	-2602074.00		-2609074.00
166		-2609074.00		-26090.74		-25970.91	-2635044.91		-2642044.91
167		-2642044.91		-26420.45		-26300.62	-2668345.53		-2675345.53
168		-2675345.53		-26753.46		-26633.62	-2701979.15		-2708979.15
169		-2708979.15		-27089.79		-26969.96	-2735949.11		-2742949.11
170		-2742949.11		-27429.49		-27309.66	-2770258.76		-2777258.76
171		-2777258.76		-27772.59		-27652.75	-2804911.52		-2811911.52
172		-2811911.52		-28119.12		-27999.28	-2839910.80		-2846910.80
173		-2846910.80		-28469.11		-28349.27	-2875260.07		-2882260.07
174		-2882260.07		-28822.60		-28702.77	-2910962.84		-2917962.84
175		-2917962.84		-29179.63		-29059.80	-2947022.64		-2954022.64
176		-2954022.64		-29540.23		-29420.39	-2983443.03		-2990443.03
177		-2990443.03		-29904.43		-29784.60	-3020227.63		-3027227.63
178		-3027227.63		-30272.28		-30152.44	-3057380.07		-3064380.07
179		-3064380.07		-30643.80		-30523.97	-3094904.04		-3101904.04
180		-3101904.04		-31019.04		-30899.21	-3132803.24		-3139803.24
181		-3139803.24		-31398.03		-31278.20	-3171081.44		-3178081.44
182		-3178081.44		-31780.81		-31660.98	-3209742.42		-3216742.42
183		-3216742.42		-32167.42		-32047.59	-3248790.02		-3255790.02
184		-3255790.02		-32557.90		-32438.07	-3288228.08		-3295228.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
185		-3295228.08		-32952.28		-32832.45	-3328060.53		-3335060.53
186		-3335060.53		-33350.61		-33230.77	-3368291.30		-3375291.30
187		-3375291.30		-33752.91		-33633.08	-3408924.38		-3415924.38
188		-3415924.38		-34159.24		-34039.41	-3449963.79		-3456963.79
189		-3456963.79		-34569.64		-34449.80	-3491413.60		-3498413.60
190		-3498413.60		-34984.14		-34864.30	-3533277.90		-3540277.90
191		-3540277.90		-35402.78		-35282.95	-3575560.84		-3582560.84
192		-3582560.84		-35825.61		-35705.78	-3618266.62		-3625266.62
193		-3625266.62		-36252.67		-36132.83	-3661399.45		-3668399.45
194		-3668399.45		-36683.99		-36564.16	-3704963.61		-3711963.61
195		-3711963.61		-37119.64		-36999.80	-3748963.42		-3755963.42
196		-3755963.42		-37559.63		-37439.80	-3793403.22		-3800403.22
197		-3800403.22		-38004.03		-37884.20	-3838287.42		-3845287.42
198		-3845287.42		-38452.87		-38333.04	-3883620.46		-3890620.46
199		-3890620.46		-38906.20		-38786.37	-3929406.83		-3936406.83
200		-3936406.83		-39364.07		-39244.23	-3975651.06		-3982651.06
201		-3982651.06		-39826.51		-39706.68	-4022357.74		-4029357.74
202		-4029357.74		-40293.58		-40173.74	-4069531.48		-4076531.48
203		-4076531.48		-40765.31		-40645.48	-4117176.97		-4124176.97
204		-4124176.97		-41241.77		-41121.94	-4165298.90		-4172298.90
205		-4172298.90		-41722.99		-41603.16	-4213902.06		-4220902.06
206		-4220902.06		-42209.02		-42089.19	-4262991.25		-4269991.25
207		-4269991.25		-42699.91		-42580.08	-4312571.32		-4319571.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
208		-4319571.32		-43195.71		-43075.88	-4362647.20		-4369647.20
209		-4369647.20		-43696.47		-43576.64	-4413223.84		-4420223.84
210		-4420223.84		-44202.24		-44082.41	-4464306.25		-4471306.25
211		-4471306.25		-44713.06		-44593.23	-4515899.48		-4522899.48
212		-4522899.48		-45228.99		-45109.16	-4568008.64		-4575008.64
213		-4575008.64		-45750.09		-45630.25	-4620638.89		-4627638.89
214		-4627638.89		-46276.39		-46156.56	-4673795.45		-4680795.45
215		-4680795.45		-46807.95		-46688.12	-4727483.57		-4734483.57
216		-4734483.57		-47344.84		-47225.00	-4781708.57		-4788708.57
217		-4788708.57		-47887.09		-47767.25	-4836475.82		-4843475.82
218		-4843475.82		-48434.76		-48314.92	-4891790.75		-4898790.75
219		-4898790.75		-48987.91		-48868.07	-4947658.82		-4954658.82
220		-4954658.82		-49546.59		-49426.75	-5004085.58		-5011085.58
221		-5011085.58		-50110.86		-49991.02	-5061076.60		-5068076.60
222		-5068076.60		-50680.77		-50560.93	-5118637.53		-5125637.53
223		-5125637.53		-51256.38		-51136.54	-5176774.07		-5183774.07
224		-5183774.07		-51837.74		-51717.91	-5235491.98		-5242491.98
225		-5242491.98		-52424.92		-52305.09	-5294797.07		-5301797.07
226		-5301797.07		-53017.97		-52898.14	-5354695.21		-5361695.21
227		-5361695.21		-53616.95		-53497.12	-5415192.32		-5422192.32
228		-5422192.32		-54221.92		-54102.09	-5476294.41		-5483294.41
229		-5483294.41		-54832.94		-54713.11	-5538007.53		-5545007.53
230		-5545007.53		-55450.08		-55330.24	-5600337.77		-5607337.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.35 แสดงแสดงรายได้จากบริการโทรศัพท์หรือสัญญาณแถบแคบ100%กับสัญญาณแถบกว้าง 25% โดยค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุน เมื่อรายได้รวมเดือนละ 750 + 6,250 บาท (ต่อ)

เดือน	ต้นทุนคงที่	ยอดยกมา	อัตราดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยจ่าย	O&M	รวมจ่าย	คงเหลือ	รายได้	คงเหลือสุทธิ
231		-5607337.77		-56073.38		-55953.54	-5663291.31		-5670291.31
232		-5670291.31		-56702.91		-56583.08	-5726874.39		-5733874.39
233		-5733874.39		-57338.74		-57218.91	-5791093.30		-5798093.30
234		-5798093.30		-57980.93		-57861.10	-5855954.40		-5862954.40
235		-5862954.40		-58629.54		-58509.71	-5921464.11		-5928464.11
236		-5928464.11		-59284.64		-59164.81	-5987628.92		-5994628.92
237		-5994628.92		-59946.29		-59826.46	-6054455.38		-6061455.38
238		-6061455.38		-60614.55		-60494.72	-6121950.10		-6128950.10
239		-6128950.10		-61289.50		-61169.67	-6190119.76		-6197119.76
240		-6197119.76		-61971.20		-61851.36	-6258971.13		-6265971.13

3.9 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยและระยะเวลาคุ้มทุน

จากตารางที่ 3.16 ถึง 3.29 เมื่อพิจารณาต้นทุนแรกเริ่มรายปีที่เป็นปัจจัยแรกกับค่าดำเนินการและบำรุงรักษารายปีปัจจัยที่สองจะเห็นว่าข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier)เป็นรูปแบบที่ต่ำสุด อนึ่งผลรวมของปัจจัยทั้งสองที่เรียกว่าค่าใช้จ่ายรอบรายปี ก็ต่ำสุดเช่นกัน

ในกรณีสัดส่วนระหว่างค่าใช้จ่ายรอบรายปีกับรายได้นั้นจะเห็นว่า ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier) ก็ยังมีสัดส่วนที่สูงกว่ารูปแบบอื่นๆด้วยดังนั้นจึงเป็นรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ที่จะได้รับกำไรและสามารถนำมาใช้งานก่อนแบบอื่น

ในแง่ระยะเวลาของจุดคุ้มทุนนั้น ทุกๆแบบจำลองทั้งที่ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่หรือค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นสัดส่วนกับต้นทุนก็ตาม ผลการวิเคราะห์ก็ยังพบว่าข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier) จะถึงจุดคุ้มทุนได้เร็วกว่าทุกแบบเช่นกัน แม้ว่าบริการโทรศัพท์หรือบริการแถบย่านแคบซึ่งมีผลตอบแทนต่ำจะขาดทุนจำนวน 20,016 บาทเฉพาะในกรณีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาคงที่ 2,400 บาทต่อปี จากผลการศึกษานี้จะเห็นว่าหากมีจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) ร้อยละ 1 ขึ้นไปจะพบจุดคุ้มทุนอย่างน้อย 6 ปี 10 เดือน หากมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) ร้อยละ 5 ขึ้นไปจะพบจุดคุ้มทุนอย่างน้อย 2 ปี 5 เดือน หากมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) ร้อยละ 10 ขึ้นไปจะพบจุดคุ้มทุนอย่างน้อย 1 ปี 4 เดือน และ พบจุดคุ้มทุนอย่างน้อย 7 เดือน

ส่วนข่ายสายแบบข่ายสายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) จะพบจุดคุ้มทุนเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) ร้อยละ 5 ขึ้นไป โดยใช้ระยะเวลา อย่างน้อย 6 ปี

ส่วนข่ายสายแบบอื่นๆ จะพบจุดคุ้มทุนเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) ร้อยละ 1 ขึ้นไป โดยข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double Star) ใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 8 ปี 6 เดือน, ข่ายสายแบบสายร่วม (Hybrid Bus) ใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 8 ปี 2 เดือน

หากมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) ร้อยละ 10 ขึ้นไปจะพบจุดคุ้มทุนอย่างน้อยที่สุดในระยะเวลา 1 ปี 4 เดือน และ พบจุดคุ้มทุนอย่างน้อยที่สุดในระยะเวลา 7 เดือนเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) เป็นร้อยละ 10 ขึ้นไป

เมื่อไรก็ตามที่ผู้ใช้ ใช้บริการแถบกว้าง(Broadband)สูงมากขึ้นถึงร้อยละ 5 แล้วจะพบว่าข่ายสายทุกแบบจะพบจุดคุ้มทุนได้ในระยะตลอดอายุการใช้งาน 10 ปีของอุปกรณ์ได้

จะเห็นว่าหากแนวโน้มของผู้ใช้บริการแถบกว้าง(Broadband)สูงมากขึ้นจะพบจุดคุ้มทุนได้เร็วขึ้น ขณะเดียวกันหากค่าบำรุงรักษาที่ต่ำลงจะทำให้พบกับจุดคุ้มทุนเร็วขึ้นเช่นกัน นั่นหมายความว่าหากปรับปรุงลดค่าบำรุงรักษาลงส่งเสริมให้ผู้ใช้หันมาใช้บริการแถบกว้าง(Broadband)มากขึ้น ผลกำไรจะมากขึ้นหรือไม่เช่นนั้นค่าบริการก็น่าที่จะปรับให้ถูกลงได้มากยิ่งขึ้นในอนาคต

3.10 เทคโนโลยีทางเลือกที่เหมาะสม

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยและเปรียบเทียบระยะเวลาคุ้มทุนโดยรวมแล้วจะเห็นว่าข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier) เป็นเทคโนโลยีทางเลือกที่มีโอกาสได้รับผลตอบแทนถึงจุดคุ้มทุนเร็วกว่าจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะเลือกนำมาใช้งานในระยะแรกนี้มากกว่าแบบอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
บทสรุป

จากการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำเส้นใยนำแสงมาใช้ในข่ายสายท้องถิ่น ได้แสดงให้เห็นว่าการเลือกรูปแบบสถาปัตกรรมข่ายเส้นใยนำแสงเพื่อนำไปพัฒนาเป็นโครงข่ายทางเลือกรูปแบบต่างๆให้เหมาะกับชนิดของบริการบนโครงข่ายนั้น ได้อาศัยการวิเคราะห์ความเป็นไปได้จากปัจจัยด้านราคาลงทุนเริ่มแรก, ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา, แบบจำลองรายได้พร้อมจุดคุ้มทุนมาแสดงให้เห็นเป็นรอบรายปีแล้วนำสรุปผลการวิเคราะห์มาเป็นปัจจัยที่สนับสนุนการตัดสินใจเลือกนำมาใช้งาน

4.1 การเลือกรูปแบบโครงข่าย (Network Topology Option)

ในการศึกษาพบว่าโครงข่ายแต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมตามสถานการณ์แตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกรูปแบบโครงข่าย(Network Topology Option)เพื่อนำไปพัฒนาเป็นเทคโนโลยีทางเลือกต่างๆ เช่นข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC), ข่ายสายผสม(Hybrid) สำหรับให้บริการนั้นจะพิจารณาจากคุณลักษณะเฉพาะและชนิดของบริการบนโครงข่ายซึ่งได้สรุปไว้อย่างง่ายๆ อีกครั้งหนึ่งดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 สรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบซิงเกิลสตาร์ (Single Star)

รูปแบบ	คุณลักษณะเฉพาะ	ชนิดบริการ	ผู้ใช้
ซิงเกิลสตาร์ (Single Star)	-งานเชื่อมโยงเฉพาะตัวที่ต้องการความปลอดภัยสูง - โครงสร้างไม่ซับซ้อน - ใช้เส้นใยนำแสงมาก - ส่งข้อมูลแถบสัญญาณกว้างหรืออัตราการส่งเร็วสูงมาก - อุปกรณ์ผู้ใช้ราคาสูง	- ส่งกระจายสัญญาณโทรทัศน์ความละเอียดภาพสูง - วงจรความเร็วสูง - เชื่อมสัญญาณระหว่างชุมสาย - อินเทอร์เนตความเร็วสูง - ไอเอสดีเอ็น	- บริษัทฯ - ชุมสายโทรศัพท์ - สถานีโทรทัศน์ - ผู้ให้บริการโทรทัศน์ทางสาย - ผู้ให้บริการอินเทอร์เนตความเร็วสูง - ฯลฯ

- **ทางเลือกแบบซิงเกิลสตาร์(Single Star)** จะมีข้อดีในเรื่องของโครงสร้างง่าย, แยกคู่สายตามจำนวนผู้ใช้ อุปกรณ์ประกอบโครงข่ายมีจำนวนน้อยแต่จำนวนคอร์(Core)ของเส้นใยนำแสงจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนมากเท่ากับจำนวนผู้ใช้ การนำมาใช้งานจึงเหมาะกับงานวงจรเชื่อมโยงเฉพาะตัวที่ต้องการความปลอดภัยสูง, ส่งข้อมูลแถบสัญญาณกว้างหรืออัตราการส่งข้อมูลมีความเร็วสูงมาก เช่น การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างชุมสาย, การส่งกระจายสัญญาณโทรทัศน์ภาพละเอียดสูง, อินเทอร์เนตความเร็วสูง, การส่งข้อมูลของกลุ่มบริษัทเงินทุนในตลาดหลักทรัพย์

ตารางที่ 4.2 สรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์(Active Multiple Star)

รูปแบบ	คุณลักษณะเฉพาะ	ชนิดบริการ	ผู้ใช้
แอคทีฟมัลติเพิลสตาร์ (Active Multiple Star)	- ใช้ทรัพยากรร่วม - ใช้เส้นใยนำแสงน้อย - ต้นทุนต่อผู้ใช้ เป็นสัดส่วน ผก- - ผันกับจำนวนคู่สายที่เพิ่ม - เหมาะผู้ใช้ที่มีจำนวนมาก - ความปลอดภัยสูง - ยกระดับให้เป็นแถบสัญญาณกว้างได้	- โทรศัพท์ - วงจรความเร็วต่ำ - วงจรความเร็วสูง - ข้อมูลแถบสัญญาณกว้าง - ไอเอสดีเอ็น	- บุคคลทั่วไป - บริษัทฯ - ผู้ให้บริการวิดีทัศน์ทางสาย - ผู้ให้บริการอินเทอร์เนตความเร็วสูง - ฯลฯ

- **ทางเลือกแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์(Active Multiple Star)** ข่ายสายแบบนี้มีข้อดีอยู่ที่การใช้ทรัพยากรร่วมโดยเฉพาะแก้ไขข้อด้อยของระบบซิงเกิลสตาร์ที่ใช้จำนวนเส้นใยนำแสงเป็นจำนวนมากได้ จึงมีผลทำให้ค่าลงทุนรวมต่ำลงที่สำคัญยิ่งก็คือค่าลงทุนต่อผู้ใช้จะเป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนวงจรขยายเพิ่มขึ้นเสมอ รูปแบบนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่นแล้วเห็นว่าเมื่อยกระดับให้รองรับผู้ใช้จำนวนมากขึ้นแล้วจะมีราคาลงทุนต่อผู้ใช้ลดลง จึงเป็นรูปแบบเหมาะกับข่ายสายที่มีการขยายคู่สายให้กับผู้ใช้ที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

- **ทางเลือกแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์(Passive Multiple Star)** มีการใช้เส้นใยนำแสงมากกว่าแบบแอคทีฟมัลติเพิลสตาร์ นอกจากนี้ราคาตัวผสานสัญญาณทางความยาวคลื่นแสง(Wavelengtjh Division Multiplexer) ยังสูงมากในปัจจุบัน, การส่งข้อมูลมีการหน่วงเวลาเกิดขึ้น อีกทั้งในแง่ความปลอดภัยที่ข้อมูลมีโอกาสจะถูกละเมิด สัญญาณที่ส่งในระบบนี้จะใช้เทคโนโลยีแบบส่งข้อมูลตามการแบ่งเวลา(Time Division Multiple Access) ข้อมูลส่งไปยังผู้ใช้ทุกรายเป็นข้อมูลเดียวกัน ในการใช้งานผู้ใช้จะเลือกรับเฉพาะข้อมูลตัวเองเท่านั้น เมื่อมองในแง่ความปลอดภัยแล้วจึงมีโอกาสที่ข้อมูลจะถูกละเมิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข่ายนี้ออกแบบเพื่อให้มีความทนทานและอายุการใช้งานนานบำรุงรักษาง่ายเหมาะกับงานที่ต้องการส่งกระจายสัญญาณแถบกว้างมากหรือข้อมูลความเร็วสูงไปในทิศทางเดียวผู้ใช้งานไม่ต้องการความปลอดภัยของข้อมูลมากนัก,ไม่ต้องการการตอบสนองแบบทันทีและผู้ใช้งานแยกเป็นกลุ่มได้

ตารางที่ 4.3 สรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบพาสซีบมัลติเพิลสตาร์ (Passive Multiple Star)

รูปแบบ	คุณลักษณะเฉพาะ	ชนิดบริการ	ผู้ใช้
พาสซีบมัลติเพิลสตาร์ (Passive Multiple Star)	- อุปกรณ์เป็นแบบไม่ใช้กำลังไฟฟ้าอายุการใช้งานสูงและค่าบำรุงรักษาต่ำ - ใช้เส้นใยนำแสงน้อย - ใช้ทรัพยากรร่วม - โครงสร้างไม่ซับซ้อน - ผู้ใช้งานแยกเป็นกลุ่ม - ไม่ต้องการการตอบสนองแบบทันที - ความปลอดภัยข้อมูลลดลงหรืออาจถูกละเมิด - เกิดหน่วงเวลาของข้อมูล	- โทรศัพท์ - วงจรความเร็วสูง - วิดีทัศน์ทางสาย - โทรทัศน์ความละเอียดภาพสูง - อินเทอร์เนตความเร็วสูง	- บุคคลทั่วไป - บริษัทฯ - ผู้ให้บริการวิดีทัศน์ทางสาย - ผู้ให้บริการอินเทอร์เนตความเร็วสูง - ฯลฯ

- **ทางเลือกแบบสายร่วม(Bus)** คุณลักษณะเหมือนกับแบบมัลติเพิลสตาร์แต่เพราะข้อมูลเดียวกันส่งไปทุกแห่งจึงต้องแบ่งข้อมูลให้แต่ละแห่งใช้งาน โครงข่ายนี้จึงเหมาะขณะผู้ใช้มีจำนวนไม่มากหรือใช้เฉพาะกลุ่มบริษัทในเครือที่มีหลายสาขาซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลร่วมกันหรือข้อมูลเดียวกันได้ หรือหากนำมาใช้งานบริการเป็นประเภทส่งกระจายสัญญาณจะไม่ต้องการความปลอดภัย

ตารางที่ 4.4 สรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบสายร่วม(Bus)

รูปแบบ	คุณลักษณะเฉพาะ	ชนิดบริการ	ผู้ใช้
สายร่วม (BUS)	- เหมือนแบบมัลติเพิลสตาร์ - ข้อมูลเดียวกันส่งไปทุกแห่ง - ความปลอดภัยข้อมูลลดลงหรืออาจถูกละเมิด - ผู้ใช้จำนวนน้อย	- เหมือนแบบมัลติเพิลสตาร์	- เหมือนแบบมัลติเพิลสตาร์ - เฉพาะกลุ่มบริษัทในเครือที่มีหลายสาขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ทางเลือกแบบริง(Ring)** ระบบนี้จะมีความน่าเชื่อถือสูงมาก เมื่อเกิดเหตุเสีย สามารถรักษาระบบให้คืนดีได้เองแต่เนื่องจากมีระบบสำรองด้วย มูลค่าลงทุนจึงสูงมากกว่าระบบอื่นประมาณ 2 เท่า โครงข่ายนี้จะเหมาะสมเมื่อต้องการคุณภาพและความน่าเชื่อถือสูง หากขาดการติดต่อจะทำให้เกิดความเสียหาย

ตารางที่ 4.5 สรุปคุณลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบริงมัลติเพิลสตาร์ (Ring Multiple Star)

รูปแบบ	คุณลักษณะเฉพาะ	ชนิดบริการ	ผู้ใช้
ริงมัลติเพิลสตาร์ (Ring Multiple Star)	- มีความน่าเชื่อถือสูงมาก - เหมือนแบบมัลติเพิลสตาร์ - จุดเริ่มต้นและปลายข่ายสายอยู่จุดเดียวกัน - ระบบคืนดีด้วยตัวเองได้ - ค่าอุปกรณ์รวมทั้งระบบราคาสูงกว่าระบบอื่นประมาณ 2 เท่า	- เหมือนแบบมัลติเพิลสตาร์	- ศูนย์ข้อมูลธนาคาร - ศูนย์ข้อมูลทหาร - ศูนย์ข้อมูลตลาดหลักทรัพย์ - บุคคลทั่วไป - บริษัทฯ - ฯลฯ

4.2 ปัจจัยวิเคราะห์ ปัจจัยสำคัญ 4 ประการที่ใช้ในการวิเคราะห์เทคโนโลยีทางเลือกโครงข่าย ได้แก่ ราคาลงทุนเริ่มแรก(Construction Cost), ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา(Operation and Maintenance), ผลตอบแทน (Revenue) และจุดคุ้มทุน(Break-event point)

จากการศึกษาโดยจำลองผลตอบแทนให้พบจุดคุ้มทุนทั้งในระยะเวลา 3 ปีและภายในในระยะเวลา 10 ปีพบว่าเมื่อจำลองให้อัตราค่าบริการคงที่เมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มขึ้นจุดคุ้มทุนจะมีระยะเวลาสั้นลงหรือในทางตรงกันข้ามหากจำลองให้ระยะคุ้มทุนไว้เป็นค่าคงที่ 3 ปีแล้ว เมื่อผู้ใช้เพิ่มขึ้นค่าบริการจะลดลง อย่างไรก็ตามทั้งสองแนวคิดนี้จะให้ผลในทิศทางเดียวกัน

4.3 ผลการวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาปัจจัยวิเคราะห์ทั้ง 4 ประการและรูปแบบสถาปัตยกรรมโครงข่ายร่วมกันแล้วจะพบว่า

ข่ายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ(DLC : Digital Loop Carrier) จะพบจุดคุ้มทุนได้เร็วกว่าทุกแบบ นอกจากนี้จำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband)จะเป็นตัวแปรที่ชี้ให้เห็นชัดว่ามีผลต่อระยะเวลาคุ้มทุนอย่างมาก เช่นหากมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) ร้อยละ 1 ขึ้นไปจะพบจุดคุ้มทุนอย่างน้อย 6 ปี 10 เดือน หากมีจำนวนผู้ใช้เพิ่มเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไปจะพบจุดคุ้มทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างน้อย 2 ปี 5 เดือน หากมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) เพิ่มเป็นร้อยละ 10 - 25 ขึ้นไปจะพบจุดคุ้มทุนอย่างน้อย 1 ปี 4 เดือน และ 7 เดือน ตามลำดับ

ข่ายสายแบบข่ายสายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) จะพบจุดคุ้มทุนเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband) ร้อยละ 5 ขึ้นไป โดยใช้ระยะเวลา อย่างน้อย 6 ปี ดังนั้นข่ายสายแบบนี้จะเหมาะกับยุคที่ผู้ใช้นิยมใช้บริการแถบย่านกว้างแพร่หลายมากกว่าร้อยละ 5 ขึ้นไป

ข่ายสายแบบผสม (Hybrid Double Star) จะพบจุดคุ้มทุนเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง(Broadband)ร้อยละ 1 ขึ้นไปโดยใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 8 ปี 6 เดือนดังนั้นข่ายสายแบบนี้จะเหมาะกับยุคที่ผู้ใช้นิยมใช้บริการแถบย่านกว้างแพร่หลายขึ้นเช่นกัน

ข่ายสายแบบสายร่วม (Hybrid Bus) จะพบจุดคุ้มทุนเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการแถบย่านกว้าง (Broadband)ร้อยละ 1 ขึ้นไปโดยใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 8 ปี 2 เดือนดังนั้นข่ายสายแบบนี้จะเหมาะกับยุคที่ผู้ใช้นิยมใช้บริการแถบย่านกว้างอย่างต่ำร้อยละ 1 ขึ้นไป

ในแง่การวิเคราะห์โดยภาพรวมของข่ายสายทุกรูปแบบแล้วจะสรุปได้ว่า เมื่อไรก็ตามที่มีผู้ใช้บริการแถบกว้าง(Broadband) มีจำนวนมากขึ้นถึงร้อยละ 5 จะพบว่าข่ายสายทุกแบบจะพบจุดคุ้มทุนได้ภายใน 10 ปีหรือตลอดระยะอายุการใช้งานของอุปกรณ์

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการแถบกว้าง(Broadband)สูงมากขึ้นถึงร้อยละ 25 แล้วระยะเวลาจุดคุ้มทุนของข่ายสายทุกรูปแบบจะต่างกันเพียง 1 เดือน เว้นแต่ข่ายสายแบบข่ายสายเส้นใยนำแสง (All Fiber Double Star) ระยะเวลาจุดคุ้มทุนจะต่างกัน 5 เดือน และคาดว่าแนวโน้มจุดคุ้มทุนของข่ายสายทุกแบบจะใกล้เคียงกันมากหรือแทบไม่แตกต่างกันเลยหากจำนวนผู้ใช้บริการแถบกว้าง(Broadband)สูงมากขึ้นเกินกว่าร้อยละ 25

จะเห็นว่าหากแนวโน้มของผู้ใช้บริการแถบกว้าง(Broadband)จำนวนมากขึ้นจะพบจุดคุ้มทุนได้เร็วขึ้น ขณะเดียวกันหากค่าบำรุงรักษาต่ำลงก็จะทำให้พบกับจุดคุ้มทุนเร็วขึ้นเช่นกัน นั่นหมายความว่าหากปรับปรุงและควบคุมให้ค่าบำรุงรักษาลดต่ำและส่งเสริมให้ผู้ใช้หันมาใช้บริการแถบกว้าง(Broadband)มากขึ้น โอกาสนำข่ายเส้นใยนำแสงมาใช้ในข่ายสายกระจายท้องถิ่นก็จะมีความเป็นไปได้สูงขึ้นเช่นกัน ส่วนผลกำไรจะมากขึ้นหรือค่าบริการจะถูกลงหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับความสอดคล้องของเทคโนโลยีที่เลือกกับบริการบนโครงข่ายที่ผู้ให้บริการจะนำมาใช้เป็นกลยุทธในการขายบริการ

4.4 รูปแบบที่เลือก

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ที่ผ่านมาทั้งหมดนั้นจะเห็นว่าข้อดีของข่ายสายแบบแอคทีพมัลติเพิลสตาร์(Active Multiple star)อยู่ที่การใช้ทรัพยากรร่วมกัน โดยเฉพาะที่สำคัญยิ่งก็คือมูลค่าการลงทุนต่อผู้ใช้จะเป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนวงจรที่เพิ่มขึ้นเสมอ ยิ่งผู้ใช้มีจำนวนมากขึ้นเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าลงทุนต่อรายยิ่งต่ำลงเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่นแล้วเห็นว่าโอกาสได้รับผลตอบแทนถึงจุดคุ้มทุนค่อนข้างเป็นไปได้สูง รองรับลูกค้าจำนวนมากได้ จึงเลือกนำมาใช้เป็นต้นแบบสำหรับพัฒนาให้เป็นเทคโนโลยีทางเลือกต่างๆ

ในที่สุดจากผลการวิเคราะห์ปัจจัยและเปรียบเทียบระยะเวลาคุ้มทุนโดยรวมแล้วจะเห็นว่าข่ายสายดิจิตอลระบบคลื่นพาหะ (DLC : Digital Loop Carrier) จะเป็นเทคโนโลยีทางเลือกที่มีโอกาสได้รับผลตอบแทนถึงจุดคุ้มทุนเร็วกว่าจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะเลือกนำมาใช้งานในระยะแรกนี้มากกว่าแบบอื่นๆ

4.5 ผลที่ได้จากโครงข่ายระบบใหม่

ข่ายเส้นใยนำแสงมีข้อดีสำหรับประชาชนผู้ใช้บริการมากขึ้นเพราะแก้ไขข้อบกพร่องของข่ายสายทองแดงได้หลายประการ แต่สำหรับผู้ลงทุนให้บริการโครงข่ายแล้วอย่างน้อย ได้รับประโยชน์ 3 ด้านได้แก่

- **ด้านโครงสร้างข่ายสาย**
  - จะเป็นการวางโครงข่ายเส้นใยนำแสงให้ถึงผู้ใช้หรือใกล้บ้านผู้ใช้มากที่สุด
  - ใช้เคเบิลเส้นใยนำแสงขนาดเล็กและจำนวนน้อยเส้นทำให้บรรเทาความคับคั่งรวมทั้งลดค่าก่อสร้างของท่อร้อยสาย
  - เส้นใยนำแสงมีความจุสูงจึงทำให้ปรับปรุงขยายและเพิ่มบริการใหม่ๆได้ง่าย
  - ราคาต่อคู่สายจะมีราคาลดลง
- **ด้านบริการ**
  - สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วอัตราการส่งข้อมูลได้ง่ายตามความต้องการของผู้ใช้บริการ
  - หน่วยกระจายระยะไกลมีความจุได้หลายขนาด จึงจัดให้เหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้ไม่มีวงจรเหลือเกินความต้องการ
  - บริการหลายอย่างสามารถรวมส่งไปในเส้นใยนำแสงเส้นเดียวกันได้
- **ด้านดำเนินการและบำรุงรักษา**
  - ลดค่าปฏิบัติการและบำรุงรักษา ดังที่ได้ศึกษาไว้นั้น จะพบว่าค่าปฏิบัติการและบำรุงรักษาส่วหนึ่งขึ้นอยู่กับทักษะและประสบการณ์ ซึ่งจะทำให้วิเคราะห์เหตุเสียได้ถูกต้อง ใช้ระยะเวลาและแรงงานน้อยลง ดังนั้นแนวโน้มการบำรุงรักษาจึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีจำนวนลดลงกว่าที่ใช้ในการศึกษานี้
  - ลดค่าเช่าแขวนเสาไฟฟ้า ข้อตกลงระหว่างการไฟฟ้านครหลวง, การไฟฟ้าภูมิภาค กับองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย จะคิดค่าแขวนสายเคเบิลตามเสาไฟตามขนาดของสายเคเบิลดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นในการนำเส้นใยนำแสงมาใช้ในโครงข่ายสายกระจาย นอกจากมีขนาดเล็กลงอันจะทำให้ค่าใช้จ่ายด้านนี้ลดลงหรือไม่เพิ่มขึ้นแม้จะมีการขยายงานแล้ว ราคาลงทุนต่อคู่สายก็ยิ่งน้อยลงไปเรื่อยๆ ขณะเดียวกันหากปรับปรุงให้ลงไปอยู่ในท่อร้อยสายใต้ดินได้เป็นจำนวนมากก็ยิ่งจะเป็นผลดีต่อทั้งค่าใช้จ่ายลงทุนรอบรายปีทั้งและสิ่งแวดล้อมด้วย

- แนวโน้มราคาค่าบริการลดลง จากการศึกษาที่ได้นำเสนอในหัวข้อที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายลงทุนรอบรายปีเกิดจากค่าลงทุนเริ่มแรกกับค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเป็นประการสำคัญดังนั้นเมื่อแนวโน้มค่าดำเนินการและบำรุงรักษาลดลง ค่าลงทุนต่อคู่สายลดลง อัตราค่าบริการน่าจะต้องลดลงเช่นกัน

- ตอบสนองความต้องการผู้ใช้ได้เร็วกว่า การเปลี่ยนแปลงความต้องการความเร็วในการส่งตามความต้องการของผู้ใช้ การซ่อมแซม การตรวจสอบ สามารถใช้ซอฟแวร์(Software)แก้ไขและเปลี่ยนแบนวิดธ์(Bandwidth) หรือเปลี่ยนการ์ด(card)โดยไม่ต้องแก้ไขหรือเชื่อมโยงใหม่ จึงใช้เวลาน้อยกว่าระบบคู่สายทองแดง หากวางจำนวนเส้นใยนำแสงในโครงข่ายมากขึ้น จำนวนคู่สายทองแดงจะมีจำนวนน้อยลง จึงเป็นการลดค่าบำรุงรักษารวมทั้งลดเหตุเสียจากคู่สายทองแดง

- สนับสนุนระบบสารสนเทศและการรับ – ส่ง ข้อมูลในอนาคตที่จะติดต่อกันด้วยสัญญาณแสงที่มีความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. รัชนัย อินทุใส. 2537. **ISDN.** กรุงเทพฯ : ฟิสิคเซ็นเตอร์.
2. Telephone Organization of Thailand. 1998. **TOT. Secification No.:GES-162-001-03.** Page 2 , Item3.5. Bangkok: TOT Press.
3. Phelphsdodge Thailand Limited. **Product Specification.** Bangkok.
4. Telecommunication Standardization Sector of ITU. 1997. **ITU-T Recommendation L.15.** Helsinki: International Telecommunication Union.
5. Tsong-Ho Wu. 1992. **Fiber Network Service Survivability.** London: Artech House.
6. David P. R. 1992. **Residential Fiber Optic Networks: An Engineering and Economic Analysis.** London: Artech House.
7. Southwestern Bell Corporation. 1989. **Reply Comments of Southwestern Bell Corporation. FCC CC Docket No. 87-266.** Tennessee: Southwestern Bell Corporation.
8. Continental Cablevision. 1990. "Cable Television Operations and Finance." **in Seminar for the Federal Communications Commission Staff.** DC: FCC
9. ศูนย์ฝึกอบรมองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย. 2521. **คู่มือช่างคำแนะนำงานข่ายสายโทรศัพท์ TCP-290.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กองการพิมพ์องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย.
10. Gunther M., Peter G. 1987. **Fiber Optic Cables: Fundamentals Cable Technology Installation Practice Siemens Aktiengesellschaft, Berlin and Munchen.** New York: John Wiley & Sons Ltd.
11. Ericsson Inc. 1997. "LOC–2i Release 2.6: System Description".
12. Händel, R. et. al. 1994. **ATM Network.** 2nd edition. Addison-Wesley.
13. อภินันท์ มัณยานนท์. 2537. **การสื่อสารเส้นใยแสง.**
14. Cameron, W. H. ,et al. 1987. "Integrated Network Operation Architecture and Its Application to Network Maintenance." **IEEE Communication Magazine.** 25(8): 48 – 53.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. Wallace, Carl. 1989. "Economic Consideration for Fiber in the Last Mile." **Fiber Optics Magazine.** :25 – 28.

16. Mitchell, B.M. 1989. **Incremental Capital Costs of Telephone Access and Local Use.** The RAND corporation, R-3764-ICTF.

17. Johnson, Leland L. and David P. R. 1990. **Resident Broadband Services by Telephone Companies, Technology, Economics, and Public Policy.** The RAND Corporation, R-3906-MF/RL.

18. Ensdrof, W. et. al. 1988. "Economic Consideratio of Fiber in the Loop Plant." 291-296. **in ISSLS'88.** Boston: IEEE,1988,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้