

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการลงทุนติดตั้งโครงข่าย
เคเบิลใยแก้วนำแสงเพื่อทดแทนการเช่าโครงข่ายในภาคเหนือของประเทศไทย: กรณีศึกษา

Technical and Economic Feasibility Analysis on the Project Investment of the Installation of Optical
Fiber Cable Network for the Replacement of Network Leasing
in the Northern Part of Thailand: A Case Study

ภรณ์ โทวิวัฒน์นนท์¹ ศันสนีย์ สุภาภา² และ พัชราภรณ์ ญาณภริต³

สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน¹

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน^{2,3}

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900^{2,3}

E-mail: livermind@hotmail.com¹ fengsas@ku.ac.th² fengppy@ku.ac.th³

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของโครงการติดตั้งโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงเพื่อทดแทนการเช่าโครงข่ายเดิม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายการเช่าสูงมากในแต่ละปีของกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ให้บริการวางจรรยาเครือข่ายความเร็วสูงด้วยระบบดิจิทัลผ่านโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงแห่งหนึ่ง ซึ่งต้องการปรับเปลี่ยนและพัฒนาเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันให้สามารถรองรับการขยายตัวของกาให้บริการให้เหมาะสมยิ่งขึ้น การวิจัยได้มีการออกแบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง โดยการสำรวจตำแหน่งลูกค้าปัจจุบันและลูกค้าใหม่ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูล นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งสถานีให้บริการระหว่างติดตั้งในตำแหน่งเช่าเดิมเปรียบเทียบกับการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณหาตำแหน่งที่เหมาะสมโดยมีผลรวมของระยะทางน้อยสุด จากสถานีให้บริการไปยัง

ลูกค้าทุกราย ภายใต้เงื่อนไขของระยะทางที่สถานีสามารถให้บริการได้ ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง ควรมีระยะทางรวม เท่ากับ 1,530,200 เมตร ติดตั้งสายสัญญาณทองแดงเชื่อมต่อไปยังลูกค้าระยะทางเท่ากับ 193,575 เมตร ติดตั้งสถานีให้บริการจำนวน 31 สถานี มีงบประมาณการลงทุนทั้งสิ้น 144.5 ล้านบาท จากการวิเคราะห์การลงทุนของโครงการภายในระยะเวลา 10 ปี และอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่พึงพอใจ 15% ต่อปี พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 31.92 ล้านบาท ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7 ปี ให้อัตราผลตอบแทนภายใน 23.75% ต่อปี พบว่าโครงการมีความเหมาะสมในการลงทุน นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยของค่าใช้จ่ายในการลงทุน รายได้จากการจำหน่ายที่เพิ่มขึ้นต่อปี ระยะทางติดตั้งเคเบิลใยแก้วนำแสง และค่าแรงในการดำเนินการสร้างโครงการในช่วงการเปลี่ยนแปลง

±20% ของค่าประมาณการที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงการ พบว่าโครงการยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุน

Abstract

The objective of this paper is to analyze the technical and economic feasibilities of capital investment for the installation of an optical fiber cable network, replacing the existing leasing alternative from the PEA network due to the high annual rental rate and lack of adequate service to clients because of rapidly changing technology. In order to respond to client requirements, a survey of the location of current and potential clients was carried out to identify an appropriate area in which a cable network station could effectively be located to serve clients. The outcomes of the survey were then used for stimulation using the Minisum Facility Location Problems approach to determine the most suitable location. The study found that the distance needed for optical fiber cable installation was 1,530,200 meters while the distance that allowed installation of copper cable to serve all clients was 193,575 meters. Moreover, to facilitate the project efficiently, 31 stations needed to be constructed. The overall investment cost was estimated at 144.5 million baht. Having analyzed at a 15% minimum attractive rate of return and 10 years of analysis

period, the net present value of the project was estimated at 31.92 million baht, the payback period was approximately 7 years with an internal rate of return of 23.75% per year. This was considered economically feasible for investment when compared to the minimum attractive rate of return. The sensitivity analysis also suggested that by varying the investment costs, the incremental revenue, the optical fiber cable distance, and the labor cost in the range of ±20%, the project is still feasible for investment.

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมโทรคมนาคมมีการแข่งขันกันอย่างมากที่จะให้บริการสื่อสารโทรคมนาคมที่รวดเร็วและครบวงจร ทั้งด้านเสียง (Voice), ข้อมูล (Data) และภาพ (Video) การเจริญเติบโตของเทคโนโลยีทางการสื่อสารข้อมูล ทำให้มีอัตราการใช้งานที่สูงมากในปัจจุบัน ประกอบกับภาคธุรกิจอุตสาหกรรมต่างๆ จะต้องปรับตัวเพื่อพร้อมก้าวเข้าสู่การแข่งขันในยุคการค้าเสรี หลายธุรกิจเล็งเห็นศักยภาพของประเทศไทย ว่าเป็นฐานการผลิตที่มีขนาดใหญ่ การเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างโรงงานการผลิตไปยังสำนักงานทั้งภายในและต่างประเทศจึงเป็นเรื่องสำคัญ ดังนั้นผู้ให้บริการเครือข่ายโทรคมนาคมจึงต้องมีการพัฒนา และปรับปรุงโครงข่ายของตัวเองอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับกับการเชื่อมต่อในอนาคต และเพิ่มความสามารถในการรองรับลูกค้าที่มีปริมาณมากขึ้น โดยเฉพาะในระบบส่งสัญญาณ (Transmission) ที่ใช้

สายส่งสัญญาณประเภทเคเบิลใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) เชื่อมโยงระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง ผู้ให้บริการจึงต้องเดินหน้าลงทุนในการปรับปรุงโครงข่ายให้โครงข่ายทรงประสิทธิภาพมากขึ้น

กรณีศึกษา: ผู้ให้บริการเช่าวงจรเครือข่ายความเร็วสูงด้วยระบบดิจิทัลผ่านโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง มีการให้บริการที่ครอบคลุมพื้นที่ทุกจังหวัดทั่วประเทศไทย พื้นที่การให้บริการในภาคเหนือดำเนินการโดยการเช่าโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จากข้อมูลการเช่าพบว่า มีค่าใช้จ่ายปีละประมาณ 211.32 ล้านบาท ซึ่งมีสัดส่วนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายรวม นอกจากนี้พบว่า ปัจจุบันประสบปัญหาความล่าช้าในการรับแจ้งและแก้ไขกรณีสายเคเบิลเกิดปัญหา รวมถึงการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี และแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความต้องการของผู้บริโภค การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการลงทุนโครงการติดตั้งโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงเพื่อทดแทนการเช่าโครงข่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในพื้นที่ภาคเหนือ เพื่อรองรับลูกค้าปัจจุบันและลูกค้าใหม่ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในเส้นทางเช่าเดิม โดยการประเมินความเหมาะสมทางด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์เมื่อพิจารณาโครงการลงทุนหลังหักภาษีเงินได้นิติบุคคล แต่ไม่พิจารณาเงินเฟ้อ รวมทั้งวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจในการลงทุน

2. การศึกษาข้อมูลทั่วไป

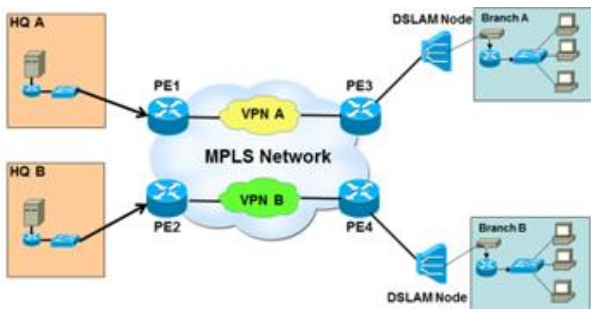
2.1 บริษัทกรณีศึกษา

กลยุทธ์ในการดำเนินงานของกรณีศึกษา มุ่งเน้นตอบสนองของความพึงพอใจของผู้รับบริการ ทำให้

ผู้ใช้บริการสามารถใช้บริการสื่อสารข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย หรือเรียกว่า “Corporate Solutions” บริการการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างสำนักงานใหญ่ (Head Quarter : HQ) ของลูกค้าไปยังสาขาต่างๆ (Branches) ของลูกค้า ผ่านโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงและเชื่อมโยงไปยังลูกค้าผ่านอุปกรณ์ DSLAM ผ่านสายทองแดงไปยังลูกค้าด้วยเทคโนโลยี Modem G.SHDSL.bis โดยมี Router (PE) อยู่ตามหัวเมือง ดังแสดงในรูปที่ 1 ลูกค้าเป้าหมายส่วนใหญ่มีการใช้บริการเช่าวงจรเพื่อเชื่อมต่อเครือข่ายขององค์กรตัวเอง เช่น การเชื่อมต่อสาขาต่างๆ ที่กระจายอยู่ในแต่ละพื้นที่ เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างสาขา พบว่ากลุ่มลูกค้าเป้าหมายนั้นมีการขยายการให้บริการที่เพิ่มขึ้น ทั้งการเพิ่มความเร็วในการรับส่งสัญญาณ เพิ่มสาขาการให้บริการขององค์กรลูกค้าเอง ส่งผลให้มีการเช่าวงจรสัญญาณที่เพิ่มขึ้น

จากการวิเคราะห์ SWOT เพื่อประเมินสถานการณ์และศักยภาพของบริษัทกรณีศึกษา พบว่าบริษัทมีศักยภาพในการดำเนินการสร้างโครงการ จากจุดแข็งที่บริษัทมีในด้านความพร้อมของบุคลากร เทคโนโลยีและศูนย์บริการที่สามารถรองรับการให้บริการและการซ่อมบำรุง ประกอบกับโอกาสที่ส่งเสริมให้นำลงทุนเมื่อเทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคมมุ่งสู่ระบบ Packet Switching (IP) ซึ่งต้องการเส้นทางโครงข่ายที่มีความจุมากๆ เพื่อการใช้งานที่รวดเร็วและจำนวนมาก แต่บริษัทเองยังมีจุดอ่อนในประเด็นที่โครงข่ายมีความจุที่จำกัด เนื่องจากไม่มีโครงข่ายเป็นของตัวเองทั้งหมด ยังต้องเช่าโครงข่ายและวงจรสัญญาณ ส่งผลให้การขยาย

หรือเพิ่มความเร็วทำได้ยาก นอกจากนี้พนักงานระดับปฏิบัติการขาดความรู้ความเข้าใจในอุปกรณ์ สำหรับแนวทางการลดจุดอ่อนข้างต้นกรณีศึกษาควรเริ่มพิจารณาลงทุนสร้างโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงเป็นของตัวเองเพื่อรองรับการใช้งานที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต และควรมีการจัดเตรียมหลักสูตรการฝึกอบรมให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานของพนักงานระดับปฏิบัติการประกอบกับการฝึกอบรมแบบ “On the Job Training (OJT)” ซึ่งเป็น การฝึกลงมือปฏิบัติจริงกับอุปกรณ์ โดยมีผู้เชี่ยวชาญคอยดูแลอบรม ทั้งนี้อุปสรรคที่ส่งผลกระทบต่อธุรกิจของกรณีศึกษาคือ การใช้เวลาในการออกใบอนุญาตพาดสายสัญญาณจากหน่วยงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) และหน่วยงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) การเพิ่มขึ้นของคู่แข่งและการแข่งขันในด้านของราคา รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วมากของเทคโนโลยี



รูปที่ 1 การให้บริการแบบ Corporate Solutions

แนวทางรับมือกับอุปสรรคดังกล่าว กรณีศึกษาควรวางแผนการสำรวจ และจัดทำแบบขออนุญาตให้รวดเร็วและควรจัดทีมติดตามความคืบหน้า การพิจารณาใบอนุญาตอย่างใกล้ชิด ด้านการเตรียมการรับมือกับอุปสรรคจากการเพิ่มขึ้นของคู่แข่ง

และด้านราคานั้น กรณีศึกษาควรมีการพิจารณาเพิ่มฐานลูกค้าที่มีความหลากหลายมากขึ้น อาจมองถึงลูกค้ารายย่อย ประเด็นสุดท้ายคือ การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วมากของเทคโนโลยี ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์จึงควรพิจารณาอุปกรณ์ที่ราคาไม่สูงมากแต่ต้องมีการทดสอบการใช้งานว่าเหมาะสมกับอายุการใช้งานและราคา และควรประยุกต์ผลงานนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีของกรณีศึกษาที่มีอยู่เดิมกับเทคโนโลยีที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

2.2 โครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงในปัจจุบัน

โครงสร้างของโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงในภาคเหนือ ปัจจุบันเป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงที่กรณีศึกษาสร้างขึ้นเอง และที่มีการเช่าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) ประกอบกันเป็นโครงข่ายเพื่อรองรับการให้บริการเครือข่ายองค์กรลูกค้าในภาคเหนือ โครงข่ายใยแก้วนำแสงที่กรณีศึกษาสร้างขึ้นเองจะครอบคลุมพื้นที่อำเภอหลักๆ ของจังหวัดในภาคเหนือ โดยเฉพาะอำเภอเมืองทั้งหมด เพื่อรองรับองค์กรธุรกิจที่หนาแน่นมากกว่าอำเภออื่นๆ โดยสำนักงานใหญ่ประจำภูมิภาคของกลุ่มลูกค้าเป้าหมายนั้น จะหนาแน่นอยู่ในอำเภอเมือง สำหรับการเชื่อมโยงโครงข่ายของแต่ละอำเภอนั้น ปัจจุบันใช้วิธีการเช่าใช้โครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงจาก PEA มีการออกแบบโดยนำสถาปัตยกรรม Ring Topology เข้ามาใช้ เพื่อสร้างเส้นทางสำรองให้กับโครงข่าย ทำให้โครงข่ายมีความเสถียรเพิ่มมากขึ้น สร้างความเชื่อมั่นต่อลูกค้าได้กรณีเกิดภัยพิบัติที่ไม่คาดคิด เส้นทางที่มีการเช่าใช้โครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงจาก PEA ในภาคเหนือ มีทั้งหมด 15 เส้นทาง

ระยะทางเข้ารวม 1,731.20 กิโลเมตร รายละเอียดดัง
แสดงในตารางที่ 1

เส้นทางที่มีการเช่าใช้โครงข่ายเคเบิลใยแก้ว
นำแสง การให้บริการลูกค้าจะให้บริการผ่านการเช่า
วงจรสัญญาณจากบริษัทที่ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่
แห่งหนึ่ง ซึ่งมีโครงข่ายและสถานีฐานครอบคลุมทั่ว
ประเทศ จากการศึกษาข้อมูลพบว่า มีลูกค้าใช้งานอยู่
ในเส้นทางที่มีการเช่าใช้โครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง
จำนวน 155 วงจร รวมความเร็วใช้งานทั้งหมด 89,472
Kbps หรือประมาณ 90 Mbps

ตารางที่ 1 เส้นทางเช่าเคเบิลใยแก้วนำแสงจาก PEA

เส้นทาง	สถานีต้นทาง	สถานีปลายทาง	ระยะเช่า (กิโลเมตร)
1	กฟจนครสวรรค์.	กฟจก้าแพงเพชร.	159.71
2	กฟจก้าแพงเพชร.	กฟจตาก.	73.00
3	กฟจตาก.	กฟจลำพูน.	263.08
4	กฟจเชียงใหม่.	กฟจเชียงใหม่.	217.70
5	สฟฟแม่ลาว.	กฟจพะเยา.	66.14
6	กฟจพะเยา.	สฟฟ1 ลำปาง.	153.01
7	สฟฟ1 ลำปาง.	กฟอแม่ทะ.	17.00
8	กฟอลอง.	สฟฟแพร่.	42.53
9	กฟจอุตรดิตถ์.	สฟฟสวรรคโลก.	71.99
10	สฟฟสวรรคโลก.	สฟฟเถิน.	111.71
11	กฟจสุโขทัย.	สฟฟ พิษณุโลก.1	65.77
12	สฟฟ พิษณุโลก.3	กฟจก้าแพงเพชร.	122.36
13	สฟฟ พิษณุโลก.3	กฟจพิจิตร.	61.00
14	กฟจพิจิตร.	กฟจนครสวรรค์.	139.10
15	กฟอชุมแสง.	กฟจเพชรบูรณ์.	167.10
ระยะทางรวม			1,731.20

การเช่าวงจรสัญญาณเพื่อให้บริการลูกค้า
ปัจจุบัน มีจำนวนทั้งหมด 48 E1 และเช่าวงจร
สัญญาณเพื่อใช้สำหรับวงจร Back-up จำนวน 29 E1
รวมเช่าวงจรทั้งหมด 77 E1 หรือ 154 Mbps และมี

ตารางที่ 2 ปริมาณวงจรลูกค้าทั้งหมดที่ต้องการ

ลำดับ	พื้นที่บริการ	ลูกค้าปัจจุบัน		ลูกค้าใหม่	
		จำนวน วงจร	ความเร็ว ใช้งาน	จำนวน วงจร	ความเร็ว ใช้งาน
1	มหาวิทยาลัย เจ้าพระยา	6	4,096	5	5,632
2	สกลบาตร	5	3,072	6	8,704
3	คลองขลุง	5	3,072	3	4,096
4	นครชุม	7	3,904	2	4,096
5	วิทยาลัย กรุงเทพการ บัญชี	2	1,536	3	5,120
6	บ้านตาก	4	2,624	2	768
7	เถิน	6	2,688	3	2,816
8	ลี้	4	2,688	4	2,304
9	บ้านโฮ้ง	4	2,176	2	768
10	ดอยสะเก็ด	4	1,728	3	2,368
11	แม่ชะจาน	5	2,688	2	3,072
12	เวียงป่าเป้า	6	2,944	2	1,024
13	แม่สรวย	1	128	4	5,120
14	พาน	9	4,800	2	2,560
15	มหาวิทยาลัย พะเยา	4	1,216	0	0
16	งาว	5	3,712	2	2,048
17	แม่ทะ	4	2,944	2	3,072
18	ลอง	4	3,712	2	2,048
19	ศรีสังขาลย์	6	2,752	1	1,024
20	สวรรคโลก	10	5,760	5	6,656
21	กงไกรลาศ	5	3,904	3	1,600
22	บางระกำ	5	2,304	3	3,328
23	ลานกระบือ	3	1,024	3	1,600
24	ตะพานหิน	10	5,312	1	1,024
25	บางมูลนาก	6	2,432	5	5,696
26	ชุมแสง	7	3,712	1	2,048
27	หนองบัว	6	3,200	2	2,560
28	บึงสามพัน	6	3,200	4	6,656
29	หนองไผ่	6	3,200	2	3,072
30	บางกระทุ่ม	0	0	6	7,168
รวม		155	89,472	85	98,048

การเข้าสถานีติดตั้งอุปกรณ์จำนวน 29 สถานี มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเข้าใช้โครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงเฉลี่ยประมาณ 50.45 ล้านบาทต่อปี

การสำรวจลูกค้าใหม่ทีคาดว่าจะเกิดขึ้นในบริเวณเส้นทางที่มีการเข้าใช้โครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง สามารถแยกการสำรวจเป็น 2 ส่วน คือ ตำแหน่งของลูกค้า และความเร็วที่ลูกค้าต้องการใช้ในพื้นทีภาคเหนือ 14 จังหวัด โดยมีการแบ่งทีมออกสำรวจจำนวน 3 ทีม ทีมละ 2 คน ผลการสำรวจดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าตำแหน่งลูกค้าใหม่จะกระจายตัวอยู่ตามอำเภอที่มีแหล่งธุรกิจซึ่งเป็นบริเวณที่มีลูกค้าเดิมใช้งานอยู่ จะมีเพียงบริเวณอำเภอบางกระทู้ที่เดิมไม่มีลูกค้าใช้งาน

แต่ผลสำรวจซึ่งจัดทำโดยทีมสำรวจพบว่า มีลูกค้าใหม่ต้องการใช้งานบริเวณดังกล่าว ทั้งนี้ยังพบว่าลูกค้าใหม่ทั้งหมดทีคาดว่าจะเกิดขึ้นนั้นเป็นลูกค้าเดิมของกรณีศึกษาซึ่งมีความต้องการจะขยายธุรกิจและสาขาเพิ่มขึ้น มีปริมาณลูกค้าใหม่ทีคาดว่าจะเกิดขึ้นจำนวน 85 วงจร รวมความเร็วทีต้องการใช้ 98,048 Kbps หรือประมาณ 99 Mbps โดยจำนวนลูกค้าใหม่ทีคาดว่าจะเกิดขึ้นเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 55 ของจำนวนลูกค้าปัจจุบัน

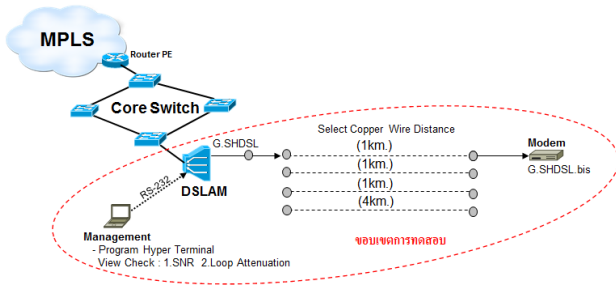
3. วิธีการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค

วิธีการวิเคราะห์ประกอบด้วยการวิเคราะห์ด้านเทคนิคสำหรับระยะทางในการให้บริการของสถานีให้บริการ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีให้บริการ และระยะทางระหว่างสถานี

3.1.1 ระยะทางในการให้บริการของสถานีให้บริการ

การติดตั้งสถานีให้บริการจำเป็นต้องพิจารณา ระยะทางระหว่างสถานี และตำแหน่งลูกค้า ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อความเร็วในการส่งสัญญาณทีลูกค้าได้รับผ่านคู่สายสัญญาณเชื่อมต้อเข้าสู่โครงข่าย โดยอุปกรณ์ปลายทางฝั่งลูกค้าเป็นอุปกรณ์ Modem G.SHDSL.bis ทีมีการรับส่งข้อมูลแบบ Symmetrical หรือสามารถรับส่งสัญญาณได้ทีความเร็วเท่ากัน ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานของลูกค้าองค์กรทีมีสาขาอยู่ทั่วประเทศเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างสาขาด้วยกัน หรือระหว่างสาขาทีสำนักงานใหญ่ ทีต้องการทั้งรับและส่งข้อมูลเท่าๆ กัน ดังนั้นเพื่อให้ได้ซึ่งระยะทางทีเหมาะสมในการจะให้บริการลูกค้า รวมทั้งขีดความสามารถของอุปกรณ์ทีจะสามารถให้บริการได้ จึงทำการทดสอบอุปกรณ์ต้อเชื่อม Modem G.SHDSL.bis ทีระยะทาง 1, 2, 3, 4 และ 5 กิโลเมตร และใช้ความเร็วในการทดสอบเท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 Mbps ตามลำดับ ซึ่งเป็นความเร็วในการให้บริการ ดังรูปที่ 2 จากนั้นพิจารณาค่าอัตราส่วนของสัญญาณระหว่างสัญญาณทีต้องการกับสัญญาณรบกวน (Signal-to-Noise Ratio, SNR) และค่าการสูญเสียสัญญาณทางสายเนื่องจากระยะทางหรือความยาวของสายสัญญาณ และหรือชนิดของสายเคเบิลและมาตรฐานสัญญาณ รวมทั้งปริมาณและทีตั้งจุดเชื่อมต้ออื่นๆ บนสายเคเบิล (Line attenuation) [1] โดยการทดสอบอ่านค่าสัญญาณ 3 ครั้งต่อระยะทางต่อความเร็ว จากนั้นนำค่าทีได้ 3 ค่า เพื่อหาค่าเฉลี่ยและใช้เป็นค่าทีเหมาะสมสำหรับระยะทางในการให้บริการของสถานี

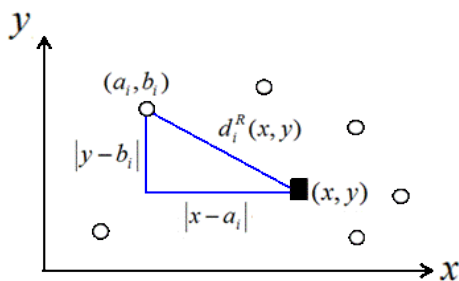


รูปที่ 2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อทดสอบค่า SNR และค่า Attenuation

3.1.2 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีให้บริการ

เมื่อทราบระยะทางในการให้บริการของสถานีให้บริการ จากนั้นเก็บข้อมูลตำแหน่งของลูกค้าปัจจุบันและผลการสำรวจตำแหน่งของลูกค้าใหม่ทีคาดว่าจะเกิดเพิ่มขึ้น ระยะทางระหว่างสถานีให้บริการกับลูกค้าจะใช้เทคนิคการพิจารณาเป็นฟังก์ชันของระยะทางระหว่างพิกัดบนระนาบแบบเส้นตรง (Rectilinear) การแก้ปัญหานั้นจะใช้สมการเรขาคณิตอย่างง่าย คือ สมการระยะห่างในแนวเส้นตรง (Rectilinear) ระหว่างจุด 2 จุด บนระนาบ XY ดังแสดงในรูปที่ 3 และสมการที่ (1) [2]

$$d_i^r(x, y) = |x - a_i| + |y - b_i| \quad (1)$$



รูปที่ 3 การหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด บนระนาบ XY

กรณีที่ 1 พิจารณาติดตั้งสถานีให้บริการในตำแหน่งเดียวกับสถานีเข้าปัจจุบันหรือบริเวณใกล้เคียง ในที่นี้พิจารณาว่าเป็นตำแหน่งพิกัดเดียวกับ

สถานีเข้าปัจจุบัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนสายสัญญาณทองแดงที่เชื่อมต่อไปยังลูกค้า ซึ่งสามารถใช้สายสัญญาณเดิมได้โดยไม่ต้องลงทุนติดตั้งใหม่สำหรับลูกค้าปัจจุบัน รายละเอียดพิกัดที่ตั้งแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระยะทางระหว่างสถานีให้บริการกับลูกค้า

ลูกค้า	ระยะทางระหว่างสถานีกับลูกค้า (เมตร)
ลูกค้าปัจจุบัน (1)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าปัจจุบัน (1)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าปัจจุบัน (1))
ลูกค้าปัจจุบัน (2)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าปัจจุบัน (2)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าปัจจุบัน (2))
ลูกค้าปัจจุบัน (3)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าปัจจุบัน (3)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าปัจจุบัน (3))
ลูกค้าใหม่ (1)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าใหม่ (1)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าใหม่ (1))
ลูกค้าใหม่ (2)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าใหม่ (2)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าใหม่ (2))
ลูกค้าใหม่ (3)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าใหม่ (3)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าใหม่ (3))

กรณีที่ 2 พิจารณาติดตั้งสถานีให้บริการโดยใช้วิธีการของปัญหาระยะทางรวมน้อยที่สุด (Minisum Facility Location Problems) เพื่อติดตั้งสถานีให้บริการในตำแหน่งที่มีผลรวมของระยะทางระหว่างสถานีและลูกค้าทุกรายน้อยที่สุด [3, 4] เพื่อเป็นการ

ประหยัดต้นทุนของสายสัญญาณทองแดงที่ใช้เชื่อมต่อ ไปยังลูกค้าแต่ละราย รวมทั้งความเร็วที่สามารถให้บริการได้ ซึ่งยิ่งระยะทางน้อยสามารถเพิ่มความเร็วได้มากโดยมีการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งเป็นพิถีพิถันบนพื้นราบ หรือเรียกว่า ปัญหาเวเบอร์ (Weber Problems) และระยะทางระหว่างสถานีให้บริการกับลูกค้า จะพิจารณาเป็นฟังก์ชันของระยะทางระหว่างพิถีพิถันบนระนาบแบบเส้นตรง (Rectilinear) รายละเอียดดังกล่าวมาแล้วในสมการที่ (1) ซึ่งสามารถกำหนดแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยมีสมการวัตถุประสงค์ให้ผลรวมระยะห่างระหว่างสถานีให้บริการกับลูกค้ามีค่าน้อยที่สุด ดังสมการที่ (2) ภายใต้ข้อจำกัดของสถานีให้บริการต้องสามารถให้บริการได้ครอบคลุมพื้นที่สำหรับระยะทางที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 3.1.1 มีรายละเอียดดังสมการที่ (3) และ (4) โดยสมการข้อจำกัด (3) เป็นการหาระยะทางระหว่างสถานีให้บริการและลูกค้าโดยพิจารณาเป็นฟังก์ชันของระยะทางระหว่างพิถีพิถันบนระนาบแบบเส้นตรง (Rectilinear) เนื่องจากการเชื่อมต่อสายสัญญาณทองแดงไปยังลูกค้ามีการลากไปตามแนวของถนน ขณะที่สมการข้อจำกัดที่ (4) เป็นข้อจำกัดของสถานีให้บริการที่สามารถให้บริการครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ ถ้าหากตำแหน่งลูกค้ารายใดรายหนึ่งเกินระยะที่กำหนดจะต้องมีการพิจารณาเพิ่มสถานีให้บริการอีก 1 แห่ง

$$\text{Min}_{x,y} R(x,y) = \sum_{i=1}^n w_i d_i^R(x,y) \quad (2)$$

$$\text{Subject to } d_i^R(x,y) = |x - a_i| + |y - b_i| \quad (3)$$

$$d_i^R(x,y) \leq d \quad (4)$$

$$x, y \geq 0$$

เมื่อกำหนดตัวแปรตัดสินใจและพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ดังนี้

- x = ตำแหน่งของสถานีให้บริการที่สัมพันธ์กับแกน x
- y = ตำแหน่งของสถานีให้บริการที่สัมพันธ์กับแกน y
- w_i = บริการสำหรับลูกค้าที่ตำแหน่งที่ i
- $d_i^R(x, y)$ = ความสัมพันธ์ของระยะทางระหว่างลูกค้าที่อยู่ตำแหน่งที่ i กับสถานีให้บริการที่อยู่ตำแหน่ง (x, y)
- n = จำนวนลูกค้าทั้งหมด
- d = ระยะทางที่เหมาะสมในการให้บริการของสถานีให้บริการ

3.1.3 ระยะทางระหว่างสถานี

ระยะทางที่เหมาะสมระหว่างสถานีให้บริการพิจารณาจากคุณสมบัติของอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ติดตั้งในสถานีให้บริการและค่าสูญเสียของสัญญาณแสงในสายเคเบิลใยแก้วนำแสง โดยระยะทางมากที่สุดที่ยอมรับได้สามารถหาได้จากการคำนวณค่ากำลังส่งของอุปกรณ์และอัตราสูญเสียของสัญญาณแสงในสายเคเบิลใยแก้วนำแสง ซึ่งถ้าระยะทางระหว่างสถานีให้บริการที่ออกแบบเกินระยะทางมากที่สุดที่ยอมรับได้สามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งสถานีขยายสัญญาณหรือทวนสัญญาณ (Repeater) ขึ้นระหว่างสถานีให้บริการดังกล่าว

คุณสมบัติของอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ติดตั้งในสถานีให้บริการ ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณที่มีกำลังส่งสูงสุดเท่ากับ 5 dBm

(Launched Power = 5 dBm) มีค่าความไวในการรับ สัญญาณต่ำสุดเท่ากับ 24 - dBm (Receiver Sensitivity = -24 dBm) ฉะนั้นอัตราสูญเสียของสัญญาณโดยรวมทั้งเส้นทางจะต้องไม่เกิน 29 dB

อัตราสูญเสียของสัญญาณแสงในสายเคเบิลใยแก้วนำแสงเป็นอีกข้อจำกัดในการออกแบบ ตำแหน่งในการติดตั้งสถานีให้บริการแต่ละสถานี ซึ่งมีอัตราสูญเสียของสัญญาณโดยรวม [5] ดังสมการที่ (5)

$$dB = (L \times aF) + (NE \times aE) + (NC \times aC) \quad (5)$$

เมื่อกำหนดให้

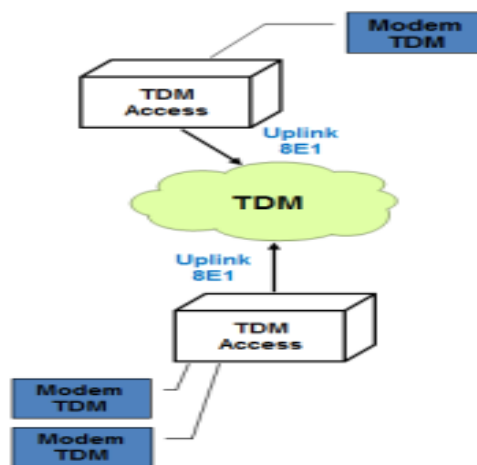
- L = ความยาวของ Optical Fiber (Km)
- aF = ค่า Attenuation ของ Fiber (dB/Km)
- NE = จำนวนของจุด Splice ไม่รวมใน ODF (Point)
- aE = ค่าเฉลี่ยของ Attenuation ของจุด Splice รวมกันทุกจุด (dB)
- NC = จำนวนของ Connector ต้นทางกับปลายทาง
- aC = ค่าเฉลี่ยของ Attenuation ต่อ Connector รวม Splice ใน ODF (dB)

3.1.4 อุปกรณ์ติดตั้งในสถานี

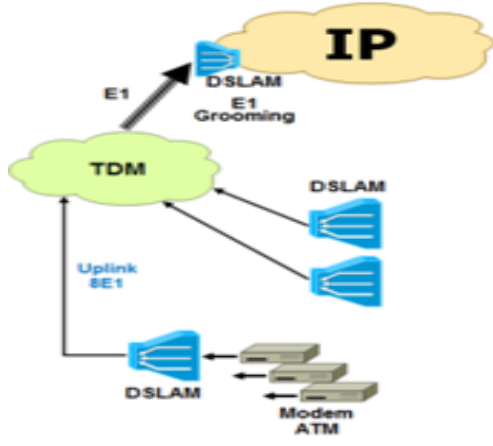
กรณีศึกษาในอดีตให้บริการผ่านระบบ TDM (Time Division Multiplexing) ในระดับ E1 เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าระบบ Generation I (รูปที่ 4) ซึ่งระบบ TDM มีการจองใช้ช่องสัญญาณตลอดเส้นทางให้กับลูกค้ารายหนึ่งแล้ว ลูกค้ารายอื่นๆ ไม่สามารถเข้าไปใช้ช่องสัญญาณเดียวกันได้ ทำให้ไม่สามารถเพิ่มจำนวน

ลูกค้าให้มากขึ้นได้ ในขณะที่ลูกค้าที่จองใช้งานอยู่อาจไม่ได้มีการใช้งานช่องสัญญาณนั้นอยู่ก็ได้ อุปกรณ์ TDM Access 1 ตัว Uplink ได้ 8 E1 นั้นหมายความว่าถ้าลูกค้าใช้งาน 1 Mbps จะมีลูกค้าใช้งานได้ 8 วงจรเท่านั้น และอุปกรณ์มีราคาสูง

การให้บริการในปัจจุบันเป็นระบบ Generation II (รูปที่ 5) ใช้อุปกรณ์ในกลุ่ม Packet Switching คือ อุปกรณ์ DSLAM ในการแบ่งปันเส้นทางในการรับ-ส่งสัญญาณข้อมูล เพื่อการใช้งานเส้นทางได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากที่สุด อัตราการแบ่งปันใช้งาน 1 : 5 นั้นหมายความว่า ช่องสัญญาณ 1 Mbps สามารถให้ลูกค้าใช้งานได้ 5 วงจร แบ่งกันใช้ อุปกรณ์ DSLAM 1 ตัว Uplink ได้ 8 E1 หรือ 16 Mbps แต่ในทางปฏิบัติสามารถเชื่อมต่อได้เพียง 13 Mbps และสามารถให้บริการลูกค้า 1 Mbps ใช้งานได้ 65 วงจร อย่างไรก็ตามพบว่า ไม่สามารถเช่า E1 ได้ถึง 8 E1 เพราะผู้ให้เช่า E1 กำหนดให้เช่าได้มากที่สุด 4 E1 เท่านั้น ขึ้นอยู่กับแต่ละสถานีว่าผู้ให้เช่ามี E1 วางอยู่มากน้อยแค่ไหน

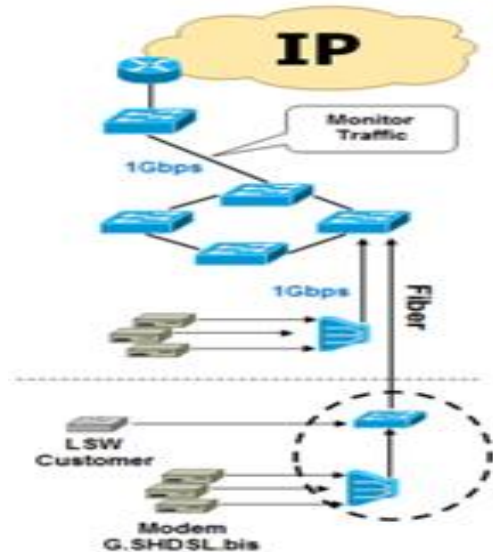


รูปที่ 4 เทคโนโลยีโครงข่ายให้บริการ Generation I



รูปที่ 5 เทคโนโลยีโครงข่ายให้บริการ Generation II

กรณีมีการสร้างโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง จึงทำให้สามารถเลือกอุปกรณ์ที่มี Uplink เป็น Fiber Optic คือ LAN Switch (1GE) เพื่อรองรับการให้บริการที่มีความเร็วสูงขึ้นได้ ในส่วน Access ยังเป็นอุปกรณ์ DSLAM ผ่านคู่สายทองแดงไปยังลูกค้าที่เป็นอุปกรณ์ Modem G.SHDSL.bis จึงเกิดเป็น Generation III (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 เทคโนโลยีโครงข่ายให้บริการ Generation III

4. การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้าน เศรษฐศาสตร์

4.1 การวิเคราะห์ด้านการเงิน

การวิเคราะห์ด้านการเงินจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์การลงทุนในส่วนที่เพิ่ม โดยมีตัววัดคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนในส่วนที่เพิ่ม การประมาณการงบกระแสเงินสดของการลงทุน โดยมีกระแสเงินสดรับของโครงการที่ได้จากการลดค่าใช้จ่ายในการเช่าใช้โครงข่ายใยแก้วนำแสงจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ลดค่าใช้จ่ายในการเช่าพื้นที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ให้บริการลูกค้าและเช่าวงจรสัญญานจากผู้ให้บริการเช่า รวมถึงรายได้จากการขายที่เพิ่มขึ้น คิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง ระยะเวลาการหักค่าเสื่อมราคา 10 ปี สำหรับ Site Preparation ประกอบด้วย สายเคเบิลใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) สายสัญญาณทองแดง สถานีและอุปกรณ์สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ในสถานีให้บริการ มีการหักค่าเสื่อมราคาเป็นระยะเวลา 5 ปี มูลค่าซาก เท่ากับ ศูนย์ อัตราภาษีเงินได้นิติบุคคล ร้อยละ 23 ของรายได้พึงประเมิน โดยโครงการมีแหล่งเงินทุน 2 ส่วน คือ ส่วนของเจ้าของ (Equity) ร้อยละ 50 ของเงินลงทุนและกู้ยืมจากสถาบันการเงินภายในประเทศ เงื่อนไขการกู้ยืม ชำระคืนเงินต้นเท่ากันทุกปีและจ่ายดอกเบี้ยของยอดหนี้ค้างชำระต้นปี เป็นระยะเวลา 5 ปี อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7 ต่อปี การประเมินความเหมาะสมของโครงการใช้วิธีค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Net Present Worth) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return, IRR) และระยะเวลาคืนทุน [6] กำหนดอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่พึงพอใจหลังหัก

ภาษีเงินได้ ร้อยละ 15 ต่อปี การวิเคราะห์ด้าน เศรษฐศาสตร์ พิจารณาอายุโครงการ 10 ปี

4.2 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่มีความไม่แน่นอน (Sensitivity Analysis)

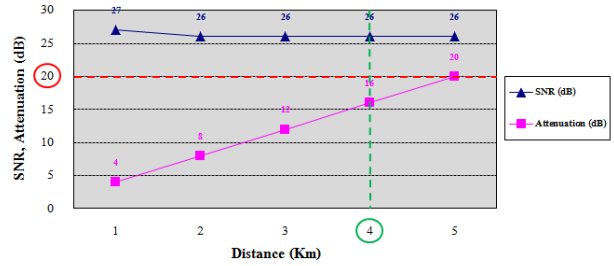
การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของโครงการ โดยการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของตัวแปรต่างๆ ที่มีความไม่แน่นอน ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการลงทุน รายได้จากการขายที่เพิ่มขึ้นต่อปี ระยะทางติดตั้งเคเบิลใยแก้วนำแสง และค่าแรงในการดำเนินการก่อสร้างโครงการ ทั้งนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่ละค่าในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ กำหนดให้คงที่ การเปลี่ยนแปลงพิจารณาตั้งแต่ -20% ถึง 20% ของค่าตัวแปรที่ประมาณการเบื้องต้น (Base case) สำหรับใช้ในการวิเคราะห์โครงการ

5. ผลการวิจัย

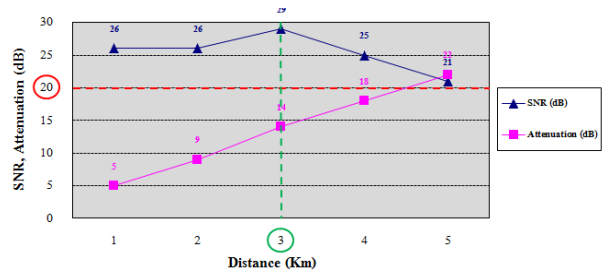
5.1 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค

จากการทดสอบอุปกรณ์ต่อเชื่อม Modem G.SHDSL.bis ที่ระยะทาง 1, 2, 3, 4 และ 5 กิโลเมตร และความเร็วในการทดสอบ (Line rate) เท่ากับ 1 Mbps, 2 Mbps, 3 Mbps และ 4 Mbps ผลการทดสอบสำหรับค่าเฉลี่ยของ SNR, Attenuation, Throughput upload และ Throughput download มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

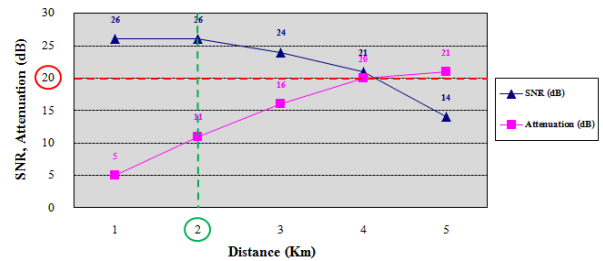
จากผลการทดสอบ สามารถแสดงเป็นกราฟเพื่อใช้ในการพิจารณาระยะทางที่เหมาะสมของสถานีให้บริการลูกค้า รวมทั้งความเร็วที่สามารถให้บริการได้ในแต่ละระยะทาง ดังรูปที่ 7 ถึง 10



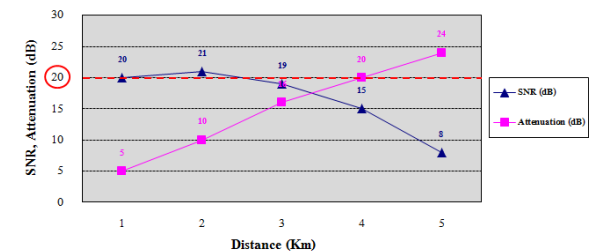
รูปที่ 7 ผลการทดสอบค่า SNR และค่า Attenuation : Line rate 1 Mbps ที่ระยะทาง 1 - 5 Km



รูปที่ 8 ผลการทดสอบค่า SNR และค่า Attenuation : Line rate 2 Mbps ที่ระยะทาง 1 - 5 Km



รูปที่ 9 ผลการทดสอบค่า SNR และค่า Attenuation : Line rate 3 Mbps ที่ระยะทาง 1 - 5 Km



รูปที่ 10 ผลการทดสอบค่า SNR และค่า Attenuation: Line rate 4 Mbps ที่ระยะทาง 1 - 5 Km

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบของการต่อเชื่อมอุปกรณ์ Modem G.SHDSL.bis

Line Rate	ผลการทดสอบ	ระยะทาง (กิโลเมตร)				
		1	2	3	4	5
1 Mbps	SNR (dB)	27	26	26	26	26
	Attenuation (dB)	4	8	12	16	20
	Throughput download (Mbps)	1	1	1	1	1
	Throughput upload (Mbps)	1	1	1	1	1
2 Mbps	SNR (dB)	26	26	29	25	21
	Attenuation (dB)	5	9	14	18	22
	Throughput download (Mbps)	2	2	2	2	2
	Throughput upload (Mbps)	2	2	2	2	2
3 Mbps	SNR (dB)	26	26	24	21	14
	Attenuation (dB)	5	11	16	20	21
	Throughput download (Mbps)	3	3	3	3	3
	Throughput upload (Mbps)	3	3	3	3	3
4 Mbps	SNR (dB)	20	21	19	15	8
	Attenuation (dB)	5	10	16	20	24
	Throughput download (Mbps)	4	4	4	4	4
	Throughput upload (Mbps)	4	4	4	4	4

สรุปผลการทดสอบระยะทางในการให้บริการผ่านคู่สายสัญญาณทองแดงขนาด 0.65 มิลลิเมตรของ Modem G.SHDSL.bis พบว่าที่ความเร็วไม่เกิน 1 Mbps ให้บริการได้ถึงระยะทาง 4 กิโลเมตร ที่ความเร็วมากกว่า 1 Mbps แต่ไม่เกิน 2 Mbps ให้บริการได้ถึงระยะทาง 3 กิโลเมตร และที่ความเร็วมากกว่า 2 Mbps แต่ไม่เกิน 3 Mbps ให้บริการได้ถึงระยะทาง 2 กิโลเมตร ส่วนถ้าต้องการความเร็วใช้งาน

ที่มากกว่านี้ควรเปลี่ยนอุปกรณ์ในการให้บริการ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปผลการทดสอบระยะทางให้บริการผ่านคู่สายสัญญาณทองแดงของ Modem G.SHDSL.bis

Line Rate	ระยะทาง (กิโลเมตร)				
	1	2	3	4	5
ไม่เกิน 1 Mbps					
มากกว่า 1 Mbps ไม่เกิน 2 Mbps					
มากกว่า 2 Mbps ไม่เกิน 3 Mbps					

ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีให้บริการ

กรณีที่ 1 คือการติดตั้งสถานีให้บริการในตำแหน่งเดียวกับสถานีเข้าปัจจุบันหรือบริเวณใกล้เคียง มีรายละเอียดดังตารางที่ 6 การพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งสถานีให้บริการในกรณีที่ 1 พบว่ามีลูกค้าอยู่นอกระยะเวลาให้บริการที่ 4 กิโลเมตร จำนวน 10 วงจร โดยเป็นลูกค้าปัจจุบัน 4 วงจรและลูกค้าใหม่ 6 วงจร คิดเป็น 4.30 % ของจำนวนลูกค้าทั้งหมดที่ต้องการ คือ 234 วงจร ซึ่งไม่ได้รวมผลสำรวจลูกค้าใหม่จำนวน 6 วงจรบริเวณอำเภอบางกระทุ่มเนื่องจากไม่มีลูกค้าปัจจุบันใช้งานบริเวณดังกล่าว

จากกรณีนี้ที่ตำแหน่งสถานีถูกจำกัดด้วยตำแหน่งสถานีเข้าปัจจุบัน ทำให้ไม่ได้มีการพิจารณาความสามารถในการให้บริการของสถานีที่ระยะทาง 4 กิโลเมตร และผลรวมระยะทางระหว่างสถานีให้บริการกับลูกค้าทุกราย เท่ากับ 338,759 เมตร ลูกค้าปัจจุบัน 4 วงจร ที่มีระยะทางการให้บริการเกินระยะ 4 กิโลเมตรนั้น ปัจจุบันจะไม่นิยมให้บริการด้วยการต่อ

พวง Modem ต่อ Modem (Back to Back) ออกไปยังลูกค้า เพราะสัญญาณมีการสูญเสียมาก ประสิทธิภาพไม่ดีและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย จะใช้เมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น ซึ่งผลจากกรณีที่ 1 นั้นจะเห็นว่าการติดตั้งสถานีในตำแหน่งดังกล่าว ไม่สามารถรองรับการให้บริการลูกค้าทุกรายได้ในระยะทางที่กำหนดไว้ว่าเหมาะสมที่ 4 กิโลเมตรได้ จึงมีการพิจารณาตำแหน่งติดตั้งสถานีให้บริการในกรณีที่ 2

กรณีที่ 2 พิจารณาติดตั้งสถานีให้บริการโดยใช้วิธีการของปัญหาระยะทางรวมน้อยที่สุด (Minisum Facility Location Problems) เพื่อติดตั้งสถานีให้บริการในตำแหน่งที่มีผลรวมของระยะทางระหว่างสถานีและลูกค้าทุกรายน้อยที่สุดโดย Excel Solver ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 6 และ 7 การพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งสถานีให้บริการในกรณีที่ 2 พบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมของสถานีให้บริการแต่ละแห่งสามารถครอบคลุมลูกค้าทุกรายทุกวงจรจำนวน 240 วงจรได้ในระยะทาง 4 กิโลเมตร และมีผลรวมระยะทางระหว่างสถานีให้บริการกับลูกค้าทุกรายน้อยสุดเท่ากับ 193,575 เมตร ควรมีการติดตั้งสถานีจำนวน 31 สถานี มีระยะทางในการติดตั้งเคเบิลใยแก้วนำแสงเชื่อมต่อระหว่างสถานีทั้งหมดจำนวน 1,530,200 เมตร ระยะสายสัญญาณทองแดงที่ใช้เชื่อมต่อไปยังลูกค้าทุกรายรวม 193,575 เมตร ผลการคำนวณระยะทางระหว่างสถานี เมื่อกำหนดให้ค่า Attenuation ของ Fiber มีค่าเท่ากับ 0.33 dB/Km ค่าเฉลี่ยของ Attenuation ของจุด Splice รวมกันทุกจุด มีค่าเท่ากับ 0.05 dB และค่าเฉลี่ยของ Attenuation ต่อ Connector รวม Splice ใน ODF มีค่าเท่ากับ 0.50 dB พบว่า ระยะทางไกลสุดระหว่าง

สถานีให้บริการที่สามารถส่งสัญญาณได้มีค่าเท่ากับ 82 กิโลเมตร แต่ค่าดังกล่าวเป็นค่าในกรณีที่แย่มากที่สุด โดยถ้ามีค่าเกินกว่านี้อุปกรณ์ไม่สามารถรองรับได้ และยังเป็นค่าในกรณีที่เป็นการติดตั้งใหม่ทั้งหมด ยังไม่มีการเผื่อสำหรับการซ่อมบำรุง โดยเมื่อเกิดสายเคเบิลขาด ย่อมมีจุดเชื่อมต่อ (จุด Splice) เกิดขึ้น ค่าสูญเสียของสัญญาณโดยรวมเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 6 ผลรวมระยะห่างระหว่างสถานีให้บริการกับลูกค้ามีค่าน้อยที่สุด

ลูกค้า	ระยะทางระหว่างสถานีกับลูกค้า (เมตร)	ระยะทาง (เมตร)
ลูกค้าปัจจุบัน (1)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าปัจจุบัน (1)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าปัจจุบัน (1))	4,000
ลูกค้าปัจจุบัน (2)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าปัจจุบัน (2)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าปัจจุบัน (2))	4,000
ลูกค้าปัจจุบัน (3)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าปัจจุบัน (3)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าปัจจุบัน (3))	4,000
ลูกค้าใหม่ (1)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าใหม่ (1)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าใหม่ (1))	4,000
ลูกค้าใหม่ (2)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าใหม่ (2)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าใหม่ (2))	4,000
ลูกค้าใหม่ (3)	= ABS (พิกัด X ของที่ตั้งสถานี - พิกัด X ของลูกค้าใหม่ (3)) + ABS (พิกัด Y ของที่ตั้งสถานี - พิกัด Y ของลูกค้าใหม่ (3))	4,000

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเผื่อค่าสูญเสียของสัญญาณโดยรวมไว้ก่อนทำการคำนวณ เพื่อป้องกัน

ปัญหาดังกล่าว จากบริษัทกรณีศึกษามีการคิดค่า สัญญา โดยรวมเพื่อให้เท่ากับ 1 dBm ดังนั้น ระยะทางที่เหมาะสม คือ

$$28 = (L \times 0.33) + (L/4 \times 0.05) + (2 \times 0.50)$$

$$L = 78.83 \quad \text{Km.}$$

โดยเมื่อเทียบกับค่า Parameter ของอุปกรณ์ ส่งสัญญาณในห้องตลาด ระยะทางที่อุปกรณ์รองรับ

ได้ กำหนดไว้ที่ 80 กิโลเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณเมื่อพิจารณาจากระยะทางติดตั้งใยแก้วนำแสง พบว่ามี 1 เส้นทางที่มีระยะทางเกิน 79 กิโลเมตร คือ เส้นทางจากสถานีเถินไปยังสถานีสวรรคโลก มีระยะทางเท่ากับ 98.70 กิโลเมตร ดังนั้นจึงพิจารณาติดตั้งสถานีทวนสัญญาณขึ้น 1 สถานีระหว่างสถานีดังกล่าว

ตารางที่ 7 จำนวนสถานีให้บริการที่จะติดตั้ง ระยะทางสายเคเบิลใยแก้วนำแสงและสายสัญญาณทองแดง

เส้นทาง	จำนวน สถานี ให้บริการ	ระยะทางติดตั้ง สายเคเบิลใยแก้ว นำแสง (เมตร)	ระยะทางติดตั้ง สายสัญญาณ ทองแดง (เมตร)	สถานีในเส้นทางนี้ประกอบด้วย
กฟจก้าแพงเพชร.กฟจ - นครสวรรค์.	5	117,000	33,848	สถานีมหาวิทยาลัยเจ้าพระยา, สถานีหน้าสนามกีฬา, สถานีสลกบาตร, สถานีคลองขลุง, สถานีนครชุม
กฟจตาก.กฟจ - ก้าแพงเพชร.	1	65,900	5,445	สถานีวิทยาลัยเทพการบัญชี
กฟจลำพูน.กฟจ - ตาก.	4	248,900	35,193	สถานีบ้านตาก, สถานีเถิน, สถานีลี่, สถานีบ้านโฮ่ง
กฟจเชียงราย.กฟจ - เชียงใหม่.	4	186,000	21,066	สถานีดอยสะเก็ด, สถานีแม่จางาน, สถานีเวียงป่าเป้า, สถานีแม่สรวย
สฟฟพะเยา.กฟจ - แม่ลาว.	1	83,800	10,410	สถานีพาน
กฟจ ลำปาง.สฟฟ - พะเยา.1	2	132,000	9,229	สถานีมหาวิทยาลัยพะเยา, สถานีงาว
สฟฟ ลำปาง.1 - กฟอแม่ทะ.	1	26,000	2,177	สถานีแม่ทะ
กฟอแพร่.สฟฟ - ลอง.	1	38,400	7,624	สถานีลอง
กฟจสวรรคโลก.สฟฟ - อุตรดิตถ์.	2	66,800	14,536	สถานีศรีรัตนาลัย, สถานีสวรรคโลก
สฟฟเถิน.สฟฟ - สวรรคโลก.	0	98,700	0	
กฟจ พิษณุโลก.สฟฟ - สุโขทัย.1	1	55,600	17,699	สถานีกงไกรลาศ
สฟฟ พิษณุโลก.3 - กฟจ. ก้าแพงเพชร	2	100,400	3,843	สถานีบางระกำ, สถานีลานกระบือ
สฟฟ พิษณุโลก.3 - กฟจพิจิตร.	1	51,700	3,859	สถานีบางกระทุ่ม
กฟจนครสวรรค์.กฟจ - พิจิตร.	3	105,000	15,865	สถานีตะพานหิน, สถานีบางมูลนาก, สถานีชุมแสง
กฟอเพชรบูรณ์.กฟจ - ชุมแสง.	3	154,000	12,781	สถานีหนองบัว, สถานีบึงสามพัน, สถานีหนองไผ่
รวมทั้งหมด	31	1,530,200	193,575	

5.2 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้าน เศรษฐศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เชิงเทคนิค นำผลที่ได้ไปประมาณการงบกระแสเงินสดของการลงทุน โดยมีกระแสเงินสดรับของโครงการที่ได้

จากการลดค่าใช้จ่ายในการเช่าใช้โครงข่ายใยแก้วนำแสงจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ลดค่าใช้จ่ายในการเช่าพื้นที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ให้บริการลูกค้าและเช่าวงจรสัญญาณจากผู้ให้บริการเช่า รวมถึงรายได้จากการขายที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งสิ้นประมาณ 65,846,880

บาทต่อปี มีกระแสเงินสดจ่ายของโครงการจาก
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนช่วงเริ่มโครงการประมาณ
144,530,299 บาท และลงทุนเพิ่มในส่วนของอุปกรณ์
ให้บริการในปีที่ 6 ประมาณ 9,796,500 บาท และมีค่า
เช่าสถานที่สร้างสถานี ค่าสมทบในการขออนุญาต
พาดสายบนเสาไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษาสถานีและ
สายสัญญาณ รวมทั้งสิ้นประมาณ 26,418,025 บาท
ต่อปี รวมเป็นกระแสเงินสดสุทธิ นำมาหักค่าเสื่อม
ราคาของอุปกรณ์ และอัตราดอกเบี้ยชำระปลายปีจาก
เงินกู้ยืม และอัตราภาษีเงินได้นิติบุคคล ร้อยละ 23
ของรายได้พึงประเมิน ได้เป็นรายได้สุทธิหลังหักภาษี
เงินได้นิติบุคคล จากนั้นพิจารณาหามูลค่าปัจจุบัน
สุทธิจากรายได้หลังหักภาษีเงินได้นิติบุคคลแล้ว โดย
กำหนดอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่พึงพอใจ ร้อยละ 15
ต่อปี พิจารณาอายุโครงการที่ 10 ปี โครงการมีเงิน
ลงทุนในทรัพย์สินถาวรทั้งหมด 51,874,931 บาท มี
ค่าแรงในการดำเนินการสร้างโครงการ 45,086,754
บาท ค่าใช้จ่ายอื่นๆ 34,429,500 บาท และค่า
Management Fee 13,139,118 บาท คิดเป็นร้อยละ
10 ของเงินลงทุนทั้งหมดของโครงการนี้ โดยโครงการ
มีแหล่งเงินทุน 2 ส่วน คือ ส่วนของเจ้าของ (Equity)
ร้อยละ 50 ของเงินลงทุนและกู้ยืมจากสถาบันการเงิน
ภายในประเทศจำนวน 72.3 ล้านบาท มีกำหนดจ่าย
คืนเงินต้นปีตั้งแต่ปีที่ 1-5 เป็นจำนวน 14,460,000
บาท อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7 ต่อปี จ่ายดอกเบี้ย
ของยอดค้างชำระต้นปี เป็นเวลา 5 ปี โครงการมีมูลค่า
ปัจจุบันสุทธิ (NPV) หลังหักภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ
23 เท่ากับ 31,923,591 บาท มีอัตราผลตอบแทน
(IRR) ร้อยละ 23.75 ต่อปี ซึ่งมากกว่า MARR ที่
กำหนดไว้ที่ร้อยละ 15 ต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 6 ปี

8 เดือน แสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคุ้มค่าในการ
ลงทุน

ผลการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของ
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน รายได้จากการขายที่เพิ่มขึ้นต่อ
ปี ระยะทางติดตั้งเคเบิลใยแก้วนำแสงและค่าแรงใน
การดำเนินการสร้างโครงการ ผลการวิเคราะห์ความไว
ของการลงทุนเมื่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนมีการ
เปลี่ยนแปลง จะเห็นว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนมีการ
ลดลง ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตรา
ผลตอบแทนมีค่าเพิ่มขึ้น ระยะเวลาคืนทุนสั้นลง และ
เมื่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มูลค่า
ปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนมีค่าลดลง
ระยะเวลาคืนทุนยาวขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาให้มูลค่า
ปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ พบว่ามีค่าใช้จ่ายในการ
ลงทุนเท่ากับ 176,453,889.54 บาท เพิ่มขึ้น 22.09%
ดังนั้นถ้าสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่ให้
เกินจากมูลค่านี้ได้ โครงการจะยังมีความเป็นไปได้
ทางด้านเศรษฐศาสตร์อยู่ ซึ่งมีความเป็นไปได้สูง
เนื่องจากแนวโน้มราคาอุปกรณ์ด้านโทรคมนาคมมี
ราคาถูกลง

ผลการวิเคราะห์ความไวของการลงทุนเมื่อ
รายได้จากการขายต่อปีมีการเปลี่ยนแปลง จะเห็นว่า
เมื่อรายได้จากการขายต่อปีลดลง ส่งผลให้มูลค่า
ปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนมีค่าลดลง
ระยะเวลาคืนทุนยาวขึ้น ซึ่งมีโอกาสเป็นไปได้จากการ
ใช้เวลานานในการเตรียมวงจรให้ลูกค้า เนื่องจาก
ปัจจุบันมีการแข่งขันที่สูงขึ้น และถ้ารายได้จากการ
ขายต่อปีลดลงต่ำกว่า 53.99 % ซึ่งมีค่าเท่ากับ
7,039,222 บาท จะทำให้โครงการไม่มีความเป็น
ไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เมื่อพิจารณาให้

มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ ในทางตรงกันข้าม เมื่อรายได้จากการขายที่เพิ่มขึ้นต่อปีเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ระยะเวลาคืนทุนสั้นลง

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโครงการ พบว่าโครงการมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากในด้านค่าใช้จ่ายในการลงทุนและระยะติดตั้งเคเบิลใยแก้วนำแสง ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของรายได้จากการขายและค่าแรงในการดำเนินการสร้างโครงการมีผลกระทบต่ออยู่ค่อนข้างน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงมูลค่าปัจจุบันสุทธิเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงอัตราผลตอบแทนของการลงทุน

6. สรุป

จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของโครงการติดตั้งโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงเพื่อทดแทนการเช่าโครงข่ายเดิมของกรณีศึกษา พบว่าผลการศึกษาและวิเคราะห์ด้านเทคนิคในการออกแบบโครงข่ายและติดตั้งสถานีให้บริการทดแทนการเช่าโครงข่ายและวงจรมัลติพลากรั้น สถานีให้บริการสามารถให้บริการได้ในระยะรัศมีไม่เกิน 4 กิโลเมตร โดยความเร็วให้บริการที่สามารถให้บริการได้ในแต่ละระยะทาง สรุปได้ดังนี้ ความเร็วไม่เกิน 1 Mbps ให้บริการได้ไม่เกินระยะทาง 4 กิโลเมตร ความเร็วมากกว่า 1 Mbps แต่ไม่เกิน 2 Mbps ให้บริการได้ไม่เกินระยะทาง 3 กิโลเมตร ความเร็วมากกว่า 2 Mbps แต่ไม่เกิน 3 Mbps ให้บริการได้ไม่เกินระยะทาง 2 กิโลเมตร และความเร็วที่เกิน 3 Mbps ขึ้นไปอุปกรณ์ให้บริการจะไม่ใช้ G.SHDSL.bis และการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของ

สถานีให้บริการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการหาเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่สามารถให้บริการลูกค้าทุกรายได้ในระยะรัศมี 4 กิโลเมตรจากสถานีให้บริการ ได้ผลรวมระยะทางน้อยสุดในการติดตั้งสายสัญญาณทองแดงเท่ากับ 193,575 เมตร ระยะทางติดตั้งสายเคเบิลใยแก้วนำแสง 1,530,200 เมตร ระยะทางระหว่างสถานีสูงสุดไม่เกิน 79 กิโลเมตร และเลือกอุปกรณ์ LAN Switch เพื่อ Uplink เป็น Fiber Optic และเลือกอุปกรณ์ DSLAM เชื่อมต่อกับสายสัญญาณทองแดงเพื่อให้บริการลูกค้า และในส่วน Downlink เลือกอุปกรณ์ Modem ที่เป็นเทคโนโลยี G.SHDSL.bis สำหรับการให้บริการแบบ Corporate Solutions ที่ต้องการรับ-ส่งสัญญาณที่ความเร็วเท่ากัน สำหรับผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ เมื่อกำหนดให้อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่พึงพอใจเท่ากับร้อยละ 15 ต่อปี พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 31.92 ล้านบาท ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7 ปี และอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ ร้อยละ 23.75 ต่อปี นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายในการลงทุน รายได้จากการจำหน่ายที่เพิ่มขึ้นต่อปี ระยะทางติดตั้งเคเบิลใยแก้วนำแสง และค่าแรงในการดำเนินการสร้างโครงการ ในช่วง $\pm 20\%$ พบว่ามีความไวต่อความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการติดตั้งโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงทดแทนการเช่าใช้โครงข่ายจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในพื้นที่ภาคเหนือ ถือว่าโครงการมีความเป็นไปได้ในการลงทุนและควรสนับสนุนให้เกิดการลงทุนขึ้น อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้วิธีการหาระยะทางในการ

กำหนดที่ตั้งโดยพิจารณาระยะทางรวมน้อยที่สุด
เหมาะสมกับเส้นทางหรือพื้นที่ที่มีการกำหนดไว้
แน่นอนตามแนวเสาไฟฟ้าของการไฟฟ้าภูมิภาค แต่ไม่
เหมาะสมกับลักษณะของปัญหาที่ไม่มีกำหนด
หรือทราบจุดการให้บริการหรือเส้นทางมาก่อน และ
ปัญหาที่ต้องพิจารณาปัจจัยด้านความหนาแน่นของ
ผู้ใช้บริการ

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณภรรยาที่ได้อำนวยความสะดวก
และดำเนินการจัดการประชุมระดมสมองในการให้
ความเห็นในส่วนที่สนับสนุนการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Palais, J.P. Fiber Optic Communications.
5th Edition. John Wiley & Sons, New York,
2004.
- [2] Proctor, D.O. "Installation of ADSS fiber optic
system on Roseville 60-kv transmission line"
IEEE journal on selected areas in
communications, 2001, pp. 84-87.
- [3] Francis, R.L. Facility Layout and Location.
Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1974.
- [4] J. Brimberg and R. Chen "A Note on
Convergence in the Single Facility Minisum
Location Problem" Computers Math.
Appl. 1998, Vol. 35, No. 9, pp. 25-31.
- [5] Szentesi, O.I. 1983. Field experience with
fiber-optic cable installation, splicing,
reliability, and maintenance. IEEE journal on
selected areas in communications 1(3): 541-
546.
- [6] Park, C.S. Contemporary Engineering
Economics. Pearson, Prentice Hall, Upper
Saddle River, New Jersey, 2011.