

ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่าย
เคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ
ของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

กิติ บัวเพชร

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการโทรคมนาคม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2553

**A Feasibility Study on Data Communication Technology Change from
Copper Cable Network System to Optical Fiber Network System
in Accessing Subscribers of TOT Public Company Limited**

Kiti Buaphet

**A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Telecommunications Management
Graduate School, Dhurakij Pundit University**

2010

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาและจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดีก็ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน หลายฝ่ายที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยเหลือปรับปรุงข้อผิดพลาดต่างๆ ทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์ ประธานกรรมการสอบสารนิพนธ์ อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ กรรมการสอบสารนิพนธ์ และ นาวาอากาศเอก ดร.วิระชัย เชาว์กำเนิด อาจารย์ที่ปรึกษางานสารนิพนธ์นี้ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ช่วยตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาให้ข้อมูล และตอบแบบสอบถามในการวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณผู้ที่ทำงานวิจัย ผู้เขียนบทความต่างๆ ที่ได้ใช้ในการอ้างอิง เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์มากขึ้น

นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และพนักงานบริษัท ทีไอที จำกัด (มหาชน) ทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือ แนะนำ ให้ข้อมูลซ้ำพเจ้า จนทำให้การทำสารนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และหวังว่าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้ จะสามารถใช้องค์ความรู้ที่ได้เพื่อการประยุกต์ใช้งานหรือการศึกษาต่อเนื่องต่อไป

กิติ บัวเพชร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ฅ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ฌ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	5
2. แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่าย เคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ	8
2.2 ระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Communication System) และเทคโนโลยีระบบ FTTx ในปัจจุบัน	11
2.3 ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเลือกใช้เทคโนโลยีผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx (Fiber To The Curb/Building/Home)	45
2.4 งานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้อง.....	48
2.5 บทสรุป.....	51
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	53
3.1 การเลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ.....	53
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	55
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
4. ผลการศึกษา.....	62
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	88
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	88
5.2 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ.....	88
5.3 วิธีวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	88
5.4 สรุปผลการวิจัย.....	89
5.5 ข้อเสนอแนะ.....	92
5.6 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อเนื่อง.....	94
บรรณานุกรม.....	95
ภาคผนวก.....	99
ก. แบบสอบถามที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย.....	100
ข. รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือ.....	117
ค. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตอบแบบสอบถาม.....	119
ประวัติผู้เขียน.....	122

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการแบ่งชนิดของเส้นใยนำแสง.....	12
2.2 แสดงการเปรียบเทียบ PON แต่ละชนิด.....	27
2.3 แสดงการเลือกใช้เทคโนโลยี FTTx ของภูมิภาคต่างๆ ในโลก.....	30
2.4 แสดงการเลือกใช้เทคโนโลยี FTTx ของผู้ให้บริการโทรคมนาคม (Telecom Operator).....	31
2.5 แสดงตัวอย่างการคำนวณอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสำหรับการบริโภคภายใน ครัวเรือนยุคใหม่.....	39
3.1 แสดงจำนวนกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการวิจัยจำแนกตามหน่วยงาน/องค์กร.....	54
3.2 แสดงจำนวนผู้เชี่ยวชาญและค่าความคลาดเคลื่อน.....	55
4.1 แสดงผลการศึกษาคณสมบัติของระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงที่ส่งผลกระทบต่อ การสื่อสารข้อมูลBroadband และการลงทุน.....	63
4.2 แสดงผลการศึกษานวัตกรรมในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบ โครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ.....	66
4.3 แสดงผลการศึกษานวัตกรรมของ Telecom Industry ทางด้านการให้บริการ Broadband Internet และการขยายตัวของ Applications บนโครงข่าย Internet ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี.....	71
4.4 แสดงผลการศึกษาศึกษาการให้บริการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสง โดยเทคโนโลยี FTTx	75
4.5 แสดงผลการศึกษาศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบหรือกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยน แปลงระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเคเบิลทองแดงด้วยระบบใยแก้วนำแสง.....	78
4.6 แสดงผลการศึกษานวัตกรรมกิจของระบบ FTTx จากปัจจัยแวดล้อมทั้ง ภายในประเทศและต่างประเทศ.....	82
4.7 แสดงผลการศึกษาศึกษาผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี FTTx ในการสื่อสาร ข้อมูลทดแทนเทคโนโลยี เดิมที่ผ่านระบบเคเบิลทองแดง.....	84

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงลักษณะ โครงข่าย Out side Plan ของระบบ FTTx.....	10
2.2 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง.....	12
2.3 แสดงไดอะแกรมการเชื่อมโยงเครือข่าย FDDI ที่ทำหน้าที่เป็น Backbone.....	16
2.4 แสดงความยาวคลื่นแสงระบบ WDM (Wavelength Division Multiplexing).....	18
2.5 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่ายที่ใช้สำหรับระบบ FTTx	21
2.6 แสดงสัดส่วนการใช้ ระบบ PON (Passive Optical Network) ในตลาด โทรคมนาคมโลก.....	29
2.7 แสดงโครงสร้างทางเทคนิคพื้นฐานของระบบ FTTH.....	33
2.8 แสดงตัวอย่างของ Splitter ที่ใช้กับโครงข่ายในระบบ PON.....	34
2.9 แสดงการกระจาย(Distribution) เส้นใยนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ.....	35
2.10 แสดง Connector ที่ใช้กับระบบ FTTx ในปัจจุบัน.....	36
2.11 แสดงแนวโน้มความต้องการ Bandwidth ของประเทศไทย.....	37
2.12 แสดงพฤติกรรมการใช้ Content บนอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย.....	38
2.13 แสดงการขยายตัว FTTx ในประเทศชั้นนำด้าน Broadband.....	41
2.10 แสดง Connector ที่ใช้กับระบบ FTTx ในปัจจุบัน.....	36
2.11 แสดงแนวโน้มความต้องการ Bandwidth ของประเทศไทย.....	37
2.14 แสดงแนวโน้มการให้บริการ Broadband ประเทศญี่ปุ่น.....	42
2.15 แสดงการเติบโตของเทคโนโลยี FTTB/H เมื่อเทียบกับระบบ VDSL.....	45

หัวข้อสารนิพนธ์	ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)
ผู้เขียน	กิติ บัวเพชร
อาจารย์ที่ปรึกษา	นาวาอากาศเอก ดร.วีระชัย เชาวน์กำเนิด
สาขาวิชา	การจัดการโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

การพัฒนาการสื่อสารผ่านเทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีแนวโน้มที่จะเข้ามาแทนที่โครงข่ายทองแดงมากขึ้น เริ่มมีการใช้แพร่หลายในต่างประเทศ จนนำไปสู่เทคโนโลยี FTTx (fiber-to-the-curb/building/home&ect.) โดยใช้ระบบ PON (Passive Optical Network) ที่ใช้เคเบิลใยแก้วนำแสง(Optical Fiber Cable) เชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์ไปถึงผู้ใช้บริการ (Subscriber) ซึ่งจะสามารถรองรับการขยายตัวของ Applications การใช้งานบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะการใช้บริการสื่อมัลติมีเดียในอนาคตที่เปิดกว้างให้ ผู้บริโภคสามารถติดต่อสื่อสารกับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการสื่อสารได้หลากหลายชนิดพร้อมๆ กัน ปัจจุบัน บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ยังคงใช้ระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีขีดจำกัดของคู่สายทองแดงในการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (High Speed) แต่แนวโน้มกระแสความต้องการ Bandwidth ของผู้บริโภคเริ่มจะมีสูงกว่าขีดความสามารถในการให้บริการของวงจรสื่อสารแบบ DSL (Digital Subscriber Line) บนโครงข่ายเคเบิลทองแดงได้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัททีโอที จำกัด (มหาชน) เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานหรือการศึกษาต่อเนื่องต่อไป

ลักษณะการวิจัยอาศัยวิธีการอธิบายในลักษณะพรรณนา (Descriptive Research) ข้อมูลทุติยภูมิจะเป็นข้อมูลที่ได้มาจากหนังสือ วารสาร สื่อสิ่งพิมพ์ Websites ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีระบบ FTTx รวมทั้งข้อมูลที่ได้รวบรวมแล้วของสถาบันการศึกษา แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการศึกษา วิเคราะห์ และเรียบเรียงตามหลักทฤษฎีการบริหารจัดการทั้งทางด้านเทคโนโลยีความเหมาะสมและการประยุกต์ใช้กับธุรกิจโทรคมนาคม ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) จะได้มา

จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องมีประสบการณ์และผู้เชี่ยวชาญพิเศษ ในเรื่องระบบการสื่อสารโทรคมนาคม ซึ่งการวิจัยที่นำมาใช้ในครั้งนี้ใช้การวิจัยเรียกว่า เทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) ที่มุ่งแสวงหาข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในระบบสื่อสารโทรคมนาคม กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 17 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง และแบบสอบถามแบบมาตราส่วน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าฐานนิยม ค่ามัธยฐาน และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ทั้งนี้เพื่อเป้าหมายในการนำผลการศึกษา ไปเป็นแนวทางในการดำเนินงานของผู้วิจัย ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการในอนาคต และสอดคล้องกับกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจและการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์/บริการแต่ละประเภท

สรุปผลการศึกษาพบว่าระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่ใช้รับส่งข้อมูลผ่านคู่สายทองแดงไปยังผู้ใช้บริการมีขีดจำกัดของคู่สายทองแดงในการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (High Speed) ทั้งด้านคุณสมบัติพื้นฐานด้านคุณสมบัติทางไฟฟ้าและด้านราคาเคเบิลทองแดงที่เพิ่มขึ้นมากซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงและด้านการลงทุนในอนาคต จึงมีความเป็นไปได้มากในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) การออกแบบโครงข่ายระบบใยแก้วนำแสงไปถึงผู้ใช้บริการ ถ้ามองด้านเทคโนโลยีสามารถทำได้ดีในเรื่องความเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่สามารถรองรับการใช้งานที่ต้องการ Bandwidth สูงๆ ในอนาคต แต่เป็นเทคโนโลยีที่ใหม่สำหรับประเทศไทย ยังไม่สามารถเข้ามาแทนที่โครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมได้ทั้งหมด หมายความว่ายังไม่เกิดการทดแทนเทคโนโลยี (Technology Substitutions) อย่างเต็มตัว ทั้งนี้เพราะค่าใช้จ่ายในการลงทุนเทคโนโลยีโครงข่ายระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง โดยเฉพาะอุปกรณ์ของระบบ FTTx ยังมีราคาสูงกว่าเทคโนโลยีระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่ได้รับการเพิ่มศักยภาพโครงข่ายด้วยเทคโนโลยี ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) ซึ่งยังพอที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มเดิมได้อยู่ ดังนั้นการออกแบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงไปถึงผู้ใช้บริการควรเริ่มต้นดำเนินการพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงก่อน ให้สามารถตอบสนองความต้องการลูกค้าแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสม และค่าบริการต้องไม่แพงกว่าค่าบริการระบบโครงข่ายทองแดงเดิมมากนัก จึงจะเป็นจุดที่จูงใจผู้ใช้บริการระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงมากขึ้นและแพร่หลายอย่างรวดเร็ว

เทคโนโลยี FTTx และเทคโนโลยีอื่นๆ ในสายตระกูลเดียวกันที่จะมาทดแทนระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงอาจเป็นคำตอบให้กับการใช้ชีวิตในโลกการสื่อสารยุคใหม่ พัฒนาการของการรับส่งข้อมูลผ่านคู่สายใยแก้วนำแสงยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่การผลักดันในปัจจุบัน

เสริมอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นแรงผลักดันของ Technology และ Market (Technology Push & Market Pull) จากการขยายตัวอย่างมากของการสื่อสารอินเทอร์เน็ต การใช้งานรับส่งข้อมูลจำนวนมากและความเร็วสูง (High Speed Broadband) ที่ระดับองค์กรธุรกิจและบุคคล การกำกับดูแลกิจการโทรคมนาคม ต้นทุนในการวางโครงข่าย ของการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสง ผู้รับผิดชอบและผู้มีส่วนร่วมในการผลักดันโครงการ FTTx สภาพเศรษฐกิจของสังคม ความพร้อมของโครงสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐาน การส่งเสริมของภาครัฐทั้งในเรื่องของข้อกำหนดกฎระเบียบและการส่งเสริมอุตสาหกรรม ตลอดไปถึงพฤติกรรมและความพร้อมของประชาชนที่เป็นผู้บริโภคไปจนถึงการปลุกกระแสและสร้างความเข้าใจต่อผู้บริโภคในอันที่จะเปิดรับการสื่อสารในรูปแบบใหม่ๆ ของโลกมัลติมีเดีย เหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยเสริมที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าความพร้อมทางเทคโนโลยี

Thematic Paper Title	A Feasibility Study on Data Communication Technology Change from Copper Cable Network System to Optical Fiber Network System in Accessing Subscribers of TOT Public Company Limited
Author	KITI BUAPHET
Thematic Paper Advisor	GP. CAPT. DR. WEERACHAI CHAOKAMNERD
Department	Telecommunications Management
Academic Year	2010

ABSTRACT

The communication development via optical fiber network to gain access to subscribers took place with remarkable rapidity and tends to replace the existing copper wire network. The optical fiber network technology has become well known and widespread in overseas countries and is currently advancing towards fiber-to-the-curb/building/home/etc (FTTx) technology. With Passive Optical Network (PON) system, optical fiber cable is used to connect telephone exchanges to subscribers so that it can support expansive applications on the Internet, especially for futuristic multimedia applications which will be widely open for consumers to ubiquitously connect with the internet network for sundry communication venues. At present, TOT Public Company Limited (TOT) still mostly uses copper cable network system which has serious limitation of its maximum possible speed. Simultaneously, the upward trend of customers' desire for bandwidth becomes prevailing because of its superiority over the inbuilt capability of Digital Subscriber Line (DSL) communication services on the copper wire network. Hence, the researcher conducted this research for the purpose of exploring feasibility of changing the technology in accessing TOT subscribers from the copper cable network system to the fiber optic one. The knowledge gained from this study will, then, be deployed for practical purposes and/or continuity of higher education in the future.

This is a descriptive research study based on secondary and primary data. The secondary data is derived from textbooks, magazines, printed media, numerous websites describing FTTx technologies, and data gathered and processed from various local academic

institutions. All of the data collected is thoroughly investigated, analyzed, and adapted based on management theories and/or principles in terms of technology, appropriateness, and applications to telecommunications businesses. The primary data is garnered from interviews with experienced officers and specialists in the field of telecommunications system. The research method used in this research is Delphi technique, which is an approach suitable for seeking data from comments made by skilled telecommunications officers or specialists. In this research, the sample group consists of 17 experts. The tools used in this study comprise semi-structured selection interviews and rating scale questionnaires. Statistical methods for data analysis are mode, median, and interquartile range. These tools are necessary because the researcher will apply the research findings as guidelines in his own performance to cope with futuristic customer requirements, ongoing business strategy, as well as technological advancement of each product/service.

In a brief summary of this study, the findings revealed that the copper cable network system, which was formerly used for data transfer via copper cable pairs and access to subscribers, has speed limitation which hampered high-speed data communication in terms of basic features, electrical quality, and high cost. These drawbacks directly impact upon efficiency of data communication speed and the investment of futurity. For those reasons, there is a great possibility of changing the existing data communication technology used in accessing TOT subscribers from the copper cable network system to the fiber optic system. With respect to technological aspect, even though the fiber optic network design to access subscribers may be dominant in supporting high-speed bandwidth applications in the future, the technology is a cutting edge for Thailand and cannot entirely supplant the existing copper cable network. This means that technological substitutions are still about to happen. Importantly, the investment cost in optical fiber network technology, especially FTTx, is exorbitantly high compared to the existing copper cable network system, of which capability is upgraded by Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) technology and which can still cope with demand of existing subscribers. All in all, the design of accessing subscribers via optical fiber network should start and be launched in the area with high potential first. The service must be able to properly fulfill customer requirements in each segment, while the service fees should not be much higher than those previously charged when using copper cable network. With these unique features, the service will, then, attract more subscribers to make use of the fiber optic system, thereby rapidly receiving widespread popularity.

FTTx technology and many other related technologies, which can replace copper cable network system, may be a quick answer for a lifestyle in the world of modern communications. The development of data transfer via fiber optic is steadily progressing along with many other driving factors. These factors include technology push and market pull from enormous expansion of the internet communication, massive data transfer and high-speed broadband at corporate and personal level, telecommunications regulations, cost of fiber optic network establishment, persons in charge and teamwork to drive an FTTx project, economic and social condition, the readiness of utility infrastructure, reinforcement from government sectors in terms of regulations and industrial promotions, public or consumer behavior and readiness, including trend actuation and understanding amongst consumers to open their mind to a novel communication mode in the world of multimedia. Respecting trend creation, these contributory factors are certainly not less important than technological availability.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันการพัฒนาการสื่อสารผ่านเทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีแนวโน้มที่จะเข้ามาแทนที่โครงข่ายทองแดงมากขึ้น ราคาของเคเบิลใยแก้วนำแสงมีราคาถูกลงมากสวนทางกับราคาเคเบิลทองแดงที่นับวันราคาจะสูงขึ้นเรื่อยๆ มีการออกแบบให้อุปกรณ์ประกอบกับการใช้งานระบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง มีความยืดหยุ่น ใช้งานง่ายขึ้น ราคาอุปกรณ์ก็มีราคาถูกลงมาก อันเนื่องมาจากการพัฒนาและเริ่มมีการใช้แพร่หลายในต่างประเทศ (Economy of Scale) จนนำไปสู่เทคโนโลยี FTTx (fiber-to-the-curb/building/home) โดยใช้ระบบ PON (Passive Optical Network) ที่ใช้เคเบิลใยแก้วนำแสง(Optical Fiber Cable) เชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์ไปยังผู้ใช้บริการ (Subscriber) ซึ่งจะสามารถรองรับการขยายตัวของ Application การใช้งานบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะการบริโภคสื่อมัลติมีเดีย รวมถึงรายการโทรทัศน์ผ่านอินเทอร์เน็ต (Internet TV หรือ IPTV) ที่สอดคล้องกับความต้องการบริโภคข้อมูลที่มีคุณภาพมากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงที่คมชัด รวมถึงการให้บริการแบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ที่ผู้บริโภคสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้ให้บริการ (Content Provider) ได้ ซึ่งเป็นภาพของบริการประเภท Home Entertainment ที่เป็นวิถีชีวิตใหม่ภายในบ้านเรือนของผู้คนยุคใหม่ที่ต้องการ Home Networking ที่เปิดกว้างให้ผู้บริโภคสามารถติดต่อสื่อสารกับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการสื่อสารได้หลากหลายชนิดพร้อมๆ กันไม่ว่าจะเป็น การให้บริการในส่วนของการศึกษา จะเป็นแหล่งข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตหรือระบบ e-learning ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลมีความสะดวกมากขึ้น หรือจะเป็นระบบการแพทย์ทางไกล (Tele-medicine) ช่วยให้การวินิจฉัยโรค และการรักษาเบื้องต้น สามารถกระทำได้แม้ว่าผู้ป่วยและแพทย์ผู้เชี่ยวชาญจะอยู่ห่างไกลกันและบริการอีกมากมายเกี่ยวกับ Content on demand ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

อย่างไรก็ตาม จากการที่ผู้วิจัยได้ปฏิบัติงานในตำแหน่งวิศวกร ส่วนพัฒนาโครงข่ายปลายทาง บมจ. ทีโอที จำกัด (มหาชน) พบว่า ปัจจุบัน บมจ. ทีโอที จำกัด (มหาชน) ซึ่งยังคงใช้ระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงที่มีขีดจำกัดของกลุ่มสายทองแดงในการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (High Speed) ทั้ๆที่แนวโน้มกระแสความต้องการ Bandwidth ของผู้บริโภคจะมีสูงกว่าขีดความสามารถในการให้บริการ (Supply) ของวงจรสื่อสารแบบ DSL (Digital Subscriber Line) บนโครงข่ายเคเบิล

ทองแดงได้ ซึ่งปัญหาอื่น ๆ ของโครงข่ายเคเบิลทองแดงสามารถสรุปได้เป็นประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) คุณสมบัติทางไฟฟ้า AC ของเคเบิลทองแดงมีความไวต่อสัญญาณรบกวนทั้งด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference, EMI) และสัญญาณวิทยุ (Radio Frequency Interference, RFI) ที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง

2) โครงข่ายเคเบิลโทรศัพท์เดิมมีระยะทางสายเคเบิลทองแดงจากชุมสาย โทรศัพท์ถึงลูกค้าเดิมที่ไกลสุดประมาณ 5-6 กิโลเมตรมีค่าการลดทอนของสัญญาณสูงจึงไม่สามารถ Download หรือ Access Internet ด้วย High Bandwidth ได้

3) ข้อจำกัดเรื่องพื้นที่การให้บริการไม่ครอบคลุม เช่น ปัจจุบันระยะทางจากชุมสายถึงผู้ใช้บริการต้องไม่เกิน 1 กิโลเมตรถึงจะสามารถให้บริการการสื่อสารความเร็วสูงแบบมีประสิทธิภาพได้และถ้าต้องการความเร็วระดับ 8-12 Mbps ในทางปฏิบัติระยะทางไม่เกิน 300 เมตร

4) ข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าในระบบคู่สายทองแดง อาจมีผู้ไม่หวังดีทำการลักลอบต่อฟัง (Tapping) ทำให้การสื่อสารข้อมูลไม่มีความปลอดภัยและไม่น่าเชื่อถือ

5) เคเบิลทองแดงสายตัวนำสัญญาณเป็นโลหะมีโอกาสขึ้นสนิม ผุกร่อน ไม่ทนต่อสภาวะแวดล้อม เมื่อใช้ไปนานๆ ทำให้คุณภาพการให้บริการขาดประสิทธิภาพ การรับส่งข้อมูลผิดพลาด (Error) สาเหตุเนื่องมาจากคุณสมบัติพื้นฐานและค่าทางไฟฟ้าของเคเบิลทองแดง

6) เคเบิลทองแดงในปัจจุบันมีราคาสูงขึ้นมาก และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้มีต้นทุนการลงทุน (Capital Expenses, CAPEX) สูง และต้นทุนการบำรุงรักษา (Operational Expenses, OPEX) สูงเช่นกัน

7) ขนาดและน้ำหนักเคเบิลทองแดงมีขนาดใหญ่เปลืองท่อร้อยสายและ มีค่าใช้จ่ายงานด้านงานโยธาที่เกี่ยวข้องกับ Infrastructure ภายในเขตเมืองใหญ่หรือแหล่งชุมชนหนาแน่นที่มีการจราจรหนาแน่นซึ่งจะมีการห้ามขุดทางเท้า เพื่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิลโทรศัพท์ใต้ดิน

8) การขาดการวางแผนของผังเมืองที่ดีตั้งแต่ต้น เช่น บางพื้นที่ทางเท้าแคบทำให้ Infrastructure ของหน่วยงานสาธารณูปโภค โภค เช่น การไฟฟ้า โทรศัพท์ ท่อระบายน้ำ มีความจำกัดในการใช้พื้นที่ร่วมกัน ทำให้แนวท่อร้อยสายโทรศัพท์ ต้องอยู่ใกล้แนวท่อร้อยสายไฟฟ้าแรงสูงทำให้เกิดการรบกวนต่อการสื่อสารข้อมูลที่ผ่านมาเคเบิลทองแดง

9) เคเบิลทองแดงไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีในเรื่อง Bandwidth หรืออัตราการส่งข้อมูล ได้เร็วเท่ากับโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง ดังจะเห็นได้จาก S-Curve ที่แสดงความก้าวหน้าของเทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลทองแดง ในประเทศผู้นำด้าน Broadband เริ่มเข้าสู่จุดอิ่มตัว (Technology Mature Period) ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง ที่มี

S-Curve ที่กำลังดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ในช่วงการพัฒนาขีดความสามารถทางเทคโนโลยี (Technology Improvement Period) ทำให้สร้าง Bandwidth ได้จำนวนมากและมีประสิทธิภาพดีกว่า เทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลทองแดงมาก

จากความสำคัญ และปัญหาของโครงข่ายเคเบิลทองแดง ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงคิดที่จะทำการวิจัย เรื่องความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ทั้งนี้เพื่อบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) จะได้นำผลการวิจัยที่ได้ ไปใช้ในการปรับปรุง พัฒนาเพื่อเพิ่มคุณค่า (Value Added) สร้างนวัตกรรม และบริการใหม่ๆบนโครงข่าย ที่เรียกว่า Non Voice Application อันจะส่งผลให้ บริษัทฯ เติบโตได้อย่างยั่งยืนเป็นผู้นำตลาดของการสื่อสาร Broadband ทางสาย ต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. บมจ.ทีโอที สามารถนำผลการวิจัยที่ได้รับไปใช้ประกอบในการตัดสินใจเพื่อเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการ หรือเลือกใช้เทคโนโลยีระบบ FTTx ให้เหมาะสมกับสภาพ Infrastructure และความต้องการ Bandwidth ของผู้ใช้บริการซึ่งเป็นการกำหนดกลยุทธ์องค์กรให้เหมาะสมต่อไป

2. พนักงานที่เกี่ยวข้องของ บมจ.ทีโอที สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ในการวางแผนทางธุรกิจ ด้านบริการ Broadband แบบใช้สาย (Fixed Broadband) อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

3. บมจ.ทีโอที สามารถสนับสนุนนโยบายภาครัฐ อุตสาหกรรม การศึกษา ด้วยเครือข่ายที่สามารถกำหนดคุณภาพการให้บริการ รวมถึงการประกันภัยข้อมูลระหว่างการรับส่งและเพื่อสร้าง Value Added สูงสุดให้เกิดขึ้นกับโครงข่ายเคเบิลและยกระดับการสื่อสารข้อมูลให้มีความเสถียร (Reliability) และมีความเร็ว (High Speed) มากยิ่งขึ้น

4. ผู้สนใจทั่วไปสามารถใช้อรรถความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้เพื่อการประยุกต์ใช้งานหรือการศึกษาต่อเนื่องต่อไป

1.4 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัย (Research) จะอาศัยวิธีการอธิบายในลักษณะเชิงพรรณนา (Descriptive Research) ซึ่งมีขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. ขอบเขตข้อมูลที่จะทำการวิจัย

1.1 ข้อมูลทุติยภูมิจะเป็นข้อมูลที่ได้มาจากหนังสือ วารสาร สื่อสิ่งพิมพ์ Web Site ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีระบบ FTTx รวมทั้งข้อมูลที่ได้รวบรวมแล้วของสถาบันการศึกษา แล้วนำข้อมูลที่ได้ มาทำการศึกษา วิเคราะห์ และเรียบเรียง ตามหลักทฤษฎีการบริหารจัดการทั้งทางด้านเทคโนโลยีความเหมาะสมและการประยุกต์ใช้กับธุรกิจโทรคมนาคม

1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) จะได้มาจากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องที่มีประสบการณ์และผู้เชี่ยวชาญพิเศษ ในเรื่องระบบการสื่อสารโทรคมนาคมผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงและเทคโนโลยีระบบ FTTx ของ บมจ.ทีโอที บริษัทผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมอื่น เช่น CAT Telecom และบริษัทที่เป็นผู้พัฒนา ผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายอุปกรณ์ FTTx จำนวน 17 คน

2. ขอบเขตเนื้อหา

ในการศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการของ บริษัททีโอที จำกัด (มหาชน) จะครอบคลุมประเด็นสำคัญ ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx

2.2 แนวโน้มการให้บริการและการเลือกใช้เทคโนโลยีผ่านใยแก้วนำแสงระบบ FTTx ได้แก่

1) ปัจจัยภายในประเทศ เช่น สภาพโครงสร้างพื้นฐาน (Infra Structure) พฤติกรรมของผู้บริโภค และสภาพการแข่งขันในตลาดโทรคมนาคมของประเทศไทย

2) ปัจจัยภายนอกประเทศ เช่น กลุ่มประเทศเอเชีย ประเทศยุโรป และอเมริกา เป็นต้น
อนึ่ง สำหรับงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นเฉพาะระบบ FTTB (Fiber To The Building) และ FTTH (Fiber To The Home) ที่ใช้เทคโนโลยี PON (Passive Optical Fiber) เป็นกรณีศึกษาสำหรับ บมจ. ทีโอที เป็นหลัก ทั้งนี้โดยศึกษาการเพิ่มศักยภาพทางด้านคุณภาพการใช้งาน ไม่รวมถึงรายได้หรือผลตอบแทนทางการเงินที่อาจจะเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากข้อมูลทางการเงินไม่สามารถเผยแพร่สู่สาธารณชนได้

2.3 เทคนิคที่ใช้ในการวิจัย

เทคนิคที่ใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) จะใช้วิธีการศึกษาด้วยเทคนิคเดลฟาย (Delphi Technique) เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) คือ ช่วงปี พ.ศ.2552 - 2553

1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ความหมายและจำกัดขอบเขตของศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. ความเป็นไปได้ หมายถึง ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
2. ระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง หมายถึง การสื่อสารข้อมูลจากชุมสายโทรศัพท์ไปยังผู้ใช้บริการโดยผ่านสื่อตัวนำที่เป็นคู่สายทองแดง (Copper Cable) รวมถึงอุปกรณ์ที่ให้บริการบนโครงข่ายฯ ประเภท DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexers) MSAN (Multi Service Access Network) เช่น บริการโทรศัพท์และสื่อสารข้อมูลอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ADSL
3. ระบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง หมายถึง การสื่อสารข้อมูลจากชุมสายโทรศัพท์ไปยังผู้ใช้บริการเป็นระบบสื่อสัญญาณเชิงแสงโดยใช้เส้นใยนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ PON (Passive Optical Network) ต่อเชื่อมโยงจากโครงข่ายสื่อสารไปยังบ้านผู้เช่า (Subscriber) หรือผู้ใช้ปลายทาง (End User) เพื่อให้ระบบการเข้าถึง (Access) มีความเร็วสูง สามารถสื่อสารข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังทำให้ผู้ใช้ปลายทางสามารถใช้งานอุปกรณ์สื่อสารได้หลายชนิดพร้อมกัน เช่น ระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ระบบเคเบิลทีวี (CATV) ระบบสื่อสารแบบ บรอดแบนด์ (Broadband) เป็นต้น โดยจะส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสงเพียงเส้นเดียว
4. ผู้ใช้บริการ (Subscriber) หมายถึง ลูกค้าที่เป็นองค์กรธุรกิจ สถานศึกษา บริษัท ผู้ประกอบการสื่อสารโทรคมนาคม และลูกค้าที่เป็นบ้านพักอาศัยทั่วไป
5. ระบบ ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line) เป็นระบบการสื่อสารข้อมูลที่ช่วยให้ข้อมูลที่มี Bandwidth สูง สามารถเดินทางในระบบสายส่งทองแดงได้ โดยทั่วไปสายโทรศัพท์ที่เดินไปยังบ้านผู้เช่าหรือที่เรียกว่าสายดรอปไวร์ (Drop Wire)

6. ระบบ FTTx เป็นตัวย่อของ Fiber To The “x” เมื่อ “x” เป็นตัวแปรสำหรับสถาปัตยกรรมโครงข่ายโทรคมนาคม ที่จะทดแทนสายสายทองแดง ซึ่งจะมีหลายรูปแบบ คือ

FTTN คือ Fiber to the node / neighborhood

FTTC คือ Fiber to the curb

FTTB คือ Fiber to the building

FTTH คือ Fiber to the home

7. PON (Passive Optical Fiber) เป็น Broadband Technology ชนิดหนึ่งที่ใช้งานใน FTTx solutions สื่อสารจากหนึ่งจุดไปหลายจุด (Point to Multipoint) มีส่วนประกอบของการรับส่งแสงเป็น Passive อย่างเดียวเท่านั้นในโครงสร้างเครือข่ายข้างเคียง (neighborhood infrastructure) และมีอุปกรณ์ ที่เป็น Active เฉพาะที่ Central Office และอุปกรณ์ด้านลูกค้าที่เรียกว่า ONT (Optical Network Terminal) หรือ ONU (Optical Network Unit) เท่านั้น

8. แบนด์วิธ (Bandwidth) หมายถึง ความกว้างของช่องทางส่งและรับข้อมูล นำเอามาเปรียบเทียบว่าข้อมูลจะสามารถผ่านไปได้เร็วแค่ไหน ถ้าช่องความถี่กว้าง ข้อมูลก็สามารถที่จะผ่านไปไ้รวดเร็ว ถ้าช่องความถี่แคบก็จะทำให้ข้อมูลผ่านไปได้ช้า หรืออาจจะทำให้เกิดสภาพคอขวดขึ้น ช่องความถี่นั้นมีอยู่ในระบบทั้งสองระบบ ไม่ว่าจะเป็นอนาล็อกหรือดิจิทัล ซึ่งมาตรในการวัดไม่เหมือนกัน ดิจิตอลจะวัดเป็นในรูปแบบของข้อมูลต่อหนึ่งวินาที (bit per second) ส่วนอนาล็อกนั้นวัดจากความแตกต่างของสัญญาณ โดยประมาณจากแต่ละรอบในหนึ่งวินาที ซึ่งถูกเรียกว่า เฮอร์ตซ์

9. บรอดแบนด์ (Broadband) หมายถึง ระบบสื่อสารร่วมดิจิทัล ที่ให้บริการข้อมูลหลายชนิดได้พร้อมกัน ไม่ว่าจะเป็นภาพ เสียง และการสื่อสารข้อมูล เป็นระบบที่มีอัตราเร็วของข้อมูลสูงมาก ทำให้สามารถสื่อสารข้อมูลขนาดใหญ่ เช่น สัญญาณภาพเคลื่อนไหวได้ เป็นต้น

10. แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูล หมายถึง แนวคิดการออกแบบระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงให้ส่งตรงถึงลูกค้าโดยระบบ FTTx เพื่อรองรับ High Bandwidth และบริการใหม่ๆของการสื่อสารโทรคมนาคม ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

11. การเลือกใช้เทคโนโลยี หมายถึง การเลือกใช้เทคโนโลยีผ่านใยแก้วนำแสงระบบ FTTx ที่เหมาะสมในการนำมาให้บริการ

12. ปัจจัยภายในประเทศ หมายถึง สิ่งที่มีผลกระทบต่อความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) เช่น Infrastructure พฤติกรรมของผู้บริโภค และสภาพการแข่งขันของตลาดโทรคมนาคมของประเทศไทย

13. ปัจจัยภายนอกประเทศ หมายถึง แนวโน้มการให้บริการ และการเลือกใช้เทคโนโลยี FTTx เช่น กลุ่มประเทศเอเชีย ประเทศยุโรป และอเมริกา เป็นต้น

14. Infrastructure หมายถึง โครงสร้างพื้นฐานข่ายสายโทรศัพท์ของ บมจ.ทีโอที และระบบสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้องคือ ระบบไฟฟ้า ประปา ถนน และรูปแบบบ้านเรือนที่อยู่อาศัย

15. พฤติกรรมของผู้บริโภค หมายถึง รูปแบบการใช้งานอินเทอร์เน็ตและแนวโน้มความต้องการ Bandwidth ในการใช้งานของผู้ใช้บริการ

16. ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเลือกใช้เทคโนโลยี หมายถึง ผลประโยชน์ (Advantage) ที่ได้รับหลังจากการเลือกใช้ เทคโนโลยีผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx แทนเทคโนโลยีระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะนำเสนอในส่วนที่เกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจะมีการรวบรวมรายละเอียดที่ได้มาจากหนังสือ วารสาร สื่อสิ่งพิมพ์ Web Site ตลอดจนข้อมูลที่ได้รับการรวบรวมแล้วของสถาบันการศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำข้อมูลที่ได้มา ทำการศึกษาวิเคราะห์และเรียบเรียงตามหลักทฤษฎี การบริหารจัดการทั้งทางด้านเทคโนโลยี ความเหมาะสมกับการประยุกต์กับธุรกิจ โทรคมนาคม ดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสาร ข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx

2.2 ศึกษาการสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Communication System) เทคโนโลยีระบบ FTTx ตลอดจนข้อมูลการเลือกใช้เทคโนโลยี FTTx ในปัจจุบัน

1) ปัจจัยพิจารณาภายในประเทศจากแนวโน้มความต้องการ Bandwidth ในการสื่อสารข้อมูลของผู้ใช้บริการในปัจจุบันของประเทศไทย

2) ปัจจัยพิจารณาภายนอกประเทศ จากแนวโน้มการเติบโตของเทคโนโลยี FTTx และข้อมูลการเลือกใช้เทคโนโลยี FTTx ในประเทศผู้นำด้าน Broadband เช่น กลุ่มประเทศในเอเชีย ยุโรป และอเมริกา

2.3 ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเลือกใช้เทคโนโลยีผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx

2.4 บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5 บทสรุป

2.1 แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ

ปัจจุบันปริมาณความต้องการ Bandwidth หรือความเร็วในการสื่อสารข้อมูล มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อให้บริการสื่อสารเพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้บริการ จึงได้มีแนวคิดการออกแบบระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงให้ส่งตรงถึงลูกค้าเพื่อรองรับ High Bandwidth และบริการใหม่ๆ ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ในส่วนของโครงข่ายที่กำลังศึกษาอยู่นี้ ในปัจจุบันการออกแบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง ไปถึงผู้ใช้บริการยังเป็นเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่สำหรับประเทศไทยยังไม่สามารถเข้ามาแทนที่โครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมได้ทั้งหมด หมายความว่ายังไม่เกิดการทดแทนเทคโนโลยี (Technology Substitution) อย่างเต็มตัว ทั้งนี้เพราะค่าใช้จ่ายในการลงทุนเทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงยังมีราคาสูงกว่าเทคโนโลยีระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่ได้รับการเพิ่มศักยภาพโครงข่ายด้วยเทคโนโลยี ADSL ซึ่งรับส่งสัญญาณโดยผ่านโครงข่ายเคเบิลทองแดง

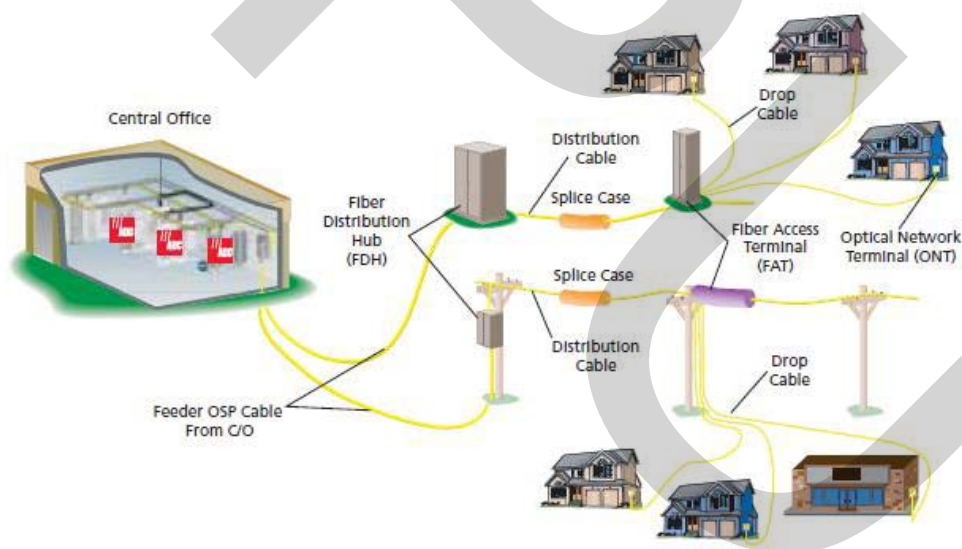
ระบบ ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line) เป็นระบบการสื่อสารข้อมูลที่ช่วยให้ข้อมูลที่มี Bandwidth สูงๆ เช่น ภาพ สามารถเดินทางในระบบสายส่งทองแดงได้ โดยทั่วไปสายโทรศัพท์ที่เดินไปยังบ้านผู้เช่าหรือที่เรียกว่าสายครีปไวร์ (drop wire) ก็จะเป็นสายทองแดงเส้นเล็ก ๆ ที่มีขีดจำกัดในการส่งผ่านข้อมูลได้ไม่มาก แต่การที่ผู้เช่าสามารถใช้สายทองแดงสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ เช่น สัญญาณภาพ หรือรวมไปถึงการสื่อสารสัญญาณดิจิทัลที่มีอัตราการส่งข้อมูลหรือบิตเรต (bit rate) สูงได้ นั่นก็เพราะเทคโนโลยี ADSL จะทำหน้าที่บีบอัดข้อมูลให้มีขนาดเล็กลงจากเดิม จนสามารถส่งผ่านไปบนสายทองแดงซึ่งเปรียบเสมือนท่อที่มีขนาดเล็กได้ โดยปกติ ADSL ที่ให้บริการพื้นฐาน จะให้ความเร็วในการส่งข้อมูลอยู่ที่ประมาณ 1-2 Mb/s แต่ตัวระบบเองก็มีความสามารถที่จะส่งข้อมูลผ่านสายทองแดงด้วยความเร็วที่สูงขึ้นเป็น 12, 24 และ 40 Mb/s ได้ ซึ่งระบบที่มีความเร็วสูงขึ้นนี้บางที่อาจเรียกชื่อระบบเป็น HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line) หรือ VHDSL (Very High bit rate Digital Subscriber Line) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการส่งข้อมูลผ่านสายส่งทองแดงมีข้อดีประการหนึ่งตรงที่ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลจะมีค่าลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น

แม้ว่า ADSL/HDSL/VHDSL ในปัจจุบันจะยังสามารถให้บริการรับส่งข้อมูลได้อยู่ แต่เมื่อเทียบกับอัตราการเติบโตของผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ต ประกอบกับความต้องการสื่อสารข้อมูลในหลาย ๆ รูปแบบ โดยเฉพาะข้อมูลที่เป็นสัญญาณภาพต่อเนื่อง (Real time) ความเร็วที่ระบบ xDSL (x หมายถึงอาจเป็น A หรือ H หรือ VH ก็ได้) สามารถตอบสนองได้ กลับจะช้าเกินไป จึงจำเป็นต้องหาทางออกใหม่ ซึ่งในที่สุดก็ถึงเวลาของการนำเส้นใยนำแสงมาแทนที่ระบบสายส่งทองแดงเพื่อการเข้าถึง (Access) ไปยังบ้านผู้เช่า (subscriber) ด้วยระบบที่เรียกว่า FTTH (Fiber-To-The-Home) หรืออาจเรียกว่าเรียก FTTP (Fiber To The Premise) ทั้งนี้เส้นใยนำแสงมีคุณสมบัติเปรียบเสมือนท่อนำสัญญาณขนาดใหญ่ ที่สามารถส่งผ่านข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ด้วยความเร็วสูง ๆ ได้ (ปัจจุบันความเร็วข้อมูลสูงสุดที่เดินทางในเส้นใยนำแสงอยู่ในเทอมของเทราบิตต่อวินาที (Tb/s) หรือ 1,000,000,000,000 บิตต่อวินาที) ทำให้ FTTH สามารถให้บริการสื่อสาร

ข้อมูลได้หลายรูปแบบพร้อมกัน เช่น ระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง และระบบเคเบิลทีวี (CATV) เป็นต้น จากคุณสมบัติดังกล่าว หลายคนเชื่อว่า FTTH จะเป็นทางเลือกที่สำคัญของระบบโครงข่ายที่ให้บริการผู้เช่าในอาคารบ้านเรือนด้วยระบบ Broadband Access Network

ปัจจุบันการรุกคืบของเทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงมีแนวโน้มที่จะรุกคืบเข้ามาในเขตของโครงข่ายทองแดงมากขึ้น อันเนื่องมาจากราคาของเคเบิลใยแก้วนำแสงมีราคาถูกลงมามากสวนทางกับราคาเคเบิลทองแดงที่นับวันราคาจะสูงขึ้นเรื่อยๆ และมีการออกแบบให้อุปกรณ์ประกอบกับการใช้งานระบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงมีความยืดหยุ่นใช้งานง่ายขึ้น ราคาอุปกรณ์ก็มีราคาถูกลง อันเนื่อง มาจากเริ่มมีการใช้แพร่หลายในต่างประเทศทำให้เกิด Economy of Scale

หลักการออกแบบข่ายสาย (Network Design) คล้ายๆ กับระบบข่ายสายทองแดงในอดีต ดังภาพที่ 2.1 เพื่อที่จะนำโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงแทนที่โครงข่ายเคเบิลทองแดงในสัดส่วนทั้งหมดหรือบางส่วนนั้นจะอยู่บนแนวคิดที่การรวมกันของข้อเด่น (Advantage) หรือจุดแข็ง (Strength) ของแต่ละโครงข่ายมาหาจุดร่วมที่เหมาะสมกับความคุ้มค่าการลงทุนของผู้ให้บริการและเพียงพอต่อความต้องการ Bandwidth ของลูกค้า



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะ โครงข่าย Out side Plan ของระบบ FTTH

ที่มา : ADC Telecommunications, Inc.

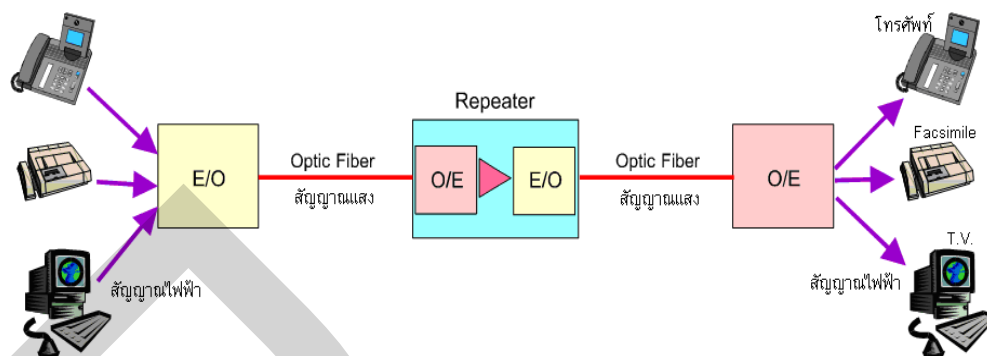
2.2 ระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Communication System) และเทคโนโลยีระบบ FTTx ในปัจจุบัน

การศึกษาและทำความเข้าใจกับเส้นใยแก้วนำแสง เพื่อว่าจะได้เห็นข้อดีข้อเสีย รวมถึงแนวทางการนำมาประยุกต์ ในอาคารบ้านเรือนที่อยู่อาศัย สำนักงานอาคารอุตสาหกรรมต่าง ๆ แล้วแต่ต้องใช้สายสัญญาณเพื่อเชื่อมโยงระบบสื่อสาร แต่เดิมสายสัญญาณที่นำมาใช้ได้แก่ สายตัวนำทองแดง ปัจจุบันสายสัญญาณระบบสื่อสารมีความจำเป็นมากขึ้น โดยเฉพาะระบบการเชื่อมโยงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และมีแนวโน้มที่จะรวมระบบสื่อสารอย่างอื่นประกอบเข้ามาในระบบด้วย เช่น ระบบเคเบิลทีวี ระบบโทรศัพท์ ระบบการบริการข้อมูลข่าวสารเฉพาะของบริษัท ผู้ให้บริการต่าง ๆ ความจำเป็นในลักษณะนี้จึงมีผู้ตั้งคำถามว่า ถึงเวลาแล้วหรือยังที่จะให้อาคารที่สร้างใหม่มีระบบเครือข่ายสายสัญญาณด้วยเส้นใยแก้วนำแสง

หากพิจารณาให้ดีพบว่า เวลานั้นได้มาถึงแล้ว ปัจจุบันราคาของเส้นใยแก้วนำแสงที่เดินในอาคารมีราคาใกล้เคียงกับสายยูทีพีแบบเกรดที่ดี เช่น แคต 5 ขณะเดียวกันสายเส้นใยแก้วนำแสงให้ประสิทธิภาพสูงกว่ามาก และรองรับการใช้งานในอนาคตได้มากกว่า สายยูทีพีแบบแคต 5 รองรับความเร็ว สัญญาณได้ 100 เมกะบิตต่อวินาที และมีข้อจำกัดในเรื่องความยาวเพียง 100 เมตร ขณะที่เส้นใยแก้วนำแสงรองรับความถี่สัญญาณได้ หลายร้อยเมกะเฮิรตซ์ และยังใช้ได้กับความยาวถึง 2,000 เมตร การพัฒนาในเรื่องต่าง ๆ ของเส้นใยแก้วนำแสงได้ก้าวมาถึงจุดที่จะนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางแล้ว

2.2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงแสดงดังภาพที่ 2.2 โดยทั่วไปแล้วสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งจากอุปกรณ์ปลายทาง (Terminal Equipment) ต่างๆ เช่น โทรศัพท์เครื่องป้อนข้อมูล (Data Terminal) โทรสาร (Facsimile) เป็นต้น จะถูกอุปกรณ์เปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง (Electrical to Optical Converter หรือ E/O Converter) เปลี่ยนให้เป็นสัญญาณแสง (นั่นคือความแรงของสัญญาณ ไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นความเข้มของแสงหรือ “1” “0” ของสัญญาณไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นแสงที่ “สว่าง” “มืด”) และส่งเข้าไปในเส้นใยนำแสง สัญญาณที่เดินทางในเส้นใยนำแสงนั้นกำลังจะอ่อนลง เมื่อเดินทางในระยะทางที่เพิ่มขึ้น พร้อมทั้งรูปคลื่นก็ขยายกว้างออกไปด้วย เมื่อไปถึงอุปกรณ์เปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้า (E/O Converter) ของทางด้านรับสัญญาณ แสงที่ส่งมาจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งไปยังอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อทำการเปลี่ยนกลับคืนให้เป็นสัญญาณของโทรศัพท์ เครื่องป้อนข้อมูล โทรภาพ โทรสาร และอื่นๆ



ภาพที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง

อนึ่งอุปกรณ์เปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสงนั้น ทำได้โดยอุปกรณ์กำเนิดแสง ได้แก่ LED Semiconductor Laser ส่วนอุปกรณ์เปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้านั้นทำได้โดยใช้ไดโอดแสง (Photo Diode) ทรานซิสเตอร์แสง (Photo Transistor) นอกจากนี้กรณีที่ระยะทางของสายส่งยาวอาจจำเป็นต้องติดตั้งตัวทวนสัญญาณ (Repeater) ตรงกึ่งกลางของสายส่ง ตัวทวนสัญญาณนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงที่เข้ามาให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นจึงทำการขยายแล้วเปลี่ยนกลับให้เป็นสัญญาณแสงอีกและส่งเข้าไปในเส้นใยนำแสง

2.2.2 ชนิดของเส้นใยนำแสง

วิธีการแบ่งชนิดของเส้นใยนำแสงมีหลายวิธี ดังแสดงในตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งชนิดของเส้นใยนำแสง

แบ่งตามชนิดของสารที่ใช้	Silica glass option fiber
	Multi component glass optic fiber
	Plastic optic fiber
แบ่งตามจำนวน	Single Mode optic fiber
	Multi Mode optic fiber
แบ่งตามลักษณะของดัชนีการหักเหของ	Step Index optic fiber
	Graded index optic fiber

สำหรับเคเบิลใยแก้วนำแสง ที่ใช้ในข่ายการสื่อสารโทรคมนาคม (Telecommunication Network) นั้น นิยมใช้ Silica glass optic fiber เพราะมีข้อดี คือ การสูญเสีย (Loss) ต่ำ และคุณสมบัติการส่ง (Transmission Characteristic) คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง

2.2.3 จุดเด่นของเส้นใยแก้วนำแสง

จุดเด่นของเส้นใยแก้วนำแสงมีหลายประการ โดยเฉพาะจุดที่ได้เปรียบสายตัวนำทองแดงที่จะนำมาใช้แทนตัวนำทองแดง จุดเด่นเหล่านี้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง และดีขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งประกอบด้วย

2.2.3.1 ความสามารถในการรับส่งข้อมูลข่าวสาร

เส้นใยแก้วนำแสงที่เป็นแท่งแก้วขนาดเล็ก มีการโค้งงอได้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้กันมากคือ 62.5/125 ไมโครเมตร เส้นใยแก้วนำแสงขนาดนี้เป็นสายที่นำมาใช้ภายใน อาคารทั่วไป เมื่อใช้กับคลื่นแสงความยาวคลื่น 850 นาโนเมตร จะส่งสัญญาณได้มากกว่า 160 เมกะเฮิร์ตซ์ ที่ความยาว 1 กิโลเมตร และถ้าใช้ความยาวคลื่น 1,300 นาโนเมตร จะส่งสัญญาณได้กว่า 500 นาโนเมตร ที่ความยาว 1 กิโลเมตร และถ้าลดความยาวลงเหลือ 100 เมตร จะใช้กับความถี่ของสัญญาณมากกว่า 1 กิกะเฮิร์ตซ์ได้ ดังนั้นจึงคิดว่า สายใยที่พีแบบแคต 5 ที่ใช้กับสัญญาณได้ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ กำลังสูญเสียต่ำ

เส้นใยแก้วนำแสงมีคุณสมบัติในเชิงการให้แสงวิ่งผ่านได้ การบั่นทอนแสงมีค่าค่อนข้างต่ำ ตามมาตรฐานของเส้นใยแก้วนำแสง การใช้เส้นสัญญาณนำแสงนี้ใช้ได้ยาวถึง 2,000 เมตร หากระยะทาง เกินกว่า 2,000 เมตร ต้องใช้ Repeater ทุก ๆ 2,000 เมตร การสูญเสียในเรื่องสัญญาณจึงต่ำกว่าสายตัวนำทองแดงมาก ที่สายตัวนำทองแดงมีข้อกำหนดระยะทางเพียง 100 เมตร

หากพิจารณาในแง่ความถี่ที่ใช้ ผลตอบสนองทางความถี่มีผลต่อกำลังสูญเสีย โดยเฉพาะในลวดตัวนำทองแดง เมื่อใช้เป็นสายสัญญาณ คุณสมบัติของสายตัวนำทองแดงจะ เปลี่ยนแปลงเมื่อใช้ความถี่ต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อใช้ความถี่ของสัญญาณที่ส่งในตัวนำทองแดงสูงขึ้น อัตราการสูญเสียก็จะมากตามแต่กรณีของเส้นใยแก้วนำแสงเราใช้สัญญาณ รับส่งข้อมูล จึงไม่มีผลกับกำลังสูญเสียทางแสง

2.2.3.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไม่สามารถรบกวนได้

ปัญหาที่สำคัญของสายสัญญาณแบบทองแดงคือการเหนี่ยวนำ โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ปัญหานี้มีมาก ตั้งแต่เรื่องการรบกวนระหว่างตัวนำหรือเรียกว่า Crosstalk การไม่ Match พอดีทางอิมพีแดนซ์ ทำให้มีคลื่นสะท้อนกลับ การรบกวนจากปัจจัยภายนอกที่เรียกว่า EMI (Electromagnetic Interference) ปัญหาเหล่านี้สร้างให้ผู้ใช้ต้องหมั่นดูแล แต่สำหรับเส้นใยแก้วนำแสงแล้วปัญหาเรื่องเหล่านี้จะไม่มี เพราะแสงเป็นพลังงานที่มีพลังงานเฉพาะและไม่ถูกรบกวนโดย

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การเดินทางในเส้นแก้ว ปรากฏ การรบกวนของแสงจากภายนอก

2.2.3.3 น้ำหนักเบา

เส้นใยแก้วนำแสงมีน้ำหนักเบากว่าเส้นลวดตัวนำทองแดง น้ำหนักของเส้นใยแก้วนำแสงขนาด 2 แคนที่ใช้ทั่วไปมีน้ำหนักเพียงประมาณ 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของสายยูทีพี แบบแคต 5

2.2.3.4 ขนาดเล็ก

เส้นใยแก้วนำแสงมีขนาดทางภาคตัดขวางแล้วเล็กกว่าลวดทองแดงมาก ขนาดของเส้นใยแก้วนำแสงเมื่อรวมวัสดุหุ้มแล้วมีขนาดเล็กกว่าสายยูทีพี โดยขนาดของสายใยแก้วนี้ใช้พื้นที่ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของเส้นลวดยูทีพีแบบแคต 5

2.2.3.5 มีความปลอดภัยในเรื่องการดักฟังข้อมูล

เส้นใยแก้วนำแสงมีลักษณะใช้แสงเดินทางในสายใย จึงยากที่จะทำการ TAP หรือทำการดักฟังข้อมูล

2.2.3.6 มีความปลอดภัยต่อการลัดวงจรไฟฟ้า

การที่เส้นใยแก้วนำแสงเป็นฉนวนทั้งหมด จึงไม่นำกระแสไฟฟ้า การลัดวงจร การเกิดอันตรายจากกระแสไฟฟ้าจึงไม่เกิดขึ้น

2.2.4 ความเข้าใจผิดบางประการเกี่ยวกับเส้นใยแก้วนำแสง

แต่เดิมเส้นใยแก้วนำแสงมีใช้เฉพาะในโครงการใหญ่ หรือใช้เป็นเครือข่ายแบบแบ็กโบน เทคโนโลยีเกี่ยวกับเส้นใยแก้วนำแสงก็ยังไม่เป็นที่เปิดเผยมากนัก ทำให้เกิดความเข้าใจผิด บางประการเกี่ยวกับคุณสมบัติและการประยุกต์ใช้งาน เช่น

2.2.4.1 แยกหักได้ง่าย

ด้วยความคิดที่ว่า "แก้วแตกหักได้ง่าย" ความคิดนี้จึงเกิดขึ้นกับเส้นใยแก้วด้วย เพราะวัสดุที่ทำเป็นแก้ว ความเป็นจริงแล้วเส้นใยแก้วมีความแข็งแรงและทนทานสูงมาก การออกแบบใยแก้วมีเส้นใยหุ้มล้อมไว้ ทำให้ทนแรงกระแทก นอกจากนี้แรงดึงในเส้นใยแก้วยังมีความทนทานสูงกว่าสายยูทีพี หากเปรียบเทียบเส้นใยแก้วกับสายยูทีพีแล้วจะ พบว่า ข้อกำหนดของสายยูทีพีแล้ว จะพบว่า ข้อกำหนดของสายยูทีพีมีคุณสมบัติหลายอย่างต่ำกว่าเส้นใยแก้ว เช่น การดึงสาย การหักเสี้ยว เพราะลักษณะคุณสมบัติทางไฟฟ้า ที่ความถี่สูงเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่า

2.2.4.2 เส้นใยแก้วนำแสงมีราคาแพง

แนวโน้มทางด้านราคา มีการเปลี่ยนแปลงราคาของเส้นใยแก้วนำแสงลดลง จนในขณะนี้ยังแพงกว่าสายยูทีพีอยู่บ้าง แต่ก็ไม่มากนัก นอกจากนี้หลายคนยังเข้าใจว่า การติดตั้ง เส้นใยแก้วนำแสงมีข้อยุ่งยาก และต้องใช้คนที่มีความรู้ความชำนาญ เสียค่าติดตั้งแพง ความคิดนี้ก็คงไม่จริง

เพราะการติดตั้งทำได้ไม่ยากนัก เนื่องจากมีเครื่องมือพิเศษ ช่วยได้มาก เครื่องมือพิเศษนี้สามารถเข้าหัวสายได้โดยง่ายกว่าแต่เดิมมาก อีกทั้งราคาเครื่องมือก็ถูกลงจนมีผู้รับติดตั้งได้ทั่วไป

2.2.4.3 เส้นใยแก้วนำแสงยังไม่สามารถใช้กับเครื่องที่ติดตั้งได้

ปัจจุบันพีซีที่ใช้ส่วนใหญ่ต่อกับ LAN แบบ Ethernet ซึ่งได้ความเร็ว 10 เมกะบิต การเชื่อมต่อกับ LAN มีหลายมาตรฐาน โดยเฉพาะปัจจุบันหากใช้ความเร็วเกินกว่า 100 เมกะบิต สายยูทีพีรองรับไม่ได้ เช่น เอทีเอ็ม 155 เมกะบิต แนวโน้มของการใช้งานระบบเครือข่ายมีทางที่ต้องใช้แถบกว้างสูงขึ้นมาก โดยเฉพาะเมื่อต้องการให้พีซีเป็นมัลติมีเดีย เพื่อแสดงผลเป็นภาพวิดีโอ การใช้เส้นใยแก้วนำแสงจะเป็นทางออก พัฒนาการของการ์ดเชื่อมต่อที่ใช้กับพีซี โดยเฉพาะเอทีเอ็มการ์ดก็ได้พัฒนาไปมาก เอทีเอ็มการ์ดใช้ความเร็ว 155 เมกะบิต ย่อมต้องใช้เส้นใยแก้วนำแสงรองรับ การใช้เส้นใยแก้วนำแสงสามารถใช้ในการส่งรับวิดีโอคอนเฟอร์เรนซ์ หรือสัญญาณประกอบอื่น ๆ ได้ดี

2.2.5 ความเป็นมาของระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง ในประเทศไทย

ประเทศไทยเรานั้นในอดีตมีหน่วยงาน 2 หน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับบริการการสื่อสาร คือการสื่อสารแห่งประเทศไทย (Communication Authority of Thailand เรียกชื่อย่อว่า CAT) กับองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย (Telephone Organization of Thailand เรียกชื่อย่อว่า TOT) เดิมใน 2 หน่วยงานนี้ CAT เป็นหน่วยงานแรกที่นำระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงมาใช้งาน ก่อน โดยนำมาใช้กับ Repeater Network ทางตอนใต้ของประเทศไทย ระหว่างสถานีวิทยุโทรคมนาคมทุ่งสง กับที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขร่อนพิบูลย์ ระยะทาง 23 กิโลเมตร สร้างเสร็จในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 1983 อุปกรณ์แสงใช้ LD, APD ความยาวคลื่นแสง 1.3 μm ขนาดความจุ (Capacity) 1.5 Mbps ใช้เส้นใยนำแสงแบบ GI-Type

สำหรับ บมจ. ทีโอทีนั้น ตามแผนพัฒนาที่ 5 เริ่มจากปี ค.ศ. 1984~1988 มีนโยบายที่จะนำระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงมาใช้กับ Repeater Network ที่เชื่อมระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับชุมสาย โทรศัพท์ในข่ายสายนครหลวง ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ และปทุมธานี เริ่มใช้งานในปี ค.ศ. 1988 ระบบ ระบบที่คาดว่าจะนำมาใช้คือ FD-3019A ขนาดความจุ (Capacity) 34 Mbps อุปกรณ์แสงที่ใช้เป็น GaAlAs-LD, InGaAs P-APD ความยาวคลื่นแสง 0.85, 1.3 μm

ต่อมามีการการนำเทคโนโลยีโครงข่ายโทรศัพท์เคเบิลใยแก้วนำแสง มาใช้ในโครงข่ายโทรคมนาคมมากขึ้น เริ่มแรกได้เข้ามาแทนที่โครงข่ายที่เชื่อมต่อกันระหว่างชุมสายโทรศัพท์ด้วยกันซึ่งเรียกกันว่า Core Network หรือ Transport Network และวิวัฒนาการของเคเบิลใยแก้วนำ

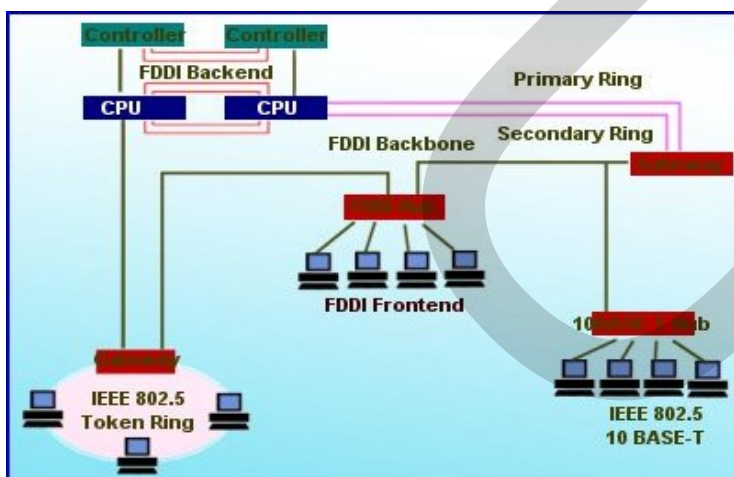
แสงมีแนวโน้มที่จะมามีอิทธิพลต่อการนำมาแทนที่เคเบิลทองแดง เชื่อมต่อกันระหว่างชุมสายโทรศัพท์ไปถึงอาคารธุรกิจและ บ้านลูกค้า ซึ่งเรียกส่วนนี้ว่า Access Network ทั้งเพราะความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของเคเบิลใยแก้วนำแสงที่สามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง และมีข้อดีกว่าเคเบิลทองแดงหลายประการ ประกอบกับในปัจจุบันราคาของเคเบิลใยแก้วนำแสงมีราคาถูกลงเรื่อย ๆ ส่วนทางกับเคเบิลทองแดงที่นับวันจะมีราคาสูงขึ้นมาก

2.2.6 การประยุกต์ใช้งานระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงด้านเครือข่ายโทรคมนาคม

การประยุกต์ใช้งานทางด้านนี้มีอยู่ด้วยกันมากมาย ดังนั้นจึงขอยกตัวอย่างระบบที่น่าสนใจและถูกนำมาใช้งานในปัจจุบัน ได้แก่

2.2.6.1 ระบบเชื่อมโยงโครงข่ายสื่อสารโทรคมนาคมภาคพื้นดิน ที่ใช้เส้นใยนำแสงที่ครอบคลุมทั่วโลก โครงข่ายนี้เรียกว่าโครงข่ายออกซิเจน (OXYGEN) ที่อาศัยเทคโนโลยี SDH/SONET ร่วมกับเทคโนโลยี DWDM ในการการส่งข้อมูลโดยความยาวของเส้นใยนำแสงที่ใช้ทั้งหมดของโครงข่ายนี้ประมาณ 300,000 กิโลเมตร ซึ่งเส้นทางของโครงข่ายเดินทางผ่านใน 75 ประเทศ

2.2.6.2 ระบบเชื่อมโยงเครือข่ายแกนหลัก (Backbone) ในระบบเครือข่ายท้องถิ่น (LAN) เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีความเร็วของสัญญาณที่ 100 เมกะบิต และเชื่อมโยงได้ถึง 1000 โหนด เช่นเครือข่าย FDDI สามารถเชื่อมต่อไปยังเครือข่ายอื่นได้ เช่น เชื่อมต่อกับอีเทอร์เน็ต กับโทเค็นริง แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงไดอะแกรมการเชื่อมโยงเครือข่าย FDDI ที่ทำหน้าที่เป็น Backbone

ที่มา : http://www.ku.ac.th/e-magazine/september43/fiber_optic

2.2.6.3 ระบบ FTTx เป็นระบบสื่อสารที่เชื่อมโยงระหว่าง ชุมสายใหญ่กับชุมสายย่อย ระหว่าง ชุมสายย่อยด้วยกัน รวมไปถึงการกระจายสายสัญญาณจากชุมสายย่อยหรือตู้สาขาเข้าสู่ บ้านพักอาศัยโดยเทคโนโลยีนี้เป็นการนำเส้นใยนำแสงเข้าไปแทนสายนำสัญญาณประเภทโลหะ ซึ่งเป็นระบบที่ค่อนข้างใหม่ในบ้านเรา

2.2.7 พัฒนาการเทคโนโลยีของสายใยแก้วนำแสงในปัจจุบัน

ด้วยความต้องการใช้งานการสื่อสารข้อมูลในอินเทอร์เน็ตที่มากขึ้นแบบก้าวกระโดด สังเกตได้จากการใช้งานแอปพลิเคชันในแต่ละองค์กร มีการใช้ Bandwidth ในการสื่อสารมากขึ้น เช่น มีการประชุมผ่านวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ มีการใช้ห้องเรียนอิเล็กทรอนิกส์ตามสถาบันอุดมศึกษา อีกทั้งมีการขยายตัวของ Wi-Fi เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งหมดนี้ทำให้เกิดความต้องการสื่อสารข้อมูล สารสนเทศเป็นปริมาณสูง จึงมีการขยายตัวของเครือข่ายเพื่อรองรับความต้องการที่มากขึ้น

เทคโนโลยีการสื่อสารความเร็วสูงในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของความเร็วในการรับ-ส่งสัญญาณที่ปัจจุบันสามารถทำได้ในระดับหลาย Gbps (Gigabits per second) ไปจนถึงระดับ Tbps (Terabits per second, 10^{12} bits per second) ในเส้นใย แก้วนำแสง (Optical Fiber)

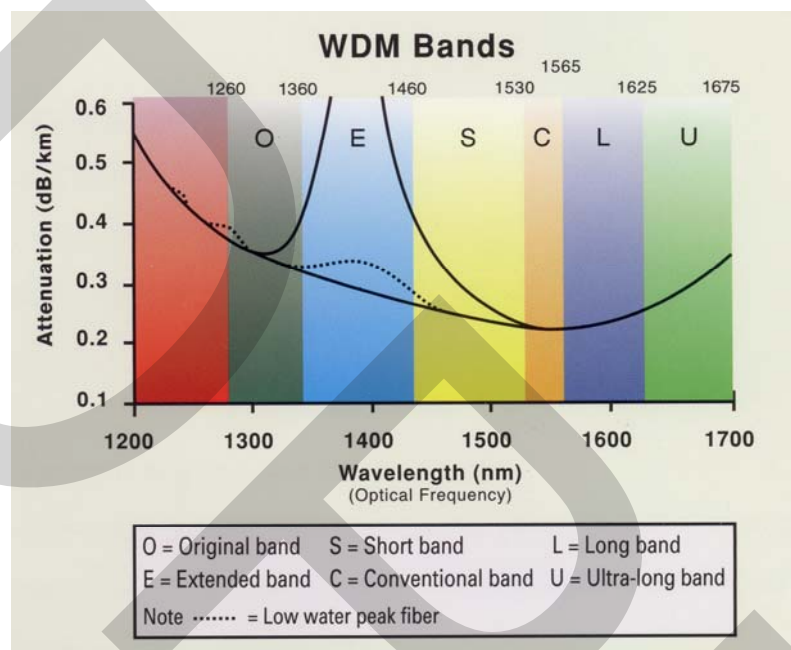
วิธีการใช้และการพัฒนาเส้นใยแก้วนำแสง มีหลักการใหญ่ๆ ดังนี้

วิธีที่ 1 เพิ่มอัตราเร็วจากระบบเดิมที่ใช้อยู่ ซึ่งระบบเดิมยังคงสามารถพัฒนาให้มีขีดการทำงานเพิ่มขึ้นได้อีก ดังเช่นที่เห็นอยู่ก็มากถึง 40 Gb/s แต่สุดท้ายอัตราเร็วในการพัฒนาอาจช้าลงและไม่แน่นอน เพราะถูกจำกัดด้วยตัวของเทคโนโลยีเอง โดยเฉพาะความเร็วในการทำงานของ อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะทำให้ระบบมีราคาแพงขึ้นมากหลายเท่าเลยทีเดียว

วิธีที่ 2 เพิ่มจำนวนความยาวคลื่นแสงในเส้นใยแก้วเส้นเดิม เทคนิคนี้สามารถกระทำ ได้เลยโดยอาศัยเทคโนโลยีที่มีอยู่เดิม อีกทั้งเส้นใยแก้วเดิมในระบบก็ยังพอสามารถรองรับขีดการทำงานนี้ได้ ซึ่งจากแนวคิดนี้เป็นจุดเริ่มต้นของระบบสื่อสารสัญญาณแบบ WDM หรือ Wavelength Division Multiplexing ซึ่งพัฒนามาเป็น DWDM และ CWDM ในปัจจุบันก็คือระบบการมัลติเพลกซ์อย่างหนึ่ง ที่คล้ายกับการมัลติเพลกซ์ทางไฟฟ้า (FDM, TDM, CDM) แต่สัญญาณนั้นอยู่ในรูปของสัญญาณ แสงเท่านั้นเอง ซึ่งความหมายของ WDM CWDM และ DWDM สามารถอธิบายให้เข้าใจง่ายๆ ดังนี้

1) ระบบ WDM (Wavelength Division Multiplexing) เป็นการมัลติเพลกซ์สัญญาณ แสงในระยะแรกๆ ที่จะใช้ความยาวคลื่นแสงในการส่งข้อมูลเพียง 2 ความยาวคลื่นคือ 1300 nm และ 1550 nm เนื่องจากระบบ WDM เดิม จะเกิดผลเสียในเรื่องของระยะห่างระหว่างสถานีทวน สัญญาณ และระบบการขยายสัญญาณแสง ที่มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละความยาวคลื่นดังภาพที่ 2.4 จาก

ผลเสียดังกล่าวจึงได้ทำการออกแบบระบบ WDM ขึ้นใหม่และหันมาใช้ความยาวคลื่นที่ใกล้เคียงกันมากๆ (ระยะห่างของช่องสัญญาณน้อยๆ) โดยในปัจจุบันได้เลือกใช้งานในย่าน 1550 nm จึงทำให้เกิดระบบ CWDM และระบบ DWDM ขึ้นมา



ภาพที่ 2.4 แสดงความยาวคลื่นแสงระบบ WDM (Wavelength Division Multiplexing)

ที่มา : EXFO Inc.

2) ระบบ CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) และ DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) จะมีหลักการคล้ายกัน เพียงมีข้อแตกต่างกันที่ระยะห่างของช่องสัญญาณ (Channel Spacing หรือบางครั้งเรียกว่า Wavelength Spacing) โดยระบบ CWDM จะมี Channel Spacing ช่วง 15-30 nm ส่วนระบบ DWDM จะมีค่า Channel Spacing ต่ำกว่า 1 nm (ตามมาตรฐาน ITU DWDM 50 GHz : Channel spacing เท่ากับ 0.39 nm) ดังนั้นการระบบ DWDM จะมีจำนวนช่องสัญญาณให้ใช้งานมากกว่าระบบ CWDM ส่วนเหตุผลการที่เลือกใช้งานความยาวคลื่นแสงที่ย่าน 1550 nm เพื่อสามารถใช้กับระบบขยายสัญญาณแสงที่เรียกว่า Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA) และค่าการลดทอนสัญญาณที่ความยาวคลื่นแสงที่ 1550 nm มีค่าน้อยกว่าที่ความยาวคลื่น 1300 nm

สรุปเทคโนโลยี WDM เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เพิ่มขนาด Bandwidth การส่งข้อมูลบนเครือข่ายใยแก้วนำแสง โดยการรวมส่งข้อมูลหลายชุดพร้อมกัน โดยข้อมูลแต่ละชุดใช้แสงที่มีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันลงบนสายใยแก้วเส้นเดียว ปัจจุบันเทคโนโลยี WDM ได้เข้ามาเป็นส่วนสำคัญบนอุปกรณ์เครือข่ายใยแก้วนำแสง เพราะด้วย Bandwidth ที่เพิ่มขึ้นมาก ทำให้สามารถใช้งานแอปพลิเคชันใหม่ได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถติดตั้งเข้ากับโครงสร้างพื้นฐานของระบบเดิมที่มีอยู่ก่อนได้ง่าย และด้วยการที่ WDM เป็นเทคโนโลยีในชั้นกายภาพ จึงสามารถใช้เทคโนโลยีนี้กับระบบต่างๆ ได้ เช่น ทั้งอุปกรณ์ SONET, ATM switch หรือแม้แต่ IP router

2.2.8 แนวคิดระบบเส้นใยนำแสงสู่อาคาร/บ้าน (Fiber to The Building/Home - FTTB/FTTH)

การใช้งานส่วนตัวของ บุคคลที่ทำงานที่บ้าน และธุรกิจขนาดเล็ก มีความจำเป็นต้องใช้ Bandwidth มากขึ้นสำหรับ อินเทอร์เน็ตที่เร็วขึ้น ความต้องการที่เพิ่มขึ้นนี้ ได้ทำให้ความเป็นไปได้ในการนำโครงข่าย fiber optic มาใช้ยังบ้านเรือน FTTH (Fiber To The Home) จากเทคโนโลยี LAN ซึ่งกระจายอยู่ใน สำนักงานและ บริษัทนั้นสามารถรองรับด้วยระบบ FTTH/FTTB เนื่องจากเทคโนโลยี LAN ได้พัฒนามากแล้วและผลิตภัณฑ์ที่มีขายตามท้องตลาดนั้นก็เพียงพออย่างมาก ต่อการใช้โซลูชันในรูปแบบใหม่ ซึ่งเดิมได้พัฒนาสำหรับสำหรับระบบ LAN นั้น ดูเหมือนจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อสถานภาพของ FTTB และ FTTH โดยเฉพาะขณะนี้ที่มีโครงข่าย IP ได้รับการยอมรับในโลกของการสื่อสาร และการปรากฏตัวอย่างแข็งแกร่งของ โครงสร้างพื้นฐานของ IP based และ Ethernet based ใน โครงข่ายหลัก และ โครงข่ายบ้าน

ระบบเส้นใยนำแสงสู่บ้าน (Fiber To The Home - FTTH) เป็นระบบที่สำคัญงานเชิงแสงที่ใช้เส้นใยนำแสงต่อเชื่อมโยงจากโครงข่ายสื่อสารไปยังบ้านผู้เช่า (subscriber) หรือผู้ใช้ปลายทาง (end user) เพื่อให้ระบบการเข้าถึง (access) มีความเร็วสูง สามารถสื่อสารข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังทำให้ผู้ใช้ปลายทางสามารถใช้งานอุปกรณ์สื่อสาร ได้หลายชนิดพร้อมกัน เช่น ระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ระบบเคเบิลทีวี (CATV) ระบบสื่อสารแบบ Broadband เป็นต้น โดยจะส่งสัญญาณผ่านเส้นใยนำแสงเพียงเส้นเดียวหรือคู่เดียว

2.2.9 การพัฒนาระบบเส้นใยนำแสงสู่อาคาร/บ้าน

ระบบเส้นใยนำแสงสู่บ้านนำมาใช้เพื่อเชื่อมโยงสายส่งสัญญาณด้วยเส้นใยนำแสงไปสู่บ้านผู้เช่าโดยตรงเริ่มขึ้นประมาณปี ค.ศ. 1970 แต่เนื่องจากระบบและเส้นใยนำแสงมีราคาสูงเมื่อเทียบกับระบบสายส่งทองแดง โดยเฉพาะการเชื่อมโยงเส้นใยนำแสงสู่บ้านผู้เช่าโดยตรง ดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในส่วนนี้จึงมีการพัฒนาระบบ FTTC (fiber To The Curb) และ HFC (Hybrid Fiber/Coax) โดยระบบ FTTC และ HFC จะใช้ระบบสายส่งสัญญาณแบบผสม คือการนำ

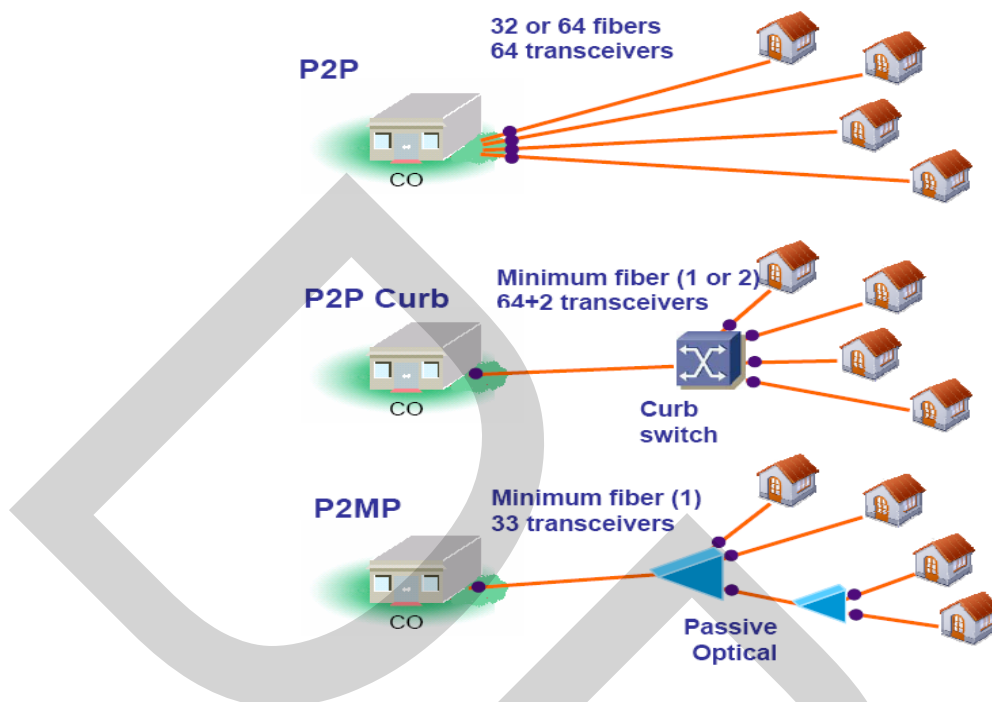
เส้นใยนำแสงและสายส่งทองแดงมาใช้งานร่วมกันภายในโครงข่ายการทำงานของระบบ FTTC จะใช้สายส่งเส้นใยนำแสงเชื่อมโยงระหว่างโครงข่ายและหัวถนนหรือปากทางเข้าหมู่บ้านเท่านั้น แต่ในส่วนของสายส่งที่เข้าถึงบ้านผู้เช่าหรือผู้ใช้บริการจะเป็นสายทองแดง ทำให้ระบบ FTTC และ HFC มีราคาถูกกว่าระบบ FTTH มาก แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถให้บริการข้อมูลความเร็วสูงได้ เนื่องจากโครงข่ายส่วนใหญ่ใช้เส้นใยนำแสงเป็นท่อนำสัญญาณ

2.2.10 สถาปัตยกรรมสำหรับระบบเส้นใยนำแสงสู่อาคาร/บ้าน

ความต้องการใช้ Broadband ได้เพิ่มขึ้นในช่วงสองปีที่ผ่านมา และกฎหมายได้ส่งเสริมการแข่งขันในตลาดการให้บริการโทรคมนาคม ขณะที่ราคาอุปกรณ์ลดลง ทำให้ FTTH เป็นจริงง่ายขึ้นซึ่งสถาปัตยกรรมที่ใช้มากสำหรับ FTTH คือ point to point (P2P) และ point to multipoint (P2MP) ดังภาพที่ 2.5 การพิจารณาว่าจะใช้แบบใดขึ้นอยู่กับ บริการที่ใช้ส่งและค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดหาโครงสร้างพื้นฐาน นั้นๆ

2.2.10.1 Point to point architecture (P2P) คือการออกแบบโครงข่ายแบบง่ายๆ สื่อที่ใช้เชื่อมต่อด้านกายภาพคือ เส้นใยแก้วนำแสง เนื่องจากการให้บริการผู้ใช้งานทั้งบ้านเรือนและธุรกิจเส้นใยแก้วนำแสงต่อกับโหนดกลาง ซึ่งไม่จำกัด Bandwidth สำหรับลูกค้าแต่ละราย นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มหรือเปลี่ยน Bandwidth หรือเพิ่มอุปกรณ์ปลายทางได้ การใช้เส้นใยแก้วนำแสงสามารถกำหนดค่าใช้จ่ายซึ่งขึ้นกับ การวางสายเส้นใยแก้วนำแสง

2.2.10.2 Point to Multipoint (P2MP) เป็นการใช้อุปกรณ์ร่วมกัน shared medium หลักการใช้สื่อร่วมกันของโครงข่าย P2MP ทำให้แตกต่างจากโครงข่าย P2P จะพบว่าผู้ใช้หลายๆ ประเภท เช่น บ้านเรือน ธุรกิจ จะเชื่อมต่อไปยังโหนดกลาง โดยใช้สื่อเดียวกัน A Single Point of Control



ภาพที่ 2.5 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่ายที่ใช้สำหรับระบบ FTTx

2.2.11 รูปแบบโครงข่ายของระบบ FTTH

2.2.11.1 โครงข่ายใยแก้วนำแสงแบบ passive (Passive Optical network, PON)

FTTH บนมุมมองของ Passive Optical Network (PON) คือการติดตั้ง optical fiber จาก central node ไปยังจุดปลายทางเช่น บ้านลูกค้าหน่วยงานธุรกิจ โดยใช้เทคโนโลยี Passive Optical Network (PON) ในการส่งสัญญาณแสงผ่านสายไฟเบอร์ไปยังผู้ใช้ซึ่งมีข้อดีหลายอย่างเช่น

- 1) ไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระหว่างโหนดกลางทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษา (Operation Cast)
- 2) มีการแบ่งค่าใช้จ่ายของไฟเบอร์และอุปกรณ์ที่ central node
- 3) ลดค่าใช้จ่ายทุนสำหรับท่อสายตอนนอก และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน
- 4) สะดวกในการปรับปรุง (upgrade) หรือเพิ่มบริการใหม่ ๆ เนื่องจากสามารถทำที่ปลายโครงข่ายและเลือกตามกลุ่มลูกค้าได้

2.2.11.2 โครงข่ายใยแก้วนำแสงแบบ active (Active Optical Network , AON)

โครงข่ายใยแก้วนำแสงแบบ Active เป็นสิ่งที่คล้ายกับ PON ซึ่งกล่าวไปแล้ว สำหรับ AON อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ Switch Aggregator ระหว่าง โหนดกลาง และ อุปกรณ์ของลูกค้า อุปกรณ์ Active นี้สามารถติดตั้งใน โหนดกลางของ โครงข่ายแบบจุดไปยังจุด หรืออยู่ในข่ายสาย

ตอนนอก AON สามารถจัดการส่งได้เช่น ในตอนต้น ส่งที่ 20 Mbps ไปยังลูกค้าและต่อมาเพิ่ม (Upgrade) เป็น 100 Mbps ส่วน PON ต้องจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการ (Subscriber) ต่อตัวแยกแสง (Splitter) ถ้าความสามารถในการรองรับ ของโครงข่ายนั้นเต็มแล้ว อิเลคทรอนิกส์ที่ปลายทั้งด้าน โหนดกลางและอุปกรณ์ของลูกค้าต้องได้รับการ Upgrade ไปสู่เทคโนโลยีใหม่โครงข่ายแบบ Active เป็นระบบสมมาตร ดังนั้น 100 Mbps สามารถรับส่ง Upstream และ Downstream ซึ่งดูเหมือนไม่จำเป็นสำหรับทุกคนแต่ด้วยความนิยมในไฟล์แชร์ริงแอปพลิเคชันที่เพิ่มขึ้น Bandwidth ของผู้ใช้งาน จึงต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย การใช้งานร่วมกันแบบ Peer to Peer ต้องการ Upstream Bandwidth ที่เพิ่มขึ้น

สรุปเทคโนโลยีการรับส่งสัญญาณผ่านบริการ Fiber to the home นั้นทำได้ทั้งสองประเภท แต่ที่ได้รับความสนใจนำไปลงทุนกันในปัจจุบันก็คือการใช้เทคโนโลยี Passive Optical Network (PON) ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบหนึ่งจุดไปยังหลายๆ จุด (Point-to-Multipoint) มีลักษณะการทำงานที่เป็น “passive” ซึ่งเครือข่ายที่เป็น AON มีส่วนประกอบที่เป็น “active” อยู่ในอุปกรณ์หลักของเครือข่ายที่มีการติดตั้งในตำแหน่ง Central Office ในโครงสร้างเครือข่ายพื้นฐานข้างเคียง (Neighborhood Network Infrastructure) และอุปกรณ์ด้านผู้ใช้บริการ (Customer Premise Equipment : CPE) แต่เทคโนโลยี PON มีส่วนประกอบของการรับส่งแสงเป็น Passive อย่างเดียวเท่านั้น ในโครงสร้างเครือข่ายข้างเคียง (neighborhood infrastructure) และมีอุปกรณ์ที่เป็น Active เฉพาะที่ Central Office และอุปกรณ์ด้านลูกค้าเท่านั้น เทคโนโลยีนี้จึงช่วยประหยัดต้นทุนในการวางคู่สายใยแก้วนำแสงได้มากที่สุด

2.2.12 ข้อดีของระบบ FTTH

แนวความคิดของเทคโนโลยี FTTH มีมานานร่วม 40 ปี แต่เพิ่งจะมีบทบาทต่อระบบสื่อสารในช่วงเวลาเพียงไม่กี่ปีมานี้ ทั้งนี้ไม่ใช่เพียงแค่เหตุผลที่เส้นใยนำแสงมีราคาถูกลงเท่านั้น แต่ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่เป็นข้อดีของระบบ ดังนี้

2.2.12.1 ระบบมีความเร็วสูง (High Capacity)

เส้นใยนำแสงมีข้อดีเหนือระบบสายส่งอื่นอย่างมาก ตรงที่สามารถสื่อสารข้อมูลขนาดใหญ่หลายๆ ได้ เนื่องจากเส้นใยนำแสงมีคุณสมบัติเสมือนเป็นท่อส่งสัญญาณที่มีขนาดใหญ่มากนั่นเอง ในระบบสื่อสารปัจจุบัน การส่งข้อมูลแบบดิจิทัลกำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากทำให้ข้อมูลมีคุณภาพสูง อย่างไรก็ตาม การสร้างข้อมูลดิจิทัลจากข้อมูลดั้งเดิมที่เป็นสัญญาณอนาล็อก เช่น ภาพและเสียง ทำให้ข้อมูลมีขนาดใหญ่กว่าเดิมมาก ดังนั้นหากต้องการส่งข้อมูลขนาดใหญ่ให้ถึงปลายทางโดยรวดเร็ว ต้องส่งผ่านสายส่งด้วยอัตราเร็ว (bit rate) ที่สูง ซึ่งเส้นใยนำแสงสามารถรองรับ

การทำงานในลักษณะ เช่นนี้ได้

2.2.12.2 ระบบมีความน่าเชื่อถือ (System Reliability)

1) จากผลสำรวจพบว่า ในกรณีของการพิจารณาเลือกใช้ระบบสื่อสารระยะไกล ถูกค่าในปัจจุบันให้ความสนใจต่อระบบสื่อสารที่มีความน่าเชื่อถือสูงเป็นอันดับต้นๆ เหนือรายละเอียดที่เกี่ยวกับ ราคาค่าใช้จ่ายซึ่งสอดคล้องกับระบบ FTTH

2) ความน่าเชื่อถือของระบบ เกิดจากระบบสายส่งที่เป็นเส้นใยนำแสง ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำเส้นใยนำแสงในระบบสื่อสารโทรคมนาคมมักเป็นแก้ว ทั้งนี้แก้วจะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมสูง อีกทั้งแก้วไม่เป็นสนิม ทำให้เส้นใยนำแสงมีอายุการใช้งานนานมาก (เมื่อเทียบกับสายไฟโลหะ) ในการใช้งานจริงวัสดุที่เป็นเปลือกหุ้มเส้นใยในลักษณะของสายเคเบิล อาจสึกกร่อนไปก่อนตัวเส้นใยนำแสงเอง อย่างไรก็ตามเคเบิลเส้นใยนำแสงมักมีอายุการใช้งานอย่างน้อย 50 ปี ขึ้นไป ซึ่งถือว่านานพอที่จะทำให้ผู้ใช้เกิดความมั่นใจในการนำสัญญาณของระบบ FTTH

3) วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้วมีความเป็นฉนวนไฟฟ้าโดยธรรมชาติ ทำให้ปราศจากปัญหาเกี่ยวกับการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะส่งผลให้ข้อมูลสื่อสารไม่มีสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนสายส่งทองแดง สัญญาณสื่อสารในระบบ FTTH จึงเป็นสัญญาณที่เชื่อถือได้สูง

4) ระบบ FTTH ใช้เส้นใยนำแสงเป็นสายส่งสัญญาณส่งไปยังบ้านของผู้ใช้ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า ONU (optical network unit) ซึ่งจะติดตั้งอยู่ภายในบ้านของผู้เช่า ONU นี้ทำหน้าที่กระจายสัญญาณ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ปลายทางที่อยู่ในบ้าน เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ หรือ โทรทัศน์ เป็นต้น เนื่องจากสายส่งสัญญาณที่ต่อเข้ากับ ONU เป็นเส้นใยนำแสงทำให้ไม่มีส่วนของตัวนำเชื่อมต่อเหมือนระบบโทรศัพท์ ทำให้ช่วยลดแรงไฟกระชาก (Electrical surge) ที่อาจเกิดจากฟ้าผ่า และการเหนี่ยวนำไฟฟ้า

2.2.12.3 ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า (FTTH Powering)

1) ในระบบโทรศัพท์ที่ใช้สายทองแดงแบบเดิม (POT – Plain Old Telephone) มีข้อดีตรงที่ระบบยังคงใช้งานได้เมื่อไฟดับ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ทำให้ระบบทำงานมาจากชุมสายโทรศัพท์ ไม่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน แต่ในระบบ FTTH อุปกรณ์ ONU (Optical Network Unit) ที่ติดตั้งอยู่ภายในบ้านของผู้ใช้ถือเป็นอุปกรณ์ประเภท Active ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อให้ตัวมันทำงานได้ ประกอบกับเส้นใยนำแสงไม่สามารถนำพลังงานไฟฟ้าได้เหมือนระบบสายโทรศัพท์ทองแดง จึงจำเป็นต้องมีแหล่งพลังงาน

ไฟฟ้าเฉพาะสำหรับ ONU นอกจากนี้ ONU ควรมีแบตเตอรี่สำรอง เพื่อให้ตัวมันสามารถทำงานได้แม้ไฟจะดับ ทำให้ระบบต้องมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งหรือ IFC (Installed First Costs) และค่าใช้จ่ายตลอดการใช้งาน (Life - Cycle Costs : LCC) เพิ่มขึ้น

2) เทคโนโลยีในปัจจุบัน สามารถออกแบบให้ ONU มีระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก รวมทั้งกินไฟต่ำ ซึ่งเมื่อคิดคำนวณเปรียบเทียบกับระบบ POT ที่ต้องใช้ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุมสาย (ในขณะที่ระบบ FTTH ระบบพลังงานไฟฟ้าจะอยู่ที่บ้านผู้ใช้) กลับกลายเป็นว่า พลังงานรวมที่เกิดขึ้นในระบบ FTTH กลับมีค่าน้อยกว่า ซึ่งเป็นผลดีกับสภาพเศรษฐกิจของประเทศในระดับมหภาค

2.2.13 แนวทางการให้บริการแบบ FTTx

การให้บริการแบบ FTTx ถือเป็นแนวคิดในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสง เพื่อรับส่งข้อมูลอัตราเร็วสูงไปยังผู้บริโภค ทั้งกลุ่มประชาชนตามบ้านเรือน และกลุ่มธุรกิจ โดยมองว่าเป็นทางเลือกใหม่ เพื่อทดแทนการเดินคู่สายโทรศัพท์ทองแดงที่มีข้อจำกัดในเรื่องของ Bandwidth ไปยังกลุ่มผู้บริโภค ทั้งนี้ในการประยุกต์ใช้งาน จะมีชื่อเรียกรูปแบบในการวางสถาปัตยกรรม คู่สายใยแก้วนำแสงที่แตกต่างกันออกไปได้ 4 ประเภท คือ FTTN, FTTC, FTTB และ FTTH

2.2.13.1 Fiber To The Node (FTTN) หรือ Fiber To The Cabinet (FTTCab) บางครั้งอาจเรียกว่า Fiber To The Neighborhood เป็นการวางสายใยแก้วนำแสงจากชุมสายโทรศัพท์ไปสิ้นสุดยังตู้กระจายสัญญาณโทรคมนาคม (Cabinet) จากนั้นจึงทำการกระจายสัญญาณผ่านคู่สาย Coaxial ไปยังที่พักอาศัยของผู้ใช้บริการแต่ละราย ในทางปฏิบัติจะมีการติดตั้งตู้กระจายสัญญาณโดยพิจารณาให้ครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้บริการเป้าหมายภายในรัศมี 1,500 เมตร อย่างไรก็ตามหากรัศมีการกระจายสัญญาณของตู้กระจายมีระยะทางต่ำกว่า 300 เมตร ก็จะเรียกสถาปัตยกรรมนี้ว่า Fiber To The Curb (FTTC) ทั้งนี้ ผู้ให้บริการสามารถเลือกให้บริการสื่อสารแบบ Broadband ระหว่างตู้กระจายสัญญาณกับผู้บริการ โดยอาศัยโปรโตคอลได้หลากหลายประเภท เช่น Broadband Cable Access ตามมาตรฐาน Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS) รวมถึงการให้บริการตามมาตรฐาน DSL ทั่วไป สถาปัตยกรรมแบบ FTTN นี้มีจุดประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์จากคู่สาย Coaxial หรือแม้กระทั่งสายทองแดงที่มีการติดตั้งใช้งานอยู่แต่เดิมให้ได้มากที่สุด เป็นการลดต้นทุนในการหรือเปลี่ยนโครงข่ายกระจายสัญญาณใหม่ แต่ก็ถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ไปยังผู้ใช้บริการต่ำสุดเมื่อเทียบกับบรรดาเทคโนโลยีในกลุ่ม FTTx ทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากการพึ่งพาขีดความสามารถที่มีอยู่จำกัดของคู่สายกระจายที่มีแต่เดิมนั่นเอง

2.2.13.2 Fiber To The Curb (FTTC) เป็นสถาปัตยกรรมที่มีความแตกต่างจาก FTTN ตรงที่มีการติดตั้งตู้กระจายสัญญาณไว้ใกล้กับกลุ่มผู้ใช้บริการมาก (โดยทั่วไปนิยมไว้ที่ระยะห่างจากกลุ่มผู้ใช้บริการไม่เกิน 300 เมตร) และเนื่องจากยังคงเป็นการใช้ประโยชน์จากคู่สายทองแดงและสาย Coaxial ที่มีอยู่แต่เดิมในการกระจายรับส่งสัญญาณไปยังผู้ใช้บริการปลายทาง แม้จะย่นระยะห่างระหว่างตู้กระจายสัญญาณกับผู้ใช้บริการให้ใกล้เข้ามากว่าสถาปัตยกรรม FTTN แต่สถาปัตยกรรมแบบ FTTC ก็ยังคงมีข้อจำกัดในแง่ของอัตราเร็วในการสื่อสาร อันเนื่องจากคุณลักษณะของคู่สายกระจายสัญญาณอยู่เพียงแต่มีโอกาที่จะให้บริการได้ด้วยอัตราเร็วที่เหนือกว่า FTTN

2.2.13.3 Fiber To The Home (FTTH) และ Fiber To The Building (FTTB) ซึ่งทั้ง 2 สถาปัตยกรรมมักได้รับการเรียกชื่อรวมๆ กันว่า Fiber To The Premise (FTTP) ล้วนเป็นการใช้ประโยชน์จากการวางสายใยแก้วนำแสง จากชุมสายโทรศัพท์ตรงไปสิ้นสุดยังอาคารที่พักอาศัยหรืออาคารสำนักงาน เพื่อลดการเชื่อมต่อกับคู่สายทองแดงหรือ Coaxial ที่มีอยู่แต่เดิม โดยสิ้นเชิง ทั้งนี้เน้นให้ใช้ประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูลอัตราเร็วสูงผ่านคู่สายใยแก้วนำแสง ให้ได้มากที่สุด โดยข้อแตกต่างระหว่างเทคโนโลยี FTTH และ FTTB อยู่ที่ตำแหน่งของจุดกระจายสัญญาณ ซึ่ง FTTP จะติดตั้งตู้กระจายสัญญาณไว้ ณ จุดใดจุดหนึ่งภายในอาคาร จากนั้นจึงกระจายสัญญาณผ่านสายโคแอกเซียลไปยังผู้บริโภคนับแต่ละรายภายในอาคาร ในขณะที่สถาปัตยกรรมแบบ FTTH จะแยกกระจายคู่สายใยแก้วนำแสงไปยังห้องหรือตำแหน่ง ใช้งานของผู้บริโภคแต่ละราย ซึ่งภายในแต่ละจุดนั้นจะมีการติดตั้งกล่องแปลงสัญญาณ (ONT-Optical Network Terminator) จากสัญญาณแสงไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อต่อเข้ากับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ จึงถือว่า สถาปัตยกรรมแบบ FTTH มีการรับประกันอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้บริการปลายทางได้ สูงที่สุดเทียบกับสถาปัตยกรรมแบบอื่นๆ ในตระกูล FTTx

จะเห็นได้ว่า FTTH เป็นช่องทางในการรวมรูปแบบการให้บริการทั้งสื่อสารโทรคมนาคม (Telecommunication) และสื่อสารมวลชน (Mass Communication) โดยอาศัยจุดเด่นในเรื่องการสื่อสารข้อมูล Broadband และคุณสมบัติของเทคโนโลยี PON (Passive Optical Network) ในการประหยัดคู่สายใยแก้วนำแสง โดยสามารถกระจายคู่สายใยแก้ว ออกไปยังผู้ใช้บริการปลายทางจำนวนมากได้ ซึ่งหมายความถึงความสะดวกและประหยัด ของผู้ให้บริการเครือข่ายในการพิจารณาลงทุนสร้างโครงข่าย FTTH และยิ่งหมายถึงความสะดวกสบายของผู้ใช้บริการ

อนึ่งในการศึกษาของงานวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นเฉพาะเทคโนโลยี FTTx ที่เป็น FTTB (Fiber to the building) และ FTTH (Fiber To The Home) ซึ่งเทคโนโลยีที่เรียกว่า PON (Passive Optical Network)

2.2.14 เทคโนโลยี Passive Optical Network (PON)

เทคโนโลยีการรับส่งสัญญาณผ่านบริการ Fiber to the home นั้นทำได้หลายประเภท แต่ที่ได้รับความสนใจนำไปลงทุนกันในปัจจุบันก็คือการใช้เทคโนโลยี Passive Optical Network (PON) ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบหนึ่งจุดไปยังหลายๆ จุด (Point-to-Multipoint) มีลักษณะการทำงานที่เป็น “passive” ซึ่งเครือข่ายที่เป็น “active” เช่น DSL, VDSL และเคเบิล มีส่วนประกอบที่เป็น “active” อยู่ในอุปกรณ์หลักของเครือข่ายที่มีการติดตั้งในตำแหน่ง Central Office ในโครงสร้างเครือข่ายพื้นฐานข้างเคียง (Neighborhood Network Infrastructure) และอุปกรณ์ด้านผู้ใช้บริการ (Customer Premise Equipment : CPE) แต่เทคโนโลยี PON มีส่วนประกอบของการรับส่งแสงเป็น Passive อย่างเดียวเท่านั้น ในโครงสร้างเครือข่ายข้างเคียง (neighborhood infrastructure) และมีอุปกรณ์ที่เป็น Active เฉพาะที่ Central Office และอุปกรณ์ด้านลูกค้าเท่านั้น เทคโนโลยีนี้ จึงช่วยประหยัดต้นทุนในการวางคู่สายใยแก้วนำแสงได้มากที่สุด เทคโนโลยีที่ใช้ใน FTTH ในรูปแบบ Passive Optical Network (PON) มีดังนี้

2.2.14.1 APON และ BPON

เทคโนโลยีนี้ใช้พื้นฐาน Frame ข้อมูลในรูปแบบ ATM Cell – Base โดยชื่อแรกที่กำหนดคือ ATM PON (APON) และถูกเปลี่ยนในเวลาต่อมาเป็น Broadband PON (BPON) โดยที่ BPON นั้นให้ความสำคัญกับการไม่จำกัดจำนวน ATM Traffic โดยมีความเร็วสูงสุดคือ 622 Mbps

2.2.14.2 GPON

เทคโนโลยีที่ได้พัฒนาต่อมาโดย IEEE และมีมาตรฐานออกมาคือ IEEE8.2.3ah โดยพัฒนาความเร็วสูงสุดเพิ่มขึ้น โดยอัตราดาวน์โหลดเป็น 2.5 Gbps และอัปโหลดเป็น 1.25 Gbps และใช้โปรโตคอลเป็น ATM, TDM และ Ethernet

2.2.14.3 GE – PON หรือ EPON

เป็นเทคโนโลยีที่ใช้โปรโตคอลเป็น Ethernet และ IP โดยสนับสนุนความเร็วที่ 1 Gbps

2.2.14.4 DWM – PON

เป็นเทคโนโลยีแบ่งคลื่นความยาวของแสง ในการแบ่งกระจายไปยังเครื่องปลายทาง ซึ่งข้อดีคือ มีความเร็วสูง สามารถรองรับได้มากกว่า 1.25 Gbps แต่ข้อจำกัดคือสามารถกระจายไปยังเครื่องลูกข่ายได้ไม่เกิน 10 เครื่องในแต่ละเครือข่าย อีกทั้งอุปกรณ์ยังมีราคาแพงมาก

2.2.15 ข้อกำหนดมาตรฐาน PON

เทคโนโลยี PON ได้รับความสนใจ พัฒนาข้อกำหนดมาตรฐานโดยหน่วยงานและสำนักงานมาตรฐานทางโทรคมนาคมระดับโลกทั้ง ITU (International Telecommunication Union) และ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ก่อให้เกิดข้อกำหนดมาตรฐาน PON ดังตารางที่ 2.2 มีให้เลือกใช้หลากหลายมาตรฐาน โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบ PON แต่ละชนิด

ชนิด และ โปรโตคอล	ความเร็ว และ ระยะทาง	สัดส่วนการ แยกแสง	มาตรฐานที่ ใช้	Power Budget	ชนิดของ เส้นใยนำแสง
BPON Broadband Passive Optical Network ATM	622 or 155 Mb/s Downstream 1490 nm 155 Mb/s upstream 1310 nm 20 km (max)	1:32 (max)	ITU G.983.3 2001	Class A Optics 20 dB	SMF ITU G.652c/d (low or zero water peak) ITU G.652 (std. SMF)
GPON Gigabit capable Passive Optical Network ATM or Ethernet	2.488 or 1.244 Gb/s downstream 2.488 or 1.244 Gb/s or 622 Mb/s or 155 Mb/s upstream 60 km (max)	1:64 (max)	ITU G.984.2	Class A Optics 20 dB Class B Optics 25 dB Class C Optics 30 dB	SMF ITU G.652c/d (low or zero water peak) ITU G.652 (std. SMF)
EPON Ethernet Passive Optical Network	1.25 Gb/s downstream (D) and upstream (U) 1000BASE- PX10 10km 1000BASE- PX20 20 km	1:16 (nominal) 1:32 (permitted)	IEEE802.3 ah	PX-10U 23 dB PX-10D 21 dB PX-20U 26 dB PX-20D 26 dB	SMF ITU G.652c/d (low or zero water peak) ITU G.652 (std. SMF)

ที่มา : FTTH – Fiber To The Home (2550)

2.2.15.1 ข้อกำหนด ITU-T G.983

1) มาตรฐาน APON (ATM Passive Optical Network) นับเป็นมาตรฐาน PON แรกของโลก ได้รับการออกแบบขึ้นเพื่อรองรับการใช้งานของภาคธุรกิจ โดยมีรูปแบบการจัด

โครงสร้างข้อมูลที่ถูกส่งผ่านวงจรมัลติเพลกซ์ตามมาตรฐานสื่อสารแบบ ATM (Asynchronous Transfer Mode)

2) มาตรฐาน BPON (Broadband PON) เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนาต่อมาจาก APON โดยเพิ่มขีดความสามารถในการรับส่งข้อมูลแบบ WDM (Wavelength Division Multiplex) ช่วยเพิ่ม Bandwidth ในการรับส่งข้อมูลด้านขาขึ้น (จากผู้ให้บริการกลับไปยังโครงข่าย) นอกจากนี้ในมาตรฐาน BPON นี้ยังมีการกำหนดจุดเชื่อมต่อมาตรฐานมีชื่อว่า OMCI (ONT Management and Control Interface) ขึ้นระหว่างอุปกรณ์ OLT กับ ONU/ONT เพื่อใช้ในการบริหารจัดการจุดเชื่อมต่อโดยเป็นมาตรฐานกลาง ทำให้ผู้ให้บริการโครงข่ายสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ของผู้ผลิตรายใดก็ได้

2.2.15.2 ข้อกำหนด ITU-T G.984

มาตรฐาน GPON (Gigabit PON) เป็นพัฒนาอีกขั้นหนึ่งที่สูงกว่า BPON รองรับการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราเร็วที่สูงขึ้น มีกลไกรักษาความปลอดภัยให้กับข้อมูลที่ดีกว่า อีกทั้งมีการกำหนดตัวเลือกในการรับส่งข้อมูลในระดับชั้นโพรโทคอลชั้นที่ 2 (OSI Layer 2 protocol) ได้ทั้งแบบ ATM, GPON Encapsulate Method (GEM และ Ethernet ถือเป็นมาตรฐาน PON ที่โดดเด่นและมีแนวโน้มในการนำไปใช้งานในเชิงธุรกิจมากที่สุด โดยในช่วงต้น พ.ศ.2551 ที่ผ่านมา บริษัท Verizon ผู้ให้บริการโครงข่ายโทรคมนาคมรายใหญ่ ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการลงทุนสร้างโครงข่าย GPON โดยมีเป้าหมาย วางคู่สายใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการกว่า 800,000 คู่ครัวเรือน

2.2.15.3 ข้อกำหนด IEEE 802.3 ah

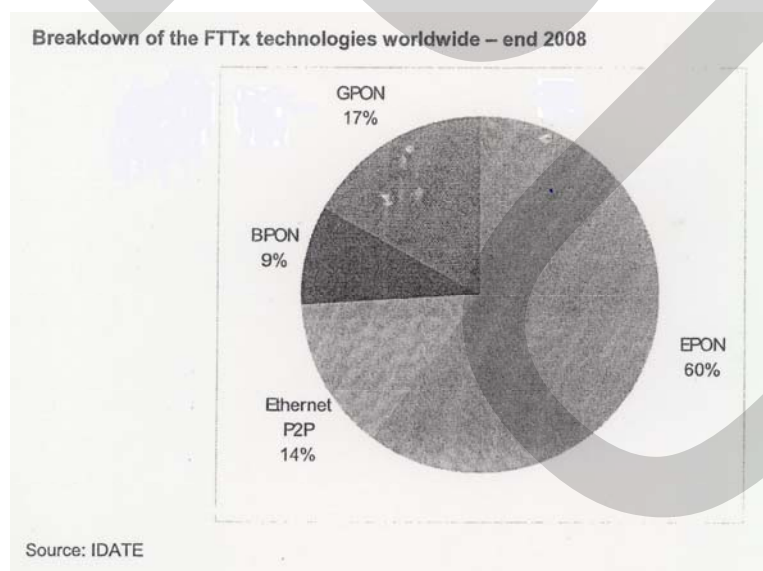
มาตรฐาน EPON (Ethernet PON) หรือ GE - PON เป็นข้อกำหนดมาตรฐานจากค่าย IEEE โดยใช้ปรัชญาการรับส่งข้อมูลในรูปแบบของ Ethernet เพรมข้อมูล ซึ่งปัจจุบันข้อกำหนด IEEE 802.3ah ได้รับการบรรจุเป็นส่วนหนึ่งของอนุกรม ข้อกำหนด IEEE 802.3 ถือเป็น PON อีกมาตรฐานหนึ่งที่เป็นคู่แข่งกับมาตรฐาน GPON ของค่ายยุโรป ข้อมูลเมื่อปลาย พ.ศ. 2550 พบว่าทั่วโลกมีผู้ใช้บริการโครงข่าย EPON แล้วถึง 12 ล้านราย และเมื่อพิจารณาถึงแผนการลงทุนวางโครงข่าย EPON ในประเทศจีนซึ่งปัจจุบันกำลังรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว ก็น่าจะประมาณการได้ว่าภายในสิ้นปี พ.ศ.2551 ทั่วโลกจะมีผู้ใช้บริการเทคโนโลยี EPON มากถึงเกือบ 20 ล้านราย

2.2.15.4 ข้อกำหนด IEEE 802.3 av

มาตรฐาน 10 GE - PON (10 Gigabit Ethernet PON) เป็นมาตรฐานที่กำลังได้รับการพัฒนาต่อมาจาก EPON โดยหลักการคือมุ่งออกแบบ ให้มีการแยกลำแสงที่ส่งภายในคู่สายใยแก้วนำแสง เพื่อให้ผู้ใช้บริการสามารถแยกการรับข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 10 กิกะบิตต่อวินาที และ 1 กิกะ

บิต ต่อวินาทีออกจากกัน ขณะนี้ยังอยู่ในระหว่างการวางข้อกำหนด การแข่งขันของมาตรฐาน PON ระหว่างมาตรฐานยุโรป (GPON) และสหรัฐอเมริกา (GE - PON) ถือเป็นอีกฉากหนึ่งของการชิงเป็นผู้นำในโลกโทรคมนาคม ในปัจจุบันเทคโนโลยี GPON ได้รับความนิยมในใช้งานในภาคพื้นตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ภูมิภาคเอเชียนิยมใช้เทคโนโลยี GE - PON

อย่างไรก็ตาม ทั้ง 2 เทคโนโลยีนี้ยังถือเป็นเพียงจุดเริ่มต้นของการพัฒนาข้อกำหนดมาตรฐาน สำหรับเทคโนโลยี PON ซึ่งกล่าวได้ว่าทั้งคู่ล้วนเป็นเทคโนโลยี PON ที่ใช้หลักการรวมส่งข้อมูลแบบ TDM (Time Division Multiplex) หรืออาจเรียกได้ว่าทั้ง GPON และ GE - PON เป็นเทคโนโลยีที่มีการทำงานแบบ TDM-PON ในขณะที่โลกของการพัฒนาเทคโนโลยี PON นั้นยังมีการพัฒนาเทคนิคการรวมส่วนข้อมูลในรูปแบบอื่นๆ อีก เช่น WDM-PON, DOCSIS-PON (Data Over Cable Service Interface Specification-PON) หรือ D-PON/DPON, RF-PON (Radio Frequency-PON) หรือ RFOG (Radio Frequency over Glass) รวมถึง HFC-PON (Hybrid-Fiber-Coax PON) ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ๆ ในการเพิ่มขยายขีดความสามารถในการให้บริการแบบ FTTH ต่อไปในอนาคต ซึ่งสัดส่วนตลาดของ เทคโนโลยี PON ในปัจจุบันดังภาพที่ 2.6 ตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4



ภาพที่ 2.6 แสดงสัดส่วนการใช้ ระบบ PON (Passive Optical Network) ในตลาดโทรคมนาคม โลก

ที่มา : IDATE

ตารางที่ 2.3 แสดงการเลือกใช้เทคโนโลยี FTTx ของภูมิภาคต่างๆ ในโลก

Breakdown of FTTx technologies per region (subscribers) – end 2008

	EPON	GPON	BPON	Ethernet P2P
Asia Pacific	91%	-	-	9%
China	100%			
North America	5%	74%	12%	9%
Europe	-	19%	-	81%

Source: IDATE and Broadband Properties for North America figures

ที่มา : IDATE

ตารางที่ 2.4 แสดงการเลือกใช้เทคโนโลยี FTTx ของผู้ให้บริการโทรคมนาคม (Telecom Operator)

Technology adopters			
Technology	Country	Type of Players	Players
EPON	China	Local authorities	Beijing Telecom, Beijing Telecom, Shanghai Telecom, Wuhan Telecom, Hangzhou Telecom, Fuzhou Telecom, Shanxi Taiyuan Telecom, Guizhou Telecom and Hubei Telecom.
	China	Incumbent	China Telecom
	China	Incumbent	China Unicom
	Japan	Incumbent	NTT (for FTTH)
	South Korea	Incumbent	KT
	Japan	CLEC	KDDI
	France	Local authorities	SICOVAL: science park SIPPEREC: suburbs of Paris
	Malaysia	Incumbent	Telekom Malaysia
	Mexico	Local authorities	El Tamarindo Resort and Spa
	Taiwan	Incumbent	Chunghwa Telecom
	USA	Local authorities	US SONET Jackson Energy Authority City of Chattanooga Telecom Tennessee
	GPON	China	Incumbent
Cyprus		Incumbent	CYTA
Denmark		Utilities	EnergiMidt, EnergiRanders, NRGi Fibrenet
France		Incumbent	France Telecom / Orange
France		CLEC	SFR
Hong Kong		CLEC	HKBN/city telecom
Italy		Incumbent	Telecom Italia
Kuwait		Local bodies	The Kuwaiti Ministry of Telecommunications
Portugal		CLEC	Sonaecom
Russia		CLEC	COMCOR (in Moscow)
Singapore		Incumbent	Singtel
Sweden		Utilities	Jönköping Energi
South Korea		CLEC	SK Broadband
UK		Incumbent	BT
USA		Incumbents	Verizon AT&T
USA		Local authorities	Cities of Las Vegas, New Orleans, Baton Rouge, Lafayette... (enterprises)

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

Technology	Country	Type of Players	Players
Ethernet P2P	Austria	Local authorities	City of Ried
	Cyprus	Incumbent	CYTA
	France	CLEC	Free-Illiad
	Germany	Local authorities	City of Schwerte
	Italy	CLEC	FastWeb
	The Netherlands	Incumbent	KPN
	The Netherlands	Local authorities	Amsterdam CityNet Nuene
	Norway	CLEC	Lyse
	Sweden	CLEC	B2
	Switzerland	Incumbent	Swisscom
BPON	USA	Incumbent	Verizon

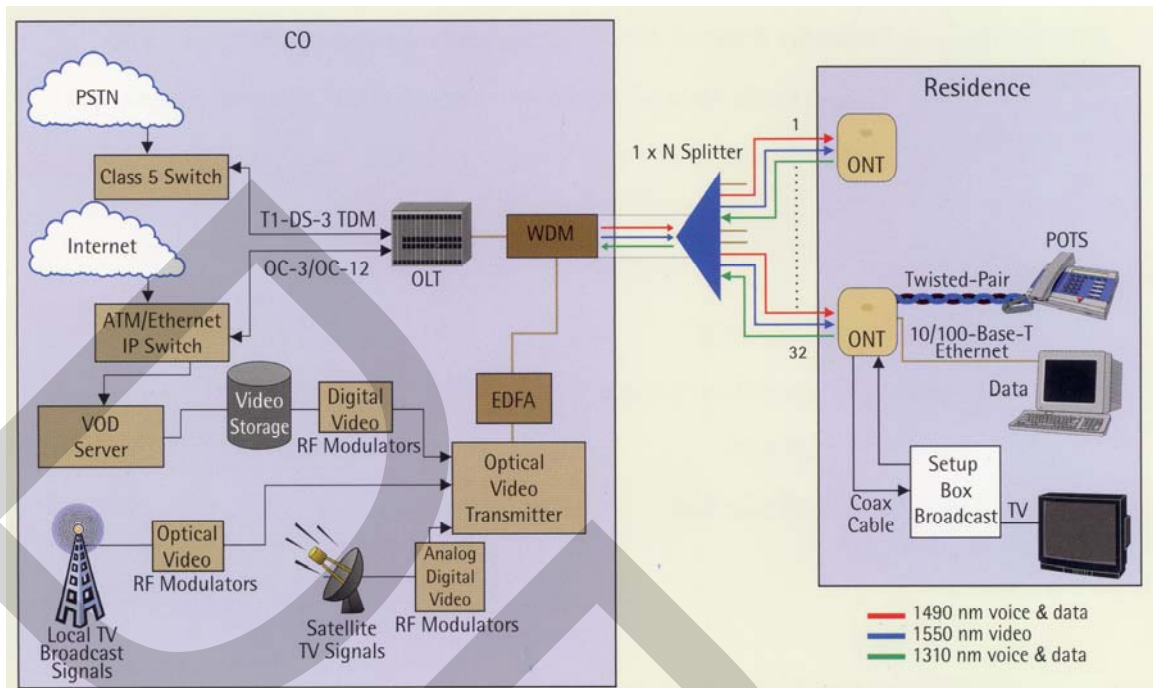
Source: IDATE

ที่มา : IDATE

2.2.16 โครงสร้างทางเทคนิคพื้นฐานของระบบ FTTH โดยเทคโนโลยี PON (passive Optical Network)

2.2.16.1 โครงสร้างทางเทคนิคพื้นฐาน

หากเราจินตนาการถึงเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมทั่วไป ให้นึกถึงภาพคล้ายกลุ่มก้อนเมฆในรูปซึ่งหมายถึงว่า โครงสร้างภายในโครงข่ายจะเป็นอะไรก็ตาม เราจะไม่สนใจ (เพราะมันคงซับซ้อนมาก) รู้แต่ว่ามันสามารถทำให้ข้อมูลเดินทางจากต้นทางไปถึงปลายทางได้ก็พอ ในระบบ FTTH จะมีชุมสายที่เป็นสำนักงานกลางเรียกว่า CO (Central Office) ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับสัญญาณการให้บริการไปยังผู้ใช้ที่อยู่ในเขตควบคุมของ CO อีกทั้งยังต้องทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับระบบสื่อสารโทรคมนาคม (กลุ่มก้อนเมฆดังในภาพที่ 2.6) เพื่อรับส่งข้อมูลไปยังที่อื่นตามความต้องการของผู้ใช้ โดยมีอุปกรณ์หลักๆ ดังนี้



ภาพที่ 2.7 แสดงโครงสร้างทางเทคนิคพื้นฐานของระบบ FTTH

ที่มา : EXFO Inc.

1) OLT (Optical Line Terminal)

OLT (Optical Line Terminal) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ที่ชุมสายโทรศัพท์หรือตาม Node ใหญ่ๆ ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับ Splitter เพื่อที่จะส่งข้อมูลระหว่างตัว OLT เองกับ ONT แต่ละตัวใน โครงข่ายที่มีการเชื่อมต่ออยู่โดยการส่งข้อมูลจาก OLT ไปยัง ONT นั้นเราจะเรียกว่า “Downlink” และจาก OLT ไปยัง Core Network เราเรียกว่า “Uplink” ความยาวคลื่นแสง (Wavelength) ที่ OLT ส่งไปยัง ONT (Downlink) ใช้นั้นจะแบ่งเป็น 2 ความยาวคลื่น คือ 1490nm และ 1550 nm

- 1490 nm จะส่งข้อมูลที่เป็น Data และ Voice เช่นการให้บริการ Internet และ VoIP เป็นต้น

- 1550 nm จะส่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณ Video เช่นการให้บริการ Video On Demand เป็นต้น

2) ONT (Optical Network Terminal) หรือ ONU (Optical Network Unit)

ONT (Optical Network Terminal) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งไว้ที่ลูกค้ากรณีที่เป็น FTTH(Fiber To The Home) ส่วน ONU (Optical Network Unit) เป็นอุปกรณ์ ที่ใช้ในการติดตั้งที่ตู้

Cabinet กรณีที่เป็น FTTC (Fiber To The Cabinet) หรือติดตั้งไว้ที่ตึก (Building) ที่เรียกว่า FTTB (Fiber To The Building) จะเห็นว่า ONT และ ONU นั้นจะเรียกแตกต่างกันตามสถานที่ ที่นำไปติดตั้งเท่านั้น ซึ่งหมายความว่าหากใยสาย Fiber Optic จาก OLT ไปถึงผู้ใช้งานโดยตรงก็จะเรียกว่า ONT แต่หาก ใยสาย Fiber Optic จาก OLT ไปถึงตู้ Cabinet หรือถึงที่ตึกแล้วจะต้องมีการต่อสัญญาณออกไปยังลูกค้า การต่อเชื่อมจาก ONU ไปยังลูกค้าโดยผ่านทางคู่สายทองแดงนั้นจะต้องมี NT เป็นตัวแปลงสัญญาณอีกครั้ง เป็นต้นการส่งข้อมูลจาก ONT หรือ ONU ไปยัง OLT นั้น เราจะเรียกว่า “Uplink” โดยจะใช้ความยาวคลื่นแสง (Wavelength) ที่ 1310 nm เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลที่เป็น Data และ Voice เท่านั้น (ซึ่งตอนนี้ยังไม่มีการส่งสัญญาณ Video จาก Uplink)

3) Splitter

Splitter ในระบบ PON นั้น เป็นอุปกรณ์ชนิด Passive คือไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟในการใช้งาน หน้าที่ของ Splitter คือเป็นทั้งตัว Multiplexer และ Demultiplexer สัญญาณแสง หากส่งสัญญาณจาก OLT (Downlink) ไปยัง ONT ตัว Splitter จะทำหน้าที่เป็น Demultiplexer แต่หากส่งสัญญาณจาก ONT (Uplink) ไปยัง OLT ตัว Splitter จะทำหน้าที่เป็น Multiplexer ซึ่งตัว Splitter นี้ มีได้หลายขนาดเช่น 1 : 2, 1 : 4, 1 : 8, 1 : 16, 1 : 32, 1 : 64 และ 1 : 128 ดังตัวอย่างภาพที่ 2.7 การเลือกใช้งาน Splitter นั้นต้องขึ้นอยู่กับว่าจะใช้ Application ใด เช่น GE-PON นั้น OLT 1 ตัวสามารถรองรับ ONT ได้สูงสุด 32 ตัว แต่หากเป็น G-PON นั้น OLT 1 ตัวสามารถรองรับ ONT ได้สูงสุดถึง 128 ตัว (ขึ้นอยู่กับความสามารถของ OLT และการพัฒนาในอนาคต)

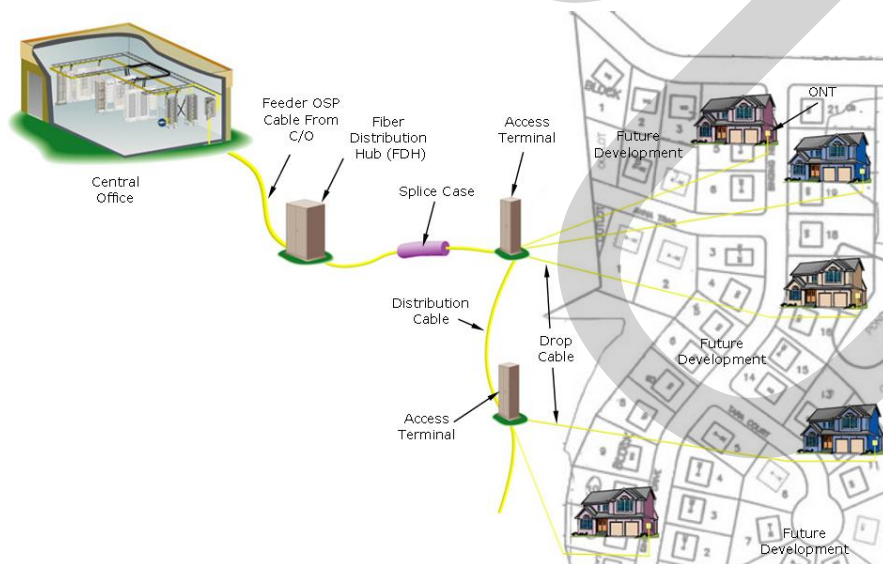


ภาพที่ 2.8 แสดงตัวอย่างของ Splitter ที่ใช้กับโครงข่ายในระบบ PON

ที่มา : ADC Telecommunications, Inc.

4) ส่วนของเคเบิลเส้นใยนำแสง

ประกอบด้วยเส้นใยนำแสงเชื่อมโยงไปยังกลุ่มบ้านผู้ใช้ ในลักษณะของการกระจาย (Distribution) ไปยังชุมชนเข้าสู่บ้านผู้ใช้ตามลำดับดังภาพที่ 2.8 เส้นใยนำแสงที่ออกจาก CO มีความสามารถในการสื่อสารสัญญาณ ที่มีปริมาณมากข้อมูลมากๆ ได้ ส่วนของเคเบิลเส้นใยนำแสงส่วนนี้เรียกว่า ฟีดเดอร์ (Feeder) เส้นทางเดินของสายส่งเส้นใยนำแสงจากฟีดเดอร์ จะถูกแยกออกเป็นเส้นทางย่อยเพื่อส่งข้อมูลไปยังชุมชนต่างๆ ส่วนของเคเบิลเส้นใยนำแสงส่วนนี้ เรียกว่า ดิสทริบิวชัน (Distribution) ในแต่ละชุมชนหรือกลุ่มผู้ใช้ปลายทาง จะมีตัวแยกข้อมูลส่งผ่านสายส่งเส้นใยนำแสงไปแต่ละบ้าน โดยเฉพาะ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าการเข้าถึงหรือ แอ็กเซส (Access) และสายเคเบิลเส้นใยนำแสงในส่วนของ Access นี้จะถูกเรียกว่าเป็น Drop Cable (ในทำนองเดียวกับระบบโทรศัพท์สายทองแดง) ด้านปลายของเส้นใยนำแสงที่เข้าไปยังบ้านผู้ใช้ จะต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เรียกว่า ONU (Optical Network Unit) หรือบางคนเรียกว่า ONT (Optical Network Termination) เพื่อทำหน้าที่กระจายสัญญาณ ทั้งในรูปแบบของสัญญาณ แสงและไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ใช้งาน ซึ่งอาจเป็นโทรศัพท์ โทรทัศน์ โทรสาร หรือ เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ทั้งนี้จำนวนอุปกรณ์ใช้งานในบ้านของผู้ใช้อาจมีได้มากกว่าหนึ่งอุปกรณ์ ขึ้นกับปริมาณข้อมูล (ความเร็ว) ที่ใช้บริการ (จ่ายเงินมากก็ได้ข้อมูลมาก) และรูปแบบการให้บริการของผู้ให้บริการ (Operator)



ภาพที่ 2.9 แสดงการกระจาย (Distribution) เส้นใยนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ








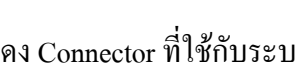
ที่มา : ADC Telecommunications, Inc.

5) Connector

ในปัจจุบัน Connector มีการออกแบบ พัฒนาเพื่อนำมาใช้กับระบบ FTTx หลายที่ชนิด (Type) ดังภาพที่ 2.10 แต่ที่นิยมใช้แพร่หลายในปัจจุบันจะมี 2 ชนิด คือ

5.1) Ultra-Polished Connector (UPC) สีฟ้า ใช้สำหรับ Voice และ Data

5.2) Angle- Polished Connector (APC) สีเขียว ใช้สำหรับรับ ส่ง สัญญาณ Video เพื่อป้องกันสัญญาณสะท้อนกลับ

Connectors	Fiber Type (core/cladding)	Connector Name
	Singlemode B 9/125 μm	SC/APC
	Singlemode B 9/125 μm	SC/UPC
	Singlemode B 9/125 μm	FC/UPC
	Singlemode B 9/125 μm	FC/APC
	Singlemode B 9/125 μm	E2000/UPC
	Singlemode B 9/125 μm	E2000/APC
	Singlemode B 9/125 μm	ST/UPC
	Singlemode B 9/125 μm	FTTP connector/APC

ภาพที่ 2.10 แสดง Connector ที่ใช้กับระบบ FTTx ในปัจจุบัน

ที่มา : EXFO Inc.

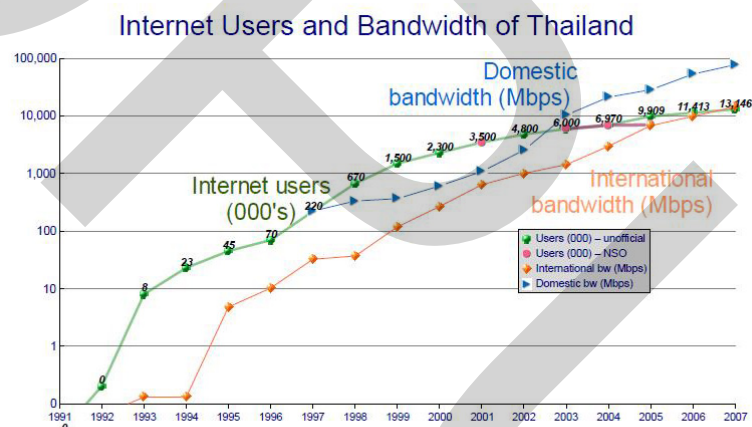
2.2.17 อะไรเป็นตัวผลักดัน FTTH ในประเทศไทย

ค่าใช้จ่ายเทคโนโลยีและการปรับปรุงสมรรถนะ เทคโนโลยีใหม่ลดต้นทุนการรับส่งข้อมูล ทั้งนี้เพราะพัฒนาการของเทคโนโลยี Fiber Optic ทำให้บริษัทเทเลคอม สามารถส่งผ่านข้อมูลที่มีความจุมากขึ้นในราคาที่สมเหตุสมผล ซึ่งพัฒนาการดังกล่าวช่วยลดต้นทุนของบริษัทโทรศัพที่ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

ราคาที่ลดลงอย่างมากของโครงข่าย FTTx ซึ่งประกอบด้วย ระบบ PON (Passive Optical Cable) ODN (Optical Distribution Network) และ ONT (Optical Network Terminal) หรือ ONU (Optical Network Terminal)

ตัวอย่างการประมาณการหนึ่งมีดังนี้ ราคา optoelectronics ของออฟฟิศกลาง คิดเป็นร้อยละ 15 การกระจายและการติดตั้งโครงข่าย คิดเป็นร้อยละ 40 และราคาการติดตั้ง optoelectronics ของลูกค้าคิดเป็นร้อยละ 45 ซึ่งข้อมูลจากแหล่งเดียวกันราคาของสาธารณูปโภค สามารถแบ่งได้เป็น ค่าการก่อสร้างร้อยละ 53 ค่าวิศวกรรมร้อยละ 10 ค่าทองแดงและตัวแยกแสงร้อยละ 20 ราคา Spice Closure ร้อยละ 9 ราคา สายร้อยละ 8 ปัจจุบันราคาของ optoelectronics ลดลงอย่างมากเช่น ในปี ค.ศ. 2002 ราคาตัวแยกแสง สูงกว่า 100 ดอลลาร์ต่อพอร์ต แต่ในปี ค.ศ.2003 ราคาอยู่ที่ 25 ดอลลาร์

ความต้องการใช้ Bandwidth ในการรับ-ส่งข้อมูลมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นทุกปี ในประเทศไทย ภาพที่ 2.11



Source: Adapted from NECTEC (www.nectec.or.th/internet/) and NSO.

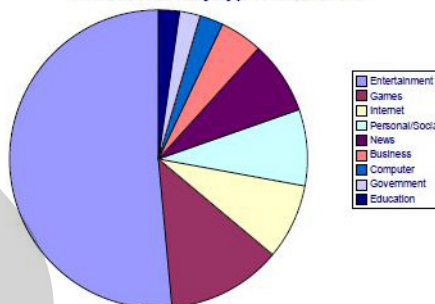
ภาพที่ 2.11 แสดงแนวโน้มความต้องการ Bandwidth ของประเทศไทย

ที่มา : NECTEC

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความต้องการ Bandwidth เป็นแรงผลักดันโดยตรงต่อการกระตุ้นให้เกิดการสร้างหรือเพิ่มศักยภาพของโครงข่ายสื่อสารโทรคมนาคม ให้รองรับความต้องการดังกล่าวให้เพียงพอต่อความต้องการ นอกจากนี้จากข้อมูลการใช้งาน (www.nectec.or.th/internet/) Web site จะเป็น Content ที่เกี่ยวกับ Entertainment และ Games มากกว่า 50% ตามภาพที่ 2.7 ซึ่งล้วนแต่ต้องการ Bandwidth ที่สูงทั้งสิ้น

Type of website	Click Share
Entertainment	40.48%
Games	9.85%
Internet	6.50%
Personal/Social	6.34%
News	6.33%
Business	3.72%
Computer	2.01%
Government	1.75%
Education	1.71%

Click Share by type of website



Entertainment + Games = 50.33%

Internet + Social + News + Business + Computer = 24.9%

ภาพที่ 2.12 แสดงพฤติกรรมการใช้ Content บนอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย

ที่มา : NECTEC

2.2.18 FTTH กับการเติบโตในเชิงพาณิชย์

ปัจจุบันตลาด FTTH กำลังอยู่ในช่วงขยายตัว โดยมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองความต้องการบริโภคสื่อข้อมูลแบบ Broadband กล่าวได้ว่าบริการเพื่อสาระและความบันเทิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้บริการโทรทัศน์ Digital ความคมชัดสูง หรือ HD-TV (High Definition Television) รวมถึงรูปแบบการให้บริการ Broadband ที่ต่อยอดอย่างเช่น การให้บริการโทรทัศน์แบบ On Demand TV และการบริโภค สื่อดิจิทัลอื่น ๆ เช่น การรับฟังรายการเพลงแบบออนไลน์ การดาวน์โหลดเพลงและสื่อมัลติมีเดียอื่น ๆ ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มความต้องการ Bandwidth สำหรับการรับส่งข้อมูลให้แก่บ้านพักอาศัยยุคใหม่

ในภาพรวมเทคโนโลยี FTTH รวมถึง FTTB กำลังอยู่ในช่วงของการพิสูจน์ตนเองในแง่ขีดความสามารถที่จะรองรับพฤติกรรมกรบริโภคข้อมูลข่าวสารในยุค Digital Broadband ซึ่งตลาดเอเชียน่าจะเป็นพื้นที่สำคัญในการทดสอบขีดความสามารถและพิสูจน์ถึงอนาคตของเทคโนโลยีดังกล่าว เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าเทคโนโลยี FTTH เป็นทางเลือกใหม่สำหรับการใช้ชีวิตในยุค Broadband

ตารางที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการคำนวณอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลสำหรับการบริโภคภายในครัวเรือนยุคใหม่

ประเภทของบริการ	อัตราเร็ว (เมกะบิตต่อวินาที)
ข้อมูลสัญญาณวิดีโอความคมชัดสูง (HD) สำหรับการรับชมในห้องนั่งเล่น	9.0
ข้อมูลสัญญาณวิดีโอความคมชัดสูง (HD) อีกช่องหนึ่งที่กำลังมีการบันทึกเก็บ	9.0
ข้อมูลสัญญาณโทรทัศน์ในห้องนอน	2.5
การรับชมบริการมีวิดีโอแบบ Video-on-demand ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	2.5
ดาวน์โหลดเพลงในรูปแบบ MP3	2.0
ใช้บริการโทรศัพท์แบบเห็นหน้า	1.3
อัตราเร็วรวมในการรับส่งข้อมูล	26.3
บวกเพิ่มบัฟเฟอร์อีก 20%	5.26
อัตราเร็วรวมสุทธิ	31.6

หากเปรียบเทียบขีดความสามารถระหว่างเทคโนโลยี FTTH และ DSL อย่างง่าย ๆ จะพบว่าในการดาวน์โหลดไฟล์ภาพยนตร์แบบ DVD ขนาด 6.5 กิกะไบต์ โดยใช้เทคโนโลยี DSL ที่มีอัตราเร็วเฉลี่ย 10 เมกะบิตต่อวินาที จะต้องใช้เวลาในการดาวน์โหลดถึง 1 ชั่วโมง 44 นาที ในขณะที่การดาวน์โหลดข้อมูลเดียวกัน โดยใช้เทคโนโลยี FTTH อัตราเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาทีจะใช้เวลาเพียง 8.6 นาทีเท่านั้น นอกจากนี้หากดาวน์โหลดไฟล์ที่มีขนาดใหญ่ถึง 25 กิกะไบต์ การดาวน์โหลดผ่านโครงข่าย DSL จะใช้เวลานานถึง 5 ชั่วโมงครึ่ง ในขณะที่ใช้เวลาเพียง 33 นาทีผ่านการดาวน์โหลดบนโครงข่าย FTTH ด้วยขีดความสามารถในการรองรับ Bandwidth สื่อสารข้อมูลอันมหาศาลของเทคโนโลยี FTTH นี้ จึงส่งผลให้การพัฒนาแอปพลิเคชันต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเกมออนไลน์ การอัพโหลดหรือดาวน์โหลดข้อมูลและสื่อมัลติมีเดียต่างๆ การทำงานจากระยะไกล บริการสื่อสารผ่านวิดีโอ และการให้บริการมัลติมีเดียแบบปฏิสัมพันธ์ เช่น การเข้าร่วมเล่นเกม โทรทัศน์จากที่บ้าน โดยสามารถส่งภาพเคลื่อนไหวของผู้ชมไปปรากฏบนจอ ฯลฯ เหล่านี้ล้วนเป็นปรากฏการณ์ใหม่ของการใช้ชีวิตในโลก Broadband ที่เกิดขึ้นได้ และจะทวีมูลค่าทางเศรษฐกิจ

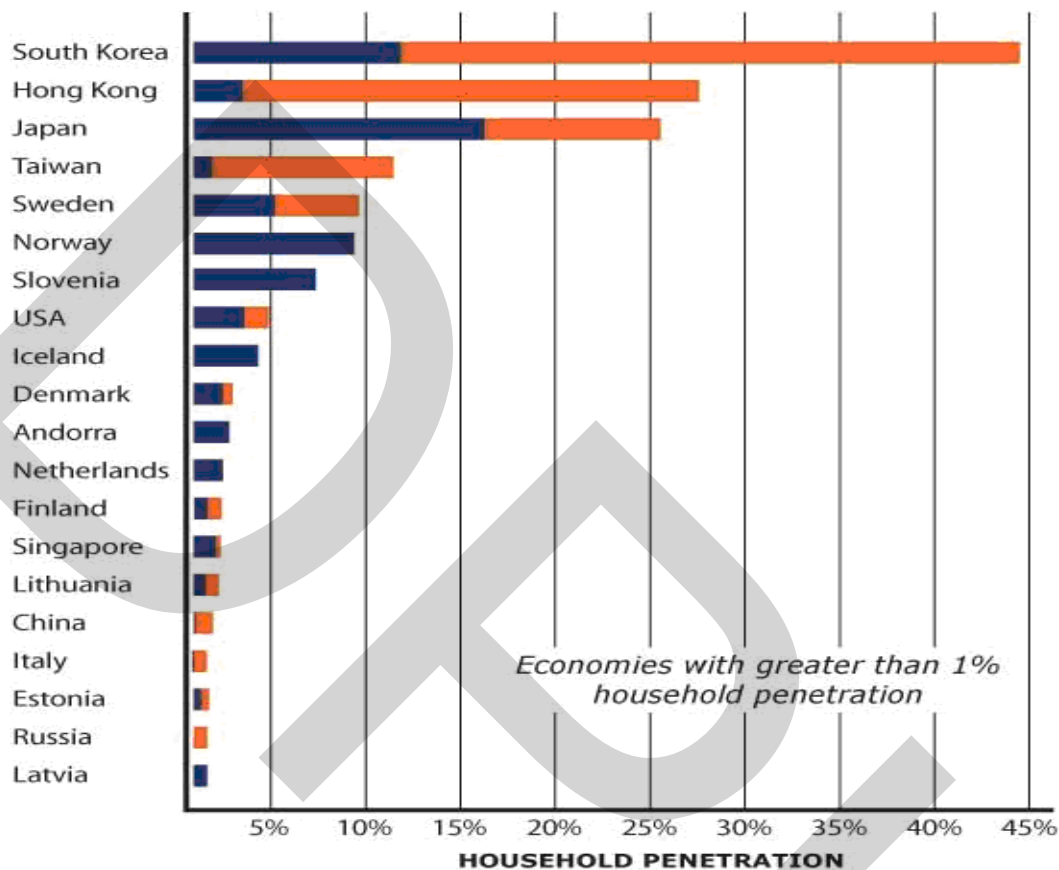
ภายใต้โครงข่ายสื่อสารข้อมูลที่มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพเพียงพอ

สรุปเทคโนโลยี FTTx และเทคโนโลยีอื่นๆ ในสายตระกูลเดียวกัน จึงอาจเป็นคำตอบให้กับการใช้ชีวิตในโลกยุคใหม่ พัฒนาการของการรับส่งข้อมูลผ่านคู่สายใยแก้วนำแสงยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่การผลักดันในปัจจัยเสริมอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น การกำกับดูแลกิจการโทรคมนาคม ของการสื่อสารผ่านใยแก้ว ต้นทุนในการวางโครงข่าย ผู้รับผิดชอบ และผู้มีส่วนร่วมในการผลักดันโครงการ FTTx ไปจนถึงการปลูกกระแสและสร้างความเข้าใจต่อผู้บริโภคในอันที่จะเปิดรับการสื่อสารในรูปแบบใหม่ๆ ของโลกมัลติมีเดีย เหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยเสริมที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าความพร้อมทางเทคโนโลยี

2.2.19 การให้บริการของผู้นำด้านเครือข่าย FTTx ในต่างประเทศ (World FTTx Market)

คณะกรรมการระดับสูงของ FTTH Council ได้กล่าวถึงการยุบตัวลงของระบบเศรษฐกิจระหว่าง การให้บริการ Fiber to the Home (การให้บริการตามสายส่ง Fiber ปกติ เข้าถึงตัวบุคคล) และ Fiber to the building (FTTB) ซึ่งอาจจะต้องปิดตัวลงไป และที่ไม่ใช่ (โครงข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะบริเวณ LAN) ก็ต้องหันมาให้บริการแบบเข้าถึงตัวบุคคล ในสิ่งที่เพิ่มต่อผู้ให้บริการของ FTTB ได้เตรียมการให้ไปพร้อมกับตลาดสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญมากที่ทำให้จำนวนของการใช้บริการเพิ่มมากขึ้นจากตั้งแต่ก่อน จนถึงเดือน กรกฎาคม 2008 เทคโนโลยีต่างๆ ที่ให้บริการผ่านคู่สายทองแดง ไม่สามารถเปิดให้บริการต่อไปได้ จึงเป็นสาเหตุหลักๆ ที่จะทำให้เกิดการสิ้นสุดลงของระบบใดระบบหนึ่ง ระหว่าง FTTH กับ FTTB ซึ่งในแต่ละชนิด สามารถอธิบายได้ตามภาพที่ 2.13 ดังนี้

Economies with the Highest Penetration of Fiber-to-the-Home / Building+LAN



Year-End 2008 Ranking

Source: Fiber-to-the-Home Council
Feb 09

(blue) Fiber-to-the-Home Subscribers

(orange) Fiber-to-the-Building + LAN subscribers

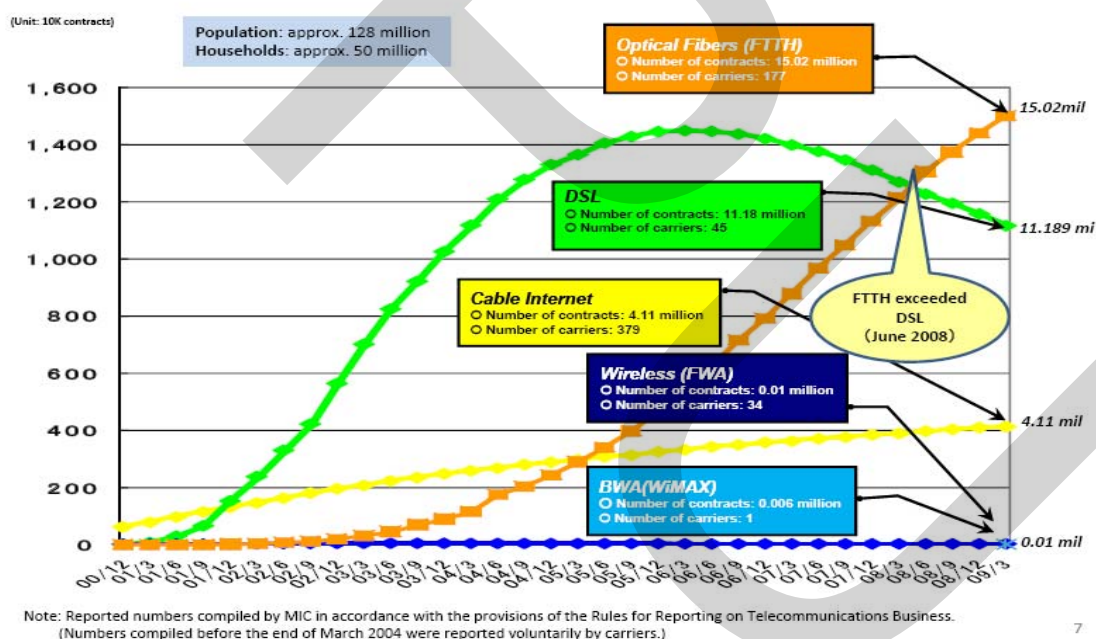
ภาพที่ 2.13 แสดงการขยายตัวของ FTTx ในประเทศชั้นนำด้าน Broadband

ที่มา : <http://ftthcouncil.org>

1) กลุ่มประเทศในเอเชีย

Shoichi Hanatani (ประธานกรรมการกลุ่ม FTTH เอเชียแปซิฟิก) กล่าวว่า “เราเห็นการเพิ่มจำนวนการใช้บริการอย่างเป็นกลุ่มก้อน ในจำนวนประชากรแถบเอเชีย และเชื่อมั่นว่าเราจะชนะ เนื่องจากการขยายตัวของ FTTH เป็นหลักสำคัญ” เรามีความยินดีที่ ภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกได้ดำเนินการอยู่ในกลุ่มประเทศผู้นำสูงสุดในตลาดการให้บริการ ที่มีผู้ใช้บริการในปริมาณที่สูงที่สุดในประเทศเกาหลีใต้ ฮังกง ญี่ปุ่น และไต้หวัน

ญี่ปุ่น นั้นถือว่าเป็นผู้นำด้านเครือข่าย Fiber to the home (FTTH) นั่นคือเครือข่ายใยแก้วนำแสงส่งตรงมาถึงบ้านผู้ใช้ เครือข่ายประเภทนี้ค่าลงทุนสูง แต่มีข้อดีในระยะยาว ความเร็วสูงสุดที่สามารถรองรับได้ในทางทฤษฎีนั้นสูงมาก เรียกว่ามากกว่า >10 Gbps = 10000 Mbps เลยทีเดียว เทียบกับเทคโนโลยี Asynchronous digital subscriber lines (ADSL) ที่มากับสายทองแดงใช้ในบ้านเรา ที่กว่าจะได้ความเร็วดาวโหลดสูงสุดที่ 8 Mbps นั้นก็เรียกได้ว่าหืดขึ้นคอ ปัจจุบัน bandwidth ที่ให้บริการกับลูกค้าในญี่ปุ่นนั้นอยู่ที่ 100 Mbps ในทางทฤษฎีการอัปโหลดเร็วได้เท่ากับการดาวน์โหลด แต่ทางปฏิบัติผู้ใช้บริการอาจจำกัด โดยในอนาคต สามารถอัปเกรดให้ความเร็วเพิ่มขึ้นได้ หากใช้ ADSL ไม่สามารถทำให้อัปโหลดเท่ากับดาวโหลดได้ ด้วยข้อจำกัดทางเทคโนโลยี เห็นความเร็วสูงขนาดนี้ อาจคิดว่าราคาคงแพง แต่รายเดือนเพียง 7,800 เยน หรือ 2,000 กว่าบาท แล่นั่นเอง ที่ญี่ปุ่นนั้น ADSL ก็มี แต่จากสถิติพบว่าจากปี 2006 เป็นต้นมา จำนวนคนที่ใช้ DSL นั้นลดลงเรื่อยๆ ขณะที่ FTTH แซงหน้าไปแล้วภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 แสดงแนวโน้มการให้บริการ Broadband ประเทศญี่ปุ่น

ที่มา : Statistics Bureau, Ministry of International Affairs and Communication(Japan)

เกาหลีใต้ (South Korea) เป็นอีกประเทศหนึ่งที่เป็นผู้นำในการใช้ Broadband Internet ผ่านสาย Fiber ในเอเชีย ภายในประเทศนั้น เขาคิดราคา Broadband Internet ที่ใช้ FTTH แหล่งข้อมูล จาก KT ซึ่งแสดงราคาแบบ Flat Rate ที่ FTTH 100/100 Mbps ที่ 36,000 วอน (KRW) ต่อ เดือน ใช้ Google เปรียบเทียบราคาเป็นเงินบาทไทยดู (วันที่ 5 เม.ษ. 2552) ว่าตกอยู่ประมาณ 1,000 บาท ต่อเดือน (ยังไม่รวมภาษี และค่าติดตั้ง)

2) กลุ่มประเทศในอเมริกาเหนือ

Joe Savage (ประธานกรรมการ FTTH อเมริกาเหนือ) กล่าวว่า ความพึงพอใจในการบริการและส่วนแบ่งทางการตลาด FTTH จะถูกขับเคลื่อนและพัฒนา ให้ได้รับความนิยมน้อย่างแพร่หลายขณะนี้ ยักษ์ใหญ่อย่าง Verizon ก็เริ่มให้บริการ FTTH กับลูกค้าทั่วไปแล้ว ทว่าราคาจะแพงขึ้นมาหน่อยถ้าเทียบกับความเร็ว เพราะแบนด์วิดท์ที่ 15 Mbps / 2 Mbps นั้น ราคาเดือนละ 50 เหรียญ หรือ 1,600 บาท

อเมริกา Fiber to the Home ในสหรัฐอเมริกา นั้น ระบบเครือข่าย Fiber Network ขยายตัวอย่างรวดเร็วและเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากอย่างต่อเนื่อง ท่ามกลางบริษัทผู้ให้บริการที่มีจำนวนไม่เพียงพอ กับความต้องการ ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ เพราะว่ามันเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นของผู้คน ในการดำรงชีวิตในเศรษฐกิจยุคดิจิทัล

3) กลุ่มประเทศในยุโรป

คณะกรรมการ FTTH กลุ่มยุโรป ผู้บริหารระดับสูง กล่าวว่า มีความวิตกกังวลถึงปัญหาเมื่อราว 2 ปีก่อน (2007) ได้มีการประกาศจาก ภายในงานประจำปี ที่เมือง โคเมนต์เฮเกิน ประเทศเดนมาร์ก ได้มีการศึกษาและติดตามอัตราการขยายตัวของตลาด FTTH ภายในกลุ่มประเทศประชาคมยุโรป พบว่า มีจำนวนครัวเรือนมากกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ที่มีการเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับเครือข่ายบริการ Fiber ความเร็วสูง ซึ่งทั้งหมดในกลุ่มประเทศประชาคมยุโรปเกือบ 20 ประเทศ พบว่า มีสิ่งใหม่ๆเกิดขึ้นเมื่อ 14 ก.ค. 2008 การขยายตัวเป็นไปอย่างมากมา เนื่องจากหลายๆ ประเทศทางกลุ่มยุโรป เข้ามาเปิดให้บริการ เช่นเดียวกับการแข่งขันการให้บริการ Fiber to the Home ที่กำลังเกิดขึ้นและขยายตัวอย่างรวดเร็วข้ามทวีปไปยังทวีปต่างๆ มียอดจำนวนสมาชิกหรือผู้ใช้บริการในยุโรปเพิ่มขึ้นเกือบ 2 ล้านราย

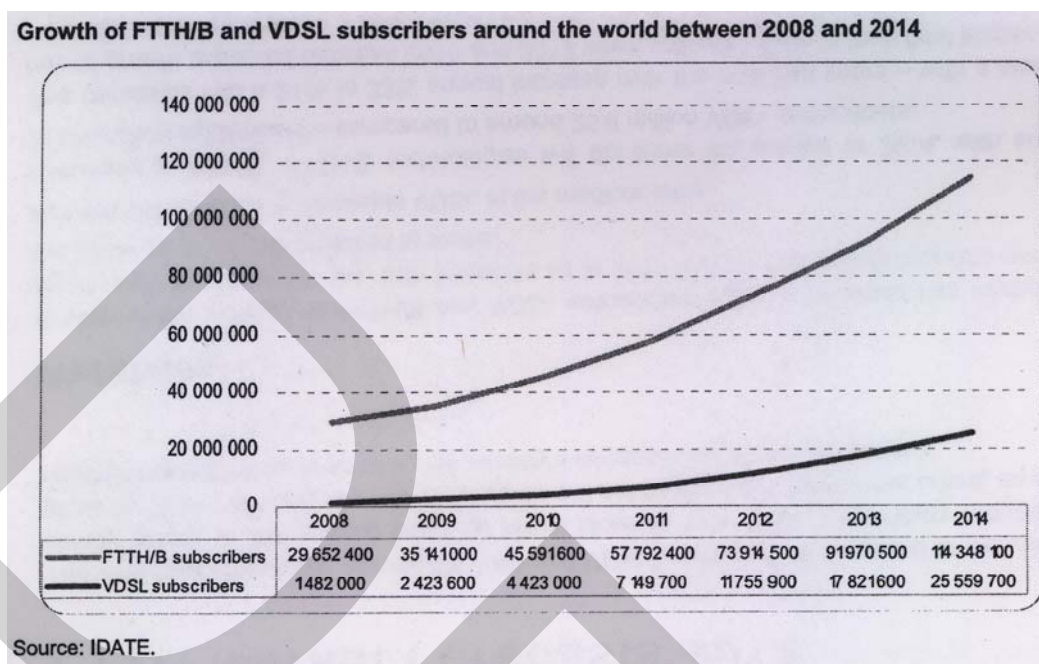
สรุปในเอเชีย กลุ่มประเทศยุโรปยังคงความเป็นผู้นำในตลาดด้านการให้บริการ FTTH และขยายฐานการให้บริการในแถบเอเชีย เช่นที่ ประเทศเกาหลีใต้ (คิดเป็น 44 % ของตลาด) ฮองกง (คิดเป็น 28 % ของตลาด) ญี่ปุ่น (27 %) และไต้หวัน (12%) ซึ่งยังคงมีการรักษาตลาดของทั้ง 4 ประเทศได้ตามลำดับ ในขณะที่ประเทศญี่ปุ่น มีจำนวนผู้ใช้บริการสูงสุด เกี่ยวกับจำนวนผู้ใช้บริการเชื่อมต่อ

Fiber to the Home จำนวนสูงถึง 13.2 ล้านครัวเรือน ตามมาด้วยประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 6.05 ล้านครัวเรือน และ ผู้ให้บริการชาวจีนอีก 5.96 ล้านครัวเรือน

สำหรับการสร้างธุรกิจของ FTTH ซึ่งผู้นำในภาคอุตสาหกรรมและผู้ประกอบการธุรกิจร่วมกัน ต้องการความสำเร็จร่วมกัน และ เรียนรู้ส่วนประกอบทางธุรกิจ ที่ต้องการสร้างเงินด้วย FTTH รับผิดชอบต่อความต้องการจากลูกค้าเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งพวกเขาต้องชำระค่าบริการ เรียนรู้จากงานบริการด้านต่างๆเกี่ยวกับ FTTH นำมาประยุกต์ใช้กับภาคธุรกิจและข่าวสาร และยกระดับคุณให้เข้าสู่การตลาดอีกรูปแบบหนึ่ง นั่นคือ Fiber to the Home เท่านั้น ที่มีลักษณะเด่นในรูปแบบการบริการล่าสุดของ FTTH จากการทำการตลาด สำหรับธุรกิจการบิน ทรัพย์สิน การสร้างระบบโครงข่ายเพื่อการได้มาซึ่งความพึงพอใจและการขยายตัวของธุรกิจที่ทันสมัย ด้วยกว่า 50 ช่องทางส่วนประกอบที่สำคัญ และต้องการเนื้อหาที่ครอบคลุมทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรม การสร้างธุรกิจจะต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญด้าน FTTH ในการควบคุมและให้บริการแก่ลูกค้า ในกลุ่มประเทศประชาคมยุโรปหลายประเทศ ต่างเป็นที่ยอมรับและตระหนักถึงความสำคัญของการบริการแบบ Fiber to the Home ซึ่งมีทิศทางในการขยายตัวของตลาดเพิ่มมากขึ้น ในรอบ 18 เดือน มีการควบคุมและกำหนดโดยให้มีการขยายพื้นที่การให้บริการไปในหลายพื้นที่ โดยคณะกรรมการ FTTH ของเอเชียแปซิฟิก ยุโรป และ อเมริกาเหนือ

2.2.20 แนวโน้มการเติบโตของบริการ FTTx ในประเทศต่างประเทศ (World FTTx Market)

เทคโนโลยี FTTH/B จะได้รับการยอมรับในตลาดอย่างมากในปี 2014 คาดว่าจะมีผู้ใช้งาน 114.4 million subscribers เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยี VDSL ซึ่งจะมีเพียง 25.6 million subscribers ดังภาพที่ 2.15 นั้นหมายถึงในอีก 5 ปีข้างหน้าจะมีผู้ใช้เพิ่มขึ้นถึงปีละ 21% ถึง 33%



ภาพที่ 2.15 แสดงการเติบโตของเทคโนโลยี FTTH/B เมื่อเทียบกับระบบ VDSL

ที่มา : IDATE

2.3 ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเลือกใช้เทคโนโลยีผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx (Fiber To The Curb/Building/Home)

การให้บริการแบบ FTTx ถือเป็นแนวคิดในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสง เพื่อรับส่งข้อมูลอัตราเร็วสูงไปยังผู้บริโภค ทั้งกลุ่มประชาชนตามบ้านเรือน และกลุ่มธุรกิจ โดยมองว่าเป็นทางเลือกใหม่เพื่อทดแทนการเดินทางด้วยสายโทรศัพท์ทองแดงที่มีข้อจำกัดในเรื่องของ Bandwidth ไปยังกลุ่มผู้บริโภค ถึงจุดนี้จะเห็นได้ว่า FTTx เป็นช่องทางในการรวมรูปแบบการให้บริการทั้งสื่อสารโทรคมนาคม (Telecommunication) และสื่อสารมวลชน (Mass Communication) โดยอาศัยจุดเด่นในเรื่องการสื่อสารข้อมูลแบบ Broadband และคุณสมบัติของเทคโนโลยี PON ในการประหยัคคู่สายใยแก้วนำแสงโดยสามารถกระจายคู่สายใยแก้วนำแสงออกไปยังผู้ใช้บริการปลายทางจำนวนมากได้ ซึ่งหมายความถึงความสะดวกและประหยัดของผู้ให้บริการเครือข่ายในการพิจารณาลงทุนสร้างโครงข่าย FTTH และยังหมายถึงความสะดวกรวดเร็วของผู้ใช้บริการ ซึ่งสามารถสรุปผลลัพธ์ที่เกิดจากการเลือกใช้เทคโนโลยีผ่านใยแก้วนำแสง โดยระบบ FTTx ที่เกิดกับผู้ให้บริการ (Telecom Operator) และผู้รับบริการ (User) ดังนี้

บมจ. ทีโอที มีโครงข่าย Access Network ที่มีประสิทธิภาพรองรับบริการใหม่ๆ และมีความพร้อมต่อการเปิดเสรีโทรคมนาคมและเสริมสร้างศักยภาพการแข่งขัน (Competitive Advantage) ส่วนในแง่ Intangible Benefit จะเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กร ในการเป็นองค์ผู้นำด้านเทคโนโลยีและความทันสมัยของบริการ แนวโน้มของเทคโนโลยี ซึ่งมองในรูปแนวโน้มของบริการโทรคมนาคม (Service Trend) จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่มีการรวมตัวกัน (Convergence) ของโทรคมนาคม คอมพิวเตอร์ และ Media โดยบริการที่ได้รับความนิยมและจะสร้างรายได้กับอุตสาหกรรมโทรคมนาคมคือ High Speed Internet ซึ่งจะเกี่ยวกับการ Download , Access Internet , Game Online ซึ่งต้องอาศัยโครงข่ายที่มีความเร็วสูง (High Speed) และจะเป็นโอกาสของธุรกิจที่ตามมาคือ Digital Content และ Application เพื่อให้บริการลูกค้าครบวงจร

นอกเหนือจากปัจจัยทั้งสองประการนี้แล้วยังมีประเด็นสำคัญอีกหลายประการที่ผลักดันให้ โอกาสทางธุรกิจของบริการ Broadband แบบใช้สาย (Fixed Broadband) ซึ่งเดิมถูกจำกัดไว้เพียงเทคโนโลยี DSL ผ่านคู่สายโทรศัพท์แบบทองแดง เกิดความชัดเจนขึ้น และเป็นเหตุผลที่ทำให้อุตสาหกรรมโทรคมนาคมให้ความสนใจในการนำเทคโนโลยีใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) เป็นตัวกลางในการรับส่งสัญญาณ ไปยังผู้ใช้บริการ พร้อมเปิดศักราชใหม่ในการบริโภคข้อมูลแบบ Broadband อย่างเต็มรูปแบบ ปัจจุบันตลาด FTTH กำลังอยู่ในช่วงขยายตัว โดยมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองความต้องการบริโภคสื่อข้อมูล Broadband ยกตัวอย่าง เช่น

- 1) การให้บริการโทรศัพท์ท้องถิ่นและโทรศัพท์ทางไกลในราคาถูก (VoIP)
- 2) ใช้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต กับ ISP (Internet Service Provider)
- 3) การให้บริการข้อมูลชนิด Broadband รวมทั้งการให้บริการอินเทอร์เน็ต

ความเร็วสูง ซึ่งถือเป็นจุดขายหลักในปัจจุบัน

- 4) การแพร่กระจายสัญญาณภาพไปยังสมาชิกเช่นเดียวกับระบบเคเบิลทีวี
- 5) การให้บริการโทรทัศน์แบบดิจิตอล (digital TV) ซึ่งมีคุณสมบัติของภาพ

และเสียงดีกว่าระบบ Analog ในปัจจุบันมาก

6) การให้บริการ Video on demand หรือ pay per view โดยที่ลูกค้าสามารถเลือกดูภาพยนตร์ที่ต้องการ ได้ตามเวลาที่ต้องการซึ่งเป็นการเชื่อมต่อข้อมูลในลักษณะอินเทอร์เน็ตที่ฟ (Interactive)

7) การให้บริการระบบความปลอดภัยภายในบ้านพักอาศัย (Home Security) โดยการใช้กล้องที่วงจรปิดตรวจจับสัญญาณภาพภายในอาคาร แล้วส่งไปยังศูนย์บริการที่อยู่ห่างไกลออกไป ซึ่งมีเจ้าหน้าที่คอยตรวจสอบความผิดปกติอยู่ตลอดเวลา ช่วยให้เจ้าของบ้านอุ่นใจใน

ปลอดภัยมากขึ้น

8) เกมออนไลน์ (game online) เป็นบริการอีกรูปแบบหนึ่งที่กำลังมาแรง สามารถทำรายได้สูงมากหากเกมนั้นได้รับความนิยมในหมู่นักจำนวนมาก

9) การให้บริการในส่วนจากระบบการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นแหล่งข้อมูลบน อินเทอร์เน็ต หรือระบบ e-learning ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลมีความสะดวกมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้ ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองอีกด้วย

10) ระบบการแพทย์ทางไกล (Tele-medicine) ช่วยให้การวินิจฉัยโรค และการรักษาเบื้องต้น สามารถกระทำได้แม้ว่าผู้ป่วยและแพทย์ผู้เชี่ยวชาญจะอยู่ห่างไกลกัน

11) การประชุมทางไกลระหว่างองค์กร (Video Conference)

12) การติดต่อระหว่าง สำนักงานใหญ่ และสาขาได้อย่างรวดเร็ว (Branch office) ใช้งานในลักษณะคู่สายเช่า และวงจรเช่า หรือนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามความเหมาะสม

13) การทำงานทางไกล (Tele-Working)

14) Home Shopping

นอกจากนี้ยังมีบริการบริโภคสื่อ Digital อื่นๆ เช่น การรับฟังรายการเพลงแบบออนไลน์ การดาวน์โหลดเพลงและสื่อมัลติมีเดียอื่นๆ ส่วนเป็นปัจจัยสำคัญ ที่เพิ่มความต้องการ Bandwidth สำหรับการรับส่งข้อมูลให้ผู้ใช้บริการที่หลากหลายองค์กรธุรกิจ เช่น

- สถาบันการศึกษา
- สถาบันการเงิน – การธนาคาร
- สื่อสารมวลชน
- สถานีขนส่งมวลชน, การท่าต่างๆ, สนามบิน
- ธุรกิจการค้าระหว่างประเทศ
- โรงพยาบาล
- โรงแรม
- โรงงานอุตสาหกรรม / นิคมอุตสาหกรรม
- ธุรกิจแฟรนไชส์
- ธุรกิจท่องเที่ยว
- ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต
- องค์กรธุรกิจขนาดใหญ่
- ธุรกิจขนาดกลาง ขนาดย่อม

- หน่วยงานราชการ และรัฐวิสาหกิจ
- หมู่บ้านที่พักอาศัย อพาร์ทเมนต์ คอนโดมิเนียม

2.4 งานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้อง

บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะหมายถึง งานวิจัยต่างๆ รวมทั้งบทความหรือข้อมูลที่ได้รับรวบรวมแล้วของสถาบันการศึกษาและส่วนงานของ บมจ.ทีโอที ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิลทองแดงและเคเบิลใยแก้วนำแสงตลอดจนเทคโนโลยีต่างๆ ที่ให้บริการซึ่งผู้วิจัยได้ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลและนำมาสรุปเรียบเรียงสาระสำคัญ มีดังนี้

พิพัฒน์ จงรักวิทย์ (2547) ศึกษาเรื่องความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนโครงข่ายโทรศัพท์เคเบิลทองแดงด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสง กรณีศึกษา : บมจ. ทศท. ผลการศึกษาสรุปว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเปลี่ยนโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่หมดอายุการใช้งานไปเป็นโครงข่ายเคเบิลทองแดง (Copper Replacement by Copper) กับการเปลี่ยนโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่หมดอายุการใช้งานไปเป็นโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง (Copper Replacement by Optical Fiber by FTTC : Fiber to the Cabinet) จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมไปเป็นโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงมีความเป็นไปได้ในการลงทุนมากกว่า ทั้งในแง่ของผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ดัชนีกำไร (B/C และระยะเวลาคืนทุน ทั้งนี้เหตุผลสำคัญที่ทำให้โครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงนำลงทุนมากกว่าคือ การที่มีความต้องการใช้บริการ High Bandwidth ที่ให้ความเร็วการสื่อสารข้อมูลที่เร็วกว่า และมีพื้นที่การให้บริการข้อมูลความเร็วสูงได้ครอบคลุมมากกว่าเพราะมีระยะเคเบิลทองแดงที่สั้นกว่า ในขณะที่การเปลี่ยนโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่หมดอายุการใช้งานเป็นโครงข่ายเคเบิลทองแดงใหม่นั้นไม่สามารถตอบสนองความต้องการ High Bandwidth ได้อย่างเพียงพอและทั่วถึงเพราะเป็นโครงข่ายทองแดง 100% จึงมีระยะสายเคเบิลทองแดงที่ยาวกว่า

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่ต่อเนื่อง

นอกจากผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเห็นว่างานวิจัยต่อเนื่องควรจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับประเภทเทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง ทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยีโทรคมนาคมจะเปลี่ยนแปลงแบบพลวัต (Dynamic Change) คือเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและรวดเร็ว ดังนั้นงานวิจัยในลักษณะนี้ควรทำการวิจัยอยู่เสมอ เช่น โครงข่าย Optical Access Network ในปัจจุบันนี้มี 2 ลักษณะคือ Active Optical Network (AON, คืองานวิจัยฉบับนี้) และ Passive Optical Network (PON) ซึ่งยังไม่มีผู้ให้บริการรายใดเปิดให้บริการในประเทศไทย ในขณะที่เดียวกันในต่างประเทศที่เป็นประเทศชั้นนำทางโทรคมนาคมของโลก เช่น เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ได้

ให้บริการ PON บ้างแล้ว ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตเรื่อง “ความเป็นไปได้ในการให้บริการ PON ในประเทศไทย” จึงน่าสนใจ

ศุภชัย อัครกะภิญโญ (2548) ศึกษาเรื่องการใช้เทคโนโลยี Optical Fiber Cable ร่วมกับอุปกรณ์ Digital Loop Carrier(DLC) ทดแทนเคเบิลทองแดง เพื่อเพิ่มศักยภาพการให้บริการด้านสื่อสารข้อมูลการวิจัยเริ่มจากการศึกษาปัญหาและอุปสรรคให้บริการสื่อสารข้อมูลผ่านเคเบิลทองแดง โดยศึกษาคุณสมบัติและค่าทางไฟฟ้าของเคเบิล รวมถึงปัญหาการบำรุงรักษาเคเบิลใต้ดินที่ส่งผลทำให้เคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นนำไปสู่การศึกษาเทคโนโลยีที่จะนำมาทดแทนเคเบิลทองแดงเสื่อมสภาพ รูปแบบการทดแทนและต้นทุนของแต่ละรูปแบบเพื่อเปรียบเทียบกัน จากผลการศึกษามี 2 รูปแบบมีความเหมาะสม คือ

- 1) รูปแบบการสร้างทดแทนสายเคเบิลด้วยเคเบิลทองแดง
- 2) รูปแบบการใช้เทคโนโลยีเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC ทดแทนเคเบิล

ทองแดง

ผลการศึกษารูปได้ว่าการใช้เทคโนโลยีเคเบิลใยแก้วนำแสงร่วมกับอุปกรณ์ DLC ทดแทนเคเบิลทองแดง มีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานเพื่อเพิ่มศักยภาพการให้บริการด้านสื่อสารข้อมูล

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยที่ต่อเนื่อง

นอกจากผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยนี้แล้ว งานวิจัยต่อเนื่องควรเป็นเรื่องเกี่ยวกับตัวอุปกรณ์ DCL (Digital Loop Carrier) เนื่องจากเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และเป็นไปอย่างรวดเร็ว ในอนาคตอาจจะมีอุปกรณ์ที่มีคุณภาพการใช้งานสูง จะทำให้อุปกรณ์ DLC ล้าสมัยสำหรับอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้าย DLC ที่คาดว่าจะมาทดแทนคืออุปกรณ์ MSAN (Multi Service Access Network) ซึ่งน่าจะเป็นงานวิจัยที่ต่อเนื่องต่อไป

ส่วนนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร บมจ. ทีโอที (2548) Fiber To The Home (FTTH)

สรุปได้ดังนี้การใช้งานส่วนตัวของ บุคคลที่ทำงานที่บ้าน (เช่น นักเรียน) และธุรกิจขนาดเล็ก มีความจำเป็นต้องใช้ Bandwidth มากขึ้นสำหรับอินเทอร์เน็ตที่เร็วขึ้น ความต้องการที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้ความเป็นไปได้ในการนำโครงข่าย fiber optic มาใช้ยังบ้านเรือน (Fiber To The Home) FTTHหรือเข้าไปใกล้บ้านเรือนที่สุด (Fiber To The Curb หรือ Cabinet) FTTC เพิ่มสูงขึ้น ในกรณีของ Fiber To The Curb สื่อที่ต่อไปยังบ้านเรือน ต้องมีการทดสอบว่ารองรับการใช้งานได้หรือไม่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็น สายทองแดง และ โครงข่ายทองแดง ของผู้ให้บริการสามารถรองรับ

บริการนี้ได้ทั้งสองกรณีสามารถให้การเชื่อมต่อที่สะดวกภายในบ้าน

ในกรณีของอาคารอพาร์ทเมนต์ โรงแรม บ้านพักนักเรียน มีโซลูชันที่เรียกว่า Fiber in the Building (FTTB) ซึ่งถูกพัฒนาให้ใช้ภายในบ้าน ส่วนภายนอกบ้านเรียกว่า Fiber to the Building (FTTB) จากเทคโนโลยี LAN ซึ่งกระจายอยู่ใน สำนักงานและ บริษัทนั้นสามารถรองรับด้วยระบบ FTTC เนื่องจากเทคโนโลยี LAN ได้พัฒนามามากแล้วและผลิตภัณฑ์ที่มีขายตามท้องตลาดนั้นก็ เป็น ประโยชน์อย่างมากต่อการใช้โซลูชัน FTTC และ FTTH Ethernet ในรูปแบบใหม่ ซึ่งเดิมได้ พัฒนาสำหรับสำหรับระบบ LAN นั้น ดูเหมือนจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อสถานภาพของ FTTH และ FTTC โดยเฉพาะขณะนี้ที่มีโครงข่าย IP ได้รับการยอมรับในโลกของการสื่อสาร และการ ปรากฏตัวอย่างแข็งแกร่งของ โครงสร้างพื้นฐานของ IP based และ Ethernet based ใน โครงข่าย หลัก และโครงข่ายบ้านแบบควิธีที่ได้รับผ่าน FTTH และ FTTC นั้นเพียงพอสำหรับการใช้ อินเทอร์เน็ตและ การใช้งานอื่นๆ เช่นการสื่อสารภายในชุมชนท้องถิ่น และมีโอกาสจะมาแทนที่ โทศัพท์และ เคเบิลทีวีตัวแยกแสงเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาโครงข่าย เนื่องจาก FTTC และ FTTH เป็นตัวอย่างของการ กระจายแบบ จุดไปยังหลายจุดขนาดใหญ่ ทั้งอุปกรณ์ active และ passive สามารถใช้เป็นตัวแยกแสงได้ อุปกรณ์แบบ passive จะทำให้ โซลูชันมีราคาถูกและต้องการ พื้นที่และการบำรุงรักษาต่ำ ส่วนอุปกรณ์แบบ active มีข้อดีของมันเอง FTTC ต้องการ active circuit ในการเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

อธิคม ฤกษ์บุตร(2550) FTTH – Fiber To The Home

อธิบายถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ FTTH ซึ่งเป็นระบบสื่อสารที่เชื่อมโยงสายส่ง สัญญาณที่เป็นเส้นใยแก้วนำแสงเข้าสู่บ้านหรือที่พักอาศัยของผู้ใช้โดยตรง โดยเนื้อหาประกอบด้วย วิวัฒนาการของ FTTH หลักการทำงานเชิงเทคนิค และการบริการข้อมูลบนเครือข่าย FTTH

กล่าวโดยสรุปได้ว่า มีอุปกรณ์ต่างๆมากมายที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันส่วนบุคคล อีกทั้งยังช่วยอำนวยความสะดวกสบาย ความเพลิดเพลินใจให้กับผู้ใช้ที่อาศัยอยู่ในบ้านได้อย่างยิ่ง เช่น การใช้บริการอินเทอร์เน็ต การใช้โทรศัพท์ระบบ VoIP (Voice over IP) ผ่านอินเทอร์เน็ต (VDO over IP ก็กำลังจะมาแล้ว) ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายถูกลงกว่าระบบปัจจุบันมาก การจัดทำห้องพักผ่อนแห่ง ความบันเทิง (Entertainment Center) ระบบเฝ้าระวังด้วยกล้องวงจรปิดผ่านเครือข่าย (Internet Camera) การรับส่งภาพดิจิทัลเป็นต้น ดังนั้นจึงไม่น่าแปลกใจเลยว่าระบบ FTTH จะช่วยให้ ชีวิตประจำวันของคนเราเปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตามแม้ว่าเทคโนโลยีของ FTTH จะให้ความ สมบูรณ์ในเรื่องของเทคนิค เส้นทางเดินของระบบ FTTH ในบ้านเรา คงต้องใช้เวลาในการเดินทาง อีกระยะหนึ่งไม่มากนักน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นสภาพเศรษฐกิจ สังคมความ

พร้อมของโครงสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐาน การส่งเสริมของภาครัฐ ทั้งในเรื่องข้อกำหนดระเบียบ และการส่งเสริมอุตสาหกรรม ตลอดไปถึงพฤติกรรมและความพร้อมของประชาชนที่เป็นผู้บริโภค แต่แล้วในที่สุดเชื่อว่า FTTH ต้องเกิดขึ้นและเป็นที่ยอมรับของสังคมบ้านเราอย่างแน่นอน แต่ก่อนจะถึงวันนั้น การเตรียมความพร้อมในเรื่องของความรู้ความเข้าใจในวันนี้ ย่อมทำให้เกิดประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกใช้ระบบในอนาคต และยังสร้างความได้เปรียบบนเชิงธุรกิจอีกด้วยอย่างแน่นอน

อรอนงค์ คำของ และ กุลธิดา อรรถวิทยากุล (2552) FTTH – Fiber To The Home สรุปเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง FTTH (Fiber To The Home) ตั้งแต่เทคโนโลยีการสื่อสาร ข้อมูล บรอดแบนด์ ความต้องการแบนด์วิดท์สำหรับการสื่อสารยุคใหม่ พัฒนาการของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ใยแก้วนำแสง ADSL ความเป็นมาความสำคัญและโครงสร้างทางเทคนิคพื้นฐานของระบบ FTTH ข้อดีของระบบ FTTH และแนวทางการให้บริการแบบ FTTx รวมไปถึงเทคโนโลยีที่ใช้ใน FTTH ในรูปแบบ PON (Passive Optical Network) จากวิวัฒนาการของเทคโนโลยี PON เทคโนโลยีที่ใช้ ข้อกำหนดมาตรฐาน PON และสุดท้ายได้กล่าวถึงการเติบโตในเชิงพาณิชย์ของ FTTH

2.5 บทสรุป

เทคโนโลยี FTTx และเทคโนโลยีอื่นๆ ในสายตระกูลเดียวกัน จึงอาจเป็นคำตอบให้กับการใช้ชีวิตในโลกยุคใหม่ พัฒนาการของการรับส่งข้อมูลผ่านคู่สายใยแก้วนำแสงยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่การผลักดันในปัจจัยเสริมอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นการกำกับดูแลกิจการโทรคมนาคม ต้นทุนในการวางโครงข่าย ของการสื่อสารผ่านใยแก้ว ผู้รับผิดชอบและผู้มีส่วนร่วมในการผลักดันโครงการ FTTx สภาพเศรษฐกิจของสังคม ความพร้อมของโครงสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐาน การส่งเสริมของภาครัฐ ทั้งในเรื่องของ ข้อกำหนดกฎระเบียบและการส่งเสริมอุตสาหกรรม ตลอดไปถึง พฤติกรรมและความพร้อมของประชาชนที่เป็นผู้บริโภค ไปจนถึงการปลูกกระแสและสร้างความเข้าใจต่อผู้บริโภคในอันที่จะเปิดรับการสื่อสารในรูปแบบใหม่ๆ ของโลกมัลติมีเดียเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยเสริมที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าความพร้อมทางเทคโนโลยี

การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านแบบต่าง ๆ โดยใช้การสื่อสารสัญญาณผ่านเครือข่าย FTTH จะเห็นว่ามีอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมายที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันส่วนบุคคล อีกทั้ง ยังช่วยอำนวยความสะดวกสบายและความเพลิดเพลินใจให้กับผู้ใช้ที่อาศัยอยู่ในบ้านได้อย่างดียิ่ง เช่น การใช้บริการอินเทอร์เน็ต การโทรศัพท์ระบบ VoIP (Voice over IP) ผ่านอินเทอร์เน็ต (VDO over IP) ก็

กำลังจะมาแล้ว) ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายถูกกว่าระบบปัจจุบันมาก การจัดทำห้องพักผ่อนแห่งความบันเทิง (Entertainment Center) ระบบเฝ้าระวังด้วยกล้องวงจรปิดผ่านเครือข่าย (Internet Camera) การรับส่งภาพดิจิทัล เป็นต้น ดังนั้น จึงไม่น่าแปลกใจเลยว่า ระบบ FTTx จะช่วยทำให้ชีวิตประจำวันของคนเราเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการเตรียมความพร้อมในเรื่องของความรู้ความเข้าใจในวันนี้ ย่อมทำให้เกิดประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกใช้ระบบในอนาคต และยังสร้างความได้เปรียบบนในเชิงธุรกิจของผู้ประกอบการ โทรคมนาคมและผู้ให้บริการที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง “ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)” อาศัยวิธีการอธิบายในลักษณะพรรณนา (Descriptive Research) ซึ่งการวิจัยที่นำมาใช้ในครั้งนี้นำวิธีการวิจัยเรียกว่า เทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) ที่มุ่งแสวงหาข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในระบบสื่อสาร โทรคมนาคม ทั้งนี้เพื่อเป้าหมายในการนำผลการศึกษาไปเป็นแนวทางในการดำเนินงานของผู้วิจัย ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการในอนาคตและสอดคล้องกับกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจและการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์/บริการแต่ละประเภท และนำเสนอ Feasibility Study เบื้องต้นแก่องค์กร เพื่อให้งานวิจัยเป็นไปด้วยความถูกต้องตามกระบวนการวิจัย และได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ จึงใช้วิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

- 3.1 การเลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 3.2.1 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ
 - 3.2.2 ลักษณะของเครื่องมือ
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การเลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จะใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญและผู้ปฏิบัติงานด้านสื่อสาร โทรคมนาคมของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) และ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) ทั้งระดับปฏิบัติการและบริหารที่มีประสบการณ์ทำงานอย่างน้อย 10 ปี

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการวิจัยจำแนกตามหน่วยงาน/องค์กร

ผู้เชี่ยวชาญ	จำนวนท่าน
ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์สื่อสารทางสายภายในประเทศ	1
ฝ่ายสื่อสารคุณภาพเคเบิลใยแก้วนำแสง บมจ. ทีโอที	3
ส่วนพัฒนาโครงข่ายปลายทาง บมจ. ทีโอที	6
ส่วนพัฒนาสื่อสารความเร็วสูงทางสาย บมจ. ทีโอที	4
ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บมจ. กสท	1
ส่วนมาตรฐานข่ายสายและอุปกรณ์ปลายทาง	2
รวม	17

จากตารางที่ 3.1 จำนวนผู้เชี่ยวชาญในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 17 ท่าน ประกอบด้วย ผู้บริหาร วิศวกร ผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ด้านสื่อสารโทรคมนาคมไม่น้อยกว่า 10 ปี

ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนผู้เชี่ยวชาญและค่าความคลาดเคลื่อน

จำนวนผู้เชี่ยวชาญ (Panel Size)	ช่วงการลดลงของความคลาดเคลื่อน (Error - reduction)	ความคลาดเคลื่อนลดลง (Net - charge)
1 - 5	1.20 - 0.70	0.50
5 - 9	0.70 - 0.58	0.12
9 - 13	0.58 - 0.54	0.04
13 - 17	0.54 - 0.50	0.04
17 - 21	0.50 - 0.48	0.02
21 - 25	0.48 - 0.46	0.02
25 - 29	0.46 - 0.44	0.02

จากตารางที่ 3.2 พบว่า จำนวนผู้เชี่ยวชาญหากมีตั้งแต่ 17 ท่านขึ้นไป อัตราการลดลงของความคลาดเคลื่อน (Error) จะมีน้อยมากและจะเริ่มคงที่คือ 0.02 ซึ่งทำให้งานวิจัยน่าเชื่อถือมากขึ้น

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

3.2.1.1 ศึกษาแนวความคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการสื่อสาร ข้อมูลระบบ โครงข่ายเคเบิลทองแดง และระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงจาก บทความ หนังสือ และ ผลงานวิจัยต่างๆ

3.2.1.2 นำข้อมูลต่างๆ ที่ได้ มารวบรวมเพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาในการสร้างแบบสัมภาษณ์กึ่ง โครงสร้าง เพื่อนำไปสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

3.2.1.3 สัมภาษณ์กึ่ง โครงสร้างแทนการตอบแบบสอบถามปลายเปิดในรอบแรกเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ

3.2.1.4 การสัมภาษณ์ไม่จำกัดขอบเขต ของแนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ใช้การสัมภาษณ์ แบบเปิดและไม่ชี้นำ ผู้ให้สัมภาษณ์มีโอกาสปรับปรุง เปลี่ยนแปลง และแก้ไขข้อมูลที่ทำให้ข้อมูลที่ได้รับความน่าเชื่อถือ

3.2.1.5 นำความคิดเห็นทั้งหมดจากผู้เชี่ยวชาญ มาสังเคราะห์สร้างเป็นแบบสอบถามภายใต้การแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.2.1.6 ผู้วิจัยนำแบบสอบถาม ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา (Content Validity) ดังมีรายนาม ดังต่อไปนี้ คือ

- 1) อาจารย์ ดร.ชงชัย จรณะสมบูรณ์
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
- 2) นายอินทราชัย อินทรเทียม
ผู้จัดการส่วนพัฒนาโครงข่ายปลายทาง บมจ.ทีโอที
- 3) อาจารย์ ดร.พีรเดช ฦ น่าน
ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนา บมจ. กสท โทรคมนาคม
- 4) นายชริณ อนันตสุข
ผู้จัดการศูนย์งานวางแผนและวิเคราะห์ทรัพยากรโครงข่าย
ปลายทาง บมจ.ทีโอที
- 5) นายณรงค์ สุขชัยศรี
ผู้จัดการศูนย์งานผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ปลายทาง บมจ.ทีโอที

3.2.1.7 ปรับปรุงและแก้ไขเครื่องมือตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.1.8 นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 17 ท่านตอบคำถาม

3.2.1.9 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.1.10 สร้างประเด็นคำถามในแบบสอบถามรอบที่สองจากคำตอบของผู้เชี่ยวชาญในข้อ 3.2.1.8

3.2.1.11 นำแบบสอบถามรอบที่สองเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำ

3.2.1.12 นำแบบสอบถามรอบที่สอง ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตอบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มเดิมที่ผู้วิจัยทำการแจกแบบสอบถามรอบแรก

3.2.1.13 นำคำตอบของแบบสอบถามรอบที่สองที่ได้รับมาทำการวิเคราะห์

ในการตอบแบบสอบถามรอบที่สาม ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะทราบว่า ตนมีความคิดเห็นแตกต่างหรือไม่แตกต่างจากความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญคนอื่นๆ หรือไม่ หากไม่เห็นด้วยให้แสดงเหตุผลประกอบการยืนยันคำตอบเดิมที่อยู่นอกพิสัยควอไทล์นั้น ทั้งนี้ในการตอบแบบสอบถามรอบที่สามเป็นรอบสุดท้าย จากนั้นผู้วิจัยจะดำเนินการแปลผลและสรุปผล การวิเคราะห์ข้อมูล

ความเป็นไปได้ ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ

3.2.2 ลักษณะของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบสอบถามจำนวน 3 รอบ มีลักษณะดังนี้

3.2.2.1 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับ การเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ลักษณะเครื่องมือเป็นแบบสอบถามปลายเปิด

3.2.2.2 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับ ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

ลักษณะของเครื่องมือแบบสอบถามเป็นแบบประเมินค่า (Rating Scales) 5 ระดับ ดังนี้ คือ

5	หมายถึง	ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้มากที่สุด
4	หมายถึง	ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้มาก
3	หมายถึง	ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้ปานกลาง
2	หมายถึง	ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้น้อย
1	หมายถึง	ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้น้อยที่สุด

3.2.2.3 แบบสอบถามความคิดเห็นของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบสอบถามในข้อ 3.2.2.2 เกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง เป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับแต่เพิ่มตำแหน่งของค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอไทล์ ของผู้ตอบแบบสอบถาม

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังต่อไปนี้

3.3.1 ติดต่อเรียนเชิญผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตอบแบบสอบถาม

3.3.2 ขอนหนังสือเรียนเชิญผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

3.3.3 นำแบบสัมภาษณ์ ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูล จากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง ไปยังผู้ใช้บริการที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ไปทำการแจกแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 17 ท่าน และรวบรวมเก็บ แบบสัมภาษณ์ด้วยตนเอง

3.3.4 นำคำตอบที่ได้จากแบบสัมภาษณ์ในรอบที่ 1 มาจัดกลุ่มและนำมาเรียบเรียง เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบสอบถามรอบที่ 2 แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านได้แสดงความคิดเห็น

3.3.5 ส่งแบบสอบถามรอบที่ 2 ให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 17 ท่าน พร้อมทั้งนัดเวลาเก็บแบบสอบถามด้วยตนเอง โดยให้เวลาผู้เชี่ยวชาญในการตอบแบบสอบถาม 2 สัปดาห์

3.3.6 ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมแบบสอบถามในรอบที่ 2 เพื่อนำมาคำนวณหาค่ามัธยฐานและค่าพิสัยควอไทล์ของแต่ละข้อคำถาม แล้วสร้างเป็นแบบสอบถามรอบที่ 3 โดยใช้ข้อคำถามเดิม แต่เพิ่มตำแหน่งของ มัธยฐาน ช่วงพิสัยระหว่างควอไทล์และตำแหน่งที่ผู้เชี่ยวชาญ แต่ละท่านตอบในการตอบแบบสอบถามรอบที่ผ่านมา เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านได้ทบทวนคำถามและตอบในรอบที่ 2 ของตนเองแล้วตอบกลับมาอีกครั้งหนึ่ง

3.3.7 ผู้วิจัยส่งแบบสอบถามรอบที่ 3 ซึ่งเป็นรอบสุดท้ายในการวิจัยครั้งนี้ให้ผู้เชี่ยวชาญด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญได้ทบทวนคำตอบของตนเองอีกครั้งหนึ่ง พร้อมให้เหตุผลด้วยถ้าปรากฏว่าคำตอบอยู่นอก พิสัยควอไทล์ โดยให้เวลาผู้เชี่ยวชาญตอบแบบสอบถาม 2 สัปดาห์

3.3.8 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมแบบสอบถามในรอบที่ 3 ด้วยตนเอง จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ สรุปผลและอภิปรายผลต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เนื้อหาของแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ และใช้โปรแกรม Microsoft EXCEL เพื่อหาค่าทางสถิติ ดังต่อไปนี้

3.4.1 มัธยฐาน (Median : Mdn)

มัธยฐาน หมายถึงข้อมูลที่อยู่ตรงกลางของข้อมูลทั้งหมดเมื่อได้เรียงลำดับข้อมูลเหล่านี้แล้ว ในการคำนวณจะใช้สูตรดังนี้ คือ

$$Mdn = L_0 + i[((N / 2) - f_1) / f_2]$$

เมื่อ $Mdn =$ มัธยฐาน

$L_0 =$ จีดจำกัดล่างที่แท้จริงของคะแนนในชั้นที่มีมัธยฐานตกอยู่

$f_1 =$ ความถี่สะสมจากชั้นคะแนนต่ำสุดถึงคะแนนที่เป็นจีดจำกัดบนของคะแนนในชั้นก่อนชั้นที่มีมัธยฐานตกอยู่

$f_2 =$ ความถี่ของคะแนนในชั้นที่มีมัธยฐานตกอยู่

$N =$ จำนวนความถี่ทั้งหมด

$i =$ อัตรากาศชั้น

จากแบบสอบถามแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งให้น้ำหนักดังนี้

5 หมายถึง ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้มากที่สุด

4 หมายถึง ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้มาก

3 หมายถึง ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้ปานกลาง

2 หมายถึง ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้น้อย

1 หมายถึง ข้อความนั้นมีความเป็นไปได้น้อยที่สุด

ค่ามัธยฐาน ที่คำนวณได้จากคำตอบของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด แล้วแปลความหมายตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด ไว้ดังนี้คือ

4.50 ขึ้นไป ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อความนั้นเป็นไปได้มากที่สุด

3.50 – 4.49 ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อความนั้นเป็นไปได้มาก

2.50 – 3.49 ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อความนั้นเป็นไปได้พอสมควร

1.50 – 2.49 ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อความนั้นเป็นไปได้น้อย

ต่ำกว่า 1.50 ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อความนั้นเป็นไปได้เลย

สำหรับเกณฑ์มัธยฐานที่มีค่าตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป ผู้วิจัยถือว่าข้อความนั้นเป็นความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

3.4.2 ฐานนิยม (Mode : Mo)

$$Mo = L_0 + i \left[\frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right]$$

เมื่อ $Mo =$ ฐานนิยม

$L_0 =$ จีดจำกัดล่างที่แท้จริงของคะแนนในชั้นที่มีฐานนิยมตกอยู่

i = อัตรากว้างชั้น

$$= f_1 - f_0$$

$$= f_1 - f_2$$

f_0 = ความถี่ของชั้นที่ถึงก่อนชั้นที่มีฐานนิยามอยู่ซึ่งมีข้อมูลต่ำกว่า

f_1 = ความถี่ของชั้นที่มีฐานนิยามอยู่

f_2 = ความถี่ของชั้นที่อยู่ถัดจากชั้นที่มีฐานนิยามอยู่ 1 ชั้น ซึ่งมีข้อมูลสูงกว่า

เมื่อคำนวณหาค่ามัธยฐานของแต่ละข้อคำถามแล้ว ผู้วิจัยนำค่าทั้งสองมาหาผลต่างของแต่ละข้อคำตอบ เพื่อเป็นการสนับสนุนความสอดคล้องของแนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาข้อคำถามที่มีค่าผลต่างไม่เกิน 1.00 แสดงว่า แนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกัน

3.4.3 พิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile)

พิสัยระหว่างควอไทล์ คือ ค่าความแตกต่างระหว่างควอไทล์ที่ 3 กับควอไทล์ที่ 1 ของแต่ละข้อคำถาม หรือข้อคำถามในการคำนวณใช้สูตรดังนี้คือ

$$I.R = (Q_3 - Q_1)$$

และหาค่า Q_1 และ Q_3 ได้จากสูตร

$$Q_1 = L_0 + i \frac{\left(\frac{N}{4} - CF\right)}{f}$$

$$Q_3 = L_0 + i \frac{\left(\frac{3N}{4} - CF\right)}{f}$$

เมื่อ Q_1 = ควอไทล์ที่ 1

Q_3 = ควอไทล์ที่ 3

L_0 = บิดจำกัดล่างที่แท้จริงของคะแนนในชั้นที่มีมัธยฐานตกอยู่

N = จำนวนความถี่ทั้งหมด

CF = ความถี่สะสมของชั้นที่อยู่ข้างควอไทล์แต่เป็นชั้นที่มีคะแนนน้อยกว่า

F = ความถี่ของคะแนนในชั้นที่มีมัธยฐาน

i = อัตรากว้างชั้น

ค่าพิสัยควอไทล์นั้นผู้วิจัยได้คำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่างควอไทล์ที่ 3 กับควอไทล์ที่ 1 ถ้าข้อความใดมีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ตั้งแต่ 1.50 ลงมา ผู้วิจัยถือว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน จัดว่าข้อความนั้นเป็นความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) และถ้าค่าพิสัยควอไทล์ของข้อความนั้นมีค่ามากกว่า 1.50 ขึ้นไป แสดงว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อข้อความนั้น ไม่สอดคล้องกัน

3.4.4 ความแตกต่างระหว่างมัธยฐาน (Median) กับฐานนิยม (Mode)

ผู้วิจัยคำนวณหาค่าฐานนิยมของแต่ละข้อความ แล้วนำมาหาค่าความแตกต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมของแต่ละข้อความ เพื่อเป็นการสนับสนุนความสอดคล้องของ ความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินข้อความที่มีผลต่าง ระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม เกิน 1 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกันเกี่ยวกับข้อความนั้นๆ

ผู้วิจัยนำข้อความที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นสอดคล้องกันในด้านมัธยฐานฐานนิยม และพิสัยระหว่างควอไทล์ มาสรุปเป็นความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) โดยพิจารณาจากค่ามัธยฐานมากที่สุด จากนั้นพิจารณาค่าพิสัยระหว่าง คลอไทล์ ฐานนิยม ประกอบกันเพื่อยืนยันความสอดคล้องความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาเรื่องความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยี การสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการของบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) โดยสามารถนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้ประกอบในการตัดสินใจเพื่อเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการ หรือเลือกใช้เทคโนโลยีระบบ FTTx ให้เหมาะสมกับสภาพโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) และความต้องการ Bandwidth ของผู้ใช้บริการ ซึ่งจะเป็นการกำหนดกลยุทธ์องค์กรให้เหมาะสม ตามการวางแผนทางธุรกิจด้านบริการ Broadband แบบใช้สาย (Fixed Broadband) อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น และสามารถใช้อรรถความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้ เพื่อการประยุกต์ใช้งานหรือการศึกษาต่อเนื่องต่อไป ซึ่งการศึกษาวินิจฉัยแบ่งออกเป็น 7 ตอนคือ

ตอนที่ 1 คุณสมบัติของระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง ที่ส่งผลกระทบต่อการสื่อสารข้อมูล Broadband และการลงทุน

ตอนที่ 2 แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบ โครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ

ตอนที่ 3 แนวโน้มของ Telecom Industry ทางด้านการให้บริการ Broadband Internet และ การขยายตัวของ Applications บนโครงข่าย Internet ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีฯ

ตอนที่ 4 ศึกษาการให้บริการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงโดยเทคโนโลยี FTTx

ตอนที่ 5 ปัจจัยที่มีผลกระทบหรือกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ระบบการสื่อสารข้อมูล ผ่านระบบเคเบิลทองแดงด้วยระบบใยแก้วนำแสง

ตอนที่ 6 แนวโน้มธุรกิจของระบบ FTTx จากปัจจัยแวดล้อมทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

ตอนที่ 7 ผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี FTTx ในการสื่อสารข้อมูลทดแทนเทคโนโลยีเดิม ที่ผ่านระบบเคเบิลทองแดง

ในการทำวิจัยนี้มีขอบเขตข้อมูลการศึกษาคือข้อมูลทุติยภูมิจะเป็นข้อมูลที่ได้มาจากหนังสือ วารสาร สื่อสิ่งพิมพ์ Web Site ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีระบบ FTTx รวมทั้งข้อมูลที่ได้รวบรวมแล้ว ของสถาบันการศึกษาและข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) จะได้มาจากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องที่มีประสบการณ์ และผู้เชี่ยวชาญพิเศษในเรื่องระบบการสื่อสารโทรคมนาคม

การศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) จะใช้วิธีการศึกษาด้วยเทคนิคเดลฟาย (Delphi Technique) เพื่อรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวนผู้เชี่ยวชาญในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 17 ท่าน ประกอบด้วย ผู้บริหาร วิศวกร ผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ด้านสื่อสารโทรคมนาคมไม่น้อยกว่า 10 ปี ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เนื้อหาของแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ และใช้โปรแกรม Microsoft EXCEL เพื่อหาค่าทางสถิติ มีผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง ที่ส่งผลกระทบต่อ การสื่อสารข้อมูล Broadband และการลงทุน

ข้อที่	รายการ	พิสัยระหว่างควอไทล์	ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม	ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ	มัธยฐาน	ฐานนิยม	ระดับค่าความเป็นไปได้
1	ค่าความต้านทานระหว่างตัวนำ(Loop Resistance) ซึ่งเป็นการสูญเสียกำลังของสัญญาณที่ส่งเข้าไปในคู่สายโทรศัพท์ (Line Loss)	0.25	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
2	คาปาซิแตนซ์ในเคเบิล (Mutual Capacitance, C) ซึ่งเป็นการสูญเสียกำลังของสัญญาณ ณ ความถี่ต่างๆ (Insertion Loss)	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
3	การ Coupling สัญญาณ รบกวน จากวงจรหนึ่ง ไปสู่อีกวงจรหนึ่ง ที่อยู่ ข้างเคียง (Crosstalk)	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
4	สัญญาณรบกวน (Noise) ทั้ง ด้านสนามแม่เหล็ก ไฟฟ้า (Electromagnetic Interference, EMI) และ สัญญาณวิทยุ (Radio Frequency Interference, RFI)	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
5	ขนาดและน้ำหนักของ เคเบิลทองแดงมีขนาด ใหญ่และหนักทำให้ เปลืองท่อร้อยสายและมี ค่าใช้จ่ายด้านงานโยธาสูง	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
6	สายตัวนำสัญญาณเป็น โลหะมีโอกาสขึ้นสนิม ผุกร่อนและอ่อนไหวต่อ สภาพแวดล้อมส่งผล กระทบโดยตรงต่อคุณภาพ สัญญาณ	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
7	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับ ระบบเคเบิลทองแดง มีโอกาสเสียหายจากไฟ ฟ้ากระชาก (Electrical Surge) ที่เกิดจากฟ้าผ่าและ ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
8	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital Expenses , CAPEX) และการบำรุงรักษา (Operational Expenses , OPEX) ต้องใช้เงินทุนมากกว่า	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
9	ระบบ DSL (Digital Subscriber Line) ที่ให้บริการบนคู่สายทองแดงในปัจจุบัน เป็นเทคโนโลยีที่แปรผกผันกับระยะทางถ้าผู้ใช้ อยู่ห่างจากชุมสายที่ให้บริการมาก คุณภาพและความเร็วในการใช้ Internet จะต่ำ	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
10	การนำบริการ Content Multimedia ใหม่ ๆ มาสร้างมูลค่าเพิ่มบนระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงทำได้จำกัด เพราะการสื่อสารผ่านคู่สายทองแดงมี Bandwidth แคบ	0	1	สอดคล้อง	4	5	มาก
11	ข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าในระบบสายส่งทองแดงสามารถทำการลักลอบต่อพ่วง (Tapping) ได้ง่ายทำให้การสื่อสารข้อมูลไม่ปลอดภัย และไม่น่าเชื่อถือ	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก

จากตารางที่ 4.1 ผลการศึกษา มีพิสัยระหว่างควอไทล์ระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 มีค่าไม่เกิน 1.50 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน และผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมมีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าผลต่างไม่เกิน 1.00 แสดงว่าแนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกัน สรุปได้ว่า ระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง ซึ่งมีการรับส่งข้อมูลผ่านคู่สายทองแดงไปยังบ้านผู้เช่า มีขีดจำกัดของคู่สายทองแดงในการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (High Speed) ทั้งด้านคุณสมบัติพื้นฐาน ด้านคุณสมบัติทางไฟฟ้า ซึ่งมีความไวต่อสัญญาณรบกวน ส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง ไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีในเรื่อง Bandwidth หรืออัตราการรับส่งข้อมูล เพื่อรองรับการนำบริการ Content Multimedia ใหม่ๆ มาสร้างมูลค่าเพิ่มบนระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงซึ่งทำได้จำกัด เพราะการสื่อสารผ่านคู่สายทองแดงมี Bandwidth แคบ นอกจากนี้ด้วยราคาที่เพิ่มขึ้นมากของเคเบิลทองแดงในปัจจุบันทำให้มีต้นทุนการลงทุนและการบำรุงรักษาที่สูง แสดงว่าคุณสมบัติของระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง ส่งผลกระทบต่อ การสื่อสารข้อมูล Broadband และการลงทุน ซึ่งมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ 4.2 แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ

ข้อที่	รายการ	พิสัยระหว่างควอไทล์	ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม	ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ	มัธยฐาน	ฐานนิยม	ระดับค่าความเป็นไปได้
1	ปัจจุบันความต้องการ Bandwidth หรือ ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลมีแนวโน้มสูงขึ้นมาก จึงทำให้มีแนวคิดการออกแบบระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงให้ส่งตรงถึงผู้ใช้บริการเพื่อรองรับ High Bandwidth และบริการใหม่ๆ	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัช ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
2	การออกแบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงไปถึงผู้ใช้บริการเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับประเทศไทย ควรเริ่มต้นดำเนินการพื้นที่ ที่มีศักยภาพสูงก่อนเช่น หมู่บ้านขนาดใหญ่ นิคมอุตสาหกรรม และอาคารย่านธุรกิจที่เกิดขึ้นใหม่	0	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
3	แม้ว่าระบบADSL/HDSL/VDSL ยังสามารถให้บริการได้อยู่ แต่เมื่อเทียบกับอัตราการเจริญเติบโตของผู้ให้บริการ Internet ประกอบกับความต้องการสื่อสารข้อมูลในหลายรูปแบบ โดยเฉพาะข้อมูลที่เป็นสัญญาณ ภาพต่อเนื่อง (Real time) ความเร็วของระบบ xDSL (x หมายถึง A/H/V) ที่สามารถตอบสนองได้คู่ขนานกันไป	2	0	ไม่ สอดคล้อง	4	4	มาก

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
4	ปัจจุบันโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงมีแนวโน้มที่จะเข้ามาแทนที่ในเขตทองแดงมากขึ้น อันเนื่องมาจากเทคโนโลยีและราคาของเคเบิลใยแก้วนำแสงมีราคาถูกลงมามากสวนทางกับราคาทองแดงที่นับวันจะสูงขึ้นเรื่อยๆ	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
5	เนื่องจากเคเบิลทองแดงมีขีดจำกัดในตัวคู่สายทองแดงเอง จึงทำให้เคเบิลทองแดงไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีในเรื่อง Bandwidth หรือ Bit Rate ได้เร็วเท่ากับโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
6	การพัฒนา ระบบ FTTx ในปัจจุบัน ทำให้การออกแบบข่ายสาย (Out Side Plant Network Design) มีความยืดหยุ่นใช้งานง่าย คล้ายกับการออกแบบข่ายสายทองแดงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีราคาถูกลงมาก อันเนื่องมาจากการมีใช้แพร่หลายในต่างประเทศทำให้เกิด Economies of scale	1	1	สอดคล้อง	4	5	มากที่สุด

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
7	แม้ Optical cable ปัจจุบัน ราคาจะถูกกลงมามากแต่ อุปกรณ์ประกอบของ ระบบ FTTx เช่น OLT (Optical Line Terminal) ONU (Optical Network Unit) และ ONT (Optical Network Terminal) ยังมี ราคาสูงกว่าระบบ xDSL เดิม จะทำให้ราคาต่อพอร์ต ของผู้ประกอบการจะยังคงสูง กว่าการลงทุนระบบเดิม จึง ต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบด้วยคือพฤติกรรม ความต้องการลูกค้า ราคา ต่อพอร์ตที่ยอมรับได้กับ Bandwidth ที่ได้รับและ ความคุ้มทุนระหว่าง สองระบบที่จะลงทุนแต่ละ พื้นที่	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.2 ผลการศึกษา มีพิสัยระหว่างควอไทล์ระหว่าง 0.00 ถึง 2.00 มีค่าเกิน 1.50 จำนวน 1 ข้อ ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นไม่สอดคล้องกัน 1 ข้อคือข้อ 3 และผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมมีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าผลต่างไม่เกิน 1.00 แสดงว่าแนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกัน สรุปได้ว่า ความต้องการ Bandwidth หรือความเร็วการสื่อสารข้อมูลในปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นทำให้บริการบนเคเบิลทองแดงที่ไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีในเรื่องการเพิ่ม Bandwidth หรืออัตราการรับส่ง ข้อมูล (Bit Rate) ได้เร็วเท่าโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง ประกอบกับราคาของเคเบิลทองแดงที่มีแนวโน้มสูงขึ้นมาก และการพัฒนาระบบ FTTx ในปัจจุบันเริ่มมีใช้แพร่หลายในต่างประเทศ ทำให้ราคาการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงราคาถูกลง จึงทำให้มีแนวคิดในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ

อนึ่งในหัวข้อที่ 3 แม้ว่าระบบ ADSL/HDSL/VDSL ยังสามารถให้บริการได้อยู่แต่เมื่อเทียบกับอัตราการเจริญเติบโตของผู้ให้บริการ Internet ประกอบกับความต้องการสื่อสารข้อมูลในหลายรูปแบบ โดยเฉพาะข้อมูลที่เป็นสัญญาณภาพต่อเนื่อง (Real time) ความเร็วของระบบ xDSL (x หมายถึง A/H/V) ที่สามารถตอบสนองได้คู่เข้ากันไป มีค่าพิสัยระหว่างควอไทล์เท่ากับ 2 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นที่มีต่อข้อความในข้อ 3 ไม่สอดคล้องกัน มีผู้เชี่ยวชาญให้คำตอบอยู่นอกพิสัยควอไทล์ จำนวน 5 ท่าน โดยให้เหตุผลสรุปได้ว่า ปัจจุบันการออกแบบโครงข่ายระบบใยแก้วนำแสงไปถึงผู้ใช้บริการยังเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่สำหรับประเทศไทย ยังไม่สามารถเข้ามาแทนที่โครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมได้ทั้งหมด หมายความว่ายังไม่เกิดการทดแทนเทคโนโลยี (Technology Substitutions) อย่างเต็มตัว ทั้งนี้เพราะค่าใช้จ่ายในการลงทุนเทคโนโลยีโครงข่ายระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง โดยเฉพาะอุปกรณ์ของระบบ FTTx ยังมีราคาสูงกว่าเทคโนโลยีระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่ได้รับการเพิ่มศักยภาพโครงข่ายด้วยเทคโนโลยี ADSL ซึ่งพอที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มเดิมได้อยู่ ดังนั้นการออกแบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงไปถึงผู้ใช้บริการควรเริ่มต้นดำเนินการพื้นที่ ที่มีศักยภาพสูงก่อนถึงจะคุ้มค่าการลงทุน

ตารางที่ 4.3 แนวโน้มของ Telecom Industry ทางด้านการให้บริการ Broadband Internet และการขยายตัวของ Applications บนโครงข่าย Internet ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี

ข้อที่	รายการ	พิสัยระหว่างควอไทล์	ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม	ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ	มัธยฐาน	ฐานนิยม	ระดับค่าความเป็นไปได้
1	แนวโน้มของ Telecom Industry การขยายตัวของแอปพลิเคชันการใช้งานบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้กระแสดemand ความต้องการ Bandwidth ของผู้บริโภคจะมีสูงกว่าขีดความสามารถในการให้บริการ (Supply) ของวงจรสื่อสารแบบ DSL ซึ่งยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของอัตราเร็วที่แปรผกผันกับระยะทางค่อนข้างมาก	1	1	สอดคล้อง	4	5	มาก
2	แม้ว่ากระแสดemand ต้นตัวและพัฒนารูปแบบการสื่อสารไร้สาย Wireless LAN และเทคโนโลยีโครงข่ายสื่อสารในลักษณะของเซลล์ลาร์อย่างโครงข่าย 3G หรือ WiMAX ในการเป็นทางเลือกของการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูง แต่ข้อจำกัดของการสื่อสารโดยผ่านทางคลื่นวิทยุความถี่ต่างๆของโครงข่ายสื่อสารไร้สายโดยเฉพาะ	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
	การจัดสรรช่องสัญญาณ หรือ Bandwidth ทาง ความถี่ของเทคโนโลยี เหล่านี้ก็เป็นสิ่งที่ทำให้ไม่ สามารถตอบสนองความ ต้องการในการรับ ส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูง มากอย่าง Home Networking ได้						
3	ทฤษฎีการแพร่กระจาย นวัตกรรม S-Curve ที่ แสดงความก้าวหน้าของ เทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิล ทองแดงในประเทศผู้นำ ด้าน Broadband เริ่มเข้าสู่ จุดอิมมัติว (Technology Mature Period) ซึ่ง แตกต่างจากเทคโนโลยีของ โครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำ แสง ที่มี S-Curve กำลัง ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ในช่วงการพัฒนาขีด ความสามารถทาง เทคโนโลยี (Technology Improvement Period) ทำให้สร้าง Bandwidth ได้จำนวนมากและมีประ	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
	สิทธิภาพดีกว่าเทคโนโลยี ของโครงข่ายเคเบิลทองแดงมาก						
4	ผู้ให้บริการโทรศัพท์พื้นฐาน ประจำที่ (Fixed line) จะต้องปรับเปลี่ยนโครงข่าย เป็น NGN (Next Generation Network) เพื่อรองรับ Data และ Multimedia traffic การลงทุน FTTx เพื่อใช้ เป็น Access Network เป็น การลงทุนที่คุ้มค่า สามารถ รองรับ TV/Video streaming และการใช้โทรศัพท์ได้ พร้อมกันในเวลาเดียวกัน อีกทั้งสามารถให้บริการ HD/SD – TV (High / Standard Definition TV)	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
5	ผู้ให้บริการควรต้องมี ความพร้อมของ Content ที่ จะให้บริการบนโครงข่าย FTTx ก่อนการลงทุนวาง ระบบใหม่	1.25	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
6	ในอนาคตแนวโน้มการเกิด ธุรกิจ Content Provider ระบบ Digital จะทำให้เกิดสังคม ออนไลน์มากขึ้น ซึ่งจะ ผลักดันให้ระบบ	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
	FTTx เกิดความแพร่หลาย ได้มากขึ้น						
7	สำหรับแรงผลักดันทางด้าน อื่นๆ ในการเปลี่ยนโครงข่าย โทรศัพท์เคเบิลทองแดง ด้วยโครงข่ายเคเบิลใยแก้ว นำแสง นอกจากความ ต้องการทาง Bandwidth แล้ว ยังมีเรื่องเกี่ยวกับแรงผลักดัน ภายในองค์กรที่ต้องการ ออกแบบ โครงข่าย (Network Design) ให้มี ศักยภาพ เลือกใช้เทคโนโลยี ให้เหมาะสมลงตัว ทั้งการ สร้างภาพลักษณ์ของบริษัท ให้เป็นองค์กรที่มีวิวัฒนาการ เทคโนโลยี (Technology Evolution)	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.3 ผลการศึกษามีพิสัยระหว่างควอไทล์ระหว่าง 0.00 ถึง 1.25 มีค่าไม่เกิน 1.50 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน และผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมมีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าผลต่างไม่เกิน 1.00 แสดงว่าแนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกัน สรุปได้ว่า แนวโน้มของ Telecom Industry การขยายตัวของแอปพลิเคชันการใช้งานบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต การเกิดธุรกิจ Content Provider ระบบ Digital ทำให้เกิดสังคมออนไลน์มากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคมีความต้องการเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงมากๆ อย่างเช่น Home Networking ที่ต้องการสื่อสารได้หลายอย่างได้พร้อมๆ กัน ไม่ว่าจะเป็นบริการ TV/Video streaming การ Access Internet และการใช้โทรศัพท์ โดยที่ระบบ DSL และการสื่อสารแบบไร้สายที่

มีข้อจำกัดไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวโน้มเทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิลทองแดงในประเทศผู้นำด้าน Broadband เริ่มเข้าสู่จุดอิ่มตัว (Technology Mature Period) ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ

นอกจากนี้องค์กรผู้ประกอบการโทรคมนาคมเองก็ต้องออกแบบโครงข่าย ให้มีประสิทธิภาพ เลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมลงตัวเพื่อภาพลักษณ์ของบริษัทให้เป็นองค์กรที่มีวิวัฒนาการเทคโนโลยี (Technology Evolution) สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นแรงผลักดันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีระบบโครงข่ายจากระบบเคเบิลทองแดง เป็นเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ

ตารางที่ 4.4 ศึกษาการให้บริการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงโดยเทคโนโลยี FTTx

ข้อที่	รายการ	พิสัยระหว่างควอทล์	ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม	ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ	มัธยฐาน	ฐานนิยม	ระดับค่าความเป็นไปได้
1	การให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx โดยการใช้เทคโนโลยี AON (Active Optical fiber Network) และ PON (Passive Optical fiber Network) แต่ที่ได้รับความนิยมและใช้กันมากคือ ระบบ PON	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
2	ระบบ PON ไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์ประเภท Active กลางทาง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาได้ (Operation Cost Expense , OPEX)	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
3	ระบบ PON สามารถลดค่าใช้จ่ายต้นทุนและค่าใช้จ่ายดำเนินงาน สำหรับงานข่ายสาย (Outside Plant) ได้	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
4	ระบบ PON สะดวกใน การปรับปรุง (Upgrade) หรือเพิ่มบริการใหม่ๆ เนื่องจากการดำเนินการทำ ที่ปลายทางโครงข่ายและ เลือกตามกลุ่มลูกค้าได้	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
5	เมื่อเปรียบเทียบความเร็ว ของการสื่อสารข้อมูล กับราคาการให้บริการซึ่ง อาจจะสูงกว่าระบบ xDSL แต่จะพบว่าราคาค่าใช้จ่าย ต่อหน่วยข้อมูลจำนวน บาท ต่อข้อมูล 1 Mbps และ อรรถประโยชน์ (Utility) ที่ได้รับ ระบบ FTTx จะถูกกว่าระบบที่ ใช้เคเบิลทองแดง	1.25	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
6	แม้ว่าด้านเทคโนโลยี FTTx มีศักยภาพสูงที่จะ มาทดแทนระบบเคเบิล ทองแดงอย่างเช่น xDSL ต้องให้บริการด้วยราคาที่ เหมาะสมด้วยจึงจะสามารถ ทำ ให้ระบบ FTTx เกิดขึ้นอย่าง แพร่หลายได้	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ข้อ ที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
7	เคเบิลใยแก้วนำแสงมักมีอายุการใช้งานอย่างน้อย 25 ปีขึ้นไปในสภาพการใช้งานปกติ ถือว่านานพอที่จะทำให้ผู้ใช้บริการเกิดความมั่นใจในการใช้งานระบบ FTTx	1	1	สอดคล้อง	4	5	มาก

จากตารางที่ 4.4 ผลการศึกษา มีพิสัยระหว่างควอไทล์ระหว่าง 0.00 ถึง 1.25 มีค่าไม่เกิน 1.50 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน และผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมมีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าผลต่างไม่เกิน 1.00 แสดงว่าแนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกัน สรุปได้ว่าการให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการโดยระบบ FTTx การใช้เทคโนโลยี PON (Passive Optical fiber Network) ได้รับความนิยมและใช้กันมากกว่าเทคโนโลยี AON (Active Optical fiber Network) อันเนื่องมาจากข้อดีหลายประการเช่น ระบบ PON ไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์ประเภท Active กลางทางทำให้ลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา (Operation Cost Expense , OPEX) ลดค่าใช้จ่ายด้านการลงทุนสำหรับงานข่ายสาย (Outside Plant) ได้ นอกจากนี้ยังสะดวกต่อการปรับปรุง หรือเพิ่มบริการใหม่ๆ ได้ง่าย เนื่องจากการดำเนินการสามารถกระทำที่ปลายทางและเลือกตามกลุ่มลูกค้าได้

การเปรียบเทียบความเร็วของการสื่อสารข้อมูล ของการให้บริการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงโดยเทคโนโลยี FTTx กับระบบเคเบิลทองแดงโดยเทคโนโลยี xDSL ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นว่าเป็นไปได้มากที่ ราคาค่าใช้จ่ายต่อหน่วยข้อมูล จำนวนบาท ต่อข้อมูล 1 Mbps และอัตราประโยชน์ (Utility) ที่ได้รับ ระบบ FTTx จะมีมากกว่าระบบที่ใช้เคเบิลทองแดง แต่มีผู้เชี่ยวชาญบางส่วนให้ความเห็นอยู่นอกพิสัยควอไทล์โดยให้เหตุผลสรุปได้ว่า ในปัจจุบันการให้บริการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงโดยเทคโนโลยี FTTx ยังมีราคาสูง (High System Cost) โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเคเบิลทองแดงโดยเทคโนโลยี xDSL และบริการด้านเนื้อหา

(Content) ที่ให้บริการยังมีไม่มากนัก ดังนั้น ธรรมชาติประโยชน์ (Utility) ที่ได้รับจากระบบ FTTx ยังมีไม่มากนัก อาจจะไม่มีความแรงจูงใจที่มากพอให้ผู้ให้บริการเดิม อย่างเช่น ADSL Internet หรือ Cable TV ระบบเดิม แล้วหันมาใช้บริการ FTTx การให้บริการจะต้องคำนึงถึงความสามารถของผู้ให้บริการ ที่จะจ่ายค่าบริการเพิ่มขึ้น ดังนั้นความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีฯ จะมีสูงเมื่อสามารถออกแบบโครงข่าย FTTx ได้เหมาะสมกับลูกค้า รวมทั้งบริการด้านเนื้อหา (Content) บนโครงข่าย FTTx ต้องตอบสนองความต้องการลูกค้าแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสมและค่าบริการ ต้องไม่แพงกว่าค่าบริการระบบเดิม (Internet โดย ADSL หรือ Cable TV) มากนัก

ตารางที่ 4.5 ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบหรือกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเคเบิลทองแดงด้วยระบบใยแก้วนำแสง

ข้อที่	รายการ	พิสัยระหว่างควอไทล์	ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม	ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ	มัธยฐาน	ฐานนิยม	ระดับความเป็นไปได้
1	แรงผลักดันของ Technology และ Market (Technology Push & Market Pull) ทำให้เกิดการขยายตัวของ Internet Broadband อย่างมาก	0.25	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
2	การใช้งานรับส่งข้อมูลจำนวนมากและความเร็วสูง (High speed -Broadband) ที่ระดับบุคคลและองค์กรธุรกิจ เป็น ตัวผลักดัน สำคัญที่ทำให้ผู้ประกอบการ การโทรคมนาคม Fixed line ต้องพิจารณาขีดความสามารถของเทคโนโลยีผ่านระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิม	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
3	โครงข่าย Access Network ของ บมจ.ทีโอที เดิมเป็นระบบ เคเบิลทองแดงที่ออกแบบมา เพื่อให้บริการทางด้านเสียง (Voice) เป็นหลัก ดังนั้น จำเป็นต้องหาแนวทางที่ดีที่สุด ตามความเหมาะสมของ พฤติกรรมของลูกค้าโดยใช้ ระบบทองแดงเดิมร่วมกับ ระบบ FTTx ในการสร้าง มูลค่าเพิ่มให้สูงสุด	1.25	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
4	ข้อจำกัดของผู้ให้บริการ โทรคมนาคมในประเทศ ที่ เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ภายในเขต เมืองใหญ่หรือแหล่งชุมชน ที่มีการ จราจรหนาแน่น มี การห้ามขุดทางเท้า เพื่อสร้าง ท่อร้อยสายเคเบิลโทรศัพท์ใต้ดิน การทดแทนเคเบิลทองแดงด้วย เคเบิลใยแก้วนำแสงที่มีขนาด เล็กและเบากว่าจึงเป็นทางเลือก ที่ดีที่สุด	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
5	การขาดการวางแผนผังเมืองที่ดีตั้งแต่ต้น เช่น บางพื้นที่ทางเท้าแคบทำให้ Infrastructure ของหน่วยงาน สาธารณูปโภค เช่น การไฟฟ้า โทรศัทพ์ ท่อระบายน้ำ มีความจำกัดในการใช้พื้นที่ร่วมกัน บางครั้งแนวสายโทรศัทพ์ต้องอยู่ใกล้แนวสายไฟฟ้ามาก ทำให้เกิดการรบกวนต่อการสื่อสารข้อมูลผ่านเคเบิลทองแดงการเลือกใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสัญญาณรบกวน จึงมีความน่าจะเป็นไปได้มาก	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
6	นโยบายภาครัฐ ด้าน เทคโนโลยีและการสื่อสาร (ICT) ส่งเสริมให้มีการใช้ Internet Broadband มากขึ้น เช่น โครงการ IT City เป็นต้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีฯ	1	1	สอดคล้อง	4	5	มาก

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความเป็นไปได้
7	การสร้างศักยภาพการแข่งขัน (Competitive Advantage) จากการเปิดเสรีโทรคมนาคม จึงต้องพยายามศึกษาแนวทางความเป็นไปได้ที่จะสร้างโครงข่ายใหม่ที่มีศักยภาพที่ดีกว่าเดิมและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม คุ่มค่าการลงทุน	1	0	5	5	1	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.5 ผลการศึกษา มีพิสัยระหว่างควอไทล์ระหว่าง 0.00 ถึง 1.25 มีค่าไม่เกิน 1.50 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน และผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมมีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าผลต่างไม่เกิน 1.00 แสดงว่าแนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกัน สรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบหรือกระตุ้นให้เกิดความเป็นไปได้ของเปลี่ยนแปลงระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเคเบิลทองแดงด้วยระบบใยแก้วนำแสงมากที่สุดคือ แรงผลักดันของ Technology และ Market (Technology Push & Market Pull) จากการขยายตัวอย่างมากของการสื่อสาร Internet การใช้งานรับส่งข้อมูลจำนวนมากและความเร็วสูง (High Speed Broadband) ที่ระดับองค์กรธุรกิจ และบุคคล ดังนั้นผู้ให้บริการอย่าง บมจ. ทีโอที จึงต้องสร้างโครงข่ายใหม่ที่มีศักยภาพดีกว่าเดิมและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมพฤติกรรมลูกค้า เพื่อสร้างศักยภาพการแข่งขันและสนองนโยบายภาครัฐด้านเทคโนโลยีและการสื่อสาร ที่ต้องการส่งเสริมให้มีการใช้ Internet Broadband ให้แพร่หลายมากขึ้น

นอกจากนี้ข้อจำกัดของผู้ให้บริการโทรคมนาคม ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ภายในเขตเมืองใหญ่หรือแหล่งชุมชนหนาแน่น มีการห้ามขุดทางเท้า เพื่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิล Infrastructure ของหน่วยงานสาธารณสุขโลก เช่น การไฟฟ้า โทรศัพท์ ท่อระบายน้ำมีความจำกัดในการใช้พื้นที่ร่วมกัน บางครั้งแนวสายโทรศัพท์ต้องอยู่ใกล้

แนวสายไฟฟ้ามาก ทำให้เกิดการรบกวนต่อการสื่อสารข้อมูลที่ผ่านเคเบิลทองแดง การเลือกใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสัญญาณรบกวนจึงมีความเป็นไปได้มาก

ตารางที่ 4.6 แนวโน้มธุรกิจของระบบ FTTx จากปัจจัยแวดล้อมทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

ข้อที่	รายการ	พิสัยระหว่างควอไทล์	ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม	ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ	มัธยฐาน	ฐานนิยม	ระดับค่าความเป็นไปได้
1	สภาพการแข่งขันธุรกิจ FTTx ในประเทศไทยยังเป็นลักษณะตลาดผู้แข่งขันน้อยราย จึงยังมีโอกาสเติบโตอีกมากในอนาคต	0.25	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
2	การศึกษาเทคโนโลยีระบบ FTTx ของต่างประเทศสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับ บมจ.ทีโอทีได้	0.25	0	สอดคล้อง	4	4	มาก
3	แนวโน้มการให้บริการในต่างประเทศสามารถนำมาตัดสินใจถึงความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บมจ. ทีโอที	0.25	0	สอดคล้อง	4	4	มาก

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
4	ราคาค่าบริการในต่างประเทศ น่าจะนำข้อมูลมาอ้างอิง เป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจถึงความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง เป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บมจ. ทีโอที	1	0	สอดคล้อง	4	4	มาก

จากตารางที่ 4.6 ผลการศึกษา มีพิสัยระหว่างควอไทล์ระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 มีค่าไม่เกิน 1.50 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน และผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมมีค่า 0.00 ซึ่งมีค่าผลต่างไม่เกิน 1.00 แสดงว่าแนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกัน สรุปได้ว่าสภาพการแข่งขันธุรกิจ FTTx ในประเทศไทยยังเป็นลักษณะตลาดผู้แข่งขันน้อยรายจึงยังมีโอกาสเติบโตอีกมากในอนาคต และการสื่อสารทางสายมีแนวโน้มการใช้ Voice ลดลงมีการเสริมสร้างประสิทธิภาพของโครงข่ายโดยบริการเสริม (VAS-Value Added Service) มากขึ้น เช่น Triple Play IP-TV เป็นต้น ปัจจุบันหลายประเทศ มีแนวโน้มลงทุนในโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง เพื่อใช้เป็น Access Network หรือ FTTx มากขึ้นเรื่อยๆ การศึกษาเทคโนโลยีระบบ FTTx ของต่างประเทศสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับ บมจ. ทีโอที เนื่องจากระบบที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศจำนวนมาก ราคาการลงทุนจะถูกลงตามหลัก Economies of scale ส่วนราคาการให้บริการในต่างประเทศซึ่งมีหลายรูปแบบ สามารถนำมาอ้างอิงแนวทางการพิจารณาข้อมูลมาอ้างอิงส่วนหนึ่งในการตัดสินใจ ถึงความเป็นไปได้

ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ 4.7 ศึกษาผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี FTTx ในการสื่อสารข้อมูลทดแทนเทคโนโลยีเดิม ที่ผ่านระบบเคเบิลทองแดง

ข้อที่	รายการ	พิสัยระหว่างควอไทล์	ผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยม	ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ	มัธยฐาน	ฐานนิยม	ระดับค่าความเป็นไปได้
1	ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลของระบบ FTTx สามารถรองรับการใช้งานการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (High Speed) มากในอนาคต	0	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
2	สัญญาณสื่อสารในระบบ FTTx เป็นสัญญาณที่มีความน่าเชื่อถือ (Reliability) สูง	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด
3	เนื่องจากสายส่งสัญญาณที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางเป็นเส้นใยนำแสง ทำให้ไม่มีส่วนของตัวนำที่เป็นประเภทโลหะเชื่อมต่อเหมือนระบบโทรศัพท์แบบเดิม ทำให้ช่วยลดความเสี่ยงจากแรงไฟกระชาก (electrical surge) ที่อาจเกิดจากฟ้าผ่า และการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่ทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้ง่าย	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
4	เทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถออกแบบให้ ONU มีระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า ที่มีขนาดเล็ก รวมทั้งกินไฟต่ำ ซึ่งเมื่อคิดคำนวณเปรียบเทียบกับระบบโทรศัพท์เดิม ที่ต้องใช้ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุมสาย (ในขณะที่ระบบ FTTH ระบบพลังงานไฟฟ้าจะอยู่ที่บ้านผู้ใช้) กลับกลายเป็นว่าพลังงานโดยรวมที่เกิดขึ้นในระบบ FTTH กลับมีค่าน้อยกว่า	2	1	ไม่ สอดคล้อง	4	5	มาก
5	ระบบ FTTx เป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญ ช่วยทำรายได้ให้กับภาคธุรกิจผู้ประกอบการโทรคมนาคมมากขึ้นและระบบสื่อสารโทรคมนาคมที่พัฒนาถึงขั้นไร้พรมแดนด้วยระบบสื่อสารสัญญาณความเร็วสูงยิ่งทำให้ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคมมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น	1	1	สอดคล้อง	4	5	มาก

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ข้อที่	รายการ	พิสัย ระหว่าง ควอไทล์	ผลต่าง ระหว่าง มัธยฐานกับ ฐานนิยม	ความ สอดคล้อง ของ ผู้เชี่ยวชาญ	มัธย ฐาน	ฐาน นิยม	ระดับค่า ความ เป็นไปได้
6	ระบบ FTTx สามารถสนับสนุนนโยบายภาครัฐ อุตสาหกรรมการศึกษาด้วยเครือข่ายที่สามารถกำหนดคุณภาพการให้บริการ รวมถึงการประกันภัย ข้อมูลระหว่างการรับส่งและเพื่อสร้าง Value Added สูงสุดให้เกิดกับโครงข่ายเคเบิลและยกระดับการสื่อสาร ข้อมูลให้มีความเสถียรและมีความเร็ว (High Speed) มากยิ่งขึ้น	1	0	สอดคล้อง	5	5	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.7 ผลการศึกษามีพิสัยระหว่างควอไทล์ ระหว่าง 0.00 ถึง 2.00 มีค่าเกิน 1.50 จำนวน 1 ข้อ ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นไม่สอดคล้องกัน 1 ข้อคือข้อ 4 และผลต่างระหว่างมัธยฐานกับฐานนิยมมีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าผลต่างไม่เกิน 1.00 แสดงว่าแนวคิดของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกัน สรุปได้ว่า ผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี FTTx ในการสื่อสารข้อมูลทดแทนเทคโนโลยีเดิมที่สื่อสารผ่านระบบเคเบิลทองแดง สามารถรองรับการใช้งานสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (High Speed) ได้ดีในอนาคต คุณภาพมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) อุปกรณ์ทั้งต้นทางและปลายทางมีความปลอดภัยจากแรงไฟกระชาก (Electrical Surge) เพราะสายส่งสัญญาณเป็นเส้นใยแก้วนำแสง ไม่มีส่วนของตัวนำประเภทโลหะเหมือนระบบเคเบิลทองแดงที่ใช้ในโครงข่ายโทรศัพท์แบบเดิม จากเหตุผลดังกล่าวมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการเปลี่ยน

เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

นอกจากนี้มีความเป็นไปได้มากที่ระบบ FTTx จะเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์สำคัญ ที่ช่วยทำรายได้ให้กับผู้ประกอบการธุรกิจโทรคมนาคม รวมถึงธุรกิจที่เกี่ยวข้องอย่างเช่นผู้ให้บริการประเภทมัลติมีเดีย และสามารถสนับสนุนนโยบายภาครัฐ อุตสาหกรรม การศึกษา ที่ต้องการเครือข่ายคุณภาพสูง มีความปลอดภัยของข้อมูล สร้าง Value Added สูงสุดให้เกิดขึ้นกับโครงข่ายและยกระดับการสื่อสารข้อมูลให้มีความเสถียรและมีความเร็ว (High Speed) มากยิ่งขึ้น

หนึ่งในหัวข้อที่ 4 เทคโนโลยีในปัจจุบัน สามารถออกแบบให้ ONU มีระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก รวมทั้งกินไฟต่ำ ซึ่งเมื่อคิดคำนวณเปรียบเทียบกับระบบโทรศัพท์เดิมที่ต้องใช้ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุมสาย (ในขณะที่ระบบ FTTH ระบบพลังงานไฟฟ้าจะอยู่ที่บ้านผู้ใช้) กลับกลายเป็นว่าพลังงานโดยรวมที่เกิดขึ้นในระบบ FTTH กลับมีค่าน้อยกว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่สอดคล้อง โดยผู้ที่อยู่นอกพิสัยควอไทล์ให้เหตุผลสรุปได้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่เกิดขึ้นในระบบ FTTH เมื่อคิดคำนวณเปรียบเทียบกับระบบโทรศัพท์เดิมที่ต้องใช้ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุมสาย พลังงานโดยรวมที่เกิดขึ้นในระบบ FTTH กลับมีค่าน้อยกว่ายังไม่มียุทธวิธีที่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจนมากนัก

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่อง ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังต่อไปนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปสู่ผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

5.2 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จะใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งประกอบด้วย ประกอบด้วย ผู้บริหาร วิศวกร ผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ด้านสื่อสารโทรคมนาคมไม่น้อยกว่า 10 ปี ผู้เชี่ยวชาญของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) และ บริษัท CAT TELECOM โดยผู้เชี่ยวชาญในการวิจัยครั้งนี้มี จำนวนทั้งสิ้น 17 ท่าน

5.3 วิธีวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยที่นำมาใช้ในครั้งนี้ใช้การวิจัยที่เรียกว่า เทคนิคเดลฟาย (Delphi technique) ที่มุ่งแสวงหาข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และมีประสบการณ์ในระบบสื่อสารโทรคมนาคมอาศัยวิธีการอธิบายในลักษณะพรรณนา (Descriptive Research)

5.3.1 รอบที่ 1 เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่ง โครงสร้าง ซึ่งเป็นขั้นระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อเก็บรวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูล ระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงและระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง เกี่ยวกับแนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง ไปยังผู้ใช้บริการให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx (Fiber To The Curb/Building/Home/etc.)

5.3.2 รอบที่ 2 เป็นขั้นประเมินความคิดเห็น (Evaluation of Ideas) เพื่อรวบรวมและจัดความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญหรือคำตอบที่ได้จากการตอบแบบสอบถามในรอบแรก ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบประเมินค่า (Rating Scales) 5 ระดับ

5.3.3 รอบที่ 3 เป็นขั้นประเมินซ้ำ (Re – Evaluation of Ideas) เป็นการนำข้อมูลจากการสอบถาม ในรอบที่ 2 มาวิเคราะห์คำตอบด้วยการแสดงค่าทางสถิติด้วยค่ามัธยฐาน และพิสัยระหว่างควอไทล์ ลักษณะของเครื่องมือเป็นแบบสอบถามแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยใช้ข้อความเดิมจากรอบที่ 2 แต่เพิ่มตำแหน่งของค่ามัธยฐาน และพิสัยระหว่างควอไทล์ ของผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละคนลงไปด้วย

5.4 สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 คุณสมบัติของระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง ที่ส่งผลกระทบต่อ การสื่อสารข้อมูล Broadband และการลงทุน

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่า ระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่ใช้รับส่งข้อมูลผ่านคู่สายทองแดง ไปยังบ้านผู้เช่า มีขีดจำกัดของคู่สายทองแดงในการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (High Speed) ทั้งด้านคุณสมบัติพื้นฐาน ด้านคุณสมบัติทางไฟฟ้าซึ่งมีความไวต่อสัญญาณรบกวน ส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง นอกจากนี้ด้วยราคาที่สูงขึ้นมากของเคเบิลทองแดงในปัจจุบันทำให้มีต้นทุนการลงทุนและการบำรุงรักษาที่สูง แสดงว่าคุณสมบัติของระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงส่งผลกระทบต่อ การสื่อสารข้อมูล Broadband และการลงทุน มีความเป็นไปได้มากในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

ตอนที่ 2 แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกันว่า ความต้องการ Bandwidth หรือความเร็วการสื่อสารข้อมูลในปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นในอัตราก้าวกระโดด การให้บริการบนเคเบิลทองแดงไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีในเรื่องการเพิ่ม Bandwidth หรืออัตราการรับส่ง ข้อมูล (Bit Rate) ได้เร็วเท่าโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง มีผู้เชี่ยวชาญส่วนหนึ่งที่ทำให้ความเห็นอยู่นอกพิสัยควอไทล์ โดยให้เหตุผลสรุปได้ว่าปัจจุบันการออกแบบโครงข่ายระบบใยแก้วนำแสงไปถึงผู้ใช้บริการด้านเทคโนโลยีสามารถทำได้ดี แต่เป็นเทคโนโลยีที่ใหม่สำหรับประเทศไทย ยังไม่สามารถเข้ามาแทนที่โครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมได้ทั้งหมด หมายความว่ายังไม่เกิดการทดแทนเทคโนโลยี (Technology Substitutions) อย่างเต็มตัว ทั้งนี้เพราะค่าใช้จ่ายในการลงทุน

เทคโนโลยีโครงข่ายระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง โดยเฉพาะอุปกรณ์ของระบบ FTTx ยังมีราคาสูงกว่าเทคโนโลยีระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่ได้รับการเพิ่มศักยภาพโครงข่ายด้วยเทคโนโลยี ADSL ซึ่งพอที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มเดิมได้อยู่ ดังนั้นการออกแบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงไปถึงผู้ใช้บริการควรเริ่มต้นดำเนินการพื้นที่ ที่มีศักยภาพสูงก่อนถึงจะคุ้มค่าการลงทุน

ตอนที่ 3 แนวโน้มของ Telecom Industry ทางด้านการให้บริการ Broadband Internet และการขยายตัวของ Applications บน โครงข่าย Internet ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีฯ

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่า แนวโน้มของ Telecom Industry การขยายตัวของแอปพลิเคชันการใช้งานบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต การเกิดธุรกิจ Content Provider ระบบ Digital ทำให้เกิดสังคมออนไลน์มากขึ้น ทำให้ผู้บริโภคมีความต้องการเทคโนโลยีการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงมากๆ อย่างเช่น Home Networking ที่ต้องการสื่อสารหลายอย่างได้พร้อมๆ กัน แนวโน้มเทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิลทองแดงในประเทศผู้นำด้าน Broadband เริ่มเข้าสู่จุดอิ่มตัว (Technology Mature Period) ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นองค์กรผู้ประกอบการโทรคมนาคมเองก็ต้องออกแบบโครงข่ายให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นแรงผลักดันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีระบบโครงข่ายจากระบบเคเบิลทองแดงเป็นเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ

ตอนที่ 4 ผลศึกษาการให้บริการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงโดยเทคโนโลยี FTTx

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่า การให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการโดยระบบ FTTx การเลือกใช้เทคโนโลยี PON (Passive Optical fiber Network) มีข้อดีและได้รับความนิยมใช้กันมากกว่าเทคโนโลยี AON (Active Optical fiber Network) การเปรียบเทียบความเร็วของการสื่อสารข้อมูล ของการให้บริการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงโดยเทคโนโลยี FTTx กับระบบเคเบิลทองแดงโดยเทคโนโลยี xDSL ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นว่าเป็นไปได้มากที่ ราคาค่าใช้จ่ายต่อหน่วยข้อมูล จำนวนบาท ต่อข้อมูล 1 Mbps และ อร์รตประโยชน์ (Utility) ที่ได้รับ ระบบ FTTx จะมีมากกว่าระบบที่ใช้เคเบิลทองแดง มีผู้เชี่ยวชาญบางส่วนให้ความเห็นอยู่นอกพิสัยควอไทล์โดยให้เหตุผลสรุปได้ว่า ในปัจจุบันการให้บริการสื่อสารผ่านเคเบิลใยแก้วนำแสงโดยเทคโนโลยี FTTx ยังมีราคาสูง (High System Cost) โดยเฉพาะเมื่อเปรียบกับระบบเคเบิลทองแดงโดยเทคโนโลยี xDSL และบริการด้านเนื้อหา (Content) ที่ให้บริการยังมีไม่มากนัก ดังนั้น อร์รตประโยชน์ (Utility) ที่ได้รับจาก ระบบ FTTx ยังมีไม่มากนัก อาจจะไม่มีแรงจูงใจที่มากพอ ให้ผู้ใช้ยกเลิกบริการเดิม อย่างเช่น ADSL Internet หรือ Cable TV ระบบเดิม

แล้วหันมาใช้บริการ FTTx การให้บริการจะต้องคำนึงถึงความสามารถของผู้ให้บริการ ที่จะจ่ายค่าบริการเพิ่มขึ้น

ดังนั้นความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีฯ จะมีสูง เมื่อสามารถออกแบบโครงข่าย FTTx ได้เหมาะสมกับลูกค้า รวมทั้งบริการด้านเนื้อหา (Content) บนโครงข่าย FTTx ต้องตอบสนองความต้องการลูกค้าแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสม และค่าบริการต้องไม่แพงกว่าค่าบริการระบบเดิม (ADSL Internet หรือ Cable TV) มากนัก

ตอนที่ 5 ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบหรือกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเคเบิลทองแดงด้วยระบบใยแก้วนำแสง

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบหรือกระตุ้นให้เกิดความเป็นไปได้ของเปลี่ยนแปลงระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเคเบิลทองแดงด้วยระบบใยแก้วนำแสงมากที่สุดคือ แรงผลักดันของ Technology และ Market (Technology Push & Market Pull) จากการขยายตัวอย่างมากของการสื่อสาร Internet การใช้งานรับส่งข้อมูลจำนวนมากและความเร็วสูง (High Speed Broadband) ที่ระดับองค์กรธุรกิจ และบุคคล

นอกจากนี้ข้อจำกัดของผู้ให้บริการโทรคมนาคม ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ภายในเขตเมืองใหญ่หรือแหล่งชุมชนที่มีการจราจรหนาแน่น มีการห้ามขุดทางเท้าเพื่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิล Infrastructure ของหน่วยงานสาธารณสุขโลก เช่น การไฟฟ้า โทรศัพท ท่อระบายน้ำ มีความจำกัดในการใช้พื้นที่ร่วมกัน บางครั้งแนวสายโทรศัพท์ต้องอยู่ใกล้แนวสายไฟฟ้ามาก ทำให้เกิดการรบกวนต่อการสื่อสารข้อมูลที่ผ่านเคเบิลทองแดง การเลือกใช้เคเบิลใยแก้วนำแสง ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสัญญาณรบกวนก็เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบหรือกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเคเบิลทองแดงด้วยระบบใยแก้วนำแสง

ตอนที่ 6 แนวโน้มธุรกิจของระบบ FTTx จากปัจจัยแวดล้อมทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันว่า สภาพการแข่งขันธุรกิจ FTTx ในประเทศไทย ยังเป็นลักษณะตลาดผู้แข่งขันน้อยรายจึงยังมีโอกาสเติบโตอีกมากในอนาคต เนื่องจากการสื่อสารทางสายมีแนวโน้มการใช้ Voice ลดลง มีบริการเสริม (VAS-Value Added Service) มากขึ้น เช่น Triple Play IP-TV เป็นต้น ดังนั้นต้องมีการเสริมสร้างประสิทธิภาพของโครงข่ายเพื่อรองรับหลายประเทศ มีแนวโน้มลงทุนในโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง เพื่อใช้เป็น Access Network หรือ FTTx แพร่หลายมากขึ้น ทำให้เกิด Economies of scale ของการลงทุน การศึกษาเทคโนโลยีระบบ FTTx ของต่างประเทศสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับ บมจ.

ทีโอที สิ่งเหล่านี้สามารถนำมาอ้างอิงแนวทางการพิจารณาเป็นข้อมูลอ้างอิงส่วนหนึ่งในการตัดสินใจถึงความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูล จากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

ตอนที่ 7 ศึกษาผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี FTTx ในการสื่อสารข้อมูลทดแทนเทคโนโลยี เคเบิลใยแก้วนำแสง

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกันว่า ผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี FTTx ในการสื่อสารข้อมูลทดแทนเทคโนโลยีเคเบิลใยแก้วนำแสงที่สื่อสารผ่านระบบเคเบิลทองแดง สามารถรองรับการใช้งานสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (High Speed) ได้ดีในอนาคต คุณภาพมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) อุปกรณ์ทั้งต้นทางและปลายทางมีความปลอดภัยจากแรงไฟกระชาก (Electrical Surge) เพราะสายส่งสัญญาณเป็นเส้นใยแก้วนำแสง ไม่มีส่วนของตัวนำประเภทโลหะเหมือนระบบเคเบิลทองแดงที่ใช้ในโครงข่ายโทรศัพท์แบบเดิม

นอกจากนี้มีความเป็นไปได้มากที่ระบบ FTTx จะเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์สำคัญ ที่ช่วยทำรายได้ให้กับผู้ประกอบการธุรกิจโทรคมนาคม รวมถึงธุรกิจที่เกี่ยวข้องอย่างเช่นผู้ให้บริการประเภทมัลติมีเดีย และสามารถสนับสนุนนโยบายภาครัฐ อุตสาหกรรม การศึกษา ที่ต้องการเครือข่ายคุณภาพสูง มีความปลอดภัยของข้อมูล ยกเว้นการสื่อสารข้อมูลให้มีความเสถียรและมีความเร็ว (High Speed) มากยิ่งขึ้น

ในส่วนผลที่ได้รับเรื่องของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากเทคโนโลยีในปัจจุบัน ที่สามารถออกแบบให้ ONU มีระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก รวมทั้งกินไฟต่ำ ซึ่งเมื่อคิดคำนวณเปรียบเทียบกับระบบโทรศัพท์เดิม ต้องใช้ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุมสาย มีผู้เชี่ยวชาญส่วนหนึ่งที่ให้ความเห็นอยู่นอกพิสัยควอไทล์ โดยให้เหตุผลสรุปได้ว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่เกิดขึ้นในระบบ FTTH เมื่อคิดคำนวณเปรียบเทียบกับระบบโทรศัพท์เดิม ที่ต้องใช้ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุมสายพลังงาน โดยรวมที่เกิดขึ้นในระบบ FTTH กลับมีค่าน้อยกว่านั้น ยังไม่มีผลสรุปที่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจนมากนัก

5.5 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้เน้นทางด้านเทคโนโลยีเป็นหลัก ที่จะนำมาทดแทนระบบเคเบิลทองแดง ซึ่งพบว่าระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิมที่ใช้รับส่งข้อมูลผ่านคู่สายทองแดงไปยังบ้านผู้เช่ามีขีดจำกัดของคู่สายทองแดงในการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (High Speed) ทำให้เทคโนโลยีเคเบิลใยแก้วนำแสงระบบ FTTx มาทดแทนมีความเป็นไปได้สูงและสามารถทำได้ดี แต่ในปัจจุบัน บมจ. ทีโอที ยังมีโครงข่ายที่เป็นเคเบิลทองแดงให้บริการอยู่จำนวนมาก ความต้อง

หรือพฤติกรรมของผู้บริโภคในการติดต่อสื่อสารในแต่ละพื้นที่ของประเทศยังคงมีความแตกต่างกันอยู่ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาเพิ่มหลายๆ ด้าน คือ

1) ด้านเศรษฐศาสตร์ การลงทุนเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีฯ ต้องใช้เงินทุนจำนวนมากในการดำเนินการถ้าทำพร้อมกันทั่วประเทศ ดังนั้นควรพิจารณาโดยแบ่งพื้นที่ให้บริการและดูความน่าจะเป็นของแต่ละพื้นที่ พื้นที่เดิมที่เป็นระบบของข่ายสายเคเบิลทองแดง ก็ต้องพิจารณาปรับใช้อุปกรณ์เดิมให้ใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุดแล้วค่อยๆปรับเปลี่ยนเป็นระบบข่ายสายใยแก้วนำแสง ดังนั้นการปรับเปลี่ยนแต่ละพื้นที่ต้องคำนึงความสามารถของผู้ให้บริการที่จะจ่ายค่าบริการเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงยังคงจำเป็นต้องมีโครงข่ายหลายแบบ

2) ด้านบริการที่จะนำมาให้บริการบนโครงข่าย FTTx ผู้ประกอบการจะต้องหาบริการใหม่ๆมาให้บริการอย่างหลากหลายตรงตามความต้องการของผู้ใช้บริการในหลายๆกลุ่ม ควรมีการประชาสัมพันธ์และทำความเข้าใจเรื่องคุณภาพ ข้อดีและประโยชน์ของระบบ FTTx ต่อผู้บริการกลุ่มต่างๆ เพื่อจะได้ตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่ละกลุ่มได้ตรงตามเป้าหมาย

3) ด้านราคาการให้บริการ ต้องสามารถทำให้อัตราค่าบริการมีราคาที่ถูกลงมาเป็นอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับโครงข่ายระบบเคเบิลทองแดง จึงจะเป็นจุดที่จะจูงใจผู้ให้บริการให้มีมากขึ้นในการบริการระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง และการวางโครงข่ายระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงควรทำคู่ขนานกับการออกแบบ Content หรือ Applications ต่างๆ เพื่อดึงดูดใจผู้บริการ ดังนั้น บมจ. ทีโอที ในฐานะที่เป็นผู้ให้บริการโครงข่าย ควรที่จะเร่งหาพันธมิตรทางธุรกิจที่มีประสบการณ์ความเชี่ยวชาญในการผลิต Digital Content และ Applications เพื่อให้บริการแก่ลูกค้าได้ครบวงจร

4) ด้านธุรกิจ ควรศึกษาปัจจัยภายนอกเพิ่มเติม เช่น โอกาส อุปสรรค พฤติกรรมความต้องการใช้งานของผู้บริโภค โดยการสำรวจพฤติกรรมความต้องการใช้งานของผู้บริโภคแต่ละพื้นที่ หรือการนำทฤษฎีอย่าง Five Force Model ในการวิเคราะห์ปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพการแข่งขันในอุตสาหกรรม อำนาจการต่อรองของ Suppliers และลูกค้า การคุกคามจากผู้แข่งรายใหม่ (New Entrant) และภัยจากสินค้าทดแทน (Product Substitution) อย่างระบบไร้สายเช่น 3G Mobile หรือ WIMAX ทั้งนี้เพื่อให้การเปลี่ยนเทคโนโลยีฯ บรรลุเป้าหมายทางธุรกิจ

5) ด้านการสนับสนุนโดยภาครัฐ และ Regulator แนวโน้มในหลายประเทศมีนโยบายผลักดันและให้การสนับสนุนโดยภาครัฐ ช่วยให้เกิดระบบ FTTx ได้เร็วและทั่วถึงมากขึ้น ถ้าภาครัฐไม่ผลักดันก็จะมีโอกาสเกิดขึ้นเฉพาะในกลุ่มที่คุ้มค่าทางธุรกิจก่อนแล้วค่อยๆ ขยายออกไปตามเวลาที่อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ FTTx มีราคาถูกลง ซึ่งยังคงต้องใช้เวลาพอสมควร

6) ด้านบุคลากร ควรมีการเตรียมด้านบุคลากรเพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ของระบบ FTTx ให้มีความรู้ ความสามารถ ความเชี่ยวชาญในการติดตั้ง การควบคุมระบบ การบำรุงรักษา เพราะโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงต้องใช้บุคลากรที่ต้องได้รับการอบรม ศึกษาพิเศษ ให้เพียงพอ เพื่อให้สามารถรองรับการดำเนินงานด้านต่างๆ ได้ทันทั่วถึง

5.6 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อเนื่อง

งานวิจัยฉบับนี้เน้นการเปรียบเทียบทางด้านเทคโนโลยีเป็นหลัก ที่จะนำระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงมาทดแทนระบบเคเบิลทองแดง อาจจะพบว่าไม่ใช่งานวิจัยที่ครบทุกด้าน แต่เป็นงานวิจัยที่ผู้วิจัยเห็นว่ามีความน่าสนใจในการเปรียบเทียบเทคโนโลยีทั้งสองระบบ และสามารถเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยการให้บริการในครั้งต่อไป ดังนั้นจึงควรมีการวิจัยเพิ่มเติมในหลายๆ ด้าน ทั้งนี้การวิจัยครั้งต่อไปในอนาคต ควรมีการวิจัยถึงตัวแปรอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ เช่น พฤติกรรมความต้องการของผู้บริโภค Life style ของบุคคลในการใช้สื่อสารข้อมูลและเทคโนโลยี การศึกษาเรื่อง Contents และ Applications ต่างๆ ที่จะรองรับการให้บริการโครงข่าย FTTx ตลอดจนประเด็นส่วนผสมทางการตลาด คือในเรื่องของ Product (ผลิตภัณฑ์) Price (ราคา) Place (สถานที่ในการจัดจำหน่าย) People (บุคลากร) Process (กระบวนการ) Physical evidence (ภาพลักษณ์) และ Partnership (สัมพันธภาพ) จะทำให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีฯ ได้ครบทุกด้าน ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีประโยชน์อย่างยิ่งในโอกาสต่อไป

กรม
การ
การ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุ โขติ วุฒิพรพงษ์. (2543). **เจาะระบบ Network ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ : ไอดีซี อินโฟ คิสทริบิวเตอร์ เซนเตอร์.

ปรีชา ยุพาพิน. (2541). **เครือข่ายใยแก้วนำแสง**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วาสนา สุขกระสานดี. (2540). **โลกของคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อริคม ฤกษ์บุตร. (2546). **เส้นใยแก้วและการประยุกต์ใช้งานเบื้องต้น** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ซีดับลิชี่ พรินต์ติ้ง.

บทความ

ส่วนนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. (มิถุนายน 2548). “Fiber To The Home (FTTH).” **บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)**.

อรอนงค์ คำยอง และ กุลธิดา อรรถวิทยากุล. (2552). “FTTH – Fiber To The Home.” **บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่**.

วิทยานิพนธ์

พิพัฒน์ จงรักวิทย์. (2547). **การศึกษาความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนโครงข่ายโทรศัพท์เคเบิลทองแดงด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสง** กรณีศึกษา : บมจ. ทศท. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการ โทรคมนาคม. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยนวัตกรรมอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุรชัย อัครกะภิญโญ. (2548). การศึกษาการใช้เทคโนโลยี Optical Fiber Cable ร่วมกับอุปกรณ์ Digital Loop Carrier (DLC) ทดแทนเคเบิลทองแดง เพื่อเพิ่มศักยภาพการให้บริการด้านสื่อสารข้อมูล. การค้นคว้าอิสระปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการ โทรคมนาคม. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยนวัตกรรมการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

Web Master. (2551, 17 สิงหาคม). **ประชุมบทแห่งการเรียนรู้สู่เทคโนโลยี FTTH ตอนที่ 1** สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2552, จากเว็บไซต์ เทเลคอมเจอนัล
http://www.telecomjournal.net/index.php?option=com_content&task=view&id=848&Itemid=37

Web Master. (2551, 22 สิงหาคม). **ประชุมบทแห่งการเรียนรู้สู่เทคโนโลยี FTTH ตอนที่ 2** สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2552, จากเว็บไซต์ เทเลคอมเจอนัล
http://www.telecomjournal.net/index.php?option=com_content&task=view&id=879&Itemid=37

Web Master. (2551, 28 สิงหาคม) **ประชุมบทแห่งการเรียนรู้สู่เทคโนโลยี FTTH ตอนที่ 3** สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2552, จากเว็บไซต์เทเลคอมเจอนัล
http://www.telecomjournal.net/index.php?option=com_content&task=view&id=858&Itemid=37

Web Master. (2551, 6 กันยายน) **ประชุมบทแห่งการเรียนรู้สู่เทคโนโลยี FTTH ตอนที่ 4** สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2552, จากเว็บไซต์เทเลคอมเจอนัล
http://www.telecomjournal.net/index.php?option=com_content&task=view&id=958&Itemid=37

Web Master. (2551, 15 กันยายน) **ประชุมบทแห่งการเรียนรู้สู่เทคโนโลยี FTTH ตอนจบ** สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2552, จากเว็บไซต์เทเลคอมเจอนัล
http://www.telecomjournal.net/index.php?option=com_content&task=view&id=984&Itemid=37

อริคม ฤกษ์บุตร. (2550). FTTH – Fiber to the home. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2551, จาก http://www.eng.mut.ac.th/upload_file/article/398.pdf

ภาษาต่างประเทศ

BOOKS

GERD KEISER. (2006). **FTTx Concepts and Applications**. New jersey: John Wiley & Sons Inc.


ELECTRONIC SOURCES

Architecture &Technology. Point-to-point Architecture for FTTH Deployments. Retrieved September,15, 2009, from **[http:// www.ftthcouncil.org](http://www.ftthcouncil.org)**

Scott P. Frederick. Corning Optical Fiber, An Overview of Fiber to the Home and Home Developers. Retrieved August ,20, 2009, From **<http://www.broadbandproperties.com>**.

ด
ร
ค
น
ว

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.

แบบสอบถามที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องมือในการวิจัย

แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ

ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

คำชี้แจง

แบบสอบถามรอบที่ 2 นี้เป็นความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้จากการสัมภาษณ์กึ่งสอบถามในรอบที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยได้พยายามที่จะคงรูปแบบสำคัญของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญไว้ อีกทั้งได้ลดความซ้ำซ้อนของข้อความที่เรียบร้อยแล้ว วัตถุประสงค์สำคัญในการตอบแบบสอบถามรอบที่ 2 เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นที่ท่านเห็นว่าเป็น ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) เป็นเช่นไร โดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

- 5 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้มากที่สุด หรือเห็นด้วยมากที่สุด
- 4 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้มาก หรือเห็นด้วยมาก
- 3 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้ปานกลาง หรือเห็นด้วยปานกลาง
- 2 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้น้อย หรือเห็นด้วยน้อย
- 1 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้น้อยที่สุด หรือเห็นด้วยน้อยที่สุด

การศึกษาครั้งนี้จะสำเร็จได้ด้วย การได้รับความร่วมมือจากท่านผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งคำตอบของท่าน จะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการศึกษาวิจัยในเชิงวิชาการ ซึ่งจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่าน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านในการแสดงความคิดเห็น และความคิดเห็นของท่านจะไม่ถูกนำไปเปิดเผย ณ ที่ใด แต่จะใช้เป็นข้อมูลพิจารณาร่วมกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญอื่นๆ และแปลผลความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณท่านที่ได้กรุณาแสดงความคิดเห็นที่ทรงคุณค่าในการสอบถามครั้งนี้

นายกิติ บัวเพชร

นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาการจัดการ โทรคมนาคม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็น
ระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

คำชี้แจง : โปรดกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างด้านขวามือที่กำหนด

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>1. คุณสมบัติของระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงที่ส่งผลกระทบต่อ การสื่อสารข้อมูล Broadband และการลงทุน</p> <p>1.1 ค่าความต้านทานระหว่างตัวนำ (Loop Resistance) ซึ่งเป็นการสูญเสียกำลังของสัญญาณที่ส่งเข้าไปในคู่สายโทรศัพท์ (Line Loss)</p> <p>1.2 คาปาซิแตนซ์ในเคเบิล (Mutual Capacitance, C) ซึ่งเป็นการสูญเสียกำลังของสัญญาณ ณ ความถี่ต่างๆ (Insertion Loss)</p> <p>1.3 การ Coupling สัญญาณรบกวนจากวงจรหนึ่ง ไปสู่อีกวงจรหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง (Crosstalk)</p> <p>1.4 สัญญาณรบกวน (Noise) ทั้ง ด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference, EMI) และสัญญาณวิทยุ(Radio Frequency Interference, RFI)</p> <p>1.5 ขนาดและน้ำหนักของเคเบิลทองแดงมีขนาดใหญ่ และหนักทำให้เปลืองท่อร้อยสายและมีค่าใช้จ่ายด้านงานโยธาสูง</p> <p>1.6 สายตัวนำสัญญาณเป็นโลหะมีโอกาสขึ้นสนิม ผุกร่อน และอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพสัญญาณ</p> <p>1.7 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบเคเบิลทองแดง มีโอกาสเสียหายจากไฟฟ้ากระชาก (Electrical Surge) ที่เกิดจากฟ้าผ่าและไฟฟ้าเหนี่ยวนำ</p> <p>1.8 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital Expenses, CAPEX) และการบำรุงรักษา (Operational Expenses, OPEX) ต้องใช้เงินทุนมากกว่า</p> <p>1.9 ระบบ DSL (Digital Subscriber Line) ที่ให้บริการบนคู่สายทองแดงในปัจจุบันเป็นเทคโนโลยีที่แปรผกผันกับระยะทางถ้าผู้ใช้ อยู่ห่างจากชุมสายที่ให้บริการมาก คุณภาพและความเร็วในการใช้ Internet จะต่ำ</p> <p>1.10 การนำบริการ Content Multimedia ใหม่ ๆ มาสร้างมูลค่าเพิ่มบนระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงทำได้จำกัด เพราะการสื่อสารผ่านคู่สายทองแดงมี Bandwidth แคบ</p> <p>1.11 ข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าในระบบสายส่งทองแดง สามารถทำการ ลักลอบต่อพ่วง (Tapping) ได้ง่าย ทำให้การสื่อสารข้อมูล ไม่มีความปลอดภัย ไม่น่าเชื่อถือ</p>					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>2. แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ</p> <p>2.1 ปัจจุบันความต้องการ Bandwidth หรือ ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลมีแนวโน้มสูงขึ้นมาก จึงทำให้มีแนวคิดการออกแบบระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง ให้ส่งตรงถึงผู้ใช้บริการเพื่อรองรับ High Bandwidth และบริการใหม่ๆ</p> <p>2.2 การออกแบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงไปถึงผู้ใช้บริการเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับประเทศไทยควรเริ่มต้นดำเนินการพื้นที่ ที่มีศักยภาพสูงก่อน เช่น หมู่บ้านขนาดใหญ่ นิคมอุตสาหกรรมและอาคารย่านธุรกิจที่เกิดขึ้นใหม่</p> <p>2.3 แม้ว่าระบบ ADSL/HDSL/VDSL ยังสามารถให้บริการได้อยู่ แต่เมื่อเทียบกับอัตราการเจริญเติบโตของผู้ให้บริการ Internet ประกอบกับความต้องการสื่อสารข้อมูลในหลายรูปแบบ โดยเฉพาะข้อมูลที่เป็นสัญญาณภาพต่อเนื่อง (Real time) ความเร็วของระบบ xDSL (x หมายถึง A/H/V) ที่สามารถตอบสนองได้ดูช้าเกินไป</p> <p>2.4 ปัจจุบันโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง มีแนวโน้ม ที่จะเข้ามาแทนที่ในเขตทองแดงมากขึ้น อันเนื่องมาจากเทคโนโลยีและราคาของเคเบิลใยแก้วนำแสง มีราคาถูกลงมามากสวนทางกับราคาทองแดง ที่นับวันจะสูงขึ้นเรื่อยๆ</p> <p>2.5 เนื่องจากเคเบิลทองแดงมีขีดจำกัดในตัวคู่สายทองแดงเอง จึงทำให้เคเบิลทองแดงไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีในเรื่อง Bandwidth หรือ Bit Rate ได้เร็วเท่ากับโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง</p> <p>2.6 การพัฒนาระบบ FTTx ในปัจจุบัน ทำให้การออกแบบข่ายสาย(Out Side Plant Network Design) มีความยืดหยุ่นในใช้งานง่าย คล้ายกับการออกแบบข่ายสายทองแดง อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีราคาถูกลงมาก อันเนื่องมาจากการมีใช้แพร่หลายในต่างประเทศทำให้เกิด Economies of Scale (การผลิตจำนวนมาก จะทำให้ต้นทุนต่ำลง)</p> <p>2.7 แม้ Optical cable ปัจจุบันราคาจะถูกลงมามาก แต่อุปกรณ์ประกอบของระบบ FTTx เช่น OLT (Optical Line Terminal) ONU (Optical Network Unit) และ ONT (Optical Network Terminal) ยังมีราคาสูงกว่าระบบ xDSL เดิม จะทำให้ราคาต่อพอร์ตของผู้ประกอบการจะยังคงสูงกว่าการลงทุนระบบเดิม จึงต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆประกอบด้วย คือ พฤติกรรมความต้องการลูกค้า ราคาต่อพอร์ตที่ยอมรับได้กับ Bandwidth ที่ได้รับและความคุ้มทุนระหว่างสองระบบที่จะลงทุนแต่ละพื้นที่</p>					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>3. แนวโน้มของ Telecom Industry ทางด้านการให้บริการBroadband Internet และการขยายตัวของ Applications บนโครงข่าย Internet</p> <p>3.1 แนวโน้มของ Telecom Industry การขยายตัวของแอปพลิเคชันการใช้งานบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้กระแสความต้องการ (Demand) Bandwidth ของผู้บริโภค จะมีสูงกว่าขีดความสามารถในการให้บริการ (Supply) ของวงจรสื่อสารแบบ DSL ซึ่งยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของอัตราเร็วที่แปรผกผันกับระยะทางค่อนข้างมาก</p> <p>3.2 แม้ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา กระแสความตื่นตัวและพัฒนาการของเทคโนโลยีโครงข่ายสื่อสารไร้สาย ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยี IEEE 802.11x (Wireless LAN) หรือเทคโนโลยีโครงข่ายสื่อสารในลักษณะของเซลล์ลูลาร์อย่างโครงข่าย 3G หรือ WiMAX ในการเป็นทางเลือกของการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูง แต่ข้อจำกัดของการสื่อสารโดยผ่านทางคลื่นวิทยุความถี่ต่างๆของโครงข่ายสื่อสารไร้สาย โดยเฉพาะการจัดสรรช่องสัญญาณ หรือ Bandwidth ทางความถี่ของเทคโนโลยีเหล่านั้นก็เป็นสิ่งที่ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงมาก ๆ อย่าง Home Networking ได้</p> <p>3.3 ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม S-Curve ที่แสดงความก้าวหน้า ของเทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิลทองแดงในประเทศผู้นำด้าน Broadband เริ่มเข้าสู่จุดอิ่มตัว(Technology Mature Period) ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง ที่มี S-Curve กำลังดำเนินการอย่างต่อเนื่องในช่วงการพัฒนาขีดความสามารถทางเทคโนโลยี (Technology - Improvement Period) ทำให้สร้าง Bandwidth ได้จำนวนมาก และมีประสิทธิภาพดีกว่าเทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลทองแดงมาก</p> <p>3.4 ผู้ให้บริการโทรศัพท์พื้นฐานประจำที่ (Fixed line) จะต้องปรับเปลี่ยนโครงข่ายเป็น NGN (Next Generation Network) เพื่อรองรับ Data และ Multimedia traffic การลงทุน FTTx เพื่อใช้เป็น Access Network เป็นการลงทุนที่คุ้มค่า สามารถรองรับ TV/Video streaming และการใช้โทรศัพท์ที่พร้อมกันในเวลาเดียวกัน</p> <p>3.5 ผู้ให้บริการควรต้องมีความพร้อมของ Content ที่จะให้บริการบนโครงข่าย FTTx ก่อนการลงทุนวางระบบใหม่</p>					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
3.6 ในอนาคตแนวโน้มการเกิดธุรกิจ Content Provider ระบบ Digital จะทำให้เกิดสังคมออนไลน์มากขึ้น ซึ่งจะผลักดันให้ระบบ FTTx เกิดความแพร่หลายได้มากขึ้น					
3.7 สำหรับแรงผลักดันทางด้านอื่นๆ ในการเปลี่ยนโครงข่ายโทรศัพท์เคเบิลทองแดงด้วยโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง นอกจากความต้องการ Bandwidth แล้ว ยังมีเรื่องเกี่ยวกับแรงผลักดันภายในองค์กร ที่ต้องการออกแบบโครงข่าย (Network Design) ให้มีศักยภาพ เลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมลงตัว ทั้งการสร้างภาพลักษณ์ของบริษัทให้เป็นองค์กรที่มีวิวัฒนาการเทคโนโลยี (Technology Evolution)					
4. การให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงโดยเทคโนโลยี FTTx					
4.1 การให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx สามารถใช้เทคโนโลยี AON (Active Optical fiber Network) และ PON (Passive Optical fiber Network) แต่ที่ได้รับความนิยมและใช้กันมากคือระบบ PON					
4.2 ระบบ PON ไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์ประเภท Active กลางทางทำให้ลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาได้ (Operation Cost Expense , OPEX)					
4.3 ระบบ PON สามารถลดค่าใช้จ่ายต้นทุนและค่าใช้จ่ายดำเนินงาน สำหรับงานข่ายสาย (Outside Plant) ได้					
4.4 ระบบ PON สะดวกในการปรับปรุง (Upgrade) หรือเพิ่มบริการใหม่ๆ เนื่องจากการดำเนินการทำที่ปลายทางโครงข่ายและเลือกตามกลุ่มลูกค้าได้					
4.5 เมื่อเปรียบเทียบความเร็วของการสื่อสารข้อมูล กับราคาการให้บริการซึ่งอาจจะสูงกว่าระบบ xDSL แต่จะพบว่า ราคาค่าใช้จ่ายต่อหน่วยข้อมูล จำนวนบาทต่อข้อมูล 1 Mbps และ ธรรมดาประโยชน์ (Utility) ที่ได้รับ ระบบ FTTx จะถูกกว่าระบบที่ใช้เคเบิลทองแดง					
4.6 แม้ว่าด้านเทคโนโลยี FTTx มีศักยภาพสูง ที่จะมาทดแทนระบบเคเบิลทองแดง อย่างเช่น xDSL ต้องให้บริการด้วยราคาที่เหมาะสมด้วยจึงจะสามารถทำให้ระบบ FTTx เกิดขึ้นอย่างแพร่หลายได้					
4.7 เคเบิลใยแก้วนำแสงมักมีอายุการใช้งานอย่างน้อย 25 ปี ขึ้นไป ในสภาพการใช้งานปกติ ถือว่านานพอที่จะทำให้ผู้ใช้บริการเกิดความมั่นใจในการใช้งานระบบ FTTx					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>5. ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบหรือกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเคเบิลทองแดงด้วยระบบใยแก้วนำแสง</p> <p>5.1 แรงผลักดันของ Technology และ Market (Technology Push & Market Pull) ทำให้เกิดการขยายตัวของ Internet Broadband อย่างมาก</p> <p>5.2 การใช้งานรับส่งข้อมูลจำนวนมากและความเร็วสูง (High speed -Broadband) ที่ระดับบุคคลและองค์กรธุรกิจ เป็นตัวผลักดันสำคัญที่ทำให้ผู้ประกอบการโทรคมนาคม Fixed line ต้องพิจารณาขีดความสามารถของเทคโนโลยีผ่านระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิม</p> <p>5.3 โครงข่าย Access Network ของ บมจ.ทีโอที เดิมเป็นระบบเคเบิลทองแดงที่ออกแบบมาเพื่อให้บริการทางด้านเสียง(Voice)เป็นหลัก ดังนั้นจำเป็นต้องหาแนวทางที่ดีที่สุดตามความเหมาะสมของพฤติกรรมของลูกค้า โดยใช้ระบบทองแดงร่วมกับระบบ FTTx ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้สูงสุด</p> <p>5.4 ข้อจำกัดของผู้ให้บริการโทรคมนาคมในประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ภายในเขตเมืองใหญ่หรือแหล่งชุมชนหนาแน่น ที่มีการจราจรหนาแน่น มีการห้ามขุดทางเท้า เพื่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิลโทรศัพท์ใต้ดิน การทดแทนเคเบิลทองแดงด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงที่มีขนาดเล็กและเบากว่าจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด</p> <p>5.5 การขาดการวางแผนผังเมืองที่ดีตั้งแต่ต้น เช่น บางพื้นที่ทางเท้าแคบทำให้ Infrastructure ของหน่วยงานสาธารณูปโภค เช่น การไฟฟ้า โทรศัพท์ ท่อระบายน้ำ มีความจำกัดในการใช้พื้นที่ร่วมกัน บางครั้งแนวสายโทรศัพท์ต้องอยู่ใกล้แนวสายไฟฟ้ามาก ทำให้เกิดการรบกวนต่อการสื่อสารข้อมูลที่ผ่านเคเบิลทองแดง การเลือกใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสัญญาณรบกวน จึงมีความน่าจะเป็นไปได้มาก</p> <p>5.6 นโยบายภาครัฐด้านเทคโนโลยีและการสื่อสาร (ICT) ส่งเสริมให้มีการใช้ Internet Broadband มาก เช่น โครงการ IT City เป็นต้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีฯ</p> <p>5.7 การสร้างศักยภาพการแข่งขัน (Competitive Advantage) จากการเปิดเสรีโทรคมนาคม จึงต้องพยายามศึกษาแนวทางความเป็นไปได้ที่จะสร้างโครงข่ายใหม่ ที่มีศักยภาพที่ดีกว่าเดิมและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม คุ่มค่าการลงทุน</p>					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>6. แนวโน้มธุรกิจของระบบ FTTx จากปัจจัยแวดล้อมทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ</p> <p>6.1 สภาพการแข่งขันธุรกิจ FTTx ในประเทศไทยยังเป็นลักษณะตลาดผู้แข่งขันน้อยรายจึงยังมีโอกาสเติบโตอีกมากในอนาคต</p> <p>6.2 การศึกษาเทคโนโลยีระบบ FTTx ของต่างประเทศสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับ บมจ.ทีโอที ได้</p> <p>6.3 แนวโน้มการให้บริการในต่างประเทศ สามารถนำมาตัดสินใจถึงความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บมจ.ทีโอที</p> <p>6.4 ราคาค่าบริการในต่างประเทศ น่าจะนำข้อมูลมาอ้างอิงส่วนหนึ่งในการตัดสินใจถึงความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บมจ.ทีโอที</p>					
<p>7. ผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี FTTx ในการสื่อสารข้อมูลทดแทนเทคโนโลยี เดิม ที่ผ่านระบบเคเบิลทองแดง</p> <p>7.1 ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลของระบบ FTTx สามารถรองรับการใช้งานการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง(High Speed) มากในอนาคต</p> <p>7.2 สัญญาณสื่อสารในระบบ FTTx เป็นสัญญาณที่มีความน่าเชื่อถือ(Reliability) สูง</p> <p>7.3 เนื่องจากสายส่งสัญญาณ ที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางเป็นเส้นใยนำแสง ทำให้ไม่มีส่วนของตัวนำที่เป็นประเภทโลหะเชื่อมต่อเหมือนระบบโทรศัพท์แบบเดิม ทำให้ช่วยลดความเสี่ยงจากแรงไฟกระชาก (electrical surge) ที่อาจเกิดจากฟ้าผ่า และการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ที่ทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้ง่าย</p> <p>7.4 เทคโนโลยีในปัจจุบัน สามารถออกแบบให้ ONU มีระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า ที่มีขนาดเล็ก รวมทั้งกินไฟต่ำ ซึ่งเมื่อคิดคำนวณเปรียบเทียบกับระบบ โทรศัพท์ เดิม ที่ต้องใช้ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุมสาย (ในขณะที่ระบบ FTTH ระบบพลังงานไฟฟ้าจะอยู่ที่บ้านผู้ใช้) กลับกลายเป็นว่าพลังงานโดยรวมที่เกิดขึ้นในระบบ FTTH กลับมีค่าน้อยกว่า</p>					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
7.5 ระบบ FTTx เป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญ ที่ช่วยทำรายได้ให้กับภาคธุรกิจผู้ประกอบการ โทรคมนาคมมากขึ้น ระบบสื่อสารโทรคมนาคมที่พัฒนาถึงขั้นไร้พรมแดนด้วยระบบสื่อสารความเร็วสูง ยิ่งทำให้ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคมมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น					
7.6 ระบบ FTTx สามารถสนับสนุนนโยบายภาครัฐ อุตสาหกรรม การศึกษา ด้วยเครือข่ายที่สามารถกำหนดคุณภาพการให้บริการ รวมถึงการประกันภัยข้อมูลระหว่างการรับส่งและเพื่อสร้าง Value Added สูงสุดให้เกิดกับโครงข่ายเคเบิลและยกระดับการสื่อสารข้อมูลให้มีความเสถียรและมีความเร็ว (High Speed) มากยิ่งขึ้น					

ข้อเสนอแนะ

ท่านมีความเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดง เป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ ในปัจจุบันและอนาคตอย่างไรบ้างนอกเหนือจากแบบสอบถามนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

นายกิติ บัวเพชร

โทร 02 5057458 , 081 8445525

E mail : kitibu@tot.co.th

แบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ

ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

คำชี้แจง

ในแบบสอบถามรอบที่ 3 นี้เป็นการทบทวนความคิดเห็นของท่านผู้เชี่ยวชาญ โดยหากท่านยังคงยืนยันคำตอบเดิมก็ให้คงคำตอบเช่นเดิมในแบบสอบถาม หรือหากท่านต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบใหม่ ให้ท่านทำเครื่องหมายลงในช่องน้ำหนักความเป็นไปได้ และกรุณาให้เหตุผลในการยืนยันคำตอบ เฉพาะคำตอบที่อยู่นอกพิสัยระหว่างควอไทล์

- * หมายถึง น้ำหนักของข้อความที่ท่านตอบในแบบสอบถามรอบที่ 2
- M หมายถึง ค่ามัธยฐานของข้อความจากคำตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ
- ↔ หมายถึง พิสัยระหว่างควอไทล์จากคำตอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ
- มัธยฐาน หมายถึง ค่าน้ำหนักความเป็นไปได้ที่อยู่กึ่งกลางของข้อมูลทั้งหมดจาก ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

พิสัยระหว่างควอไทล์ หมายถึง ช่วงน้ำหนักของความเป็นไปได้ของคำตอบจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่กระจายอยู่ รอบๆ มัธยฐาน

ข้อความใดไม่มีเครื่องหมาย * แสดงว่าท่านไม่ได้ให้น้ำหนักของความเป็นไปได้ของข้อความนั้นๆ ในรอบที่ 2 ซึ่งในแบบสอบถามรอบที่ 3 นี้ ท่านสามารถให้น้ำหนักความเป็นไปได้ของข้อความที่ท่านไม่ตอบในรอบที่ 2 ได้ โดยแต่ละช่องน้ำหนักความเป็นไปได้มีความหมายดังนี้ คือ

- 5 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้มากที่สุด หรือเห็นด้วยมากที่สุด
- 4 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้มาก หรือเห็นด้วยมาก
- 3 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้ปานกลาง หรือเห็นด้วยปานกลาง
- 2 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้น้อย หรือเห็นด้วยน้อย
- 1 หมายถึง แนวคิดที่เป็นไปได้น้อยที่สุด หรือเห็นด้วยน้อยที่สุด

ขอกราบขอบพระคุณท่านที่ได้กรุณาแสดงความคิดเห็นที่ทรงคุณค่าในการสอบถามครั้งที่ 3 นี้

ความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็น
ระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)

คำชี้แจง : โปรดกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างด้านขวามือที่กำหนด

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>1. คุณสมบัติของระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงที่ส่งผลกระทบต่อ การสื่อสารข้อมูล Broadband และการลงทุน</p> <p>1.1 ค่าความต้านทานระหว่างตัวนำ (Loop Resistance) ซึ่งเป็นการสูญเสียกำลังของสัญญาณที่ส่งเข้าไปในคู่สายโทรศัพท์ (Line Loss)</p> <p>1.2 คาปาซิแตนซ์ในเคเบิล (Mutual Capacitance, C) ซึ่งเป็นการสูญเสียกำลังของสัญญาณ ณ ความถี่ต่างๆ (Insertion Loss)</p> <p>1.3 การ Coupling สัญญาณรบกวนจากวงจรหนึ่ง ไปสู่อีกวงจรหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง (Crosstalk)</p> <p>1.4 สัญญาณรบกวน (Noise) ทั้ง ด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Interference, EMI) และสัญญาณวิทยุ(Radio Frequency Interference, RFI)</p> <p>1.5 ขนาดและน้ำหนักของเคเบิลทองแดงมีขนาดใหญ่ และหนักทำให้เปลืองท่อร้อยสายและมีค่าใช้จ่ายด้านงานโยธาสูง</p> <p>1.6 สายตัวนำสัญญาณเป็นโลหะมีโอกาสขึ้นสนิม ผุกร่อน และอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพสัญญาณ</p> <p>1.7 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบเคเบิลทองแดง มีโอกาสเสียหายจากไฟฟ้ากระชาก (Electrical Surge) ที่เกิดจากฟ้าผ่าและไฟฟ้าเหนี่ยวนำ</p> <p>1.8 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital Expenses, CAPEX) และการบำรุงรักษา (Operational Expenses, OPEX) ต้องใช้เงินทุนมากกว่า</p> <p>1.9 ระบบ DSL (Digital Subscriber Line) ที่ให้บริการบนคู่สายทองแดงในปัจจุบันเป็นเทคโนโลยีที่แปรผกผันกับระยะทางถ้าผู้ใช้ อยู่ห่างจากชุมสายที่ให้บริการมาก คุณภาพและความเร็วในการใช้ Internet จะต่ำ</p> <p>1.10 การนำบริการ Content Multimedia ใหม่ ๆ มาสร้างมูลค่าเพิ่มบนระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงทำได้จำกัด เพราะการสื่อสารผ่านคู่สายทองแดงมี Bandwidth แคบ</p> <p>1.12 ข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าในระบบสายส่งทองแดง สามารถทำการ ลักลอบต่อพ่วง (Tapping) ได้ง่าย ทำให้การสื่อสารข้อมูล ไม่มีความปลอดภัย ไม่น่าเชื่อถือ</p>					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>2. แนวคิดในการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการ</p> <p>2.1 ปัจจุบันความต้องการ Bandwidth หรือ ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลมีแนวโน้มสูงขึ้นมาก จึงทำให้มีแนวคิดการออกแบบระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง ให้ส่งตรงถึงผู้ใช้บริการเพื่อรองรับ High Bandwidth และบริการใหม่ๆ</p> <p>2.2 การออกแบบโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสงไปถึงผู้ใช้บริการเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับประเทศไทยควรเริ่มต้นดำเนินการพื้นที่ ที่มีศักยภาพสูงก่อน เช่น หมู่บ้านขนาดใหญ่ นิคมอุตสาหกรรมและอาคารย่านธุรกิจที่เกิดขึ้นใหม่</p> <p>2.3 แม้ว่าระบบ ADSL/HDSL/VDSL ยังสามารถให้บริการได้อยู่ แต่เมื่อเทียบกับอัตราการเจริญเติบโตของผู้ให้บริการ Internet ประกอบกับความต้องการสื่อสารข้อมูลในหลายรูปแบบ โดยเฉพาะข้อมูลที่เป็นสัญญาณภาพต่อเนื่อง (Real time) ความเร็วของระบบ xDSL (x หมายถึง A/H/V) ที่สามารถตอบสนองได้ดูช้าเกินไป</p> <p>2.4 ปัจจุบันโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง มีแนวโน้ม ที่จะเข้ามาแทนที่ในเขตทองแดงมากขึ้น อันเนื่องมาจากเทคโนโลยีและราคาของเคเบิลใยแก้วนำแสง มีราคาถูกลงมามากสวนทางกับราคาทองแดง ที่นับวันจะสูงขึ้นเรื่อยๆ</p> <p>2.5 เนื่องจากเคเบิลทองแดงมีขีดจำกัดในตัวคู่สายทองแดงเอง จึงทำให้เคเบิลทองแดงไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีในเรื่อง Bandwidth หรือ Bit Rate ได้เร็วเท่ากับโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง</p> <p>2.6 การพัฒนาระบบ FTTx ในปัจจุบัน ทำให้การออกแบบข่ายสาย(Out Side Plant Network Design) มีความยืดหยุ่นในใช้งานง่าย คล้ายกับการออกแบบข่ายสายทองแดง อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีราคาถูกลงมาก อันเนื่องมาจากการมีใช้แพร่หลายในต่างประเทศทำให้เกิด Economies of Scale (การผลิตจำนวนมาก จะทำให้ต้นทุนต่ำลง)</p> <p>2.8 แม้ Optical cable ปัจจุบันราคาจะถูกลงมามาก แต่อุปกรณ์ประกอบของระบบ FTTx เช่น OLT (Optical Line Terminal) ONU (Optical Network Unit) และ ONT (Optical Network Terminal) ยังมีราคาสูงกว่าระบบ xDSL เดิม จะทำให้ราคาต่อพอร์ตของผู้ประกอบการจะยังคงสูงกว่าการลงทุนระบบเดิม จึงต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆประกอบด้วย คือ พฤติกรรมความต้องการลูกค้า ราคาต่อพอร์ตที่ยอมรับได้กับ Bandwidth ที่ได้รับและความคุ้มทุนระหว่างสองระบบที่จะลงทุนแต่ละพื้นที่</p>					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>3. แนวโน้มของ Telecom Industry ทางด้านการให้บริการBroadband Internet และการขยายตัวของ Applications บนโครงข่าย Internet</p> <p>3.2 แนวโน้มของ Telecom Industry การขยายตัวของแอปพลิเคชันการใช้งานบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้กระแสความต้องการ (Demand) Bandwidth ของผู้บริโภค จะมีสูงกว่าขีดความสามารถในการให้บริการ (Supply) ของวงจรสื่อสารแบบ DSL ซึ่งยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของอัตราเร็วที่แปรผกผันกับระยะทางค่อนข้างมาก</p> <p>3.2 แม้ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา กระแสความตื่นตัวและพัฒนาการของเทคโนโลยีโครงข่ายสื่อสารไร้สาย ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยี IEEE 802.11x (Wireless LAN) หรือเทคโนโลยีโครงข่ายสื่อสารในลักษณะของเซลลูลาร์อย่างโครงข่าย 3G หรือ WiMAX ในการเป็นทางเลือกของการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูง แต่ข้อจำกัดของการสื่อสาร โดยผ่านทางคลื่นวิทยุความถี่ต่างๆของโครงข่ายสื่อสารไร้สายโดยเฉพาะการจัดสรรช่องสัญญาณ หรือ Bandwidth ทางความถี่ของเทคโนโลยีเหล่านั้นก็เป็นสิ่งที่ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงมาก ๆ อย่าง Home Networking ได้</p> <p>3.3 ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม S-Curve ที่แสดงความก้าวหน้า ของเทคโนโลยีโครงข่ายเคเบิลทองแดงในประเทศผู้นำด้าน Broadband เริ่มเข้าสู่จุดอิ่มตัว(Technology Mature Period) ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง ที่มี S-Curve กำลังดำเนินการอย่างต่อเนื่องในช่วงการพัฒนาขีดความสามารถทางเทคโนโลยี (Technology - Improvement Period) ทำให้สร้าง Bandwidth ได้จำนวนมาก และมีประสิทธิภาพดีกว่าเทคโนโลยีของโครงข่ายเคเบิลทองแดงมาก</p> <p>3.4 ผู้ให้บริการโทรศัพท์พื้นฐานประจำที่ (Fixed line) จะต้องปรับเปลี่ยนโครงข่ายเป็น NGN (Next Generation Network) เพื่อรองรับ Data และ Multimedia traffic การลงทุน FTTx เพื่อใช้เป็น Access Network เป็นการลงทุนที่คุ้มค่า สามารถรองรับ TV/Video streaming และการใช้โทรศัพท์ได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน</p> <p>3.5 ผู้ให้บริการควรต้องมีความพร้อมของ Content ที่จะให้บริการบนโครงข่าย FTTx ก่อนการลงทุนวางระบบใหม่</p>					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
3.6 ในอนาคตแนวโน้มการเกิดธุรกิจ Content Provider ระบบ Digital จะทำให้เกิดสังคมออนไลน์มากขึ้น ซึ่งจะผลักดันให้ระบบ FTTx เกิดความแพร่หลายได้มากขึ้น					
3.7 สำหรับแรงผลักดันทางด้านอื่นๆ ในการเปลี่ยนโครงข่ายโทรศัพท์เคเบิลทองแดงด้วยโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง นอกจากความต้องการ Bandwidth แล้ว ยังมีเรื่องเกี่ยวกับแรงผลักดันภายในองค์กร ที่ต้องการออกแบบโครงข่าย (Network Design) ให้มีศักยภาพ เลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมลงตัว ทั้งการสร้างภาพลักษณ์ของบริษัทให้เป็นองค์กรที่มีวิวัฒนาการเทคโนโลยี (Technology Evolution)					
4. การให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงโดยเทคโนโลยี FTTx					
4.1 การให้บริการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงโดยระบบ FTTx สามารถใช้เทคโนโลยี AON (Active Optical fiber Network) และ PON (Passive Optical fiber Network) แต่ที่ได้รับความนิยมและใช้กันมากคือระบบ PON					
4.2 ระบบ PON ไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์ประเภท Active กลางทางทำให้ลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาได้ (Operation Cost Expense , OPEX)					
4.3 ระบบ PON สามารถลดค่าใช้จ่ายต้นทุนและค่าใช้จ่ายดำเนินงาน สำหรับงานข่ายสาย (Outside Plant) ได้					
4.4 ระบบ PON สะดวกในการปรับปรุง (Upgrade) หรือเพิ่มบริการใหม่ๆ เนื่องจากการดำเนินการทำที่ปลายทางโครงข่ายและเลือกตามกลุ่มลูกค้าได้					
4.5 เมื่อเปรียบเทียบความเร็วของการสื่อสารข้อมูล กับราคาการให้บริการซึ่งอาจจะสูงกว่าระบบ xDSL แต่จะพบว่า ราคาค่าใช้จ่ายต่อหน่วยข้อมูล จำนวนบาทต่อข้อมูล 1 Mbps และ ธรรมดาประโยชน์ (Utility) ที่ได้รับ ระบบ FTTx จะถูกกว่าระบบที่ใช้เคเบิลทองแดง					
4.6 แม้ว่าด้านเทคโนโลยี FTTx มีศักยภาพสูง ที่จะมาทดแทนระบบเคเบิลทองแดง อย่างเช่น xDSL ต้องให้บริการด้วยราคาที่เหมาะสมด้วยจึงจะสามารถทำให้ระบบ FTTx เกิดขึ้นอย่างแพร่หลายได้					
4.7 เคเบิลใยแก้วนำแสงมักมีอายุการใช้งานอย่างน้อย 25 ปี ขึ้นไป ในสภาพการใช้งานปกติ ถือว่านานพอที่จะทำให้ผู้ใช้บริการเกิดความมั่นใจในการใช้งานระบบ FTTx					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>5. ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบหรือกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเคเบิลทองแดงด้วยระบบใยแก้วนำแสง</p> <p>5.1 แรงผลักดันของ Technology และ Market (Technology Push & Market Pull) ทำให้เกิดการขยายตัวของ Internet Broadband อย่างมาก</p> <p>5.2 การใช้งานรับส่งข้อมูลจำนวนมากและความเร็วสูง (High speed -Broadband) ที่ระดับบุคคลและองค์กรธุรกิจ เป็นตัวผลักดันสำคัญที่ทำให้ผู้ประกอบการโทรคมนาคม Fixed line ต้องพิจารณาขีดความสามารถของเทคโนโลยีผ่านระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเดิม</p> <p>5.3 โครงข่าย Access Network ของ บมจ.ทีโอที เดิมเป็นระบบเคเบิลทองแดงที่ออกแบบมาเพื่อให้บริการทางด้านเสียง(Voice)เป็นหลัก ดังนั้นจำเป็นต้องหาแนวทางที่ดีที่สุดตามความเหมาะสมของพฤติกรรมของลูกค้า โดยใช้ระบบทองแดงร่วมกับระบบ FTTx ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้สูงสุด</p> <p>5.4 ข้อจำกัดของผู้ให้บริการโทรคมนาคมในประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ภายในเขตเมืองใหญ่หรือแหล่งชุมชนหนาแน่น ที่มีการจราจรหนาแน่น มีการห้ามขุดทางเท้า เพื่อสร้างท่อร้อยสายเคเบิลโทรศัพท์ใต้ดิน การทดแทนเคเบิลทองแดงด้วยเคเบิลใยแก้วนำแสงที่มีขนาดเล็กและเบากว่าจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด</p> <p>5.5 การขาดการวางแผนผังเมืองที่ดีตั้งแต่ต้น เช่น บางพื้นที่ทางเท้าแคบทำให้ Infrastructure ของหน่วยงานสาธารณูปโภค เช่น การไฟฟ้า โทรศัพท์ ท่อระบายน้ำ มีความจำกัดในการใช้พื้นที่ร่วมกัน บางครั้งแนวสายโทรศัพท์ต้องอยู่ใกล้แนวสายไฟฟ้ามาก ทำให้เกิดการรบกวนต่อการสื่อสารข้อมูลที่ผ่านเคเบิลทองแดง การเลือกใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสัญญาณรบกวน จึงมีความน่าจะเป็นไปได้มาก</p> <p>5.6 นโยบายภาครัฐด้านเทคโนโลยีและการสื่อสาร (ICT) ส่งเสริมให้มีการใช้ Internet Broadband มาก เช่น โครงการ IT City เป็นต้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีฯ</p> <p>5.7 การสร้างศักยภาพการแข่งขัน (Competitive Advantage) จากการเปิดเสรีโทรคมนาคม จึงต้องพยายามศึกษาแนวทางความเป็นไปได้ที่จะสร้างโครงข่ายใหม่ ที่มีศักยภาพที่ดีกว่าเดิมและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม คุ้มค่าการลงทุน</p>					

รายการ	แนวโน้มที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
<p>6. แนวโน้มธุรกิจของระบบ FTTx จากปัจจัยแวดล้อมทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ</p> <p>6.1 สภาพการแข่งขันธุรกิจ FTTx ในประเทศไทยยังเป็นลักษณะตลาดผู้แข่งขันน้อยรายจึงยังมีโอกาสเติบโตอีกมากในอนาคต</p> <p>6.2 การศึกษาเทคโนโลยีระบบ FTTx ของต่างประเทศสามารถนำมาเป็นข้อมูลในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับ บมจ.ทีโอที ได้</p> <p>6.3 แนวโน้มการให้บริการในต่างประเทศ สามารถนำมาตัดสินใจถึงความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)</p> <p>6.4 ราคาค่าบริการในต่างประเทศ น่าจะนำข้อมูลมาอ้างอิงส่วนหนึ่งในการตัดสินใจถึงความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลจากระบบโครงข่ายเคเบิลทองแดงเป็นระบบเคเบิลใยแก้วนำแสงไปยังผู้ใช้บริการของ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)</p>					
<p>7. ผลที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี FTTx ในการสื่อสารข้อมูลทดแทนเทคโนโลยี เดิม ที่ผ่านระบบเคเบิลทองแดง</p> <p>7.1 ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลของระบบ FTTx สามารถรองรับการใช้ในงานการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง(High Speed) มากในอนาคต</p> <p>7.2 สัญญาณสื่อสารในระบบ FTTx เป็นสัญญาณที่มีความน่าเชื่อถือ(Reliability) สูง</p> <p>7.3 เนื่องจากสายส่งสัญญาณ ที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางเป็นเส้นใยนำแสง ทำให้ไม่มีส่วนของตัวนำที่เป็นประเภทโลหะเชื่อมต่อเหมือนระบบโทรศัพท์แบบเดิม ทำให้ช่วยลดความเสี่ยงจากแรงไฟกระชาก (electrical surge) ที่อาจเกิดจากฟ้าผ่า และการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ที่ทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหายได้ง่าย</p> <p>7.4 เทคโนโลยีในปัจจุบัน สามารถออกแบบให้ ONU มีระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก รวมทั้งกินไฟต่ำ ซึ่งเมื่อคิดคำนวณเปรียบเทียบกับระบบ โทรศัพท์ เดิม ที่ต้องใช้ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุมสาย (ในขณะที่ระบบ FTTH ระบบพลังงานไฟฟ้าจะอยู่ที่บ้านผู้ใช้) กลับกลายเป็นว่าพลังงานโดยรวมที่เกิดขึ้นในระบบ FTTH กลับมีค่าน้อยกว่า</p>					

รายการ	แนวโน้มนที่เป็นไปได้				
	5	4	3	2	1
7.7 ระบบ FTTx เป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่สำคัญ ที่ช่วยทำ รายได้ให้กับภาคธุรกิจผู้ประกอบการ โทรคมนาคมมากขึ้น ระบบสื่อสาร โทรคมนาคมที่พัฒนาถึงขั้นไร้พรมแดนด้วยระบบสื่อสารสัญญาณความเร็วสูง ยิ่งทำให้ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสื่อสาร โทรคมนาคมมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น					
7.8 ระบบ FTTx สามารถสนับสนุนนโยบายภาครัฐ อุตสาหกรรม การศึกษา ด้วยเครือข่ายที่สามารถกำหนดคุณภาพการให้บริการ รวมถึงการประกันภัย ข้อมูลระหว่างการรับส่งและเพื่อสร้าง Value Added สูงสุดให้เกิดกับโครงข่ายเคเบิลและยกระดับการสื่อสารข้อมูลให้มีความเสถียรและมีความเร็ว (High Speed) มากยิ่งขึ้น					

ข้อเสนอแนะ

ความคิดเห็นเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความเห็นอยู่นอกพิสัยควอไทล์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

นายกิติ บัวเพชร

โทร 02 5057458 , 081 8445525

E mail : kitibu@tot.co.th

ภาคผนวก ข.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือ

ประกอบด้วยอาจารย์ผู้สอนและผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ด้านสื่อสารโทรคมนาคม และรวมทั้งสิ้น 5 ท่าน โดยมีรายชื่อ ตำแหน่ง และหน่วยงานที่สังกัด ดังต่อไปนี้

ชื่อ – สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
1. อาจารย์ ดร. ชงชัย จรณะสมบูรณ์	อาจารย์ประจำ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และโทรคมนาคม	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
2. นายอินทราชัย อินทรเทียม	ผู้จัดการส่วนพัฒนาโครงข่าย ปลายทาง	บมจ.ทีโอที
3. ดร. พีระเดช ฌ น่าน	- ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิจัยและ พัฒนา - อาจารย์สาขาวิศวกรรม คอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม	- บมจ. กสท โทรคมนาคม - มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
4. นายชริณู อนันตสุข	ผู้จัดการศูนย์งานวางแผนและ วิเคราะห์ทรัพยากร โครงข่าย ปลายทาง	บมจ. ทีโอที
5. นายณรงค์ สุขชัยศรี	ผู้จัดการศูนย์งานผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ปลายทาง	บมจ. ทีโอที

ภาคผนวก ค.

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตอบแบบสอบถาม

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตอบแบบสอบถาม

จำนวนผู้เชี่ยวชาญในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 17 ท่าน ประกอบด้วย ผู้บริหาร วิศวกร และผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ด้านสื่อสารโทรคมนาคมไม่น้อยกว่า 10 ปี โดยมีรายชื่อ ตำแหน่ง และหน่วยงานที่สังกัด ดังต่อไปนี้

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
1	นายรัตนะ สุภพิพัฒน์	ผู้จัดการศูนย์การตลาดและการขาย ผลิตภัณฑ์	บมจ.ทีโอที
2	นายอนันต์ แพร์หลาย	วิศวกร 6	บมจ.ทีโอที
3	นายวิสิทธิ์ ศรีบูรณากาญจน์	ผู้จัดการศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์	บมจ.ทีโอที
4	นายสมชาย ตันติกุลวิจิตร	ผู้จัดการศูนย์งานขายสายเคเบิลใย แก้วนำแสง	บมจ.ทีโอที
5	นายประสิทธิ์ จิ่งวิมุติพันธ์	ผู้จัดการศูนย์งานต่อร้อยสายและ โยธา	บมจ. ทีโอที
6	นายแก้ว จงพิพัฒนากุล	ผู้จัดการส่วนพัฒนาความเร็วสูงทาง สาย	บมจ.ทีโอที
7	นายพิพัฒน์ จงรักวิทย์	ผู้จัดการศูนย์มาตรฐานเคเบิลและ อุปกรณ์ขายสาย	บมจ.ทีโอที
8	นายกนกศักดิ์ ชำรงลักษณะรัตน์	วิศวกร 4	บมจ.ทีโอที
9	ดร.สมศักดิ์ เดชชนสมบัติ	วิศวกร 6	บมจ.ทีโอที
10	นายทะนงศักดิ์ เนตรสุวรรณ	วิศวกร 8	บมจ. กสท โทรคมนาคม
11	นายพยอม กันเปี่ยมแจ่ม	ผู้จัดการศูนย์งานขายสายท้องถิ่น	บมจ.ทีโอที
12	นายวานิช มัชชิกะ	ผู้จัดการศูนย์ประสานงานส่วน บำรุงรักษาอุปกรณ์เคเบิลใยแก้วนำแสง	บมจ.ทีโอที

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง	สังกัด
13	นายอภิชัย นาฬิกาวิท	ผู้จัดการศูนย์ติดตั้งอุปกรณ์ เคเบิลใยแก้วนำแสง	บมจ.ทีโอที
14	นายสุพจน์ แก้วโบราณ	วิศวกร 7	บมจ.ทีโอที
15	นายสมนึก เชื้อสุก	ผู้จัดการศูนย์งานมาตรฐาน คุณภาพผลิตภัณฑ์โครงข่าย ปลายทาง	บมจ.ทีโอที
16	นายวีระยุทธ ไทยนทร์	วิศวกร 6	บมจ.ทีโอที
17	นายจุมพล ณะโสภณ	ผู้จัดการฝ่ายสื่อสารสัญญาณเคเบิล ใยแก้วนำแสง	บมจ.ทีโอที

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล

นายกิติ บัวเพชร

ประวัติการศึกษา

จบการศึกษาระดับปริญญาตรี จากมหาวิทยาลัยเซนต์จอห์น
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
เมื่อปี พ.ศ. 2538

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ตำแหน่งวิศวกร
ส่วนพัฒนาโครงข่ายปลายทาง
ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์สื่อสารทางสายภายในประเทศ
บริษัท ทีโอที จำกัด(มหาชน)