ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบความเป็นไปได้ในการนำโครงข่าย ATM และ Gigabit-Ethernet มาใช้ในการให้บริการแบบ Multi-Services

A Comparative Feasibility Study of ATM and Gigabit-Ethernet Networks for Multi-Services

H003023

โดย

นายจตุรงค์ แซ่โง้ว

รหัส 44067634

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ อัครินทร์ คุณกิตติ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการศึกษากรณีพิเศษ
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วัน เดือน ปี 04 พ.ค. 2550
เลขทะเบียน 03023
เลขเรียกหนังสือ ลพ. จ138ก 2546
"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	การศึกษาเชิงเปรียบเทียบความเป็นไปได้ในการนำโครงข่าย ATM และ Gigabit-Ethernet มาใช้ในการให้บริการแบบ Multi-Services
นักศึกษา	นายจตุรงค์ แซ่โง้ว
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ อัครินทร์ คุณกิตติ
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเครือข่ายการสื่อสารแบบ Multi-Services มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการรับส่งข้อมูล สัญญาณเสียง และภาพ ซึ่งโครงข่ายที่เป็นโครงข่ายหลัก (Core Network) นั้นมีหลายรูปแบบ เช่น โครงข่าย ATM และโครงข่าย 10-Gigabit-Ethernet ซึ่งโครงข่ายแต่ละแบบมีข้อดี และข้อเสียต่างกัน ในโครงงานฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาถึงทฤษฎี มาตรฐาน และหลักการทำงานของเทคโนโลยีโครงข่าย ATM โดย ATM นั้นสามารถที่จะรองรับโพรโตคอลได้หลายชนิด และสามารถรับส่งข้อมูลได้ทุกรูปแบบ และสามารถจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาถึงทฤษฎี มาตรฐาน และหลักการทำงานของเทคโนโลยีโครงข่ายของ Gigabit-Ethernet รวมถึงลักษณะการเชื่อมต่อ โดย Gigabit-Ethernet มีหลักการทำงาน มาตรฐาน และรูปแบบของ frame แบบเดียวกับระบบ Ethernet เดิม และในบทความนี้ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อดี และข้อเสีย ของแต่ละเทคโนโลยี ทำการคำนวณค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) พบว่า Gigabit Ethernet มีค่าประสิทธิภาพ ดีกว่า ATM และทำการวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในการเลือกใช้โครงข่ายหลักทั้งสองในระดับ 10 Gbps เพื่อนำไปใช้ในการให้บริการแบบ Multi-Services ทั้งทางด้านเทคนิค ทางด้านการปฏิบัติงาน และองค์กร และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ การลงทุน เพื่อนำไปช่วยในการตัดสินใจในการที่จะเลือกนำเทคโนโลยีของโครงข่ายทั้งสองประเภทมาใช้ในการให้บริการแบบ Multi-Services โดยใช้เครือข่ายหลักเป็น ATM หรือ 10-Gigabit Ethernet จำนวน 1,000 ports ผลการศึกษาพบว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนของ ATM ที่ความเร็วเท่ากันกับ 10-Gigabit Ethernet นั้นATM จะแพงกว่า 10-Gigabit Ethernet เป็น 12 เท่า แต่ ATM ได้เปรียบกว่า Ethernet ทางด้านการมีระดับคุณภาพการให้บริการ ดังนั้นการที่จะให้ Ethernet มีระดับการให้บริการเหมือนกับ ATM ได้นั้น จะต้องลงทุนราคาอุปกรณ์เพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A Comparative Feasibility Study of ATM and Gigabit Ethernet Networks for Multi-Services
Student	Mr. Jaturonk Saengow
Advisor	Mr. Akharin Khunkitti
Level of Study	Master of Science in Information Technology
Major	Information Technology Management
Academic Year	2003

ABSTRACT

Nowadays Multi-Services Networks is popular usage in the varieties of data traffic such as voice, data, image or video and so on. The core networks have many platforms such as ATM network and 10-Gigabit Ethernet network .For each network has different advantage and disadvantage. This Project is studying about theory standard and functional principles of ATM network, which support Multi-protocol and support for every type of data and ATM can set the priority of data type. In addition to study about theory, standard, and functional principles and network topology of Gigabit Ethernet network technology, which has functional principle, standard, and frame format like existing Ethernet technology. This report is analyzing and comparing about advantage and disadvantage for each technology, calculate efficiency which the result is Gigabit Ethernet has more efficiency than ATM, and analyzing about technical feasibility, operational feasibility, and compare about economic feasibility based on 10 Gbps for decision support to select core network on these two kind networks technology for Multi-Services provider, which study about 1,000 ports. The feasibility study results of this project is the cost of ATM in equal speed is more than 10-Gigabit Ethernet 12 times, but ATM has more service level than Ethernet. So that the cost must increase 2.5 times for Ethernet Network to support service level of quality services.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำรายงานฉบับนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือให้รายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์อัครินทร์ คุณกิตติ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ช่วยให้คำปรึกษา และข้อชี้แนะต่าง ๆ รวมทั้งขอขอบคุณพี่น้อง และเพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณ “คุณแม่” ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนอย่างยิ่งดีเสมอมา นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณบริษัท TelecomAsia ที่ให้ข้อมูลสนับสนุนในโครงการฉบับนี้

จตุรงค์ แซ่โง้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2. เทคโนโลยีเครือข่าย ATM

2.1 ATM Protocol Architecture 3

2.2 ATM Logical Connections 4

2.3 มาตรฐานการเชื่อมต่อของ ATM 5

2.4 เซลล์ของ ATM 6

2.5 ATM Service Categories 7

2.6 ATM Adaptation layer (AAL) 9

3. เทคโนโลยีเครือข่าย Gigabit Ethernet

3.1 Gigabit Ethernet 11

3.2 Carrier Extension 12

3.3 Packet Bursting 13

3.4 Buffer Distributor 13

3.5 การนำอุปกรณ์ Gigabit Ethernet มาใช้งาน 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 เครือข่าย 10-Gigabit Ethernet 18

4. การเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสีย ระหว่างโครงข่าย ATM และเครือข่าย 10-Gigabit Ethernet 21

4.1 ATM Network 21

4.2 Gigabit Ethernet Network 23

5. ความเป็นไปได้ในการนำเครือข่าย ATM และ 10-Gigabit Ethernet มาให้บริการแบบ Multi-Service 28

5.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค 28

5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านปฏิบัติการ และองค์กร 34

5.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ การลงทุน 36

6. สรุปและข้อเสนอแนะ 45

6.1 สรุปผลการศึกษา 45

6.2 ข้อเสนอแนะ 47

บรรณานุกรม 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 แสดง Service specification for AAL 10

4.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียระหว่าง ATM และ10-Gigabit Ethernet 27

5.1 แสดงราคาต่อ port ของ 10-Gigabit Ethernet 37

5.2 แสดงราคาต่อ port ของ ATM 37

5.3 แสดงการเปรียบเทียบความเป็นค่าใช้จ่ายระหว่าง ATM (STM-4) และ 10-Gigabit Ethernet 39

5.4 แสดงการวิเคราะห์ผลค่าใช้จ่ายระหว่าง ATM (STM-16) และ 10-Gigabit Ethernet 40

5.5 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายในการลงทุน ATM(STM-16) จำนวน 1,000 ports เป็นเวลา 5 ปี 42

5.6 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายในการลงทุน 10-Gigabit Ethernetจำนวน 1,000 ports เป็นเวลา 5 ปี 43

5.7 แสดงการคำนวณการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุน 10-Gigabit Ethernet จำนวน 1,000 ports เป็นเวลา 5 ปี 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

2.1 แสดง ATM protocol architecture 4

2.2 แสดง ATM Connection relationships 5

2.3 แสดง UNI และ NNI ของโครงข่าย ATM 5

2.4 แสดง การเชื่อมต่อ Private และ Public ATM 6

2.5 แสดง ATM bit rate service 9

3.1 แสดง Gigabit Ethernet layer protocol 11

3.2 แสดงเครือข่ายก่อนเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet 14

3.3 แสดงเครือข่ายหลังเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet 14

3.4 แสดงเครือข่ายก่อนเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet 15

3.5 แสดงเครือข่ายหลังเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet 15

3.6 แสดงเครือข่ายก่อนเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet 16

3.7 แสดงเครือข่ายหลังเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet 16

3.8 แสดงเครือข่ายก่อนเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet 17

3.9 แสดงเครือข่ายหลังเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet 17

3.10 แสดง 10-Gigabit Ethernet layer protocol 19

3.11 แสดงเครือข่าย LAN ที่ใช้ 10-Gigabit Ethernet 20

4.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างโครงข่าย ATM และ
10-Gigabit Ethernet ที่เป็นเครือข่ายแบบ MAN 24

4.2 แสดงเครือข่าย WAN ที่ใช้ 10-Gigabit Ethernet 25

5.1 แสดงการให้บริการ Multi-Services บนเครือข่าย WAN
ที่ใช้ 10-Gigabit Ethernet 28

5.2 แสดงการให้บริการ Multi-Services บนเครือข่าย WAN ที่ใช้ ATM 28

5.3 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ ADSL Service บนโครงข่าย ATM 30

5.4 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ ADSL Service บนโครงข่าย 10-Gigabit Ethernet 31

5.5 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ Dial Up Service บนโครงข่าย ATM 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่

5.6 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ Dial Up Service บนโครงข่าย 10-Gigabit Ethernet31
5.7 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ Cable Modem Service บนโครงข่าย ATM 32
5.8 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ Cable Modem Service บนโครงข่าย 10-Gigabit 32
5.9 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ VoIP Service บนโครงข่าย ATM 32
5.10 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ VoIP Service บนโครงข่าย 10-Gigabit Ethernet 33
5.11 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ WAN Service บนโครงข่าย ATM 33
5.12 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ WAN Service บนโครงข่าย 10-Gigabit Ethernet 33
5.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ Port Shipments ระหว่างเทคโนโลยี Gigabit Ethernet และ ATM 30
5.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ User Expenditure ระหว่างเทคโนโลยี Gigabit Ethernet และ ATM 30
5.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ Average Price/port ระหว่างเทคโนโลยี Gigabit Ethernet และ ATM 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันนี้เครือข่ายสื่อสารแบบATM (Asynchronous Transfer Mode) และ IP ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในการสื่อสารแบบ Multi-Services เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ อินเตอร์เน็ต และระบบสื่อสารต่างๆ ได้ด้วยความเร็วสูง อีกทั้งยังสามารถให้บริการเชื่อมต่อได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งทางด้านเสียง ข้อมูล รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว และอินเตอร์เน็ต จะเห็นได้ว่าเครือข่ายสื่อสารแบบ ATM และ IP นั้นนอกจากได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในองค์กรธุรกิจต่างๆ แล้ว เครือข่ายสื่อสารแบบ ATM และ IP ซึ่งเป็น Packet Switching ก็กำลังจะกลายเป็นเครือข่ายสาธารณะ ที่จะเข้ามาแทนที่เครือข่ายแบบ Circuit Switching เช่น โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน (PSTN) ในปัจจุบัน อีกด้วย

เครือข่ายที่ใช้เป็นเครือข่ายหลัก (Core Network) นั้นมีหลายรูปแบบ เช่น เครือข่ายATM และเครือข่าย10-Gigabit Ethernet ซึ่งเครือข่ายแต่ละแบบมีข้อดี และข้อเสียต่างกัน การตัดสินใจในการเลือกใช้เครือข่ายใดนั้นต้องมีการศึกษา เพื่อให้สามารถเลือกใช้เครือข่ายได้อย่างเหมาะสม และได้ผลประโยชน์สูงสุด ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของเทคโนโลยีแต่ละแบบ และศึกษาถึงความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเทคนิค ด้านด้านเศรษฐศาสตร์ การลงทุน ด้านปฏิบัติการ และองค์กรระหว่างเครือข่ายทั้งสองในการนำเครือข่ายทั้งสองไปให้บริการ Multi-Services

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงเทคโนโลยีเครือข่าย ATM และเครือข่าย Gigabit Ethernet โดยจะทำการศึกษาถึงหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2. เพื่อศึกษาถึงข้อดี และข้อเสียระหว่างเครือข่าย ATM และเครือข่าย Gigabit Ethernet เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์เปรียบในการตัดสินใจเลือกใช้เครือข่ายหลัก (Core Network) ระหว่างเครือข่ายทั้งสอง

3. เพื่อศึกษาถึงรูปแบบ และลักษณะการเชื่อมต่อเครือข่าย ATM และ Gigabit Ethernet ซึ่งใช้เป็นเครือข่ายหลักในการให้บริการแบบ Multi-Services ประเภทต่างๆ สำหรับผู้ให้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข่าย (Network Provider) หรือองค์กรขนาดใหญ่ที่ต้องการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงในระยะไกล

4. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค ด้านด้านเศรษฐศาสตร์ การลงทุน ด้านปฏิบัติการ และองค์กรระหว่างเครือข่ายทั้งสองในการใช้เป็นเครือข่ายหลักในการให้บริการ Multi-Services

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาเทคโนโลยีเชิงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครือข่าย ATM และ Gigabit Ethernet โดยจะทำการศึกษาถึงหลักการทำงานขั้นพื้นฐานของเครือข่ายทั้งสอง

2. วิเคราะห์ถึงข้อดี และข้อเสียระหว่างเครือข่าย ATM และเครือข่าย Gigabit Ethernet

3. ศึกษาถึงรูปแบบ และลักษณะการเชื่อมต่อเครือข่าย ATM และ Gigabit Ethernet ซึ่งใช้เป็นเครือข่ายหลักในการให้บริการแบบ Multi-Services ประเภทต่างๆ

4. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค ด้านด้านเศรษฐศาสตร์ การลงทุน ด้านปฏิบัติการ และองค์กรระหว่างเครือข่ายทั้งสองในการใช้เป็นเครือข่ายหลักในการให้บริการ Multi-Services

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการและทฤษฎีของระบบโครงข่าย ATM และ Gigabit Ethernet

2. ทำให้ทราบถึงลักษณะรูปแบบการให้บริการ และการเชื่อมต่อของเครือข่าย ATM และ Gigabit Ethernet

3. ทราบถึงข้อดี และข้อเสียของระบบโครงข่าย ATM และ 10-Gigabit Ethernet

4. นำสิ่งที่ได้ศึกษาไปพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีโครงข่ายหลัก (Core Network) ระหว่างโครงข่าย ATM และ 10-Gigabit Ethernet

5. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีของโครงข่ายทั้งสองประเภทมาใช้ในการให้บริการแบบ Multi-Services

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เทคโนโลยีเครือข่าย ATM

ATM Network พัฒนาขึ้นมาจาก Broadband ISDN โดย ATM นั้นสามารถที่จะใช้กับโครงข่ายที่ไม่ใช่ ISDN และโครงข่ายที่ต้องการใช้อัตราการรับส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูง ATM หรือ cell relay มี concept คล้ายกับ frame relay โดยทั้ง ATM และ frame relay มีข้อดีเมื่อเทียบกับ X.25 คือมีความน่าเชื่อถือและมีความเร็วของ packet switching มากกว่า แต่ ATM สามารถรองรับอัตราการส่งข้อมูลได้หลายขนาดมากกว่า frame relay

2.1 ATM Protocol Architecture

ATM มีการรวมหลายๆ logical connection อยู่บนเพียง physical interface เดียว ซึ่งเหมือนกับ X.25 และ frame relay แต่ในกรณีของ ATM นั้นข้อมูลที่ไหลอยู่ในแต่ละ logical connection จะมีขนาดของแพ็กเกจที่คงที่ซึ่งเราเรียกว่า "เซลล์"(cells)

ATM เป็นโพรโตคอลที่มี error ต่ำ และมีการลดการประมวลผลที่ overhead ของเซลล์ และลดจำนวนบิตของ overhead ในแต่ละเซลล์ซึ่งทำให้ ATM มีอัตราการส่งข้อมูลที่สูง นอกจากนี้การที่มีเซลล์ขนาดสั้นและคงที่ ก็ทำให้ง่ายต่อการประมวลผลที่ ATM node ซึ่งส่งผลให้ ATM สามารถส่งข้อมูลที่อัตราเร็วสูง และลักษณะนี้เองทำให้ ATM สามารถรองรับ Traffic ที่ไวต่อการเกิด Delay เช่น เสียงหรือวิดีโอ รวมถึง Traffic ที่ไวต่อการเกิด Delay ที่น้อยกว่า เช่น Traffic ข้อมูลที่มีการส่งเป็นช่วงๆ (Bursty) ส่วนรูปแบบการส่งข้อมูลของ ATM นั้นจะเป็นแบบ Connection-Oriented กล่าวคือ จะมีการสร้าง Connection จากต้นทางถึงปลายทาง โดยกำหนดเส้นทางที่แน่นอนก่อนแล้วจึงเริ่มส่งข้อมูล เมื่อส่งข้อมูลเสร็จก็จะทำการปิด Connection

มาตรฐานของ ATM ที่เสนอโดย ITU-T แสดงในรูปที่ 2.1 เป็นพื้นฐานสถาปัตยกรรมโพรโตคอล จากรูปแสดงให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อระหว่าง user กับ network ในข้อกำหนดของ physical layer จะเกี่ยวข้องกับ transmission media และการเข้ารหัสสัญญาณ (signal-encoding scheme) โดยอัตราการส่งข้อมูลของ ATM ในชั้น physical layer นั้นสามารถส่งข้อมูลตั้งแต่ระดับความเร็ว 1.5/2 Mbps ไปจนถึงระดับ STM-64 ที่ความเร็ว 10 Gbps สถาปัตยกรรมโพรโตคอลที่มีความสัมพันธ์กับ ATM function มี 2 layers คือชั้น ATM layer และ AAL โดยชั้น ATM layer ทำหน้าที่สร้างส่วนHeader ของ cells และประมวลผลส่วน Header ของ cells ที่รับเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

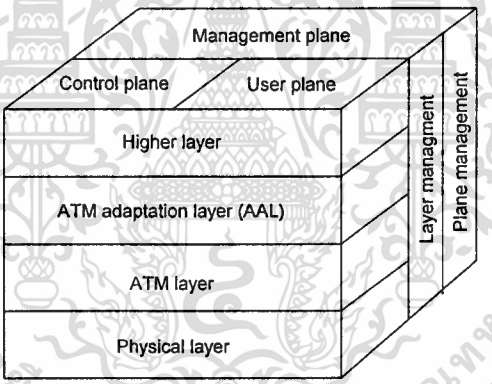
มา โดยอ่านค่า VCI/VPI ของเซลล์ และหาเส้นทางที่จะส่งเซลล์ออกไปซึ่งจำกัดขนาดเซลล์และเป็นชั้นที่กำหนดให้ใช้ logical connection ใด ส่วนชั้น AAL จะเป็นการรองรับการโอนถ่ายโพรโตคอลที่ไม่ได้มีโพรโตคอลพื้นฐานเป็น ATM และชั้น AAL จะทำการปรับข้อมูลในชั้น higher layer ให้เข้ากับเซลล์ ATM เพื่อจะทำการส่งเข้าไปในโครงข่าย ATM และยังเป็นการปรับข้อมูลจากเซลล์ ATM เพื่อส่งไปยังชั้น higher layer

แบบจำลองโพรโตคอลประกอบด้วย 3 plane หลักคือ

1. User plane : สำหรับโอนถ่ายข้อมูลของ user และเกี่ยวข้องกับการควบคุม

2. Control plane : มีหน้าที่ควบคุม call control และ connection control

3. Management plane : สำหรับ plane management มีหน้าที่จัดการโดยมีความสัมพันธ์กับ system และใช้ร่วมกับทุกๆ plane ส่วน layer management มีหน้าที่จัดการเกี่ยวกับ resource และ parameter ของโพรโตคอล



รูปที่ 2.1 แสดง ATM protocol architecture

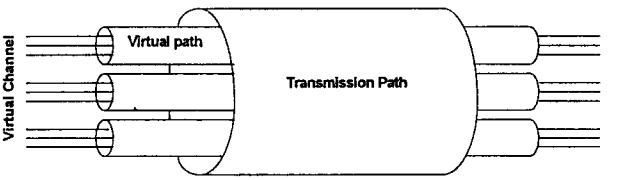
2.2 ATM Logical Connections

logical connections ใน ATM หมายถึง virtual channel connections (VCCs) ซึ่ง VCC มีลักษณะเหมือนกับ virtual circuit ใน X.25 หรือ data link connection ใน frame relay VCC จะถูกสร้างขึ้นระหว่างปลายทางทั้ง 2 ด้านผ่านโครงข่าย โดยมีอัตราการส่งข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง การส่งข้อมูลเป็นแบบ full duplex และจำกัดขนาดของเซลล์

virtual path connections (VPCs) คือการรวมกลุ่มของ VCC ที่มีปลายทางที่เดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ดังนั้นทุกๆเซลล์ที่ไหลอยู่ในทุกๆ VCC ใน VPC เดียวกัน ซึ่งถูก switch ไปตามเส้นทางเดียวกัน พื้นฐาน VPC ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบสนองโครงข่ายที่มีความเร็วสูง ซึ่งสามารถลดต้นทุนของโครงข่ายได้ โดยต้นทุนของโครงข่ายในส่วนนี้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของต้นทุนทั้งหมดของโครงข่าย เทคนิค VP ช่วยให้สามารถควบคุมต้นทุน โดยรวม connections ให้มีการแบ่งใช้เส้นทางร่วมกันผ่านโครงข่ายไปสู่ปลายทางเดียวกัน



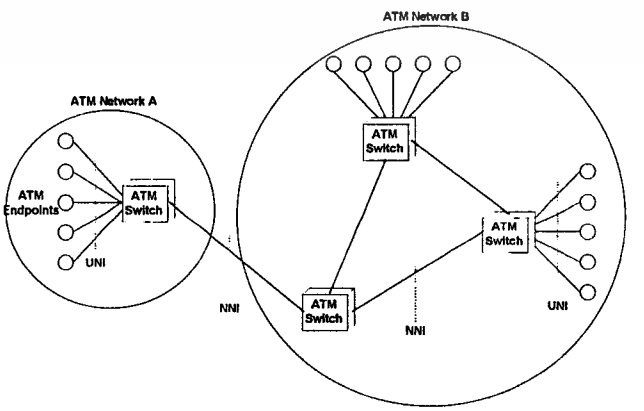
รูปที่ 2.2 แสดง ATM Connection relationships

2.3 มาตรฐานการเชื่อมต่อของ ATM (Standard ATM Interface)

การออกแบบมาตรฐานการเชื่อมต่อของโครงข่าย ATM เพื่อเป็นการรับประกันว่าแต่ละผู้ผลิตสามารถที่จะเชื่อมต่อและสื่อสารเข้ากันได้ การเชื่อมต่อ ATM แบ่งได้ 2 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 2.3 คือ

1. user-network interface (UNI) คือการเชื่อมต่อระหว่าง ATM endpoint (user ของโครงข่าย ATM) กับ สวิตช์ ATM โดย UNI มีหน้าที่หลักเกี่ยวกับการ call setup ของ ATM endpoint และให้ข้อมูลการควบคุมกับโครงข่าย เพื่อที่จะทำให้โครงข่ายทำการเจรจาหรือปฏิเสธการร้องขอ call setup

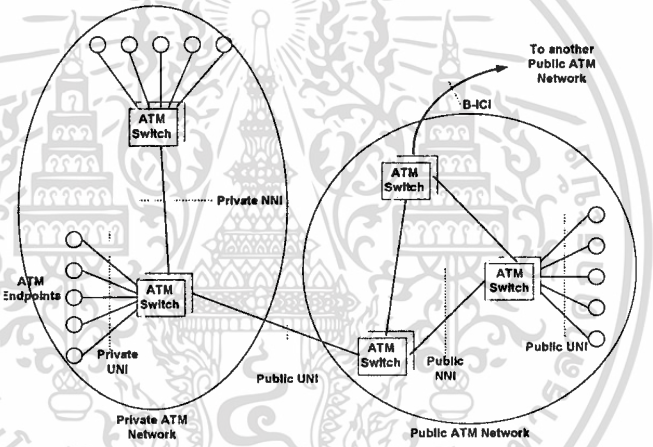
2. network-node interface (NNI) คือการเชื่อมต่อระหว่าง 2 โครงข่าย ATM หรือระหว่าง 2 สวิตช์ ATM (node ภายในโครงข่าย ATM) ที่ติดกัน ทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับการ routing และ call control



รูปที่ 2.3 แสดง UNI และ NNI ของโครงข่าย ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่ทำให้แตกต่างระหว่าง UNI และ NNI คือประเภทของการเชื่อมต่อที่อยู่บนพื้นฐานการเป็นเจ้าของในโครงข่าย ATM (private หรือ public) แสดงในรูปที่ 2.4 สำหรับโครงข่าย private ATM (เช่นภายในบริษัท) โพรโตคอล UNI และ NNI จะถูกเรียกว่า Private UNI และ Private NNI ตามลำดับ สำหรับโครงข่าย public ATM ทุกๆ private endpoint จะเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่ายสาธารณะ(public network) ผ่าน public UNI รวมทั้งการเชื่อมต่อระหว่าง private ATM switch เข้ากับโครงข่ายสาธารณะ ทั้ง private ATM switch และ ATM endpoint จะถูกมองว่าเป็น private endpoint ทั้งหมดในโครงข่ายสาธารณะ ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายสาธารณะเข้าหากันเราเรียกว่า B-ICI (Broadband Inter-Carrier Interface)



รูปที่ 2.4 แสดง การเชื่อมต่อ Private และ Public ATM

2.4 เซลล์ของ ATM

ATM เซลล์มีขนาดคงที่ ซึ่งประกอบด้วยส่วนหัว 5 ไบต์และส่วนข้อมูล 48 ไบต์ การที่ ATM มีการใช้เซลล์ขนาดคงที่ และขนาดเล็กมีข้อดี คือ

1. สำหรับเซลล์ซึ่งมี priority สูง การที่ใช้เซลล์ขนาดเล็กทำให้ลดค่าความล่าช้าเนื่องจากการเข้าคิว

2. การที่เซลล์มีขนาดคงที่ทำให้ switch ข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะมีความสำคัญเมื่อ ATM มีการส่งข้อมูลที่ความเร็วสูง

3.เซลล์ที่มีขนาดคงที่ทำให้ง่ายต่อการสร้างกลไกที่สวิตช์

4. เมื่อมี error เกิดขึ้นไม่ต้องใช้เวลาในการส่งข้อมูลใหม่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ATM Service Categories

โครงข่าย ATM ถูกออกแบบมาให้สามารถรับส่งข้อมูลได้หลายรูปแบบที่แตกต่างกันในเวลาเดียวกัน เช่น เสียง ภาพเคลื่อนไหว และข้อมูลที่มีอัตราการรับส่งไม่คงที่ โดยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ Traffic นั้นๆ และความต้องการของ applications

ในส่วนนี้จะพิจารณาถึงประเภทการบริการของ ATM ซึ่งถูกใช้โดยระบบปลายทาง ให้เหมือนกับชนิดการให้บริการที่ต้องการ ประเภทการให้บริการถูกกำหนดโดย ATM Forum มีดังนี้

- **Real Time Service**

ความแตกต่างที่สำคัญของ applications จะเกี่ยวข้องกับ delay และ variability ของ delay ซึ่ง application แบบ real time จะมีการจำกัดค่า delay โดยการบริการที่เป็นแบบ real time ได้แก่

◆ **Constant Bit Rate (CBR)**

CBR ใช้กับ application ที่ต้องการส่งข้อมูลที่อัตราเร็วคงที่ และใช้งานอย่างต่อเนื่องตลอดเท่าที่มีการเชื่อมต่ออยู่ การบริการแบบ CBR โดยทั่วๆไปใช้สำหรับสัญญาณเสียงที่ไม่มีการบีบอัดและวิดีโอ ตัวอย่างการบริการแบบ CBR ได้แก่ Videoconference, โทรศัพท์, โทรทัศน์, pay-per-view, การศึกษาทางไกล , video on demand

◆ **Real-time Variable Bit Rate (rt-VBR)**

การบริการประเภท rt-VBR ออกแบบเพื่อการใช้งานที่มีความไวต่อเวลา โดยมีการจำกัดค่าความล่าช้า (delay) และ delay variation ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการใช้งานที่เหมาะสมกับการบริการแบบ rt-VBR กับการบริการแบบ CBR คือการใช้งานบนการบริการ rt-VBR สามารถเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งข้อมูลที่เวลาใดๆได้ แหล่งกำเนิด rt-VBR มักจะมีคุณลักษณะการส่งข้อมูลที่เป็นแบบ burst การบริการแบบ rt-VBR จะยอมให้โครงข่ายมีความยืดยุ่นในการส่งข้อมูลมากกว่าการบริการแบบ CBR

- **Non Real-Time Service**

Non real-time service เป็นการบริการสำหรับการใช้งานที่มีคุณสมบัติของ Traffic ที่เป็นแบบเบิรส์ต (burst) และไม่สนใจต่อ delay และ variation delay อย่างไรก็ตามโครงข่ายที่ใช้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริการแบบนี้จะมีความยืดหยุ่นในการจัดการ Traffic ค่อนข้างมากและมีการใช้ statistical multiplex เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่าย โดยการบริการที่เป็นแบบ non-real time ได้แก่

◆ **Non real-time Variable Bit Rate (nrt-VBR)**

การใช้งานบนการบริการแบบ non real-time มีคุณลักษณะ Traffic ที่เป็นแบบคาดคะเน ดังนั้นโครงข่ายจึงทำการปรับปรุง Qos เป็นสำคัญ ในแง่การสูญเสีย (loss) และค่าความล่าช้า (delay) การบริการ nrt-VBR เหมาะกับการใช้งานที่เป็นการรับส่งข้อมูล และมีการตอบสนองของข้อมูลตามที่ต้องการ ตัวอย่างการบริการแบบ nrt-VBR เช่น การสำรองที่นั่งสายการบิน กระบวนการ monitoring และการติดต่อที่เกี่ยวกับ banking

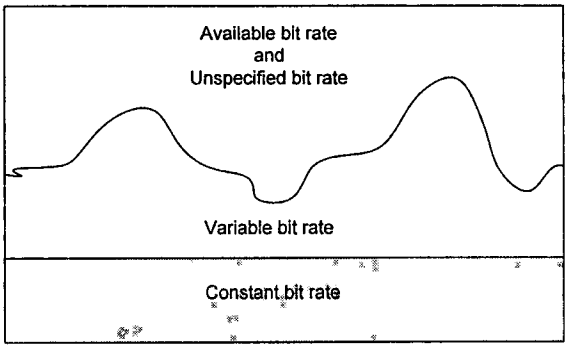
◆ **Available Bit Rate (ABR)**

การใช้งานที่เป็นเบิรสต์จะใช้โพรโตคอลที่ต้นทางและปลายทางเพื่อทำให้เกิดความน่าเชื่อถือ เช่น โพรโตคอล TCP การใช้งานบนการบริการแบบ ABR จะต้องระบุค่า Peak cell rate (PCR) ที่ต้องการใช้และค่า Minimum cell rate (MCR) ที่ต้องการ โครงข่ายจะจัดสรรทรัพยากรให้กับทุกๆแหล่งกำเนิดที่ใช้งานอย่างน้อยที่สุดที่ค่า MCR แบนด์วิดท์ที่ไม่ใช้งานจากการบริการ ABR สามารถนำแบนด์วิดท์ไปให้การบริการ UBR ใช้งานต่อ จากรูปที่ 2.5 แสดงการจัดสรรทรัพยากรของโครงข่ายในช่วงเวลา steady-state

◆ **Unspecified Bit Rate (UBR)**

ในขณะเวลาใดๆ ถ้าแบนด์วิดท์ของโครงข่าย ATM ถูกใช้รองรับ Traffic ที่เป็น CBR และ VBR ทั้ง 2 ชนิดนั้น Traffic แบบ CBR และ VBR มีการใช้ทรัพยากรทั้งหมดของโครงข่ายไม่หมด ซึ่งโดยธรรมชาติ Traffic ของ VBR จะเป็น burst คือมีบางช่วงเวลามีการใช้แบนด์วิดท์ต่ำ แบน์วิดท์ที่ไม่ใช้งานนี้สามารถนำมาให้กับการบริการ UBR ใช้งาน การบริการแบบ UBR นี้เป็นการใช้งานที่ยอมให้มี delay และเกิด cell loss ได้ โดยการบริการนี้อาจหมายถึง best-effort service บริการหนึ่ง เช่น การโอนถ่ายข้อมูล ,ภาพ, Remote terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดง ATM bit rate service

2.6 ATM Adaptation layer(AAL)

ATM จะใช้ adaptation layer เพื่อรองรับข้อมูลที่ไม่ใช่ ATM เช่น PCM ,LAPF เป็นต้น โดย PCM เป็น application ของสัญญาณเสียง เพื่อให้ใช้ PCM บน ATM ได้ดังนั้น PCM จะต้องมีการแปลงจาก PCM บิตไปเป็นเซลล์ ATM ก่อนส่งออกไป ส่วน LAPF เป็นโพรโตคอลมาตรฐานสำหรับควบคุม data link ของ frame relay ในโครงข่ายที่มีการผสมกันระหว่าง ATM และ frame relay จะต้องมีการ map เฟรมของ LAPF ไปเป็นเซลล์ ATM ซึ่งจะทำให้ทุกๆ application และโพรโตคอลที่ใช้ควบคุม signalling บน frame relay สามารถใช้งานบนโครงข่าย ATM ได้

AAL service

เพื่อให้มีความแตกต่างระหว่างโพรโตคอล AAL น้อยที่สุด จะต้องมีการระบุหรือกำหนดความต้องการ ซึ่ง ITU-T ได้แบ่งระดับการให้บริการออกเป็น 4 class เพื่อให้ครอบคลุมความต้องการอย่างกว้างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 ตัวอย่างการบริการใน class A ได้แก่ circuit emulation เป็น Constant Bit Rate ซึ่งมีความต้องการที่สัมพันธ์กับเวลา ตัวอย่างการบริการใน class B เช่น videoconference ซึ่งเป็น Variable Bit Rate โดยเวลามีความสำคัญอย่างมาก แต่อัตราการส่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับจำนวนภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว ส่วน class C และ D เป็น application ที่ใช้โอนถ่ายข้อมูลโดยทั้ง 2 class จะมีอัตราการส่งข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงได้ และ เวลาไม่มีความจำเป็นมากนัก การส่งข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงนี้จะถูกจัดการที่ระบบปลายทางโดยใช้บัฟเฟอร์ ซึ่งการโอนถ่ายข้อมูลสามารถที่จะเป็นได้ทั้งconnection oriented (class C) และ connectionless (class D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AAL Protocol

โพรโตคอล AAL ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถรองรับการบริการได้หลายแบบโดย ITU-T ได้กำหนดโพรโตคอลหนึ่งๆสำหรับแต่ละการบริการเรียกว่า Type 1 ถึง Type 5 แต่ได้มีการรวม type 3 และ 4 เข้าด้วยกันเป็น type 3/4 โดยในตารางที่ 2.1 แสดงการบริการที่รองรับในแต่ละชนิด

1. AAL1ใช้สำหรับการส่งข้อมูลที่มีอัตราเร็วคงที่ Constant Bit Rate (CBR)

2. AAL2 ใช้รองรับข้อมูลที่เป็น variable bit rate โดย AAL2 นี้เหมาะที่จะใช้รองรับ application ที่เป็น analog เช่น video และ audio โดยมีผลกระทบกับเวลา แต่ไม่ต้องการส่งข้อมูลแบบ constant bit rate

3. AAL3/4ใช้สำหรับการส่งข้อมูลแบบปรับค่าความเร็วของการรับส่งได้ตามที่ต้องการ Variable Bit Rate (VBR) เช่นเดียวกับ AAL2 แต่ต่างกันที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous ได้ คือเวลาที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลไม่จำเป็นต้องสัมพันธ์กัน

4. AAL5 เป็นที่นิยมใช้งานอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะ ATM LAN ใช้สำหรับการส่งข้อมูลเช่นเดียวกับ AAL3/4 แต่มีข้อต่างกันคือ สามารถใช้กับการสื่อสารข้อมูลซึ่งมีการเชื่อมต่อแบบ Connectionless ได้ และมีส่วน Header ของ Payload สั้นกว่า AAL3/4

ตารางที่ 2.1 แสดง Service specification for AAL

	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing relation between source and destination	Required		Not required	
Bit Rate	Constant	Variable		
Connection mode	Connection oriented			Connectionless
AAL Protocol	Type1	Type 2	Type 3/4	
			Type 5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

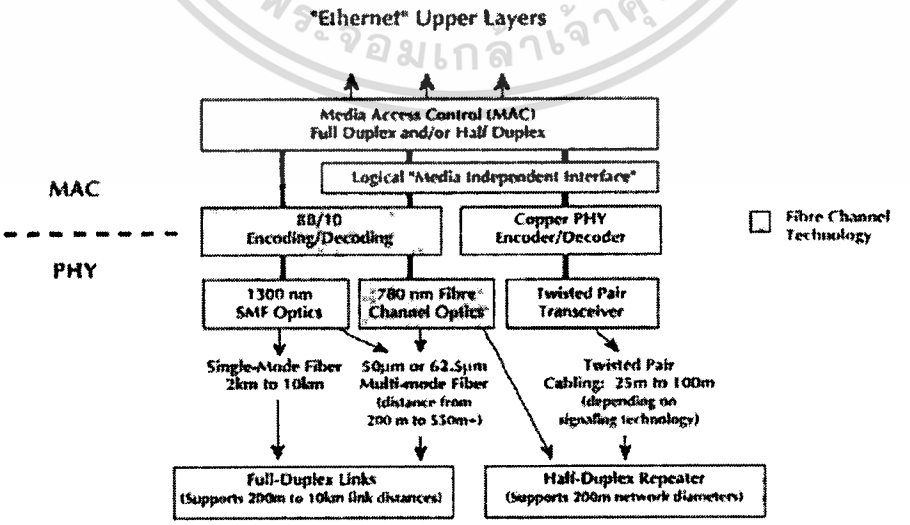
บทที่ 3

เทคโนโลยีเครือข่าย Gigabit Ethernet

3.1 Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet (IEEE802.3z) เป็นมาตรฐานใหม่ของเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network) ที่พัฒนามาจาก เครือข่ายแบบ Ethernet แบบเก่าที่มีความเร็ว 10 Mbps ให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ระดับความเร็ว 1 Gbps ทั้งนี้เทคโนโลยีนี้ ยังคงใช้กลไก CSMA/CD ในการร่วมใช้สื่อเหมือนEthernet แบบเก่า หากแต่มีการพัฒนาและดัดแปลงให้สามารถรองรับความเร็วในระดับ 1 Gbps ได้

Gigabit Ethernet เป็นส่วนเพิ่มขยายจาก 10 Mbps และ 100 Mbps Ethernet (มาตรฐาน IEEE 802.3 และ IEEE802.3u ตามลำดับ) โดยที่มันยังคงความเข้ากันได้กับมาตรฐานแบบเก่าอย่างร้อยเปอร์เซ็นต์ Gigabit Ethernet ยังสนับสนุนการทำงานใน mode full-duplex โดยจะเป็นการทำงานในการเชื่อมต่อระหว่าง Switch กับ Switch และระหว่าง Switch กับ End Station ส่วนการเชื่อมต่อผ่าน Repeater, Hub ซึ่งจะเป็นลักษณะของ Shared-media (ซึ่งใช้กลไก CSMA/CD) Gigabit Ethernet จะทำงานใน mode Half-duplex ซึ่งสามารถจะใช้สายสัญญาณได้ทั้งสายทองแดงและเส้นใยแก้วนำแสง



รูปที่ 3.1 แสดง Gigabit Ethernet layer protocol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Carrier Extension

หลักการพื้นฐานที่สำคัญของ Gigabit Ethernet (IEEE802.3z) คือการปรับแก้ส่วนของ MAC Layer (Media Access Control Layer) โดยกลไกที่เรียกว่า Carrier Extension โดยกลไกตัวนี้จะทำการเพิ่มความยาวของเฟรมที่มีขนาดน้อยกว่า 512 ไบต์ โดยจะทำการเพิ่มข้อมูลเข้าไปยังส่วนท้ายของเฟรมเพื่อให้เฟรมข้อมูลนั้นมีขนาดเท่ากับ 512 ไบต์ เหตุที่ต้องทำเช่นนี้เนื่องมาจากว่าใน Ethernet แบบเดิมที่ความเร็ว 10Mbps (IEEE802.3) นั้นได้มีการกำหนดออกแบบเอาไว้ว่าจะต้องสามารถตรวจจับการชนการของข้อมูล (Collision) ได้ เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์เครือข่ายที่อยู่ห่างกัน 2 กิโลเมตร ส่งข้อมูลที่มีความยาว 64 ไบต์ออกมาในจังหวะเวลาที่ทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล (Roundtrip Propagation Delay) ซึ่งเมื่อเกิดการชนกันขึ้น MAC Layer จะเป็นตัวที่ตรวจพบและมันจะทำการส่งสัญญาณ เพื่อให้เครื่องที่ส่งข้อมูลชนกันหยุดการส่งข้อมูล และทำการสุ่มเวลาเริ่มต้นเพื่อที่จะทำการส่งข้อมูลนั้นใหม่อีกครั้ง และใน 100 Mbps (IEEE802.3u)ก็ใช้ข้อกำหนดนี้แต่ความเร็วที่เพิ่มขึ้นได้มาจากการเพิ่มสัญญาณนาฬิกาในการส่งข้อมูลให้เร็วขึ้นเป็น 10 เท่าจากของเดิม ทำให้เวลาที่ต้องใช้ในการส่งข้อมูลลดลง 10 เท่า ซึ่งทำให้ระยะห่างสูงสุดระหว่างเครื่องในเครือข่ายลดลง 10 เท่าเช่นกัน คือ จาก 2 กิโลเมตรเหลือเพียง 200 เมตรแต่เมื่อมีการเพิ่มความเร็วขึ้นอีก 10 เท่าใน Gigabit Ethernet จึงทำให้ระยะห่างดังกล่าวลดลงเหลือเพียง 20 เมตรบนสาย UTP CAT5 ซึ่งไม่สามารถใช้งานได้ในสภาพการทำงานจริง ดังนั้นเทคนิค Carrier Extension จะเข้ามาทำให้สามารถตัวจับการชนกันของข้อมูลเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์บนเครือข่ายอยู่ห่างกันที่ระยะ 200 เมตร

ขนาดของเฟรมที่เล็กที่สุดของ Gigabit Ethernet ซึ่งมีค่าเท่ากับ 512 ไบต์นั้นจะทำให้สามารถตรวจจับการชนกันของข้อมูลได้ที่ความเร็วในการส่งข้อมูลเท่ากับ 1 Gbps และระยะห่างสูงสุดที่ 200 เมตร ทั้งนี้ทางคณะทำงานที่กำหนดมาตรฐาน IEEE802.3z ได้ลดจำนวน repeater hops ลงจาก 100Base-T (IEEE802.3u) ที่อนุญาตให้มีได้ 2 hops และ 4 hops ใน 10Base-T ลงเหลือเพียง 1 hop เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อเหตุผลในเรื่องการลดเวลาในการตรวจสอบการชนกันของข้อมูล นอกจากนี้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆทางวิศวกรรม เช่น ค่าทางไฟฟ้าใน IEEE802.3z จะไม่มีการเผื่อ Safety Factor อีกต่อไป ดังนั้นถ้าผู้ผลิตแต่ละยี่ห้อไม่ได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ตรงกันจริงๆ ก็จะทำให้เกิดปัญหา เมื่อนำเอาอุปกรณ์ Gigabit Ethernet ของต่างผู้ผลิตมาต่อเชื่อมกัน

การทำ Carrier Extension ต้องเพิ่มขนาดของเฟรมที่เล็กว่า 512 ไบต์ด้วยส่วนข้อมูลพิเศษต่อท้ายเพื่อให้มีขนาดเท่ากับ 512 ไบต์นั้นจะทำให้ค่า Throughput ลดลง เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีขนาดน้อยกว่า 512 ไบต์เป็นจำนวนมาก แต่การทำ Carrier Extension นั้นจะใช้ในกรณีที่เป็นการรับส่งข้อมูลแบบ Half-Duplex เท่านั้น เพราะในการรับส่งข้อมูลแบบ Full-Duplex นั้นจะมีการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายรับและส่ง แยกกันคนละชุดจึงไม่มีการชนกันของข้อมูลที่วิ่งสวนทางกัน(Collision) จึงทำให้ไม่ต้องกังวลกับการตรวจจับการชนกัน

3.3 Packet Bursting

Packet Bursting เป็นเทคนิคที่จะลดข้อเสียของการใช้ Carrier Extension เทคนิคนี้จะทำงานโดยการเก็บรวบรวมเฟรมที่มีขนาดเล็กกว่า 512 ไบต์หลายๆเฟรมรวมกันให้มีขนาดมากกว่า 512 ไบต์แล้วจึงทำการส่งออกไป ซึ่งการที่จะทำอย่างนี้ได้ต้องเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างตัวแอพพลิเคชั่นและ Gigabit Interface Card ซึ่งแอพพลิเคชั่นที่มีอยู่ปัจจุบันจะต้องได้รับแก้ไขเพื่อให้มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลโดยลักษณะที่จะมีการเก็บรวบรวมเฟรมข้อมูลให้ได้ขนาดที่ต้องการแล้วส่งออกไปทีเดียวนี่เองทำ ซึ่งปัญหานี้กำลังอยู่ในระหว่างการตัดสินว่าจะให้มีการแก้ไขอย่างไร โดยอาจจะให้เป็นหน้าที่ของ Protocol ที่จะทำหน้าที่แก้ปัญหาให้ส่วนนี้ หรืออาจจะแก้ที่ตัว Packet Bursting ให้มีการกำหนดเวลาในการรวบรวมเฟรมที่มีขนาดเล็กกว่า 512 ไบต์ ซึ่งถ้าเกินเวลาที่กำหนดแล้วแต่ว่ายังไม่สามารถรวบรวมข้อมูลได้มากว่า 512 ไบต์ ก็ให้ทำการส่งออกไปโดยใช้วิธี Carrier Extension

3.4 Buffer Distributor

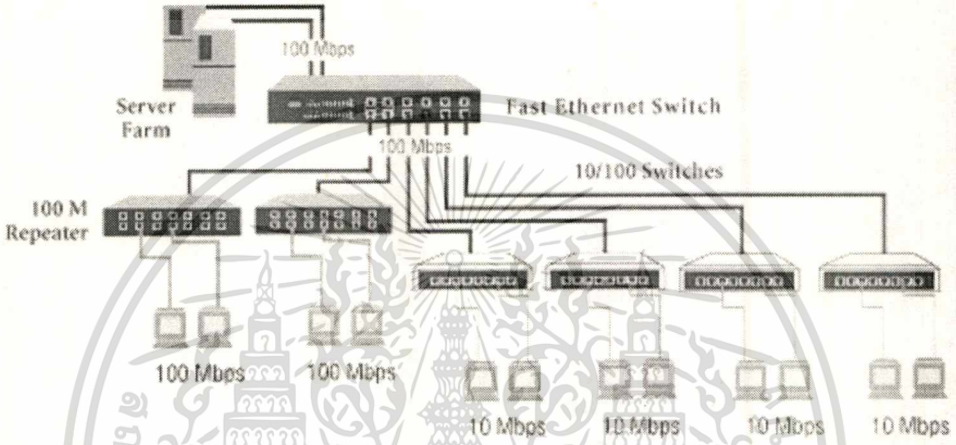
Buffer Distributor เป็นอุปกรณ์ของ Gigabit Ethernet ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้โดยลดข้อจำกัดของ Carrier Extension โดยอุปกรณ์นี้จะมีการทำงานที่รวมคุณลักษณะของRepeaterและ Switch เข้าด้วยกัน อุปกรณ์นี้จะใช้การเชื่อมต่อแบบ Full-Duplex และ Flow Control (IEEE802.3x) มันสามารถทำงานเหมือนกับ Repeater คือส่งข้อมูลทุก packet ไปยังทุกๆ Port ที่มีการเชื่อมต่ออยู่ และสามารถทำงานในลักษณะของ Switch คือการรับข้อมูลจากหลาย Port ได้พร้อมกันแล้วนำข้อมูลนั้นไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ(Buffer) และเมื่อมีการเขียนลงจน Buffer เต็ม ตัวอุปกรณ์นี้ก็จะใช้ Flow Control ส่งสัญญาณให้โหนดที่ส่งข้อมูลนั้นหยุดคอยจนกว่า Buffer นั้นจะว่างลงอีกครั้ง (หลังจากอุปกรณ์ได้ทำการส่งข้อมูลในBuffer เหล่านั้นไปยังปลายทางเรียบร้อยแล้ว) วิธีนี้ก็จะสามารถให้ Throughput ได้เกือบ 100% แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้คือทุกโหนดที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์นี้จะต้องเป็นแบบFull-Duplex และสนับสนุนมาตรฐาน IEEE 802.3x ด้วย

3.5 การนำอุปกรณ์ Gigabit Ethernet มาใช้

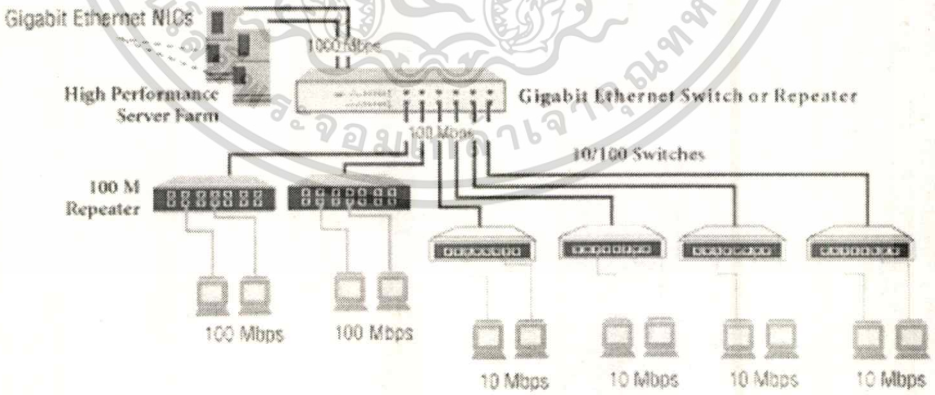
ทางคณะทำงานของ IEEE802.3z ได้เสนอการนำอุปกรณ์ Gigabit Ethernet ไปใช้ทดแทนอุปกรณ์ต่างๆที่มีอยู่แล้ว เพื่อเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูลโดยแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เพิ่มความเร็วของ Switch-to-Server Linkวิธีการเพิ่มความเร็วที่ง่ายที่สุดก็คือการเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูลระหว่างตัว Gigabit switch กับ Server ประสิทธิภาพสูงซึ่งติดตั้ง Gigabit interface card ดังรูปที่ 3.2 และ 3.3 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบ Ethernet/Fast Ethernet ไปเป็น Gigabit Ethernet



รูปที่ 3.2 แสดงเครือข่ายก่อนเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet

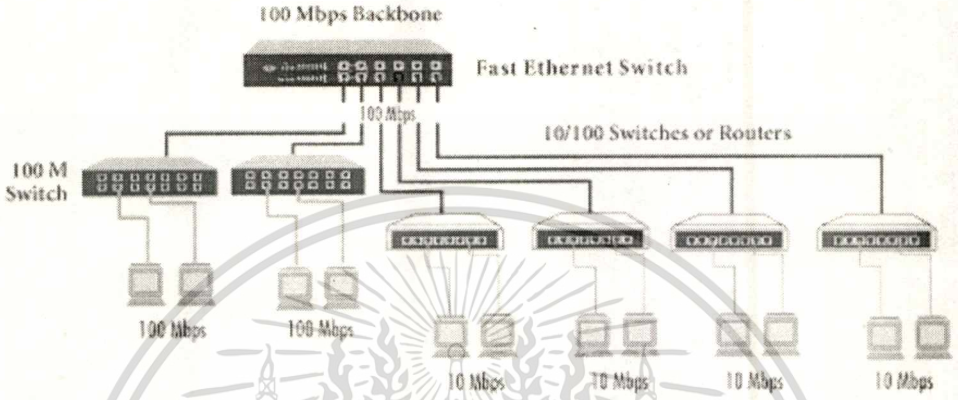


รูปที่ 3.3 แสดงเครือข่ายหลังเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet

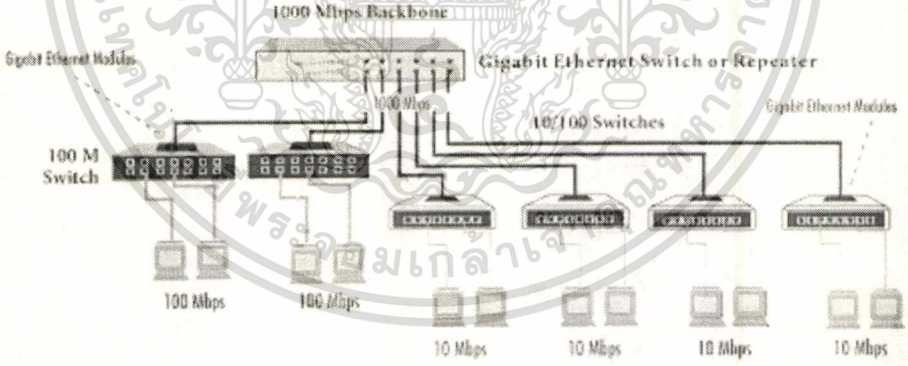
2. การแทนที่เครือข่ายแกนหลักที่ใช้ Fast Ethernet อยู่ก่อนในเครือข่ายขนาดเล็กจนถึงขนาดกลางที่ใช้ Fast Ethernet Switch เป็นอุปกรณ์เครือข่ายแกนหลัก (Backbone Switch) ก็อาจจะรองรับความต้องการในรับส่งข้อมูลที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วไม่ได้ การนำ Gigabit Ethernet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Switch มาทำหน้าที่เป็นBackbone Switch แทนก็จะทำให้สามารถเพิ่ม Bandwidth ได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน และอนาคต รูปที่ 3.4 และ 3.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบ Ethernet/Fast Ethernet ไปเป็น Gigabit Ethernet



รูปที่ 3.4 แสดงเครือข่ายก่อนเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet

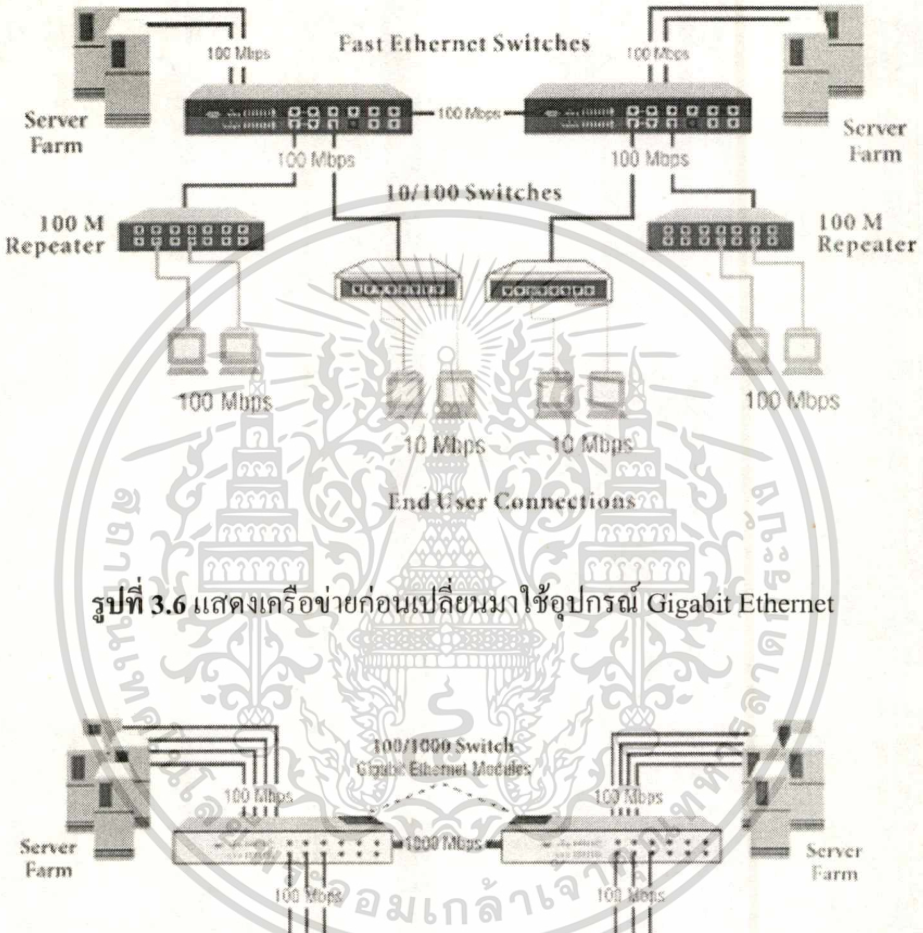


รูปที่ 3.5 แสดงเครือข่ายหลังเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet

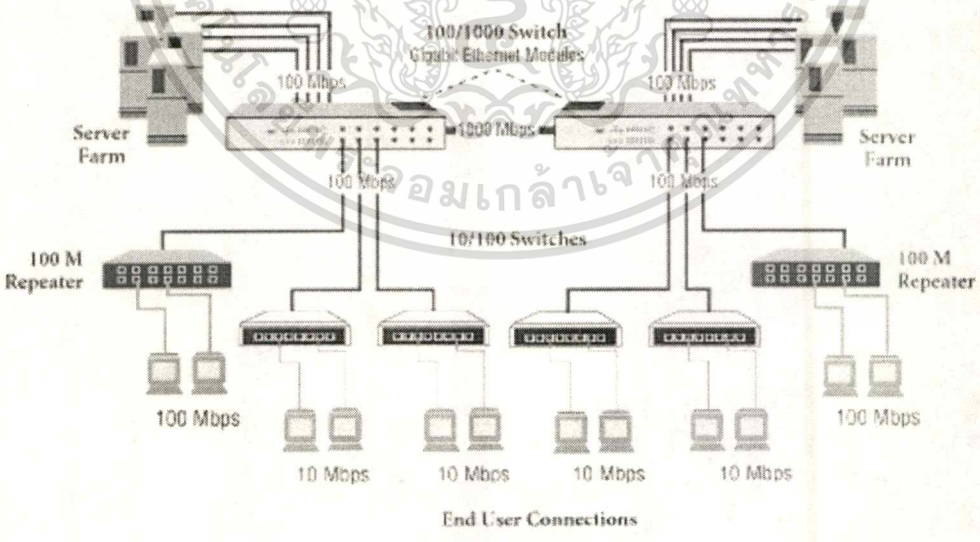
3. เพิ่มความเร็วของ Switch-to-Switch Link ในเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และมี Ethernet/Fast Ethernet switch/repeater อยู่จะทำให้มีปริมาณข้อมูลที่ต้องส่งผ่านระหว่าง Switch/Repeater ที่มี Server ต่ออยู่ด้วยนั้นสูงมากจนต้องการการเพิ่มขยาย การนำ Gigabit Ethernet เข้ามาแทนที่ Ethernet/Fast Ethernet Switch/Repeater เหล่านี้ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรวมของระบบได้ รูปที่ 3.6 และ 3.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบ Ethernet/Fast Ethernet ไปเป็น Gigabit Ethernet



รูปที่ 3.6 แสดงเครือข่ายก่อนเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet

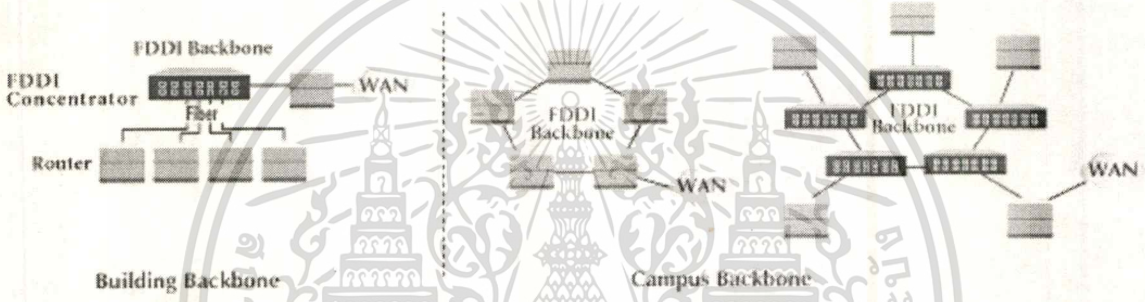


รูปที่ 3.7 แสดงเครือข่ายหลังเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet

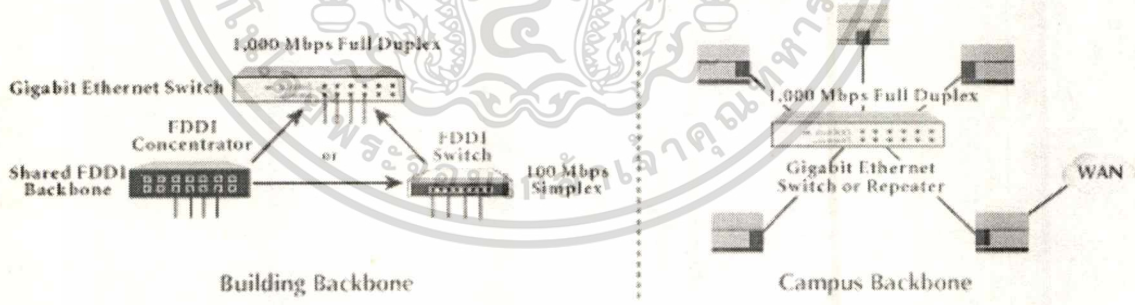
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจจ.

4. การแทนที่เครือข่ายแกนหลักที่ใช้ Shared FDDI อยู่ก่อน เครือข่ายที่ใช้เทคโนโลยี FDDI สามารถจะทำการเปลี่ยนมาใช้ Gigabit Ethernet ได้โดยการนำเอา Gigabit Ethernet Switch ไปแทนที่ FDDI Concentrator หรืออาจจะเพียงนำ Gigabit Ethernet Interface Card ไปเปลี่ยนกับ FDDI Interface Card ในRouter ที่มีใช้งานอยู่แล้ว ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงนี้ไม่ต้องมีการลงทุนเกี่ยวกับเรื่องสายสัญญาณเลย เนื่องจาก FDDI ส่วนมากก็จะใช้ เส้นใยแก้วนำแสงเป็นพื้นฐานอยู่แล้ว ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงจากอุปกรณ์เครือข่ายแบบ FDDI ไปเป็น Gigabit Ethernet



รูปที่ 3.8 แสดงเครือข่ายก่อนเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet



รูปที่ 3.9 แสดงเครือข่ายหลังเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์ Gigabit Ethernet

5. การใช้ Network Interface Card ที่เครื่อง High-end Desktop ในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มความเร็วของระบบขั้นสุดท้ายก็คือการเพิ่มความเร็วระหว่าง อุปกรณ์ Gigabit Ethernet Switch/Repeater กับเครื่อง Desktop ระดับ Hi-end ที่ติดตั้ง Gigabit Ethernet Interface Card ทั้งนี้เพื่อรองรับปริมาณข้อมูลที่สูงมากๆ เช่น แอพพลิเคชั่นประเภทวิดีโอทั้งหลาย (VDO-Editing, VOD) หรืองานประเภท Data Ware House

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 เครือข่าย 10-Gigabit Ethernet

มาตรฐานของระบบเครือข่าย Ethernet ที่นำมาใช้เป็นโครงข่ายหลักของ WAN นั้น จะเป็นมาตรฐานเครือข่ายความเร็วสูงมาก และสามารถเชื่อมต่อได้ไกล ดังนั้นมาตรฐานที่ใช้จึงเป็น 10-Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae) ซึ่งเหตุผลของการพัฒนาระบบเครือข่าย Ethernet ให้มีความเร็วสูงขึ้นนั้น สืบเนื่องจากระบบโครงข่าย ATM รวมทั้ง SDH นั้นมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในด้านอุปกรณ์ที่ค่อนข้างจะแพงทั้งพวกอุปกรณ์เชื่อมต่อภายในโครงข่ายและค่าอินเตอร์เฟสระหว่างเครือข่าย Ethernet กับโครงข่ายต่างชนิดเหล่านี้ให้สามารถสื่อสารกันได้

เทคโนโลยี 10-Gigabit Ethernet นี้จะช่วยให้ระบบเครือข่าย LAN สามารถเดินทางได้ไกลขึ้นโดยไม่ต้องใช้ WAN อีกทั้งยังสามารถรองรับแอพพลิเคชันใด ๆ ที่ต้องการประสิทธิภาพประเภทแบนด์วิดธ์มากๆ การพัฒนาระบบ Ethernet ความเร็วสูงขนาด 10-Gigabit Ethernet นั้นไม่เพียง แต่ถูกนำมาใช้ เพื่ออัพเกรดประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่าย Ethernet ในปัจจุบันเท่านั้น และยังถูกนำมาใช้เป็นโครงข่ายเพื่อเชื่อมต่อเครือข่าย Ethernet LAN ตามสถานที่ต่างๆ เช่น การเชื่อมโยงระหว่างชั้นของอาคารที่อาจมีความซับซ้อน เช่น Campus Backbone และใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ความเร็วสูง หรือศูนย์ข้อมูลความจุสูง ตัวอย่างเช่น Storage Area Network (SAN) ซึ่งการใช้ 10-Gigabit Ethernet เป็นโครงข่าย ควรจะมีต้นทุนการเชื่อมต่อที่ต่ำกว่า เนื่องจากระบบเครือข่าย Ethernet LAN กับโครงข่ายที่เป็น 10-Gigabit Ethernet ต่างเป็นสายพันธุ์เดียวกัน ดังนั้นการเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่ายนี้สามารถทำได้โดยการติดตั้งโมดูลเพิ่มเติมเข้าไปที่ Ethernet LAN Switch Hub ที่มีอยู่แล้วได้โดยง่าย ในช่วงเดือนมีนาคม ปี 1999 ได้มีการจัดตั้งคณะทำงานเพื่อทำการพัฒนามาตรฐาน IEEE 802.3 ที่มีความเร็วสูงขึ้น เรียกว่า IEEE 802.3 Higher Speed Study Group (HSSG) เพื่อพัฒนามาตรฐานของ 10-Gigabit Ethernet โดยมีจุดประสงค์เบื้องต้นสำหรับมาตรฐานดังกล่าวไว้ดังนี้

1. สนับสนุนมาตรฐานการทำงานของระบบ Ethernet ที่ความเร็ว 10 Gigabit ด้วยต้นทุนค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า 1 Gigabit Ethernet 2-3 เท่า

2.เป็นระบบที่ยังใช้มาตรฐานของ Frame แบบ 802.3

3. สามารถเข้ากันได้กับเครือข่าย Ethernet มาตรฐาน 802.3x ต่างๆ

4. ยังคงไว้ซึ่งขนาดของ Frame ขั้นต่ำสุด และขั้นสูงสุดตามมาตรฐาน IEEE 802.3 ในปัจจุบัน

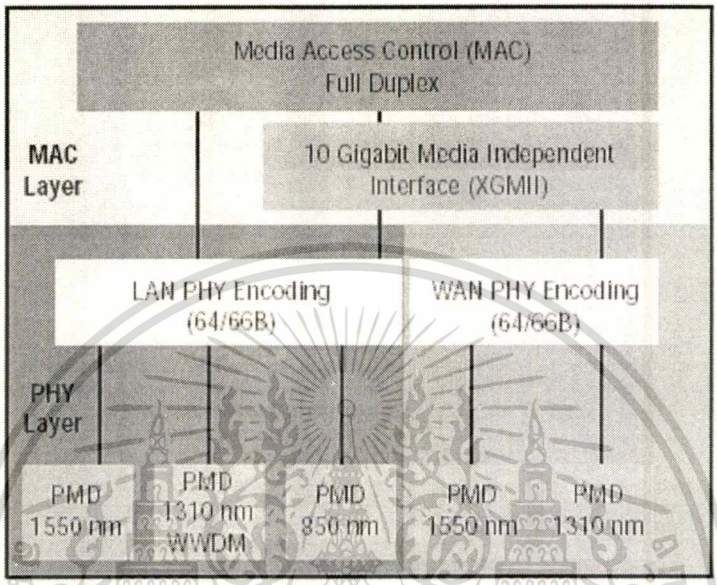
5. กำหนดให้มีอุปกรณ์อินเตอร์เฟส กับเครือข่ายเป็นการเฉพาะเจาะจง

6. สื่อสารข้อมูลแบบ Full Duplex เท่านั้น

7. สามารถสนับสนุนกับการเชื่อมต่อระบบ LAN ที่มีการเชื่อมต่อในรูปแบบ Star

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สนับสนุนการเชื่อมต่อด้วยสายสัญญาณไฟเบอร์ออปติกแบบ Multimode ระยะทางของการเชื่อมต่อใกล้สุดที่ 200 เมตร และ 3 กิโลเมตร เป็นอย่างน้อยถ้าใช้ไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode

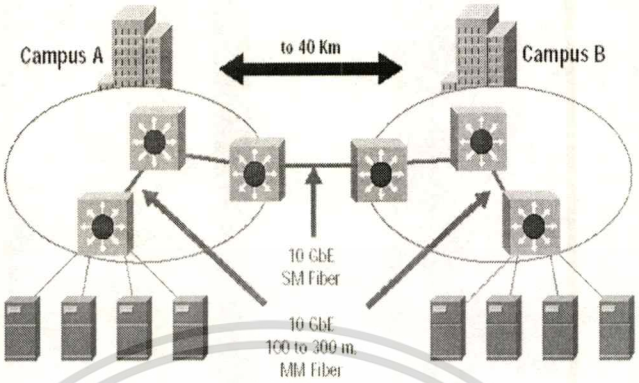


รูปที่ 3.10 แสดง 10-Gigabit Ethernet layer protocol

เครือข่าย Gigabit Ethernet มีรูปแบบการส่งข้อมูลแบบ connectionless โดยระบบ Gigabit ethernet ที่ใช้กันส่วนใหญ่จะใช้มาตรฐาน IEEE 802 ในการเชื่อมต่อเครือข่าย ซึ่งประกอบด้วย Ethernet โดยมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 1 Gbps และ 10 Gbps โพรโตคอล IEEE 802 เป็นตัวกำหนด physical layer และ data link layer

10-Gigabit Ethernet (IEEE802.3ae) จะคล้ายกับเทคโนโลยีของ Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z) ตรงที่ต้องการใช้สายไฟเบอร์ออปติกทั้งที่เป็น Multimode และ Single Mode อย่างไรก็ดีใน 10-Gigabit Ethernet นี้สามารถใช้สายไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode เพื่อเชื่อมต่อได้ไกลกว่า Gigabit Ethernet ซึ่งไปได้ไม่ไกล แต่10-Gigabit Ethernet สามารถเชื่อมต่อได้ไกลถึง 40 กิโลเมตร นอกจากนี้ 10-Gigabit Ethernet ยังถูกออกแบบให้สามารถรองรับการทำงานแบบ Full-duplex เท่านั้น ไม่สามารถทำงานแบบ Half-duplex ได้ และสนับสนุนการเชื่อมต่อระบบ LAN ที่มีการเชื่อมต่อในรูปแบบ star ดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงเครือข่าย LAN ที่ใช้ 10-Gigabit Ethernet

เครือข่าย Gigabit Ethernet และ 10-Gigabit Ethernet นั้น เป็นเทคโนโลยีที่ใช้มาตรฐานของ frame Ethernet แบบเดิม สามารถเข้ากันได้กับ Ethernet แบบเดิมได้เป็นอย่างดี สนับสนุนการทำงานแบบ full-duplex และความเร็วเพิ่มขึ้นเป็นระดับ Gbps สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย LAN แบบเดิมได้อย่างง่ายดาย โดยเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูลระหว่าง Switch กับ Switch และระหว่าง Switch กับ Server ทำให้ Gigabit Ethernet เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้งานกันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสีย ระหว่างเครือข่าย ATM และ 10-Gigabit Ethernet

ในบทนี้จะทำการเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียระหว่างเครือข่าย ATM และ Gigabit Ethernet ทั้งทางด้านเทคนิค ข้อจำกัดต่างๆ ค่าใช้จ่ายต่างๆ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการเลือกใช้เทคโนโลยีเครือข่าย ATM และ Gigabit Ethernet ต่อไป

4.1 ATM Network

โครงข่าย ATM จะมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูง เพราะมีความเร็วในการสวิตช์ข้อมูลสูง ลักษณะโครงข่าย ATM จะเป็นสายไฟเบอร์ หรือสาย UTP (Unshield Twisted Pair) ซึ่งส่งข้อมูลที่ความเร็วตั้งแต่ 155 Mbps (STM-1) ขึ้นไป และมีอุปกรณ์ปลายทางซึ่งอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์ธรรมดาที่มี ATM Interface Card หรือเป็น Edge switch คือประกอบด้วย ATM Interface หรือ Ethernet Interface เพื่อเชื่อมต่อไปยังคอมพิวเตอร์ หรืออาจจะเป็นอุปกรณ์อื่นๆ เช่น PABX โดยอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับต่อเข้ากับสวิตช์ ATM และส่งข้อมูลโดยใช้ ATM โดยตรงยังมีไม่มากนัก เพราะมีราคาแพงอยู่ จึงได้มีระบบ IP over ATM และ LAN Emulation ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมประยุกต์ต่างๆบนเครือข่ายเดิมซึ่งใช้ application บน IP และ Ethernet บนเครือข่าย ATM ได้ หรือเป็นการจำลอง IP และ Ethernet ขึ้นบนเครือข่าย ATM นั่นเอง

♣ ข้อดีของ ATM

1. เทคโนโลยี ATM ถูกพัฒนาเพื่อรองรับการส่งข้อมูลทั้งในโครงข่าย LAN และ WAN ในอดีตรูปแบบการส่งข้อมูลใน LAN และ WAN จะแตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการบริหารงานโครงข่าย และการเชื่อมต่อ แต่ในโครงข่าย ATM จะรวมทั้ง LAN และ WAN เข้าด้วยกัน เป็นโครงข่ายขนาดใหญ่ที่มีมาตรฐานเดียวกัน

2. ATM ถูกพัฒนาให้เป็นมาตรฐานสากลทั่วโลกจาก ATM Forum ดังนั้นอุปกรณ์ต่างๆ สามารถจะทำงานร่วมกันได้แม้จะต่างผู้ผลิตกันโดยใช้มาตรฐานเดียวกัน

3. เทคโนโลยี ATM สามารถใช้ได้ที่ความเร็วสูง ตั้งแต่ 1 Mbps ไปจนถึง 10 Gbps

4. เทคโนโลยี ATM สามารถส่งข้อมูลโดยมีการรับประกันคุณภาพการส่ง ทำให้สามารถเลือกระดับคุณภาพได้ตามระดับที่เหมาะสมกับความสำคัญ และรูปแบบของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เทคโนโลยี ATM ถูกพัฒนาให้ใช้ได้กับข้อมูลทุกรูปแบบได้แก่ เสียง ภาพ และ ข้อมูล โดยสัญญาเสียงที่ใช้ในโครงข่ายโทรศัพท์จะมีลักษณะที่มีอัตราการส่งข้อมูลคงที่เท่าๆกันตลอดเวลา ข้อมูลเสียงอาจยอมให้มีการสูญเสียได้บ้าง แต่จะต้องให้มีการประวิงเวลาน้อยที่สุด ส่วนข้อมูลในเครือข่ายคอมพิวเตอร์จะมีการส่งข้อมูลไม่คงที่ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น bursty คือ บางช่วงเวลามีข้อมูลที่ต้องการส่งเป็นจำนวนมาก แต่บางช่วงเวลาก็ไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ซึ่งในส่วนของ Traffic ที่เป็นข้อมูลจะยอมให้มีความล่าช้าได้บ้าง แต่จะไม่ยอมให้มีการสูญเสียหรือมีน้อยที่สุด ในโครงข่าย ATM ไม่จำเป็นแยกเครือข่ายต่างๆออกจากกัน เพราะโครงข่าย ATM ถูกออกแบบมาให้สามารถรองรับการใช้งานทุกๆรูปแบบ

6. เทคโนโลยี ATM สามารถรองรับการให้บริการแบบ Multi-Services ประเภทต่างๆ เช่น Frame Relay over ATM, IPoATM, Circuit Emulation, Voice over ATM, DSL over ATM, Mutimedia Networking, Video Conference, Legacy Network เช่น X.25, SNA และ โพรโตคอลดั้งเดิม

7. ATM ถูกออกแบบมาโดยให้มีขนาดของเฟรมของข้อมูลที่เรียกว่า Cells มีขนาดคงที่ซึ่งจะไม่มีปัญหาเรื่องThroughput อย่าง Gigabit Ethernet

♣ ข้อเสียของ ATM

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงกว่า10-Gigabit Ethernet เนื่องจากอุปกรณ์ และอุปกรณ์ที่ใช้ต่อเข้ากับสวิตช์มีราคาแพงกว่า

2. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษามากกว่า และการบริหารจัดการเครือข่ายทำได้ยากกว่า ทำความเข้าใจได้ยากกว่า และมีการใช้งานยังไม่แพร่หลาย

3. การบริการ IPoATM นั้น เนื่องจากต้องมีจำนวนการแปลงโพรโตคอลที่มากขึ้น ทำให้ซับซ้อนกว่า

4. เครือข่าย ATM ต้องมีการแปลง interface ก่อนที่ต่อเข้ากับอุปกรณ์ลูกค้าปลายทางซึ่งมีการแปลง interface มากกว่า Gigabit Ethernet

5. เครือข่าย Ethernet แบบเดิม เมื่อมีการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ATM จะมี overhead ของ ATM cells เพิ่มขึ้นมา ทำให้ต้องเสีย bandwidth ในการรับส่งข้อมูลที่เป็น overhead ของ ATM เพิ่มขึ้น ทำให้การรับส่งข้อมูลช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Gigabit Ethernet Network

หลักการในการใช้ทรัพยากรร่วมกันในเครือข่าย LAN จะใช้ MAC address เป็นตัวกำหนดที่อยู่ต้นทางและปลายทางของ frame ในการกำหนด MAC address ของส่วนปลายทาง sever จะทำหน้าที่ส่ง broadcast packet ไปยังเครื่องลูกข่ายต่างๆเพื่อถามถึง MAC address ของเครื่องปลายทาง เมื่อเครื่องปลายทางแจ้ง MAC address ตอบกลับไปยังเครื่องต้นทางก็จะเป็นการเริ่มการติดต่อระหว่างเครื่องต้นทางและปลายทาง แต่อย่างไรก็ตามการใช้ทรัพยากรร่วมกันเช่นนี้ทำให้เกิดข้อเสีย คือ เครื่องลูกข่ายไม่สามารถรับประกันคุณภาพการส่งว่าจะได้รับแบนด์วิดท์เท่าไรในการส่งแต่ละครั้ง

♣ **ข้อดีของ 10-Gigabit Ethernet**

1. สนับสนุนมาตรฐานการทำงานของระบบ Ethernet ที่ความเร็ว 10 Gigabit เป็นระบบที่ยังใช้มาตรฐานของ Frame แบบ 802.3 สามารถเข้ากันได้กับเครือข่าย Ethernet มาตรฐาน 802.3x ต่างๆ ยังคงไว้ซึ่งขนาดของ Frame ขั้นต่ำสุดและขั้นสูงสุดตามมาตรฐาน IEEE 802.3

2. สื่อสารข้อมูลแบบ Full Duplex เท่านั้น ทำให้การรับส่งข้อมูลทำได้เร็วขึ้น ลดปัญหาการชนกันของข้อมูล

3. การให้แบนด์วิดธ์ของการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงในราคาต้นทุนที่ต่ำกว่า ATM

4. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาน้อยกว่าระบบที่มีอยู่เดิม และการบริหารจัดการเครือข่ายสามารถทำได้โดยผู้บริหารเครือข่าย ซึ่งสามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยาก และมีการใช้งานกว้างขวาง

5. มีความสามารถในการสื่อสารผ่านระบบสวิตซ์ชิ่งที่เร็วกว่า และเนื่องจากมาตรฐานนี้ใช้ฟอร์แมตหรือรูปแบบของ Frame แบบเดียวกับ Ethernet ในปัจจุบัน ดังนั้นการเชื่อมต่อระหว่าง 10 Gigabit กับ 100 Mbps หรือ 1 Gigabit Ethernet สามารถทำได้ไม่ว่าจะเชื่อมต่อแบบ MAN หรือ WAN ก็ตามและ ใน 10-Gigabit Ethernet ข้อมูลข่าวสารที่วิ่งในโครงข่าย WAN ไม่ต้องผ่านขบวนการแบ่งย่อย (Segmentation) หรือแบ่งเป็นส่วนย่อย (Fragmentation) รวมทั้งการประกอบคืนข้อมูล (Reassembling) เหมือนกับที่กำลังใช้อยู่ในปัจจุบันบน WAN อีกต่อไป ทำให้สามารถขจัดปัญหาการใช้เราเตอร์ซึ่งทำงานช้ากว่าระบบสวิตซ์ชิ่ง

6. ระบบ 10-Gigabit Ethernet สามารถเข้ากับระบบ Ethernet แบบเดิมได้ดี ทำให้การอัพเกรดระบบเครือข่าย Ethernet เดิมที่มีอยู่ สามารถทำได้ง่าย

7. 10-Gigabit Ethernet สามารถเชื่อมต่อได้ไกลถึง 40 กิโลเมตร โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater)

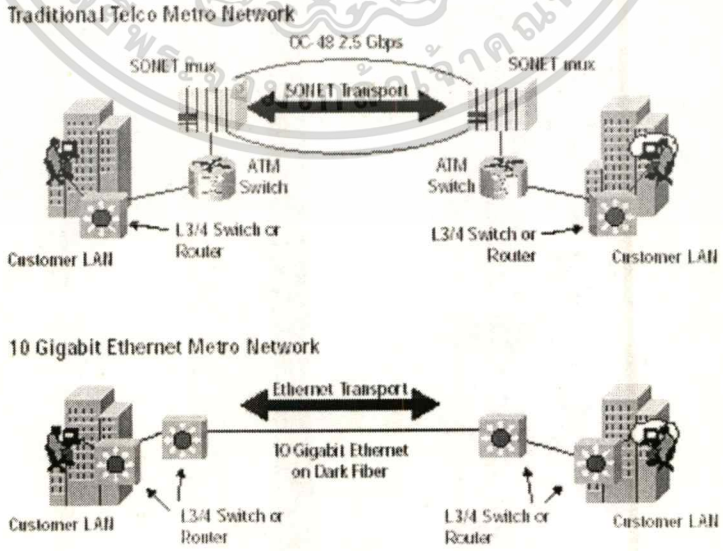
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ระบบ 10-Gigabit Ethernet ยังให้การสนับสนุนระดับชั้นการทำงานทั้ง 7 layersใน OSI Model รวมทั้งคุณภาพของการให้บริการ (QoS), MPLS (Multiprotocol Label Switching) รวมทั้งสนับสนุนการทำงานของโพรโตคอล Voice over IP (VoIP) ตลอดจนระบบรักษาความปลอดภัย และ Server Load Balance นอกจากนี้ยังให้การสนับสนุน Web Caching และ Domain Name Service (DNS) อีกด้วย

9.ให้การสนับสนุนมาตรฐานการทำงานทุกอย่างที่อยู่ในระดับชั้นที่ 2 หรือ Data Link Layer ของ OSI Model เช่น 802.1p, 802.1Q, VLANS และ Spanning tree

10. ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดของการยืดระยะทางการเชื่อมต่อระบบ LAN โดยแต่เดิมเราอาจต้องใช้บริการเครือข่ายสาธารณะ เช่น Frame Relay หรือ ISDN กลายเป็นเรื่องไม่จำเป็นอีกต่อไปยิ่งสถานที่ใดมีลักษณะเป็น Campus ที่ประกอบด้วยอาคารใหญ่น้อยเป็นจำนวนมากมาเชื่อมต่อกันภายใต้ระยะทางไม่เกิน 40 กิโลเมตรแล้วโดยเฉพาะเรื่องค่าใช้จ่าย ประสิทธิภาพ ความเร็ว และระยะทางโดย 10-Gigabit Ethernet ให้การสนับสนุนงานที่มีการเชื่อมต่อระหว่างสวิตซ์กับสวิตซ์ด้วยกัน หรือระหว่างสวิตซ์กับเซิร์ฟเวอร์ด้วยสายไฟเบอร์ออปติกทั้งแบบ Multimode หรือ Single Mode ได้เป็นอย่างดี สามารถลดจำนวนการแปลงโพรโตคอลที่ใช้เชื่อมต่อ เช่น ATM, Frame Relay หรือ ISDN ทำให้ลดความซับซ้อนของโครงข่าย สามารถบริหาร และจัดการโครงข่ายได้ง่ายขึ้น

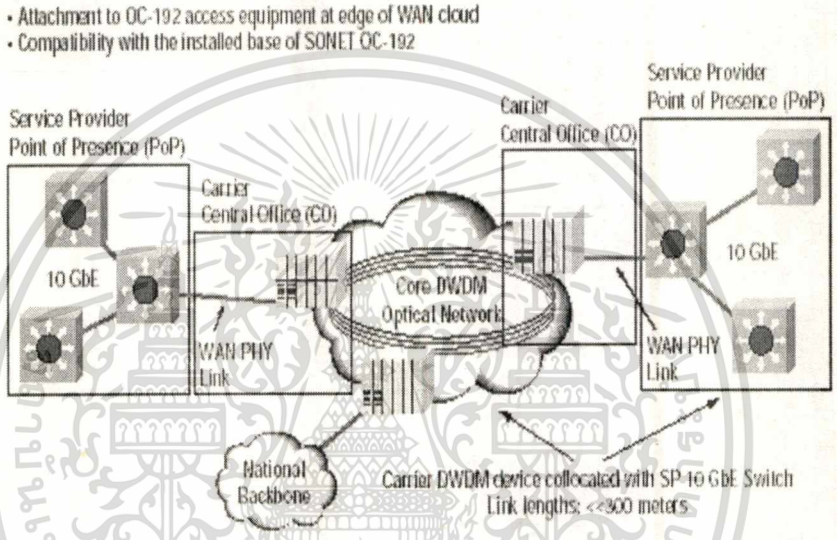
11. 10-Gigabit Ethernet สามารถลดอุปกรณ์เชื่อมต่อบางประเภทลงได้ เช่น SONET MUX ในเครือข่าย MAN ทำให้ลดความซับซ้อนของโครงข่าย ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างโครงข่าย ATM และ 10-Gigabit Ethernet ที่เป็นเครือข่ายแบบ MAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. 10-Gigabit Ethernet สามารถเข้ากันได้กับระบบSONET/SDH MUX ที่มี data rate ต่างกัน โดย 10-Gigabit Ethernet สามารถรองรับ Physical Layers (PHYs) 2 แบบ คือ LAN PHY จะทำการรับส่งข้อมูลที่อัตราความเร็ว 10 Gbps และ WAN PHY จะทำการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วที่เข้ากันได้กับ SONET OC-192 /SDH VC4-64 ที่อัตราเร็ว 9.59 Gbps ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงเครือข่าย WAN ที่ใช้ 10-Gigabit Ethernet

13. 10-Gigabit Ethernet สามารถเชื่อมต่อกับ DWDM เพื่อรับส่งข้อมูลได้หลายๆความยาวคลื่นใน Fiber Optic เส้นเดียวกัน เปรียบเสมือนมีสาย Physical หลายๆเส้นโดยเราสามารถให้บริการลูกค้าคนละความยาวคลื่นได้ เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเดินสาย Optic ลง

14. 10-Gigabit Ethernet สามารถทำให้ WAN เป็นเสมือน Transparent LANได้

15. 10-Gigabit Ethernet สนับสนุนเทคโนโลยี VLAN, VMAN สามารถแยกลูกค้าแต่ละรายให้อยู่คนละ VLAN ซึ่งเปรียบเสมือนมีโครงข่าย LAN เป็นของตัวเอง

16. 10-Gigabit Ethernet สนับสนุนเทคโนโลยี Spanning Tree โดยเชื่อมต่อเครือข่ายเป็นลักษณะ Ring Topology ทำให้ เครือข่ายมี redundancy

17. 10-Gigabit Ethernet สามารถทำ Function ของ Routing Protocol ได้หลายรูปแบบ เช่น RIP, OSPF, BGP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. 10-Gigabit Ethernet สามารถเชื่อมต่อ LAN กับ WAN ด้วยสาย 3 ประเภท คือ สาย UTP, Optical Fiber, สายทองแดง โดยใช้เทคโนโลยี VDSL

19. 10-Gigabit Ethernet สามารถเชื่อมต่อกับ IP DSLAM เพื่อให้บริการ ADSL แบบ PPPoE

20. 10-Gigabit Ethernet สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Router ของลูกค้าปลายทางได้โดยตรงโดยไม่ต้องมีการแปลง interface ก่อน

21. ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการรับส่งข้อมูลของ 10-Gigabit Ethernet ดีกว่า ATM ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณได้ดังนี้

ในการรับส่งข้อมูลที่เป็น IP Datagram จำนวน 1,500 bytes นั้น Gigabit Ethernet ต้องเพิ่ม overhead ที่เป็น Ethernet header อีก 26 bytes ดังนั้นจะต้องส่งข้อมูลรวม header เป็นจำนวน 1,526 bytes เมื่อคำนวณประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลจะได้เท่ากับ 1,500/1,526 = 98%

ส่วนการรับส่งข้อมูลที่เป็น IP Datagram จำนวน 1,500 bytes โดยใช้ ATM ที่มีระดับการให้บริการแบบ AAL5 นั้น จะต้องเพิ่ม trailer ของ AAL5 จำนวน 8 bytes และ PAD อีกจำนวนหนึ่งซึ่งแปรผันได้ โดยเติมจำนวน PAD ให้ข้อมูลทั้งหมดเป็นผลคูณของ 48 bytes ซึ่งต้องเติม PAD อีกจำนวน 28 bytes เพื่อให้เป็น 1,536 bytes คิดเป็น ATM Cells จำนวน 32 cells นอกจากนี้ยังต้องเพิ่ม ATM header จำนวน 5 bytes ในทุกๆ 48 bytes โดย ATM Cells จำนวน 32 cells จะต้องเพิ่ม ATM Header จำนวน 32*5 = 160 bytes ดังนั้นจะต้องส่งข้อมูลรวม header เป็นจำนวน 1,536+160 = 1,696 bytes เมื่อคำนวณประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลจะได้เท่ากับ 1,500/1,696 = 88% ซึ่งการกำหนดระดับการให้บริการแบบ AAL5 นั้น จะทำให้ประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูลลดลงถึง 10% เมื่อเทียบกับ Gigabit Ethernet และถ้ากำหนดระดับการให้บริการแบบอื่น เช่น AAL3/4 จะต้องเพิ่ม overhead มากกว่านี้อีก

♣ ข้อเสียของ 10-Gigabit Ethernet

1. เนื่องจากเทคโนโลยี Ethernet ขาดระดับการให้บริการรับส่งข้อมูล ทำให้ไม่สามารถเลือกระดับคุณภาพได้ตามระดับที่เหมาะสมกับความสำคัญ และรูปแบบของการส่งข้อมูลเป็น Connectionless ทำให้ขาดการรับประกันคุณภาพการส่ง แต่ในปัจจุบันได้มีการแก้ไขโดยมี Qos (Quality of Service) สามารถจัดลำดับความสำคัญของการให้บริการได้

2. 10-Gigabit Ethernet นั้นออกแบบโดยมีจุดประสงค์หลักในการเข้ากันได้กับ Ethernet รุ่นก่อนที่ได้มีใช้กันอย่างแพร่หลายแล้วในปัจจุบันนี้ ซึ่งจะมีข้อเสียตรงที่ว่ามันถูกออกแบบมาเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ซึ่งรองรับเฉพาะเทคโนโลยีประเภท Ethernet เท่านั้น ไม่สามารถใช้กับ Legacy Network เช่น X.25, SNA และ โพรโตคอลดั้งเดิม

จากการเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียทางด้านต่างๆระหว่างเครือข่าย ATM และ10-Gigabit Ethernet สามารถสรุปเป็นตารางเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของทั้งสองเทคโนโลยีได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียระหว่าง ATM และ10-Gigabit Ethernet

	ATM	10-Gigabit Ethernet
1. ความเร็ว	STM-1,STM-4,STM-64	10 Gbps
2. ระดับคุณภาพการรับส่งข้อมูล	ดีมาก	ไม่ดีเท่าที่ควร
3. การรับส่งข้อมูล	ส่งข้อมูลได้ทุกรูปแบบ	เหมาะสำหรับส่ง data
4. การบริหารจัดการเครือข่าย	ยากกว่า	ง่ายกว่า
5. ความแพร่หลายในการใช้งาน	การใช้งานยังไม่แพร่หลาย	การใช้งานแพร่หลายกว่า
6. ให้บริการ Multi-Service	xDSL, RAS, Cable Modem, VoATM	xDSL, RAS, Cable Modem, VoIP
7. จำนวนการแปลงโพรโตคอล	มากกว่า	ไม่ต้องมี
8. จำนวนการแปลง interface	มากกว่า	ไม่ต้องมี
9. จำนวน header	มากกว่า	น้อยกว่า
10. ประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูล	88%	98%
11. ความเข้ากันได้กับ Ethernet	ยากกว่า	ง่ายกว่า
12. อัพเกรดจากระบบ Ethernet เดิม	ยากกว่า	ง่ายกว่า
13. การรองรับ Multi-protocol	รองรับ	ไม่ค่อยรองรับ
14. ประเภทการเชื่อมต่อ	Connection Oriented	Connectionless

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ความเป็นไปได้ในการนำเครือข่าย ATM และ 10-Gigabit Ethernet มาให้บริการแบบ Multi-Service

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำโครงข่าย ATM และ Gigabit Ethernet มาใช้ในการให้บริการ Multi-Service นั้น สามารถแบ่งออกเป็น 3 ด้านหลักๆ ได้แก่

5.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค (Technical Feasibility)

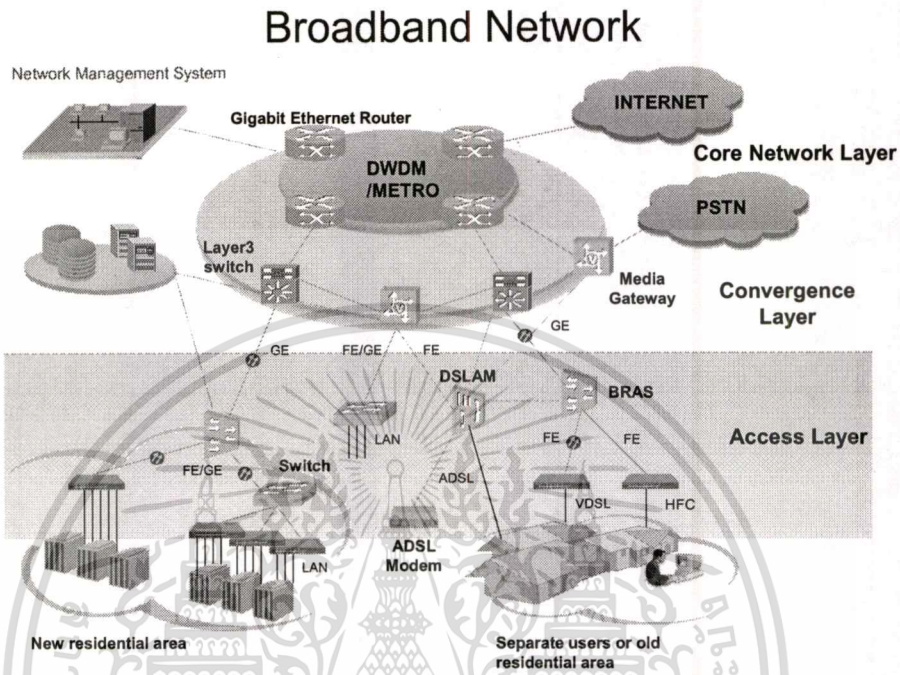
เราสามารถที่จะวิเคราะห์ความเป็นได้ทางด้านเทคนิคเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. ประเมินถึงเทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ มองถึงการรองรับเทคโนโลยีใหม่ๆที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งในปัจจุบันนี้เทคโนโลยี LAN ส่วนใหญ่จะเป็น Ethernet และเนื่องจาก Gigabit Ethernet สนับสนุนมาตรฐานการทำงานของระบบ Ethernet ที่ความเร็ว 10 Gigabit และเป็นระบบที่ยังใช้มาตรฐานของ Frame แบบ 802.3 ซึ่งสามารถเข้ากันได้กับเครือข่าย Ethernet มาตรฐาน 802.3x ต่างๆ ดังนั้นการเชื่อมต่อโครงข่ายทั้ง LAN, MAN และ WAN โดยใช้ Gigabit Ethernet จึงมีความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคที่จะนำ Gigabit Ethernet มาใช้ เพื่อให้เครือข่ายทั้งระบบเป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งระบบ ส่วนเทคโนโลยีโครงข่าย ATM นั้นสามารถรองรับข้อมูลได้ทุกรูปแบบ ได้แก่ เสียง ภาพ และ ข้อมูล ไม่ว่าข้อมูลนั้นจะมีลักษณะของข้อมูลต่างกันก็ตาม ATM ก็สามารถที่จะส่งข้อมูลโดยมีการจัดลำดับความสำคัญตามรูปแบบของข้อมูลไปภายในโครงข่ายเดียวกันได้โดยไม่ต้องแยกเครือข่าย แต่การรับส่งข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทางจะต้องมีการแปลงโพรโตคอลระหว่างทางทำให้โครงข่ายซับซ้อน แต่การดูแลรักษา และจัดการทำได้ยาก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีความแพร่หลาย และคุ้นเคยน้อยกว่าเทคโนโลยี Ethernet

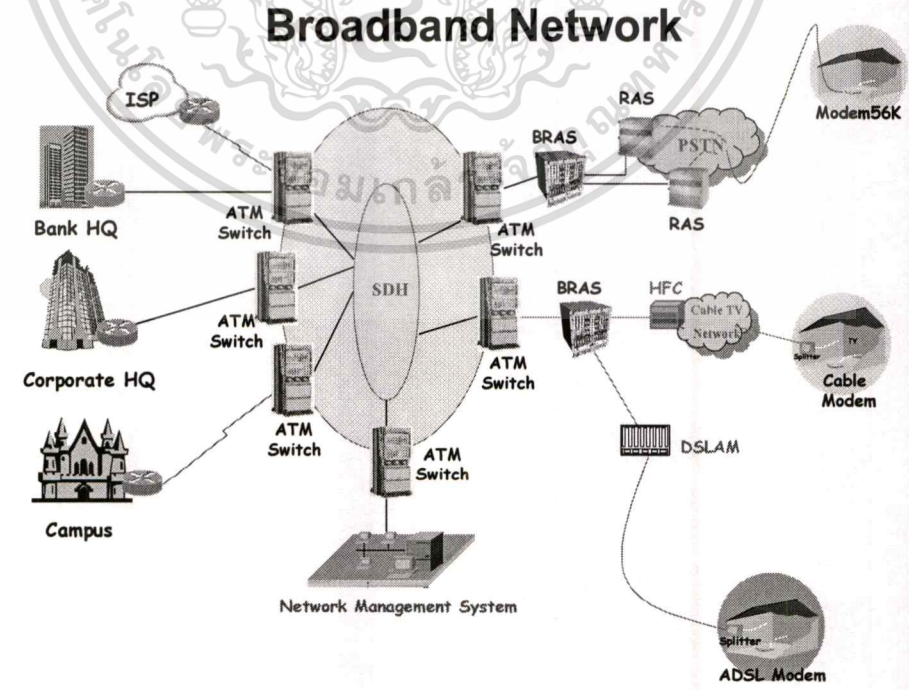
2. เรายังสามารถที่จะใช้ Gigabit Ethernet มาใช้เป็นโครงข่ายหลักเพื่อรองรับการให้บริการ Multi-Services แบบต่างๆได้หลายรูปแบบ เช่น VoIP, ADSL, RAS (Remote Access Server), Cable Modem และระบบ LAN to LAN โดยผ่านโครงข่าย WAN ที่เป็น 10-Gigabit Ethernet ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมต่อดังรูปที่ 5.1 ส่วนเทคโนโลยี ATM นั้นสามารถรองรับการให้บริการแบบ Multi-Services ประเภทต่างๆ เช่น Frame Relay over ATM, IPoATM, Circuit Emulation, Voice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

over ATM, xDSL over ATM, Mutimedia Networking, RAS, Video Conference, Legacy Network เช่น X.25, SNA และ โพรโตคอลดั้งเดิม ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมต่อดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.1 แสดงการให้บริการ Multi-Services บนเครือข่าย WAN ที่ใช้ 10-Gigabit Ethernet



รูปที่ 5.2 แสดงการให้บริการ Multi-Services บนเครือข่าย WAN ที่ใช้ ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Gigabit–Ethernet สามารถเชื่อมต่อกันได้หลายรูปแบบ เช่น การเชื่อมต่อกันด้วย SDH MUX, SONET, DWDM, หรือเชื่อมต่อกันโดยตรงเป็น dark fiber

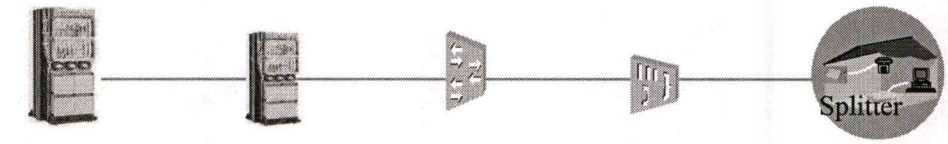
4. ในปัจจุบันเทคโนโลยี 10-Gigabit Ethernet มีการพัฒนาเป็นอย่างมาก และอย่างต่อเนื่อง ส่วนเทคโนโลยี ATM มีการพัฒนาที่น้อยลง

5. การให้บริการ Multi-Services บนเครือข่าย WAN ที่สร้างขึ้นนั้นเราสามารถออกแบบเครือข่ายเป็น 3 ระดับได้แก่

- Core Network Layer เป็นส่วนที่เป็นเครือข่ายหลักซึ่งต้องเป็นอุปกรณ์ที่มี Processor ที่มีความเร็วสูง สามารถทำการ Switch เส้นทางได้เร็ว เช่น 10-Gigabit Ethernet หรือ ATM Switch ที่มีความเร็วสูง การออกแบบจะออกแบบการเชื่อมต่อระหว่าง Core Switch ด้วยกันเองเป็นแบบ Ring Topology
- Distribution Network Layer เป็นส่วนที่ขยายการเชื่อมต่อจาก Core Network ไปหาอุปกรณ์ลูกค้าปลายทางให้ใกล้มากขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ต้องมีความสามารถในการเลือกเส้นทางสูง และมีหน่วยความจำสูง เนื่องจากต้องทำการเก็บข้อมูล Routing Table เป็นจำนวนมาก โดยอุปกรณ์ที่ใช้จะมีระดับความเร็วในการรับส่งข้อมูลน้อยกว่า Core Network เช่น Gigabit Ethernet หรือ ATM ในระดับ 2.5 Gbps หรือ 1 Gbps
- Access Network Layer เป็นเครือข่ายส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ลูกค้าโดยตรง อุปกรณ์ที่ใช้ในระดับนี้จะขึ้นอยู่กับประเภทของ Service ที่ให้บริการ เช่น xDSL, RAS, Cable Modem, VoIP ซึ่งมีรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายภาพรวมเป็นดังรูปที่ 5.1 และ 5.2

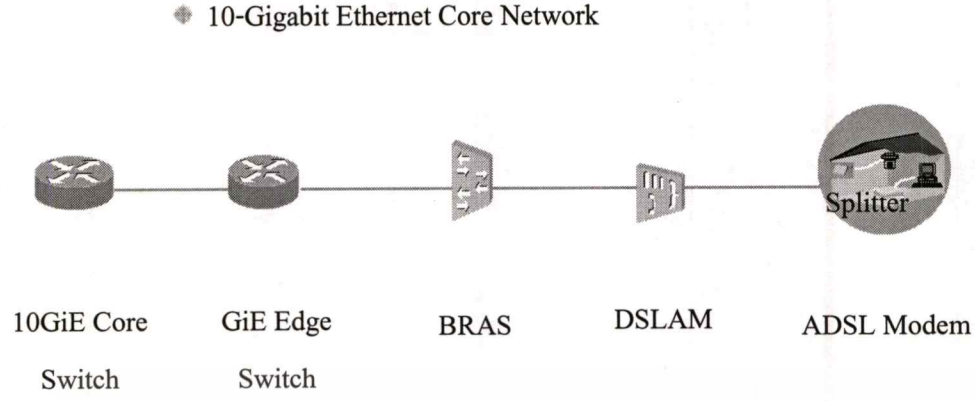
6. การให้บริการ Multi-Services แบบต่างๆทั้งเครือข่ายหลักที่เป็น ATM หรือ 10-Gigabit Ethernet มีรูปแบบการเชื่อมต่อดังต่อไปนี้

- ADSL Service
  - ATM Core Network

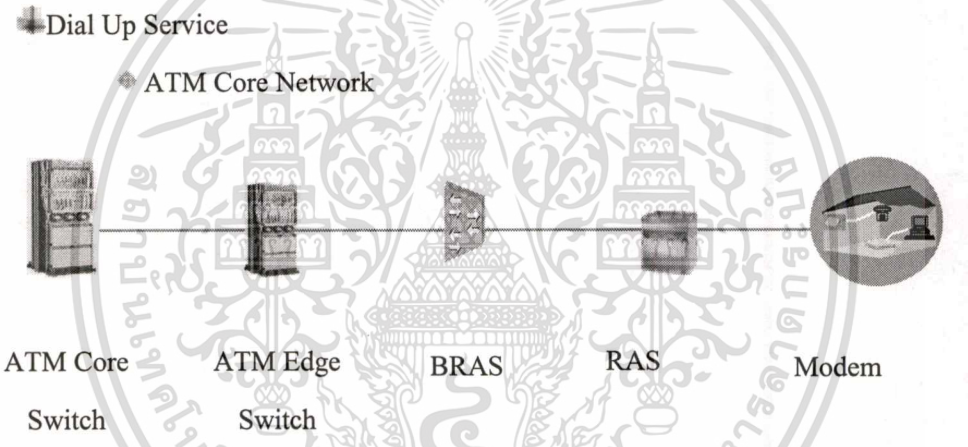


รูปที่ 5.3 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ ADSL Service บนโครงข่าย ATM

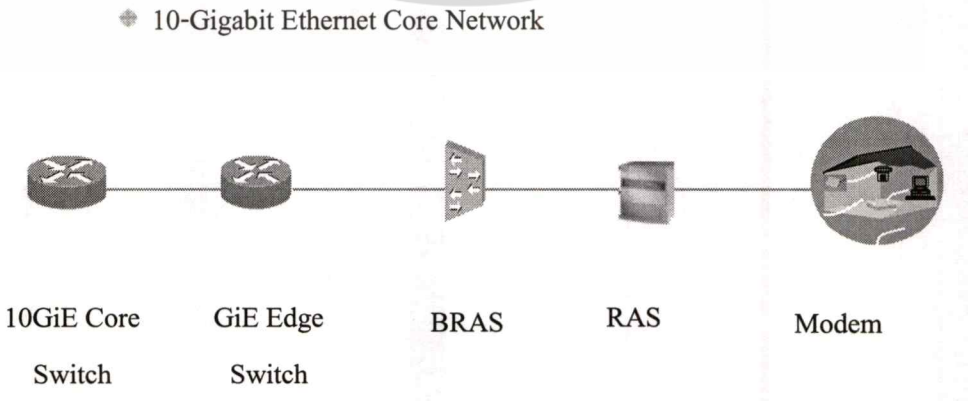
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ ADSL Service บนโครงข่าย 10-Gigabit Ethernet



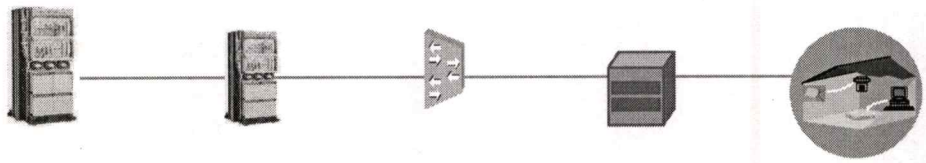
รูปที่ 5.5 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ Dial Up Service บนโครงข่าย ATM



รูปที่ 5.6 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ Dial Up Service บนโครงข่าย 10-Gigabit Ethernet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Cable Modem Service
  - ATM Core Network

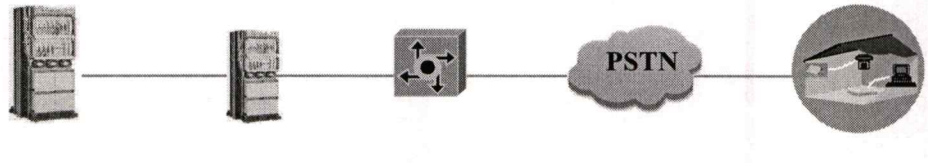


รูปที่ 5.7 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ Cable Modem Service บนโครงข่าย ATM

- 10-Gigabit Ethernet Core Network

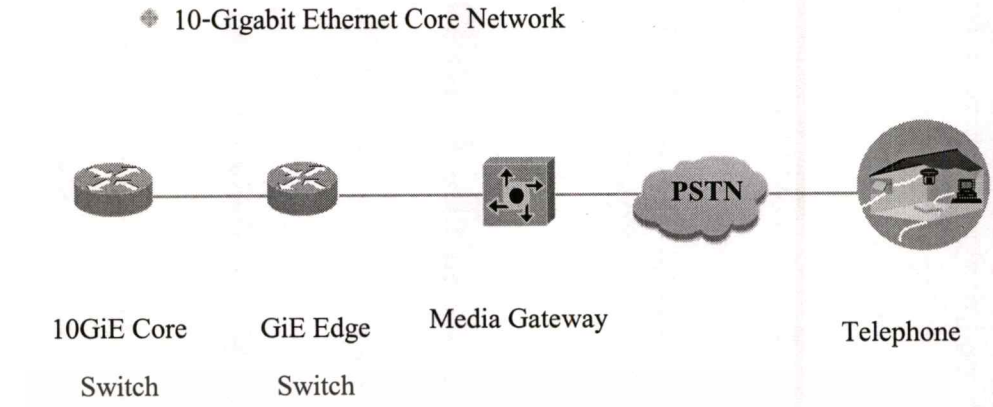
รูปที่ 5.8 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ Cable Modem Service บนโครงข่าย 10-Gigabit Ethernet

- VoIP Service
  - ATM Core Network

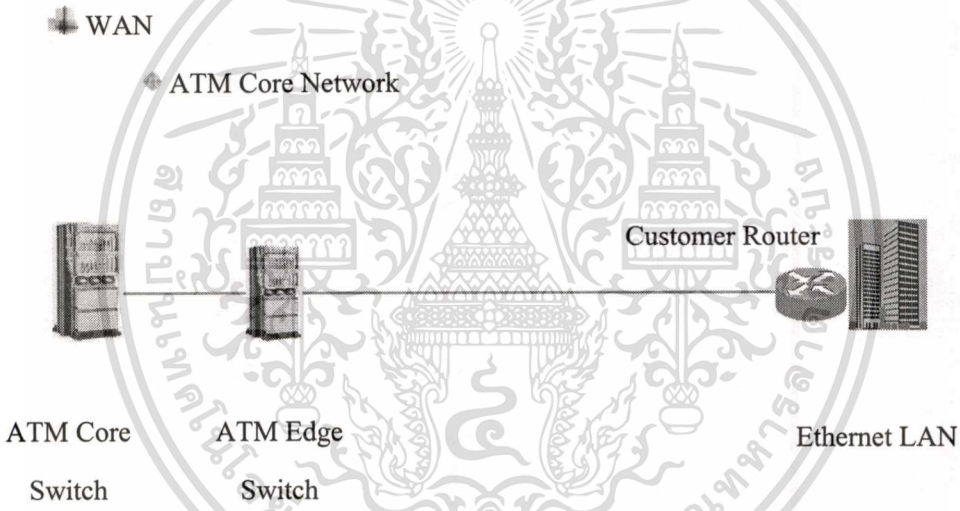


รูปที่ 5.9 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ VoIP Service บนโครงข่าย ATM

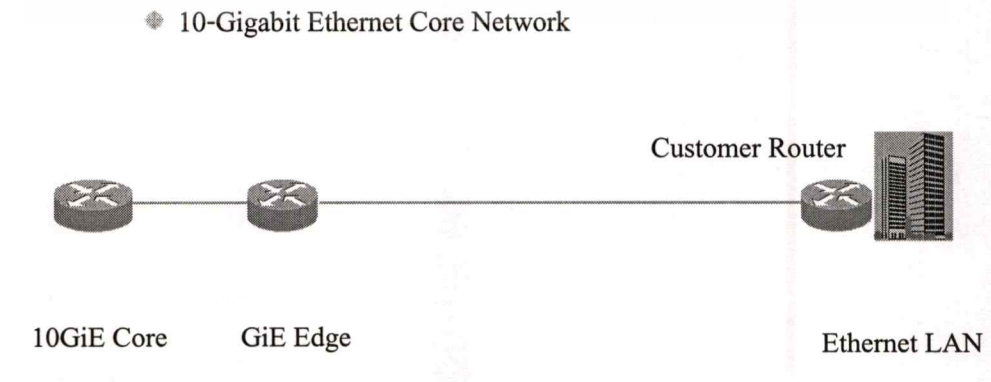
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ VoIP Service บนโครงข่าย 10-Gigabit Ethernet



รูปที่ 5.11 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ WAN Service บนโครงข่าย ATM



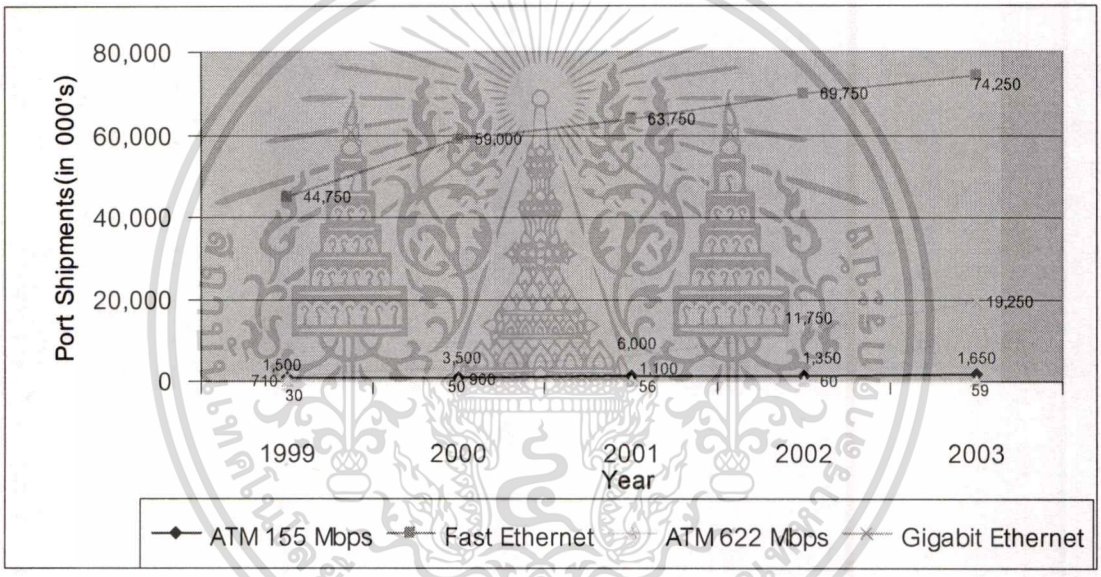
รูปที่ 5.12 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อ WAN Service บนโครงข่าย 10-Gigabit Ethernet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านปฏิบัติการ และองค์กร (Operational feasibility)

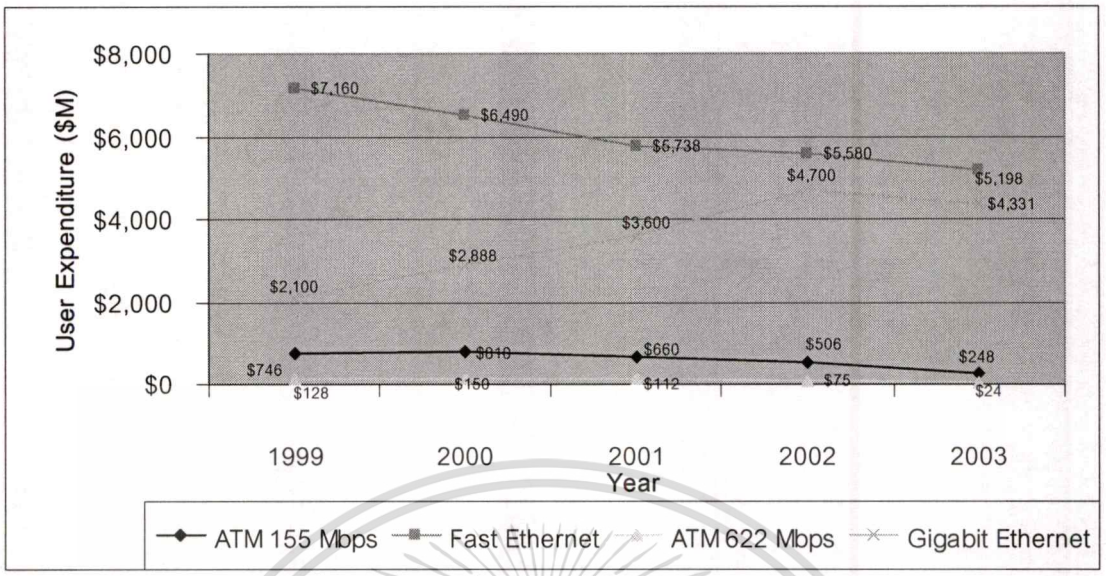
การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านปฏิบัติการ สามารถแยกเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาถึงการยอมรับจากผู้ใช้บริการ ซึ่ง Gigabit Ethernet นั้นเป็นเทคโนโลยี Ethernet เดิม มีการใช้งานอย่างแพร่หลายอยู่แล้ว มีผู้ที่มีความรู้ทางด้านนี้อยู่มาก ดังนั้นจึงไม่ใช่เรื่องยากที่จะได้รับการยอมรับจากผู้ใช้ ส่วน ATM นั้นเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันยังไม่แพร่หลายเท่ากับ Ethernet จึงอาจเป็นปัญหาบ้างในการที่จะได้การยอมรับจากผู้ใช้ ซึ่งจะเห็นได้จากรายงานการวิจัยของ Infonetics ดังรูปที่ 5.13 และ รูปที่ 5.14 จะพบว่า Port Shipments และ การใช้จ่ายของผู้ใช้ของเทคโนโลยี Ethernet มีมากกว่าเทคโนโลยี ATM



รูปที่ 5.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ Port Shipments ระหว่างเทคโนโลยี Gigabit Ethernet และ ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ User Expenditure ระหว่างเทคโนโลยี Gigabit Ethernet และ ATM

2. ศึกษาถึงลักษณะขององค์กร ซึ่งองค์กรในปัจจุบันเกือบทุกองค์กรมีการใช้ Ethernet อยู่แล้ว จึงไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงอะไรมากนัก ส่วน ATM การนำมาใช้นั้นต้องมีการฝึกอบรมพนักงานก่อน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่คนรู้น้อยกว่า การที่จะนำ 10-Gigabit Ethernet หรือ ATM มาใช้นั้นต้องเป็นองค์กรที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากการลงทุนอุปกรณ์ราคาค่อนข้างสูง

3. การติดตั้งและการ Upgrade เป็น Gigabit Ethernet ทำได้ง่าย และสะดวก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยี Ethernet เดิม ส่วนเทคโนโลยี ATM ทำได้ยากกว่า

4. การดูแลรักษาอุปกรณ์ Gigabit Ethernet ทำได้ง่าย และสะดวก เนื่องจากโครงข่ายไม่ซับซ้อน จึงใช้จำนวนคนน้อยกว่าการใช้ ATM เป็นเครือข่ายหลัก

5. โครงสร้างขององค์กรประกอบด้วยฝ่ายต่างๆดังนี้

- Network Planning &Engineering เป็นฝ่ายที่ทำการออกแบบและวางแผนเครือข่าย ทำการออก Specification ของอุปกรณ์จะซื้อ และศึกษาปัญหาทางด้านเทคนิคของอุปกรณ์ประกอบด้วยพนักงานดังนี้ คือ ผู้จัดการและวิศวกร
- Network Implement เป็นฝ่ายที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ ประกอบด้วยพนักงานดังนี้ คือ ผู้จัดการ วิศวกร และช่างเทคนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Outside Plant เป็นฝ่ายที่ทำหน้าที่ดูแล และรักษาข่ายสายตอนนอก เช่นสาย Fiber Optic และสายทองแดง ประกอบด้วยพนักงานดังนี้ คือ ผู้จัดการ วิศวกร และช่างเทคนิค
- Operation & Maintenance เป็นฝ่ายที่ทำหน้าที่ดูแล และบำรุงรักษาอุปกรณ์ทางด้าน Hardware เมื่อเกิดเหตุเสีย ประกอบด้วยพนักงานดังนี้ คือ ผู้จัดการ วิศวกร และช่างเทคนิค
- Network Management Center เป็นฝ่ายที่ทำหน้าที่ดูสถานะของอุปกรณ์ภายในเครือข่ายว่ายังใช้งานได้อยู่ ไม่เกิดเหตุเสียขึ้น และดูแล Performance และ Traffic ของ trunks ที่ต่อระหว่างอุปกรณ์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ในการ configure ทางด้าน Software ของอุปกรณ์เครือข่าย ประกอบด้วยพนักงานดังนี้ คือ ผู้จัดการ วิศวกร และช่างเทคนิค

6. การจัดจ้างผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี ATM จัดหาได้ยากกว่าผู้เชี่ยวชาญทางด้าน Ethernet เนื่องจาก ATM เป็นเทคโนโลยีที่แพร่หลายน้อยกว่า ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการจัดจ้างผู้เชี่ยวชาญทางด้าน ATM สูงกว่า Ethernet

5.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ การลงทุน (Economic feasibility)

การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ การลงทุน แยกเป็นข้อๆดังนี้

1. ค่าการลงทุนของอุปกรณ์ และติดตั้งของ ATM มีราคาสูงกว่า Gigabit Ethernet ซึ่งจะเห็นได้จากรายงานการวิจัยของ Infonetics ดังรูปที่ 5.15 และจากข้อมูลแสดงราคาต่อ port ของ 10-Gigabit Ethernet และ ATM จะพบว่าค่าเฉลี่ยราคาต่อ port ของเทคโนโลยี Ethernet มีราคาต่ำกว่าเทคโนโลยี ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงราคาต่อ port ของ 10-Gigabit Ethernet

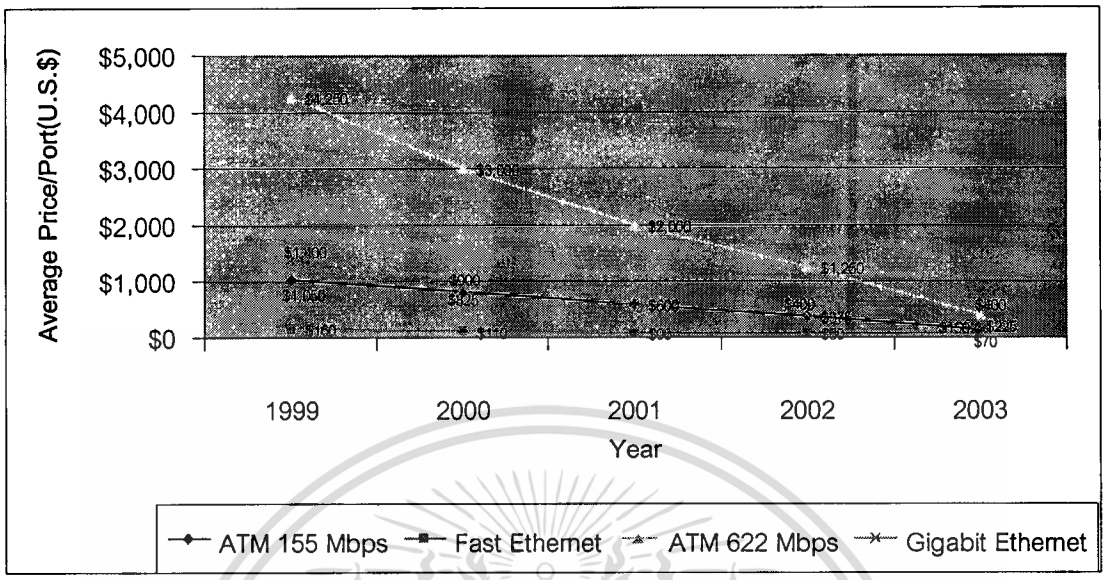
Line Card Density	Cisco	Extreme	Force10	Foundry	Riverstone	Average Price/port
1-port 10-Gigabit Ethernet	$58,200	$24,250	Not available	$38,500	$9,995	**$32,736.25**
2-port 10-Gigabit Ethernet	$23,800	Not announced	$17,000	$26,950	Not announced	**$22,583.33**
4-port 10-Gigabit Ethernet	$6,300	Not announced	Not announced	Not announced	Not announced	**$6,300**

- Prices are discounted 30% from list price.
- Prices include 1310 nm optics.

ตารางที่ 5.2 แสดงราคาต่อ port ของ ATM

	DS-3 ATM	OC-3/STM-1 ATM	OC-12/STM-4 ATM	OC-48/STM-16 ATM
CIENA DN Products	$2,938	$3,990	$15,958	$70,833
Alcatel 7670	$4,850	$9,250	$39,450	$92,645
Alcatel 7470	$7,000	$12,700	$38,600	-
Cisco MGX 8850	$4,997	$8,477	$26,500	$101,000
Cisco (Stratacom) BPX	$5,900	$8,900	$33,700	-
Lucent CBX500	$8,750	$19,813	$57,250	-
Lucent GX 550	$7,150	$15,830	$41,321	$155,222
Marconi ASX 4000	-	$7,742	$16,734	$86,938
Marconi ASX 1000/1200	$5,813	$5,813	$18,350	-
Nortel Passport 15000	$5,500	$10,500	$25,000	$90,000
Average price per port	**$5,877.56**	**$10,301.50**	**$31,286.30**	**$99,439.67**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ Average Price/port ระหว่างเทคโนโลยี Gigabit Ethernet และ ATM

2. ผลตอบแทนที่จะได้รับนั้นคือ เราสามารถที่จะให้บริการ Multi-Service แบบต่างๆบนโครงข่ายหลักที่เราสร้างขึ้นได้ใกล้เคียงกันทั้งเทคโนโลยี ATM และ Ethernet ซึ่งจะได้รับเป็นค่าเช่ารายเดือน โดยขึ้นอยู่กับขนาดของ Core Network และ Access Network

3. ในการนำเทคโนโลยี ATM มาใช้นั้น ค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมผู้ใช้จะมากกว่าการนำ Gigabit Ethernet มาใช้ เนื่องจากต้องมีการเรียนรู้เทคโนโลยี ATM เพิ่มขึ้นจากการเรียนรู้เทคโนโลยี Ethernet เดิม โดยราคาค่าฝึกอบรมของ ATM มีราคาใกล้เคียงกับ Ethernet ดังนี้

- หลักสูตร Gigabit Ethernet Fundamentals อบรม 2 วัน ราคา $1,499 ต่อคน
- หลักสูตร ATM Fundamentals อบรม 2 วัน ราคา $1,499 ต่อคน

4. การใช้เครือข่ายหลักเป็นเทคโนโลยี ATM ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษามากกว่า Gigabit Ethernet เนื่องจากเครือข่าย ATM มีความซับซ้อนมากกว่า และอุปกรณ์มีราคาแพงกว่า จากการสอบถามข้อมูลจากทางบริษัท TelecomAsia ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่อปีประมาณ 10% ของราคาอุปกรณ์ที่ซื้อ

5. เมื่อมีลูกค้าขอใช้บริการ Muti-Service เพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งเทคโนโลยี ATM ต้องมีการสร้าง Connection และกำหนด VCC/VPC ที่อุปกรณ์ปลายทางทุกครั้ง เนื่องจาก ATM เป็น Connection Oriented ส่วนเทคโนโลยี Ethernet ไม่ต้องทำการสร้าง Connection ก่อนเหมือนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยี ATM เนื่องจาก Ethernet เป็น Connectionless ดังนั้นการใช้เครือข่าย ATM เป็นเครือข่ายหลัก ค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานจะเพิ่มขึ้นกว่าการใช้ Gigabit Ethernet โดยจากการสอบถามข้อมูลจากทางบริษัท TelecomAsia พบว่าเทคโนโลยี ATM จะต้องใช้คนจำนวน 2 Manhour/connection/times ส่วนเทคโนโลยี Gigabit Ethernet จะต้องใช้คนจำนวน 1 Manhour/connection/times

6. ในอนาคตมีแนวโน้มที่ Gigabit Ethernet จะมีการพัฒนามากกว่า และเร็วกว่าเทคโนโลยี ATM เนื่องจากเทคโนโลยี Ethernet แพร่หลายกว่า ATM มีผลทำให้ราคาอุปกรณ์มีแนวโน้มที่จะต่ำลงอย่างรวดเร็ว กว่าเทคโนโลยี ATM

7. จากการศึกษาถึงค่าใช้จ่ายต่างๆระหว่าง ATM (STM-16) และ 10-Gigabit Ethernet เราสามารถเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุนได้ตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่าง ATM (STM-16) และ 10-Gigabit Ethernet

	ATM (STM-16)	**10-Gigabit Ethernet**
1. ราคาอุปกรณ์	$99,439.67	$32,736.25
2. ค่าฝึกอบรมต่อคน	$1,499	$1,499
3. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา	$9,943.96	$3,273.63
4.จำนวนพนักงานเพื่อดูแลรักษา และจัดการเครือข่าย	2 Manhour/connection/times	1 Manhour/connection/times
5. ผลตอบแทนที่จะได้รับ (Trunk Bandwidth Capacity)	2.5 Gbps	10 Gbps

8. จากการตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่างๆระหว่าง ATM (STM-16) และ 10-Gigabit Ethernet เราสามารถวิเคราะห์ผลค่าใช้จ่ายในการลงทุนได้ตารางที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงการวิเคราะห์ผลค่าใช้จ่ายระหว่าง ATM (STM-16) และ 10-Gigabit Ethernet

	ATM (STM-16)	**10-Gigabit Ethernet**
1. ราคาอุปกรณ์	ราคา 3 เท่า	ราคา 1 เท่า
2. ค่าฝึกอบรม	เท่ากัน แต่อาจต้องอบรม Ethernet เพิ่ม	เท่ากัน
3. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา	3 เท่า	1 เท่า
4.จำนวนพนักงานเพื่อดูแลรักษา และจัดการเครือข่าย	2 เท่า	1 เท่า
5. ผลตอบแทนที่จะได้รับ (Trunk Bandwidth Capacity)	ความเร็ว 1 เท่า	ความเร็วสูงกว่า 4 เท่า

จากตารางที่ 5.4 สามารถวิเคราะห์ผลได้ว่าเครือข่าย ATM (STM-16) นั้นมีราคาอุปกรณ์และ ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาแพงกว่าเป็น 3 เท่าของ 10-Gigabit Ethernet ทั้งๆที่ Trunk Bandwidth Capacity ของ ATM (STM-16) น้อยกว่า 10-Gigabit Ethernet เป็น 4 เท่า ดังนั้นค่าใช้จ่ายของ ATM ที่ ความเร็วเท่ากับ 10-Gigabit Ethernet นั้นค่าใช้จ่ายของ ATM จะแพงกว่า 10-Gigabit Ethernet เป็น 12 เท่า นอกจากนี้จำนวนพนักงานที่ใช้ดูแลรักษา และจัดการเครือข่ายของ ATM ก็สูงกว่า 10-Gigabit Ethernet เป็นจำนวน 2 เท่า

9. จากสมมติฐานว่าบริษัทแห่งหนึ่งต้องการสร้างเครือข่ายหลักเพื่อให้บริการ Multi-Services โดยใช้เครือข่ายหลักเป็น ATM หรือ 10-Gigabit Ethernet จำนวน 1,000 ports (ATM หรือ Ethernet ports) เนื่องจากขอบเขตของการศึกษาอยู่ที่เครือข่ายหลัก เราสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการลงทุนระหว่าง ATM(STM-16) และ 10-Gigabit Ethernet เป็นระยะเวลา 5 ปีดังแสดงในตารางที่ 5.5 และตารางที่ 5.6 โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายดังนี้

อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราคิดที่ $1 = 40 บาท

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ATM(STM-16) จำนวน 1,000 ports

1. ราคาอุปกรณ์

   ❖ 99,439.67*1,000*40 = 3,977,586,800 บาท

2. ค่าฝึกอบรม

   ❖ 1,499*2 Manhour/24/30*1,000*40 = 166,555.56 บาท

3. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาอุปกรณ์ (10% ของราคาอุปกรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 10%* 3,977,586,800 = 397,758,680 บาท

4. ค่าจ้างพนักงานเพื่อดูแลรักษา และจัดการเครือข่าย (เงินเดือนวิศวกร 25,000 บาท/คน/เดือน)

- 2 Manhour/24/30*1000*25,000 = 69,444.44 บาท

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน 10-Gigabit Ethernetจำนวน 1,000 ports

1. ราคาอุปกรณ์

- 32,736.25*1000*40 = 1,309,450,000 บาท

2. ค่าฝึกอบรม

- 1,499*1 Manhour/24/30*1,000*40 = 83,277.78 บาท

3. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาอุปกรณ์ (10% ของราคาอุปกรณ์)

- 10%* 1,309,450,000 = 130,945,000 บาท

4. ค่าจ้างพนักงานเพื่อดูแลรักษา และจัดการเครือข่าย (เงินเดือนวิศวกร 25,000 บาท/คน/เดือน)

- 1 Manhour/24/30*1000*25,000 = 34,722.22 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายในการลงทุน ATM(STM-16) จำนวน 1,000 ports เป็นเวลา 5 ปี

	Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
1. ราคาอุปกรณ์	3,977,586,800.00	-	-	-	-	-
2. ค่าฝึกอบรม	166,555.56	-	-	-	-	-
3. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาอุปกรณ์ (10% ของราคาอุปกรณ์)	-	-	397,758,680.00	397,758,680.00	397,758,680.00	397,758,680.00
4.ค่าจ้างพนักงานเพื่อดูแลรักษา และจัดการเครือข่าย (25,000 บาท/คน/เดือน)	69,444.44	69,444.44	69,444.44	69,444.44	69,444.44	69,444.44
รวมยอดค่าใช้จ่าย	3,977,822,800.00	69,444.44	397,828,124.44	397,828,124.44	397,828,124.44	397,828,124.44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ 5.6 แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายในการลงทุน 10-Gigabit Ethernetจำนวน 1,000 ports เป็นเวลา 5 ปี

	Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
1. ราคาอุปกรณ์	1,309,450,000.00	-	-	-	-	-
2. ค่าฝึกอบรม	83,277.78	-	-	-	-	-
3. ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาอุปกรณ์ (10% ของราคาอุปกรณ์)	-	-	130,945,000.00	130,945,000.00	130,945,000.00	130,945,000.00
4.ค่าจ้างพนักงานเพื่อดูแลรักษา และจัดการเครือข่าย (25,000 บาท/คน/เดือน)	34,722.22	34,722.22	34,722.22	34,722.22	34,722.22	34,722.22
รวมยอดค่าใช้จ่าย	1,309,651,277.78	34,722.22	130,979,722.22	130,979,722.22	130,979,722.22	130,979,722.22

ตารางที่ 5.7 แสดงการคำนวณการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุน 10-Gigabit Ethernetจำนวน 1,000 ports เป็นเวลา 5 ปี

	Year0	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของ ATM (STM-16)	3,977,822,800.00	69,444.44	397,828,124.44	397,828,124.44	397,828,124.44	397,828,124.44
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของ 10-Gigabit Ethernet	1,309,568,000.00	34,722.22	130,979,722.22	130,979,722.22	130,979,722.22	130,979,722.22
ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายในการลงทุน	2,668,254,800.00	34,722.22	266,848,402.22	266,848,402.22	266,848,402.22	266,848,402.22
ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายในการลงทุนคิดเป็นจำนวนเท่า	3.04	2.00	3.04	3.04	3.04	3.04

จากการตารางตารางที่ 5.7 สามารถวิเคราะห์ผลได้ว่าเครือข่าย ATM (STM-16) นั้นมีค่าใช้จ่ายรวมแพงกว่าเป็น 3 เท่าของ 10-Gigabit Ethernet โดยเฉพาะปีที่0 ซึ่งเริ่มลงทุนค่าใช้จ่ายจะต่างกันมาก เนื่องจากราคาอุปกรณ์มีราคาแพงมาก ทั้งๆที่ Trunk Bandwidth Capacity ของ ATM (STM-16) น้อยกว่า 10-Gigabit Ethernet เป็น 4 เท่า ดังนั้นค่าใช้จ่ายของ ATM ที่ความเร็วเท่ากับ 10-Gigabit Ethernet นั้นค่าใช้จ่ายของ ATM จะแพงกว่า 10-Gigabit Ethernet เป็น 12 เท่า แต่ ATM มีข้อได้เปรียบกว่า Ethernet ทางด้านของการมีการให้ระดับคุณภาพการให้บริการ ดังนั้นการที่จะให้ Ethernet มีระดับการให้บริการเหมือนกับ ATM ได้นั้นจะต้องมีการนำเทคโนโลยี Diff-Serv ตามมาตรฐาน 802.1p หรือ MPLS มาใช้ร่วมด้วย ซึ่งจะทำให้เราสามารถกำหนดระดับการให้บริการได้เช่นเดียวกับเทคโนโลยี ATM หรืออาจจะใช้หลักการออกแบบที่ว่าทรัพยากรมีใช้อย่างจำกัดเราจึงต้องมีการแบ่งระดับการให้บริการ แต่ถ้าเราสร้างเครือข่ายให้ใหญ่เกินพอกับความต้องการก็ไม่ต้องมีการแบ่งระดับการให้บริการซึ่งจากการสอบถามจากทางบริษัท TelecomAsia นั้นเราจะสร้างเครือข่ายชดเชยเพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่าของความเร็วที่เราต้องการเพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างไม่ต้องสนใจเรื่องระดับการให้บริการแต่การใช้วิธีการนี้จะทำให้ต้องลงทุนราคาอุปกรณ์เพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่าดังนั้นในปัจจุบันจึงนำเทคโนโลยี Diff-Serv ตามมาตรฐาน 802.1p หรือ MPLS มาใช้ร่วมกับเครือข่าย 10-Gigabit Ethernet มากกว่า เพื่อให้สามารถรองรับระดับการให้บริการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

โครงงานฉบับนี้ได้ทำการศึกษาถึงเทคโนโลยีของเครือข่าย ATM และ Gigabit Ethernet ทำให้เราทราบหลักการทำงานของเครือข่ายแต่ละแบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียของแต่ละเทคโนโลยี รวมทั้งทำการศึกษาวิเคราห์ความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีของโครงข่ายทั้งสองมาใช้ในการให้บริการแบบ Multi-Service โดยศึกษาถึงความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค ทางด้านการปฏิบัติการ และองค์กร และความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุน เพื่อนำไปตัดสินใจเลือกใช้โครงข่ายหลักระหว่างโครงข่าย ATM และ Gigabit Ethernet ในระดับอัตราเร็ว 10 Gbps

จากการศึกษาถึงข้อดี และข้อเสียพบว่าเทคโนโลยี ATM สามารถส่งข้อมูลโดยมีการรับประกันคุณภาพการส่ง ทำให้สามารถเลือกระดับคุณภาพได้ตามระดับที่เหมาะสมกับความสำคัญและรูปแบบของข้อมูล ใช้ได้กับข้อมูลทุกรูปแบบ ได้แก่ เสียง ภาพ และ ข้อมูล นอกจากนี้เครือข่าย ATM ยังเหมาะสำหรับเป็นเครือข่ายหลักของการให้บริการ Legacy Network เช่น Frame Relay และโพรโตคอลดั้งเดิมต่างๆ หรือ เครือข่ายเดิมเป็น TDM MUX อยู่แล้ว แต่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงกว่า Gigabit Ethernet เนื่องจากอุปกรณ์ และอุปกรณ์ที่ใช้ต่อเข้ากับสวิตช์มีราคาแพงกว่า ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษามากกว่า และการบริหารจัดการเครือข่ายทำได้ยากกว่า ทำความเข้าใจได้ยากกว่า และมีการใช้งานยังไม่แพร่หลาย นอกจากนี้โครงข่าย ATM ยังมีจำนวนการแปลงโพรโตคอลที่มากขึ้น ทำให้เครือข่ายซับซ้อนกว่า Gigabit Ethernet ส่วน Gigabit Ethernet สนับสนุนมาตรฐานการทำงานของระบบ Ethernet เป็นระบบที่ยังใช้มาตรฐานของ Frame แบบ 802.3 สามารถเข้ากันได้กับเครือข่าย Ethernet แบบเดิมได้เป็นอย่างดี ยังคงไว้ซึ่งขนาดของ Frame ขั้นต่ำสุดและขั้นสูงสุดตามมาตรฐาน IEEE 802.3 ทำให้มีการใช้งานกว้างขวาง สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยาก และ การอัพเกรด Gigabit Ethernet จากระบบเครือข่าย Ethernet เดิมที่มีอยู่ สามารถทำได้ง่าย นอกจากนี้จากการคำนวณค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการรับส่งข้อมูลของทั้งสองเครือข่ายในการรับส่งข้อมูลที่เป็น IP Datagram จำนวน 1,500 bytes โดยใช้ ATM ที่มีระดับการให้บริการแบบ AAL5จะพบว่า 10-Gigabit Ethernet มีค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) ดีกว่าถึง 10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคพบว่าในการนำเครือข่าย ATM และ 10-Gigabit Ethernet มาให้บริการแบบ Multi-Service โครงข่ายหลักที่สร้างขึ้นทั้งสอง เทคโนโลยีสามารถรองรับการให้บริการ Multi-Services แบบต่างๆได้หลายรูปแบบ เช่น VoIP, ADSL, RAS (Remote Access Server), Cable Modem

จากการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านปฏิบัติการพบว่าเทคโนโลยี Ethernet มีการใช้งานอย่างแพร่หลายกว่า ATM และองค์กรในปัจจุบันเกือบทุกองค์กรมีการใช้ Ethernet อยู่แล้ว จึงไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงอะไรมากนัก ส่วน ATM การนำมาใช้นั้นต้องมีการฝึกอบรมพนักงานก่อน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่คนรู้น้อยกว่า

จากการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ และการลงทุนสามารถวิเคราะห์ผลได้ว่าเครือข่าย ATM (STM-16) นั้นมีค่าใช้จ่ายรวมแพงกว่าเป็น 3 เท่าของ 10-Gigabit Ethernet โดยที่ Trunk Bandwidth Capacity ของ ATM (STM-16) น้อยกว่า 10-Gigabit Ethernet เป็น 4 เท่า ดังนั้นค่าใช้จ่ายของ ATM ที่ความเร็วเท่ากันกับ 10-Gigabit Ethernet นั้นค่าใช้จ่ายของ ATM จะแพงกว่า 10-Gigabit Ethernet เป็น 12 เท่า สรุปได้ว่า 10-Gigabit Ethernet นั้นให้แบนด์วิดธ์ของการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงในราคาต้นทุนที่ต่ำกว่า ATM และจากการศึกษาพบว่าค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาของ ATM แพงกว่าเป็น 3 เท่าของ 10-Gigabit Ethernet นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการเครือข่ายของ ATM ก็สูงกว่า 10-Gigabit Ethernet เป็นจำนวน 2 เท่า แต่ ATM มีข้อได้เปรียบกว่า Ethernet ทางด้านของการมีการให้ระดับคุณภาพการให้บริการ ดังนั้นการที่จะให้ Ethernet มีระดับการให้บริการเหมือนกับ ATM ได้นั้นจะต้องมีการนำเทคโนโลยี Diff-Serv ตามมาตรฐาน 802.1p หรือ MPLS มาใช้ร่วมด้วย ซึ่งจะทำให้เราสามารถกำหนดระดับการให้บริการได้เช่นเดียวกับเทคโนโลยี ATM หรืออาจจะใช้หลักการออกแบบที่ว่าทรัพยากรมีใช้อย่างจำกัดเราจึงต้องมีการแบ่งระดับการให้บริการ แต่ถ้าเราสร้างเครือข่ายให้ใหญ่เกินพอกับความต้องการก็ไม่ต้องมีการแบ่งระดับการให้บริการ โดยจะต้องสร้างเครือข่ายชดเชยเพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่าของความเร็วที่เราต้องการเพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างไม่ต้องสนใจเรื่องระดับการให้บริการแต่การใช้วิธีการนี้จะทำให้ต้องลงทุนราคาอุปกรณ์เพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่า ดังนั้นในปัจจุบันจึงนำเทคโนโลยี Diff-Serv ตามมาตรฐาน 802.1p หรือ MPLS มาใช้ร่วมกับเครือข่าย 10-Gigabit Ethernet มากกว่า เพื่อให้สามารถรองรับระดับการให้บริการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

การที่จะเลือกโครงข่ายหลักแบบใดนั้นต้องมีการศึกษาเปรียบเทียบเป็นอย่างดี เนื่องจากการเลือกใช้โครงข่ายหลักนี้มีผลกระทบต่อการให้บริการ Multi-Service บนโครงข่ายหลักนี้ และเป็นการลงทุนที่ค่อนข้างสูง ถ้าเลือกใช้ไม่ดีอาจมีผลต่อการให้บริการ Multi-Services ที่จะเกิดขึ้นได้ และเป็นการยากที่จะเปลี่ยนโครงข่ายเป็นอีกประเภทได้ เนื่องจากค่าใช้จ่ายต่างๆค่อนข้างสูง ดังนั้น การตัดสินใจที่จะเลือกใช้โครงข่าย ATM หรือ Gigabit Ethernet จะต้องมีการพิจารณากันอย่างรอบคอบในทุกด้านก่อนที่จะตัดสินใจลงไป โดยควรเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะกับการใช้งานขององค์กร โดยไม่จำเป็นที่ต้องใช้เทคนิคที่ดี หรือทันสมัยที่สุด แต่ต้องเป็นเทคนิคที่คุ้มค่า และเหมาะสมกับสถานการณ์ที่สุด เนื่องจากเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

10 Gigabit Ethernet Alliance. 2002.**10 GEA White Papers.** [Online]. Available: http://www.10gea.org.

ATM Fundamentals. [Online]. Available: http://www.tonex.com/show_course.php?course=401&show_detail=on

An Introduction to 10-Gigabit Ethernet. [Online]. Available: http://www.cisco.com.

Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals. [Online]. Available: http:// www.iec.org/online/tutorials/atm_fund.

Ciena Corporation. 2003. **Calculating the ROI Benefits of Multiservice Switches.** [Online]. Available: http://www.ciena.com/downloads/whitepapers/ROIBenefitsofMultiserviceSwitches.pdf

Cisco ATM Modules. [Online]. Available: http://www.superwarehouse.com/Cisco/mod_atm/b/57/c/2260

Gigabit Ethernet and ATM a business perspective. [Online]. Available: http://www.nortelnetworks.com/solutions/lan/collateral/ppatmwp.pdf.

Gigabit Ethernet Fundamentals. [Online]. Available: http://www.tonex.com/show_course.php?course=70&show_detail=on

Kwok,T. **ATM: The New Paradigm for Internet, Intranet, and Residential Broadband Services and Applications.** Prentice Hall.

Public Training Course Summary. [Online]. Available: http://www.hn-networks.co.uk/training/public_courses/public_training_courses_summary.html

Riverstone Fuels 10GigE Price War. [Online]. Available: http://www.lightreading.com/document.asp?site=lightreading&doc_id=30753

Rob Jaeger. 2001.**Transitioning from IP-over-LANE/ATM to IP/MPLS Networks.** [Online]. Available: http://www.juniper.net/solutions/literature/white_papers/200013.pdf

Stallings, W. 1998. **High-Speed Networks:TCP/IP and ATM Design Principles.** Prentice Hall.

The ATM Forum. 1999.**The ATM Forum Traffic Management Specification.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน:	จตุรงค์ แซ่โง้ว
เกิดวันที่:	22 ตุลาคม พ.ศ. 2515
สถานที่เกิด:	กรุงเทพมหานคร
จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาที่:	โรงเรียนคี่ตี้ จ.สุพรรณบุรี
จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาที่:	โรงเรียนวัดราชบพิธ
จบการศึกษาชั้นปริญญาตรีที่:	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ประสบการณ์ทำงาน:	วิศวกร บริษัท TT&T
ปัจจุบันทำงาน:	วิศวกร บริษัท TelecomAsia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้