ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

คุณภาพของการให้บริการบนเครือข่ายสื่อสารแบบเอทีเอ็ม

The Quality of Service (QoS) over ATM Network

โดย

นายสาคร ไกรนรา

รหัส 43067241

H002862

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์

วัน เดือน ปี 19 มิ.ย. 2550 02862
เลขทะเบียน
เลขเรียกหนังสือ สพ. ส 428 ค 2544
"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล."

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการศึกษากรณีพิเศษ

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	คุณภาพของการให้บริการบนเครือข่ายสื่อสารแบบเอทีเอ็ม
นักศึกษา	นายสาคร ไกรนรา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

เครือข่ายสื่อสารแบบ Multi-Service ที่มีความสามารถส่งผ่านข้อมูลได้ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นข้อมูล (Data) สัญญาณเสียง (Voice) หรือสัญญาณภาพ (Video) อย่างเช่น เครือข่ายสื่อสารแบบ ATM และ IP สิ่งสำคัญที่เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงคือ คุณภาพของการให้บริการ (Quality of Service) ที่ต้องสามารถรับประกันระดับของการให้บริการตามลักษณะของข้อมูลหรือ Application นั้นๆ ตามที่กำหนดตกลงกันไว้

ในโครงการนี้จะทำการศึกษาถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการกำหนดและควบคุมคุณภาพของการให้บริการ (QoS) บนเครือข่ายแบบเอทีเอ็ม และได้นำเอาโปรแกรม OPNET ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการจำลอง Model ในการสร้างเครือข่าย ทำการ Simulate เพื่อศึกษาระดับคุณภาพของการให้บริการของเครือข่ายสื่อสารแบบ ATM และ IP ของการส่งข้อมูลสัญญาณเสียง ในแง่ของ Delay Time และ การส่งข้อมูล Application Data แบบ FTP ในแง่ของ Response Time เพื่อแสดงให้เห็นว่าแนวคิดและการออกแบบเครือข่ายสื่อสารที่จะใช้ในโครงการสนามบินสุวรรณภูมินั้นสามารถรองรับการส่งข้อมูลเสียงโดยเกิด Delay Time ไม่เกิน 0.150 วินาที หรือมีคุณภาพแบบ MOS (Mean Opinion Scores) ระดับ 3.5 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	The Quality of Service (QoS) over ATM Network
Student	Mr. Sakorn Krainara
Advisor	Dr. Chanboon Sathitwiriyawong
Level of Study	Master of Science in Information Technology
Major	Information Technology Management
Academic Year	2001

ABSTRACT

For the multi-service network, which can transport the varieties of data traffic like voice, data, image or video and so on, for example the ATM and IP network. The important factor to be considered is the Quality of Service (QoS). The Quality of Service must be guarantee the Service-Level agree.

The studying of the concept and fundamental of the technologies for Quality of Service over ATM network is the part of this project. In the project, the OPNET program will be used as a tool in order to create the network model for the simulation. Using the result of the simulation to analysis and evaluate the performance of the ATM network when transport the voice in term of delay time and when transport the data in term of response time. To show that the network concept design for the Suvarnbhumi Airport Project can handle the voice traffic with the QoS at level of MOS above 3.5 (Mean Opinion Scores) or with the delay time less than 150 millisecond.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาของโครงการเรื่องคุณภาพของการให้บริการบนเครือข่ายสื่อสารแบบเอทีเอ็มนี้ จะไม่มีวันสำเร็จลุล่วงไปได้ ถ้าไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน อาจารย์ ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการศึกษา จนทำให้โครงการศึกษากรณีพิเศษนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณท่านไว้ ณ.ที่นี้และขอขอบคุณ แผนกระบบสื่อสารข้อมูล ของบริษัท อีริคสัน (ประเทศไทย) จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งระบบโปรแกรม OPNET ที่ใช้ในการ Simulation แบบจำลองเครือข่าย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ITM7 ทุกท่านและ ด.ช. สาริศ ไกรนรา รวมทั้งครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VI

บทที่

1. บทนำ 1
   - 1.1 ความเป็นมา 1
   - 1.2 วัตถุประสงค์ 2
   - 1.3 ขอบเขตการศึกษา 2
   - 1.4 แผนการดำเนินการศึกษา 2
   - 1.5 ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
2. คุณภาพการให้บริการบนเครือข่ายสื่อสาร ATM และ IP 4
   - 2.1 นิยามคุณภาพของการให้บริการ 4
   - 2.2 คุณภาพของการให้บริการที่ต้องการ 4
   - 2.3 เทคโนโลยีสำหรับคุณภาพการให้บริการ 6
   - 2.4 เครือข่ายสื่อสาร ATM และ IP แบบ Multi-Service 7
   - 2.5 IP over ATM 12
3. เทคโนโลยี Multi-Protocol Label Switching และ Differentiated Services 17
   - 3.1 พัฒนาการของเทคโนโลยี MPLS 17
   - 3.2 IP over ATM Model 19
   - 3.3 Traffic Engineering 19
   - 3.4 หลักการทำงานของ MPLS 20
   - 3.5 หลักการทำงานของ Differentiate Service 22
   - 3.6 การเปรียบเทียบ Routing แบบ Conventional กับ MPLS 24

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. การออกแบบและสร้างแบบจำลองเครือข่าย ATM และ IP 26
4.1 การออกแบบเครือข่าย ATM และ IP 26
4.2 ลักษณะของเครือข่ายที่ทำการศึกษาเพื่อเป็นแบบจำลอง 27
4.3 การสร้างและจำลองแบบเครือข่ายด้วยโปรแกรม OPNET 29
4.4 การ Run Simulation 45
5. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 48
5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 48
5.2 สรุปผลการทดลอง 53
6. สรุปและข้อเสนอแนะ 54
6.1 บทสรุป 54
6.2 ข้อเสนอแนะ 55
บรรณานุกรม 56
ภาคผนวก 57
ประวัติผู้เขียน 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

2.1 ลักษณะของความต้องการ Application 5
2.2 ATM Cell Structure 8
2.3 ATM's Service Aspects Works Groups.......... 10
2.4 การแบ่ง ATM Service Classes ตามแบบ ITU-T rec.I362.......... 11
2.5 ส่วนประกอบของ LANE บนเครือข่าย ATM.......... 13
2.6 ขั้นตอนการทำงานของ LANE บนเครือข่าย ATM.......... 14
2.7 เทคนิค MPOA NHRP บนเครือข่าย IP over ATM.......... 16
3.1 IP-over-ATM Model.......... 19
3.2 MPLS Shim Header.......... 21
3.3 เครือข่ายแบบ Label Switching 21
3.4 PHB ที่แสดงด้วย DSCP ใน IP Header 22
4.1 แบบแนวคิดเครือข่าย ATM สำหรับสนามบินสุวรรณภูมิ 27
4.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ ATM Core Switch สำหรับเครือข่ายสนามบินสุวรรณภูมิ. 28
4.3 Node Model Object ของโปรแกรม OPNET 31
4.4 Model ของอุปกรณ์ ATM Core Switch.......... 32
4.5 การติดตั้งค่า Parameter ต่างๆ ใน Attribute ของแบบจำลอง ATM Core Switch 33
4.6 การติดตั้งค่า Parameter เพื่อกำหนด Port Buffer ของแบบจำลอง ATM Core.... 34
4.7 Model ของอุปกรณ์ ATM Edge Switch 35
4.8 การติดตั้งค่า Parameter ต่างๆ ใน Attribute ของแบบจำลอง ATM Edge Switch 36
4.9 การติดตั้งค่า Parameter เพื่อกำหนด Port Buffer ของแบบจำลอง ATM Edge ... 37
4.10 แบบจำลองเครือข่ายสื่อสาร ATMproject Scenario : SBIA_ATM.......... 38
4.11 การกำหนด Traffic Application แบบต่างๆ.......... 39
4.12 การกำหนด Voice Application Traffic.......... 39
4.13 การกำหนด ค่า Silence Length ของ Voice Application Traffic.......... 39

เอกสารนี้เป็นเ... ...ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

4.14 การกำหนด ค่า Talk Spurt Length ของ Voice Application Traffic.................... 40
4.15 การกำหนด Voice Station 41
4.16 การกำหนด FTP Application Traffic 42
4.17 การกำหนด Data Station สำหรับ FTP Application Traffic 43
4.18 การกำหนด Data Server สำหรับ FTP Application Traffic 44
4.19 Parameter ในการ Run Simulation ของ OPNET.. 46
4.20 การกำหนดรูปแบบของ Report ของผลที่ได้จากการ Simulate.......................... 47
5.1 ผลการทดลองของ Application แบบ Voice.. 48
5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Delay Time กับ MOS ตามมาตรฐาน ITU-T ..... G.711.. 49
5.3 ผลการทดลองของ Application แบบ FTP... 51
5.4 ผลการทดลอง Bandwidth Reservation 52
5.5 ผลการทดลอง Bandwidth Reservation (%) 52
A-1 แบบจำลองเครือข่าย ATMproject-SBIA_ATM2... 59
A-2 การเชื่อมต่อของ Model ATM Switch ขนาด 16 Cross Connect........................ 60
A-3 การเชื่อมต่อของ Model ATM Switch ขนาด 8 Cross Connect.......................... 61
A-4 แผนผัง ATM Core Switch Connectivities Diagram ของสนามบินสุวรรณภูมิ.. 62
A-5 แผนผัง ATM Backbone/Common Network Cabling Block Diagram ของ....... สนามบินสุวรรณภูมิ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันนี้เครือข่ายสื่อสารแบบ ATM (Asynchronous Transfer Mode) และ IP ได้เข้ามามีบทบาทและเป็นที่ต้องอย่างมากขององค์กรหน่วยงานต่างๆ เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อ ระบบโทรศัพท์ อินเตอร์เนต และระบบสื่อสารต่างๆ ได้ด้วยความเร็วสูง อีกทั้งยังสามารถให้บริการเชื่อมต่อทำงานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งทางด้านเสียง ข้อมูล รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว อินเตอร์เนต และข้อมูลสื่อประสม จะเห็นได้ว่าเครือข่ายสื่อสารแบบ ATM และ IP นั้นนอกจากได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในองค์กรธุรกิจต่างๆ แล้วเครือข่ายสื่อสารแบบ ATM ก็กำลังจะกลายเป็นเครือข่ายสาธารณะ (Public Network) แบบ Packet Switching ที่กำลังจะแทนที่เครือข่ายแบบ Circuit Switching อีกด้วย

เพื่อที่จะบรรลุถึงความต้องการเหล่านี้ เครือข่ายสื่อสารแบบ ATM และ IP จะต้องเป็นเครือข่ายที่มีการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อสนับสนุนความต้องการของการใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ โดยที่จะต้องมีทั้งความเชื่อถือได้ (Reliability) และคุณภาพของการให้บริการ (Quality of Service)

ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีของการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous Transfer Mode นั้นได้ถูกออกแบบให้สามารถรองรับระดับคุณภาพของการให้บริการได้เป็นอย่างดี แต่การส่งข้อมูล IP บนเครือข่ายแบบเอทีเอ็ม (IP over ATM) นั้นยังจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคต่างๆ ที่ช่วยให้ง่ายต่อการควบคุมประสิทธิภาพของ Traffic Engineering ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของการให้บริการ เทคโนโลยีดังกล่าวที่เป็นที่กล่าวถึงในวงการอุตสาหกรรมเครือข่ายสื่อสารแบบอินเตอร์เน็ต คือ เทคโนโลยี MPLS (Multi-Protocol Label Switching) และ Differentiate Services ที่ทั้งผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่าย (Venders) และหน่วยงาน IETF (Internet Engineering Task Force) กำลังผลักดันเพื่อกำหนดให้เป็นมาตรฐาน โดยได้มีการศึกษาและมีเอกสารของ IETF ที่ได้กล่าวถึงเรื่องนี้ไว้มากกว่า 150 เรื่อง

ดังนั้นโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาประเด็นดังกล่าว โดยจะทำการศึกษาถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการให้บริการสำหรับเครือข่าย ATM และอินเตอร์เน็ตเพื่อหวังผลการศึกษาว่าจะได้เป็นแนวทางในการประยุกต์เลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม อย่างเป็นระบบบนพื้นฐานของหลักวิชาการ และยังได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยสร้างแบบจำลองการทำงานของระบบ เพื่อให้เห็นถึงของคุณภาพของการให้บริการในการส่งสัญญาณเสียงและข้อมูลบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่ายจำลองแบบ ATM เป็นกรณีศึกษาซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการเรียนรู้และมีความเข้าใจในการทำงานของเครือข่ายได้มากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวทางและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสำหรับการควบคุมคุณภาพของการให้บริการบนเครือข่ายสื่อสารแบบเอทีเอ็มและอินเตอร์เน็ต
2. เพื่อศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้โปรแกรม OPNET ในการสร้างแบบจำลองเครือข่าย
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของการให้บริการบนเครือข่ายจำลองแบบเอทีเอ็มในการส่งสัญญาณเสียงและข้อมูล

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาเทคโนโลยีเชิงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมภาพการให้บริการบนเครือข่าย ATM และ IP โดยเฉพาะเทคโนโลยีแบบ MPLS และ DiffServ
2. ศึกษาการใช้โปรแกรม OPNET เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองเครือข่าย
3. สร้างแบบจำลองของเครือข่าย ATM ด้วยโปรแกรม OPNET
4. วิเคราะห์ผลจากการจำลองที่ได้จาก โปรแกรม OPNET ของเครือข่าย ATM

1.4 แผนการดำเนินการศึกษา

1. ศึกษาและทบทวนเทคโนโลยีเครือข่ายแบบ ATM และ IP
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการให้บริการบนเครือข่าย
3. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการนำเอาโปรโตคอล IP ส่งไปในเครือข่าย ATM (IP over ATM) เพื่อเป็นพื้นฐาน
4. ศึกษารายละเอียดของเทคโนโลยี Multi-Protocol Label Switching และ Differentiated Services
5. ศึกษาวิธีการใช้งานของโปรแกรม OPNET
6. ออกแบบและสร้างแบบจำลองเครือข่าย ATM ด้วยโปรแกรม OPNET
7. วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการจำลองการทำงานของเครือข่าย ATM ของการส่งข้อมูลสัญญาณเสียงและ Data จากการ Simulate ด้วยโปรแกรม OPNET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับคุณภาพการให้บริการบนเครือข่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทฤษฎีของเทคโนโลยี MPLS และ DiffServ
2. สามารถนำความรู้จากที่ได้จากการจำลองการทำงานของเครือข่าย ATM เป็นแนวทางในประกอบการตัดสินใจในการออกแบบเครือข่าย
3. สามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของเครือข่ายในเชิงคุณภาพของการให้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

คุณภาพการให้บริการบนเครือข่ายสื่อสาร ATM และ IP

2.1 นิยามคุณภาพของการให้บริการ

ITU-T E.800 ได้ให้นิยามของคำว่า "คุณภาพของการให้บริการ" ไว้ดังนี้ "The collective effect of service performance which determines the degree of satisfaction of a user of the service." หมายถึง "สิ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการให้บริการอันซึ่งได้มาจากระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ "

ในการทำให้คุณภาพของการให้บริการสำหรับเครือข่ายสื่อสาร ATM และ IP ต่อผู้ใช้งานในระดับที่ตอบสนองต่อความพึงพอใจที่สูง ปัจจัยหลักที่ต้องพิจารณาประกอบด้วย

- High Aavailability ต้องเป็นระบบจะต้องมีความพร้อมในการใช้งานที่สูง
- User Friendliness เป็นระบบที่ง่ายต่อการใช้งานและทำให้ผู้ใช้รู้สึกเป็นธรรมชาติ
- Level of Support ระดับของการให้การสนับสนุนที่ดี
- Reliable Billing ต้องมีระบบการคิดค่าใช้จ่ายที่เชื่อได้
- Privacy and Security มีความเป็นส่วนตัวและปลอดภัย
- Services การให้บริการต่างๆ
- Acceptable Voice Quality การยอมรับได้ของคุณภาพเสียง

2.2 คุณภาพของการให้บริการที่ต้องการ

ในปัจจุบันนี้ความต้องการและการใช้งานในการส่งข้อมูลต่างๆบนเครือข่ายสื่อสารได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก ผู้ใช้นั้นต้องการที่จะส่งข้อมูลทุกประเภทไปบนเครือข่ายเดียวกัน ทั้งสัญญาณเสียง ข้อมูลตัวอักษร ภาพวีดีโอ และสำหรับการสื่อสารในเชิงธุรกิจนั้นการใช้งานอินเตอร์เนตถือว่าเป็นแบบอย่างที่ต้อง Best Effort ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่เครือข่ายจะต้องสามารถรับประกันระดับของการให้บริการ (Service-Level Agreements Guarantee) ของแต่ละประเภทของข้อมูลที่ต้องการส่งได้เป็นอย่างดี

เพื่อให้เครือข่ายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นทุกๆ Applications ที่ใช้ใน

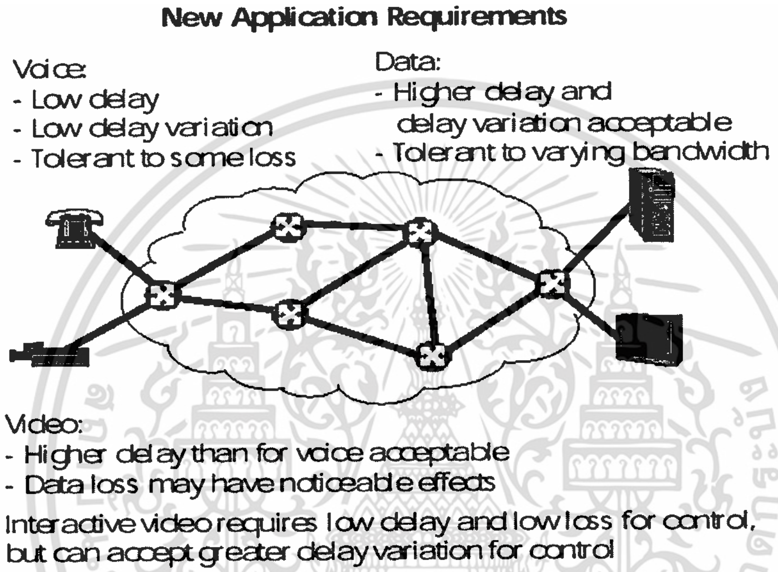
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การส่งเครือข่ายจะต้องถูกพิจารณาในแง่ของความต้องการของ Application ชนิดนั้นๆ ตามลักษณะ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของข้อมูลใน Application นั้นด้วย

ลักษณะของความต้องการของระดับการให้บริการของข้อมูลและ Application แต่ละประเภทดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะของความต้องการของ Application

1. สัญญาณเสียง (Voice) ได้แก่ โทรศัพท์ เสียงพูด ซึ่งจะมีลักษณะเป็นของ Application ที่ต้องการความต่อเนื่อง ดังนั้น Voice Application จะต้องการระดับการให้บริการที่
   - Low Delay ต้องการ Delay ที่ต่ำหรือไม่มี Delay
   - Low Delay Variation ต้องการความผันผวนของ Delay ที่ต่ำ
   - Tolerant to some Loss สามารถสูญเสียหรือสูญหายของข้อมูลได้บ้างเล็กน้อย
2. ข้อมูล Data ได้แก่ แฟ้มข้อมูล File Transfer Application หรือ Transaction Data เป็นลักษณะของ Application ที่ต้องการไม่ให้เกิดการสูญหาย (loss)
   - Higher delay and delay variation acceptable
   - Tolerant to varying bandwidth
3. ข้อมูล Video ได้แก่ ข้อมูลของภาพเคลื่อนไหวและเสียง หรือ Multi-media Application ซึ่งจะมีปริมาณข้อมูลขนาดใหญ่และต้องการความเร็วและแบนด์วิทด์ในการส่งข้อมูลสูง ดังนั้นข้อมูล Video จึงต้องการระดับการให้บริการที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามนำไปแก้ไขดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Higher delay than for voice acceptable ต้องการ delay ที่ต่ำ
- Data loss may have noticeable effect

4. Interactive Video ได้แก่ Application Multi-Media ที่มีการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับ Application นั้นๆ เช่น Online Training
    - Low delay
    - Low loss for control
    - Accept greater delay variation for control

2.3 เทคโนโลยีสำหรับคุณภาพของการให้บริการ

มีเทคโนโลยีหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการให้บริการ อย่างเช่น Type of Service (TOS) และ Integrated Service (Int-Serv) ได้ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมคุณภาพของการให้บริการ แต่เทคโนโลยีเหล่านี้มีข้อจำกัดหลายอย่างในด้านการใช้งาน อย่างเช่นไม่สามารถกำหนดระดับข้อตกลงของการให้บริการ (Service-level agreement) ในระดับปลีกย่อยได้

สิ่งที่เป็นจุดเด่นของเทคโนโลยีข้างต้นที่กล่าวถึงคือ การที่สามารถแบ่ง Network control traffic และ User Traffic ได้อย่างชัดเจน อย่างเช่นเทคนิคของ TOS นั้นอาศัยพื้นฐานส่วนของ TOS byte ที่ถูกกำหนดในส่วนของ IP Header ซึ่งทำให้แบ่งระดับของการให้บริการ (Service Class) ได้น้อยระดับ และต้องกำหนดระดับของการให้บริการไว้ก่อนล่วงหน้า ดังนั้นเมื่อมี Traffic หรือ Application ที่ต้องการระดับของการให้บริการที่ไม่ตรงกับระดับที่กำหนดไว้ก่อนล่วงหน้าก็ไม่สามารถได้ระดับของการให้บริการอย่างถูกต้อง ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ TOS byte ไม่สามารถรองรับคุณภาพของการให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการทำงานของอุปกรณ์ Router

สำหรับเทคนิคแบบ Int-Serv ได้ถูกคิดค้นมาเพื่อให้สามารถกำหนดระดับของการให้บริการได้ดีกว่า ในลักษณะของ End-to-End service ทั้งในรูปแบบของการเชื่อมต่อแบบ point-to-point และแบบ point-to-multipoint เทคนิค Int-Serv นั้นจะใช้โปรโตคอลที่เรียกว่า RSVP (Resource Reservation Signaling protocol) ในการสร้าง Session ของการเชื่อมต่อระหว่าง Host Session ที่ถูกสร้างขึ้นจากโปรโตคอล RSVP นั้นจะกำหนดความต้องการของคุณภาพของการให้บริการสำหรับ Application นั้นๆ ที่รวมทั้ง ความต้องการ Bandwidth, delay, source of the data ให้เหมาะสม

เทคนิค Int-Serv นั้นมีจุดประสงค์เพื่อบ่งชี้ถึงคุณสมบัติของโปรโตคอล RSVP ที่ใช้สำหรับการจองทรัพยากร ดังนั้นเทคนิค Int-Serv จึงถือได้ว่าเป็นเทคนิคที่สามารถรับประกันระดับการให้บริการได้อย่างถูกต้องมากกว่าเทคนิค แบบ TOS เนื่องจากโปรโตคอล RSVP นั้นจะทำการจอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ทรัพยากรของอุปกรณ์ ให้กับทุกๆ การสร้าง Session เพื่อให้แต่ละ Session ของการเชื่อมต่อได้รับระดับคุณภาพของการให้บริการตรงกับ Application ที่อยู่บน Session นั้นๆ จึงทำต้องใช้ทรัพยากรของอุปกรณ์เครือข่ายที่มีหน่วยความจำและการประมวลผลเป็นผลทำให้อุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีด้วยเทคนิคแบบ Int-Serv มีราคาสูง

จากข้อจำกัดของเทคนิคข้างต้นทั้งสองแบบ จึงได้มีการพัฒนาเทคนิคที่เรียกได้ว่าเป็น State-of-Art ของความสามารถของอุปกรณ์เครือข่ายประเภท Router เรียกว่า เทคนิคแบบ Differentiated Services (Diff-Serv) ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 3

2.4 เครือข่ายสื่อสาร ATM และ IP แบบ Multi-Service

ในปัจจุบันนี้ผู้ให้บริการโทรคมนาคม (Telecom Operator) ต้องการเครือข่ายที่สามารถจัดการและรองรับรูปแบบของ Application และบริการต่างๆ ได้หลายรูปแบบ บนเครือข่ายเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นบริการแบบ Data, Mobile, Lease Lines, Voice, มัลติมีเดีย และอื่นๆ โดยเรียกลักษณะเครือข่ายแบบนี้ว่า เครือข่ายสื่อสารแบบ Multi-Service Network เครือข่ายแบบนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและมีความหลากหลายของรูปแบบการให้บริการแก่ผู้ใช้ ขณะเดียวกันยังเป็นเครือข่ายที่สามารถรับประกันคุณภาพในการให้บริการในระดับต่างๆ ที่ตรงกับความต้องการของ Application แต่ละประเภท ดังนั้นเทคโนโลยีเครือข่ายสื่อสารแบบ ATM จึงเป็นแนวโน้มของเครือข่ายตามความต้องการสำหรับผู้ให้บริการโทรคมนาคม

ลักษณะเครือข่าย ATM แบบ Multi-Service (The Multi-Service ATM Network)นั้นให้ประโยชน์และมีจุดเด่นในการรองรับ การเชื่อมต่อดังนี้

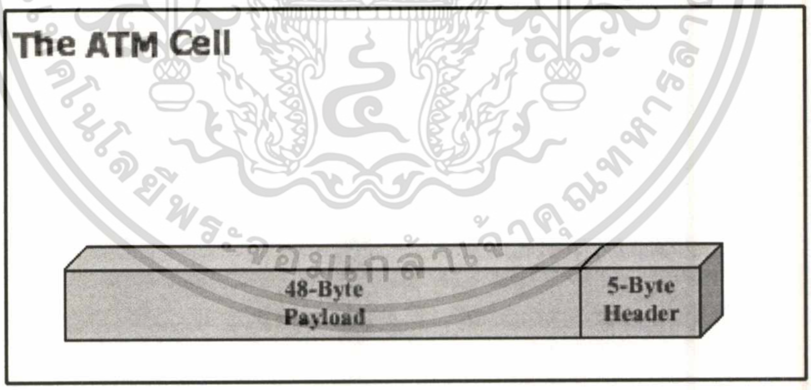
- รองรับการเชื่อมต่อของเครือข่ายและการให้บริการของหลายระบบได้บนโครงสร้างพื้นฐานของเครือข่ายเดียวกัน (Single Infrastructure)
- สามารถเชื่อมต่อ Application แบบดั้งเดิม (Legacy User Traffic)ได้ทุกรูปแบบไม่ว่าจะเป็น ระบบโทรศัพท์ PABX ระบบเครือข่าย LAN, อุปกรณ์ Frame Relay , X.25 , SNAและอุปกรณ์ Video
- รองรับ Interwork กับการให้บริการเดิมและบริการใหม่ๆ
- รองรับและง่ายต่อการจัดการแบนวิดท์และระดับของคุณภาพการให้บริการ (Bandwidth and QoS Differentiation)
- เป็นเครือข่ายที่ทำงานแบบ Non-Stop Operation Network ที่มีความน่าเชื่อถือสูง (High Reliability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถให้แบนด์วิทด์ ในรูปแบบของ On-Demand ตามความต้องการที่แท้จริง ที่ทำให้ Bandwidth สามารถ Scalability

เครือข่ายสื่อสาร ATM เป็นมาตรฐานการส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง โดยสามารถส่งข้อมูลที่ความเร็วตั้งแต่ระดับ E1/T1 ที่ความเร็ว 1.5/2Mbps ไปจนถึงระดับ STM-64 ที่ความเร็ว 10 Gbpsที่สามารถทำได้ในปัจจุบัน เป็นเทคโนโลยีที่มีวิวัฒนาการมาจาก Broadband ISDN หรือเรียกว่า B-ISDN ลักษณะของ B-ISDN นั้นถูกสร้างขึ้นเพื่อรองรับการให้บริการระดับ Carrier ที่ต้องการใช้แถบความกว้างของสัญญาณสูง (High Bandwidth) และรองรับจำนวนช่องสัญญาณจำนวนมากๆ

การส่งข้อมูลแบบ ATM นั้นได้หลักการมาจาก Fixed-Size Cell ของการพัฒนาในประเทศออสเตรเลีย ในเรื่องของ DQDB (Distribution Queue Dual Bus) ตามมาตรฐานแบบ IEEE 802.6 โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นหน่วย Packet ขนาด 53 Octet ประกอบด้วย Header 5 Octet และส่วน Payload 48 Octet ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยที่สัดส่วนระหว่าง Header กับ Payload 5:48 ถือว่าเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการส่งข้อมูลทั้งข้อมูล Data ข้อมูลเสียง และข้อมูลภาพ เมื่อคำนึงถึง Delay และ Overhead



รูปที่ 2.2 ATM Cell structure

การทำงานของการสร้างวงจรในเครือข่าย ATM

การเชื่อมต่อในเครือข่าย ATM นั้นจะผ่านอุปกรณ์ ATM Switch มีขั้นตอนการทำงานเช่นเดียวกันกับระบบชุมสายโทรศัพท์ คือต้องมีการเริ่มต้นด้วยการเรียกขอเชื่อมต่อ (Call Setup) จนสามารถสร้างวงจรการเชื่อมต่อเกิดเป็นวงจรเสมือนในลักษณะ Virtual Channel วงจรการเชื่อมต่อบนเครือข่าย ATM ที่เป็นวงจรเสมือน (Virtual Circuit) นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Permanent Virtual Circuit หรือเรียกว่า PVC เป็นวงจรเชื่อมต่อที่เชื่อมต่ออยู่ตลอดเวลา โดยเริ่มจากการขอเชื่อมต่อในครั้งแรกเท่านั้น เพื่อเป็นการสร้างวงจรเสมือน จากนั้นก็คงสภาพการเชื่อมไว้อยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าผู้ใช้จะส่งข้อมูลหรือไม่ก็ตาม
2. Switch Virtual Circuit หรือเรียกว่า SVC เป็นวงจรเชื่อมต่อที่เกิดจากการ เรียกขอเชื่อมต่อ (Call Setup) เมื่อผู้ใช้หรือตัวอุปกรณ์ที่เชื่อมกับเครือข่ายมีความต้องการส่งข้อมูล และวงจรจะถูกยกเลิกเมื่อผู้ใช้ต้องการยกเลิกการขอเชื่อมต่อ

ดังนั้นเครือข่ายแบบ ATM Multi-Service สามารถรองรับการให้บริการต่างๆ ได้ดังนี้

- บริการ Native ATM Cell Switching
- บริการแบบ Circuit Emulation สำหรับ Private Line Voice และ Data
- บริการ Voice Networking over ATM
- บริการ Telephony Services
- Frame Relay Networking และ Frame Relay to ATM Interworking
- บริการ Legacy Data Service เช่น X.25, SNA, BSC และโปรโตคอลแบบดั้งเดิม
- บริการแบบ Native LAN Interconnect
- IP Routing
- Multimedia Networking และ Video Conferencing

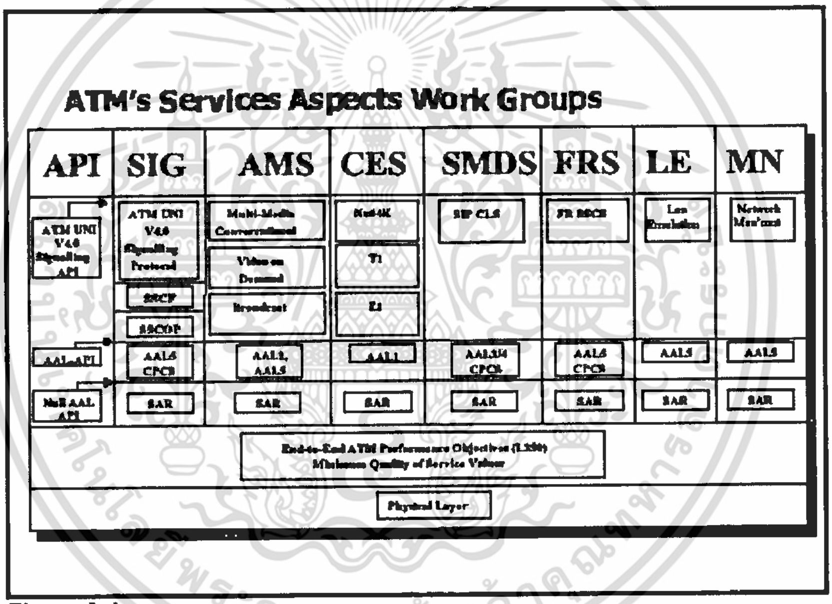
มาตรฐานและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับ ATM

องค์กรที่เป็นผู้เริ่มต้นกำหนดมาตรฐานสำหรับ ATM นั้นมาจากหน่วยงาน CCITT ซึ่งต่อมาได้กลายเป็น ITU-T (International Telecommunication Union) โดยได้ทำการศึกษากำหนดมาตรฐานของ ATM ตั้งแต่ ค.ศ. 1989 มาตรฐานที่กำหนดโดยองค์กร ITU-T นั้นจะอยู่บนพื้นฐานของ ATM Application สำหรับเครือข่ายสาธารณะเพียงอย่างเดียว ไม่ได้ให้ความสนใจในส่วนของ LAN ซึ่งต่อมาบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ ATM เห็นว่า ATM นั้นสามารถประยุกต์ใช้กับ LAN ได้ จึงได้มีการรวมกันตั้งเป็นหน่วยงานเรียกว่า ATM Forum ที่เกิดจากการรวมตัวของบริษัท Nortel, Sprint, Adaptive/NET และ Cisco ในปี ค.ศ. 1991 และได้กำหนดมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ATM และ LAN โดยแบ่งกลุ่มทำงานเฉพาะเรื่องออกเป็นกลุ่มย่อย เรียกว่า ATM's Service Aspects Work Group ศึกษาเรื่องที่เกี่ยวข้องดังนี้

- LAN Emulation (LANE)
- Multiprotocol over ATM (MPOA)
- Traffic Management

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามทำการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Private Network-to-Node Interface (P-NNI)
- Physical Layer
- Signalling
- Broadband ISDN Inter-Carrier Interface (B-ICI)
- Network Management
- Testing
- Frame User Network Interface (FUNI)



รูปที่ 2.3 ATM's Service Aspects Works Groups

ระดับคุณภาพของการให้บริการ QoS Services Categories

คุณภาพของการให้บริการ (QoS) นั้นจะสัมพันธ์และขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ของแต่ละลักษณะของ Application หรือลักษณะของข้อมูล จึงต้องมีการกำหนดระดับออกเป็นหลาย Category ดังเช่น คุณภาพสำหรับการให้บริการ Voice นั้นต้องการ Delay ของ end-t-end ที่ต่ำเพื่อลดปัญหาเรื่อง echo ส่วนคุณภาพสำหรับการให้บริการของ Video Application นั้นต้องการการสูญหายของข้อมูลต่ำ เพื่อลดปัญหาเรื่องความคมชัดของภาพ โดยได้แบ่ง QoS Services Categories ดังนี้

- CBR (Constant Bit Rate)
- VBR-RT (Variable Bit Rate-Real Time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- VBR-NRT (Variable Bit Rate-Non Real Time)
- ABR (Available Bit Rate)
- UBR (Unspecified Bit Rate)
- GFR (Guaranteed Frame Rate)

ATM Traffic Classes

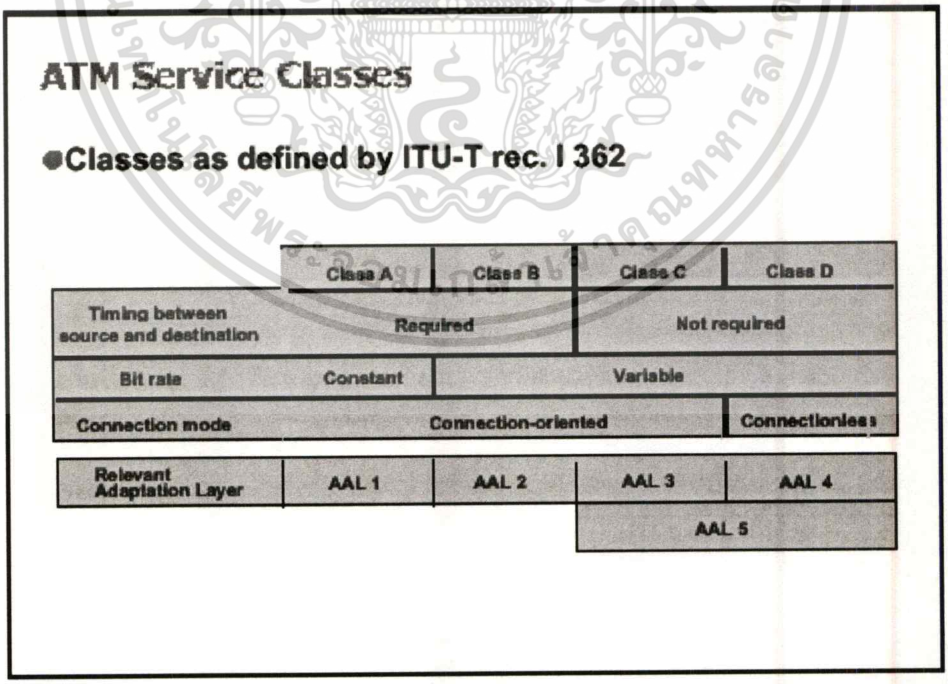
ITU-T ได้กำหนด Traffic Classes ไว้ใน Recommendation ITU-T I.362 ดังต่อไปนี้

Class A : Defines traditional synchronous data, such as that containing E1 voice circuits or uncompressed broadcast video

Class B : covers compressed video which requires a timing relationship

Class C : defines bursty data such as Frame Relay, X.25 or large file transfer

Class D : includes broadcast data such as SAP messages in NetWare or an ARP packet in TCP/IP


ATM Service Classes

●Classes as defined by ITU-T rec. I 362

	Class A	Class B	Class C	Class D
Timing between source and destination	Required		Not required	
Bit rate	Constant	Variable		
Connection mode	Connection-oriented			Connectionless
Relevant Adaptation Layer	AAL 1	AAL 2	AAL 3	AAL 4
			AAL 5	

รูปที่ 2.4 การแบ่ง ATM Service Classes ตามแบบ ITU-T rec. I362

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 IP over ATM

ปัญหาในการส่งข้อมูล IP บนเครือข่าย ATM นั้นเกิดจากการที่ส่วนประกอบของ LAN ต้องอาศัยลักษณะการส่งด้วย Broadcast เพื่อเป็นการตรวจสอบว่ายังมีการเชื่อมต่อกันอยู่หรือไม่ แต่ลักษณะของ Broadcasting นั้นไม่เหมาะสำหรับเครือข่ายแบบ Wide Area Network เช่นเครือข่ายแบบ ATM แนวทางในการแก้ปัญหานี้ก็คือ สร้าง Multiple Static เพื่อที่จะกัน Broadcast Traffic โดยมี 3 แบบด้วยกันคือ

- Application Program Interface (API) เป็นการเขียนคำสั่ง (code) เพื่อติดตั้งระหว่าง Application กับ ATM Protocol Stack
- Peer-to-Peer Model เป็นการสร้างการเชื่อมต่อด้วย PVC แบบ Point-to-Point เพื่อจำลองให้เหมือนกับวงจรเช่าระหว่าง LAN component แต่ละวง มีวิธีการสามารถอ้างถึงข้อกำหนด
    - RFC 1489 – Simple Point-to-Point
    - RFC 1577 – Point-to-Point with the assistance of an ARP server for IP only หรือเรียกว่า Classical IP over ATM (CIOA)
- Overlay Model เป็นวิธีการจำลองให้เครือข่าย ATM เสมือนเป็น Topology และทำงานแบบ LAN ได้แก่วิธีการที่เรียกว่า LANE (LAN Emulation) และ MPOA (Multi-Protocol over ATM)

ในการศึกษาโครงการนี้จะศึกษาเฉพาะเทคนิค IP over ATM แบบ LANE และ MPOA เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี Multi-Protocol Label Switching และ Differentiated Services ที่จะกล่าวโดยละเอียดในบทต่อไป

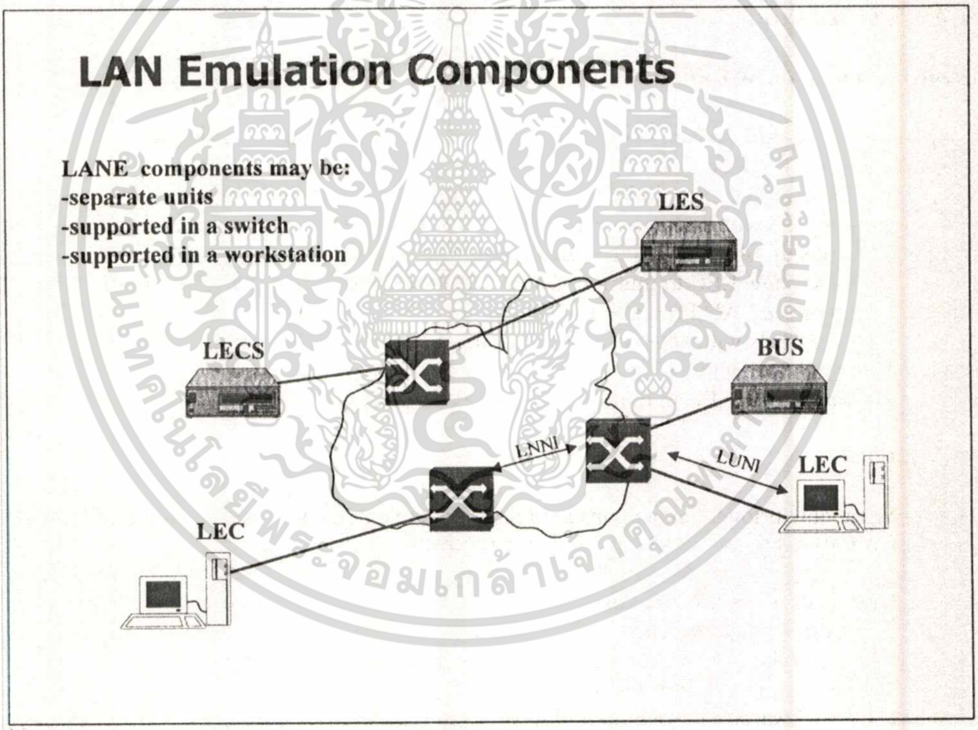
การทำงานแบบ LANE และส่วนประกอบของ LANE

LANE เป็นรูปแบบของการส่งข้อมูล IP over ATM ลักษณะ Overlay Model โดยที่เครือข่าย ATM จะทำหน้าที่จำลองเสมือนกับเป็นส่วนหนึ่งของระบบ LAN ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยจะเกิดส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. LES (LANE Server) เป็นศูนย์กลางของระบบ LANE มีหน้าที่ในการ Hold the Resolution ของ MAC Address กับ ATM Address และยังสามารถส่งต่อ (Forward) Broadcast และ Multicast สำหรับ Unknown MAC Address ไปยัง LECs ทั้งหมด
2. BUS (Broadcast and Unknown Server) ทำหน้าที่ส่งต่อ Broadcast และ Multicast Traffic ไปยัง Client ที่ถูก Registered ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

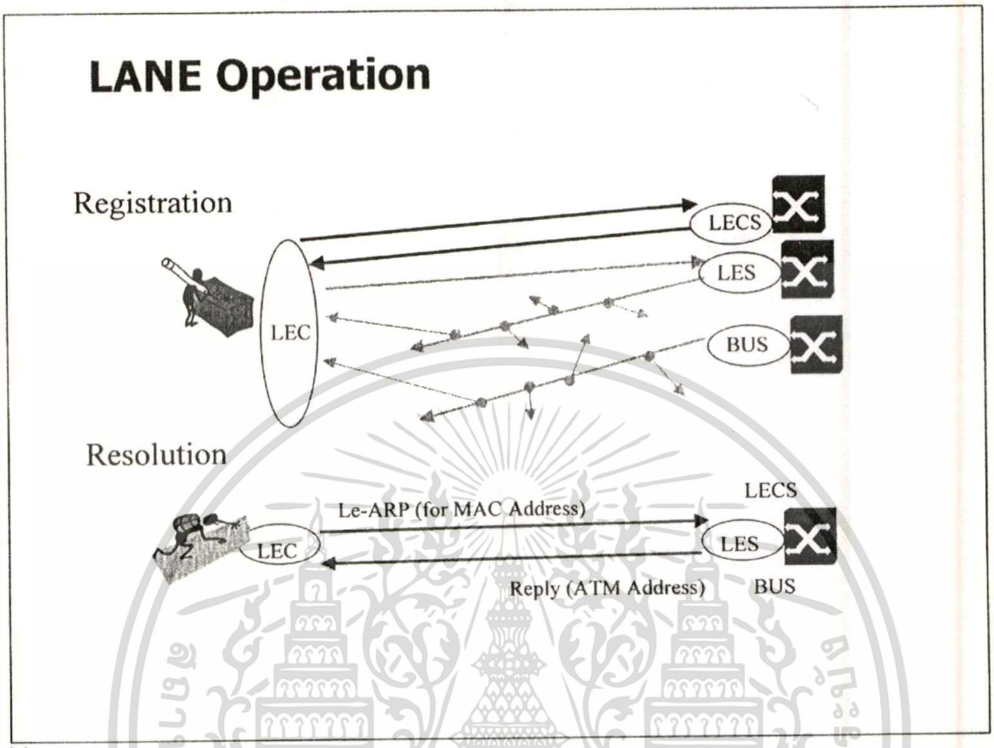
3. LECS (LANE Configuration Server) มีหน้าที่ Hold Database ที่จะกำกับให้กับ Client ใหม่ กับ LES
4. LUNI (LANE over the UNI) จะเป็นตัวกำหนดขั้นตอนในการเริ่มต้นของ LANE บน UNI เพื่อค้นหาตำแหน่งของ Server
5. LEC (LANE Client) ทำหน้าที่จำลองให้เหมือนกับการเชื่อมต่อแบบ 802.2 หรือ 802.5
6. LNNI (LANE over the NNI) มีหน้าที่ตอบสนองต่อการสื่อสารระหว่าง Servers ต่างๆ ด้วยกันเพื่อที่จะทำให้ Database เป็น Distributed และ Dull Redundancy



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของ LANE บนเครือข่าย ATM

ขั้นตอนการทำงานของ LANE ดังแสดงในรูปที่ 2.6 แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วน LEC ขอ Registration และส่วนของการ Resolution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการทำงานของ LANE บนเครือข่าย ATM

ขั้นตอน Registration of a new LEC

Step1 : LEC ค้นหา LECS โดยใช้ pre-defined ATM address หรือ pre-defined PVC

Handshaking ด้วย ILMI เพื่อเรียนรู้ (learn) address

Step2 : LEC ติดตั้ง SVC ไปยัง LECS, ให้ชื่อของ ELAN ตัวที่จะเชื่อมต่อ

LEC ตอบกลับด้วย address ของ LES สำหรับ ELAN นั้น

Step3 : LEC ติดตั้ง SVC ไปยัง LES เพื่อขอ register MAC-ATM addresses

LES เพิ่ม LEC ตัวใหม่เข้าใน Multi-point ด้วย add-party call

Step4 : LEC ส่ง LAN Emulation-ARP (LE-ARP) ให้กับ LES เพื่อขอ MAC

LES responds ด้วย address ของ BUS สำหรับ ELAN นั้น

Step5 : LEC ขอ registers กับ BUS

BUS เพิ่ม LEC ตัวใหม่เข้าไปใน multipoint ด้วย add-party call

ขั้นตอนของการ Resolution

Step1 : LEC ส่ง LE-ARP request ไปยัง LES

LES responds ด้วย correct ATM address

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงในเว็บสาหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ...อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step2 : LEC establishes SVC to target and sends frame(s)

ขั้นตอนการทำงานในกรณีที่ LES ไม่รู้จัก address

Step1: LES ส่งต่อ (forwards) LE-ARP on multidrop ไปยัง registered LECs ทั้งหมด

LES แจ้งบอก LEC ว่าได้รับ attempting to resolve address

Step2 : LEC ส่ง frame ไปยัง BUS

BUS ส่งต่อ (forwards) frame ไปยัง registered LEC (floods) ทั้งหมด

ข้อดีของการส่ง IP over ATM ด้วยเทคนิคแบบ LANE

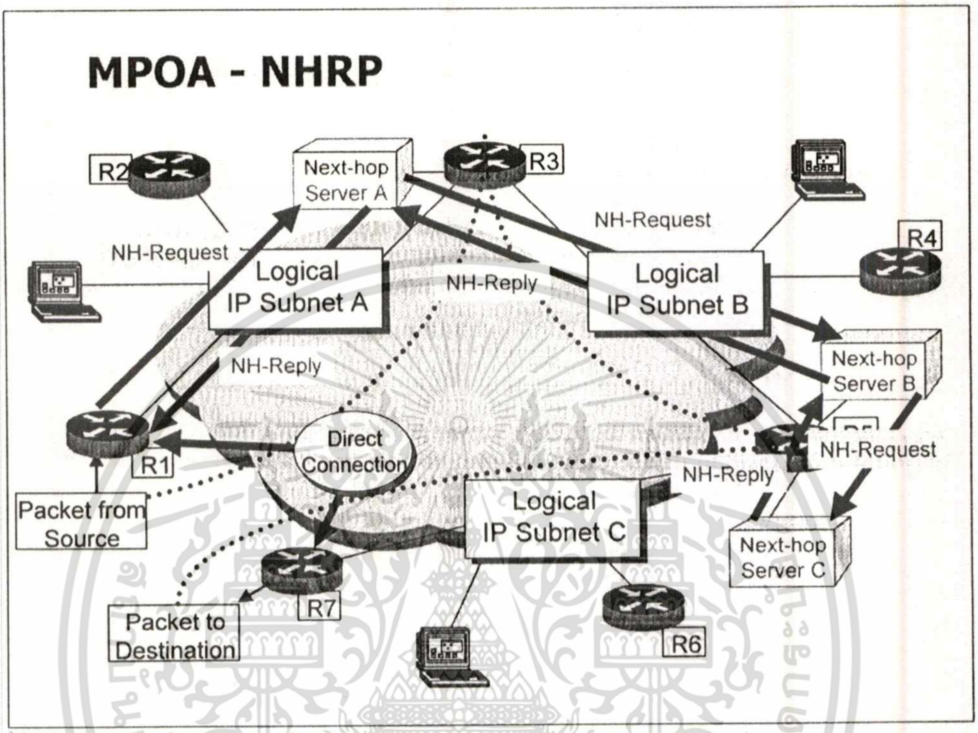
- สามารถเชื่อมต่อหลายๆ ELAN บนเครือข่าย ATM เดียวกันซึ่งเหมาะสำหรับ LAN switch
- ทำให้แต่ละ VLAN มองเห็นว่ามี LEC เป็นของตัวเอง
- ทำให้ Broadcast traffic ของแต่ละ ELAN ไม่กวนกัน คือแต่ละ ELAN จะเห็นเฉพาะ Broadcast ของตัวเองอย่างเดียว ELAN อื่นจะมองไม่เห็น
- ง่ายต่อการจัดการเครือข่าย
- รองรับ Conventional Routing ต่างๆ เช่น OSPF, RIP, BGP
- แต่ละ ELAN สามารถเชื่อมต่อกับ External Router เพื่อเชื่อมอินเตอร์เนต

การทำงานแบบ MPOA (Multi-Protocol Over ATM)

MPOA เป็นรูปแบบการส่งข้อมูล IP over ATM ด้วยเทคนิคที่เรียกว่า Next Hop Resolution Protocol (NHRP) ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ NHRP client เป็นส่วนที่อยู่ปลายสุดของเครือข่าย หรือส่วนที่เป็นทางเข้ามายังเครือข่าย ATM, NHRP server และ โปรโตคอล ดังแสดงในรูปที่ 2.7

NHRP นั้นถูกออกแบบมาเพื่อ Traffic ที่เป็น IP โดยเฉพาะ ดังนั้นจึงเป็นเพียงแค่ Multi-Protocol over ATM สำหรับ IP โปรโตคอลอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เทคนิค MPOA NHRP บนเครือข่าย IP over ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

บทที่ 3

เทคโนโลยี Multi-Protocol Label Switching และ Differentiated Services

3.1 พัฒนาการของเทคโนโลยี MPLS

การนำเอา IP โปรโตคอลส่งไปบนเครือข่ายสื่อสารแบบ ATM นั้นในทางเทคนิคแล้วมีความยุ่งยากและซับซ้อนอย่างมากและมักมีปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของการบริการมากมาย จึงทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Label Switching จากบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ที่มีชื่อเสียงในวงการอุตสาหกรรมเครือข่ายโดยมีความเป็นมาดังนี้

1. IP over ATM

ในปี ค.ศ. 1993 และ 1994 องค์กร IETF ได้กำหนดมาตรฐานRFC 1483 เป็นมาตรฐานแรกสำหรับ IP over ATM ในการอธิบายถึงการนำเอา IP Datagram ส่งไปในเครือข่าย ATM และต่อมาก็ออกมาตรฐาน RFC 1577 เพื่อกำหนดและอธิบาย Classical IP over ATM และ ATMARP (ATM Address Resolution Protocol) ในความหมายของ Classical IP over ATM คือ เครือข่าย ATM จะถูกใช้งานเหมือนกับเทคโนโลยี Subnet ของ IP นั่นคือ อุปกรณ์ IP Router และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อในเครือข่ายจะสามารถติดต่อกันได้ถ้าอยู่ใน Subnet เดียวกัน และถ้าต่าง Subnet กัน Router ก็จะต้องทำการ Forward Packet จาก Subnet ต้นทางไปยัง Subnet ปลายทาง ด้วยหลักการนี้ จึงทำให้เครือข่าย ATM ทำหน้าที่จัดการ Logical IP Subnet (LIS)

2. Toshiba's Cell Switching Router (CSR)

จากเทคนิค IP over ATM นั้นอุปกรณ์ Router จะทำหน้าที่หาเส้นทาง (Routing) ส่วนอุปกรณ์ ATM Switch จะทำหน้าที่สวิตซ์ ATM ดังนั้นเพื่อให้หน้าที่ทั้งสองอย่างนี้ทำงานด้วยกันในอุปกรณ์เดียวกัน บริษัทโตชิบา จึงได้คิดค้นเทคนิคเรียกว่า Cell Switching Router (CSR) โดยที่สถาปัตยกรรมแบบ CSR นั้นจะให้ ATM Switching Fabric ถูกควบคุมโดย IP Protocol แทนที่จะให้ถูกควบคุมด้วย ATM Switching Protocol แนวคิดของเทคนิค CSR ได้ถูกนำเสนอในที่ประชุมของ IETF Working Group ในปี ค.ศ. 1994 และต้นปี ค.ศ. 1995

3. IP Switching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 1996 บริษัท Ipsilon ได้แนะนำเทคนิคเรียกว่า IP Switching ที่เป็นเทคโนโลยีที่สมบูรณ์แบบกว่า เทคนิคแบบ CSR โดยที่ได้อธิบายถึงประโยชน์ของ IP Switching ที่เหนือกว่าเทคนิคแบบอื่น ดังนี้

- IP Switching จะทำให้อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการทำ ATM Switch สามารถที่จะทำงานเป็น Router ได้
- ทำให้ได้ Router ทำงานได้ด้วยความเร็วสูง (ที่ไม่ใช่ ATM Switch) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เป็นความต้องการของการใช้งานในปัจจุบัน ซึ่ง Router แบบเดิมนั้นทำงานที่ความเร็วค่อนข้าง ต่ำซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งาน Application ต่างๆ บนอินเตอร์เน็ต
- ATM Signalling และการ Mapping IP ไปยัง ATM นั้นมีความซับซ้อนและยุ่งยาก ดังนั้นการใช้ IP Forwarding จะเป็นวิธีการที่ทำให้การทำงานง่ายขึ้นโดยไม่ต้องอาศัย ATM Signalling Protocol

4. Tag Switching

เพียงแค่ไม่กี่เดือนหลังจากที่บริษัท Ipsilon ได้แนะนำเทคนิค IP Switching บริษัท Cisco ได้แนะนำเทคนิคของ Label Switching แบบใหม่ชื่อว่า Tag Switching โดยที่มีการทำงานแบบเดียวกันกับ IP Switching และ CSR เทคนิคนี้การไหลของ Data Traffic ไม่ได้ขึ้นอยู่กับตาราง Forwarding ในตัวอุปกรณ์ Switch เท่านั้นแต่ยังขึ้นอยู่กับจำนวนเทคนิคของ Link Layer ด้วย นอกจาก Cisco ได้อธิบายเทคนิคการทำงานในเอกสาร RFC แล้ว Cisco ยังได้ผลักดันให้ Tag Switching เป็นมาตรฐานของ IETF อีกด้วย และต่อมาก็เริ่มกลายเป็นที่รู้จักในกลุ่มของ Multi-Protocol Label Switching Working Group

5. IBM's ARIS

หลังจาก Tag Switching ของ Cisco ได้ถูกแนะนำไม่นานนัก บริษัท IBM ก็ได้แนะนำเทคนิค IP Switching เรียกว่า Aggregate Route-base IP Switching (ARIS) เทคนิค ARIS มีความคล้ายคลึงกับ เทคนิค Tag Switching ของ Cisco มากกว่าเทคนิคแบบอื่นๆ

6. The Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Working Group

ในการจัดการประชุมของ IETF ในวาระที่ชื่อว่า Birds of a Feather ในเดือนธันวาคม ค.ศ. 1996 ได้มีการนำเสนอของทั้ง Cisco, IBM และ Toshiba เพื่อหาแนวทางในการกำหนดมาตรฐานของเทคโนโลยี Label Switching โดยได้กำหนดให้มีชื่อว่า Multi-Protocol Label Switching เนื่องจากชื่อ IP Switching และ Tag Switching นั้นเป็นชื่อภายใต้ผลิตภัณฑ์ของบริษัทผู้ผลิต

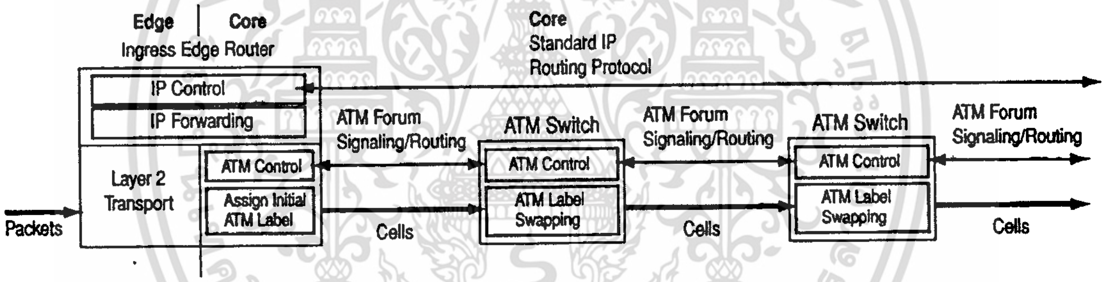
เมื่อต้นปี ค.ศ. 1997 ได้มีการจัดตั้งหน่วยงาน เรียกว่า MPLS Working Group เพื่อทำหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ MPLS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 IP over ATM Model

เมื่อก่อนนั้น อุปกรณ์เครือข่ายไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับเป็นเครือข่ายหลักของอินเตอร์เนต ดังนั้นในการส่งข้อมูลและ Application ที่เป็น IP Protocol นั้นที่จำเป็นที่จะต้องอาศัยอุปกรณ์ที่สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงๆ จะมีอุปกรณ์ ATM Switch ที่สามารถให้ขนาดของ Bandwidth และ Forwarding Packet ได้ด้วยความเร็วสูง จึงเกิดวิวัฒนาการของ IP over ATM

ใน Model ของ IP over ATM หน้าที่ของ ATM Functionality จะทำหน้าที่ควบคุม ATM Signalling และ Routing ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ และ Hardware Swapping ในทุกๆ อุปกรณ์ที่อยู่ในเครือข่าย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าเมื่อมี Packet เข้ามาในเครือข่ายก็จะอาศัย Layer 3 Functionality



รูปที่ 3.1 IP-over-ATM Model

ของส่วนที่เป็น Edge ของเครือข่าย และใช้ Label Swapping ATM Switch ในส่วนที่เป็น Core ของเครือข่าย

3.3 Traffic Engineering

ในเครือข่าย IP ข้อมูลที่เป็น Packet นั้นจะถูกส่งผ่านโดยอุปกรณ์เราท์เตอร์ (Core Router-based) ซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมการจราจรของ Packet ที่เข้ามาและที่ถูกส่งออกไป เรียกว่า Traffic Engineering ที่ได้รับการรับรองโดยหน่วยงาน IETF (Internet Engineering Task Force) ให้ใช้เทคนิคของ Multi-Protocol Label Switching (MPLS) และ DiffServ เพื่อทำหน้าที่ในการควบคุม Traffic ดังนี้

- การส่งต่อของ Packet (Packet Forwarding)
- การกระจายข้อมูล (Information Distribution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Signalling

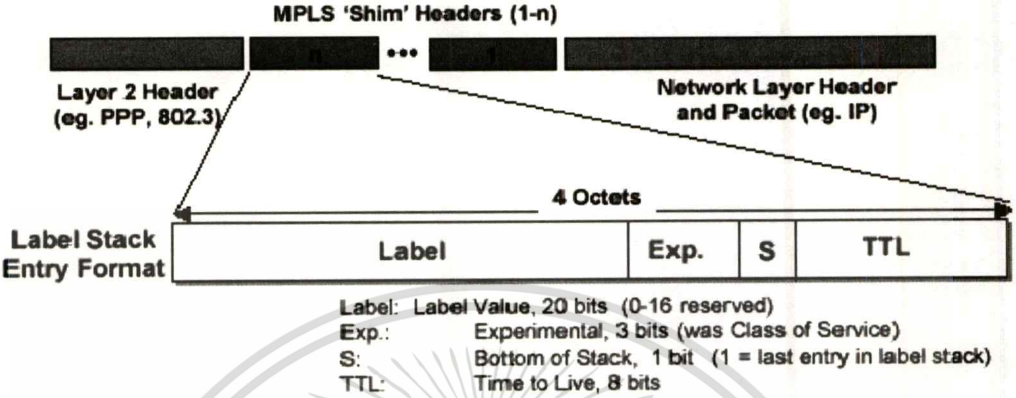
Traffic Engineering เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการควบคุมการไหลของข้อมูล (Traffic flow) ในการให้บริการบนเครือข่ายอินเทอร์เนตที่มีปริมาณของ Traffic ที่คับคั่งและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการหาเส้นทาง (Path) ที่ดีที่สุดและกระจาย Traffic Load ในปริมาณที่เหมาะสมในแต่ละเส้นทาง หน่วยงาน IETF ได้ระบุว่าถ้าสามารถกำหนด Traffic Engineering ด้วยการเลือกเทคนิคที่ถูกต้องและเหมาะสมก็จะเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เครือข่ายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนเครือข่าย IP ที่ต้องการส่งสัญญาณเสียง ด้วยการใช้ MPLS และ DiffServ การมี Traffic Engineering ที่ดีก็จะช่วยให้สามารถจัดการคุณภาพของการให้บริการ (QoS) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังเช่น

- แก้ไขปัญหาคอขวด (Bottleneck) ที่เกิดขึ้นบนเส้นทางหลัก (Primary route) และการติดขัดในเครือข่าย (Network congestion)
- สามารถควบคุมการ Reroute หาเส้นทางใหม่ได้ในกรณีที่เส้นทางหลักขัดข้อง
- ทำให้สามารถใช้แถบความกว้างของ Bandwidth ได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพสูงสุด (Bandwidth Utilization)
- สามารถควบคุมการสูญหายของ Packet ให้น้อยที่สุด (low loss)
- สามารถลด delay ต่างๆที่เกิดขึ้นบนเครือข่าย
- ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และมีศักยภาพในการเพิ่มการให้บริการอื่นเพิ่มเติม

3.4 หลักการทำงานของ MPLS

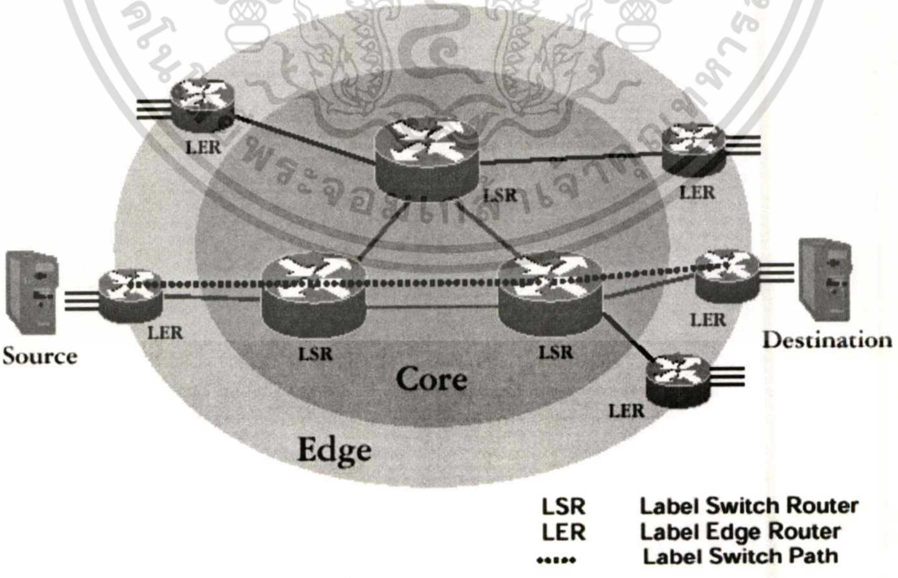
หลักการโดยพื้นฐานของ Label Switching คือ การ Mapping แอดเดรสเลเยอร์ 3 (Layer 3 Address) ของ IP Packet ให้เป็น Label เพื่อใช้ Label นี้ในการค้นหาเส้นทางในการส่งข้อมูล ในเครือข่าย IP ที่ยังไม่มีการใช้ MPLS แต่เดิมนั้นเมื่อมี Packet เข้ามา ก็จะถูกอุปกรณ์ Router ที่ทำหน้าที่หาเส้นทาง โดยการเลือกเส้นทางตามตาราง forwarding Table ที่ได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า แต่ในเครือข่ายที่มีการใช้ MPLS Packet ที่เข้ามาก็จะถูก Mapping ด้วย Label ที่มีความยาวคงที่ค่าหนึ่ง เรียกว่า MPLS Shim Header โดยใส่เพิ่มเข้ามา อยู่ระหว่าง Header ของ Layer2 และ Layer3 ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่ง Label นี้จะถูกใช้เป็นตัวบอกเส้นทางโดยที่อุปกรณ์ในเครือข่ายไม่จำเป็นต้องมาอ่าน Network Layer Address ในการหาเส้นทางอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 MPLS Shim Header

ในการเชื่อมต่อของเครือข่ายที่ใช้ Label Switching ดังแสดงในรูปที่ 3.3 นั้นจะประกอบด้วยส่วนประกอบ ต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 เครือข่ายแบบ Label Switching

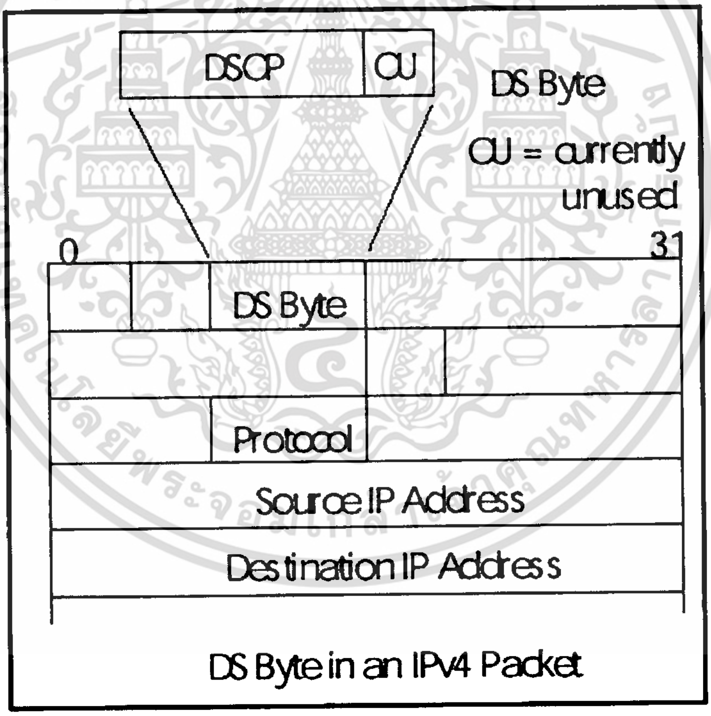
1. Label Switch Router (LSR) มีหน้าที่ในการ Switch Packet ที่ถูก Label มาแล้ว

เอกสารนี้เป็น ... โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Label Edge Router (LER) มีหน้าที่ในการใส่ Label เมื่อรับเอา IP Packet เข้ามาแล้วส่งต่อให้กับ LSRและเอา Label ออก เมื่อรับ Label Packet ที่มาจาก LSR
3. Label Distribution Protocol (LDP) มีหน้าที่ในการกระจาย Label สามารถที่จะใช้ Protocol หลายอย่างได้เช่น RSVP หรือ OSPF

3.5 หลักการทำงานของ Differentiate Service

Diff-Serv สามารถจัดการและควบคุม QoS ผ่านเครือข่ายโดยการสร้าง Model ที่มีลักษณะเป็น Building Blocks เรียกว่า Per Hop Behavior (PHB) ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 PHB ที่แสดงด้วย DSCP ใน IP header

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DiffServ จะระบุและกำหนดจำนวนกลุ่มของข้อมูลเป็น PHB แต่ละ PHB ที่ถูกกำหนดจะถูกใช้เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ในการจัดลำดับความสำคัญ เรียกว่า Treatment ซึ่งในแต่ละ Treatment จะรวมถึง การเลือกจัดการ Queue และ Scheduling อย่างเช่น Treatment ที่มีการเลือก Queue ที่มี High-Scheduling Priority และมี Low Threshold Congestion เมื่อผ่านเข้ามาในเครือข่าย ก็จะส่งผลให้ได้รับการส่งต่อด้วย Priority ที่สูง Packet ที่เข้ามาจะได้รับการกำหนด Treatment โดยการใช้ DS byte ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่ง DS byte นี้ได้ถูกแทนที่ TOS byte ใน IP Header เนื่องจากเดิม Byte นี้ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ชนิดการให้บริการอยู่แล้ว ใน DS byte จะมีฟิลด์ที่เรียกว่า DSCP (Diff-Serv CodePoint) ค่าของฟิลด์นี้ก็จะเป็นตัวบ่งชี้ Treatment หรือ Behavior เพื่อที่ให้แต่ละโหนด (Node) ในเครือข่ายสามารถจัดการ Queue และ Schedule ได้ถูกต้องตามที่กำหนด ใน DS byte จะประกอบด้วย DSCP จำนวน 6 bit และอีก 2 bit ที่ยังถูก Reserve ไว้ ดังนั้นสามารถที่จะมี Treatment ได้สูงสุดถึง 64 CodePoint จากจำนวนของ DSCP 6 bit

ชนิดของการกำหนด Per Hop Behavior, PHB นั้นได้ถูกแบ่งตามลักษณะของกลุ่มการให้บริการแบบกว้างๆ ได้ดังนี้

1. Expedited Forwarding (EF)

   เป็นลักษณะของ Treatment ที่กำหนดให้การสูญหายของ Packet ต่ำ (Low-Loss) มี Jitter ต่ำ และเกิด Delay ต่ำ นั่นคือ EF PHB จะสามารถรับจำนวน Aggregated Packet สูงสุดต้องไม่มากกว่าอัตราความเร็วต่ำสุดของอัตราการส่งออกไปในเครือข่าย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ไม่เกิด Queue ในแต่ละ Node ของอุปกรณ์ในเครือข่าย ซึ่งจะทำให้ลด Delay และ Delay Variation ได้

2. Assured Forwarding (AF)

   PHB แบบ AF ได้ถูกแบ่งการส่งต่อ (Forwarding)เป็น N ระดับ คือ ระดับ AF1 จนถึง AFn ซึ่งในปัจจุบันได้แบ่งไว้แค่เพียง 4 ระดับ ในแต่ละระดับของ AF ถูกแบ่งย่อยออกเป็น M ระดับย่อย ซึ่งในปัจจุบันได้แบ่งไว้แค่เพียง 3 ระดับย่อย สำหรับ Probability ของการส่ง (Delivery Probability) ดังนั้น Treatment ที่มี Probability ของการส่งสูงก็มีโอกาสที่จะถูกส่งได้มากกว่า Treatment ที่มี Delivery Probability รองลงมา ในการแบ่งระดับ AF ก็จะอาศัยกลไก Scheduling

3. Default Behavior (DE)

   ลักษณะของ DE PHB จะเป็น "best effort" กล่าวคือ Node จะส่ง Packet ด้วยจำนวนเท่าเป็นไปได้ และออกไปด้วยอัตราเท่าที่จะเป็นไปได้ด้วย ดังนั้น เรียก DE PHB อีกอย่างว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"as many as possible and as soon as possible" ด้วย Treatment แบบ DE จึงไม่สามารถรับรองได้ว่า Packet จะถูกส่งไปโดยไม่สูญหายหรือไม่มี Delay

4. PHBs แบบอื่นๆ

นอกจากลักษณะ Treatment แบบ EF, AF และ DE ยังสามารถกำหนด CodePoint แบบอื่นๆ ได้อีกมากมาย ด้วย DS byte ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์เครือข่ายแต่ละยี่ห้อ ที่จะรองรับได้มากน้อยเพียงใด

3.6 การเปรียบเทียบ Routing แบบ Conventional กับ MPLS

Conventional Routing

อุปกรณ์ Router จะใช้ Protocol ในการให้เส้นทางแบบ Conventional Routing เช่น OSPF (Open Shortest Path First), BGP (Border Gateway Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมต่อและส่งข้อมูล โดยที่ Router แต่ละตัวจะสร้างตารางในการส่งต่อ เรียกว่า Forwarding Table เพื่อเป็นตัวบ่งชี้เส้นทางของ Hop ถัดไป ซึ่งจะใช้ IP Address ของเบอร์ปลายทางที่รู้จักเป็นตัวบอก การหาเส้นทางด้วยวิธีนี้จะอยู่บนพื้นฐานที่เรียกว่า Best Efforts

ในขณะที่มี Packet ที่เป็น Connectionless Network Layer Protocol ที่จะเดินทางจาก Router ตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่ง ในอุปกรณ์ Router แต่ละตัวจะต้องวิเคราะห์ Packet Header ของ Packet เหล่านั้น แล้ว Router จะทำการเลือก Hop ต่อไปด้วยการตัดสินใจของการส่งต่อ ดังนั้นการหาเส้นทางจะประกอบด้วยงาน 2 ส่วนที่แยกจากกัน คือ หาเส้นทางที่ดีที่สุด และส่งต่อข้อมูล Packet ผ่านเส้นทางที่ถูกเลือกไปในเครือข่าย จะเห็นว่าในแต่ละ Hop ระหว่าง Router กับ Router จะต้องมีการประมวลวิเคราะห์ Overhead ของทุก Packet ดังนั้นจึงทำให้ไม่ยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยน Topology ของเครือข่าย

MPLS Routing

การหาเส้นทางแบบ MPLS นั้นจะแตกต่างจากการหาเส้นทางแบบ Conventional โดยที่ MPLS routing นั้นใช้ Label เป็นตัวชี้หาเส้นทางของแต่ละ Packet ดังนั้นจึงทำให้สามารถลด Information Routing Table ใน Router แต่ละตัว

ในเครือข่ายที่มีการใช้ MPLS หน้าที่การทำงานอย่างแรกของ MPLS ก็คือ การส่งต่อ (Forwarding) ที่เข้ามาโดยการส่งต่อของแต่ละ Packet จะมองไปที่คุณลักษณะและพฤติกรรม (Behavior) ของ Packet นั้น เช่น Routing, Forwarding, Queuing, Priority แล้วมันก็จะกำหนดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Class) เรียกว่า FEC (Forwarding Equivalence Class) ให้กับ Packet นั้นๆ ระดับของ FEC จะถูกจำกัดเนื่องจากจำนวนเซ็ตของ FEC ดังนั้น Packet ที่มีลักษณะและ Behavior เดียวกันก็จะมี FEC กลุ่มเดียวกัน

ส่วนหน้าที่อีกอย่างหนึ่งของ MPLS Routing ก็คือ การหาเส้นทางและ Map แต่ละ FEC ไปยัง Router Hop ถัดไป ดังนั้นทุก Packet ที่ได้รับการกำหนด FEC กลุ่มเดียวกันก็จะถูกส่งจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่งด้วยเส้นทางเดียวกัน แต่ละ Packet จะถูกกำหนดด้วย FEC เพียงครั้งเดียว ณ.จุดที่ Packet นั้นเข้ามายังเครือข่าย โดยที่ FEC ของแต่ละ Packet จะถูกเข้ารหัสด้วยขนาดความยาวคงที่ค่าหนึ่ง เรียกว่า Label นั่นคือ Packet จะถูก Label ก่อนที่จะส่งต่อไป ดังนั้นอุปกรณ์ Router หรืออุปกรณ์เครือข่ายก็ไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ส่วนของ Header ของแต่ละ Packet อีกต่อไป แต่จะใช้ Label เป็นตัวชี้บอก Hop ถัดไป ดังนั้น MPLS จึงเป็น Traffic Engineering และทำให้มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลง Topology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบและสร้างแบบจำลองเครือข่าย ATM และ IP

4.1 การออกแบบเครือข่าย ATM และ IP

ในโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้ ได้นำแนวคิดและความต้องการสำหรับการสร้างเครือข่าย ATM ของโครงการสนามบินสุวรรณภูมิมาเป็นกรณีศึกษา โดยที่โครงการสนามบินสุวรรณภูมิต้องการเครือข่าย ATM ที่สามารถรองรับการเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ PABX และ ระบบ LAN เพื่อส่ง Traffic ทั้ง Voice และ IP Data และได้ออกแบบความต้องของอุปกรณ์ ATM Switch โดยระบุคุณสมบัติของอุปกรณ์เครือข่าย ATM Switching ไว้ดังต่อไปนี้

อุปกรณ์ ATM Switch ต้องรองรับความสามารถดังต่อไปนี้

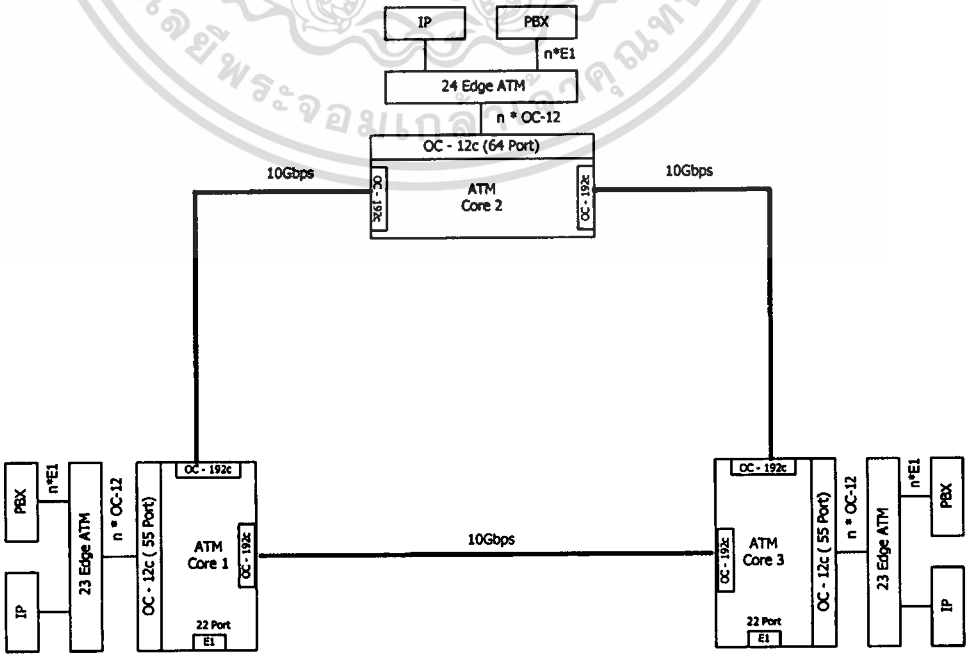
- เป็นอุปกรณ์ ATM Switch ขนาดของ Back Plane Capacity ตั้งแต่ 10-40 Gbps
- เป็นอุปกรณ์ที่มีสถาปัตยกรรมแบบ Distributed Switching Fabric
- รองรับการเชื่อมต่อที่ระดับความเร็ว OC-3c/STM-1, OC-12c/STM-4 และ OC-48c/STM-16
- มีความสามารถในการจัดการ Traffic, Bandwidth และการเชื่อมต่อต่างๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของ Throughput สูงสุด โดยจะต้องรับประกันคุณภาพของการให้บริการ
- ต้องมีพอร์ตเชื่อมต่อแบบ OC-12c/STM-4, OC-3c/STM-1, OC-48c/STM-16 และ E-1 บนอุปกรณ์ตัวเดียวกัน
- รองรับ QoS ที่สามารถให้ระดับความสำคัญของแต่ละ Traffic ที่มีความแตกต่างกันได้ เช่น Application Voice, Data และการทำ Video Conferencing
- ต้องรองรับการเชื่อมต่อแบบ PVC (Permanent Virtual Circuit), Soft PVC และ SVC (Switched Virtual Circuit) และสามารรองรับได้ทั้ง UNI และ PNNI ตามข้อกำหนดของ ATM Forum
- เป็นสถาปัตยกรรมแบบ Redundant ทั้งส่วนของ ATM Switch Fabric และ Processor รวมทั้งส่วนจ่ายไฟ ต้องเป็น Redundant Load-sharing Power Supplies
- สามารถจัดการ Policing และ Security ได้
- รองรับ LAN Emulation ตามข้อกำหนดของ ATM Forum LANE 1.0 และ 2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รองรับ MPLS ในการหาเส้นทางสำหรับ IP
- ส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์ ATM Switch ต้องสามารถถอดเปลี่ยนได้โดยไม่ต้องปิดไฟ (Hot Swap)
- มี Software ที่สามารถรองรับคุณลักษณะต่อไปนี้ได้
  - ATM Forum UNI3.0/3.1 และ 4.0
  - Virtual UNI
  - ILMI
  - Smart Permanent Virtual Circuit (SPVC)
  - IISP Static Route Configuration
  - PNNI 1.0 Peer Group Leader Hierarchy
  - Multi-protocol Over ATM (MPOA)
  - Classical IP Server (RFC 1577)

4.2 ลักษณะของเครือข่ายที่ทำการศึกษาเพื่อเป็นแบบจำลอง

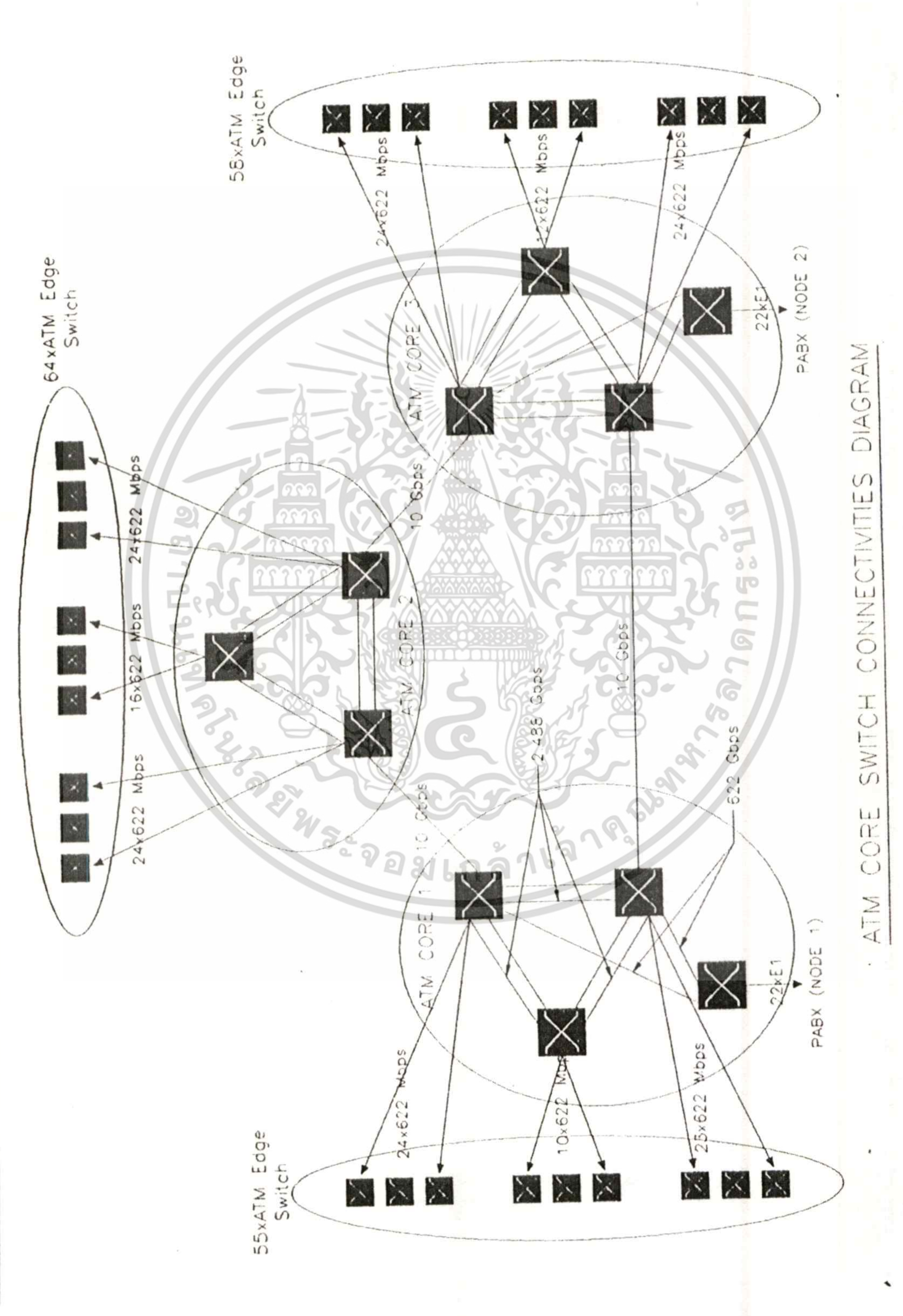
ลักษณะเครือข่ายที่ทำศึกษาเพื่อเป็นแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.1 แนวคิดของเครือข่าย ATM สำหรับสนามบินสุวรรณภูมิ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ... ครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ ATM Core Switch สำหรับเครือข่ายสนามบินสุวรรณภูมิ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งเป็นลักษณะของเครือข่ายสื่อสารของโครงการสนามบินสุวรรณภูมิ เป็นเครือข่ายสื่อสารที่เลือกใช้เทคโนโลยีแบบเอทีเอ็ม เพื่อทำหน้าที่เป็น Backbone ภายในสนามบิน ในการเชื่อมต่อกับตู้ชุมสายโทรศัพท์สาขา (Private Branch Exchange) และระบบ LAN ที่ตั้งอยู่ในบริเวณอาคารผู้โดยสารและอาคารต่างๆ ของสนามบิน ประกอบด้วยอุปกรณ์ ATM Switch ดังนี้

Core ATM switch

1. ประกอบด้วยกลุ่มของ ATM Core Switch จำนวน 3 กลุ่ม (ATM Core 1, ATM Core 2 และ ATM Core 3) เชื่อมต่อกันด้วย Fiber Optic ที่ความเร็ว 10 Gbps
2. ในแต่ละกลุ่มของ ATM Core Switch ประกอบด้วย ATM Switch ขนาด 40 Gbps จำนวน 3 ตัว เชื่อมต่อกันด้วย Fiber Optic ที่มีแบนด์วิดท์ระดับ STM-16 ที่ความเร็ว 2,488 Mbps
3. ATM Core Switch แต่ละตัวมี Output Buffer ไม่น้อยกว่า 4,500,000 Cell
4. ATM Core Switch แต่ละตัวมี Output Buffer ต่อ Port จำนวน 128,000 Cell
5. ATM Core Switch แต่ละตัวมี Switch Transit Delay 10 microsecond

Edge ATM Switch

1. ประกอบด้วย ATM switch ขนาด 10 Gbps จำนวน 70 ตัว โดยเชื่อมต่อกับ ATM Core 1 จำนวน 23 ตัว เชื่อมต่อกับ ATM Core 2 จำนวน 24 ตัว และเชื่อมต่อกับ ATM Core 3 จำนวน 23 ตัว
2. เชื่อมกับ ATM core Switch ด้วยแบนด์วิดท์ระดับ STM-4 ที่ความเร็ว 622 Mbps
3. เชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์ด้วย Interface แบบ E1 จำนวน 2 วงจร
4. เชื่อมต่อกับระบบ LAN ผ่านอุปกรณ์ LAN Switch แบบ ATM Uplink ด้วยแบนด์วิดท์ระดับ STM-1 ที่ความเร็ว 155 Mbps
5. ATM Edge Switch แต่ละตัวมี Output Buffer ไม่น้อยกว่า 1,179,648 Cells
6. ATM Edge Switch แต่ละตัวมี Output Buffer ต่อ Port จำนวน 65,535 Cells
7. ATM Edge Switch แต่ละตัวมี Switch Transit Delay 12 microsecond

4.3 การสร้างและจำลองแบบเครือข่ายด้วยโปรแกรม OPNET

ในการจำลองแบบเครือข่าย ATM นั้นได้นำเอาโปรแกรม OPNET ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการออกแบบ Model ของอุปกรณ์เครือข่ายโดยสามารถเลือกใช้ Model ที่ได้ถูกสร้างออกแบบไว้แล้ว เพื่อเป็น Model แทนการทำงานของ ATM Switch

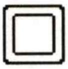
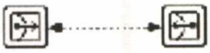
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้งานในระบบการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองแทนการทำงานของ ATM Switch แต่ละแบบในโปรแกรม OPNET นั้นได้จากการนำเอา Node Model Object ที่เป็น Module ต่างๆ มาเชื่อมต่อกันตามลักษณะของหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์แต่ละประเภท ซึ่งจะมี Node Model Object ดังต่อไปนี้ ดังแสดงรูปที่ 4.3

Processor	เป็น Object สำหรับแบบจำลองของ Process
Generator	เป็น Object สำหรับเป็นแหล่งต้นกำเนิดของ Packet
Queue	เป็น Object สำหรับแบบจำลอง Internal Packet Queuing
Transmitter	เป็น Object สำหรับการส่ง Packet ของ Node
Receiver	เป็น Object สำหรับการรับ Packet ของ Node
Packet Stream	เป็น Object ในการเชื่อม Output Stream Source กับ Input Stream Source
Statistic Wire	เป็น Object ในการเชื่อม Output Statistic กับ Input Statistic
Logical Association	เป็น Object ในการชี้บอกการเชื่อมต่อระหว่าง Module สอง Module

ในการจำลองเครือข่ายสื่อสารของโครงการสนามบินสุวรรณภูมิเพื่อเป็นกรณีศึกษา ได้เลือกใช้ Model ของ ATM Cross Connect ขนาด 16 Cross Connect เป็นแบบจำลองแทนอุปกรณ์ ATM Switch ขนาด 40 Gbps ทำหน้าที่เป็น ATM Core Switch และใช้ Model ของ ATM Cross Connect ขนาด 8 Cross Connect จำลองแทนอุปกรณ์ ATM Switch ขนาด 10 Gbps ทำหน้าที่เป็น ATM Edge Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

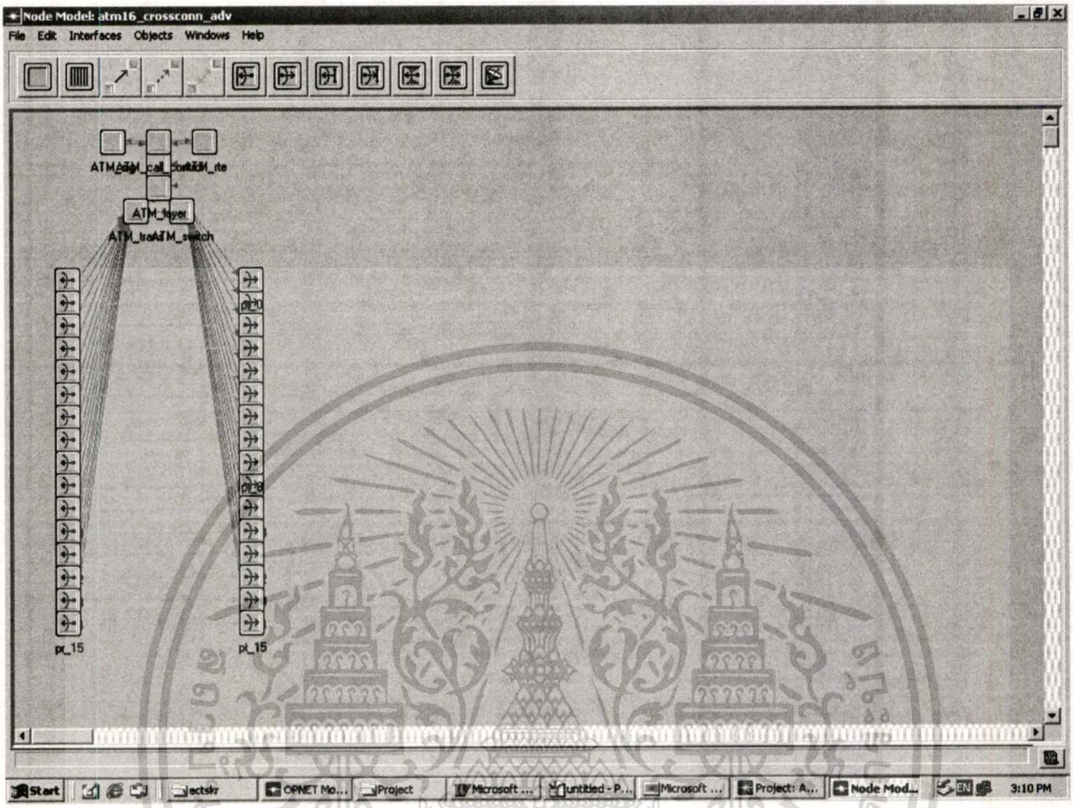
Node Model Objects		
Object Type	Definition	Default Representation
Processor	General purpose, programmable object whose behavior is specified by a process model.	
Generator	Simple packet source using probability distributions to control time intervals separating arrivals as well as size of packets.	
Queue	General-purpose and programmable like a processor, but also provides internal packet queuing facilities consisting of a bank of subqueues. Subqueues are ordered lists of packets.	
Transmitter	Allows packets to be sent outside of the node's boundary via attached links. Three types of transmitters correspond to supported link types: point-to-point, bus, and (in Radio versions) radio.	
Receiver	Allows packets to be received from other nodes via attached links. Same types as transmitters above.	
Packet Stream	Connects an output stream of a source module to the input stream of a destination module, allowing packets to be communicated and buffered between them.	
Statistic Wire	Connects an output statistic of a source module to the input statistic of a destination module, allowing numerical data to be communicated. Optional active notification of value changes via interrupts at the destination module.	
Logical Association	Indicates a coupling between two modules. Currently supported for appropriate transmitter-receiver pairs only in order to specify that they be kept together when attaching the node to a link.	

รูปที่ 4.3 Node Model Objects ของโปรแกรม OPNET

แบบจำลองของอุปกรณ์ ATM Core Switch

ในแบบจำลองของอุปกรณ์ ATM Switch 16 Cross Connect ที่ใช้แทนอุปกรณ์ ATM Core Switch นั้นจะประกอบด้วยการเชื่อมต่อของ Object RECEIVER และ TRANSMITTER ของระดับ Physical จำนวน 16 วงจร ทั้งหมดจะเชื่อมต่อกับ Object PROCESSOR ที่ทำหน้าที่ในระดับของ ATM Layer ในการสวิซท์การเชื่อมต่อต่างๆ และจะถูกควบคุมด้วย ATM Signal Call Control ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 Model ของอุปกรณ์ ATM Core Switch

จำลองด้วย Object PROCESSOR ทุกๆ Object จะถูกเชื่อมต่อด้วย Packet Stream เพื่อจำลองให้เป็นทางผ่านของทั้ง Input และ Output Stream ดังแสดงในรูปที่ 4.4

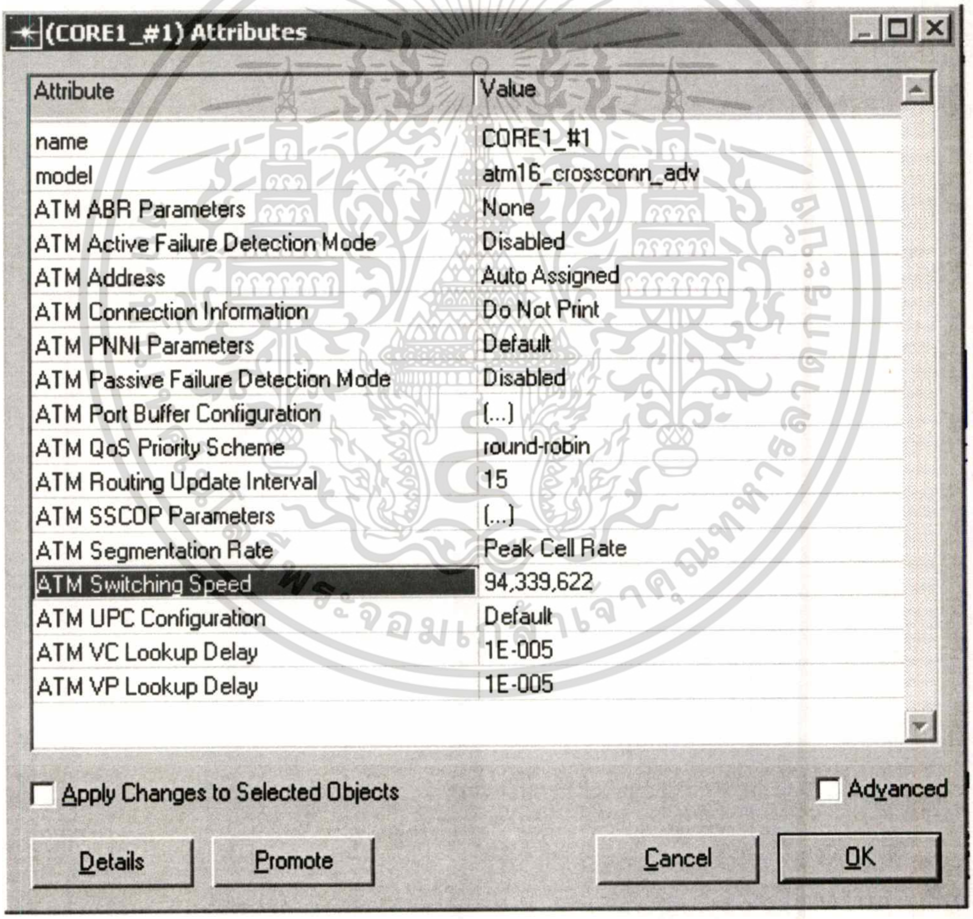
เราจะต้องกำหนดค่า Parameter ต่างๆ ในแต่ละ Attributes ของแบบจำลองของ ATM Switch 16 Cross Connect ให้มีลักษณะใกล้เคียงกับ ATM Core Switch มากที่สุด โดยกำหนดค่าของ Parameter ใน Attribute ดังต่อไปนี้

1. ATM Port Buffer Configuration ซึ่งเป็นการกำหนดขนาดของ Output Port Queues โดยกำหนดค่า Parameter ของ Size (cells) ให้มีค่า 128,000
2. ATM Switching Speed เป็น Attribute สำหรับกำหนดจำนวน Cell ต่อวินาทีในการ Switch ของ Switching Fabric โดยกำหนดให้มีค่า $40\text{x}10^9$ / 8x53 = 94,339,622 Cell ต่อวินาที
3. ATM VC Lookup Delay เป็น Attribute สำหรับกำหนดค่า Delay ในการ Switch แต่ละ VC โดยกำหนดให้มีค่า 10E-06 ซึ่งเป็นค่าของ Switch Transit Delay ของอุปกรณ์ ATM Core Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ATM VP Lookup Delay เป็น Attribute สำหรับกำหนดค่า Delay ในการ Switch แต่ละ VP โดยกำหนดให้มีค่า 1.0E-05 ซึ่งเป็นค่าของ Switch Transit Delay ของอุปกรณ์ ATM Core Switch ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 10 Microsecond
5. กำหนดให้แต่ละ Physical Interface ของ Model ATM 16 Cross Connect รองรับการเชื่อมต่อได้สูงสุดไม่เกินแบนด์วิดท์ระดับ STM-16 ที่ความเร็ว2488 Mbps

รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 เป็นการติดตั้งค่า Parameter ต่างๆ ใน Attribute ที่เกี่ยวข้อง



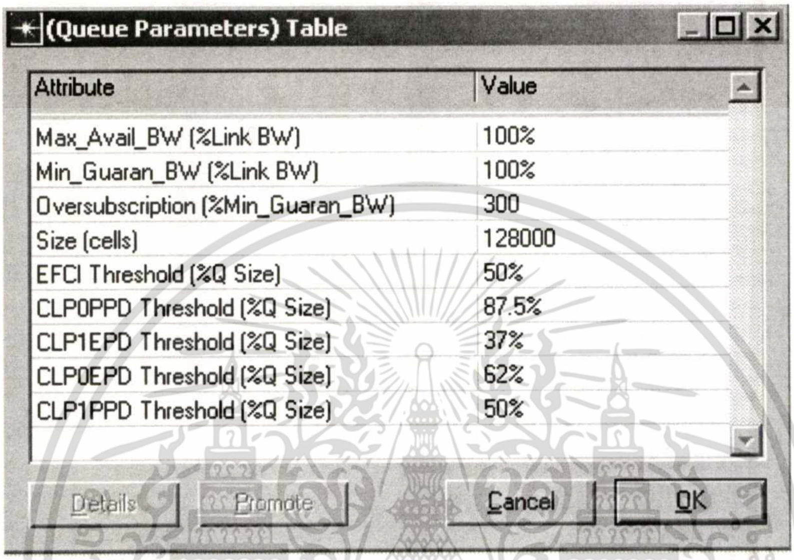
รูปที่ 4.5 การติดตั้งค่า Parameter ต่างๆ ใน Attribute ของแบบจำลอง ATM Core Switch

ค่า Parameter ของ Attribute ที่เกี่ยวข้องเป็นดังนี้

- ATM Port Buffer Configuration : Edit ด้วย Queue Parameter Table
- ATM Switching Speed : 94339622

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ATM VC Lookup Delay : $10x10^{-6}$
- ATM VP Lookup Delay : $10x10^{-6}$



Attribute	Value
Max_Avail_BW (%Link BW)	100%
Min_Guaran_BW (%Link BW)	100%
Oversubscription (%Min_Guaran_BW)	300
Size (cells)	128000
EFCI Threshold (%Q Size)	50%
CLP0PPD Threshold (%Q Size)	87.5%
CLP1EPD Threshold (%Q Size)	37%
CLP0EPD Threshold (%Q Size)	62%
CLP1PPD Threshold (%Q Size)	50%

รูปที่ 4.6 การติดตั้งค่า Parameter เพื่อกำหนด Port Buffer ของแบบจำลอง ATM Core Switch

แบบจำลองของอุปกรณ์ ATM Edge Switch

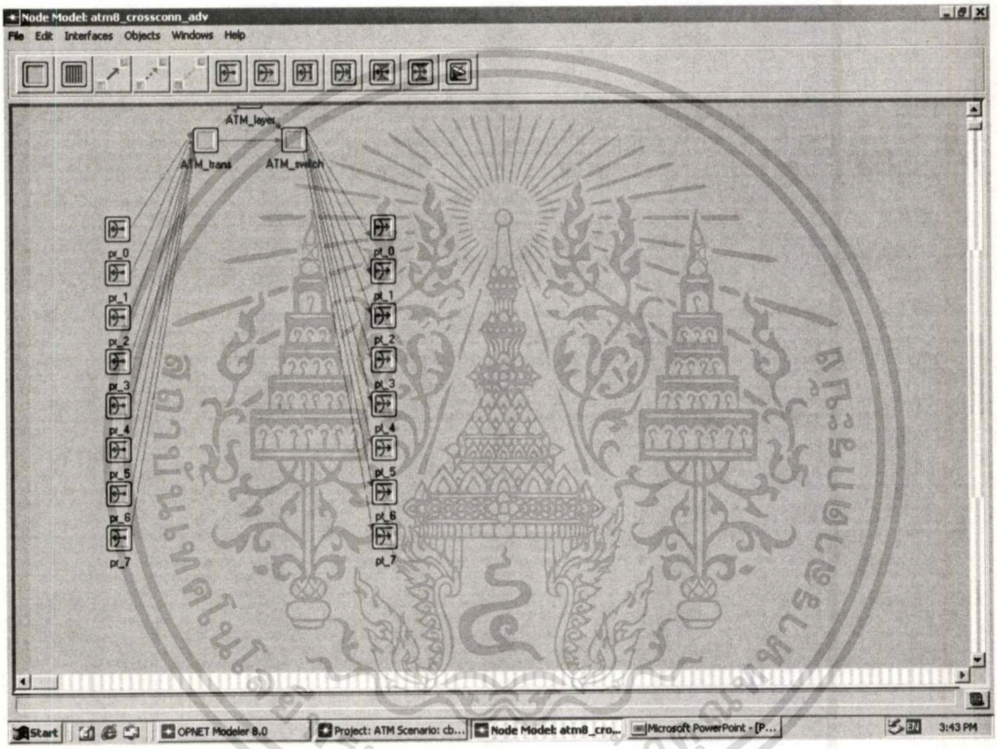
แบบจำลอง ATM Cross Connect ขนาด 8 Cross Connect ที่ใช้แทน ATM edge Switch จะประกอบด้วย model object เช่นเดียวกันกับ ATM 16 cross connect แต่ใช้จำนวน object ของ RECEIVER และ TRANSMITTER เพียง 8 ชุด เพื่อให้มีขนาดเล็กลง ดังแสดงในรูปที่ 4.7

เช่นเดียวกันเราจะต้องกำหนดค่า Parameter ต่างๆ ในแต่ละ Attributes ของแบบจำลองของ ATM Switch 8 Cross Connect โดยกำหนดให้ค่า Parameter ใน Attribute ต่อไปนี้ให้มีค่าตามลักษณะของ ATM Edge Switch

1. ATM Port Buffer Configuration ซึ่งเป็นการกำหนดขนาดของ Output Port Queues โดยกำหนดค่า Parameter ของ Size (cells) ให้มีค่า 65,536
2. ATM Switching Speed เป็น Attribute สำหรับกำหนดจำนวน Cell ต่อวินาทีในการ Switch ของ Switching Fabric โดยกำหนดให้มีค่า $10x10^{9}$ / 8x53 = 23,584,905 Cell ต่อวินาที
3. ATM VC Lookup Delay เป็น Attribute สำหรับกำหนดค่า Delay ในการ Switch แต่ละ VC โดยกำหนดให้มีค่า 1.2E-05 ซึ่งเป็นค่าของ Switch Transit Delay ของอุปกรณ์ ATM Edge Switch ที่กำหนดไว้ต้องการ ไม่เกิน 12 Microsecond

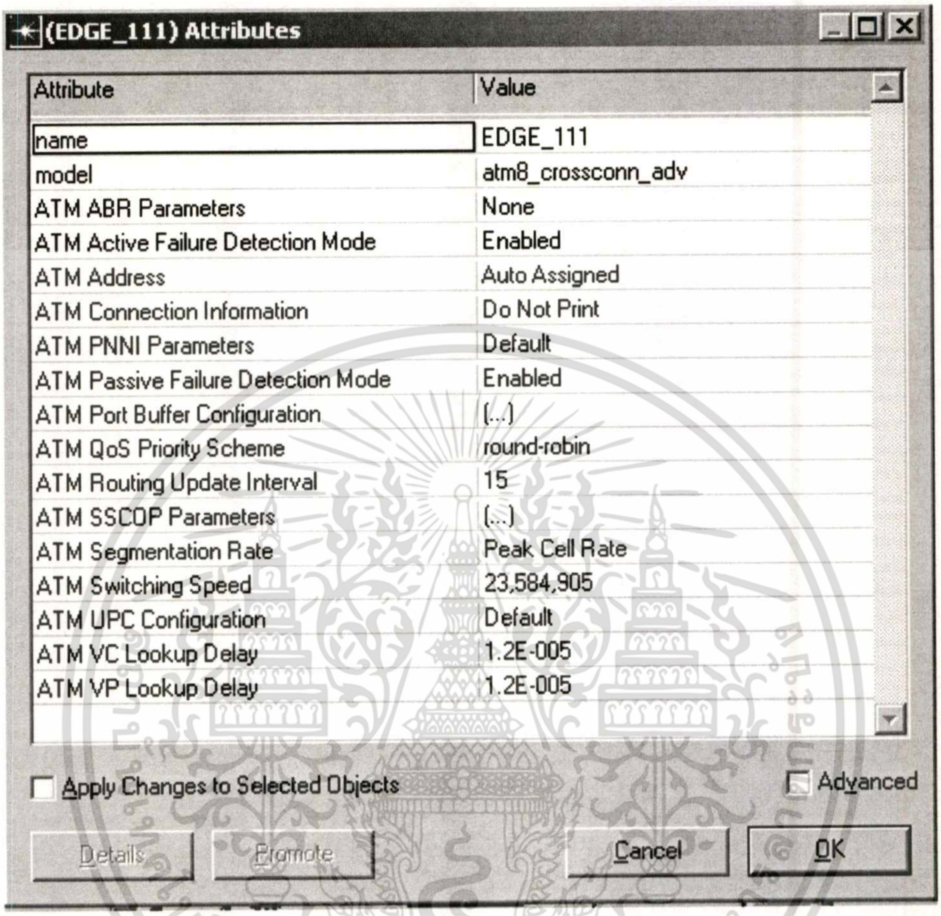
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ATM VP Lookup Delay เป็น Attribute สำหรับกำหนดค่า Delay ในการ Switch แต่ละ VP โดยกำหนดให้มีค่า 10E-06 ซึ่งเป็นค่าของ Switch Transit Delay ของอุปกรณ์ ATM Core Switch กำหนดให้แต่ละ Physical Interface ของ Model ATM 16 Cross Connect รองรับการเชื่อมต่อได้สูงสุดไม่เกินแบนด์วิดท์ระดับ STM-16 ที่ความเร็ว2488 Mbps



รูปที่ 4.7 Model ของอุปกรณ์ ATM Edge Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การติดตั้งค่า Parameter ต่างๆ ใน Attribute ของแบบจำลอง ATM Edge Switch

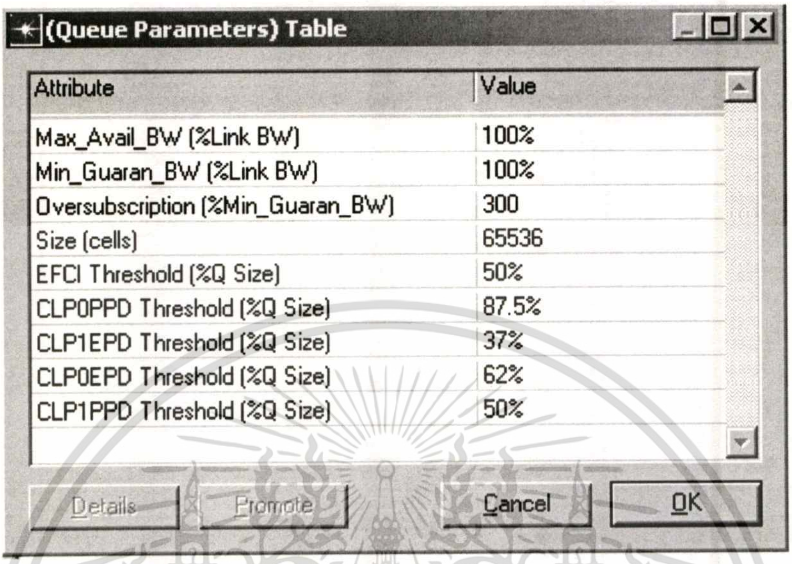
ค่า Parameter ของ Attribute ที่เกี่ยวข้องเป็นดังนี้

- ATM Port Buffer Configuration : Edit ด้วย Queue Parameter Table
- ATM Switching Speed : 94339622
- ATM VC Lookup Delay : $10x10^{-6}$
- ATM VP Lookup Delay : $10x10^{-6}$

ในรูปที่ 4.9 ค่า Parameter สำหรับกำหนด Port Buffer ของ ATM Edge Switch กำหนดดังนี้

- Size (cells) : 65536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การติดตั้งค่า Parameter Size เพื่อกำหนด Port Buffer ของแบบจำลอง ATM Edge Switch

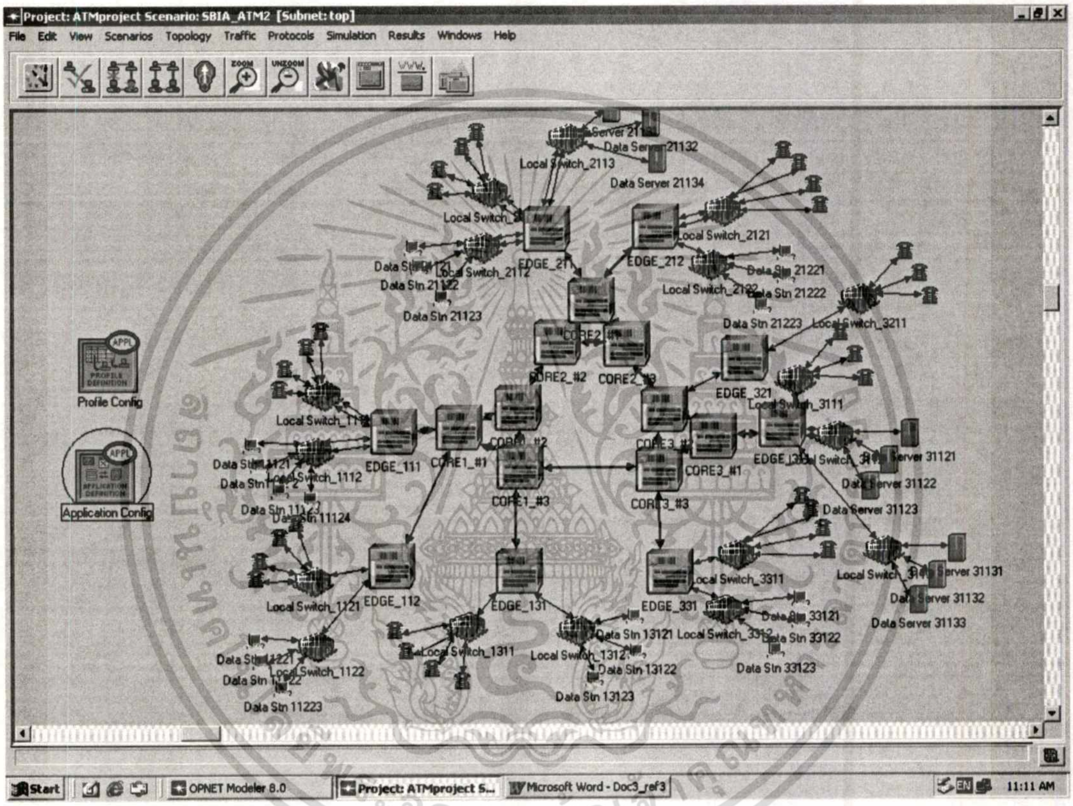
แบบจำลองของเครือข่ายสื่อสารเอทีเอ็มที่ทำการศึกษา

เมื่อกำหนดค่า Parameter ของแบบจำลอง ATM Core Switch และ ATM Edge Switch ดังข้างต้นแล้ว นำเอา Model ของ ATM Switch เหล่านั้นมาเชื่อมต่อเพื่อจำลองเป็นเครือข่ายที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้โปรแกรม OPNET สร้าง Network Scenario กำหนดให้มีชื่อว่า ATMproject Scenario : SBIA_ATM ดังรูปที่ 4.10 ซึ่งจะประกอบด้วย

1. ATM Core Switch เป็นแบบจำลองการทำงานแทน ATM Core Switch
2. ATM Edge Switch เป็นแบบจำลองการทำงานแทน ATM Edge Switch
3. Voice Station เป็นแบบจำลองที่มีในโปรแกรม OPNET เพื่อจำลองการทำงานแบบ CBR ATM-UNI Client แทนการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ (PBX)
4. Data Station เป็นแบบจำลองที่มีในโปรแกรม OPNET เพื่อจำลองการทำงานแบบ File Transfer Protocol Work Station แทนการทำงานของการส่งข้อมูล IP และ Data แบบ ABR
5. Data Server เป็นแบบจำลองที่มีในโปรแกรม OPNET เพื่อจำลองการทำงานเป็น Server ของการรับส่งข้อมูลสำหรับ FTP, Mail
6. Local Switch เป็นแบบจำลองแทนการทำงาน ATM Access Switch เพื่อเชื่อมต่อ ATM Client แบบต่างๆ
7. Link เป็นเส้นทางการเชื่อมต่อระหว่าง Model ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Application Config เป็นการกำหนด Traffic Application ชนิดต่างๆ เช่น Email, Voice, FTP, HTTP, Remote Login เพื่อเป็นแหล่งกำเนิด Traffic
9. Profile Config เป็นการตั้งค่า Traffic Application แต่ละชนิด

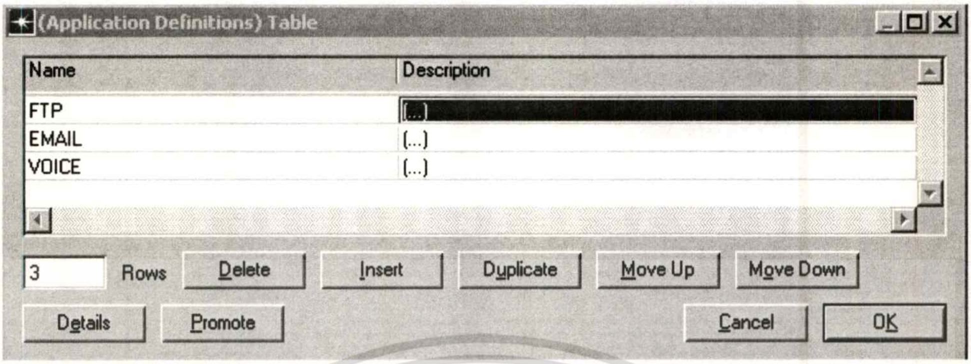


รูปที่ 4.10 แบบจำลองเครือข่ายสื่อสาร ATMproject Scenario : SBIA_ATM

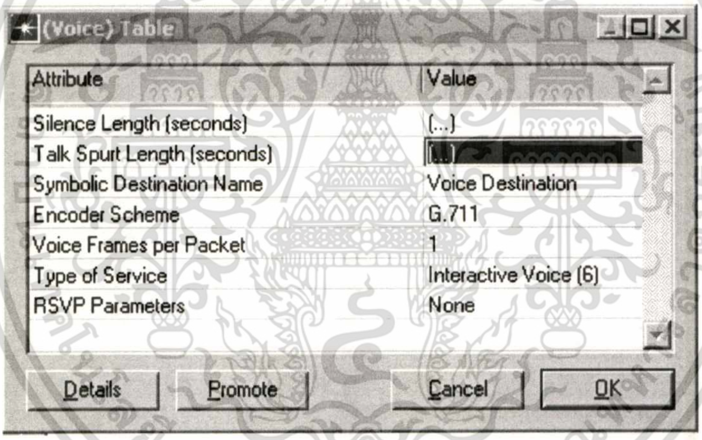
รูปที่ 4.11 แสดงการกำหนดให้มี Traffic Application ใน Model ของ Application Config เพื่อใช้ในการ Generate Traffic ชนิดต่างๆ สำหรับการ Simulate ในโครงการนี้จะทำการศึกษาเฉพาะ Voice และ IP Traffic Application

- Voice
- FTP
- EMAIL

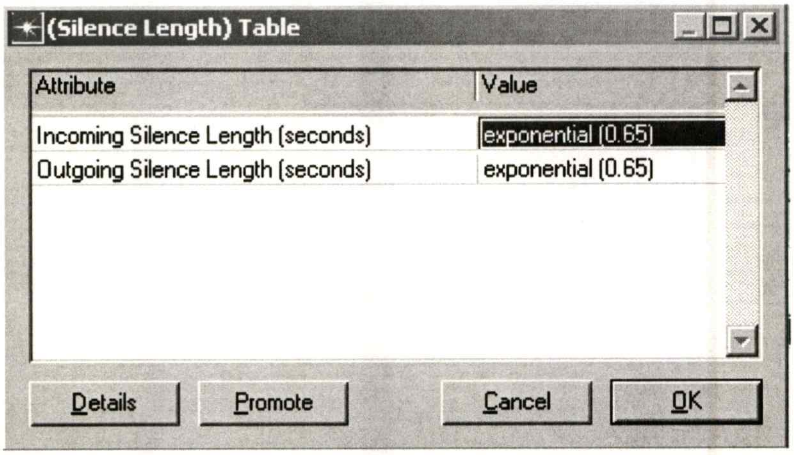
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การกำหนด Traffic Application แบบต่างๆ



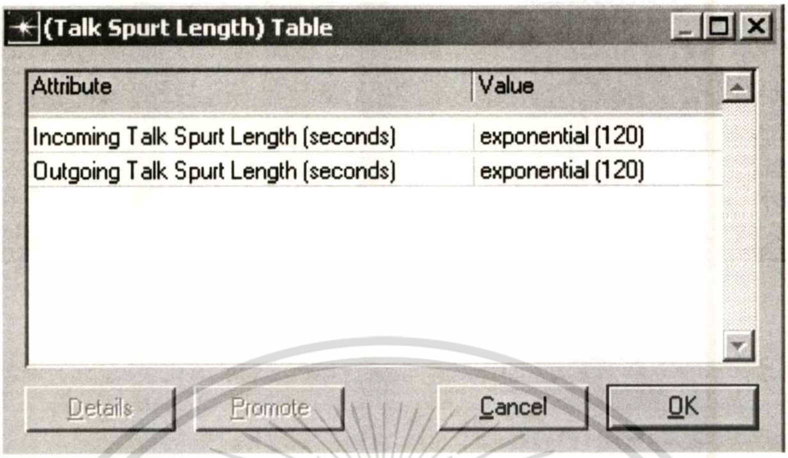
รูปที่ 4.12 การกำหนด Voice Application Traffic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.13 การกำหนด ค่า Silence Length ของ Voice Application Traffic

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ... ที่มีการนำไปใช้

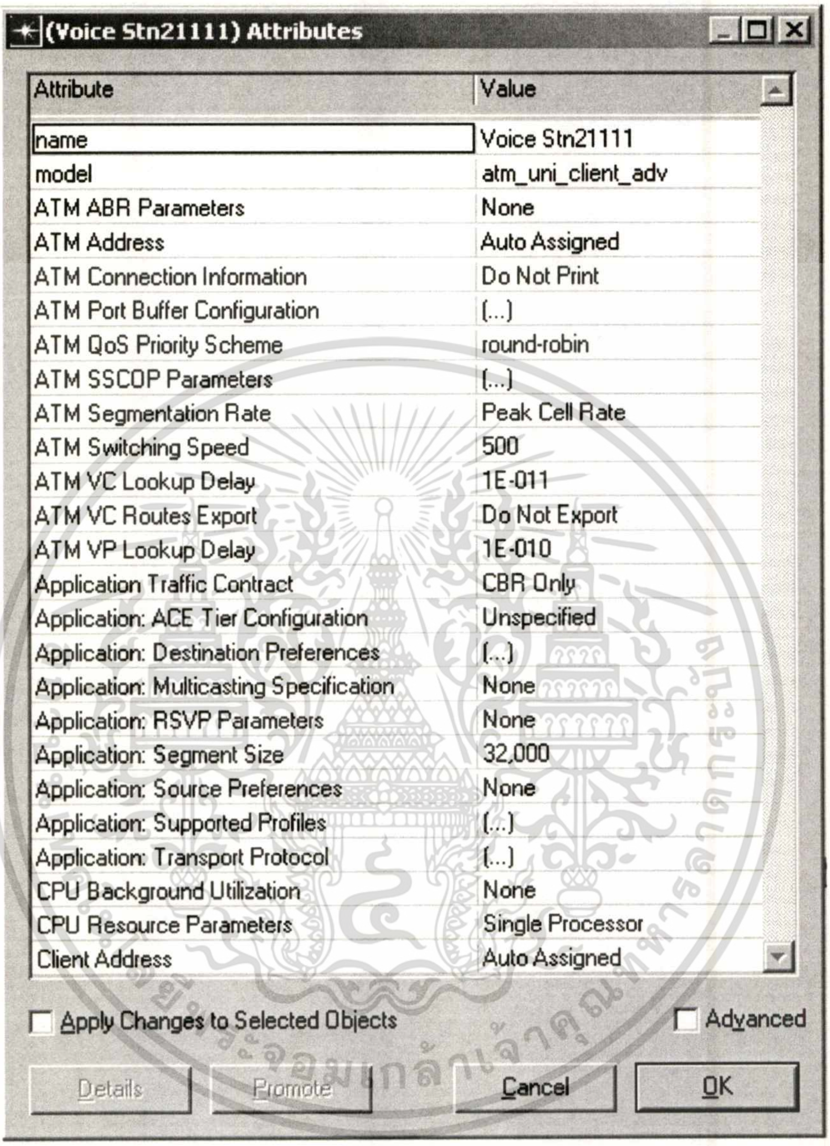


รูปที่ 4.14 การกำหนด ค่า Talk Spurt Length ของ Voice Application Traffic

รายละเอียดของการกำหนด Application Traffic สำหรับ Voice

- Encoder Scheme : G.711
  เป็นการกำหนดให้ Voice Traffic เป็นแบบ G.711 Codec ที่ไม่มีการบีบอัดสัญญาณเสียง
- Type of Service : Interactive Voice
  กำหนดให้ Voice Traffic เป็นลักษณะแบบ Interactive
- Voice Frame per Packet : 1
  กำหนดให้ส่ง Voice 1 Frame ต่อ 1 Packet
- Incoming Silence Length : exponential (0.65)
  กำหนดให้ Incoming Silence ของ Voice มีค่า 0.65 วินาที
- Outgoing Silence Length : exponential (0.65)
  กำหนดให้ Outgoing Silence ของ Voice มีค่า 0.65 วินาที
- Incoming Talk Spurt Length : exponential (120)
  กำหนดให้เวลาของการพูดของ Incoming Voice มีค่า 120 วินาที
- Outgoing Talk Spurt Length : exponential (120)
  กำหนดให้เวลาของการพูดของ Outgoing Voice มีค่า 120 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



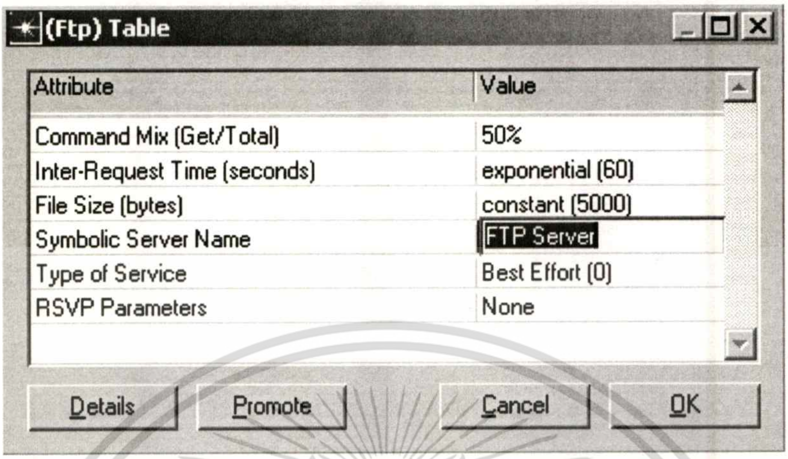
รูปที่ 4.15 การกำหนด Voice Station

รายละเอียดของการกำหนด Voice Station ดังรูปที่ 4.15 ของการรับส่งข้อมูล Voice Application Traffic

- Application Traffic Contract : CBR only
- Application Segment Size : 64,000 bit
- ATM Switching Speed : 4830 Cell

  เชื่อมต่อด้วย E1 ความเร็ว 2048 kbps = 2048000/(53*8) มีค่าเท่ากับ 4830 Cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

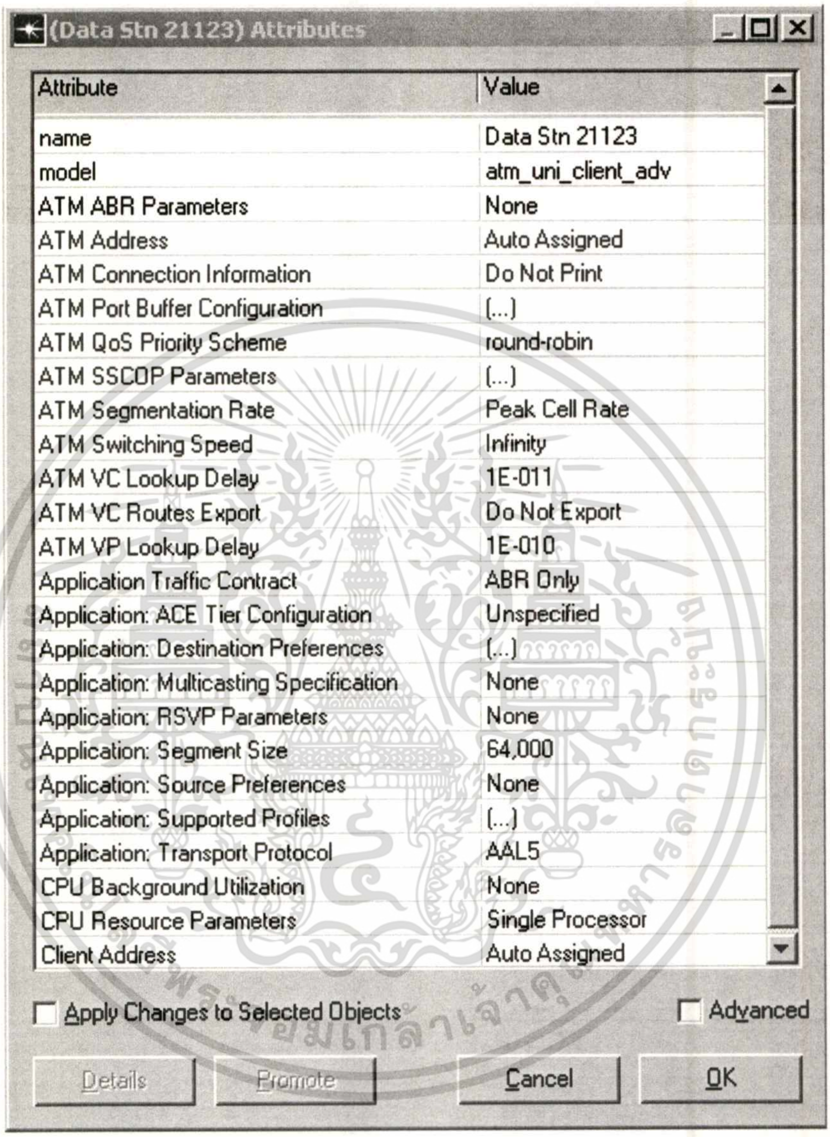


รูปที่ 4.16 การกำหนด FTP Application Traffic

รายละเอียดของการกำหนด Application Traffic ดังแสดงในรูปที่ 4.16 สำหรับการส่งข้อมูล Data แบบ FTP

- Inter-Request Time : exponential (60)
  เป็นการกำหนดให้ Inter-Request Time ของ FTP มีค่า 60 วินาที
- File Size : 5000000
  กำหนดขนาดของ File ของการส่งข้อมูล FTP มีขนาด 5 Mbytes
- Type of Service : Best Effort
  กำหนดให้ FTP ส่งแบบ Best Effort

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



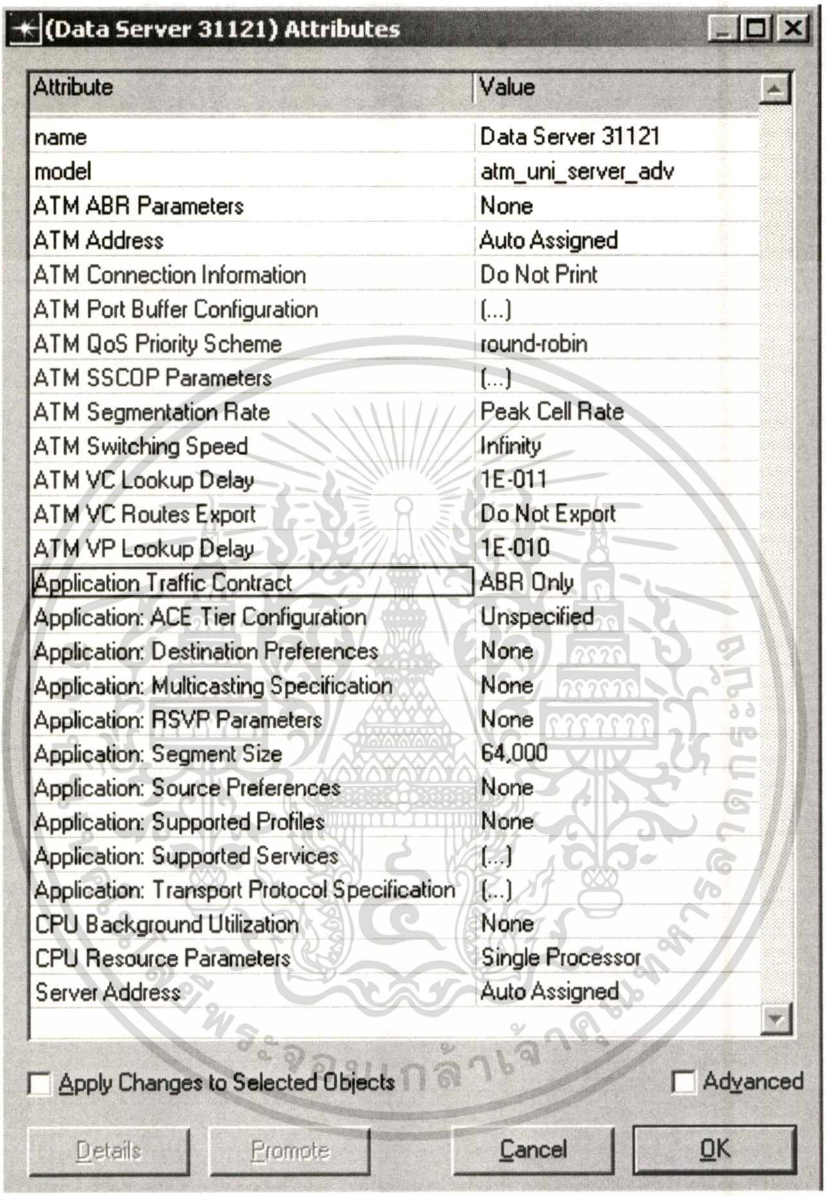
รูปที่ 4.17 การกำหนด Data Station สำหรับ FTP Application Traffic

รายละเอียดของการกำหนด Data Station ดังรูปที่ 4.17 ของการรับส่งข้อมูล Voice Application Traffic

- Application Traffic Contract : ABR only
- Application Segment Size : 64000 bit
- ATM Switch speed : Infinity

กำหนดให้เป็น infinity เพื่อต้องการให้ FTP สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 การกำหนด Data Server สำหรับ FTP Application Traffic

รายละเอียดของการกำหนด Data Server ดังรูปที่ 4.18 ของการรับส่งข้อมูล Voice Application Traffic

- Application Traffic Contract : ABR only
- Application Segment Size : 64000 bit
- ATM Switch speed : Infinity

กำหนดให้เป็น infinity เพื่อต้องการให้ FTP สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

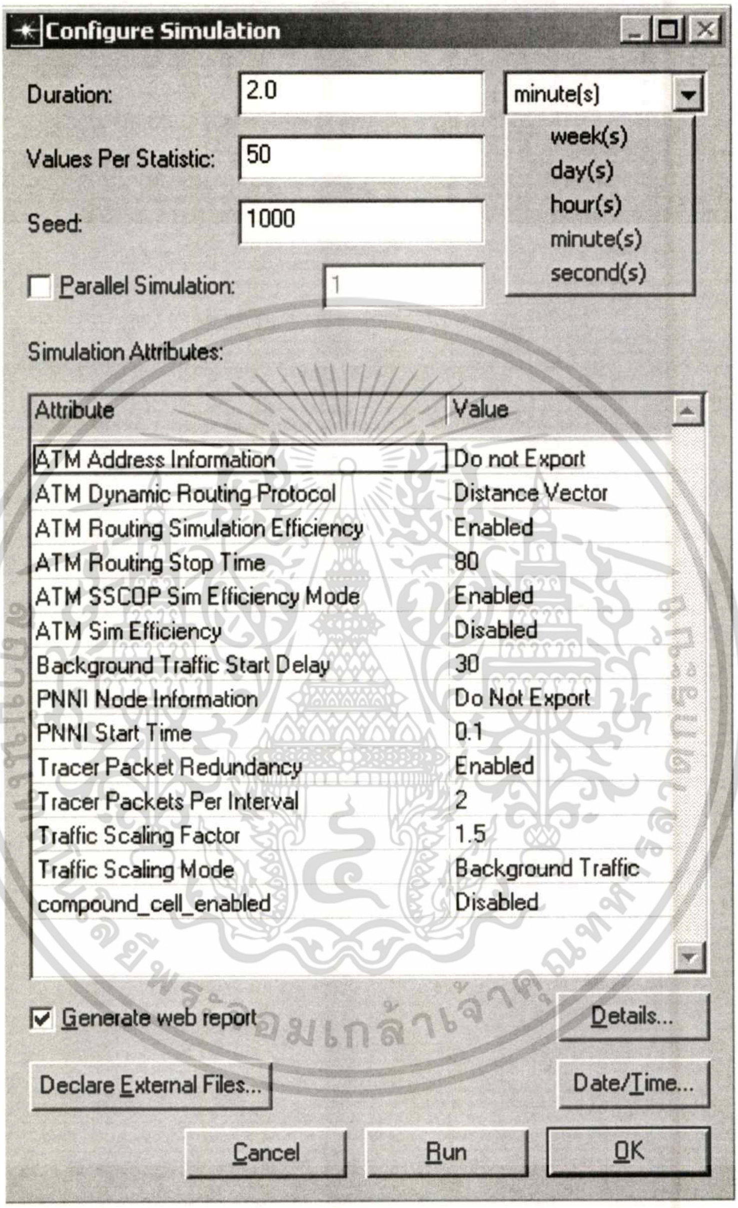
4.4 การ Run Simulation

เมื่อนำ Model มาสร้าง Scenario ของเครือข่ายตามที่ต้องการแล้ว ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.3 ต่อจากนั้นก็ให้โปรแกรม OPNET Simulate เพื่อสร้าง Traffic ต่างๆ เช่น Voice traffic, FTP traffic, E-mail, การ set up call ตามที่ได้กำหนดไว้ การ Run Simulation ของโปรแกรม OPNET นั้นสามารถกำหนดการตั้งค่าในการ Simulation ต่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.19 โดยสามารถปรับตั้งค่าดังต่อไปนี้

- Duration เป็นระยะเวลาในการ Simulate
- Value Per Statistic เป็นการจำนวนของ Traffic ต่อ 1 Statistic
- Seed จำนวนในการ Seed
- Parallel Simulation
- Generate web report เป็นการสั่งให้ OPNET สร้าง Report ในรูปแบบ Web

Report ต่างๆ ของการ Simulation สามารถกำหนดได้ในหน้าต่าง ของ Reports ดังรูปที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

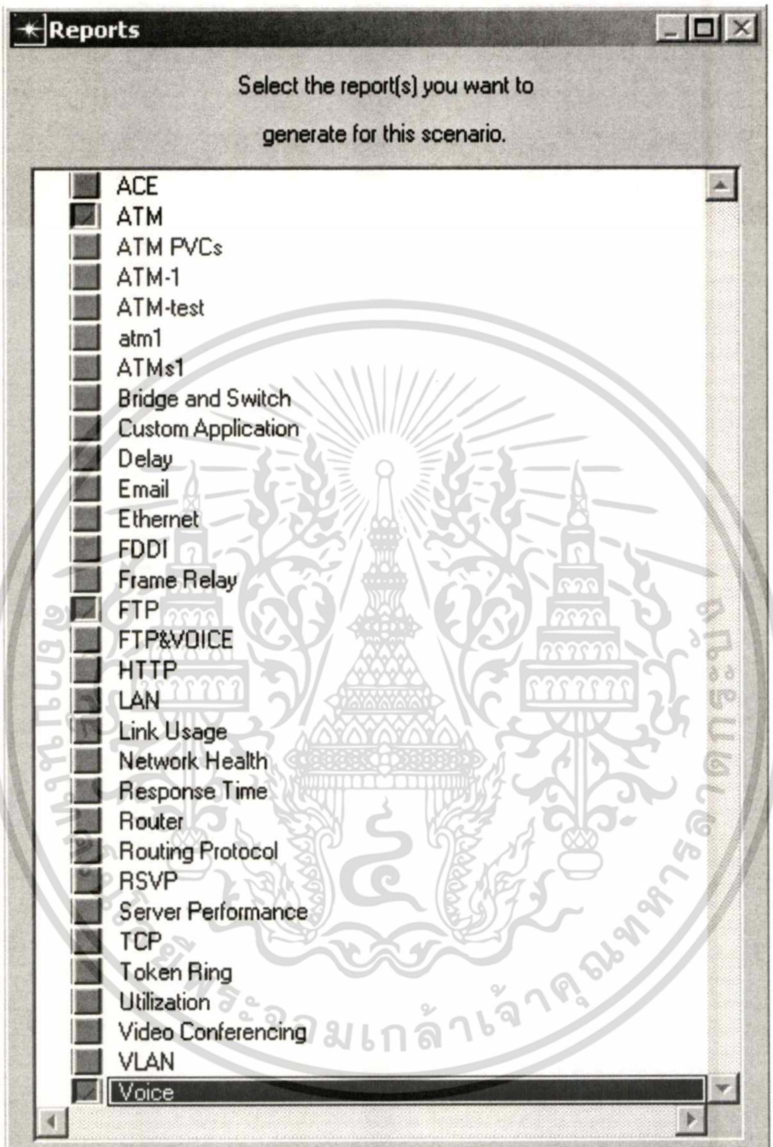


รูปที่ 4.19 Parameter ในการ Run Simulation ของ OPNET

กำหนดตั้งค่าในการ Simulation ดังนี้

- Duration 10 นาที
- Value Per Statistic 128
- Seed 1000
- Generate web report มีการ Generate web report

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 การกำหนดรูปแบบของ Report ของผลที่ได้จากการ Simulate

กำหนดให้มี Report ดังนี้

- ATM
- FTP
- Voice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการ Simulate ด้วยโปรแกรม OPNET ของ Network Scenario ที่ถูกจำลองเป็นเครือข่าย ATM Backbone ของโครงการสนามบินสุวรรณภูมิ เมื่อพิจารณาส่วน Application Voice ที่เป็นการจำลองส่งสัญญาณเสียงโทรศัพท์ของผ่านเครือข่าย ซึ่งถูกกำหนดให้ได้รับบริการแบบ Constant Bit Rate (CBR) นั้นถูกวัดอยู่ในรูปแบบของ Delay

- Voice Packet End-to-End Delay เป็นค่า Delay ที่เกิดจากการส่ง Voice Packet จาก Calling Voice Station ไปยัง Called Voice Station เมื่อผ่าน Network
- Voice Packet Delay Variation เป็นค่าความแปรปรวนของ Delay

Project: ATM Report: User Selected
Scenario: cbr1 Title: Global Statistics Summary

Voice

Statistic	Average	Maximum	Minimum
Voice Packet Delay Variation	0.00000323	0.00000338	0.00000216
Voice Packet End-to-End Delay (sec)	0.0111	0.0112	0.0110
Voice Traffic Received (bytes/sec)	4,028	77,813	0
Voice Traffic Received (packets/sec)	126	2,432	0
Voice Traffic Sent (bytes/sec)	4,042	78,427	0
Voice Traffic Sent (packets/sec)	126	2,448	0

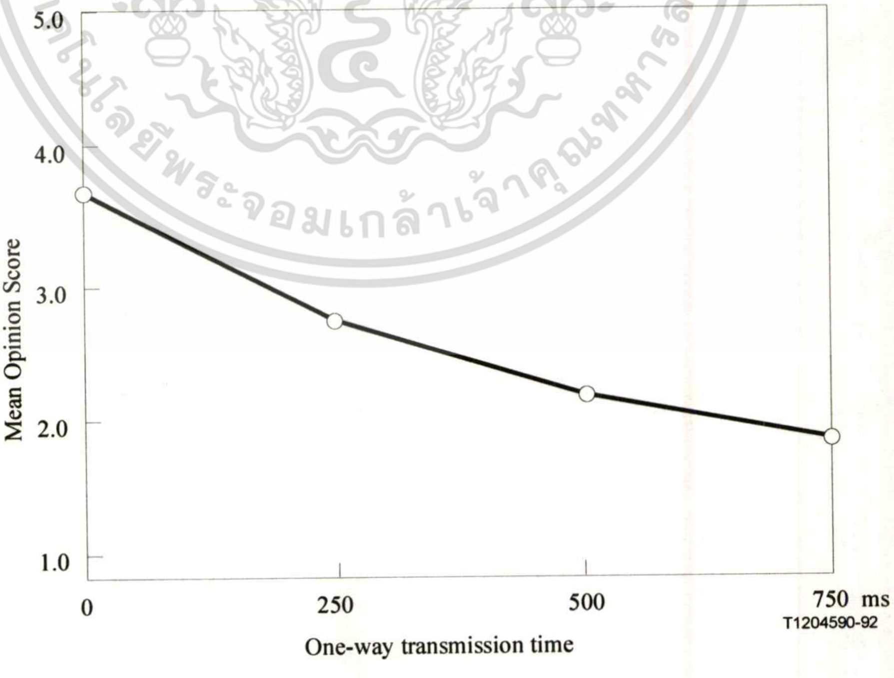
รูปที่ 5.1 ผลการทดลองของ Application แบบ Voice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยของ Delay Time ที่เกิดขึ้นของ Voice Packet มีค่าเฉลี่ย 0.0111 วินาที และ Delay Variation มีค่าเฉลี่ย 0.00000323 วินาที เราจะนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานการวัดคุณภาพเสียง ITU-T P.800 ที่ใช้การให้ระดับคะแนนเรียกว่า MOS (Mean Opinion Scores) โดยกำหนดไว้ดังนี้

ระดับ (Rating)		คุณภาพของเสียง
5	Excellent	เป็นคุณภาพเสียงที่สมบูรณ์แบบ
4	Good	ต้องการการใส่ใจในการได้ยิน
3	Fair	ดีปานกลาง
2	Poor	ต้องการการพิจารณาในการได้ยิน
1	Bad	ไม่สามารถเข้าใจได้

โดยที่คุณภาพของเสียงจะขึ้นอยู่กับค่า Delay Time ซึ่งตามมาตรฐานของ ITU-T G.711 ได้กำหนดให้ค่า Delay เป็นปัจจัยอันหนึ่งในการจัดระดับของคุณภาพเสียง โดยจะมีค่าความสัมพันธ์กับระดับของคุณภาพเสียง ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Delay Time กับ MOS ตามมาตรฐาน ITU-T G.711

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราพบว่าคุณภาพของเสียงในการส่งผ่านเครือข่ายตามแบบจำลองที่เกิด Delay Time ที่ 11 มิลลิวินาที มีระดับค่า MOS ที่ประมาณ 3.7 ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่ค่อนข้างดี เป็นระดับที่สามารถให้คุณภาพของเสียงใกล้เคียงกับระดับที่เรียกว่า Toll Quality ดังที่ ITU ได้กำหนดไว้ คือ

- ค่า Delay Time ที่ต่ำกว่า 150 มิลลิวินาที ถือว่า ถูกพิจารณาว่ายอมรับได้สำหรับทุกๆ Application
- ค่า Delay Time ที่อยู่ระหว่าง 150-400 มิลลิวินาที ถือว่า ยอมรับได้แต่มีคุณภาพต่ำลง
- ค่า Delay Time ที่มากกว่า 400 มิลลิวินาที ทำให้คุณภาพเสียงมีปัญหาในติดต่อสื่อสาร

สำหรับค่า Delay Variation นั้นยิ่งมีค่าน้อยก็ยิ่งดี ในแบบจำลองเครือข่ายของโครงการสนามบินสุวรรณภูมินั้นมีค่า 0.00000323 วินาที ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของ Delay Time ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าการกำหนดการให้บริการแบบ Constant Bit Rate สามารถรับประกันค่า Delay Time ที่มีความแปรปรวนไม่เกิน 0.00000323 ค่า Delay Variation นี้จะส่งผลต่อการสัมฤทธิ์ผลของการสื่อสาร ทำให้การติดต่อสื่อสารของสัญญาณเสียงบนเครือข่ายนี้เป็นไปอย่างราบเรียบ ไม่กระตุก

ผลที่ได้จากการ Simulate ในการส่งข้อมูลแบบ FTP ผ่านเครือข่ายแบบจำลอง โดยกำหนดให้ระดับการให้บริการเป็นแบบ ABR (Available Bit Rate) ถูกวัดในรูปแบบของ

- Download Response Time เป็นเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลจาก Data Server มายัง Data Workstation ของ Application แบบ FTP ของ File ขนาด 5000 Bytes ตามที่ได้กำหนดไว้ใน Application Config Model ของแบบจำลอง
- Upload Response Time เป็นเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลจาก Data Workstation ไปยัง Data Server ในการส่ง File ขนาด 5 MBytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project: ATM Report: User Selected
Scenario: cbr1 Title: Global Statistics Summary

Ftp

Statistic	Average	Maximum	Minimum
Ftp Download Response Time (sec)	0.0652	0.0663	0.0640
Ftp Traffic Received (bytes/sec)	186	13,780	0
Ftp Traffic Received (packets/sec)	0.07	5.00	0.00
Ftp Traffic Sent (bytes/sec)	186	13,780	0
Ftp Traffic Sent (packets/sec)	0.07	5.00	0.00
Ftp Upload Response Time (sec)	0.0640	0.0640	0.0640

รูปที่ 5.3 ผลการทดลองของ Application แบบ FTP

จากรูปที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการ Download File ขนาด 5 MBytes ใช้เวลา 0.0652 วินาที และเวลาที่ใช้ในการ Upload File มีค่าเฉลี่ย 0.0640 วินาที นั่นคือเครือข่ายสามารถรับส่งข้อมูลในแบบ FTP ได้ที่ความเร็วเฉลี่ย 5000x8/ 0.0640 = 625,000 bps แต่ไม่ได้รับประกันว่าข้อมูลจะต้องถูกส่งด้วยความเร็วนี้เสมอ เนื่องจากกำหนดให้ระดับของการบริการสำหรับ Application แบบ FTP เป็น ABR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

point-to-point ATM Total Bandwidth Reservation (Mbps)

Statistic sampling period is 2 seconds.

Sort By Link	Sorted By Average	Sort By Peak
CORE1 #3 <-> CORE3 #3	6.88	9.17
CORE2 #2 <-> CORE1 #2	5.86	6.96
CORE2 #3 <-> CORE3 #2	4.76	4.76
CORE1 #1 <-> CORE1 #3	3.79	6.76
EDGE 111 <-> CORE1 #1	3.23	4.56

รูปที่ 5.4 ผลการทดลอง Bandwidth Reservation

point-to-point ATM CBR Bandwidth Reservation (%)

Statistic sampling period is 2 seconds.

Sort By Link	Sorted By Average	Sort By Peak
EDGE 311 <-> Local Switch 3112	71.5	71.5
Local Switch 1112 <-> EDGE 1112	71.5	71.5
Local Switch 1121 <-> EDGE 112	71.5	71.5
Local Switch 1311 <-> EDGE 131	71.5	71.5
Local Switch 2111 <-> EDGE 211	71.5	71.5

รูปที่ 5.5 ผลการทดลอง Bandwidth Reservation (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในรูปที่ 5.4 และ 5.5 คือ Bandwidth Reservation ระหว่าง ATM Core แต่ละ Core และ Bandwidth Reservation คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่าในขณะที่มี Traffic ในเครือข่ายที่ทำให้ Bandwidth ของ Link ระหว่าง ATM Edge Switch กับ Local Switch ที่ 71.5% นั้นทำให้มีการใช้ Bandwidth ระหว่าง Core ATM แต่ละ Link มีค่าดังนี้

- CORE1 - CORE3 มีค่าเฉลี่ย 6.88 Mbps
- CORE1 - CORE2 มีค่าเฉลี่ย 5.86 Mbps
- CORE2 – CORE3 มีค่าเฉลี่ย 4.76 Mbps

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้จากการ Simulate โดยใช้โปรแกรม OPNET จำลองแบบเครือข่ายสื่อสารของโครงการสนามบินสุวรรณภูมิเพื่อศึกษาถึงคุณภาพในการให้บริการสำหรับการส่งสัญญาณเสียงโทรศัพท์และการส่งข้อมูลแบบ FTP ทำให้สามารถสรุปได้ว่าลักษณะของการออกแบบและการกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์สื่อสารที่จะนำมาสร้างเป็นเครือข่ายนั้นสามารถรองรับคุณภาพของการให้บริการสำหรับสัญญาณเสียงโทรศัพท์ได้ในระดับ MOS 3.7 ตามมาตรฐานของ ITU-T P.800 และ G.114 และสามารถรองรับการให้บริการแบบ ABR สำหรับการส่งข้อมูลแบบ FTP โดยมีค่าเฉลี่ยของ Response Tine 0.0640 วินาที

เนื่องจากผลการทดลองในการ Simulate สำหรับโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้ เป็นผลที่ได้จากการตั้งค่า Parameter เฉพาะส่วนที่เป็นปัจจัยหลักของการกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่จะนำมาเชื่อมต่อเพื่อเป็นเครือข่าย คือ ค่า Output Buffer ต่อ Port, Switching Speed ของ Fabric Switching Backplane ของตัวอุปกรณ์ ATM, ค่า Switch Transit Delay แต่ในทางปฏิบัติจริงแล้วทุกๆ ปัจจัยและคุณสมบัติของอุปกรณ์สื่อสารตามที่ผู้ผลิตได้ระบุนั้นจะมีผลต่อคุณภาพของการให้บริการและประสิทธิภาพของเครือข่ายสื่อสาร

สำหรับความสามารถของโปรแกรม OPNET นั้นเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการสร้างแบบจำลองและทดลองผลที่ได้ในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายแบบจำลองได้เป็นอย่างดี แต่ผู้ใช้จะต้องมีความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้ในงานด้านวิศวกรรมและงานเทคโนโลยีสารสนเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

1.1 บทสรุป

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีทางด้านเครือข่ายสื่อสารได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วมาก โดยเฉพาะเทคโนโลยีสำหรับระบบสื่อสารข้อมูลด้วยความเร็วสูง ดังนั้นเครือข่ายสื่อสารตามความต้องการของผู้ให้บริการโทรคมนาคม จะต้องสามารถให้บริการได้ทุกรูปแบบและต้องเป็นเครือข่ายที่สามารถรับประกันคุณภาพของการให้บริการได้เป็นอย่างดี แนวโน้มของเครือข่ายแบบ ATM Multi-Service จึงเป็นเครือข่ายสื่อสารที่เหมาะสมสำหรับการส่งข้อมูลทั้ง Voice, Data และ Video รวมทั้งอินเตอร์เน็ต

คุณภาพของการให้บริการบนเครือข่ายนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ในโครงการนี้ได้ศึกษาและพบว่า การใช้ Traffic Engineering ในการจัดการการไหลของข้อมูลบนเครือข่ายส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของการให้บริการบนเครือข่ายสื่อสารแบบเอทีเอ็มและอินเตอร์เน็ต ที่เรียกว่า Traffic Engineering มาใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมและจัดการ มีเทคนิคต่างๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นการใช้ ATM Traffic Class การใช้เทคโนโลยี Multi-Protocol Label Switching และ Differentiated Services ในการจัดการ Quality of Service และ Traffic Engineering

ในโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้ เมื่อนำเอาโปรแกรม OPNET มาใช้ในการทดลอง Simulate แบบจำลองเครือข่ายสื่อสารของโครงการสนามบินสุวรรณภูมิ พบว่าคุณภาพของการให้บริการสำหรับการส่งข้อมูลสัญญาณเสียง (Voice) บนเครือข่ายแบบเอ ATM นั้นโดยใช้ Delay Time และ Delay Variation เป็นตัววัดเพื่อบ่งชี้ถึงคุณภาพของการให้บริการ นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของการออกแบบเครือข่าย
2. คุณสมบัติของอุปกรณ์ ATM Switch โดยเฉพาะคุณสมบัติต่อไปนี้
    - ความเร็วในการ Switch ของ ATM
    - ขนาดของ Buffer
    - ค่า Delay Time ของการ Switch หรือ Switch Transit Delay
3. ปริมาณ Traffic ที่เกิดขึ้นในเครือข่ายจากการใช้งานของ User
4. การกำหนดและจัดลำดับความสำคัญ Traffic Class Priority

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในทางปฏิบัติแล้ว การที่จะทำการวัดคุณภาพของการให้บริการบนเครือข่ายที่ได้ถูกออกแบบไว้ โดยการนำเอาอุปกรณ์จริงมาเชื่อมต่อตามที่ได้ออกแบบไว้นั้นจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงมากและต้องใช้เวลาในการติดตั้งนาน ดังนั้นวิธีการ Simulation ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ แต่ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้โปรแกรมหรือ Software ที่เหมาะสมกับงานนั้นๆ จากการใช้โปรแกรม OPNET เป็นเครื่องมือในการจำลองแบบของเครือข่ายสื่อสารของโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้ พบว่าโปรแกรม OPNET เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมและสามารถรองรับการจำลองแบบระบบสื่อสารได้เป็นอย่างดี จึงเหมาะอย่างยิ่งที่นำไปใช้ในงานด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศ

1.2 ข้อเสนอแนะ

ในการใช้โปรแกรม OPNET เพื่อทำการจำลองแบบเครือข่ายสื่อสาร นั้นผู้ใช้จะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางด้านระบบสื่อสารโทรคมนาคมเป็นอย่างดี เพื่อที่จะทำให้สามารถปรับตั้งค่า Parameter ต่างที่เกี่ยวข้อง ในการ Simulation แบบจำลองเครือข่ายของโครงการสนามบินนั้นยังจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากขนาดของ Buffer, Switch Speed, Switch Transit Delay แล้ว ผู้เขียนจึงขอเสนอแนะให้เลือกใช้ Model ที่เป็น Model จริงของผู้ผลิตที่จะนำมาเชื่อมต่อกันเป็นแบบเครือข่ายจำลอง แต่จะต้องได้รับการเห็นชอบและมีค่าใช้จ่ายในการซื้อลิขสิทธิ์ของ Model ต่างๆ เหล่านั้น จากบริษัทผู้ผลิต หรือในกรณีที่มีข้อมูลทางด้านเทคนิคอย่างละเอียดสมบูรณ์ของอุปกรณ์ เราก็สามารถใช้โปรแกรม OPNET สร้าง Model ของอุปกรณ์ที่จะทำการศึกษาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Alice, B. Mark. June 2000. **MPLS- The Multiprotocol Label Switching Technology.** Stockholm: White Paper Ericsson.

Brain, Williams. March 2000. **Quality of Service Differentiated Services and Multiprotocol Label Switching.** Stockholm: White Paper Ericsson.

Bruce, Davie and Yakov, Rekhter. 2000. **MPLS Technology and Applications** San Diego: Morgan Kaufmann.

Ericcson Datacom&IP training. 1999. **Understanding ATM** Stockholm : Ericsson Telecom AB.

Ericsson. **Multiprotocol Label Switching.** White paper [Online]. Available : http://www.ericsson.com/datacom/products/wan_core/mpls/white_paper.shtml

International Telecommunication Union. 2000. **One Way Transmission Time.** ITU-T Recommendation G.114

International Telecommunication Union. 1994. **Terms and Definition related to Quality of Service and Network Performance including Dependability.** ITU-T Recommendation E.800

International Telecommunication Union. 1996. **Methods for Subjective Determination of Transmission Quality.** ITU-T Recommendation P.800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ATM Model Description

Asynchronous Transfer Mode (ATM) เป็นเทคนิคการ Switching แบบ Connection-oriented Packet ที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในการใช้งานบนเครือข่าย Broadband Integrated Service Digital Network. เอกสารภาคผนวกนี้จะอธิบาย Key Feature ของ ATM Model แบบ ATM atm16_crossconn_adv และ atm8_crossconn_adv ดังรูปที่ A-2 และ A-3 ที่มีอยู่ใน Standard OPNET Model Library

ATM Model Features

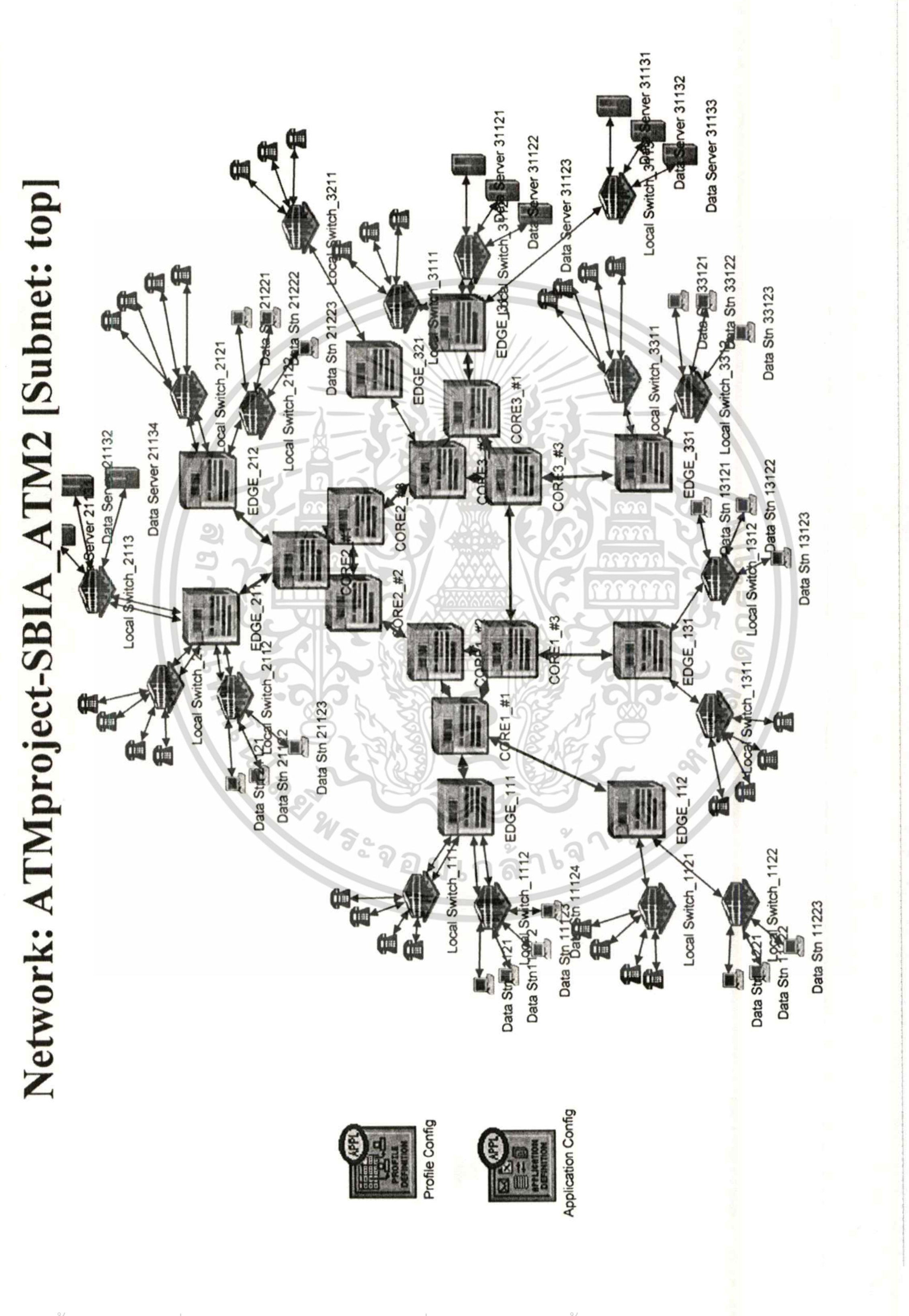
1. Signaling — รองรับ Signaling สำหรับการเชื่อมต่อ Point-to-Point, Full duplex, Switched Virtual Circuit (SVC), Soft-Permanent Virtual Circuit (SPVC) และ Soft-Permanent Virtual Path (SPVP)
2. Traffic Control — ใช้ Call Admission Control (CAC) และ Usage Parameter Control (UPC)

   รองรับ Traffic Parameters PCR, SCR, MCR, MBS และ QoS parameter ppCDV, maxCTD, CLR
3. Buffering — ถูก Model ด้วย Output buffering

   รองรับ Output Buffering แบบ round-robin และ weighted round-robin queueing schemes
4. Dynamic routing — ใช้ PNNI หรือ Adaptation of the Bellman-Ford shortest path algorithm

ในรูปที่ A-1 แสดงรายละเอียดทั้งหมดของการนำเอา ATM model มาเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายจำลองตามลักษณะของรูปแบบของ Specification ที่ระบุในแผนผัง ATM Core Switch Connectivities Diagram และ ATM Backbone/Common Network Cabling Block Diagram ของ Drawing Diagram ของโครงการสนามบินสุวรรณภูมิ ดังรูปที่ A-4 และ A-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ A-1 แบบจำลองเครือข่าย ATMproject-SBIA_ATM2

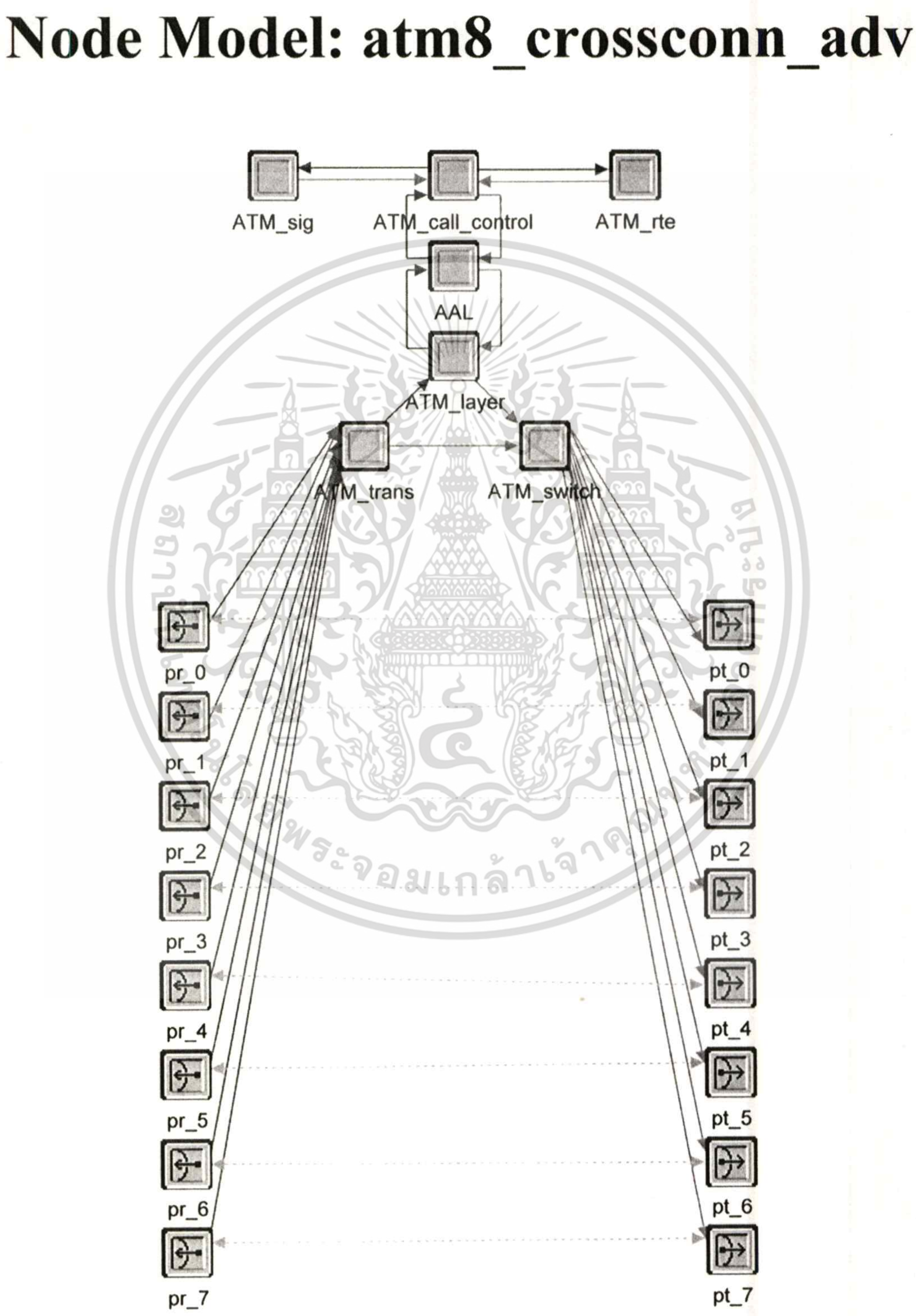
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Node Model: atm16_crossconn_adv

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

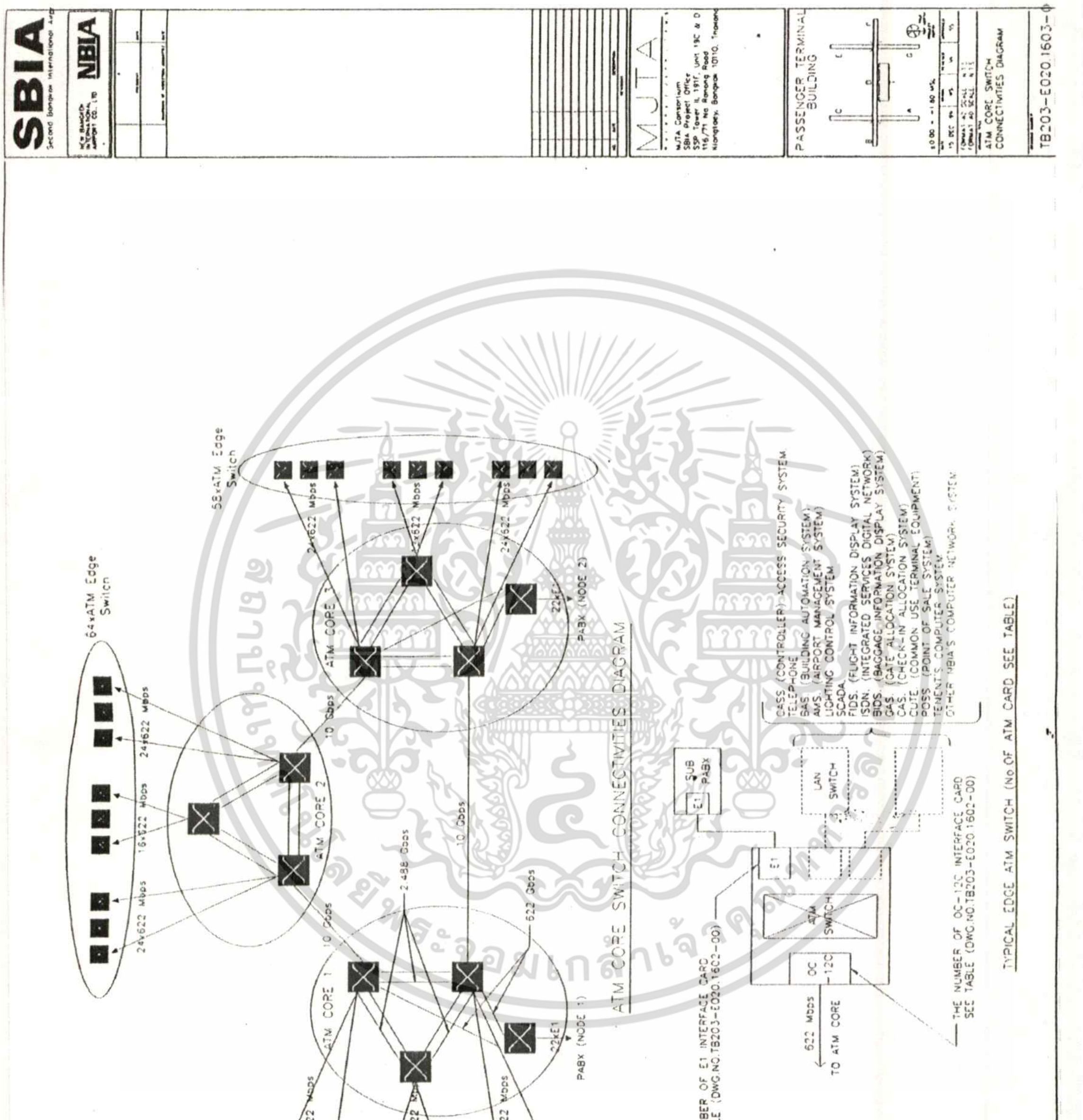
รูปที่ A-2 การเชื่อมต่อของ Model ATM Switch ขนาด 16 Cross Connect

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้ง ... ที่มีการนำไปใช้



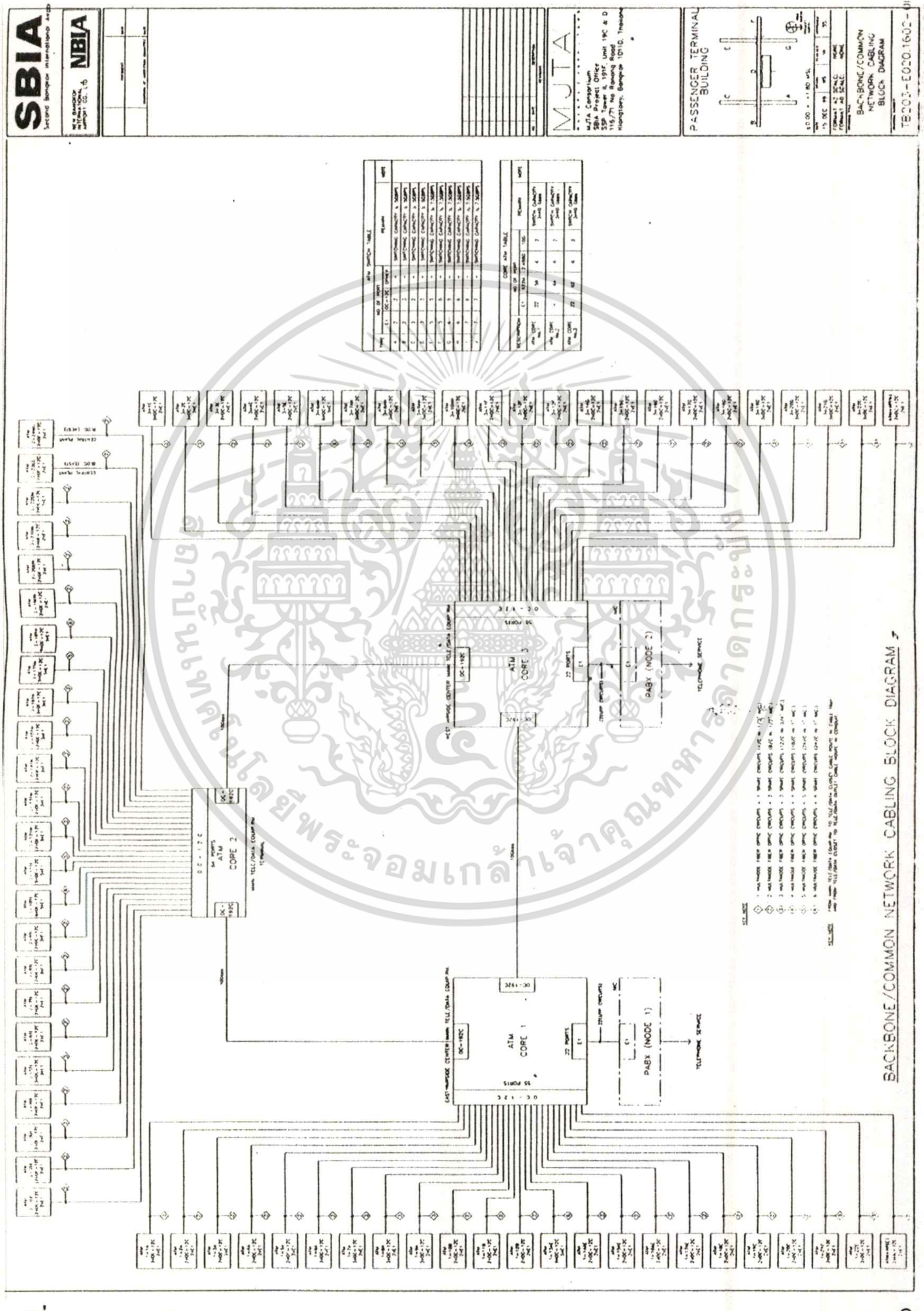
รูปที่ A-3 การเชื่อมต่อของ Model ATM Switch ขนาด 8 Cross Connect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ A-4 แผนผัง ATM Core Switch Connectivites Diagram ของสนามบินสุวรรณภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ A-5 แผนผัง ATM Backbone/Common Network Cabling Block Diagram ของสนามบินสุวรรณภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย สาคร ไกรนรา
วัน-เดือน-ปี เกิด	19 มีนาคม 2509
สถานที่เกิด	จังหวัดกระบี่
ประวัติการศึกษา	
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล จ.กระบี่
ปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)
	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, พ.ศ. 2527-2531
ประวัติการทำงาน	บริษัท อีริคสัน (ประเทศไทย) จำกัด
ตำแหน่ง	ผู้จัดการแผนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้