สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการทำงานร่วมกันของโครงข่ายเฟรมรีเลย์ผ่านโครงข่าย ATM

THE STUDY ON FRAME RELAY TO ATM NETWORK INTERWORKING

T051100

วีระชัย ดวงเครือ

WEERACHAI DUANGKRUA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547

ISBN 974 – 968 – 021 - 9

วพ.
ว 844 ว
2547
ว.1
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 51100
วัน,เดือน,ปี - 2 ก.ค. 2547
.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
b11358144

COPY GIRHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการทำงานร่วมกันของโครงข่ายเฟรมรีเลย์ผ่านโครงข่าย ATM
นักศึกษา	นายวีระชัย ดวงเครือ
รหัสประจำตัว	42061041
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

บทคัดย่อ

เทคโนโลยี WAN มีบทบาทสำคัญสำหรับการสื่อสารข้อมูลรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวางแผนรองรับการขยายตัวของโครงข่าย และทราฟฟิก รวมทั้งความเร็วในการส่งข้อมูล การใช้เทคโนโลยี ATM รองรับการบริการของเฟรมรีเลย์ เป็นการพัฒนาวิธีการส่งข้อมูลให้สูงขึ้น โดยโครงข่าย ATM จะเป็นศูนย์กลางของการกระจายโครงข่ายไปสู่อุปกรณ์ปลายทางเพื่อรองรับความคับคั่งของทราฟฟิก โดยมีการจัดการวิธีการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่ายเฟรมรีเลย์และโครงข่าย ATM ให้เหมาะสมที่สุดตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้สำหรับการออกแบบและทราฟฟิกของโครงข่าย WAN โดยกำหนดให้โครงข่ายเฟรมรีเลย์ทำงานร่วมกับโครงข่าย ATM และมีการวิเคราะห์และจำลองแบบรวมทั้งเปรียบเทียบการวางโครงข่ายผ่าน Leased Line, เส้นใยแก้วนำแสงและการศึกษาดาวเทียม และมีการประมาณค่าสมรรถนะของการวางโครงข่ายให้มีความเหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Study on Frame Relay to ATM Network Interworking
Student	Mr. Weerachai Dungkrua
Student ID.	42061041
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2547
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Sutthichai Noppanakeepong

ABSTRACT

The technology WAN is a format that essentials to data communication as necessary for the supported planning of network and traffic, which is increasing for the transmission streams. The using of ATM network supported Frame Relay end user as a central backbone for distribution system is under migrating network that high traffic congestion. The appropriate procedure of management Frame Relay and ATM network interworking are relevant to the standard. This thesis was studied for the ATM and Frame Relay network planning and traffic descriptions for WAN, which analysis and simulation. The study on network planning is consider to the difference media i.e. Leased Line, Optical Fiber and Satellite and estimated the optimization of network performance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์ ซึ่งเป็นผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยมัลติมีเดีย ประเทศมาเลเซีย ที่มีส่วนทำให้ผู้วิจัยได้เข้าใจในองค์ประกอบของโครงข่าย ATM จากการค้นคว้าและปฏิบัติด้วยตนเอง

ขอขอบพระคุณ นายวสันต์ แย้มดี วิศวกรบริษัท CDG ที่ทำให้ผู้วิจัยได้ทดลองเกี่ยวกับซอฟต์แวร์ที่สอดคล้องกับการวิจัยนี้และสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ น.ส. ณัฏฐวรรณ สมรักษ์ ที่ช่วยเหลือในการพิมพ์ การตรวจสอบและให้กำลังใจทั้งการตีพิมพ์บทความ TENCON 2000 Conference และเนื้อหาของวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายขอขอบคุณสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาทั้งค่าใช้จ่ายส่วนตัว ค่าบำรุงการศึกษา และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดามารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน

วีระชัย ดวงเครือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....2

1.4 แนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.6 ขั้นตอนการวิจัย.....3

บทที่ 2 ความเข้าใจพื้นฐานของเทคโนโลยี WAN.....4

2.1 โครงสร้างของโครงข่ายเฟรมรีเลย์.....4

2.2 โครงสร้างของโครงข่าย ATM.....12

2.3 การเชื่อมโยงระหว่างโครงข่ายเฟรมรีเลย์ผ่านโครงข่าย ATM ของระบบ WAN.....26

2.4 การจัดการวิธีการทำงานร่วมกันของโครงข่ายเฟรมรีเลย์กับโครงข่าย ATM ของระบบ WAN.....28

บทที่ 3 การออกแบบการวางโครงข่ายและทราฟฟิกของของข่ายเฟรมรีเลย์และโครงข่ายATM.45

3.1 ข้อกำหนดในการออกแบบการวางโครงข่ายและทราฟฟิก.....45

3.2 โครงสร้างทางคณิตศาสตร์และอัลกอริทึม.....52

3.3 การวิเคราะห์และการจำลองแบบ (Simulation) การวางโครงข่ายและทราฟฟิก.....65

บทที่ 4 การเปรียบเทียบการออกแบบการวางโครงข่าย.....74

4.1 การใช้โครงข่ายของระบบ WAN ส่งผ่าน Leased Line.....74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2 การใช้โครงข่ายของระบบ WAN ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสง.....87
4.3 การใช้โครงข่ายของระบบ WAN ส่งผ่านการสื่อสารดาวเทียม.....111

บทที่ 5 การประมาณค่าสมรรถนะของโครงข่าย.....1ภ8
5.1 การประมาณค่าความหนาแน่นของทราฟฟิก.....148
5.2 การประมาณค่าความหน่วงของการส่งข้อมูล.....150
5.3 การประมาณค่าแบนด์วิธของโครงข่าย.....150
5.4 การประมาณค่าเพื่อรองรับความก้าวหน้าเทคโนโลยีในอนาคต.....152

บทที่ 6 การทดลองตรวจจับสมรรถนะในการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM.....169
6.1 การทดลองและผลการทดลอง.....169
6.2 สรุปผลการทดลอง.....185

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและพัฒนา.....186

บรรณานุกรม.....188

บทความทางวิชาการ.....191

ประวัติผู้เขียน.....197

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของ X.25 และเฟรมรีเลย์	5
2.2	การกำหนดค่า DLCI ขนาด 10 บิต	8
2.3	สถานะบิตของ FECN และ BECN	9
2.4	คลาสการให้บริการของเลเยอร์ AAL	14
2.5	ชนิดของทราฟฟิกสำหรับการใช้งานส่งข้อมูลต่าง ๆ	19
2.6	QOS และพารามิเตอร์ของตัวอธิบายทราฟฟิกต่อประเภทของการให้บริการ	26
2.7	การจัดวาง DE ไปยัง CLP ในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM	32
2.8	แสดงการจัดวาง CLP ไปยัง DE ในทิศทาง ATM ไปยัง FR	33
2.9	การแสดงความคับคั่งในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM	33
2.10	การแสดงความคับคั่งในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR	34
2.11	การเปรียบเทียบหน้าที่ในการให้บริการร่วมกันระหว่าง FR กับ ATM	39
3.1	ทราฟฟิกเมตริก	58
4.1	คุณลักษณะของการให้บริการ ATM มัลติมีเดียผ่าน Leased line	76
4.2	แสดงถึงประวัติค่าบริการรายเดือนของการบริการ Leased line ที่มีช่วงระยะทาง 520 ไบต์	78
4.3	ค่า α ที่คำนวณจากตารางที่ 1 ของการเชื่อมต่อแบบ end-to-end	79
4.4	ค่าของ α ที่คำนวณจากปี 1993 ของการเชื่อมต่อแบบ End-to-End	79
4.5	การออกแบบทราฟฟิกเมตริกของโทโพโลยีเสมือน Heuristic (HLDA)	103
4.6	การออกแบบทราฟฟิกเมตริกของโทโพโลยีเสมือน MLDA	104
4.7	การกำหนดพารามิเตอร์สำหรับแก้ไขปัญหาของการหน่วงสำหรับการทำงานร่วมกันของ FR/ATM	109
4.8	ขนาดสายอากาศที่ต้องการสำหรับสมรรถนะในการเชื่อมโยงที่ต้องการ	114
4.9	ขนาดของฟิลด์ SCI	121
4.10	การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการของ LLC และ PPD	127
4.11	การพิจารณา GCRA ของเฟรมโหมดของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM	132
4.12	อัตราการส่งข้อมูลของการให้บริการผ่านโครงข่าย ATM	143
4.13	พารามิเตอร์ของ GCRA	146
5.1	การเปรียบเทียบ ISDN1, ISDN2 และ ISDN3	162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเฟรมรีเลย์และรูปแบบของเฟรม	7
2.2	ทิศทางของการแจ้งความคับคั่ง	9
2.3	โครงสร้างของเลเยอร์ ATM	13
2.4	การทำงานของ AAL – 5	15
2.5	โครงสร้างของ AAL – 5 CPCS – PDU	15
2.6	สัญญาณ AAL	16
2.7	ทราฟฟิกแบบ CBR	17
2.8	ทราฟฟิกแบบ VBR	17
2.9	ทราฟฟิกแบบ UBR	18
2.10	ทราฟฟิกแบบ ABR	18
2.11	องค์ประกอบของ CTD	21
2.12	โครงสร้างของ CTD Probability density	22
2.13	PCR	24
2.14	SCR และ MBS	24
2.15	การไหลของเซลกับพารามิเตอร์ SCR และ MBS	25
2.16	วิวัฒนาการของการให้บริการของโครงข่าย ATM กับโครงข่าย FR	27
2.17	การให้ VPN สำหรับการเชื่อมต่อระบบ WAN โดยใช้ FR	27
2.18	ระบบ WAN ที่มีการให้บริการร่วมกันระหว่างโครงข่าย FRและโครงข่ายATM	28
2.19	การทำงานร่วมกันในการเชื่อมโยงระหว่าง FRBS และ B-ISDN	29
2.20	B – ISDN โปรโตคอล	29
2.21	การทำงานร่วมกันในการเชื่อมโยงระหว่าง FRBS และ B-ISDN	30
2.22	การทำงานของ IWF	30
2.23	โครงสร้างของเฟรม FR-SSCS	31
2.24	ไดอะแกรมแสดงสภาวะการเกิดความคับคั่งของ VCC	35
2.25	สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการของโครงข่าย ATM	36
2.26	การควบคุมแบนด์วิธ PVC – VP โดย NE	36
2.27	การควบคุมแบนด์วิธ PVC – VP โดยระบบปฏิบัติการ	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.28	การให้บริการร่วมกันระหว่าง FR และ ATM	38
2.29	การโอนถ่ายเฮดเดอร์พารามิเตอร์จาก FR ไปยัง ATM	41
2.30	โครงสร้างโปรโตคอลของ IWF	41
2.31	ตัวอย่างวิธีการจัดการ PVC	42
3.1	โครงสร้างการส่งทราฟฟิกจากโครงข่าย FR ไปยังโครงข่าย ATM	45
3.2	การเปลี่ยนสถานะของไดอะแกรม Poisson distribution	53
3.3	การเปลี่ยนสถานะของไดอะแกรม Truncated Poisson distribution	56
3.4	โครงสร้างของ GCRA	59
3.5	โครงสร้างของการอ้างอิง PCR ของ UPC	60
3.6	โครงสร้างของการอ้างอิง SCR และ BT ของ UPC	61
3.7	การทำงานของ Leaky bucket algorithm	61
3.8	ผลของ CDV ในโครงข่าย ATM	62
3.9	แสดงการรั่วไหลของเซลที่ค่าของ CDV ยอมรับได้	63
3.10	ทราฟฟิกที่เลวร้ายของ leaky bucket กับค่า CDV ที่ยอมรับได้	64
3.11	Flowchart การจำลองแบบของ OPNET Modeler XE	65
3.12	เมนูบาร์และปุ่มดำเนินการของส่วนการทำงาน Project Editor	66
3.13	การจำลองแบบ ATM LAN/WAN (10/1,500 ก.ม.) สำหรับทราฟฟิก ABR, CBR และ VBR	66
3.14	Rapid Configurations	67
3.15	การเลือก Star Configuration	67
3.16	การวัด Delay จาก Global Statistic	68
3.17	Configure Simulation	69
3.18	การวัดสมรรถนะในการควบคุมความคับคั่งของ ATM LAN (10 ก.ม.) ระหว่าง average cell delay (msec.) และ throughput (Mb/s)	69
3.19	การวัดสมรรถนะในการควบคุมความคับคั่งของ ATM WAN (1,500 ก.ม.) ระหว่าง average cell delay (msec.) และ throughput (Mb/s)	70
3.20	การวัด Node Statistic ของ Load	70
3.21	แสดงการเปลี่ยนแปลงทราฟฟิก cell rate ของ ATM LAN (10ก.ม.) ณ. เวลาแตกต่างกัน	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.22	แสดงการเปลี่ยนแปลงทราฟฟิก Cell rate ของ ATM WAN (1500 ก.ม.) ณ.เวลาแตกต่างกัน	71
3.23	แสดงการประมวลผลของ Queue length สำหรับ ATM LAN (10 ก.ม.) ที่กำหนดค่าของเซล ATM ไว้จำนวน 400 เซล	72
3.24	แสดงการประมวลผลของ Queue length สำหรับ ATM WAN (1,500 ก.ม.) ที่กำหนดค่าของ เซล ATM ไว้จำนวน 400 เซล	73
4.1	สถาปัตยกรรมเลเยอร์ทรานสปอร์ตสำหรับโครงข่ายโทรคมนาคมท้องถิ่น	74
4.2	การจัดรูปแบบโครงข่ายสำหรับการให้บริการ ATM มัลติมีเดียผ่าน Leased line	77
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α พารามิเตอร์กับราคาค่าบริการในปีต่างๆ เมื่อเทียบกับปี 1993	80
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α พารามิเตอร์กับแบนด์วิธในปีที่เริ่มลงทุนต่างๆ กันเมื่อเทียบกับปี 1993	81
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α พารามิเตอร์กับราคาค่าใช้จ่ายแบบคงที่และเปลี่ยนแปลงได้ในปีสิ้นสุดการลงทุนที่ 2010 เมื่อเทียบกับปี 1993	84
4.6	การทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ปลายทางเฟรมรีเลย์ และโครงข่าย ATM Leased-line แบบ End-to-End	85
4.7	ประสิทธิภาพการแบ่งขนาดของ Payload เป็นเซล สำหรับการทำงานร่วมกันระหว่าง	86
4.8	แสดงเลเยอร์ของการให้บริการโครงข่าย	88
4.9	โครงสร้างของการให้บริการ ATM สำหรับเส้นใยแก้วนำแสง	89
4.10	เลเยอร์ย่อยของโครงข่ายใยแก้วนำแสง	89
4.11	องค์ประกอบในการเชื่อมต่อทางเลเยอร์ของใยแก้วนำแสง	90
4.12	การเชื่อมต่อทางลอจิกของใยแก้วนำแสง	91
4.13	สถานีการเข้าถึงโครงข่าย (NAS)	91
4.14	ตัวอย่างการเชื่อมต่อทางลอจิกระหว่าง 2 NAS	92
4.15	การมัลติเพล็กซ์แบบ WDM	93
4.16	แสดง Client Layer ที่ต่อร่วมกับเลเยอร์ของใยแก้วนำแสง	94
4.17	WDM ฟิสิกคัล Topology	94
4.18	โทโพโลยีฟิสิกคัล	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.19	โทโพโลยีทางลอจิก	96
4.20	โทโพโลยีเสมือน Heuristic	101
4.21	ทราฟฟิกเมตริกของโทโพโลยีเสมือน Heuristic (HLDA)	102
4.22	การออกแบบโดยใช้ MLDA	103
4.23	ทราฟฟิกเมตริกของ MLDA	104
4.24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Bit Rate และ Frame Length ของ FR/ATM Interworking	106
4.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cell Rate และ Frame Length ของ FR/ATM Interworking	106
4.26	การให้บริการของ FR ผ่าน ATM สำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง	107
4.27	การให้บริการของ FR ผ่าน ATM สำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง โดยเพิ่มค่า PIR	109
4.28	ระบบสื่อสารดาวเทียมแบบมัลติมีเดีย	116
4.29	แสดงโครงสร้างของระบบที่ประกอบด้วยสถานีศูนย์กลาง ATM สวิตช์ และวงจรสมาชิก	116
4.30	การอินเทอร์เฟสในระบบดาวเทียม	118
4.31	การอินเทอร์เฟสแบบ End-to-End ของการสื่อสารดาวเทียม	119
4.32	สถาปัตยกรรมทางโปรโตคอลของการสื่อสารดาวเทียมแบบโครงข่าย ATM และ Satellite Package	120
4.33	สถาปัตยกรรมทางโปรโตคอลของการสื่อสารดาวเทียมแบบโครงข่าย ATM และ ATM Package	123
4.34	ความสัมพันธ์ของความยาวแพ็คเกจกับ PER ที่ค่า BER แตกต่างกัน	126
4.35	ความสัมพันธ์ของความยาวแพ็คเกจกับทรูพุทที่ค่า BER แตกต่างกัน	126
4.36	ความสัมพันธ์ระหว่าง PER กับทรูพุทของโครงข่ายดาวเทียมแบบ ATM	127
4.37	โครงสร้างของระบบสื่อสารบนดาวเทียม	128
4.38	แสดงการเข้าถึงทวีคูณโดยกำหนดค่า VP/VC	129
4.39	การควบคุมทราฟฟิกในเฟรมโหมด สำหรับ FR ไปยัง ATM ของการสื่อสารดาวเทียม	130
4.40	การควบคุมทราฟฟิกในเซลโหมด สำหรับ FR ไปยัง ATM ของการสื่อสารดาวเทียม	131
4.41	ความน่าจะเป็นของ Frame GCRA ของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM	133
4.42	แสดงถึงการกำหนดตำแหน่งพื้นที่ให้บริการดาวเทียม	139
4.43	การแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีดาวเทียมทางเรขาคณิต	141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.44	แสดงถึงความน่าเชื่อถือในการให้บริการต่อค่า BT ที่ความเร็วในการให้บริการของ ATM แตกต่างกันตามการรองรับของการวางโครงข่าย	145
4.45	ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทของ GCRA Throughput	147
5.1	แสดงการประมาณการสำหรับข้อกำหนดในการวางโครงข่าย	152
5.2	โปรโตคอลISDN 1	158
5.3	โปรโตคอลISDN 2	159
5.4	เลเยอร์โปรโตคอล TCP/IP	160
5.5	องค์ประกอบของโหนดโครงข่ายแบบแอคทีฟ	161
5.6	ควอนตัมแพ็คเกจ	161
5.7	สถาปัตยกรรมโครงข่าย ISDN3	162
5.8	ตัวอย่างการทำงานร่วมกันระหว่า IP และ ATM (MPLS over ATM)	163
5.9	Multilayer Switching	164
5.10	MPLS over ATM โดยที่ ATM อยู่ในฐานะเลเยอร์ดาต้าลิ้ง	164
5.11	MPLS over FR โดยที่ FR อยู่ในฐานะเลเยอร์ดาต้าลิ้ง	164
5.12	แสดงถึงข้อกำหนดทางเลเยอร์ของ UNI ของ ATM	165
5.13	สถาปัตยกรรมทางเลเยอร์ของ ATM/ADSL โมเด็ม	166
5.14	สถาปัตยกรรมทางเลเยอร์สำหรับการประยุกต์ใช้งานของ ATM/ADSL โมเด็ม	166
5.15	การเชื่อมต่อทางเลเยอร์ของเลยอร์ฟีสิกคัลและเลเยอร์ ATM	167
6.1	การตรวจจับทราฟฟิกของ FR	169
6.2	การกำหนด Configurations ของโปรแกรม Advisor	170
6.3	การตรวจสอบความผิดพลาดและการแสดงเตือนของโปรแกรม	171
6.4	การตรวจสอบช่องสัญญาณและอัตราการเข้าถึงพอร์ต	171
6.5	การตรวจสอบการเชื่อมต่อแบบ PVC ของ FR	172
6.6	การแสดงผลแบบ FSR (Full Status Report)	173
6.7	การตรวจสอบค่าของ SSN และ RSN	173
6.8	การตรวจสอบสถานะของ PVC (Active/Inactive) ของ FR	174
6.9	การตรวจสอบการเชื่อมต่อของโครงข่าย FR กับ ATM โดยใช้ Frame Relay PING	175
6.10	การแสดงผลแบบ Decode view สำหรับ Frame Relay PING	176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
6.11	การประมาณค่าและตรวจสอบโครงสร้างของ PVC จากการตรวจจับค่DLCI	176
6.12	การยืนยันค่า DLCI โดยหยุดรันโปรแกรมในการวัดทราฟฟิก	177
6.13	การหยุดรันโปรแกรมเพื่อดูรายละเอียดของการเชื่อมต่อ PVC ของโครงข่าย	178
6.14	การตรวจจับทราฟฟิกของการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR และ ATM	178
6.15	การวัดทราฟฟิกภายในโครงข่ายของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM	179
6.16	การแสดงปริมาณการใช้ทราฟฟิกในโครงข่ายในรูปแบบกราฟวงกลม โดยวัดจาก IP	180
6.17	การแสดงรายละเอียดอัตราการส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายเฟรมรีเลย์และ ATM	180
6.18	การวัดอัตราการส่งเฟรมจากด้านต้นทางและปลายทางของ FR ผ่านโครงข่าย ATM	181
6.19	การแสดงผลแบบ Full Screen report ของ DLC Header สำหรับ FR	182
6.20	การวัดทราฟฟิกของ FR ในรูปของ Octet/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง แบบกราฟแท่งทราฟฟิก	182
6.21	การวัดทราฟฟิกของ FR ในรูปของ Octet/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง แบบกราฟแสดงพื้นที่ทราฟฟิก	183
6.22	การวัดทราฟฟิกของ FR ในรูปของ Octet/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง แบบกราฟเชิงเส้นทราฟฟิก	183
6.23	การวัดทราฟฟิกของ ATM ในรูปของ Multicast/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่าง ต่อเนื่องแบบกราฟแท่งทราฟฟิก	184
6.24	การวัดทราฟฟิกของ ATM ในรูปของ Multicast/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่าง ต่อเนื่องแบบกราฟแสดงพื้นที่ทราฟฟิก	184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เฟรมรีเลย์เป็นโครงข่ายสื่อสารความเร็วสูง ที่มีการประยุกต์ใช้กับหลายโครงข่าย เช่น LNA SNA อินเทอร์เนต เป็นต้น เฟรมรีเลย์สามารถประยุกต์ใช้เป็นเส้นทางส่งข่าวสารของโครงข่าย WAN ซึ่งรูปแบบข่าวสารอาจจะเป็นเฟรมหรือแพ็คเกจ คุณสมบัติของเฟรมรีเลย์อีกอย่างหนึ่งคือ สามารถนำมาใช้เป็นแพ็คเกจสวิตชิ่ง (Package Switching) ที่ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆในโครงข่ายได้ เช่น คอมพิวเตอร์ เวิร์กสเตชั่น และ เซิร์ฟเวอร์ โดยสามารถทำงานร่วมกับโปรโตคอลที่มีความสามารถสูงเช่น SNA หรือ TCP/IP ได้ ภายในโครงข่ายของเฟรมรีเลย์อาจประกอบไปด้วยอุปกรณ์ปลายทาง เช่น คอมพิวเตอร์ เซิร์ฟเวอร์ และโฮสต์คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่เข้าถึงโครงข่าย เช่น สวิตช์ เราน์เตอร์ของโครงข่าย และอุปกรณ์มัลติเพล็กซ์ เป็นต้น

ในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา แนวโน้มความต้องการในการสื่อสารข้อมูลและความเร็วของโครงข่ายเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยจะพบได้จากวิวัฒนาการในการเปลี่ยนแปลงจากการส่งข้อความเป็นตัวอักษรธรรมดามาเป็นการส่งแบบกราฟิก และมีการนำทราฟฟิกแบบ burst มาใช้มากขึ้น การพัฒนาการคำนวณที่มีความสามารถสูงขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ปลายทาง เช่น คอมพิวเตอร์ เวิร์กสเตชั่น และ เทอร์มินัล x-window เป็นต้น การขยายตัวอย่างรวดเร็วของโครงข่าย LAN/WAN, Client/Server และมีการใช้โครงข่ายดิจิตอลอย่างกว้างขวาง ทำให้ต้องมีการปรับปรุงโครงข่ายที่มีอยู่ให้สามารถรองรับความต้องการของผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นได้

เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้โครงข่ายเฟรมรีเลย์ ในการขยายโครงข่ายเพื่อรองรับความก้าวหน้าของการสื่อสารข้อมูล และสมรรถนะของโครงข่าย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนกับอุปกรณ์ ที่สามารถนำมาใช้กับโครงข่ายได้เหมาะสมที่สุด การศึกษาการทำงานร่วมกันของโครงข่ายเฟรมรีเลย์ผ่านโครงข่าย ATM เป็นแนวคิดในการพัฒนาโครงข่ายเฟรมรีเลย์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ปลายทางของเฟรมรีเลย์ แต่เป็นการนำเอา ATM มา ใช้เป็น backbone ของโครงข่ายที่มีอยู่เดิม เพื่อเพิ่มสมรรถนะของโครงข่ายให้สูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาการทำงานร่วมกันของโครงข่ายเฟรมรีเลย์ผ่านโครงข่าย ATM เพื่อศึกษาถึงหลักการทำงานร่วมกันของสองโครงข่ายที่มีพารามิเตอร์ของโครงข่ายต่างกัน โดยใช้การจัดวาง (mapping) พารามิเตอร์จากโครงข่ายหนึ่งไปยังอีกโครงข่ายหนึ่งผ่าน IWU (Interworking Function Unit) ในการวิจัยได้ศึกษาถึงชั้นโปรโตคอลที่รองรับการบริการ พารามิตอร์ QoS (Quality of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Service) ของการให้บริการ การสังเคราะห์สมรรถนะของโครงข่ายเมื่อมีการวางโครงข่ายแบบ Leased lines ใยแก้วนำแสง และผ่านช่องสัญญาณดาวเทียม

1.3 สมมติฐานการศึกษา

สมมติฐานในการพิจารณาโครงข่ายแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การทำงานร่วมกันของโครงข่าย (Network Interworking) และ การให้บริการร่วมกันของโครงข่าย (Service Interworking) โดยที่จะพิจารณาถึง QoS และ ใช้อัลกอริทึม GCRA (Generic Cell Rate Algorithm) ของโครงข่าย ATM เป็นหลัก

1.4 แนวคิดในการวิจัย

จากการวิจัย ในส่วนของการวางโครงข่ายจะพิจารณาถึงชั้นโปรโตคอล และอัลกอริทึมในการเชื่อมต่อสำหรับเส้นใยแก้วนำแสง การประมาณค่าสมรรถนะต่างๆของโครงข่ายจะพิจารณาโครงสร้างคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการสังเคราะห์ เช่น Poisson Formula และทราฟฟิกเมตริกซ์ ในการวางโครงข่ายผ่านช่องสัญญาณดาวเทียม จะศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นในย่านความถี่สูง คือ Ka Band และชั้นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับช่องสัญญาณดาวเทียมและโครงข่าย ATM นอกจากนี้ยังพิจารณาสมการคณิตศาสตร์ สถาปัตยกรรมโปรโตคอล และโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ของโครงข่าย ATM

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตในการวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นถึงแนวความคิดในการพัฒนาโครงข่ายเฟรมรีเลย์ให้สามารถรองรับการบริการข้อมูลที่มีความเร็วสูงขึ้น และรองรับการให้บริการร่วมกันกับโครงข่าย ATM ดังนั้นส่วนหลักๆที่พิจารณาถึงคือ ชั้นโปรโตคอลของทั้งสองโครงข่าย การพิจารณาQoS และพารามิเตอร์ที่สำคัญของแต่ละโครงข่าย ในการพิจารณาสมรรถนะของโครงข่าย ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการใช้โครงข่ายเฟรมรีเลย์ และการทำงานร่วมกันกับโครงข่าย ATM ซึ่งจะไม่เน้นถึงที่มาของโครงสร้างคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานภายในของสวิตชิ่ง แต่จะแสดงให้เห็นถึงภาพโดยรวมของการวางโครงข่ายของ ATM และมีอุปกรณ์เฟรมรีเลย์เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ปลายทาง ในส่วนของขีดความสามารถของ ATM ผู้วิจัยไม่มีจุดมุ่งหมายที่แสดงให้เห็นถึงโครงข่าย ATM เป็นเทคโนโลยีที่มีความเร็วของข้อมูลสูงสุดในปัจจุบัน แต่ได้แสดงถึงลักษณะเด่นของ ATM และความสามารถในการรองรับเทคโนโลยีที่อื่นๆ เช่น MPLS หรือโมเด็ม ADSL เป็นต้น

นอกจากนี้ในส่วนของการจำลองแบบโครงข่ายโดยใช้ OPNET Network Simulator แสดงให้เห็นถึงลักษณะของทราฟฟิกในระบบ LAN/WAN ที่มีโครงสร้างเดียวกัน แต่มีระยะทางแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัน รวมทั้งในการทดลอง ได้ใช้โปรแกรมที่สามารถวัดสมรรถนะของระบบ Voice Telephony over ATM โดยจะพิจารณาถึงสมการคณิตศาสตร์ของ Erlang C กับผลที่ได้จากซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้วิเคราะห์เกี่ยวกับ SLA (Service Level Agreement) ของระบบ

1.6 ขั้นตอนการวิจัย

ในการวิจัยเริ่มจากการรวบรวมเนื้อหาของเฟรมรีเลย์และ ATM จากนั้นได้ศึกษาโครงสร้างทางโปรโตคอลของแต่ละโครงข่าย รวมทั้งแบ่งพารามิเตอร์ของแต่ละโครงข่ายให้ชัดเจน จากนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเชื่อมต่อสองโครงข่ายคือเฟรมรีเลย์กับ ATM ให้ทำงานร่วมกัน ผ่าน IWU และศึกษาถึงการจัดวางพารามิเตอร์จากโครงข่ายเฟรมรีเลย์ไปยังโครงข่าย ATM และการจัดวางพารามิเตอร์จากโครงข่าย ATM ไปยังเฟรมรีเลย์

ในส่วนของการวางโครงข่าย ได้พิจารณาถึงชั้นโปรโตคอลของสื่อกลางนั้นๆ คือ Leased Line เส้นใยแก้วนำแสง และ โปรโตคอลของช่องสัญญาณดาวเทียม ในการนำระบบ ATM มาใช้กับ Leased Line จะพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM และความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ในการเพิ่มแบนด์วิธและลดค่าใช้จ่ายรายเดือนของ Leased line ในการวางโครงข่ายผ่านเส้นใยแก้วนำแสง จะศึกษาถึงอัลกอลิทึมที่นำมาใช้อย่างเหมาะสม รวมทั้งการเสนอวิธีการลดความหน่วงของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM โดยเพิ่มค่า PIR (Peak Information Rate) ในส่วนของสวิตช์ ATM และ IWF ด้าน ATM สำหรับการวางโครงข่ายผ่านช่องสัญญาณดาวเทียมจะศึกษาถึงโปรโตคอลของ ATM และดาวเทียม การควบคุมทราฟฟิกในเฟรมโหมดและเซลโหมด จากการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM ของการสื่อสารดาวเทียม

ในส่วนของการศึกษาและการสังเคราะห์สมรรถนะของโครงข่าย ผู้วิจัยได้ใช้ OPNET Network Simulator เพื่อจำลองแบบของ LAN/WAN และทำการวัดทราฟฟิก นอกจากนี้ในการประมาณค่าของโครงข่ายได้ใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อแสดงถึงความเป็นไปได้ และในส่วนการทดลองได้ยกตัวอย่างซอฟต์แวร์ซึ่งช่วยในการตรวจจับทราฟฟิกของโครงข่าย สำหรับการทำงานร่วมกันของ FR และ ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความเข้าใจพื้นฐานของเทคโนโลยี WAN

2.1 โครงสร้างของโครงข่ายเฟรมรีเลย์

เฟรมรีเลย์เป็นเทคโนโลยีแบบแพ็คเกจสวิตช์ความเร็วสูงที่ได้รับการพัฒนามาจาก X.25 ซึ่งจะใช้โปรโตคอลแบบ Link Access Protocol D-Channel (LAPD) ของเลเยอร์ที่ 2 ที่กำหนดขึ้นโดย ITU-T หน้าที่หลักของ LAPD มีดังนี้

(1) ทำการรับ – ส่งข้อมูลและจำแนกข้อมูลแบบ Flag

(2) ทำการโอนถ่ายตำแหน่งของข้อมูล

(3) ทำให้การส่งข้อมูลไม่มีการผิดพลาด (Transparency)

(4) สร้างและตรวจสอบฟิลด์ FCS (Frame Check Sequence)

(5) จำแนกและจดจำเฟรมที่ไม่ถูกต้อง

(6) เพิ่มช่วงเวลาระหว่างเฟรม

X.25 เป็นโปรโตคอลที่อยู่ต่ำกว่าเลเยอร์ 3 ของ OSI โดยสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ปลายทางจะมีการมัลติเพล็กซ์ผ่านช่องสัญญาณเชื่อมโยงเดียวกันและการตรวจสอบการเชื่อมโยงทำได้โดยการส่งมูลใหม่อีกครั้ง ในส่วนของเฟรมรีเลย์จะมีการปรับปรุงคุณภาพทางด้านฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ให้ดีขึ้น โดยใช้การมัลติเพล็กซ์แบบเชิงสถิติ (Statistic multiplex) ขึ้นภายในเลเยอร์ Data Link เรียกว่า Data Link Connection (DLC) และมีการแสดงเอกลักษณ์ของการกำหนดเวลาในการติดต่อกันเรียกว่า Data Link Connection Identified (DLCI)

หน้าที่หลักของเฟรมรีเลย์

(1) ทำการจำแนกขีดจำกัดของเฟรม (Frame Delimiting)

(2) ทำการจัดวางเฟรม (Frame Assignment)

(3) แสดงความโปร่งใสของเฟรม (Frame Transparency)

(4) ทำการมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์โดยใช้ DLCI

(5) ทำการตรวจสอบจำนวนไบต์ของเฟรมในรูปจำนวนจริง

(6) ทำการตรวจสอบความยาวทั้งหมดของเฟรม

(7) ทำการตรวจสอบความผิดพลาดในการส่งข้อมูลและไม่มีการแก้ไขส่งข้อมูลใหม่

ในด้านการให้บริการเฟรมรีเลย์จะไม่มีการควบคุมการส่งข้อมูล ซึ่งการควบคุมความผิดพลาดจะทำที่อุปกรณ์ปลายทาง และโหนดในโครงข่ายจะกำจัดเฟรมที่ผิดพลาดออกจากโครงข่าย และเฟรมรีเลย์เป็นโครงข่ายที่ให้บริการแบบ Connection Oriented ซึ่งมีการควบคุมลำดับของเฟรม ทำการคัดลอกเฟรมและทำให้เกิดการสูญเสียในเฟรมน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของเฟรมรีเลย์

(1) เป็นโครงข่ายสวิตชิ่ง

(2) ใช้เวลาเริ่มต้นในการติดต่อที่รวดเร็ว

(3) มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูง

(4) ประสิทธิภาพในการสูญเสียของทราฟฟิก Burstน้อย

(5) มีมาตรฐานของโปรโตคอลที่แน่นอน

(6) สามารถทำการเลือกเส้นทางในการส่งข้อมูลได้

(7) สามารถจัดวางโครงข่ายโดยผู้ใช้

ประโยชน์ในการใช้โครงข่ายเฟรมรีเลย์

(1) เป็นโครงข่ายที่มี Throughput สูง

(2) ใช้ต้นทุนของอุปกรณ์เชื่อมต่อต่ำ

(3) มีมาตรฐานของการใช้โปรโตคอลที่แน่นอน

(4) ลดความล่าช้าในโครงข่าย

(5) ประหยัดแบนด์วิธ

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของ X.25 และเฟรมรีเลย์

คุณสมบัติของประสิทธิภาพและการทำงาน	X.25	เฟรมรีเลย์
- การจัดอันดับของเฟรม	มี	ไม่มี
-การตรวจสอบข้อผิดพลาดโดยส่งข้อมูลใหม่	มี	ไม่มี
- การควบคุมการไหลของข้อมูล	มี	ไม่มี และกำจัดเฟรมทิ้งเมื่อเกิดความคับคั่ง
- การเข้าถึงโครงข่าย	300 bps – 64 kbps	56 kbps – 2.048 Mbps และสามารถใช้มาตรฐาน T3
- ความล่าช้าของสวิตช์	10 – 40 msec	2 – 6 msec
- ความล่าช้าในทิศทางเดียว	200 – 500 msec	40 – 150 msec

ในการให้บริการแบบ Connection – Oriented ของเฟรมรีเลย์ได้มีการกำหนดคุณภาพของการให้บริการ (QoS : Quality of Service) ที่สามารถจำแนกได้ดังนี้

พารามิเตอร์ Qos ที่แสดงถึงประสิทธิภาพ

(1) Throughput

(2) ความล่าช้าในการส่ง (Transit delay)

(3) ความสมบูรณ์ของข่าวสาร (Information Integrity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) อัตราผิดพลาดที่เหลืออยู่ (Residual Error Rate)

พารามิเตอร์ QoS ที่แสดงความผิดพลาดของเฟรม

(1) ความผิดพลาดในการส่งเฟรม

(2) การนำส่งเฟรมที่คัดลอก

(3) การนำส่งเฟรมที่ออกนอกลำดับ

(4) การสูญเสียเฟรม

(5) การไม่นำส่งเฟรม

พารามิเตอร์ QoS ที่แสดงประสิทธิภาพของ VC

(1) ความล่าช้าในการก่อตั้งสวิตช์ VC

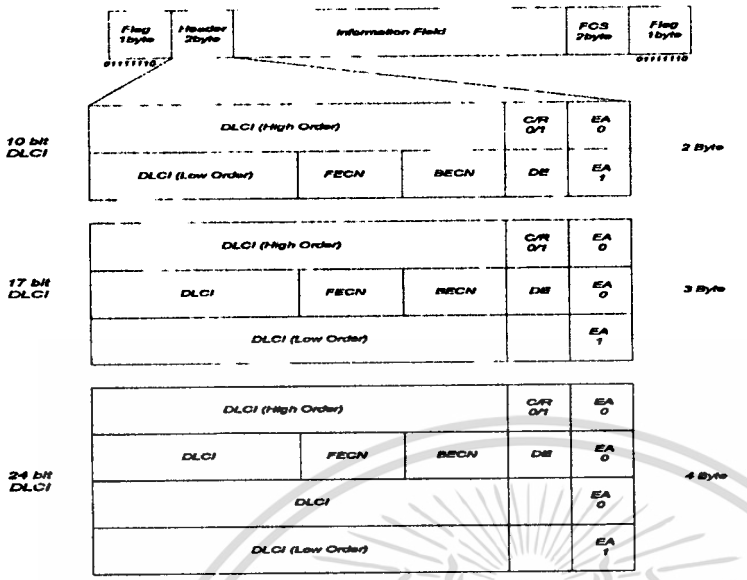
(2) ความล้มเหลวในการติดต่อของการก่อตั้งสวิตช์ VC

(3) การหยุดเชื่อมต่อก่อนกำหนด

(4) ความล้มเหลวการยกเลิกสวิตช์ VC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 โครงสร้างพื้นฐานของเฟรมรีเลย์



FCS : Frame Check Sequence.

EA : Address Extension Bit

C/R : Command / Response

DE : Discard Eligibility Bit

FECN : Forward Explicit Congestion Notification Identifier

BECN : Backward Explicit Congestion Notification Identifier

DLCI : Data Link Connection Notification Identifier

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเฟรมรีเลย์และรูปแบบของเฟรม

จากรูปที่ 2.1 ขนาดของฟิลด์เฮดเดอร์ มี 3 แบบคือ 2 ไบต์ 3 ไบต์ และ 4 ไบต์ และขนาดของ DLCI จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของฟิลด์เฮดเดอร์ คือ DLCI 10 บิต DLCI 17 บิต และ DLCI 24 บิต

2.1.1.1 ฟิลด์ แฟลก

ใช้สำหรับจำแนกชนิดของเฟรม โดยบิตของแฟลกจะมีรูปแบบเป็น 01111110 เช่นเดียวกับแฟลก HDLC วิธีการใส่บิตศูนย์และเทคนิคการลบบิตทิ้งจะถูกนำมาใช้เมื่อแฟลกมีโครงสร้างไม่ถูกต้อง การเข้าถึงอุปกรณ์ของเฟรมรีเลย์คือ การส่งข้อมูลในการเปิดและปิดแฟลกของเฟรม ซึ่งเฟรมรีเลย์จะใส่บิตศูนย์เข้าไป หลังจากมีบิต 1 ติดต่อกัน 5 อันดับในกรณีที่แฟลกไม่ถูกต้อง และที่ปลายทางด้านรับจะทำการดึงบิตศูนย์ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 บิต DLCI

ใช้แสดงกลไกทางตำแหน่งของเฟรมรีเลย์ ซึ่ง DLCI 10 บิตจะประกอบอยู่ในไบต์ (หรือ octet) ที่ 2 ของเฟรมขนาด 6 บิต และในไบต์ที่ 3 ของเฟรมขนาด 4 บิต บิตที่เพิ่มเติมขึ้นอยู่กับบิต EA ในการทำการขยายขนาดของบิตจากขนาด 10 บิต (1024 ตำแหน่ง) สามารถทำได้เป็นขนาด 16 บิต (65,536 ตำแหน่งต่อ 3 ไบต์) หรือขนาด 23 บิต (8,388,608 ตำแหน่งต่อ 4 ไบต์)

ภายใต้ข้อกำหนดของ ITU – T Q.931 / ANSI T.16 fr (สำหรับ DLCI ขนาด 10 บิต) ค่า DLCI 0 ใช้สำหรับช่องสัญญาณควบคุมการติดต่อและมีความเหมาะสมกับการต่อแบบ Switched Virtual Connection (SVC)

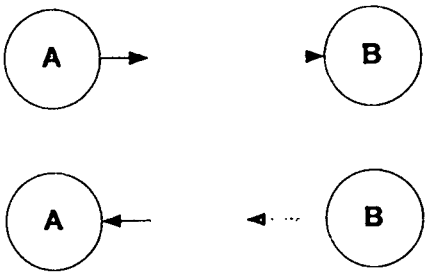
ค่า DLCI 1-15 และ DLCI 1008-1022 สำรองไว้ใช้งานในอนาคต และในส่วนของค่า DLCI ที่1023 ใช้สำหรับการสื่อสารแบบ Local Management Interface (LMI) ซึ่งค่า DLCI 16 – 1007 ใช้สำหรับการต่อเฟรมรีเลย์แบบ Permanent Virtual Connection (PVC) รายละเอียดทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 2.2 การกำหนดค่า DLCI ขนาด 10 บิต

หมายเลข DLCI	ข้อกำหนดในการใช้งาน
0	ทำการส่งสัญญาณควบคุมการติดต่อและการเชื่อมโยงเฟรมรีเลย์แบบ SVC
1 – 15	สำรองไว้ใช้งานในอนาคต
16 – 1007	กำหนดค่าการเชื่อมต่อทางลอจิกของผู้ใช้โครงข่ายแบบ PVC
1008 – 1022	สำรองไว้ใช้งานในอนาคต
(1019 – 1022)	นำไปใช้ในการให้บริการแบบ multi cast
1023	ทำการควบคุมแบบ LMI

จากตารางที่ 1.2 ที่ค่า DLCI 1023 ถ้า LMI ถูกกำหนดให้เป็น 1 แสดงว่าเฟรมรีเลย์ยอมให้สามารถทำหน้าที่อื่นได้ เช่น multicast ซึ่งกลุ่มของการให้บริการแบบ multicast ได้มีการเผื่อค่า DLCI ไว้ 4 ค่า คือ 1019 – 1022 โดยค่า LMI multicast นี้ใช้สำหรับการแจ้งผู้ใช้อุปกรณ์ปลายทางให้มีการเพิ่ม – การลด และการแสดงกลุ่มของ multicast

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ทิศทางของการแจ้งความคับคั่ง

2.1.1.3 บิต BECN และ FECN

บิต BECN ถูกกำหนดขึ้นจากความคับคั่งในโครงข่ายที่แจ้งไปยังอุปกรณ์เฟรมรีเลย์ ซึ่งเป็นวิธีการเริ่มต้นในการหลีกเลี่ยงความคับคั่ง เมื่อเกิดความคับคั่งโครงข่ายจะยอมรับเงื่อนไขที่เกิดขึ้นและมีการกำหนดบิต FECN เมื่ออุปกรณ์ด้านรับของเฟรมรีเลย์ตรวจพบบิต FECN ที่กำหนดโดยการเชื่อมต่อแบบ PVC อุปกรณ์เฟรมรีเลย์จะทำการกำหนดบิต BECN ของเฟรมที่ส่งมายังด้านรับกลับไปยังด้านส่งเพื่อแจ้งให้ทราบว่าในโครงข่ายเกิดความคับคั่ง

สำหรับการต่อเฟรมรีเลย์มี 2 ทิศทางคือ จาก A ไป B และจาก B ไป A ความต้องการทราฟฟิกจากด้าน A ไปด้าน B ไม่ขึ้นอยู่กับความต้องการของทราฟฟิกจากด้าน B ไป A ดังรูปที่ 2 .2

ถ้า A เป็นจุดต่อและ B เป็นโฮสต์ (Host) การจัดการจากด้าน A ไปด้าน B จะน้อยมาก เนื่องจากข่าวสารส่วนใหญ่จะโอนถ่ายจากด้าน B ไปด้าน A ดังนั้นการนำพาของเฟรมจาก A ไป B จะไม่พบความคับคั่งของโครงข่าย ขณะที่การเดินทางจาก B ไป A อาจพบความคับคั่งขึ้น

ตารางที่ 2.3 สถานะบิตของ FECN และ BECN

สถานะ	ช่องทาง	FECN	BECN
• ไม่มีความคับคั่ง	A→B	0	0
	B→A	0	0
• มีความคับคั่งจาก A→B และ B→A	A→B	1	1
	B→A	1	1
• มีความคับคั่งจาก A→B และไม่มีความ	A→B	1	0
คับคั่งจาก B→A	B→A	0	1
• ไม่มีความความคับคั่งจาก A→B และมี	A→B	0	1
ความคับคั่งจาก B→A	B→A	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.3 ถ้าไม่มีความคับคั่งในโครงข่ายบิต FECN หรือ BECN อันใดอันหนึ่งจะถูกกำหนดขึ้นโดย PVC ถ้าเกิดความคับคั่งในโครงข่ายทั้งสองทิศทาง บิต FECN และ BECN จะถูกกำหนดขึ้น สถานที่แสดงในตารางที่ 2.3 คือ เมื่อมีความคับคั่งในทิศทาง A ไป B และไม่มีความคับคั่งในทิศทาง B ไป A บิต FECN จะถูกกำหนดขึ้นในทิศทางจาก A ไป B เพื่อทำการแจ้งสถานะความคับคั่งในโครงข่ายกับอุปกรณ์ปลายทางเฟรมรีเลย์ที่จุด B และบิต BECN จะถูกกำหนดขึ้นในทิศทางจาก B ไป A สำหรับทำการส่งเฟรมกลับไปที่จุด A เพื่อแจ้งให้ต้นทาง A ทราบว่าเกิดความคับคั่งขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งในทิศทางจาก A ไป B เช่นเดียวกันถ้าเกิดความคับคั่งในทิศทาง B ไป A และไม่มีความคับคั่งจาก A ไป B บิต FECN=1 จะทำการแจ้งสถานะความคับคั่งในโครงข่ายกับอุปกรณ์ปลายทางเฟรมรีเลย์ที่จุด A สำหรับการเกิดความคับคั่งในทิศทางจาก B ไป A และบิต BECN=1 จะทำการแจ้งกับต้นทาง B ว่าเกิดการคับคั่งขึ้นในโครงข่ายเมื่อมีการส่งข้อมูล

2.1.1.4 บิต DE

บิตDE (Discard Eligibility) ใช้แสดงสถานะการสละเฟรมทิ้งเมื่อเกิดความคับคั่งในโครงข่าย ซึ่งโครงข่ายเฟรมรีเลย์จะทำการสละเฟรมทิ้งเมื่อบิต DE=1 โดยโครงข่ายเกิดความคับคั่งและไม่สามารถส่งข่าวสารได้

2.1.1.5 บิต EA

บิตEA (Extended Address) เป็นบิตในตำแหน่งที่ 1 ของแต่ละไบต์ของฟิลด์เฮดเดอร์ เมื่อ EA=0 แสดงว่าจะมีไบต์อื่น ๆ ต่อจากไบต์นี้ และ EA=1 แสดงว่าไบต์นี้เป็นไบต์สุดท้ายในเฮดเดอร์ไม่มีไบต์อื่นๆ อีก (EA=0 เป็นไบต์เริ่มต้น และ EA=1 เป็นไบต์สุดท้าย)

2.1.1.6 บิต C / R

บิต C/R (Command / Response) ไม่ถูกนำมาใช้ในโปรโตคอลดาต้าลิงค์ของ OSI ของเฟรมรีเลย์ และอาจถูกกำหนดให้เป็นได้ทั้ง 0 หรือ 1 ที่อุปกรณ์เฟรมรีเลย์ เมื่อบิต C/R=0 แสดงถึงเป็นเฟรมคำสั่ง (Command frame) และเมื่อบิต C/R=1 แสดงถึงเป็นเฟรมตอบสนอง (Response frame) ซึ่งบิต C/R จะถูกนำพาไปโดยโครงข่ายเฟรมรีเลย์

2.1.1.7 ฟิลด์ FCS

ฟิลด์FCS (Frame Check Sequence) มีขนาด 2 ไบต์ที่อยู่ระหว่างฟิลด์ข้อมูลและฟิลด์แฟลก โดยใช้มาตรฐานการตรวจสอบ CRC (Cyclic Redundancy Checking) แบบโพลิโนเมียลที่กำหนดโดย ITU – T ซึ่ง FCS จะมีการคำนวณอุปกรณ์เฟรมรีเลย์ต้นทาง และทำการคำนวณใหม่ ที่อุปกรณ์เฟรมรีเลย์ปลายทาง ถ้าการคำนวณทั้งสองด้านไม่สอดคล้องกันเฟรมจะถูกสละทิ้ง และโครงข่ายเฟรมรีเลย์สามารถทำได้อีกที่เลเยอร์โปรโตคอลสูงขึ้นถ้ามีความต้องการ และ FCS สามารถทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบเฟรมที่เกิดความเสียหายระหว่างการส่ง และอุปกรณ์เฟรมรีเลย์จะไม่ส่งเฟรมที่เสียไปในโครงข่าย

2.1.1.8 ฟิลด์ ข่าวสาร

ฟิลด์ข่าวสาร (Information Field) เป็นพื้นที่ของเฟรมสำหรับส่งข้อมูล ซึ่งขนาดของเฟรมสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของ DTE (Data Terminal Equipment) และการสื่อสารแบบ LMI ขนาดของฟิลด์ข่าวสารอาจใช้แบบ 256 ไบต์ หรือ 512 ไบต์ และบางโครงข่ายอาจใช้ถึง 4,096 ไบต์ การกำหนดการส่งข้อมูลจะใช้บิต DLCI ที่ตำแหน่ง 1023 สำหรับการสื่อสารแบบ LMI ดังนั้นในการส่งข้อมูลต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับค่าบิต DLCI ที่กำหนดไว้ในฟิลด์เฮดเดอร์ด้วยเช่นกัน

2.1.2 พารามิเตอร์การให้บริการของเฟรมรีเลย์

สำหรับมาตรฐานของเฟรมรีเลย์ได้กำหนดพารามิเตอร์หลักเพื่อตรวจสอบคุณภาพของการให้บริการ (QoS) สำหรับผู้ให้บริการโครงข่ายเฟรมรีเลย์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ อุปกรณ์ปลายทางพารามิเตอร์หลักของการให้บริการเฟรมรีเลย์ ประกอบด้วย

2.1.2.1 CIR

CIR (Committed Information Rate) คืออัตราการโอนถ่ายข้อมูลต่ำสุด หน่วยเป็นบิต/วินาที (bps) ซึ่งเป็นการยืนยันสมรรถนะของการเชื่อมต่อโครงข่ายแบบ PVC พารามิเตอร์ CIR ใช้วัดค่าเฉลี่ยของการส่งข้อมูล เช่น เมื่อพิจารณามาตรฐานการส่งข้อมูล T1(1.544Mbps) สำหรับการให้บริการของอุปกรณ์เฟรมรีเลย์ ถ้าค่า CIR = 256 kbps หมายถึง ผู้ใช้อุปกรณ์เฟรมรีเลย์ไม่สามารถส่งข้อมูลได้เกิน 256 kbit ในเวลา 1 วินาที หรือ 512 kbit ในเวลา 2 วินาที

2.1.2.2 Bc

Bc (Committed Burst Size) คือจำนวนบิตสูงสุดที่โครงข่ายยืนยันว่าสามารถส่งได้ในช่วงเวลาเฉลี่ยที่ใช้

2.1.2.3 Be

Be (Excess Burst Size) คือจำนวนบิตสูงสุดที่เกินค่า Bc ซึ่งโครงข่ายพยายามส่งในช่วงเวลาเฉลี่ยที่ใช้และไม่สามารถยืนยันการส่งได้ โดยความน่าจะเป็นในการส่งผ่านโครงข่ายได้จะน้อยกว่า

2.1.2.4 Tc

Tc (Committed Rate Measurement Interval) คือช่วงเวลาที่ผู้ใช้สามารถทำการส่งข้อมูลที่มี Bc ได้รับตามที่ต้องการและรวมถึงจำนวนข้อมูลที่มีค่า Be เกินกว่า Bc ด้วยเช่นกัน ซึ่ง Tc คำนวณได้จาก Tc = Bc / CIR [1],[2].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โครงสร้างของโครงข่าย ATM

โครงข่ายATM (Asynchronous Transfer Mode) เป็นโครงข่ายที่ให้บริการในเทคโนโลยีเสียง สัญญาณภาพ วีดีโอ และข้อมูลต่าง ๆ ที่หลากหลายหรือเรียกว่า มัลติมีเดีย ข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปแบบมัลติมีเดียจะเป็นแพ็คเกจที่มีขนาดของข้อมูลคงที่เรียกว่า เซล (Cell) เมื่อผ่านโครงข่ายสวิตชิ่ง ATM ที่เป็นแบบอะซิงโครนัส

การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสของATM คือโครงข่ายATMจะทำการเชื่อมโยงสัญญาณทางลอจิกแบบ Connection – Oriented คือมีการกำหนดตำแหน่งปลายทางของเซลที่ผ่านสวิตช์ ATM โดยใช้ตารางกำหนดการเชื่อมโยง และใช้วงจรเชื่อมโยงแบบ Virtual Circuit (วงจรเสมือน)

วงจรเชื่อมโยงแบบ Virtual Circuit แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

เส้นทางเสมือน (Virtual path : VP) เป็นการเชื่อมต่อทางกายภาพระหว่างโหนด 2 โหนด ซึ่งในการเชื่อมต่อของVP เรียกว่า VPC (Virtual Path Connection) และการแสดงถึงตำแหน่งของ VP คือ VPI (Virtual Path Identified)

ช่องสัญญาณเสมือน (Virtual Channel VC) เป็นการเชื่อมต่อสัญญาณทางลอจิก ซึ่งในการเชื่อมต่อของ VC เรียกว่า VCC (Virtual Channel Connection) และการกำหนดการเชื่อมต่อของ VC แสดงโดย VCI (Virtual Channel Identified)

ในการเชื่อมต่อทางกายภาพของ VP มีการแบ่ง VC ออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่ง VP หนึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 65,535 VC

2.2.1 เลเยอร์ ATM

ในการรับ – ส่งเซล ATM ของเลเยอร์ Physical เป็นกระบวนการของเลเยอร์ ATM โดยที่ปลายทางของเลเยอร์ ATM จะทำการควบคุมการไหลของเซล การมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์ที่โหนดของโครงข่าย ATM นั้น เลเยอร์ ATM จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ของเซล

หน้าที่ของเลเยอร์ ATM

2.2.1.1 ยินยอมให้มีการควบคุมการเชื่อมโยง (Connection Admission Control : CAC)

2.2.1.2 ทำการสร้างเซล รับเซล และการทำให้เฮดเดอร์ถูกต้องสมบูรณ์

2.2.1.3 ทำการแยกแยะชนิดของเซลข่าวสาร

2.2.1.4 ทำการส่งต่อเซล ทำการคัดลอกและส่งไปโดยใช้ VPI / VCI

2.2.1.5 ทำการมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์โดยใช้ VPI / VCI

2.2.1.6 ใช้กระบวนการตรวจสอบความสำคัญต่ำสุดของเซล (CLP)

2.2.1.7 มีการใช้พารามิเตอร์ควบคุม (Usage Parameter Control : UPC)

2.2.1.8 ทำการรองรับ QoS แบบหลายระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

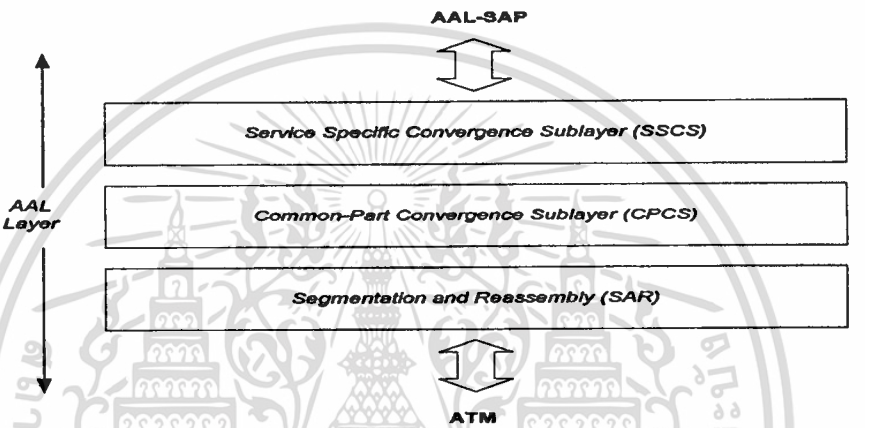
2.2.1.9 ควบคุมการไหลทั่ว ๆ ไป (Generic Flow Control : GFC)

2.2.1.10 ทำการควบคุมแบบป้อนกลับผ่านการทำงาน และการดูแลรักษา (Operation and Maintenance: OAM)

2.2.1.11 แสดงการคับคั่งทางด้านส่ง (EFCI)

2.2.2 เลเยอร์ AAL (ATM Adaptation Layer)

เลเยอร์ AAL สามารถแบ่งออกเป็นเลเยอร์ย่อย SAR (Segment and Reassembly) และเลเยอร์ย่อย CS (Convergence Sublayer) ซึ่งโครงสร้างของเลเยอร์ AAL แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของเลเยอร์ ATM

โครงสร้างของ AAL มี 5 ชนิดได้แก่

AAL0 เป็นชนิดที่ไม่มีนำมาใช้งาน

AAL1 นำมาใช้สำหรับทราฟฟิคคลาส A (Constant bit rate)

AAL2 เป็นชนิดที่เตรียมไว้สำหรับการให้บริการของทราฟฟิกคลาส B (Variable bit rate) ซึ่งไม่มีกำหนดไว้ในมาตรฐาน

AAL3/4 นำมาใช้สำหรับการบริการของทราฟฟิกคลาส C และ D ซึ่งเป็นการรวมกันระหว่าง AAL3และ 4 ที่มีหน้าที่การใช้งานที่ซับซ้อน

AAL5 นำมาใช้สำหรับการบริการของทราฟฟิกคลาส C และ D ที่ง่ายต่อการใช้งาน

2.2.2.1 ระดับการให้บริการของเลเยอร์ AAL

ตามมาตรฐาน ITU-T ได้มีการกำหนดทราฟฟิกของโครงข่าย ATM ออกเป็น 4 ชนิด ซึ่งสรุปไว้ในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 คลาสการให้บริการของเลเยอร์ AAL

คลาส	คลาส A	คลาส B	คลาส C	คลาส D
Bit Rate	CBR	VBR	VBR	VBR
โหมดของการเชื่อมต่อ	Connection - Oriented	Connection - Oriented	Connection - Oriented	Connection - Less
การให้บริการ	Circuit Emulation	Video, Voice Multimedia	โอนถ่ายข้อมูลr	โอนถ่ายข้อมูล
ชนิดของ AAL	AAL 1	AAL 2	AAL 5	AAL ¾

จากรูปที่ 2.3 เลเยอร์ย่อย SSCS มีหน้าที่สำหรับเพิ่มการให้บริการเพิ่มเติมตามความต้องการของโครงข่าย เลเยอร์ย่อย CPCS ทำการสร้างส่วนเฮดเดอร์ และส่วนท้ายของเฟรมเพิ่มเติมจากเฟรมข้อมูลข่าวสารเพื่อรองรับความสมบูรณ์ของเฟรม และเลเยอร์ย่อย SAR จะทำการเปลี่ยนเฟรม CPCS เป็นเซล ATM ขนาด48ไบต์ ในส่วนของ SAP มีหน้าที่ในการอินเทอร์เฟสระหว่างโปรโตคอล ซึ่งจะถูกกำหนดขึ้นมาในโปรโตคอลของATM ถ้ามีความต้องการ แต่สำหรับ SAP ของเฟรมรีเลย์ได้ถูกกำหนดไว้เป็นหน้าที่อย่างหนึ่งในการอินเตอร์เฟสระหว่างโปรโตคอลซึ่งจะไม่ถูกกำหนดขึ้นมาในโปรโตคอลของเฟรมรีเลย์

ข้อมูลที่ไหลผ่านเลเยอร์ย่อยของ AAL แต่ละจุดจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันดังนี้

Service Data Unit (SDU) เป็นข้อมูลที่ปรากฏระหว่างการอินเทอร์เฟสของเลเยอร์ย่อยกับเลเยอร์ที่ผ่านมา ข้อมูลที่ปรากฏที่จุด SAP เรียกว่า AAL – PDU

Interface Data Unit (IDU) ที่ SDU นั้นอาจมีการถูกแบ่งออกเป็นหลายๆบล็อคข้อมูลของการอินเทอร์เฟส และส่วนย่อย ๆ นี้เรียกว่า IDU

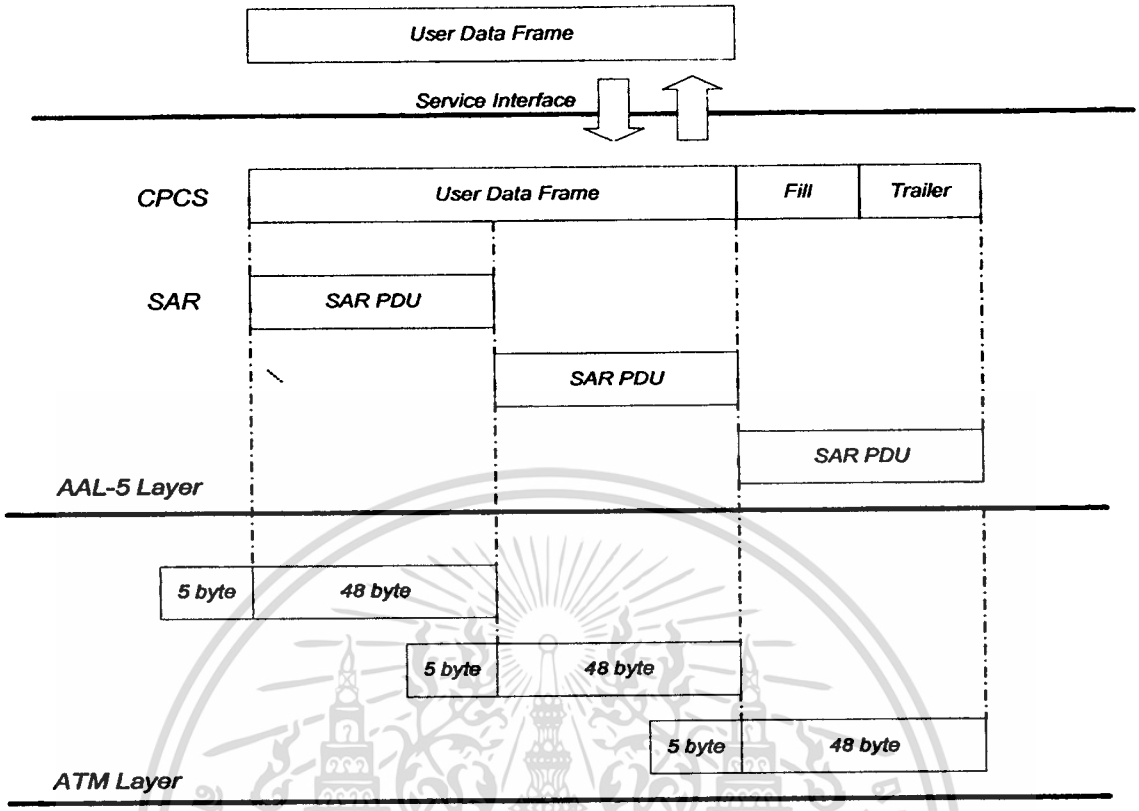
Protocol Data Unit (PDU) เป็นข้อมูลที่ปรากฏระหว่างการอินเทอร์เฟสของเลเยอร์ย่อยที่พิจารณาถึงกับเลเยอร์ย่อยถัดไป

เมื่อกระบวนการของการส่งข้อมูลผ่านเลเยอร์ย่อยCPCS จะมีการเรียกว่า **CPCS – PDU** เนื่องจากมีขั้นตอนการบรรจุโปรโตคอลของข้อมูลข่าวสาร เมื่อข้อมูลผ่านเลเยอร์ย่อย SAR จะถูกเรียกว่า **SAR – SDU** และเมื่อถูกแบ่งออกเป็นเซลขนาด 48 ไบต์ จะถูกเรียกว่า **SAR – PDU**

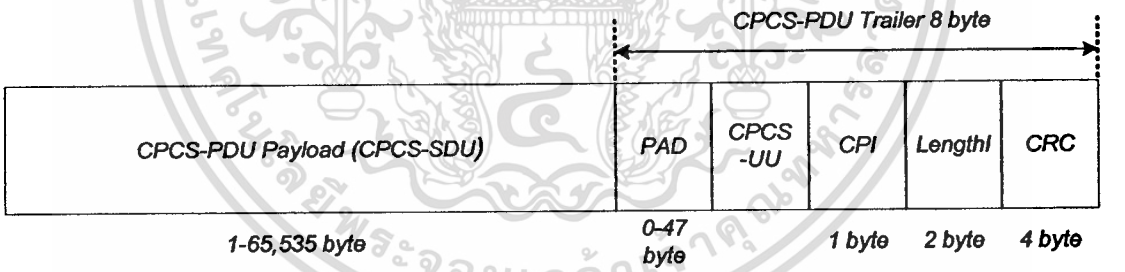
เมื่อข้อมูลผ่านเลเยอร์ATMจะถูกเรียกว่า **ATM – SDU** และเมื่อมีการเพิ่มเฮดเดอร์ส่วนหัวเข้าไปยังฟิลด์ข่าวสาร ข้อมูลจะถูกเรียกว่า **ATM – PDU**

ในการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างโครงข่ายเฟรมรีเลย์กับโครงข่ายATMเป็นการเชื่อมต่อแบบ Connection – Oriented ซึ่งเป็นการให้บริการในคลาส C ดังนั้นจึงใช้เลเยอร์ย่อย AAL โดยมีการทำงานดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การทำงานของ AAL – 5



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของ AAL – 5 CPCS - PDU

จากรูปที่ 2.5 สามารถอธิบายส่วนต่าง ๆ ของ CPCS ดังนี้

CPCS – PDU Payload คือส่วนบรรจุข่าวสารที่มีขนาดสูงสุด 65,535 ไบต์

Pad คือส่วนที่ใส่เข้าไประหว่างเฟรมข้อมูลและส่วนปิดท้ายเฟรม ซึ่งในส่วนปิดท้ายเฟรมจะช่วยจัดระยะการแบ่งเฟรมออกเป็นเซลย่อยขนาด 48 ไบต์

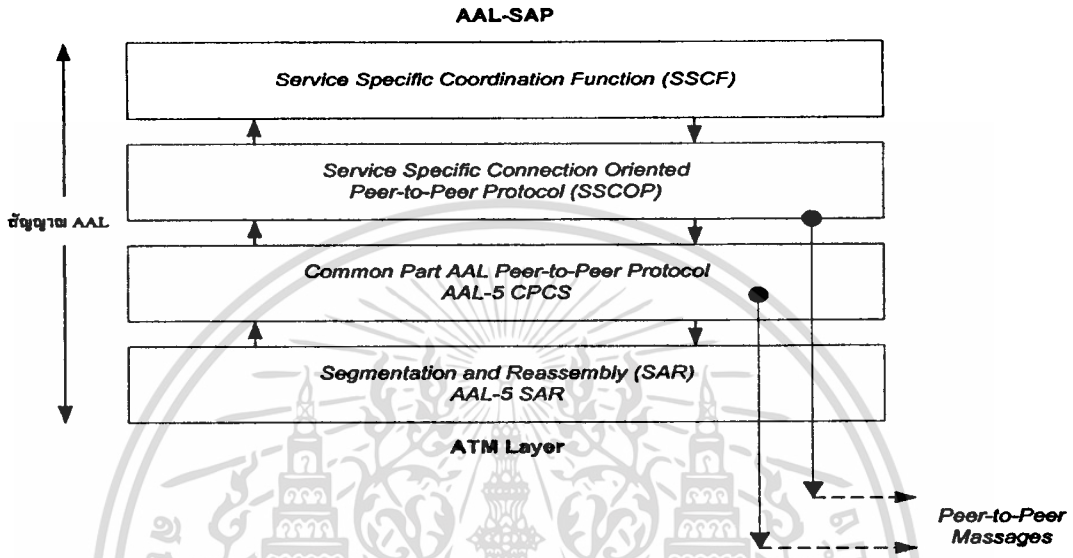
CPCU – UU (CPCS – User to User Indication) ทำหน้าที่เป็นส่วนติดต่อสื่อสารจากCPCS ไปยังเลเยอร์ย่อยอื่น ๆ

CPI (Common Part Indicator) ปกติจะไม่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Length เป็นฟิลด์สำคัญที่บ่งบอกถึงจำนวนข้อมูลที่รับเป็น CPCS – SDU และจำนวนของ Pad รวมทั้งการตรวจสอบการสูญเสียของเซลเมื่อถูกส่งออกไป

CRC (Cyclic Redundancy Check) ฟิลด์นี้จะใช้ตรวจสอบความถูกต้องของ CPCS – PDU ทั้งหมด ยกเว้นฟิลด์ตัวเอง



รูปที่ 2.6 สัญญาณ AAL

จากรูปที่ 2.6 SSCF ทำหน้าที่สำรวจการบริการของ SSCOP ตามความต้องการของสัญญาณ SSCF ส่วน SSCOP ทำหน้าที่ในการโอนถ่าย SDU ที่มีขนาดไม่แน่นอน สามารถเปลี่ยนแปลงได้และทำการค้นหาการสูญเสียหรือการเสียหายที่เกิดขึ้นของ SDUโดยทำการส่งใหม่

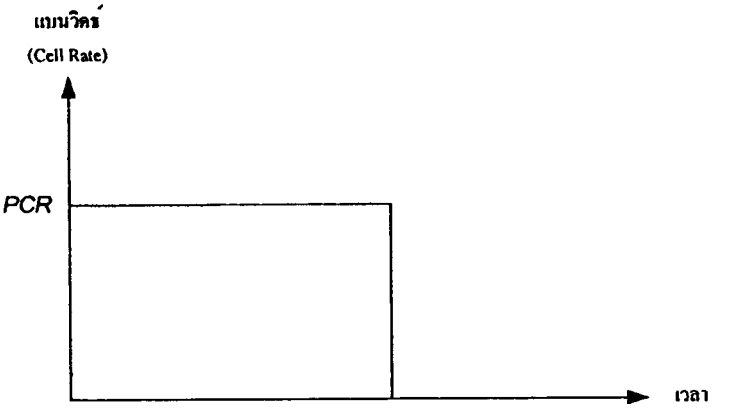
2.2.3 ชนิดของทราฟฟิคในการให้บริการ

2.2.3.1 CBR (Constant Bit Rate)

ทราฟฟิก CBR แสดงถึงทราฟฟิกใช้งานจริง เช่น เสียง ภาพ และการส่งแบบซิงโครนัส เช่น ทราฟฟิก T1 ส่งผ่านโครงข่าย ATM จะถูกเรียกว่า Circuit Emulation Service (CES) พารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการวัดระดับทราฟฟิก CBR คือ PCR (Peak Cell Rate) และใช้พารามิเตอร์ CLP (Cell Loss Priority) ซึ่งแสดงถึงลักษณะของเซล เช่น CLP = 1 แสดงถึงการสละเซลทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.7 ทราฟฟิกแบบ CBR

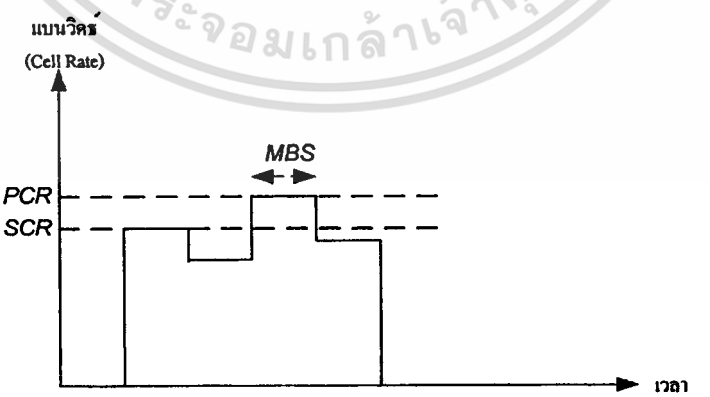
2.2.3.2 VBR (Variable Bit Rate)

ทราฟฟิกของ VBR จะให้บริการส่งเซลเป็นช่วง ๆ (burst) และมีแบนด์วิธที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่ง VBR แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.2.3.3 rt –VBR (Real Time VBR) คือ การใช้ทราฟฟิกขณะทำงานจริงและมีความไวต่อการเกิดความล่าช้าขึ้นเช่น การอัดเสียง ทราฟฟิกภาพ MPEG

2.2.3.4 nrt –VBR (Non Real Time VBR) เป็นทราฟฟิกที่ยอมให้เกิดความล่าช้าขึ้นได้มากกว่าแบบ rt – VBR แต่ต้องการค่า CLR (Cell Loss Ratio) ต่ำ เช่น การประชุมทางวีดีโอ

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับทราฟฟิกแบบ VBR คือPCR (Peak Cell Rate), SCR (Sustained Cell Rate) และ MBS (Maximum Burst Size) สำหรับทราฟฟิกแบบ rt –VBR จะมีพารามิเตอร์เพิ่มเติมคือ CTD (Cell Transfer Delay)



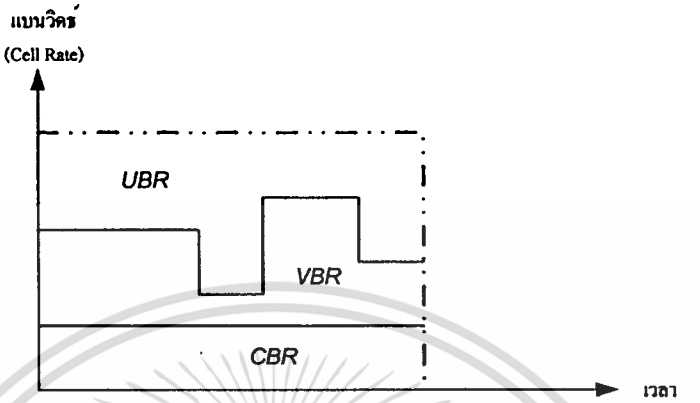
รูปที่ 2.8 ทราฟฟิกแบบ VBR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51100

2.2.3.5 UBR (Unspecified Bit Rate)

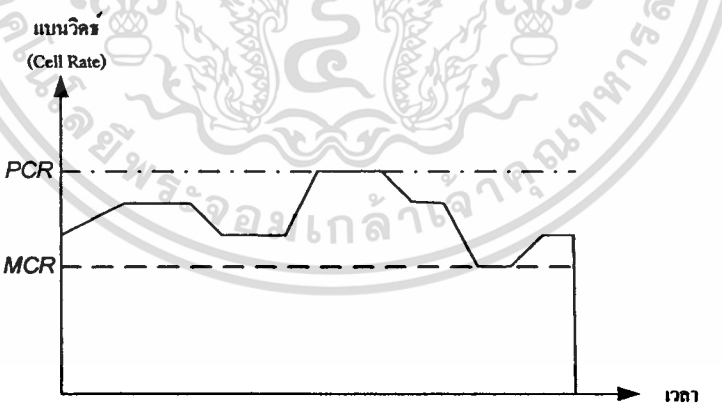
UBR เป็นทราฟฟิกที่นำมาใช้กับระบบ LAN ซึ่งการส่งเซลจะไม่มีการยืนยันจากโครงข่าย ATM และไม่มีพารามิเตอร์สำหรับทราฟิก



รูปที่ 2.9 ทราฟฟิกแบบ UBR

2.2.3.6 ABR (Available Bit Rate)

ทราฟฟิกแบบ ABR ประกอบด้วยพารามิเตอร์ของ MCR (Minimum Cell Rate) และ PCR ซึ่งพื้นที่ระหว่าง MCR และ PCR เรียกว่า ACR (Allowed Cell Rate) และ ACR มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอขึ้นอยู่กับสภาวะของโครงข่าย



รูปที่ 2.10 ทราฟฟิกแบบ ABR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ชนิดของทราฟฟิกสำหรับการใช้งานส่งข้อมูลต่าง ๆ

ชนิดของทราฟฟิก	CBR	UBR	Rt - VBR	Nrt - VBR	ABR
- ข้อมูลข่าวสาร	ใช้	ใช้	ใช้	ใช้	ใช้
- การบีบอัดเสียง - การบีบอัดวีดีโอ (MPEG)	ใช้	-	ใช้	-	-
- เสียง , วีดีโอ	ใช้	-	-	-	-

จากตารางที่ 2.5 แสดงถึงพารามิเตอร์ซึ่งกำหนดไว้สำหรับการให้บริการแบบต่าง ๆ โดยการให้บริการของสัญญาณเสียงและวีดีโอ ต้องการพารามิเตอร์ของคุณภาพการให้บริการ (QoS) ที่กำหนดไว้สำหรับทราฟฟิก CBR และ rt – VBR การให้บริการข้อมูลต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานบางครั้งอาจมีความต้องการหรือไม่ต้องการพารามิเตอร์ QOS

2.2.4 พารามิเตอร์สำหรับคุณภาพการให้บริการ (QoS)

พารามิเตอร์ QoS สำหรับเลเยอร์ ATM ถูกกำหนดขึ้นเพื่ออธิบายถึงประสิทธิภาพในการเชื่อมต่อจากปลายทางด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง (End – to – End) โดยที่สมรรถนะการเชื่อมต่อแบบ End – to – End คือ การแสดงถึงสมรรถนะทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโครงข่าย ซึ่งอาจประกอบไปด้วย

(1) QoS แบบ End – to – End

(2) QoS ของโครงข่ายสาธารณะ (Public Network)

(3) QoS สำหรับโครงข่ายส่วนตัว (Private Network)

(4) QoS ของโหนดสวิตชิ่ง

พารามิเตอร์ QOS ที่ใช้สำหรับวัดสมรรถนะ ของโครงข่ายในการเชื่อมต่อมี 6 ชนิด ซึ่งแบ่งออกเป็น

(1) CLR (Cell Loss Ratio)

(2) Max – CTD (Maximum Cell Transfer Delay)

(3) P2P – CDV (Peak – to – Peak Cell Delay Variation)

พารามิเตอร์ที่ไม่มีส่วนร่วมในการติดต่อทราฟฟิก คือ

(4) CER (Cell Error Radio)

(5) SE CBR (Severely Error Cell Block Ratio)

(6) CMR (Cell Misinsertion Rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.1 CLR (Cell Loss Ratio)

พารามิเตอร์ CLR เกิดจากการใช้บัฟเฟอร์เกิดขีดจำกัด เนื่องจากมีการได้รับช่วงระยะของเซลจากหลาย ๆ แหล่งจ่ายที่ตรงกันและพร้อมกัน โดยอาจมีผลมาจากการจัดลำดับการเข้าแถวรอคอย (Queuing Strategies) และ CAC (Connection Admission Control) การสูญเสียของเซลอาจปรากฏในช่วงที่มีอุปกรณ์ในโครงข่ายบางจุดไม่สามารถทำงานได้ และเกิดจากการใช้สวิตช์ป้องกัน ซึ่งพารามิเตอร์ CLR สามารถกำหนดได้จาก

$$CLR = \frac{\text{เซลที่สูญเสียไป}}{\text{เซลทั้งหมดที่ส่งผ่านโครงข่าย}} \qquad (2.1)$$

เมื่อเซลที่สูญเสียไปประกอบด้วย

(1) จำนวนของเซลที่ไปไม่ถึงปลายทาง

(2) จำนวนของเซลที่ได้รับโดยค่าที่เฮดเดอร์ไม่ถูกต้อง

(3) จำนวนของเซลที่บรรจุข่าวสารไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดความผิดพลาด

จำนวนเซลที่ส่งไปทั้งหมด คือ จำนวนเซลทั้งหมดที่เป็นไปตามภาวะที่ถูกส่งออกไปในช่วงเวลาหนึ่ง

พารามิเตอร์ CLR ไม่ได้อธิบายถึงเซลที่ไม่เป็นไปตามพารามิเตอร์ ในการอธิบายทราฟฟิก (Traffic descriptors) ช่วงเวลาที่ใช้วัดทราฟฟิกจะไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน แต่โดยทั่วไปจะอ้างถึงระยะเวลาในการเชื่อมต่อ พารามิเตอร์ CLR สามารถวัดที่เซลใดเซลหนึ่ง (โดย CLP = 0) หรือทุกเซลรวมกัน (CLP = 0 และ CLP = 1)

พารามิเตอร์ที่แสดงถึงความล่าช้าของโครงข่าย

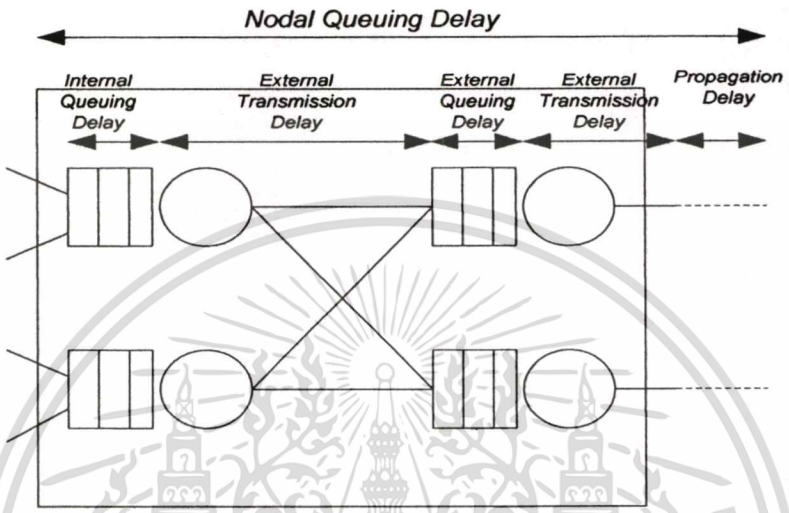
การวัดค่า CTD (Cell Transfer Delay) กำหนดจากเวลาที่ผ่านไประหว่างการเปลี่ยนแปลงของเวลาในการสร้างเซลที่ต้นทางกับเซลที่ได้รับปลายทาง สำหรับการเชื่อมต่อของโครงข่าย ความล่าช้าที่เกิดจากการส่งผ่านสายส่งหรือความล่าช้าจากการแพร่กระจายคลื่น จะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดค่า CTD ซึ่งโดยปกติสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าจะเดินทางในช่วง 0.2 – 0.6 เท่าของความเร็วแสง โดยความล่าช้าจากการแพร่กระจายคลื่นคำนวณได้จาก

ความล่าช้าจากการแพร่กระจายคลื่น = แฟคเตอร์ในการเดินทางของสัญญาณ x ความเร็วแสง (2.2)

เมื่อ $0.2 <$ แฟคเตอร์ในการเดินทางของสัญญาณ < 0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากคุณสมบัติการมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติของ ATM และความล่าช้าจากการเข้าแถวรอคอยจึงมีการเปลี่ยนแปลงจากหนึ่งเซลไปยังอีกหลาย ๆ เซล ทำให้สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงที่ความล่าช้าของเซลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะอ้างถึงพารามิเตอร์ CDV (Cell Delay Variation) และค่า CDV ที่สามารถยอมรับได้ เรียกว่า CDVT (Cell Delay Variation Tolerance)



รูปที่ 2.11 องค์ประกอบของ CTD

2.2.4.2 Max – CTD (Maximum Cell Transfer Delay)

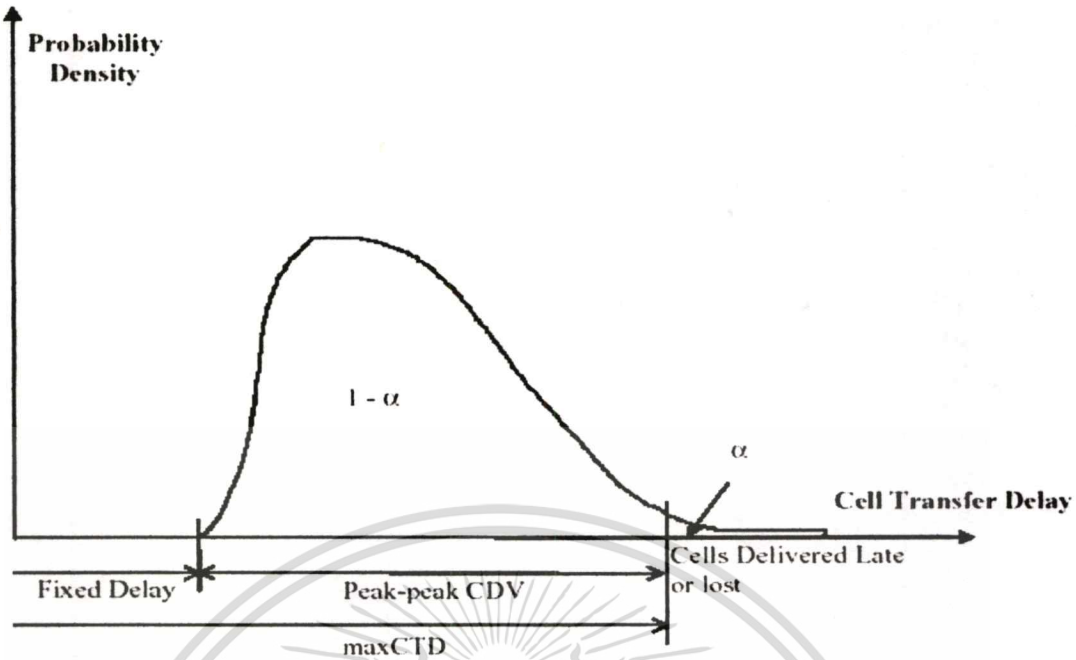
ค่า Max – CTD แสดงถึงปริมาณ $1-\alpha$ ของ CTD probability density Function เมื่อค่าความหน่วงของเซลเกินค่าสูงสุดนี้ โครงข่ายจะมีการกำหนดให้เกิดการสูญเสีย โดยที่ Max – CTD จะประกอบอยู่ในองค์ประกอบของความล่าช้าแบบคงที่ (fixed – delay)

การกำหนดพารามิเตอร์ α โครงข่ายเป็นผู้กำหนด โดยสมมุติให้ maxCTDq แสดงถึงค่าความหน่วงที่ถูกจัดสรรที่การเข้าแถวรอคอยในเส้นทางส่งผ่าน โดยสามารถจำกัดขนาดของบัฟเฟอร์ B ได้จาก

$$B = \frac{\max CTDq}{Queue\ Service\ Rate} \tag{2.3}$$

โดยที่ Queue แสดงถึงอัตราการให้มีการเข้าแถวรอคอย ที่ค่า maxCTDq ไม่สามารถเกินค่า CLR ได้ และเซลจะถูกละทิ้งเมื่อขนาดของการเข้าแถวรอคอยเกิน B ดังนั้นสิ่งที่ต้องระมัดระวังในการกำหนดพารามิเตอร์ α ก็คือค่า CLR ซึ่งค่า Max-CTD สามารถได้รับที่ปริมาณต่ำกว่าค่า CLR คือ หรือค่าต่ำกว่าของ Max – CTD สามารถได้รับที่ α = CLR [12].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของ CTD Probability density

2.2.4.3 P2P – CDV (Peak – to – peak Cell Delay Variations)

พารามิเตอร์ P2P – CDV แสดงถึงความแตกต่างระหว่างค่า CTD สูงสุดและค่า CTD ต่ำสุด คือ P2P – CDV = (Max – CTD) – (fixed – delay component)

2.2.4.4 SECBR (Severely Error Cell Block Ratio)

พารามิเตอร์ SECBR คือ ข้อกำหนดดังต่อไปนี้สำหรับการเชื่อมต่อ

$$\text{SECBR} = \frac{\text{ความผิดพลาดอย่างรุนแรงของเซลบล็อค}}{\text{ผลรวมของการส่งเซลบล็อคทั้งหมด}} \qquad (2.4)$$

เซลบล็อค คือ ลำดับเซลจำนวน N เซลที่ถูกส่งอย่างต่อเนื่องในการเชื่อมต่อ ความผิดพลาดอย่างรุนแรงของเซลบล็อคเกิดขึ้นเมื่อมีเซลผิดพลาดมากกว่า M เซล มีการสูญเสียเซล หรือความผิดพลาดในการใส่เซลที่มีการสังเกตได้จากการรับเซลบล็อค สำหรับจุดมุ่งหมายของการวัดในทางปฏิบัติ เซลบล็อคจะสอดคล้องกับเซลข่าวสารของผู้ใช้ระหว่างเซล OAM (Operation and maintenance) ที่มีความต่อเนื่องกัน ความสูญเสียของเซลและเซลที่ถูกส่งออกไปที่ประกอบอยู่ในความผิดพลาดอย่างรุนแรงของเซลบล็อค จะถูกป้องกันได้จากการคำนวณค่าของ CLR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.5 CMR (Cell Misinsert Rate)

พารามิเตอร์ CMR คือข้อกำหนดดังต่อไปนี้สำหรับการเชื่อมต่อ

$$CMR = \frac{\text{เซลที่ใส่เข้าไปผิดพลาด}}{\text{ช่วงเวลา}} \quad (2.5)$$

เซลที่ใส่เข้าไปผิดพลาดคือ เซลซึ่งนำพาผ่าน VC ซึ่งไม่เหมาะสมกัน โดยปกติเซลที่ใส่เข้าไปผิดพลาดในการเชื่อมต่อเฉพาะส่วนใหญ่ เนื่องจากการไม่ตรวจสอบความผิดพลาดในเฮดเดอร์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เซลส่งไปผิดช่องทางการเชื่อมต่อ

พารามิเตอร์นี้เป็นอัตราของกลไกในโครงข่ายที่สร้างการใส่เซลผิดพลาด คือ จำนวนของเซลที่ถูกส่งออกไปไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนที่รับได้ในการเชื่อมต่อเดียวกัน (โดยปกติจะมีอัตราส่วนน้อยกว่า SECBR) การที่เซลไม่ถูกตรวจสอบความผิดพลาดที่เฮดเดอร์แต่สามารถไปแสดงยัง VPI/VCI ได้อย่างถูกต้อง ขึ้นอยู่กับค่า VPI/VCI ที่กำหนดขึ้นและการนำค่าไปใช้ด้วยเช่นกัน

2.2.4.6 CER (Cell Error Ratio)

พารามิเตอร์ CER คือข้อกำหนดต่อไปนี้สำหรับการเชื่อมต่อ

$$CER = \frac{\text{เซลที่เกิดจากความผิดพลาด}}{\text{เซลที่ประสบความสำเร็จในการโอนถ่าย} + \text{เซลที่เกิดความผิดพลาด}} \quad (2.6)$$

เซลที่เกิดความผิดพลาด คือ มีองค์ประกอบบางส่วนในเซล (อาจเป็นเฮดเดอร์หรือฟิลด์ข่าวสาร) ถูกเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถทำการค้นหาใหม่โดยวิธีการตรวจจับความผิดพลาดได้

2.2.5 พารามิเตอร์ในการอธิบายทราฟฟิก

ในแต่ละการเชื่อมต่อจะมีชุดอธิบายทราฟฟิก 2 ทิศทางอยู่ 2 ชุด คือ ทิศทางไปด้านหน้า (Forward) และทิศทางย้อนกลับ (Backward) ชุดอธิบายทราฟฟิกซึ่งได้มีการพิจารณาที่การเริ่มต้นเชื่อมต่อจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับการจัดประเภทการให้บริการของการเชื่อมต่อ แหล่งกำเนิดของตัวอธิบายทราฟฟิกทั้งหมดสามารถเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้เท่านั้น เมื่อ CLP = 0 หรือสำหรับการรวมกันของเซล โดยไม่คำนึงถึงการเชื่อมต่อของบิต CLP (ที่ CLP = 0+1)

ในระหว่างวิธีการเริ่มต้นเชื่อมต่อ พารามิเตอร์ CDVT จะคูณเพิ่มเข้าไปในแหล่งกำเนิดของตัวอธิบายทราฟฟิก ฉะนั้นตัวอธิบายทราฟฟิกของการเชื่อมต่อจะประกอบด้วย แหล่งกำเนิดของตัวอธิบายทราฟฟิกและ CDVT ซึ่งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวอธิบายทราฟฟิกมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.1 PCR (Peak Cell Rate)

พารามิเตอร์ PCR แสดงถึงอัตราการกระจายสูงสุดของแหล่งกำเนิด ในทางกลับกัน PCR แสดงถึงช่วงเวลาต่ำสุดของการได้รับเซลในทางทฤษฎีซึ่ง PCR สามารถถูกจำกัดได้โดยอัตราการเชื่อมโยงของแหล่งกำเนิด



รูปที่ 2.13 PCR

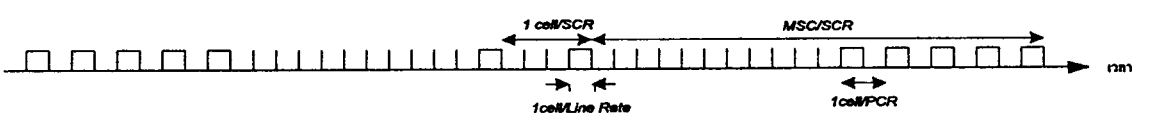
จากรูปที่ 2.13 เป็นการอธิบายคุณลักษณะของทราฟฟิกในการเชื่อมต่อที่มี PCR เป็น 1/3 ส่วนของ Line Rate ซึ่งในแต่ละสล๊อตเวลาแสดงถึงเวลาในการส่งเซล 1 เซลของ Line Rate ดังนั้นในการเชื่อมต่อที่มี PCR เป็น 1/3 ส่วนของ Line Rate สามารถทำการส่งเซล 1 เซลได้ที่ทุก ๆ 3 สล๊อตเวลา

พารามิเตอร์ PCR จะถูกกำหนดไว้สำหรับการรวมกันในการไหลของเซลเสมอ (CLP = 0 และ CLP = 1) ยกเว้นกรณีการให้บริการแบบ ABR สำหรับการไหลของเซลในรูป 2.13 เป็นได้ทั้ง CLP = 0 หรือ CLP = 1 อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งในกรณีของการให้บริการ ABR พารามิเตอร์ PCR จะถูกกำหนดเฉพาะในการไหลของเซลที่ CLP = 0 เท่านั้น

2.2.5.2 SCR (Sustained Cell Rate) และ MBS (Maximum Burst Size)

พารามิเตอร์ SCR มีระดับการส่งที่สูงเท่าอัตราการส่งเซลเฉลี่ยของเซลที่ปฏิบัติตามการเชื่อมต่อ ATM ตลอดช่วงเวลา

ในการเชื่อมต่อโดยใช้การบริการแบบ VBR สามารถกำหนดเป็นพารามิเตอร์ SCR สำหรับตัวอธิบายทราฟฟิก ซึ่งพารามิเตอร์ SCR ได้ถูกกำหนดให้สอดคล้องกับพารามิเตอร์ MBS เสมอ โดยที่พารามิเตอร์ MBS แสดงถึงองค์ประกอบของช่วงเซลสำหรับการเชื่อมต่อ ซึ่งเป็นการกำหนดจำนวนสูงสุดของเซลที่สามารถทำการส่งได้ โดยแหล่งกำเนิดของ PCR ยังคงปฏิบัติตามข้อตกลงของ SCR

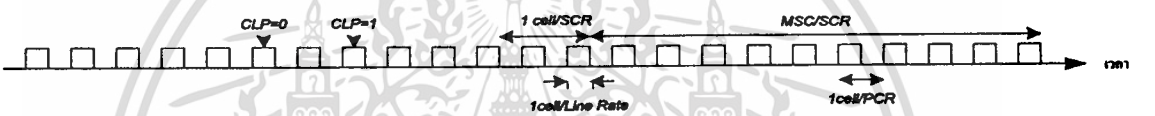


รูปที่ 2.14 SCR และ MBS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.14 แสดงถึงตัวอย่างของการเชื่อมต่อซึ่งได้มีการตกลงกันให้ค่า PCR เป็น 1/2 ส่วนของ Line Rate และ SCR เป็น 1/4 ส่วนของ Line Rate รวมทั้งมีค่า MBS จำนวน 5 เซล ซึ่งในการเชื่อมต่อสามารถส่ง 5 เซลผ่าน 10 สล๊อตเวลา แต่ยังคงเหลือสล๊อตว่างอีก 10 สล๊อตก่อนที่จะพบอัตราเฉลี่ย 1/4 ส่วนของ Line Rate (SCR) ในอีกทางเลือกหนึ่ง การเชื่อมต่อสามารถส่ง 1 เซลทุก ๆ 4 สล๊อตเวลา แต่ในกรณีนี้จะไม่มีความได้เปรียบในความสามารถของการรองรับระยะห่างของเซล

SCR สามารถทำการกำหนดให้เป็นการไหลรวมกันของเซล (ที่ CLP = 0 และ CLP = 1) หรือเฉพาะ CLP = 0 อย่างใดอย่างหนึ่ง เมื่อได้กำหนดการรวมกันของทุกเซล ดังนั้นเซลในรูปที่ 2.14 สามารถเป็นได้ทั้ง CLP = 0 หรือ CLP = 1 อย่างใดอย่างหนึ่ง ในกรณีนี้การเชื่อมต่อจะไม่สามารถเกินค่า SCR ได้ โดยการส่งเซลที่มีความสำคัญต่ำสุด (CLP = 1) เมื่อ SCR ถูกกำหนดบนการไหลของเซลที่ CLP = 0 การเชื่อมต่อสามารถเกินค่า SCR ได้สำหรับการส่งเซลที่มีความสำคัญต่ำสุด (CLP = 1) ไปจนถึงค่า PCR ซึ่งในรูปที่ 2.15 พิสูจน์ให้เห็นถึงความสามารถนี้



รูปที่ 2.15 การไหลของเซลกับพารามิเตอร์ SCR และ MBS

2.2.5.3 MCR (Minimum Cell Rate)

พารามิเตอร์ MCR จัดอยู่ในประเภทหนึ่งของตัวอธิบายทราฟฟิกที่แสดงถึงการจัดสรรแบนด์วิธต่ำสุดสำหรับการเชื่อมต่อ ซึ่งสามารถทำการส่งทราฟฟิกได้มากกว่าอัตราของ MCR ซึ่งจะนำมาใช้กับการบริการแบบ bandwidth – on – demand (ได้แก่ ABR และ GFR) ซึ่งสามารถแน่ใจได้ว่าการเชื่อมต่อจะไม่ขาดจากกันเมื่อไม่มีแบนด์วิธว่างมากพอ เมื่อพิจารณาถึงการรับประกัน Throughput ต่ำสุด พารามิเตอร์สามารถนำมาพิจารณาให้เป็นพารามิเตอร์ QoS ได้

2.2.5.4 MFS (Maximum Frame Size)

พารามิเตอร์ MFS ใช้กำหนดขนาดสูงสุดของ AAL – PDU ซึ่งสามารถส่งไปยังการเชื่อมต่อของการให้บริการแบบ GFR เมื่อเฟรม AAL เกิดขนาดนี้จะไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้รองรับ QOS ของการบริการแบบ GFR (Guarantee Frame Rate) [3], [4], [5].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 QOS และพารามิเตอร์ของตัวอธิบายทราฟฟิกต่อประเภทของการให้บริการ

คุณลักษณะ	CBR	Rt – VBR	Nrt - VBR	ABR	GFR	UBE
PCR	Specified	Specified	Specified	Specified	Specified	Specified
SCR, MBS	N/A	Specified	Specified	N/A	N/A	N/A
MCR	N/A	N/A	N/A	Optional	N/A	N/A
MCR, MBS, MFS	N/A	N/A	N/A	N/A		N/A
CLR	Committed	Committed	Committed	No target	No target	No target
Max – CTD	Committed	Committed	No target	No target	No target	No target
P2P – CDV	Committed	Committed	No target	No target	No target	No target

2.3 การเชื่อมโยงของโครงข่ายเฟรมรีเลย์ผ่านโครงข่าย ATM ของระบบ WAN

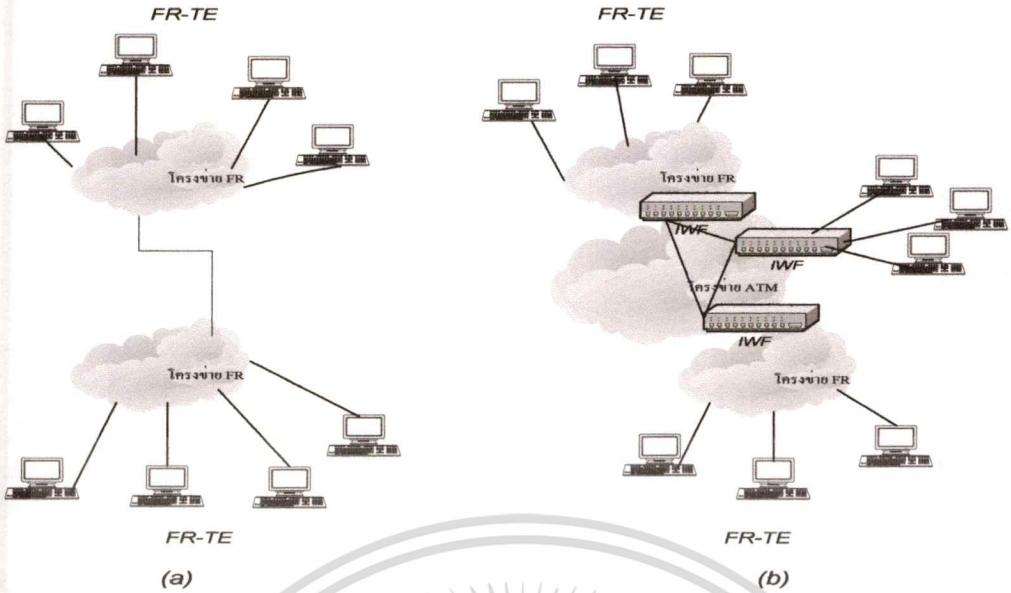
2.3.1 การทำงานร่วมกันของเฟรมรีเลย์ (FR) กับ ATM

การทำงานร่วมกันของโครงข่ายเฟรมรีเลย์กับโครงข่าย ATM เป็นการพัฒนาการให้บริการของทั้งสองโครงข่าย ซึ่งขั้นตอนการพัฒนาการใช้งานจากโครงข่ายเฟรมรีเลย์ไปเป็นโครงข่าย ATM แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

2.3.1.1 การนำพาข้อมูลข่าวสารจากโครงข่ายเฟรมรีเลย์ผ่านโครงข่าย ATM

จากรูปที่ 2.16 (a) เป็นการเชื่อมต่อกันระหว่างโครงข่าย FR 2 โครงข่าย และมีการพัฒนาการให้บริการของโครงข่ายเฟรมรีเลย์โดยทำการส่งข่าวสารผ่านโครงข่าย ATM โดยใช้ IWF (Interworking Function) เป็นสื่อกลางในการส่งผ่านข่าวสารจากโครงข่าย FR ไปยังโครงข่าย ATM ดังแสดงในรูปที่ 2-16 (b) และเรียกว่า การทำงานร่วมกันของโครงข่ายแบบที่ 1

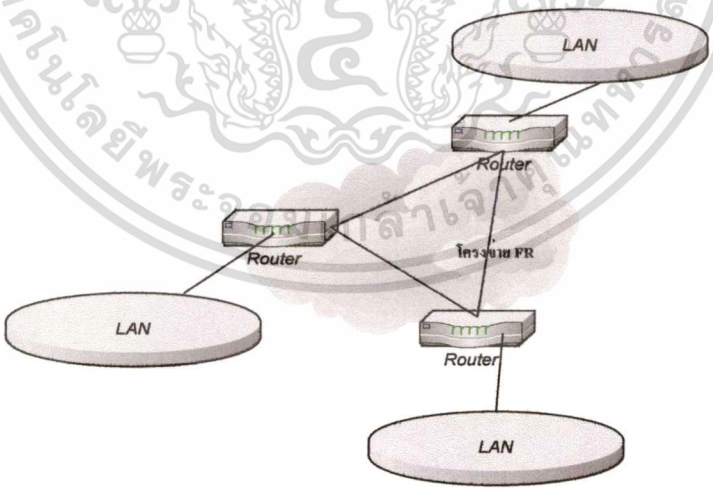
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 วิวัฒนาการของการให้บริการของโครงข่าย ATM กับโครงข่าย FR

2.3.1.2 การให้บริการสำหรับการทำงานร่วมกันของโครงข่ายFR และโครงข่าย ATM

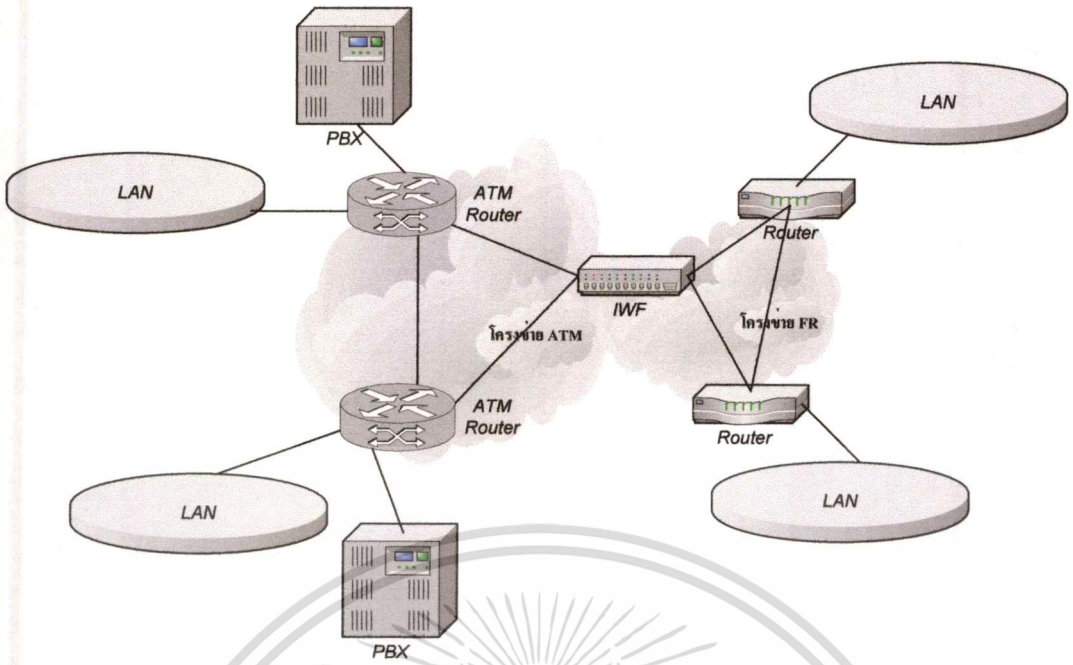
การให้บริการของโครงข่าย FR เริ่มต้นจากการนำ VPN (Virtual Private Network) มาใช้ในการเชื่อมต่อระบบ LAN ภายในโครงข่ายเฟรมรีเลย์ ดังรูปที่ 2.17 เป็นการนำเอาระบบ LAN มาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันผ่านโครงข่าย FR เป็นโครงข่าย WAN



รูปที่ 2.17 การให้ VPN สำหรับการเชื่อมต่อระบบ WAN โดยใช้ FR

เมื่อมีการเชื่อมโยงโครงข่ายมากขึ้น จึงได้มีการนำเอาโครงข่าย ATM มาให้บริการร่วมกับโครงข่าย FR ทำให้สมรรถนะในการให้บริการเพิ่มมากขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.18 **[16], [17],[18]**.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ระบบ WAN ที่มีการบริการร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR และโครงข่าย ATM

2.4 การจัดการวิธีการทำงานร่วมกันของโครงข่ายเฟรมรีเลย์กับโครงข่าย ATM ของระบบ WAN

การจัดการวิธีการทำงานร่วมกันของทั้งสองโครงข่าย แบ่งออกเป็น 2 แบบหลัก ๆ คือ

2.4.1 การทำงานร่วมกันในการเชื่อมโยงโครงข่าย

2.4.2 การให้บริการร่วมกันของ FR และ ATM

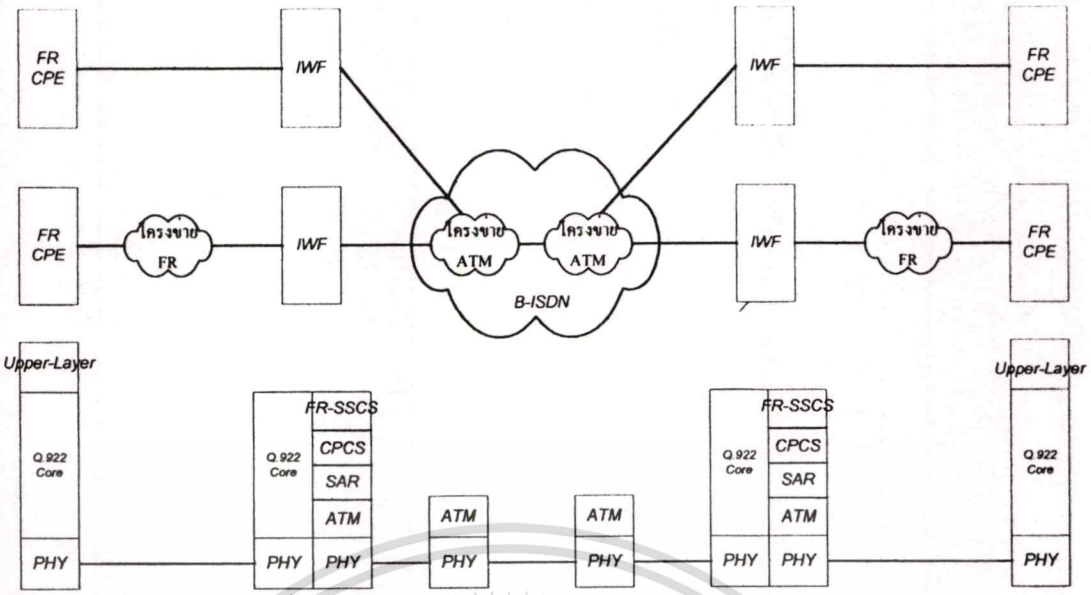
2.4.1 การทำงานร่วมกันในการเชื่อมโยงโครงข่าย

ตามมาตรฐานของ ITU-T I.555 มีการกำหนดมาตรฐานของการทำงานร่วมกันในการเชื่อมโยงโครงข่ายออกเป็น 2 แบบคือ

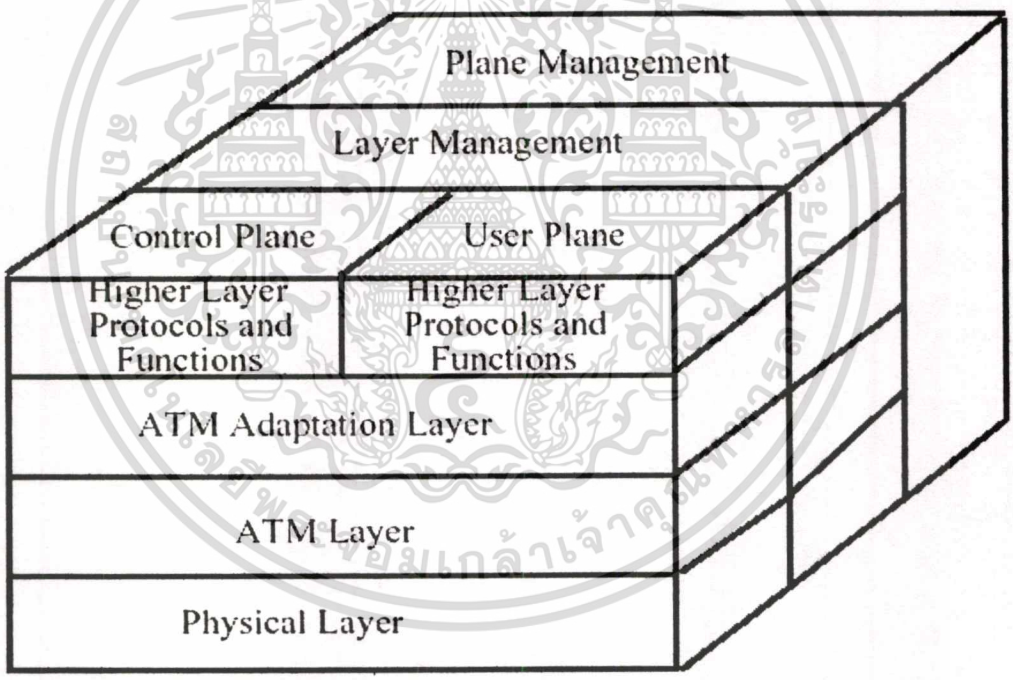
2.4.1.1 การทำงานร่วมกันในการเชื่อมโยงโครงข่ายแบบที่ 1

สำหรับการเชื่อมโยงโครงข่ายแบบที่ 1 นี้เป็นการเชื่อมต่อกันระหว่าง FR – CPE หรือโครงข่าย FR ผ่านโครงข่าย B-ISDN ที่ให้บริการโดยโครงข่าย ATM โดยที่ IWF ทำหน้าที่จัดวางตำแหน่งพารามิเตอร์ (Mapping) และทำการแสดงส่วนประกอบ (encapsulation) เฟรมของ FR ไปเป็นเซล ATM ซึ่งในการเชื่อมต่อกันของโครงข่าย FR ปลายทางทั้งสองด้านผ่านโครงข่าย ATM จะใช้ส่วน User – plane ของโปรโตคอล และทำการต่อร่วมกันที่ความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การทำงานร่วมกันในการเชื่อมโยงระหว่าง FRBS และ B-ISDN

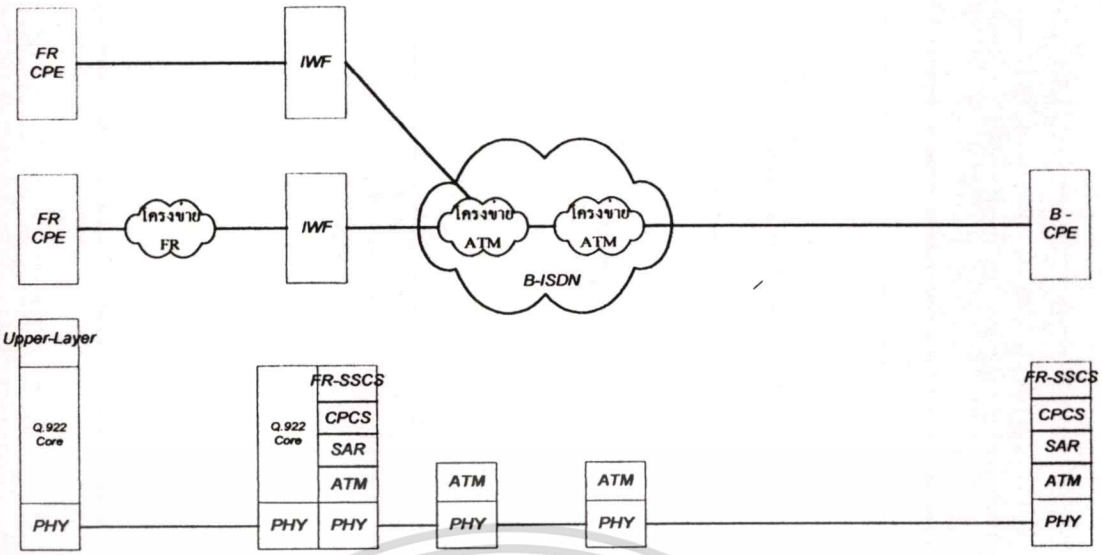


รูปที่ 2.20 B – ISDN โปรโตคอล

2.4.1.2 การทำงานร่วมกันในการเชื่อมโยงโครงข่ายแบบที่ 2

การเชื่อมโยงโครงข่ายแบบที่ 2 เป็นการเชื่อมต่อระหว่าง FR-CPE กับ B-CPE หรือระหว่างโครงข่าย FR กับ B-CPE โดยที่ B-CPE จะต้องรองรับการให้บริการของ FR-SSCS ของชั้นโปรโตคอลได้ และ IWF จะมีหน้าที่เช่นเดียวกับการเชื่อมโยงโครงข่ายแบบที่ 1

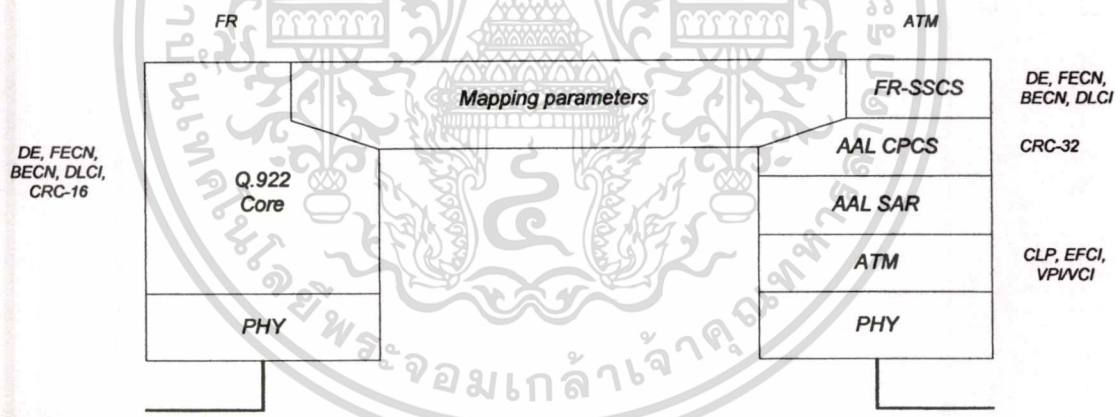
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การทำงานร่วมกันในการเชื่อมโยงระหว่าง FRBS และ B-ISDN

2.4.1.3 สถาปัตยกรรมภายในของ IWF

IWF มีหน้าที่ในการจัดวางตำแหน่งของพารามิเตอร์จาก FR ไปยัง ATM โดยจะทำการแปลงฟิลด์เฮดเดอร์ของ FR ไปเป็นฟิลด์เฮดเดอร์ของ ATM รวมทั้งมีหน้าที่ในการนำพาเซล -

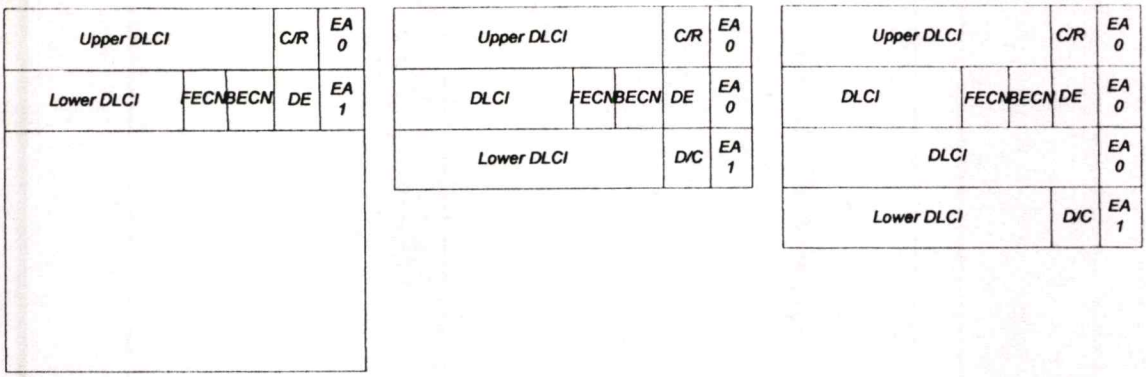


รูปที่ 2.22 การทำงานของ IWF

หน้าที่ของ IWF มีดังต่อไปนี้

2.4.1.3.1 จัดรูปแบบเฟรมให้เป็นแบบ PDU สำหรับเฟรม FR-SSCS และทำการลดรูปแบบของเฟรมที่ส่งผ่าน FR-SSCS โดยนำเอารูปแบบของ PDU Q.922 จากเฟรมรีเลย์มาทำการตัดส่วนของ CRC-16 , แฟลก และทำการใส่บิตศูนย์เข้าไปเพิ่มเติม ดังนั้นเฟรม FR-SSCS จะมีเพียงฟิลด์เฮดเดอร์กับฟิลด์ข่าวสาร ดังรูปที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



D/C : DLCI หรือ DL-

รูปที่ 2.23 โครงสร้างของเฟรม FR-SSCS

2.4.1.3.2 ทำการตรวจสอบความผิดพลาด ซึ่ง AAL5-CPCS จะใช้ CRC-32 ในการตรวจสอบความผิดพลาดผ่าน FR-SSCS PDU

2.4.1.3.3 ทำการมัลติเพล็กซ์ของการเชื่อมต่อ โดยที่ FR-SSCS สามารถรองรับการเชื่อมต่อโดยใช้ VPI/VCI ตามมาตรฐานของ ITU-T I.555 ซึ่งได้กำหนดวิธีการมัลติเพล็กซ์ของ FR เชื่อมต่อผ่าน B-ISDN ดังนี้

(1) **One-to-One** คือ การเชื่อมต่อทางลอจิกของแต่ละ FR ที่ถูกนำไปจัดวางที่ ATM VCC เพียงค่าเดียว โดยจะใช้ VPI/VCI ทำการส่งผ่าน

(2) **Many-to-One** คือ การเชื่อมต่อทางลอจิกทำของการมัลติเพล็กซ์ ไปยัง ATM VCC เพียงค่าเดียว โดยที่การมัลติเพล็กซ์ที่ FR-SSCS จะใช้ฟิลด์ DLCI

2.4.1.3.4 การจัดวางบิต DE และ CLP ในเฮดเดอร์

(1) การจัดวางตำแหน่งบิตในทิศทางจาก FR ไปยัง B-ISDN

ผู้ให้บริการโครงข่ายสามารถทำการเลือกโหมดการทำงานของการจัดวาง CLP ในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM ได้สองโหมด ซึ่งในการเลือกการเชื่อมต่อของ ATM ในแต่ละแบบ สามารถรองรับการทำงานทั้งสองโหมดคือ

โหมด 1

ฟิลด์ DE ในเฟรม Q.922 ของ FR จะถูกคัดลอกโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ไปยังฟิลด์ DE ในเฮดเดอร์ FR – SSCS PDU และนำไปจัดวางที่ CLP ของ ATM ทุก ๆ เซลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแบ่งเฟรมออกเป็นเซลของเลเยอร์ย่อย SAR

โหมด 2

ฟิลด์ DE ในเฟรม Q.922 ของ FR จะถูกคัดลอกโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ไปยังฟิลด์ DE ในเฮดเดอร์ FR -SSCS PDU และนำไปจัดวางที่ฟิลด์ CLP ของเซล ATM ทุก ๆ เซลที่เกิดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการแบ่งเฟรมออกเป็นเซลของเลเยอร์ย่อย SAR ซึ่งเฟรมอาจจะถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ (0 หรือ 1) โดยค่าที่กำหนดจะพิจารณาเมื่อมีการกำหนดการเชื่อมต่อจนกระทั่งคุณลักษณะการเชื่อมต่อของ ATM เปลี่ยนแปลง และไม่มีการกำหนดวิธีการใด ๆ กับ UPC / NPC (Usage Parameter Control / Network Parameter Control) ที่จะทำให้ค่า CLP เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 2.7 การจัดวาง DE ไปยัง CLP ในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM

โหมด 1

ที่เฟรม Q.922	การจัดวางที่ FR-SSCS	การจัดวางที่เลเยอร์ ATM
DE	DE	CLP
0	0	0
1	1	1

หมายเหตุ 0 และ 1 คือค่าคงที่ซึ่งกำหนดขึ้นให้กับเฟรม

โหมด 2

ที่เฟรม Q.922	การจัดวางที่ FR-SSCS	การจัดวางที่เลเยอร์ ATM
DE	DE	CLP
0	0	Y
1	1	Y

หมายเหตุ Y เป็นได้ทั้ง 0 และ 1

(2) การจัดวางฟิลด์ DE และ CLP ในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR

สำหรับการจัดวางฟิลด์ DE และ CLP ในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR สามารถเลือกได้ 2 โหมด เช่นเดียวกัน คือ

โหมด 1

ถ้าเซล ATM จำนวน 1 เซลหรือมากกว่า มีการกำหนดฟิลด์ CLP = 1 หรือถ้าฟิลด์ DE ของ FR – SSCS PDU ถูกกำหนดเป็น 1 ดังนั้น IWF จะทำการกำหนดฟิลด์ DE ของเฟรม Q.922

โหมด 2

ถ้าไม่มีการจัดวางตำแหน่งฟิลด์จากเลเยอร์ ATM ไปยังเลเยอร์หลัก Q.922 ของ FR ฟิลด์ FR – SSCS จะทำการคัดลอกฟิลด์ DE ไปยังเฟรม Q.922 โดยไม่ขึ้นอยู่กับการแสดงค่าของ CLP ที่ได้รับที่เลเยอร์ ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงการจัดวาง CLP ไปยัง DE ในทิศทาง ATM ไปยัง FR

โหมด 1

ที่เลเยอร์ ATM	ที่เลเยอร์ FR-SSCS	การจัดวางฟิลด์ที่เฟรม Q.922
CLP	DE	DE
0	0	0
1	X	1
X	1	1

หมายเหตุ X เป็นได้ทั้ง 0 และ 1

โหมด 2

ที่เลเยอร์ ATM	ที่เลเยอร์ FR-SSCS	การจัดวางฟิลด์ที่เฟรม Q.922
X	0	0
X	1	1

2.4.1.3.5 การแสดงความคับคั่ง

(1) การแสดงความคับคั่งในทิศทางไปข้างหน้า (Forward)

(1.1) การแสดงความคับคั่งในทิศทางจาก FR ไปยัง B-ISDN

ที่ระดับเฟรมของ FR นั้น การแสดงความคับคั่งของ FECN จะไม่ถูกนำไปวางที่ระดับเซล ATM ซึ่งจะทำการแสดงความคับคั่งโดยฟิลด์ EFCI (Explicit Forward Congestion Indication)

ในขณะที่ฟิลด์ FECN ของเฟรม Q.922 จะถูกคัดลอกโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ไปยังฟิลด์ FECN ในฟิลด์ FR – SSCS PDU และที่ฟิลด์ EFCI ของทุก ๆ ATM จะไม่ถูกให้แสดงความคับคั่ง

ตารางที่ 2.9 การแสดงความคับคั่งในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM

เฟรม Q.922	**SSCS**	**ATM**
FECN	FECN	EFCI
0	0	0
1	1	0

หมายเหตุ 0 แสดงถึงไม่มีความคับคั่งปรากฏ

1 แสดงถึงมีความคับคั่งเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.2) การแสดงความคับคั่งในทิศทางจาก B- ISDN ไปยัง FR

ถ้าฟิลด์ EFCI ของเซล ATM เซลสุดท้ายถูกกำหนดให้แสดงความคับคั่ง หรือถ้าฟิลด์ FECN ของ FR – SSCS PDU ถูกกำหนดให้แสดงความคับคั่ง ดังนั้น IWF จะทำการกำหนดสถานะ FECN ของเฟรม Q.922

ตารางที่ 2.10 การแสดงความคับคั่งในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR

ATM	SSCS	Q.922
EFCI	FECN	FECN
0	0	0
X	1	1
1	X	1

หมายเหตุ X เป็นได้ทั้ง 0 และ 1

(2) การแสดงความคับคั่งในทิศทางย้อนกลับ (Backward)

ในการแสดงความคับคั่งชนิดย้อนกลับนั้นจะมีการรองรับเฉพาะที่ระดับเฟรมของฟิลด์ BECN เท่านั้น

(2.1) การแสดงความคับคั่งในทิศทางจาก B-ISDN ไปยัง FR

ฟิลด์ BECN ใน FR-SSCS PDU จะถูกคัดลอกโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปยังฟิลด์ BECN ของเฟรม Q.922

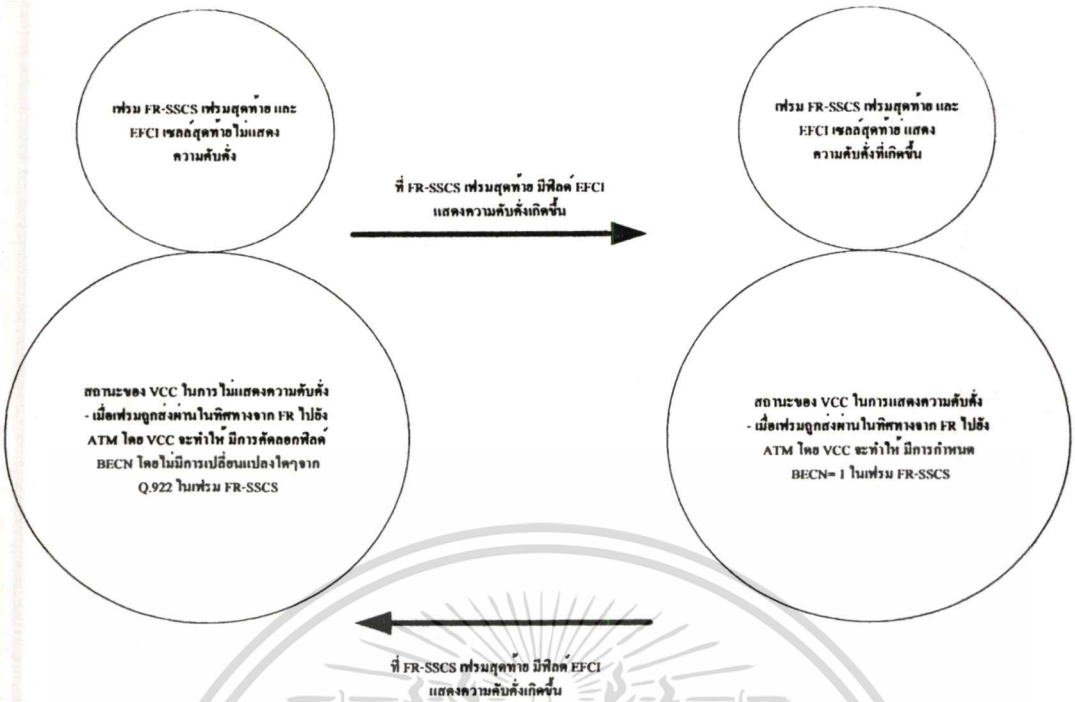
(2.2) การแสดงความคับคั่งในทิศทางจาก FR ไปยัง B-ISDN

ฟิลด์ BECN ใน FR-SSCS จะถูกกำหนดให้แสดงความคับคั่งโดย IWF ถ้าพบเงื่อนไข 2 ประการดังนี้

(2.2.1) ฟิลด์ BECN ในเฟรม Q.922 ถูกกำหนดให้ส่งผ่านไปในทิศทางจาก FR ไปยัง B-ISDN

(2.2.2) ฟิลด์ EFCI ถูกกำหนดให้แสดงความคับคั่งที่เซล ATM เซลสุดท้ายที่ได้รับจากการแบ่งจากเฟรมของการเชื่อมต่อแบบ 2 ทิศทางจาก B-ISDN ไปยัง FR [10].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



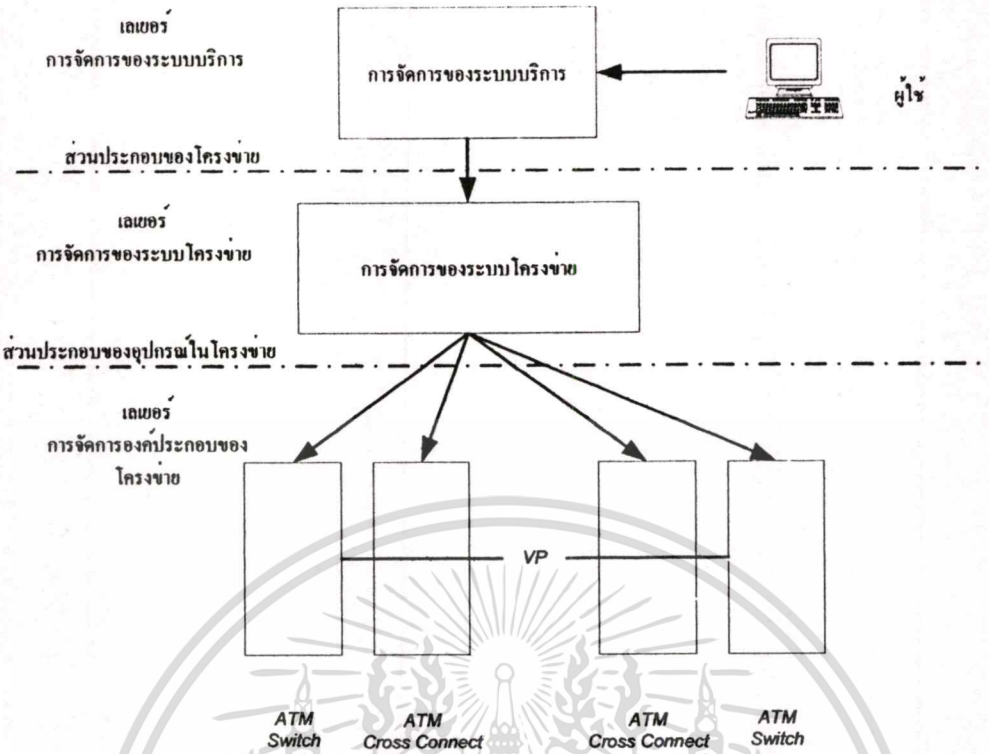
รูปที่ 2.24 ไดอะแกรมแสดงสภาวะการเกิดความคับคั่งของ VCC

2.4.1.3.6 การจัดการสถานะของ PVC (Permanent Virtual Connection)

การให้บริการเชื่อมต่อแบบ PVC เป็นการจัดสรรแบนด์วิธที่ถาวรและมีการควบคุมความคับคั่ง การควบคุมแบนด์วิธเป็นการควบคุมทราฟฟิกโดย ATM ที่ทำการควบคุมโดยการเข้าถึงทราฟฟิกของผู้ใช้บริการ ซึ่งการตรวจสอบแบนด์วิธจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ ACR (Average Cell Rate) และ PCR ซึ่งกำหนดโดย VPI /VCI ของ ATM

ในการอินเทอร์เฟสของโครงข่ายเฟรมรีเลย์จะใช้ FR PVC แบบ 2 ทิศทาง ซึ่งสามารถออกแบบให้ PVC ใช้ได้กับโครงข่ายขนาดใหญ่ ทำให้สามารถลดสัญญาณที่โหลดปลายทางและทำให้การเชื่อมต่อการบริการเร็วขึ้น เมื่อต้องการเพิ่มตำแหน่งที่ตั้งของโครงข่ายใหม่สามารถทำการเพิ่มการเชื่อมต่อ PVC ได้เช่นกัน รูปที่ 2.25 แสดงสถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการของโครงข่าย ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

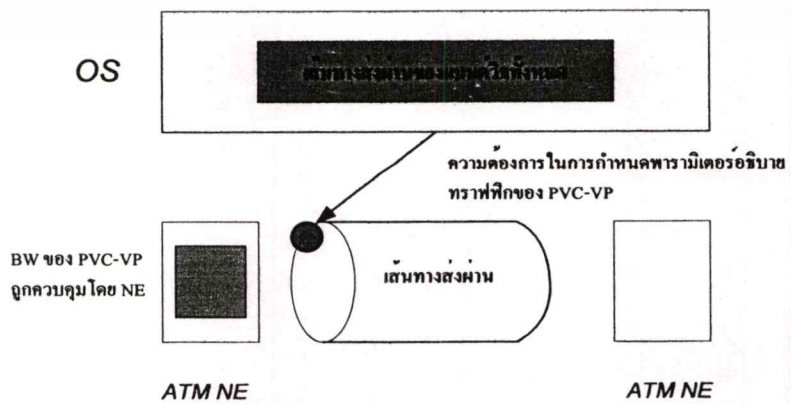


รูปที่ 2.25 สถาปัตยกรรมระบบปฏิบัติการของโครงข่าย ATM

การจัดการแบนด์วิธของระบบปฏิบัติการมี 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 การจัดการเส้นทางส่งผ่านของแบนด์วิธทั้งหมดถูกกระทำโดย NE (Network Element)

ก่อนที่ NE จะทำการเริ่มต้นกำหนด PVC – VP ขึ้นใหม่ สิ่งแรกจะทำการหาแบนด์วิธที่ต้องการใช้และทำการตรวจสอบแบนด์วิธที่จะรองรับ PVC ที่สร้างขึ้นใหม่ โดยที่เส้นทางส่งผ่านของแบนด์วิธทั้งหมดและแต่ละแบนด์วิธของ PVC–VP ถูกกำหนดขึ้นโดยระบบปฏิบัติการ ซึ่งเป็นวิธีการจัดการข่าวสารของระบบปฏิบัติการ ดังรูปที่ 2.26

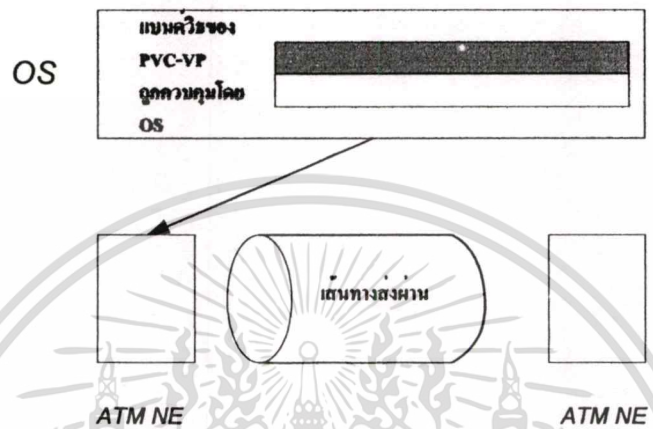


รูปที่ 2.26 การควบคุมแบนด์วิธ PVC – VP โดย NE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่ 2 การจัดการเส้นทางส่งผ่านของแบนด์วิธ PVC – VP ทั้งหมดถูกกระทำโดยระบบปฏิบัติการ (OS)

ก่อนที่ระบบปฏิบัติการจะทำการเริ่มต้นกำหนด PVC – VP ขึ้นใหม่ สิ่งแรกจะทำการค้นหาแบนด์วิธที่ต้องการใช้และทำการตรวจสอบแบนด์วิธที่จะรองรับ PVC ที่สร้างขึ้นใหม่ ก่อนที่ระบบปฏิบัติการจะส่งคำสั่งไปที่ NE ให้ทำการเพิ่ม PVC – VP ใหม่



รูปที่ 2.27 การควบคุมแบนด์วิธ PVC – VP โดยระบบปฏิบัติการ

ในการทำงานร่วมกันของโครงข่าย FR และ ATM การจัดการสถานะของ FR PVC ของเลเยอร์ ATM และเลเยอร์ FR – SSCS สามารถทำงานโดยอิสระต่อกัน สำหรับสถานะ PVC จากเลเยอร์ ATM อาจใช้เลเยอร์ FR- SSCS ทำการหาสถานะของ FR PVC

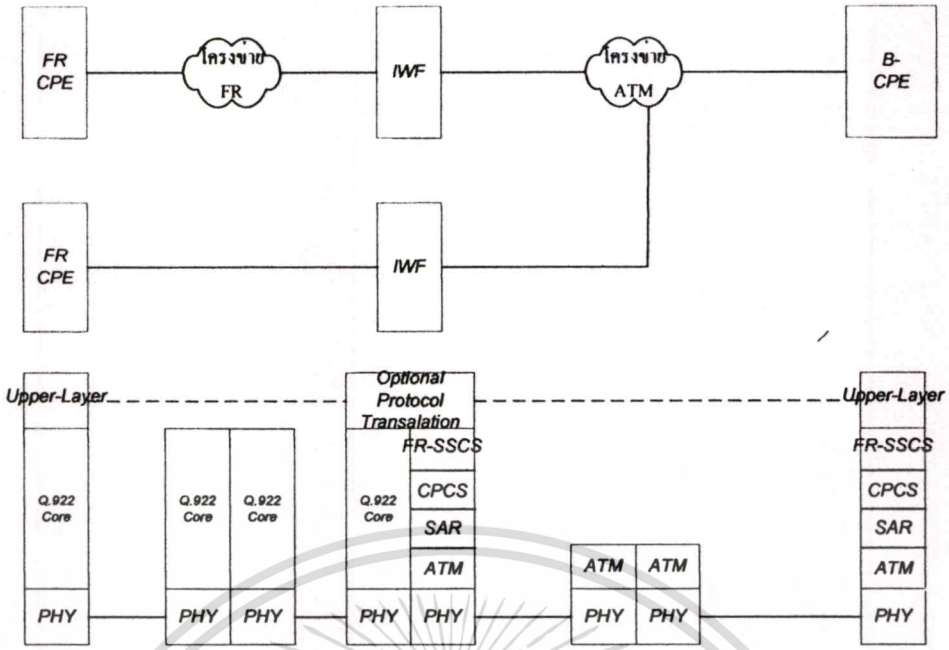
ในการจัดการของเลเยอร์ FR – SSCS อาจใช้วิธีการจัดการแบบ 2 ทิศทาง โดยที่การจัดการสถานะการเชื่อมต่อ FR ผ่าน ATM VCC ที่ค่า DLCI = 0 นำมาใช้ในการแลกเปลี่ยนสถานะ PVC ระหว่าง IWF และ B-CPE หรือ FR ซึ่งสัญญาณ ATM OAM F5 ใช้สำหรับตรวจสอบความสมบูรณ์ในการเชื่อมต่อ ATM VCC [23].

2.4.2 การให้บริการร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR กับ ATM

จากรูปที่ 2.28 แสดงการให้บริการร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR กับ ATM โดยที่การให้บริการร่วมกันจะถูกนำไปใช้เมื่อผู้ใช้บริการโครงข่าย FR มีการเชื่อมต่อให้ทำงานร่วมกับผู้ใช้บริการโครงข่าย ATM ซึ่งผู้ใช้บริการโครงข่าย FR จะไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดของ ATM และผู้ใช้บริการโครงข่าย ATM จะไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดของ FR ซึ่งการทำงานร่วมกันทั้งหมดจะปฏิบัติตามข้อกำหนดของ IWF

ในการทำงานร่วมกันของทั้งสองโครงข่าย เฟรมของ FR จะถูกส่งผ่านโครงข่าย ATM โดยอยู่ในรูปแบบโครงสร้างของ FR –SSCS PDU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 การให้บริการร่วมกันระหว่าง FR และ ATM

2.4.2.1 การจัดวางพารามิเตอร์ (Mapping) ในการให้บริการร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR กับ ATM

ในการให้บริการร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR กับ ATM ใช้มาตรฐาน B-ISDN คลาส C และให้เลเยอร์ AAL – 5 ของโครงข่าย ATM เป็นโหมดสำหรับข่าวสาร การอินเทอร์เฟสกับโครงข่ายจะใช้ ATM – UNI เชื่อมต่อระหว่าง B-CPE กับโครงข่าย ATM และ FR – UNI เชื่อมต่อระหว่าง FR – CPE กับโครงข่ายเฟรมรีเลย์ สำหรับตารางที่ 2.11 แสดงการเปรียบเทียบหน้าที่ในการให้บริการร่วมกันระหว่าง FR กับ ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 การเปรียบเทียบหน้าที่ในการให้บริการร่วมกันระหว่าง FR กับ ATM

การให้บริการของ FR	B-ISDN คลาส C	โหมดข่าวสาร
หน้าที่หลักของ I.2331	หน้าที่ของ ATM	หน้าที่ของ SAR และ CPCS (AAL 5)
(1) ลดข้อจำกัด , ปรับแนวจัดวางและไม่ทำให้เกิดการผิดพลาดของเฟรม	-	(1)ตรวจสอบดูแลรักษาโดยใช้ CPCS - SDU
(2) ทำมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์โดยใช้ฟิลด์ DLCI	-	-
(3) ทำการตรวจสอบเฟรมเพื่อให้แน่ใจว่าเฟรมไม่ยาวหรือสั้นเกินไป	(2) ทำการมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์โดยใช้ VPI / VCI	-
(4) ทำการตรวจสอบความผิดพลาดในการส่ง	-	(4) ทำการตรวจสอบความผิดพลาดในการส่ง
(5) ควบคุมความคับคั่งแบบ Forward	-	-
(6) ควบคุมความคับคั่งแบบ Backward	(5) ควบคุมความคับคั่งแบบ Forward	-
(7) ใช้คำสั่ง Command / Response	-	(7) ใช้ CPCS - UU
(8) ควบคุมความคับคั่งโดย DE	(8) ใช้ CLP	-

2.4.2.1.1 การจัดวาง (mapping) ระหว่าง DE และ CLP

(1) ในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM

ในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM ผู้ให้บริการสามารถเลือกโหมดการทำงานได้ 2 โหมด สำหรับการจัดวาง Loss Priority คือ

โหมด 1

ฟิลด์ DE ในเฟรม Q.922 จะถูกนำไปจัดวางที่ฟิลด์ CLP ของ ATM ทุก ๆ เซลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแบ่งเฟรมออกเป็นเซลโดย AAL PDU ที่บรรจุข่าวสารของเฟรม

โหมด 2

ฟิลด์ CLP ทุก ๆ ATM เซลที่เกิดจากกระบวนการแบ่งเฟรมออกเป็นเซลของ AAL-5 PDU ที่บรรจุข่าวสารของเฟรมถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ (0 หรือ 1)

(2) ในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR

ในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR IWF จะสามารถเลือกโหมดการทำงานได้ 2 โหมดเช่นกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 1

ถ้าเซล ATM มีการกำหนดฟิลด์ CLP ดังนั้น IWF จะทำการกำหนดฟิลด์ DE ของเฟรม Q.922 ของเฟรมรีเลย์

โหมด 2

ฟิลด์ DE ของเฟรม Q.922 ของเฟรมรีเลย์จะถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ (0 หรือ 1)

2.4.2.1.2 การแสดงความคับคั่ง

(1) การแสดงความคับคั่งในทิศทาง Forward

ผู้ให้บริการโครงข่ายสามารถเลือกโหมดการทำงานได้ 2 โหมดโดย IWF คือ

(1.1) ในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM

โหมด 1

ฟิลด์ FECN ในเฟรม Q.922 ของ FR จะถูกนำไปจัดวางยังฟิลด์ EFCI ของทุก ๆ ATM เซลที่เกิดขึ้นในกระบวนการแบ่งเซลของ AAL5 PDU สำหรับบรรจุข่าวสารของเฟรม โดยโหมดนี้จะมีการแสดงความคับคั่งที่อุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งที่ระดับโปรโตคอลสูงขึ้นจะมีกลไกในการควบคุมความคับคั่งรวมอยู่ด้วย และไม่มีความต้องการในการนำกลไกควบคุมความคับคั่งมาใช้กับโครงข่าย ATM ในโหมดนี้

โหมด 2

ฟิลด์ FECN ของเฟรม Q.922 ของ FR จะไม่ถูกนำไปจัดวางที่ฟิลด์ EFCI ของ ATMโดยที่ฟิลด์ EFCI จะถูกกำหนดให้ไม่แสดงความคับคั่งที่เกิดขึ้น

ซึ่งทั้งสองโหมดนี้ถ้ามีความคับคั่งในทิศทาง Forward เกิดขึ้นในเลเยอร์ ATM IWF สามารถกำหนดฟิลด์ EFCI ให้แสดงความคับคั่งที่เกิดขึ้นได้

(1.2) ในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR

ในการเกิดความคับคั่งจาก ATM ไปยัง FR ถ้าฟิลด์ EFCI ในเซลสุดท้ายของกระบวนการแบ่งเซลถูกกำหนดให้แสดงการเกิดความคับคั่ง ดังนั้น IWF จะทำการกำหนดฟิลด์ FECN ของเฟรม Q.922 ของเฟรมรีเลย์ให้แสดงการเกิดความคับคั่งเช่นกัน

(2) การแสดงความคับคั่งในทิศทาง Backward

ฟิลด์ BECN ของเฟรม Q.922 ของ FR จะไม่มีฟิลด์โปรโตคอลเสมือนและไม่มีหน้าที่เช่นเดียวกับ AAL CP (Common Part)ใน ATM

(2.1) ในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM

ในทิศทางการเกิดความคับคั่งจาก FR ไปยัง ATM IWF จะไม่พิจารณา BECN ของการรับเฟรม Q.922

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2.2) ในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR

ในทิศทางการเกิดความคับคั่งจาก ATM ไปยัง FR IWF จะกำหนดฟิลด์ BECN ของเฟรม Q.922 ของ FR เป็นศูนย์

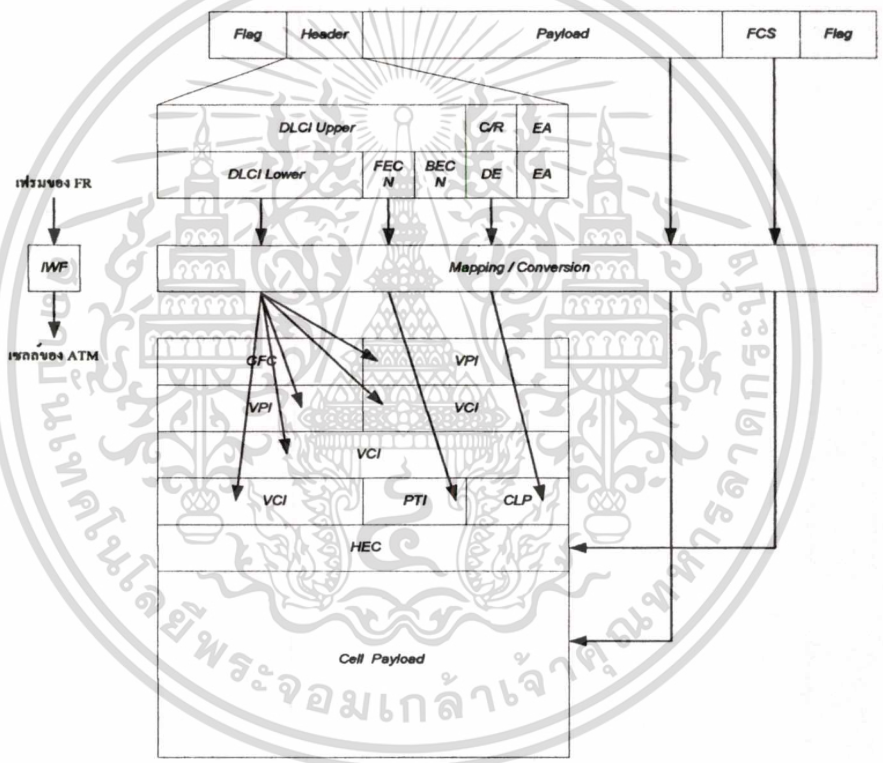
(3) การจัดวางฟิลด์ C/R

(3.1) ในทิศทางจาก FR ไปยัง ATM

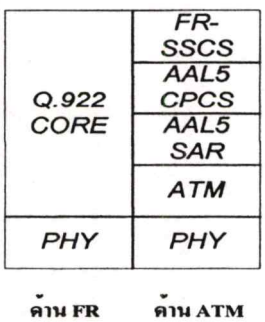
IWF จะทำการจัดวางฟิลด์ C/R ของเฟรม Q.922 สำหรับ FR ไปยัง CPCS-UU ของบิตที่มีความสำคัญต่ำสุดของ CPCS PDU

(3.2) ในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR

บิตที่มีความสำคัญต่ำสุดของ CPCS-UU จะถูกนำไปวางที่ฟิลด์ C/R ของ Q.922 ของ FR



รูปที่ 2.29 การโอนถ่ายเฮดเดอร์พารามิเตอร์จาก FR ไปยัง ATM



รูปที่ 2.30 โครงสร้างโปรโตคอลของ IWF

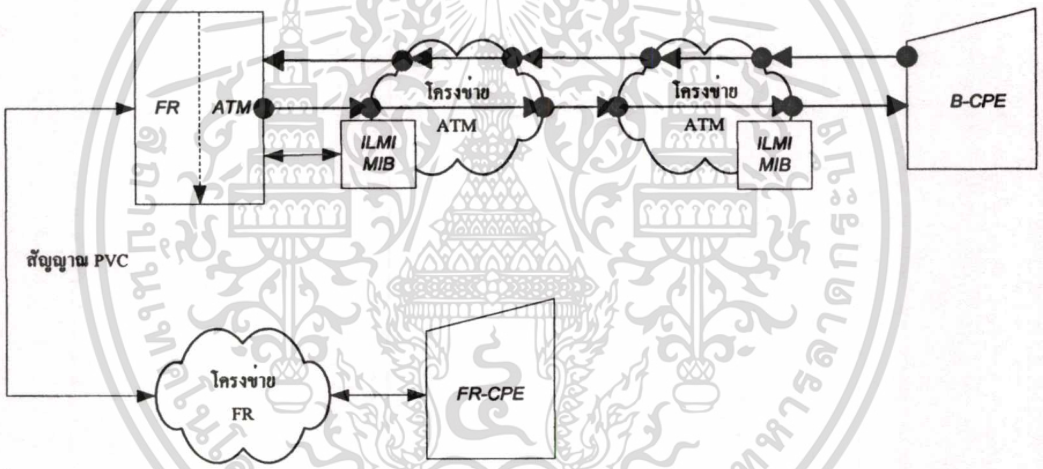
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) การจัดวางฟิลด์ DLCI

การจัดวางแบบ One-to-One ระหว่าง DLCI และ VPI/VCI จะถูกนำมาใช้สำหรับกรณีการให้บริการร่วมกัน ซึ่งการเชื่อมโยงกันระหว่าง DLCI ของ FR กับ VPI/VCI ของ ATM จะถูกกำหนดในการเตรียมการเชื่อมโยง PVC ซึ่งรูปที่ 2.29 ได้แสดงถึงการโอนถ่ายพารามิเตอร์ของ FR ไปยังเฮดเดอร์พารามิเตอร์ของ ATM และรูปที่ 3.30 แสดงโครงสร้างทางโปรโตคอลของ IWF

(5) การจัดการสำหรับการทำงานร่วมกันของ PVC

วิธีการจัดการ PVC จะแสดงสภาวะการส่งแบบ 2 ทิศทาง ดังรูปที่ 2.31 โดยที่ IWF จะแสดงการรับสัญญาณจากโครงข่าย FR และทำการจัดวางให้สอดคล้องกับการแสดงของ ATM รวมทั้งทำการส่งสัญญาณไปยังโครงข่าย ATM ในทำนองเดียวกัน IWF จะทำการรับสัญญาณจากโครงข่าย ATM และทำการจัดวางให้สอดคล้องกับการแสดงของ FR รวมทั้งทำการส่งสัญญาณไปยัง โครงข่าย FR



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างวิธีการจัดการ PVC

(5.1) วิธีการจัดการ FR PVC

(5.1.1) LIV (Link Integrity Verification)

LIV จะทำหน้าตรวจสอบความแน่นอนในการเชื่อมโยงระหว่าง IWF กับโครงข่าย FR เมื่อ IWF ทำการตรวจพบเงื่อนไขสอดคล้องกับการบริการนั้น ๆ จะมีการจัดวาง (mapping) ค่าพารามิเตอร์ของ IWF ไปยังด้าน ATM และทำการส่งสัญญาณ AIS F5 OAM Cells ไปยังการเชื่อมต่อของ ATM PVC รวมทั้งมีความสอดคล้องกันกับการเชื่อมโยงร่วมกับโครงข่าย FR

เมื่อ IWF ตรวจพบเงื่อนไขการเคลียร์การให้บริการของ FR แล้ว IWF จะหยุดส่งสัญญาณ AIS OAM Cells ไปยัง ATM PVC ซึ่งจะไม่มีการส่งสัญญาณ AIS OAM Cells อื่น ๆ อีก เมื่อ IWF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับเงื่อนไขในการส่งสัญญาณ AIS OAM Cells จะมีการส่งสัญญาณตรวจจับ 1 ครั้งต่อวินาที จนกระทั่งพบเงื่อนไขให้มีการหยุดสัญญาณ IWF จึงหยุดส่งสัญญาณ

(5.1.2) NEW / Delete FR PVC

เมื่อโครงข่าย FR แสดงสภาวะของ PVC ที่ IWF เป็น New IWF จะไม่สร้างฟังก์ชั่น ใด ๆ ให้สอดคล้องกับการทำงานของ ATM PVC

เมื่อโครงข่าย FR แสดงสภาวะของ PVC ที่ IWF เป็น Delete โดยทำการโอนถ่ายองค์ประกอบ ของข่าวสาร PVC ออกไป IWF จะทำการส่งสัญญาณ AIS F5 OAM Cells ไปยัง ATM ให้สอดคล้องกับการทำงานของ ATM PVC

(5.1.3) Active / Inactive FR PVC

สภาวะที่เป็น "Inactive" ของ FR PVC คือ

เมื่อ PVC ไม่ถูก "delete" ออกจากโครงข่าย FR และสภาวะการแสดง FR PVC เป็น "inactive" จะส่งผลให้ IWF ส่งสัญญาณ AIS F5 OAM Cells เชื่อมต่อกับ ATM PVC

มีการแสดงของ LIV ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงจาก IWF ไปยัง FR ลดลง และถูกนำไปจัดวางยัง OAM PVC ทุกสภาวะโดย IWF สำหรับการเชื่อมโยงที่ลดลง

สภาวะที่เป็น "Active" ของ FR PVC คือ

การแสดงของ LIV ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงจาก IWF ไปยัง FR เพิ่มขึ้น และถูกนำไปจัดวางยัง ATM PVC โดยผ่าน IWF โดยไม่มีการส่งสัญญาณ AIS F5 OAM Cells

(5.2) วิธีการจัดการ ATM PVC

วิธีการจัดการ ATM PVC จะอยู่บนพื้นฐานของการรับสัญญาณ AIS F5 OAM Cells ที่แสดงสภาวะเป็นแบบ "inactive" หรือแสดงค่าตัวแปร ILMI MIB สภาวะข่าวสารที่ได้รับโดย IWF จะถูกนำไปจัดวางให้สอดคล้องกับตัวแสดงสภาวะของ FR พร้อมทั้งถูกส่งไปยังโครงข่าย FR

(5.2.1) การ Add/ Deleted ATM PVC

เมื่อ IWF ทำการสร้าง ATM ขึ้นมาใหม่ PVC จะแจ้งสถานะเป็น "New" โดย IWF ไปยังโครงข่าย FR และเป็นการแสดงถึงสภาวะการเชื่อมต่อ

เมื่อ ATM PVC แจ้งสถานะเป็น "deleted" IWF จะรายงานสถานะการยกเลิกการเชื่อมต่อไปยังโครงข่าย FR

(5.2.2) การ Active / Inactive ATM PVC

เมื่อ IWF ทำการสร้าง ATM PVC ขึ้นมาใหม่ PVC นั้น ๆ จะถูกเชื่อมต่อกับการให้บริการในสภาวะ "inactive" คือ

(5.2.2.1) การแสดงสถานะโดย AIS หรือ RDI OAM F5 Cells

(5.2.2.1) การแสดงสถานะโดย ILMI MIB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสถานะใดสถานะหนึ่งของการแสดงเป็น Inactive จะมีการตรวจสอบโดย IWF ทางด้าน ATM PVC จะมีสถานะเป็น inactive เช่นกัน ซึ่ง IWF ด้าน FR จะทำการส่งบิต Active = 0 ไปยังโครงข่าย FR เพื่อให้สอดคล้องกับ FR PVC

เมื่อ IWF ทำการสร้าง ATM PVC ขึ้นมาใหม่ PVC นั้นๆ จะถูกเชื่อมต่อกับการให้บริการในสภาวะ "Active" คือ

(5.2.2.3) ไม่มีสัญญาณ AIS OAM Cells และ RDI OAM Cells จากโครงข่าย ATM

(5.2.2.4) ไม่มีการแสดงสถานะโดย ILMI MIB

เมื่อมีการใช้สถานะ active และไม่มีการนำมาใช้ตรวจสอบโดย IWF ทางด้าน ATM ดังนั้น ATM PVC จะมีสถานเป็น active ซึ่ง IWF ทางด้าน FR จะทำการส่งบิต Active = 1 ไปยังโครงข่าย FR เพื่อให้สอดคล้องกับ FR PVC

(5.2.3) เซล RDI (Remote Defect Indication)

IWF จะทำการตอบสนอง AIS Cells โดยการส่ง RDI Cells ซึ่ง IWF จะแสดง RDI Cells ที่รับเข้ามาเพื่อแสดงเตือนระบบการจัดการโครงข่าย [11].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบการวางโครงข่ายและทราฟฟิกของโครงข่าย Frame Relay และโครงข่าย ATM

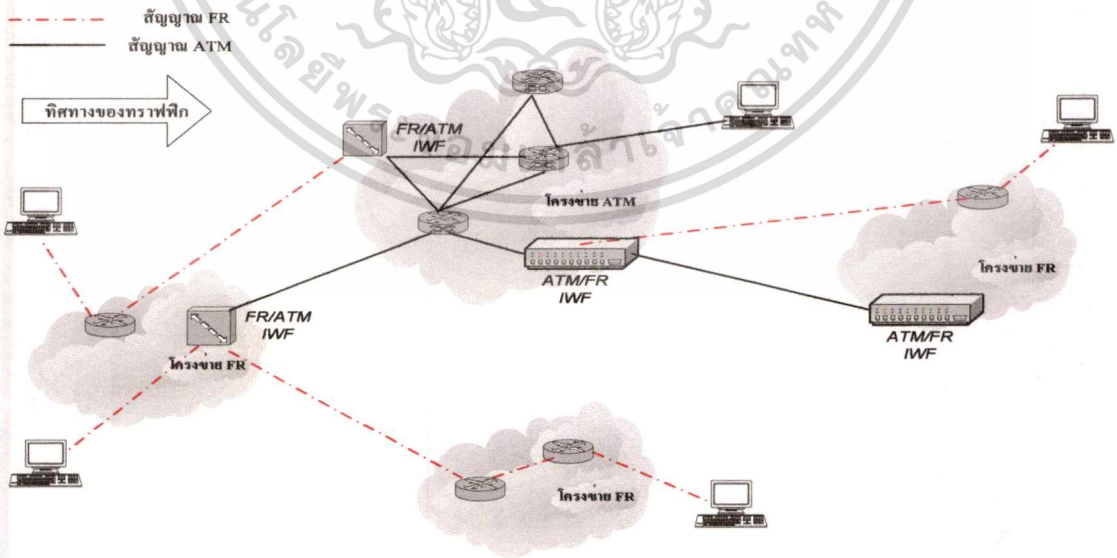
3.1 ข้อกำหนดในการออกแบบการวางโครงข่ายและทราฟฟิก

ข้อกำหนดในการจัดวาง (Mapping) พารามิเตอร์ของทราฟฟิก FR และ ATM ในการให้บริการ

FR เป็นโครงข่ายของเทคโนโลยี Connection – Oriented ที่ถูกออกแบบมาเป็น narrow ISDN และมีหลักการคล้าย ATM ซึ่งมีการนำมาใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องรวดเร็ว โดยเป็นการการนำพาทราฟฟิกจากโครงข่าย FR ไปยัง backbone ATM ความเร็วสูง เนื่องจากในปัจจุบัน FR มีมาตรฐานสำหรับการอินเตอร์เฟสที่ความเร็วต่ำ เช่น DS3 นอกจากนั้นความยืดหยุ่นของการให้บริการของ ATM ทำให้ประยุกต์ใช้งานสำหรับ backbone ความเร็วสูงได้ในหลาย ๆ ด้าน

FR และ ATM มีการแบ่งความสามารถในการจัดการทราฟฟิกที่เหมือนกันได้แก่ แนวความคิดในการติดตามทราฟฟิก การตรวจสอบในการปฏิบัติตามเงื่อนไข การเลือกเซลในการขจัดทิ้ง และการตอบกลับกรณีเกิดความคับคั่ง

ในการนำพาทราฟฟิกของโครงข่าย FR ไปยังโครงข่าย ATM อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีการจัดวางความสามารถในการจัดการทราฟฟิกของ FR จะได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการส่งทราฟฟิกจากโครงข่าย FR ไปยังโครงข่าย ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การเลือกประเภทการบริการของ ATM ที่เหมาะสม

ในปัจจุบัน FR จะมีการรองรับการบริการอยู่ 2 แบบคือ

(1) การบริการที่มียืนยันแบนด์วิธ โดย

$CIR > 0,\ EIR \geq 0$

(2) การบริการที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดย $CIR = 0, EIR > 0$

เมื่อมีการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR และโครงข่าย ATM ในการบริการของ FR สามารถนำไปจัดไว้ในประเภทการบริการของ ATM ได้ ซึ่งการเชื่อมต่อโดยส่วนใหญ่ของ FR ในการนำไปจัดวางจะเป็นแบบ VBR เนื่องจากแนวความคิดของ CIR , EIR เหมือนกันกับ SCR และ PCR รวมทั้งพารามิเตอร์ในการอธิบายถึงทราฟฟิกของทั้งสองโครงข่ายจะใช้อัลกอริทึมแบบ dual leaky bucket framework

อย่างไรก็ตามประเภทการให้บริการอื่น ๆ ของ ATM สามารถถูกนำมาใช้เช่นเดียวกับการให้บริการ FR ที่มีความล่าช้าต่ำ สามารถนำไปจัดไว้ในประเภท CBR ของ ATM หรือการให้บริการ FR ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถนำไปจัดไว้ในประเภท rt – VBR ของ ATM หรือการให้บริการ FR ที่มีการสูญเสียต่ำโดยทั่วไปจะนำไปจัดไว้ในประเภท nrt – VBR, GFR หรือ ABR ของ ATM และการให้บริการที่ดีที่สุดของ FR สามารถนำไปจัดไว้ในประเภท ABR, UBR หรือ GFR ของ ATM

ในการจัดวางพารามิเตอร์ที่อธิบายลักษณะทราฟฟิกของ FR ไปยัง ATM มีความสำคัญในการยืนยันประสิทธิภาพของการจัดการบริการโครงข่ายได้เหมาะสม

3.1.2 การจัดวางพารามิเตอร์ที่อธิบายลักษณะของทราฟฟิก

เมื่อมีการกำหนดว่าจะมีการจัดวางพารามิเตอร์ที่อธิบายลักษณะของทราฟฟิกจาก FR ไปยัง ATM สิ่งสำคัญในการพิจารณาคือ การจัดวางพารามิเตอร์กลับจาก ATM มายัง FR

3.1.2.1 การประเมินการทำงานร่วมกันของ overhead

กำหนดให้ $IOHR_{FR-ATM}$ คืออัตราส่วนของ Overhead ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงระหว่าง payload ของ FR (หน่วยเป็นไบต์) และเซลของ ATM ซึ่งอัตราส่วนเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจาก FR ไปเป็น ATM จะแตกต่างจากอัตราส่วนของ ATM มาเป็น FR ($IOHR_{FR-ATM}$) ดังนี้

$$IOHR_{FR-ATM} = \frac{\left\lceil \frac{n_{avg} + FRHS + AALH5}{48} \right\rceil}{N_{avg}} \quad \text{เซล/ไบต์} \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $AALH5$ คือ ส่วนปิดท้าย AAL – 5 (8 ไบต์)

$FRHS$ คือ ขนาดเฮดเดอร์ของ FR (2 –4 ไบต์) ซึ่ง $FRHS$ จะถูกกำหนดให้เป็นศูนย์ เมื่อไม่มีการส่งทราฟฟิกไปยังโครงข่าย ATM

n_{avg} คือ การใช้ข้อมูลของ Payload ในเฟรมโดยเฉลี่ย (ไบต์ /เฟรม)

N_{avg} คือ การใช้ข้อมูลในเฟรมโดยเฉลี่ย ซึ่งประกอบไปด้วยข้อกำหนดของ CIR และ EIR (ไบต์ /เฟรม) โดยที่บางโครงข่าย เฟรมoverhead ($FRHS$ และ $FROH$) จะประกอบด้วยรายละเอียดของ CIR และ EIR (คือ $N_{avg} = n_{avg}$) และบางโครงข่ายจะนับเฉพาะ payload ของผู้ใช้ (คือ $N_{avg} = n_{avg} + FRHS + FROH$) เมื่อ $FROH$ คือ ค่าHDLC overhead (ขนาด 4 ไบต์สำหรับ CRC–16 และแฟลก)

ถ้าไม่ทราบ N_{avg} สามารถใช้ค่ากรณีเกิดความผิดปกติน้อยที่สุด คือ 128 ไบต์ เพื่อป้องกันการไหลของเฟรม FR ไปยัง ATM เกินความจำเป็น

3.1.2.2 FR ส่งผ่านการให้บริการแบบ CBR ของ ATM

ในบางโครงข่ายของ ATM การให้บริการแบบ CBR อาจจะให้บริการเฉพาะที่สามารถยืนยันได้ว่ามีการสูญเสียของเซลต่ำเท่านั้น ในกรณีนี้การเชื่อมต่อ FR กับ CIR ที่มากกว่าศูนย์จึงนำไปจัดวางให้อยู่ในประเภทการบริการแบบ CBR ของ ATM ซึ่งการให้บริการแบบ CBR อาจนำมาใช้เมื่อมีการรองรับการเชื่อมต่อ FR ซึ่งมีความไวต่อความหน่วงและ Jitter

เมื่อมีการจัดวางการเชื่อมต่อ FR ไปยังการให้บริการแบบ CBR พารามิเตอร์ CIR ไม่สามารถส่งผ่านไปตามจำนวนที่สามารถรองรับได้ ในทางสถิติพารามิเตอร์ PCR ที่ FR/ATM IWF สามารถหาได้จาก CIR และ EIR มีดังต่อไปนี้

$$(CIR + EIR)\, x\, IOHR_{FR-ATM} \le PCR_{0+1} \le \min(Line\ Rate, Segmentation\ Rate) \tag{3.2}$$

เว้นแต่ PCR ถูกกำหนดให้เป็น segmentation rate ที่ FR/ATM IWF จะมีความต้องการในการสร้างทราฟฟิก เพื่อยืนยันว่าไม่มีเซลใน 1 เฟรมเข้าไปยัง Line rate หรือ segmentation rate ของโครงข่าย ATM ถ้าไม่มีการสร้างทราฟฟิก พารามิเตอร์ PCR จะถูกกำหนดขึ้นที่ Line rate ของ ATM หรือสามารถกำหนดให้ต่ำกว่า และ พารามิเตอร์ CDVT เป็นจำนวนทางวิศวกรรมสำหรับ Jitter โดยที่ CDVT สามารถทำการคำนวณได้โดยสมมติจากเฟรมที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ถ้าเกิดมีกรณีเลวร้ายที่สุด ขนาดของเฟรมจะถูกแปลงเป็น N เซล และ CDVT สามารถคำนวณได้จาก

$$CDVT = \frac{N}{PCR_{0+1}} - \frac{N}{\min(Line\ Rate, Segmentation\ Rate)} \tag{3.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของการให้บริการแบบ CBR ค่า CDVT สามารถมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย ATM ถ้า PCR ถูกกำหนดให้ต่ำกว่า $(CIR + EIR)xIOHR_{FR-ATM}$ จะทำให้การทำงานร่วมกันเกิดความคับคั่ง

ความล่าช้าเกิดขึ้นจากการลด PCR คือ ไม่สามารถที่จะเห็นการล่าช้าที่ได้รับโดยการส่งไฟล์ที่สร้างจากหลาย ๆ เฟรม ซึ่งในกรณีนี้เฟรมจะถูกสร้างขึ้นที่อัตราเฉลี่ยของ CIR ดังนั้นเฟรมสุดท้ายเท่านั้นจะเกิดความล่าช้าขึ้นถ้ามีการสร้างทราฟฟิก นั่นคือการส่งไฟล์จำนวน N เฟรม ซึ่งผลรวมของไฟล์ที่ขนาดเกิน Bc จะทำให้เกินที่โครงข่าย FR จะรองรับได้ จากสมการต่อไปนี้

$$Delay = \frac{(N-1)xFS}{(CIR+EIR)} + \frac{FS}{LR} \tag{3.4}$$

ซึ่ง FS แสดงถึงขนาดของเฟรมและ LR คือ Line rate เมื่อมีการส่งไฟล์ที่เหมือนกันผ่านโครงข่ายที่มีการทำงานร่วมกันของ FR กับ ATM ทำให้เกิดสมการ

$$Delay = \frac{(N-1)xFS}{(CIR+EIR)} + \frac{FS}{PCR} \tag{3.5}$$

ดังนั้นไฟล์ที่มีขนาดยาวจะถูกส่งออกไป ส่วนไฟล์ที่ขนาดสั้นจะมีผลกระทบต่อรูปร่างของเซล ถ้าขนาดของไฟล์น้อยกว่าขนาดของ $Bc + Be$ ผลกระทบของรูปร่างจะเห็นได้ชัดมาก เนื่องจากเฟรมสามารถทำการส่งกลับไปยัง Line rate ในด้าน FR ได้ แต่เซลสามารถทำการส่งที่อัตราต่ำกว่าไปยังโครงข่าย ATM ได้

เมื่อมีการจัดวางทราฟฟิกจาก ATM ไปยัง FR พารามิเตอร์ CIR จะถูกกำหนดโดยสมการ

$$CIR = PCR_{0+1} \; x \; IOHR_{ATM-FR} \tag{3.6}$$

3.1.2.3 เฟรมรีเลย์กับการให้บริการแบบ VBR

เมื่อ CIR แสดงถึงค่าเฉลี่ยของการยืนยันทราฟฟิก การจัดวางพารามิเตอร์ SCR ของการไหล ทราฟฟิกที่ CLP = 0 มีดังต่อไปนี้

$$SCR_0 = CIR \; x \; IOHR_{FR-ATM} \tag{3.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจุของ FR leaky bucket จะถูกนำไปจัดวางที่ความจุของ ATM leaky bucket หรือ burst tolerance (BT) ดังนั้น MBS สามารถหาได้จากสมการ

$$BT\ x\ SCR_0 = Bc\ x\ IOHR_{FR-ATM} \tag{3.8}$$

$$(MBS_0 - 1)\,x\left(\frac{1}{SCR_0} - \frac{1}{PCR_{0+1}}\right) x\ SCR_0 = Bc\ x\ IOHR_{FR-ATM} \tag{3.9}$$

$$MBS_0 = \frac{Bc\,x\ IOHR_{FR-ATM}}{1 - \dfrac{SCR_0}{PCR_{0+1}}} + 1 \tag{3.10}$$

เช่นเดียวกับกรณีการบริการแบบ CBR ที่มาของ PCR สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$(CIR + EIR)\,x\ IOHR_{FR-ATM} \le PCR_{0+1} \le \min(Line\ Rate, Segmentation\ Rate) \tag{3.11}$$

ในกรณีนี้ PCR สามารถกำหนดให้มีค่าสูงขึ้น รวมทั้งมีผลกระทบน้อยกว่าในการจัดสรรแบนด์วิธให้คงที่ เมื่อมีการจัดวางทราฟฟิกจาก ATM ไปยัง FR พารามิเตอร์ที่อธิบายถึงลักษณะของทราฟฟิกจะเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

$$CIR = SCR_0\ x\ IOHR_{ATM-FR} \tag{3.12}$$

$$EIR = (PCR_{0+1} - SCR_0)\,x\ IOHR_{ATM-FR} \tag{3.13}$$

$$Bc = (MBS_0 - 1)x\frac{SCR_0}{PCR_{0+1}}\,x\ IOHR_{ATM-FR} \tag{3.14}$$

โดยทั่ว ๆ ไปการเชื่อมต่อ FR เมื่อมีการนำไปจัดวางบน ATM VCs ของการให้บริการแบบ VBR จะปฏิบัติตามภายใต้ข้อกำหนดของ VBR.3 ถ้าโครงข่าย ATM ไม่ทำการเสนอการรองรับข้อกำหนดของ VBR.3 สามารถใช้ VBR.1 ได้ ซึ่งในกรณีนี้ SCR และ MBS จะประกอบอยู่ในส่วนเกินของทราฟฟิก การจัดวางทราฟฟิกได้มาจากสมการดังต่อไปนี้

$$SCR_{0+1} = (CIR + EIR)\,x\ IOHR_{FR-ATM} \tag{3.15}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BT\,x\,SCR_{0+1} = (Bc + Be)\,x\,IOHR_{FR-ATM} \tag{3.16}$$

$$(MBS_{0+1} - 1)\,x\left(\frac{1}{SCR_{0+1}} - \frac{1}{PCR_{0+1}}\right)x\,SCR_{0+1} = (Bc + Be)\,x\,IOHR_{FR-ATM} \tag{3.17}$$

$$MBS_{0+1} = \frac{(Bc + Be)\,x\,IOHR_{FR-ATM}}{1 - \frac{SCR_{0+1}}{PCR_{0+1}}} + 1 \tag{3.18}$$

ในกรณีนี้ PCR ควรมีการกำหนดให้สูงกว่า SCR ดังต่อไปนี้

$$(CIR + EIR)\,x\,IOHR_{FR-ATM} < PCR_{0+1} \le \min(Line\ Rate, Segmentation\ Rate) \tag{3.19}$$

สำหรับการใช้ VBR.1 เมื่อมีการจัดวางพารามิเตอร์จาก ATM ไปยัง FR สัญญาณโปรโตคอลจะทำการค้นหาพารามิเตอร์เดิมของ FR ได้โดยอัตโนมัติ จากพารามิเตอร์ที่อธิบายถึงทราฟฟิกของ VBR.1 ไม่มีทางเป็นไปได้ในการดึงสัดส่วนที่ซ่อนเร้นของการยืนยันทราฟฟิกนอกจาก SCR ที่มี CLP = 0+1 เท่านั้น ดังนั้นสมมติฐานในกรณีที่เลวร้ายที่สุดคือ SCR_{0+1} แสดงถึงการยืนยันทราฟฟิกเท่านั้น จึงควรมีการแน่ใจก่อนว่าการยืนยันทราฟฟิกจะประกอบอยู่ใน CIR ของด้านส่งของโครงข่าย สมการที่ได้มีดังต่อไปนี้

$$CIR = SCR_{0+1}\,x\,IOHR_{ATM-FR} \tag{3.20}$$

$$EIR = (PCR_{0+1} - SCR_{0+1})\,x\,IOHR_{ATM-FR} \tag{3.21}$$

$$Bc = (MBS_{0+1} - 1)\,x\,\frac{SCR_{0+1}}{PCR_{0+1}}\,x\,IOHR_{ATM-FR} \tag{3.22}$$

3.1.2.4 FR กับการให้บริการแบบ ABR

การเชื่อมต่อ FR สามารถทำการนำไปจัดวางสำหรับการบริการแบบ ABR บน ATM VCs ได้ ซึ่งในการใช้โครงสร้างนี้ FR/ATM IWF และ ATM/FR IWF จำเป็นต้องการดำเนินการกับคุณลักษณะของแหล่งกำเนิดและปลายทางของ ABR เมื่อมีการใช้การบริการแบบ ABR พารามิเตอร์ MCR จะถูกกำหนดเป็น $CIR\,x\,IOHR_{FR-ATM}$ และ PCR สามารถถูกกำหนดเป็น segmentation rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ Line rate โดยปราศจากผลกระทบกับประสิทธิภาพของโครงข่าย ในการจัดวางพารามิเตอร์เฟรมจะถูกส่งเร็วที่สุดเท่าที่โครงข่ายสามารถรองรับได้ แต่จะไม่ต่ำกว่าอัตราการส่งที่ได้ยืนยันไว้

ในการจัดวางพารามิเตอร์จาก ATM ไปยัง FR พารามิเตอร์ที่อธิบายคุณลักษณะของทราฟฟิกของการจัดวางมีดังนี้

$$CIR = MCR\,x\,IOHR_{ATM-FR} \tag{3.23}$$

$$EIR = \left(PCR_{0+1} - MCR\right) x\, IOHR_{ATM-FR} \tag{3.24}$$

3.1.2.5 FR กับการให้บริการแบบ GFR

GFR (Guarantee Frame Rate) คือการให้บริการที่อยู่บนพื้นฐานของเฟรม และมีความเหมาะสมในการรองรับ FR เป็นอย่างดี ความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง GFR และ VBR สำหรับการรองรับทราฟฟิก FR คือการบริการแบบ GFR ต้องการการจัดสรรจำนวนแบนวิธต่ำสุดคงที่ คือ

$$MCR = CIR\,x\,IOHR_{FR-ATM} \tag{3.25}$$

ค่า MFS (Maximum Frame Size) จะถูกกำหนดให้มีขนาดของเฟรมใหญ่สุดที่รองรับโดยการเชื่อมต่อหรือโครงข่าย

ความจุของ FR leaky bucket Bc จะถูกนำไปจัดวางที่ความจุของ ATM leaky bucket หรือ burst tolerance (BT) ดังนั้น MBS สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$BT\,x\,MCR = (Bc + Be)\,x\,IOHR_{FR-ATM} \tag{3.26}$$

$$(MBS_0 - 1)\,x\left(\frac{1}{MCR} - \frac{1}{PCR_{0+1}}\right) x\, MCR = Bc\,x\,IOHR_{FR-ATM} \tag{3.27}$$

$$MBS_0 = \frac{Bc\,xIOHR_{FR-ATM}}{1 - \dfrac{MCR}{PCR_{0+1}}} + 1 \tag{3.28}$$

พารามิเตอร์ PCR สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\left(CIR + EIR\right) x\, IOHR_{FR-ATM} \le PCR_{0+1} \le \min\left(Line\ Rate, Segmentation\ Rate\right) \tag{3.29}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการจัดวางจาก ATM ไปยัง FR พารามิเตอร์ของ FR หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$CIR = MCR \, x \, IOHR_{ATM-FR} \tag{3.30}$$

$$EIR = \left(PCR_{0+1} - MCR\right) x \, IOHR_{ATM-FR} \tag{3.31}$$

$$Bc = \left(MBS_0 - 1\right) x \frac{MCR}{PCR_{0+1}} x \, IOHR_{ATM-FR} \tag{3.32}$$

3.1.2.5 FR กับการให้บริการแบบ UBR

การเชื่อมต่อ FR ที่มีค่า CIR เป็นศูนย์สามารถทำการนำไปจัดวางกับการให้บริการแบบ UBR ได้ ซึ่งค่า PCR สามารถทำการกำหนดที่ค่าใด ๆ ระหว่าง EIR x $IOHR_{FR-ATM}$ และค่าต่ำสุดของ line rate และ segmentation rate เนื่องจากไม่มีการจัดสรรแบนวิธ ดังนั้นพารามิเตอร์ PCR จึงไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย [5].

การจัดวางจาก ATM ไปยัง FR นั้น สามารถทำการคำนวณ EIR ได้จากสมการดังนี้คือ

$$EIR = PCR \, x \, IOHR_{ATM-FR} \tag{3.33}$$

3.2 โครงสร้างคณิตศาสตร์และอัลกอริทึม

3.2.1 โครงสร้างคณิตศาสตร์ของ Poisson distribution ในการอธิบายคุณลักษณะของทราฟฟิก

Erlang's B-Formula คือโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ของ Poisson distribution ที่ประกอบด้วย องค์ประกอบ 3 ส่วนคือ

(1) โครงสร้าง คือ การพิจารณาระบบหนึ่งที่ประกอบด้วย n ช่องสัญญาณ (เซิฟเวอร์ ทรั้งค์ สล๊อต) ทำงานร่วมกันแบบขนาน มีการเรียกว่า กลุ่มที่มีลักษณะเหมือนกัน (homogeneous group)

(2) ยุทธวิธี คือ การติดต่อกันของระบบหนึ่ง จะมีการยินยอมก็ต่อเมื่อช่องสัญญาณว่างเปล่า โดยที่ทุกๆการติดต่อจะต้องการเพียงหนึ่งการร้องขอ และหนึ่งช่องสัญญาณเท่านั้น ถ้าทุกช่องสัญญาณ ไม่ว่าง การร้องขอที่พยายามอยู่จะสูญเสียจากการติดต่อโดยไม่มีผลกระทบใดๆ โดยวิธีการนี้เรียกว่า Erlang's loss model หรือโครงสร้าง LCC (Lost Calls Clears)

(3) ทราฟฟิก คือ ในช่วงเวลาการให้บริการจะมีการกระจายฟังก์ชันแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ที่มี ความหนาแน่นเป็น μ และกระบวนการที่ได้รับคือ กระบวนการ Poisson ที่มีอัตราเท่ากับ λ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

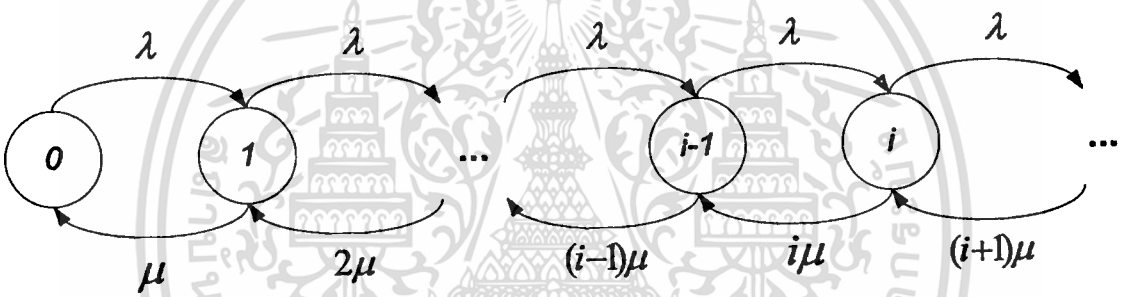
กำหนดให้ ทราฟฟิกที่นำเสนอเป็นทราฟฟิกที่จะถูกนำพาไปในช่องสัญญาณ เมื่อจำนวนของช่องสัญญาณมีค่าเป็นอนันต์ โดยที่ Erlang's loss model รวมทั้งกระบวนการมาถึงของทราฟฟิกที่นำเสนอมี ค่าโดยประมาณจากจำนวนเฉลี่ยของความพยายามในการติดต่อหารด้วยค่าเฉลี่ยของ holding time

$$A = \lambda \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu} \tag{3.34}$$

ฉะนั้นจะพิจารณา 2 กรณีคือ

- $n = \infty$: Poisson distribution
- $n < \infty$: Truncated Poisson distribution

3.2.1.1 Poisson distribution



รูปที่ 3.2 การเปลี่ยนสถานะของไดอะแกรม Poisson distribution

กำหนดให้ $[i]$ คือ สถานะของระบบ ,i คือ จำนวนของช่องสัญญาณที่ไม่ว่าง (i=0,1,2,...) สถานะ ของระบบดังรูปแสดงเป็นวงกลม และการเปลี่ยนสถานะจากจุดหนึ่งไปจุดอื่นๆ จะแสดงให้เห็นตามลูกศร ถ้าสมมติให้ระบบอยู่ในความสมดุลทางสถิติ ดังนั้นระบบจะอยู่ในสถานะ $[i]$ เป็นสัดส่วนกับ $p(i)$ ของเวลา โดยที่ $p(i)$ คือ ความน่าจะเป็นในการสังเกตสถานะ $[i]$ ของระบบที่เวลาโดยเฉลี่ย เมื่อกระบวนการอยู่ในสถานะ $[i]$ จะเปลี่ยนไปเป็นสถานะ $[i+1]$ λ ครั้งต่อ หน่วยเวลา และที่สถานะ $[i-1]$ $i\lambda$ ครั้งต่อหน่วยเวลา ดังนั้นจะมีการละทิ้งสถานะ $[i]$ ซึ่งเป็นวิธีการเปลี่ยนแปลงสถานะ

สมการที่อธิบายสถานะของระบบภายใต้สมมติฐานความสมดุลทางสถิต สามารถกำหนดได้ 2 วิธี คือ

(1) สมการโหนด

ความสมดุลทางสถิต จำนวนการเปลี่ยนแปลงสถานะ $[i]$ ต่อหน่วยเวลา เท่ากับจำนวน ที่ออกไปของสถานะ $[i]$ ความน่าจะเป็นของสถานะ $p(i)$ แสดงถึงสัดส่วนของเวลา (เวลาทั้งหมดต่อหน่วยเวลา) ของกระบวนการในสถานะ $[i]$ จำนวนเฉลี่ยของการกระโดดจากสถานะ $[0]$ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสถานะ $[1]$ คือ $\lambda\, p(0)$ ต่อหน่วยเวลา และจำนวนเฉลี่ยของการกระโดดจากสถานะ $[1]$ ไปเป็นสถานะ $[0]$ คือ $\mu\, p(1)$ ต่อหน่วยเวลา

สำหรับสถานะ $[i]$ สามารถจัดสมการให้สมดุลได้ดังต่อไปนี้

$$\lambda \cdot p(0) = \mu \cdot p(1), \qquad i = 0, \tag{3.35}$$

$$\lambda \cdot p(i-1) + (i+1)\mu \cdot p(i+1) = (\lambda + i\mu) \cdot p(i), \qquad i = 0, \tag{3.36}$$

(2) สมการในการตัดสถานะ

ถ้าสมมติมีการตัดของสถานะ $[i-1]$และ $[i]$ดังนั้นในความสมดุลทางสถิติ กระบวนการเปลี่ยน ทราฟฟิกจากสถานะ $[i-1]$ ไปเป็น $[i]$ จะเท่ากับจำนวนของเวลาที่เปลี่ยนจากสถานะ $[i]$ ไปยัง $[i-1]$ซึ่งสามารถจัดสมการให้สมดุลได้ดังต่อไปนี้

$$\lambda \cdot p(i-1) = i\mu \cdot p(i), \qquad i = 1,2,... \tag{3.37}$$

เนื่องจากระบบจะมีสถานะใดสถานะหนึ่งเสมอ จึงสามารถทำการนอมอลไลซ์ได้ดังต่อไปนี้

$$\sum_{i=0}^{\infty} p(i) = 1, \quad p(i) \geq 0, \tag{3.38}$$

จากรูปที่ 3.2 ของไดอะแกรมสถานะ สามารถแสดงที่มาของสมการที่สมดุลได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
&\lambda \cdot p(0) = \mu \cdot p(1), \\
&\lambda \cdot p(1) = 2\mu \cdot p(2), \\
&\cdots\cdots \qquad \cdots\cdots \\
&\lambda \cdot p(i-2) = (i-1)\mu \cdot p(i-1), \\
&\lambda \cdot p(i-1) = i\,\mu \cdot p(i), \\
&\lambda \cdot p(i) = (i+1)\mu \cdot p(i+1), \\
&\cdots\cdots \qquad \cdots\cdots
\end{aligned} \tag{3.39}$$

ต่อไปนี้คือการแสดงความน่าจะเป็นของสถานะทั้งหมด โดยที่ทราฟฟิกที่นำมาเสนอ $A = \lambda / \mu$:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$
\begin{aligned}
p(0) &= p(0), \\
p(1) &= A \cdot p(0), \\
p(2) &= \frac{A}{2} \cdot p(1) = \frac{A^2}{2} \cdot p(0), \\
&\cdots \quad \cdots \quad \cdots \\
p(i-1) &= \frac{A}{i-1} \cdot p(i-2) = \frac{A^{i-1}}{(i-1)!} \cdot p(0), \\
p(i) &= \frac{A}{i+1} \cdot p(i) = \frac{A^i}{i!} \cdot p(0), \\
p(i+1) &= \frac{A}{i+1} \cdot p(i) = \frac{A^{i+1}}{(i+1)!} \cdot p(0), \\
&\cdots \quad \cdots \quad \cdots
\end{aligned}
\tag{3.40}
$$

เมื่อทำการนอร์มอลไลซ์จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$
\begin{aligned}
1 &= \sum_{v=0}^{\infty} p(v) \\
&= p(0) \cdot \left\{ 1 + A + \frac{A^2}{2!} + \cdots + \frac{A^i}{i!} + \cdots \right\} \\
&= p(0) \cdot e^{A}, \\
p(0) &= e^{-A}
\end{aligned}
\tag{3.41}
$$

และจะได้สมการ Poisson distribution ดังต่อไปนี้

$$
p(i) = \frac{A^i}{i!} \cdot e^{-A}, \quad i = 0,1,2,\ldots \tag{3.42}
$$

พารามิเตอร์ที่แสดงถึงคุณลักษณะการสูญเสียของระบบมีดังต่อไปนี้

(1) ความคับคั่งของเวลา (Time congestion): E = 0 ,

(2) ความคับคั่งในการติดต่อ (Call congestion): B = 0 ,

(3) ทราฟฟิกที่ถูกนำพาไป (Carried traffic): $Y = \sum_{i=1}^{\infty} i \cdot p(i) = A$,

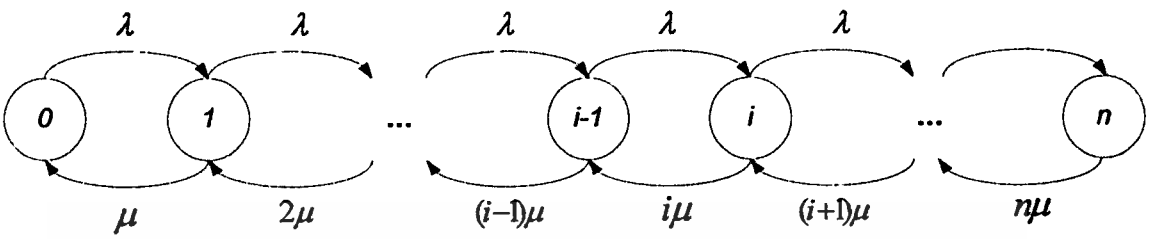
(4) การสูญเสียทราฟฟิก (Lost traffic): $A_t = A - Y = 0$,

(5) ความคับคั่งของทราฟฟิก (Traffic congestion): C = 0 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 Truncated Poisson distribution

สำหรับโครงสร้างของสมการ Truncated Poisson distribution นี้ จำนวนช่องสัญญาณจะไม่เป็นอนันต์คือเท่ากับ n จำนวนของสถานะจะเท่ากับ n+1 และการเปลี่ยนสถานะแสดงได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 การเปลี่ยนสถานะของไดอะแกรม Truncated Poisson distribution

เช่นเดียวกับสมการตัดสถานะของ Poisson แต่จำนวนของสถานะจะถูกจำกัดให้ไม่เป็นอนันต์ และสามารถทำการนอร์มอลไลซ์ ได้ดังต่อไปนี้

$$p(0) = \left\{ \sum_{v=0}^{n} \frac{A^v}{v!} \right\}^{-1} \qquad (3.43)$$

ดังนั้นเราจะได้สมการที่เรียกว่า Truncated Poisson distribution หรือ สูตรแรกของ Erlang (Erlang's first formula) ดังนี้

$$p(i) = \frac{\frac{A^i}{i!}}{\sum_{v=0}^{n} \frac{A^v}{v!}}, \qquad 0 \le i \le n. \qquad (3.44)$$

3.2.1.3 คุณลักษณะทราฟฟิก ของ Erlang's B-formula แบบไม่อนันต์ของ Truncated Poisson distribution

(1) ความคับคั่งของเวลา (Time congestion):

ความน่าจะเป็นของทุกช่องสัญญาณ n ณ จุดเวลาที่ทำการสุ่มเท่ากับสัดส่วนของเวลาทุกช่องสัญญาณที่ไม่ว่าง (เวลาเฉลี่ย) ซึ่งจากสมการ (3.44) ที่ผ่านมาสำหรับค่า i = n เป็นดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_n(A) = p(n) = \frac{\frac{A^n}{n!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \cdots + \frac{A^n}{n!}} \tag{3.45}$$

(2) ความคับคั่งในการติดต่อ (Call congestion):

ความน่าจะเป็นของการสุ่มในการการติดต่อ 1 ครั้งที่ไม่ประสบผลสำเร็จ เท่ากับสัดส่วนของความพยายามในการสกัดกั้นการติดต่อ ถ้าพิจารณาในหนึ่งหน่วยเวลา จะได้ว่า $B = B_n(A)$

$$B = \frac{\lambda \cdot p(n)}{\sum_{v=0}^{n} \lambda \cdot p(v)} = p(n) = E_n(A) \tag{3.46}$$

(3) ทราฟฟิกที่ถูกนำพาไป (Carried traffic):

ถ้าใช้สมการตัดสถานะทำการตัดระหว่าง $[i-1]$ และ $[i]$ จะได้เป็น

$$Y = \sum_{i=1}^{n} i \cdot p(i) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\lambda}{\mu} \cdot p(i-1) = A \cdot \{1 - p(n)\} \quad , \tag{3.47}$$
$$Y = A \cdot \{1 - E_n(A)\},$$

เมื่อ A คือ ทราฟฟิกที่นำเสนอ โดยที่ทราฟฟิกที่ถูกนำพาไปจะน้อยกว่าทั้ง A และ n

(4) การสูญเสียทราฟฟิก (Lost traffic):

$$A_\ell = A - Y = A \cdot E_n(A) \tag{3.48}$$

(5) ความคับคั่งของทราฟฟิก (Traffic congestion):

$$C = \frac{A - Y}{A} = E_n(A) \tag{3.49}$$

ดังนั้นจะได้ว่า $E = B = C$ เนื่องจากความเข้มของการติดต่อเป็นอิสระกับสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 โครงสร้างคณิตศาสตร์ที่ใช้บ่งบอกขนาดของโครงข่ายโทรคมนาคม

3.2.2.1 ทราฟฟิกเมตริก

กำหนดให้ความต้องการของทราฟฟิกในพื้นที่ในการแลกเปลี่ยน K ซึ่งสามารถทราบทราฟฟิก K^2 ในทราฟฟิกเมตริก $A_{ij}(i,j=1,\ldots,K)$ โดยที่ทราฟฟิกเมตริกสมมติว่าทราบพื้นที่ตำแหน่งของการแลกเปลี่ยน ทราฟฟิกเมตริกจะนำมาใช้พิจารณาที่เกี่ยวข้องกับโครงข่าย 2 ลักษณะ คือ

(1) พิจารณาโทโพโลยีของโครงข่าย

(2) พิจารณาทราฟฟิกเรานด์ติ้ง

ตารางที่ 3.1 ทราฟฟิกเมตริก

FROM	TO: 1 ⋯ i ⋯ j ⋯ K	$O(i)=\sum_{v=1}^{K}A_{iv}$
1	A_{11} ⋯ A_{1i} ⋯ A_{1j} ⋯ A_{1K}	$O(1)$
⋮	⋮ ⋯ ⋮ ⋯ ⋮ ⋯ ⋮	⋮
i	A_{i1} ⋯ A_{ii} ⋯ A_{ij} ⋯ A_{iK}	$O(i)$
⋮	⋮ ⋯ ⋮ ⋯ ⋮ ⋯ ⋮	⋮
j	A_{j1} ⋯ A_{ji} ⋯ A_{jj} ⋯ A_{jK}	$O(j)$
⋮	⋮ ⋯ ⋮ ⋯ ⋮ ⋯ ⋮	⋮
K	A_{K1} ⋯ A_{Ki} ⋯ A_{Kj} ⋯ A_{KK}	$O(K)$
$T(j)=\sum_{v=1}^{K}A_{vj}$	$T(1)$ ⋯ $T(i)$ ⋯ $T(j)$ ⋯ $T(K)$	$\sum_{i=1}^{K}O(i)=\sum_{j=1}^{K}T(j)$

ทราฟฟิกเมตริกมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

A_{ij} คือ ทราฟฟิกจาก i ถึง j

A_{ii} คือ ทราฟฟิกภายในของการแลกเปลี่ยน i

$O(i)$ คือ ผลรวมของทราฟฟิกดั้งเดิมที่ออกจาก i

$T(j)$ คือ ผลรวมของทราฟฟิกที่เข้ามายัง j

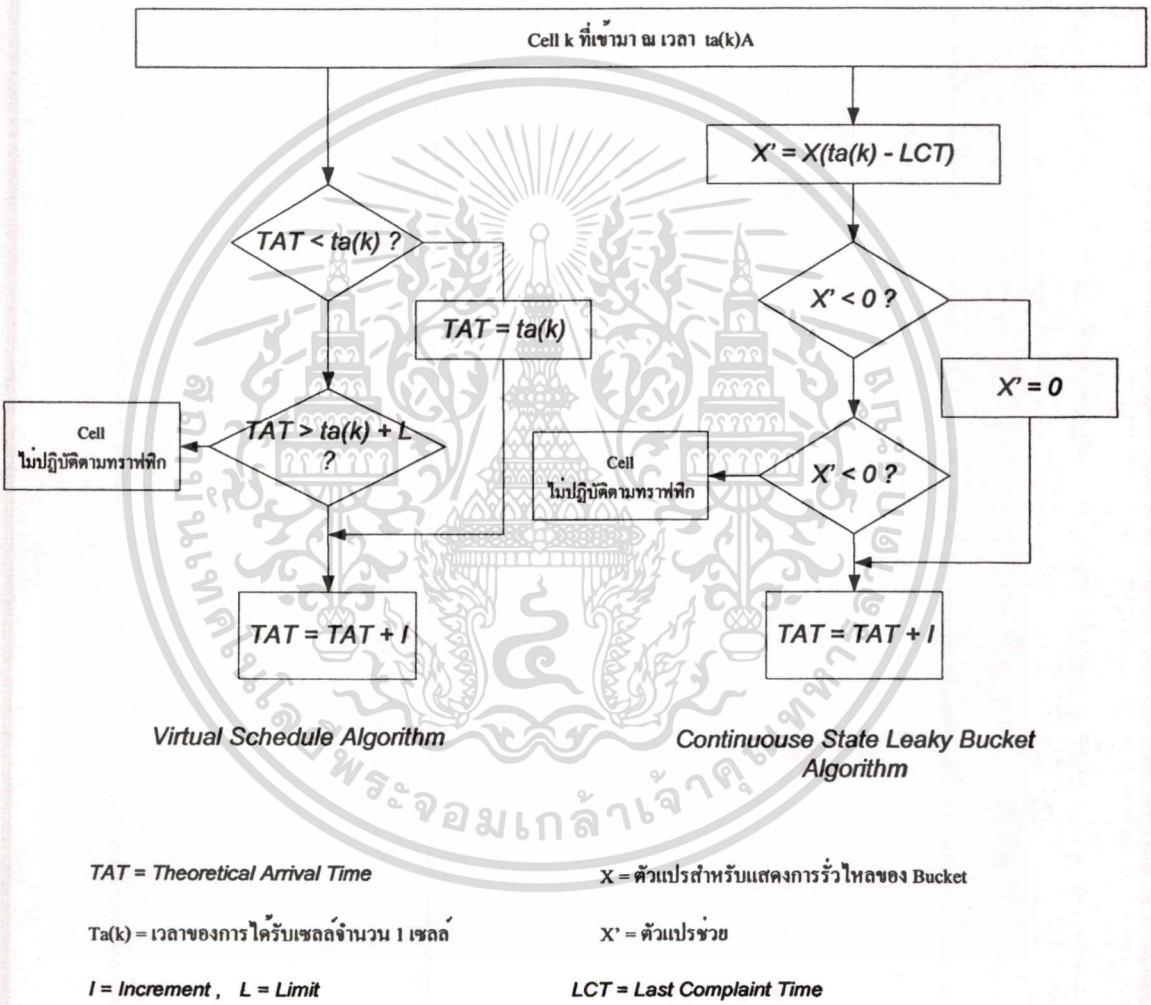
3.2.3 Generic Cell Rate Algorithm (GCRA)

GCRA เป็นอัลกอริทึมที่ที่อธิบายถึงการตรวจสอบเซลที่เป็นไปตามข้อกำหนดของทราฟฟิก หรือไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของทราฟฟิก เมื่อมีการเชื่อมต่อโครงข่าย โดยที่โครงข่ายจะทำการสามารถติดตามเซล หรือ สละเซลทิ้งเมื่อพบว่าไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดของทราฟฟิก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข่ายจะยินยอมให้เซลผ่านไปยังปลายทางเมื่อมีการปฏิบัติตามข้อกำหนดของทราฟฟิก ซึ่งการติดตามเซล คือการลดเซลที่มีระดับความสำคัญสูง (CLP = 0) ไปยังเซลที่มีระดับความสำคัญต่ำ (CLP = 1) และการสละเซลทิ้งเป็นการขจัดเซลออกจากทราฟฟิก

การกำหนดทราฟฟิกเป็นการหาระดับความสำคัญของเซล (CLP = 0 หรือ CLP = 0+1) ให้เหมาะสมกับ QoS เมื่อ CLP = 1 แสดงถึงเซลที่มีระดับความสำคัญต่ำและไม่เหมาะสมกับ QoS ของโครงข่าย เนื่องจากโครงข่ายที่มี QoS ที่เหมาะสมจะต้องการอย่างน้อยที่สุดเท่ากับจำนวนเซลที่ต่ำสุดที่ปฏิบัติตามข้อกำหนดของทราฟฟิก



รูปที่ 3.4 โครงสร้างของ GCRA

จากรูปที่ 3.4 พารามิเตอร์ I (Increment) คือ การเพิ่มพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับอัตราร้องขอ และพารามิเตอร์ L (Limit) คือการจำกัดพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับจำนวนของเซลที่สามารถพังทลายเมื่อมีอัตราสูงขึ้น ดังนั้นสัญลักษณ์ของอัลกอริทึม คือ GCRA (I, L) เมื่อ I = 1/PCR และ L = CDVT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน Virtual scheduling algorithm นั้นแหล่งจ่ายจะมีการส่งเซลเป็นแบบ Burst และ continuous-state leaky bucket algorithm แสดงถึงความสามารถของภาชนะที่มีการถ่ายเทเซลอย่างต่อเนื่อง I หน่วย และมีการบรรจุเซลเพิ่ม I หน่วยเช่นกันเมื่อเซลปฏิบัติตามข้อกำหนดของทราฟฟิก ฉะนั้นเมื่อปริมาตรของภาชนะน้อยกว่าหรือเท่ากับ L แล้ว เซลจะมีการปฏิบัติตามข้อกำหนดของทราฟฟิก

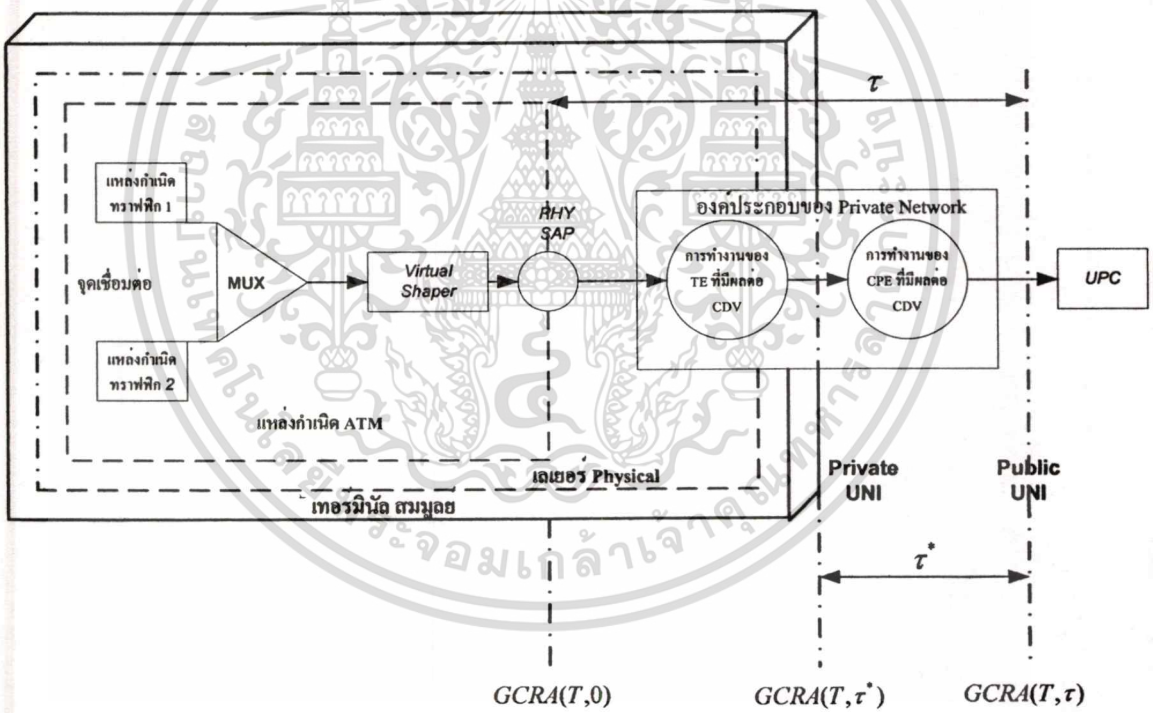
3.2.3.1 หน้าที่ของ UPC

UPC จะทำการกำหนดทราฟฟิกเพื่อให้ได้ QoS ตามที่ตั้งไว้ โดยมีหน้าที่หลักๆดังนี้

(1) ทำการส่งผ่านเซล

(2) ทำการติดตามเซลที่ CLP = 0 แต่เมื่อมีการไหลรวมกันที่ CLP = 0+1 จะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในการการติดตามเซล

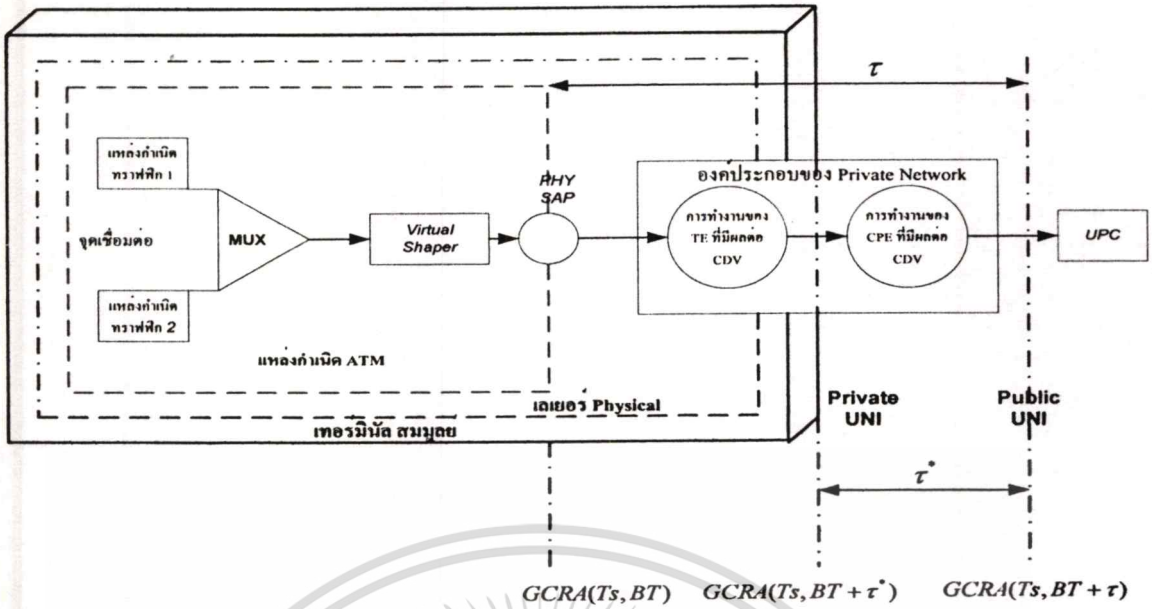
(3) สละเซลทิ้งที่ CLP = 1



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของการอ้างอิง PCR ของ UPC

จากรูปที่ 3.5 แสดงถึง UPC ที่อ้างอิง PCR ของ public UNI ที่มีค่า CDV เป็น τ และ τ^* โดยสัญลักษณ์ของอัลกอลิทึมคือ GCRA (T, CDV) ที่ PHY-layer SAP จะมีค่า CDV เป็นศูนย์ ดังนั้นสัญลักษณ์ของอัลกอลิทึมคือ GCRA (T, 0) ที่ private UNI จะมีค่า CDV เป็น τ ดังนั้นสัญลักษณ์ของอัลกอลิทึมคือ GCRA (T, τ) และที่ public UNI จะมีค่า CDV เป็น τ^* ดังนั้นสัญลักษณ์ของอัลกอลิทึมคือ GCRA (T, τ^*)

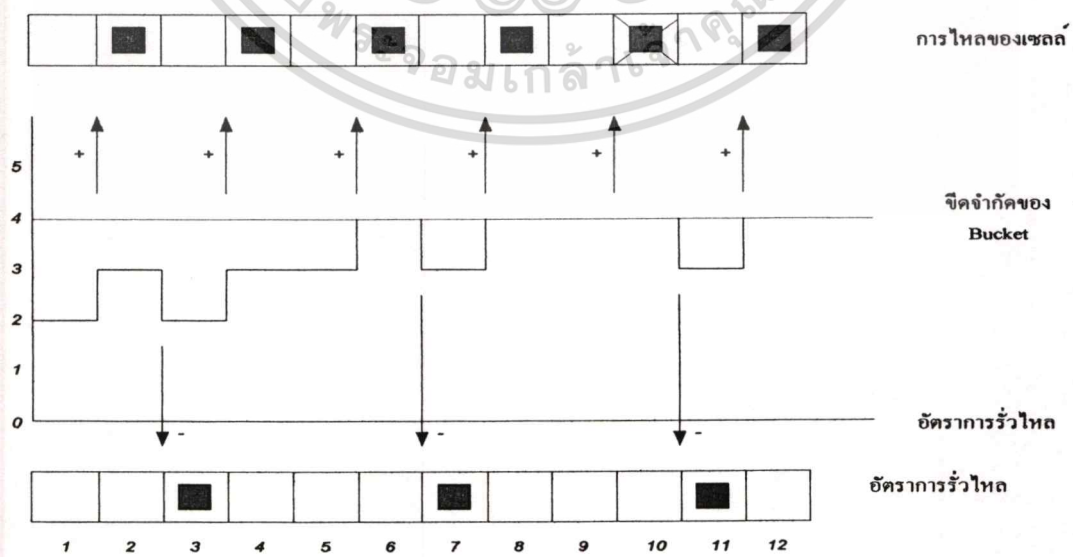
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 โครงสร้างของการอ้างอิง SCR และ BT ของ UPC

จากรูปที่ 3.6 แสดงถึง UPC ที่อ้างอิง SCR และ BT ที่มีการส่งในช่วงเวลาสูงสุด Ts ซึ่งในกรณีนี้ค่า CDV จะถูกเพิ่มเข้ากับ BT และได้สัญลักษณ์ของอัลกอลิทึมคือ GCRA (T, BT+CDV) ที่ PHY-layer SAP จะมีค่า CDV เป็นศูนย์ ดังนั้นสัญลักษณ์ของอัลกอลิทึมคือ GCRA (Ts, BT) ที่ private UNI จะมีค่า CDV เป็น τ ดังนั้นสัญลักษณ์ของอัลกอลิทึมคือ GCRA (T, BT+τ) และที่ public UNI จะมีค่า CDV เป็น τ^* ดังนั้นสัญลักษณ์ของอัลกอลิทึมคือ GCRA (T, BT+τ^*) [19],[20],[21], [22].

3.2.3.2 การทำงานของ Leaky bucket algorithm

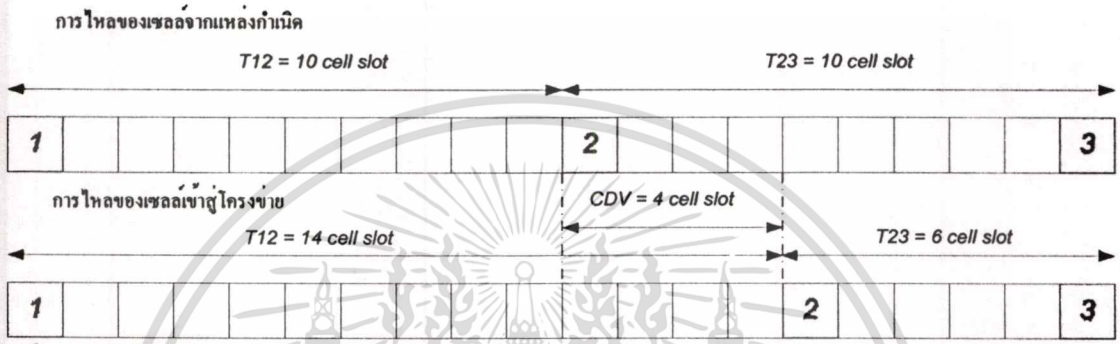


รูปที่ 3.7 การทำงานของ Leaky bucket algorithm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 ค่าเคาน์เตอร์จะเริ่มต้นจากระดับที่ 2 และอัตราการรั่วไหลจะเกิดขึ้นทุกๆ 1 ใน 4 ของเซลสล๊อต และแหล่งกำเนิดทราฟฟิกจะทำการส่งเซลด้วยอัตรา 50% ของอัตราเซลสล๊อต แต่จะไม่ทำการส่งเซลต่อเนื่องกันถึง 10 เซล เนื่องจากขีดความสามารถของ bucket บรรจุเซล

ในการควบคุม PCR จะเกี่ยวข้องกับการรั่วไหลของ bucket รวมทั้งอัตราการรั่วไหลสูงสุด และความจุของ bucket สิ่งที่เป็นปัญหาสำคัญคือผลกระทบที่เกิดจาก CDV ในการนำพาเซลเข้าสู่โครงข่าย ถึงแม้ว่าแหล่งกำเนิดจะทำการสร้างเซลอย่างต่อเนื่องก็ตาม



รูปที่ 3.8 ผลของ CDV ในโครงข่าย ATM

จากรูปที่ 3.8 ระยะระหว่างเซล 1 กับเซล 2 (T12) และเซล 2 กับเซล 3 (T23) มีจำนวน 10 สล๊อต โดยที่เซล 2 มีค่า CDV สูงสุด 4 สล๊อตเซลเมื่อผ่านเข้าสู่โครงข่าย ดังนั้นระยะระหว่างเซล 2 กับเซล 3 (T23) จะมีจำนวนลดลงเป็น 6 สล๊อตเซล ที่ระยะระหว่างเซลจำนวน 10 สล๊อต คิดเป็นอัตราที่ 10 % ฉะนั้นที่ระยะระหว่างเซลจะลดลงเป็น 6 สล๊อตเซล คิดเป็นอัตราที่เพิ่มขึ้นที่ 16.7 % ทำให้ค่า PCR จากเดิม 50 % (10 เซล/ทั้งหมด 20 เซล) เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 67%

เมื่อพิจารณาการรั่วไหลของ bucket เซล จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง Leaky bucket algorithm โดยดำเนินการกับค่า T ใดๆ (ช่วงเวลาที่เกิด PCR) และ τ (CDVT) โดยทำการหาค่าจำนวนจริง k และ n จากสมการต่อไปนี้

$$\tau = k\frac{T}{n} \qquad (3.50)$$

เมื่อ

T คือ ช่วงเวลาที่เกิด PCR

τ คือ CDVT

k คือ ค่า CDV สูงสุด (สล๊อตเซล)

n คือ ระยะห่างระหว่างแต่ละเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงการรั่วไหลของเซลที่ค่าของ CDV ยอมรับได้

ถ้ากำหนดให้เซลที่มี n < CDVT < k+n ผ่านโครงข่าย โดยจากรูปที่ 3.9 คือ n = 10, k = 4 ซึ่ง อัตราการรั่วไหลเท่ากับอัตราของสล๊อตเซล และขีดจำกัดของการรั่วไหลของ bucket คือ k+n = 14 เป็นค่า CDVT ที่โครงข่ายยอมรับได้

ตัวอย่างต่อไปนี้คือกรณีของทราฟฟิกที่เลวร้ายที่สุด เนื่องจากปกติจะมีการส่งเซลต่อเนื่องกัน ใน 20 เซลสล๊อต แต่จากผลของการหน่วงในบัฟเฟอร์ทำให้ n = 1, k = 4 และค่าที่ยอมรับได้ของการรั่วไหลของ bucket เซลคือ k+n = 5

ในการคำนวณหาค่า MBS (Maximum Burst Size) และ ECS (Empty cell slot) สามารถพิจารณาจากเวลา t_{MBS} โดยกำหนดให้ k คือระยะห่างของการเข้าแถวรอคอยของ bucket

$$t_{MBS} = \frac{k}{nCSR - nPCR} \tag{3.51}$$

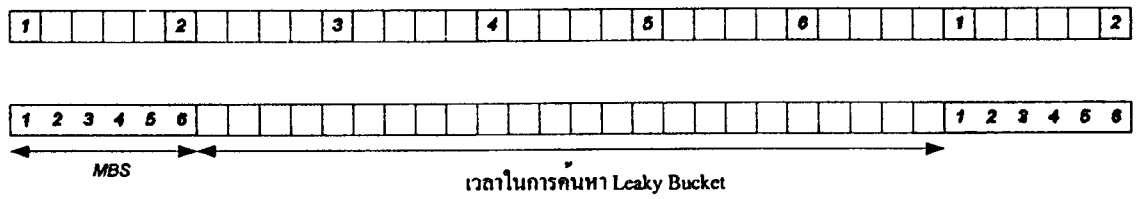
เมื่อ CSR คือ Cell Rate Slot โดยที่

$$k = \tau \frac{n}{T} = \tau \cdot n \cdot PCR \tag{3.52}$$

แทนค่า k จะได้สมการ t_{MBS} ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t_{MBS} = \frac{\tau \cdot n \cdot PCR}{n(CSR - PCR)} = \frac{\tau \cdot PCR}{CSR - PCR} \tag{3.53}$$



รูปที่ 3.10 ทราฟฟิกที่เลวร้ายของ leaky bucket กับค่า CDV ที่ยอมรับได้

ค่า MBS คำนวณได้จากผลคูณของ t_{MBS} กับ CSR และเพิ่มขึ้นอีก 1 สำหรับเซลแรกของช่วงระยะระหว่างเซลที่เติมลงไปในช่องว่าง (n)

$$\begin{aligned} MBS &= 1 + \left[CSR \cdot t_{MBS}\right] = 1 + \left[\frac{\tau \cdot CSR \cdot PCR}{CSR - PCR}\right] \\ &= 1 + \left[\frac{\tau}{T + \Delta}\right] \quad ; T = \frac{1}{PCR}, \Delta = \frac{1}{CSR} \end{aligned} \tag{3.54}$$

แทนค่าจากรูปลงในสมการ (3.54) จะได้เป็น

$$MBS = 1 + \left[\frac{20}{5-1}\right] = 6 \text{ เซล}$$

กำหนดให้ t_{cycle} คือระยะเวลาที่การรั่วไหลของ bucket ทำการบรรจุเซลครบ 1 รอบ ระหว่างช่วงของเซลสูงสุดและเซลหลังจากนั้นเป็นช่วงว่างเปล่า ซึ่งคาบเวลาหลังจากนั้นแสดงได้เป็น

$$nMBS = nPCR \cdot t_{cycle} \tag{3.56}$$

สมการด้านซ้ายมือคือผลรวมจำนวนที่เพิ่มขึ้นของการรั่วไหลของ bucket และสมการด้านขวามือแสดงถึงการลดลง จำนวนสล็อตเซลใน 1 รอบคือ CSR_{cycle} เมื่อต้องการทราบจำนวนการรั่วไหลของ bucket ที่ว่างเปล่า จะคำนวณได้จากสมการ (3.57) [6].

$$ECS = \left[CSR\frac{MBS}{PCR}\right] - MBS \quad ; PCR = \frac{1}{T} \tag{3.57}$$

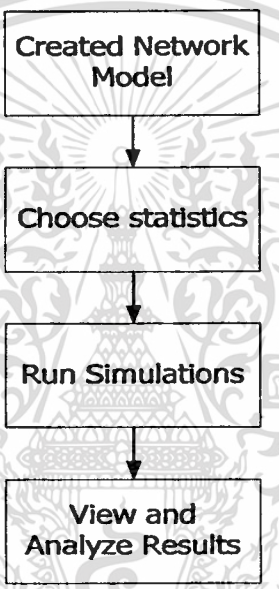
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าสมการจะได้

$$ECS = \left[1 \cdot \frac{6}{0.2}\right] - 6 = 24 \text{ เซล}$$

3.3 การวิเคราะห์และจำลองแบบ (Simulation) การวางโครงข่ายและทราฟฟิก

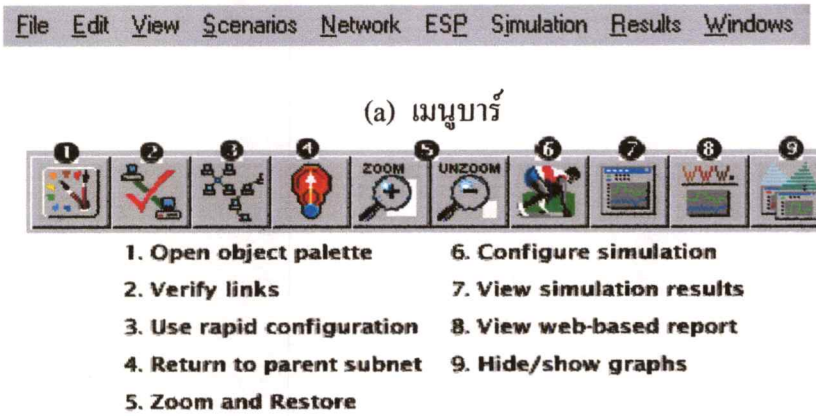
การจำลองแบบสำหรับการวางโครงข่ายเฟรมรีเลย์ผ่านโครงข่าย ATM จะใช้ซอฟต์แวร์ OPNET Modeler XE เวอร์ชัน 7.0 ซึ่งจะมีขั้นตอนตาม Flowchart ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 Flowchart การจำลองแบบของ OPNET Modeler XE

การสร้างโครงสร้างของโครงข่ายจะใช้ส่วนของ Project Editor ของ Modeler XE ซึ่งมีรูปร่างของเมนูบาร์ และปุ่มดำเนินการ ที่อยู่ถัดลงมาจากเมนูบาร์ ดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

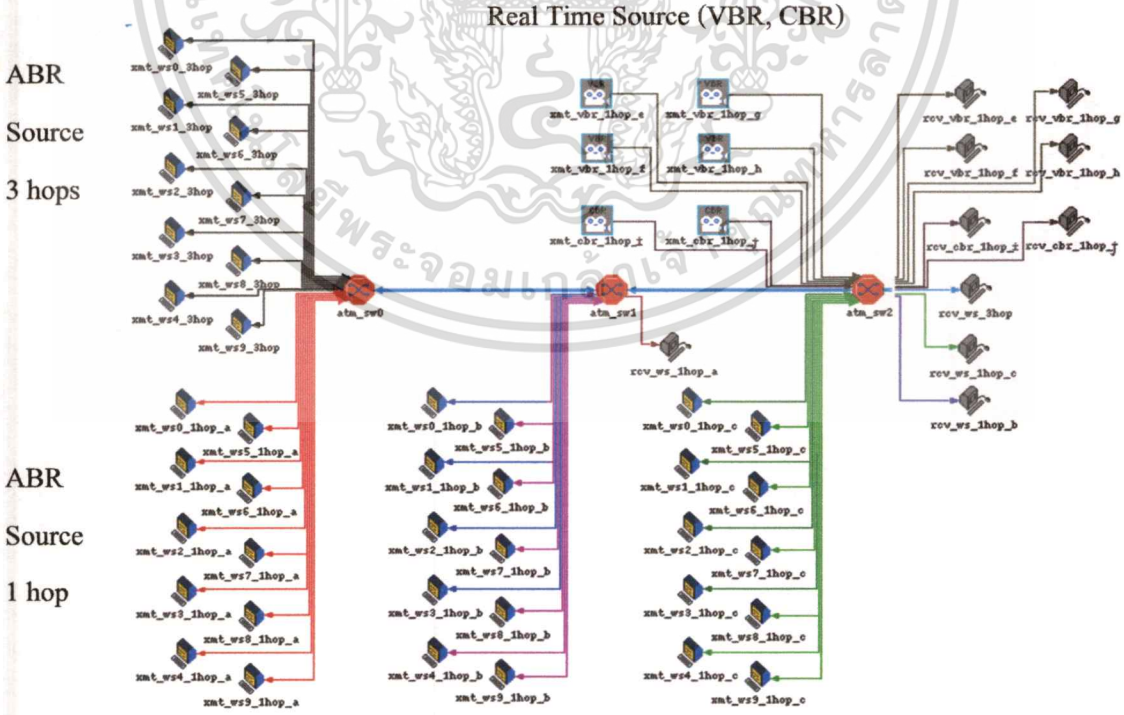


(a) เมนูบาร์

(b) ปุ่มดำเนินการ

รูปที่ 3.12 เมนูบาร์และปุ่มดำเนินการของส่วนการทำงาน Project Editor

การกำหนดโครงสร้างการจำลองแบบและประมวลผลเป็นการต่อโครงข่ายแบบ LAN/WAN ซึ่งในกรณี LAN จะมีระยะทางระหว่าง ATM backbone switch 10 กิโลเมตร และในกรณี WAN จะมีระยะทางระหว่าง ATM backbone switch 1,500 กิโลเมตร ผู้ใช้งานปลายทางที่เลือกการบริการแบบ ABR, CBR และ VBR กำหนดให้เป็นอุปกรณ์เฟรมรีเลย์ และที่ปลายทางด้านรับจะเป็นอุปกรณ์เฟรมรีเลย์เช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การจำลองแบบ ATM LAN/WAN (10/1,500 ก.ม.) สำหรับทราฟฟิก ABR, CBR และ VBR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.13 เวิร์กสเตชั่นสีแดง คือ แหล่งกำเนิด ABR 1 hop ของชุด a เวิร์กสเตชั่นสีม่วง คือ แหล่งกำเนิด ABR 1 hop ของชุด b และเวิร์กสเตชั่นสีเขียว คือ แหล่งกำเนิด ABR 1 hop ของชุด c ซึ่งเส้นสีน้ำเงินที่ผ่าน ATM backbone switch 3 ชุด จะวัดสมรรถนะทั้ง 3 hop รวมกัน

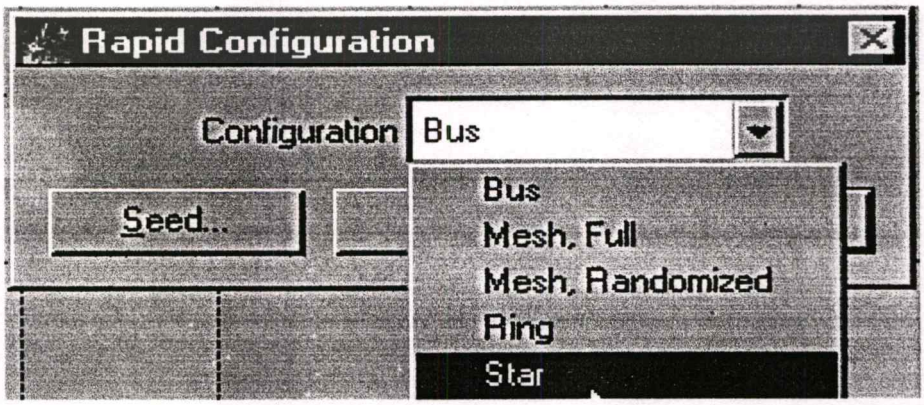
วิธีการกำหนดโครงสร้างในการจำลองแบบ LAN/WAN มีดังต่อไปนี้

1. เปิดโปรแกรม Modeler XE จนอยู่ในสถานะพร้อมเริ่มดำเนินการ
2. คลิกเมนู **File > New**
3. เลือก Project จากเมนู Pull-down และคลิก **OK**
4. ใส่ชื่อของ Project เป็น **Sm_Int_Model_List**
5. คลิก **OK** จากนั้นหน้า Wizard จะปรากฏ จากนั้นคลิก **Next**
6. รายการของ Wizard จะปรากฏรายละเอียดให้เลือกเป็นดังนี้
   - 6.1 Initial Topology คือ **Empty**
   - 6.2 Choose Network Scale คือ **Office**
   - 6.3 Specific Size คือ **10 km x 10 km** และ **1500 km x 1500 km**
   - 6.4 Select Grid Properties คือ **1.5 km**
7. จากนั้นทำการเลือกโทโพโลยีของโครงข่าย โดยคลิกที่ **Rapid Configurations** ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 Rapid Configurations

8. เลือก **Star** จาก List จากนั้นคลิก **OK** ดังรูปที่ 3.15



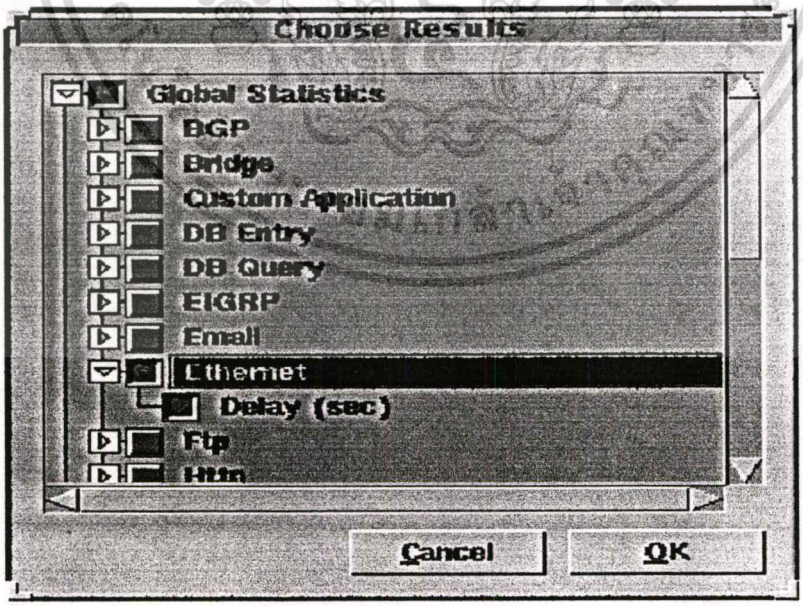
รูปที่ 3.15 การเลือก Star Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. กำหนดโหนดและการเชื่อมโยงของโครงข่ายเป็น **ethernet2_bridge_int**
10. กำหนดโหนดและการเชื่อมโยงของโครงข่ายจากสวิตช์ของ 3Com คือ **3C_SSII_1 100_3300_4s_ae52_e48_ge3**
11. กำหนด Periphery Node Model เป็น **Sm_Int_wkstn** และใส่จำนวนของโหนดเป็น **58**
12. กำหนด Link Model เป็น **ATM**
13. กำหนด X Center และ Y Center เป็น **25**
14. กำหนด Radius เป็น **20**
15. จากนั้นคลิก **OK**

จากการจำลองแบบและประมวลผลของการควบคุมความคับคั่งในกรณี ATM LAN/WAN จะสามารถวัดสมรรถนะของ cell delay เฉลี่ยแบบ end-to-end สำหรับ ABR เทียบกับ Throughput ของโครงข่ายที่ 1 hop ของชุด a, b, c และทั้ง 3 ชุดรวมกันมีวิธีดังต่อไปนี้

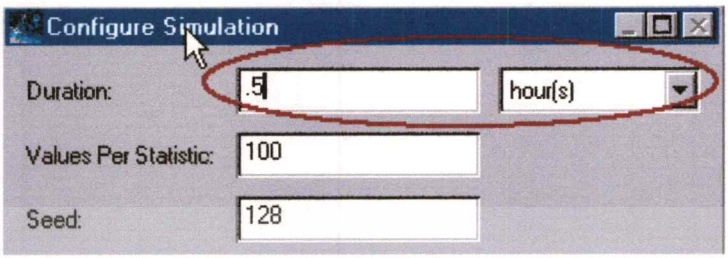
1. การวัด Server Delay ให้นำเมาท์ชี้ไปยังเวิร์กสเตชันด้านรับเช่น **rcv_ws_1 hop a, rcv_ws_1 hop b, rcv_ws_1 hop c** และ **rcv_ws_3 hop**
2. จากนั้นคลิกขวาที่เวิร์กสเตชันด้านรับนั้น แล้วเลือก **Choose Individual Statistics**
3. คลิกลูกศร **Next** ไปยัง **Global Statistics** แล้วคลิก **Next** ไปยัง **Ethernet** จากนั้นเลือก **Delay (sec.)**
4. จากนั้นเลือก **OK** ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การวัด Delay จาก Global Statistic

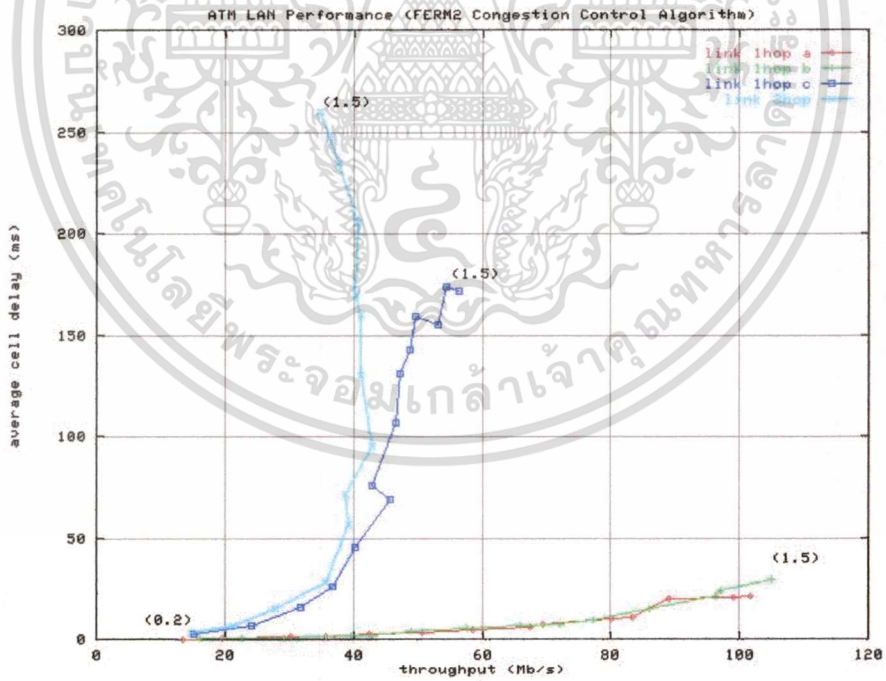
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการบันทึกทั้งหมดจาก **File > Save** แล้วคลิก **OK**
6. จากเมนู Simulation เลือก **Configure Simulation**
7. ใส่ Duration เป็น 0.5 ดังรูปที่ 3.17 แล้วคลิก **Run**



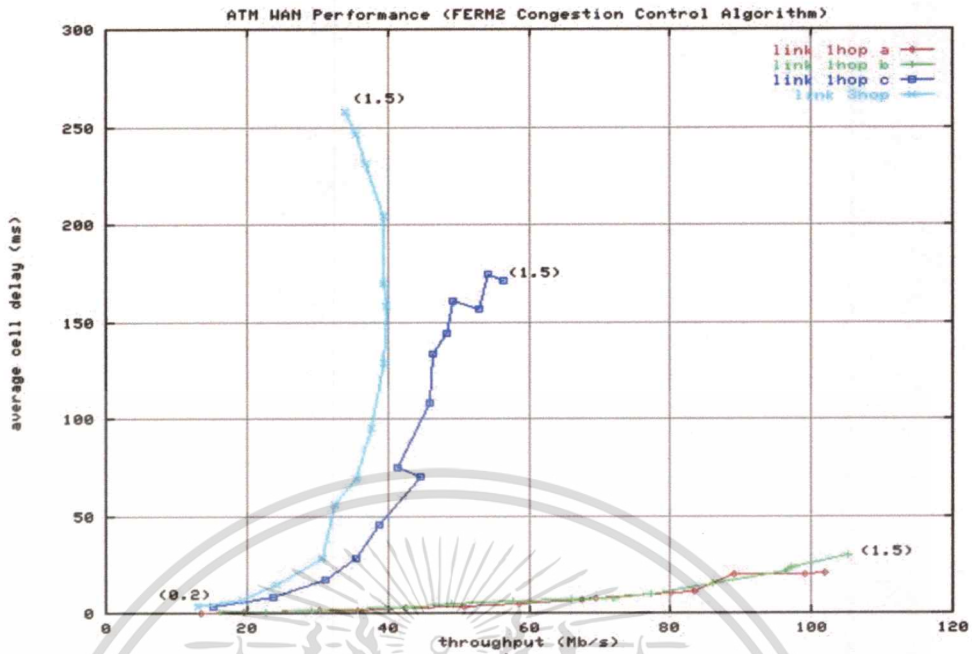
รูปที่ 3.17 Configure Simulation

8. เมื่อการ Simulation เสร็จสิ้น ให้ทำการคลิกที่ปุ่ม **Close**
9. การดูผลลัพธ์ของ Delay ให้เลื่อนเมาท์ไปยังเวิร์กสเตชันนั้นๆแล้วคลิกขวา เช่น **rcv_ws_1 hop a, rcv_ws_1 hop b, rcv_ws_1 hop c** และ **rcv_ws_3 hop**
10. เลือก **View Result** และ **Delay (sec)** จะได้ผลลัพธ์ของ LAN/WAN ดังรูปที่ 3.18 และ 3.19



รูปที่ 3.18 การวัดสมรรถนะในการควบคุมความคับคั่งของ ATM LAN (10 ก.ม.) ระหว่าง average cell delay (msec.) และ throughput (Mb/s)

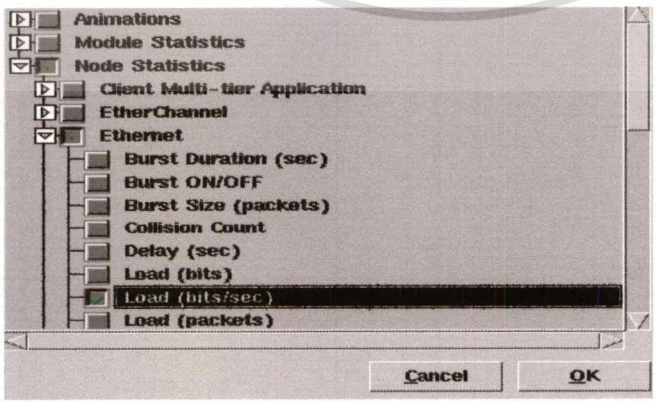
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 การวัดสมรรถนะในการควบคุมความคับคั่งของ ATM WAN (1,500 ก.ม.) ระหว่าง average cell delay (msec.) และ throughput (Mb/s)

นอกจากนี้ในการประมวลผลจะสามารถวัด Explicit Rate ของเซล ATM สำหรับ LAN/WAN ในเวลาที่ แตกต่างกันมีวิธีดังต่อไปนี้

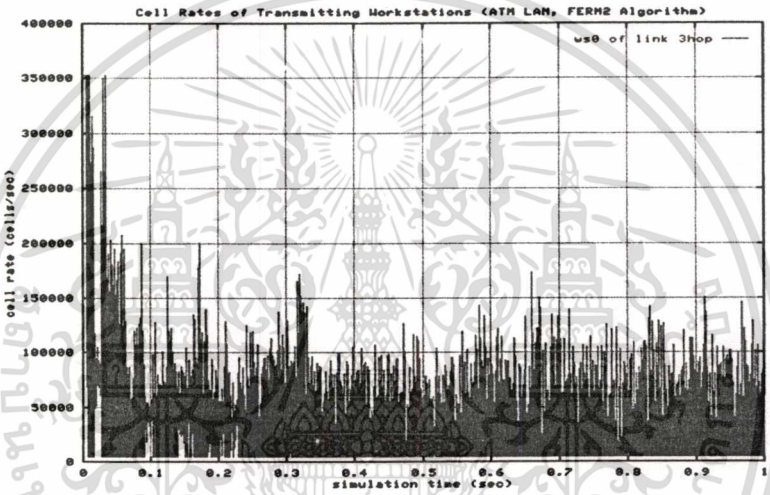
1. การวัด Server Load ให้นำเมาท์ชี้ไปยังเวิร์กสเตชันด้านรับเช่น **rcv_vbr_1 hop, rcv_cbr_1 hop**
2. จากนั้นคลิกขวาที่เวิร์กสเตชันด้านรับนั้น แล้วเลือก **Choose Individual Statistics**
3. คลิกลูกศร **Next** ไปยัง **Node Statistics** และคลิก **Next** ไปยัง **Ethernet** จากนั้นเลือก **Load(bits/sec)** ดังรูปที่ 3.20



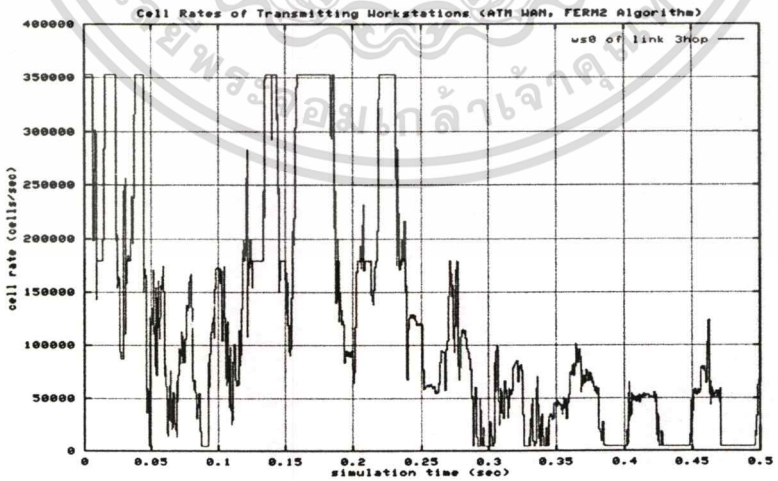
รูปที่ 3.20 การวัด Node Statistic ของ Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการบันทึกทั้งหมดจาก **File > Save** แล้วคลิก **OK**
5. จากเมนู Simulation เลือก **Configure Simulation**
6. ใส่ Duration เป็น 0.5 ดังรูปที่ 3.17 แล้วคลิก **Run**
7. เมื่อการ Simulation เสร็จสิ้น ให้ทำการคลิกที่ปุ่ม **Close**
8. การดูผลลัพธ์ของ Load ให้เลื่อนเมาท์ไปยังเวิร์กสเตชันนั้นๆแล้วคลิกขวา เช่น **rcv_vbr_1 hop, rcv_cbr_1 hop**
9. เลือก **View Result** และ **Load (bits/sec)** จะได้ผลลัพธ์ของ LAN/WAN ดังรูปที่ 3.21 และรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงทราฟฟิก cell rate ของ ATM LAN (10 ก.ม.) ณ. เวลาแตกต่างกัน

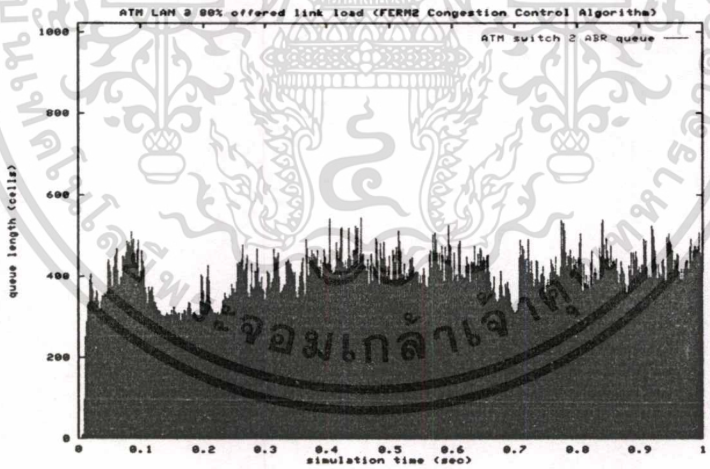


รูปที่ 3.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงทราฟฟิก Cell rate ของ ATM WAN (1500 ก.ม.) ณ. เวลาแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

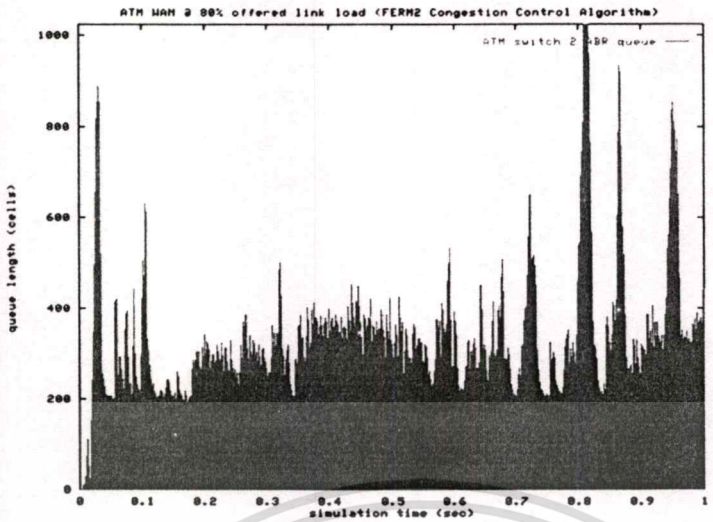
การประมวลผลของ Queue length ของเซล ATM สำหรับ LAN/WAN ที่กำหนดค่าของเซล ATM ไว้จำนวน 400 เซล มีวิธีดังต่อไปนี้

1. การวัด Server Load ให้นำเมาท์ชี้ไปยังเวิร์กสเตชันด้านรับเช่น **rcv_vbr_1 hop, rcv_cbr_1 hop**
2. จากนั้นคลิกขวาที่เวิร์กสเตชันด้านรับนั้น แล้วเลือก **Choose Individual Statistics**
3. คลิกลูกศร **Next** ไปยัง **Node Statistics** และคลิก **Next** ไปยัง **Ethernet** จากนั้นเลือก **Load(package)**
4. จากเมนู Simulation เลือก **Configure Simulation**
5. ใส่ *Duration* เป็น **0.5** ดังรูปที่ 3.17 และใส่ค่า *Value Per Statistic* เป็น **400** แล้วคลิก **Run**
6. เมื่อการ Simulation เสร็จสิ้น ให้ทำการคลิกที่ปุ่ม **Close**
7. การดูผลลัพธ์ของ Load ให้เลื่อนเมาท์ไปยังเวิร์กสเตชันนั้นๆแล้วคลิกขวา เช่น **rcv_vbr_1 hop, rcv_cbr_1 hop**
8. เลือก **View Result** และ **Load (package)** จะได้ผลลัพธ์ของ LAN/WAN ดังรูปที่ 3.23 และรูปที่ 3.24**[39], [40].**



รูปที่ 3.23 แสดงการประมวลผลของ Queue length สำหรับ ATM LAN (10 ก.ม.) ที่กำหนดค่าของเซล ATM ไว้จำนวน 400 เซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ 3.24 แสดงการประมวลผลของ Queue length สำหรับ ATM WAN (1,500 ก.ม.) ที่กำหนดค่าของเซล ATM ไว้จำนวน 400 เซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

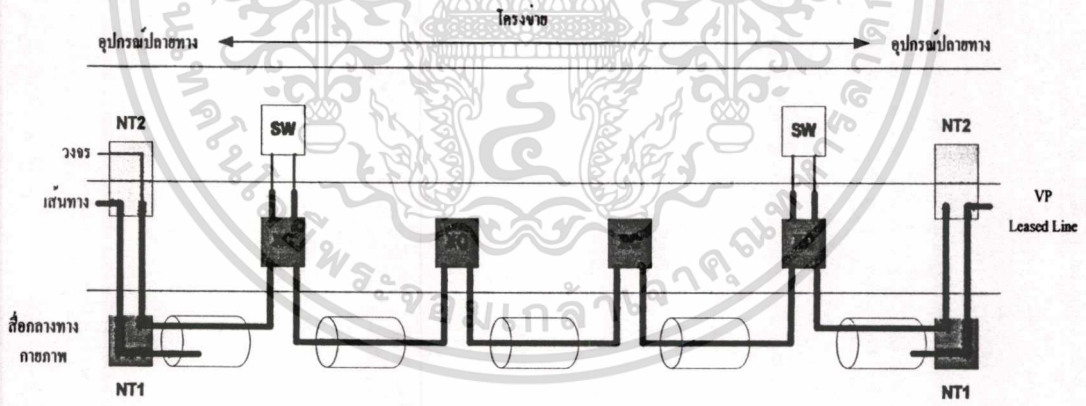
การเปรียบเทียบการออกแบบการวางโครงข่าย

4.1 การใช้โครงข่ายของระบบ WAN ส่งผ่าน Leased line

ในการพิจารณาออกแบบการให้บริการ ATM Leased line จะพิจารณาถึงการนำเอาเทคนิคของ VP บนพื้นฐานของ B-ISDN ไปใช้ในการให้บริการ ATM มัลติมีเดีย แบบ Leased line รวมทั้งการสังเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวกับความต้องการใช้แบนด์วิธของผู้ใช้บริการ โดยใช้สมมติฐานทางด้านราคาของการให้บริการสื่อสารของ SONET และ ATM ซึ่งใช้โครงสร้างของ ATM ที่ติดตั้งบนโครงสร้างของ SONET โดยแยกค่าใช้จ่ายของ Leased line เป็น 2 ส่วนคือ ค่าใช้จ่ายสำหรับพอร์ตและการเข้าถึงทราฟฟิก และค่าใช้จ่ายของทราฟฟิกสำหรับการนำพาเซลผ่านโครงข่าย

4.1.1 การพิจารณาถึงสถาปัตยกรรม VP บนพื้นฐานของเลเยอร์ Transport

เลเยอร์ทรานสปอร์ตสามารถแบ่งได้เป็น 3 เลเยอร์ย่อย คือ เลเยอร์ Circuit เลเยอร์ Path และเลเยอร์ Transmission media ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สถาปัตยกรรมเลเยอร์ทรานสปอร์ตสำหรับโครงข่ายโทรคมนาคมท้องถิ่น

Transmission Media

ที่เลเยอร์สื่อกลางทางกายภาพ หรือ Transmission media เป็นการเชื่อมต่อโหนดต่างๆเข้าด้วยกัน สำหรับเลเยอร์เส้นทาง หรือ Path มีบทบาทสำคัญในการสร้างความน่าเชื่อถือและความยืดหยุ่นของโครงข่าย การปกป้องโครงข่ายสามารถเสริมได้โดยการควบคุมเลเยอร์ Path เช่นกัน ความยืดหยุ่นของโครงข่ายสามารถเสริมได้โดยการควบคุมเลเยอร์ Path โดยสามารถควบคุมที่ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายทางของ Leased-line ดังนั้นการจัดการเลเยอร์ Path จึงมีความจำเป็นต้องใช้ระบบการเชื่อมต่อไขว้ (cross-connect) ของระบบดิจิตอลอัจฉริยะเพิ่มขึ้น ในส่วนของเลเยอร์วงจร หรือ circuit และเลเยอร์ Path จะมีส่วนประกอบของโครงข่ายดิจิตอลที่ใช้เทคนิค STM(Synchronous Transfer Mode)

โครงข่าย VP จะยินยอมให้มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของ B-ISDN และการเตรียมการของการให้บริการ Leased line มัลติมีเดียจากการเริ่มต้นให้ผู้ใช้เข้าถึง VP จึงมีความเป็นไปได้ที่การให้บริการ Leased line สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้โดยเลเยอร์ Path และเลเยอร์ Transmission media ดังนั้นโครงสร้างพื้นฐานของโครงข่าย และการเตรียมการของบริการใหม่สามารถเป็นจริงได้จากความพร้อมของ VP

4.1.2 การให้บริการ ATM มัลติมีเดียผ่าน Leased line

ตารางที่ 1 สรุปคุณลักษณะของการบริการ ATM มัลติมีเดียผ่าน Leased-line ซึ่งคุณสมบัติของการบริการมีดังต่อไปนี้

4.1.2.1 การเข้าถึง VP ของผู้ใช้

ผู้ใช้ ATM Leased line สามารถเข้าถึง VP ผ่านมาตรฐานของ UNI และทุกๆ VC ที่บรรจุอยู่ในแต่ละ VP ได้มีการนำพาอย่างโปร่งใส ความต้องการของผู้ใช้สามารถคำนวณหา VC ได้อย่างเสรีระหว่างจุดปลายทางตามความสามารถของแต่ละ VC และค่า VCI

4.1.2.2 การปรับปรุงความจุของ VP

ผู้ใช้บริการสามารถใช้ประโยชน์จากการปรับปรุงความจุของ VP ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความจุของ VP สามารถได้มาโดยปราศจากการแก้ไขโครงสร้างของการอินเตอร์เฟสใดๆ การลดชนิดของโครงสร้างการอินเตอร์เฟสจะมีผลต่อค่าใช้จ่ายของการกระจายการให้บริการ Leased line

4.1.2.3 การรับประกัน QoS

การให้บริการ Leased line มีการรับประกัน QoS สำหรับ VP เช่น โดยส่วนใหญ่มีความต้องการ CLR ที่เหมาะสมเท่ากับ 10^{-8} หรือน้อยกว่า และจะมีการรับประกันคุณภาพสำหรับการเชื่อมต่อ End-to-End โดยที่ค่า CLR นี้จะไม่รับประกันเฉพาะ VP ของการบริการแบบ CBR แต่จะรับประกัน VP ของการบริการแบบ VBR ด้วยเช่นกัน แม้ว่าจะมีการรับประกันการมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติสำหรับ VP ของการให้บริการแบบ VBR ดังนั้นเมื่อมีการรับประกัน QoS และไม่มีความต้องการควบคุมความคับคั่งของโครงข่าย จึงมีการยินยอมให้โครงข่ายทำการเชื่อมต่อ VP

4.1.2.4 การลดค่าใช้จ่ายของการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.4 การลดค่าใช้จ่ายของการส่ง

ถ้าการให้บริการบรอดแบนด์ที่มีคุณภาพการส่งสูงและมีค่าใช้จ่ายต่ำจะทำให้มีการกระจายสมาชิกผู้ใช้อย่างรวดเร็ว การที่จะสามารถทำได้เช่นนี้จะมีกลไก 2 ชนิดนำมาใช้ คือ

(1) การแบ่งทรัพยากรของโครงข่ายโดยการสำรองโหมดของการเชื่อมต่อที่จุดใดๆของ VP ซึ่งแบนด์วิธสมารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงเนื่องจากความต้องการของผู้ใช้

(2) การแบ่งทรัพยากรของโครงข่ายตลอดเวลาโดยสามารถให้การบริการของ VP เปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งวิธีนี้จะใช้ความสามารถของการมัลติเพล็กซ์เซลเชิงสถิติระหว่าง VP สำหรับการให้บริการแบบ VBR

4.1.2.5 การเพิ่มความสามารถของ OAM

เซล OAM จะมีการนำไปใช้สำหรับดูแลหน้าที่การโอนถ่ายสัญญาณของ VP การตรวจจับประสิทธิภาพการบริการของ VP และการทดสอบรวมทั้งการบันทึกเส้นทางของ VP นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการป้องกันสวิตช์ให้ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด โดยที่ไม่รบกวนการทำงานของ VP ในระหว่างการส่งเส้นทางใหม่ และการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์การส่ง

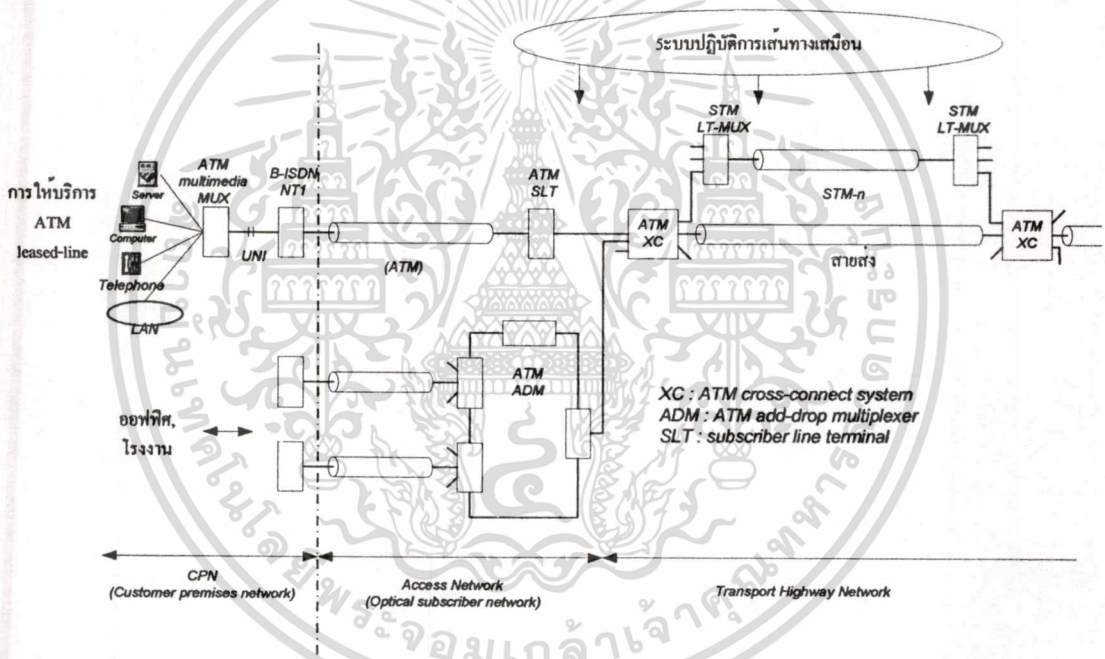
ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะของการให้บริการ ATM มัลติมีเดียผ่าน Leased line

รายละเอียด		คุณสมบัติ
- การเชื่อมต่อ user-to user		B-ISDN UNI (456 Mb/s)
- แบนด์วิธของ VP		อัตราสูงสุด : 64 Kb/s – 122 Kb/s
		อัตราสูงสุด + อัตราเฉลี่ย
- การเชื่อมต่อ	แบบสมมาตร	ทิศทางเดียว
	โหมด	ถาวร
		การจอง
-คุณภาพ	ความน่าจะเป็นในการสกัดกั้น	ไม่เป็นศูนย์(โหมดการจอง)
	Cell loss rate	10^{-8} หรือน้อยกว่า (end-to end)
-การจัดการทราฟฟิก	CAC	การคำนวณ
	การควบคุมทราฟฟิก	VP-VPC (สละเซลที่ไม่ถูกต้อง)
-การป้องกัน	สำหรับการบริการ	ป้องกันสวิตช์ VPให้กระทบน้อยที่สุด
- การควบคุมผู้ใช้ปลายทาง		VP : ผ่านการทำงานของโครงข่าย
		VC :ผ่านการทำงานของผู้ใช้ปลายทาง
- การคิดค่าบริการ		อยู่บนพื้นฐานของการจองแบนด์วิธ VP และช่วงเวลาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การจัดระบบสถาปัตยกรรมโครงข่ายสำหรับการให้บริการ ATM มัลติมีเดียผ่าน Leased Line

การจัดการระบบรูปแบบโครงข่ายของการให้บริการ ATM มัลติมีเดียผ่าน Leased Line แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งองค์ประกอบ CNP (Customer premises network) จะใช้ ATM multimedia mux สำหรับการอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ปลายทาง VP และ VC ที่ปลายทางจะถูกมัลติเพล็กซ์ผ่าน VP ที่แตกต่างกันโดยที่องค์ประกอบของ CNP จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ปลายทางทั้งหมด ในส่วนของ SLT (Subscriber line terminal) จะถูกนำมาใช้สำหรับบริการโหนด ซึ่งการทำงานของ VP UPC จะถูกนำมาใช้งานโดยหลังจากมีการใช้ UPC แล้ว และ VP จากอุปกรณ์ปลายทางที่แตกต่างกันจะถูกมัลติเพล็กซ์ป้อนเข้าที่ระบบ ATM XC (ATM cross-connect) จากนั้น ATM XC จะกำหนดเส้นทางของเซลตามค่า VPI



รูปที่4.2 การจัดรูปแบบโครงข่ายสำหรับการให้บริการ ATM มัลติมีเดียผ่าน Leased line

4.1.3 การจัดการแบนด์วิธสำหรับ Leased line ที่อยู่บนพื้นฐานของ SONET

สำหรับการออกแบบในหัวข้อนี้จะพิจารณาถึงแบนด์วิธของ Leased line ที่อยู่บนพื้นฐานของ SONET โดยที่การจัดการแบนด์วิธจะพิจารณาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ 2 ประการคือ

(1) แนวโน้มของการให้บริการทางด้านการสื่อสารระยะยาว ราคาในด้านการตลาดของค่าบริการจะลดลงเรื่อยๆ

(2) ปัจจัยความต้องการการใช้งานในรูปแบบมัลติมีเดีย ลูกค้าสนใจในความสามารถของการส่งข้อมูลที่สูงขึ้นเรื่อยๆสำหรับการเชื่อมโยงโครงข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นค่าบริการของ SONET ที่นำเสนอจะเทียบกับสมมติฐานที่จะเป็นไปได้จากแนวโน้มที่มีผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆของ Leased line จึงกำหนดให้ a เป็นราคาค่าบริการที่ได้รับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และ b คือความเร็วของการส่งหรือแบนด์วิธที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

กำหนดให้ P คือค่าบริการ และ B คือแบนด์วิธหรือความสามารถในการส่ง ดังนั้นจากคำจำกัดความทางเศรษฐศาสตร์จะได้สมการดังนี้

$$\frac{dP}{dB} = \alpha \frac{P}{B} \tag{4.1}$$

เมื่อทำการอินทิเกรตและจัดในรูปอย่างง่าย คือ

$$P = P_0 X^{\alpha} \tag{4.2}$$

เมื่อ x คือ แฟคเตอร์การขยายแบนด์วิธ

หรือ $x = b^N$ และจะได้สมการของ α คือ

$$\alpha = \frac{\ell n\, a}{\ell n\, b} \tag{4.3}$$

ตารางที่ 4.2 แสดงถึงประวัติค่าบริการรายเดือนของการบริการ Leased line ที่มีช่วงระยะทาง 520 ไมล์

ปี	ค่าบริการ end-to-end ($)			ค่าบริการ Leased-line ($)		
	DSO	DS1	DS3	DSO	DS1	DS3
1988	796	12,783	114,670	173	1,065	7,500
1989	804	7,747	79,700	177	911	7,500
1990	858	7,680	81,560	197	865	7,500
1991	834	7,308	66,030	198	894	7,665
1992	850	6,162	55,804	207	921	8,202
1993	903	6,158	57,540	225	830	8,250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่า α ที่คำนวณจากตารางที่ 1 ของการเชื่อมต่อแบบ end-to-end

ปี	DS0 ไปเป็น DS1	DS0 ไปเป็น DS3	DS1 ไปเป็น DS3
1988	0.87	0.76	0.66
1989	0.71	0.71	0.70
1990	0.70	0.70	0.76
1991	0.68	0.67	0.66
1992	0.62	0.64	0.66
1993	0.60	0.64	0.67

ตารางที่ 4.4 ค่าของ α ที่คำนวณจากปี 1993 ของการเชื่อมต่อแบบ End-to-End

ระยะทาง(ไมล์)	DS0 ไปยัง DS1	DS0 ไปยัง DS3	DS1 ไปยัง DS3
100	0.57	0.60	0.63
500	0.60	0.64	0.67
1,000	0.63	0.66	0.69
3,000	0.69	0.71	0.73

จากตารางที่ 4.3 เป็นการคำนวณสมการที่ (4.2) โดยตารางที่4.2 ซึ่งกำหนดให้ P เป็นค่าบริการของการให้บริการแบด์วิดซ์ที่สูงที่สุด และ Po เป็นค่าบริการของการให้บริการแบนด์วิธที่ต่ำที่สุด และ x คือการขยายแบนด์วิธระหว่างสูงสุดและต่ำสุด

จากตารางที่ 4.4 ค่า α ที่ถูกต้องของข้อมูลจาก DS1 ไปยัง DS3 สำหรับปี 1993 คือ

$$\alpha = -1.6 \times 10^{-8} D^2 + 8.4 \times 10^{-5} D + 0.622 \qquad (4.4)$$

เมื่อ D คือระยะทางระหว่างการเชื่อมโยง หน่วยเป็นไมล์

สมมติให้ ณ ปัจจุบันมีโครงสร้างค่าบริการของ Leased-line ในปีที่ M จะได้สมการคือ

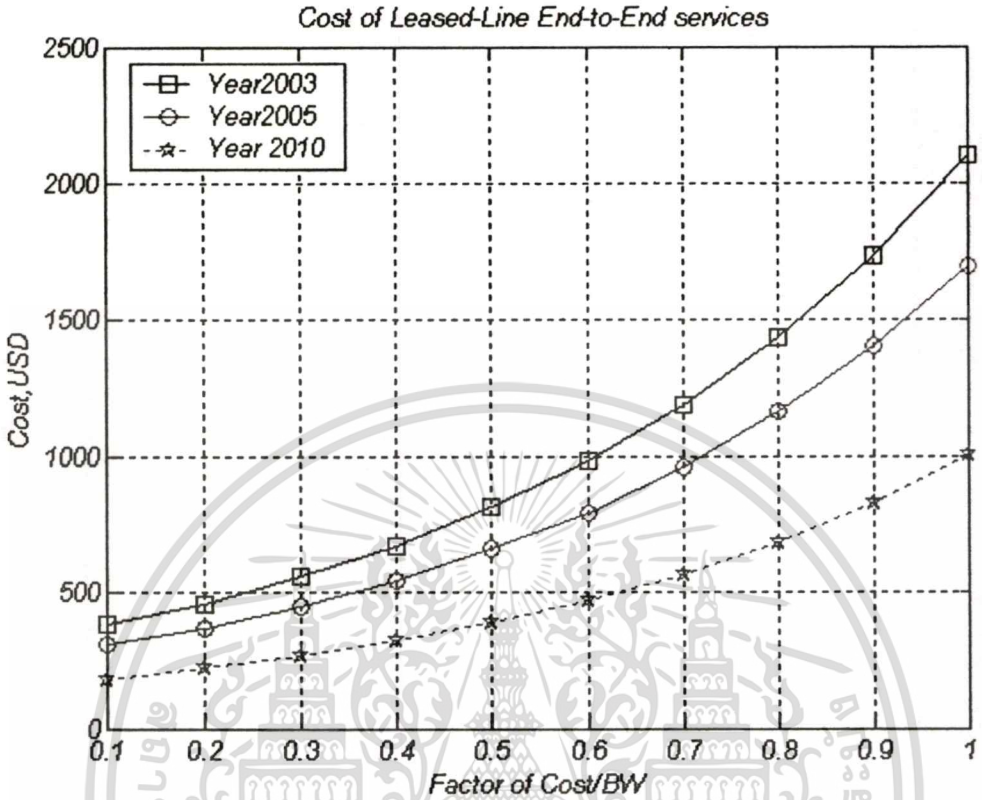
$$Pm = P_0(1+\gamma)^{(M-1993)}\left[\frac{B}{B_0}\right]^{\alpha} \qquad (4.5)$$

เมื่อ Pm คือค่าให้บริการแบบ end-to-end ณ ปัจจุบันสำหรับการเชื่อมโยงที่มีระยะทาง D ไมล์ และมีอัตราการส่ง B Mbps ราคาค่าบริการต่อเดือนจะกำหนดให้คงที่ในปี 1993

Po คือ ค่าบริการในปี 1993 ที่มีระยะทาง D ไมล์ และมีอัตราการส่ง Bo Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

γ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของภาวะเงินเฟ้อต่อปี



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α พารามิเตอร์กับราคาค่าบริการในปีต่างๆเมื่อเทียบกับปี 1993

จากรูปที่ 4.3 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า α และราคาค่าบริการ จากสมการที่ (4.5) โดยสมมติให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของภาวะเงินเฟ้อต่อปีเท่ากับ 10% และกำหนดให้การบริการ End-to-End โดยใช้ DS0 ที่มีค่าใช้จ่ายรายเดือน 903 USD ในปี 1993 เป็นฐานของการกำหนด และกำหนดให้ B = 10 Mbps และ Bo = 1.5 Mbps ซึ่งจากกราฟจะมีค่าบริการลดลงเรื่อยๆ โดยจากกราฟทำการประเมินค่าใช้จ่ายโดยประมาณที่อาจมีขึ้นภายในปี 2003, 2005 และ 2010 ตามลำดับถ้าโครงข่ายเริ่มพิจารณาในปี 1993

4.1.3.1 ผลของการจัดการแบนด์วิธของ Leased line

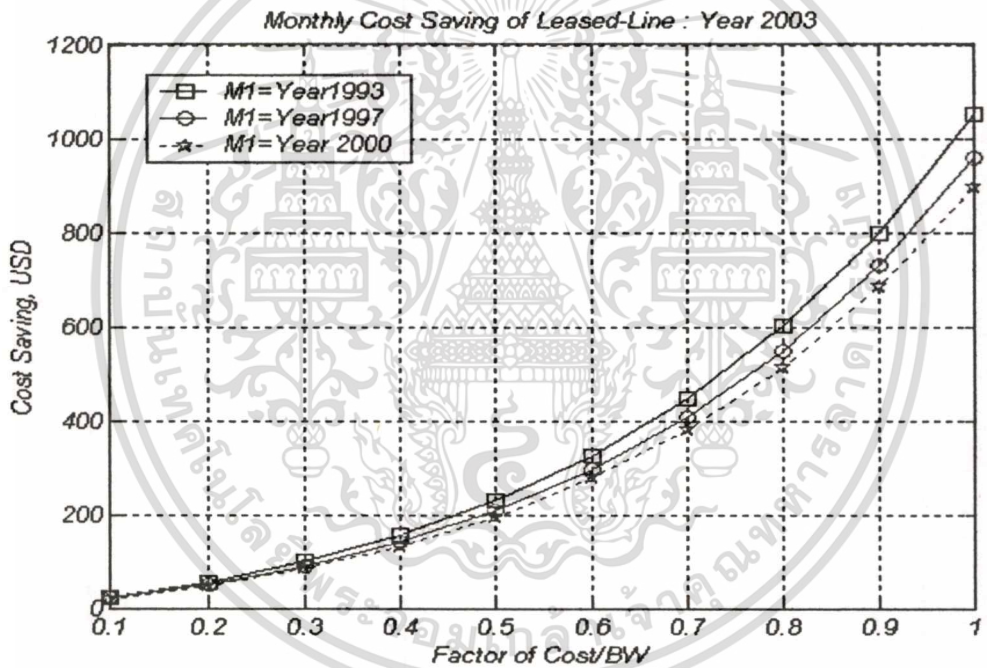
จากสมการที่ (4.5) ได้มีการเปลี่ยนแปลง ที่ประกอบไปด้วยผลของการจัดการแบนด์วิธ และการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของทราฟฟิก โดยให้ B แสดงถึงแบนด์วิธที่ต้องการในการลดลงสำหรับแบนด์วิธที่ขาดหายไป และ kB แสดงถึงแบนด์วิธที่ต้องการเป็นตัวกระทำให้ได้รับกำไร เมื่อ $0<k<1$ เมื่อจำนวนทราฟฟิกเพิ่มขึ้น R คืออัตราการเชื่อมโยงทราฟฟิกเพิ่มขึ้นต่อปี และกำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M1 เป็นปีแรกของการเริ่มโครงการ สมการต่อไปนี้คือคุณลักษณะการประหยัดต้นทุนต่อเดือนสำหรับการลดลงของแบนด์วิธในปี M

$$\delta_M = P_0\left[\frac{B}{B}\right]^{\alpha}(1+R)^{\alpha(M-M_1)}(1+r)^{(M-1993)}(1-k^{\alpha}) \qquad (4.6)$$

จากสมการที่ (4.6) สมมติให้ k = 0.6 และอัตราการเชื่อมโยงทราฟฟิกเพิ่มขึ้นต่อปีเท่ากับ 25% ปีเริ่มต้นโครงการกำหนดให้เป็นปี 1993, 1997 และปี 2000 ตามลำดับ โดยที่กำหนดให้การสิ้นสุดของโครงการคือปี 2003 จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการประหยัดต้นทุนต่อเดือนเทียบกับค่า α ได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α พารามิเตอร์กับแบนด์วิธในปีที่เริ่มลงทุนต่างๆกันเมื่อเทียบกับปี 1993

ในการเสนอให้มีการลดค่าใช้จ่ายในอนาคต กำหนดให้ i เป็นค่าใช้จ่ายที่แท้จริงตลอดระยะเวลาของโครงการ โดยที่โครงการเริ่มต้นในปี M1 และสิ้นสุดในปี M2 ดังนั้นค่าที่ได้จากการจัดการแบนด์วิธที่ประหยัดในปัจจุบันคือ

$$Z = \sum_{j=M_1}^{M_1+M_2-1} \frac{12\delta_j}{(1+i)^{(j-M_1)}} \qquad (4.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าสมการที่ (4.5) ลงในสมการที่ (4.6) และทำการรวมของอนุกรมจะได้โครงสร้างของบริการ SONET คือ

$$Z = 12P_0\left(\frac{B}{B_0}\right)^{\alpha}(1-k^{\alpha})(1+r)^{(M_1-1993)}\left[\frac{1-c^{M_2}}{1-c}\right] \qquad (4.8)$$

เมื่อ $c = \dfrac{(1+R)^{\alpha}(1+r)}{(1+i)}$ (4.9)

4.1.3.2 การจัดการแบนด์วิธร่วมกับบริการ ATM

โครงสร้างของต้นทุนของการให้บริการ ATM

ราคาของการให้บริการ ATM ได้มาจากการให้บริการ leased line ในสมการที่ (4.5) สำหรับการพิจารณาต่อไปนี้ ค่าใช้จ่ายของการให้บริการ ATM ที่มีระยะทางไกลคือ ผลรวมขององค์ประกอบคงที่ F และองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงได้ V ซึ่งกำหนดให้ A คือค่าใช้จ่ายของ local access และ S คือ เศษส่วนราคาของวงจรเช่า จะได้สมการขององค์ประกอบแบบคงที่ต่อพอร์ต คือ

$$F = A + \frac{sP_M}{2} \qquad (4.10)$$

จากสมการที่ (4.10) ราคาของการส่งข้อมูลแบบสองทิศทาง Pm จะถูกหารสองเป็นราคาของการส่งข้อมูลแบบทิศทางเดียว

กำหนดให้ Ao เป็นราคาในปี 1993 ของวงจร local access ที่มีอัตราการส่ง Bo Mbps ฉะนั้น ค่า B จะเป็นการคิดในส่วนของ local access และมีสูตรเดียวกับ α เพียงแต่ต่างกันที่การให้บริการ จะได้ค่าใช้จ่ายต่อเดือนของการให้บริการ local access ความเร็วสูงในปีที่ M เป็น

$$A = A_0\left[\frac{B}{B_0}\right]^{\beta}(1+r)^{(M-1993)} \qquad (4.11)$$

แทนสมการที่ (4.11) และ (4.5) ลงในสมการที่ (4.10) และทำให้อยู่ในผลลัพธ์อย่างง่าย จะได้ค่าใช้จ่ายขององค์ประกอบแบบคงที่ของ ATM ต่อพอร์ตดังนี้

$$F = \left[A_0\left(\frac{B}{B_0}\right)^{\beta} + \frac{sP_0}{2}\left(\frac{B}{B_0}\right)^{\alpha}\right](1-r)^{(M-1993)} \qquad (4.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (4.12) นี้ S เป็นเศษส่วนของราคาวงจรเช่า (lease circuit) โดยกำหนดให้คงที่ คือ S=0.5 ในกรณีที่มีความไวต่อทราฟฟิก เศษส่วนของราคาวงจรเช่าจะเป็น (1-S) และให้ μ คือ เป้าหมายของการใช้ทราฟฟิก และกำหนดให้คงที่เท่ากับ 0.12 โดยทำการวัดตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อโครงสร้างราคาของการบริการ ATM เท่ากับราคาให้บริการของ Leased line สำหรับพิเศษ จะมีเป้าหมายการใช้ทราฟฟิกเป็น P ดังนั้นค่าใช้จ่ายของ ATM ที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีความไวต่อทราฟฟิกคือ

$$V = \frac{(1-s)}{u}\rho\left(\frac{P_M}{2}\right) \tag{4.13}$$

แทนค่าสมการ (4.5) ลงในสมการ (4.13) จะได้เป็น

$$V = \frac{(1-s)}{u}\rho\frac{P_0}{2}\left(\frac{B}{B_0}\right)^{\alpha}(1+r)^{(M-1993)} \tag{4.14}$$

เมื่อกำหนดให้ Nc คือจำนวนของเซล ATM ที่ได้ทำหารส่งไปในโครงข่าย ดังนั้นจะได้สมการ P คือ

$$\rho = \frac{N_c}{6.11xB} \tag{4.15}$$

4.1.3.3 ผลการจัดการแบนด์วิธ ATM

การพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการแบนด์วิธของ ATM ได้พิจารณาจากสมการที่แสดงไว้ของ Leased line ในสมการที่ (4.12) และสมการที่ (4.14) เป็นค่าใช้จ่ายแบบคงที่ และค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงได้ของการให้บริการ ATM ตามลำดับ ดังนั้นจึงได้คุณลักษณะการประหยัดต่อเดือนของค่าใช้จ่ายแบบคงที่ และค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงในสมการที่ (4.16) และ (4.17)

$$\delta_M^F = (1+r)^{(M-1993)}\left\{A_0\left(\frac{B}{B_0}\right)^{\beta}(1-k^{\beta})(1+k)^{(M-M_1)\beta} + \frac{sP_0}{2}\left(\frac{B}{B_0}\right)(1-k^{\alpha})(1+r)^{(M-M_1)\alpha}\right\} \tag{4.16}$$

$$\delta_M^V = (1+r)^{(M-1993)}\frac{P_0}{2}\frac{(1-s)}{u}\rho\left\{\left(\frac{B}{B_0}\right)^{\alpha}(1-k^{\alpha})(1+R)^{(M-M_1)\alpha}\right\} \tag{4.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่ได้พิจารณาในสมการที่ (4.7) ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดตลอดทั้งโครงการที่สิ้นสุดในปี M2 สำหรับ ATM คือ

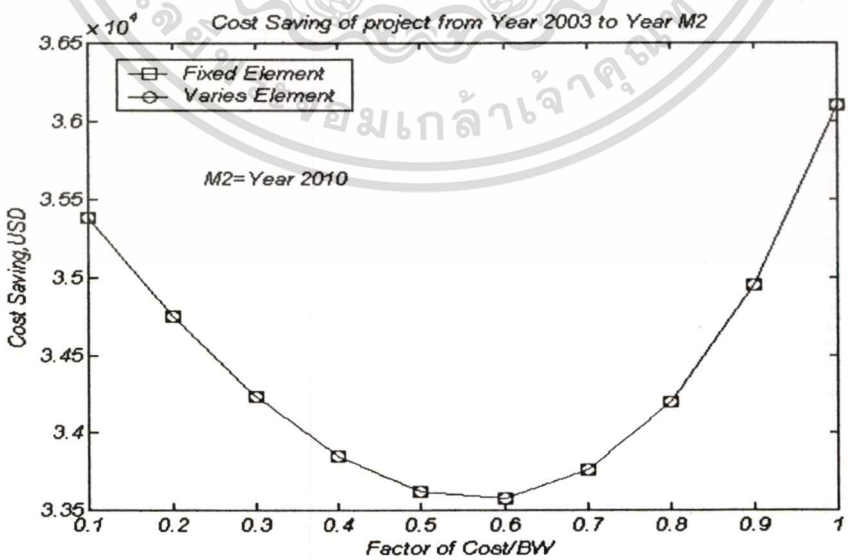
$$V_F = 12A_0\left(\frac{B}{B_0}\right)^{\beta}(1-k^{\beta})\left[\frac{1-d^{M_2}}{1-d}\right](1-r)^{(M_1-1993)} + 6sP_0\left(\frac{B}{B_0}\right)(1-k^{\alpha})\left[\frac{1-c^{M_2}}{1-c}\right](1+r)^{(M_1-1993)} \tag{4.18}$$

$$V_V = 6P_0\frac{(1-s)}{u}\rho\left(\frac{B}{B_0}\right)^{\alpha}(1-k^{\alpha})(1+r)^{(M_1-1993)}\left[\frac{1-c^{M_2}}{1-c}\right] \tag{4.19}$$

เมื่อ $c = \dfrac{(1+R)^{\alpha}(1+r)}{(1+i)}$ (4.20)

และ $d = \dfrac{(1+R)^{\beta}(1+r)}{(1+i)}$ (4.21)

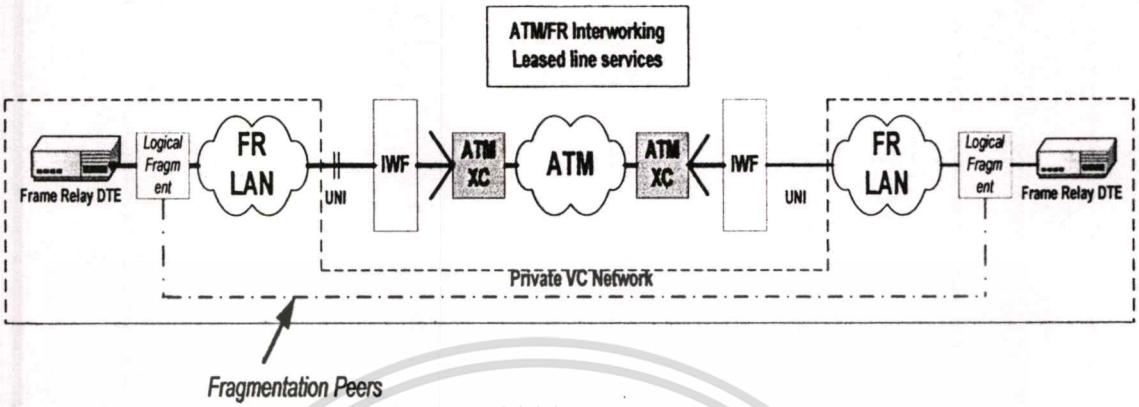
จากสมการที่ (4.17) และ (4.18) สมมติให้โครงการเริ่มต้นในปี 2003 และสิ้นสุดในปี 2010 จะสามารถพิจารณาค่าใช้จ่ายที่ประหยัดที่สุดตลอดโครงการทั้งแบบองค์ประกอบคงที่และเปลี่ยนแปลงได้ ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งจากรูปจะแสดงให้เห็นได้ว่าเมื่อกำหนดให้ค่า $\alpha = 0.6$ จะทำให้การลงทุนในการวางโครงข่ายของ ATM แบบ leased line ประหยัดที่สุด [23], [24].



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α พารามิเตอร์กับราคาค่าใช้จ่ายแบบคงที่และเปลี่ยนแปลงได้ในปีสิ้นสุดการลงทุนที่ 2010 เมื่อเทียบกับปี 1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การพิจารณาการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ปลายทางเฟรมรีเลย์และ โครงข่ายหลัก ATM Leased-line



รูปที่ 4.6 การทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ปลายทางเฟรมรีเลย์ และโครงข่าย ATM Leased-line แบบ End-to-End

สำหรับการแบ่งแยกส่วนของเฟรม PDU เป็นเซล ATM ของอุปกรณ์ปลายทางเฟรมรีเลย์และโครงข่าย ATM Leased-line แบบ End-to-End เป็นการพิจารณาในส่วนแบ่งของข้อมูลแบบ Real time หรือ เฟรมข้อมูลที่ผ่านการอินเทอร์เฟสของ UNI ระหว่างอุปกรณ์ปลายทางเฟรมรีเลย์และ IWF ที่เชื่อมต่อกับโครงข่าย ATM Leased-line การแบ่งแยกส่วนของเฟรม PDU เป็นเซล ATM เป็นการลดการหน่วงและเพิ่มความเร็วสำหรับระบบ Leased-line ให้สูงขึ้น ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่นำมาใช้สำหรับการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ปลายทางเฟรมรีเลย์ และโครงข่าย ATM Leased-line แบบ End-to-End และเหมาะสมสำหรับการเชื่อมต่อแบบ PVC เท่านั้น และการแบ่งแยกเฟรมจะมีขีดจำกัดอยู่ที่การเชื่อมต่อทาง PVC

การแบ่งเฟรมแบบ End-to-End ในทิศทางจาก FR ไป ATM จะมีกระบวนการประกอบชิ้นส่วนให้อยู่ในรูปเฟรมที่ IWF และส่งผ่านไปยังด้าน ATM โดยใช้วิธีการให้บริการร่วมกันระหว่าง FR และ ATM ในทำนองเดียวกันสำหรับทิศทางจาก ATM ไป FR ส่วนของ AAL5 PDU จะถูกส่งผ่านไปยังด้าน FR โดยใช้วิธีการให้บริการร่วมกันระหว่าง FR และ ATM สำหรับการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR และ ATM โดยอยู่บนพื้นฐานของการส่งเป็นเซล ประสิทธิภาพการแบ่งส่วนของเฟรมเป็นเซลสำหรับ Leased-line สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวของ PDU แปลงเป็นเซล = [FR Header (2 Octets)

+ Fragmentation Header (4 Octets)

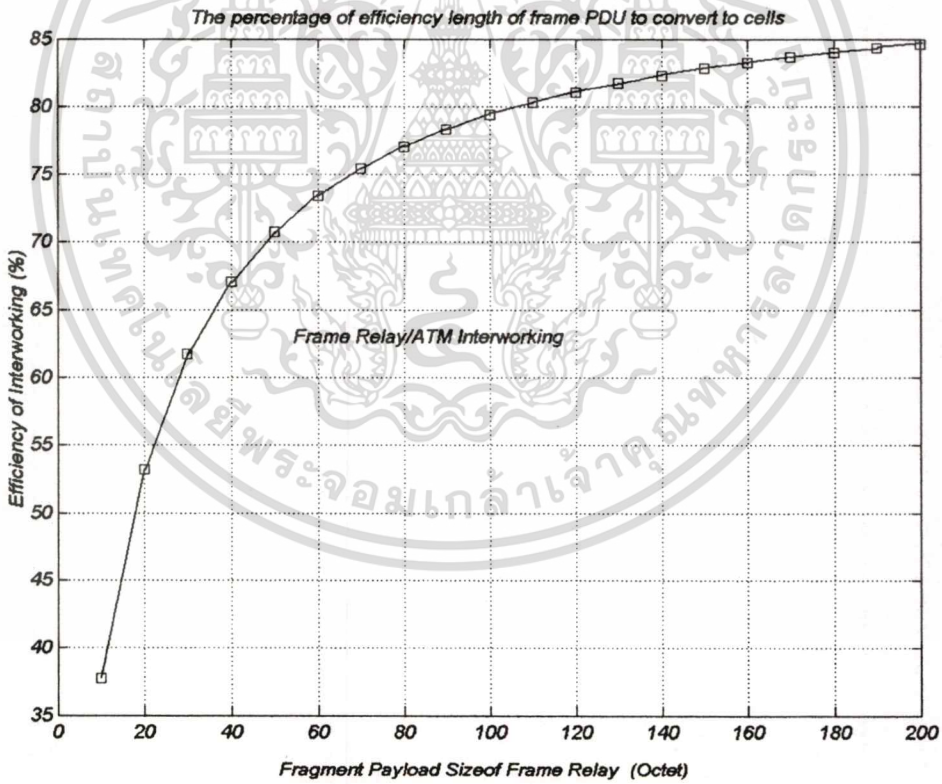
+ Fragmentation Payload Size (P Octets)

+ AAL5 trailer (8 Octets) (4.22)

จำนวนของเซลที่ต้องการนำพา PDU (N เซล) = [ความยาวของ PDU/48 Octet/เซล]

ประสิทธิภาพ (%) = 100 (P Octets)/ [N เซล * 53 Octets/เซล]* (4.23)

ผลที่ได้ดังรูปที่ 4.7 แสดงถึงความสัมพันธ์ของการแบ่งขนาดข้อมูลใน Payload ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการให้บริการร่วมกันระหว่าง FR และ ATM Leased-line โดยที่เมื่อขนาดการแบ่ง Payload สูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM สูงขึ้นเช่นเดียวกัน [25].



รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพการแบ่งขนาดของ Payload เป็นเซล สำหรับการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ปลายทางเฟรมรีเลย์ และโครงข่าย ATM Leased-line แบบ End-to-End

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การใช้โครงข่ายของระบบ WANผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

โครงข่ายในปัจจุบันมีความต้องการสำหรับการออกแบบให้ง่ายต่อการสื่อสารข้อมูล และการจัดสรรทรัพยากรต่างๆภายในโครงข่าย ดังนั้นโครงข่ายโทรคมนาคมส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้ใช้เส้นใยแก้วนำแสงแล้วบางส่วน ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นการนำมาแทนที่โครงข่ายที่ใช้สายทองแดง เนื่องจากมีคุณสมบัติดีกว่าหลายประการ เช่น มีแบนด์วิธเพิ่มขึ้น มีการสูญเสียต่ำ ต้นทุนต่ำ น้ำหนักเบาและสามารถบรรจุรวมไว้ด้วยกันได้ มีการควบคุมสัญญาณรบกวนและการแทรกสอดของแม่เหล็กไฟฟ้า โครงข่ายแสงในวัตถุประสงค์ที่กล่าวนี้ คือ โครงข่ายโทรคมนาคมที่มีการเชื่อมโยงด้วยเส้นใยแก้วนำแสง และมีการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีการใช้ลักษณะเด่นอย่างใดอย่างหนึ่งของเส้นใยแก้วนำแสง เรียกว่า โครงข่ายแสงบริสุทธ์ (Pure Network) ซึ่งมีองค์ประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ ONN (Optical Network Node) ที่เชื่อมต่อระหว่างเส้นใยแก้วนำแสงกับโครงข่าย และ NAS (Network Access Station) ที่อินเทอร์เฟสระหว่างผู้ใช้กับระบบปลายทางที่ไม่ใช่โครงข่ายทางแสง เช่น สวิตช์ ATM

ONN จะทำหน้าที่เป็นสวิตชิ่งและกำหนดเส้นทางของสัญญาณแสง สถานีและโหนดที่อยู่ในโครงข่ายจะประกอบด้วยองค์ประกอบของออพโต้อิเลคโทรนิคส์ และโฟโตนิค ได้แก่ เลเซอร์, ดีเทคเตอร์, คัปเปอร์, ฟิลเตอร์, สวิตช์แสง, แอมปลิไฟเออร์ และส่วนอื่นๆ โดยที่องค์ประกอบทั้งหมดนี้จะทำงานร่วมกันกับเส้นใยแก้วนำแสงเพื่อสร้างสัญญาณแสงให้ได้ตามความต้องการของการเชื่อมต่อ ดังนั้นในการออกแบบ WAN ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงจึงควรมีองค์ประกอบที่นำมาพิจารณาดังต่อไปนี้

การเชื่อมต่อ

(1) สามารถรองรับสถานีและระบบปลายทางได้จำนวนมาก

(2) ในแต่ละสถานีสามารถเชื่อมต่อได้หลายๆจุดเชื่อมต่อ

(3) รองรับการเชื่อมต่อแบบ multicast

สมรรถนะ

(1) มีผลรวม Throughput ของโครงข่ายสูง ($\approx$ 100 terabit/sec.)

(2) มีอัตราบิตของผู้ใช้สูง (gigabit/sec.)

(3) มีการหน่วงในระบบต่ำ

(4) ในระบบดิจิตอลควรมีอัตราผิพลาดต่ำ และระบบอะนาล็อกควรมี SNR (Signal to noise ratio) สูง

(5) มีภาระในการประมวลผลที่โหนดและสถานีต่ำ

(6) สามารถปรับเปลี่ยนระบบให้เข้ากับโหลดที่ไม่สมดุลกันได้

(7) มีความสา มารถในการแสดงความผิดพลาดและการกู้ข้อมูลกลับคืนมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเด่นของโครงข่าย

(1) การคัดลอกและแยกองค์ประกอบ

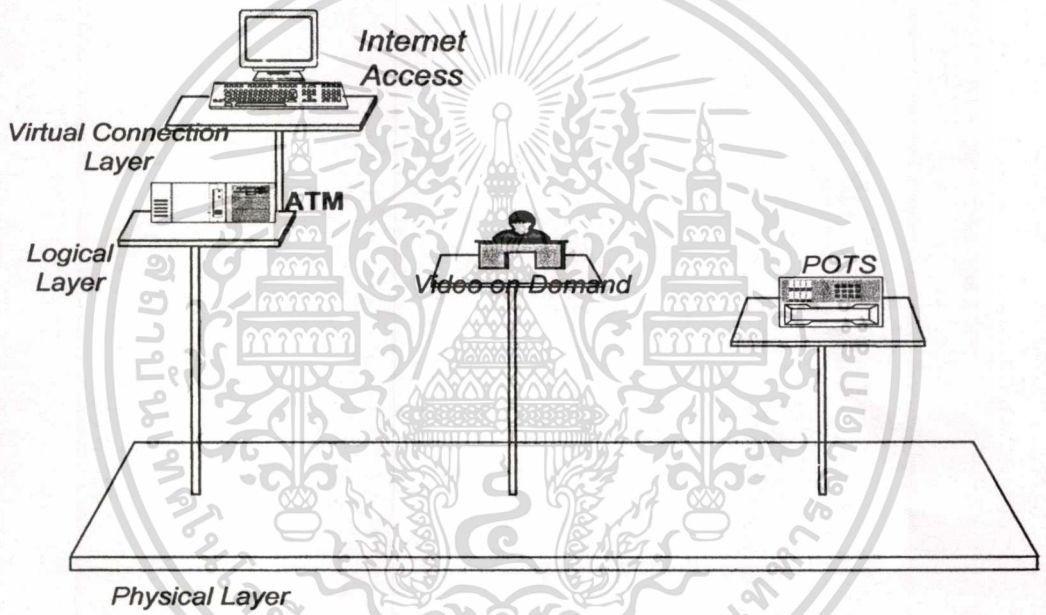
(2) การปรับเปลี่ยนได้ง่าย

(3) การคงสถานะอยู่ได้

เทคโนโลยีและค่าใช้จ่าย

(1) สำหรับการเข้าถึงสถานี ควรมีจำนวนของอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณแสงต่อสถานีน้อยที่สุด และมีข้อจำกัดของความซับซ้อนในการทำงานของอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณแสงน้อยที่สุด

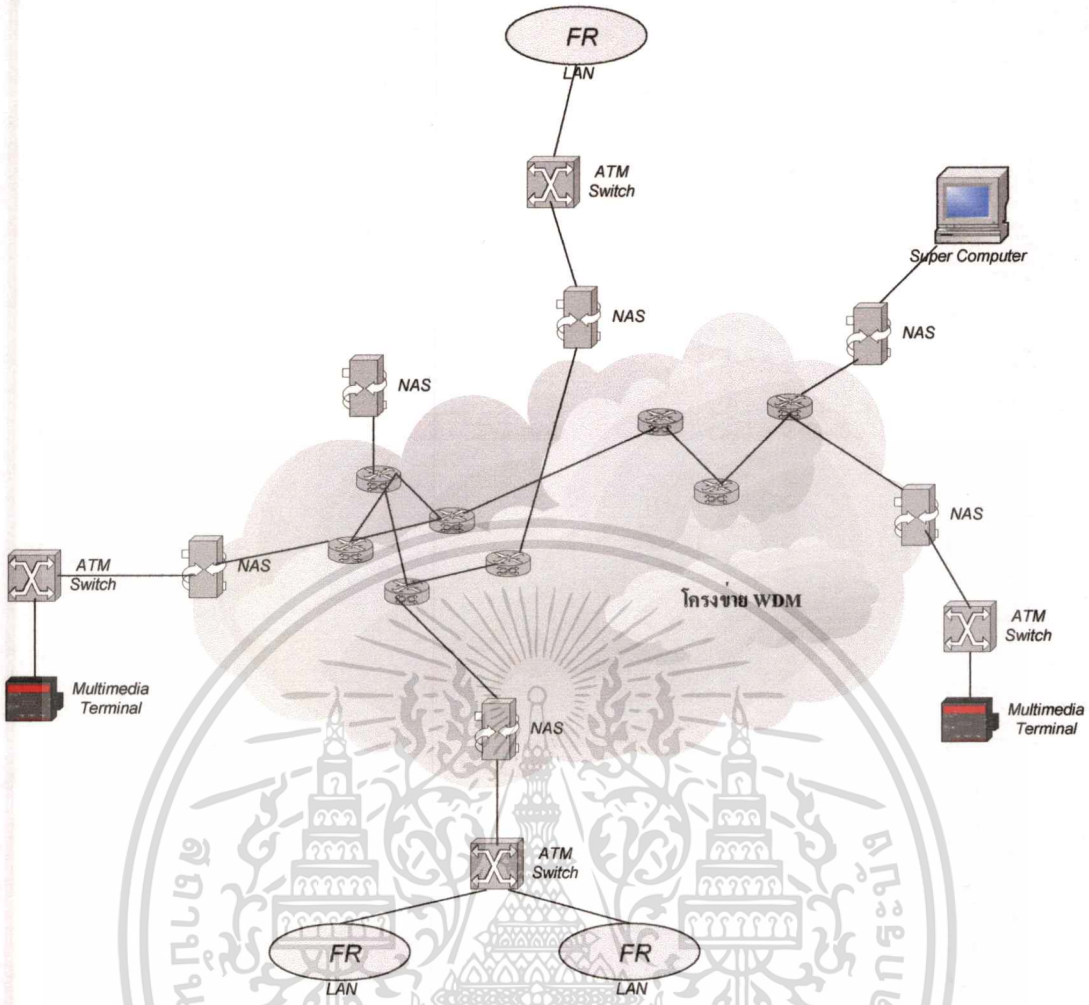
(2) ควรมีข้อจำกัดน้อยที่สุดในส่วนของความซับซ้อนของโหนดในโครงข่าย จำนวนและความยาวของสายเคเบิ้ล และความสามารถในการใช้สเปคตรัมแสง



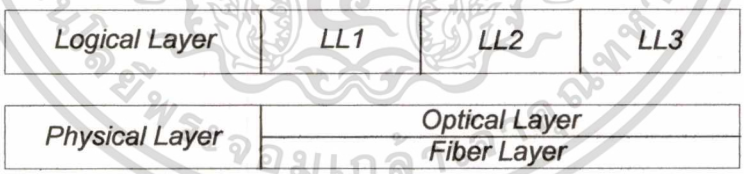
รูปที่ 4.8 แสดงเลเยอร์ของการให้บริการโครงข่าย

จากรูปที่ 4.8 ขนาดและความยุ่งยากของโครงข่ายคือสิ่งที่ต้องพิจารณาถึงในการออกแบบ ดังนั้นจึงควรเลือกช่องสัญญาณแสงที่มีแบนด์วิธมากๆสำหรับ Backbone ที่เป็นเทคโนโลยี ATM ในการเชื่อมต่อทางลอจิก เนื่องจาก ATM มีสถาปัตยกรรมเลเยอร์ และการเชื่อมต่อแบบเสมือน โดยที่ NAS จะเป็นการอินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์ปลายทางกับโครงข่ายแสง ในรูปที่ 4.9 แสดงถึงเลเยอร์สำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง ซึ่งที่เลเยอร์ฟิสิกคัล จะประกอบด้วยเลเยอร์ย่อย Optical และเลเยอร์ย่อย Fiber ในเลเยอร์ Logical จะสามารถแบ่งออกเป็นเลเยอร์ย่อยสำหรับการเชื่อมต่อทางลอจิกเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 โครงสร้างของการให้บริการ ATM สำหรับเส้นใยแก้วนำแสง



รูปที่ 4.10 เลเยอร์ย่อยของโครงข่ายใยแก้วนำแสง

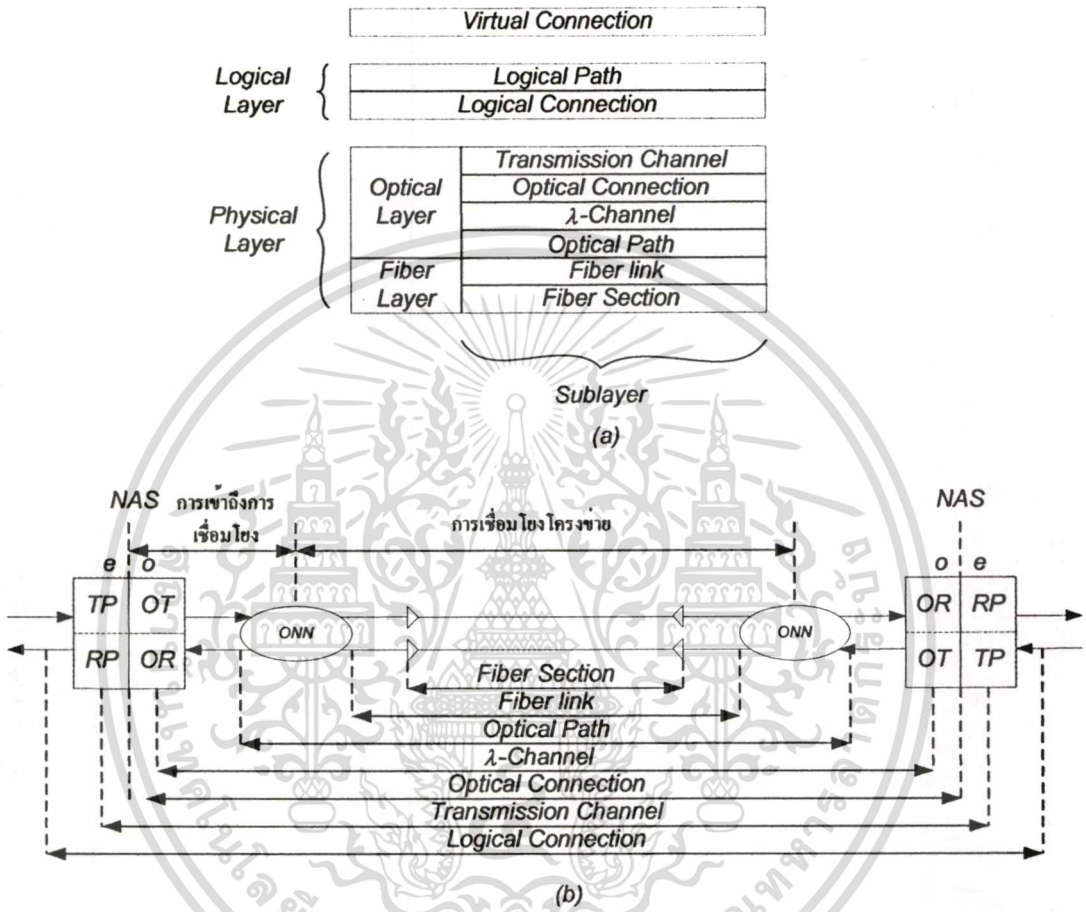
และในรูปที่ 4.11 จะแสดงรายละเอียดของเลเยอร์ย่อยในการเชื่อมต่อโครงข่ายใยแก้วนำแสง ซึ่งในรูปที่ 4.11 (a) เป็นการอินเทอร์เฟสระหว่างเลเยอร์ ฟิสิกคัล ไปยังเลเยอร์ Fiber และเมื่อพิจารณาถึงการเชื่อมต่อทางกายภาพ เลเยอร์ ฟิสิกคัล กับเลเยอร์ Logical จะเชื่อมต่อกันทางพอร์ตของ NAS ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.11 (b)

ในการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด แต่ละจุดจะมีการส่งผ่านทาง λ-Channel ซึ่งสามารถสร้างขึ้นโดย

(1) กำหนด λ-Channel ที่ต้นทางและปลายทางโดยทำการเลือกความยาวคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ทำการสร้างเส้นทางของแสงผ่านลำดับของโหนดในโครงข่ายจากต้นทางถึงปลายทาง การเชื่อมต่อจากพอร์ตของต้นทางและปลายทางของ NAS เรียกกว่า LC (Logical Connection) ซึ่งเป็นสัญญาณทางลอจิกที่อยู่ในรูปแบบทางอิเลคทรอนิกส์ เช่น เซล ATM หรือ แพ็กเกจ IP เป็นต้น



รูปที่ 4.11 องค์ประกอบในการเชื่อมต่อทางเลเยอร์ของใยแก้วนำแสง

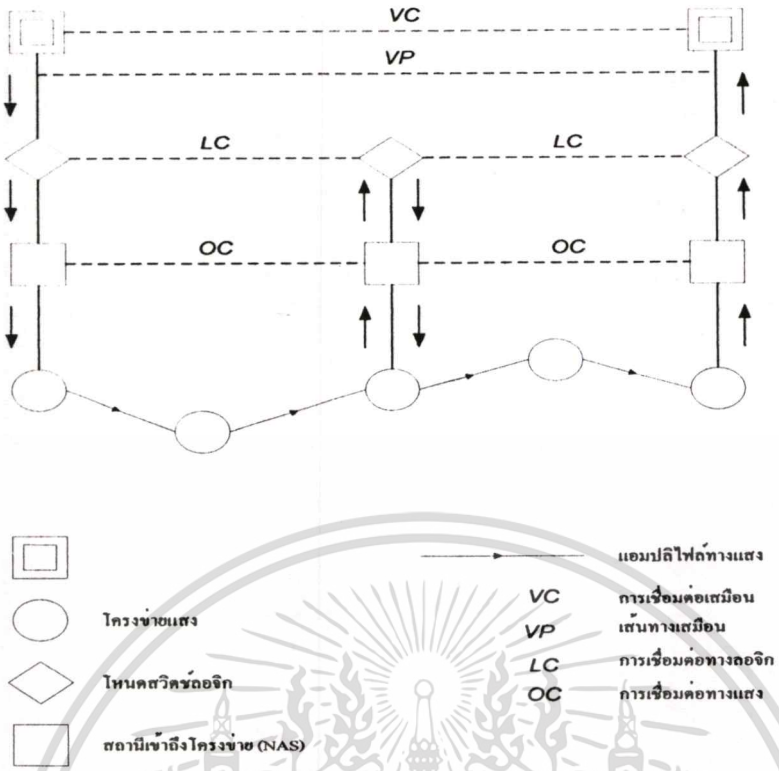
โดยที่รูปที่ 4.11 แสดงการเชื่อมต่อเสมือนระหว่างระบบปลายทางจะส่งผ่านเส้นทางลอจิก LP (Logical path) ซึ่งเส้นทางของแสงจะประกอบไปด้วย Logical Switch Node, NAS และ ONN

จากรูปที่ 4.12 แสดงถึงหน้าที่ของการเชื่อมต่อทางลอจิก ช่องสัญญาณของการส่ง และเลเยอร์ช่องสัญญาณที่นำมาใช้ใน NAS ซึ่ง NAS ได้ใช้บริการของเลเยอร์ Optical Path โดยให้บริการเชื่อมต่อทางลอจิกที่ระบบปลายทาง ดังนั้นการเข้าถึงสถานี NAS นี้มีอยู่ 2 วิธี

(1) การอินเทอร์เฟสที่พอร์ตของการเชื่อมต่อทางลอจิกภายนอกที่อุปกรณ์ รับ-ส่ง ด้วยแสง (optical transceivers)

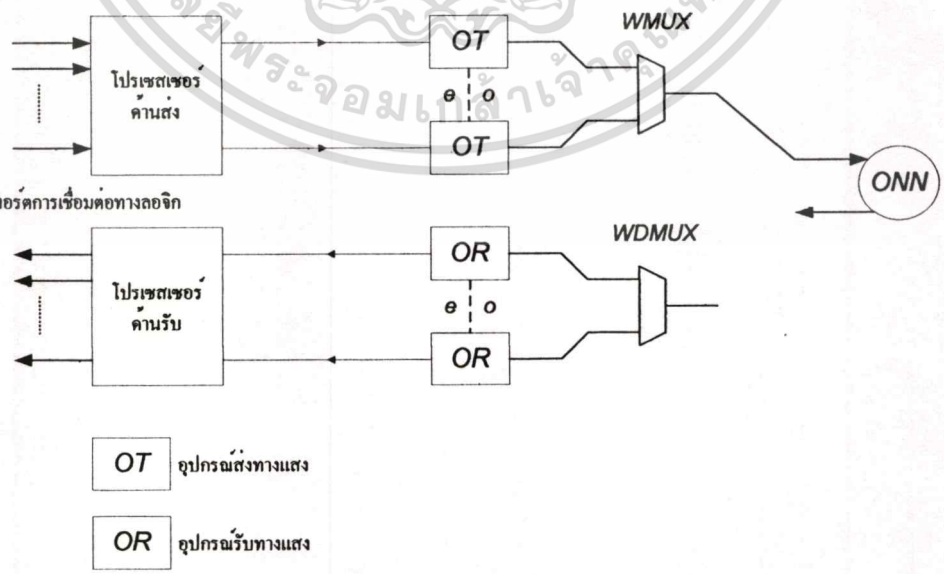
(2) ทำการเคลื่อนย้ายสัญญาณระหว่างอิเลคทรอนิกส์โดเมนและโดเมนทางแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การเชื่อมต่อทางลอจิกของใยแก้วนำแสง

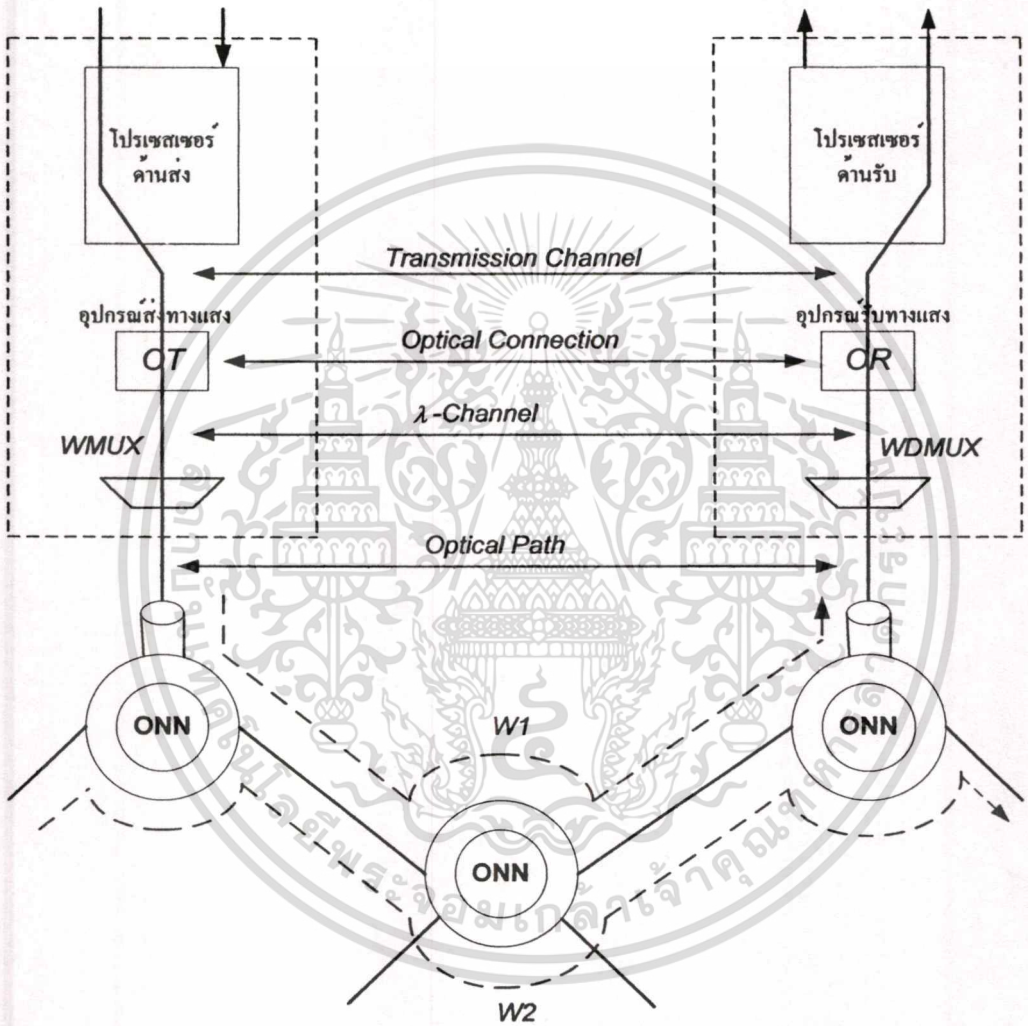
จากรูปที่ 4.13 ที่ด้านส่งประกอบด้วยโปรเซสเซอร์ช่องการส่ง (TP: transmission processor) ที่รวมอยู่กับ LC ทางพอร์ตอินพุตและที่พอร์ตเอาท์พุตของ TP จะต่อกับอุปกรณ์ส่งสัญญาณแสง (optical transmitter: OT) แต่ละ OT จะเข้าถึงเส้นใยแก้วนำแสงโดยทำการรวมสัญญาณของ WMUX ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงหนึ่งเส้น



รูปที่ 4.13 สถานีการเข้าถึงโครงข่าย (NAS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ด้านรับสัญญาณแสงจะถูกแยกความยาวคลื่นโดยวิธีการดีมัลติเพล็กซ์ และส่งผ่านเข้าสู่อุปกรณ์รับสัญญาณแสง (Optical receiver: OR) จากนั้นจะทำการเปลี่ยนพลังแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และอาจทำให้เกิดการไม่สมบูรณ์ของข้อมูลจากต้นทาง ดังนั้นโปรเซสเซอร์ทางด้านรับ (reception processor: RP) จะทำการแปลงสัญญาณที่ไม่สมบูรณ์นั้นให้กลับมาเป็นสัญญาณทางลอจิกดังเดิม ดังรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นถึงการทำงานระหว่างคู่ของสถานี NAS ทางด้านลอจิก [7].

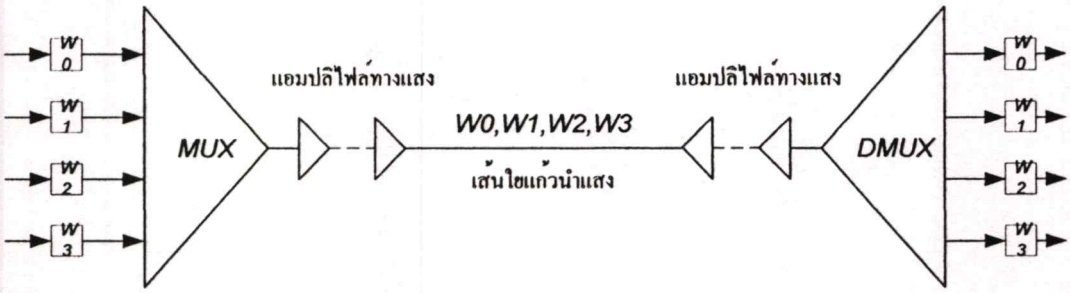


รูปที่ 4.14 ตัวอย่างการเชื่อมต่อทางลอจิกระหว่าง 2 NAS

4.2.1 การมัลติเพล็กซ์แบบ WDM

หลักการของ WDM คล้ายคลึงกับการมัลติเพล็กแบบ FDM ซึ่งข่าวสารจากหลาย ๆ แหล่งจ่ายจะถูกมอดูเลตกับสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน และสัญญาณทั้งหมดจะถูกรวมเข้าด้วยกันและส่งพร้อมกันผ่านเส้นใยแก้วนำแสงเดียว ดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 การมัลติเพล็กซ์แบบ WDM

คลื่นพาหะของแต่ละช่องสัญญาณของ WDM จะสูงกว่าวิธีการแบบ FDM มาก โดยประมาณ 1 ล้านเท่า ดังนั้นการใช้โครงข่ายแบบ WDM จึงมีความจำเป็นต้องใช้อัลกอริทึมที่ดีที่สุดในการแก้ไขปัญหาเส้นทางเราท์ติ้ง (routing) รวมทั้งการกำหนดความยาวคลื่นและการลดจำนวนความยาวคลื่นให้น้อยที่สุด โดยที่จำนวนของความยาวคลื่นที่ใช้ในการเชื่อมโยงเส้นใยแก้วถือเป็นส่วนหลักในโครงขาย ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 4-32 ความยาวคลื่น แต่ในปัจจุบันมีความต้องการให้เกินกว่า 100 ความยาวคลื่น

แพ็คเกจสวิตชิ่งในโครงขายที่มีเส้นทางโดยใช้ความยาวคลื่น สามารถใช้วิธีการhopเดี่ยว (Single hop) หรือหลาย hop (multi – hop)

สำหรับวิธีการของ Multi-hop ของโทโพโลยีเสมือน (virtual topology) จะถูกกำหนดผ่านโทโพโลยีพิสิกคัล โดยทำการกำหนด WXC (wavelengths selective cross comment) ภายในโหนด

ในโครงข่ายอินเทอร์เนตจะประกอบด้วย IP เราท์เตอร์ต่อร่วมกัน (interconnected) โดยการเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงแบบจุดต่อจุด ทราฟฟิกจะระหว่างเราท์เตอร์จะถูกส่งผ่านการเชื่อมโยงความเร็วสูงเป็น gigabit ซึ่งการเชื่อมโยงนี้สามารถทำได้โดยเทคโนโลยี SONET หรือ ATM – OVER-SONET หรือ IP-OVER-ATM-OVER-SONET สำหรับเส้นทางของทราฟฟิก IP ในโครงข่าย backbone

สำหรับโหนด 2 โหนดของเส้นทางแสงที่ไม่ได้ต่อเข้าด้วยกันโดยตรงจะใช้วิธีการ multi-hop คือ ใช้แพ็คเกจสวิตชิ่ง เช่น สวิตช์ ATM ระหว่างโหนด สำหรับเทคโนโลยี ATM-OVER-WDM

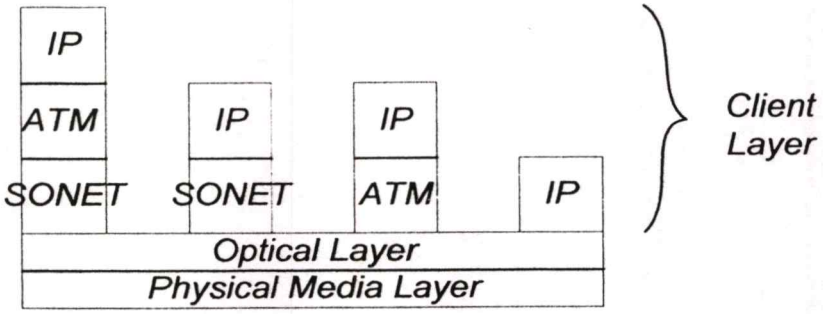
การใช้โครงข่าย WDM เป็นฐานในการส่งผ่านข้อมูลจะสามารถแบ่งออกเป็น 3 เลเยอร์ คือ

(1) ฟิสิกคัล media layer

(2) Optical layer

(3) Client layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดง Client Layer ที่ต่อร่วมกับเลเยอร์ของใยแก้วนำแสง

เส้นทางของแสงจะถูกสร้างขึ้นจาก Optical layer ซึ่งเป็นโทโพโลยีเสมือน ตามมาตรฐานของ ITU-T ได้มีการส่งเสริมข้อตกลงร่วมกันของ G.872 ให้มีการแบ่งเลเยอร์ย่อยของ optical ออกเป็น 3 ส่วนคือ

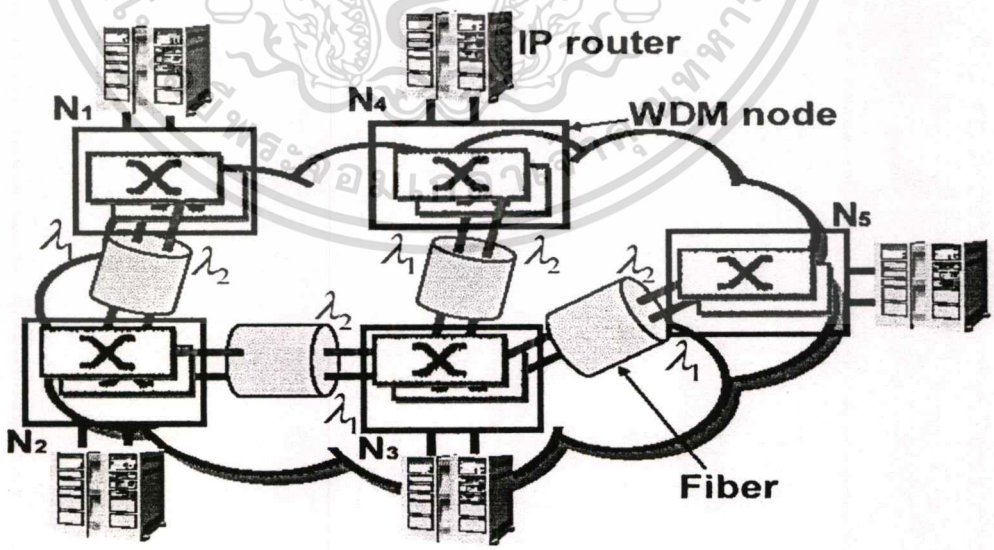
(1) Optical channel layer

(2) Optical multiplier section layer

(3) Optical transmission section layer

4.2.2 โทโพโลยี ฟิสิกคัล

ลักษณะเด่นโทโพโลยีในการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงร่วมกัน คือ การพิจารณาสมรรถนะของโครงข่าย ซึ่งประกอบไปด้วยคุณภาพของสัญญาณแสง ประสิทธิภาพสเปคตรัมแสง ศักยภาพในการเชื่อมต่อเพื่อให้ได้ Throughput สูงสุดและความคงทนของโครงข่าย



รูปที่ 4.17 WDM ฟิสิกคัล Topology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

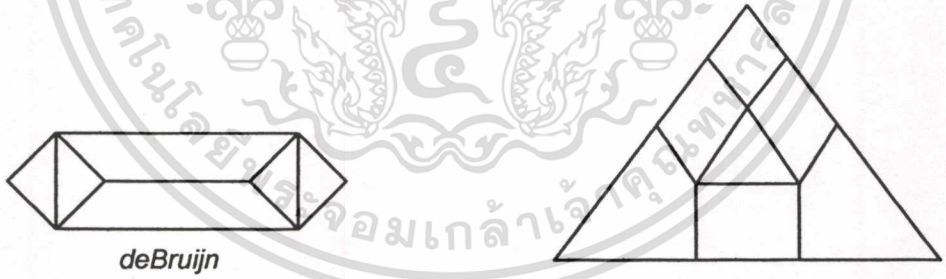
กำหนดให้ G(V,E) เป็นกราฟแสดงถึงโทโพโลยีของโครงข่ายซึ่งเซตของ V แสดงถึงโหนดของโครงข่ายและเซตของ E แสดงถึงการเชื่อมโยงของโครงข่าย มุม Δ ของโหนด คือ จำนวนการเชื่อมต่อภายในโหนดซึ่งจะสอดคล้องกับโหนดของโครงข่าย เนื่องจากค่าใช้จ่ายของโหนดใด ๆ จะสูงขึ้นตามจำนวนของพอร์ต ดังนั้นจึงต้องพิจารณาให้มีค่าน้อยที่สุดในการออกแบบ

เส้นผ่าศูนย์กลางกราฟ D คือ ความยาวสูงสุดระหว่างคู่ของโหนดในโครงข่าย เนื่องจากเส้นทางของแสงที่มีระยะทางยาวจะทำให้คุณภาพของสัญญาณต่ำ และทำให้เกิดความคับคั่งในโครงข่าย ความไม่มั่นคงในการชำรุดของโครงข่าย จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องใช้โครงข่ายที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยที่สุด ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่ากราฟของ Moore ให้ลำดับขั้นโหนดของกราฟ Moore (Δ , D) สูงสุดสำหรับมุม Δ และเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุด D ดังสมการต่อไปนี้

$$N_{Moore}(\Delta, D) = 1 + \Delta\sum_{i=0}^{D-1}(\Delta-1)^i$$

$$= \frac{\Delta(\Delta-1)^D - 2}{\Delta-2}, \Delta > 2 \qquad (4.24)$$

อย่างไรก็ตามยังมีโครงข่ายอีก 2 แบบ ที่สามารถพิจารณาได้ คือ de Bruijn และ Kautz ซึ่งมีประโยชน์สำหรับโทโพโลยีของเส้นทางทางลอจิกสำหรับโครงข่าย LRN ซึ่งค่าของ Δ และ D สามารถกำหนดได้ตามต้องการ รูปที่ 4.18 แสดงกราฟแบบ deBruijn และ Kautz ที่มี D=4 และ D=3 แบบไม่มีทิศทาง



รูปที่ 4.18 โทโพโลยีฟิสิกคัล

จำนวนโหนดของกราฟ deBruijn และ Kautz แบบไม่มีทิศทางที่เส้นผ่าศูนย์กลาง D และมุมสูงสุด Δ แสดงได้จากสมการดังนี้

$$N_{deBruijn}(\Delta, D) = (\frac{\Delta}{2})^D \qquad (4.25)$$

$$N_{Kaute}(\Delta, D) = (\frac{\Delta}{2})^D + (\frac{4}{2})^{D-1} \qquad (4.26)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นผ่าศูนย์กลางของโครงข่ายให้พิจารณาเฉพาะกรณีที่แย่ที่สุดของระยะทางระหว่างโหนด สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการวัดสมรรถนะของโครงข่าย คือ ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโหนด d

$$\bar{d}_{\min}(\Delta, D) = \frac{1}{(N-1)} \sum_{\min}^{d} (\Delta, N) \tag{4.27}$$

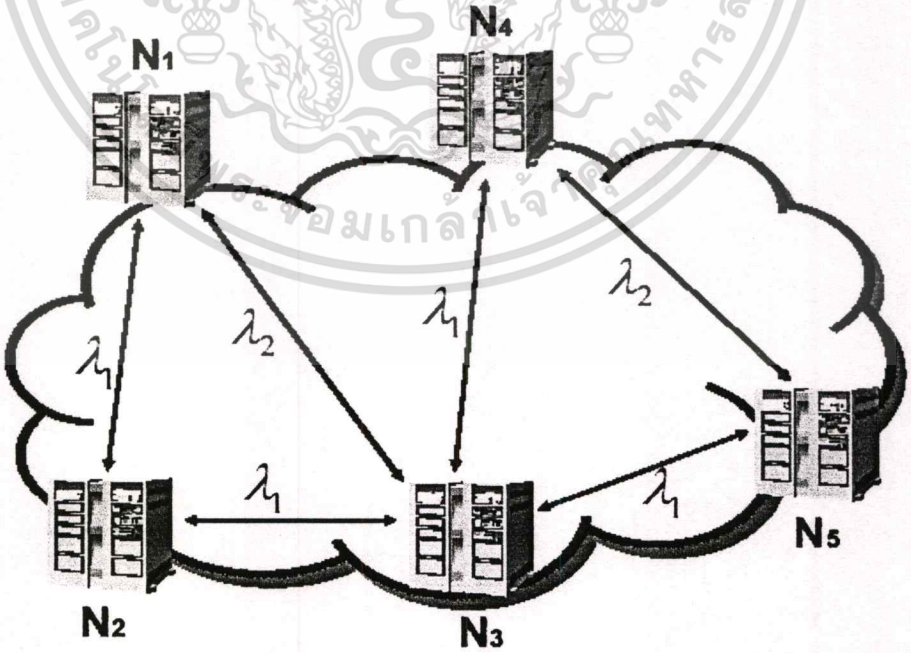
เมื่อ

$$\sum_{\min}^{d} (\Delta, N) = \Delta \sum_{j=1}^{D} j(\Delta-1)^{j-1} - D\left[1 + \Delta \sum_{j=1}^{D} (\Delta-1)^{j-1} - N\right] \tag{4.28}$$

เนื่องจากโทโพโลยีฟิสิกคัลของ WAN โดยปกติจะไม่มีกฎเกณฑ์ และค่อนข้างเป็นโครงสร้างแบบสุ่ม

4.2.3 การออกโทโพโลยีเสมือนสำหรับโทโพโลยีฟิสิกคัล

โทโลยีเสมือน (Virtual topology) คือ การเชื่อมต่อเส้นทางของแสงระหว่างโหนดในโครงข่ายที่เลเยอร์ optical โดยที่เซตการเชื่อมต่อเส้นทางของแสงจะถูกดำเนินการผ่านโทโพโลยีฟิสิกคัลในรูปแบบของโทโพโลยีเสมือน เซตของโหนดและเซตของการเชื่อมโยงทางกายภาพจะรวมกันเป็นโทโพโลยีฟิสิกคัล โดยการเชื่อมโยงทางกายภาพอาจจะเป็นแบบ 2 ทิศทาง แต่ในการใช้งานทั่วไปจะใช้การเชื่อมโยงเส้นใยแก้วนำแสงในทิศทางเดียว 2 ชุดวางในทิศทางสวนกัน



รูปที่ 4.19 โทโพโลยีทางลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.1 ขีดจำกัดของโทโพโลยีเสมือน

ในทางอุดมคติการเชื่อมต่อกราฟที่สมบูรณ์จะอยู่ในรูปโทโพโลยีเสมือน ถ้าการเชื่อมต่อโทโพโลยีเสมือนสมบูรณ์ ทราฟฟิกจะสามารถเดินทางจากโหนดหนึ่งไปยังโหนดอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามการที่จะทำให้การเชื่อมต่อของโครงข่ายจำนวน N โหนดมีความสมบูรณ์แบบเป็นสิ่งที่ยาก เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

(1) แต่ละโหนดจะต้องมีอุปกรณ์รับ-ส่งทางแสงจำนวน N-1 ที่ด้านส่งและปลายทางตามจำนวนเส้นทางของแสงที่ N-1 ดังนั้นจึงต้องการจำนวนอุปกรณ์รับ-ส่งเป็น Nx(N-1) ซึ่งจะทำให้สูญเสียต้นทุนจำนวนมาก

(2) โหนดจะมีความต้องการกระบวนการ ที่สามารถรองรับข่าวสารทางอิเลคทรอนิกส์ที่เพียงพอต่อข่าวสารที่เข้ามาจำนวน N-1 ของเส้นทางของแสง ดังนั้นถ้ามีการจัดเตรียมตามวัตถุประสงค์นี้จะทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงมาก ความสามารถของกระบวนการจะถูกจำกัดโดยจำนวนของพอร์ตสวิตช์อิเลคทรอนิคส์

(3) จำนวนของความยาวคลื่นที่ต้องการสำหรับกำหนดเส้นทางของแสง คือ Nx(N-1) ซึ่งเมื่อจำนวนโหนดที่ N ในโครงข่ายมีมากขึ้น เช่น 100 โหนด อาจใช้ความยาวคลื่นถึงประมาณ 1000 หรือ 10,000 ความยาวคลื่น ซึ่งในการออกแบบโครงข่ายจะมีความเป็นไปไม่ได้

4.2.3.2 การกำหนดโทโพโลยีเสมือนที่เหมาะสม

สิ่งสำคัญในการพิจารณาสมรรถนะของโครงข่าย ให้เหมาะสมที่สุดสำหรับการออกแบบโทโพโลยีเสมือน คือ

(1) จำนวน hop ที่ต้องการในเส้นทางของทราฟฟิกจากต้นทางไปยังปลายทาง

(2) ทราฟฟิกของเส้นทางแสง

(3) การไหลของทราฟฟิกแบบ hop เดี่ยว

(4) การหน่วงของข้อความโดยทราฟฟิก

4.2.3.2.1 การลดจำนวนของ hop ที่พิจารณาถึงโดยเฉลี่ยให้น้อยที่สุด

จำนวนของ hop โดยเฉลี่ย แสดงถึงจำนวนเฉลี่ยของเส้นทางแสง ที่ตัดผ่านส่วนหนึ่งของทราฟฟิกในโครงข่าย ถ้าเป็นทราฟฟิกระหว่างโหนด s และโหนด d จะเป็นจำนวนของ hop ระหว่าง s และ d ของโทโพโลยีเสมือน ดังนั้นจำนวนของ hop ที่ต้องการของคู่โหนด < s,d> นี้คือจำนวนเฉลี่ยของ hop จะต้องน้อยที่สุด เนื่องจากหลายสาเหตุดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 ทราฟฟิกจะเกิดจากจำนวนของการเปลี่ยนแปลงทางอิเล็คโทรนิคส์เป็นแสงของโหนด สิ่งนี้จะลดการหน่วงที่เกิดขึ้นกับทราฟฟิก และเป็นการใช้แหล่งทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเช่น อุปกรณ์ด้านส่ง-ด้านรับ และ พอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประการที่ 2 จำนวนการตัดผ่านของเส้นทางแสงควรมีเพียงเล็กน้อย อย่างน้อยที่สุด คือ ทราฟฟิกที่เสนอไว้ในเส้นทางของแสงจากคู่ของแหล่งต้นทางและปลายทางที่แตกต่างกัน ดังนั้น การหน่วงเนื่องจากการเข้าแถวรอคอยของทราฟฟิกจะมีความต้องการลดน้อยลงที่โหนด และโครงข่ายจะสามารถรองรับการขยายตัวได้ในอนาคต

4.2.3.2.2 การลดความคับคั่งในโครงข่ายให้น้อยที่สุด

ความคับคั่งในโครงข่ายเป็นตัวกำหนดทราฟฟิกที่กำหนดขึ้นในเส้นทางแสงได้มากที่สุด จำนวนทราฟฟิกที่นำเสนอในเส้นทางแสงจะกำหนดโดยผลรวมของทราฟฟิก และทราฟฟิกที่ไหลระหว่างคู่ต้นทางและปลายทางโดยใช้เส้นทางแสงนี้ ควรเกิดความคับคั่งในโครงข่ายน้อยที่สุด เนื่องจาก จำนวนทราฟฟิกจะมีความต้องการเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของจำนวนความคับคั่งที่น้อยที่สุดที่สามารถรองรับการขยายตัวของทราฟฟิกในอนาคต การลดการคับคั่งให้น้อยที่สุดจะสามารถทำได้โดยการลดจำนวนของ hop โดยตรง

4.2.3.2.3 การให้มีการไหลของทราฟฟิกใน hop เดี่ยวสูงสุด

การไหลของทราฟฟิก hop เดี่ยว คือ จำนวนของทราฟฟิกที่ไหลผ่านเส้นทางแสงเดียว การทำให้ทราฟฟิกของ hop เดี่ยวสูงสุด จะทำให้สามารถใช้แบนด์วิธได้สูงสุดเช่นเดียวกัน เนื่องจากการแบ่งปันแบนด์วิธของเส้นทางแสงที่รองรับการไหลของทราฟฟิก

4.2.3.2.4 ความหน่วงของข้อความที่น้อยที่สุด

เวลาที่ให้ข่าวสารไปสู่โหนดปลายทางนับตั้งแต่มีการส่งที่โหนดต้นทางเรียกว่า การหน่วง ซึ่งสามารถวัดได้จากการหน่วงจากการเดินทางผ่านเส้นทางแสง และการหน่วงเนื่องจากการเข้าแถวรอคอยในเส้นทางแสง โดยปกติในระบบ WAN การหน่วงเนื่องจากการเดินทางของแสงมีความสำคัญเหนือกว่าการหน่วงจากการเข้าแถวรอคอย โดยที่การหน่วงจากการเข้าแถวรอคอยจะมีความสำคัญในส่วนของความสามารถไหลผ่านของทราฟฟิกหักบนเส้นทางแสง ในขณะที่การหน่วงจากการเดินทางขึ้นอยู่กับระยะทางของเส้นใยแก้วนำแสง การนำไปประยุกต์ใช้งานในการบริการแบบ real-time จะมีผลกระทบต่อการหน่วงจากการเข้าแถวรอคอยมากกว่าการหน่วงจากการเดินทาง ดังนั้นการลดจำนวนการหน่วงจากการเข้าแถวรอคอยจึงมีความสำคัญมากกว่าการลดการหน่วงจากการเดินทางของแสง การกำหนดจำนวน hop ให้น้อยที่สุด หรือการทำให้เกิดความคับคั่งในโครงข่ายน้อยที่สุด จะมีผลให้การหน่วงจากการเข้าแถวรอคอยน้อยที่สุดเนื่องจากขึ้นอยู่กับโหลดของเส้นทางแสง

4.2.3.3 ปัญหาภายใต้การออกแบบโทโพโลยีเสมือน

ในการออกแบบโทโพโลยีเสมือนสำหรับโทโพโลยีพิสิกคัล ควรมีการหาเส้นทางการเชื่อมต่อในโทโพโลยีเสมือน โดยทำการเลือกเส้นทางในแต่ละเส้นทางแสง เลือกความยาวคลื่นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละเส้นทางแสง และพัฒนาวิธีการสำหรับเส้นทางของทราฟฟิกผ่านโทโพโลยีเสมือน ซึ่งปัญหาของโทโพโลยีเสมือนสามารถแยกออกเป็น 4 ปัญหาหลัก ๆ คือ

4.2.3.3.1 การเลือกโทโพโลยีเสมือน หรือ VTS (virtual topology selection) ปัญหานี้คือการหาโทโพโลยีเสมือนที่เป็นไปได้สำหรับโทโพโลยีพิสิกคัล หรือเป็นการเลือกคู่ของโหนดต้นทางและปลายทางเพื่อให้เกิดความเหมาะสมที่สุด ในขณะที่แก้ปัญหานี้จึงพิจารณาจากข้อกำหนดบังคับใช้เช่น จำนวนของอุปกรณ์รับ-ส่งที่นำมาใช้ในโหนด จำนวนของความยาวคลื่นต่อเส้นใยแก้วนำแสงที่ต้องการ เป็นต้น

4.2.3.3.2 การเลือกเส้นทางแสง หรือ LPRS (lightpath route selection) ปัญหานี้เป็นการหาเส้นทางในทางพิสิกคัล โดยปกติจะทำการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับเส้นทางแสง เนื่องจากจะทำให้ใช้จำนวนช่องสัญญาณ ความยาวคลื่น และความหน่วงจากการเดินทางคลื่นจะถูกนำมาพิจารณาในหัวข้อนี้

4.2.3.3.3 การเลือกความยาวคลื่นเส้นทางแสงหรือ LPWS (lightpath wavelength selection) ในการพิจารณาเลือกความยาวคลื่นสำหรับเส้นทางแสง ถ้าโหนดไม่มีความสามารถที่เปลี่ยนแปลงได้ ความยาวคลื่นเดียวกันจะต้องถูกนำมาใช้ตลอดเส้นทางการเชื่อมโยงของเส้นทางแสง ในการพิจารณาอื่น ๆ นั้น ความยาวคลื่นจะต้องกำหนดให้มีอย่างต่อเนื่องและควรพิจารณาถึงจำนวนของความยาวคลื่นต่อเส้นใยแก้วนำแสง

4.2.3.3.4 เส้นทางทราฟฟิกตลอดโทโพโลยีเสมือน หรือ TRVT ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับข้อความของเส้นทางระหว่างต้นทางและปลายทางตลอดโทโพโลยีเสมือน ซึ่งปัญหานี้อาจจะไม่มีความสำคัญเช่นที่ผ่านมา

4.2.3.4 สูตรในการแก้ปัญหาโทโพโลยีเสมือน

กำหนดให้ N คือจำนวนโหนดในโครงข่าย W คือจำนวนความยาวคลื่นต่อเส้นใยแก้วนำแสง ตัวแปรของเส้นทางแสงจะเป็นสิ่งกำหนดโทโพโลยี ตัวแปรที่แสดงความยาวคลื่นแสง และตัวแปรที่แสดงการเชื่อมโยงของความยาวคลื่นแสง จะเป็นการแก้ปัญหาสำหรับการเลือกเส้นทางและความยาวคลื่น (LPRS และ LPWS) ตัวแปรการไหลของทราฟฟิก จะเป็นการแก้ปัญหาสำหรับเส้นทางทราฟฟิก หรือ TRVT

4.2.3.4.1 การลดจำนวนของ hop ที่พิจารณาถึงโดยเฉลี่ยให้น้อยที่สุด ถ้า t_{total} คือจำนวนทราฟฟิกที่นำเสนอไว้ในโครงข่ายทั้งหมด ดังนั้นจำนวน hop เฉลี่ยที่พิจารณาถึง h_{ave} กำหนดโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_{ave} = \frac{1}{t_{total}} \times \sum_{s,d} h_{s,d} \times t^{s,d} \quad (4.29)$$

วัตถุประสงค์ของฟังก์ชันนี้คือ Minimize h_{ave}

4.2.3.4.2 การจัดความคับคั่งในโครงข่ายให้น้อยที่สุด

จำนวนการไหลบนเส้นทางแสงมากที่สุดในโครงข่ายเรียกว่า ความคับคั่ง กำหนดเป็น $f_{\max}$

$$f_{\max} = \max_{i,j} f_{i,j} \quad (4.30)$$

วัตถุประสงค์ของฟังก์ชันนี้คือ Minimize $f_{\max}$

4.2.3.4.3 การกำหนดทราฟฟิกของ hop เดี่ยวสูงสุด

จำนวนของทราฟฟิก ซึ่งไหลผ่าน hop เดี่ยว คือ t_{single}

$$t_{single} = \sum_{s,d} b,s,d \times t^{s,d} \quad (4.31)$$

วัตถุประสงค์ของฟังก์ชันนี้คือ Minimize t_{single}

4.2.3.4.4 การหน่วงของข้อความที่น้อยที่สุด

การหน่วงของข้อความน้อยที่สุด คือการกำหนดให้ การหน่วงจากการเดินทางคลื่น (dp) ตลอดเส้นทางแสง และ การหน่วงจากการเข้าแถวรอคอยที่เส้นทางแสง (dq) มีน้อยที่สุด การหน่วงจากการเดินทางของคลื่น dp คือ

$$dp = \sum_{i,j} \sum_{x,y} \sum_{w=0}^{w-1} f_{i,j} \times P_{i,j,w}^{x,y} \times d^{x,y} \quad (4.32)$$

ถ้า C คือความสามารถของเส้นทางแสง ดังนั้นความหน่วงจากการเข้าแถวรอคอย dq สามารถคำนวณได้จาก

$$dq = \sum_{i,j} \frac{f_{i,j}}{C - f_{i,j}} \quad (4.33)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

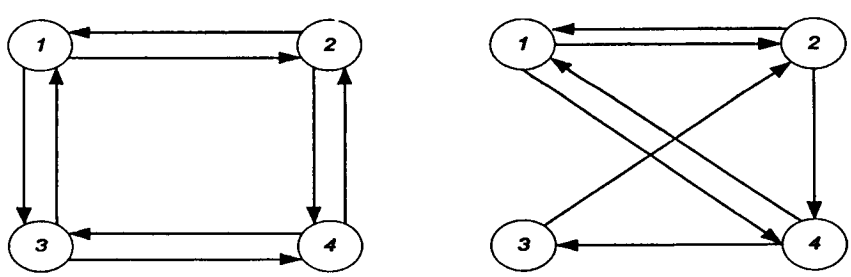
วัตถุประสงค์ของฟังก์ชันนี้คือ Maximize (dp + dq)

4.2.3.5 การออกแบบโทโพโลยีเสมือน Heuristic (HLDA)

การใช้อัลกอริทึม HLDA (The heuristic logical topology design algorithm) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดความคับคั่งในโครงข่ายน้อยที่สุด ทราฟฟิกเมตริกซ์และพิสิกคัลโทโพโลยี ถูกนำมาใช้ในฐานะ อินพุท โดยสมมติให้จำนวนของอุปกรณ์รับ-ส่ง นำมาใช้ได้สำหรับทุก ๆ โหนด และจำนวนของความยาวคลื่นที่ใช้งานต่อเส้นใยแก้วนำแสงสมมติให้คงที่ อัลกอริทึมนี้พยายามให้การไหลของทราฟฟิก hop เดี่ยวสุดงสุด การกระทำเช่นนี้เป็นการคาดหวังให้ความคับคั่งลดลง ซึ่งรายละเอียดของอัลกอริทึมคือ

วิธี HLDA จะพิจารณาคู่โหนดที่ไม่มีการเพิ่มขึ้นของทราฟฟิก ในการเลือกคู่โหนด x จะต้องมีการไหลของทราฟฟิกไม่เป็นศูนย์ระหว่างโหนด เส้นทางของแสงจะถูกก่อตั้งขึ้นระหว่างคู่โหนดนี้ ถ้า ไม่สามารถทำได้เส้นทางแสงจะยินยอมให้ได้สำหรับคู่ของโหนด x บนเส้นทางพิสิกคัลเมื่อความยาวคลื่นบนเส้นทางของอุปกรณ์ด้านรับสำหรับต้นทางของโหนด x และ อุปกรณ์ด้านรับปลายทางของโหนด x ทั้งหมดว่าง เส้นทางแสงจะถูกก่อตั้งระหว่างคู่ x และทราฟฟิกที่เกี่ยวข้องกับ x จะถูกปรับปรุงโดยการลบออกจากทราฟฟิกที่เกี่ยวข้องกับ y ดังนั้นในคู่โหนด y จะมีทราฟฟิกสูงสุด ถ้าเส้นทางไม่สามารถก่อตั้งระหว่างคู่โหนด x ทราฟฟิกที่เกี่ยวข้องจะถูกกำหนดให้เป็นศูนย์ ซึ่งในขั้นตอนนี้ คู่โหนดซึ่งมีจำนวนทราฟฟิกที่สูงสุดจะถูกเลือก โดยกระบวนการนี้จะถูกทำซ้ำอีกครั้ง และในการเลือกคู่โหมดควรเป็น x หรือ y อย่างใดอย่างหนึ่ง เมื่อมีการพิจารณาทุกโหนดที่ทราฟฟิกไม่เป็นศูนย์จะสิ้นสุดกระบวนการ และอาจเกิดกรณีที่อุปกรณ์รับ-ส่งบางชุดว่างที่บางโหนดเมื่อกระบวนการสิ้นสุดลง ซึ่ง HLDA จะสร้างเส้นทางแสงใหม่เมื่อโหนดที่ใช้ไปแล้วมีอุปกรณ์รับ-ส่งว่างพร้อมสำหรับรองรับอันใหม่

วิธี HLDA จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาของ LPRS และ LPWS เมื่อใดก็ตามที่คู่ของโหนดถูกพิจารณา การหน่วงของเส้นทางที่สั้นที่สุดจะถูกเลือก ความยาวคลื่นที่มีดัชนีต่ำสุดซึ่งว่างอยู่บนเส้นทางแสงจะถูกเลือกเช่นกัน ซึ่งปัญหาของ VTS, LPRS และ LPWS จะไม่ถูกแก้ไขโดยเป็นอิสระต่อกัน และตัวอย่างของการออกแบบมีดังต่อไปนี้



(a) โทโพโลยีพิสิกคัล (b) โทโพโลยีเสมือน

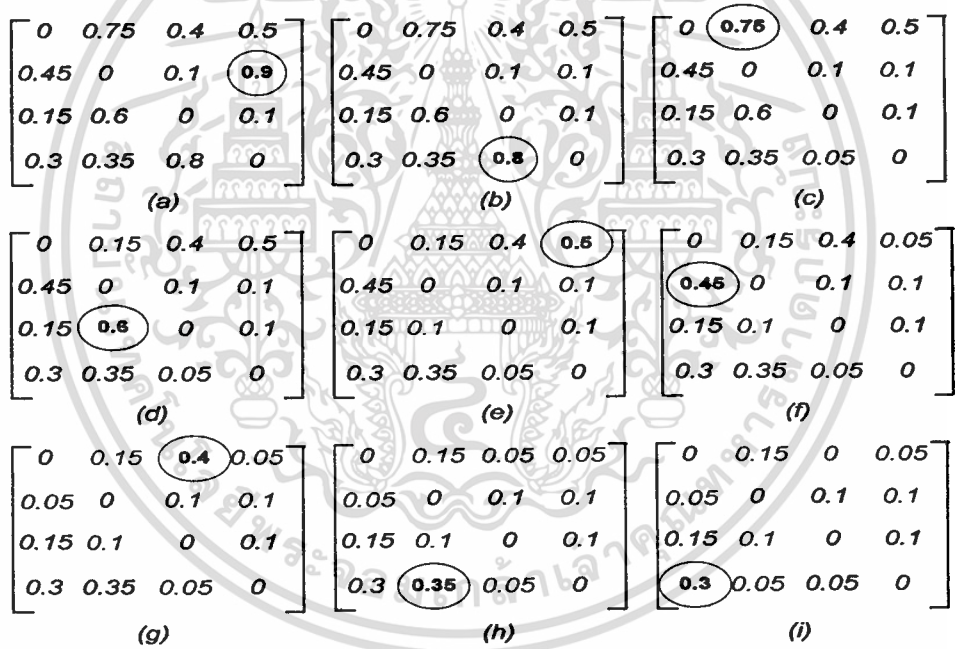
รูปที่ 4.20 โทโพโลยีเสมือน Heuristic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทราฟฟิกเมตริกซ์ดังรูปที่ 4.20 (a) สมมติให้ทุกโหนดมีอุปกรณ์รับ-ส่ง 2 ชุด และให้ทุกเส้นใยแก้วนำแสงมี 2 ความยาวคลื่น โดยจากรูปที่ 4.21 (a) ถึง 4.21(i) แสดงการเกิดซ้ำของอัลกอริทึม สำหรับคู่ของโหนดที่มีทราฟฟิกสูงสุดจะถูกวงกลมไว้ในทราฟฟิกเมตริกซ์

ที่รูป 4.21 (a) คู่โหนด (2,4) มีทราฟฟิกมากที่สุด คือ 0.9 เส้นทางแสงจะถูกกำหนดจากโหนด 2 ไปยังโหนด 4 โดยใช้เส้นทางพิสิกคัล 2, 4 บนความยาวคลื่น ab และทราฟฟิกที่เชื่อมโยงกับ <2,4> ได้มีการเปลี่ยนแปลง นับจากนี้ทราฟฟิกที่มีค่าสูงสุดถัดไป คือ 0.8 ที่เชื่อมโยงกับโหนด <2,4> จะถูกกำหนดเป็น 0.1 (0.9-0.8)

ต่อจากนั้นคู่ของโหนด <4,3> จะถูกเลือกเนื่องจากมีทราฟฟิกสูงสุด เส้นทางแสงจะถูกกำหนดจากโหนด 4 ไปยังโหนด 3 โดยใช้เส้นทางพิสิกคัล 4, 3 บนความยาวคลื่น ab และทราฟฟิกที่เกี่ยวข้องกับโหนด <4,3> จะถูกเปลี่ยนแปลง จากนั้นทราฟฟิกที่สูงสุดถัดไป คือ 0.75 ที่เชื่อมโยงกับโหนด <4,3> จะถูกกำหนดเป็น 0.05 (0.8 – 0.75)



รูปที่ 4.21 ทราฟฟิกเมตริกของโทโพโลยีเสมือน Heuristic (HLDA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

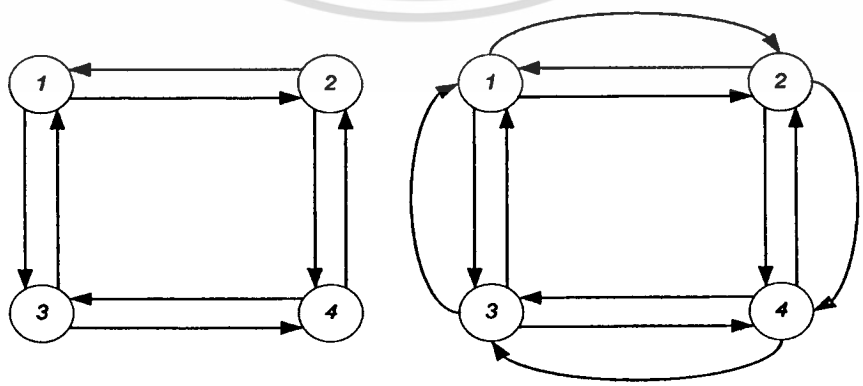
ตารางที่ 4.5 การออกแบบทราฟฟิกเมตริกของโทโพโลยีเสมือน Heuristic (HLDA)

การเกิดซ้ำที่	เส้นทางแสง	เส้นทางฟิสิกคัล	ความยาวคลื่น
(a)	2→4	2→4	ω_0
(b)	4→3	4→3	ω_0
(c)	1→2	1→2	ω_0
(d)	3→2	3→4→2	ω_0
(e)	1→4	1→3→4	ω_1
(f)	2→1	2→1	ω_0
(g)	1→3	ไม่มี Tr ว่างที่โหนด 1 เพราะใช้ (e) แล้ว	
(h)	4→2	ไม่มี Rx ว่างที่โหนด 2 เพราะใช้ (d) แล้ว	
(i)	4→1	4→3→1	ω_1

4.2.3.6 เปรียบเทียบการออกแบบโดยใช้ HDLA กับ MLDA

การใช้อัลกอริทึมเป็นการเชื่อมต่อโหนดต่อโหนดเท่านั้นซึ่งวิธี MLDA มีข้อด้อยกว่า HDLA แต่แสดงให้เห็นความแตกต่างได้ดังนี้

อัลกอริทึม MLDA (The minimum delay logical topology design algorithm) ถูกนำเสนอโดย Heuristic เพื่อให้แน่ใจว่าได้ระยะทางสั้นที่สุดของทุกคู่โหนดในขณะที่ทำให้การหน่วงของข้อความน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพต่ำของการเกิดความคับคั่ง อัลกอริทึม MLDA ได้ทำการสร้างเส้นทางแสงทุก ๆ การเชื่อมต่อในโทโพโลยีพิสิกคัล ดังนี้จึงใช้ HLDA ทำการสร้างเส้นทางแสงใหม่ระหว่างคู่โหนด โดยโทโพโลยีเสมือนจะบรรจุอยู่ในโทโพโลยีพิสิกคัล ผลที่ได้จะทำให้จำนวนของโหนดโทโพโลยีเสมือนมากกว่าจำนวนของโหนดในโทโพโลยีพิสิกคัล

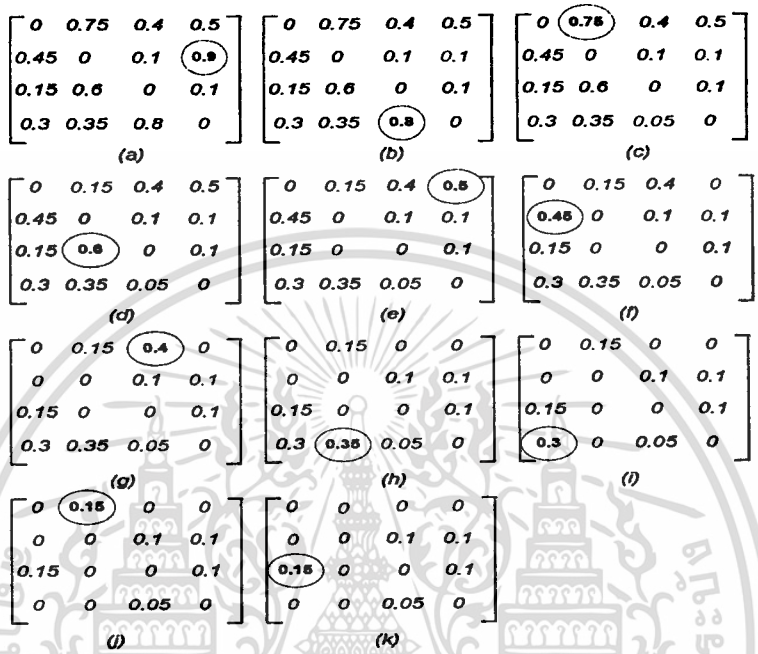


(a) โทโพโลยีพิสิกคัล (b) โทโพโลยีเสมือน

รูปที่ 4.22 การออกแบบโดยใช้ MLDA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.22 สมมติให้ทุกโหนดมีอุปกรณ์รับ-ส่ง 3 ชุด ให้ทุกเส้นใยแก้วนำแสงมี 2 ความยาวคลื่น โดยอัลกอริทึม MLDA จะทำการสร้างเส้นทางแสงในทุก ๆ การเชื่อมโยงของเส้นใยแก้วทางพิสิกคัล และที่ทุก ๆ การเชื่อมโยงของเส้นทางแสงนี้จะใช้ความยาวคลื่นแสงที่กำหนดขึ้นมาใหม่ โดยจะใช้วิธีการคล้ายกับแบบ HLDA [8].



รูปที่ 4.23 ทราฟฟิกเมตริกของ MLDA

ตารางที่ 4.6 การออกแบบทราฟฟิกเมตริกของโทโพโลยีเสมือน MLDA

การเกิดซ้ำที่	เส้นทางแสง	เส้นทางฟิสิกคัล	ความยาวคลื่น
(a)	2→4	2→4	ω_1
(b)	4→3	4→3	ω_1
(c)	1→2	1→2	ω_1
(d)	3→2	ไม่ว่างที่ด้านรับโหนด 2 Rx	
(e)	1→4	ไม่ว่างที่ด้านส่งโหนด 1 Tx และด้าน Rx โหนด 4	
(f)	2→1	ไม่ว่างที่ Tx โหนด 2	
(g)	1→3	ไม่ว่างที่ Tx โหนด 1, และ Rx โหนด 3	
(h)	4→2	ไม่ว่างที่ Tx โหนด 4, และ Rx โหนด 2	
(j)	1→2	ไม่ว่างที่ Tx โหนด 1, และ Rx โหนด 2	
(k)	3→1	3→1	ω_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การพิจารณาทราฟฟิกของการเชื่อมโยงของการทำงานร่วมกันระหว่างเฟรมรีเลย์และ ATM สำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง

สำหรับการส่งเฟรมรีเลย์ผ่านโครงข่าย ATM นั้น ขนาดของเฟรม (Frame Length : fl) ของเฟรมรีเลย์ จะมีค่าตั้งแต่ 262 ไบต์ถึง 8192 ไบต์ ดังนั้นในโครงข่าย ATM จะทำให้ค่าของ cell rate (cr) สัมพันธ์กับ bit rate (br) โดยที่ขนาดของเฟรม (fl) จะอินเทอร์เฟสกับโครงข่าย ATM โดยขึ้นอยู่กับ Overhead ของเฮดเดอร์และ padding byte ในเลเยอร์ AAL และเลเยอร์ ATM และค่า cell rate ของโครงข่าย ATM สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$cr = \frac{nc}{trl} \tag{4.34}$$

เมื่อ trl คือเวลาในการส่งเฟรมและสามารถคำนวณได้จาก

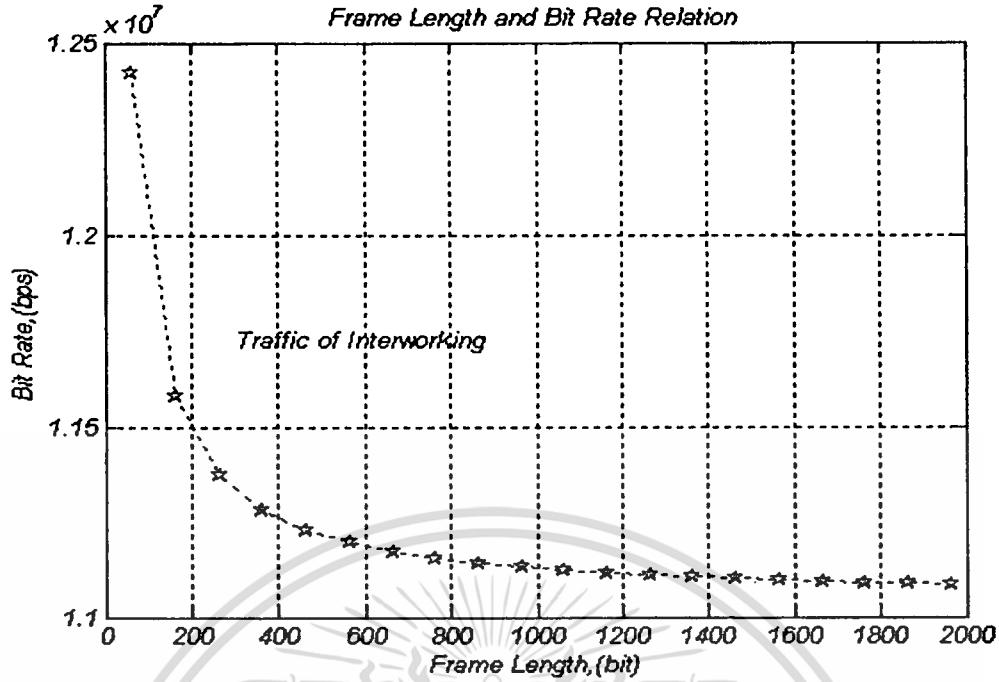
$$trl = \frac{fl(byte) \times 8(bits/byte)}{10(Mbps)} \tag{4.35}$$

nc คือ จำนวนของเซลที่ผ่านเลเยอร์ย่อย SAR ของเลเยอร์ ATM ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟรมที่ส่งมาจากโครงข่ายเฟรมรีเลย์ด้วยเช่นกัน โดยสามารถคำนวณได้จากขนาดของเฟรมรวมกับส่วนปิดท้ายของ CPCS ขนาด 8 ไบต์ และหารด้วยฟิลด์ข่าวสาร 48 ไบต์ของ ATM โดยจะนำมาใช้กับโปรโตคอล AAL 5

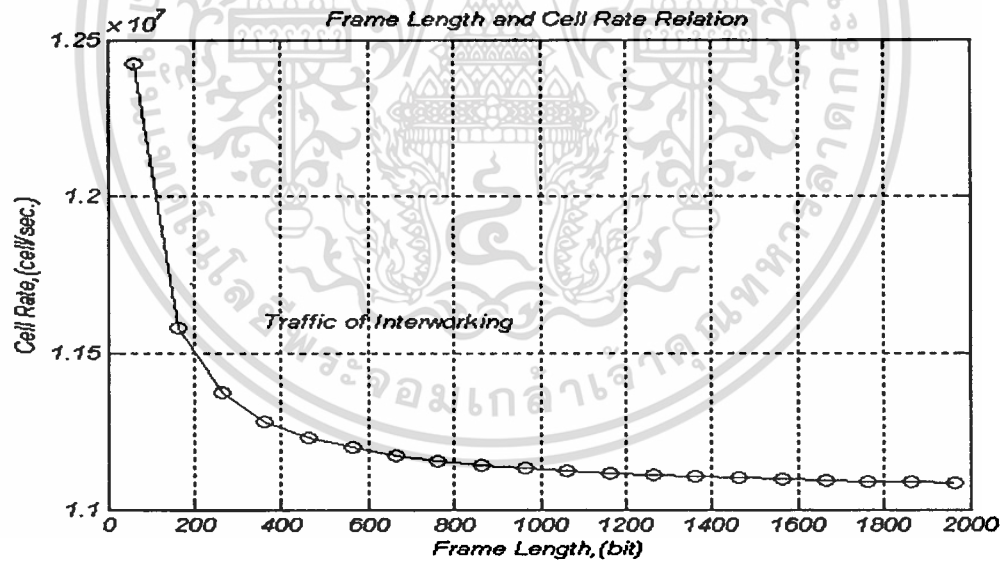
$$nc = \left\lceil \frac{fl+8}{48} \right\rceil \tag{4.36}$$

ดังนั้นในรูปที่ 4.24 และ 4.25 จะแสดงความสัมพันธ์ของ Bit rate และ cell rate ของโครงข่าย ATM ที่เกิดจากเฟรมของเฟรมรีเลย์ เปรียบเทียบกับขนาดของเฟรม ตามลำดับ โดยที่ bit rate แปรผันโดยตรงกับ cell rate และมีค่ามากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Bit Rate ที่โครงข่าย ATM และ Frame Length ของเฟรมรีเลย์ สำหรับ FR/ATM Interworking

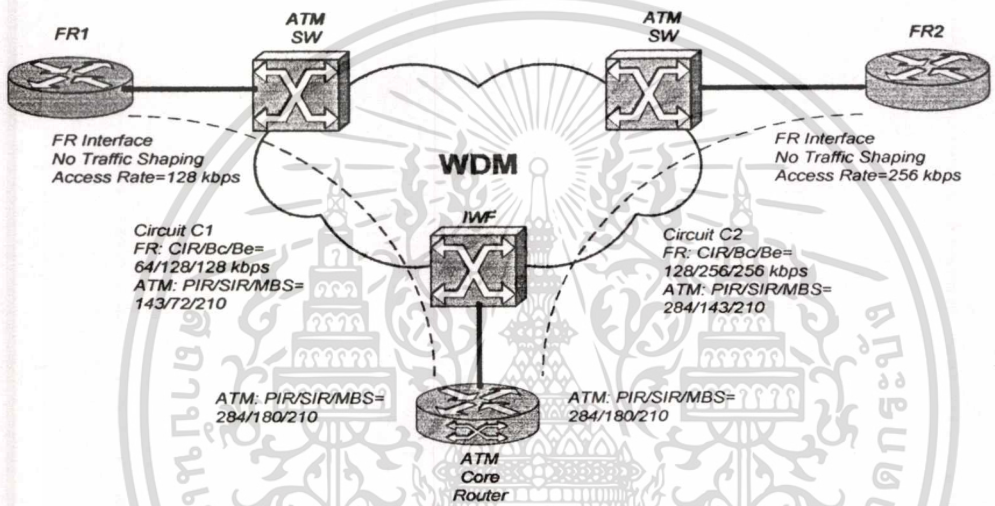


รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cell Rate ของ ATM และ Frame Length ของเฟรมรีเลย์ สำหรับ FR/ATM Interworking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การจดทอนการหน่วงข้อมูลสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในส่วนของพารามิเตอร์ที่ได้อธิบายอัตราการใช้งานทราฟฟิกของ FR คือ AR (Access Rate), CIR (Committed Information Rate) และในส่วนของ ATM จะพิจารณาถึง PIR (Peak Information Rate) และ SIR (Sustained Information Rate) ในการอธิบายอัตราการส่งข้อมูลสูงสุดและที่โครงข่ายสามารถยินยอมได้ โดยที่พารามิเตอร์ CIR ของ FR จะถูกนำไปจัดวางยัง PIR ของ ATM และพารามิเตอร์ AR จะนำไปจัดวางยัง SIR เมื่อมีการเชื่อมต่อโครงข่ายร่วมกันระหว่าง FR และ ATM โดยกำหนดค่าต่างๆดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 การให้บริการของ FR ผ่าน ATM สำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง

4.2.5.1 การคำนวณการหน่วงของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

จากรูปที่ 4.24 การหน่วงของระบบปลายทาง End-to-End สามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

กำหนดให้ D(ab) คือ การหน่วงที่เกิดจากทราฟฟิกของเราน์เตอร์ FR ส่งไปยัง ATM Core Router มีสมการคือ

$$D(ab) = \text{การหน่วงอนุกรมภายใน } FR + \text{การหน่วงของโครงข่าย} ATM + \text{การหน่วงของสวิตช์ } ATM \quad (4.37)$$

กำหนดให้ D(ba) คือ การหน่วงที่เกิดจากทราฟฟิกของ ATM Core Router เราน์เตอร์ ส่งไปยัง FR มีสมการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D(ba) = การหน่วงอนุกรมภายใน Core router + การหน่วงของโครงข่าย + การหน่วงของสวิตช์ + การหน่วงอนุกรมภายใน FR + การหน่วงจากการเข้าแถวรอคอยของ FR + การหน่วงจากบัฟเฟอร์ของ FR (4.38)

$$\text{การหน่วงโดยรอบภายในโครงข่าย} = D(ab) + D(ba) \quad (4.39)$$

โดยที่การหน่วงโดยรอบภายในโครงข่าย คือ ข้อมูลถูกส่งจากเราน์เตอร์ของด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง และกลับมายังต้นทางเอง โดยที่

$$\text{การหน่วงอนุกรมภายใน } FR = \frac{Frame\ Size * 8}{AR} \quad (4.40)$$

$$\text{การหน่วงจาก Core router ไปยังอนุกรมภายใน } ATM = \frac{Frame\ Size * 8}{AR} \text{ (สำหรับข้อมูลส่งที่ PIR)}$$

$$= \frac{Frame\ Size * 8}{CIR} \text{ (สำหรับข้อมูลส่งที่ CIR)} \quad (4.41)$$

ดังนั้นจากรูปที่ 4.26 สมมติให้การหน่วงของสวิตช์ = $250\mu sec/cell$ สำหรับ CDVT ที่ $250\mu sec$ การหน่วงของโครงข่าย = 5 msec. ขึ้นอยู่กับจำนวนของ hop และระยะทางระหว่างโหนด ให้การหน่วงจากการเข้าแถวรอคอยของ FR = 5 msec. ขึ้นอยู่กับกระบวนการสร้างสวิตช์และการประมวลผลแพคเก็จ ความหน่วงของบัฟเฟอร์ FR ขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อมูลที่ขาออกของบัฟเฟอร์ FR เมื่อปรากฏความคับคั่ง ซึ่งผลรวมของการหน่วงในบัฟเฟอร์นี้จะเท่ากับการกำหนดระดับที่สามารถยอมรับได้เป็น msec. และภายใต้การไม่มีความคับคั่งจะไม่มีการหน่วงในบัฟเฟอร์

พารามิเตอร์ที่ได้กำหนดแสดงไว้ในรูปที่ 4.26 คือ Access link = 128K, CIR =64 K, PIR/SIR=144/72 Kbps โดยสมมติให้เราน์เตอร์ทำการส่งข้อมูลที่ AR หรือ PIR อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้นผลลัพธ์คือ

$$D(ab) = \frac{1500 * 8}{128} + 5 + 0.25 = 99\ ms.$$

$$D(ba) = \frac{1500 * 8}{128} + 5 + 0.25 + \frac{1500 * 8}{128} + 5 + 0 = 197.75\ ms.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

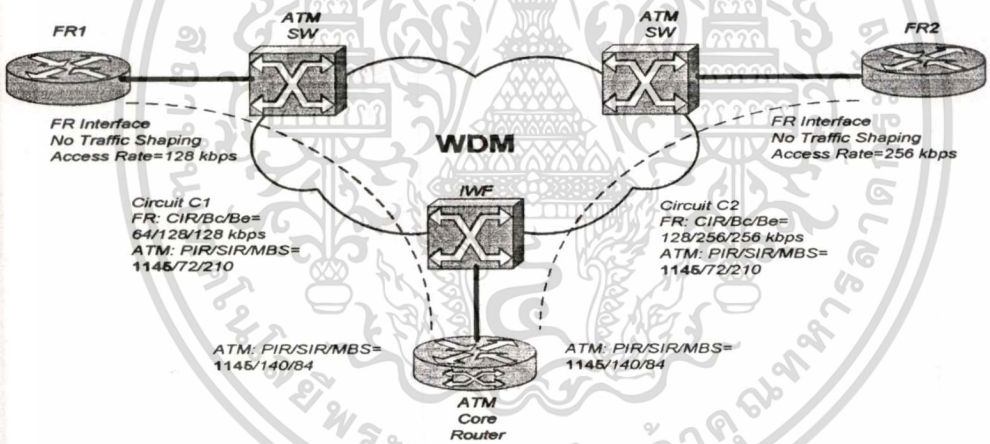
ในกรณีที่เลวร้ายที่สุด

$$D(ba) = \frac{1500*8}{64} + 5 + 0.25 + \frac{1500*8}{128} + 5 + 0 = 291.5\ ms.$$

ดังนั้นการหน่วงโดยรอบภายในโครงข่ายคือ 296.75 msec. หรือกรณีที่เลวร้ายที่สุดคือ 390.5 msec. ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงและมีผลต่อการให้บริการที่อ่อนไหวต่อการหน่วงของโครงข่าย

4.2.6 การเสนอแนวทางแก้ปัญหาการหน่วงของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง โดยเพิ่มค่า PIR

การลดความหน่วงภายใน ได้มีแนวความคิดสำหรับการเพิ่มอัตรา PIRให้สูงขึ้นเพื่อลดวิธีการอนุกรมจาก Core router ไปจนถึงการอินเทอร์เฟสของ ATM และมีความเป็นไปได้สำหรับการเพิ่มค่า SIR ให้มีค่าใกล้เคียงค่าสมมูลย์ของ AR รวมกับ Overhead ดังแสดงในรูปที่ 4.27 และรายระเอียดสรุปไว้ดังตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.27 การให้บริการของ FR ผ่าน ATM สำหรับโครงข่ายใยแก้วนำแสง โดยเพิ่มค่า PIR

ตารางที่ 4.7 การกำหนดพารามิเตอร์สำหรับแก้ไขปัญหาของการหน่วงสำหรับการทำงานร่วมกันของ FR/ATM

การกำหนด ATM สวิตช์	การกำหนด ATM Core Router
PIR=1145 kbps (ให้คงที่เพื่อสอดคล้องกับการเข้าถึง FR ที่ 1024 kbps	PIR = 1145 kbps
SIR = 1.12625 * CIR kbps (เช่น CIR = 64 kbps, SIR = 72 kbps)	SIR = 1.12625 * FR Access Rate kbps (เช่น AR = 128 kbps, SIR = 143 kbps)
MBS = 210 เซล	MBS = 48-144 เซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของ PVC แสดงได้ดังต่อไปนี้

ประเภทของการให้บริการ FR : Low Delay

ประเภทของการให้บริการ ATM: nrt-VBR

ประเภทของการทำงานร่วมกัน: FRF.8 (การให้บริการร่วมกันของ FR และ ATM)

การตรวจจับทราฟฟิกของ ATM: Tagging

การสละเซลทิ้ง : Enabled (ใช้ PPD: Partial Package Discard)

ภายใต้ข้อเสนอทั้งหมดจะมีการแก้ไขปัญหาของการหน่วง โดยได้ค่าใหม่ดังนี้

$$D(ab) = \frac{1500*8}{128} + 5 + 0.25 = 99\ ms.$$

$$D(ba) = \frac{1500*8}{1024} + 5 + 0.25 + \frac{1500*8}{128} + 5 + 0 = 115.72\ ms.$$

ในกรณีที่เลวร้ายที่สุด

$$D(ba) = \frac{1500*8}{128} + 5 + 0.25 + \frac{1500*8}{128} + 5 + 0 = 197.75\ ms.$$

ดังนั้นการหน่วงโดยรอบภายในโครงข่ายคือ 214.72 msec. หรือกรณีที่เลวร้ายที่สุดคือ 296.75 msec. ซึ่งเป็นการปรับปรุงการลดลงของการหน่วงจาก 24 % เป็น 41% ในทิศทางจาก ATM ไปยัง FR ขณะที่การปรับปรุงการลดลงของการหน่วงโดยรอบภายในโครงข่ายคือจาก 24% เป็น 41% [26].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การใช้โครงข่ายของระบบ WAN ส่งผ่านการสื่อสารดาวเทียม

ในการสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดียในปัจจุบันการให้บริการส่วนใหญ่จะวางโครงข่ายผ่านชุมสายโทรศัพท์สาธารณะให้เข้าถึง เซิฟเวอร์มัลติมีเดีย เมื่อจำนวนของผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นจึงมีความจำเป็นต้องคำนึงถึงการพัฒนาความเร็วในการรับส่งข้อมูลและค่าใช้จ่ายในการขยายโครงข่าย การสื่อสารดาวเทียมจึงมีข้อดีหลายด้านเมื่อเทียบกับการพัฒนาโครงข่ายในภาคพื้นดิน เช่น ความสามารถในการเข้าถึงแบบทวีคูณ มีพื้นที่ครอบคลุมในการให้บริการกว้าง ช่องสัญญาณที่เป็น multicast จากคุณสมบัติที่เป็นจุดเด่นของการสื่อสารดาวเทียมนี้จึงได้นำไปประยุกต์ใช้กับ video distribution การส่งข้อมูล multicast และการให้บริการส่งข้อมูลความเร็วสูงแบบไม่สมมาตรอื่น ๆ

ระบบการสื่อสารดาวเทียมชนิดไม่สมมาตรมีความเหมาะสมกับ client-server แบบที่มีการเชื่อมต่อโดยใช้โครงข่ายภาคพื้นดินในการนำพาทราฟฟิกย้อนกลับ (จากลูกค้าไปยังเซิฟเวอร์) และใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมในการนำพาทราฟฟิกไปด้านหน้า (จากเซฟเวอร์ไปยังลูกค้า) เมื่อใดมีการนำเอาระบบสื่อสารดาวเทียมมารองรับการให้บริการของมัลติมีเดีย คุณลักษณะ 2 ประการที่จะต้องพิจารณาถึง คือ การสื่อสารดาวเทียม และการสื่อสารแบบมัลติมีเดีย

การสื่อสารดาวเทียมมีลักษณะเด่นดังนี้

(1) ความสามารถในการเข้าถึงแบบทวีคูณ

(2) พื้นที่ครอบคลุมการให้บริการกว้าง

(3) ช่องสัญญาณแบบ multicast

(4) มีความยืดหยุ่นในการจัดการโครงข่ายใหม่

(5) การรวมทราฟฟิกเข้ามาที่จุดศูนย์กลาง

(6) ประหยัดค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ไม่สมมาตร คือในการพัฒนาเทคโนโลยีบรอดคลาสดิจิตอลของดาวเทียมเฉพาะที่สถานีภาคพื้นดินด้านรับเท่านั้น

สำหรับคุณลักษณะการสื่อสารแบบมัลติมีเดียจะแตกต่างจากการสื่อสารโทรคมนาคมทั่ว ๆ ไป เช่น การสื่อกลางในการทราฟฟิกหลายชนิดเช่น voice data และ video มีการส่งผ่านระบบการสื่อสารเดียวกัน อัตราข่าวสารของการทราฟฟิกจะเปลี่ยนแปลงอย่างกว้างขวางและมีการเชื่อมต่อหลายชนิด เช่น แบบจุดต่อจุด หรือแบบจุดต่อหลายจุด และในการให้บริการแบบมัลติมีเดียส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่ลูกค้ามีความต้องการจำนวนข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เช่น video, voice และ data จาก server ซึ่งโดยปกติจะมีอัตราของข้อมูลต่ำ ดังนั้นช่องสัญญาณด้านส่งไปด้านหน้า (จาก server ไปยังลูกค้า) จะต้องมีความเร็วสูงกว่าช่องสัญญาณด้านส่งกลับ (จากลูกค้ามายัง server)

4.3.1 ความเหมาะสมของการสื่อสารดาวเทียมสำหรับการให้บริการแบบมัลติมีเดีย

เมื่อใช้ระบบการสื่อสารดาวเทียมในการเข้าถึงโครงข่าย ความต้องการในการลดขนาดและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้อุปกรณ์ที่สถานีภาคพื้นดิน คือให้ทำส่งเอาท์พุตที่สถานีภาคพื้นดินมีค่าสูง ซึ่งสมการต่อไปนี้แสดงความสัมพันธ์ทั่วไประหว่างกำลังเอาท์พุตของสถานีภาคพื้นดิน และคุณภาพของช่องสัญญาณที่ต้องการ (C/N)

$$C/N = P_E + G_E - L + G_S - (K + T_{S(E)} + BW) \quad (4.42)$$

$$G_{E(S)} = 10\log(\eta(\pi\phi_{E(S)}/\lambda)^2) \quad (4.43)$$

เมื่อ

P_E คือ กำลังเอาท์พุทของสถานีด้านส่ง

$G_{E(S)}$ คือ อัตราขยายสายอากาศของสถานีภาคพื้นดิน

L คือ การสูญเสียในการแพร่กระจายคลื่น

K คือ ค่าคงที่ของ Boltzman

$T_{E(S)}$ คือ Noise Temperature ของสถานีภาคพื้นดิน

BW คือ แบนด์วิธในการส่ง

η คือ ประสิทธิภาพของสายอากาศ

$\phi_{E(S)}$ คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของจานอากาศที่สถานีภาคพื้นดิน

λ คือ ความยาวคลื่น

สมมติให้ใช้กำลังเอาท์พุต 1 วัตต์ (เมื่อใช้โซลิตสเตทเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์) ใช้โมเด็ม QPSK และมีการเข้ารหัสแบบ คอนโวลูชั่น(Convolution) การถอดรหัสแบบ Viterbi (k = 7, R =

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7/8) ซึ่งเป็นโครงสร้างของ FEC(Forward Error Correcting) ในตารางที่ 4.8 จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสายอากาศที่สถานีภาคพื้นดินและบนดาวเทียมและ bit rate ในการส่งสำหรับ BER ที่ 10^{-7} ซึ่งตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นความสามารถของช่องสัญญาณดาวเทียมด้าน uplink ที่ 3 Mb/s โดยสถานีภาคพื้นดินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสายอากาศ 75 ซ.ม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสายอากาศบนดาวเทียม 3.2 เมตร และ Link margin คือ 15dB สำหรับชดเชยการลดทอนของสัญญาณที่เกิดจากปรากฏการณ์ฝนตกในย่าน Ka band เมื่อพิจารณาในการใช้สายอากาศเดียวกัน ที่ช่องสัญญาณดาวเทียมด้าน downlink สามารถได้รับความเร็วที่ 156 Mb/s เมื่อกำลังเอาท์พุทของดาวเทียมเกิน 10 วัตต์ เพราะช่องสัญญาณของดาวเทียมสามารถแบ่งออกเป็นส่วนๆ เนื่องจากความสามารถในการสื่อสารดาวเทียมแบบ multicast ช่วงแบนด์วิธของช่องสัญญาณด้าน downlink มีผลให้ throughput ของช่องสัญญาณดาวเทียมเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาผลลัพธ์นี้ การให้บริการมัลติมีเดียแบบไม่สมมาตรจึงมีความเหมาะสมในการใช้ช่องสัญญาณดาวเทียมแบบไม่สมมาตรที่มีโครงสร้างของช่องสัญญาณเป็นแบบ 3 Mb/s ด้าน uplink และ 156 Mb/s ด้าน downlink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ขนาดสายอากาศที่ต้องการสำหรับสมรรถนะในการเชื่อมโยงที่ต้องการ

		ขนาดจานดาวเทียม(m) บนช่องสัญญาณดาวเทียม						
bit rate / ช่องสัญญาณดาวเทียม	ย่านความถี่ / Link margin / ขนาดของจานดาวเทียมที่สถานภาคพื้นดิน	Ka			Ku			
		20 dB	15 dB	10 dB	20 dB	15 dB	10 dB	5 dB
64kb/s	20 cm	3.2	2	1	7	4	2.1	1.2
	50 cm	1.3	0.7	0.4	2.7	1.5	0.9	0.5
	75 cm	1	0.5	0.3	2	1	0.6	0.4
	100 cm	0.7	0.4	0.2	1.5	0.8	0.5	0.3
128kb/s	20 cm	4.5	2.5	1.5	10	5.5	3	1.7
	50 cm	1.8	1	0.6	4	2.2	1.2	0.7
	75 cm	1.2	0.7	0.4	2.5	1.5	0.8	0.5
	100 cm	1	0.5	0.3	2	1.2	0.6	0.4
1.5 Mb/s	20 cm	15	9	5	32	18	10	6
	50 cm	6	3.2	2	13	7.5	4	2.3
	75 cm	4	2.5	1.3	8.5	4.8	2.7	1.5
	100 cm	3	1.7	1	6.5	3.6	2	1.2
3 Mb/s	20 cm	21	12	7	45	26	15	8
	50 cm	9	5	3	18	10	6	3.5
	75 cm	6	3.2	2	12	7	4	2.5
	100 cm	4.5	2.5	1.5	9	5	3	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 โครงสร้างของระบบสื่อสารดาวเทียมแบบมัลติมีเดีย

จากรูปที่ 4.28 เป็นโครงสร้างของระบบสื่อสารดาวเทียมแบบมัลติมีเดียที่ประกอบด้วยช่องสัญญาณแบบหลายบีม ผู้ใช้งานสถานีภาคพื้นดิน และศูนย์กลางสถานีภาคพื้นดิน โดยผู้ใช้สถานีภาคพื้นดินได้มีการเชื่อมต่อกับดาวเทียมโดยการแบ่งส่วนช่องสัญญาณด้าน downlink ออกเป็น 156 Mb/s และศูนย์กลางสถานีภาคพื้นดินอาจจะมีการส่งข้อมูลแบบวิดีโอ หรือช่องสัญญาณข่าวสารที่มี bit rate สูงๆ ซึ่งอาจต้องใช้ขนาดจานดาวเทียมภาคพื้นดินด้าน uplink ที่ได้รับช่องสัญญาณมากว่า 3 Mb/s เนื่องจากการให้บริการแบบมัลติมีเดียจะมีการเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิกอย่างมากและมีการส่งข้อมูลเป็นช่วง ๆ สัญญาณข้อมูลควรทำการมัลติเพล็กซ์ไปยังช่องสัญญาณด้าน downlink ที่ 156 Mb/s

ATM ถูกนำมาใช้ในการมัลติเพล็กซ์เซลที่มีขนาดคงที่ในระบบนี้เนื่องจาก

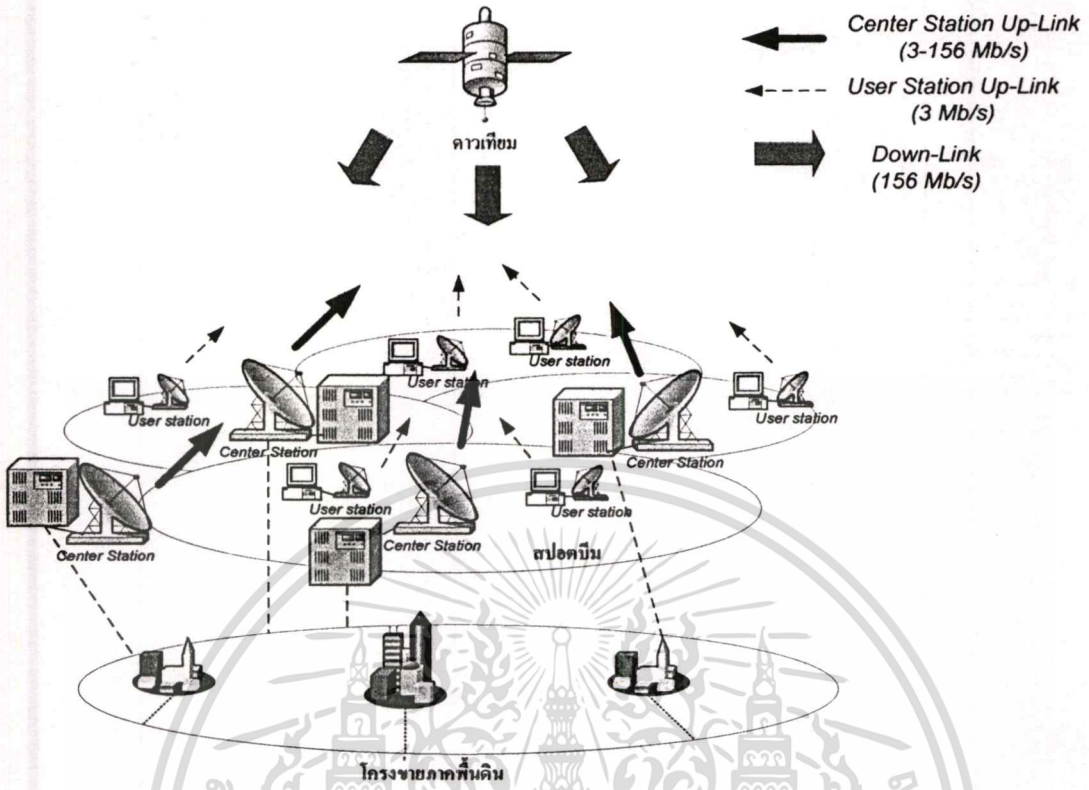
(1) ATM เหมาะสมกับทราฟฟิกแบบมัลติมีเดีย

(2) เหมาะสมกับโครงข่ายแบบมัลติมีเดียภาคพื้นดิน

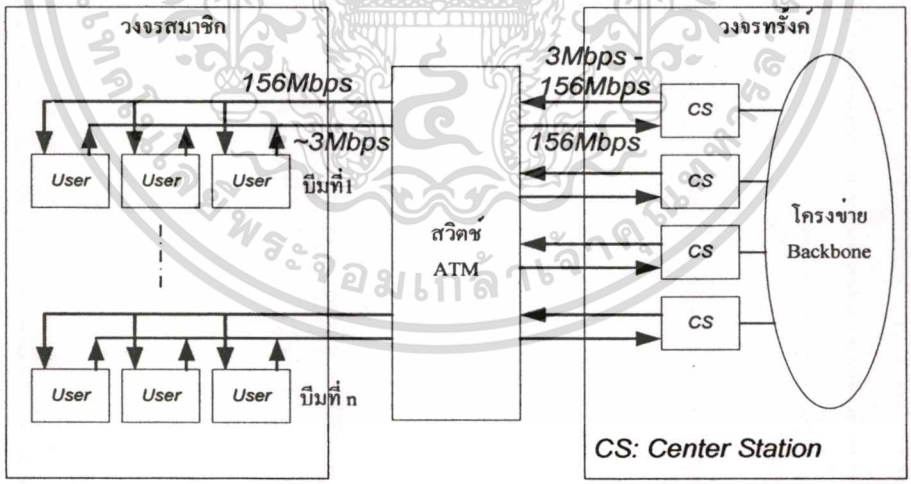
(3) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของ ATM ถูกพัฒนาสำหรับระบบภาคพื้นดิน

ที่สถานีภาคพื้นดินจะทำการรับเซลATM ในช่องสัญญาณด้าน downlink ที่ 156 Mb/s และทำการกรองเซลโดยการตรวจสอบค่า VPI/VCI ในเฮดเดอร์ของเซลATM ซึ่งในระบบนี้ค่า VPI/VCI ใช้แสดงถึงสถานีภาคพื้นดิน เนื่องจากวงจรสมาชิกของดาวเทียมสามารถพิจารณาโครงข่ายที่มีโครงร่างแบบบัส [27].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 ระบบสื่อสารดาวเทียมแบบมัลติมีเดีย



รูปที่ 4.29 แสดงโครงสร้างของระบบที่ประกอบด้วยสถานีศูนย์กลาง ATM สวิตช์และวงจรสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 สถาปัตยกรรมรมของโครงข่ายดาวเทียมแบบบรอดแบนด์ ATM

เทคโนโลยี ATM สามารถนำมาใช้กับโครงข่ายมัลติมีเดียทั้งแบบ private และ public ดังนั้นความต้องการในการใช้ระบบดาวเทียมจึงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากระบบมีความเร็วสูงขึ้นและยังสามารถขยายขอบเขตการให้บริการภาคพื้นดินไปยังพื้นที่ห่างไกลได้มากขึ้น ในปัจจุบันความต้องการในการใช้ระบบดาวเทียมย่านความถี่ Ka band จึงเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งโครงข่ายดาวเทียมแบบบอร์ดแบนด์ประกอบไปด้วย

4.3.3.1 อุปกรณ์ปลายทาง (User Terminal : UT)

อุปกรณ์ปลายทางจะมีมาตรฐานทางโปรโตคอลที่แตกต่างกัน เช่น ATM-UNI, FR-UNI, N-ISDN, BRI (Basic Rate Interface), PRI (Primary Rate Interface) และ TCP/IP เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้อุปกรณ์ปลายทางจะมีการเชื่อมต่อ SAU ผ่านมาตรฐานทางอินเทอร์เฟส

4.3.3.2 SAU (Satellite Adapter Unit)

SAU เป็นอุปกรณ์ที่ไม่มีมาตรฐานและได้ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะ มีหน้าที่ในการเข้าถึงโครงข่ายดาวเทียม ซึ่ง SAU จะประกอบไปด้วย การทำงานในชั้นโปรโตคอลฟิสิกคัล เช่น การเข้ารหัสช่องสัญญาณ การมอดูเลต/ดีมอดูเลต รวมทั้งหน้าที่ของทางด้านความถี่วิทยุและองค์ประกอบของสายอากาศ ซึ่งความเร็วในการส่งต่ำสุดคือ 8 kbps หรือ 16 kbps อัตราการส่งสูงสุดสำหรับจานดาวเทียมขนาดเล็กมีตั้งแต่ 144 kbps หรือ 384 kbps สำหรับอุปกรณ์ปลายทางแบบ private จนถึง 2.048 Mbps หรือมีอัตราความเร็วสูงกว่านี้สำหรับอุปกรณ์ปลายทางที่มีจานดาวเทียมขนาดใหญ่

4.3.3.3 Payload

บนดาวเทียมจะมีกระบวนการในการมัลติเพล็กซ์/ดีมัลติเพล็กซ์ การเข้ารหัส/ถอดรหัสของช่องสัญญาณ และมีสวิตช์ความเร็วสูงโดยใช้โครงสร้างแบบหลายสปอตบีม โดยส่วนใหญ่สถานีภาคพื้นดินจะมีกระบวนการทำงาน เช่น การกำหนดสัญญาณติดต่อปลายทาง หรือ การควบความการยอมรับการเชื่อมต่อ (CAC)

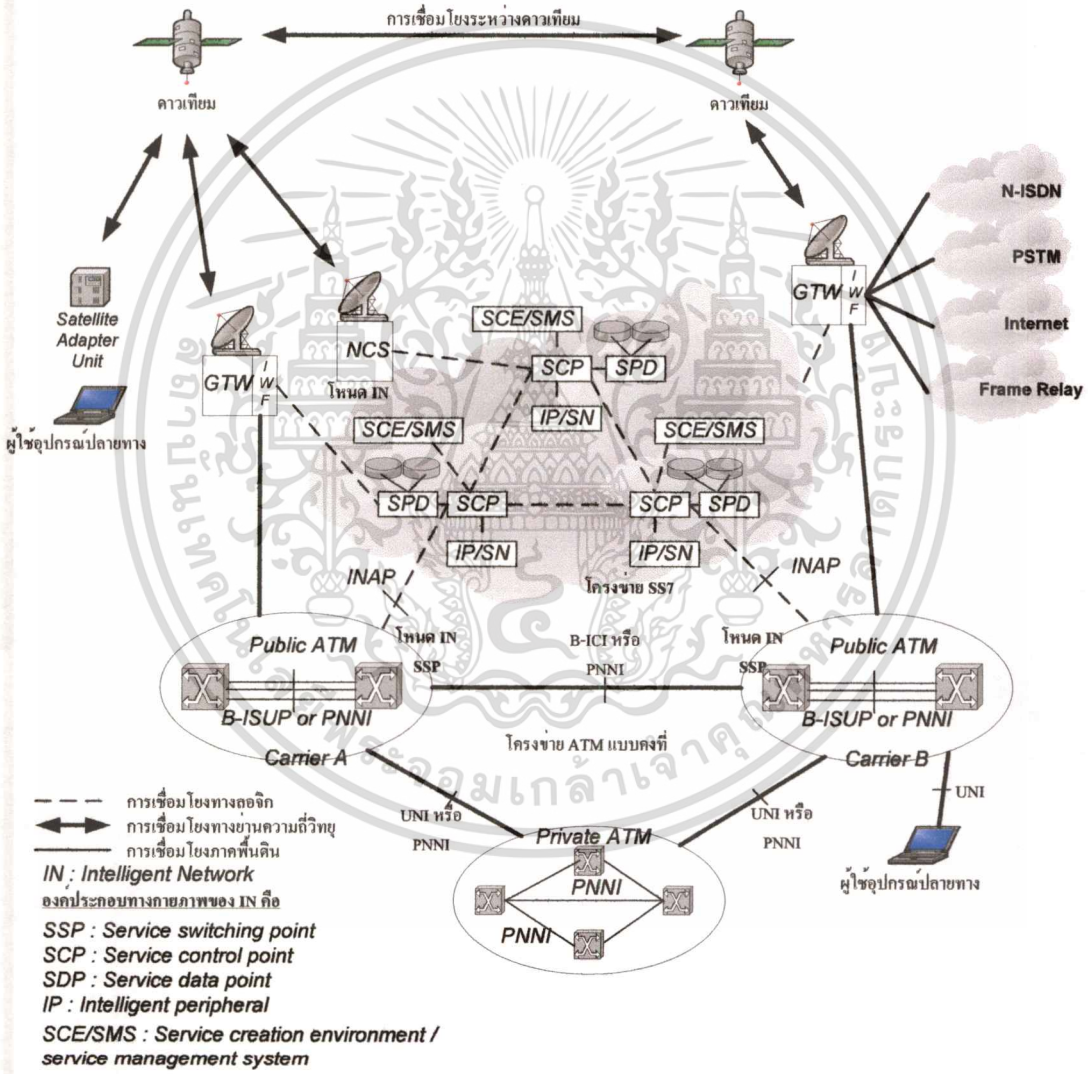
4.3.3.4 สถานีเกตเวย์

ที่สถานีภาคพื้นดินจะมีการเชื่อมต่อกับโครงข่ายอื่นๆ สำหรับระบบดาวเทียมแบบ GEO สถานีเกตเวย์ของระบบภาคพื้นดินจะขึ้นอยู่กับความต้องการของทราฟฟิกเป็นหลัก โดยที่จำนวนสถานีเกตเวย์จะมีมากขึ้นเมื่อความต้องการในกาใช้ทราฟฟิกเพิ่มสูงขึ้น และสถานีเกตเวย์จะมีการเชื่อมต่อกันโดยดาวเทียมดวงเดียวกันเสมอ สำหรับดาวเทียมที่ไม่เป็นแบบ GEO จำนวนของสถานีเกตเวย์จะขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบเพิ่มเติม เช่น การออกแบบในการจัดวงโคจรของดาวเทียม การเชื่อมโยงระหว่างดาวเทียม และ การประเมินความล่าช้าของระบบปลายทางทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.5 สถานีควบคุมโครงข่าย (NCS)

NCS เป็นองค์ประกอบหนึ่งของระบบดาวเทียมแบบ GEO ซึ่งทำการควบคุมการทำงานของโครงข่ายทั้งหมดของดาวเทียม โดยปกติสถานี NCS จะมีสถานีเดียวต่อดาวเทียมหนึ่งดวง โดยจะมีหน้าที่จัดสรรระบบวิทยุของสถานีเกตย์เวย์ในการออกแบบที่ถาวร และ NCS ยังมีหน้าที่กำหนดเส้นทางการเชื่อมต่อและจัดสรรการเชื่อมต่อ เช่น การแจ้งข้อมูลของตำแหน่งสถานี การ hand off การลงทะเบียน การยกเลิกการลงทะเบียน และการคิดค่าบริการ สำหรับระบบที่ไม่เป็นแบบ GEO ปกติจะนำ NCS มาใช้สำหรับการกระจายโครงข่ายที่ใช้สถานีเกตเวย์มากกว่าหนึ่งสถานี



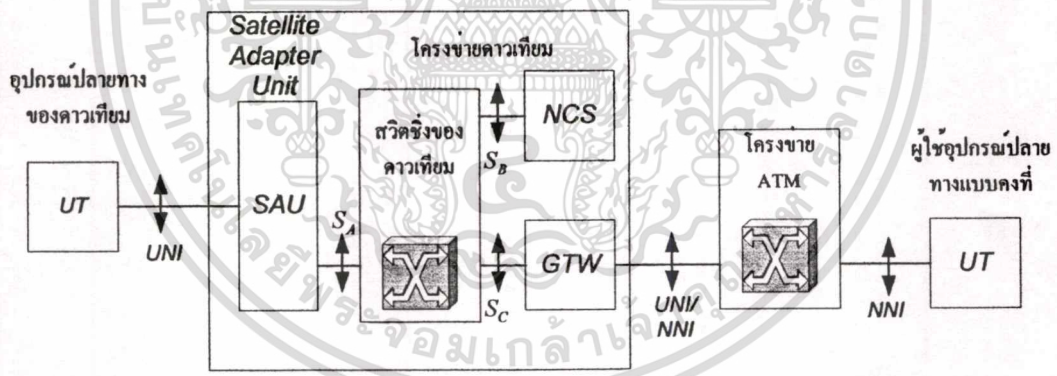
รูปที่ 4.30 การอินเทอร์เฟสในระบบดาวเทียม

จากรูปที่ 4.30 โครงข่ายดาวเทียมและ B-ISDN ได้นำเอาโครงข่ายอัจฉริยะ (Intelligent Network: IN) มาใช้เพื่อแก้ปัญหาการเชื่อมต่อเส้นทางและการเปลี่ยนแปลงปลายทาง ในโครงข่ายดาวเทียมแบบ GEO ปกติจะใช้สถานีกลางจำนวนหนึ่งสถานีในการควบคุมองค์ประกอบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียม รวมทั้งการเตรียมเส้นทางข่าวสารและฐานข้อมูลของผู้ใช้ ดังนั้นการเชื่อมต่อของ NCS ไปยัง IN ผ่าน SS7 จึงเป็นสิ่งจำเป็นเมื่อนำมาใช้ในการทำงานของโครงข่ายดาวเทียม ในระบบดาวเทียมที่ไม่เป็นแบบ GEO อาจมีความต้องการเชื่อมต่อสถานีมากกว่าหนึ่งสถานีไปยัง IN เนื่องจากปกติสถานีเกตเวย์มีหน้าที่ในการควบคุมองค์ประกอบของดาวเทียมหนึ่งดวง หรือมากกว่าสำหรับวิธีการแบบไดนามิก นอกจากนั้นโครงข่ายดาวเทียมยังมีการทำงานโดยวิธีการกระจายขอบเขตซึ่ง INAP (Intelligent Network Application Part) เป็นโปรโตคอลหนึ่งที่ใช้ในโครงข่ายอัจฉริยะ IN โดยมีหน้าที่ในการให้ข้อมูลตำแหน่งสถานี กำหนดเส้นทางเชื่อมต่อ การ hand off การคิดค่าบริการ และ OAM (Operation and Maintenance)

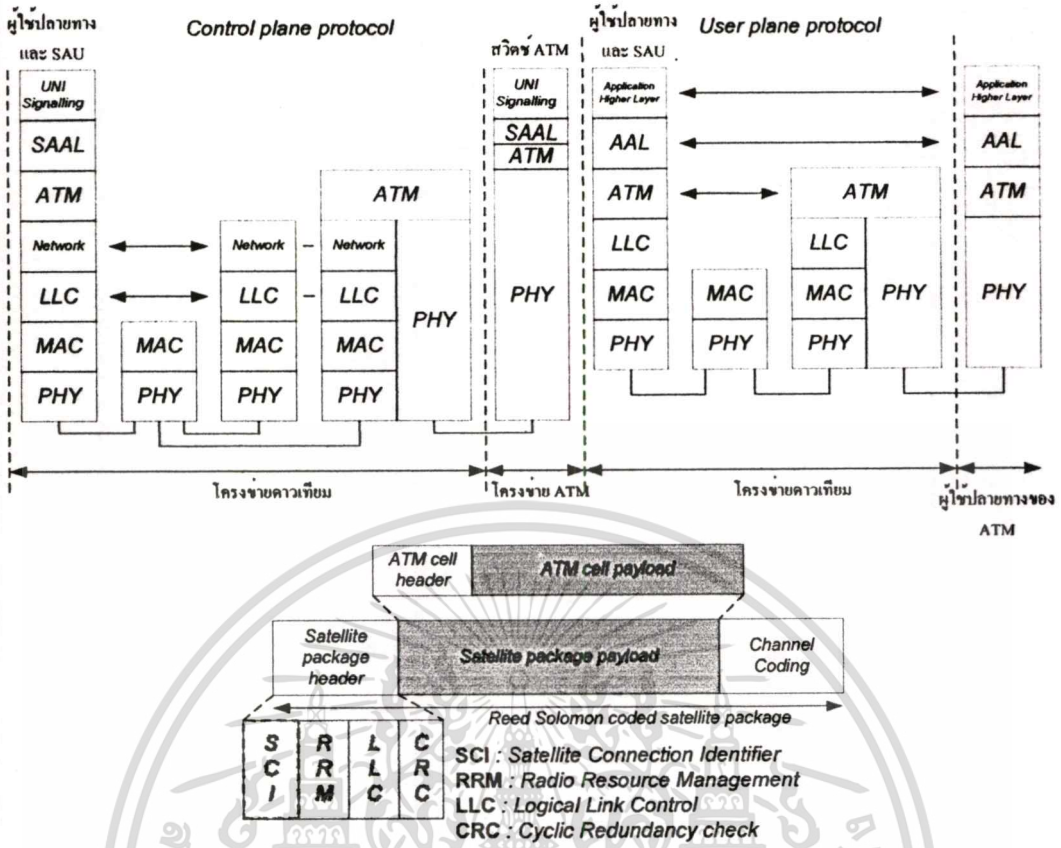
ในรูปที่ 4.31 เป็นการติดต่อสื่อสารแบบ End-to-End ของ ATM ซึ่งการอินเทอร์เฟสของอุปกรณ์ปลายทางกับ SAU จะใช้ ATM-UNI และการอินเทอร์เฟสของ SAU กับโครงข่ายการเข้าถึงดาวเทียมเรียกว่า Sat-UNI จุดอินเทอร์เฟส S_A, S_B, S_C เป็นการอินเทอร์เฟสระหว่างโครงข่าย ATM แบบ private สำหรับโครงข่าย ATM แบบ public สามารถใช้การอินเทอร์เฟสแบบ AINI (ATM Internetwork Inteface) , P-UNI หรือ P-NNI ซึ่งการอินเทอร์เฟสระหว่างโครงข่าย ATM แบบ public ที่แตกต่างกันจะใช้การอินเทอร์เฟสของ B-ICI (B-ISDN Intercarrier Interface) หรือสามารถใช้ P-NNI ได้เช่นกัน



รูปที่ 4.31 การอินเทอร์เฟสแบบ End-to-End ของการสื่อสารดาวเทียม

จากรูปที่ 4.32 แสดงถึงส่วนสำคัญทางโปรโตคอลของ ATM ที่นำมาใช้เชื่อมต่อกับโครงข่ายดาวเทียมทั้งในส่วนของ User-plane และ Control-plane โดยที่ชั้นโปรโตคอลใน Control-plan ถูกใช้สำหรับการถ่ายโอนของช่องสัญญาณจากอุปกรณ์ปลายทางไปยังดาวเทียม โปรโตคอลนี้จะประกอบไปด้วยกระบวนการเริ่มต้นของการติดต่อสื่อสาร ไปจนถึงสามารถเชื่อมโยงโครงข่ายดาวเทียมเข้าด้วยกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 สถาปัตยกรรมทางโปรโตคอลของการสื่อสารดาวเทียมแบบโครงข่าย ATM และ Satellite Package

4.3.4 การพิจารณาเลเยอร์ของการสื่อสารดาวเทียมแบบโครงข่าย ATM

4.3.4.1 การพิจารณาเลเยอร์ LLC และ MAC

เลเยอร์ LLC (Logical Link Control) และ MAC (Medium Access Control) ของดาวเทียมในรูปที่ 4.28 จัดอยู่ในกลุ่มโปรโตคอลเลเยอร์ DLC (Data Link Control) ซึ่ง DLC ใช้สำหรับนำพาข่าวสารระหว่างเลเยอร์ในโครงข่ายดาวเทียมทั้งหมดผ่านการอินเทอร์เฟสทางอากาศ เพื่อที่จะรองรับการอินเทอร์เฟสทางอากาศที่มีความยืดหยุ่นกับข้อมูลที่มีความเร็วต่ำ และการหน่วงต่ำสุด

ดังนั้นวิธีการที่ดีที่สุดคือ การจัดวางเซล ATM หนึ่งเซลต่อ LLC PDU ในทิศทางย้อนกลับของ Uplink เช่น ฟิลด์เฮดเดอร์ของ MAC ทุกๆเฟรมที่ส่งผ่านการอินเทอร์เฟสทางอากาศ โดยที่แพ็คเกจ MAC ของดาวเทียมประกอบไปด้วย แพ็คเกจส่วนเฮดเดอร์ของดาวเทียม แพ็คเกจข้อมูล 53 ไบต์ และบิตเข้ารหัสของช่องสัญญาณ ซึ่งแพ็คเกจส่วนเฮดเดอร์ของดาวเทียมจะประกอบไปด้วย 4 ฟิลด์ คือ SCI, RRM, LLC และ CRC

ในการสื่อสารดาวเทียมแบบหลายบีม จะมีความต้องการขนาดของฟิลด์ SCI เพื่อให้สามารถรองรับการเชื่อมต่อให้ได้มากที่สุดและรองรับได้ตลอดเวลา ฟิลด์ RRM จะขึ้นอยู่กับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ทรัพยากรของโปรโตคอลในการเข้าถึงโครงข่ายดาวเทียม ซึ่งสามารถบรรจุแบนด์วิธที่ต้องการรวมทั้งการกำหนดทิศทางของ Uplink และ Downlink ในส่วนของฟิลด์ LLC สามารถใช้ในการมัลติเพล็กซ์สำหรับการเชื่อมต่อเส้นทางด้าน Uplink จาก SAU เดียวกัน โดยใช้ค่า SCI เดียวกัน และฟิลด์ CRC ใช้สำหรับตรวจสอบความผิดพลาดในแพ็คเกจส่วนเฮดเดอร์ของดาวเทียม

ในการคำนวณการเชื่อมโยงของระบบดาวเทียมแบบบอร์ดแบนด์ โดยส่วนใหญ่จะกำหนดให้ BER น้อยกว่า 10^{-6} โดยใช้การเข้ารหัส FEC และ Interleave วิธีการนี้จะทำให้มีการใช้กำลังงานต่ำสุดที่ SAU และสถานีเกตเวย์ และมีการกำหนดแพ็คเกจส่วนเฮดเดอร์ที่มีขนาด 5 ไบต์ โดยที่สามารถลดขนาดลงเป็น 2-3 ไบต์ได้

ตารางที่ 4.9 ขนาดของฟิลด์ SCI

ความสามารถของสวิตช์ดาวเทียม(Gb/s)	จำนวนสปอตบีมของดาวเทียม	จำนวนการเชื่อมต่อสูงสุดต่อสปอตบีม	ความต้องการจำนวนบิต SCI
2	32	4096	12
2	64	2048	11
2	128	1024	10
2	256	512	9
5	32	10,240	13
5	64	5120	12
5	128	2560	11
5	256	1280	10
10	32	20,480	14
10	64	10,240	13
10	128	5120	12
10	256	2560	11

จากตารางที่ 4.9 เป็นการคำนวณขนาดของฟิลด์ SCI โดยมีการสมมติความสามารถโดยรวมของดาวเทียมที่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอของสปอตบีมของดาวเทียม และใช้ช่องสัญญาณต่ำสุด 16 kbps ผลลัพธ์ที่ได้คือ SCI ขนาด 2 ไบต์ จะประกอบไปด้วย RRM ขนาด 2-3 บิต และฟิลด์ LLC มีขนาด 3 ไบต์ เพื่อที่จะสามารถบรรจุอัตราข้อมูลปลายทางให้สูงขึ้น ขนาดของเฮดเดอร์ทั้งหมดคือ 5 ไบต์ รวมทั้งการแก้ไขและการตรวจสอบข้อผิดพลาดอีก 1 ไบต์

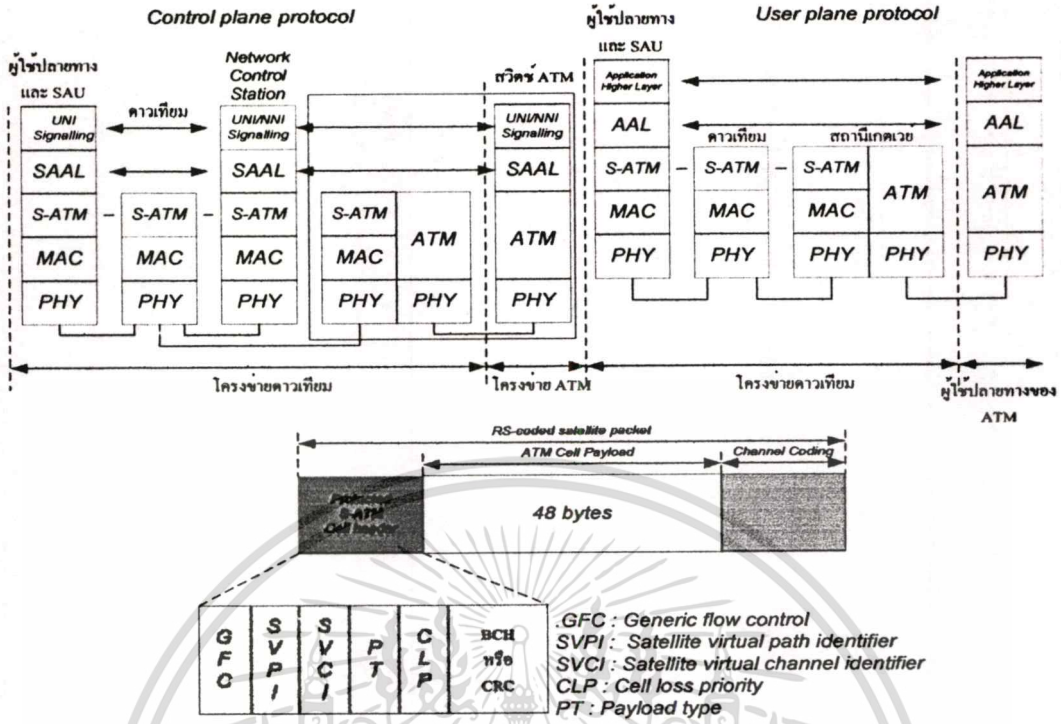
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวิธีกลับกันคือ ทำการแยกเฮดเดอร์ ATM ออกที่ SAU และทำการสร้างใหม่ที่สถานีเกตเวย์ โดยไม่ถูกนำมาใช้สำหรับสวิตช์ของโครงข่าย ATM ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะใช้กำลังงานสูงกว่าวิธีการพิจารณาส่วนสำคัญของโปรโตคอล ATM แต่สามารถลดขนาดแพ็คเกจโอเวอร์เฮดของดาวเทียมลงได้ ซึ่งวิธีการนี้จะใช้ประโยชน์การเชื่อมต่อจากฟิลด์ SCI หรือ LLC หรือจากการเพิ่มความยาวของเฮดเดอร์ของเลเยอร์ MAC เพราะการเชื่อมโยงแต่ละส่วนของข่าวสารจะมีความสัมพันธ์กับฟิลด์ GFC, PT และ CLP ซึ่งมีความต้องการบรรจุเข้าสู่เฮดเดอร์ของเลเยอร์ MAC

4.3.4.2 การพิจารณาเลเยอร์ S-ATM

การเปลี่ยนแปลงเฮดเดอร์ของเซล ATM บางส่วนคือวัตถุประสงค์สำหรับใช้ในการอินเทอร์เฟสทางอากาศของดาวเทียม แพ็คเกจ S-ATM เสมือนกับเซล ATM ดังรูปที่ 4.33 ซึ่งทำการรวมหน้าที่ของ MAC และเฮดเดอร์ ATM เข้าด้วยกัน ฟิลด์ GFC ที่อยู่ในมาตรฐานทางโปรโตคอลของ ATM สามารถทำการเคลื่อนย้ายได้เมื่อไม่ต้องการใช้งาน อย่างไรก็ตามการนำเอาบิต GFC มาใช้กับเฮดเดอร์ S-ATM อาจจะมีการปรับปรุงมาใช้สำหรับการทำงานของดาวเทียมในอนาคต มาตรฐานฟิลด์ VPI/VCI จะถูกเปลี่ยนเป็นฟิลด์ SVPI/SVCI (Satellites VPI/VCI) เมื่อนำมาใช้ในการสื่อสารดาวเทียม ซึ่งจะนำมาใช้กับสวิตชิ่งบนดาวเทียม ฟิลด์ PT ขนาด 3 บิต และฟิลด์ CLP ขนาด 1 บิต มีความต้องการที่นำมาใช้กับเฮดเดอร์เซล S-ATM เช่นกัน เนื่องจากฟิลด์ทั้งสองมีความสำคัญในการนำพาข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับเซลโดยเฉพาะในส่วนของการเข้ารหัส เพื่อป้องกันเฮดเดอร์ของ S-ATM โดยตรวจสอบเส้นทางของเซลว่าถูกต้องและรักษาค่า CMR (Cell Misinsertion Rate) ให้มีค่าต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 สถาปัตยกรรมทางโปรโตคอลของการสื่อสารดาวเทียมแบบโครงข่าย ATM และ ATM Package

4.3.4.3 การพิจารณาขนาดของ SVPI/SVCI

ขนาดของฟิลด์ SVPI/SVCI ขึ้นอยู่กับหลายพารามิเตอร์ในระบบเช่น ความสามารถของดาวเทียม จำนวนของสปอตบีม การส่งข้อมูลไปยังปลายทางของดาวเทียม และความเป็นไปได้ในการนำเอา tree อัลกอริทึมในใช้ในการเชื่อมต่อเสมือนสำหรับการทำ hand off ของ S-ATM ในโครงข่ายที่ไม่เป็นแบบ GEO

ค่าที่แสดงในตารางที่ 4.9 ยังคงมีการนำไปใช้งานอย่างสมบูรณ์แบบ ถ้าใช้ฟิลด์ SVPI/SVCI แทนที่ SCI ซึ่งฟิลด์ SVPI มีความเกี่ยวเนื่องกับ ID ของสปอตบีม และการรวมกันของ SVPI และ SVCI เป็นการแสดงถึงการเชื่อมต่อที่แน่นอน ถ้าสมมติให้

$$\text{ขนาดของ } SVPI = \log_2(\text{ความสามารถสูงสุดของสปอตบีม})$$
$$= 14 \text{ บิต (จากตารางที่ 4.9)} \qquad (4.44)$$

และสำหรับฟิลด์ SVCI เท่ากับ 4 บิต ขนาดของฟิลด์ GFC, CLP และ PT จะมีขนาด เท่ากับ 26 บิต การแก้ไขและตรวจสอบความผิดพลาดของเฮดเดอร์ S-ATM สามารถใช้ BCH (13, 265) ได้ การดำเนินการ hand off ไม่มีความต้องการจัดสรรค่า SVPI/SVCI และสวิตชิ่งของดาวเทียมสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ไขฟิลด์ SVPI/SVCI ของเซลที่เข้ามาก่อนที่จะส่งไปยังเอาท์พุทได้ ถ้าฟังก์ชั่นนี้ไม่ถูกนำมาใช้จะมีความต้องการเพิ่มตำแหน่งของอากาศ 1 บิต หรือมากกว่าที่ฟิลด์ SVPI/SVCI

4.3.4.4 การพิจารณาเลเยอร์ LLC สำหรับ S-ATM

เมื่อมีการพิจารณาแพ็คเกจ S-ATM ใหม่ให้มีขนาดสอดคล้องกับขนาดของเซล ATM กลายเป็นเลเยอร์ LLC ของ MAC ส่งผ่านมายังเลเยอร์ S-ATM ทำให้เกิดความสลับซับซ้อนในการทำงานมาก ความยุ่งยากที่มีอยู่เนื่องจากฟังก์ชั่นของ LLC ที่เพิ่มขึ้นในโอเวอร์เฮดของแพ็คเกจถูกนำไปจัดวางที่เซล S-ATM หรือจากการประกอบเซล S-ATM ใหม่หลายๆ เซลของความต้องการเซล S-ATM ที่มีมากกว่าเซลเดียวเป็นการทำให้ LLC-PPU มีขนาดใหญ่ การใช้ SSCOP ที่ AAL มีความสลับซับซ้อนเช่นเดียวกัน เมื่อการเชื่อมต่อแบบ End-to-End มีปลายทางสิ้นสุดที่สถานีเกตเวย์การมัลติเพล็กซ์มากกว่าหนึ่งจุดเชื่อมต่อไม่มีความน่าสนใจมากนักในกรณีนี้ เนื่องจากเลเยอร์ ATM รองรับการมัลติเพล็กซ์อยู่แล้ว ดังนั้นการใช้เลเยอร์ LLC จึงไม่มีความน่าสนใจนำมาใช้ในการออกแบบระบบการใช้งาน ATM รองรับการสื่อสารดาวเทียม

4.3.4.5 การพิจารณากลไกการส่งใหม่โดยละทิ้งแพ็คเกจบางส่วน

การละทิ้งแพ็คเกจบางส่วนหรือเรียกว่า PPD (Partial Packet Discard) เป็นวิธีการพัฒนา ATM เพิ่มเติม เพื่อแก้ไขปัญหาการใช้ LLC โดยสมมุติให้การรับบริการของผู้ใช้อุปกรณ์ปลายทางมีการพัฒนาการตอบรับและทำการส่งใหม่ของ PDU เลเยอร์ที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามถ้ามีการพัฒนากลไกการตรวจสอบความผิดพลาดของเซลบนสวิตช์ซึ่งของดาวเทียม สามารถละทิ้งเซลของ PDU เลเยอร์ที่สูงกว่า และจะทำให้ทราฟฟิกในโครงข่ายลดน้อยลง

วิธีการนี้เมื่อเปรียบเทียบกับ LLC แล้วมีความเป็นไปได้ต่ำที่สามารถออกแบบได้เนื่องจากไม่มีกระบวนการเพิ่มกำลังงาน และมีการใช้โอเวอร์เฮดต่อเซล ATM น้อย โดยจะใช้เฉพาะเซลสุดท้ายของ PDU เลเยอร์ที่สูงกว่าเท่านั้น อย่างไรก็ตามกลไกของการรับข้อความให้มีการส่งใหม่อีกครั้ง จะทำให้ Throughput ของการเชื่อมโยงลดลง เนื่องจากเซล ATM มากกว่า 1 เซลถูกส่งใหม่ทุกๆเวลาที่ PDU เลเยอร์สูงกว่าการร้องขอ Throughput ของการเชื่อมโยงจะเสมือนให้มีการเลือกโปรโตคอลเพื่อส่งใหม่ เมื่อโปรโตคอล DLC ถูกใช้ และจะมีการกลับไปยังโปรโตคอล N ถ้ามีการส่งใหม่แบบ End-to-End (โดยที่ N คือจำนวนของเซล ATM ต่อ PDU เลเยอร์ที่สูงกว่า)

4.3.4.6 การนำวิธีการ PPD ไปดำเนินการกับ AAL5

ในการออกแบบสำหรับการสื่อสารข้อมูลโดยนำ PPD ไปดำเนินการกับ AAL5 โดยที่เป็นโครงข่าย ATM แบบคงที่นั้น PPD คือ สัญญาณต่อ VC ของสวิตช์ที่ใช้ ถ้าสวิตช์ทำการสละเซลทิ้งจาก VC (โดยส่วนใหญ่เกิดจากความคับคั่ง) สวิตช์นั้นจะทำการสละเซลทิ้งอย่างต่อเนื่องที่ VC เดียวกัน จนกระทั่งได้รับชุดพารามิเตอร์ AUU (ATM Layer User-to-User) ในโอเวอร์เฮดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ATM ซึ่งจะแสดงที่ปลายทางของแพ็คเกจ AAL และแพ็คเกจใหม่นี้จะไม่มีการสละเซลทิ้ง เนื่องจาก AAL5 ไม่รองรับการมัลติเพล็กซ์ของแพ็คเกจที่เกิดขึ้นพร้อมกันบน VC เดียว ซึ่ง AUU สามารถใช้แสดงขอบเขตของแพ็คเกจ นี่คือข้อเสียเปรียบอย่างหนึ่งของวิธีการ PPD นับตั้งแต่ Throughput ของโครงข่ายลดลง

สาเหตุของการสละเซลทิ้งคือ ค่า BER ของการเชื่อมโยงทางกายภาพสูงกว่าขนาดบัฟเฟอร์ของสวิตช์ ATM การที่สามารถจะเอาชนะอุปสรรคนี้ได้คือการเพิ่มการป้องกันเฮดเดอร์ในการตรวจสอบความผิดพลาดของเซล ให้มีเฮดเดอร์ที่ถูกต้อง การใช้ข้อผิดพลาดของรหัสจะสามารถทำให้สมรรถนะของ PPD สูงขึ้น

4.3.4.7 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการ PPD และการใช้ LLC

การคำนวณ Throughput ของการเชื่อมโยง

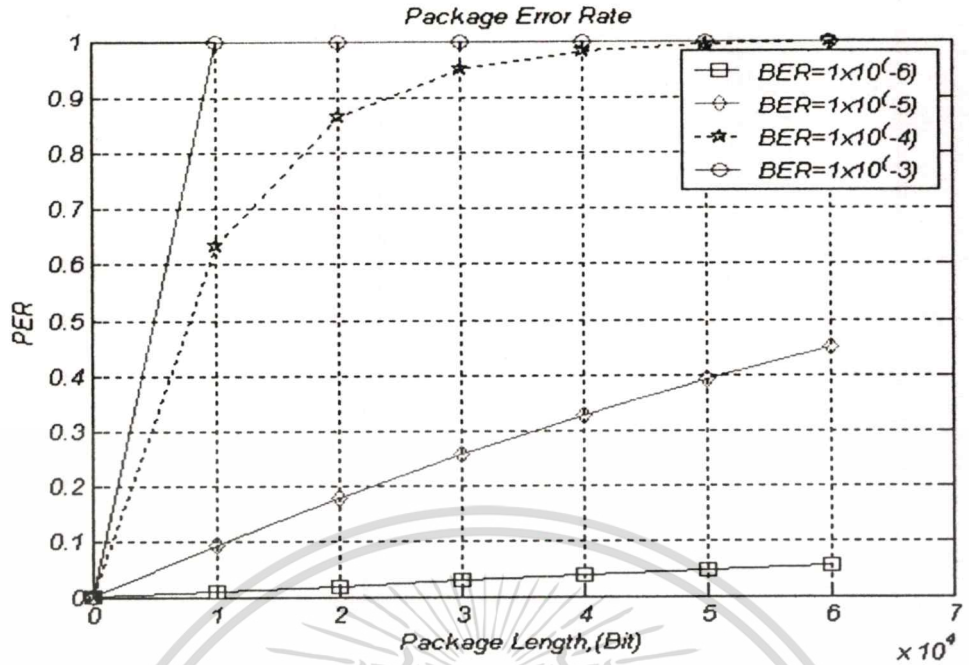
สมมติทราบค่า BER ของการเชื่อมโยง ความยาวของ S-ATM คือ ρ (48*8=384 บิต) และความยาวของเฮดเดอร์คือ h บิต ค่า PER (Packet Error Rate) ความสามารถของโครงข่ายคำนวณได้จากสมการที่ (4.45) เมื่อ Length คือความยาวของ PDU ที่เลเยอร์สูงกว่า ซึ่งความยาวของ PDU สำหรับ DLC มีค่าเท่ากับจำนวนเซล ATM 1 เซล (ρ+h) และในกรณีของ PPD จะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับขนาดของเลเยอร์ PDU ที่สูงกว่า ในสมการที่ (4.39) เป็น Throughput ของการเชื่อมโยง โดยสมมติให้ความผิดพลาดเกิดจากการสุ่มและสามารถตรวจสอบได้

$$PER = 1 - (1 - BER)^{length} \qquad (4.45)$$

$$\text{Radio Link Throughput} = (1 - \text{PER})[\rho/(\rho + h)] \qquad (4.46)$$

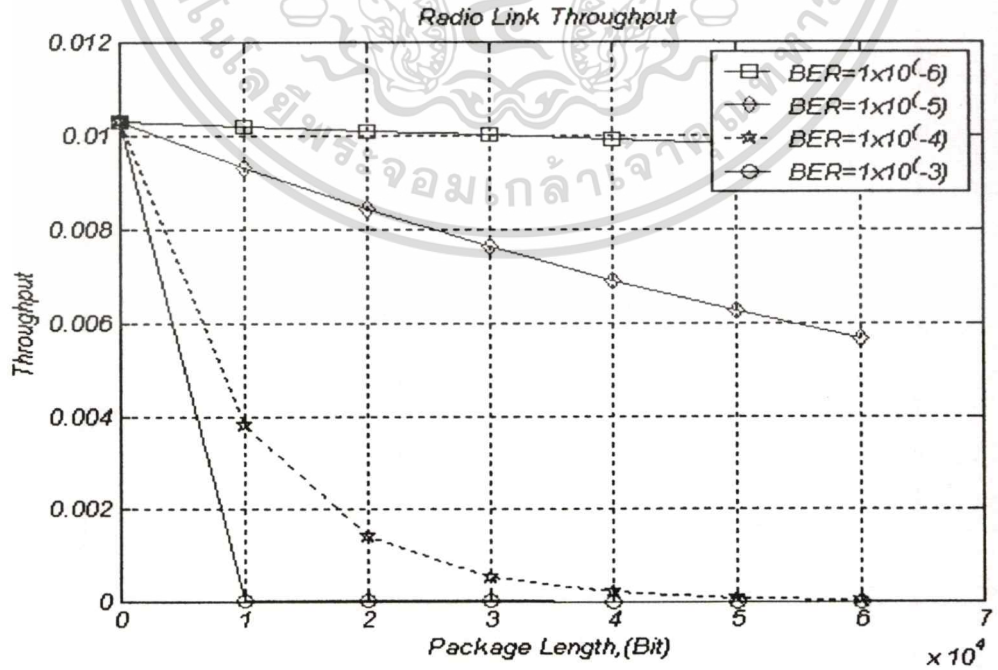
จากสมการที่ (4.45) จะสามารถพิจารณาค่า PER ที่ BER ต่างๆกัน ซึ่งในการสื่อสารดาวเทียมผ่านโครงข่าย ATM จะกำหนดให้ BER มีค่าน้อยกว่า 10^{-6} โดยจากรูปที่ 4.34 ค่า PER จะสูงขึ้นตามขนาดของแพ็คเกจและBER รวมทั้งที่ค่า BER ต่ำสุดจะได้ค่า PER ต่ำสุดเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



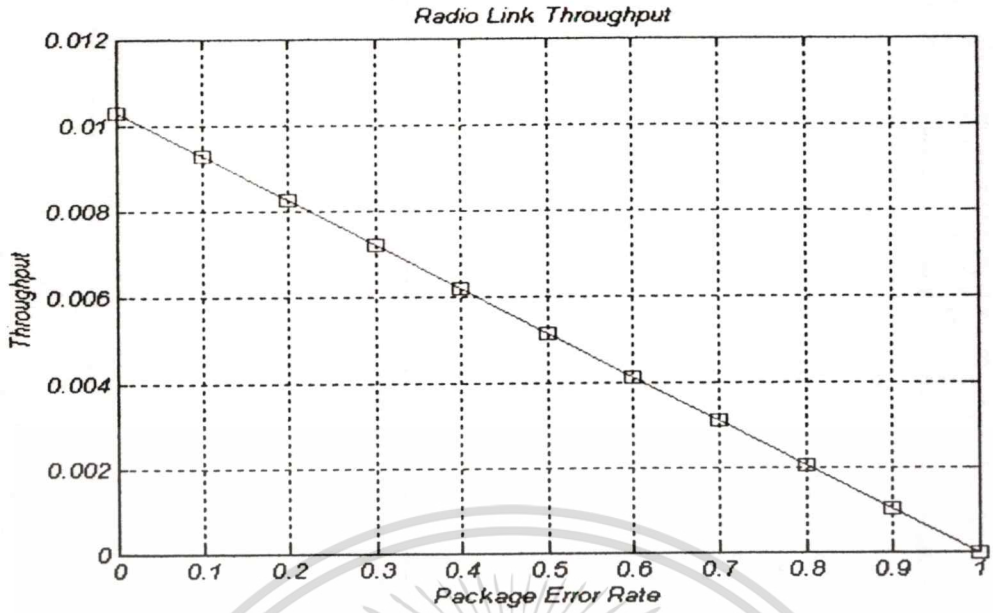
รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ของความยาวแพ็คเกจกับ PER ที่ค่า BER แตกต่างกัน

สำหรับสมการที่ (4.46) เป็นการคำนวณค่า Throughput ของการเชื่อมโยงซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า BER ต่ำสุดและขนาดแพ็คเกจน้อยที่สุดจะทำได้ค่า Throughput ของโครงข่ายสูงสุด ดังรูปที่ 4.35 และเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ของ PER Throughput ของการเชื่อมโยง จะเห็นได้ว่าที่ค่า PER ต่ำสุดจะได้ Throughput สูงสุด ดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ของความยาวแพ็คเกจกับทรูพุทที่ค่า BER แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่าง PER กับทรูพุทของโครงข่ายดาวเทียมแบบ ATM

สำหรับการทำงานของโปรโตคอล LLC โอเวอร์เฮดอย่างน้อย 5 ไบต์จะถูกต่อไปยังโปรโตคอล HDLC เพื่อที่จะบรรจุอัตราสูงสุดที่ต้องการใน ATM สำหรับวิธีการ PPD โอเวอร์เฮดของฟิลด์ CRC-16 ที่เหมือนกันต่อ PDU สามารถใช้สำหรับตรวจสอบความผิดพลาดได้ อย่างไรก็ตามจะมี 2 ตัวเลือกในการใช้งานคือ

(1) การเพิ่มฟิลด์ CRC (เช่น CRC-8 เช่นเดียวกับ HEC แต่ไม่มีสถานะแก้ไข) สามารถใช้สำหรับการตรวจสอบความผิดพลาดของเฮดเดอร์ ในกรณีที่เฮดเดอร์รับอย่างถูกต้อง ฟิลด์ข่าวจะถูกนำมาใช้ในอัลกอริทึม PPD โดยสอดคล้องกับค่า SVPI/SVCI

(2) รหัส BCH สามารถใช้แทน CRC-8 โดยที่กำหนดให้ความผิดพลาดไม่เป็นแบบ Burst ความสามารถในการตรวจสอบจะไม่เท่า CRC-8 แต่มีข้อได้เปรียบในส่วนการแก้ไขข้อผิดพลาดได้ **[28].**

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการของ LLC และ PPD

วิธีการ	ขนาดของเฮดเดอร์ (บิต)	โอเวอร์เฮด(บิต)	การแก้ไขข้อผิดพลาด
LLC	อะไรก็ได้	16+24 = 40	-
PPD,CRC-8	อะไรก็ได้	16+8 = 24	-
PPD,BCH(15,11)	11	16+5 = 21	1
PPD,BCH(31,21)	21	16+11 = 27	2
PPD,BCH(31,26)	26	16+6 = 22	1

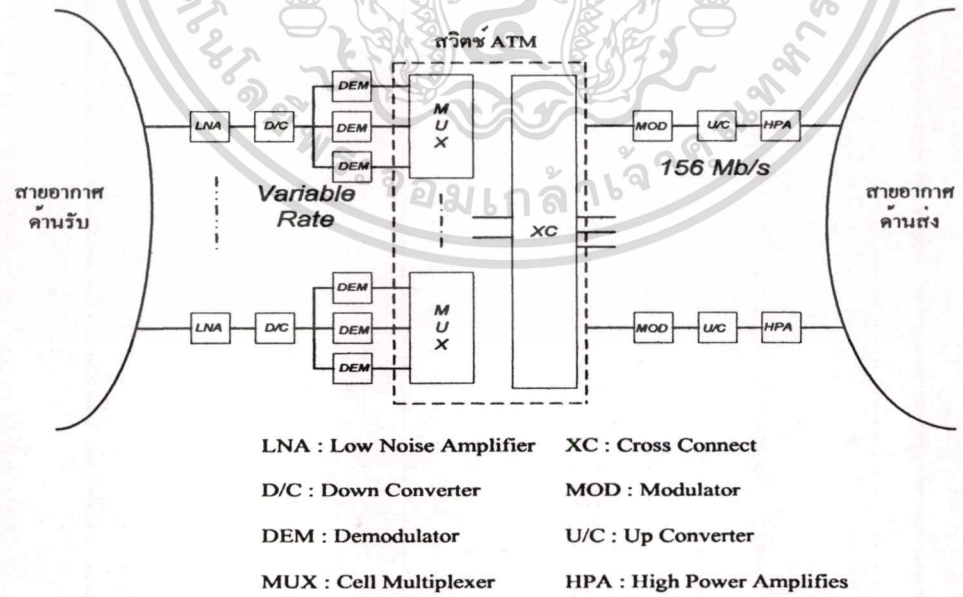
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 ระบบการเข้าถึงทวีคูณในการประยุกต์ใช้กับระบบการสื่อสารดาวเทียมมัลติมีเดียของย่านความถี่ Ka band

4.3.5.1 ระบบการเข้าถึงทวีคูณโดยใช้ PPD

ในการบรรจุจำนวนผู้ใช้ข่าวสารมาก ๆ นั้น ช่องสัญญาณดาวเทียมจำเป็นต้องถูกนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่องสัญญาณด้าน downlink ของระบบสามารถถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ ทำการแบ่งจำนวนผู้ใช้งานให้ขึ้นอยู่กับพื้นฐานของการใช้แบบ เซล ต่อเซล และให้เซล ATM ที่ถูกต้องเท่านั้นสามารถถูกส่งไปได้

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงการตรวจสอบการเข้าถึงระบบแบบทวีคูณอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ช่องสัญญาณด้าน uplink เมื่อช่องสัญญาณดาวเทียมได้มอบหมายให้แต่ละสถานีภาคพื้นดินทำการโอนถ่ายเฉพาะ เซลATM ระหว่างภาควงจรสวิตช์ของโครงข่าย ทำให้แหล่งทรัพยากรด้าน uplink ได้ถูกใช้อย่างฟุ่มเฟือยเนื่องจากทราฟฟิกมัลติมีเดียที่เป็นแบบช่วง ๆ ของข้อมูลและเป็นแพ็คเกจซึ่งไม่ถูกสร้างขึ้นอย่างต่อเนื่อง ระบบการเข้าถึงที่ได้นำมาใช้แทนที่เช่น ALOHA มีความเหมาะสมสำหรับระบบการสื่อสารดาวเทียมมัลติมีเดีย และ CDMA – ALOHA เป็นอีกชนิดหนึ่งที่สามารถเลือกนำมาใช้เนื่องจากทำการส่งข้อมูลได้ถูกต้องเมื่อเกิดการปะทะของสัญญาณ



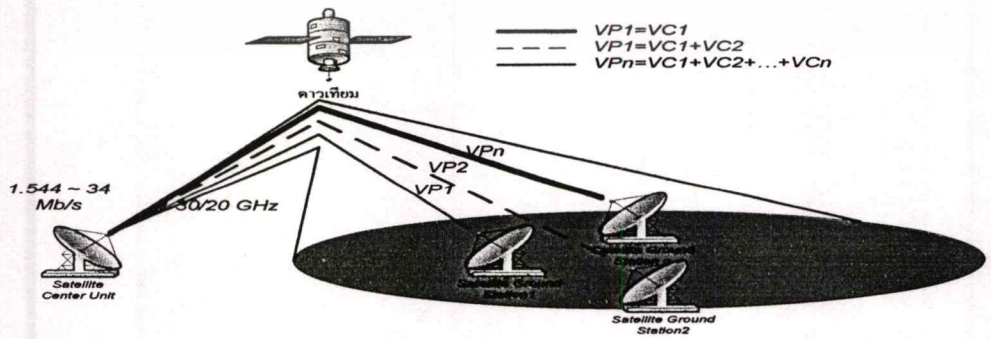
รูปที่ 4.37 โครงสร้างของระบบสื่อสารบนดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่องสัญญาณดาวเทียม ความผิดพลาดของการส่งบิตข้อมูลจะเป็นแบบช่วง ๆ (burst) ถ้า BER มีค่า 10^{-7} ดังนั้น CLR สามารถมีค่าสูงกว่าคือ 10^{-6}

สำหรับโครงข่าย WAN บรอดแบนด์แบบ IP/ATM ผ่านการสื่อสารดาวเทียม มีความเหมาะสมที่นำมาพัฒนาใช้กับโครงข่าย WAN เนื่องจากการสื่อสารดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่กว้าง นอกจากนี้ ATM ยังมีคุณสมบัติในการให้บริการแบบบรอดคลาส และ multicast จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้กับโครงข่าย WAN ที่ให้อัตราส่งข้อมูลไปยังโครงข่ายสูง และอัตราการรับข้อมูลต่ำ และปัญหาคอขวด ของทรานสปอนเดอร์สำหรับช่องสัญญาณบนดาวเทียมได้ถูกปรับปรุงเมื่อนำสวิตช์ ATM มาใช้บนดาวเทียมเช่นเดียวกัน นอกจากนี้การใช้การเข้าถึงโครงข่ายแบบ CDMA (Code-division multiple aceass) ช่วยเพิ่มความง่ายในการเข้าถึงโครงข่าย และการจัดสรรความถี่ และจะนำย่านความถี่ Ka-band สำหรับการให้บริการของดาวเทียม เนื่องจากที่ย่านความถี่ Ku – band มีการนำมาใช้จนเต็มข้อจำกัดของย่านความถี่ อย่างไรก็ตามแบนด์วิธที่สูงขึ้นของ Ka-band มีผลทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากปรากฏการณ์ฝนตกและการลดทอนในชั้นบรรยากาศเช่นกัน ซึ่งจะพิจารณาต่อไป

การสื่อสารดาวเทียมสามารถรวมเอาโครงข่าย LAN เข้าเป็นโครงข่าย WAN ที่พิจารณาถึงความสามารถในการส่งข้อมูลที่ 64 kbps ถึง 8.448 Mbps และอัตราการเข้าถึงโครงข่ายจาก 10 kbps ถึง 34 Mbps ความได้เปรียบในการใช้ความถี่ผ่าน Ka-band คือ ปกป้องความถี่ที่ต่ำกว่า มีการใช้แบนด์วิธได้มากขึ้น ศักยภาพที่ใช้สถานีภาคพื้นดินที่ขนาดเล็กลงได้ และเปลี่ยนแปลงได้มากกว่า ข้อเสียเปรียบคือมีการลดทอนของสัญญาณที่เกิดจากปรากฏการณ์ฝนตก และชั้นบรรยากาศ (atmospheric) ซึ่งมีผลต่อศักยภาพในการเชื่อมโยง [29], [31], [32], [33].



รูปที่ 4.38 แสดงการเข้าถึงทวีคูณโดยกำหนดค่า VP/VC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

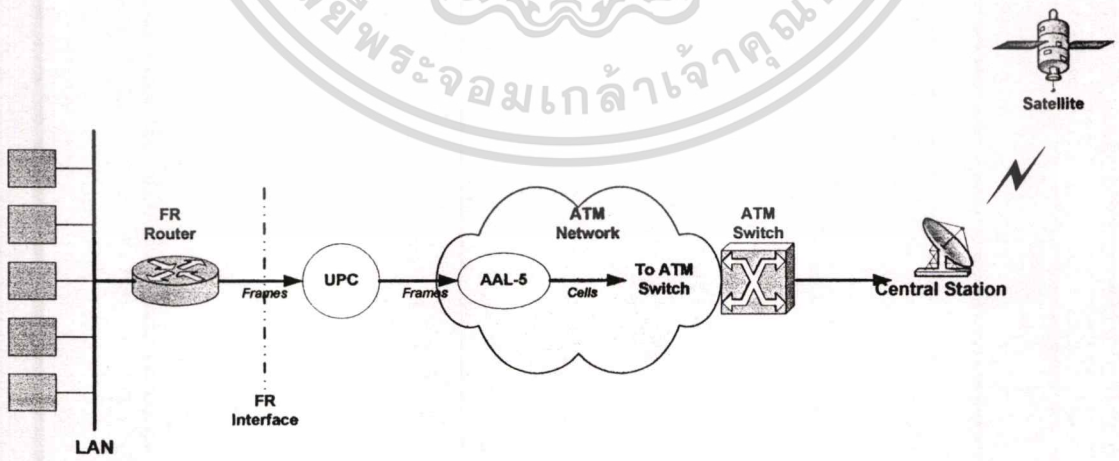
4.3.5.1 การทำงานร่วมกันของ FR และ ATM สำหรับการสื่อสารดาวเทียม

เมื่อพิจารณาการให้บริการของ FR ผ่าน ATM Backbone สำหรับการสื่อสารดาวเทียม โครงข่าย FR จะเลือกอัลกอริทึมในการควบคุมทราฟฟิกของตนเองผ่านการอินเทอร์เฟสของ FR ก่อนจะมีการส่งเฟรมไปยังโครงข่าย ATM และในส่วนของโครงข่าย ATM จะมีการควบคุมทราฟฟิกของตนเองในเลเยอร์ ATM เช่นกัน ซึ่งการปฏิบัติตามทราฟฟิกของ FR สามารถกระทำได้ทั้งในโหมดของเฟรมเอง หรือในโหมดของเซล

สำหรับในโหมดของเฟรม การดัดแปลงของเฟรมไปเป็นเซล กระทำได้หลังจากมีการทดสอบการปฏิบัติตามของทราฟฟิก จึงมีความจำเป็นในการจัดวางพารามิเตอร์ทราฟฟิกจาก FR ไปยัง ATM ที่ทางเข้าของสวิตช์

4.3.5.1.1 การควบคุมทราฟฟิกในเฟรมโหมด สำหรับ FR ไปยัง ATM ของการสื่อสารดาวเทียม

ในส่วนของเฟรมโหมด คือ กระบวนการก่อนมีการเปลี่ยนเฟรมเป็นเซล ดังแสดงในรูปที่ 4.39 โดยการให้บริการของอุปกรณ์ปลายทางจะผ่านทางการอินเทอร์เฟสของ FR ค่าของ AR, CIR, Bc และ Be จะมีการกำหนดที่เวลาของการใช้งานในแต่ละ PVC ผ่าน FR-UNI และค่าการวัดทางเวลา T จะถูกควบคุมโดยโครงข่าย และสามารถคำนวณได้โดยผู้ให้บริการโครงข่าย



รูปที่ 4.39 การควบคุมทราฟฟิกในเฟรมโหมด สำหรับ FR ไปยัง ATM ของการสื่อสารดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.39 การควบคุมทราฟฟิกในเฟรมโหมดสามารถนำมาปฏิบัติโดยใช้อัลกอริทึม Leaky bucket 2 แบบ โดยแบบแรกคือ CIR และ Bc แสดงโดย GCRA(dTc, Nc) และแบบที่ 2 คือ Be ซึ่งแสดงโดย GCRA(dTe, Ne) เมื่อ

$$Nc = Bc \text{ (octets)} \quad (4.47)$$

$$Ne = Be \text{ (octets)} \quad (4.48)$$

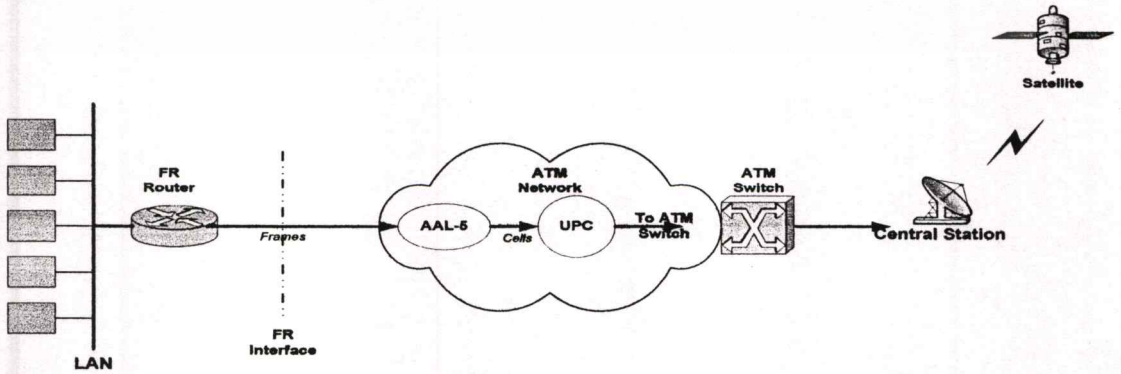
$$dT = dTc = dTe = k*T \quad (4.49)$$

โดยที่ $0 \le k \le 1$ และ T คือ ช่วงเวลาที่ทำการวัด

4.3.5.1.2 การควบคุมทราฟฟิกในเซลโหมด สำหรับ FR ไปยัง ATM ของการสื่อสารดาวเทียม

การนำ UPC มาใช้ควบคุมทราฟฟิกของเลเยอร์ ATM สำหรับเซลโหมดของการสื่อสารดาวเทียม จะทำให้ไม่ต้องมีการนำอัลกอริทึมสำหรับควบคุมทราฟฟิกมาใช้กับผู้ให้บริการอื่นๆ และทำให้เป็นส่วนได้เปรียบของสมรรถนะในการให้บริการเชื่อมต่อโครงข่าย ในส่วนของอุปกรณ์เฟรมรีเลย์จะมีการเชื่อมต่อผ่านการอินเทอร์เฟสของ FR (FR-UNI) และทางด้านโครงข่ายจะมีการเชื่อมต่อผ่านส่วนของบัฟเฟอร์ FR หรือ FR-ATM IWF

สมมติให้ในเซลโหมดไม่มีการควบคุมทราฟฟิกทางด้านเฟรมโหมด (FR Mode) หลังจากได้รับเฟรมเข้ามายังโครงข่ายและถูกส่งต่อไปยังเลเยอร์ย่อย AAL-5 โดยเพิ่มส่วนเฮดเดอร์ขนาด 8 Octet เข้าไปยังเฟรมย่อย และแบ่งออกเป็นเซลแล้วส่งต่อไปยังเลเยอร์ ATM หลังจากนั้นเลเยอร์ ATM จะทำการควบคุมอัตราการส่งเซลผ่านอัลกอริทึม UPC โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ PVC ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 การควบคุมทราฟฟิกในเซลโหมด สำหรับ FR ไปยัง ATM ของการสื่อสารดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5.1.3 การจำลองแบบของเฟรมโหมดสำหรับกรทำงานร่วมกันของ FR และ ATM ผ่านการสื่อสารดาวเทียม

จากที่ได้มีการนำเอาอัลกอริทึมของ UPC มาใช้สำหรับเฟรมโหมดและเซลโหมด สมมติให้ผู้ใช้อุปกรณ์ปลายทาง FR เชื่อมต่อผ่านการอินเทอร์เฟส FR และมีการพิจารณาถึงพารามิเตอร์ของทราฟฟิก AR, CIR, Bc และ Be และสมมติให้ AR และ CIR มีค่าคงที่ ตลอดการประมวลผล กำหนดให้ Bc = 0.5*Bc

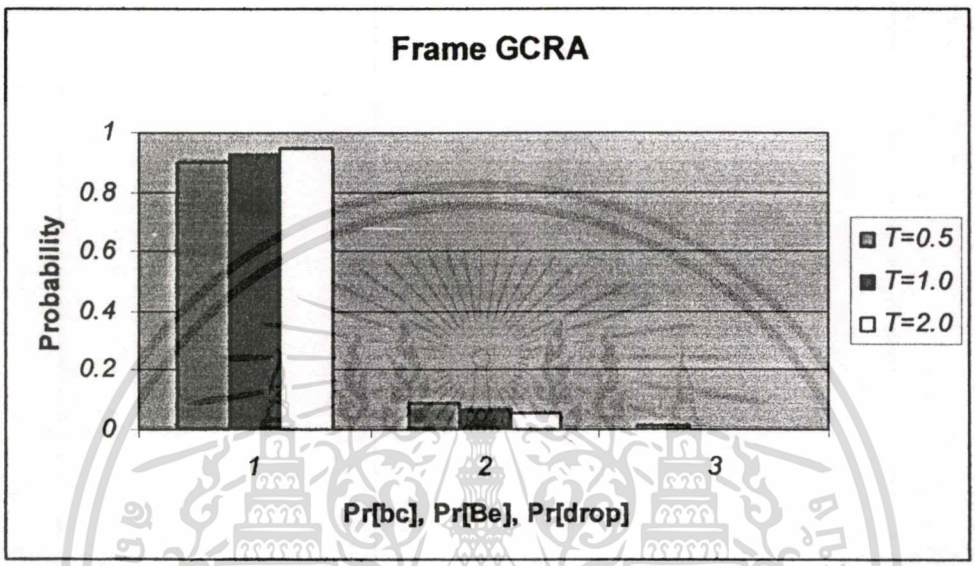
การจำลองแบบในเฟรมโหมดมีการวัดค่าพารามิเตอร์ 3 ค่า คือ เปอร์เซ็นต์ที่สามารถยอมรับเฟรมได้ (Pr[Bc]),เปอร์เซ็นต์ที่สามารถยอมรับเฟรมได้แต่มีการสละทิ้ง (Pr[Be]),เปอร์เซ็นต์ของเฟรมที่มีการสละทิ้งเนื่องจากมีค่าน่าเชื่อถือไม่เพียงพอ (Pr[drop]) ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การพิจารณา GCRA ของเฟรมโหมดขอการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM

T	dT	CIR	Pr[Bc]	Pr[Be]	Pr[drop]
0.50	0.50	32	0.900	0.086	0.01213
0.5	0.25	32	0.954	0.042	0.00302
0.5	0.10	32	0.969	0028	0.00160
1.0	1.00	32	0.926	0.070	0.00240
1.0	0.50	32	0.972	0.027	0.00026
1.0	0.20	32	0.981	0.018	0.00005
1.0	0.10	32	0.985	0.014	0.00005
2.0	2.00	32	0.945	0.054	0.00021
2.0	1.00	32	0.982	0.017	0.00002
2.0	0.40	32	0.988	0.011	0
2.0	0.20	32	0.990	0.009	0
2.0	0.10	32	0.992	0.007	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 4.11แสดงถึงผลลัพธ์การนำเอาอัลกอริทึมของ GCRA ไปใช้กับเฟรมโหมดในการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM ผ่านการสื่อสารดาวเทียม ซึ่งจะแสดงผลการวัดความน่าจะเป็นโดยกำหนดให้ค่า CIR คงที่ได้ดังรูปที่ 4.41 [34].



รูปที่ 4.41 ความน่าจะเป็นของ Frame GCRA ของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM

4.3.5.2 การลดทอนจากก๊าซในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Gas)

จากตารางที่ 4.8 เป็นการพิจารณาถึงขนาดจานดาวเทียมที่เหมาะสมต่อการเชื่อมโยง การพิจารณาถึงการลดทอนของสัญญาณที่เกิดจากชั้นบรรยากาศ และปรากฏการณ์ฝนตกจะมีผลต่อการสื่อสารในย่านความถี่ Ka-band

ในการลดทอนของสัญญาณที่เกิดจากไอน้ำและออกซิเจนสามารถมีผลกระทบต่อการเชื่อมโยงของสัญญาณดาวเทียมที่ความถี่เกิน 20 GHz ที่ความถี่คงที่การลดทอนต่อการเชื่อมโยงของสัญญาณจากก๊าซส่วนใหญ่เกิดจากการรวมตัวกันของไอน้ำและมุมเงยของดาวเทียม การดูดกลืนของ ก๊าซจะประกอบอยู่ในการคำนวณการใช้กำลังของการเชื่อมโยง (link power budget) ที่มีค่าเกือบจะคงที่ คือไม่ขึ้นอยู่กับเวลาในรูปของ $L_g(dB)$ ในการออกแบบวิธีการระบบสื่อสารดาวเทียมสามารถกำหนดการลดทอนโดยกำหนดสถานีที่เกิดจากมุมเงยต่ำสุดในพื้นที่ครอบคลุมเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5.1.1 Noise Temperature ที่จานดาวเทียม

Noise temperature ที่ด้านรับจานดาวเทียม $T_{ant}(K)$ มีความสัมพันธ์กับ sky-noise temperature: $T_{sky}(K)$ ดังนี้

$$T_{ant} = T_{sky} + T_{other} \tag{4.50}$$

เมื่อ $T_{other}(K) \cong 25K$ (ขึ้นอยู่กับพื้นที่นั้น ๆ)

ในกรณีท้องฟ้าปลอดโปร่ง T_{clear} จะประกอบด้วย cosmic background noise temperature : $T_{cb}(K)$ บวกกับ atmosphere noise temperature: $T_{atm}(K)$ ซึ่งความสัมพันธ์ของการลดทอนสัญญาณจากก๊าซ คือ

$$T_{clear} = \frac{T_{cb}}{l_g} + T_{atm}\left(1 - \frac{1}{l_g}\right) \tag{4.51}$$

เมื่อ l_g คือ การลดทอนสัญญาณของก๊าซในชั้นบรรยากาศที่สอดคล้องกับ l_g ซึ่งมีหน่วยเป็น dB

ซึ่งสูตรนี้จะมีความแน่นอนที่ความถี่สูงกว่า 4 GHz ขึ้นไป เมื่อ T_{cb} คือ สัญญาณรบกวนสำหรับความถี่ต่ำ $(T_{cb} = 2.7K)$ และค่าของ T_{atm} จะอยู่ในช่วง $270 - 290K$ (ในกรณีต้องฟ้าปลอดโปร่ง $T_{clear} = T_{sky}$)

4.3.5.1.2 กระทบของการลดทอนสัญญาณจากปรากฏการณ์ฝนตก

เมื่อเกิดปรากฏการณ์ฝนตกการรบกวนของสัญญาณด้าน downlink และความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนสัญญาณจากก๊าซและฝนตก คือ

เมื่อ $l_{g,d}$ คือการลดทอนสัญญาณของก๊าซด้าน downlink (เป็นค่าจำนวนตัวเลขที่ $T_{cb} = 2.7K$ และ $T_{atm} = 280K$ จะได้ T_{rain} ดังนี้

$$T_{rain} = 280 - \frac{277.3}{l_{g,d}} \tag{4.52}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ T_{sky} และ T_{rain} เพิ่มขึ้น ทำให้ T_{sky} เท่ากับ T_{clear} หรือ T_{rain} ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะของภูมิอากาศ และ noise temperature ของระบบ

$$T_{sys} = T_{rcv} + T_{ant} \tag{4.53}$$

4.3.5.1.3 การพิจารณาการเชื่อมโยงของระบบที่ย่านความถี่ Ka-band

(1) **ด้านUplink** ค่า C/N ในกรณีท้องฟ้าปลอดโปร่ง (clear – sky) ด้าน uplink ($C/N_{o,u}$) คือ

$$C/N_{o,u} = \frac{EIRP_{sat}}{l_{p,u} l_{g,u} l_{a,u}} \frac{G_{sat}}{KT_{sat}B} \tag{4.54}$$

เมื่อ $l_{g,u}$ คือ การลดทอนสัญญาณจากก๊าซด้าน uplink

$l_{p,u}$ คือ การสูญเสียสัญญาณจากการแพร่กระจายคลื่นใน free-space ด้าน Uplink

$l_{a,u}$ คือ การสูญเสียสัญญาณจานดาวเทียมตำแหน่งผิดพลาด

$EIRP_{sat}$ คือ กำลังส่งจานดาวเทียม (W)

G_{sat} คือ อัตราขยายสายอากาศบนดาวเทียม

T_{sat} คือ noise temperature ของระบบด้านรับของดาวเทียม

K คือ ค่าคงที่ของ Boltzman = 1.38 x 10^{-23} G/K)

B คือ แบนด์วิธ (Hz) ของ predetection filter. เมื่อเกิดปรากฏการณ์ฝนตก C/N จะมีค่าลดลงตามการลดทอนจากปรากฏการณ์ฝนตก (rain attenuation) เป็นผลให้

$$C/N_u = \frac{C/No,u}{l_{r,u}} \quad ; \; l_{r,u} \geq 1 \tag{4.55}$$

เมื่อ $l_{r,u}$ คือ การลดทอนจากฝนตกด้าน uplink

(2) **ด้าน downlink** ในกรณีท้องฟ้าปลอดโปร่ง ค่า C/N ด้าน dowlink (C/No,d) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C/No,d = \frac{EIRP_{sat}}{l_{p,d}l_{g,d}l_{a,d}} \frac{G_{rev}}{K(T_{rain}+T_{other}+T_{rev})B} \quad (4.56)$$

เมื่อ $EIRP_{sat}$ คือ กำลังส่งของดาวเทียม

G_{rev} คือ อัตราขยายของจานดาวเทียมด้านรับ

$l_{r,d}$ คือ การลดทอนจากฝนตกด้าน downlink

$l_{a,d}$ คือ การสูญเสียเพิ่มเติมด้าน downlink

$l_{p,d}$ คือ การสูญเสียจาก free-space (สุญญากาศ, ด้าน downlink เมื่อเกิดปรากฏการณ์ฝนตก ค่า C/N จะมีค่าเปลี่ยนไปดังนี้

$$C/N_d = \frac{EIRP_{sat}G_{rev}}{l_{p,d}l_{g,d}l_{a,d}} \frac{1}{K(T_{clear}+T_{other}+T_{rev})B} \quad (4.57)$$

เมื่อพิจารณาสภาวะเหตุการณ์ในระยะ 2 ระหว่าง C/N_d กับ $C/N_{o,d}$ คือ

$$C/N_d = \frac{C/N_{o,d}}{d_{r,d}} \quad (4.58)$$

เมื่อ

$$d_{r,d} = (1+\beta)l_{r,d} - \beta \quad ; l_{r,d} \geq 1 \quad (4.59)$$

และ

$$B = \frac{T_{atm}-T_{cb}}{(T_{atm}+T_{other}+T_{rev})l_{g,d}-(T_{atm}-T_{cb})} \quad (4.60)$$

ซึ่งพารามิเตอร์ B อาจมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับ internal noise ของจานดาวเทียม, สภาพภูมิอากาศ , RF receiver noise และมุมเงย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า receiver noise temperature เพิ่มขึ้นจะทำให้ $d_{r,d} = l_{r,d}$ และ $\beta = 0$ ในกรณีเฉพาะของ β ถ้ากำหนดให้ T_{atm} และ T_{cb} คงที่สิ่งหนึ่งที่จำเป็นต้องทราบคือ T_{other}, T_{rev} และ l_g สำหรับระบบ Ka – band ส่วนใหญ่ สามารถสมมติให้ $250K < T_{other} + T_{rev} < 450K$ และ $1.07 < l_{g,d} < 1.77$ (หรือ $0.3dB < l_{g,d} < 2.5dB$) ดังนั้นในการสมมติให้ $T_{cb} = 2.7K$ และ $T_{atm} = 280K$ ค่า β สามารถประมาณการได้ให้อยู่ในช่วง $0.25 < \beta < 0.95$ ฉะนั้น power budget ด้าน downlink คือ

$$C/N_{(dB)} = C/N_{o,d(dB)} - D_{r,d} \tag{4.61}$$

เมื่อ $D_{r,d} = 10\log_{10}(d_{r,d})$ (dB) เป็นแฟคเตอร์การลดทอนที่เกิดจากการปรากฏการณ์ฝนตกและ antenna noise

(3) **การเชื่อมโยงทั้งระบบ** ผลรวม C/N ในกรณีท้องฟ้าปลอดโปร่ง ($C/N_{o,t}$) คือความสัมพันธ์ระหว่าง $C/N_{o,u}$ และ $C/N_{o,d}$ ซึ่งแสดงได้ดังนี้ [30].

$$\frac{1}{C/N_{o,t}} = \frac{1}{C/N_{o,u}} + \frac{1}{C/N_{o,d}} \tag{4.62}$$

C/N ในสภาวะระยะยาวของระบบทั้งหมด (C/N_t)) ภายใต้ปรากฏการณ์ฝนตกของ uplink และ downlink มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{1}{C/N_t} = \frac{l_{r,u}}{C/N_{o,u}} + \frac{d_{r,d}}{C/N_{o,d}} \tag{4.63}$$

เมื่อกำหนดให้ $\alpha = \dfrac{C/N_{o,u}}{C/N_{o,d}}$ จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง C/N_t และ $C/N_{o,t}$ ดังนี้

$$C/N_t = \frac{C/N_{o,t}}{d_{r,t}} \tag{4.64}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$d_{r,j} = \frac{l_{r,u} + \alpha d_{r,d}}{1+\alpha} = \frac{l_{r,u} + \alpha(1+\beta)l_{r,d} - \alpha\beta}{1+\alpha} \; ; \; l_{r,u} \geq 1; l_{r,d} \geq 1 \qquad (4.65)$$

4.3.6 การออกแบบจำนวนสถานีภาคพื้นดินของดาวเทียม

ในการออกแบบจำนวนสถานีภาคพื้นดิน ถ้าสถานีภาคพื้นดินแต่ละแห่งที่ไม่มีการเชื่อมต่อกัน จะต้องพิจารณาผู้ใช้ที่อยู่ใกล้ ๆ สถานีใดสถานีหนึ่งจัดรวมเข้าด้วยกัน จำนวนผู้ใช้และจำนวนของตำแหน่งผู้ใช้บริการจะต้องมีมากเพียงพอครอบคลุมพื้นที่ในการสมมติการให้บริการของระบบ ซึ่งเริ่มแรกในการพิจารณาจะใช้การสมมติฐาน ถึงแม้ว่าผู้ใช้ในแต่ละสถานีภาคพื้นดินจะอยู่กระจัดกระจาย กำหนดให้พื้นที่ให้บริการทั้งหมดเป็น S^2 ตารางไมล์ และสมมติให้ถูกแบ่งออกเป็น q พื้นที่ให้บริการ โดยแต่ละพื้นที่ให้บริการจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่กำหนดให้มีขนาดเป็น a จะได้พื้นที่ครอบคลุมให้บริการทั้งหมดคือ

$$qa^2 = S^2 \qquad (4.66)$$

หรือ

$$a = \frac{S}{\sqrt{q}} \qquad (4.67)$$

และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณา คือ

q = จำนวนสถานีภาคพื้นดิน

n = จำนวนของตำแหน่งผู้ใช้

S = พื้นที่ให้บริการทั้งหมด

a = ขนาดของพื้นที่ให้บริการต่อ 1 สถานีภาคพื้นดิน

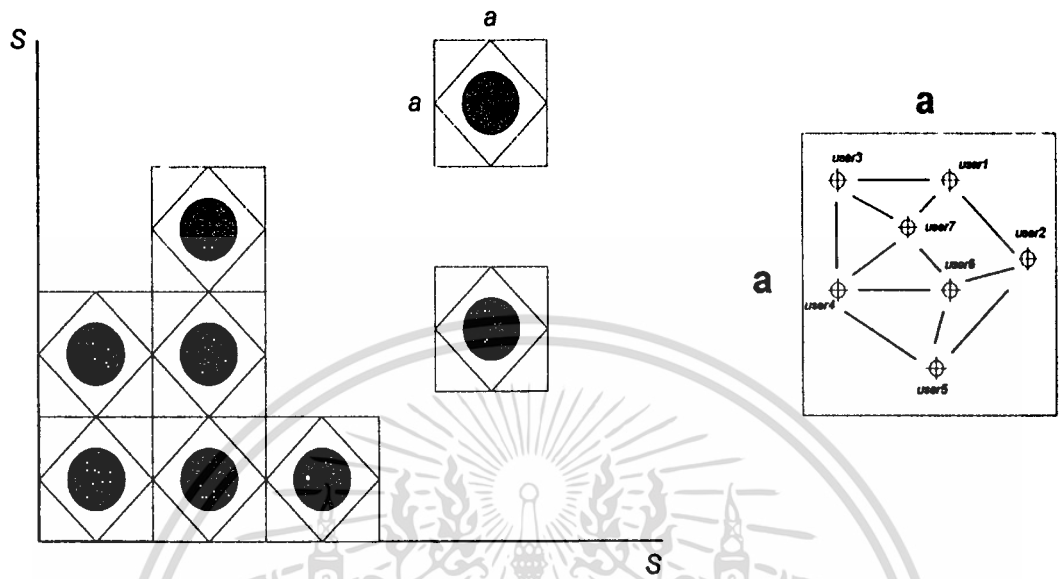
p = ความหนาแน่นของผู้ใช้ = $\frac{n}{S^2}$

Cq = ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อ 1 สถานีภาคพื้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ct = ค่าใช้จ่ายต่อไมล์ในการรวมผู้ใช้เข้าด้วยกันสำหรับสถานีภาคพื้นดินที่ใกล้ที่สุด

$\bar{d}$ = ระยะทางเฉลี่ยจาก แต่ละผู้ใช้ไปยังสถานีภาคพื้นดินที่ใกล้ที่สุด



รูปที่ 4.42 แสดงถึงการกำหนดตำแหน่งพื้นที่ให้บริการดาวเทียม

4.3.6.1 ค่าใช้จ่ายของสถานีภาคพื้นดิน (Cq)

เป็นค่าใช้จ่ายในการติดตั้งโดยเฉลี่ยของสถานีภาคพื้นดิน ซึ่งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายของสถานีภาคพื้นดินในช่วงระยะเวลาหนึ่ง คือ

(1) ค่าใช้จ่ายในการหาตำแหน่งที่ตั้ง

(2) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

(3) ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการ

(4) ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

(5) ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมในช่วงระยะเวลาเกิน 10 ปี

4.3.6.2 ค่าใช้จ่ายส่วนประกอบต่าง ๆ ในภาคอวกาศ

ค่าใช้จ่ายส่วนนี้แสดงถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดบนดาวเทียมที่ประกอบด้วย วงโคจร และค่าใช้จ่ายในการควบคุมดาวเทียมอย่างต่อเนื่อง ถ้าความสามารถของดาวเทียมที่ถูกใช้ทั้งหมดขึ้นอยู่กับ จำนวนของผู้ใช้ทราฟฟิก และไม่มีจำนวนของสถานีภาคพื้นดินเคยใช้เส้นทางทราฟฟิกผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดาวเทียม จะสมมติให้ค่าใช้จ่ายในภาคอวกาศคงที่ และไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนของสถานีภาคพื้นดินที่ให้โครงข่ายเหมาะสมที่สุด

4.3.6.3 ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงภาคพื้นดิน

เป็นค่าใช้จ่ายที่สอดคล้องกับการเชื่อมต่อจากแต่ละผู้ใช้ไปยังสถานีที่ใกล้ที่สุด ของแต่ละจำนวนผู้ใช้ n และระยะทางเชื่อมต่อเฉลี่ย d ไมล์ จากสถานีที่ใกล้ที่สุด ผลรวมค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อภาคพื้นดิน คือ ndC_l เมื่อ C_lค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อทางพื้นดิน ต่อ 1 ไมล์ ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงภาคพื้นดินนี้จะถูกประมาณการไว้ที่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง คือ 10 ปี โดยการคิดค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เป็นรายเดือน

4.3.6.4 ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์อยู่กับที่ภาคพื้นดิน

เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ขึ้นอยู่กับระยะทาง และทราฟฟิก ตัวอย่างเช่น ค่ายึดติดอุปกรณ์ ค่าโมเด็ม ค่าพอร์ตเชื่อมต่อ หรือค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับจำนวนผู้ใช้ แต่ไม่ใช่ค่าใช้จ่ายของสถานีภาคพื้นดิน เมื่อผู้ใช้ได้ทำการเชื่อมต่อกับสถานีภาคพื้นดินอื่น ๆ ในโครงข่าย ค่าใช้จ่ายนี้จะเป็นค่าใช้จ่ายพิเศษที่ไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนสถานีภาคพื้นดินที่ประมาณไว้แล้ว

สมการค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุดของระบบ (C) คือ

C = (ค่าใช้จ่ายสถานีภาคพื้นดิน) + (ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงภาคพื้นดิน) + (ค่าใช้จ่ายส่วนประกอบต่าง ๆ ในอวกาศ) + (ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์อยู่กับที่ของภาคพื้นดิน)

$$C = qC_q + nC_l d + \text{(ค่าใช้จ่ายส่วนประกอบต่าง ๆ ในอวกาศ)} + \text{(ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์อยู่กับที่ของภาคพื้นดิน)} \quad (4.68)$$

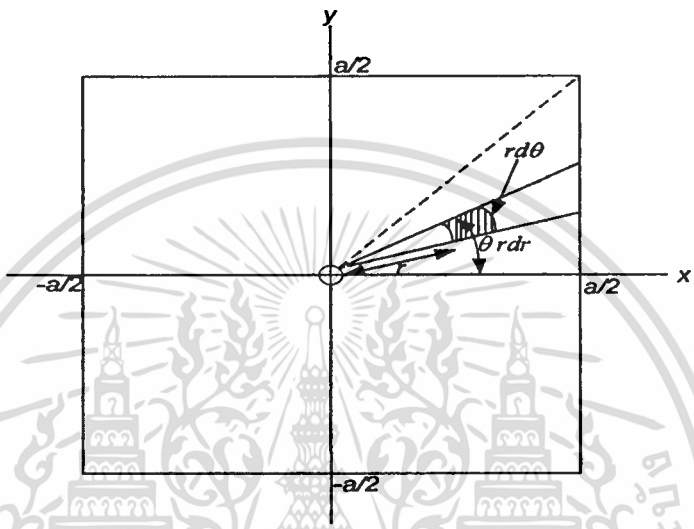
สำหรับค่าใช้จ่ายส่วนประกอบต่าง ๆ ในอวกาศ และค่าใช้จ่ายอุปกรณ์อยู่กับที่ของภาคพื้นดินนั้นไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนสถานีภาคพื้นดิน แต่ขึ้นอยู่กับจำนวนของผู้ใช้และทราฟฟิกเท่านั้น จึงไม่นำมาพิจารณาในกระบวนการคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่ำสุด ฉะนั้นจะได้สมการเป็น

$$C = qC_q + nC_l\bar{d} \quad (4.69)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6.5 การวิเคราะห์สถานีดาวเทียมในระนาบบนพื้นดิน

พื้นที่บริการของโครงข่ายจากรูปที่ 4.42 ถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็ก ๆ โดยที่มีสถานีดาวเทียมตั้งอยู่ตรงกลาง และสามารถแสดงรูปเรขาคณิตภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมนี้ ดังรูปที่ 4.43



รูปที่ 4.43 การแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีดาวเทียมทางเรขาคณิต

จากรูปที่ 4.43 ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมคือตำแหน่งของผู้ใช้โครงข่ายที่กระจายอยู่ตามตำแหน่งที่เหมาะสม บางตำแหน่งอยู่ใกล้สถานีดาวเทียม บางแห่งอยู่ไกลออกไปจากสถานีดาวเทียม ในบริเวณพื้นที่แรเงามีระยะทาง r จากสถานีดาวเทียมและมุม θ คือมุมที่เทียบกับแกนนอน โดยพื้นที่ของส่วนที่แรเงาคือ $drxrd\theta$ เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมจากระยะทาง r ของศูนย์กลางสถานีเป็นระยะทางเฉลี่ยทั้งหมดจะได้พื้นที่เพิ่มขึ้นเป็น $rxdrxrd\theta$ และหารด้วยพื้นที่ให้บริการทั้งหมด คือ $r^2 drd\theta / a^2$

ระยะทางเฉลี่ยสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$d = \int_0^{2\pi} \int_0^{r} r^2 drd\theta / a^2 \qquad (4.70)$$

ค่าของ r สามารถหาได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\cos\theta = \frac{a/2}{r} \quad \text{หรือ} \quad \sec\theta = \frac{r}{a/2} \tag{4.71}$$

นำค่า r ไปแทนที่ในการ (4.57) จะได้สมการเป็น

$$d = \frac{8}{a^2}\int_0^{\pi a/2\sec\theta}\int_0^{} r^2 dr d\theta \tag{4.72}$$

$$d = 0.318a \tag{4.73}$$

จากนั้นจึงสามารถพิจารณาได้ว่าระยะทางเฉลี่ยจากจุดศูนย์กลางของสถานีดาวเทียมไปยังทุก ๆ จุดบนพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสให้บริการเป็น 38 % ของความยาวสี่เหลี่ยมจัตุรัส จึงคำนวณสูตรของค่าใช้จ่ายเป็น

$$C = qC_q + nC_1 d = qC_q + nC_1(0.381a) \tag{4.74}$$

เมื่อ $a = \frac{S}{\sqrt{q}}$ จะได้ค่า C ใหม่เป็น

$$C = qC_q + 0.381nC_1 S/\sqrt{q} \tag{4.75}$$

สมการที่ (4.75) นี้แสดงถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงข่ายที่ขึ้นอยู่กับการให้บริการดาวเทียม ฉะนั้นสามารถคำนวณหาราคาที่ใช้จ่ายที่เหมาะสมโดยใช้สมการอนุพันธ์ และกำหนดให้ได้ผลลัพธ์ของสมการอนุพันธ์เป็นศูนย์ดังนี้

$$\frac{dC}{dq} = 0 = C_q - 0.381nC_1 S/2(q)^{3/2} \tag{4.76}$$

จัดสมการใหม่เพื่อคำนวณหาจำนวนสถานีดาวเทียมที่ใช้ในโครงข่ายทั้งหมดโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$q = \left[\frac{0.381nC_1S}{2C_q}\right]^{2/3} \tag{4.77}$$

เมื่อกำหนดให้ความหนาแน่นของผู้ใช้บริการโครงข่ายคือ $p = n/S^2$ จึงสามารถแทนค่า S ใหม่จะได้สมการในการคำนวณหาจำนวนสถานีดาวเทียม ดังนี้

$$q = 0.332n\left[\frac{C_1}{C_p p^{1/2}}\right]^{2/3} \tag{4.78}$$

ซึ่งในสมการที่ (4.78) นี้แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนผู้ใช้ ความหนาแน่นของผู้ใช้ ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อภาคพื้นดิน และค่าใช้จ่ายของสถานีภาคพื้นดิน [9].

4.4 การเปรียบเทียบการให้บริการของโครงข่าย FR ทำงานร่วมกันกับโครงข่าย ATM

จากตารางที่ 4.12 แสดงถึงการให้บริการของโครงข่าย โดยที่การส่งสัญญาณโทรศัพท์ และข้อมูลข่าวสารทั่วไปจะมีอัตราการส่ง 64 kbps ในการส่งสัญญาณวีดีโอจะมีอัตราการส่ง 10 Mbps และการโอนถ่ายไฟล์และส่งแฟกซ์แบบมีสีต่างๆ อัตราการส่งข้อมูลคือ 2 Mbps

ตารางที่ 4.12 อัตราการส่งข้อมูลของการให้บริการผ่านโครงข่าย ATM

Applications	Peak Rate (bps)	Peak Rate/ Average Rate	Burst Duration (sec.)	Mean Holding Time (sec.)
Telephony	64 K	1		100
Document Retrieval	64 K	200	0.25	300
Data on demand	64 K	200	0.04	30
Video on demand	10 M	5	1	100
Color Fax	2 M	1		3
Video Retrieval	10 M	5	10	180
File Transfer	2 M	1		1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการให้บริการโครงข่ายเฟรมรีเลย์ส่งผ่านโครง ATM นั้น จะสามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือ (Credit) ของการวางโครงข่ายแบบต่างๆในการให้บริการข้อมูลที่มีความเร็วต่างกันได้จากสมการต่อไปนี้

$$credit = \left[1 + \frac{TT + BT}{Ts}\right] \times ATM\ Size \tag{4.79}$$

เมื่อ

TT คือ เวลาเฉลี่ยของแต่ละเซล = 2.73 μsec.

BT คือ Burst Tolerance = PCR*CDVT

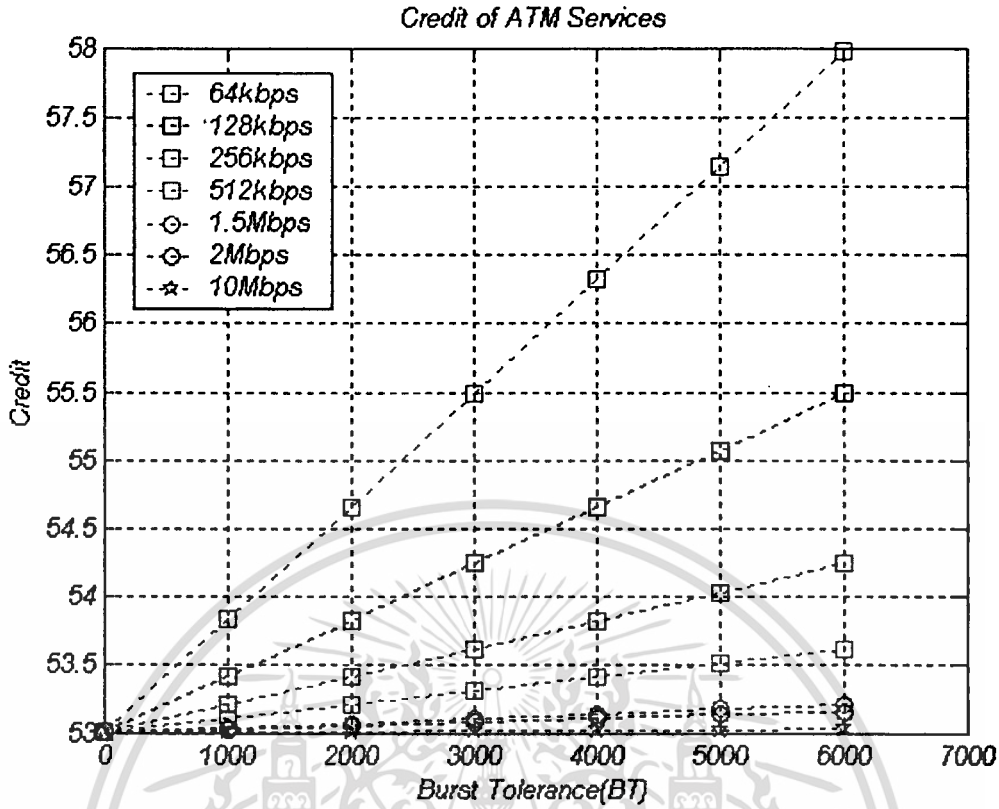
Ts = 1/SCR

ATM Size = 53 ไบต์

โดยที่ SCR ได้จากสมการต่อไปนี้

$$SCR = \frac{PCR}{1 + \frac{BT}{TT - \frac{1}{PCR}}} \tag{4.80}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 แสดงถึงความน่าเชื่อถือในการให้บริการต่อค่า BT ที่ความเร็วในการให้บริการของ ATM แตกต่างกันตามการรองรับของการวางโครงข่าย

จากรูปที่ 4.44 จะเห็นได้ว่าในการออกแบบโครงข่ายให้บริการข้อมูลที่ 64 kbps จะต้องออกแบบให้โครงข่ายมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นเมื่อค่า BT มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่การออกแบบโครงข่ายที่มีอัตราส่งสัญญาณวิดีโอ 10 Mbps ความน่าเชื่อถือของโครงข่ายค่อนข้างจะคงที่ถึงแม้ว่าค่า BT จะสูงขึ้นก็ตาม และในการออกแบบโครงข่ายที่รองรับอัตราการส่งไฟข้อมูล 2 Mbps จำเป็นจะต้องปรับความน่าเชื่อถือของโครงข่ายให้สูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อค่า BT สูงขึ้น [36].

จากตารางที่ 4.13 แสดงถึงพารามิเตอร์ของ GCRA เพื่อทำการประเมินค่า Throughput ของการออกแบบโครงข่าย โดยที่ค่า CTU (Cell Time Unit) คือช่วงเวลาในการส่งเซล 1 เซล มีค่าเท่ากับ 2.73 μsec. ตามที่กำหนดไว้ในสมการที่ (4.69)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 พารามิเตอร์ของ GCRA

พารามิเตอร์	ความหมาย	ค่าที่กำหนด
τ_1	CDVT	1/MCR
τ_2	ความหน่วงสูงสุด (t_2)	10,000 CTU
τ_3	ความหน่วงต่ำสุด (t_3)	0 CTU
Mrm	ช่วงลำดับของเซล VBR	32
MCR	Minimum Cell Rate	1 Mbps
PCR	Peak Cell Rate	15 Mbps
ICR	Initial Cell Rate	MCR
Ton	ช่วงเวลา On	10,000 CTU
Toff	ช่วงเวลา Off	30,000 CTU
Ron	อัตราป้อนกลับของช่วงเวลา On	≤PCR
Roff	อัตราป้อนกลับของช่วงเวลา Off	≥MCR

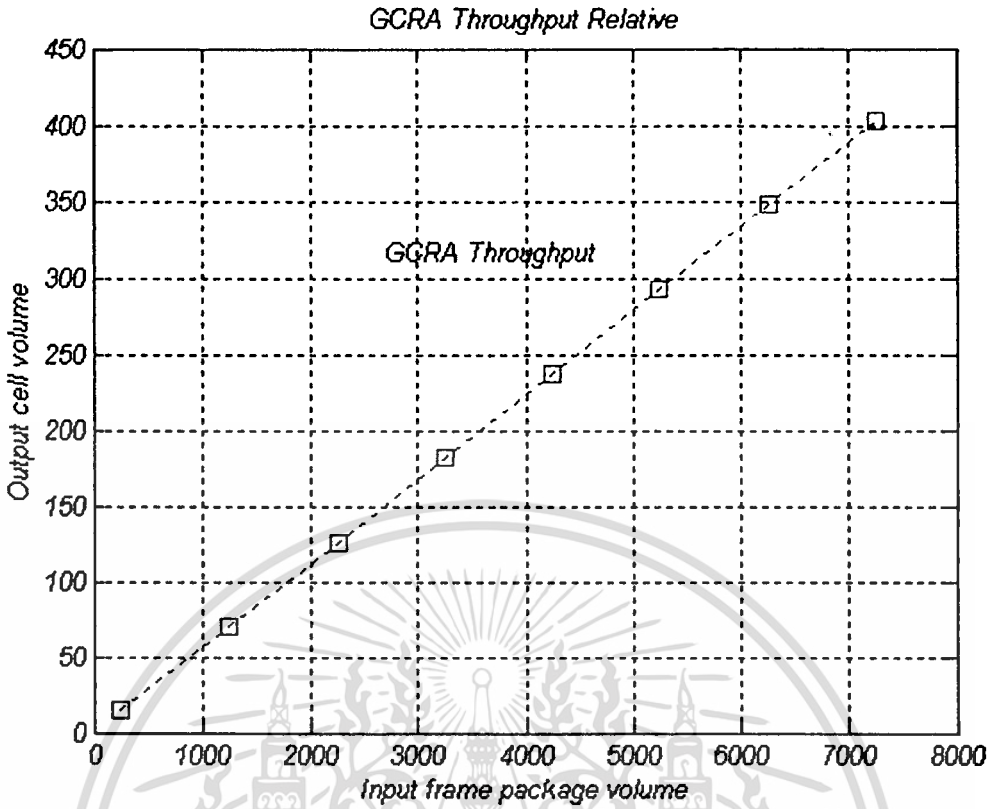
จากพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.13 สามารถคำนวณและวิเคราะห์การส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายที่ได้ออกแบบไว้ทั้งแบบ leased line, เส้นใยแก้วนำแสง และดาวเทียม โดยเปรียบเทียบขนาดของข้อมูลทางอินพุทกับเอาท์พุท ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราของ UPC (Usage Parameter Control) ทางอินพุท [Rin(t)] กับเอาท์พุท [Rout(t)] เทียบกับ Rc(t) (Contact Cell Rate) และจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.38 [35].

$$\text{Normalized input volume : } Vin = \frac{\int_0^{\infty} Rin(t)dt}{\int_0^{\infty} Rc(t)dt} \qquad (4.81)$$

$$\text{Normalized output volume : } Vout = \frac{\int_0^{\infty} Rout(t)dt}{\int_0^{\infty} Rc(t)dt} \qquad (4.82)$$

$$Vout = \frac{(Ron \times Ton) + (Roff \times (Toff - (\tau_2 - \tau_3))) + (Vin \times Roff(\tau_2 - \tau_3))}{(Ron \times Ton) + (Roff \times Toff)} \qquad (4.83)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทของ GCRA Throughput

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การประมาณค่าสมรรถนะของโครงข่าย

5.1 การประมาณค่าความหนาแน่นของทราฟฟิก

ในการออกแบบโครงข่ายสื่อสารข้อมูล มีหลายวิธีในการจัดการเพื่อให้ออกแบบได้สมรรถนะที่สูงสุด อย่างไรก็ตามในโครงสร้างของโครงข่าย จะมีการแบ่งออกเป็น เซกเมนต์ (Segment) เกตเวย์ (gateway) และการเชื่อมโยง (link) ในแต่ละเซกเมนต์จะถูกเชื่อมต่อกับเซกเมนต์ของ WAN อื่น ๆ ผ่านการเชื่อมโยงและเกตเวย์ โดยที่เกตเวย์ อาจเป็น บริดจ์ (bridge) เราน์เตอร์ (routers) หรืออุปกรณ์เปลี่ยนโปรโตคอล (protocol convector) อื่นๆ สำหรับการเชื่อมโยงจะอ้างถึงช่องสัญญาณทางพิสิกคัลที่ต่อกับเซกเมนต์

ทราฟฟิกของโครงข่ายจะถูกแสดงโดยทราฟฟิกเมตริกซ์ ซึ่งมีการอธิบายถึงการติดต่อสื่อสารของผู้ใช้โครงข่าย

สมมติให้โครงข่าย G ประกอบด้วย N เซกเมนต์ ในแต่ละเซกเมนต์ n_i $(1 < i < N)$ จะมีผู้ใช้โครงข่ายจำนวน k_i ดังนั้นจำนวนผู้ใช้ทั้งหมดจะกำหนดเป็น

$$U = \sum_{i=1}^{N} k_i \tag{5.1}$$

กำหนดให้ผู้ใช้งานในเซกเมนต์ n_i อยู่ในฐาน $\{U^{n_i}\}$

การสื่อสารระหว่างผู้ใช้จะกำหนดโดยเมตริกซ์ T^{U}_{UxU} โดยแต่ละ $t^{U}_{i,j}$ กำหนดเป็นทราฟฟิกเฉลี่ยจากผู้ใช้ $i(1 \le i \le U)$ ไปยังผู้ใช้ $j(1 \le j \le U), i \ne j$ หน่วยเป็น bps ผลรวมของทราฟฟิกทั้งหมด ระหว่างผู้ใช้จะกำหนดโดย

$$\lambda = \sum_{i=1}^{U}\sum_{j=1}^{U} t^{U}_{i,j} \tag{5.2}$$

ทราฟฟิกของแหล่งทรัพยากร M ได้กำหนดโดยเมตริกซ์ $T^{M}_{(MxU)}$ ซึ่ง $t^{M}_{i,j}$ กำหนดทราฟฟิกโดยเฉลี่ยจากทรัพยากร $i(1 \le i \le M)$ ไปยังผู้ใช้งาน $j(1 \le j \le M)$

กำหนดให้ทรานสปอตเมริกซ์ระหว่างเซกเมนต์อยู่ในฐานะ $T^{S}_{[NxN]}$ ซึ่งแต่ละ $t^{S}_{i,j}$ กำหนดเป็นทราฟฟิกโดยเฉลี่ยจากเซกเมนต์ i ไปยังเซกเมนต์ j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t_{i,j}^{S} = \sum_{m=\left\{U^{n_i} \mid n_i=i\right\}} \sum_{n=\left\{U^{n_j} \mid n_j=j\right\}} t_{m,n}^{U} \tag{5.3}$$

กำหนดให้ทรานสปอร์ตเมตริกซ์ระหว่างทรัพยากร M และเซกเมนต์ N คือ $M_{[M \times N]}^{S}$ ซึ่งแต่ละ $m_{i,j}^{S}$ กำหนดเป็นทราฟฟิกจากทรัพยากร i ไปยังเซกเมนต์ j

$$m_{i,j}^{S} = \sum_{n=\left\{U^{n_j} \mid n_j=j\right\}} t_{i,j}^{M} \tag{5.4}$$

สมมติให้โทรโพโลยีของโครงข่ายประกอบด้วย การเชื่อมโยง X และเกตเวย์ R และ N เซกเมนต์ เราจะกำหนดทราฟฟิกทั้งหมดในเซกเมนต์ $k\,(1 \le k \le N)$ คือ L_k

$$L_k = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} t_{i,j}^{S} \cdot P_{i,j}^{k} \tag{5.5}$$

เมื่อ $P_{i,j}^{k} = 1$ ถ้าทราฟฟิกจาก i ไปยัง j กำลังผ่าน เซกเมนต์ k และ $P_{i,j}^{k} = 0$ สำหรับในกรณีอื่นๆ สำหรับ $P_{k,k}^{k} = 1$ นั้น L_k จะประกอบด้วยทราฟฟิกที่ผ่านเซกเมนต์ $k\,(t_{k,k}^{S})$ ในขณะเดียวกันทราฟฟิกจะถูกสร้างขึ้นในเซกเมนต์ โดยผู้ใช้ในเซกเมนต์นี้และที่ผู้ใช้อื่น ๆ

กำหนดให้ทราฟฟิกทั้งหมดในการเชื่อมโยง $k\,(1 \le k \le x)$ คือ α_k

$$\alpha_k = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} t_{i,j}^{S} \cdot Q_{i,j}^{k} \tag{5.6}$$

เมื่อ $Q_{i,j}^{k} = 1$ ถ้าทราฟฟิกจาก i ไปยัง j ไหลผ่านการเชื่อมโยง k และ $Q_{i,j}^{k} = 0$ สำหรับในกรณีอื่น ๆ

เช่นเดียวกันสำหรับผลรวมทราฟฟิกในเกตเวย์ k เมื่อ $1 \le k \le R$ คือ β_k

$$\beta_k = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} t_{i,j}^{S} \cdot H_{i,j}^{k} \tag{5.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $H_{i,j}^{k}=1$ ถ้าทราฟฟิกจาก i ไปยัง j ผ่านทางเกตเวย์ k และ $H_{i,j}^{k}=0$ สำหรับในกรณีอื่นๆ

5.2 การประมาณค่าความหน่วงของโครงข่าย

สมมติให้ทราบทรานสปอร์ตเมตริก ระหว่างเซกเมนต์ในโครงข่าย G ค่าความหน่วงของโครงข่าย คือ

$$D=\frac{1}{\lambda}\left[\sum_{k=1}^{N}L_k D_k+\sum_{i=1}^{X}\alpha_i D_i+\sum_{j=1}^{R}\beta_j D_j\right] \tag{5.8}$$

L_k,α_i,β_i หน่วยเป็น bps คือจำนวนทราฟฟิกของเซกเมนต์ k การเชื่อมโยง และ เกตเวย์ ตามลำดับ

D_k, D_i, D_j หน่วยเป็น วินาที คือ เวลาของการหน่วงในเซกเมนต์ k การเชื่อมโยง i และ เกตเวย์ j ตามลำดับ โดยเวลาของการหน่วงจะขึ้นอยู่กับชนิดของโครงข่ายเป็นหลัก

λ คือ จำนวนทราฟฟิกทั้งหมดของโครงข่าย (bps)

D คือ เวลาของการหน่วงโดยเฉลี่ยระหว่างเซกเมนต์ในโครงสร้างของสมการด้านบนนี้เราสมมติให้

(1) ทราบจำนวนของทราฟฟิกของแต่ละเซกเมนต์

(2) จะไม่พิจารณาถึงปัญหาทางเราน์เตอร์ [37].

5.3 การประมาณค่าแบนด์วิดซ์ของโครงข่าย

การพิจารณาแบนด์วิดซ์ ของโครงข่ายจะขึ้นอยู่กับการเชื่อมต่อสวิตช์ ATM โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป CAC โดยจะพิจารณาตามชนิดของทราฟฟิก คือ

5.3.1 CAC สำหรับทราฟฟิกแบบ CBR

ทราฟฟิกแบบ CBR จะมีช่วงเวลาในการปล่อย เซลล์ ATM ทุก ๆ 1/PCR โดยที่ CAC จะทำการกำหนดพารามิเตอร์ PCR ในฐานะแบนด์วิธที่ต้องการสำหรับการเชื่อมต่อของ CBR ดังนั้นแบนด์วิธที่ได้คือ

$$\sum_{i} PCR_i \le Link\ capacity \tag{5.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 CAC สำหรับทราฟฟิกแบบ VBR

สำหรับทราฟฟิกแบบ VBR แบนด์วิธโดยประมาณของการเชื่อมต่อคือ α_i ซึ่ง $SCR_i \le \alpha_i \le PCR_i$ และแบนด์วิดธ์ของโครงข่ายสำหรับทราฟฟิกแบบ VBR คือ

$$\sum_i \alpha_i \le Link\ capacity \tag{5.10}$$

กำหนดให้ $(\log CLR)/B = \varsigma \in [-\infty, 0]$ เมื่อ B คือขนาดของบัฟเฟอร์ สำหรับแหล่งกำเนิด ON-OFF จะมีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลา ON เป็น $1/\mu_i$ และค่าเฉลี่ยของช่วงเวลา OFF เป็น $1/\lambda_i$ ในขณะช่วงเวลา ON จะมีอัตราข้อมูลคงที่ γ_i ฉะนั้นสมการแบนด์วิธคือ

$$\alpha_i = \frac{(\xi\gamma_i + \mu_i + \lambda_i) - \sqrt{(\xi\gamma_i + \mu_i - \lambda_i)^2 + 4\lambda_i\mu_i}}{2\xi} \tag{5.11}$$

เมื่อบัฟเฟอร์ขนาดใหญ่ ค่า $\xi \to 0$ จะได้แบนด์วิธเป็น

$$\alpha_i = \frac{\lambda_i\gamma_i}{\lambda_i + \mu_i} \tag{5.12}$$

สำหรับบัฟเฟอร์ขนาดเล็ก ค่า $\xi \to -\infty$ ฉะนั้นจะได้แบนด์วิธเป็น

$$\alpha_i = \gamma_i \tag{5.13}$$

ซึ่ง $\mu_i = PCR/ABS$, $\lambda_i = \mu_i \cdot SCR/(PCR - SCR)$, $\gamma_i = PCR$

สำหรับการเชื่อมต่อแบบ VBR จะมีพารามิเตอร์ ABS แสดงถึงทราฟฟิกจะมีเฉพาะ MBS ดังนั้นจึงทำการแปลง ABS เป็น MBS เพื่อที่จะใช้ในฟังก์ชันนี้

5.3.3 สำหรับทราฟฟิกแบบ ABR

$$BW_{ABR} = \left(\rho \cdot LR - BW_{CBR,VBR} - \left(\sum_{i \in ABR} MCR_i\right)\right) \tag{5.14}$$

เมื่อ LR คือ อัตราการเชื่อมต่อ

$BW_{CBR,VBR}$ คือ แบนด์วิธที่ต้องการของการเชื่อมต่อ CBR และ VBR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\rho \in [0,1]$ คือ เป้าหมายการใช้ประโยชน์ของการเชื่อมต่อ

MCR_i คือ Minimum Cell Rate ของ ABR [5].

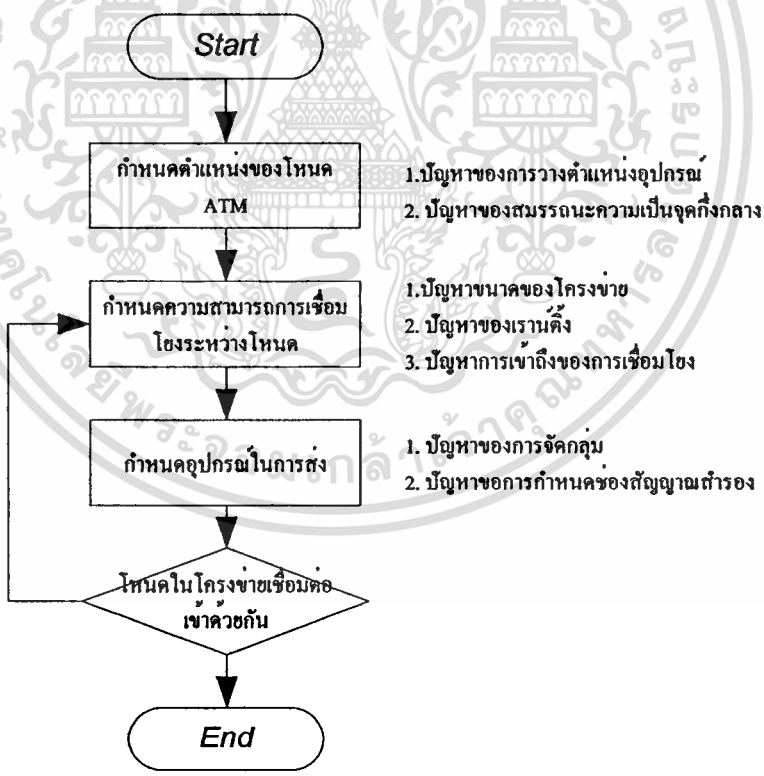
5.4 การประมาณค่าเพื่อรองรับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในอนาคต

ปัญหาในหารวางแผนสำหรับวางโครงข่าย ATM คือ โครงข่าย ATM จำเป็นต้องรองรับทราฟฟิกหลายชนิด โดยแต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น เวลาที่ใช้ อัตราบิตเฉลี่ย และอัตราบิตสูงสุด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพิจารณาถึงเทคนิคเพื่อแก้ไขปัญหาก่อนใช้สถาปัตยกรรมโครงข่ายแบบใหม่ คือ

(1) การกระจายการวางโครงข่ายที่มีความเหมาะสม

(2) การพิจารณาถึงความน่าเชื่อถือของโครงข่าย (จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสถาปัตยกรรมโครงข่ายแบบใหม่)

ดังนั้นในการกระจายการวางโครงข่ายที่มีความเหมาะสม สามารถพิจารณาได้จากรูปต่อไปนี้



รูปที่ 5.1 แสดงการประมาณการสำหรับข้อกำหนดในการวางโครงข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.1 ปัญหาของการเลือกโหนด ATM และโหนดที่อยู่ห่างไกล (Remote)

เมื่อพิจารณาปัญหาการกำหนดสวิตช์ ATM และระบบรีโมตที่มีความเหมาะสมภายในอาคาร จะมีการกำหนดองค์ประกอบดังต่อไปนี้

N : เซตของความต้องการโหนด

H : เซตของอาคาร

d_{ij} : ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อจากจุด i ไป j, $i \in N \cup H$, $j \in H$

C_h : ค่าใช้จ่ายของสวิตช์ ATM หรือ C_r : ค่าใช้จ่ายของระบบรีโมต

b_h : ความสามารถของสวิตช์ ATM หรือ b_r : ความสามารถของรีโมตโหนด

D_i : ความต้องการของโหนด $i \in N$

δ : ค่าใช้จ่ายของระยะทางสูงสุดที่ยอมรับได้ระหว่างสวิตช์ ATM และ ระบบรีโมต

ตัวแปรในการตัดสินใจของการเลือกโหนด คือ

x_{ij}: ตัวแปร 0 หรือ 1 ที่แสดงว่าโหนด i ทำการต่ออยู่กับอาคาร j หรือไม่ เมื่อ $i \in N, j \in H$

y_{ij} : ตัวแปร0 หรือ 1 ที่แสดงว่าอาคาร i ทำการต่ออยู่กับอาคาร j หรือไม่

x_i : จำนวนของระบบรีโมตที่ติดตั้งอยู่ในอาคาร $j \in H$

y_i : จำนวนของสวิตช์ ATM ที่ติดตั้งอยู่ในอาคาร $j \in H$

ดังนั้นปัญหาของการเลือกโหนดสามารถกำหนดได้จากสมการต่อไปนี้

$$Minimize \sum_{j\in H}\sum_{i\in N} D_i d_{ij} x_{ij} + \sum_{j\in H}\sum_{k\in N}\left[\sum_{i\in N} D_i x_{ik}\right] d_{kj} y_{ki} + \sum_{j\in H}\left(C_i x_j + C_h y_j\right) \tag{5.15}$$

ดังนั้นจะได้อัลกอริทึมดังนี้

$$\sum_{j\in H} x_{ij} = 1 \quad , \forall i \in N \tag{5.16}$$

$$\sum_{j\in N} y_{ij} = 1 \quad , \forall i \in \tag{5.17}$$

$$\sum_{i\in N} D_i x_{ij} - b_r x_j \le 0 , \forall j \in H \tag{5.18}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum_{k\in H}\left[\sum_{j\in N} D_i x_{ik}\right] y_{kj} - b_n y_i \le 0, \forall j \in H \tag{5.19}$$

$$x_{ij} - x_j \le 0, \forall i \in N, \forall j \in H \tag{5.20}$$

$$y_{ij} - y_j \le 0, \forall i, \forall j \in H \tag{5.21}$$

$$y_{ij} = 0, \forall (i,j) \in \{(i,j) \mid d_{ij} > \delta\} \tag{5.22}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in N, \forall j \in H \tag{5.23}$$

$$y_{ij} \in \{0,1\}, \forall i, \forall j \in H \tag{5.24}$$

$$x_j \ge 0, y_i \ge 0, \text{integer}, \forall j \in H \tag{5.25}$$

จากสมการที่ผ่านมาจะแบ่งออกเป็น 2 เทอม โดยเทอมแรกแสดงถึงค่าใช้จ่าย ในการเชื่อมต่อของโหนด i (หรืออาคาร k)ไปยังอาคาร j และเทอมสุดท้ายเป็นค่า ใช้จ่ายในการติดตั้งสวิตซ์ ATM และระบบรีโมต

ในส่วนของอัลกอริทึม (5.16) และ (5.17) แสดงความต้องการของโหนด หรืออาคาร สำหรับการ เชื่อมต่อเฉพาะอาคารเดียว ความสามารถในการติดตั้งระบบรีโมตและสวิตซ์ ATM ในแต่ ละอาคารได้แสดงไว้ในอัลกอริทึม (5.18) และ (5.19)

อัลกอริทึม (5.20) และ (5.21) แสดงถึงความต้องการในการเชื่อมต่อโหนด หรือรีโมตโหนด ไปยังอาคารที่มีองค์ประกอบอย่างน้อยหนึ่งรีโมตโหนด (เช่น สวิตซ์ ATM) อัลกอริทึมที่ (5.22)แสดงถึงสถานะของสมมติฐานที่ระยะทางระหว่างโหนดและรีโมตโหนด ควรมีอย่างน้อยเท่ากับ δ ส่วนอัลกอริทึม (5.23) - (5.25) แสดงถึงคุณสมบัติจำนวนจริง ของตัวแปร

5.4.1.1 ปัญหาเราท์ติ้ง

ในระบบ ATM มีเราท์ติ้งอยู่ 2 แบบคือ VC และ VP ปัญหาในส่วนของ VPคือ การกำหนด VPC ให้เหมาะสม ดังนั้นจึงสามารถกำหนดพารามิเตอร์ที่อธิบายถึงปัญหา ของ VP และ VC เราท์ติ้งพร้อมๆกันดังนี้

N' : ชุดของโหนดสวิตชิ่ง VC และ N'' : ชุดของโหนดสวิตชิ่ง VP

A : เซตของการเชื่อมโยงทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A' : เซตของการสร้าง VPC ทั้งหมดจาก $G=(N'\cup N'',A)$

E : ขอบเขตที่ครอบคลุมถึงของโหนด โดยที่เมตริกซ์ของ $G'=(N',A')$

e_{sd} : ขนาดเวกเตอร์ $|N'|$ ซึ่งมีองค์ประกอบ i เป็น 1 ถ้า $i=s$, i เป็น -1 ถ้า $i=d$ และ i เป็น 0 ในกรณีอื่นๆ (s คือ ต้นทาง และ d คือ ปลายทาง)

k_{ij} : เซตดัชนีของ VPC ที่ใช้ในการเชื่อมโยง $(i,j)\in N$

C_{ij} : ความสามารถของการเชื่อมโยง $(i,j)\in A$

a_{sd}^{j} : จำนวนของการเชื่อมต่อ j จากต้นทาง s ไปยังปลายทาง d โดยที่ $j,s,d\in N',s\neq d,j=1,\ldots,L$

B_i : ความสามารถของบัฟเฟอร์ที่โหนด $i\in N'$

ฟังก์ชันทางอินพุทของเรานต์ดิ้ง

$\hat{c}_k(M;x)$: ความสามารถสมมูลของ VP^k ที่บัฟเฟอร์ขนาด x โดยอาศัย M_j ของการเชื่อมต่อชนิด j , $j=1,\ldots,L,k\in A'$ โดยที่ $M=(M_1,\ldots,M_L)$

$d_{ij}(u)$: ความสามารถสำหรับค่าใช้จ่ายของการเชื่อมโยง $(i,j)\in A$ ซึ่งความสามารถในการเชื่อมโยง (i,j) คือ u

$\beta_k(u)$: ค่าใช้จ่ายในการควบคุมของ VP^k เมื่อความสามารถของสวิตซ์ VP^k คือ $u,k\in A'$

$\varsigma(x)$: ค่าใช้จ่ายของบัฟเฟอร์ขนาด x

$\xi(u)$: ค่าใช้จ่ายสวิตชิ่ง VC เมื่อความสามารถของสวิตซ์ คือ u

$\phi(u)$: ค่าใช้จ่ายสวิตชิ่ง VP เมื่อความสามารถของสวิตซ์ คือ u

ตัวแปรในการตัดสินใจของเรานต์ดิ้ง คือ

$f_{sd}^{j}(k)$: จำนวนของการเชื่อมต่อ (s,d) ของ j ที่กำหนดให้ VP^k , $s,d\in N',s\neq d$, $k\in A',j=1,\ldots,L$

f_{sd}^{j} : เวกเตอร์ของ $(f_{sd}^{j}(k);k\in A'),j=1,\ldots,L$

x_k : จำนวนของบัฟเฟอร์ที่ VP^k , $k\in A'$

y_k^j : ผลรวมของจำนวนการเชื่อมต่อ j ที่กำหนดให้ VP^k , $k\in A',j=1,\ldots,L$

y^j : เวกเตอร์ $y^j=\left(y_j^j,\ldots,y_{|A|}^j\right),j=1,\ldots,L$

y_k : เวกเตอร์ $y_k=\left(y_k^1,\ldots,y_k^L\right),k\in A'$

ดังนั้นปัญหาของเรานต์ดิ้งสามารถกำหนดได้จากสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Minimize \sum_{(i,j)\in A} \alpha_{ij} \left[\sum_{k\in k_{ij}} \hat{c}_k(y_k;x_k) \right] + \sum_{k\in A} \xi(x_k) + \sum_{k\in A} \beta_k \left[\hat{c}_k(y_k;x_k) \right] \quad (5.26)$$

โดยมีความน่าจะเป็นที่

$$E \cdot f_{sd}^j = a_{sd}^j \, e_{sd}, \forall_{s,d} \in N', s \neq d, \forall j = 1,\ldots,L \quad (5.27)$$

$$y^j = \sum_{s,d\in N} f_{s,d}^j, \forall j = 1,\ldots,L \quad (5.28)$$

$$\sum_{k\in A(j)} x_k \leq B_i, \forall i \in N' \quad (5.29)$$

$$\sum_{k\in k_{i,j}} \hat{c}_k(y_k;x_k) \leq C_{ij}, \forall (i,j) \in N \quad (5.30)$$

$$x_k \geq 0 \text{ integer}, \forall k \in A' \quad (5.31)$$

$$f_{sd}^j \geq 0 \text{ integer}, \forall s,d \in N', s \neq d, \forall j = 1,\ldots,L \quad (5.32)$$

เมื่อ VP^k แสดงถึง VPC จำนวน k ชุด โดยที่ $k \in A'$

5.4.1.2 ปัญหาขนาดโครงข่าย ATM

ขนาดโครงข่าย ATM เกิดจากความสามารถของการเชื่อมโยงระหว่างคู่สวิตชิ่งโหนด VC/VP ที่ค่าใช้จ่ายต่ำสุดของการเชื่อมต่อทำให้ได้รับ GoS (Grade of Service) และ QoS ของเลเยอร์ ATM เป็นที่น่าพอใจ

อัลกอริทึมขนาดโครงข่าย ATM

ขั้นที่ 1 การอ่านข้อมูลจากอินพุทจาก

(1) ชุดของสวิตชิ่งโหนด $VC; N'$

(2) ขนาดของบัฟเฟอร์ในโหนด $i: B_i, i \in N'$

(3) การกำหนดเส้นทาง

(4) คู่การเชื่อมระหว่างเส้นทาง (s,d)

(5) ค่าใช้จ่ายของแต่ละช่องสัญญาณระหว่างโหนด i และโหนด j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) การกระจายทราฟฟิกของ $\ell, \ell = 1,\ldots,L$

(7) GoS และ QoS ของ $\ell, \ell = 1,\ldots,L$

ขั้นที่ 2 การคำนวณหาค่า n_{ij}^{ℓ} ของช่องสัญญาณระหว่างโหนด i และโหนด j

$$\forall \ell = 1,\ldots,L, \forall i,j \in N', i \neq j \tag{5.33}$$

ขั้นที่ 3 การหาความสามารถในการเชื่อมโยง $\overline{C}_{ij}, \forall i,j \in N', i = j$

$$\overline{C}_{ij} = \hat{c}(n_{ij}^{\ell},\ldots,n_{ij}^{L}; B_i) \tag{5.34}$$

ดังนั้นขนาดโครงข่าย ATM สามารถกำหนดได้จากสมการต่อไปนี้ [38].

$$Minimize \sum_{(i,j\in A)} y_{ij}(C_{ij}) + \sum_{(i,j\in A)} \alpha_{ij}\left[\sum_{k\in k_{ij}} \overline{C}_k y_k; x_k)\right]$$

$$+ \sum_{k\in A} \varsigma(x_k) + \sum_{k\in A} \beta_k[\hat{c}_k(y_k; x_k)] \tag{5.35}$$

โดยมีความน่าจะเป็นที่

$$E \cdot f_{sd}^{i} = a_{sd}^{i} e_{sd}, \forall s,d \in N', s \neq d, \forall j = 1,\ldots,L \tag{5.36}$$

$$y^{i} = \sum_{s,d} f_{sd}^{i}, \forall j = 1,\ldots,L \tag{5.37}$$

$$\sum_{k\in A(i)} x_k \leq B_i, \forall i \in N' \tag{5.38}$$

$$\sum_{k\in k_i} \hat{c}_k(y_k; x_k) - C_{ij} \leq 0 \ \forall (i,j) \in A \tag{5.39}$$

$$x_k \geq 0, \text{int}\, eger, \forall k \in A' \tag{5.40}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

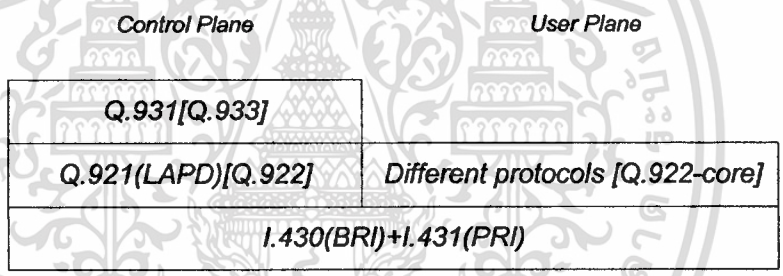
$$f_{sd}^{j} \geq 0, \text{integer}, \forall s,d \in N', s \neq d, \forall j = 1,\ldots,L \quad (5.41)$$

$$C_{ij} \geq 0, \forall (i,j) \in A \quad (5.42)$$

5.4.2 เทคโนโลยีสำหรับรองรับความก้าวหน้าของโครงข่าย

วิวัฒนาการของโครงข่าย ISDN นับตั้งแต่มีมาตรฐานของการใช้งาน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ยุคด้วยกันคือ ISDN1, ISDN2 และ ISDN3 โดยที่ในปัจจุบันได้มีการใช้ ISDN1, ISDN2 อย่างแพร่หลาย และมีแนวโน้มที่จะนำ ISDN3 มาใช้ในอนาคตอันใกล้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

5.4.2.1 ยุค ISDN1 เป็นการรองรับโครงข่ายโทรศัพท์ที่สามารถขยายอัตราบิตของการให้บริการที่สูงขึ้น คือ n x 64 kbps และสามารถรองรับทราฟฟิกของข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ซึ่ง ISDN 1 นี้มีข้อจำกัดในการรองรับการบริการบรอดแบนด์



รูปที่ 5.2 โปรโตคอลISDN 1

จากรูปที่ 5.2 แสดงเลเยอร์โปรโตคอล ISDN ซึ่งเลเยอร์ฟิสิกคัลคือ มาตรฐาน I.430 และ I.431 ซึ่งกำหนดการอินเทอร์เฟสเป็น 2 ชนิดได้แก่ BRI (Basic Rate Interface) และ PRI (Primary Rate Interface) โดยที่ BRI รองรับ 2 ช่องสัญญาณ bearer (B) และ หนึ่งช่องสัญญาณข้อมูล (D :Data) หรือ 2B+D ขณะที่ PRI รองรับ 23ช่องสัญญาณ bearer (B) และ หนึ่งช่องสัญญาณข้อมูล (D :Data) หรือ 23+D สำหรับระนาบ C (Control Plane) ใช้สำหรับทำการส่งและควบคุมสัญญาณผ่านช่องสัญญาณ D ขณะที่ระนาบ U (User Plane) ใช้สำหรับทำการโอนถ่ายข้อมูลของผู้ใช้ผ่านช่องสัญญาณ B เลเยอร์ที่ 2 ของโปรโตคอล หรือ ดาต้าลิงค์ สำหรับช่องสัญญาณ D เรียกว่า LAPD (Link Access Procedure for D Channel) ซึ่งจะคล้ายกันกับโปรโตคอล HDLC (High-Level Data Link Control) และทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลสำหรับช่องสัญญาณ D สำหรับเลเยอร์โปรโตคอลที่ 3 คือ Q.931 จะทำหน้าหน้าก่อตั้งและจัดการการติดต่อระหว่างผู้ใช้งาน รวมทั้งทำหน้าที่ยกเลิกการ

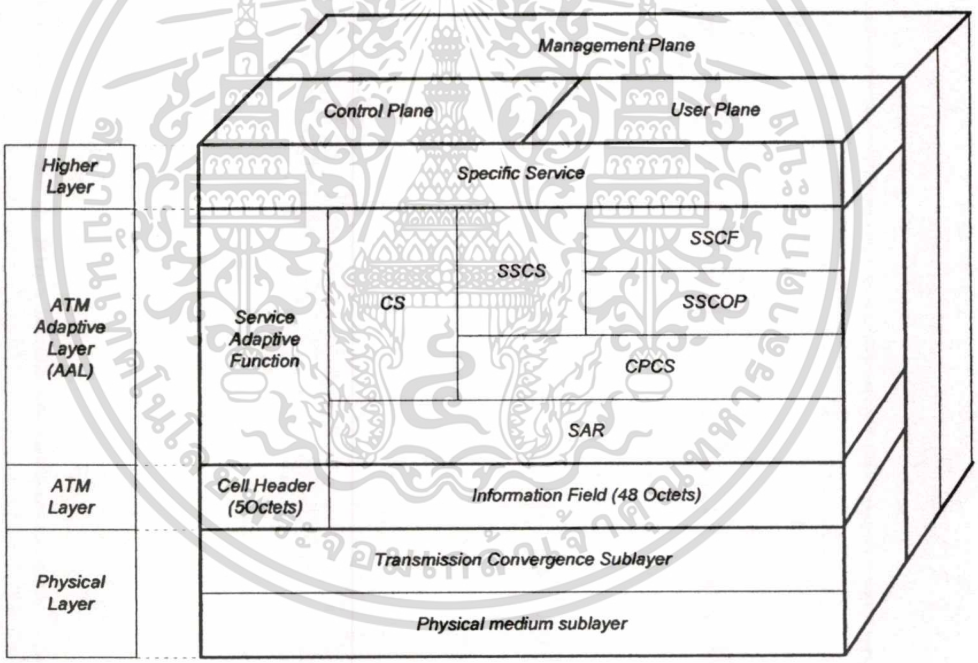
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดต่อ ในส่วนของเลเยอร์ลิงค์ (Link) และเลเยอร์เน็ตเวิร์ค (Network) ของระนาบ U นั้น ผู้ใช้แต่ละสถานีสามารถใช้โปรโตคอลที่แตกต่างกันได้

N-ISDN (Narrow ISDN) ได้มีการพัฒนาต่อมาเป็นเทคโนโลยีเฟรมรีเลย์ ซึ่งใช้เทคนิคสวิตช์ความเร็วสูงทำการส่งเฟรมที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งเฟรมรีเลย์สามารถใช้บริการเลเยอร์ฟิสิกคัลของ ISDN ได้เช่นกัน และสามารถรองรับการเชื่อมต่อแบบ PVC และ SVC ซึ่ง PVC ถูกควบคุมโดยสัญญาณข้อความ Q.933 ขณะที่ SVC นั้น Q.933 จะกำหนดโปรโตคอลการติดต่อคล้ายกันกับ Q.931สำหรับรองรับสวิตช์เสมือน

5.4.2.2 ยุค ISDN2 โครงข่าย ATM

โครงข่าย ATM ได้เริ่มกำหนดขึ้นบนพื้นฐานของบรอดแบนด์ ISDN (ISDN 2) และมีการเชื่อมต่อแบบ connection-oriented โดยที่ ISDN 2 จะใช้วงจรสวิตช์ ECS (Emulates Circuit Switch) ผ่านโครงข่ายอะซิงโครนัสโดยใช้ขนาดแพ็คเกจแบบคงที่เรียกว่า เซล



รูปที่ 5.3 โปรโตคอลISDN 2

5.4.2.3 ยุค ISDN 3

ในยุค ISDN 3 เป็นโครงข่ายในอนาคตและเริ่มมีการกำหนดมาตรฐานใช้งานแล้วเช่นเดียวกัน ซึ่งลักษณะของโครงข่ายจะประกอบไปด้วย ATM, Internet และโครงข่ายแบบแอคทีฟ (Active Network) ซึ่งสิ่งที่ต้องพิจารณาถึงโครงข่าย ATM ที่สามารถรองรับโครงข่ายในอนาคตคือ

(1) ความก้าวหน้าในการทำงานร่วมกัน(Interworking) กับโครงข่ายอื่นๆ

(2) ความสามารถของการเข้าถึงเทคโนโลยีบรอดแบนด์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) โหนดของโครงข่ายมีความสามารถในการประมวลผลสูง

(4) การเชื่อมโยงของโครงข่ายไม่มีข้อจำกัดในด้านแบนด์วิธ ปราศจากความผิดพลาด และมีความน่าเชื่อถือสูง

(5) ทราฟฟิกหลักของโครงข่ายเป็นทราฟฟิกข้อมูลแบบ Connectionless

(6) สามารถรวมเอาอุปกรณ์ต่างๆเข้าไว้ในโครงข่ายเดียวกันและทำงานร่วมกันได้

5.4.2.3.1 อินเทอร์เนต

อินเทอร์เนตเป็นโครงข่ายที่มีการเชื่อมต่อแบบ Connectionless ซึ่งโดยปกติโครงข่ายจะทำการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันกับเราน์เตอร์ซึ่งทำการส่งแพ็คเกจต่อไปในรูปของ IP (Internet Protocol) แอดเดรสในแต่ละแพ็คเกจและใช้ตารางกำหนดเส้นทาง (Routing Table) ซึ่งตารางกำหนดเส้นทางจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบไดนามิคโดยเราน์ติ้งโปรโตคอล ตามเงื่อนไขของทราฟฟิก อินเทอร์เนตจะอยู่บนพื้นฐานของโครงสร้าง TCP/IP ซึ่งประกอบด้วย 4 เลเยอร์ คือ เลเยอร์ลิงค์ (Link Layer) เช่น โปรโตคอล Ethernet อำนวยประโยชน์ในการเข้าถึงโครงข่ายของผู้ใช้โดยที่จะเป็นอุปกรณ์ driver หรือ Network Adapter ที่มีมาตรฐานการใช้งาน เช่น IEEE 802.3 สำหรับโครงข่าย Ethernet เป็นต้น สำหรับ PPP (Point-to-Point Protocol) และ SLIP (Serial Line IP) ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับโครงข่ายผ่านการ dial-up

เลเยอร์เนตเวิร์ก (Network Layer) มีหน้าที่รองรับการทำงานร่วมกันของโครงข่ายที่ประกอบด้วยการกำหนดแอดเดรสและเราน์ติ้ง โปรโตคอลของเลเยอร์นี้คือ IP (Internet Protocol) ทำหน้าที่ส่งแพ็คเกจจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีอื่นในโครงข่าย เนื่องจาก IP เป็นการเชื่อมต่อแบบ Connectionless จึงได้มีการกำหนดเลเยอร์ที่ 3 เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือในการให้บริการคือ เลเยอร์ทรานสปอร์ต (Transport Layer) ทำหน้าที่ส่งผ่านการให้บริการแบบ End-to-End ให้มีประสิทธิภาพผ่านการเชื่อมต่อแบบ Connectionless สำหรับเลเยอร์ชั้นบนสุดคือ เลเยอร์แอพพลิเคชัน (Application Layaer) ทำหน้าที่รองรับการให้บริการผู้ใช้งาน ซึ่งเลเยอร์ของ TCP/IP แสดงได้ดังรูปที่ 5.4

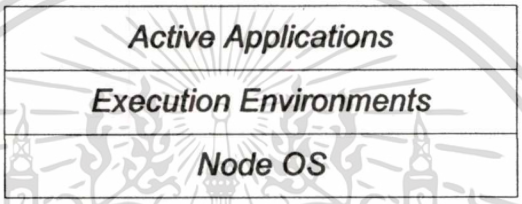
Application Layer :	FTP, SMTP, SNMP
Transport Layer :	TCP, UDP
Network Layer :	IP
Link Layer :	IEEE 802.x, PPP, SLIP

รูปที่ 5.4 เลเยอร์โปรโตคอล TCP/IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

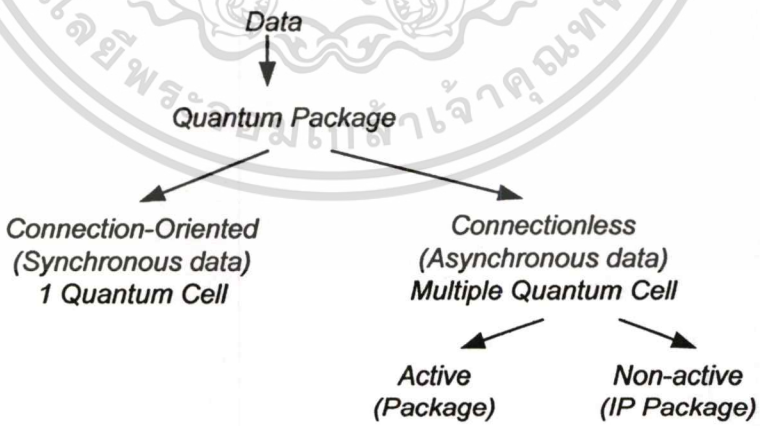
5.4.2.3.2 โครงข่ายแบบแอคทีฟ (Active Network)

โครงข่ายแบบแอคทีฟเป็นการออกแบบโปรแกรมการทำงานเพื่อแก้ปัญหาภายในโครงข่าย และการเพิ่มการให้บริการใหม่ๆ ซึ่งจะอยู่บนพื้นฐานของการพัฒนาโปรแกรมสำหรับสวิตชิ่ง หรือวิธีการของแพ็คเกจ โดยที่โปรแกรมจะถูกโหลดเข้าไปยังโหลดของโครงข่ายตามความต้องการใช้งานในขณะนั้น และวิธีการโปรแกรมแพ็คเกจจะใช้แนวความคิดใหม่ๆในการพัฒนาวิธีการนำพาแพ็คเกจที่มีการปฏิบัติการที่โหนดของโครงข่าย โดยที่รูปที่ 5.5 แสดงองค์ประกอบของโหนดโครงข่ายแบบแอคทีฟ และจากรูปในส่วนของ Active Application ที่แตกต่างกันจะมีการปฏิบัติงานที่ EE (Exclusive Environment) แตกต่างกันด้วยเช่นกัน สำหรับระบบปฏิบัติการของโหนด (Node Operation System) รับผิดชอบการจัดการการทำงานของแหล่งกำเนิดแอคทีฟโหนด



รูปที่ 5.5 องค์ประกอบของโหนดโครงข่ายแบบแอคทีฟ

ในปัจจุบันได้มีการวิจัยและพัฒนาชนิดของแพ็คเกจแบบใหม่ เพื่อให้มีความเหาะสมกับ ISDN3 เรียกว่า ควอนตัมแพ็คเกจ ซึ่งจะประกอบด้วยควอนตัมเซลจำนวนมากหรืออาจจะมีเพียงควอนตัมเซลเดียว และเซลATM 1 เซล คือตัวอย่างของควอนตัมเซลเดียว ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 ควอนตัมแพ็คเกจ

นอกจากการพัฒนาทางด้านแพ็คเกจ ISDN3 ยังมีการพัฒนาวิธีการนำพาทราฟฟิกผ่านโครงข่ายที่เรียกว่า FEE (Forward EnginE) ซึ่ง FEE จะทำหน้าที่ส่งผ่านแพ็คเกจไปข้างหน้าและ

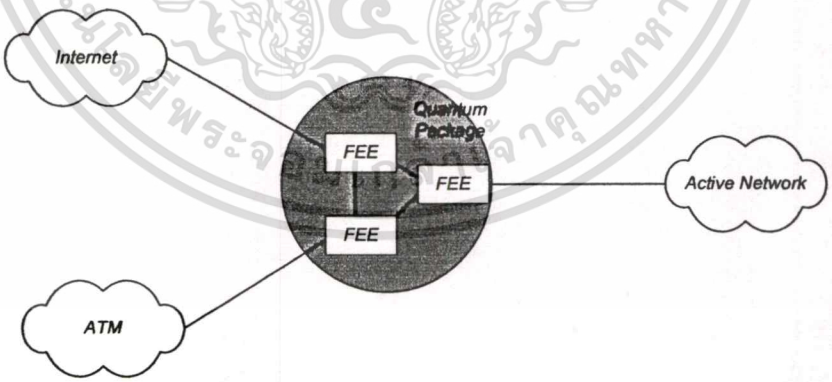
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รองรับการทำงานของโครงข่ายแบบแอคทีฟ ในตารางที่ 5.1 จะเปรียบเทียบระว่าง ISDN 1, ISDN 2 และ ISDN 3

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบ ISDN1, ISDN2 และ ISDN3

รายละเอียด	ISDN1	ISDN2	ISDN3
การเชื่อมต่อของโครงข่าย	Connection-Oriented	Connection-Oriented	Connectionless
รูปแบบการส่ง	เฟรม	เซล	ควอนตัมแพ็คเกจ
การส่งเสริมทราฟฟิก	สวิตช์	สวิตช์	FEE (Forward EnginE)
ลักษณะของโครงข่าย	Non-active with little intelligence	Non-active with more intelligence	Active with high intelligence

การรองรับโครงข่ายในอนาคตของ ATM สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.7 ซึ่ง FEE จะทำการรวมสวิตช์และเราท์ติ้งเข้าด้วยกันและมีการต่อร่วมกันกับโครงข่ายความเร็วสูง และสามารถต่อกับโครงข่าย ATM, Internet และโครงข่ายแบบแอคทีฟอย่างง่ายดาย ซึ่งควอนตัมแพ็คเกจแบบควอนตัมเซลเดียว หรือหลายควอนตัมเซลถูกนำมาใช้ส่งผ่านทราฟฟิกได้ทั้งแบบซิงโครนัส และอะซิงโครนัสผ่าน ISDN3

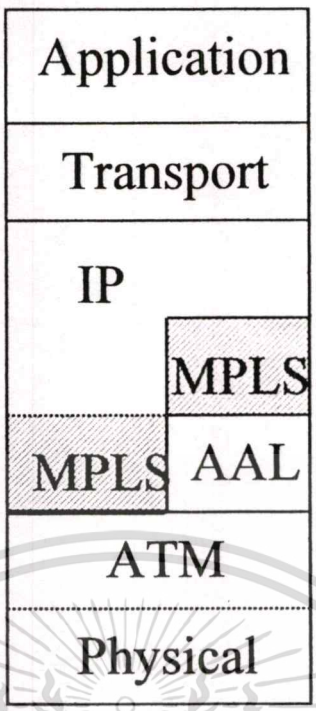


รูปที่ 5.7 สถาปัตยกรรมโครงข่าย ISDN3

5.4.2.3.3 การทำงานร่มกันระหว่าง IP กับ ATM

จากการทำงานร่วมกันระหว่าง FR กับ ATM การพัฒนาโครงข่ายสามารถกำหนดการทำงานของโครงข่าย ATM ร่มกับ IP เช่น MPLS over ATM ซึ่งมีโครงสร้างทางโปรโตคอลดังรูปที่ 5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 ตัวอย่างการทำงานร่วมกันระหว่าง IP และ ATM (MPLS over ATM)

MPLS (Multiprotocol Label Switching) เป็นการนำเอาวิธีการ Connection-Oriented มารวมกันกับ Routing Protocol เพื่อแก้ปัญหาการส่ง IP ผ่านโครงข่าย ATM ซึ่งได้เกิดปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไขดังนี้

(1) การเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณของ VC สำหรับการเชื่อมต่อเส้นทางแบบ Any-to-Any ซึ่งจะต้องคงจำนวน VC เอาไว้

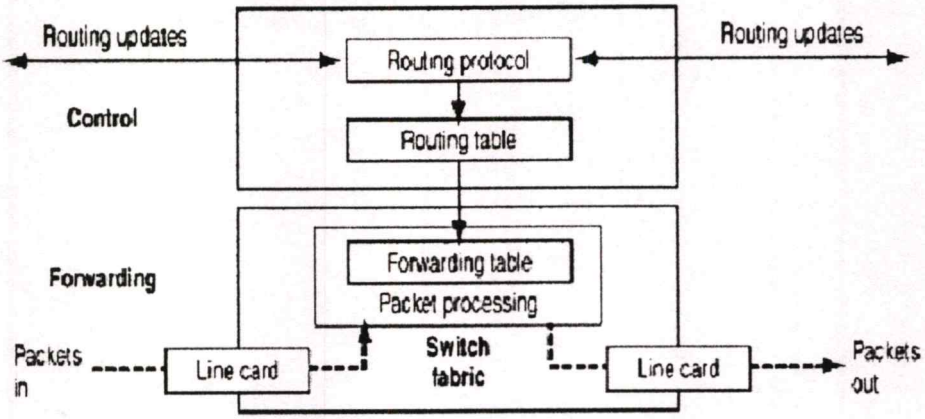
(2) การเพิ่มขึ้นของทราฟฟิกจะทำให้เกิดปัญหาเราน์เตอร์ Hop

(3) การเปลี่ยนแปลงโทโพโลยี (กรณีการความล้มเหลวในการเชื่อมโยง) จำเป็นต้องการทราฟฟิกโปรโตคอล

(4) ATM เป็นเทคโนโลยีแบบบอร์ดคลาส (Broadcast) จึงทำให้จำเป็นต้องใช้ LANE ซึ่งยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น

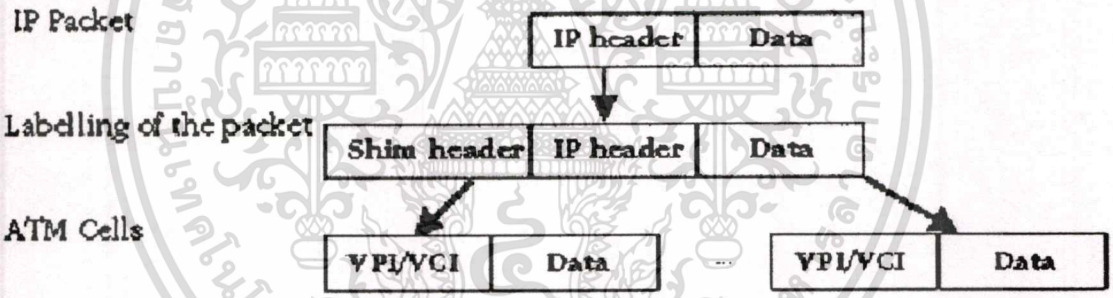
ลักษณะของโครงสร้าง Multilayer สวิตช์จะทำการรวม ATM สวิตชิ่งและ IP เราน์ติ้งเข้าด้วยกันแสดงดังรูปที่ 5.9 ซึ่งองค์ประกอบของส่วน Control จะทำหน้าที่สร้างและดูแลรักษาตาราง Forwarding และองค์ประกอบของ Forwarding จะทำหน้าที่ค้นหาตาราง Forwarding จากเส้นทางของแต่ละแพ็คเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

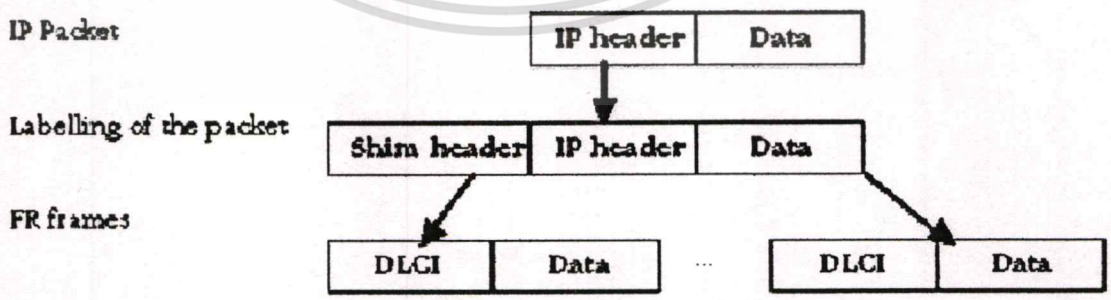


รูปที่ 5.9 Multilayer Switching

โครงข่าย MPLS จะทำการสร้าง LSR (Label Switched Router) หรือเรียกว่า Shim Header และแปลงเป็น ATM VPI/VCI สำหรับผ่านโครงข่าย ATM หรือ FR DLCI สำหรับผ่านโครงข่าย FR ได้โดยตรง ดังรูปที่ 5.10 และ รูปที่ 5.11 ตามลำดับ [15].



รูปที่ 5.10 MPLS over ATM โดยที่ ATM อยู่ในฐานะเลเยอร์ดาต้าลิ้ง



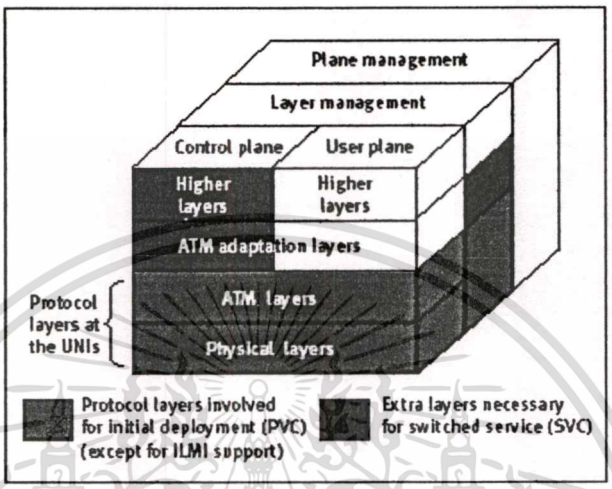
รูปที่ 5.11 MPLS over FR โดยที่ FR อยู่ในฐานะเลเยอร์ดาต้าลิ้ง

5.4.2.3.4 การทำงานร่วมกันระหว่าง ADSL บรอดแบนด์ กับ ATM

ตามมาตรฐานของ ITU ได้มีข้อกำหนดในการอินเตอร์เฟสสำหรับ ATM หลายรูปแบบ ซึ่งข้อกำหนด UNI 3.1 เป็นมาตรฐานของการอินเทอร์เฟสระบบปลายทางกับสวิตช์ ATM โดยจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอบคลุมตั้งแต่เลเยอร์ที่ 1 ถึงเลเยอร์ 3 ของ OSI ซึ่งระนาบ U (User Plane) จะนำมาใช้จัดการโอนถ่ายเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ข้อมูลข่าวสาร ระนาบ C (Control Plane) จะจัดการควบคุมการเชื่อมต่อทางสวิตช์ และระนาบ M (Management Plane) จะจัดการเกี่ยวกับข้อผิดพลาด สมรรถนะ ระบบโครงสร้าง ระบบคำนวณบัญชีและระบบความปลอดภัยภายในโครงข่าย ATM ดังรูปที่ 5.12

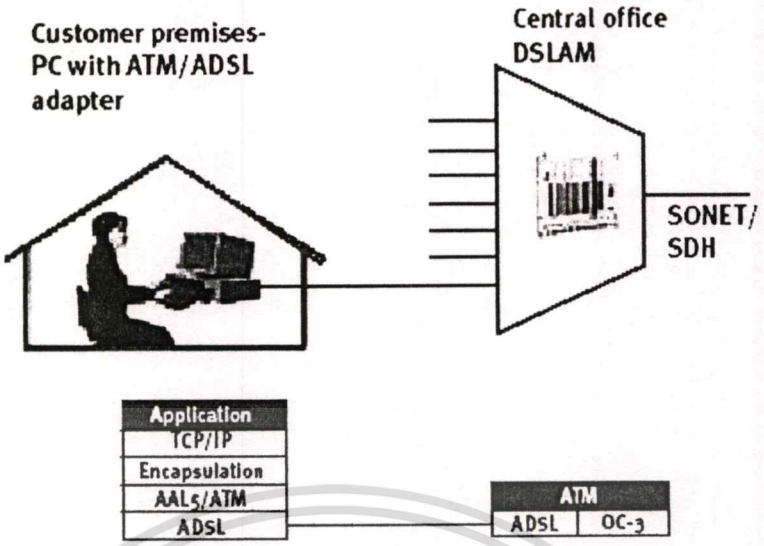


รูปที่ 5.12 แสดงถึงข้อกำหนดทางเลเยอร์ของ UNI ของ ATM

จากรูปที่ 5.12 ข้อกำหนดของ UNI 3.1 จะไม่มีองค์ประกอบของ ADSL ทางเลเยอร์ฟิสิกคัล ซึ่งภายใต้ข้อกำหนดของ ADSL ได้มีการกำหนดมาตรฐานการทำงานร่วมกันกับ ATM คือ ในการอินเทอร์เฟสระหว่าง ADSL โมเด็มกับ ATM จะใช้เลเยอร์ ATM สำหรับนำพาการควบคุมและข้อมูลของผู้ใช้งาน รวมทั้งการจัดการในการอินเทอร์เฟส

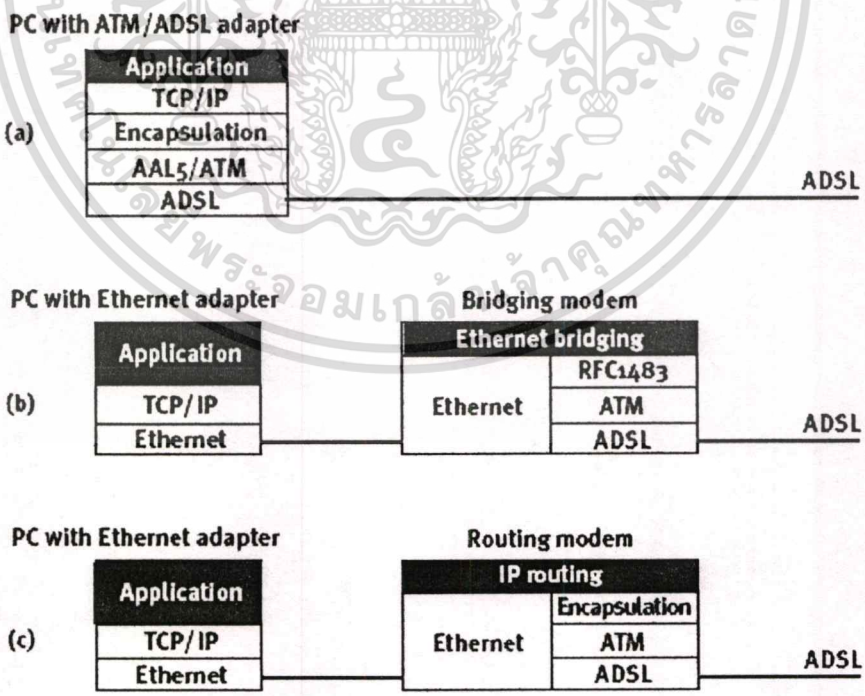
สำหรับมาตรฐานของการอินเทอร์เฟสระหว่าง ADSL โมเด็มกับ ATM ที่เลเยอร์ ATM จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) ซึ่งจะคล้ายกับสวิตช์ ATM โดยทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์เซล ATM เข้าสู่สายส่งของ ADSL โดยการกำหนดตำแหน่ง VPI/VCI ของเซล ATM ดังรูปที่ 5.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 สถาปัตยกรรมทางเลเยอร์ของ ATM/ADSL โมเด็ม

สำหรับทางด้านผู้ใช้งานสามารถประยุกต์ใช้ Ethernet ทำการอินเทอร์เฟสเข้ากับ ADSL โมเด็มได้เช่นกัน ดังนั้น ADSL โมเด็มสามารถทำการอินเทอร์เฟสกับบริดจ์ Ethernet หรืออุปกรณ์เราน์ติ้งของ IP ดังรูปที่ 5.14



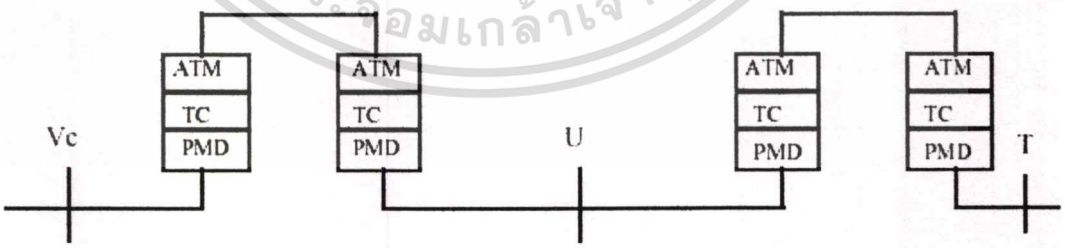
รูปที่ 5.14 สถาปัตยกรรมทางเลเยอร์สำหรับการประยุกต์ใช้งานของ ATM/ADSL โมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการอินเทอร์เฟสข้อมูลของ ADSL อยู่บนพื้นฐานของข้อกำหนดโดย ANSI T1.413 ซึ่ง ITU ได้กำหนดมาตรฐานของ G.dmt เพื่อให้ ATM และ ADSL โมเด็มทำการส่งข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลผ่านสื่อกลางของ ADSL และเป็นข้อกำหนดของ ADSL โมเด็มในการกำหนดเลเยอร์ย่อย TC สำหรับการนำพา ATM ซึ่งเลเยอร์ย่อยนี้จะทำการใส่เซลว่างเข้าไปทางด้านส่งเพื่อรักษาช่วงของอัตราบิต และเซลว่างนี้จะถูกกำจัดทิ้งที่เลเยอร์ย่อย TC ทางด้านรับ นอกจากนั้นเลเยอร์ย่อย TC ยังทำการสร้างและตรวจสอบฟิลด์ HEC ของเฮดเดอร์ ATM รวมทั้งการจัดการบิตที่ผิดพลาด 1 บิตให้ถูกต้อง ส่วนบิตที่ผิดพลาดหลายๆบิต TC จะทำการแจ้งไปยังการอินเทอร์เฟสของ OAM (Operation and Maintenance)

หน้าที่อื่นๆของ TC คือทำการตรวจจับรอยต่อของเซลโดยใช้ฟิลด์ HEC ของเซลเฮดเดอร์ เมื่อกระบวนการทงานของเลเยอร์ย่อย TC สำหรับเลเยอร์ฟิสิกคัลเสร็จสิ้น เซลเฮดเดอร์ของ ATM เมื่อผ่านไปยังเลเยอร์ที่ 2 จะไม่ต้องการในการกำหนดค่าของ HEC อีกต่อไป ซึ่ง TC จะทำหน้าดังกล่าวระหว่างเลเยอร์ ATM และเลเยอร์ฟิสิกคัลซึ่งเป็น ADSL โมเด็ม ซึ่งรูปที่ 5.15 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเลเยอร์ฟิสิกคัลโดย TC กับเลเยอร์ ATM เมื่อ T คือ การอินเทอร์เฟสที่รองรับโครงข่าย ATM

จากรูปที่ 5.12 เลเยอร์ Management จะจัดการกับเลเยอร์ฟิสิกคัล, ATM, AAL และเลเยอร์ที่สูงขึ้นไปทั้งระนาบ U และระนาบ C ซึ่งระนาบ M (Management Plane) จะทำการควบคุมทุกส่วนผ่านระบบศูนย์กลางการจัดการ ซึ่งในการจัดการเลเยอร์ฟิสิกคัลและเลเยอร์ ATM เรียกว่า OAM (Operation and Maintenance)เช่นกัน ซึ่งเลเยอร์ Management จะทำการส่งข้อความที่นำพาโดย OAM โดยข้อความ "Flow" จะกำหนดจาก OAM ของ F1 ถึง F3 สำหรับเลเยอร์ฟิสิกคัล และกำหนด OAM ของ F4 และ F5 สำหรับเลเยอร์ ATM



รูปที่ 5.15 การเชื่อมต่อทางเลเยอร์ของเลยอร์ฟิสิกคัลและเลเยอร์ ATM

การแลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่างกันจะกระทำผ่านโปรโตคอล ILMI (Interim Local Management Interface) ซึ่ง ILMI รูปแบบข้อความของ SNMP (Simple Network Management Protocol) โดยที่การจัดการข้อความ SNMP ของเลเยอร์ฟิสิกคัลและเลเยอร์ ATM คือ การแสดงส่วนประกอบของเฟรม HDLC ซึ่ง HDLC คือเทคนิคการจัดเฟรมสำหรับส่งข้อมูลที่มีอัตราการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเนื่องสูงสุด (Streaming) ข้อความ SNMP ของ F1 และ F2 จะถูกส่งผ่าน ADSL EOC (Embedded Operation Channel) โดยที่ EOC จะเป็นช่องสัญญาณภายในเฟรม ADSL ส่วนข้อความ SNMP ของ F3 ถึง F5 จะถูกส่งผ่าน VPI/VCI ตามข้อกำหนดของเซล ATM ซึ่งการจัดการของการอินเทอร์เฟส ADSL โมเด็มจะกำหนดขึ้นภายในการไหลของ OAM F1 และ F2 [13], [14].

ข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับสถานะและโครงสร้างของโครงข่าย ATM จะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล MIB (Management Information Base) และค่าของ MIB จะสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือทำการกู้ใหม่โดยใช้คำสั่ง SNMP สำหรับ MIB ของเลเยอร์ฟิสิกคัล OAM ของ ADSL โมเด็มในโครงข่าย ATM ประกอบด้วย

(1) การจัดการโครงสร้าง

(2) การจัดการความผิดพลาด

(3) การจัดการสมรรถนะ

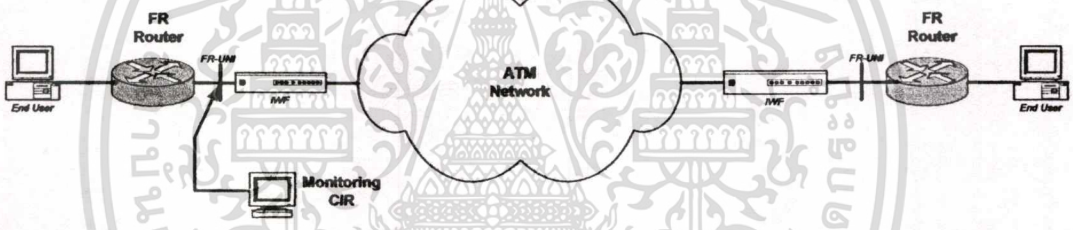
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดลองตรวจจับสมรรถนะในการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM

6.1 การทดลองและผลการทดลอง

6.1.1 การตรวจจับ FR ทราฟฟิก

ในการตรวจจับทราฟฟิกของ FR จะใช้การอินเตอร์เฟสระหว่างส่วนของ FR-UNI เพื่อทำการวัดทราฟฟิกจากผู้ใช้ปลายทางของโครงข่าย FR ที่มีการส่งผ่านทราฟฟิกไปยัง ATM Backbone และใช้โปรแกรม Advisor WAN-Frame Relay สำหรับตรวจจับทราฟฟิกด้าน FR โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 6.1 การตรวจจับทราฟฟิกของ FR

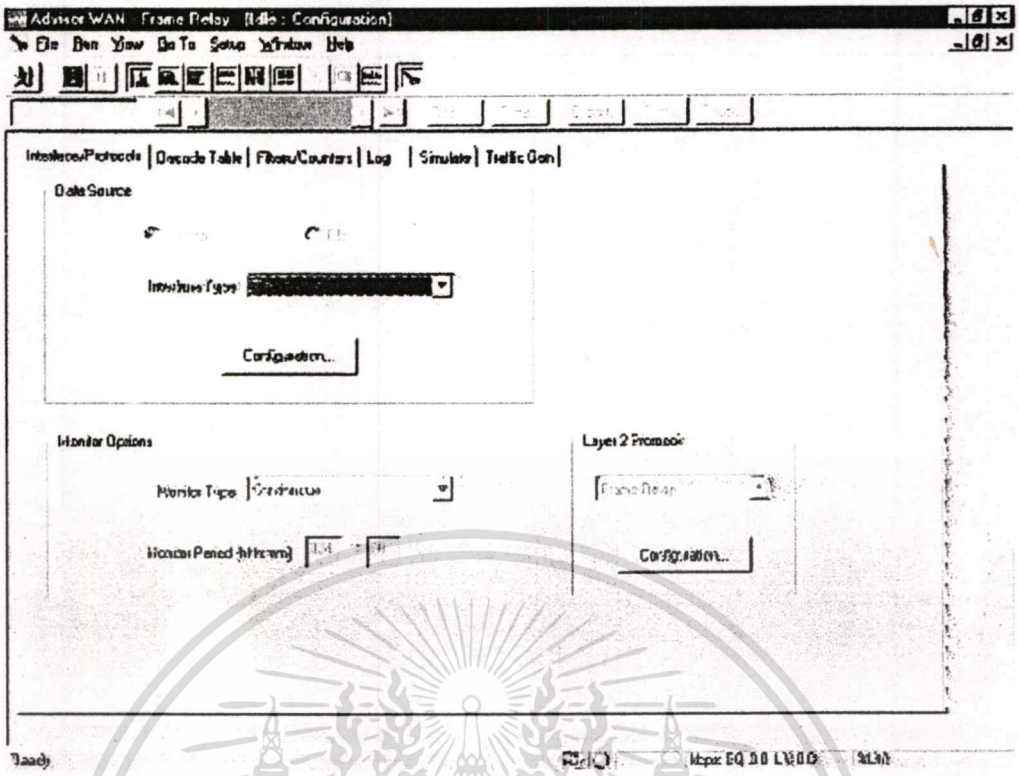
6.1.1.1 ทำการเชื่อมต่อ USB พอร์ตของ PC ที่รองรับโปรแกรม Advisor WAN-Frame Relay เข้ากับ T1,E1 สำหรับ FR และ DS3 สำหรับ ATM โดยที่ CSU ของ E1 จะทำการอินเทอร์เฟสกับอุปกรณ์ของเฟรมรีเลย์ (FRAD: Frame Relay)

6.1.1.2 ที่ CSU (Channel Service Unit) จะใช้ Jack คอนเนคเตอร์เชื่อมเข้าไปยังขั้วที่ชื่อ **EQPT IN** และ **LINE IN** จากนั้นใช้ Jack คอนเนคเตอร์เชื่อมต่อจาก CSU ไปยังผู้ใช้ปลายทางของ FR ที่ขั้ว **EQPT OUT** และ **LINE OUT**

6.1.1.3 เปิดโปรแกรม Advisor WAN-Frame Relay โดยคลิกที่ **Start** ของ Windows แล้วเลือก **Programs** จากนั้นเลือกไปที่ **Advisor**

6.1.1.4 หลังจากเปิดโปรแกรมAdvisor แล้วจำเป็นต้องปรับConfiguration เพื่อให้เหมาะสมกับการเชื่อมต่อในการวัดทราฟฟิกนั้นๆ โดยส่วนที่จำเป็นอย่ายิ่งคือการเลือก Interface Type ให้เหมาะกับการอินเทอร์เฟสในโฟลเดอร์ของ Interface/Protocols ดังรูปที่ 6.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 การกำหนด Configurations ของโปรแกรม Advisor

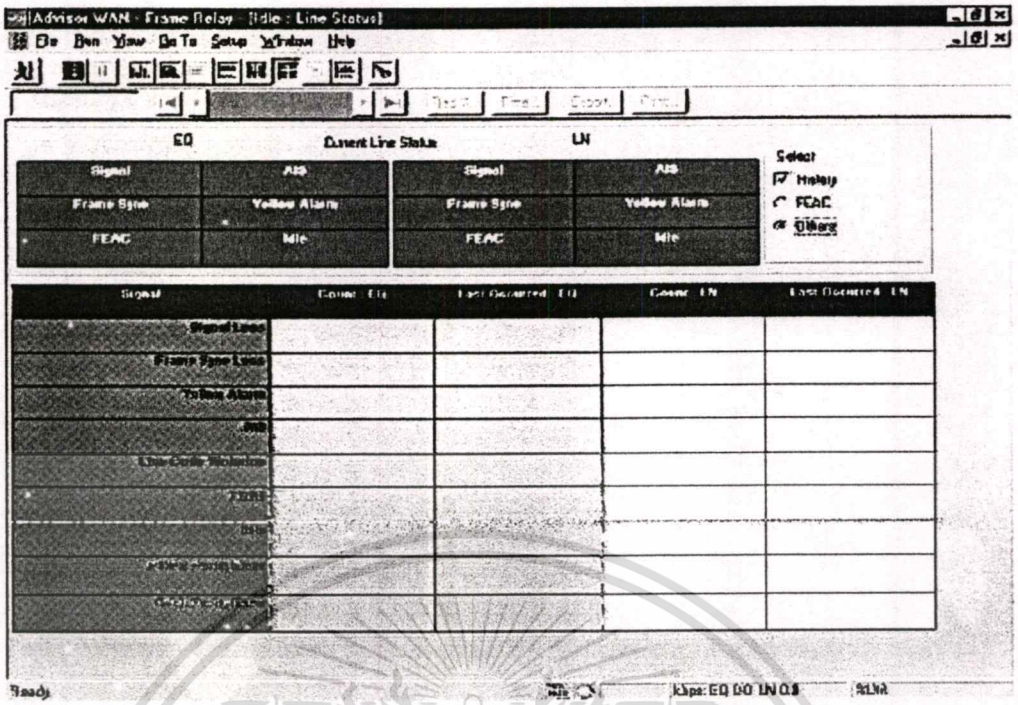
6.1.1.5 เมื่อทำการทดสอบครบขั้นตอนแล้ว กด Terminate Stat เพื่อแสดงผลการทดสอบ (ดูภาคผนวก ง) จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบสัญญาณเตือนความผิดพลาด และเงื่อนไขการเกิดความผิดพลาด โดยแสดงออกทาง LED ภายในโปรแกรม เมื่อกด F1 โปรแกรมจะแสดงรายละเอียดที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 6.3 โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

6.1.1.5.1 สำหรับ T1 ประกอบด้วย Alarm Indication Signal (AIS), Yellow Alarm, และ ESF Cyclic Redundancy Check(CRC)

6.1.1.5.2 สำหรับ E1 ประกอบด้วย Frame Alignment Signal (FAS), AIS, Remote Alarm และ CRC

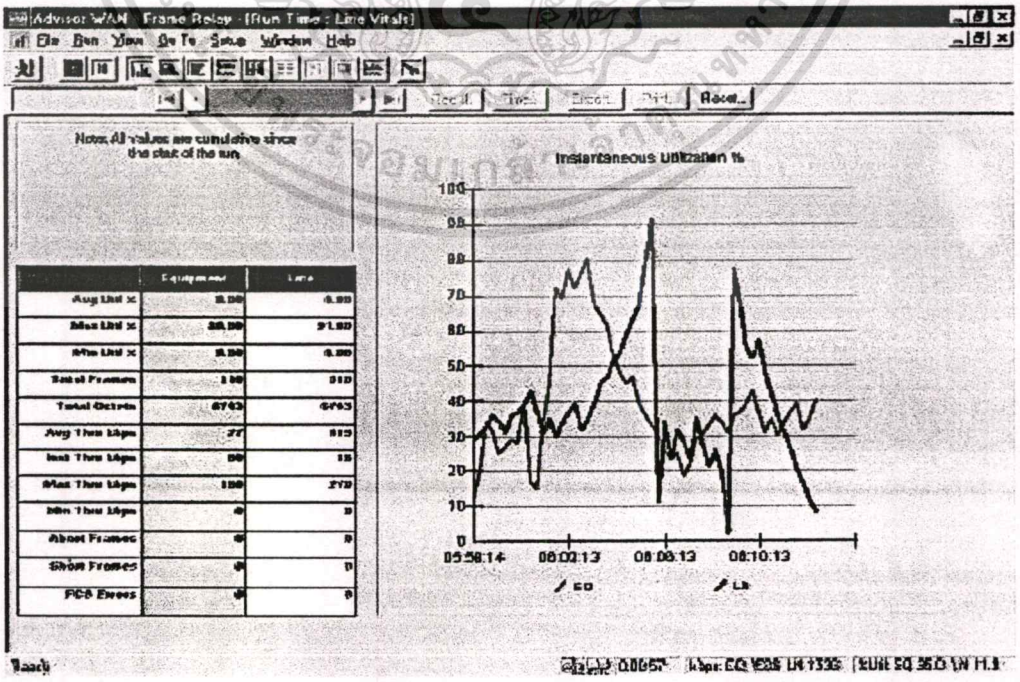
6.1.1.5.3 สำหรับ DS3 ประกอบด้วย Far End Alarm Channel (FEAC), AIS, Yellow Alarm, Idle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 [illegible]

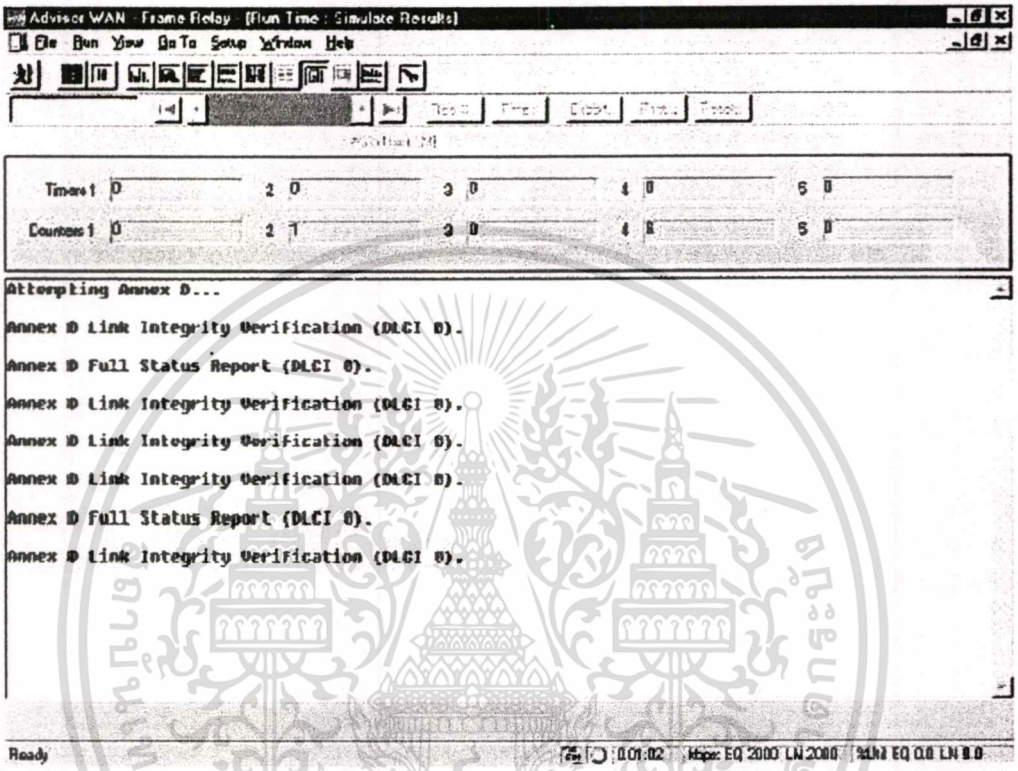
6.1.1.6 [illegible] ผลของการนับจำนวนเฟรมและ Octet, เปอร์เซ็นต์การใช้งาน, Throughput, ความผิดพลาดที่แสดงจาก FCS ดังรูปที่ 6.4



[illegible]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

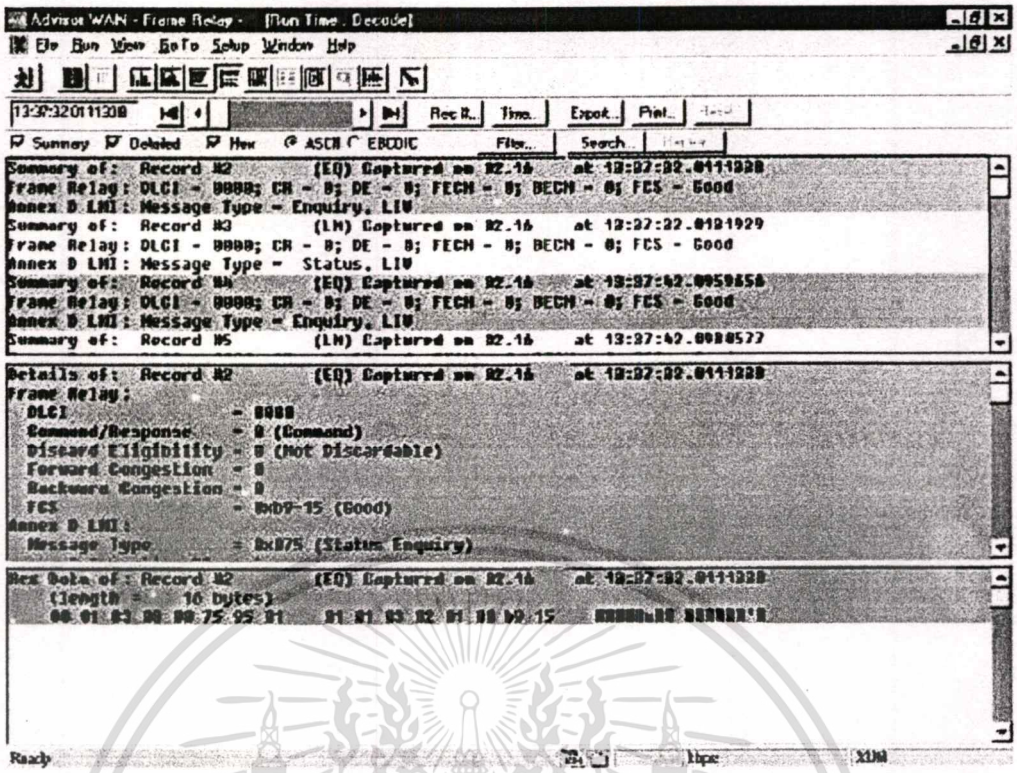
6.1.1.7 การวัดการเชื่อมต่อแบบ PVC ของ FR จะต้องเลือกโฟลเดอร์ Simulate และใส่บล็อก Test Type เป็น LMI จากนั้นกด Start ของโปรแกรม Advisor จะทำให้โปรแกรมสถานะการเชื่อมต่ออัตโนมัติหลังจากคลิกที่ปุ่มแสดงทางสถิติแบบเชิงเส้นบนเมนูบาร์ ดังรูปที่ 6.5 ซึ่งการตรวจสอบจากรูปจะไม่ปรากฏปัญหาของ Physical Interface และ Physical Layer



รูปที่ 6.5 การตรวจสอบการเชื่อมต่อแบบ PVC ของ FR

6.1.1.8 เมื่อไม่พบความผิดพลาดในโปรโตคอล สามารถทำการตรวจสอบโดยมุมมองแบบดีโค้ด (Decode view) ซึ่งจะแสดงสถานะสมบูรณ์แบบ และ FR ต้องการค่าของ LIV (Link Integrity Verification) เพื่อแสดงผลแบบ FSR (Full Status Report) วิธีการตรวจสอบแบบ FSR จะต้องหยุดการประมวลผลของ LMI โดยกดปุ่ม Stop บนเมนูบาร์ (แถบที่สองจากซ้ายมือ) จากนั้นจะทำการตรวจสอบโดยมุมมองแบบดีโค้ดโดยคลิกบนเมนูบาร์แถบที่ 7 ดังรูปที่ 6.6 ซึ่งจะแสดงรายละเอียดของข้อความสอบถามโดยโปรแกรม Advisor และข้อความแสดงสถานะจากสวิตช์ FR ติดตามด้วยค่าของ DLCI, C/R, DE, FECN และ BECN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 การแสดงผลแบบ FSR (Full Status Report)

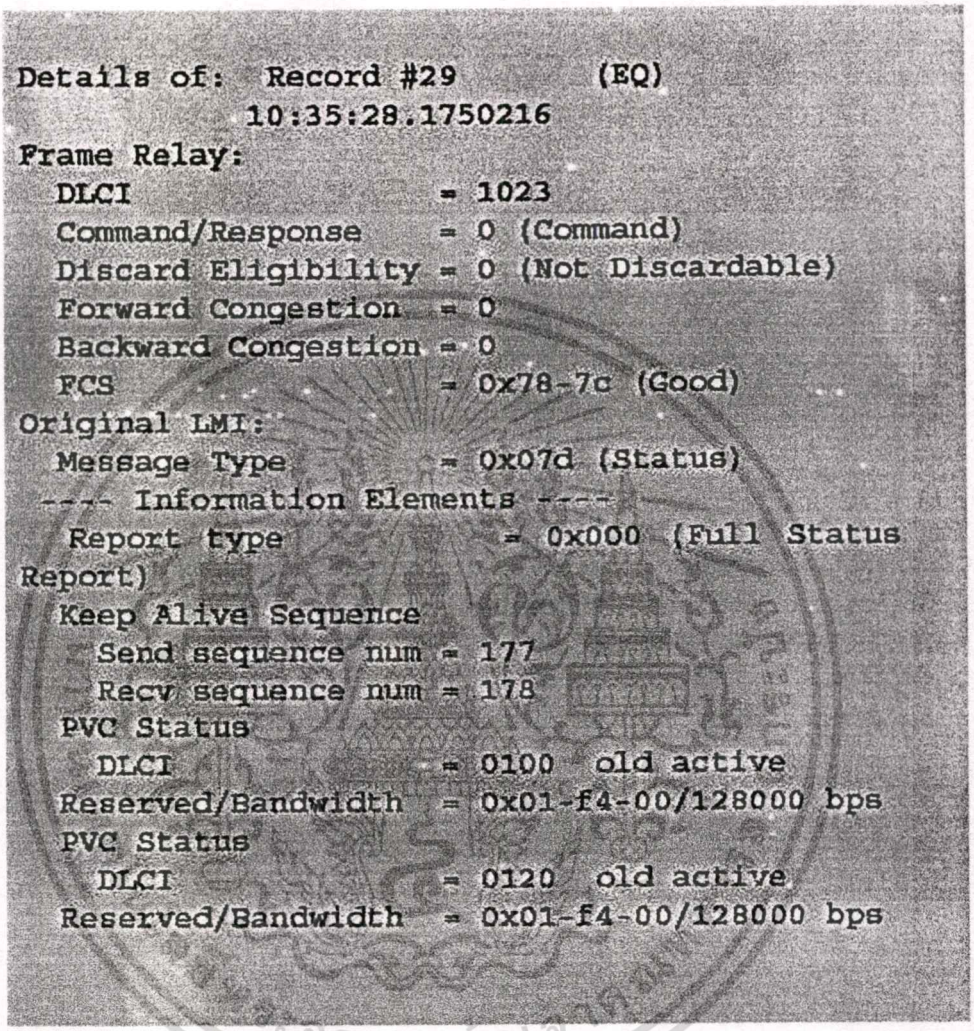
6.1.1.9 การตรวจสอบ SSN (Send Sequence Number) และ RSN (Receive Sequence Number) ซึ่งเมื่อโครงข่ายกำหนดให้ค่า SSN เท่ากับค่า RSN จะทำให้ไม่สามารถตรวจสอบเป็นแบบ FSR ได้ โดยปกติสถานะของ LIV จะแสดงอยู่ด้านบนสุดของการประมวลผลทางหน้าจอ และส่วนการแสดงผลของ SSN และ RSN จะแสดงถัดมาจาก LIV ที่ได้จากการหยุดการรันโปรแกรม แล้วพิจารณาผลลัพธ์ที่ถัดจาก LIV ดังรูปที่ 6.7

```
Details of:  Record #3          (LN)
          13:37:32.0131929
Frame Relay:
  DLCI                    = 0000
  Command/Response        = 0 (Command)
  Discard Eligibility     = 0 (Not Discardable)
  Forward Congestion      = 0
  Backward Congestion     = 0
  FCS                     = 0xfa-7b (Good)
Annex D LMI:
  Message Type            = 0x07d (Status)
  --- Information Elements ---
  Locking Shift
  Report type             = 0x001 (Link Integrity
Verification)
  Link Integrity Verification
     Send sequence num = 001
     Recv sequence num = 001
```

รูปที่ 6.7 การตรวจสอบค่าของ SSN และ RSN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

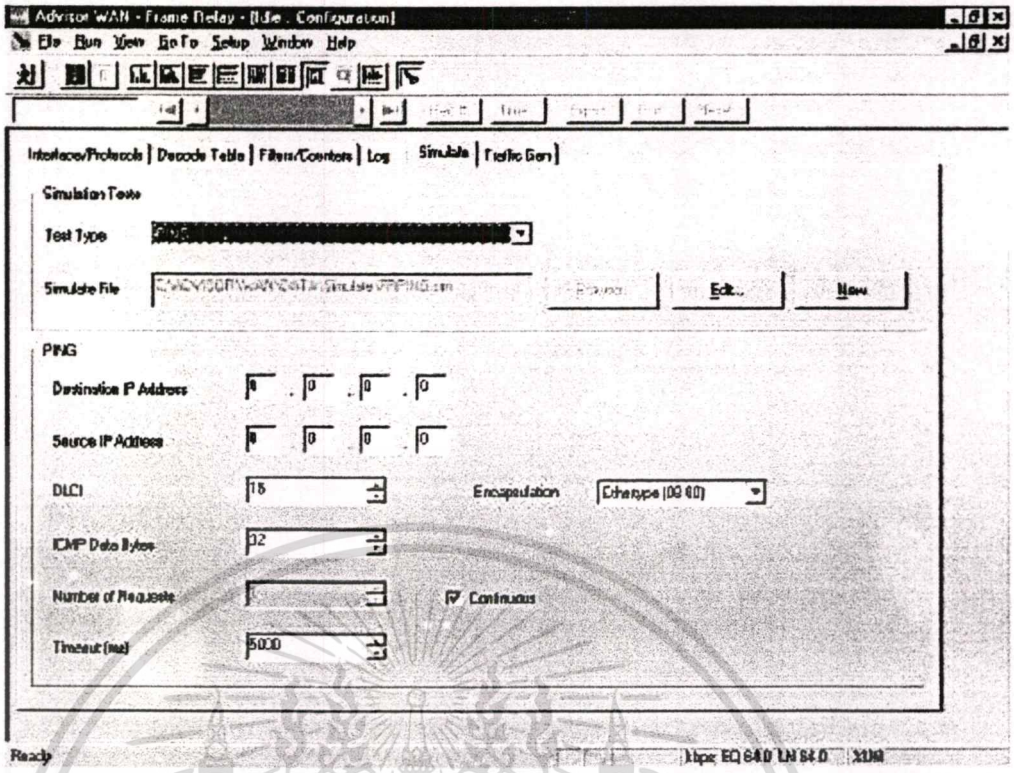
6.1.1.10 การตรวจสอบสถานะการทำงานของ PVC (Active/Inactive)โดยจะแสดงถึง PVC ที่ตรวจจับได้จากค่า DLCI และแจ้งให้ทราบว่าแต่ละ PVC ที่ตรวจจับได้อยู่ในสภาวะ Active หรือ Inactive ดังรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 การตรวจสอบสถานะของ PVC (Active/Inactive) ของ FR

6.1.1.11 การตรวจสอบการเชื่อมต่อของโครงข่าย FR กับ ATM โดยใช้ Frame Relay PING เป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งผ่านตลอดโครงข่ายของ PVC ที่ถูกเลือก ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีคือการ Run ทราฟฟิกจากโปรแกรม Advisor โดยคลิกที่เมนู Run และการตรวจสอบแบบรีโมตโดยใช้โปรแกรม Advisor ทำการ PING รีโมตโหนดบน PVC ของ DLCI และตำแหน่ง IP ที่กำหนด วิธีการ PING จะต้องเลือกโฟลเดอร์ Simulate ของโปรแกรม Advisor และกำหนด Test Type จาก LMI เป็น **PING** โดยจะสามรถทราบผลการเชื่อมต่อบน PVC เมื่อโครงข่ายมีการตอบสนองการร้องขอของการ PING ดังรูปที่ 6.9

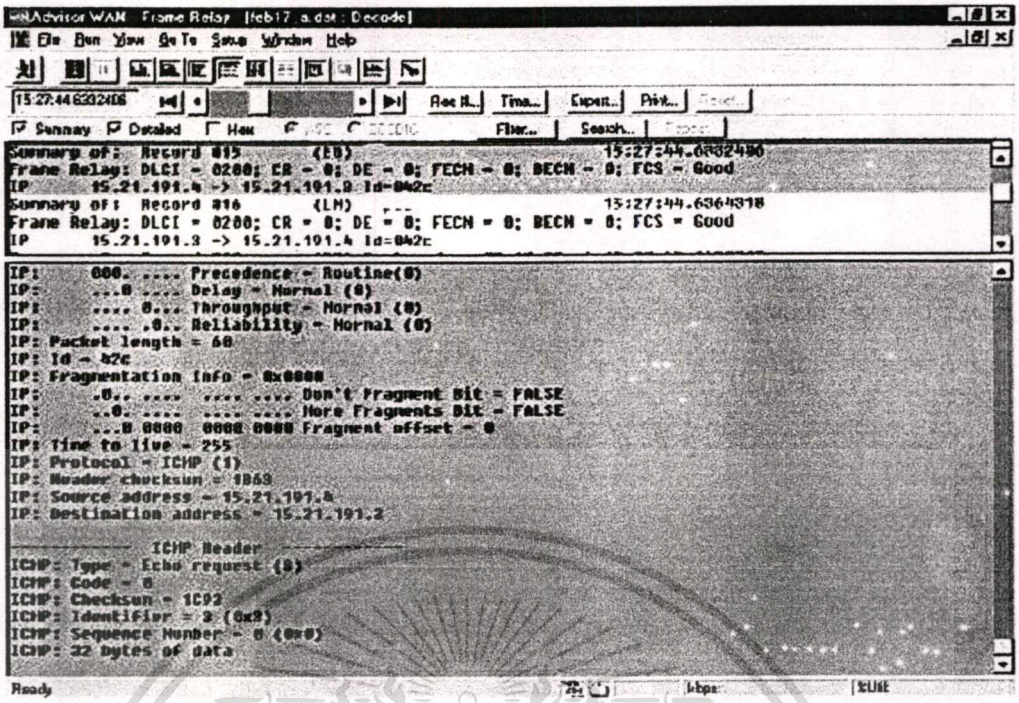
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 การตรวจสอบการเชื่อมต่อของโครงข่าย FR กับ ATM โดยใช้ Frame Relay PING

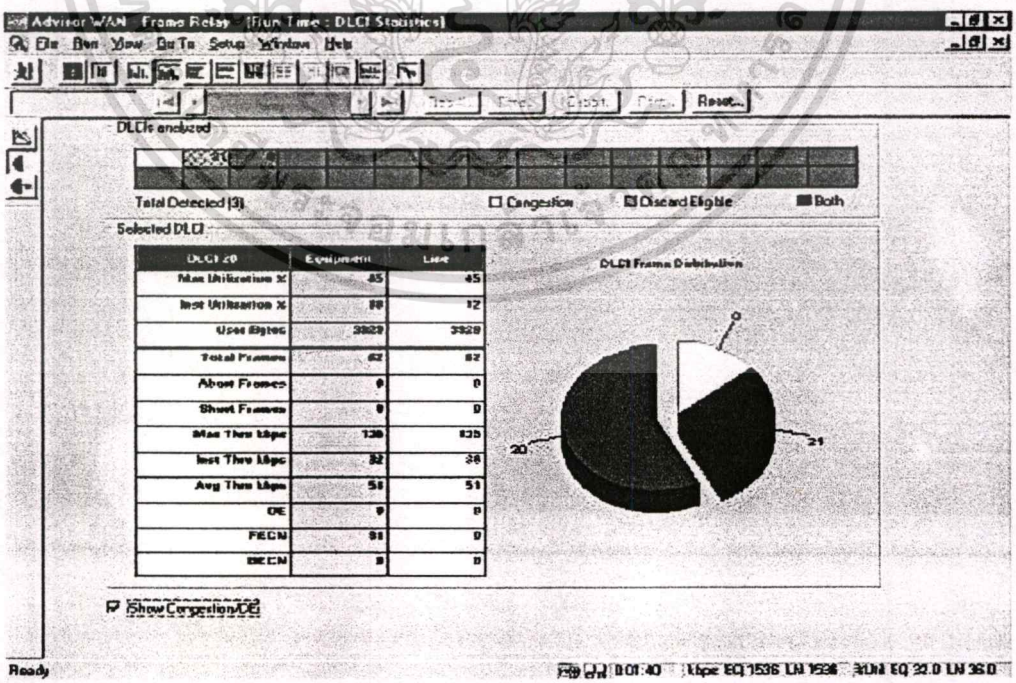
6.1.1.12 เมื่อเลือก Test Type เป็น PING ค่า DLCI กำหนดให้เหมาะสมกับการทดสอบ และทำการกด Start บนเมนูบาร์ของโปรแกรม Advisor จากนั้นโปรแกรมจะทำการหาชนิดของสัญญาณ และกำหนดข้อความของ LIV จนประสบผลสำเร็จ โปรแกรมจะทำการส่งข้อความ ICMP เพื่อร้องขอการทดสอบ และแสดงผลเป็นแบบดีโค้ดดังรูปที่ 6.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 การแสดงผลแบบ Decode view สำหรับ Frame Relay PING

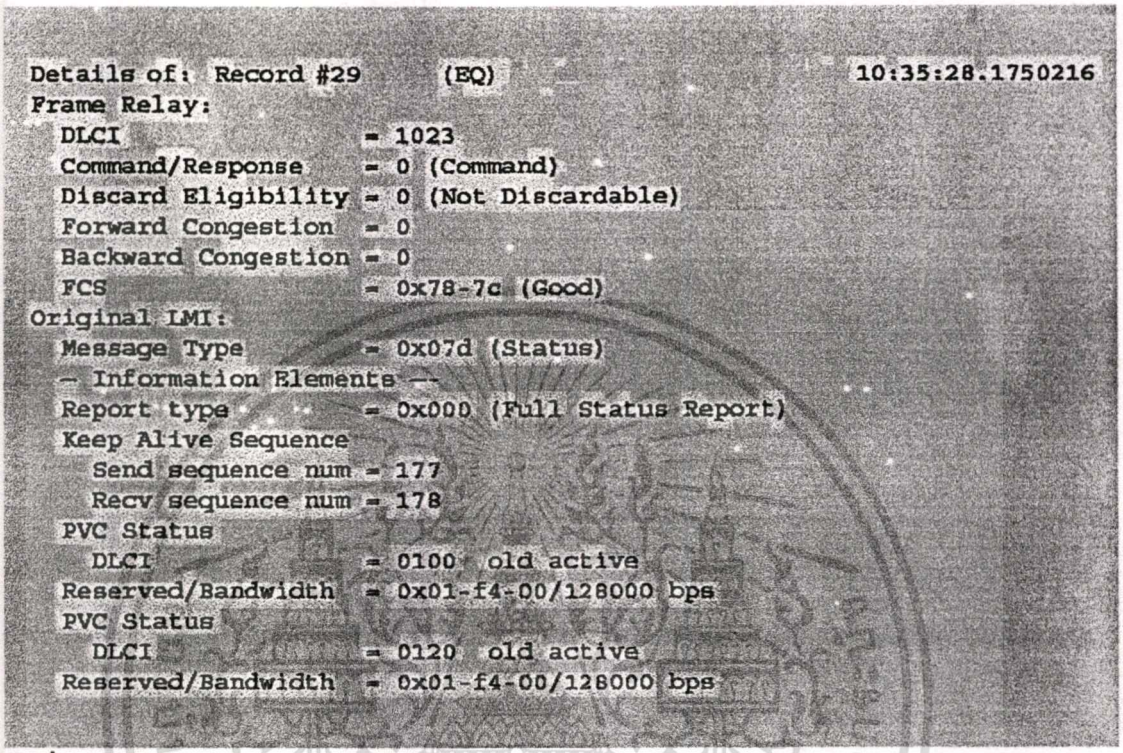
6.1.1.13 การประมาณค่าและตรวจสอบโครงสร้างของ PVC จากการตรวจจับค่า DLCI สามารถทำได้โดยคลิก DLCI Statistic view (ปุ่มที่ 5 ของเมนูบาร์) ซึ่งผลที่แสดงดังรูปที่ 6.11 ด้านบนสุดจะแสดงค่า 30 DLCI



รูปที่ 6.11 การประมาณค่าและตรวจสอบโครงสร้างของ PVC จากการตรวจจับค่า DLCI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.1.14 การยืนยันการตรวจสอบ DLCI โดยการหยุดรันโปรแกรมแล้วเปรียบเทียบกับรายละเอียดที่แสดงไว้ใน DLCI Statistic view ซึ่งเป็นการประมวลผลแบบ FSR (Full Screen Report) และเลื่อนลงมาดูรายระเอียดที่ถัดจากผลของ LIV สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.12 การยืนยันค่า DLCI โดยหยุดรันโปรแกรมในการวัดทราฟฟิก

6.1.1.15 การตรวจสอบการเชื่อมต่อ PVC ของโครงข่าย ได้จากการหยุดรันโปรแกรมของ Frame Relay PING เพื่อดูรายละเอียดในส่วนที่ถัดจาก LIV การหยุดรันโปรแกรมเป็นการวัดในขณะที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทราฟฟิก และเป็นการดูรายละเอียดการเชื่อมต่อ PVC ของโครงข่าย ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ดังรูปที่ 6.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

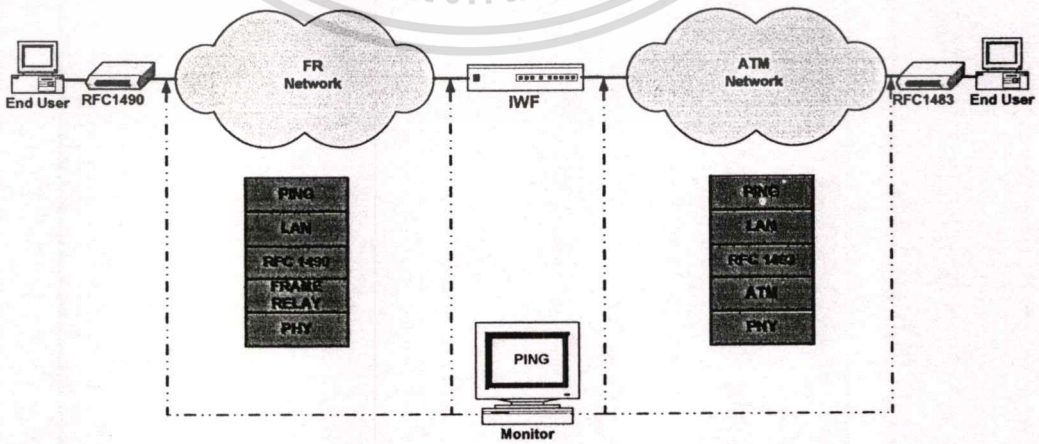
```
Details of:  Record #39        (LN)
Frame Relay:
  DLCI                  = 0200
  Command/Response      = 0 (Command)
  Discard Eligibility   = 0 (Not Discardable)
  Forward Congestion    = 0
  Backward Congestion   = 0
  FCS                   = 0xa7-06 (Good)

----------IP Header --------
IP: Version = 4
IP: Header length = 20
IP: Type of service = 0
IP:      000. .... Precedence = Routine(0)
IP:      ...0 .... Delay = Normal (0)
IP:      .... 0... Throughput = Normal (0)
IP:      .... .0.. Reliability = Normal (0)
IP: Packet length = 100
IP: Id = 8c
IP: Fragmentation Info = 0x0000
IP:      .0.. .... .... .... Don't Fragment Bit = FALSE
IP:      ..0. .... .... .... More Fragments Bit = FALSE
IP:      ...0 0000  0000 0000 Fragment offset = 0
IP: Time to live = 255
IP: Protocol = ICMP (1)
IP: Header checksum = 1EDB
IP: Source address = 15.21.191.3
IP: Destination address = 15.21.191.4

------ ICMP Header ------
ICMP: Type = Echo reply (0)
ICMP: Code = 0
ICMP: Checksum = E654
ICMP: Identifier = 4382 (0x111e)
ICMP: Sequence Number = 527 (0x20f)
ICMP: 72 bytes of data
```

รูปที่ 6.13 การหยุดรันโปรแกรมเพื่อดูรายละเอียดของการเชื่อมต่อ PVC ของโครงข่าย

6.1.2 การตรวจจับทราฟฟิกของการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR และ ATM

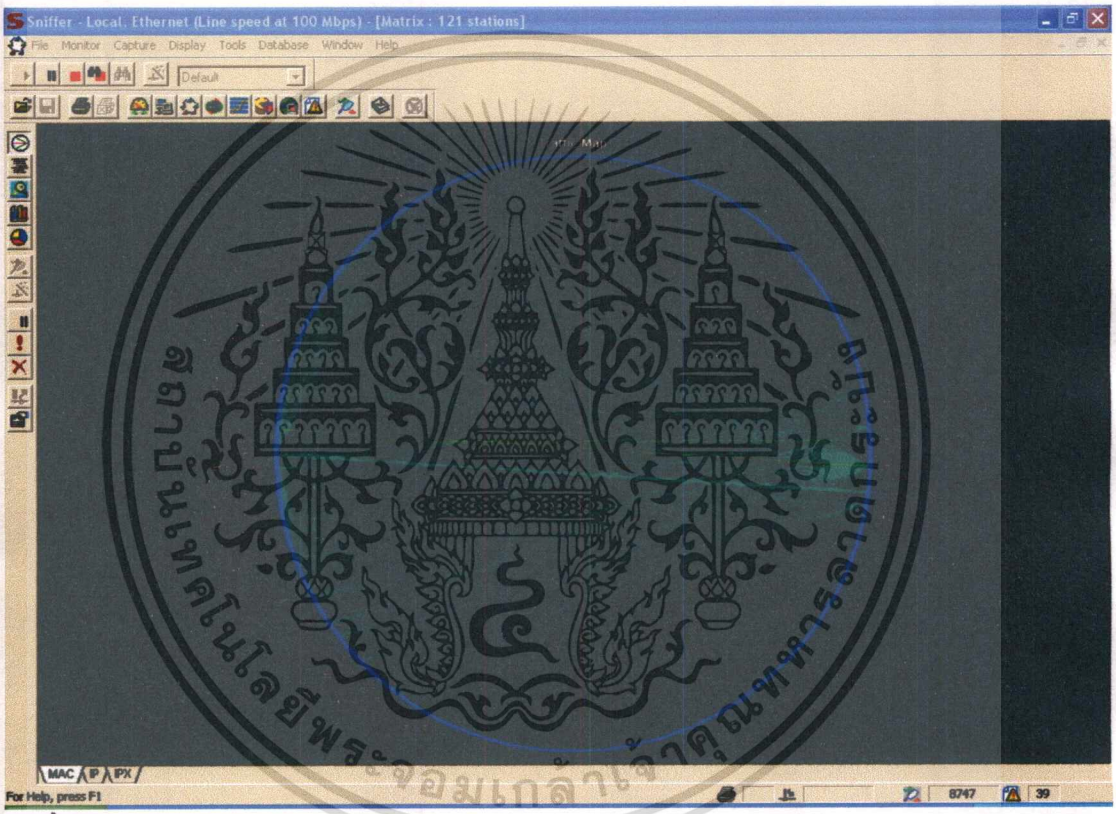


รูปที่ 6.14 การตรวจจับทราฟฟิกของการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR และ ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดทราฟฟิกการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่าย FR และ ATM จะแตกต่างจากการวัดทราฟฟิกเฉพาะ FR ซึ่งวิธีนี้จะทำการต่อ PC สำหรับตรวจจับทราฟฟิกเข้าไปยังโครงข่ายผ่านการเชื่อมต่อสาย LAN โดยใช้โปรแกรม Sniffer ทำการ Run ทราฟฟิกภายในโครงข่ายทั้งหมด โดยวิธีการตรวจจับทราฟฟิกสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

6.1.2.1 ทำการเปิดโปรแกรม Sniffer หลังจากเชื่อมต่อ PC ตรวจจับเข้าสู่โครงข่าย จากนั้นกด Run เพื่อวัดทราฟฟิก โดยโปรแกรมจะทำการตรวจจับอุปกรณ์ปลายทางทั้งหมดในโครงข่ายที่มีการใช้ทราฟฟิก ดังรูปที่ 6.15

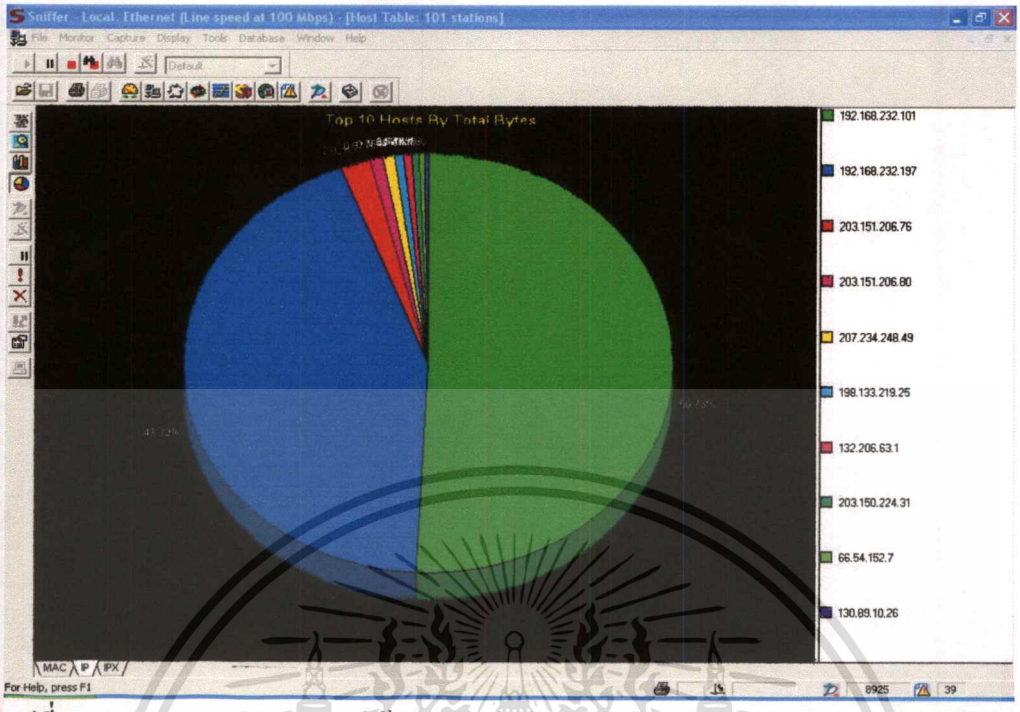


รูปที่ 6.15 การวัดทราฟฟิกภายในโครงข่ายของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM

จากรูปที่ 6.15 สามารถทำการวัดการทราฟฟิกหลังจากที่ Run จำนวนผู้ใช้ทราฟฟิกทั้งหมดในขณะทำการวัดคือ 8747 Users เมื่อทำการคลิกที่ปุ่มเมนู  และ  จะสามารถแสดงการ mapping ทราฟฟิกระหว่าง FR และ ATM ในรูปแบบของ MAC, IP หรือ IPX

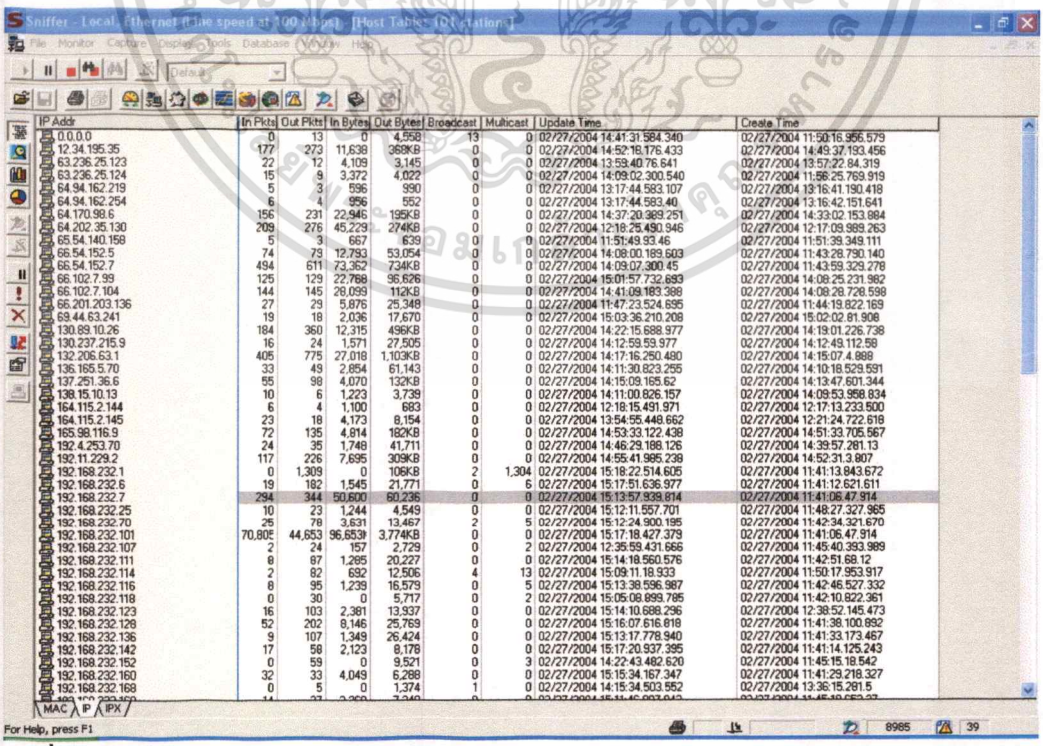
6.1.2.2 เลือกการตรวจจับแบบ IP แล้วคลิกที่ปุ่มเมนู  ของโปรแกรม จะแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ปลายทางใดที่ใช้ทราฟฟิกมากที่สุด และแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์การใช้ทราฟฟิกดังรูปที่ 6.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.16 การแสดงปริมาณการใช้ทราฟฟิกในโครงข่ายในรูปแบบกราฟวงกลม โดยวัดจาก IP

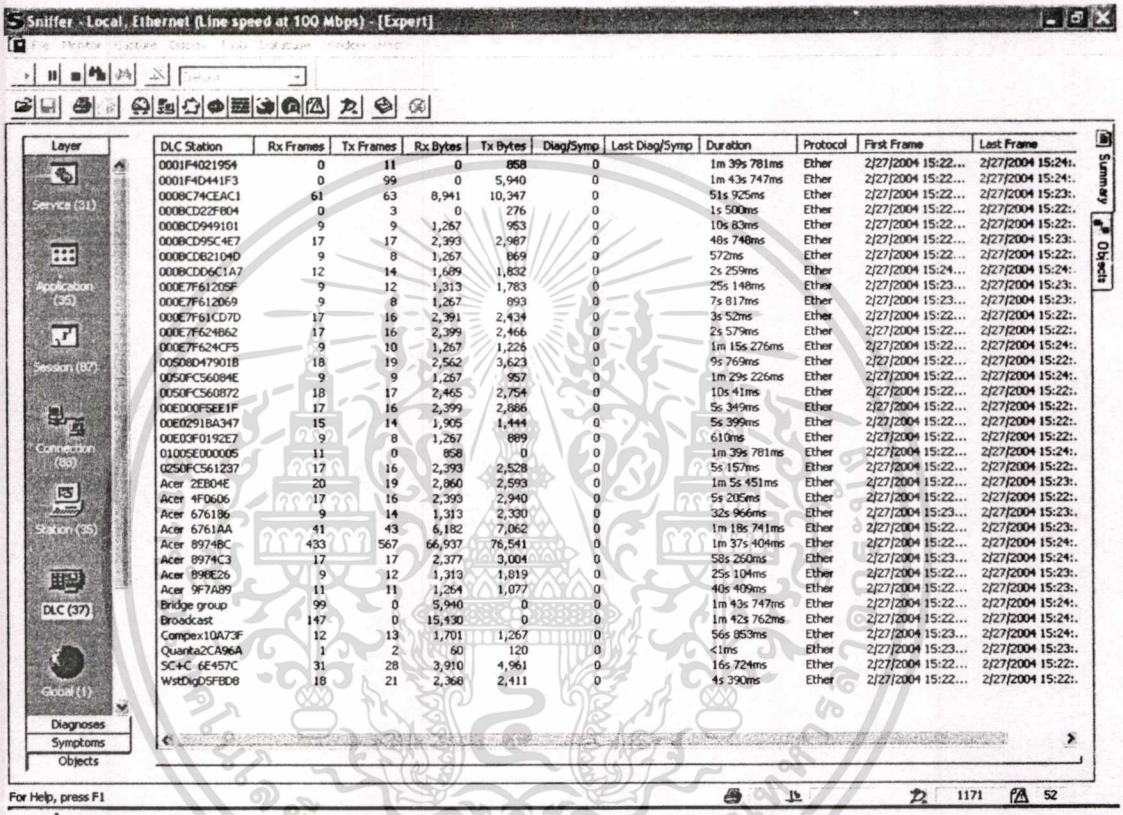
6.1.2.3 เมื่อคลิกที่ปุ่มเมนู เพื่อดูรายละเอียดของการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง FR ที่อยู่ในรูป IP ผ่านโครงข่าย ATM จะสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 6.17



รูปที่ 6.17 การแสดงรายละเอียดอัตราการส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายเฟรมรีเลย์และ ATM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2.4 การวัดอัตราการส่งเฟรมจากด้านต้นทางและปลายทางของ FR ผ่านโครงข่าย ATM และระยะเวลาในการส่งเฟรม แสดงดังรูปที่ 6.18 โดยที่ทำการคลิกที่ปุ่มเมนู  และทำการเลือกการเชื่อมต่อ DLC ของ FR จากปุ่มเมนู  ที่แสดงรายละเอียดการเชื่อมต่อทั้งหมด 37 สถานีขณะทำการวัด และจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดการใช้งานทราฟฟิกของโครงข่าย

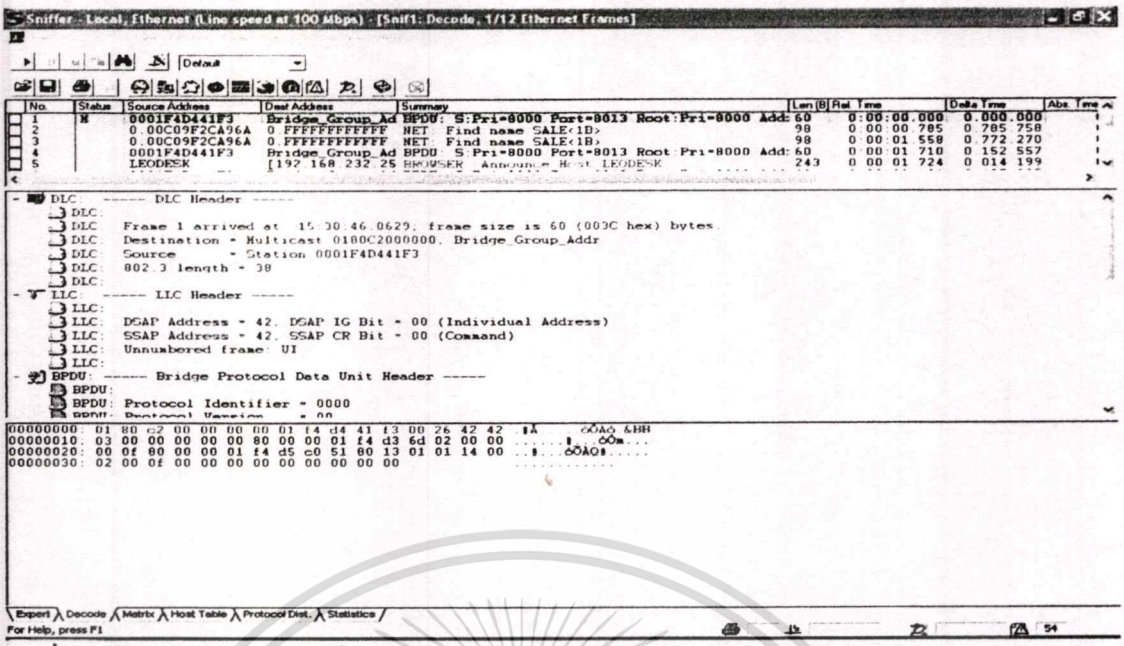


DLC Station	Rx Frames	Tx Frames	Rx Bytes	Tx Bytes	Diag/Symp	Last Diag/Symp	Duration	Protocol	First Frame	Last Frame
0001F4021954	0	11	0	858	0		1m 39s 781ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:24:.
0001F4D441F3	0	99	0	5,940	0		1m 43s 747ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:24:.
0008C74CEAC1	61	63	8,941	10,347	0		51s 925ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:23:.
000BCD22F804	0	3	0	276	0		1s 500ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
000BCD949101	9	9	1,267	953	0		10s 83ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
000BCD95C4E7	17	17	2,393	2,987	0		48s 748ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:23:.
000BCDB2104D	9	8	1,267	869	0		572ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
000BCDD6C1A7	12	14	1,689	1,832	0		2s 259ms	Ether	2/27/2004 15:24...	2/27/2004 15:24:.
000E7F61205F	9	12	1,313	1,783	0		25s 148ms	Ether	2/27/2004 15:23...	2/27/2004 15:23:.
000E7F612069	9	8	1,267	893	0		7s 817ms	Ether	2/27/2004 15:23...	2/27/2004 15:23:.
000E7F61CD7D	17	16	2,391	2,434	0		3s 52ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
000E7F624B62	17	16	2,399	2,466	0		2s 579ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
000E7F624CF5	9	10	1,267	1,226	0		1m 15s 276ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:24:.
005D8D47901B	18	19	2,562	3,623	0		9s 769ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
0050FC56084E	9	9	1,267	957	0		1m 29s 226ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:24:.
0050FC560872	18	17	2,465	2,754	0		10s 41ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
00E000F5EE1F	17	16	2,399	2,886	0		5s 349ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
00E0291BA347	15	14	1,905	1,444	0		5s 399ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
00E03F0192E7	9	8	1,267	889	0		610ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
01005E000005	11	0	858	0	0		1m 39s 781ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:24:.
0250FC561237	17	16	2,393	2,528	0		5s 157ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
Acer 2EB04E	20	19	2,960	2,593	0		1m 5s 451ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:23:.
Acer 4F0606	17	16	2,393	2,940	0		5s 205ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
Acer 676186	9	14	1,313	2,330	0		32s 966ms	Ether	2/27/2004 15:23...	2/27/2004 15:23:.
Acer 6761AA	41	43	6,182	7,062	0		1m 18s 741ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:23:.
Acer 8974BC	433	567	66,937	76,541	0		1m 37s 404ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:24:.
Acer 8974C3	17	17	2,377	3,004	0		58s 260ms	Ether	2/27/2004 15:23...	2/27/2004 15:24:.
Acer 89BE26	9	12	1,313	1,819	0		25s 104ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:23:.
Acer 9F7A89	11	11	1,264	1,077	0		40s 409ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:23:.
Bridge group	99	0	5,940	0	0		1m 43s 747ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:24:.
Broadcast	147	0	15,930	0	0		1m 42s 762ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:24:.
Compex10A73F	12	13	1,701	1,267	0		56s 853ms	Ether	2/27/2004 15:23...	2/27/2004 15:24:.
Quanta2CA96A	1	2	60	120	0		<1ms	Ether	2/27/2004 15:23...	2/27/2004 15:23:.
SC+C 6E457C	31	28	3,910	4,961	0		16s 724ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.
WstDig05FBD8	18	21	2,368	2,411	0		4s 390ms	Ether	2/27/2004 15:22...	2/27/2004 15:22:.

รูปที่ 6.18 การวัดอัตราการส่งเฟรมจากด้านต้นทางและปลายทางของ FR ผ่านโครงข่าย ATM

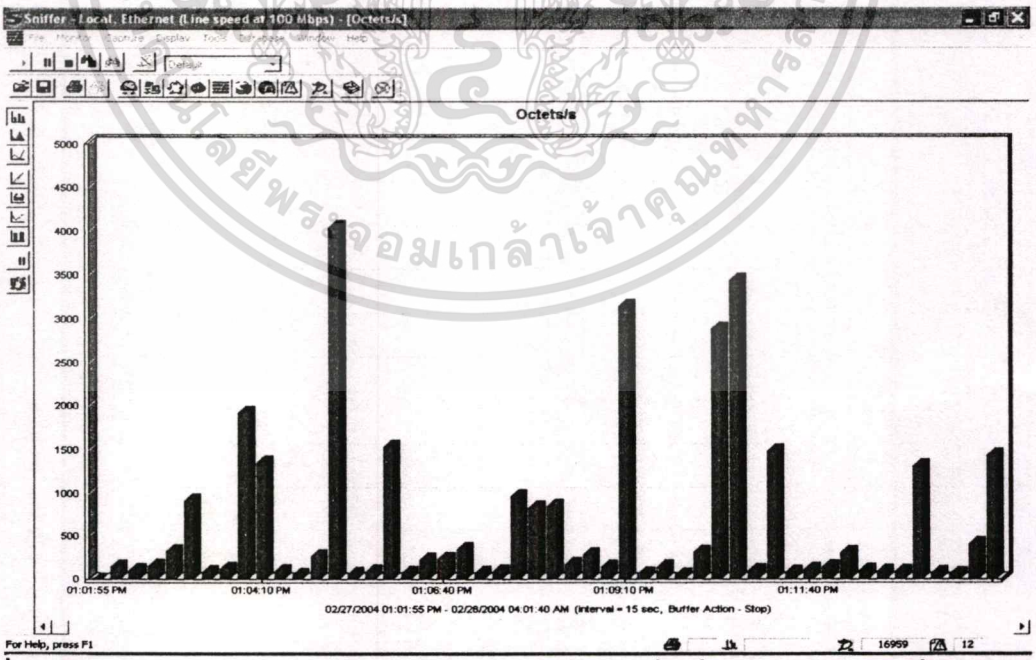
6.1.2.5 การวัดทราฟฟิกแบบคงที่สามารถทำได้จากเปิดโปรแกรมขึ้นใหม่ แล้วคลิก Run เพื่อเริ่มทำการวัดทราฟฟิก จากนั้นทำการหยุดโปรแกรม และเลือกเมนูโฟลเดอร์ Decode สำหรับวัดรายละเอียด Decode view แบบ FSR (Full Screen Report) ดังรูปที่ 6.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



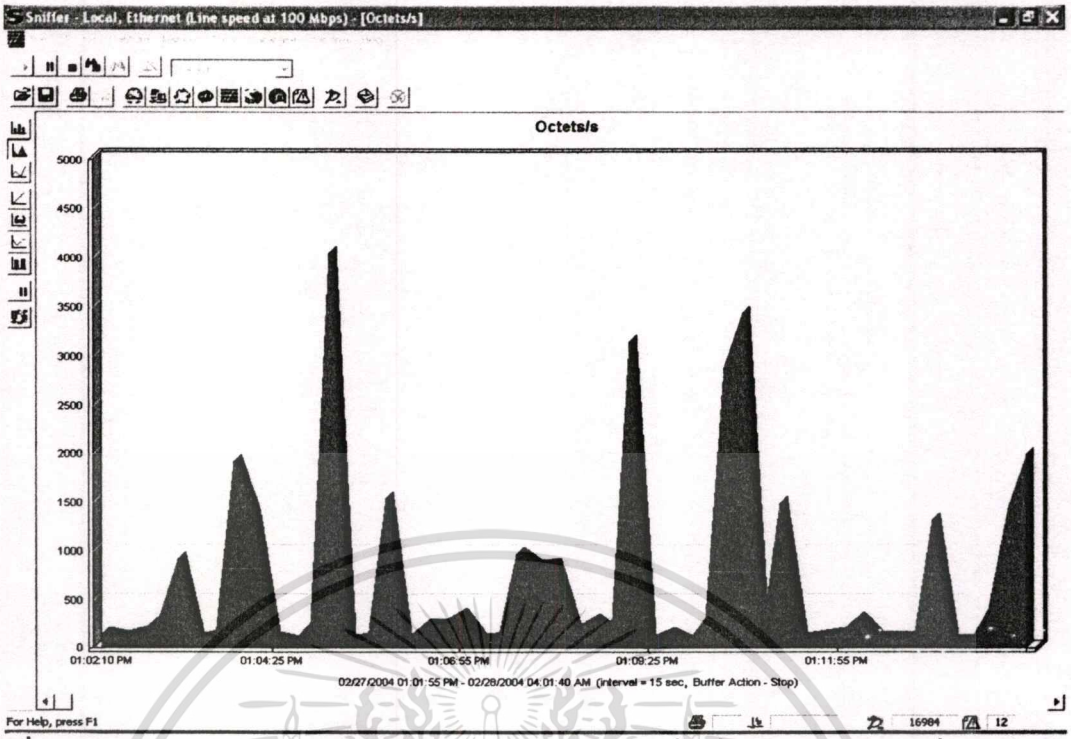
รูปที่ 6.19 การแสดงผลแบบ Full Screen report ของ DLC Header สำหรับ FR

6.1.2.6 การวัดทราฟฟิกของ FR เฟรมที่อยู่ในรูป Octet ทำได้โดยการคลิกที่ปุ่มเมนู สำหรับการแสดงผลทางสถิติแบบ real time และเลือกOctet/s สำหรับทราฟฟิกของ FR ในเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถดูได้ในรูปแบบกราฟแท่งทราฟฟิก แบบกราฟแสดงพื้นที่ทราฟฟิก และแบบกราฟเชิงเส้นทราฟฟิก ดังรูปที่ 6.20 ถึง รูปที่ 6.22 ตามลำดับ

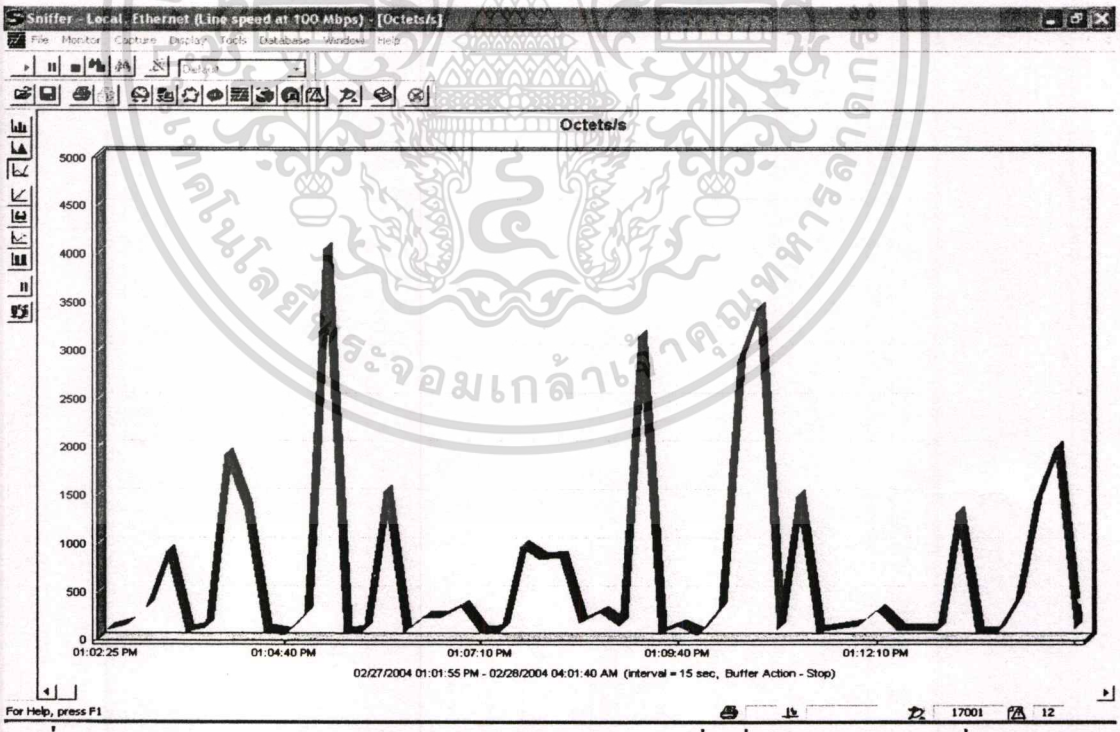


รูปที่ 6.20 การวัดทราฟฟิกของ FR ในรูปของ Octet/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องแบบกราฟแท่งทราฟฟิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



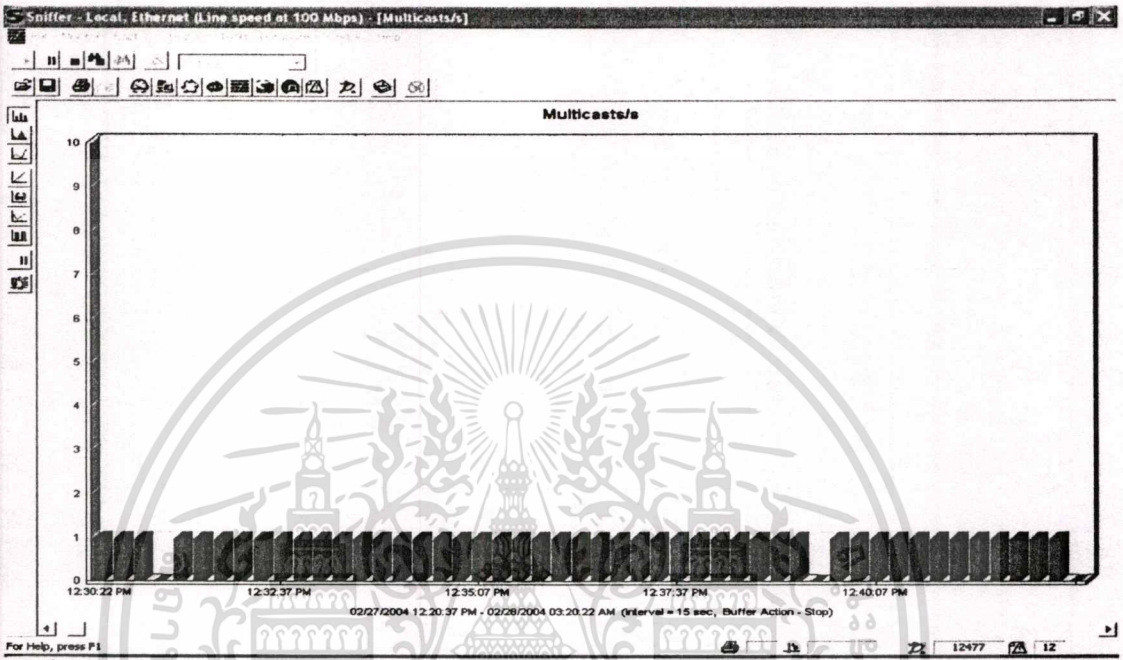
รูปที่ 6.21 การวัดทราฟฟิกของ FR ในรูปของ Octet/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องแบบกราฟแสดงพื้นที่ทราฟฟิก



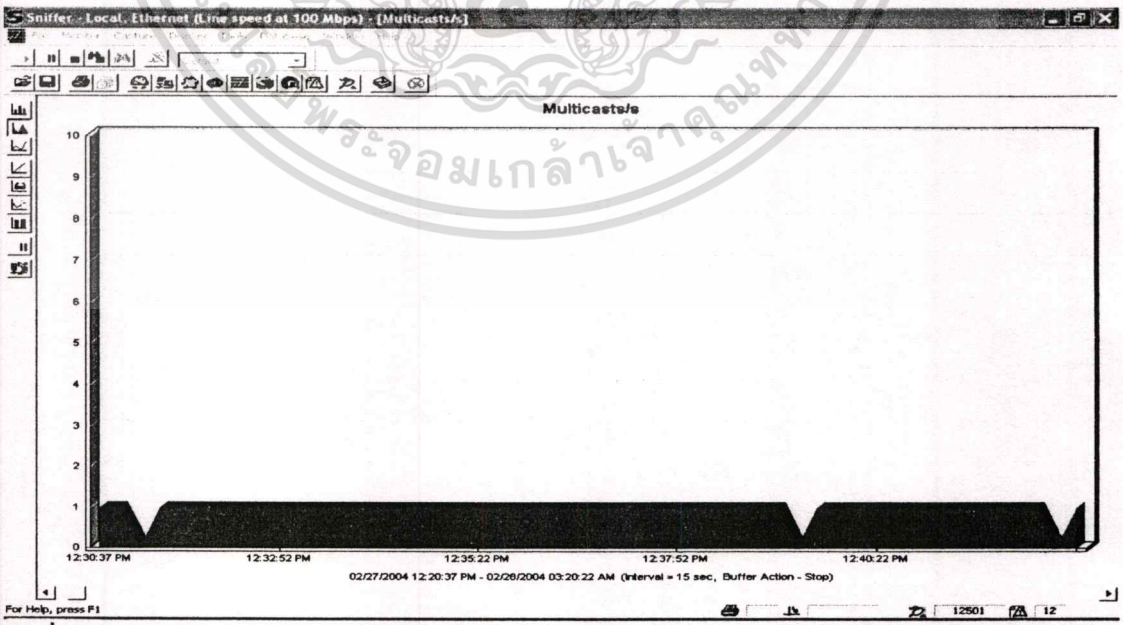
รูปที่ 6.22 การวัดทราฟฟิกของ FR ในรูปของ Octet/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องแบบกราฟเชิงเส้นทราฟฟิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2.7 การวัดทราฟฟิกของเซล ATM ในรูปของ Multicast ทำการคลิกที่ปุ่มเมนู  สำหรับการแสดงผลทางสถิติแบบ real time และเลือกMulticast/s สำหรับทราฟฟิกของ ATM ในเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถดูได้ในรูปแบบกราฟแท่งทราฟฟิก และแบบกราฟแสดงพื้นที่ทราฟฟิก ดังรูปที่ 6.23 และ รูปที่ 6.24 ตามลำดับ



รูปที่ 6.23 การวัดทราฟฟิกของ ATM ในรูปของ Multicast/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง แบบกราฟแท่งทราฟฟิก



รูปที่ 6.24 การวัดทราฟฟิกของ ATM ในรูปของ Multicast/s ณ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง แบบกราฟแสดงพื้นที่ทราฟฟิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดทราฟฟิกของ FR สามารถตรวจจับการเชื่อมต่อแบบ PVC โดยเลือกการ Simulate เป็น LMI ทำให้สามารถตรวจจับค่า DLCI และสถานะของ เฟรมเฮดเดอร์ว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ ซึ่งจากการทดลองจะไม่มีการผิดพลาดเกิดขึ้นในส่วนของ FR ทำให้โครงข่ายทำการส่งเฟรมไปยัง IWF และแปลงเป็นรูปแบบของเซลในส่วนของ ATM ต่อไป รายละเอียดของโปรแกรมจะสามารถแสดงผลที่เป็น Decode view ในลักษณะ FSR (Full Screen Report) โดยการหยุดรันโปรแกรมในอ่านผลลัพธ์ ณ เวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทราฟฟิก

การทดลองวัดทราฟฟิกสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM จะสามารถเห็นลักษณะการ mapping ของทราฟฟิกระหว่างโครงข่าย FR และ ATM และโปรแกรมจะแสดงผลการส่ง FR เฟรมจากต้นทางไปยังปลายทางของการแสดงผลที่เป็น Decode view เช่นเดียวกันกับการวัดเฉพาะทราฟฟิกของ FR การวัดทราฟฟิกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างของเวลาต่อเนื่องสำหรับ FR จะแสดงผลแบบ Octet/s ซึ่งการใช้อัตราการส่งเฟรมผ่านโครงข่าย FR จะมีลักษณะของขนาดข้อมูลที่ขึ้นๆลงๆ ตามการใช้งานของผู้ใช้ปลายทาง ณ ขณะนั้น และในขณะเดียวกันทราฟฟิกที่เป็นเฟรมเมื่อมีการแปลงเป็น เซล ATM จะมีขนาดของข้อมูลแบบ คงที่ และจะมีการส่งเป็นเซลไหลอย่างต่อเนื่อง

ผลที่ได้จากการทดลองตรวจจับทราฟฟิกการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM ทำให้ได้เห็นภาพการส่งข้อมูลที่เป็นเฟรมในด้าน FR และข้อมูลที่เป็นเซลในด้าน ATM นอกจากนั้นยังสามารถวัดอัตราการส่งข้อมูลของผู้ใช้ปลายทางแต่ละรายจากโปรแกรมในการตรวจจับทราฟฟิก ทำให้มีประโยชน์ต่อการวัดสมรรถนะของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM และการปรับปรุงสมรรถนะของโครงข่ายต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัยและการพัฒนา

จากเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ทั้งหมด ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเฟรมของเฟรมรีเลย์ และพารามิเตอร์ที่อธิบายทราฟฟิกของเฟรมรีเลย์ จากนั้นได้ศึกษาโครงสร้างทางโปรโตคอลของโครงข่าย ATM และพารามิเตอร์ที่อธิบายทราฟฟิกของ ATM ซึ่งการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่ายเฟรมรีเลย์กับ ATM จะใช้ IWF เป็นตัวกลางในการจัดวางทราฟฟิกระหว่างทั้งสองโครงข่ายจากรูปแบบของเฟรมไปเป็นเซล หรือจากรูปแบบของเซลไปเป็นเฟรม โดยโครงข่ายทั้งสองสามารถพิจารณาการให้บริการของการทำงานร่วมกันและสามารถแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อทางโปรโตคอล

ในการพิจาณาถึงทราฟฟิกของโครงข่าย ATM จะแบ่งออกเป็นหลายชนิด คือ CBR, VBR, UBR, ABR และ GFR และสามารถจำลองแบบและประมวลผลของทราฟฟิกโดยใช้ซอฟต์แวร์ OPNET ในการวัดค่าความหน่วง Throughput และการเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิกที่จำลองแบบทั้ง LAN และ WAN สำหรับในการออกแบบโครงข่ายสามารถพิจารณาถึงสื่อกลางแบบ Leased Line, เส้นใยแก้วนำแสง และการสื่อสารดาวเทียม

สำหรับการออกแบบโครงข่าย FR/ATM ผ่าน Leased Line จะสามารถวัดประสิทธิภาพการทำงานร่วมกันของ FR และ ATM โดยพิจารณาจากการแบ่งเฟรมของ FR เป็นเซล ATM และพิจารณาประสิทธิจากต้นทาง FR ผ่าน ATM Leased line ไปถึงปลายทาง FR ในลักษณะแบบ End-to-End ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM ขึ้นอยู่กับขนาดการใช้งาน Payload ของผู้ใช้ปลายทางของโครงข่าย FR ในส่วนของ ATM leased line ได้พิจารณาถึงแนวโน้มทางเศรษฐศาสตร์ในการออกแบบเพื่อลดค่าใช้จ่ายของโครงข่าย เมื่อมีการวางโครงข่ายในระยะยาว ซึ่งทิศทางของการวางโครงข่าย Leased line จะมีความต้องการในการใช้แบนด์วิธเพิ่มขึ้น และมีค่าบริการ Leased line ต่อเดือนลดลง

ในการออกแบบโครงข่าย ATM ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง ได้มีการพิจารณาถึงการนำเอาทราฟฟิกเมตริกมาใช้ออกแบบการเชื่อมต่อทางฟิสิกคัลและการเชื่อมต่อเสมือน โดยใช้อัลกอริทึม HLDA เปรียบเทียบกับ MLDA ซึ่งอัลกอริทึมแบบ HLDA จะเหมาะสมต่อการให้บริการของโครงข่าย ATM ในการทำให้ทราฟฟิกมีความคับคั่งน้อยที่สุด ในส่วนการพิจารณาการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และสวิตช์ ATM ผ่านโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสงนั้น ได้นำเสนอวิธีการลดความหน่วงในโครงข่ายที่เกิดขึ้นในขณะมีการแปลงพารามิเตอร์ของ FR ไปเป็น ATM โดยการเพิ่มค่า PIR ทางด้านสวิตช์ ATM และ IWF ด้านที่แปลงพารามิเตอร์ทางเฮดเดอร์ของ FR ไปเป็น ATM เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบสำหรับการสื่อสารดาวเทียมผ่านโครงข่าย ATM มัลติมีเดียจะใช้ VPI/VCI เป็นการกำหนดสปอตบีมของดาวเทียม โดยที่สวิตช์บนดาวเทียมจะเป็นสวิตช์ ATM และที่การเชื่อมต่อของสถานีภาคพื้นดินจะใช้สวิตช์ ATM เชื่อมต่อระหว่างสถานีการและสถานีปลายทาง และได้พิจารณาถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมทางเลเยอร์ของแพ็คเกจข้อมูลของดาวเทียมและเซล ATM ซึ่งใช้วิธีการ PPD มาประยุกต์แทนที่เลเยอร์ LLC เพื่อแก้ไขปัญหาความซับซ้อนในการทำงานของ LLC ในส่วนของการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM ได้พิจารณาถึงการควบคุมทราฟฟิกในเฟรมโหมด และเซลโหมดจาก FR ไปยัง ATM และส่วนที่มีผลต่อการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM คือ Frame GCRA ในเฟรมโหมด ซึ่งได้จากการวัดผลที่น่าจะเกิดขึ้นของทราฟฟิกในขณะมีการทำงานร่วมกันของทั้งสองโครงข่าย

ในส่วนของการประมาณสมรรถนะของโครงข่าย เป็นการแสดงอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์สำหรับพิจารณาความเป็นไปได้ขององค์ประกอบ ที่มีผลกระทบต่อการออกแบบและสมรรถนะภายในโครงข่ายที่กำหนดไว้ เช่น ความหน่วง ความหนาแน่นของทราฟฟิก และแบนด์วิธ ซึ่งโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญคือ ทราฟฟิกเมตริก ในการรองรับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในอนาคต ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นถึงโครงข่ายที่จะนำมาพัฒนาสำหรับการสื่อสารข้อมูลในอนาคตที่เรียกว่า ISDN3 โดยก่อนที่การเริ่มนำมาใช้จริงในทางปฏิบัติ โครงข่าย ATM ยังสามารถพัฒนาเพื่อรองรับการให้บริการ IP ที่เรียกว่า MPLS over ATM และสามารถรองรับการให้บริการบรอดแบนด์ของ ADSL โมเด็ม ที่เรียกว่า ADSL over ATM

การทดลองตรวจจับทราฟฟิกสำหรับการทำงานร่วมกันระหว่าง FR และ ATM แสดงถึงการวัดข้อผิดพลาดภายในเฮดเดอร์ของ FR การแสดงการเชื่อมต่อแบบ PVC โดยค่า DLCI สำหรับการ Simulate แบบ LMI การพิจารณาถึงการ mapping ทราฟฟิกระหว่างโครงข่าย FR และ ATM รวมทั้งการแสดงการเปลี่ยนแปลงทราฟฟิกในลักษณะ Octet/s สำหรับ FR และ Multicast/s สำหรับ ATM

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาและทดลองสำหรับการให้บริการ ATM ผู้วิจัยพบว่าโครงข่าย ATM ยังเป็นโครงข่ายบรอดแบนด์ที่สามารถรองรับเทคโนโลยีใหม่และเป็นศูนย์กลางทางสวิตชิ่งที่มีความสำคัญในการพัฒนาการสื่อสารข้อมูลให้มีความเร็วสูงขึ้น ถึงแม้ว่าโครงข่าย ATM จะเป็นมาตรฐานที่ได้กำหนดมาเป็นเวลาเกือบ 10 ปี แต่วิวัฒนาการในการพัฒนาโครงข่ายบรอดแบนด์และอินเทอร์เนต หรือแม้แต่โครงข่ายไร้สาย ยังคงนำเอา ATM ไปประยุกต์ใช้แทบทั้งสิ้นในปัจจุบัน และในอนาคตอันใกล้ ดังนั้นแนวทางในการศึกษาวิธีการทำงานร่วมกันของโครงข่ายเฟรมรีเลย์และโครงข่าย ATM จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาการทำงานร่วมกับโครงข่ายอื่นๆในอนาคตและสามารถพัฒนาให้ได้ดียิ่งขึ้นต่อไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Gilbert Held. 1999. **Frame Relay Networking.** West Sussex, England : John Wiley & Sons.

[2] James P. Cavanagh. 1998. **Frame Relay Applications**. San Francisco, California : Morgan Kaufmann Publishers.

[3] Koichi Asatani, Tadanobu Okada. et. Al. 1997. **Introduction to ATM Networks and B-ISDN.** West Sussex, England : John Wiley & Sons.

[4] Abhijit S. Pandya, Ercan Sen. 1998. **ATM Technology for Broadband Telecommunications Networks.** New York : CRC Press.

[5] Natalie Giroux, Sudhakar Ganti. 1999. **Quality of Service in ATM Networks :State-of-the Art Traffic Management.** New Jersey : Prentice-Hall.

[6] J.M. Pitts, J.A. Schormans. 1996. **Introduction to ATM Design and Performance with Applications Analysis Software.** West Sussex, England : John Wiley & Sons.

[7] Thomas E. Stern, Krishna Bala. 2000. **Multiwavelength Optical Networks A Layered Approach.** New Jersey : Prentice-Hall.

[8] C.Siva Ram Murthy, Mohan Gurusamy. 2002. **WDM Optical Networks Concepts, Design, and Algorithms.** New Jersey : Prentice-Hall.

[9] Roy D. Rosner. 1982 **Distributed Telecommunications Networks Via Satellite and Package Switching.** Belmont, California : Lifetime Learning Publications.

[10] Frame Relay Forum. 1994. "Frame Relay/ATM PVC Network Interworking Implementation Agreement." **FRF.5.** (1): 1-19.

[11] Frame Relay Forum. 2000. "Frame Relay/ATM PVC Service Interworking Implementation Agreement." **FRF.8.** (1): 1-28.

[12] ATM Forum. 1999. "Traffic Management Specification." **AF-TM-0121.000.** (4.1): 1-145.

[13] ADSL Forum Reference Model. 1997. "ATM over ADSL Recommendation." **TR-002.** March 1997 : 1-15.

[14] Electronic Engineer. 1999. "Designing ADSL in an ATM Network." **ADSL over ATM.** November 1999 : 1-4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15] Anoop Gupta. "An Overview of Multiprotocol Label Switching (MPLS)" EE650 Presentation University of Southern California. 13th February 2002 : 1-24.

[16] Sudhir Dixit, Stuart Blby. "Frame Relay and ATM Interworking." IEEE Communications, June 1996. pp. 64-82.

[17] Johm Y. Hsu. "Frame Relay vs. Asynchronous Transfer Mode." IEEE, 1995(95 TH 8061). pp. 157-191

[18] Russell Pretty, Marianne Morin. "Frame Relay Interworking with Asynchronous Transfer Mode" IEEE, 1992. pp. 1854-1860.

[19] Tatsuhiko Yoshida, Yoshiyuki Matsumoto. "A Study on the Management Information Model for ATM Bandwidth Control" IEEE, 1995. pp. 132- 137.

[20] Henry J. Fowler, Bellcore. "Network Management Considerations for Interworking ATM Networks with Non-ATM Services." IEEE Communications, June 1996. pp. 102-106.

[21] Peter Sholander, Luis Martine. et. Al. "The Effects of User Mobility on Usage Parameter Control (UPC) in Wireless ATM Systems." IEEE, 1998. pp. 216-221.

[22] Mirjana D. Stojanovic. " Determining of ATM Traffic Descriptors in Various Interworking Scenarios." IEEE, 1999. pp. 584-587.

[23] David R. Irvin. 1994. "The Role of Customer-Premises Bandwidth Management" IEEE, May/June 1994. pp. 18-25.

[24] Tomonori Aoyama, Ikuo Tokizawa. . et. Al. 1993. "ATM VP-Based Broadband Networks for Multimedia Services." IEEE Communications, April 1993. pp. 30-39.

[25] Tomonori Aoyama, Ikuo Tokizawa. et. Al. "Introduction Strategy and Technology for ATM VP-Based Broadband Networks." IEEE Journal on Communications., vol. 10, No.9, 1992. pp. 1434-1447.

[26] A. Rizk, A. Hellany. et. Al. "Reducing Delays for Frame Relay Customers over FR-ATM Networks." IEEE ICIT, Bangkok, Thailand, 2002. pp. 631-634.

[27] John Farserotu, Ramjee Prasad. "Broadband Wide Area Networking via IP/ATM over SATCOM." IEEE Communications, 1999. pp. 148-157.

[28] Ioannis Mertzanis, Georgios Sfikas. et. Al. "Protocol Architectures for Satellite ATM Broadband Networks." IEEE Communications, 1999. pp. 46-54.

[29] Toru OTSU, Hideki TOSHINAGA. et. Al. "A Study on Global Multimedia Satellite Communication System." IEEE, 1998. pp. 2960-2965.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[30] Mohamed-Slim Alouini, Scott A. Borgsmiller. et. Al. "Channel Characteristic and modeling for Ka-Band Very Small Aperture Terminals." IEEE., vol.85, No.6, June 1997. pp. 981-997.

[31] Pamela Clark, Charles Hammond. et. Al. "QoS-Based Provisioning of ATM Services over DAMA-Controlled SATCOM Networks." IEEE, 1999. pp. 1358-1362.

[32] Steven Chamberland. 2002. "On the IP Network Design Problem with QoS Constraints." IEEE, 2002. pp. 1571-1576.

[33] R. Prasad TUDelft, J. Farserotu. "ATM Over Ka-Band SATCOM Via CDMA." IEEE, 1998. pp. 1858-1864.

[34] Sudhir S. Dixit, Sharad Kumar. "Traffic Descriptor Mapping and Traffic Control for Frame Relay over ATM Network." IEEE Trans. on Networking, vol.6, No.1, 1998. pp. 56-70.

[35] J. Witters, G.H. Petit. et. Al. "Throughput Analysis of a DGCRA-based UPC function monitoring misbehaving ABR end-systems." IEEE, 1997. pp. 204-213.

[36] Jorge-A. Sanchez-P.,Iakovos S. Venieris. . et. Al. "On the Definition of ATM Traffic Descriptors for LAN Sources." IEEE, 1996. pp. 1601-1606.

[37] R.Ohayon, R.Giladi. et. Al. "Network Resource Location" IEEE, 1996. pp. 5-8.

[38] Sang-Baeng Kim, Min-Jeong Kim. et. Al. "Optimization Models and Algorithms for Planning ATM Networks." IEEE, 1996. pp. 1226-1230.

[39] Zinjie Chang. "Network Simulations with OPNET" IEEE, 1996. pp. 307-314.

[40] Zhonghui Yao, David C. Blight. "Modeling and Simulation of ATM Networks." IEEE. 1997. pp. 202-207.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2000 TENCON PROCEEDINGS

IEEE
Networking the world

Volume I

Venue:
Renaissance-New World Hotel
Kuala Lumpur

Date:
24th.-27th. September, 2000

Theme:
Intelligent Systems and Technologies for the New Millennium

IEEE Catalog Number: 00CH37119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Frame Relay to ATM PVC Network Interworking Management

Weerachai Duangkreu, Somsuda Kerddit and Suthichai Noppanakeepong
Department of Telecommunication Engineering
Faculty of Engineering and Research Center for Communication and Information Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chalongkrung Road, Ladkrabang District, Bangkok 10520, Thailand
Email: s2061041@kmitl.ac.th, knsuthic@kmitl.ac.th
Tel (+661) 6396703, (+662) 3733000, 3271199 Ext. 3354

Abstract: This paper is description of Permanent Virtual Connection (PVC) network interworking between Frame Relay (FR) and Asynchronous Transfer Mode (ATM) technologies. This management provides the functional requirements configurations across interface for network interworking between Frame Relay Service (FRS) and B-ISDN Permanent Virtual Connection Service (PVCS). The management herein was based on the relevant standards referenced. The FRS features to be support include; frame formatting and delimiting, error detection, connection multiplex, loss priority indication, congestion indication and PVC status management. The Frame Relay to Asynchronous Transfer Mode (FR-ATM) traffic management provides guideline for conversion of Frame Relay traffic conformance parameters to ATM traffic conformance parameters using the Generic Cell Rate Algorithm (GCRA) configuration. The management of the ATM layer and the FR PVC status management of the Frame Relay Service Specific Convergence Sublayer (FR-SSCS) can operate independently. The FR-SSCS layer shall use the PVC status from the ATM layer when determining the status of the FR PVCS.

I. INTRODUCTION

The evolution of data communications is important and its have developed from slow to fast information streams. The current data communication has used optical fiber for high-bit-rate data transmission channel for network. The Frame Relay is a new ISDN packet mode for data communication and can be used for relatively low-bit-rate and low volume of traffic. For B-ISDN, the transfer of information across the User-Network Interface (UNI) will use the ATM and can be appropriate for high-bit-rate data transmission. The FR network can be done on end-to-end basis by a higher part of Q.922 and can be supported in B-ISDN in two way namely networks interworking and service interworking.

The focus of this paper, we provided the PVCS [1]. The PVC was offer permanent bandwidth for traffic management on ATM network. The traffic parameters of ATM network is specified by a set of desired QoS parameters. The generic algorithm can be analyzed the ATM network management by defined the total traffic in segment, link and gateway [2].

In subsequence section of this paper is organized as follows; in Section II describes the Frame Relay and B-ISDN technologies. Section III, Permanent Virtual Connection service. Section IV presents FR-ATM PVC network management. Conclusions and suggestion are given in section V.

II. FRAME RELAY AND B-ISDN TECHNOLOGIES

A. Frame Relay Technologies

The Frame Relay was developed in response to a clear market need, namely the need for high speed, high performance transmission. The Frame Relay technologies also made cost-effective use of widespread digital facilities and inexpensive in end user devices. The bursty traffic is well suited for statistical sharing of bandwidth, low overhead, combined with high reliability, interworking with other new service and applications, which are the current technologies of FR. For the FR network, bandwidth is allocated to the path until actual data needs to be transmitted. The bandwidth within the network is allocated on a packet-by-packet basis. The FR network can be carriage and protocol so long as the frame format is using Q.922 at data link layer. The FR combines the statistical multiplexing and port sharing characteristics with high speed and low delay.

In figure 1 show the Frame Relay frame structure and its header in more detail. The DLCI is the Virtual Circuit (VC) number that corresponds to a particular destination. The network will discard frames, which is detection of error in the data by FCS and congestion. For network congestion, receiver congestion occurs by a network node receives more frame than it can process, line congestion occurs by a network node needs to send more frames across a given line than the speed of the line permits. The congestion management used two types of mechanisms to minimize include; Explicit Congestion Notification (ECN) and Discard Eligibility (DE). The ECN have the Forward Explicit Congestion Notification (FECN) and the Backward

0-7803-6355-8/00/ $10.00 © 2000 IEEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Explicit Congestion Notification (BECN) bits. The FR uses FECN and BECN bits to notify and user devices about network congestion. The DE bit is set for response to situations of congestion.

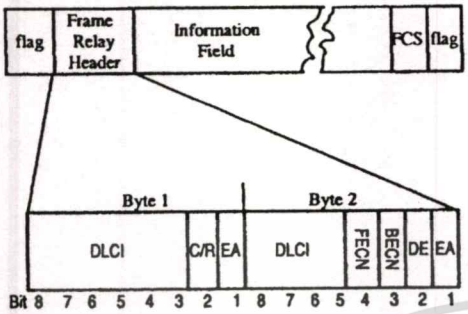


Figure 1 The Frame structure for Frame Relay

B. B-ISDN-ATM Technologies

The ATM technologies are identified in ITU-T Recommendation I.121 as the core technologies in B-ISDN. The ATM will provide more efficient transmission by using statistical multiplexing and the ATM protocol is connection oriented technique [3]. In B-ISDN, the multiplexing is done at the ATM layer based on VCI. In the B-ISDN protocol include lower layer and higher layers. The lower layer consists of physical layer, ATM layer and ATM Adaptive Layer (AAL) [4].

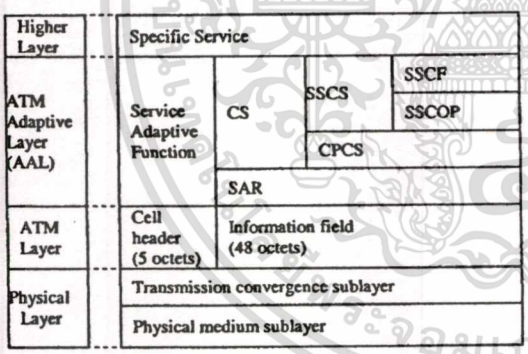


Figure 2 The ATM protocol structure

In figure 2, physical layer consists of a physical medium sublayer and transmission convergence sublayer, the AAL are organized into two logical sublayers; the Convergence Sublayer (CS) and the Segmentation and Reassemble Sublayer (SAR). The CS is divided into two parts; the Common Part Convergence Sublayer (CPCS) and the Service Specific Convergence Sublayer (SSCS). The SSCS may be classified into the Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP) and the Service Specific Coordination Function (SSCF). The maximum service bit rate of B-ISDN will be about 156 Mbit/s or 622 Mbit/s; B-ISDN can support both Constant-Bit-Rate (CBR) and Variable-Bit-Rate (VBR) service [5].

III. PERMANENT VIRTUAL CONNECTION SERVICE

For PVCS, there are permanent bandwidth allocations and also congestion control. The bandwidth policing are traffic control the ATM to regulated traffic accesses at the end-users. The PVC switch provides bandwidth policing based on both the Average Cell Rates (ACR) and the Peak Cell Rate (PCR) of ATM network. The policing function of ATM is dependent VPI/VCI on a cell header.

For Frame Relay, the condition of interface is using FR PVC bi-directional. The congestion control policing for PVCS can be used timer for limited cell stream transmission. The PVC can be design for the large network, the PVC can be utilized for fast call processing and correspond to reduce signaling load [6].

The PVC is popular because they provide a cost-effective alternative to leased lines. The PVC requires through planing, a knowledge of traffic patterns, and bandwidth utilization. There are fixed lead times for installation which limit the flexibility of adding service when required for short usage periods. The new PVC may be added when there is a demand for new sites, additional bandwidth, and alternate routing.

IV. FR-ATM PVC NETWORK MANAGEMENT

The FR-ATM network interworking is a viable solution that provides users with low cost access to high-speed network. There are two the FR-ATM interworking for PVC each encompassing two different type of interworking. The first one, the FR-ATM network interworking for PVC allows network administrators to scale the backbone beyond the 45 Mbit/s trunks supported by FR and provide the standards for ATM to become a high speed backbone for FR PVC users. The second one, the FR-ATM service interworking for PVC defines the standard for FR PVC and ATM PVC end-users. The FR-ATM network interworking for PVC can be thought of as encapsulation while the FR-ATM service interworking for PVC is translation between the two protocols.

An important advantage of the FR-ATM interworking is that it provides solutions to support communications between FR and ATM environments without modifications to end-user devices. The successful support of end-to-end communications in the FR-ATM interworking environment requires performing technical functions to compensate for the differences between FR and ATM. These functions are defined within the FR-ATM service and network interworking and are provided by the Interworking Function (IWF) that shows in figure 3.

The IWF responsibilities for services include; frame or cell are formatted and delimited, discard eligibility and Cell Loss Priority (CLP) are mapped,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

congestion indications, and mapping DLCI to VPI/VCI. The IWF also supports traffic management by converting ATM and FR traffic conformance parameters, supporting PVC management interworking via status indicators and providing upper layer user protocol encapsulation.

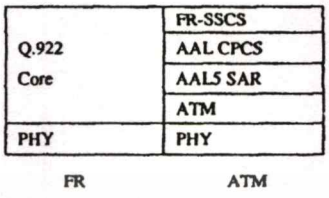


Figure 3 The FR-ATM IWF Architecture

A. Frame Relay-to-ATM Network Interworking for PVC

For FR-ATM network interworking is defined in ITU-T Recommendation I.555 include; network interworking Scenario 1 and Scenario 2. In figure 4 illustrated Scenario1 that connects two Frame Relay Network/CPE using B-ISDN and figure 5 illustrated Scenario 2 that connects a Frame Relay Network/CPE with a B-ISDN CPE using B-ISDN. The B-ISDN CPE will support the FR Service Specific Convergence Sublayer (FR-SSCS) in protocol stack.

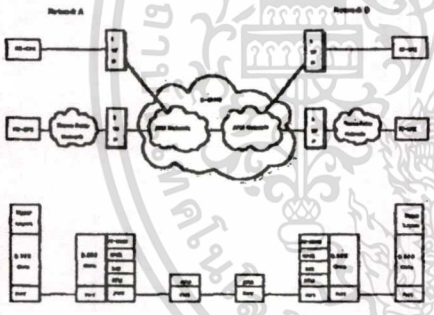


Figure 4 Network Interworking between FR and B-ISDN (I.555 Scenario 1)

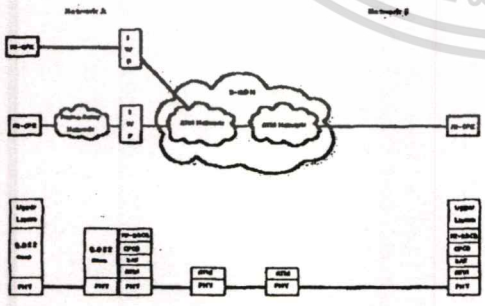


Figure 5 Network Interworking between FR and B-ISDN (I.555 Scenario 2)

The Frame Relay Service feature to be supported includes; frame formatting and delimiting, error detection, connection multiplexing, loss priority indication, congestion indication and PVC status management [7]. In the network interworking, of ATM service user performs Frame Relay specific function in the FR-SSCS within AAL5, Frame Relay frames are transported over ATM and processed at the FR-SSCS within the B-CPE.

B. Frame Relay-to-ATM Service Interworking for PVC

For FR-ATM service interworking where the B-ISDN service user employs B-ISDN class C AAL5 using ATM UNI interface. The B-CPE uses ALL SAR, CPCS and SSCS. The Frame Relaying service in class C illustrated in Table 1.

Table 1 The Frame Relaying Service

Parameter / Class	Timing relation between source and destination	Bit Rate	Connection Mode	Example of Service
A	Required	Constant	Connection-Oriented	Circuit emulation constant-bit-rate (CBR) video
B	Required	Variable	Connection-Oriented	Variable-bit-rate (VBR) video and audio
C	Not Required	Variable	Connection-Oriented	Connection-Oriented data transfer, signaling information transfer
D	Not Required	Variable	Connection-less	Connection less data transfer

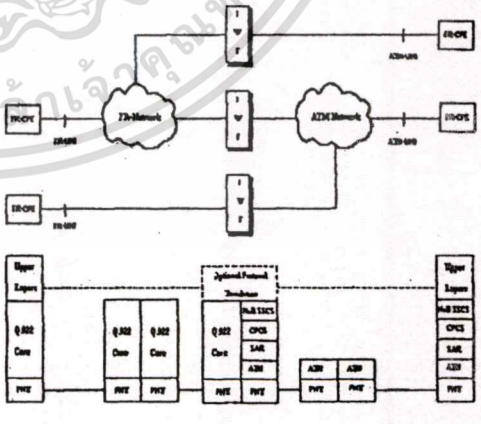


Figure 6 Service Interworking between Frame Relay and ATM Service

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C. Traffic Management

The FR-ATM traffic management performed by conversion of Frame Relay traffic conformance parameters to ATM traffic parameter using the GCRA. The Frame Relay traffic parameters include:

- Access Rate (AR)
- Committed Burst Size (Bc)
- Excess Burst Size (Be)
- Committed Information Rate (CIR)
- Excess Information Rate (EIR)
- Committed Rate Measurement Interval (Tc)

For FR traffic parameters, the maximum amount of data that the network to transfer by Bc, Be defined the maximum amount of uncommitted in excess of Bc that the FR network can attempt to deliver during a time interval Tc, the Tc which computed as BC/CIR [8]. The ATM traffic parameter include:

- Peak Cell Rate (PCR)
- Sustainable Cell Rate (SCR)
- Cell Delay Variation Tolerance (CDVT)
- Burst Tolerance (BT)
- Minimum Cell Rate (MCR)

For ATM traffic management, the source node must inform the network of the traffic parameters and desired Quality of Service (QoS) for each direction of the request connection. The current set of QoS classes include:

- Continuous Bit Rate (CBR)
- Variable Bit Rate-Real Time [VBR(RT)]
- Variable Bit Rate-Non Real Time [VBR(NRT)]
- Available Bit Rate (ABR)
- Unspecified Bit Rate (UBR)

For CBR connections, the PCR determines how often data samples are sent; the CDVT determines how much jitter is tolerable for such samples. For UBR connections, the SCR and BT together determine the long – term average cell rate and the size of cell that can be transmitted.

The information contains in the CLP field is used when congestion occurs within the network. If CLP=1 the cell has low priority and discarded. The CLP bit can be change from CLP=0 to CLP=1 at the UNI for the cell not conforming to the connection traffic contact between the user and the network.

For CLP=0 will be negotiable three main performance measures QoS for a particular connection: Cell Loss Rates (CLR), Cell Transfers Delay (CTD), and Cell Delay Variation (CDV)

In the B-ISDN class C AAL 5 service that uses VBR connection can be used SCR and BT for traffic management. For VBR service, the user should pay only for data successfully delivered to the destination, which is suitable for user that prefer and economical service and are prepared to accept.

The FR traffic parameter map to ATM traffic parameters by using Generic Cell Rate Algorithms (GCRA). For one DLCI to one VCC either a 3 GCRA or a 2 algorithm can characterize mapping (one-to-one).

In the 3-GCRA algorithm, AR is mapped to the PCR for CLP=0+1, for CLP=0, CIR and Bc are mapped to the SCR and Maximum Burst (MBS), and EIR and Be are mapped to SCR and MBS for CLP=1.

In the 2-GCRA algorithm, the PCR is derived from either the AR or the sum of CIR and EIR, for CLP=0+1, CIR and Bc are mapped to SCR and MBS, for CLP=0 combined with CLP=1. This algorithm no explicit characterization of Be and EIR [9, 10, 11, 12].

D. PVC Management Interworking.

The management of the ATM layer and FR PVC status management of the FR-SSCS layer can be operate independently. The management in the ATM layer will perform by usage of the OAM cell flows. FR-SSCS layer shall use the PVC status from the ATM layer when determining the status of the FR PVC. The PVC management procedures herein described the management of the FR PVC carried by the ATM VCC, DLCI=0 is used to exchange PVC status management between IWF and B-CPE. The PVC management interworking can be defined to FR PVC management procedures and ATM PVC management procedures.

For FR PVC management procedures include; Link Integrity Verification (LIV), new/deleted FR PVC and active/inaction FR PVC. The LIV performs the function of ensuring that the link between IWF and attached FR network by AIS F5 OAM cell.

In Figure 7, the IWF should send AIS F5 cells into the ATM network on the corresponding PVC when indicates deleted and the IWF takes no action when indicates new. The IWF map across to ATM PVC is action when not sending AIS F5 OAM cells and inactive when sending AIS F5 OAM cells.

For ATM PVC management procedures include; added/deleted ATM PVC, active/inactive ATM PVC and Remote Defect Indication (RDI) cells [13].

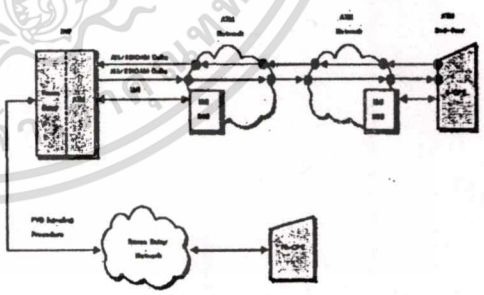


Figure 7 PVC Management Procedures

V. CONCLUSION

Because the Frame Relay technologies is using VC. The PVC was the original service offering and more

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

commonly used. The PVC is fixed parts, not available on demand or on a cell-by-cell basis. The FR is a better choice when the traffic pattern between sites is interactive or bursty. The FR parameters include CIR, Bc and Be values are signaled at the Network-to-Network Interface (NNI) and these values in the forward direction may be different from the backward direction for congestion management. For B-ISDN, PVC is a connection set up by some external mechanism, typically network management, in which a set of switches between an ATM source and destination ATM system are programmed with the appropriate VPI/VCI values. This paper has been offering both parameters of FR and ATM for network management. The paper has also presented configuration of FR-ATM interworking.

VI. REFERENCES

[1] Tokahiko Kozaki, Morihito Miyaki and Ichiro Kohashi, "PVC Reservation on Shared Buffer Type ATM switch for Data Communication", IEEE, Vol. 1, pp. 391-396, 1994.

[2] R. Ohayon, R. Giladi and E. Korach, "Network Resource Location" IEEE, pp. 5-8 November 5-6, 1996.

[3] K. Kapoor, "Interworking between Frame Relay and Broadband ISDN" IEEE, pp. 546-551, 1991.

[4] John Y. Hsu, "Frame Relay Vs. Asynchronous Transfer Mode" IEEE, pp. 157-161 July 3-7, 1995.

[5] Koichi Asatani, Tadanobu Okada, Masatoshi Kawarazaki, Yochi Maeda, Katsuyuki Yamazaki, Hiroyuki Ichikawa, Shin-ichi Kuribayashi and Takumi Ohba, Introduction to ATM Networks and B-ISDN, pp. 168-170.

[6] Duk Kyung Kim and Dan Keun Sung, "Handoff/Resource Management's Based on PVCs and SVCs in Broadband Personal Communication Networks", IEEE, Vol. 2, pp. 1131-1135, 1996.

[7] Russell Pretly and Marianne Morin, "Frame Relay Interworking With Asynchronous Transfer Mode", IEEE, Vol. 3, pp. 1854-1860 November 29-December 2, 1993.

[8] Kuei Y. Kou, Akira Arutaki and Susumu Iwasaki, "The Architecture and Implementation of ATM Switch for Broadband ISDN", IEEE, Vol. 1, pp. 8-13 November 29-December 2, 1993.

[9] Henry J., Fowler and Bellcore, "Network Management considerations for Interworking ATM Networks with Non- ATM Services", IEEE, Vol. 34, No. 6, pp. 102-106 June, 1996.

[10] Marek Wernik, Osama Aboul-Magd and Henry Gilbert, "Traffic Management for B-ISDN Services", IEEE Network, Vol. 6, No. 5, pp. 10-19 September, 1992.

[11] Sudhir Dixit and Stuart Elby, "Frame Relay and ATM Interworking", IEEE, Vol. 34, No. 6, pp. 64-82, June, 1996.

[12] Zbigniew Dziong, ATM Network Resource Management, pp. 5-13.

[13] Frame Relay Forum Technical Committee, Frame Relay/ATM PVC Service Interworking Implementation Agreement, February 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายวีระชัย ดวงเครือ เกิดเมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2517 ที่จังหวัดปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จากวิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์ ปีการศึกษา 2539 ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม (เกียรตินิยมอันดับ 2) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2541

ปี พ.ศ. 2542 ทำงานในตำแหน่ง Equipment Engineer บริษัท อิเล็ค แอนด์ เอลเทค จำกัด

ปี พ.ศ. 2543 ทำงานในตำแหน่ง Process Development/Equipment Engineer บริษัท แมกเน คอมพ์ (ประเทศไทย) จำกัด

ปี พ.ศ. 2544 ทำงานในตำแหน่ง Software Implement R&D Engineer บริษัท เค อาร์ พริซิชั่น (มหาชน) จำกัด

ปี พ.ศ. 2545 – ปัจจุบัน ทำงานในตำแหน่ง Technical Support Manager โนเกียประจำเอเซีย-แปซิฟิค บริษัท Scicom ประเทศมาเลเซีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้