

การจัดการคุณภาพการให้บริการของระบบวีดีโอตามสั่งบนเครือข่ายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



นายบุญลือ ธรรมสุนทรชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2920-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

QUALITY OF SERVICE MANAGEMENT FOR VIDEO ON DEMAND SERVICE IN
CHULALONGKORN UNIVERSITY NETWORK

Mr. Boonlue Thamsoonthornchai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-53-2920-7

481831

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การจัดการคุณภาพการให้บริการของระบบวีดีโอตามสั่งบน
เครือข่ายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

นายบุญลือ ธรรมสุนทรชัย

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร. ชัยรัตน์ พงศ์พันธุ์ภาณี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

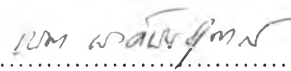
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ณัฐวดี หนูไพโรจน์)



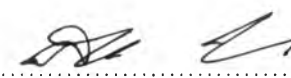
อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.ชัยรัตน์ พงศ์พันธุ์ภาณี)



กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วิระ เหมืองสิน)



กรรมการ

(อาจารย์ ชงชัย โรจน์กังสดาล)

บุญลือ ธรรมสุนทรชัย : การจัดการคุณภาพการให้บริการของระบบวีดีโอตามสั่งบนเครือข่ายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (QUALITY OF SERVICE MANAGEMENT FOR VIDEO ON DEMAND SERVICE IN CHULALONGKORN UNIVERSITY NETWORK) อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร. ชัยรัตน์ พงศ์พันธุ์ภาณี, 94 หน้า. ISBN 974-53-2920-7

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าการจัดการคุณภาพการให้บริการวีดีโอตามสั่งในเครือข่ายคอมพิวเตอร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยได้ศึกษาการทำงาน โพรโทคอลอาร์เอสวีพี และ โพรโทคอลเอ็มพีแอลเอสที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์สวิตช์ยี่ห้อซิสโก้ของสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นวัดคุณภาพการให้บริการในระดับเครือข่ายการเชื่อมต่อจากฝั่งส่งไปยังฝั่งรับโดยผู้วิจัยได้ทดลองสร้างแบบจำลองเครือข่ายฯ ด้วยโปรแกรมเอ็นเอสทูโดยใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรที่รวบรวมจากการเก็บสถิติการใช้งานจริงบนเครือข่ายฯ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าเป็น โพรโทคอลเอ็มพีแอลเอสเหมาะสมกับการให้บริการวีดีโอตามสั่งในเครือข่ายความหนาแน่นจราจรน้อยถึงปานกลางได้แก่ช่วง 65-85% ของแบนด์วิดท์ ส่วน โพรโทคอลอาร์เอสวีพีเหมาะสำหรับกรณีที่มีความหนาแน่นจราจร 85% ขึ้นไปของแบนด์วิดท์

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการออกแบบและปรับปรุงเครือข่ายฯ ให้สามารถมีเส้นทางการเชื่อมต่อข้อมูลได้มากกว่าหนึ่งเส้นทางจากตัวอุปกรณ์สวิตช์มากกว่าหนึ่งตัวเพื่อรองรับระบบการทำงานแบบพร้อมกันและสำรองซึ่งกันและกัน

ภาควิชา..... วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่อผู้คิด..... 

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ปีการศึกษา ...2548.....

45714500 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEY WORD: QUALITY OF SERVICE / VIDEO ON DEMAND/ MULTI PROTOCOL LABEL SWITHCING / RESOURCE RESERVATION PROTOCOL

BOONLUE THAMSOONTHORNCHAI : QUALITY OF SERVICE MANAGEMENT FOR VIDEO ON DEMAND SERVICE IN CHULALONGKORN UNIVERSITY NETWORK. THESIS ADVISOR : CHAIRAT PHONGPHANPHANEE, Ph.D.. 94 pp. ISBN 974-53-2920-7.

The objective of this thesis is to explore the issue of managing the quality of service for video-on-demand service in Chulalongkorn University Network(CU-NET). We study the mechanism of RSVP Protocol and MPLS protocol and their applications on CISCO router switches. We performed simulation experiments of applying these protocols in CU-NET, using NS2 software and traffic data collected from CU-NET. The result show that the MPLS protocol is suitable for providing video-on-demand service in the network that has a small to medium traffic intensity 65-85% and the RSVP protocol is suitable when the traffic intensity above 85%.

In addition we has proposed a new design for upgrading CU-NET to have and extra route between each routers in order to provide a better network availability.

Department..... Computer Engineering.....Student's signature.....
Field of study.....Computer Science.....Advisor's signature.....
Academic year ...2005...

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. ชัยรัตน์ พงศ์พันธุ์ภักดี ซึ่งท่านได้แนะนำ และให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยด้วยดีมาตลอด รวมทั้งตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างละเอียด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาจากอาจารย์เป็นอย่างสูง รวมถึงอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ ดร. ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงกรรมการสอบอีกสองท่าน ได้แก่ อาจารย์ ดร. วีระ เหมืองสิน และอาจารย์ ชงชัย รัตนกมลศาสตร์ที่ได้ช่วยกรุณาสละเวลามาช่วยตรวจสอบ ดำเนินการสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ ศูนย์คอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์อาคาร 3 ชั้น 1 และภาคคอมพิวเตอร์ชั้น 19 ที่สละเวลาให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลแทรฟฟิกอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ และให้คำแนะนำสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณเหล่าเพื่อนร่วมรุ่น รุ่นพี่ รุ่นน้อง โดยเฉพาะคุณสุทธิพงษ์ เติสมโนรัตน์ที่เป็นที่ปรึกษาให้ข้อมูลงานวิจัยนี้ตั้งแต่ต้นจนจบ และเพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการ ISDTL ทุกคน ที่คอยถามไถ่ถึงความคืบหน้าในการทำงานวิจัย และให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่คอยสนับสนุนในด้านการเรียน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญกราฟ.....	ฏ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขั้นตอนการวิจัย.....	3
2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	4
2.2 การใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดียในมหาวิทยาลัย.....	5
2.3 คุณภาพการให้บริการ.....	7
2.4 โพรโทคอลในการจัดการคุณภาพบนเครือข่ายมหาวิทยาลัย.....	9
2.4.1 โพรโทคอลอาร์เอสวีพี.....	9
2.4.2 โพรโทคอลเอ็มพีแอลเอส.....	11
2.5 โปรแกรมจำลองการทดสอบเครือข่ายเอ็นเอสทู.....	17
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	18
3.1 การเก็บข้อมูลปริมาณเครือข่ายบนอุปกรณ์สวิตช์.....	18
3.1.1 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....	18
3.1.2 คณะวิศวกรรมศาสตร์.....	18
3.1.3 สำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ.....	19
3.2 การจัดเก็บข้อมูลการใช้งานสายสัญญาณโดยใช้โพรโทคอลเอสเอ็นเอ็มพี (SNMP Protocol)	
.....	20

บทที่

3.2.1 โปรแกรมเอ็มอาร์ทีจี (Multi Router Traffic Grapher)	22
3.2.2 โปรแกรมอีควอเตอร์วัน (Program EquatorOne)	26
3.3 การออกแบบโมเดลในเครื่องมือทดสอบเครือข่ายเอ็นเอสทู	27
3.3.1 รูปแบบวิธีการทำโปรแกรมคำสั่งบนการทำงานของเครื่องมือแบบทดสอบเครือข่ายเอ็นเอสทู	28
3.3.2 การสร้างตัวกำหนดเหตุการณ์ต่างๆ (Creating Event Scheduler).....	29
3.3.3 การติดตาม (Tracing)	29
3.3.4 การสร้างเครือข่าย (Creating Network)	30
3.3.5 การใส่ความผิดพลาดต่างๆ (Inserting errors)	31
3.3.6 การจัดเตรียมการจัดเส้นทาง (Setup Routing).....	31
3.3.7 การสร้างการเชื่อมต่อ (Creating Connection)	32
3.3.8 การสร้างแทรฟฟิก (Creating Traffic).....	33
3.3.9 การควบคุมพารามิเตอร์อ็อบเจกต์ต่างๆ ในแทรฟฟิก	34
3.3.10 การจำลองการทำงานในระดับงานประยุกต์ (Application-Level Simulation)	34
3.3.11 การปิดขั้นตอนการทำงานของคำสั่ง	35
3.4 การพัฒนาคำสั่งบนการจำลองเหตุการณ์เครือข่ายจริงทั้งหมด.....	36
3.4.1 การสร้างโหนด	38
3.4.2 การสร้างข้อมูล.....	40
3.4.3 การสร้างเอ็มพีเค4แทรฟฟิก.....	41
3.4.4 สร้างตัวสร้างข้อมูลเอ็มพีเค4.....	42
3.4.5 การจำลองโปรโทคอลเอ็มพีแอลเอส	42
3.4.6 การจำลอง โปรโทคอลอาร์เอสวีพี	44
3.4.7 การคำนวณอัตราการสูญหาย, ช่องสัญญาณที่ส่งได้ และ ค่าเวลาหน่วง.....	46
3.4.8 การพัฒนาคำสั่งบนการจำลองสถานการณ์ทดสอบ	53
4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	56
4.1 ผลการทดลองบนการจำลองสถานการณ์ทดสอบ	56
4.1.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบการจำลองสถานการณ์ทดสอบ	60
4.1.2 สรุปรูปกราฟผลการทดลองการจำลองสถานการณ์ทดสอบ	68

บทที่

4.2 ผลการทดสอบบนสถานการณ์เครือข่ายจริงทั้งหมด.....	71
4.2.1 วิเคราะห์ผลการทดลองปริมาณเครือข่ายปัจจุบัน.....	73
4.2.2 วิเคราะห์ผลการทดลองปริมาณเครือข่ายปัจจุบันเพิ่มขึ้นสี่เท่า.....	74
4.2.3 สรุปผลการทดลองบนสถานการณ์เครือข่ายจริงทั้งหมด.....	78
5 แนวทางการออกแบบและปรับปรุงเครือข่ายจุฬาลงกรณ์ให้มีคุณภาพ.....	82
6 สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	89
รายการอ้างอิง.....	91
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	94

สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	
2-1 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	4
2-2 โครงสร้างแบบการทำงานของโพรโทคอลอาร์เอสวีพี	10
2-3 รูปแสดงทิศทางการไหลของกลุ่มข้อมูลบนการทำงานของโพรโทคอลอาร์เอสวีพี	11
2-4 รูปแบบการหุ้มห่อเอ็มพีแอลเอสลาเบลเข้าไปในไอพีแพ็คเก็ต.....	12
2-5 แสดงขั้นตอนการทำงานของโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอสแบบ CR-LDP.....	14
2-6 แสดงขั้นตอนการทำงานของโพรโทคอลเอ็มพีแอลเอสแบบ RSVP-TE.....	15
2-7 แสดงรูปแบบการทำงานเมื่อมีไอพีแพ็คเก็ตเข้ามาในเครือข่ายเอ็มพีแอลเอส.....	16
2-8 โครงสร้างของเอ็นเอสทู	17
3-1 โครงข่ายอุปกรณ์สวิตช์ในการเชื่อมต่อจากภาคคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ไปยังสำนัก เทคโนโลยีสารสนเทศ	20
3-2 รูปแบบการเก็บข้อมูลจากโปรแกรมเอ็มอาร์ทีจีจากอุปกรณ์โหนด7 คือCatalyst 3550 (FI.19) : ด้าน ขาเข้า(In) = FastEthernet0/43	22
3-2-1 รูปแสดงกราฟอัตราแพ็คเก็ตการใช้งานเข้าออกรายสัปดาห์.....	23
3-2-2 รูปแสดงกราฟอัตราแพ็คเก็ตการใช้งานเข้าออกรายเดือน.....	23
3-3 รูปแบบการเก็บข้อมูลจากโปรแกรม MRTG จากอุปกรณ์โหนด 7 คือ Catalyst 3550 (FI.19) : ด้านขา ออก (Out) = FastEthernet0/36	24
3-3-1 รูปแสดงกราฟอัตราแพ็คเก็ตการใช้งานเข้าออกรายสัปดาห์.....	24
3-3-2 รูปแสดงกราฟอัตราแพ็คเก็ตการใช้งานเข้าออกรายเดือน.....	25
3-4 แสดงรูปแบบการเก็บข้อมูลของโปรแกรมอิกวอเตอร์วัน.....	26
3-5 แสดงแบบโมเดล 8 โหนดโครงสร้างในการนำไปทดสอบบนเครื่องมือแบบทดสอบเครือข่ายเอ็นเอสทู	27
3-6 แสดงการเชื่อมต่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของเอ็นเอสทูสำหรับจำลองการทำงาน	29
3-7 แผนผังแนวทางการจำลองเครือข่ายจริงทั้งหมด.....	36
3-8 รูปการทำงานของเครื่องมือแบบทดสอบเครือข่ายเอ็นเอสทูในโมเดลการจำลองเหตุการณ์เครือข่าย ทั้งหมด	36
3-9 แสดงรูปแบบการไหลของกลุ่มข้อมูลเข้าออกของอุปกรณ์สวิตช์ระหว่างโหนดแต่ละโหนด.....	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ

3-10 แสดงการไหลของแรงแฟิครบกันระหว่างโหนด	39
3-11 รูปการทำงานของเครื่องมือแบบทดสอบเครือข่ายเอ็นเอสทูใน โมเดลการจำลองเหตุการณ์บน สถานการณ์ทดสอบ	53
4-1 แสดงรูปแบบโครงสร้างการทำงานของตัวทดสอบเครือข่ายโพรโทคอลอาร์เอสวีพีทีอี	61
6-1 โครงสร้างเครือข่ายการเชื่อมต่ออุปกรณ์สวิตช์และสายสื่อสารแบบมีตัวหลักและตัวสำรองทำงานพร้อม กัน	83
6-2 การออกแบบโครงสร้างเครือข่ายการเชื่อมต่อของคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้มีหลายเส้นทางในการ เชื่อมต่อ	86

สารบัญตาราง

ตาราง

3-1	หมายเลขประจำตำแหน่งและหมายเลขประจำเครือข่ายของอุปกรณ์สวิตช์.....	21
3-2	พารามิเตอร์อินเตอร์เฟซขาเข้าและขาออกของอุปกรณ์สวิตช์.....	21
3-3	แสดงผลการเก็บข้อมูลแทรฟฟิกผ่านเข้าออกอุปกรณ์สวิตช์.....	25
3-4	กำหนดชื่อตัวแปรโหนดต่างๆ ในการทำวิจัยเครือข่ายคอมพิวเตอร์จุฬาฯทั้งหมด.....	37
3-5	แสดงผลจากการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์สวิตช์บนเครือข่ายจริงทั้งหมด	38
3-7	กำหนดชื่อตัวแปรโหนดต่างๆ ในการจำลองสถานการณ์ทดสอบ	53
4-1	ผลการทดลองบนการจำลองบนสถานการณ์ทดสอบ	56
4-2	ตารางค่าเฉลี่ยผลการทดลองที่ได้บนการจำลองบนสถานการณ์เครือข่ายจริงทั้งหมด	71
4-3	แสดงปริมาณแทรฟฟิกเครือข่ายปัจจุบันที่ผ่านเข้าออกระหว่างโหนด	74
4-4	ปริมาณแทรฟฟิกเพิ่มขึ้นสี่เท่าในการใช้วิดีโอเครื่องลูกข่าย 1,10,100 เครื่อง.....	75
5-1	ผลการทดลองของอัตราการสูญหายของกลุ่มข้อมูลกับปริมาณแทรฟฟิก1,2,3,4 เท่า.....	78
5-2	ผลการทดลองของช่องสัญญาณที่ส่งได้กับปริมาณแทรฟฟิก1,2,3,4 เท่า.....	79
5-3	ผลการทดลองของเวลาหน่วงกับปริมาณแทรฟฟิก 1,2,3,4 เท่า	80

สารบัญกราฟ

กราฟ

3-1 แสดงอัตราการส่งแตรฟฟิคของเครื่องแม่ข่ายวีดีโอกับแตรฟฟิคครบกววน 3 Mbps.....	54
3-2 แสดงอัตราปริมาณแตรฟฟิค ช่องสัญญาณที่ส่งได้ทีเกินแบนด์วิทท์ของโหนดแรก.....	55
4-1 แสดงปริมาณช่องสัญญาณที่ส่ง ไปยังโหนดอุปกรณ์สวิตช์ตัวแรก	62
4-2 แสดงปริมาณจราจรของเอ็มพีค4 ทีโหนดอุปกรณ์สวิตช์ตัวแรก	63
4-3 แสดงปริมาณช่องสัญญาณที่ส่งแบบปลายทางถึงปลายทางของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4ทีเกิดขึ้นบน โมเดล สถานการณ์ทดสอบ	64
4-4 แสดงปริมาณเวลาหน่วงของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4ทีเกิดขึ้นกับเวลาที่รับบน โมเดลสถานการณ์ทดสอบ	65
4-5 แสดงปริมาณอัตราการสูญหายของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4ทีเกิดขึ้นบน โมเดลสถานการณ์ทดสอบ	66
4-6 แสดงปริมาณอัตราการสูญหายของกลุ่มข้อมูลแตรฟฟิคครบกววนทีเกิดขึ้นบน โมเดลสถานการณ์ทดสอบ	67
4-7 แสดงผลอัตราการสูญหายของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4 บนปริมาณแตรฟฟิคขนาด 1, 2, 3, และ 4 Mbps ..	68
4-8 แสดงผลช่องสัญญาณที่ส่งได้ของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4และแตรฟฟิคครบกววนบนปริมาณแตรฟฟิคขนาด 1, 2, 3, และ 4 Mbps.....	69
4-9 แสดงผลเวลาหน่วงของกลุ่มข้อมูลกับปริมาณแตรฟฟิคขนาด 1, 2, 3,และ 4 Mbps.....	70
4-10 แสดงปริมาณอัตราการสูญหายของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4 ทีเกิดขึ้นบน โมเดลเครือข่ายจริงทั้งหมดใน กรณีภาวะแตรฟฟิคปกติ.....	72
4-11 แสดงปริมาณช่องสัญญาณที่ส่งได้ของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4ทีเกิดขึ้นบน โมเดลเครือข่ายจริงทั้งหมดใน กรณีภาวะแตรฟฟิคปกติ.....	72
4-12 แสดงปริมาณเวลาหน่วงของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4ทีเกิดขึ้นบน โมเดลเครือข่ายจริงทั้งหมดในกรณี ภาวะแตรฟฟิคปกติ.....	73
4-13 แสดงปริมาณช่องสัญญาณที่ส่งได้ของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4บน โมเดลเครือข่ายจริงทั้งหมดในกรณีเพิ่ม ปริมาณแตรฟฟิคบนเครือข่ายเป็นสี่เท่าของปริมาณข้อมูลในเครือข่ายปัจจุบัน	76
4-14 แสดงปริมาณเวลาหน่วงของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4บน โมเดลเครือข่ายจริงทั้งหมดในกรณีเพิ่มปริมาณ แตรฟฟิคบนเครือข่ายเป็นสี่เท่าของปริมาณข้อมูลในเครือข่ายปัจจุบัน	77
4-15 แสดงปริมาณอัตราการสูญหายของกลุ่มข้อมูลเอ็มพีค4บน โมเดลเครือข่ายจริงทั้งหมดในกรณีเพิ่ม ปริมาณแตรฟฟิคบนเครือข่ายเป็นสี่เท่าของปริมาณข้อมูลในเครือข่ายปัจจุบัน	77
4-16 แสดงสรูปปริมาณอัตราการสูญหายของกลุ่มข้อมูล กับปริมาณแตรฟฟิค 1,2,3,4 เท่า	78
4-17 แสดงสรูปปริมาณช่องสัญญาณที่ส่งได้ กับปริมาณแตรฟฟิค 1,2,3,4 เท่า	79
4-18 แสดงสรูปปริมาณเวลาหน่วง กับปริมาณแตรฟฟิค 1,2,3,4 เท่า.....	80