

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กรณีศึกษาการติดตั้ง QoS สำหรับสำนักงานสาขา
ของบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต

A CASE STUDY OF QOS IMPLEMENTATION FOR
BRANCH OFFICE IN SERVICE PROVIDER COMPANY



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาระดับ 2
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A CASE STUDY OF QOS IMPLEMENTATION FOR
BRANCH OFFICE IN SERVICE PROVIDER COMPANY**



**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS OF THE COURSE
INDEPENDENT STUDY2
MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2/ 2011



COPYRIGHT 2012

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	กรณีศึกษาการติดตั้งQoSสำหรับสำนักงานสาขาของบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต
นักศึกษา	นางสาวอังครา จินดาภรณ์
รหัสนักศึกษา	52660533
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีระบบสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2554
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. โชติพัชร ภรณ์วลัย

บทคัดย่อ

ในองค์กรของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตมีสำนักงานสาขาตั้งอยู่ในภูมิภาคต่างๆ ทั่วประเทศ เพื่อให้เกิดการให้บริการอย่างทั่วถึงแก่ลูกค้าซึ่งทุกๆ สาขามีการติดตั้งกล่องวงจรปิดจนเกิดให้มีการใช้งานแบนด์วิดท์ด้านอ็อปโพลด์เต็มตลอดเวลาส่งผลกระทบต่อการใช้งานแอปพลิเคชันของเจ้าหน้าที่บริการลูกค้าทำให้ใช้งานได้ช้า เช่น ระบบตรวจสอบข้อมูลลูกค้าระบบรับชำระเงิน ระบบรับแจ้งเหตุขัดข้อง รวมถึงการบริหารจัดการเราเตอร์ของผู้ดูแลระบบผู้จัดทำโครงการรับทราบปัญหาเหล่านี้จากผู้ใช้งาน จึงได้เกิดแนวคิดในการนำหลักการดำเนินงานของ Quality of Service (QoS) มาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวโดยสำรวจสาขาที่ต้องดำเนินการจำนวน 119 สาขา กระบวนการทำงานทั้งโครงการ จะมีการทดสอบหลักการดำเนินงาน วิเคราะห์ออกแบบ QoS และประยุกต์ใช้ในห้องทดลองก่อน และนำไปประยุกต์ใช้งานจริงกับเราเตอร์ที่สำนักงานจำนวน 10 สาขาเพื่อรับฟังผลตอบรับจากผู้ใช้งานจริง สุดท้ายจะนำไปใช้งานกับเราเตอร์ทั้งหมดทุกสาขา โดยตลอดการทำงานจะมีการวัดผลในรูปแบบกราฟแบนด์วิดท์ของ QoS ที่มีการการันตีแบนด์วิดท์ให้และกราฟการวัดคุณภาพการใช้งานของแอปพลิเคชันด้วยกราฟ IP SLA (IP Service Level Agreement) ที่มีค่าเวลาดลดลงหลังทำ QoS และแบบสอบถามจากเจ้าหน้าที่บริการลูกค้าและผู้ดูแลระบบ ซึ่งผลการดำเนินงานทั้งหมดที่มีการเปรียบเทียบผลการทำงานก่อนและหลัง แสดงให้เห็นว่าโครงการนี้ได้ช่วยแก้ไขปัญหการใช้งานช้าของแอปพลิเคชันต่างๆ ได้ดีขึ้น นำไปสู่การใช้ให้เกิดการประหยัดงบประมาณขององค์กรและความพึงพอใจของผู้ใช้งานและผู้จัดทำโครงการยังสามารถนำหลักการเหล่านี้ต่อยอดเพื่อประยุกต์ใช้งานกับการให้บริการแก่ลูกค้าได้อีกด้วย

Title	A Case Study of QoS Implementation for Branch Office in Service Provider Company
Student	Ms. Angkhara Jindaporn
Student ID.	52660533
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information System Technology
Academic Year	2011
Advisor	Assoc. Dr. Chotipat Pornavalai

ABSTRACT

In an organization of internet service provider, there are branch offices located at various locations around the country in order to provide services throughout for customers by every branches have been installed with closed circuit video cameras which make using of bandwidth for uploading has always congestion. This impacts to application usages of customer service staffs by their usages become slow down, such as a Customer System, a Billing System, a Fault Management System as well as router managerial administration of a system administrator. The project producer acknowledges these problems from users, so he has an idea of taking the Quality of Service principle to use for solving such the problem by surveying 119 branches that have to perform.

Finally, we will bring them to use with all routers in every branches at all periods of working time, we will have result evaluation in bandwidth graphic type of QoS which has bandwidth guarantee and also, working quality measurement graph of an application as IP SLA (IP Service Level Agreement) graph that having reduction of time value-down after making QoS and questionnaires from customer service staffs as well as a system administrator. Results of all working with works comparison between before and after show this project has helped solving the slow using problem of various applications becomes better and leading to work with saving of organization budget and giving user satisfaction. Moreover, the project producer is able to bring these principles for adding more in order to apply for working as well as providing services to customers too.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. โชติพัชร ภรณ์วลัยอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาสละเวลา เป็นที่ปรึกษาและให้ความรู้ให้แนวคิด กระบวนการคิดการทำงาน คำแนะนำต่างๆ จนทำให้โครงการนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บริษัท ทริปเปิลที บรอดแบนด์ จำกัด (มหาชน) ที่สนับสนุนอุปกรณ์ที่ใช้ ในการทำโครงการทั้งหมด และพนักงานทุกท่านที่ส่วนกลางที่ให้การสนับสนุนการใช้ห้องทดลอง และในส่วนภูมิภาคที่ช่วยสนับสนุนการทดสอบ ให้คำปรึกษารวมถึงการให้ข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ นายมนัสชัย ใจเอื้อ วิศวกรอาวุโส และพนักงานแผนก Core Network ทุก ท่าน บริษัท ทริปเปิลที บรอดแบนด์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำและประสบการณ์ที่ เกี่ยวข้องอันเป็นประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการเป็นอย่างดี

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอ และให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

อังครา จินดาภรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบ	2
1.3 ขอบเขตในการพัฒนาระบบ.....	2
1.4 ขั้นตอนในการพัฒนาระบบ	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คุณภาพการให้บริการ (QUALITY OF SERVICE)	5
2.2 เครื่องมือและสถาปัตยกรรมของ QOS.....	12
2.3 กลไกของการควบคุม QOS ของ CONTROL PLANE และ DATA PLANE	25
2.4 เทคโนโลยี XDSL (ADSLเทคโนโลยีการสื่อสารความเร็วสูง, ฐนิต สงวน-เนตร)	26
2.5 เทคโนโลยีเครือข่าย ATM	28
2.6 ระดับการให้บริการ (IP SERVICE LEVEL AGREEMENT - IP SLA)	34
บทที่ 3 ระบบการทำงานแบบเดิม	
3.1 การวิเคราะห์ระบบการทำงานแบบเดิม.....	41
3.2 ปัญหาของระบบงานแบบเดิม	43
3.3 การวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาของระบบงานแบบเดิม	45
บทที่ 4 การออกแบบระบบงานใหม่	
4.1 การทำงานของระบบใหม่	46
4.2 การออกแบบระบบงาน.....	46
4.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์สำนักงาน.....	48

สารบัญ

หน้า

บทที่ 5 การพัฒนาและการทำงานของระบบ	
5.1 กระบวนการพัฒนาระบบ	51
5.2 องค์ประกอบของการพัฒนาระบบงาน	53
5.3 การทดสอบ QOS ในห้องทดลอง	54
5.4 รูปแบบของคอนฟิกรูเรชัน	64
5.5 วิธีการตรวจสอบผลการทำงานของ QOS	66
5.6 ผลเปรียบเทียบการทำงานของ QOS	73
บทที่ 6 สรุปผลการพัฒนาระบบ	
6.1 ผลการพัฒนาระบบ	87
6.2 อุปสรรคในการพัฒนา	88
6.3 ปัญหาและข้อจำกัด	88
บรรณานุกรม	89
ภาคผนวก	91
ประวัติผู้เขียน	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ชนิดของเครื่องมือของ QOS ที่มีผลต่อแบนด์วิดท์.....	6
2.2 ตัวอย่างแอปพลิเคชันและความต้องการจากเครือข่าย.....	8
2.3 พฤติกรรมของทราฟฟิกเมื่อปราศจากการทำ QOS	10
2.4 VIDEO CODECS และ PAYLOAD.....	10
2.5 VOICE CODECS และ PAYLOAD.....	11
2.6 ตัวอย่างการ CLASSIFY และ MARKING สำหรับแอปพลิเคชันแบบต่างๆ.....	13
2.7 ตารางเปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการทำคิว	15
2.8 ตารางเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของเครื่องมือในการทำคิว.....	16
2.9 ตารางเปรียบเทียบวิธีการในการทำ QOS.....	18
2.10 ตารางเปรียบเทียบแบนด์วิดท์ส่วนเกินของคำสั่ง BANDWIDTH และ PRIORITY	19
2.11 ตารางเปรียบเทียบฟังก์ชันของคำสั่ง BANDWIDTH และ PRIORITY	20
2.12 ตารางเปรียบเทียบผลต่อแอปพลิเคชันของคำสั่ง BANDWIDTH และ PRIORITY.....	20
2.13 คุณลักษณะของเทคโนโลยี XDSL.....	27
3.1 CISCO 877 MODEL.....	42
4.1 การออกแบบแบนด์วิดท์และการทำคิว	47
5.1 ตัวอย่างข้อมูลการสำรวจจำนวนสาขาที่ต้องทำ QOS.....	53
5.2 ค่าคอนฟิกูเรชันของเราเตอร์แบบ DATA แยกกับ VOICE.....	64
5.3 กราฟแบนด์วิดท์ QOS ในแต่ละ CLASS ก่อนทำ QOS	73
5.4 กราฟแบนด์วิดท์ QOS ในแต่ละ CLASS หลังทำ QOS.....	75
5.5 กราฟ IP SLA ผลการทำงานของ QOS CLASS CM_VIP.....	77
5.6 กราฟ IP SLA ผลการทำงานของ QOS CLASS CM_MANAGEMENT.....	78
5.7 กราฟ IP SLA ผลการทำงานของ QOS CLASS CM_IP_CAMERA	79
5.8 กราฟ IP SLA VOICE SCORE ของ CODEC G711ALAW.....	80
5.9 กราฟ IP SLA VOICE SCORE ของ CODEC G711ULAW.....	81
5.10 กราฟ IP SLA ผลการทำงานของ VOIP CODEC G729.....	82
5.11 กราฟ IP SLA UDP-JITTER ของ CODEC G711ALAW.....	83
5.12 กราฟ IP SLA UDP-JITTER ของ CODEC G711ULAW.....	83
5.13 กราฟ IP SLA UDP-JITTER ของ CODEC G729.....	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VI ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ชนิดของดีเลย์.....	7
2.2 แอปพลิเคชันประเภทเสียง.....	8
2.3 แอปพลิเคชันประเภทวิดีโอ.....	9
2.4 แอปพลิเคชันประเภทข้อมูล.....	9
2.5 VOICE CODECS IP PHONE.....	12
2.6 ตัวอย่างการจัดกลุ่มแอปพลิเคชัน.....	13
2.7 ส่วนหัวของ ETHERNET FRAME 802.1Q.....	14
2.8 โครงสร้างและความสัมพันธ์ของคำสั่งของ MQC.....	19
2.9 ตัวอย่างการจัดคิว.....	20
2.10 ตัวอย่างการทำ POLICING.....	21
2.11 ตัวอย่างการทำ SHAPING.....	21
2.12 ตัวอย่างการทำ CONGESTION AVOIDANCE.....	21
2.13 แสดง FIELD ของ HEADER และ PAYLOAD COMPRESSION.....	22
2.14 การจองทรัพยากรของแบบจำลอง INTSERV.....	23
2.15 ตัวอย่างแบบจำลองแบบ INTSERV.....	23
2.16 DIFFERV FIELD.....	24
2.17 ระบบการเชื่อมต่อของสำนักงานสาขา.....	34
2.18 การวัด TIMESTAMP ด้วยการใช้ SOURCE และ RESPONDER.....	35
2.19 องค์ประกอบของ IP SLA.....	36
2.20 การคำนวณเวลาในการตอบสนอง.....	37
2.21 การคำนวณเวลาในการตอบสนองการทำงานของ HTTP.....	40
3.1 ระบบการเชื่อมต่อของสำนักงานสาขา.....	42
3.2 ไรเตอร์ CISCO 877 ที่ใช้ในสำนักงานสาขา.....	42
3.3 กราฟ IP SLA ใช้ ICMP ECHO จากไรเตอร์ไป TELNET เซิร์ฟเวอร์.....	43
3.4 แสดงค่าเวลาตอบสนองที่ CACTI เซิร์ฟเวอร์ใช้ในการ POLL ไรเตอร์แต่ละสาขา.....	43
3.5 ตัวอย่างกราฟการใช้งานแบนด์วิดท์ของสำนักงาน.....	44
3.6 กราฟ IP SLA ใช้ ICMP ECHO จากไรเตอร์ไป CACTI เซิร์ฟเวอร์.....	44
3.7 ตัวอย่างกราฟ IP SLA การใช้งานเว็บภายในองค์กร.....	45
4.1 การแบ่งแบนด์วิดท์ใช้งานแต่ละ PVC ภายใต้ INTERFACE ADSL.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 การแบ่งแบนด์วิดท์ใช้งานแต่ละ PVC ภายใต้ INTERFACE ADSL.....	49
4.3 END-TO-END QOS.....	50
5.1 กระบวนการพัฒนาระบบ กรณีศึกษา QOS	52
5.2 การจำลองเชื่อมต่ออุปกรณ์ในห้องทดลอง TOPOLOGY 1	54
5.3 ข้อมูลสถิติการใช้งานของสำนักงานสาขาจาก NETFLOW	55
5.4 ข้อมูลสถิติการใช้งานของสำนักงานสาขาจาก NETFLOW ณ ช่วงเวลาหนึ่ง.....	55
5.5 ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูล FLOW การใช้งานจาก NETFLOW.....	56
5.6 การตั้งค่า TRAFFIC GENERATOR เพื่อทำการส่ง TRAFFIC.....	57
5.7 การตั้งค่า TCP PORT 23.....	57
5.8 การตรวจสอบแพ็กเก็ตที่ส่งรับจาก PORT 103/2 ของ TRAFFIC GENERATOR.....	58
5.9 แสดงผลจากการ APPLY POLICY-MAP	58
5.10 การจำลองเชื่อมต่ออุปกรณ์ในห้องทดลอง TOPOLOGY 2	59
5.11 ภาพการเชื่อมต่อในห้องทดลอง.....	59
5.12 ภาพจาก IP CAMERA จากห้องทดลอง.....	60
5.13 ค่า RTT ก่อนทำการ APPLY QOS	60
5.14 ผลของ FLOW TRAFFIC จาก NETFLOW	61
5.15 ผลของการ APPLY QOS ค่า RTT ลดลง.....	61
5.16 HIERARCHY QOS ชื่อ PM_HQOS_V1_OUT.....	62
5.17 CLASS-MAP CM_VIP สำหรับ WWW(VIP) การันตี 250 KBPS.....	62
5.18 CLASS-MAP CM_MANAGEMENT LLQ สำหรับ MANAGE ROUTER การันตี 50 KBPS.....	62
5.19 CLASS-MAP CM_IP_CAMERA สำหรับกล้องวงจรปิดการันตี 222 KBPS.....	63
5.20 CISCO IOS RELEASE 12.4(15) T9.....	63
5.21 CISCO IOS RELEASE 12.4(24) T6.....	64
5.22 เวิร์เตอร์ CISCO 2600 ทำหน้าที่เป็น RESPONDER ของ IP SLA	68
5.23 การทำงานของ IP SLA รูปแบบต่างๆ.....	72
5.24 ภาพจากกล้องวงจรปิดในขณะที่แบนด์วิดท์อยู่ที่ 420 KBPS	85
5.25 ภาพจากกล้องวงจรปิดในขณะที่แบนด์วิดท์อยู่ที่ 740 KBPS	86

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในโลกแห่งการสื่อสารผ่านเครือข่ายที่รวมการให้บริการเสียงและข้อมูลไว้ด้วยกัน (Converged networks) คุณภาพการให้บริการเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงควบคู่กันไปกับการจัดสรรแบนด์วิดท์แก่ผู้ขอใช้บริการ เพื่อสนองต่อความต้องการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพในขณะที่มีการใช้งานพร้อมๆ กันและเกิดประสิทธิผลสูงที่สุดกับแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าที่สุด โดยคุณภาพการให้บริการ (QoS) เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่านำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาการใช้งานแบนด์วิดท์ที่มีความคับคั่ง ภายใต้งบประมาณที่มีมาตรฐานของแต่ละแอปพลิเคชันให้สามารถใช้อย่างโดยเกิดประสิทธิผล และยังช่วยลดความสิ้นเปลืองของทรัพยากรเครือข่ายและเป็นการช่วยประหยัดต้นทุนของผู้ให้บริการและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้บริการอีกด้วย

ด้วยความสำคัญและประโยชน์ของ QoS ประกอบกับภายในองค์กรของผู้จัดทำโครงการซึ่งเป็นผู้ให้บริการ (Service Provider) มีสำนักงานย่อย (Outlet) อยุ่กระจายทั่วประเทศ ซึ่งพบปัญหาอาการช้าของการใช้งานแอปพลิเคชันที่จำเป็นในการทำงาน เนื่องจากจากเกิดความคับคั่งของการส่งข้อมูลด้านขาออก (egress) สาเหตุหลักมาจากการที่ได้มีการนำกล้องวงจรปิดมาติดตั้งสำหรับเฝ้าระวังด้านความปลอดภัย ซึ่งจะต้องมีการอัปโหลดภาพส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ตลอดเวลาส่งผลให้เจ้าหน้าที่บริการลูกค้า เกิดความล่าช้าในการให้บริการแก่ลูกค้าทั้งการระบบตรวจสอบข้อมูลลูกค้า ระบบรับแจ้งเหตุขัดข้อง เป็นต้น รวมถึงวิศวกรผู้ดูแลบริการจัดการเราเตอร์ ไม่สามารถที่จะทำการแก้ไขบริหารจัดการเราเตอร์ได้ดีเท่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวมีวิธีแก้ไขปัญหามากมายวิธี เช่น การปรับลดค่าความละเอียดของกล้องให้ลดลง หรือการเพิ่มแบนด์วิดท์ให้ขึ้นตามความต้องการใช้งาน หรือติดตั้งเราเตอร์เพิ่มอีกตัวเพื่อแยกการใช้งานกล้องวงจรปิดออกไป โดยวิธีการดังกล่าวจะก่อให้เกิดความสิ้นเปลืองขององค์กรและยังไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุด ผู้จัดทำโครงการจึงได้เล็งเห็นประโยชน์ของ QoS ที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานและสามารถออกแบบได้ตามความต้องการใช้งานจริง จึงได้นำทฤษฎีและหลักการ QoS มาใช้ทำเป็นกรณีศึกษาการติดตั้ง QoS สำหรับสำนักงานสาขา โดยทำการวิเคราะห์การใช้งาน ทำการออกแบบ เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานจริง โดยทำการทดลองซ้ำๆ ในห้องทดลองก่อนเพื่อปรับจูนค่าที่เหมาะสมกับแต่ละกลุ่มแอปพลิเคชันและสุดท้ายนำไปประยุกต์ใช้งานกับเราเตอร์สำนักงานจำนวน 119 สาขา

1.2 วัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบ

1. เพื่อให้เกิดการริเริ่มนำหลักการ QoS มาประยุกต์ใช้งานจริงให้เกิดความรู้ความเข้าใจกับบุคลากรในองค์กรมากยิ่งขึ้น
2. เพื่อนำหลักการทำงานของ QoS ไปประยุกต์ใช้งานกับองค์กรให้มีการใช้งานแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดการใช้แบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าที่สุด
3. เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการแอปพลิเคชันของสำนักงานอย่างมีประสิทธิภาพอันนำไปสู่การให้บริการแก่ลูกค้าได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.3 ขอบเขตในการพัฒนาระบบ

กรณีศึกษาการติดตั้ง QoS สำหรับสำนักงานสาขาของบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต เป็นการวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานแอปพลิเคชัน ทำการออกแบบการทำงานตามหลักการของ QoS และนำไปประยุกต์ใช้จริงบนเราเตอร์สำนักงาน โดยมีขอบเขตการศึกษาและพัฒนาระบบดังนี้

1. กรณีศึกษานี้ได้เน้นประเด็นเพื่อศึกษาการทำ QoS ของสำนักงานสาขาย่อย (ในองค์กรจะเรียกว่า outlet) ซึ่งกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศจำนวน 119 สาขา (ตามข้อมูลการสำรวจวันที่ 24 พฤษภาคม 2554) ที่มีการใช้งานแบนด์วิดท์อย่างคับคั่งและเกิดปัญหาการใช้งานแอปพลิเคชันช้า ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายที่มีการใช้เทคโนโลยี Multiprotocol Label Switching (MPLS) โดยอุปกรณ์เราเตอร์ปลายทางที่สำนักงานเป็นเราเตอร์ Cisco 877 มี WAN อินเทอร์เน็ตเป็น ADSL และ 4 LAN อินเทอร์เน็ต 10/100 Mbps
2. การนำเสนอจะแบ่งออกเป็น 6 บท โดยในบทแรกเป็นบทนำ อธิบายรายละเอียดความเป็นมาของโครงการ ขอบเขตของการพัฒนาในภาพรวม และองค์ประกอบในการพัฒนาระบบ บทที่ 2 เป็นการนำเสนอทฤษฎีและเทคโนโลยีที่นำมาประกอบการพัฒนาระบบในครั้งนี้ โดยจะเป็นหลักการโดยรวมของการนำมาประกอบการใช้งานระบบ มาตรฐานของการทำงาน และข้อดีข้อเสียในหลักการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบ บทที่ 3 เป็นการวิเคราะห์การทำงานและปัญหาของระบบการทำงานเดิม บทที่ 4 เป็นการออกแบบระบบใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการในการใช้งาน บทที่ 5 จะกล่าวถึงพัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของผลลัพธ์ก่อนและหลัง

ดำเนินการโดยอ้างอิงภายใต้หลักการตามมาตรฐานสากล บทที่ 6 เป็นการสรุปผลของโครงการในด้านต่างๆรวมถึงการจัดทำปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

3. ในระหว่างการพัฒนาจะวัดผลการทำงานด้วยกราฟ QoS จาก MRTG และกราฟ IP SLA จาก Cactiตลอดการทำงานจนเสร็จสิ้นการพัฒนาเพื่อตรวจสอบผลการทำงานตลอดการทำงานเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมและถูกต้อง สุดท้ายจะทำการแสดงผลเปรียบเทียบการทำงานก่อนและหลังการทำงานในรูปแบบกราฟไว้ในบทที่ 5

1.4 ขั้นตอนในการพัฒนาระบบ

1. ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ QoS
2. สำรวจจำนวนสำนักงานที่ต้องทำ QoS รวมถึง IOS ที่ใช้งานในปัจจุบัน
3. ทำการติดตั้งโปรแกรม NFSEN บนเซิร์ฟเวอร์ระบบปฏิบัติการ CentOS เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ลักษณะของ Traffic
4. ทำการติดตั้งโปรแกรม CACTI บนเซิร์ฟเวอร์ระบบปฏิบัติการ CentOS เพื่อช่วยในการตรวจจับกราฟฟิกและวัดค่า IP SLA เพื่อตรวจสอบการทำงานของ QoS
5. ทำการติดตั้งโปรแกรม MRTG บนเซิร์ฟเวอร์ระบบปฏิบัติการ CentOS เพื่อช่วยในการตรวจจับแบนด์วิดท์ของแต่ละ class ของ QoS เพื่อตรวจสอบการทำงานและปรับแต่งเพื่อหาแบนด์วิดท์ที่เหมาะสมของแต่ละ class
6. ทำการวิเคราะห์ออกแบบเพื่อจัดกลุ่มของแอปพลิเคชันและออกแบบ QoS
7. ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในห้องทดลองเพื่อจำลองการใช้งานเสมือนจริงและทำการทดสอบการใช้งานและวัดผลการทำงานและทำการปรับแต่งค่าที่มีผลต่อ QoS เพื่อหา template QoS เบื้องต้น
8. ทำการประยุกต์ใช้งาน QoS ตามที่ได้ออกแบบไว้ลงบนเราเตอร์จำนวน 10 สาขา และสังเกตการใช้งานและรับฟังผลตอบรับจากเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานเพื่อนำไปปรับปรุง template QoS
9. ปรับปรุง template QoS เพื่อให้เกิดการใช้งานที่ดีขึ้น ทำการนำ template QoS ฉบับปรับปรุงใหม่ไปใช้กับเราเตอร์ 10 สาขาเดิม และรับฟังผลตอบรับจากเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ทำการนำ template QoS ที่ปรับปรุงการทำงานจนได้ตามที่ออกแบบไว้ไปใช้กับเรือเตอร์ทั้งหมด รวมแล้ว 119 สาขา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานและความจำเป็นของ QoS บนเครือข่าย
2. ได้พัฒนาให้สำนักงานมีการใช้งานแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้เกิดการให้บริการแก่ลูกค้าได้อย่างสะดวกรวดเร็ว
3. ได้มีการสร้างความรู้ความเข้าใจและพัฒนาการในการเรียนรู้ของบุคคลากรในองค์กรด้านคุณภาพการให้บริการ
4. ได้มีส่วนในการนำไปต่อยอดเพื่อนำความรู้ความเข้าใจที่ได้ไปประยุกต์การใช้งานกับลูกค้ารายอื่นๆ รวมถึงการออกแบบให้การให้บริการ QoS แก่ลูกค้ารายอื่นๆ ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณภาพการให้บริการ (Quality of Service)

QoS (Quality of Service) คุณภาพการให้บริการภายในเครือข่าย เพื่อตอบสนองต่อแอปพลิเคชันต่างๆ ที่เราใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่สะดุดหรือเกิดปัญหา อาทิเช่น โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต (VoIP), อีเมล, วิดีโอและเกมส์ เป็นต้นซึ่งแอปพลิเคชันแต่ละอย่างนั้น จะมีลักษณะแตกต่างกันไป โดยมีหลายปัจจัย ได้แก่ แบนด์วิดท์, การสูญหายของแพ็กเก็ต, ดีเลย์ และจิตเตอร์ เป็นต้น วิธีการพื้นฐานของ QoS มีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ Reservation และ Prioritization

Reservation หลักการคือการรับประกันด้วยวิธีจองทรัพยากรของเครือข่าย ก่อนที่จะเริ่มส่งข้อมูล ทรัพยากรที่จำเป็นก็ต้องจองก็คือ บัฟเฟอร์, แบนด์วิดท์และ ดีเลย์ ในส่วนของการคำนวณนั้น จะเน้นไปที่การหาขนาดของบัฟเฟอร์และแบนด์วิดท์ที่เหมาะสมที่จะรักษาดีเลย์ระหว่างต้นทางไปยังปลายทางไม่ให้เกินที่กำหนด

ปัจจุบันมีเฟรมเวิร์กที่ใช้หลักการของ Reservation ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรียกว่า Integrated Services ซึ่งใช้ Resource Reservation Protocol (RSVP) ในการจองทรัพยากรเครือข่าย เส้นทางของการส่งข้อมูลระหว่างต้นทางไปยังปลายทางจะไม่แตกต่างจากการส่งข้อมูลแบบ Best Effort แต่ Integrated Services สามารถรับประกันได้ว่าดีเลย์ในการส่งจากต้นทางไปถึงปลายทางจะไม่เกินค่า ๆ หนึ่งแน่นอน ยกเว้นกรณีที่เส้นทางมีการเปลี่ยนแปลง ปัญหาใหญ่ของ Integrated Services คือ Scalability เพราะเครือข่ายต้องแบ่งทรัพยากรบางส่วนไปใช้กับ QoS Routing โดยเฉพาะถ้าใช้งาน QoS Routing มาก ทรัพยากรจะหมดไป นอกจากนี้ การจองทรัพยากรด้วย RSVP ไม่ได้กระทำอย่างถาวร จึงต้องมีการส่งแพ็กเก็ตของ RSVP ไปยังเราเตอร์เพื่อรีเฟรชการจองทรัพยากรตลอดเวลา จึงมี processing overhead สูง ปกติแล้ว Integrated Services จึงจำกัดให้ใช้งานเฉพาะใน Autonomous System (AS) เดียวกันเท่านั้น

Prioritization เป็นการจัดลำดับความสำคัญ คือข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะได้รับการส่งก่อน หรือให้การเซอร์วิสก่อน การเลือกระดับความสำคัญจะเป็นไปตามชนิดของข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งการส่งข้อมูลที่ต้องการดีเลย์น้อย ๆ จะมีระดับความสำคัญสูง ข้อดีของวิธีการนี้คือ ไม่ต้องมีการจองทรัพยากรของเครือข่าย จึงสามารถใช้งานได้ในช่วงกว้าง บางครั้งการทำงานแบบ Prioritization จะเรียกว่าเป็น Class-of-Service Routing (CoS Routing) เพราะแพ็กเก็ตจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม หรือ

ระดับความสำคัญ ข้อมูลในกลุ่มเดียวกันจะมีความสำคัญเท่ากัน ใช้ทรัพยากรทั้งหมดร่วมกัน ซึ่งเป็นข้อเสีย เนื่องจากวิธีนี้ไม่สามารถรับประกันได้แน่นอนว่าการจัดส่งจะเป็นไปตามเงื่อนไข

2.1.1 คุณลักษณะของเครือข่ายที่มีผลต่อคุณภาพการให้บริการ

แบนด์วิดท์ (Bandwidth) หมายถึง ความจุของเครือข่ายที่ให้บริการ ซึ่งต้องมีเพียงพอแก่การให้บริการและต้องมีการปรับแต่ง QoS เข้าไปให้เหมาะสมกับแอปพลิเคชันด้วย เพื่อให้เกิดการใช้แบนด์วิดท์อย่างคุ้มค่าที่สุด โดยการเพิ่มแบนด์วิดท์ให้มากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อรองรับการใช้งาน โดยไม่ได้มีการปรับ QoS เข้าไปก็จะทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรเครือข่ายโดยไม่จำเป็น โดยเครื่องมือของ QoS แต่ละชนิดมีผลต่อแบนด์วิดท์ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของเครื่องมือของ QoS ที่มีผลต่อแบนด์วิดท์

ชนิดของเครื่องมือของ QoS	การมีผลต่อแบนด์วิดท์
Compression	การย่อ Payload หรือ Header เป็นการช่วยลดจำนวนของบิตที่ต้องส่งผ่านเครือข่าย
CAC	การลดโหลดของเครือข่าย โดิน ไม่รับ new voice และ video call
Queuing	สามารถใช้งานจำนวนต่ำสุดของแบนด์วิดท์สำหรับชนิดของแพ็กเก็ต โดยเฉพาะ

ดีเลย์ (Delay) หรือเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง อาจเกิดได้จากระยะทางหรือเส้นทางที่ข้อมูลใช้ในการเดินทาง ความเร็วหรือ throughput ของเครือข่าย หรือปัจจัยต่างๆที่ทำให้ใช้เวลาในการรับส่งมากขึ้น ซึ่งแอปพลิเคชันบางชนิด เช่น VoIP เวลาที่ใช้ในการรับส่งเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง เพราะหากมีดีเลย์มากจะทำให้เกิดความไม่สะดวกสบายในการใช้งาน หรืออาจจะให้เกิดปัญหาในการสนทนาโต้ตอบ โดยดีเลย์มี 8 ชนิดได้แก่

1) Serialization delay (ค่าคงที่)

คือเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการวางบิตทั้งหมดของเฟรมลงบน physical มีเดีย

$$\text{Serialization delay} = \frac{\text{bit sent}}{\text{Link speed}} \quad (2.1)$$

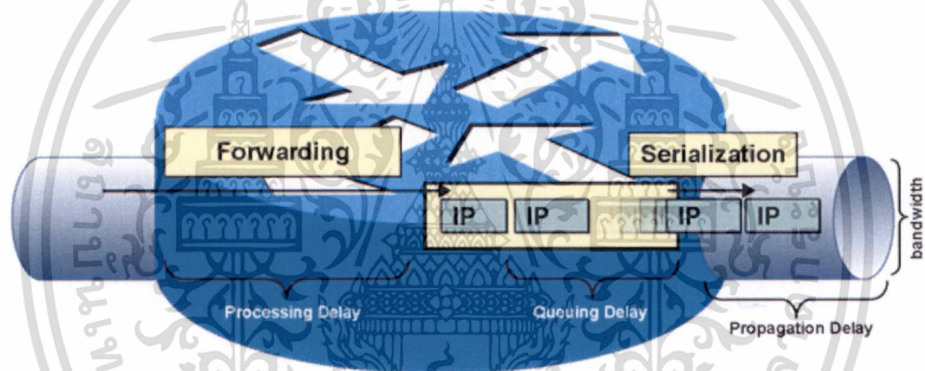
2) Propagation delay (ค่าคงที่)

คือเวลาที่ single บิตใช้ในการวิ่งผ่านจากที่หนึ่งไปที่อื่น โดยขึ้นอยู่กับความเร็วแสงบนสื่อกลางและความยาวของลิงค์

$$\text{Propagation delay} = \frac{\text{Length of Link (meters)}}{3.0 \times 10^8} \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) Queuingdelay (ค่าไม่คงที่)
คือเวลาที่ใช้ในการเข้าคิวรอเพื่อที่จะส่งข้อมูลออกไป
- 4) Forwarding/Processing delay (ค่าไม่คงที่)
คือเวลาสำหรับการรับเฟรมเข้ามาจนกระทั่งเฟรมหรือแพ็กเก็ตเกิดอยู่ในคิวเพื่อรอที่จะทำการส่งออกไป
- 5) Shaping delay (ค่าไม่คงที่) ขึ้นอยู่กับการคอนฟิก
คือดีเลย์การส่งของแพ็กเก็ตเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญหายของแพ็กเก็ตใน Frame Relay หรือ ATM
- 6) Network delay (ค่าไม่คงที่)
คือดีเลย์ที่ถูกสร้างโดยองค์ประกอบของเครือข่าย



รูปที่ 2.1 ชนิดของดีเลย์

การสูญหายของแพ็กเก็ต (Packet loss) อาจเกิดจาก Error rate ในระบบเครือข่าย ข้อมูลที่สูญหายอาจเกิดจากปัญหาภายในเครือข่าย เช่น ระบบล่ม หรือเกิดการรับส่งที่ผิดพลาด หรือเกิดความหนาแน่นของเครือข่ายที่สูงจนทำให้เกิดบัพเฟอร์เต็ม

จitter (Jitter) สามารถเกิดขึ้นกับเครือข่ายแบบ Packet Switching คือ ข้อมูลจะถูกแบ่งเป็นแพ็กเก็ตแล้วทำการส่งออกไป ซึ่งอาจจะใช้งานบนเส้นทางที่แตกต่างกัน จนทำให้เกิดดีเลย์ที่ต่างกันไปทำให้แพ็กเก็ตไปถึงยังปลายทางในเวลาที่ไม่คงที่ ทำให้เกิดจitterขึ้นก็จะมีผลต่อการรับข้อมูลเพื่อที่จะประกอบข้อมูลกลับเข้าด้วยกัน หรืออาจจะทำให้ข้อมูลนั้นสูญหายไปบ้าง ข้างต้น ผลต่อคุณภาพของการให้บริการ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันด้วย โดยแต่ละชนิดของแอปพลิเคชันจะมีความต้องการบัพเฟอร์ในแต่ละส่วนแตกต่างกันออกไป ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างแอปพลิเคชันและความต้องการจากเครือข่าย

Parameter	Interactive Gaming	Voice	Streaming Media	Data	Video
Data Rate	50-80 kbps	4-64 kbps	5-384 kbps	0.01-100 Mbps	>1 Mbps
Example applications	Games	VoIP	Music, speech	Web browsing, e-mail, IM, telnet	IPTV
Traffic Flow	Real-time	Real-time continuous	Continuous, bursty	Non-realtime, bursty	Continuous
Packet loss	Zero	<1%	<1% for audio, <2% for video	Zero	<10 ⁻⁸
Delay variation	Not applicable	< 20ms	< 2 sec	Not applicable	< 2 sec
Delay	< 50 – 150 ms	< 100 ms	< 250 ms	Flexible	< 100 ms

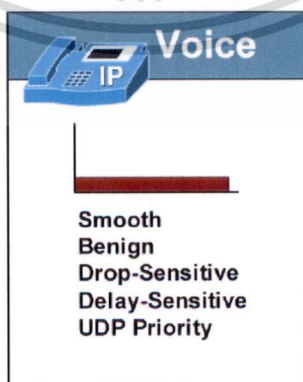
2.1.2 คุณลักษณะของกราฟฟิก

- Voice(แตกต่างกันตาม codec แต่ละประเภท)

Latency <= 150 ms, Jitter <= 30 ms, Loss <= 1%

17-106 kbps การันตีแบนด์วิดท์ต่อการเรียก 1 ครั้ง

150 bps (+Layer 2 overhead) การันตีแบนด์วิดท์ต่อการเรียก 1 ครั้ง



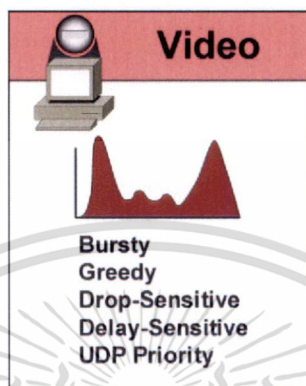
รูปที่ 2.2 แอปพลิเคชันประเภทเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Video**

Latency ≤ 150 ms, Jitter ≤ 30 ms, Loss $\leq 1\%*$

Video stream + 20% หมายถึงว่า หากมีสตรีม 384kbps จะต้องการแบนด์วิดท์ที่ 460 kbps



รูปที่ 2.3 แอปพลิเคชันประเภทวิดีโอ

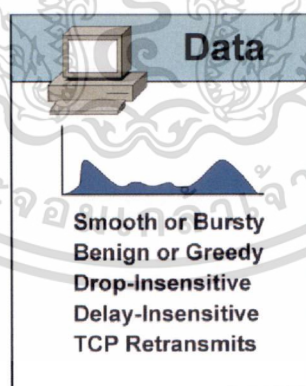
- **Data**

Mission-Critical เช่น แอปพลิเคชันที่สำคัญ

Transactional เช่น กราฟิกแบบโต้ตอบ

Best-effort เช่น อินเทอร์เน็ต, อีเมล

Less-Than-Best-Effort เช่น Napster, Kazaa, peer-to-peer แอปพลิเคชัน



รูปที่ 2.4 แอปพลิเคชันประเภทข้อมูล

หากไม่มีการทำ QoS จะทำให้พฤติกรรมของกราฟิก ได้แก่ Voice, Video, Data มีพฤติกรรมดังตารางที่ 2.3 และขนาดของแพ็กเก็ตของ codec แต่ละชนิดดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 พฤติกรรมของทราฟฟิกเมื่อปราศจากการทำ QoS

Type of Traffic	Behavior Without QoS
Voice	เสียงยากที่จะเข้าใจ
	เสียงขาดๆ หายๆ
	การมีดีเลย์ทำให้เกิดความยากในการโต้ตอบ
	สายหลุด
Video	ภาพที่แสดงมีการเคลื่อนไหวกระตุกผิดปกติ
	เสียงไม่ Sync กับภาพ
	การเคลื่อนไหวช้าลง
Data	ข้อมูลมาถึงช้าซึ่งอาจจะไม่มีประโยชน์แล้ว ณ เวลานั้นๆ
	ข้อมูลแสดงที่หน้าจอช้า
	เวลาตอบสนองที่ผิดปกติ

หากไม่มีการทำ QoS หรือใช้แนวทางอื่นในการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดความคับคั่งในเส้นทาง การส่งข้อมูล จะส่งผลกระทบต่อการใช้งานเสียง วิดีโอหรือข้อมูลได้ โดยแอปพลิเคชันสามารถเกิดการแย่งชิงแบนด์วิดท์อย่างเป็นอิสระ ไม่มีการกัณฑ์ หรือจัดลำดับความสำคัญให้แก่แอปพลิเคชัน จนส่งผลให้การทำงานของแอปพลิเคชันใดแอปพลิเคชันหนึ่งอาจได้รับเงื่อนไขที่ต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ จนส่งผลต่อคุณภาพของแอปพลิเคชันนั้นๆ ต้องการเช่น เสียง ต้องการดีเลย์น้อยกว่า 30 ms หากมากกว่านี้จะส่งผลกระทบต่อการใช้งานโต้ตอบกับฝั่งตรงข้าม

ตารางที่ 2.4 Video Codecs และ Payload

Video Codecs	Required Range
MPEG-1	500 to 1500 kbps
MPEG-2	1.5 to 10 Mbps
MPEG-4	28.8 to 400 kbps
H.261	100 to 400 kbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนวีดีโอ ของ codec แต่ละประเภทจะมีความต้องการแบนด์วิดท์ที่มากน้อยแตกต่างกัน เช่น หากน้อยเกินไป ภาพที่แสดงออกจะไม่มีสามารถระบุชี้วัดตัวตนได้ ซึ่งจะไม่มีประโยชน์ หากมากเกินไปก็จะเกินกว่าความต้องการใช้งาน ก็ส่งผลให้เกิดความสิ้นเปลืองแบนด์วิดท์ ดังนั้นการใช้งานแต่ละแอปพลิเคชัน จะต้องทำการออกแบบ QoS โดยอ้างอิงความต้องการของเงื่อนไขต่างๆ ภายใต้ค่ามาตรฐานรวมกับค่าที่ผู้ใช้งานเห็นว่าเหมาะสม เพราะไม่มีตัวเลขที่ตายตัวเสมอไป ขึ้นอยู่กับการใช้งานขององค์กรนั้นๆ หรือสถานที่นั้นๆ เป็นหลัก โดยสามารถปรับเปลี่ยนตามพฤติกรรมการใช้งานและความต้องการได้เสมอ โดยในตารางที่ 2.4 แสดงค่า payload ของ codec รูปแบบต่างๆของวีดีโอและตารางที่ 2.5 แสดงค่า payload ของ codec รูปแบบต่างๆ ของเสียง

ตารางที่ 2.5 Voice Codecs และ Payload

Voice Codecs	Bit Rate for Payload (kbps)	Size of payload (20-ms Default in Cisco IOS Software)
G.711 (PCM)	64	160 bytes
G.726 ADPCM	32	80 bytes
G.729	8	20 bytes
G.723.1 ACELP	5.3	20 bytes

Codec เป็นมาตรฐานการบีบอัดเสียงที่นิยมใช้ในระบบการสื่อสารด้วยเสียงผ่านเครือข่ายไอพี (Voice over IP) เพื่อแปลงเสียงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ซึ่งความแตกต่างของ codec มีความแตกต่างของแบนด์วิดท์และคุณภาพที่แตกต่างกันเช่นกัน

G.711 64 เป็นระบบเสียงที่ใช้ในกันในระบบโทรศัพท์มาตรฐาน โดย เป็นระบบเสียงที่ชัดเจน แต่มีความต้องการแบนด์วิดท์สูง คือ 64 Kbps ทำให้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ใน ระบบ VoIP ที่ใช้ช่องทางผ่านทางอินเทอร์เน็ตที่มีแบนด์วิดท์ค่อนข้างน้อย G.723.1 5.3/6.3 เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่ ในระบบอุปกรณ์ VoIP ในปัจจุบัน เพราะ ใช้แบนด์วิดท์ค่อนข้างน้อย และคุณภาพเสียงอยู่ใน เกณฑ์ใช้งานได้ดี ใช้แบนด์วิดท์ประมาณ 5.3 หรือ 6.3 Kbps ส่วน G.729 8 เป็น Code ที่มีคุณภาพดี และมีความต้องการแบนด์วิดท์ไม่สูงมาก

ตัวอย่างไอพีโฟนที่มีการตั้งค่า Codec เรียงลำดับดังรูปที่ 2.5

<ul style="list-style-type: none"> + Phone Book + Phone Setting + Network + Sip Setting <ul style="list-style-type: none"> - Service Domain - Port Setting - Codec Setting - Codec ID Setting - DTMF Setting - RPort Setting - STUN Setting - Other Setting + Others System Auth. Save Change + Update Reboot 	<h3>Codec Setting</h3> <p>You could set the codec settings in this pa</p> <p>Codec Priority</p> <p>Codec Priority 1: <input type="text" value="G.711 u-law"/></p> <p>Codec Priority 2: <input type="text" value="G.711 a-law"/></p> <p>Codec Priority 3: <input type="text" value="G.729"/></p> <p>Codec Priority 4: <input type="text" value="Not Used"/></p> <p>Codec Priority 5: <input type="text" value="Not Used"/></p> <p>Codec Priority 6: <input type="text" value="Not Used"/></p> <p>Codec Priority 7: <input type="text" value="Not Used"/></p> <p>Codec Priority 8: <input type="text" value="Not Used"/></p> <p>Codec Priority 9: <input type="text" value="Not Used"/></p> <p>RTP Packet Length</p> <p>G.711 & G.729: <input type="text" value="20 ms"/></p> <p>G.723: <input type="text" value="60 ms"/></p>
---	--

รูปที่ 2.5 Voice Codecs IP Phone

2.2 เครื่องมือและสถาปัตยกรรมของ QoS

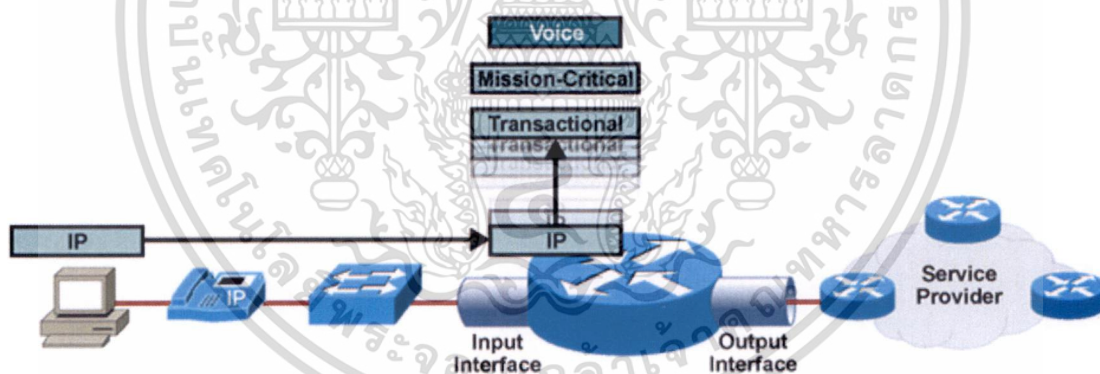
2.2.1 เครื่องมือสำหรับ QoS

■ Classification และ Marking

การจัดกลุ่ม (Classification) เกี่ยวข้องกับความแตกต่างของแพ็กเก็ตหนึ่งๆ จากแพ็กเก็ตอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อที่จะทำการลำดับแพ็กเก็ตนั้นให้ไปก่อนแพ็กเก็ตใด ซึ่งการจัดกลุ่มนั้นมักจะใช้ access-control lists (ACLs) เป็นสิ่งที่ช่วยจัดการ หลังจากมีการจัดกลุ่มของแพ็กเก็ตแล้วการ Making จะทำที่ส่วนหัวของแพ็กเก็ต โดยส่วนใหญ่เครื่องมือที่ใช้ในการ Marking คือ IP Precedence และ Differentiated Service Code Point (DSCP) ดังตารางที่ 2.6 และรูปที่ 2.5

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างการ Classify และ Marking สำหรับแอปพลิเคชันแบบต่างๆ

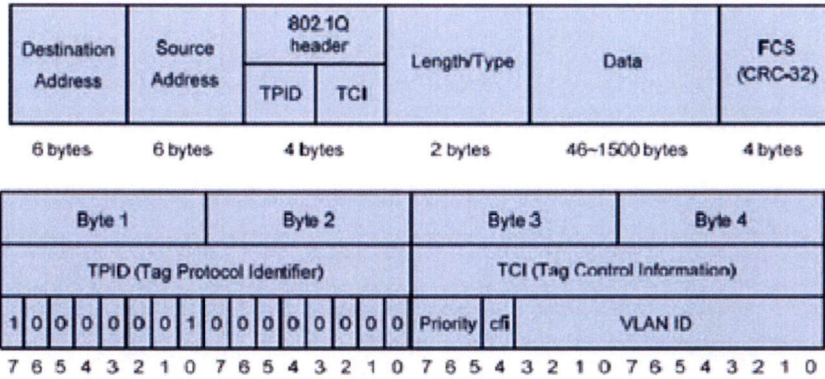
Application	L3 Classification			L2
	IPP	PHB	DSCP	CoS/802.1P
Routing	6	CS6	48	6
Voice	5	EF	4	5
Video Conferencing	4	AF41	34	4
Streaming Video	4	CS4	32	4
Mission-Critical Data	3	AF31	26	3
Call Signaling	3	CS3	24	3
Transactional Data	2	AF21	18	2
Network Management	2	CS2	16	2
Bulk Data	1	AF11	10	1
Scavenger	1	DS1	8	1
Best Effort	0	0	0	0



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการจัดกลุ่มแอปพลิเคชัน

ในการ marking ที่เป็น Layer 2 Cos หรือ 802.1p นั้นจะมีการ mark ค่า priority ซึ่งเก็บอยู่ใน field TCI bit ในส่วนของ Ethernet frame header ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-7 โดยในโครงข่ายของการพัฒนาระบบจะมีการตั้งค่า priority เป็น 5 สำหรับ voice และ priority 0 สำหรับอินเทอร์เน็ตดังรูปที่ 2.7 ซึ่งในส่วนของการ distribution layer จะมีการ trust 802.1p ไว้ทำให้ความสำคัญยังคงเดิมเมื่อ frame เคลื่อนที่ผ่านไปทุกๆ hop ภายในโครงข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ส่วนหัวของ Ethernet Frame 802.1Q

■ Congestion Management (Queuing)

Queuing หรือ การจัดการความหนาแน่น หรืออาจจะเรียกอีกอย่างว่า “Scheduling” เพื่อจัดการในการเรียงลำดับแพ็กเก็ตใหม่เมื่อมีการหนาแน่นเกิดขึ้นในเครือข่าย ในขณะที่การรอคิว เกิดขึ้นที่อินเทอร์เฟซด้านขาเข้า เรียกว่า “input queuing” ซึ่งวิธีการจัดการการรอคิวส่วนใหญ่จะถูกดำเนินการที่ขาออกเท่านั้น โดยตารางเปรียบเทียบเครื่องมือในการทำคิวแสดงดังตารางที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 Queuing เป็น congestion management บน Cisco เราเตอร์มีคิว 2 ประเภท คือ ฮาร์ดแวร์คิวและซอฟต์แวร์คิวซึ่งฮาร์ดแวร์คิวบางครั้งจะเรียกว่า คิวส่ง (TxQ) ซึ่งก็คือ Queuing strategy รูปแบบ FIFO และเมื่อฮาร์ดแวร์คิวเต็มซอฟต์แวร์คิวจะทำหน้าที่จัดการแพ็กเก็ตต่อ ดังนั้น การคอนฟิกรูเรชันของคิวจะมีผลในช่วงที่เกิดความหนาแน่นของอินเทอร์เฟซที่ฮาร์ดแวร์คิวเกินเท่านั้นความหนาแน่นจะเกิดขึ้นบนอินเทอร์เฟซซึ่งเป็นสาเหตุให้แพ็กเก็ตอยู่ใน TX Ring/TX Queue โดยสามารถปรับค่าได้ตามความเหมาะสม

ตารางที่ 2.7 ตารางเปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการทำคิว

เครื่องมือ	จำนวน สูงสุดของ คิว	ความสามารถในการ จัดกลุ่ม	อัลกอริทึมของคิว
Priority Queuing (PQ)	4	IP ACL, Input Interface, Fragments	ให้บริการกับคิวที่มีความสำคัญสูง กว่าคิวที่มีความสำคัญต่ำกว่าเสมอ
Custom Queuing (CQ)	16	IP ACL ,Input Interface, Fragments	ให้บริการคอนฟิกจำนวน ไปได้ต่อ คิว,ต่อ round-robin ซึ่งแบนด์วิดท์ จะแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์ในแต่ละ คิวแบบหยาบๆ
Weighted Fair Queuing (WFQ)	4096	อัตโนมัติ ขึ้นกับการ ไหลของข้อมูล (ที่อยู่ ต้นทาง/ปลายทางและ หมายเลขพอร์ตรวมถึง ชนิดของโปรโตคอล)	แต่ละการไหลผ่านของข้อมูลใช้ คิวที่แตกต่างกันคิวที่มีปริมาณ น้อยกว่าและมี IP Precedence สูง กว่าจะได้รับบริการมากกว่าคิวที่มี ปริมาณมากและ precedence ต่ำ กว่า
Class-Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ)	64	IP ACL, NBAR, เหมือนกับ CB marking	มีการตั้งค่าแบนด์วิดท์เป็น เปอร์เซ็นต์สำหรับแต่ละคิว
Low Latency Queuing	N/A	เหมือนกัน CBWFQ	LLQ เป็นตัวแปรของ CBWFQ ซึ่ง จะทำให้บางคิวเป็น "priority" ได้รับการถูกบริการต่อไปหลังจาก แพ็กเก็ตกำลังรอในคิวเสมอใช้ Policy Traffic
Modified Deficit Round-Robin (MDRR)	8	IP Precedence	คล้าย CQ แต่แต่ละคิวจะได้ เปอร์เซ็นต์ของแบนด์วิดท์จริงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ตารางเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของเครื่องมือในการทำคิว

เครื่องมือ	รายละเอียด	ข้อดี	ข้อเสีย
First-In First-Out Queuing (FIFO)	First-In First-Out Queuing ถือเป็นพื้นฐานที่สุดของอุปกรณ์เครือข่าย ทุกชนิดคือมีเพียงคิวเดียว ทำหน้าที่ควบคุมการรับส่ง Packet โดยจะให้ความสำคัญกับ Packet ที่เข้ามาถึงก่อน ได้ถูกประมวลผลและนำออกไปก่อน เนื่องจากเป็นระบบแรกๆของคิว จึงยังไม่มีการใช้ QoS Technique โดยปกติแล้วเกือบทุก Interface จะถูก Configure ให้ใช้คิวนี้เป็น Default Queue	ทำงานได้เร็ว, ไม่เปลือง CPU, ไม่เปลือง Memory	เกิด Delay time ในการใช้งาน Packet ข้ามประเภทกันเช่น ใช้ FTP คู่กับ VOIP เป็นต้น
Priority Queuing (PQ)	มีการแบ่ง คิวออกเป็นสี่คิวคือ High, Medium, Normal, และ Low โดยจะให้ความสำคัญกับการส่ง คิวในระดับที่สูงกว่าก่อนจนหมด จึงถูกเรียกว่าเป็น Unfair Queue ซึ่งทำให้หลายๆ ครั้ง Packet ใน Low queue ไม่เคยถูกส่งออกไปเลย	มีการจัดความสำคัญของคิว	มีความไม่เป็นธรรมในแต่ละ คิว ทำให้บาง Packet อาจจะไม่ได้รับการดูแล
Fair Queuing (FQ)	เพื่อลดความ ได้เปรียบของ Priority ใน PQ จริงมีการสร้างคิวแบบใหม่ที่มีการสลับกันรับส่ง สลับกันไปอย่างละ Packet ในแต่ละ คิววนกันเป็นวงกลม แต่จะไม่มีกำหนด Priority	แก้ปัญหาของ PQ	ยังเกิด Delay Packet อยู่
Weighted Round Robin Queuing (WRR)	เป็นการผสมที่ลงตัวระหว่าง PQ และ FQ เพื่อให้ สามารถสลับรับส่ง ได้ และยังคงความสำคัญของ Priority ไว้ได้	แก้ปัญหาเรื่อง Delay Packet	ไม่สามารถกำหนดรูปแบบ Packet ในแต่ละ คิวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

เครื่องมือ	รายละเอียด	ข้อดี	ข้อเสีย
Weighted Fair Queuing (WFQ)	เป็นการรวมเอาข้อดีและข้อเสียของคิวแต่ละแบบที่กล่าวมาแล้ว พัฒนาขึ้นเป็น WFQ ซึ่งมีการกำหนดการทำงานได้กว้างขึ้น WFQ ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานสำหรับ Interface ที่มีความเร็วเท่ากับ หรือว่าต่ำกว่า E1 เช่นใน Frame Relay หรือว่า ATM WFQ สามารถกำหนดรูปแบบของคิวได้ตาม Flow WFQ กำหนดให้มีการส่ง Packet ที่มีขนาดเล็กก่อนขนาดใหญ่ WFQ สามารถกำหนดรูปแบบในการ Drop Packet ที่มีขนาดใหญ่ก่อนเสมอ เพราะจะทำให้คิวว่างมากที่สุด	แก้ปัญหาเรื่อง Delay, Configure ง่าย	ความยืดหยุ่นต่ำ, ไม่สามารถ Customize ได้
Class-based Weighted Fair Queue (CBWFQ)	พัฒนาจาก WFQ เพื่อให้สามารถ Customize คิวได้ตามต้องการ โดย CBWFQ จะสามารถเลือก Packet ที่จะนำไปใส่ในแต่ละคิวได้เอง โดยทั้งกำหนด Bandwidth ของแต่ละคิว และรูปแบบในการ Drop Queue ได้อย่างอิสระ	สามารถกำหนด Classification ได้เอง, สามารถกำหนด Bandwidth ได้เอง, สามารถคอนโทรลและขยายขนาดได้เอง	ยังไม่สามารถจัดการ Voice Traffic ที่เรื่องมากที่สุดได้ดี
Low Latency Queue (LLQ)	เป็นคิว พิเศษที่สร้างขึ้นมาเสริมใน CBWFQ เพื่อใช้ควบคุม Voice Traffic โดยเฉพาะ ซึ่งทำให้ คิวนี้มีอิทธิพลเหนือคิวอื่นใน CBWFQ ทั้งหมด	สามารถจัดการ Voice Traffic ได้, พร้อมทั้งยังมีข้อดีจาก CBWFQ อีกด้วย	เนื่องจากเป็นแมนนวลจึงต้องอาศัยความรู้ในการปรับแต่ง

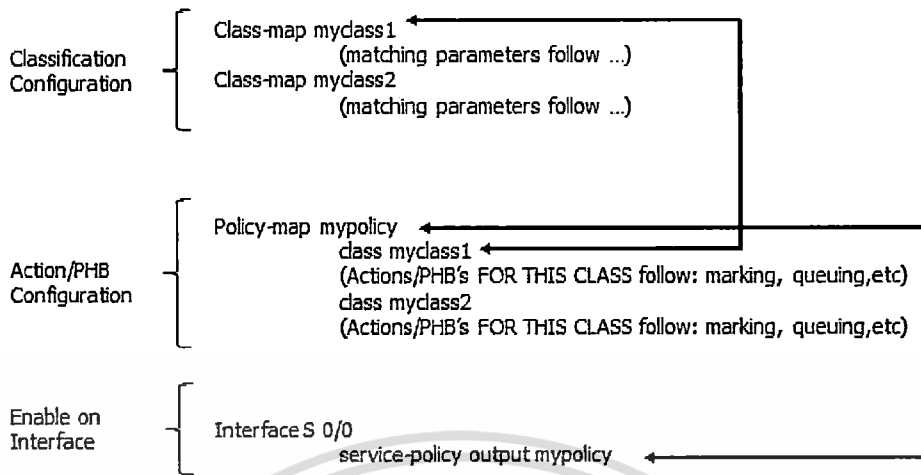
โดยคิวที่เลือกใช้คือ CBWFQ สำหรับการใช้งานทั่วไปและ LLQ สำหรับการบริหารจัดการอุปกรณ์

ตารางที่ 2.9 ตารางเปรียบเทียบวิธีการในการทำ QoS

เครื่องมือ	รายละเอียด	ข้อดี	ข้อเสีย
Cisco Modular QoS CLI (MQC)	มีการแยก classification function ออกจาก action (PHB)	Configure ง่าย ใช้เวลาในการ implement ไม่มาก	-
Cisco QoS Policy Manager (QPM)	มีการกำหนด QoS Policy บนพื้นฐานของ business rule มีการ configure แบบอัตโนมัติ โดยมีการเพิ่มในส่วน marking, queuing, shaping, policing, link fragmentation and interleaving และสามารถ monitor อุปกรณ์และ restore กลับเป็น original ได้	รองรับอุปกรณ์หลากหลาย	รองรับเฉพาะอุปกรณ์ของ Cisco
AutoQoS	เป็นคิว พิเศษที่สร้างขึ้นมาเสริมใน CBWFQ เพื่อใช้ควบคุม Voice Traffic โดยเฉพาะ ซึ่งทำให้ คิวนี้มีอภิสิทธิ์เหนือคิวอื่นใน CBWFQ ทั้งหมด	ใช้งานสะดวก ไม่ต้องเสียเวลาในการออกแบบ	รองรับเฉพาะอุปกรณ์ของ Cisco มีรูปแบบเฉพาะ ไม่ยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยน

โครงสร้างของ Cisco Modular QoS CLI (MQC) มีลักษณะดังรูปที่ 2.8 ประกอบด้วย การ classification โดยสร้าง class-map เพื่อ matching กับเงื่อนไขต่างการ เช่น การสร้าง access control list หรือการกำหนดการ match ภายใต้ class นั้นๆ เช่น math protocol หรือ match dscp ค่าต่างๆ เป็นต้น policy-map เป็นการกำหนด action ให้กับแต่ละ class ที่ได้ทำการจัดกลุ่มตามแอปพลิเคชัน เพื่อกำหนดการทำงานเช่น transmit , drop, marking , การันตีแบนด์วิดท์ เป็นต้น และ นำ policy-map ไปใช้งานภายใต้อินเตอร์เฟซที่ต้องการทำ QoS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างและความสัมพันธ์ของคำสั่งของ MQC

การการันตีแบนด์วิดท์ มีความแตกต่างในรายละเอียดระหว่างคำสั่ง “bandwidth” และ “Priority” ซึ่ง bandwidth เป็นการรับประกันแบนด์วิดท์ต่ำสุดและไม่ได้ให้ความสำคัญต่อการที่ดีตอบสนองต่อแอปพลิเคชัน ส่วน priority เป็นการรับประกันแบนด์วิดท์ต่ำสุดและสูงสุด ซึ่งมีการปรับปรุงค่าเวลาในการตอบสนองต่อแอปพลิเคชันที่ดี ดังตารางที่ 2.10, 2.11 และ 2.12

ตารางที่ 2.10 ตารางเปรียบเทียบแบนด์วิดท์ส่วนเกินของคำสั่ง bandwidth และ priority

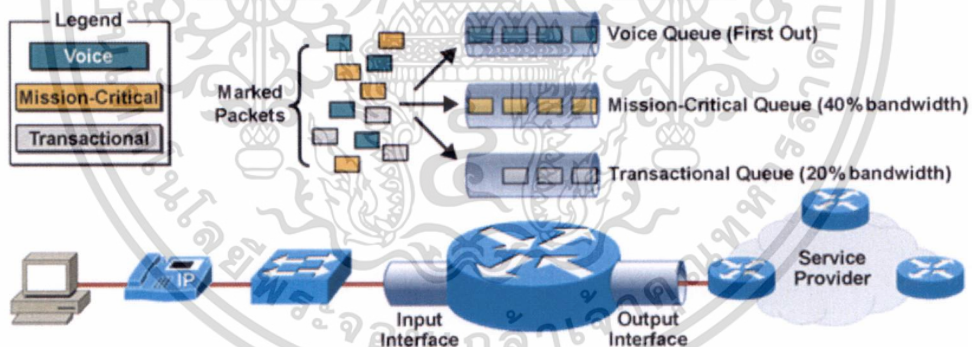
Command	Congestion	Non-Congestion
bandwidth Command	อนุญาตให้ใช้แบนด์วิดท์ เกินกว่าที่จัดสรรไว้ได้	อนุญาตให้ใช้แบนด์วิดท์ เกินกว่าที่จัดสรรไว้ได้
priority Command	Cisco IOS จะมีมิเตอร์สำหรับวัดแพ็กเก็ตและประยุกต์บนระบบการวัดทราฟฟิกผ่าน token bucket การจับคู่แพ็กเก็ตเกิดถูกตรวจจากอัตราค่าคอนฟิคและแพ็กเก็ตใดๆ ที่ส่งเกินจะถูกทิ้ง	Class สามารถใช้แบนด์วิดท์ เกินกว่าที่คอนฟิคไว้ได้

ตารางที่ 2.11 ตารางเปรียบเทียบฟังก์ชันของคำสั่ง bandwidth และ priority

Function	bandwidthCommand	priorityCommand
การันตีแบนด์วิดท์ต่ำสุด	Yes	Yes
การันตีแบนด์วิดท์สูงสุด	No	Yes
Built-in policer	No	Yes
Provides low latency	No	Yes

ตารางที่ 2.12 ตารางเปรียบเทียบผลต่อแอปพลิเคชันของคำสั่ง bandwidth และ priority

Application	bandwidthCommand	priorityCommand
การบริหารจัดการแบนด์วิดท์สำหรับ WAN ลิงค์	ใช่	ค่อนข้าง
จัดการดีเลย์และจิตเตอร์	ไม่	ใช่
ปรับปรุงเวลาในการตอบสนองของแอปพลิเคชัน	ไม่	ใช่



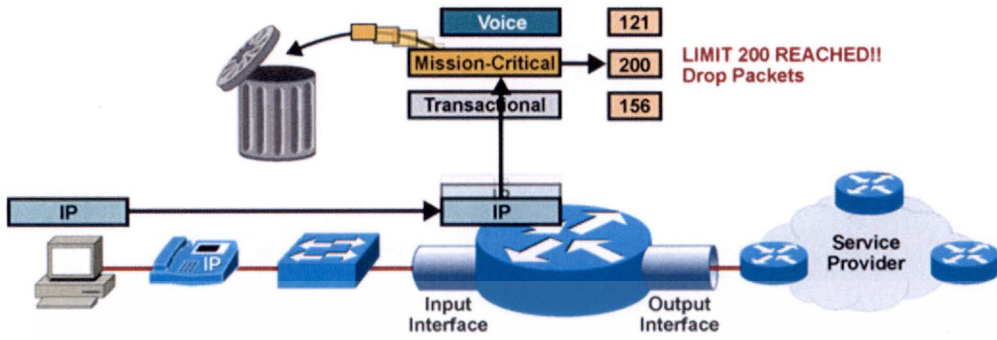
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการจัดคิว

■ Shaping และ Policing

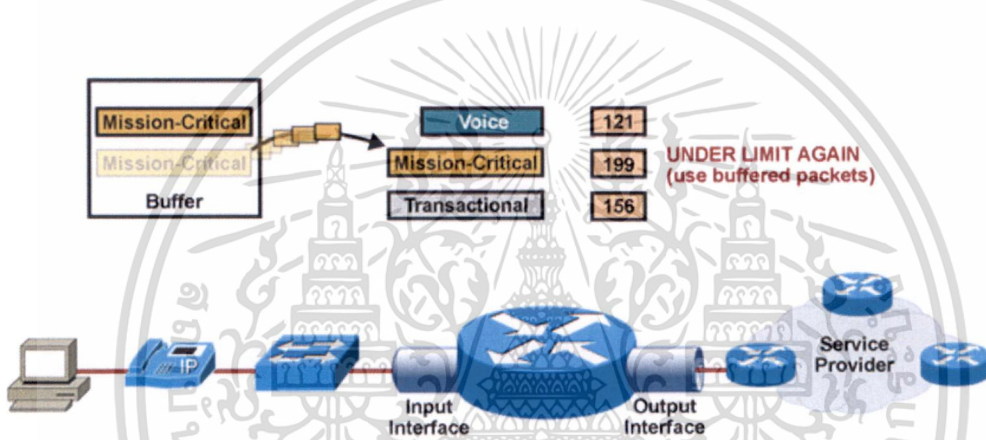
Shaping และ Policing เป็นฟังก์ชันที่แตกต่างกัน แต่จะถูกใช้ในเวลาเดียวกัน โดยทั้งคู่จะเป็นการบังคับใช้เพื่อจำกัดอัตราการรับส่งข้อมูล อาทิเช่น หากส่งเกินจะให้ทิ้งแพ็กเก็ต หรือจะให้ remark หรือจะให้เข้าคิวรอ เป็นต้น โดย Policing จะทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละทิ้งแพ็กเก็ตหรือทำการ remark ใหม่เมื่อเกินข้อจำกัดที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 2.8 ส่วน shaping จะทำการจัดคิวให้กับแพ็กเก็ตเมื่อถึงข้อจำกัดที่กำหนดไว้



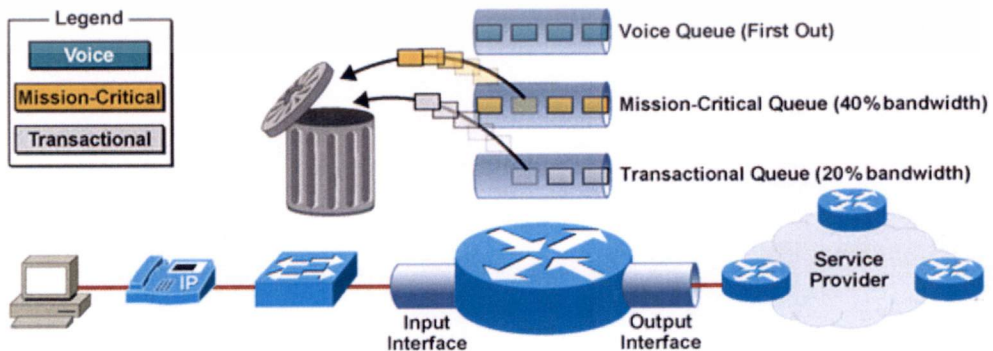
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการทำ Policing



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการทำ Shaping

■ Congestion Avoidance

เพื่อการหลีกเลี่ยงความแออัดของการสื่อสารละทิ้งแพ็กเก็ตจากคิวที่เลือกเมื่อถึงข้อจำกัดที่กำหนดไว้ก่อนหน้าโดยการละทิ้งแพ็กเก็ตก่อนเพื่อการหลีกเลี่ยงความแออัดซึ่งจะช่วยป้องกันความคับคั่งในคอขวดอย่างต่อเนื่องภายในเครือข่าย ดังรูปที่ 2.10

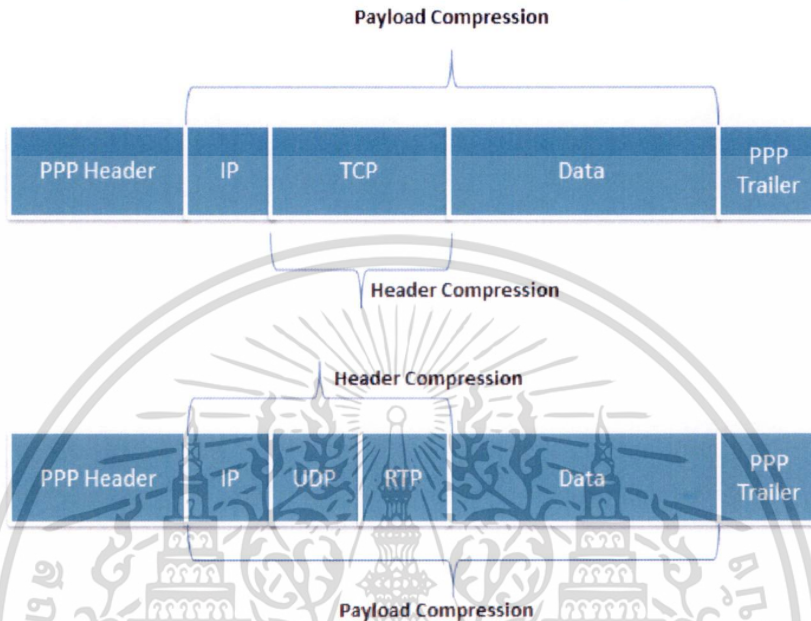


รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการทำ Congestion Avoidance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Link Efficiency

เกี่ยวข้องกับ compression และ fragmentation โดยcompression จะลดการใช้แบนด์วิดท์โดยทำให้แพ็กเก็ตมีขนาดเล็กลงก่อนที่จะส่งออกไป มี 2 แบบคือ payload compression และ header compression ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.13 แสดง Field ของ Header และ Payload compression

■ Call admission control (CAC)

CAC เป็นตัวช่วยปกป้องแบนด์วิดท์ของเครือข่ายโดยป้องกันจากการใช้เสียงและวิดีโอพร้อมกันมากขึ้นกว่าที่เครือข่ายจะสามารถรองรับได้

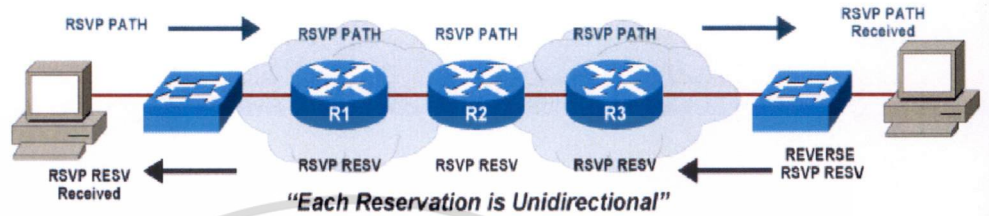
2.2.2 แบบจำลอง QoS

■ IntServ

สถาปัตยกรรมแบบ IntServ นั้น ได้ออกแบบมาเพื่อที่จะให้คุณภาพ QoS แบบที่เรียกว่า hard QoS guarantee ในลักษณะของ per-flow basis โดยสถาปัตยกรรมนี้จะรองรับ QoS สามแบบ ได้แก่

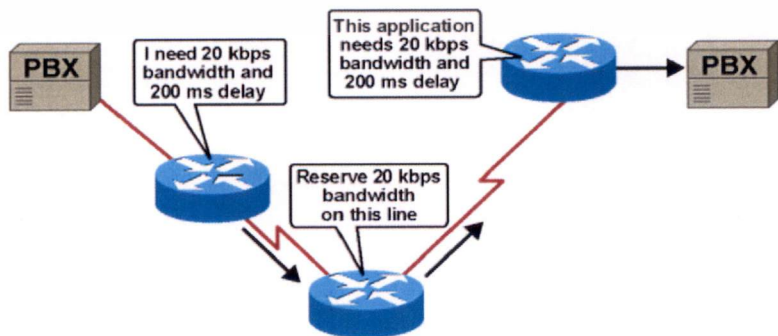
1) Guaranteed services ที่จะให้การรับประกันคุณภาพ รวมไปถึงดีเลย์, จิตเตอร์สูงสุด, และไม่มีการสูญหายของแพ็กเก็ตเนื่องจาก buffer overflow ได้ บริการนี้จะเน้นไปที่บริการที่ใกล้เคียงกับบริการแบบ circuit-switched ในเครือข่ายไอพี

- 2) Controlled load services ซึ่งจะให้การประกันคุณภาพที่เปรียบได้กับที่ยูสเซอร์จะได้จากเครือข่ายแบบ best-effort แต่มีโหนดไม่มากนัก โดยบริการนี้จะรับประกันอัตราการรับส่งแต่ไม่รับรองดีเลย์หรือการสูญเสียของแพ็กเก็ต
- 3) Best-effort services จะไม่มีการรับประกันใดๆ



รูปที่ 2.14 การจองทรัพยากรของแบบจำลอง IntServ

โพรโทคอลที่ IntServ ใช้งานก็คือ RSVP ที่ติดต่อสื่อสารด้าน QoS และทำการจองทรัพยากรแบบ end-to-end โดยจะสื่อสารข้อมูลทั้งพารามิเตอร์ ข้อมูลด้าน policy เช่นยูสเซอร์เนม แอปพลิเคชัน เป็นต้นและด้วยการที่มันใช้งาน per-flow traffic handling ทำให้มันไม่สามารถที่จะขยายมาใช้งานกับเครือข่ายใหญ่ได้ถึงแม้ว่าจะให้การประกันคุณภาพที่ดีมากก็ตาม และด้วยการที่จะต้องมีการอัปเดตสถานะอยู่เป็นระยะๆก็ทำให้เครือข่ายมีโหนดมากที่เดียวอีกประการ RSVP และ IntServ ก่อนข้างที่จะซับซ้อนในการทำงาน และอีกทั้ง RSVP จะต้องใช้งานแบบที่มีการ authentication เพื่อที่จะตรวจสอบการร้องขอทรัพยากร ดังนั้น ด้วยปัจจัยดังกล่าว จึงทำให้ IntServ ไม่ค่อยเหมาะสมกับเครือข่ายไอพีขนาดใหญ่ได้ถึงแม้ว่าจะทำงานได้ดีมากกับเครือข่ายขนาดเล็กก็ตาม จึงทำให้ DiffServ ได้ถือกำเนิดขึ้น

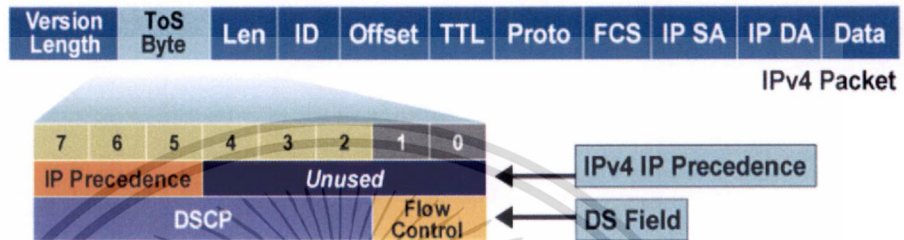


รูปที่ 2.15 ตัวอย่างแบบจำลองแบบ IntServ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ DiffServ

ด้วยปัญหาในการใช้งานกับเครือข่ายขนาดใหญ่ของ IntServ ได้ทำให้ IETF ต้องคิดค้นวิธีการให้บริการ QoS โดยที่ไม่ต้องใช้งาน overhead of signaling และการตรวจสอบสถานะ ซึ่งจะใช้วิธีแบบ aggregate handling ที่ทำให้ใช้งานเครือข่ายขนาดใหญ่ได้ นั่นก็คือ DiffServ



รูปที่ 2.16 Differv Field

DiffServ ได้แบ่งทราฟฟิกออกเป็นกลุ่มย่อยๆที่จะได้รับการดูแลแตกต่างกันไป และมีการใช้งาน Type of Service (TOS) ในเฮดเดอร์ไอพีที่จะระบุกลุ่ม โดยข้างในจะเป็น DiffServ code point (DSCP) ที่มีขนาด 6 บิต นั่นเอง โดยยูสเซอร์หรือแอปพลิเคชันจะเป็นผู้ระบุ DSCP ที่เหมาะสมมา จากนั้นเราท์เตอร์ด้านเข้าของเครือข่ายก็จะทำการแบ่งกลุ่มของแพ็กเก็ตเข้าไปในคิวตามที่ได้ระบุไว้ใน DSCP แล้วทำการตรวจสอบทราฟฟิกว่าตรงกับโปรไฟล์ที่ได้ตกลงกันไว้หรือไม่ ถ้าไม่ ก็จะทำการเปลี่ยน DSCP เสีย นอกจากนี้ เราท์เตอร์ที่ด้านเข้านั้นยังสามารถที่จะทำการปรับทราฟฟิกด้วยการดีเลย์หรือละทิ้งได้ด้วย ซึ่งก็จะเป็นการควบคุมการ admission ส่วนเราท์เตอร์ตัวอื่นๆจะทำแค่เพียงส่งแพ็กเก็ตเข้าคิวตามข้อมูล DSCP ที่ได้รับเท่านั้น โดยหลังจากที่ได้อ่าน DSCP ก็จะทำการฟอร์เวิร์ดข้อมูล แต่การฟอร์เวิร์ดก็จะมี ความแตกต่างกันออกไปตามกลุ่ม โดยใน DiffServ จะทำงานแบบ per-hop behavior (PHB) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์หนึ่ง หากเป็น PHB เดียวกันก็จะ เป็นกลุ่มเดียวกัน ก็จะมีอัตราการส่งออกไปเท่ากัน และเจ้า PHB เองก็มีอยู่สองแบบ

1) Expedited forwarding (EF) จะเน้นที่การใช้งานแบนด์วิทและการมีการประกัน ดีเลย์ โดยจะมีการกำหนดแบนด์วิทขั้นต่ำและดีเลย์ต่ำ มีสิทธิเหนือกว่ากลุ่มอื่นๆ และจะเน้นที่การควบคุมการ admission เป็นหลัก จึงเหมาะกับการใช้งาน virtual

circuit สำหรับแอปพลิเคชันที่ต้องการดีเลย์ต่ำ โดยทั่วไปจะมีการใช้งานไม่เกิน 30% ในการเชื่อมต่อหนึ่งๆหรือน้อยกว่านั้น

2) Assured forwarding (AF) เป็นกลุ่ม PHB ที่จะมีอยู่ 4 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจะมีการจัดลำดับการละทิ้งแพ็กเก็ตไว้สามระดับอีกด้วย และเร้าท์เตอร์ด้านขาเข้าจะเป็นผู้กำหนดกลุ่มและลำดับการละทิ้งแพ็กเก็ตให้จาก SLA ที่กำหนดไว้ ถ้ามีการหนาแน่นเกิดขึ้นระหว่างกลุ่มกลุ่มที่สูงกว่าจะได้ไป และหากเกิดขึ้นภายในกลุ่มตัวที่ลำดับการละทิ้งต่ำกว่าก็จะได้ไป เป็นต้นด้วยการใช้งานแบบ aggregate handling จึงทำให้ DiffServ เหมาะกับการใช้งานในเครือข่ายไอพีขนาดใหญ่ได้

2.3 กลไกของการควบคุม QoS ของ Control Plane และ Data Plane

กลไกในการควบคุม QoS ของเครือข่ายแบบแพ็กเก็ตจะเกิดขึ้นทั้งในส่วน Control Plane ซึ่งเป็นส่วนควบคุมของการสื่อสารและส่วน Data Plane ที่เป็นส่วนการสื่อสารเอง โดยในส่วนของ Control Plane จะเป็นเรื่องของการตรวจสอบและระบุว่าสามารถที่จะใช้งาน QoS ระดับที่ต้องการได้หรือไม่เพียงใด และดูว่าเครือข่ายให้ทรัพยากรอะไรได้บ้าง ในขณะที่ Data Plane ก็จะเป็นเรื่องการควบคุมให้เครือข่ายให้บริการ QoS ได้ตามที่กำหนดไว้นั่นเอง

2.3.1 Control Plane Mechanism

ส่วนนี้จะเป็นเรื่องของ การจัดการ QoS Policy, การควบคุมสัญญาณ signaling และการควบคุมการ Admission ของทราฟฟิกใหม่ โดยในส่วนของจัดการ QoS Policy นั้นจะมีระบบคร่าวๆที่กำหนดไว้โดย IETF ที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- 1) Policy Repository เป็นส่วนที่เก็บข้อมูล Policy เช่น ยูสเซอร์เนม, แอปพลิเคชัน เป็นต้น
- 2) Policy Decision Points (PDP) เป็นส่วนที่จะแปลงเอาข้อมูลด้าน Policy มาแปลงเป็นข้อมูลในการ Configuration ให้แก่โหนดต่างๆในเครือข่าย
- 3) Policy Enforcement Points (PEP) ก็คือโหนดต่างๆที่อยู่ในเส้นทางรับส่งข้อมูล ซึ่งจะทำตามคำสั่งที่ได้รับจาก PDP เพื่อให้ได้ QoS ตามที่ได้กำหนดไว้
- 4) โพรโตคอล ที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างส่วนต่างๆ เช่น LDAP (lightweight directory access protocol) เป็นต้น

ส่วนของ signaling นั้น ก็คือส่วนที่ใช้สื่อสารด้าน QoS กับเครือข่าย โดยอาจจะเป็น ได้ทั้งแบบ Static ที่กำหนดไว้ชัดเจนอยู่แล้ว เช่น กำหนดไว้ใน SLA (Service Level Agreement) ของแต่ละยูสเซอร์อยู่ หรืออาจจะเป็น ไดนามิกที่จะต้องตกลงร่วมกันระหว่างยูสเซอร์หรือแอปพลิเคชันกับเครือข่ายก่อนที่จะมีการรับส่งข้อมูลกัน ตัวอย่างของโปรโตคอลที่ใช้ในกรณีนี้ได้แก่ RSVP

(Resource Reservation Protocol) ที่จะตรวจสอบการร้องขอมาที่ PEP และทำการตรวจสอบกับ PDP ว่าทำได้ไหม ถ้าได้ ก็จะกำหนดทรัพยากรให้ตามที่ต้องการส่วนด้านการควบคุมการ Admission นั้น จะใช้เพื่อควบคุมการเข้ามาของทราฟฟิกใหม่ เพราะว่าประเด็นที่สำคัญของ QoS ก็คือ ทรัพยากรที่จำกัด ดังนั้น หากมีทราฟฟิกใหม่เข้ามา และอาจจะทำให้ทราฟฟิกเดิมนั้นเสียคุณภาพที่ได้ไป ก็จะต้องไม่อนุญาตให้เข้ามา

2.3.2 Data Plane Mechanism

เป็นส่วนของ Data ซึ่งจะต้องประกอบด้วยคิวหลายๆคิวและการจัดการคิวแต่ละคิวที่ต่างกัน เพื่อให้ได้ QoS ที่ต้องการ โดยจะต้องมีการตรวจสอบที่เสดเคอร์ของแต่ละแพ็กเก็ตเพื่อที่จะกำหนดทรัพยากรให้เหมาะสม ใช้เทคนิคในการจัดการคิวและการจัดการทรัพยากรแต่ละคิวที่แตกต่างกันไปมีอยู่ 2 วิธีหลักๆ ที่ใช้ในการจัดการกับคิวเหล่านี้ วิธีแรกเรียกว่า per-flow handling ซึ่งจะมีการแยกคิวให้กับแต่ละ session ซึ่งแต่ละแพ็กเก็ตของแต่ละ session ก็จะมีการระบุไว้อย่างชัดเจน เช่น ในกรณี IP ก็จะใช้ทั้งแอดเดรสและพอร์ตของต้นทางและปลายทาง เป็นต้น วิธีนี้จะให้คุณภาพที่ดี เพราะว่าแต่ละ session หรือ flow จะได้รับทรัพยากรแยกจากกันเด็ดขาด ทำให้ได้คุณภาพที่คืออย่างที่ต้องการ แต่ก็มีข้อเสีย เพราะว่าจะต้องมีการจัดการในแต่ละ session แยกจากกันด้วย และทำให้ไม่สามารถที่จะใช้กับเครือข่ายขนาดใหญ่ได้ เพราะการจัดการหรือประมวลผลที่ใหญ่มาก จึงทำให้เกิดวิธีที่สองที่เรียกว่า aggregate handling วิธีนี้ จะแยกคิวตามคุณสมบัติเป็นกลุ่มๆไป และในแต่ละกลุ่มก็อาจจะมีได้หลายๆ session หรือ flow จึงทำให้ลดความยุ่งยากในการประมวลผลหรือการจัดการลง ไปแน่นอนว่า อาจจะไม่ได้อุณหภูมิที่ดีเทียบเท่าการจัดการแบบ per-flow เพราะว่าทราฟฟิกจะได้รับผลกระทบจากทราฟฟิกอื่น แต่ก็ทำให้เราสามารถใช้งานเทคนิคนี้กับเครือข่ายขนาดใหญ่ได้ ซึ่งเปรียบเสมือนกับการแลกเปลี่ยนกัน หากว่ามีความซับซ้อนในการจัดการและประมวลผลที่มากขึ้น ก็จะทำให้ได้คุณภาพดีขึ้น แต่ว่าจะไม่สามารถใช้งานกับเครือข่ายที่ใหญ่ขึ้นได้ แต่หากจะให้ใช้กับเครือข่ายใหญ่ได้ ก็ต้องยอมลดความซับซ้อนลง แต่ก็จะได้คุณภาพลดลง

2.4 เทคโนโลยี xDSL (ADSLเทคโนโลยีการสื่อสารความเร็วสูง, ธนิต สงวน-เนตร)

DSL ย่อมาจาก Digital Subscriber Line คือ เทคโนโลยีโมเด็มที่ทำให้คู่สายทองแดงธรรมดาในระบบโทรศัพท์พื้นฐาน (PSTN-Public Switch Telephone Network) ให้กลายเป็นสื่อสัญญาณดิจิทัลความเร็วสูง โดยใช้เทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณข้อมูล (Modulation) DSL มีเทคโนโลยีในตระกูลอยู่หลายเทคโนโลยี โดยมีคุณลักษณะแตกต่างกันดังตารางที่ 2.13

- HDSL: High bit rate Digital Subscriber Line
- SDSL: Symmetric Digital Subscriber Line
- IDSL: ISDN Digital Subscriber Line
- ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line
- RADSL: Rate Adaptive Digital Subscriber Line
- VDSL: Very high bit rate Digital Subscriber Line

ตารางที่ 2.13 คุณสมบัติของเทคโนโลยี xDSL

xDSL	Down	Up	Mode	ระยะทาง	Wire(n)	Voice
HDSL	1.5 Mbps	1.5 Mbps	Symmetric	3.6 Km	4	No
SDSL	1.5 Mbps	1.5 Mbps	Symmetric	3 Km	2	No
IDSL	128 Kbps	128 Kbps	Symmetric	4.5 Km	2	No
ADSL	8 Mbps	1 Mbps	Asymmetric	5 Km	2	Yes
VDSL	52 Mbps	2.3 Mbps	Asymmetric	1 Km	2	Yes

โดยในขณะนี้เทคโนโลยี ADSL เป็นเทคโนโลยีที่ผู้ให้บริการเลือกใช้มากที่สุด เพราะเป็นเทคโนโลยีที่มีความเร็วสูง และระยะทางที่ทำงานได้ค่อนข้างไกลซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานในปัจจุบันมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามในอนาคตอันใกล้เทคโนโลยี VDSL ซึ่งมีความเร็วสูงถึง 52 Mbps อาจถูกนำมาใช้งานมากขึ้น

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) คือ เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงบนสายทองแดงหรือคู่สายโทรศัพท์ ADSL เป็นเทคโนโลยีในตระกูล xDSL โดยมีลักษณะสำคัญคืออัตราความเร็วในการรับ ข้อมูล (Downstream) และอัตราการเร็วในการส่งข้อมูล (Upstream) ไม่เท่ากัน โดยมีอัตรารับข้อมูลสูงสุดที่ 8 Mbps และอัตราการส่งข้อมูลสูงสุดที่ 1 Mbps โดยระดับความเร็วในการ รับ - ส่ง ข้อมูลจะขึ้นอยู่กับระยะทาง และคุณภาพของคู่สายนั้นๆ

เทคโนโลยี ADSL ใช้เทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณ โดยการแบ่งย่านความถี่บนคู่สายทองแดงออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงความถี่โทรศัพท์ (POTS) ช่วงความถี่ของการส่งข้อมูล (Upstream) และช่วงความถี่ในการรับข้อมูล (Downstream) จึงทำให้สามารถส่งข้อมูลและใช้โทรศัพท์ได้ในเวลาเดียวกัน ADSL ถูกพัฒนาให้ใช้ TCP/IP Protocol เป็นหลักซึ่งเป็น Protocol ที่ใช้บนเครือข่าย Internet ทำให้ ADSL สามารถรองรับ Application ในด้าน Multimedia ได้เป็นอย่างดี

2.5 เทคโนโลยีเครือข่าย ATM

2.5.1 เทคโนโลยีเครือข่าย ATM (Asynchronous Transfer Mode)

เครือข่าย ATM จะใช้โปรโตคอล ATM (Asynchronous Transfer Mode) เป็นมาตรฐานการส่งข้อมูลความเร็วสูง โดย ATM ถูกพัฒนามาเพื่อให้ใช้กับงานที่มีลักษณะข้อมูลหลายรูปแบบและต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลสูงมาก สื่อที่ใช้ในเครือข่ายนี้ได้ตั้งแต่สายไฟเบอร์ออปติก สายโคแอกเชียล หรือสายไขว้คู่ (Twisted pair) มีความเร็วในการส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 2 Mbps ไปจนถึง 622 Mbps ATM ถูกพัฒนามาจากเครือข่าย Packet-switching ซึ่งจะแบ่งข้อมูลที่จะส่งออกเป็นหน่วยย่อย ๆ เรียกว่า packet ที่มีขนาดเล็กและคงที่แล้วจึงส่งแต่ละ packet ออกไป แล้วนำมาประกอบรวมกันเป็นข้อมูลเดิมอีกครั้งที่ปลายทาง ข้อดีของ ATM คือสามารถใช้กับข้อมูลได้หลายรูปแบบ เช่น เสียง ภาพเคลื่อนไหว หรือข้อมูลคอมพิวเตอร์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเร็วของข้อมูลสูง และสามารถรับประกันคุณภาพของการส่งได้ (Quality of Service)

ATM เป็นมาตรฐานรูปแบบการส่งข้อมูลความเร็วสูงที่ถูกพัฒนามาสำหรับงานที่ต้องการความเร็วในการส่ง ข้อมูลสูงมาก ๆ ข้อมูลที่ส่งในเครือข่าย ATM จะถูกแบ่งเป็นกลุ่มย่อยเล็ก ๆ เรียกว่า "เซลล์ (cell)" มีขนาด 53 ไบต์ ประกอบด้วยส่วนข้อมูล (payload) ขนาด 48 byte และส่วนหัว (Header) ขนาด 5 ไบต์ ส่วนหัวจะเก็บข้อมูลที่จำเป็นต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมการส่งเช่น จุดหมายปลายทางระดับความสำคัญของเซลล์นั้นจะประกอบด้วย VPI (Virtual Path Identifier) และ VCI (Virtual Circuit Identifier) ทำหน้าที่กำหนดวงจรเสมือน (virtual circuit) ในการเดินทางให้กับเซลล์นั้น HEC (Header Error Check) ทำหน้าที่ตรวจสอบเซลล์ที่ไม่สอดคล้องตามที่ระบุในส่วนหัว สวิตช์ ATM จะทำหน้าที่ ในการมัลติเพล็กซ์และจัดการส่งข้อมูลนั้นตามที่กำหนดไว้ในส่วนหัวไปสู่ปลายทาง เมื่อข้อมูลของผู้ใช้เข้ามา จะถูกตัวแบ่งย่อยเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 48 byte และ เติมส่วนหัวเข้าไปอีก 5 byte แล้วจึงส่งไปตามเส้นทางต่าง ๆ ในเครือข่าย ATM ซึ่งระบุไว้โดยส่วนหัว เมื่อถึงปลายทางแล้วก็จะเอาส่วนหัวออก แล้วประกอบกันเป็นข้อมูลชิ้นใหญ่ เหมือนเดิม ลักษณะของ ATM นี้ จะคล้ายกับเครือข่าย packet-switching อื่น ๆ ที่มีอยู่ เช่น x.25 หรือ frame relay แต่ต่างกันที่ ATM จะมีขนาด pack เล็กและคงที่

2.5.2 รูปแบบการส่งข้อมูล ATM

เป็นแบบ connection-oriented กล่าวคือจะมีการสร้างการเชื่อมต่อจากต้นทางถึงปลายทาง กำหนดเส้นทางที่แน่นอนก่อน แล้วจึงเริ่มส่งข้อมูล เมื่อส่งข้อมูลเสร็จก็ปิดการเชื่อมต่อเปรียบเทียบได้กับการโทรศัพท์ ก็จะต้องมีการเริ่มยกหู กดเบอร์ และเมื่อมีคนรับก็ต้องสวัสดีแนะนำตัวกันก่อน แล้วจึงเริ่มการสนทนา เมื่อสนทนาเสร็จแล้วก็มีการกล่าวคำลาและวางหูเป็นการปิดการเชื่อมต่อต่างจาก IP Network ในแบบก่อน ซึ่งจะเป็นแค่การระบุจุดหมายปลายทางแล้วก็ส่งข้อมูลไปเท่านั้น การ

เลือกเส้นทางในแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ระหว่างเส้นทางเดินว่าจะเลือกเส้นทางใด เหมือนกับการส่งจดหมายที่เพียงระบุจุดหมายแล้วก็หย่อนลงตู้ไปเท่านั้น ผู้ส่งไม่สามารถทราบได้ว่าจะไปถึงผู้รับเส้นทางไหน และจะไปถึงเมื่อไร นอกจากนี้ ATM ยังมีลักษณะหนึ่งที่มีความสำคัญมาก คือ ATM จะมี QoS (Quality of Service) ซึ่งสามารถรับประกันคุณภาพของการส่งข้อมูลในแต่ละ connection ได้ นั่นคือเมื่อมีการเริ่ม connection จะมีการตกลงระดับ QoS ที่ต้องการใช้ก่อน เพื่อให้เราสามารถส่งข้อมูลโดยได้รับคุณภาพของการส่งตามที่กำหนดไว้นั่นเอง

เครือข่าย ATM เป็นระบบแบบสวิตช์ กล่าวคือในเครือข่าย ATM นั้น แต่ละการเชื่อมต่อสามารถส่งข้อมูลถึงกันได้ทันที ไม่ต้องรอให้อีกคนหนึ่งส่งเสร็จก่อนถ้าพิจารณาหาทางแยกอันหนึ่งที่มีรถวิ่งมาจากหลาย ๆ ทาง เราสามารถเปรียบเทียบเครือข่ายแบบสวิตช์นี้ได้เสมือนเป็นทางต่างระดับ ซึ่งรถจากแต่ละทางสามารถวิ่งไปยังปลายทางของตนเองได้ทันทีโดยไม่ต้องรอกัน ซึ่งต่างจากระบบ share-bus ที่เปรียบเสมือนกับทางแยกธรรมดาซึ่งมีไฟแดงไฟเขียว รถที่แล่นมาจากแต่ละทางจะต้องรอ ให้ถึงสัญญาณไฟเขียวก่อน จึงจะวิ่งต่อไปได้ และไม่อาจวิ่งหลายทางพร้อม ๆ กันได้โครงสร้างโพรโตคอลของ ATM จะแบ่งการทำงานที่สลับซับซ้อนออกเป็น 4 ชั้นได้แก่

1. Physical Layer (PHY) เป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับตัวนำสัญญาณที่ใช้ในการส่งสัญญาณดิจิทัล ในการนำ ATM มาใช้ในเครือข่ายโทรคมนาคมนั้นจะนำมาใช้ร่วมกับ SONET (Synchronous Optical Network) /SDH (Synchronous Digital Hierarchy) โดยมีเส้นใยแก้วนำแสงเป็นตัวนำสัญญาณ
2. Asynchronous Transfer Mode Layer (ATM) หน้าที่สร้างส่วน header ของเซลล์ และประมวลผลส่วน header ของเซลล์ที่รับเข้ามา โดยอ่านค่า VCI/VPI ของเซลล์และหาเส้นทางที่จะส่งเซลล์ ออกไปแล้วจึงกำหนด VCI/VPI ใหม่ให้กับส่วน header ของเซลล์นั้น
3. ATM Adaptation Layer (AAL) ทำหน้าที่ปรับบริการที่ได้รับจากชั้น ATM ให้สอดคล้องกับความต้องการของโพรโตคอลและแอปพลิเคชัน ในชั้น higher layer โดยแบ่งเป็น 5 ชนิดด้วยกันเพื่อใช้กับ แอปพลิเคชันที่ต่างกันดังต่อไปนี้
 - AAL1 เป็นวิธีการกำหนดให้มีการส่งและรับข้อมูลด้วยอัตราคงที่ (constant bit rate) โดยการจำลองวงจรการเชื่อมโยงระหว่างตัวรับตัวส่งข้อมูลที่ส่งมีลักษณะเป็น stream เพื่อใช้กับแอปพลิเคชันที่มีการส่งสัญญาณแบบจุดไปจุดอย่างต่อเนื่อง
 - AAL2 เป็นวิธีการรับส่งข้อมูลแบบปรับค่าความเร็วของการรับส่งได้ตามที่ความต้องการ (variable bit rate) โดยเน้นการใช้อัตราความเร็วตามที่ต้องการ จึงนำมาใช้กับการรับส่งสัญญาณเสียงและภาพได้

- AAL3/4 เป็นวิธีการรับส่งข้อมูลแบบปรับค่าความเร็วของการรับส่งได้ตามที่ ต้องการ (variable bit rate) เช่นเดียวกับ AAL2 แต่ต่างกันที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ asynchronous ได้ กล่าวคือ เวลาในการส่งและรับข้อมูลไม่จำเป็นต้องสัมพันธ์กัน

- AAL5 มีวิธีการรับส่งข้อมูลเช่นเดียวกับ AAL3/4 ข้อแตกต่างกันคือสามารถใช้กับการสื่อสาร ข้อมูลซึ่งมีการเชื่อมต่อแบบ connectionless ได้ และมีส่วน header ของ payload สั้นกว่า AAL3/4 โพรโตคอลในชั้น AAL นี้จะควบคุมการติดต่อสื่อสารจากต้นทางถึงปลายทาง และจะถูกประมวลผลโดยผู้ส่งและผู้รับข้อความ (Message) เท่านั้น ชั้น AAL แบ่งออกเป็นชั้นย่อย 2 ชั้น คือชั้น Convergence Sublayer (CS) ช่วยในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ (Interface) ที่ไม่ใช่ ATM เข้ากับ ATM และชั้น Segmentation and Reassembly Sublayer (SAR) ทำหน้าที่ตัดข้อความที่โพรโตคอลหรือแอปพลิเคชันต้องการส่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อนำไปสร้างเซลล์หรือนำส่วนข้อมูล (information) จาก payload ของเซลล์ มาต่อกันเป็นข้อความ

2.5.3 ระดับการให้บริการ (Service Class) ของ ATM (สาคร ไกรนรา- คุณภาพของการให้บริการบนเครือข่ายสื่อสารแบบเอทีเอ็ม)

ความสำคัญของคุณภาพของการให้บริการ อยู่ที่การจัดการและการหาประสิทธิภาพโดยรวมเพื่อให้รูปแบบการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายได้ผลตามจุดมุ่งหมาย ประเด็นที่สำคัญจึงอยู่ที่ การจัดลำดับหรือการจัดคิว เพื่อให้การทำคุณภาพของการให้บริการประสบผลสำเร็จได้ต้องพึงพากลไกการดำเนินการที่สำคัญคือ การกำหนดชนิดของการไหลของข้อมูลตามลำดับความสำคัญและให้กลไกของเครือข่ายกระทำตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

ATM Forum ได้แบ่งระดับการให้บริการ (Service Class) ของเอทีเอ็มออกเป็น 4 ประเภท ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของการให้บริการที่ต้องการ อัตราความผิดพลาดที่ยอมรับได้และลักษณะอื่นๆ เพื่อให้ได้คุณภาพเสียง วิดีโอ และข้อมูลตามที่ต้องการ เมื่อต้องการการเชื่อมต่อ End-System จะร้องขอคุณภาพของการให้บริการที่ต้องการ เครือข่ายจะสร้างการเชื่อมต่อที่ให้ทรัพยากรที่จำเป็นเท่านั้น (รวมทั้งสวิตช์ทุกตัวที่อยู่ในเส้นทาง) Service Class แบ่งตามมาตรฐาน ATM Forum UNI 4.0 ได้ดังนี้

- **Constant Bit Rate (CBR)** การสื่อสารภายในเครือข่ายจะมีความเร็วในการส่งผ่าน เซลเอทีเอ็มระหว่างเครื่องต้นทางและปลายทางด้วยความเร็วที่สม่ำเสมอตลอด และระบบสัญญาณนาฬิกา (Clocking/Timing) ระหว่างเครื่องต้นทางและเครื่องปลายทางต้องสัมพันธ์กันอย่างถูกต้องเพื่อไม่ให้เกิดการสื่อสารขาดประสิทธิภาพหรือผิดพลาดได้ นอกจากนี้เมื่อส่งข้อมูลเครือข่ายจะส่งข้อมูลเฉพาะ ที่มีคุณสมบัติตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์ที่กำหนดไว้เท่านั้น ส่วนใหญ่จะใช้ในการบริการสื่อสารข้อมูลเสียง และวิดีโอ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการใช้บริการค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องจองแบนวิดท์ ตลอดเวลาแม้ว่าจะมีการใช้หรือไม่ก็ตาม การให้บริการลักษณะนี้เทียบได้กับ บริการสายเช่า (Leased Line) ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของผู้ใช้จะกำหนด Cell Delay Variation Tolerance Limit (Maximum Allowed Jitter) รวมถึงแบนวิดท์ที่ต้องการ (Peak Cell Rate : PCR) ซึ่งเครือข่ายสามารถจัดเตรียมไว้สำหรับการเชื่อมต่อ และผู้ บริการยังสามารถวัดค่า Maximum Cell Rate ได้ใช้ทดแทนการเชื่อมต่อแบบ T1 และใช้สำหรับข้อมูลลักษณะ Real-Time Digitized Voice หรือ

Video ที่ต้องการการรับรองแบนวิดท์ที่แน่นอน บางครั้งเรียกว่า Class A Service Flow Control Method: Single Leaky Bucket โดยเครือข่ายจะตรวจจับและคัด ตราฟฟิกที่ไม่มีคุณสมบัติตาม PCR ที่ตกลงกันไว้ออกไป

- **Variable Bit Rate (VBR)** ลักษณะการสื่อสารจะมีความเร็วในการส่งผ่านเซล เติไม่สม่ำเสมอ นั่นคือ มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพความเร็วที่เครื่องต้นทาง จะส่งผ่านออกมาในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของผู้ใช้จะกำหนดขีดจำกัดที่ยอมรับได้ รวมถึง PCR และ SCR (Sustained Cell Rate : SCR) ที่ต้องการ อุปกรณ์ของผู้ใช้ สามารถขยาย SCR ได้เท่ากับ PCR จนกระทั่งถึง Average Period ตัว SCR จะไม่สามารถขยายต่อไปอีกได้ เช่นเดียวกันถ้าอุปกรณ์ขึ้นถึง PCR สูงสุดเป็นเวลานาน กว่า Burst Tolerance อุปกรณ์จะต้องส่งในอัตราที่ต่ำกว่าในช่วงเวลานั้น เพื่อให้ เครือข่ายสามารถส่ง ABR และ UBR Traffic ได้ สามารถวัดค่า Maximum Cell Loss Rate ได้ใช้สำหรับ LAN Traffic ที่มีจำนวนมากๆ (แม้ว่าในความเป็นจริง แทบจะเป็นไปไม่ได้ที่จะแสดงให้เห็น Traffic Burst ที่ต้องการเพื่อที่จะใช้ Service Class นี้ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด) บางครั้งเรียกว่า Class B Service Flow Control Method : Dual Leaky Bucket โดยเครือข่ายจะตรวจสอบความเสียหายของทั้ง PCR และ รวมทั้งคัดตราฟฟิกส่วนที่เกินออก (ซึ่งอุปกรณ์ของ User จะต้องส่ง ข้อมูลออกมาใหม่) VBR สามารถแบ่งย่อยออกมาเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. Real Time VBR (RT-VBR) จะให้การควบคุมการเกิดดีเลย์ของการ เชื่อมต่อนั้นๆ และต้องการความสัมพันธ์ในเรื่องของสัญญาณณาพิกา ใช้สำหรับ

การส่งสัญญาณเสียงและวิดีโอหรือวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ที่ถูกบีบอัด (Compression)

2. Non-Real Time VBR (NRT-VBR) มีการเกิดเฉลี่ยในเครือข่ายมากกว่า Real Time VBR เหมาะสำหรับการส่งข้อมูลลักษณะคอนเนกชันโอเรียนเต็ลใช้ได้ดีสำหรับการส่งข้อมูลที่มีจำนวนมาก ๆ การทำ On-Line Transaction Processing (OLTP) ในธุรกิจต่างๆ เช่นสายการบินหรือธนาคาร เป็นต้น

- **Available Bit Rate (ABR)** ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์จะกำหนด PCR (ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นของ Access LineRate) รวมทั้งค่าแบนวิดท์ขั้นต่ำที่ต้องการ (คือค่า Minimum Cell Rate : MCR ที่ถูกกำหนดค่าให้เป็น 0 Cell/sec) บริการลักษณะ ABR นี้จะใช้แบนวิดท์ส่วนที่เหลือจาก CBR และ VBR จึงเป็นสาเหตุให้ไม่สามารถรับรองค่า Minimum Bandwidth ได้ อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถวัดค่า MCR ได้ เหมาะกับ Non-Real Time Bursty Traffic เนื่องจากในการควบคุมการไหลของข้อมูลเมื่อเกิดความคับคั่งของเครือข่าย จะไม่มีการคัดเซตออกหากเกิดการกระโดดของข้อมูลทีนานเกินไป ABR จะไม่ให้การรับประกันแบนวิดท์ให้แก่ผู้ใช้ เหมือนกับ NRT-VBR แต่เครือข่ายจะให้บริการที่ดีที่สุด โดยใช้ Flow Control Mechanism ในการเพิ่มแบนวิดท์ให้แก่ผู้ใช้เรียกว่า “Allowed Cell Rate : ACR” โดยเครือข่ายจะควบคุมจำนวนทราฟฟิกที่ยอมรับได้ในเครือข่ายนั้นๆ รวมถึงจำนวนสูญหายของเซลล์ภายในเครือข่ายเมื่อเกิดการคับคั่งของทราฟฟิก ABR ถูกออกแบบมาให้สามารถเข้ากับ LAN Protocol ที่มีอยู่ ทำให้สามารถใช้แบนวิดท์ได้มากเท่าที่เครือข่ายสามารถทำได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็น Buffer เมื่อเกิดการคับคั่งได้อีกด้วย Flow Control Method : Closed-Loop, Rate-Based Flow Control ซึ่งถูกกำหนดโดย ATM Switch เพื่อให้แน่ใจได้ว่าจะไม่มีการส่งข้อมูลที่มากกว่าที่เครือข่ายสามารถรับได้ เครือข่ายจะรับรองการส่งข้อมูล อย่างน้อยก็เท่ากับค่า MCR ที่ตกลงกันไว้ นอกจาก Flow Control Method ที่กล่าวมาแล้ว ABR ยังใช้ Enhanced Proportional Rate Control Algorithm : EPRCA ซึ่งจะรวมวิธีการควบคุมการไหลของข้อมูล วิธีการพื้นฐาน (EFICI) รวมทั้ง Optional Enhancement ดังนี้

1. Explicit Forward Congestion Indication (EFCI) ATM Switch ใดๆ ที่อยู่ในเส้นทางระหว่างต้นทางและปลายทางที่ตรวจจับความคับคั่งของเครือข่าย จะสร้างกลุ่มของ EFCI ภายใน Cell Header เมื่อเซลล์ไปถึงปลายทาง ตัวอุปกรณ์ของผู้ใช้จะทำการปรับ Resource Management : RM Cell (ซึ่งจะถูกส่งทุกๆ n Cell) จะส่งกลับไปยังต้นทางเพื่อขอให้ลดอัตราการส่งข้อมูล วิธีการนี้ต้องคิดตั้งการควบคุมการไหลของข้อมูลทั้งในต้นทางและปลายทาง ยิ่งระยะทางในการส่งยาวเท่าใด ก็ต้องใช้เวลาในการรอให้ต้นทางลดอัตราการส่งข้อมูลมากเท่านั้น (ดังนั้นเครือข่ายจึงต้องการ Buffer ที่มากขึ้น) ถ้าต้นทางสังเกตเห็นว่า ไม่ได้รับเซลล์ที่ควรจะได้รับกลับจากปลายทาง (ซึ่งอาจเกิดการคัดทิ้งเมื่อเกิดความคับคั่งของข้อมูลในเครือข่าย) ต้นทางต้องลดอัตราการส่งข้อมูลต้นทางจะต้องเป็นผู้แบ่งแบนด์วิธใน Virtual Circuit และส่ง RM Cell (ทุกๆ n Cell) ซึ่งจะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าอัตราการส่งเซลล์นั้นเป็นเท่าใด ณ ขณะนั้น

2. Explicit Rate Marketing (ERM) สวิตช์ที่อยู่ในเส้นทางจากปลายทางไปสู่ต้นทางนั้นสามารถปรับ RM Cell ที่ถูกสร้างโดยปลายทางได้ เพื่อร้องขอให้ต้นทางลดอัตราการส่งข้อมูลลงเมื่อมีความเร็วเกินกว่าที่ร้องขอโดยปลายทาง

3. Segmented Virtual Source / Virtual Destination (Segment VS/VD) ATM Switch ของบางเครือข่ายสามารถสร้าง RM Cell (แม้จะเป็นเพียง Virtual Destination) ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องที่จะต้องรอให้ปลายทางที่แท้จริงสร้างเซลล์ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อเครือข่ายขนาดใหญ่ สวิตช์เหล่านี้สามารถตอบสนองต่อ RM Cell ได้ โดยการลดอัตราการส่งข้อมูลที่ส่งไปในเครือข่ายที่คับคั่ง (และเป็นไปได้ที่จะคัดบางส่วนของทราฟฟิกที่มาจากปลายทางที่แท้จริงทิ้ง ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันเครือข่ายที่เหลือทั้งหมดจากความคับคั่ง

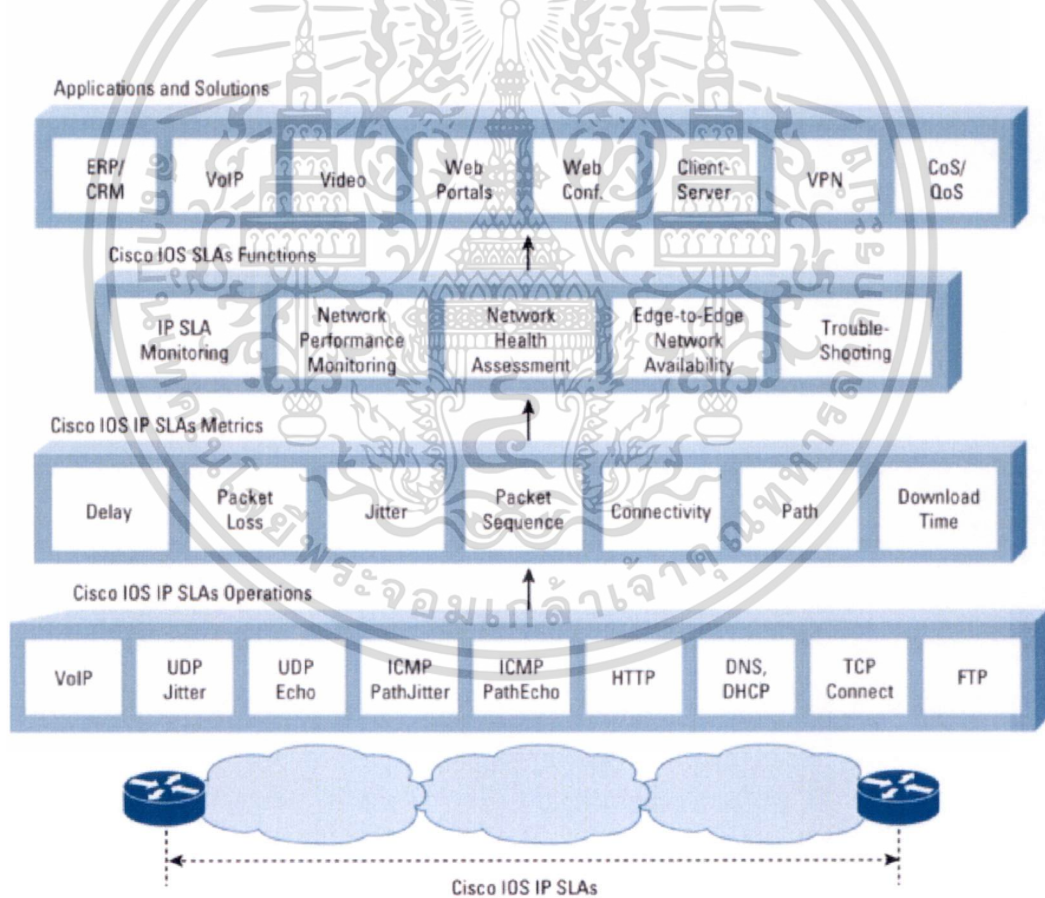
4. Hop-by-Hop Virtual Source / Virtual Destination (Hop-by-Hop VSVD) ATM Switch ของเครือข่ายทั้งหมดสามารถสร้างและตอบสนอง RM Cell ได้

- **Unspecified Bit Rate (UBR)** ในการเชื่อมต่อจะไม่มีกำหนด Maximum Jitter หรือ Bit Rate ผู้ใช้สามารถส่งข้อมูลเท่าใดก็ได้เท่าที่เครือข่ายสามารถรองรับได้ แต่เครือข่ายจะไม่รับรอง Cell Loss Rate และการดีเลย์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น (ถ้าจำเป็นต้องทำอาจจะให้แอปพลิเคชันของทางผู้ใช้ทำแทน) ไม่มีการควบคุมการไหลของข้อมูล แอปพลิเคชันส่งข้อมูลเมื่อเกิดความคับคั่งในเครือข่าย และเมื่อใด

ที่ Switch Buffer เต็มเครือข่ายก็จะคัดเซลอกออกUBR ยังคงเหมาะกับการส่งข้อมูลประเภทข้อความหรือไฟล์ แม้ว่า UBR จะไม่มี Flow Control Mechanism ใดๆ มาควบคุม อย่างไรก็ตาม เพื่อที่จะควบคุมหรือจำกัดการคับคั่งดังกล่าวจำเป็นต้องมีที่ยที่ ATM Switch จะต้องมีการติดตั้ง Pre-Standard Congestion Control Mechanism หรือสนับสนุนการทำ Adequate Buffering เพื่อลดความเป็นไปได้ในการเกิด Cell Loss ขึ้น เมื่อสวิตช์ได้รับข้อมูลปริมาณมากๆ ในเวลาเดียวกัน เช่น ใน Client/Server เป็นต้น

2.6 ระดับการให้บริการ (IP Service Level Agreement - IP SLA)

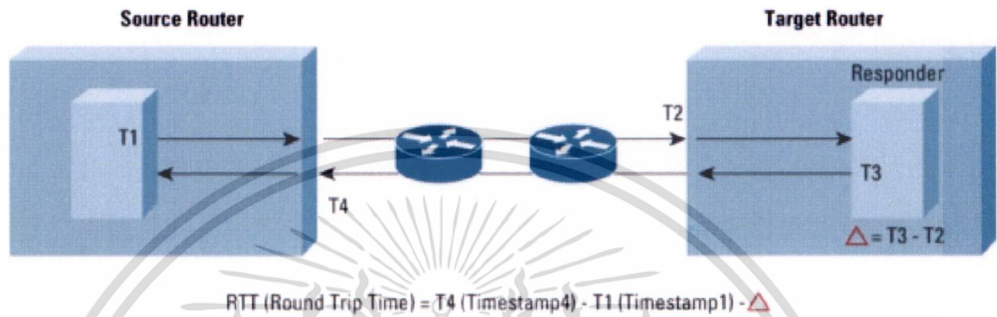
2.6.1 ลักษณะและองค์ประกอบของ IP SLA



รูปที่ 2.17 ระบบการเชื่อมต่อของสำนักงานสาขา(Cisco IOS IP Service Level Agreements User Guide. 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cisco IOS IP SLA คือการวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายและเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงาน ซึ่งมีการสร้างกราฟฟิคอย่างต่อเนื่อง เชื่อมถือได้และคาดเดาได้ โดย IP SLAs ที่แอคทีฟ (active) มีการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายในการวัดประสิทธิภาพการทำงานระหว่างเครือข่ายหลายที่หรือหลากหลายเส้นทาง โดยจะใช้ข้อมูลการประทับเวลา (Timestamp) ในการคำนวณตัวชี้วัดต่างๆ เช่น จิตเตอร์ (jitter) ดีเลย์ (latency) ดังรูปที่ 2.18

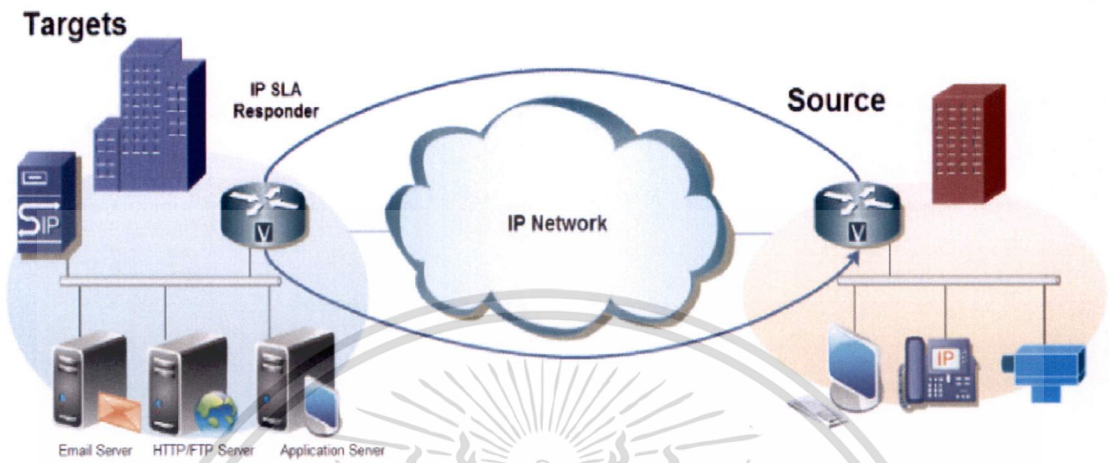


รูปที่ 2.18 การวัด Timestamp ด้วยการ ใช้ Source และ Responder

เวลาในการตอบสนอง การสูญหายของแพ็กเก็ตและ MOS ซึ่งเป็นคะแนนคุณภาพของเสียง ผู้ใช้งานจะทำการกำหนดการทำงานของ IP SLA (probe) ภายใต้อการรองรับของ IOS ซอฟต์แวร์ของเราเตอร์ ด้วยการ ใช้ SNMP MIB หรือใช้คำสั่ง (Command-LineInterface) ลักษณะการวัดนั้นสามารถเพิ่มขนาดของแพ็กเก็ต ชนิดของโปรโตคอล การ mark ฯลฯ การดำเนินงานจะมีการกำหนดตารางการทำงานเพื่อสร้างกราฟฟิคและเรียกวัดประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งข้อมูลจะถูกเก็บใน RTTMON MIB และสามารถดูสถิติการทำงานผ่านคำสั่งได้ ผู้ใช้งานสามารถกำหนดเวลาเพื่อให้ IP SLAทำงาน ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง หรือทำงานต่อเนื่องตลอดเวลาได้เช่นกันเราเตอร์ปลายทางจะมีการคอนฟิกให้เป็นผู้ตอบสนอง IP SLA (Responder) ซึ่งจะทำการระบวนการวัดแพ็กเก็ตและให้ข้อมูลรายละเอียดการประทับเวลาไว้ IP SLA ในดั้งเดิมจะเรียกว่า Response Time Reporter (RTR) ใน IOS เวอร์ชัน 11.2ต่อมาได้มีการเปลี่ยนชื่อใหม่เป็น Service Assurance Agent (SAA) ในเวอร์ชัน 12.0(5)Tและในเวอร์ชัน 12.3(14)T ได้เปลี่ยนชื่อเป็น IP SLA โดยองค์ประกอบของ IP SLAมี 2 ส่วนหลัก คือ จุดกำเนิด (Source) และเป้าหมาย (Target) ดังรูปที่ 2.19Source คือที่ซึ่ง IP SLA ถูกกำหนดขึ้นบนพื้นฐานของค่าต่างๆ โดยมีการสร้างแพ็กเก็ตเพื่อกำหนดการทำงานของ IP SLA และวิเคราะห์ผลลัพธ์และบันทึกไว้ ส่วน Targetขึ้นอยู่กับการทำงานของ IP SLA สำหรับ FTP/HTTP นั้น target จะเป็น FTP/HTTPเซิร์ฟเวอร์ สำหรับ Routing Table Protocol (RTP) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UDP jitter (แอปพลิเคชันจำพวก Voice over IP) target จะเป็นอุปกรณ์ Cisco เป็น responder คือ ไร้เตอร์ที่มีการเปิดการใช้งานการทำงานของ responder ไว้ด้วยคำสั่ง ip sla responder



รูปที่ 2.19 องค์ประกอบของ IP SLA

ความหลากหลายของการทำงานของ IP SLA สามารถจัดกลุ่มได้ดังนี้

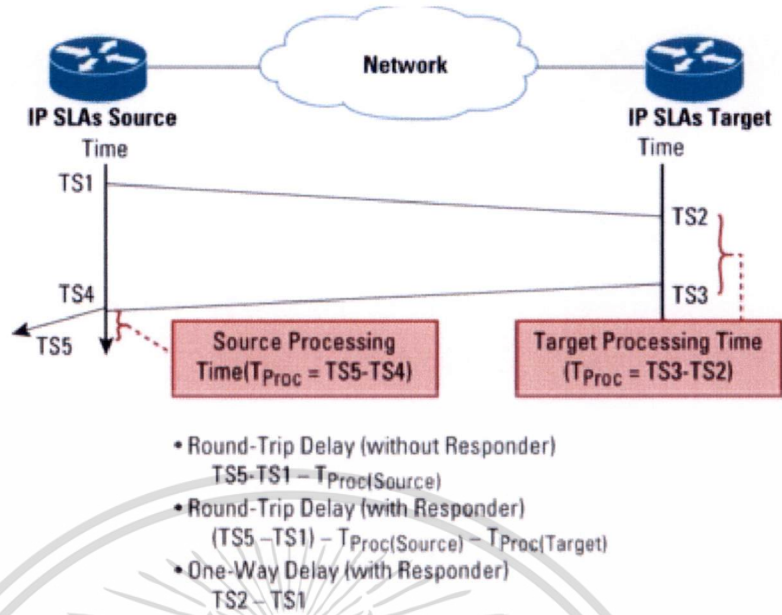
- ICMP-based เช่น echo, path echo, jitter และ path jitter
- UDP-based เช่น echo, jitter, Domain Name Service (DNS) และ Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)
- TCP-based เช่น TCP connect, FTP, HTTP และ DLSw+
- Layer 2 เช่น Frame Relay, ATM และ MPLS
- VoIP เช่น VoIP udp-jitter, VoIP gatekeeper

2.6.2 ฟังก์ชันการทำงานของ IP SLA

- ICMP Echo

เป็นการวัดเวลาในการตอบสนองแบบ end-to-end ระหว่าง Cisco ไร้เตอร์และอุปกรณ์ไอพีใดๆ โดยการวัดนั้นจะทำการส่งข้อความ ICMP echo request ไปยังปลายทางและรับ ICMP echo reply แบบนี้เป็นเครื่องมือในการวัดที่ดีแต่ไม่ได้ชี้วัดต้นเหตุของปัญหาได้มากภายในเครือข่ายระหว่างเครื่องปลายทางโดยค่าเวลาในการตอบสนองสามารถคำนวณได้ดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การคำนวณเวลาในการตอบสนอง

■ ICMP Path Echo

จะแตกต่างจาก ICMP echo คือ เริ่มต้นจะทำการ trace route เพื่อค้นหาเส้นทางจากต้นทาง ไปยังปลายทางจากนั้นจึงจะทำการวัดค่าเวลาในการตอบสนองระหว่างเราเตอร์ต้นทางและแต่ละฮอปในเส้นทางนั้น โดยมีทางเลือกกว่าในการใช้ strict หรือ loose source routing (LSR) ซึ่งสามารถเปิด IP SLA เพื่อให้ใช้เส้นทางที่เจาะจงไปแทนที่จะทำการ trace route เพื่อค้นหาเส้นทาง โดยการทำงานแบบนี้จะให้รายละเอียดมากขึ้นบนไอพีแอดเดรส ของแต่ละฮอปด้วย

■ ICMP Jitter

คล้ายคลึงกับ ICMP echo มากแต่จะมีการจัดหาสถิติของค่า ดีเลย์ (latency), จิตเตอร์ (jitter) และการสูญหายของแพ็กเก็ตในแต่ละฮอปด้วย นอกจากการวัดเวลาไป-กลับ ตัวอย่างการวัดจิตเตอร์เช่น ถ้ามี 5 แพ็กเก็ต ถูกส่งออกไปในช่วงเวลา 5 ms ดังนั้นปลายทางควรจะได้รับในเวลา 5 ms เช่นกันถ้าแพ็กเก็ตมาถึงปลายทางในเวลา 7 ms ค่าของจิตเตอร์จะเป็นค่า +2 (7-5) แต่ถ้าหากแพ็กเก็ตได้รับในเวลา 3 ms จะทำให้จิตเตอร์เป็น -2 (3-5) โดยค่าในอุดมคติสำหรับแอปพลิเคชัน VoIP และวีดีโอจิตเตอร์ควรจะเป็นค่าศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ICMP Path Jitter

คล้ายกับ ICMP path echo แต่จะมีการจัดหามีการจัดหาสถิติของค่า ดีเลย์ (latency), จิตเตอร์ (jitter) และการสูญหายของแพ็กเก็ตเกิดในแต่ละฮอปด้วยการทำงานอันดับแรกจะมีการ trace route เพื่อค้นหาเส้นทางแล้วทำการส่งข้อความ ICMP echo เพื่อวัดค่าตอบสนอง จิตเตอร์ และการสูญหายของแพ็กเก็ตเกิดในแต่ละฮอป

- UDP Echo

มีประโยชน์มากกว่า ICMP echo เพราะว่า IP SLA responder เข้าใจ UDP echo ดังนั้นการทำงานเพื่อประมวลผลเวลาโดย target จะมีความถูกต้องของการวัดมากกว่า

- UDP Jitter

เป็นการออกแบบเบื้องต้นสำหรับแอปพลิเคชัน เช่น VoIP, video over IP หรือ real-time conferencing โดย UDP jitter จะต้องมี responder ในฝั่งปลายทางและใช้ Network Time Protocol (NTP) หรือ Global Positioning System (GPS) เป็นโปรโตคอลในการควบคุมเวลาให้มีความถูกต้อง สำหรับ VoIP UDP jitter สามารถทำการจำลองทราฟฟิกเสียงด้วย codec ทั่วๆ ไปและ UDP ทราฟฟิก ซึ่งมีความคล้ายกับ VoIP ทราฟฟิกจริง โดย VoIP UDP jitter สามารถส่งค่ากลับมาเป็นอัตราคุณภาพของเสียงเป็นตัวเลขค่าบวก คือ

MOS (mean opinion score) คุณภาพของการส่งเสียงพูด คือ การตอบสนองของผู้ฟัง แต่ละ codec ใช้การส่งของ VoIP เพื่อจัดหาระดับของคุณภาพ มาตรฐานทั่วไปถูกใช้เพื่อตัดสินคุณภาพของเสียงด้วย codec ที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งก็คือ MOS โดย MOS จะมีช่วงที่กว้างของผู้ฟังที่มีการตัดสินคุณภาพของเสียงที่สร้างขึ้นมา และส่งออกไปด้วย codec นั้นๆ โดยให้คะแนน คือ 1 (คุณภาพแย่มาก-quality) ถึง 5 (คุณภาพยอดเยี่ยม-excellent quality) โดย ITU-G.107 1998 การคำนวณ E-model เป็นพื้นฐานของการคำนวณค่า MOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICPIF (the calculated planning impairment factor) คือการวัดความพยายามที่จะหาจำนวนเพื่อการเปรียบเทียบและความด้อยค่าของคุณภาพเสียงที่เข้ามาภายในเครือข่าย ค่าของ ICPIF คือ ค่าที่ได้มาทางคณิตศาสตร์ด้วยการเพิ่มความด้อยค่าที่หลากหลาย อย่าง ความดังของเสียง, เสียงแตกพร่า, สะท้อน, จิตเตอร์ โดยแทนด้วยค่าตัวเลขในช่วงตั้งแต่ 5 (very low impairment) ถึง 55 (very high impairment) ซึ่งค่าที่ต่ำกว่า 20 ถือว่าเป็นค่าที่พอเหมาะ โดย VoIP UDP jitter รองรับ codec3 ชนิด คือ

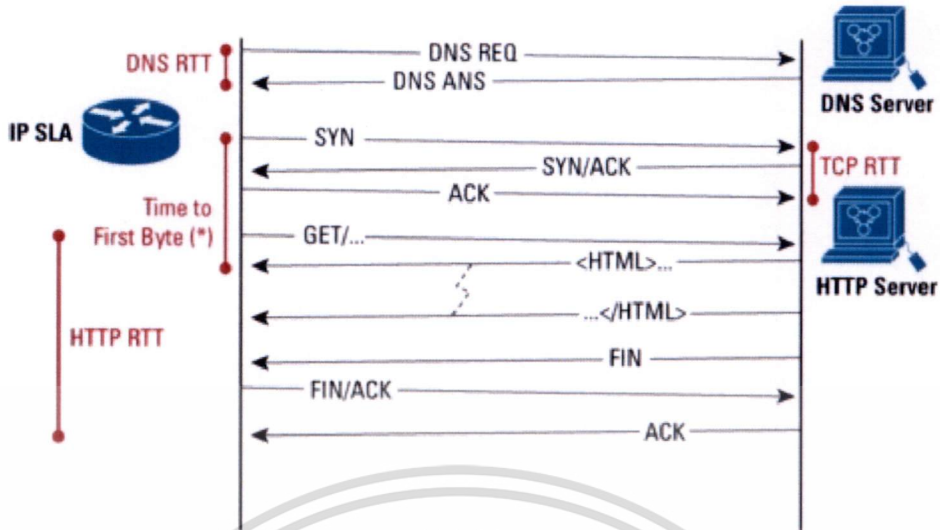
- G.711 A law (g711alaw : 64 kbps PCM compression method)
- G.711 mu law (g711ulaw : 64 kbps PCM compression method)
- G.729A (g729a: 8 kbps CS-ACELP compression method)

■ HTTP

เป็นการมอนิเตอร์แอปพลิเคชัน โดยการทำงานของ HTTP จะวัดการตอบสนองของ HTTP เซิร์ฟเวอร์ ด้วยการวัดเวลาตอบสนองระหว่างต้นทาง และ HTTP เซิร์ฟเวอร์ในการเรียกหน้าเว็บเพจ ค่าเวลาในการตอบสนองประกอบด้วยผลรวมของเวลาในการตอบสนองไป-กลับ เฉพาะแต่ละอัน ซึ่งมี 3 ค่า คือ

- DNS Lookup
- TCP connect
- HTTP Transaction time

HTTP Transaction time จะเป็นการวัด RTT เพื่อร้องขอที่จะได้รับการตอบสนองจาก HTTP เซิร์ฟเวอร์



รูปที่ 2.21 การคำนวณเวลาในการตอบสนองการทำงานของ HTTP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระบบการทำงานแบบเดิม

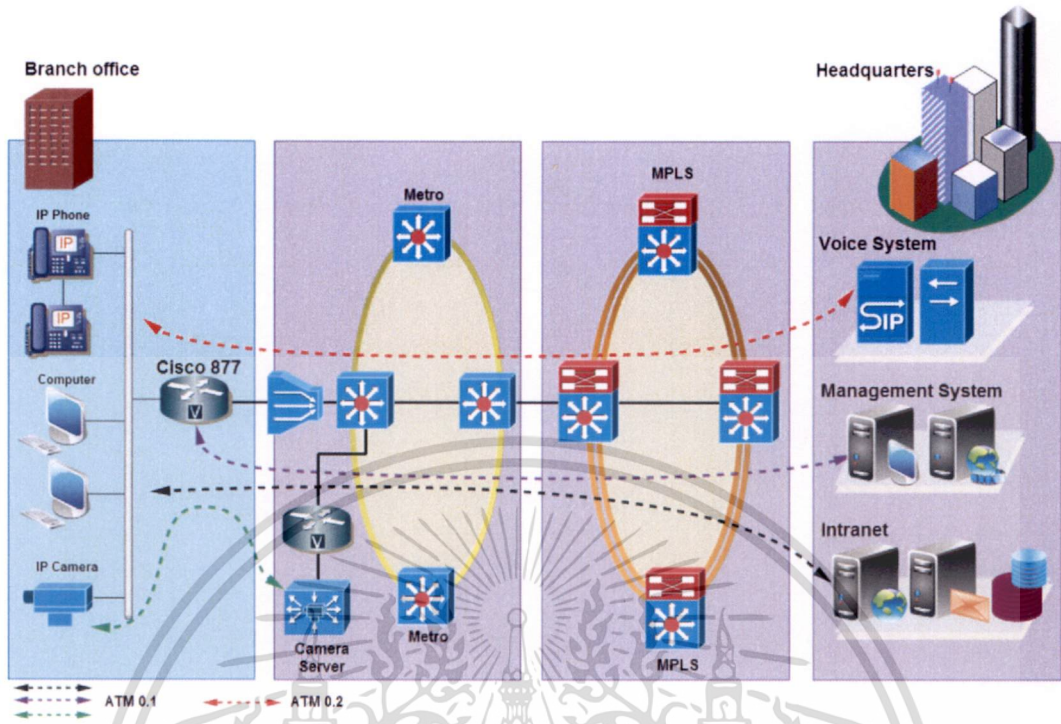
3.1 การวิเคราะห์ระบบการทำงานแบบเดิม

ปัจจุบันการใช้งานของสำนักงานสาขานั้น ซึ่งเป็นที่สำหรับให้บริการลูกค้า ได้แก่ การรับ การร้องขอเพื่อติดตั้งอินเทอร์เน็ต การชำระค่าบริการและการรับแจ้งเหตุขัดข้อง ซึ่งในแต่ละการ บริการนั้น สำนักงานสาขาต้องมีการเข้าถึงระบบอย่างรวดเร็ว ทั้งระบบรับชำระค่าบริการ ระบบ ตรวจสอบข้อมูลลูกค้าและระบบรับแจ้งเหตุขัดข้อง เพื่อให้เกิดการให้บริการที่สะดวกรวดเร็ว นอกจากนี้ระบบที่ให้บริการแก่ลูกค้าแล้ว ระบบภายในสำนักงานสาขา อันได้แก่ ระบบโทรศัพท์ สำหรับติดต่อประสานงาน ซึ่งใช้เป็นลักษณะโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต และระบบกล้องวงจรปิด สำหรับคอยตรวจสอบความปลอดภัยของสำนักงานสาขา จำเป็นต้องมีการใช้งานซึ่งมีคุณภาพที่ดี ควบคู่ไปด้วย

โดยในปัจจุบันการบริการเหล่านี้ ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เมื่อการติดตั้งระบบ กล้องวงจรปิดเพิ่มขึ้น ได้ส่งผลกระทบต่อการใช้งาน โทรศัพท์และการเข้าถึงระบบเพื่อให้บริการแก่ ลูกค้า โดยที่ยังไม่ได้มีการบริหารจัดการให้เป็นไปอย่างเหมาะสม จนบางครั้งส่งผลต่อการ ให้บริการลูกค้าจนเกิดความล่าช้า ดังนั้น เพื่อให้การบริการแก่ลูกค้าได้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการจัดการคุณภาพการให้บริการให้ดีขึ้น โดยลักษณะการเชื่อมต่อแสดงดังรูป 3.1

สำนักงานสาขา มีอุปกรณ์ติดตั้งเพื่อให้สำนักงานสาขาสามารถให้บริการลูกค้าได้ดังนี้

1. โทรศัพท์ไอพีโฟนหรือใช้โทรศัพท์พื้นฐานควบคู่กับ ATA จำนวน 2 เครื่อง โดยระบบโทรศัพท์ จะมีการทำการลงทะเบียนกับ SIP Server
2. เครื่องคอมพิวเตอร์สำนักงาน จำนวน 2 เครื่อง จะมีการใช้งานเพื่อเข้าสู่ระบบ ชำระเงิน ระบบตรวจสอบข้อมูลลูกค้าและระบบรับแจ้งเหตุขัดข้องซึ่งเป็นระบบภายใน บริษัท
3. กล้องวงจรปิด จำนวน 1 ตัว จะต้องทำการอัปโหลดภาพไปยังเซิร์ฟเวอร์ ตลอดเวลา โดยกล้องสามารถที่จะปรับความละเอียดของภาพอย่างอัตโนมัติตามแบนด์วิดท์ ของลิงก์ที่ได้เปิดไว้



รูปที่ 3.1 ระบบการเชื่อมต่อของสำนักงานสาขา



รูปที่ 3.2 เราเตอร์ Cisco 877 ที่ใช้ในสำนักงานสาขา

ตารางที่ 3.1 Cisco 877 Model (Cisco 870 Series Integrated Services Routers for Small Offices.

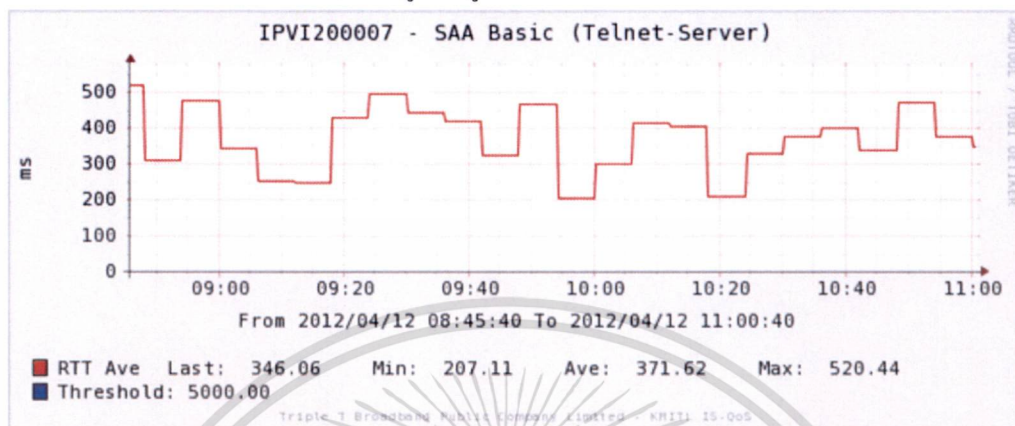
2009)

Models	WAN Interface	LAN Interfaces
Cisco 877	ADSL over POTS	4-port 10/100 Mbps managed switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ปัญหาของระบบงานแบบเดิม

1. เวิร์เตอร์สำนักงานมีการตอบสนองต่อคำสั่งช้า โดยมีค่าการตอบสนองของเวลาไป-กลับจากเวิร์เตอร์ไปยัง telnet เซิร์ฟเวอร์มีค่าสูง ดังรูปที่ 3.3



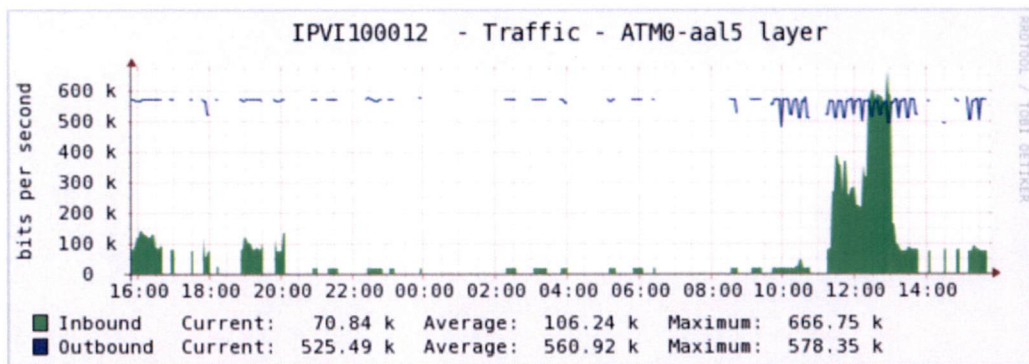
รูปที่ 3.3 กราฟ IP SLA ใช้ ICMP echo จากเวิร์เตอร์ไป telnet เซิร์ฟเวอร์

2. การบริหารจัดการและบำรุงรักษาอุปกรณ์ ไม่ดีเท่าที่ควร เช่น การใช้ Cacti เซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการสร้างกราฟ ด้วยการตั้งค่า poller ไว้ทุกๆ 5 นาที ด้วยโปรโตคอล SNMP Port 161 ดังรูปที่ 3.4 จะเห็นค่าเวลาในการตอบสนองต่อเซิร์ฟเวอร์สูงมาก และรูปที่ 3.5 เส้นกราฟขาดหายไปต่อเนื่องจากบางเวลาที่ทำการ poll ไปยังเวิร์เตอร์แต่มีการตอบสนองช้า จึงทำให้เห็นสถานะเวิร์เตอร์ down ไปในบางครั้ง และรูปที่ 3.6 เป็นกราฟ IP SLA ของ ICMP echo จากเวิร์เตอร์ไปยัง cacti เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งมีค่าสูง

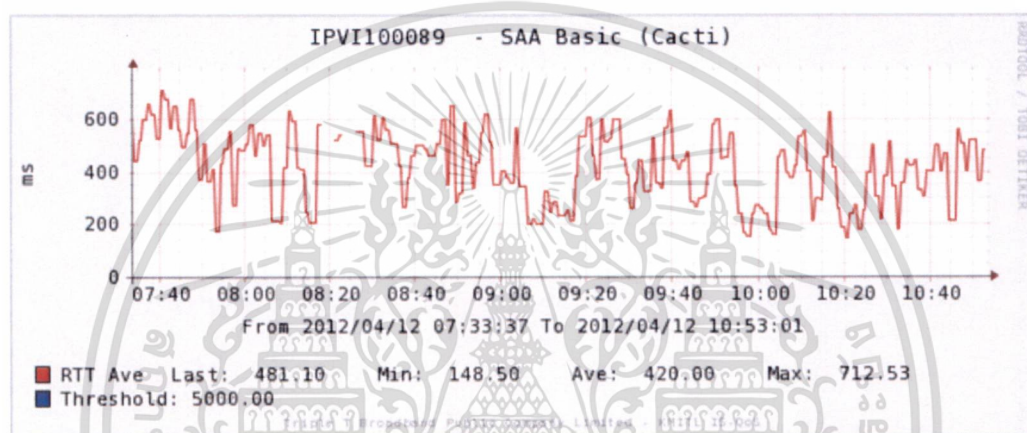
<< Previous		Showing Rows 1 to 132 of 132 [1]							Next >>	
Description	ID	Graphs	Data Sources	Status	Event Count	Hostname	Current (ms)**	Average (ms)	Availability	
IPVI200006	63	1	1	Up	0	10.31.160.5	994.14	823.41	61.66	<input type="checkbox"/>
IPVI500023	101	1	1	Up	0	10.39.160.41	991.84	518.59	95.6	<input type="checkbox"/>
IPVI100037	41	1	1	Up	0	10.29.160.69	991.13	745.55	98.92	<input type="checkbox"/>
IPVI100020	26	1	1	Up	0	10.29.160.49	982.8	720.01	99.45	<input type="checkbox"/>
IPVI100028	45	1	1	Up	0	10.21.160.9	900.36	833.62	72.71	<input type="checkbox"/>
IPVI100012	40	1	1	Up	0	10.29.160.33	894.67	754.22	58.96	<input type="checkbox"/>
IPVI200015	59	1	1	Up	1	10.39.160.13	788.98	791.63	65.77	<input type="checkbox"/>
IPVI200012	60	1	1	Down	245	10.39.160.1	749.92	692.77	29.37	<input type="checkbox"/>
IPVI200020	52	1	1	Up	0	10.39.160.33	705.57	488.46	99.82	<input type="checkbox"/>
IPVI200005	64	1	1	Up	0	10.31.160.1	701.85	809.63	58.05	<input type="checkbox"/>
IPVI100013	36	1	1	Up	0	10.29.160.37	690.83	485.77	100	<input type="checkbox"/>
IPVI200003	61	1	1	Up	0	10.36.160.1	683.14	414.71	100	<input type="checkbox"/>
IPVI100011	34	1	1	Up	0	10.29.160.29	683.06	499.01	100	<input type="checkbox"/>
IPVI400010	84	1	1	Up	0	10.65.160.5	664.82	535.62	100	<input type="checkbox"/>
IPVI100002	42	1	1	Up	0	10.21.160.1	659.23	647.73	100	<input type="checkbox"/>
IPVI700017	118	1	1	Up	0	10.84.160.25	655.08	310.15	100	<input type="checkbox"/>
IPVI200026	51	1	1	Up	0	10.39.160.53	647.03	573.69	48.02	<input type="checkbox"/>
IPVI100005	21	1	1	Up	0	10.29.160.5	636.24	392.19	51.96	<input type="checkbox"/>

รูปที่ 3.4 แสดงค่าเวลาตอบสนองที่ Cacti เซิร์ฟเวอร์ใช้ในการ Poll เวิร์เตอร์แต่ละสาขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



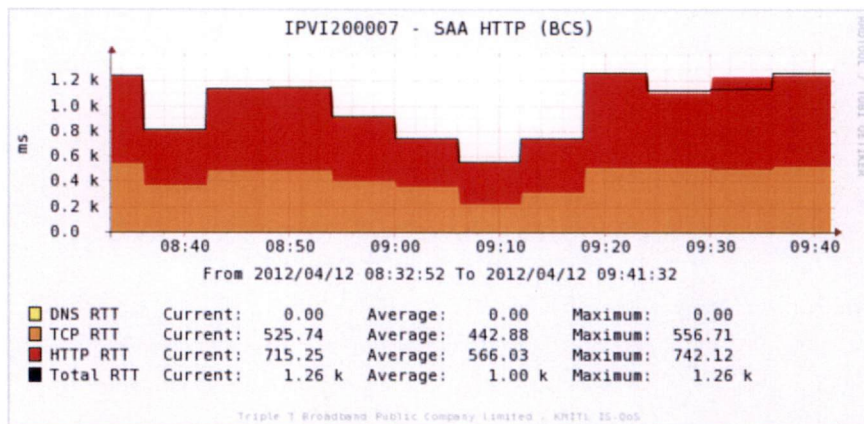
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างกราฟการใช้งานแบนด์วิดท์ของสำนักงาน



รูปที่ 3.6 กราฟ IP SLA ใช้ ICMP echo จากเราเตอร์ไป Cacti เซิร์ฟเวอร์

3. การใช้งานแอปพลิเคชันช้า จากการที่กล้องวงจรปิดมีการใช้งานแบนด์วิดท์เต็มด้านอพโทโหลด เพื่ออพโทโหลดภาพจากกล้องวงจรปิดไปยังเซิร์ฟเวอร์ ส่งผลให้การใช้งานแอปพลิเคชันอื่นๆ เช่น การส่งข้อมูลหรือการอพโทโหลดไฟล์ไปยังเครื่อง FTP เซิร์ฟเวอร์ เป็นไปอย่างช้า หรือการใช้งานแอปพลิเคชัน TCP ที่ต้องมีการรอ ACK เช่นการ TFTP ช้าเป็นอย่างมาก และยังส่งผลต่อการใช้งานเพื่อให้บริการแก่ลูกค้า เช่น ระบบชำระเงิน ระบบตรวจสอบข้อมูลลูกค้า และระบบการรับแจ้งเหตุขัดข้อง มีการใช้งานล่าช้าในการตรวจสอบข้อมูลจนส่งผลให้เกิดการบริการที่ล่าช้าแก่ลูกค้าดังรูปที่ 3.7 เป็นกราฟ IP SLA ของการทำงานของ HTTP ในการเรียกไปยังเว็บภายในองค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างกราฟ IP SLA การใช้งานเว็บภายในองค์กร

3.3 การวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาของระบบงานแบบเดิม

1. การเพิ่มแบนด์วิดท์ให้มากขึ้นเพื่อให้ใช้งานได้ดีขึ้น แต่ด้วยข้อจำกัดของเทคโนโลยี ADSL ซึ่งสามารถถ่ายเทข้อมูลด้าน upstream ได้สูงสุดที่ 1.5Mbps ก็จะเป็นข้อจำกัดของเทคโนโลยี ดังนั้นการเพิ่มแบนด์วิดท์ให้เรื่อยๆ จึงจะไม่ใช่วิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด

2. การติดตั้งเราเตอร์ใหม่เพิ่มอีกชุด เพื่อแยกการใช้งานกล้องวงจรปิดออกจากการใช้งานของเจ้าหน้าที่บริการลูกค้า ซึ่งวิธีนี้เป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณขององค์กรเป็นอย่างมาก และทำให้ทั้งเจ้าหน้าที่และผู้ดูแลระบบต้องเสียเวลาไปติดตั้งอุปกรณ์เพิ่ม

3. การปรับลดความละเอียดของกล้องวงจรปิด เป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งอาจทำให้คุณภาพของภาพลดลงไป ทำให้เป้าหมายของการติดตั้งกล้องวงจรปิดเพื่อให้เกิดความปลอดภัยผิยหายไปและอาจจะส่งผลเสียเมื่อมีการเกิดเหตุร้าย โดยที่ไม่สามารถจะใช้งานภาพจากกล้องมาเพื่อตรวจสอบได้

4. การ config QoS เพิ่มโดยไม่ได้มีการศึกษาหลักการการทำงานของ QoS ส่งผลให้ configuration ที่ทำการ apply ลงไปไม่สามารถทำงานได้ตามที่คาดหวัง จึงไม่ทำให้เกิดประโยชน์

บทที่ 4

การออกแบบระบบงานใหม่

4.1 การทำงานของระบบใหม่

ระบบใหม่ที่มีการวิเคราะห์ จัดกลุ่มแอปพลิเคชัน และมีการออกแบบ QoS แล้วจะสามารถทำงานได้ดังนี้

1. ใช้งาน โทรศัพท์ไอพีโฟน ได้ยินเสียงชัดเจนไม่มีดีเลย์
2. การเข้าใช้งานระบบอีเมลและอินเทอร์เน็ตภายในองค์กรเพื่อใช้ในการให้บริการแก่ลูกค้า ต้องมีความรวดเร็วในการใช้งาน ได้แก่
 - ระบบตรวจสอบข้อมูลลูกค้า การขอตีตตั้ง ยอดค้างชำระ
 - ระบบตรวจสอบข้อมูล User Online
 - ระบบปรับแจ้งเหตุขัดข้อง
3. การบริหารจัดการเราเตอร์ด้วยการ Telnet มีการตอบสนองต่อคำสั่งในระดับปกติไม่มีอาการหน่วงและสามารถใช้โปรโตคอล SNMP ในการเฝ้าตรวจจับการทำงานของเราเตอร์ได้ดี
4. คุณภาพของภาพจากกล้องวงจรปิด อยู่ภายใต้ค่ามาตรฐานและผู้ดูแลระบบสามารถยอมรับในคุณภาพของภาพได้เมื่อเกิดความคับคั่งของการส่งข้อมูลจนทำให้แบนด์วิดท์ที่การันตีไว้สำหรับกล้องวงจรปิดอยู่ในระดับที่ต่ำสุด

4.2 การออกแบบระบบงาน

นำหลักการ QoS (Quality Of Service) มาประยุกต์ใช้งานบนเราเตอร์โดยจะทำการวิเคราะห์ทราฟฟิกด้วยการใช้ Netflow คือ NFSEN เซิร์ฟเวอร์ โดยทำการส่ง flow จากเราเตอร์ไปยัง Netflow เซิร์ฟเวอร์เพื่อตรวจสอบ flow การใช้งาน เช่น ไอพีแอดเดรสต้นทาง ปลายทางรวมถึงพอร์ตและโปรโตคอลที่มีปริมาณการใช้งานมาก เพื่อนำมาใช้ในการบริหารจัดการเพื่อประยุกต์ใช้ QoS ให้เหมาะสม

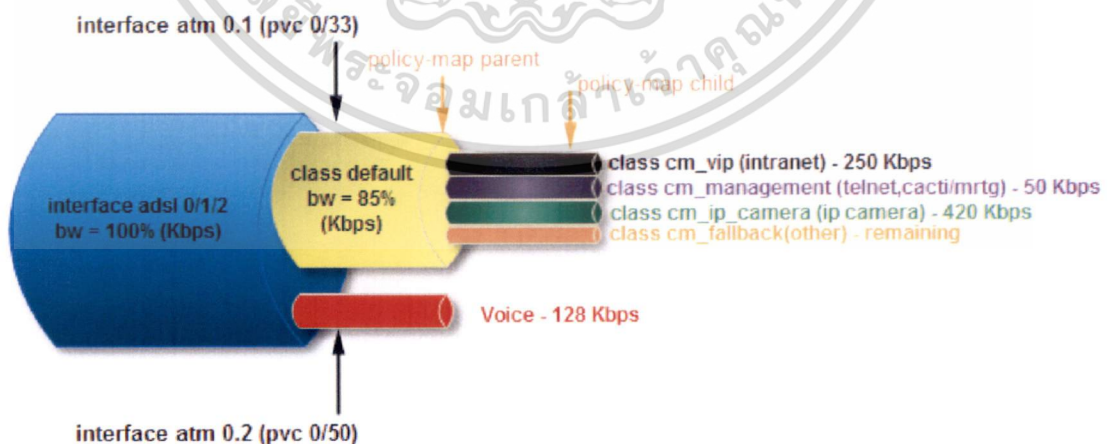
การวิเคราะห์ flow การใช้งานจะทำการสุมเราเตอร์ที่ใช้งานจริง โดยจะตั้งค่าเพื่อให้ทำการส่ง flow ไปยังเซิร์ฟเวอร์ NFSEN อีกทางหนึ่งจะทำการจำลองการเชื่อมต่อในห้องทดลองให้เสมือนกับการใช้งานจริง และเปิดการใช้งานกล้องวงจรปิด โดยตั้งค่าเพื่อให้ส่ง flow ไปยังใช้ Netflow เซิร์ฟเวอร์เช่นกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการยืนยันว่า กล้องวงจรปิดเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานมาก จนเป็นสาเหตุให้เกิดการใช้งานแบนด์วิดท์เต็ม จนส่งผลกระทบต่อการใช้งานแอปพลิเคชันอื่นจริงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำรวจข้อมูลจากเจ้าหน้าที่บริการลูกค้าเพื่อเก็บรายละเอียดของแอปพลิเคชันที่สำคัญและต้องใช้งานเป็นประจำเพื่อนำข้อมูลไปประกอบในการออกแบบ QoS โดยนำรายละเอียดที่ได้ไปรวมกับแอปพลิเคชันที่ผู้ดูแลระบบต้องใช้งาน รวมถึงการบริการจัดการเร้าติ้งภายในองค์กร จึงได้มีการแยกเส้นทางการส่งแพ็กเก็ตของ Data และ Voice โดยแยกเป็น 2 อินเทอร์เน็ตคือ ATM0.1 เป็นการใช้งานข้อมูลและ ATM0.2 เป็นการใช้งานเสียง ดังตามรางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 โดย QoS จะถูกใช้งานบนอินเทอร์เน็ต ATM0.1 เพื่อแก้ปัญหาการใช้งานช้าของแอปพลิเคชันต่างๆ

ตารางที่ 4.1 การออกแบบแบนด์วิดท์และการทำคิว

ATM0.1 - Service Class - VBR-NRT			
Policy	Description	QoS Queuing	Bandwidth (Kbps)
Policy-map Parent	All traffic	Shaping	85%
Policy-map Child			
Class cm_vip	Web VIP	CBWFQ	250
Class cm_management	Management	LLQ	50
Class cm_ip_camera	IP Camera	CBWFQ	420
Class cm_fallback	Other	FIFO	-
ATM0.2 - VoIP			
	VoIP CBR		128



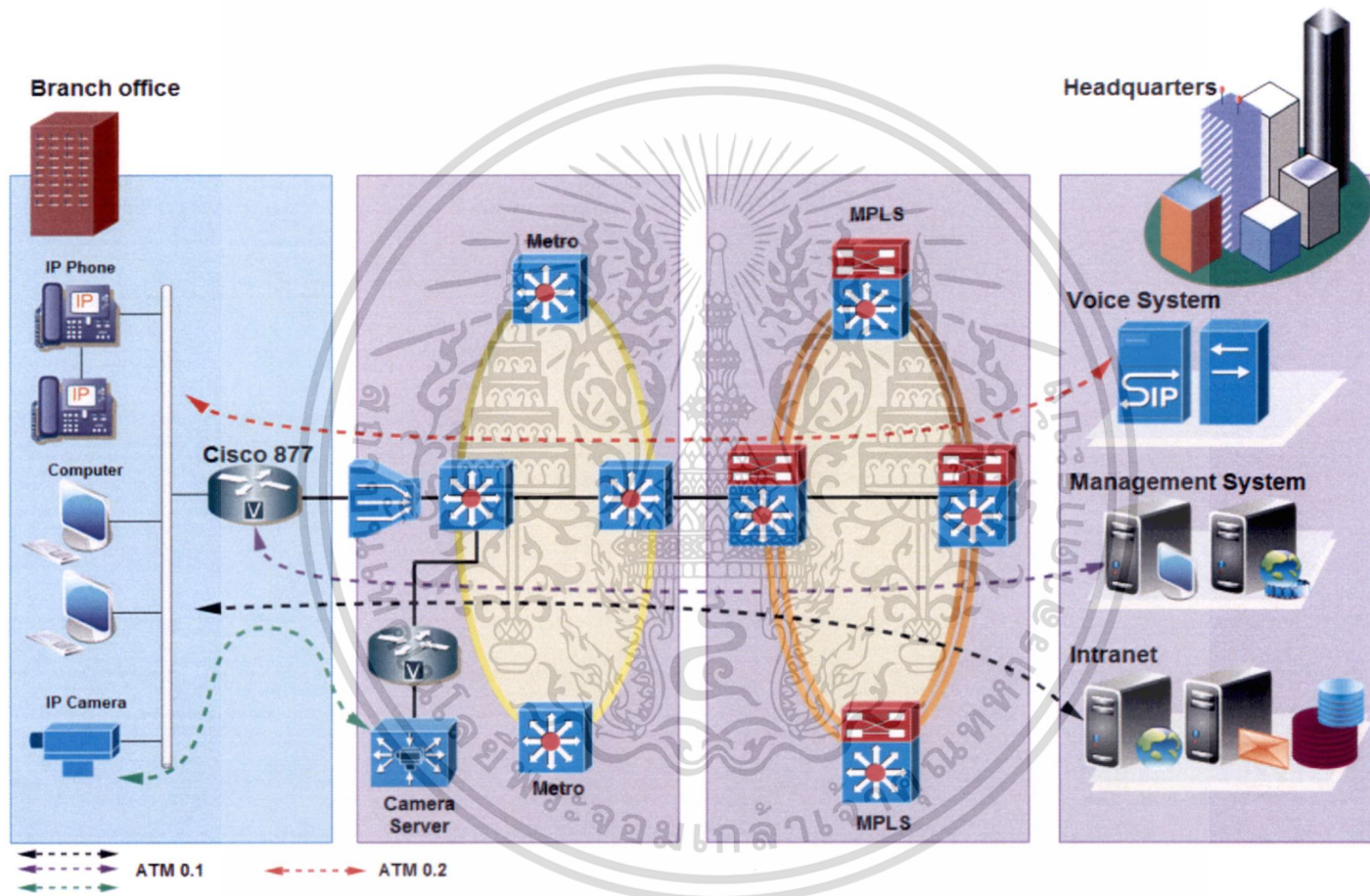
รูปที่ 4.1 การแบ่งแบนด์วิดท์ใช้งานแต่ละ PVC ภายใต้ interface adsl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณแบนด์วิดท์ที่ใช้งาน คือ ถ้าหากแบนด์วิดท์ของพอร์ตที่สามารถ sync ได้ตาม profile ที่กำหนดไว้มีค่าที่ 1022 Kbps จะแบ่งแบนด์วิดท์ไว้ 128 Kbps ไว้ที่ interface atm0.2 สำหรับการใช้งานเสียง และที่เหลือคือ $1022 - 128 = 894$ Kbps จะถูกกำหนดไว้ที่ interface atm0.1 ซึ่งเป็นอินเตอร์เฟซที่จะทำการนำ QoS มาใช้การออกแบบเพื่อทำ QoS จะใช้shaping แบนด์วิดท์ที่ 85% ของ interface atm0.1 ที่เหลืออีก 15% ไว้สำหรับการทำงานของ routing อื่นๆ โดยค่า default มักจะอยู่ที่ 75% ของแบนด์วิดท์ของอินเตอร์เฟซที่เหลือ 25% สำหรับการทำงานของ routing แต่เพื่อให้มีการใช้แบนด์วิดท์ได้อย่างคุ้มค่าจึงทำการปรับเปลี่ยน ทดลอง จนได้ค่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 85% ของแบนด์วิดท์ของอินเตอร์เฟซ ดังนั้นแบนด์วิดท์ที่ใช้ได้จริงคือ $894 \text{ Kbps} * 85\% = 759.9 \text{ Kbps}$ โดยทำการจัดสรรให้สำหรับ class cm_vip 250 Kbps class cm_management 50 Kbps class cm_ip_camera 420 Kbps เมื่อรวมแบนด์วิดท์ทั้งหมดจะเท่ากับ $250 + 50 + 420 \text{ Kbps} = 720 \text{ Kbps}$ และแบนด์วิดท์ที่เหลือ คือ $759.9 - 720 \text{ Kbps} = 39.9 \text{ Kbps}$ สำหรับการใช้งานอื่นๆ นอกเหนือจาก 3 class แรก ส่วน Queuing ที่ใช้ class cm_vip และ class cm_ip_camera ทำเป็น CBWFQ โดยมีทำการจัดกลุ่มแอปพลิเคชันด้วย access-list สร้างเป็น class-map และการันตีแบนด์วิดท์ต่ำสุดที่จะได้ตามตารางที่ 4.1 และ class cm_management ทำเป็น LLQ คือ มีการให้ priority สำหรับ class นี้ ซึ่งเป็นการใช้งานการบริหารจัดการอุปกรณ์ โดยจะมีการ policing เพื่อกำหนดแบนด์วิดท์สูงสุดที่ใช้ได้คือ 50 Kbps แบบ single rate, dual bucket คือ confirm packet จะทำการ transmit, exceed packet transmit และ violet drop ซึ่ง class cm_management ที่ได้มีการกำหนดแบนด์วิดท์สูงสุดไว้ เนื่องจาก การบริหารจัดการอุปกรณ์ไม่ได้มีการใช้แบนด์วิดท์มาก หากมีการใช้มากคือจะมีการใช้งาน icmp ซึ่งอาจจะเป็นการโจมตีจากภายนอก จึงต้องมีการป้องกันไว้ก่อน ส่วน class cm_fallback จะเป็นการใช้งานอื่นๆ queuing FIFO

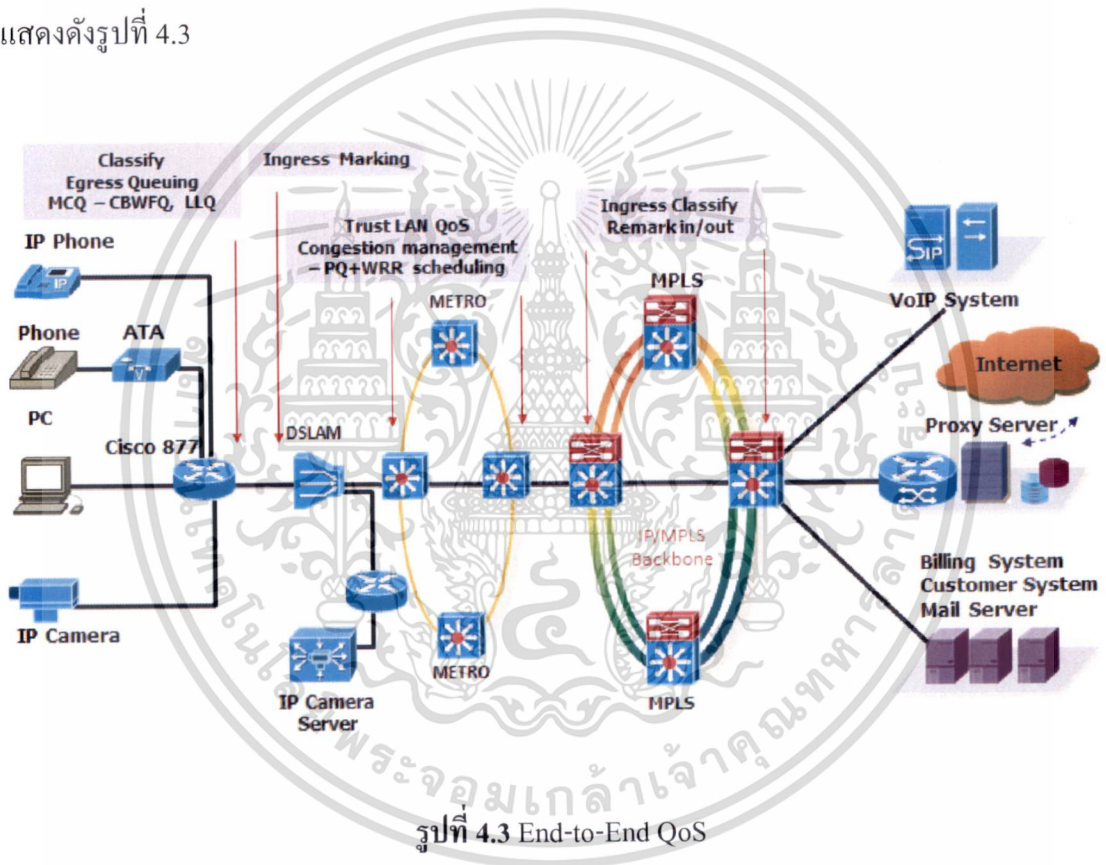
4.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์สำนักงาน

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ภายในสำนักงาน มีการใช้เราเตอร์ Cisco 877 เป็นเกตเวย์ไปยังปลายทาง โดยมีคอมพิวเตอร์จำนวน 2 เครื่อง โทรศัพท์ไอพีโฟน หรือโทรศัพท์พื้นฐานพ่วงกับอุปกรณ์ ATA สำหรับใช้งานเสียง และกล้องวงจรปิด จำนวน 2 ตัว โดยการใช้งานแอปพลิเคชันมีเส้นทางแบบ Logical ไปยังอุปกรณ์ปลายทางผ่านเครือข่ายขององค์กรโดยเส้นทางตรง เป็นการใช้งานเสียงแยกออกมาภายใต้ interface atm0.2 ม่วง ส่วนการใช้งานข้อมูลภายใต้ interface atm0.1 คือ เส้นทางม่วง ดำ เขียว ซึ่งเป็นการใช้งานแอปพลิเคชันต่างๆ ซึ่งภายใต้อินเตอร์เฟซนี้จะมีการนำ QoS ที่ออกแบบไว้มาใช้งาน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การแบ่งแบนด์วิดท์ใช้งานแต่ละ PVC ภายใต้ interface adsl

หลังจากแพ็กเก็ตออกจากเราเตอร์ไปแล้วจะผ่าน IP DSLAM ซึ่งมีการ marking Priority ด้าน Ingress และ Egress ไว้โดยแยกเป็น 2 Priority คือ Priority 0 สำหรับ PVC ที่รองรับ Data และ Priority 5 สำหรับรองรับ Voice ซึ่งมีการแยก VLAN กับโดยค่า priority จะถูกใส่เข้าไปใน Ethernet frame header ซึ่งค่าของเป็นเลขอร์ 2 QoS และเมื่อแพ็กเก็ตผ่านไปถึง Metro ซึ่งเป็น LAN Switch จะมี trust L2 QoS 8021p ที่รับมาและมีการทำ Congestion Management เป็น PQ+WRR 7 queue หรือ 5 queue ขึ้นอยู่กับ software ของอุปกรณ์ (Cisco Catalyst รองรับ 4 queue) จนเมื่อแพ็กเก็ตเคลื่อนที่เข้าสู่ MPLS จะมีการ Remark ใหม่เมื่อแพ็กเก็ตมีการส่งผ่าน MPLS ค่า QoS bit จะไม่ถูกเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจะถูกเก็บใน EXP 3 bit ในส่วนของ MPLS Label field โดย end-to-end QoS แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 End-to-End QoS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การพัฒนาและการทำงานของระบบ

5.1 กระบวนการพัฒนาระบบ

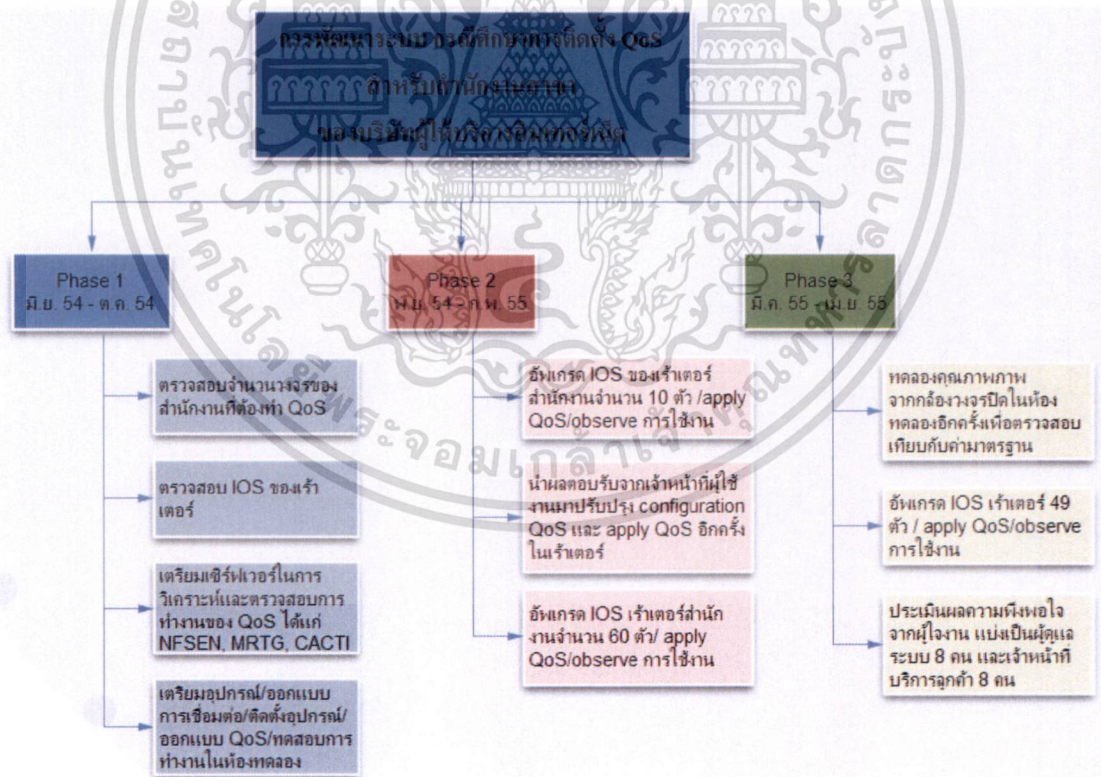
ในกระบวนการของการเริ่มต้นเพื่อให้ได้ผลงานตามความต้องการที่ได้ออกแบบไว้จนสิ้นสุดกระบวนการทำงานนั้น ได้มีการแบ่งการพัฒนากระบวนการออกเป็น 3 ระยะ ดังรูปที่ 5.1

- ระยะที่ 1 (Phase 1) มีนาคม 2554 – ตุลาคม 2554
 - สำรวจจำนวนวงจรของสำนักงานจำนวน 119 วงจรที่ต้องทำ QoS
 - ตรวจสอบ IOS ที่ใช้งานอยู่พบว่าเพื่อให้รองรับการทำงานตามที่ต้องการ ออกแบบไว้จะต้องทำการอัปเดต IOS เวิร์เตอร์ทั้งหมด 119 ตัว จากเวอร์ชัน 12.4 (15) T9 และ 12.4 (15) T10 เป็นเวอร์ชัน 12.4 (24) T6
 - เตรียมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้เป็นเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้ OS เป็น CentOS ในการติดตั้งเซิร์ฟเวอร์ NFSEN, Cacti, MRTG โดย NFSEN และ MRTG ทำการสุม์เวิร์เตอร์บางตัวในการส่ง flow และตรวจสอบการทำงานของ QoS ตามลำดับ ส่วน Cacti ใช้ในการสร้างกราฟเพื่อดูปริมาณการใช้แบนด์วิดท์ของทุกสาขา
 - ขออนุมัติจากทางองค์กรเพื่อขอยืมเวิร์เตอร์และกล่องวงจรปิดเพื่อใช้ในการทดสอบวงจรเสมือนในห้องทดลอง ส่วนอุปกรณ์อื่นๆ มีอยู่ภายในห้องทดลองของแผนกแล้ว และทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์และทดสอบการทำงาน
- ระยะที่ 2 (Phase 2) พฤศจิกายน 2554 – กุมภาพันธ์ 2555
 - อัปเดต IOS จำนวน 10 สาขา โดยเลือกสาขาที่มีการแจ้งปัญหาการใช้งานเข้ามาก่อน ทำการนำ QoS ที่ได้ template จากห้องทดลองออกมาใช้กับ 10 สาขาแรก และรับฟังผลตอบรับจากเจ้าหน้าที่บริการลูกค้าซึ่งเป็นผู้ใช้งานแอปพลิเคชันโดยตรง ทำการปรับปรุง template
 - ทอยออัปเดต IOS อีกจำนวน 60 สาขาและทอยอ apply QoS และรับฟังผลตอบรับจากเจ้าหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ ระยะเวลาที่ 3 (Phase 3) มีนาคม 2555 – เมษายน 2555

- ตรวจสอบเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณภาพของภาพจากกล้องวงจรปิดเมื่อเกิด ความคับคั่งของการส่งข้อมูลจนทำให้แบนด์วิธของกล้องวงจรปิด อยู่ที่ระดับต่ำสุดที่การันตีไว้ พบว่าอยู่ในค่ามาตรฐานและยอมรับได้
- อัปเดต IOS เพิ่มอีก 49 ตัวและทำการ apply QoS และรอรับผลตอบรับจากเจ้าหน้าที่
- ให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจก่อน-หลังการทำ QoS โดยแบ่ง ผู้ทำแบบสอบถามออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เจ้าหน้าที่บริการลูกค้า ซึ่งเป็น ผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน และผู้ดูแลระบบ ซึ่งเป็นผู้ดูแลกล้องวงจรปิด และการบริหารดูแลบำรุงรักษาเราเตอร์ กลุ่มละ 8 คน โดยรวมแล้วมีความพึงพอใจมากขึ้นหลังจากทำ QoS



รูปที่ 5.1 กระบวนการพัฒนาระบบ กรณีศึกษา QoS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างข้อมูลการสำรวจจำนวนสาขาที่ต้องทำ QoS

	B	D	L	M	N	O
1	S/O	IP Address WAN (Router)	Upload IOS to router	Reload Router	Config QoS	Remark
2	IPV1100001	10.29.160.1	Completed	Completed	Completed	
3	IPV1100004	10.24.160.5	Completed	Completed	Completed	
4	IPV1100005	10.29.160.5	Completed	Completed	Completed	
5	IPV1100006	10.29.160.9	Completed	Completed	Completed	
6	IPV1100007	10.29.160.13	Completed	Completed		
7	IPV1100008	10.29.160.17	Completed	Completed	Completed	
8	IPV1100009	10.29.160.21	Completed	Completed	Completed	
9	IPV1100011	10.29.160.29	Completed	Completed	Completed	
10	IPV1100012	10.29.160.33	Completed	Completed		
11	IPV1100013	10.29.160.37	Completed	Completed		
12	IPV1100014	10.29.160.41	Completed	Completed		
13	IPV1100015	10.29.160.45	Completed	Completed		
14	IPV1100020	10.29.160.49				
15	IPV1100024	10.26.160.1				
16	IPV1100025	10.29.160.53				

5.2 องค์ประกอบของการพัฒนาระบบงาน

ฮาร์ดแวร์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ สำหรับจำลองเป็นเซิร์ฟเวอร์
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก สำหรับใช้ในการพัฒนาระบบ
3. Switch Layer 3
4. Router (MPLS)
5. DSLAM
6. Traffic Generator
7. Patch cord
8. SFP
9. ADSL Modem Cisco 877
10. Router Cisco 2600
11. IP Camera

ซอฟต์แวร์

1. Secure CRT สำหรับบริการจัดการอุปกรณ์ในเครือข่าย
2. Wireshark สำหรับตรวจจับการรับ-ส่งข้อมูล
3. FileZilla Client สำหรับบริหารจัดการไฟล์ในเซิร์ฟเวอร์
4. Cisco vpn client สำหรับใช้เชื่อมต่อเข้าเครือข่ายภายในองค์กร

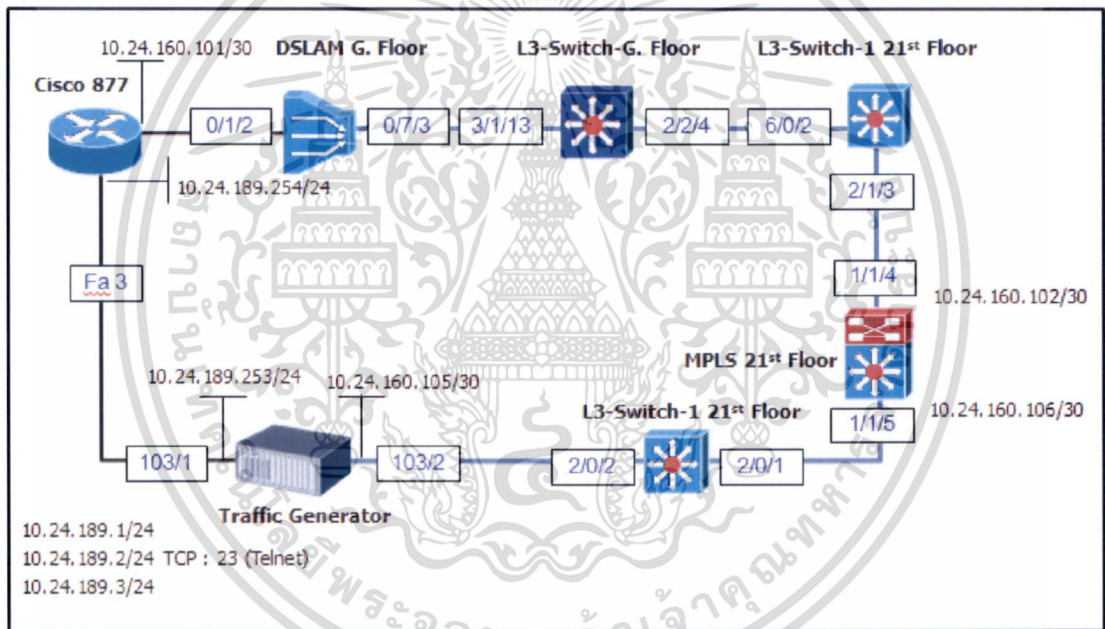
5. NFSN สำหรับเป็น Netflow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6. CACTI สำหรับตรวจจับกราฟฟิกและวัดค่า IP SLA ของแต่ละแอปพลิเคชัน
- 7. MRTG สำหรับตรวจจับกราฟฟิกและวัดค่าแบนด์วิดท์ของแต่ละ class ของ QoS

5.3 การทดสอบ QoS ในห้องทดลอง

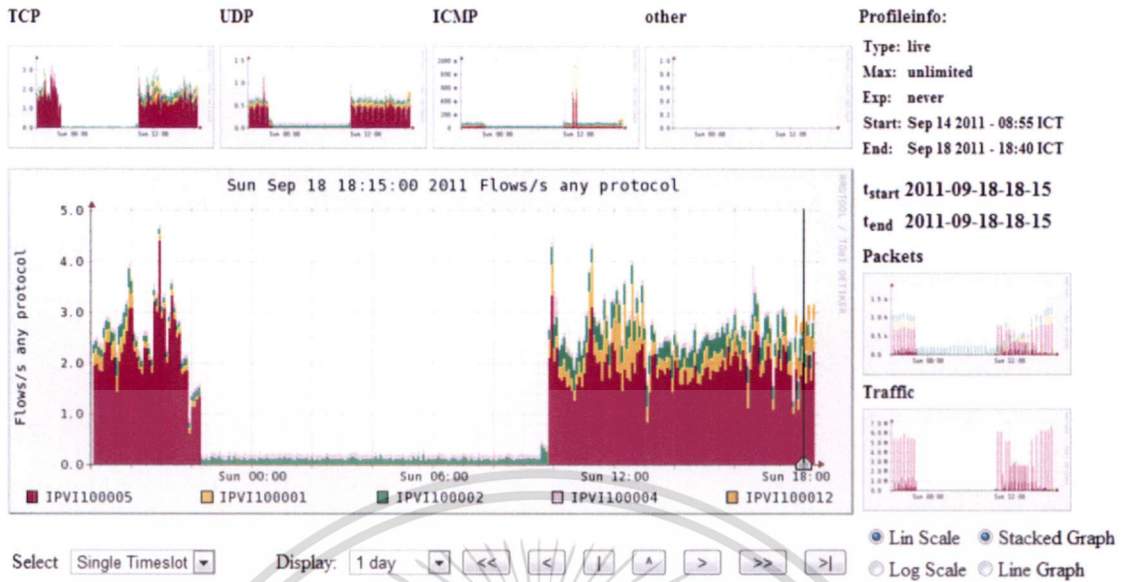
การใช้งานของสำนักงานสาขา จะมีการใช้เราเตอร์ Cisco 877 เป็น ADSL Modem 4 Port FastEthernet โดยลักษณะการเชื่อมต่อ ณ ปัจจุบันด้าน uplink จะต่อไปยัง DSLAM ผ่าน L3 Switch และ Terminate ที่ MPLS ส่วนด้าน downlink จะมีการเชื่อมต่อไปหาอุปกรณ์ IP Phone หรืออาจจะ เป็นโทรศัพท์พื้นฐาน+ATA คอมพิวเตอร์สำนักงาน และกล้องวงจรปิดโดยเปิด แบนด์วิดท์ไว้ที่ 2Mbps/1Mbps



รูปที่ 5.2 การจำลองเชื่อมต่ออุปกรณ์ในห้องทดลอง Topology 1

การทดลองได้ทำการ Classify Packet โดยทำการส่ง Protocol TCP Port 23 (Telnet) ตามรูปที่ 3.13 และมีการการันตีแบนด์วิดท์ไว้ที่ 200kbps โดยทำการส่ง traffic ออกไป 1Mbps จาก Traffic Generator Port 103/1 ซึ่งเป็น Traffic ด้านอัปโหลดออกไปจากเราเตอร์ Cisto 877 ซึ่งมีการ Shape แบนด์วิดท์ไว้ที่ 512k ดังนั้น จะทำให้เกิดความหนาแน่นในการส่งแพ็กเก็ตเกิดQoS จึงจะทำงานตามการออกแบบทดลองไว้คือ จะมีการการันตีแบนด์วิดท์ของโพรโทคอล TCP Port 23 ไว้ที่ 200k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 ข้อมูลสถิติการใช้งานของสำนักงานสาขาจาก Netflow

Statistics timeslot Sep 18 2011 - 18:15

Channel:	Flows:					Packets:					Traffic:				
	all:	tcp:	udp:	icmp:	other:	all:	tcp:	udp:	icmp:	other:	all:	tcp:	udp:	icmp:	other:
<input checked="" type="checkbox"/> IPV1100012	0.2 /s	0.1 /s	0.1 /s	0.0 /s	0 /s	0.9 /s	0.5 /s	0.4 /s	0.0 /s	0 /s	645.4 b/s	243.5 b/s	379.3 b/s	22.6 b/s	0 b/s
<input checked="" type="checkbox"/> IPV1100004	0.1 /s	0.0 /s	0.0 /s	0.0 /s	0 /s	230.1 /s	229.6 /s	0.6 /s	0.0 /s	0 /s	74.0 kb/s	73.7 kb/s	311.7 b/s	14.6 b/s	0 b/s
<input checked="" type="checkbox"/> IPV1100002	0.3 /s	0.2 /s	0.1 /s	0.0 /s	0 /s	225.2 /s	224.7 /s	0.4 /s	0.0 /s	0 /s	79.2 kb/s	78.9 kb/s	256.4 b/s	23.3 b/s	0 b/s
<input checked="" type="checkbox"/> IPV1100001	0.3 /s	0.2 /s	0.1 /s	0.0 /s	0 /s	222.7 /s	222.2 /s	0.4 /s	0.1 /s	0 /s	78.9 kb/s	78.4 kb/s	389.7 b/s	43.0 b/s	0 b/s
<input checked="" type="checkbox"/> IPV1100005	2.0 /s	1.5 /s	0.5 /s	0.0 /s	0 /s	853.1 /s	852.5 /s	0.5 /s	0.0 /s	0 /s	6.7 Mb/s	6.7 Mb/s	392.6 b/s	18.2 b/s	0 b/s

Display: Sum Rate

รูปที่ 5.4 ข้อมูลสถิติการใช้งานของสำนักงานสาขาจาก Netflow ณ ช่วงเวลาหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Netflow Processing

Source: Filter:

All Sources and

Options:

List Flows Stat TopN

Top:

Stat: order by

bi-directional

proto

srcPort

dstPort

Limit: Packets

Output: / IPv6 long

```

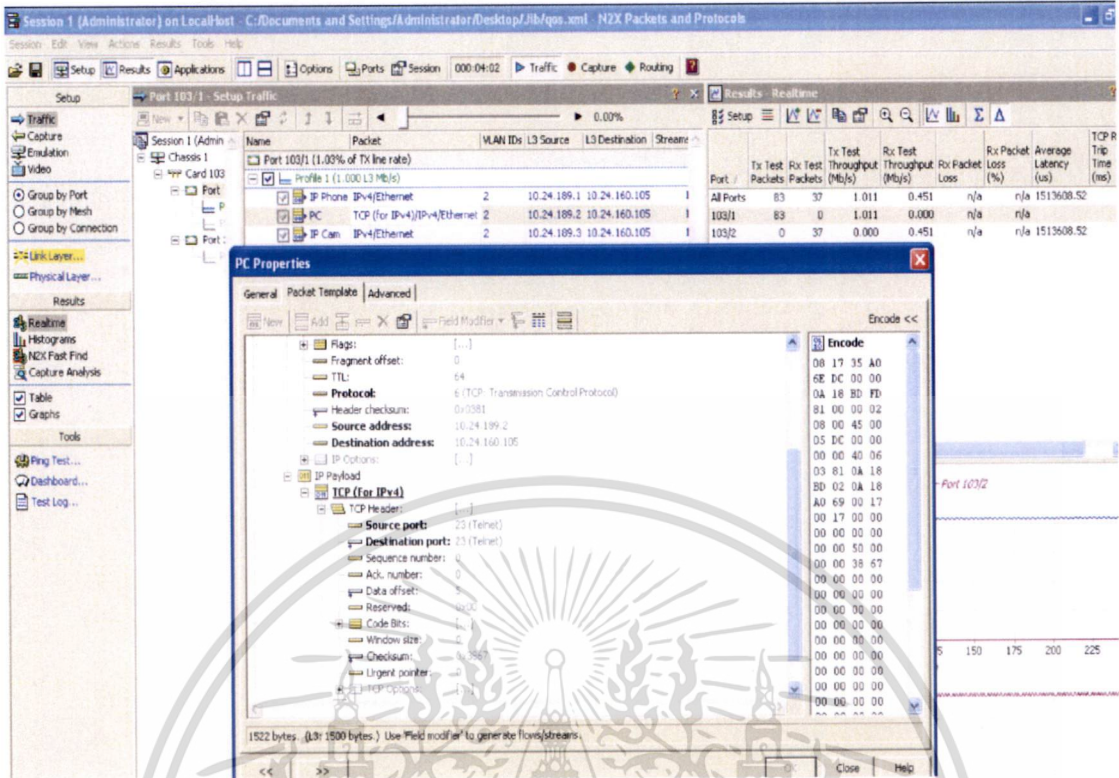
** nfdump -M /var/log/netflow/live/IFVI100005 -T -r 2011/09/18/nfcapd.201109181950 -n 20 -s record/bytes -A prot
nfdump filter:
any
Aggregated flows 326
Top 20 flows ordered by bytes:
Date flow start      Duration Proto      Src IP Addr:Port      Dst IP Addr:Port      Packets  Bytes Flows
2011-09-18 19:50:24.388 44.524 TCP      10.11.52.192:8082    -> 10.29.171.111:1753    111    119716  2
2011-09-18 19:49:59.640 29.688 TCP      10.11.52.165:80     -> 10.29.171.111:1748    76     92234   1
2011-09-18 19:50:24.044 10.960 TCP      10.11.52.192:8082    -> 10.29.171.111:1752    65     76976   1
2011-09-18 19:50:15.476  8.440 TCP      10.11.52.192:8082    -> 10.29.171.111:1750    57     67258   1
2011-09-18 19:50:35.416 33.980 TCP      10.11.52.192:8082    -> 10.29.171.111:1764    37     39200   2
2011-09-18 19:50:18.036  5.776 TCP      10.11.52.192:8082    -> 10.29.171.111:1751    34     36821   1
2011-09-18 19:54:28.943  9.640 TCP      10.29.171.111:1861    -> 10.11.5.198:16001     45     34088   1
2011-09-18 19:50:24.060 49.816 TCP      10.29.171.111:1753    -> 10.11.52.192:8082     86     15647   2
2011-09-18 19:50:14.956  8.960 TCP      10.29.171.111:1750    -> 10.11.52.192:8082     46     14710   1
2011-09-18 19:49:59.896 13.824 TCP      10.11.52.165:80     -> 10.29.171.111:1754    19     14214   1
2011-09-18 19:50:17.508  6.304 TCP      10.29.171.111:1751    -> 10.11.52.192:8082     32     14112   1
2011-09-18 19:49:59.540 35.356 TCP      10.29.171.111:1748    -> 10.11.52.165:80       57     12484   1
2011-09-18 19:50:23.740 11.288 TCP      10.29.171.111:1752    -> 10.11.52.192:8082     51     9289    1
2011-09-18 19:50:35.076 38.800 TCP      10.29.171.111:1764    -> 10.11.52.192:8082     36     7323    2
2011-09-18 19:51:44.352  5.364 TCP      10.29.171.110:80     -> 10.11.5.180:46360     16     6845    2
2011-09-18 19:50:29.544  1.680 TCP      10.29.171.110:80     -> 10.11.5.180:42591     15     6527    1
2011-09-18 19:51:43.912  5.804 TCP      10.11.5.180:80       -> 10.29.171.115:3163     10     6456    1
2011-09-18 19:50:28.880  2.630 TCP      10.11.5.180:80       -> 10.29.171.115:3017     9      6416    1
2011-09-18 19:53:17.118 16.808 TCP      10.11.52.143:8011    -> 10.29.171.114:4355     9      2070    1
2011-09-18 19:54:29.167 40.252 TCP      10.11.5.198:16001    -> 10.29.171.111:1861     38     1928    2

Summary: total flows: 421, total bytes: 637901, total packets: 1588, avg bps: 16124, avg pps: 5, avg bpp: 401
Time window: 2011-09-18 19:49:59 - 2011-09-18 19:55:16
Total flows processed: 421, Blocks skipped: 0, Bytes read: 21920
Sys: 0.004s flows/second: 84233.7 Wall: 0.003s flows/second: 116912.0
  
```

รูปที่ 5.5 ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูล Flow การใช้งานจาก Netflow

จากภาพ 5.5 จะเห็นว่ามีการใช้งานโปรโตคอล TCP จาก Source 10.11.52.192 ไปยัง 10.29.171.111 มากที่สุด ณ วันที่ 18 กันยายน 2011 เวลา 19.50 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

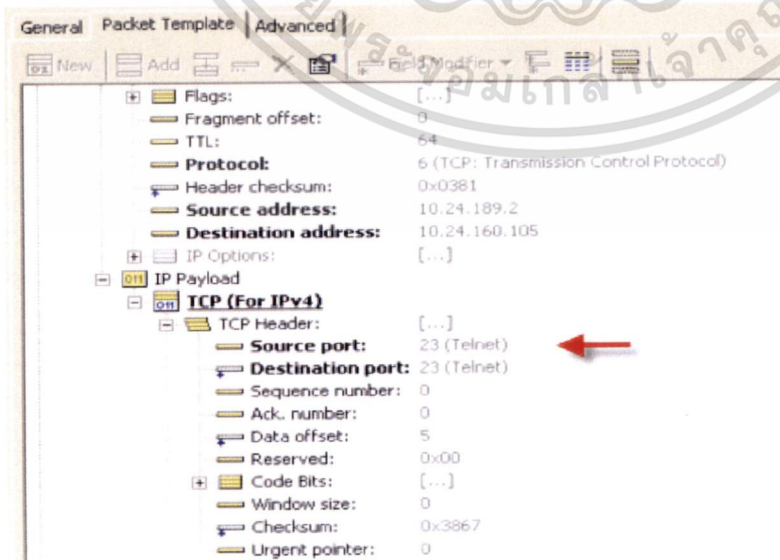


รูปที่ 5.6 การตั้งค่า Traffic Generator เพื่อทำการส่ง Traffic

Traffic Generator มีการตั้งค่า IP Source เป็น 3 ชนิดดังนี้ คือ

1. จำลองเป็น IP Phone: 10.24.189.1
2. จำลองเป็น PC: 10.24.189.2
3. จำลองเป็น IP Camera: 10.24.189.111

โดยส่ง Traffic ไปปลายทางเดียวกันคือ 10.24.160.105 ซึ่งเป็น IP ฟัง Traffic Generator และสามารถจะ Capture Packet เพื่อตรวจสอบข้อมูลภายใน Header ต่างๆ ได้



รูปที่ 5.7 การตั้งค่า TCP Port 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The screenshot shows the Wireshark interface with the 'Packet Decode (103/2 - Ethernet)' window. The 'PDU summary list' shows several packets. Packet 781054 is highlighted, showing it is a TCP telnet packet from 10.24.189.2 to 10.24.160.105. The detailed view below shows the TCP header for this packet, with the source port 'telnet (23)' highlighted by a red arrow.

```

Packet: 3 Timestamp: 10637.781054240 Latency: 1.513049610 Length: 1522
Decoder: Built-in
  [x] VLAN Header
  [x] IP Header
  [x] TCP Header
    Source port = telnet (23)
    Destination port = telnet (23)
    Sequence number = 0
    Ack number = 0
    Data offset = 5
    [x] Flags = 0x00
    Window = 0
    Checksum = 0x3867 (Verified 0x3867)
    Urgent pointer = 0x00000000
    Payload Length (in Bytes) = 1460
  
```

รูปที่ 5.8 การตรวจสอบแพ็กเก็ตที่รับจาก Port 103/2 ของ Traffic Generator

จะเห็นได้ว่าตอนส่งมีการส่ง TCP Port 23 ออกไปจาก Port 103/1 ผ่านเครือข่าย เมื่อทำการตรวจสอบแพ็กเก็ตที่ Port 103/2 จะเห็นข้อมูลตรง TCP Header Port 23 ตามที่ต้นทางส่งมาให้และเมื่อตรวจสอบ policy-map ที่ทำการสร้างไว้ที่ Cisco 877 สามารถเห็นการการันตีแบนด์วิดท์ไว้ที่ 200kbps (conformed)

```

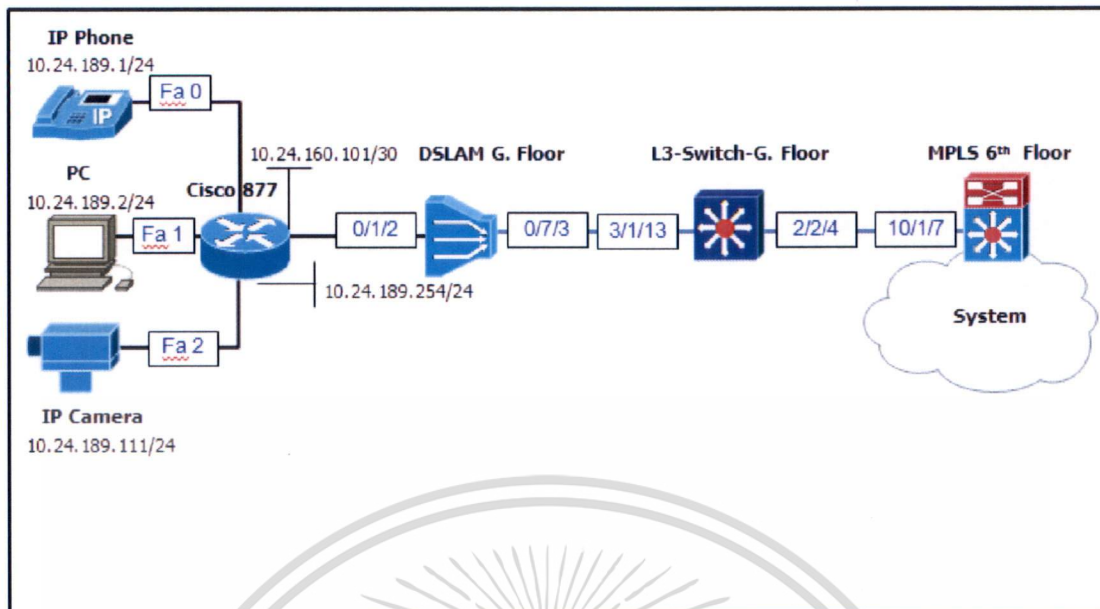
cisco_877_FL21#show policy-map interface ATM0.1
ATM0.1
  Service-policy output: pm_qos_out2
  Class-map: cm_llq2 (match-all)
    3717 packets, 5679576 bytes
    30 second offered rate 339000 bps, drop rate 139000 bps
    Match: access-group name acl_llq2
    police:
      cir 200000 bps, bc 200000 bytes, be 100000 bytes
      conformed 2319 packets, 3543432 bytes; actions:
        transmit
      exceeded 65 packets, 99320 bytes; actions:
        drop
      violated 1333 packets, 2036824 bytes; actions:
        drop
      conformed 200000 bps, exceed 0 bps, violate 139000 bps

  Class-map: cm_www2 (match-all)
    0 packets, 0 bytes
    30 second offered rate 0 bps
    Match: access-group name acl_qos_www2

  Class-map: class-default (match-any)
    72042 packets, 110080176 bytes
    30 second offered rate 675000 bps, drop rate 0 bps
    Match: any
cisco_877_FL21#
  
```

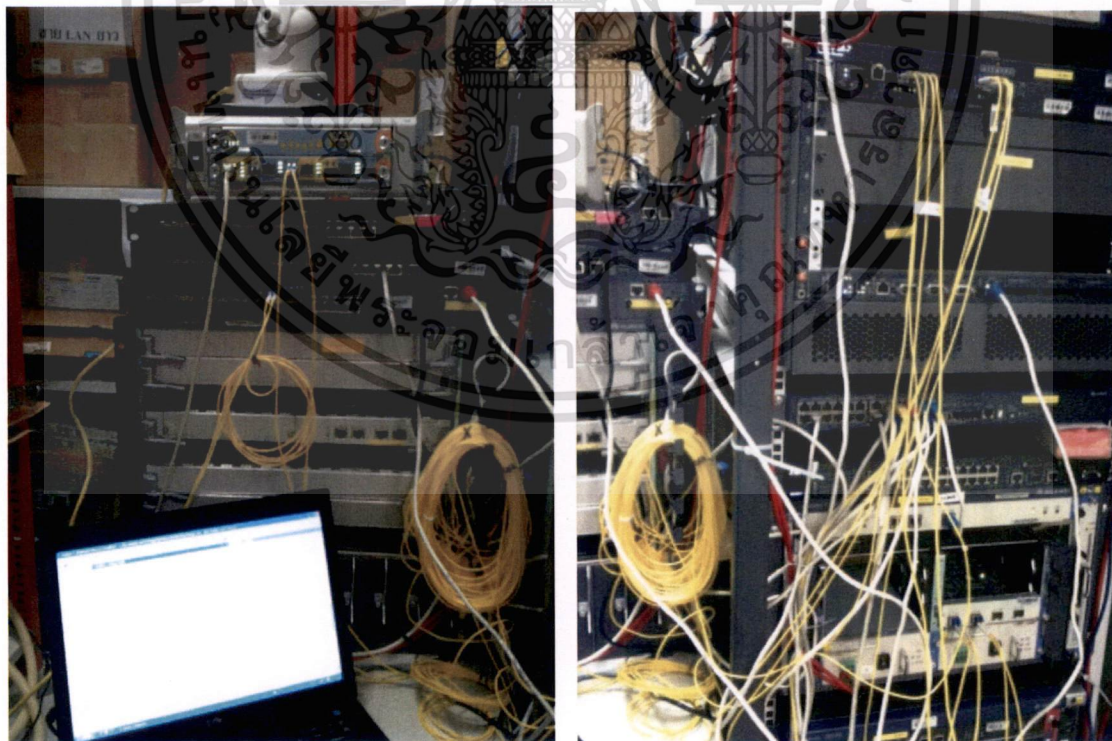
รูปที่ 5.9 แสดงผลจากการ Apply Policy-map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 การจำลองเชื่อมต่ออุปกรณ์ในห้องทดลอง Topology 2

จากการเชื่อมต่อดังรูปที่ 5.10 ได้ทำการเปิดภาพจาก IP Camera IP Address 10.24.189.111 ผ่านหน้าเว็บเบราว์เซอร์



รูปที่ 5.11 ภาพการเชื่อมต่อในห้องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2012/MAR/30 15:47:46 Size:720x576 FPS: <1

รูปที่ 5.12 ภาพจาก IP Camera จากห้องทดลอง

เปิดเว็บเบราว์เซอร์ไปที่ <http://10.24.189.111> เพื่อดูภาพจากกล้อง IP Camera เพื่อให้เกิดการใช้งานแบนด์วิธที่เต็มถึง

```

Administrator: C:\Windows\system32\cmd.exe ping 10.24.160.101 -t
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=348ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=389ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=408ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=407ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=420ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=281ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=355ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=385ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=392ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=401ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=416ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=443ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=437ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=462ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=494ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=222ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=342ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=404ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=443ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=459ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=483ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=156ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=348ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=396ms TTL=253
  
```

รูปที่ 5.13 ค่า RTT ก่อนทำการ Apply QoS

ก่อนทำการ Apply QoS พบว่าเมื่อ ping ไปหา router จะมีค่า rtt สูง และเมื่อ telnet ไปยังเราเตอร์และใช้คำสั่งจะพบว่ามี การตอบสนองช้า มีอาการหน่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Netflow Processing

Source: Cisco-877-FI21 Filter: []

Options: List Flows Stat TopN

Top: 10

Stat: Flow Records order by bytes

Aggregate: bi-directional proto srcPort srcIP dstPort dstIP

Limit: Packets > 0

Output: line / IPv6 long

Clear Form process

Aggregated flows 37

Top 10 flows ordered by bytes:

Date flow start	Duration	Proto	Src IP Addr:Port	Dst IP Addr:Port	Packets	Bytes	Flows
2011-10-06 07:38:42.923	1800.960	TCP	10.24.189.111:80 ->	10.11.21.226:52170	103697	154.3 M	1
2011-10-06 07:38:42.923	1800.960	TCP	10.11.21.226:52170 ->	10.24.189.111:80	51952	2.1 M	1
2011-10-06 08:09:42.467	62.280	TCP	10.10.19.26:53496 ->	10.24.160.101:23	259	10547	1
2011-10-06 08:09:57.381	0.000	ICMP	10.11.21.8:0 ->	10.24.160.101:8.0	1	84	1
2011-10-06 08:11:18.146	0.000	UDP	10.10.19.26:123 ->	10.24.160.101:123	1	76	1
2011-10-06 08:09:58.365	0.000	UDP	10.11.21.8:58476 ->	10.24.160.101:161	1	73	1
2011-10-06 08:09:58.137	0.000	UDP	10.11.21.8:50938 ->	10.24.160.101:161	1	73	1
2011-10-06 08:09:58.577	0.000	UDP	10.11.21.8:46602 ->	10.24.160.101:161	1	73	1
2011-10-06 08:09:57.801	0.000	UDP	10.11.21.8:46725 ->	10.24.160.101:161	1	73	1
2011-10-06 08:09:57.701	0.000	UDP	10.11.21.8:36345 ->	10.24.160.101:161	1	73	1

Summary: total flows: 37, total bytes: 156.4 M, total packets: 155942, avg bps: 639778, avg pps: 79, avg bpp: 1002
 Time window: 2011-10-06 07:38:42 - 2011-10-06 08:11:18
 Total flows processed: 37, Blocks skipped: 0, Bytes read: 1952
 Sys: 0.001s flows/second: 18509.3 Wall: 0.000s flows/second: 72265.6

รูปที่ 5.14 ผลของ Flow Traffic จาก Netflow

```

Administrator: C:\Windows\system32\cmd.exe - ping 10.24.160.101 -t
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=592ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=586ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=80ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=442ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=469ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=486ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=501ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=517ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=523ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=515ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=104ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=46ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=43ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=35ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=31ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=36ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=31ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=46ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=52ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=49ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=31ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=36ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=57ms TTL=253
Reply from 10.24.160.101: bytes=32 time=39ms TTL=253
    
```

รูปที่ 5.15 ผลของการ apply QoS ค่า RTT ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Cisco_877_FL21#show policy-map interface atm0.1 output
ATM0.1: VC 0/34 -

service-policy output: pm_hqos_v1_put

Class-map: class-default (match-any)
1686125 packets, 2500591743 bytes
30 second offered rate 701000 bps, drop rate 0 bps
Match: any
Queueing
queue limit 64 packets
(queue depth/total drops/no-buffer drops) 36/0/0
(pkts output/bytes output) 1686449/2500778455
shape (average) cir 700000, bc 17500, be 17500
target shape rate 700000

Service-policy : pm_template2_out
รูปที่ 5.16 Hierarchy QoS ชื่อ pm_hqos_v1_out

```

Hierarchy QoS ทำการ Shape BW ที่ 700 kbps หากมีการใช้งานเกินจะถือว่าแบนด์วิดท์เต็ม จะทำให้ QoS สามารถทำงานตามที่ต้องการได้

```

Class-map: cm_vip (match-any)
0 packets, 0 bytes
30 second offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group name acl_vip
0 packets, 0 bytes
30 second rate 0 bps
Queueing
queue limit 64 packets
(queue depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
(pkts output/bytes output) 0/0
bandwidth 250 kbps

```

รูปที่ 5.17 Class-Map cm_vip สำหรับ WWW(VIP) การันตี 250 kbps

```

Class-map: cm_management (match-any)
38184 packets, 3492763 bytes
30 second offered rate 1000 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group name acl_management
38184 packets, 3492763 bytes
30 second rate 1000 bps
police:
cir 50000 bps, bc 1562 bytes
conformed 38167 packets, 3490867 bytes; actions:
transmit
exceeded 17 packets, 1896 bytes; actions:
drop
violated 0 packets, 0 bytes; actions:
drop
drop
conformed 1000 bps, exceed 0 bps, violate 0 bps
Priority: Strict, burst bytes 4470, b/w exceed drops: 0

```

รูปที่ 5.18 Class-Map cm_management LLQ สำหรับ Manage router การันตี 50 kbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Class-map: cm_ip_camera (match-any)
 1664789 packets, 2522767567 bytes
 30 second offered rate 699000 bps, drop rate 0 bps
 Match: access-group name acl_ip_camera
   1664789 packets, 2522767567 bytes
   30 second rate 699000 bps
 Queueing
  queue limit 64 packets
  (queue depth/total drops/no-buffer drops) 26/0/0
  (pkts output/bytes output) 1664789/2522767567
  bandwidth 222 kbps

Class-map: class-default (match-any)
 73 packets, 7532 bytes
 30 second offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
 Match: any

  queue limit 64 packets
  (queue depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
  (pkts output/bytes output) 417/198012

```

รูปที่ 5.19 Class-Map cm_ip_mamera สำหรับบล็อกวงจรปิดการันตี 222 kbps

5.3 การเตรียมซอฟต์แวร์สำหรับเราเตอร์

จากผลการทดลองในห้องทดลองซึ่งพบว่า QoS สามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ แต่เมื่อนำไป apply กับเราเตอร์ที่ใช้งานจริงพบว่า QoS ทำงานไม่ถูกต้อง ได้หาสาเหตุพบว่าเราเตอร์ที่ใช้ในห้องทดลอง IOS เวอร์ชันเป็น 12.4(24) T6 ซึ่งใหม่กว่าเราเตอร์ที่ใช้งานจริง ซึ่งเป็นเวอร์ชัน 12.4(15) T9 และ 12.4 (15) T10

โดยปัญหาที่พบกับเราเตอร์ที่ใช้งานจริงและในห้องทดลอง คือ อินเทอร์เน็ตไม่รู้ว่ามีแบนด์วิดท์ในปริมาณที่ใช้งานอยู่นั้นเต็มแล้ว และเกิดความคับคั่งขึ้นจนฮาร์ดแวร์เต็มแล้ว เกิด output queue drop แต่ซอฟต์แวร์ก็กลับไม่ทำงาน ดังนั้นวิธีแก้ไขคือทำ QoS ในลักษณะซ้อนกันเป็นลำดับชั้น โดยมี policy-map parent เป็นชั้นด้านนอก ซึ่งจะทำการ shape แบนด์วิดท์ไว้ที่ 85% ของอินเทอร์เน็ต และมี policy-map child ซ้อนอยู่ด้านใน ซึ่งประกอบด้วย class ตามที่ออกแบบไว้โดยกำหนด action ให้แต่ละ class ตามวิธีการของ QoS ในรูปแบบ MQC และนำ policy-map parent ไป apply ได้อินเทอร์เน็ตแทน ซึ่งวิธีนี้สามารถช่วยให้อินเทอร์เน็ตรู้ว่าเรามีแบนด์วิดท์ที่อยู่เท่าใด แต่วิธีการนี้ไม่รองรับบนเราเตอร์รุ่นที่ใช้งานปัจจุบันของสำนักงานแต่ละสาขา แต่สามารถทำงานได้ถูกต้องบนเราเตอร์ในห้องทดลอง ดังนั้นจึงต้องทำการอัปเดต IOS ของเราเตอร์ทั้งหมด 119 ตัวให้เป็นเวอร์ชัน 12.4(24) T6

```

Carrefour-PTY#show ver
Cisco IOS Software, C870 Software (C870-ADVSECURITYK9-M), version 12.4(15)T9, RELEASE SOFTWARE (fc5)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2009 by Cisco Systems, Inc.
Compiled wed 29-Apr-09 05:52 by prod_rel_team

```

```
ROM: System Bootstrap, Version 12.3(8r)YI4, RELEASE SOFTWARE
```

```

Carrefour-PTY uptime is 1 week, 1 day, 11 hours, 26 minutes
System returned to ROM by power-on
System restarted at 10:40:15 BKK Tue Jan 31 2012
System image file is "flash:c870-advsecurityk9-mz.124-15.T9.bin"

```

รูปที่ 5.20 Cisco IOS Release 12.4(15) T9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

OUTLET-THAILANDBEST#show ver
Cisco IOS Software, C870 Software (C870-ADVIPSERVICESK9-M), version 12.4(24)T6, RELEASE SOFTWARE (fc2)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2011 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Tue 23-Aug-11 06:56 by prod_rel_team

```

```

ROM: System Bootstrap, Version 12.3(8r)YI4, RELEASE SOFTWARE

```

```

OUTLET-THAILANDBEST uptime is 22 hours, 53 minutes
System returned to ROM by reload
System restarted at 23:23:30 BKK Tue Feb 7 2012
System image file is "flash:/c870-advipservicesk9-mz.124-24.T6.bin"
Last reload reason: Reload Command

```

รูปที่ 5.21 Cisco IOS Release 12.4(24) T6

เนื่องจากการใช้งานแบนด์วิดท์เต็ม ดังนั้นเราเตอร์จะตอบสนองต่อคำสั่งช้า ดังนั้นวิธีการอัปเดต IOS จะต้องเข้าไปทำเพิ่ม configuration ACL และ Shape แบนด์วิดท์เพื่อทำการจำกัดการใช้งานของกล่องให้น้อยลงก่อน แต่เนื่องจากพื้นที่ใน flash ไม่เพียงพอ จึงต้องทำการลบ IOS เดิมออกและทำการ upload IOS เวอร์ชันใหม่ลงไปด้วยผ่าน TFTP หลังจาก upload IOS เสร็จเรียบร้อยแล้วทำการ set boot system file แล้วทำการ reload เราเตอร์ หลังจากเราเตอร์อัปเดตขึ้นมาแล้วพร้อมใช้งานก็ทำการใช้คำสั่ง "show version" เพื่อตรวจสอบเวอร์ชันอีกครั้ง

5.4 รูปแบบของคอนฟิกูเรชัน

คอนฟิกูเรชันใช้ในรูปแบบโครงสร้างแบบ Cisco Modular QoS CLI (MQC)

ตารางที่ 5.2 ค่าคอนฟิกูเรชันของเราเตอร์แบบ Data แยกกับ Voice

คำสั่ง	รายละเอียด
ip cef	Enables IP Cisco Express Forwarding (CEF) switching
interface ATM0.1 point-to-point	ATM 0.1 สำหรับการใช้งานแอปพลิเคชันnon-
ip address 10.29.160.29 255.255.255.252	Voice โดยการ config ค่า vbr-nrt ตามค่า sync
atm route-bridged ip	speed ที่ได้ และลบจำนวน bandwidth ของ
pvc 0/33	VoIP ออก 128k
vbr-nrt 889 889	
encapsulation aal5snap	
service-policy output pm_parent_out	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.2 (ต่อ)

คำสั่ง	รายละเอียด
<pre>interface ATM0.2 point-to-point description VOICE ip address 10.100.110.11 255.255.255.0 atm route-bridged ip pvc 0/50 cbr 128 encapsulation aal5snap</pre>	<p>ATM 0.2 สำหรับการใช้งาน VoIP เท่านั้น</p> <p>Config ค่า cbr 128 kbps สำหรับ payload ของ voice packet คัดตามค่า bit rate codec สูงสุด คือ G.711 อยู่ที่ 64bps ส่วน G.729 ใช้ bit rate 8 kbps รองรับ 2 call</p>
<pre>ip access-list extended acl_ip_camera permit ip host 10.29.177.200 any ip access-list extended acl_management permit icmp any 10.0.0.0 0.255.255.255 permit udp any eq snmp 10.0.0.0 0.255.255.255 permit tcp any eq telnet 10.0.0.0 0.255.255.255 ip access-list extended acl_vip permit tcp any any eq smtp permit tcp any any eq pop3 permit ip any 10.11.52.0 0.0.0.255 permit ip any 10.11.5.0 0.0.0.255</pre>	<p>Classify แอปพลิเคชันโดยใช้ ACL แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. acl_ip_camera สำหรับการใช้งานกล้องวงจรปิด เปลี่ยนแปลงตามสาขา 2. acl_management สำหรับการบริหารจัดการอุปกรณ์ 3. acl_vip สำหรับการใช้งาน Intranet ภายในองค์กร
<pre>class-map match-any cm_ip_camera match access-group name acl_ip_camera class-map match-any cm_vip match access-group name acl_vip class-map match-any cm_management match access-group name acl_management class-map match-any cm_fallback match any</pre>	<p>ทำการสร้าง class-map เพื่อ map เข้ากับ ACL ที่ได้กำหนดไว้ โดยมีจำนวน 4 class-map</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.2 (ต่อ)

คำสั่ง	รายละเอียด
<pre> policy-map pm_child_out class cm_vip bandwidth 200 queue-limit 256 packets class cm_management police cir 100000 conform-action transmit exceed-action transmit violate-action drop priority 100 class cm_ip_camera bandwidth 420 class cm_fallback policy-map pm_parent_out class class-default shape average percent 85 service-policy pm_child_out </pre>	<p>ทำการสร้าง Policy-map เป็น 2 กลุ่มในลักษณะ hierarchy โดยแบ่งเป็น Policy-map Parent ทำการ shape แบนด์วิดท์ที่ 85% ของแบนด์วิดท์ที่ atm0.1 โดยที่จะทำการสร้าง policy-map child ไว้ภายใต้ Policy Parent แบ่งออกเป็น policy ย่อยๆ ได้แก่ class cm_vip ทำการกัณฑ์ แบนด์วิดท์ให้ 200 Kbps, queue-limit 256 packets class cm_management ใช้หลักการ LLQ ไว้ที่ 100 Kbps, class cm_ip_camera ทำการกัณฑ์ แบนด์วิดท์ไว้ที่ 420 Kbps และ cm_fallback สำหรับ traffic อื่นๆ นอกเหนือจาก 3 class แรกใช้ defaultqueuing FIFO</p>

5.5 วิธีการตรวจสอบผลการทำงานของ QoS

การตรวจสอบผลการทำงานของ QoS จะใช้การแสดงผลด้วยกราฟ QoS จาก MRTG ซึ่งเป็นการแสดงแบนด์วิดท์การใช้งานของแต่ละ class ก่อนและหลังการทำ QoS และกราฟ IP SLA จาก Cacti โดยกราฟที่ถูกสร้างจาก MRTG จะทำการสร้างจากในอินเทอร์เน็ตเฟสที่ใช้ QoS โดยใช้ snmpwalk เพื่อหาว่าอินเทอร์เน็ตเฟสที่จะสร้างกราฟมีหมายเลข (index) ของอินเทอร์เน็ตเฟสเป็นหมายเลขอะไร เช่น

```
[root@monitoring ~]# snmpwalk -v2c -c public 10.32.160.1 ifname
```

```
IF-MIB::ifName.1 = STRING: AT0
```

```
IF-MIB::ifName.2 = STRING: Fa0
```

```
IF-MIB::ifName.3 = STRING: Fa1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

IF-MIB::ifName.4 = STRING: Fa2
IF-MIB::ifName.5 = STRING: Fa3
IF-MIB::ifName.6 = STRING: Nu0
IF-MIB::ifName.7 = STRING: ATM0-atm layer
IF-MIB::ifName.8 = STRING: ATM0.0-atm subif
IF-MIB::ifName.9 = STRING: ATM0-aal5 layer
IF-MIB::ifName.10 = STRING: ATM0.0-aal5 layer
IF-MIB::ifName.11 = STRING: AT0-adsl
IF-MIB::ifName.12 = STRING: V11
IF-MIB::ifName.13 = STRING: Lo0
IF-MIB::ifName.14 = STRING: ATM0.1-atm subif
IF-MIB::ifName.15 = STRING: ATM0.1-aal5 layer
IF-MIB::ifName.16 = STRING: ATM0.2-atm subif
IF-MIB::ifName.17 = STRING: ATM0.2-aal5 layer

```

อินเทอร์เฟซหมายเลข 15 คือ atm 0.1 aal5 layer เป็นอินเทอร์เฟซที่จะทำการสร้างกราฟใน MRTG ในแต่ละ class จะมีการสร้างกราฟไว้ 3 กราฟคือ กราฟแบนด์วิดท์ของ class นั้นๆ กราฟแพ็กเก็ตที่อยู่ในคิว และแพ็กเก็ตที่ดรอป

โดยการตรวจสอบการทำงานของ class cm_vip ซึ่งเป็นการใช้งานเว็บที่สำคัญภายในองค์กร จะใช้ HTTP get เพื่อวัดการทำงานจากรีเตอร์ไปยัง HTTP เซิร์ฟเวอร์ class cm_management เป็นการบริหารจัดการอุปกรณ์จะใช้ icmp echo เพื่อวัดค่า round trip time จากรีเตอร์ไปยัง telnet เซิร์ฟเวอร์ และ cacti เซิร์ฟเวอร์ class cm_ip_camera เป็นการใช้งานของกล้องวงจรปิดที่มีการอัปเดตภาพไปยังเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้ udp-jitter เพื่อวัดจิตเตอร์จากรีเตอร์ไปยังเซิร์ฟเวอร์ ด้วยการใช้อุปกรณ์ Cisco 2600 ดังรูปที่ 5.22 ที่วางอยู่ที่สำนักงานใหญ่ของเขตนั้นซึ่งเป็นรีเตอร์ที่เซิร์ฟเวอร์ต่ออยู่ ทำหน้าที่เป็น responder

เพื่อให้การวัดการใช้งานแอปพลิเคชันครบทุกแบบ จึงได้มีการวัดการใช้งานเสียงซึ่งแยกออกมาจากการใช้งานข้อมูล มีการวัด IP SLA ด้วยค่า udp-jitter ไปยังรีเตอร์ Cisco 2600 ที่วางอยู่ในกลุ่มไอพีแอดเดรสชุดเดียวกับกลุ่ม SIP เซิร์ฟเวอร์ซึ่งเป็นกลุ่มเซิร์ฟเวอร์ของ Voice ทำหน้าที่เป็น responder โดยแสดงผลในส่วนของค่าจิตเตอร์และ voice score เพื่อแสดงระดับคุณภาพของเสียง



รูปที่ 5.22 เราเตอร์ Cisco 2600 ทำหน้าที่เป็น Responder ของ IP SLA

กราฟที่สร้างจาก MRTG จะหลังจากที่มีการทำ QoS แล้ว จะวัดผลการทำงานจากการ “show policy-map interface atm0.1 output” ซึ่งจะเป็นค่าเดียวกับที่แสดงในกราฟ MRTG โดยมี OID ที่เกี่ยวข้องดังนี้

cbQosConfigIndex	1.3.6.1.4.1.9.9.166.1.5.1.1.2
cbQosCMPrePolicyByte64	1.3.6.1.4.1.9.9.166.1.15.1.1.6
cbQosCMPostPolicyByte64	1.3.6.1.4.1.9.9.166.1.15.1.1.10
cbQosCMDropPkt64	1.3.6.1.4.1.9.9.166.1.15.1.1.14
cbQosCMDropBitRate	1.3.6.1.4.1.9.9.166.1.15.1.1.18
cbQosQueueingCurrentQDepth	1.3.6.1.4.1.9.9.166.1.18.1.1.1
cbQosObjectsType	1.3.6.1.4.1.9.9.166.1.5.1.1.3
cbQosParentObjectsIndex	1.3.6.1.4.1.9.9.166.1.5.1.1.4

กราฟ IP SLA ที่สร้างจาก Cacti จะต้องมีการเพิ่มคอนฟิกในเราเตอร์เพื่อตั้งวัดค่าการทำงานของแอปพลิเคชันต่างๆ แสดงออกมาเป็นค่าสถิติต่างๆ เช่น

- http get เพื่อวัดการทำงานของ class cm_vip

IPSLA operation id: 1

Type of operation: http

Latest RTT: 645 milliseconds

Latest operation start time: 00:03:52.822 BKK Sun Apr 22 2012

Latest operation return code: OK

Latest DNS RTT: 0 ms

Latest TCP Connection RTT: 117 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Latest HTTP Transaction RTT: 528 ms

Number of successes: 52

Number of failures: 0

Operation time to live: Forever

- icmp-cho เพื่อวัดการทำงานของ class cm_management

IPSLA operation id: 10

Type of operation: icmp-echo

Latest RTT: 532 milliseconds

Latest operation start time: 00:05:45.156 BKK Sun Apr 22 2012

Latest operation return code: OK

Number of successes: 50

Number of failures: 0

Operation time to live: Forever

- udp-jitter เพื่อวัดการทำงานของ class cm_ip_camera

IPSLA operation id: 300

Type of operation: udp-jitter

Latest RTT: 468 milliseconds

Latest operation start time: 00:06:02.029 BKK Sun Apr 22 2012

Latest operation return code: OK

RTT Values:

Number Of RTT: 1500 RTT Min/Avg/Max: 249/468/638 milliseconds

Latency one-way time:

Number of Latency one-way Samples: 0

Source to Destination Latency one way Min/Avg/Max: 0/0/0 milliseconds

Destination to Source Latency one way Min/Avg/Max: 0/0/0 milliseconds

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jitter Time:

Number of SD Jitter Samples: 1499

Number of DS Jitter Samples: 1499

Source to Destination Jitter Min/Avg/Max: 0/14/63 milliseconds

Destination to Source Jitter Min/Avg/Max: 0/1/2 milliseconds

Packet Loss Values:

Loss Source to Destination: 0 Loss Destination to Source: 0

Out Of Sequence: 0 Tail Drop: 0

Packet Late Arrival: 0 Packet Skipped: 0

Voice Score Values:

Calculated Planning Impairment Factor (ICPIF): 0

Mean Opinion Score (MOS): 0

Number of successes: 14

Number of failures: 0

Operation time to live: Forever

- udp-jitter แบบระบุ codec เพื่อวัดการคุณภาพของเสียง (VoIP)

IPSLA operation id: 101

Type of operation: udp-jitter

Latest RTT: 53 milliseconds

Latest operation start time: 00:05:20.074 BKK Sun Apr 22 2012

Latest operation return code: OK

RTT Values:

Number Of RTT: 1000 RTT Min/Avg/Max: 50/53/58 milliseconds

Latency one-way time:

Number of Latency one-way Samples: 0

Source to Destination Latency one way Min/Avg/Max: 0/0/0 milliseconds

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Destination to Source Latency one way Min/Avg/Max: 0/0/0 milliseconds

Jitter Time:

Number of SD Jitter Samples: 999

Number of DS Jitter Samples: 999

Source to Destination Jitter Min/Avg/Max: 0/2/7 milliseconds

Destination to Source Jitter Min/Avg/Max: 0/1/2 milliseconds

Packet Loss Values:

Loss Source to Destination: 0 Loss Destination to Source: 0

Out Of Sequence: 0 Tail Drop: 0

Packet Late Arrival: 0 Packet Skipped: 0

Voice Score Values:

Calculated Planning Impairment Factor (ICPIF): 1

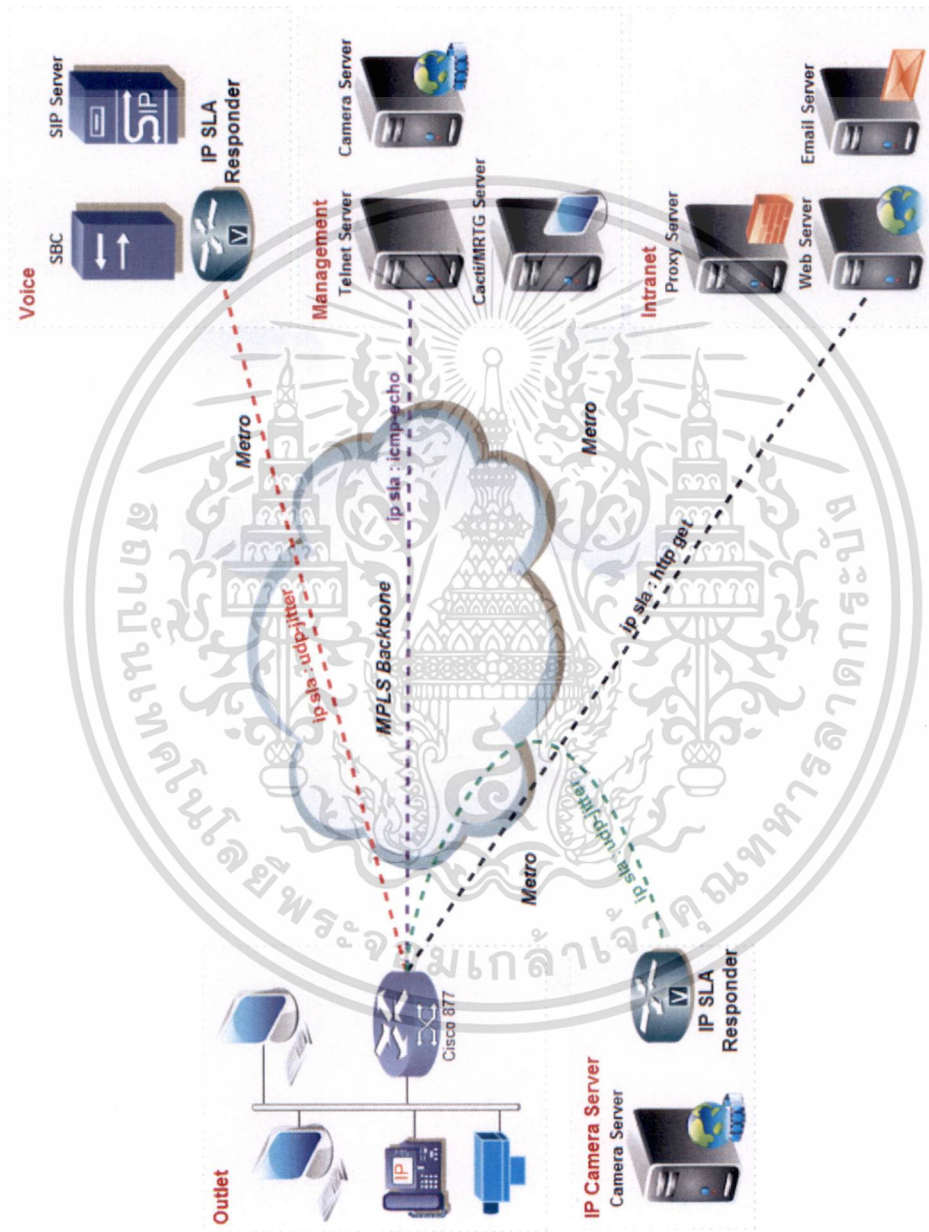
MOS score: 4.34

Number of successes: 27

Number of failures: 0

Operation time to live: Forever

ภาพรวมการทำงานของ IP SLA ทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 5.23



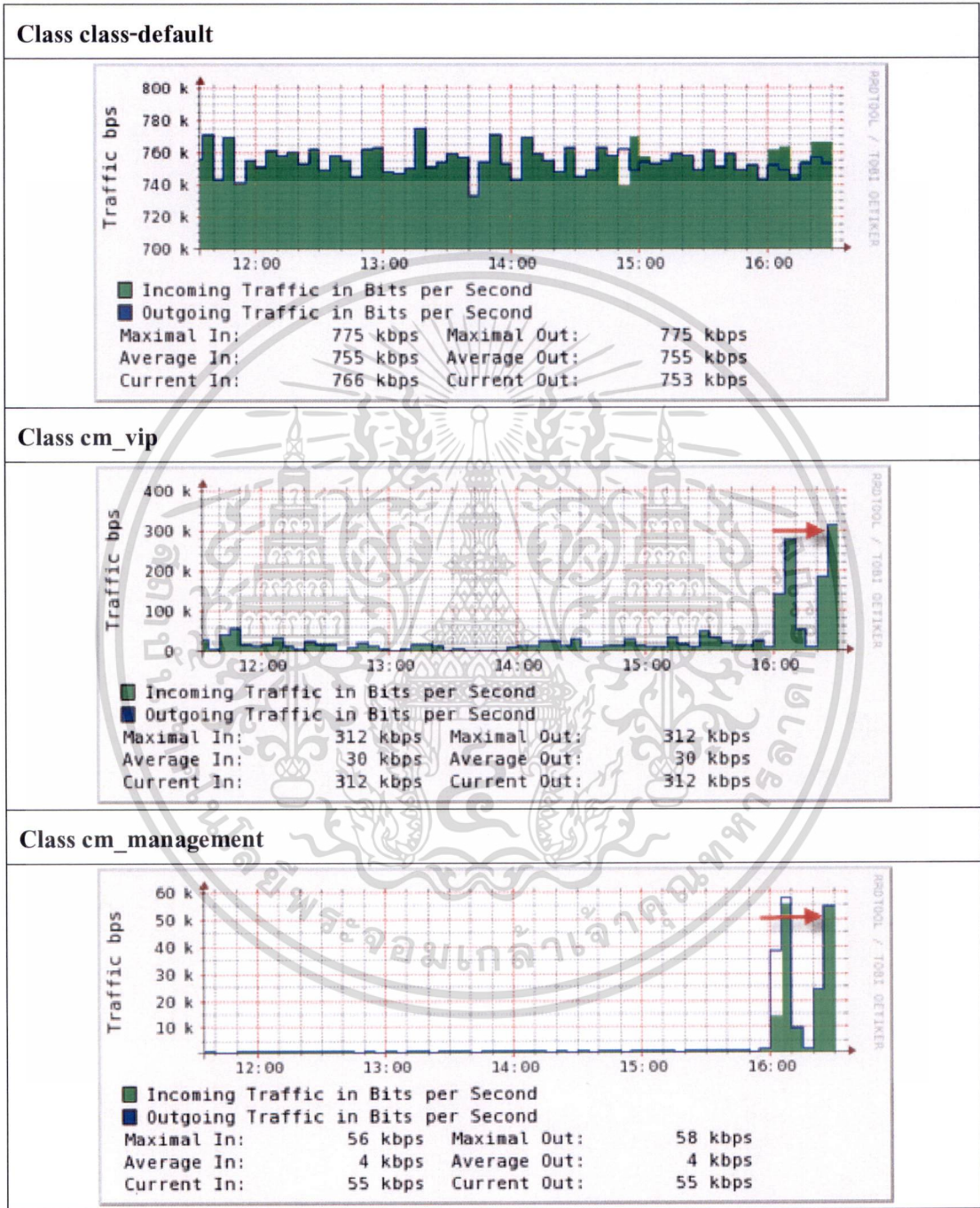
รูปที่ 5.23 การทำงานของIP SLAรูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ผลเปรียบเทียบการทำงานของQoS

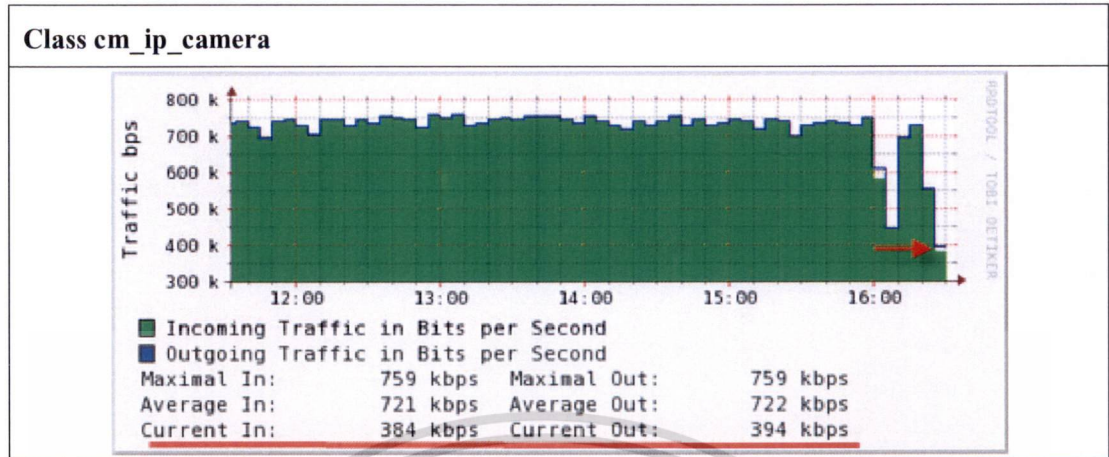
5.6.1 กราฟ QoSผลของการทำงานของ QoS

ตารางที่ 5.3 กราฟแบนด์วิดท์ QoS ในแต่ละ class ก่อนทำ QoS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

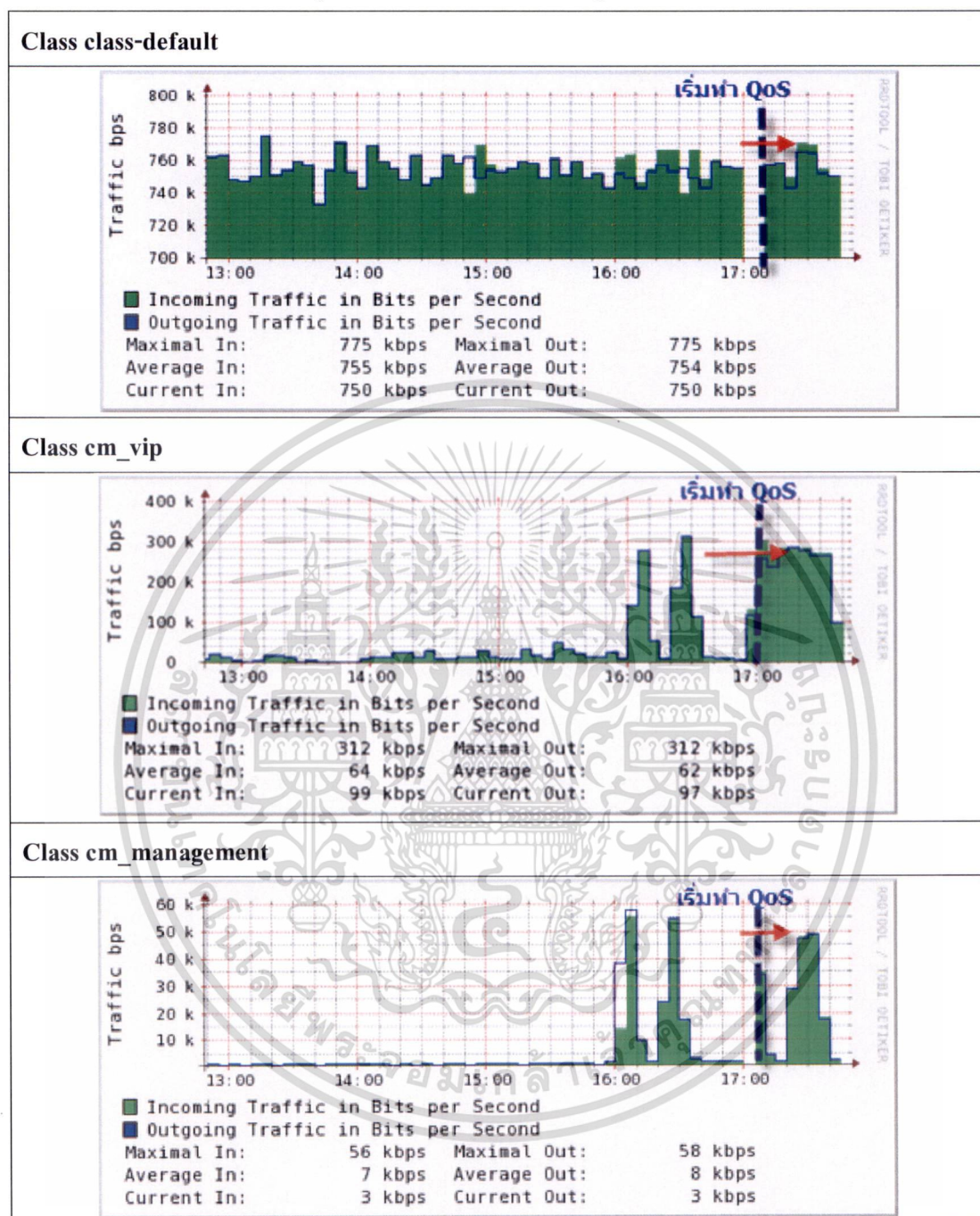
ตารางที่ 5.3 (ต่อ)



กราฟ class class-default คือกราฟแบนด์วิดท์รวมของทั้งอินเทอร์เน็ตเฟส ในสภาวะปกติกราฟฟีกของ class-default จะเท่ากับแบนด์วิดท์ของอินเทอร์เน็ตเฟส เนื่องจากมีการใช้งานกล้องวงจรปิดทำให้แบนด์วิดท์เต็มตลอดเวลา

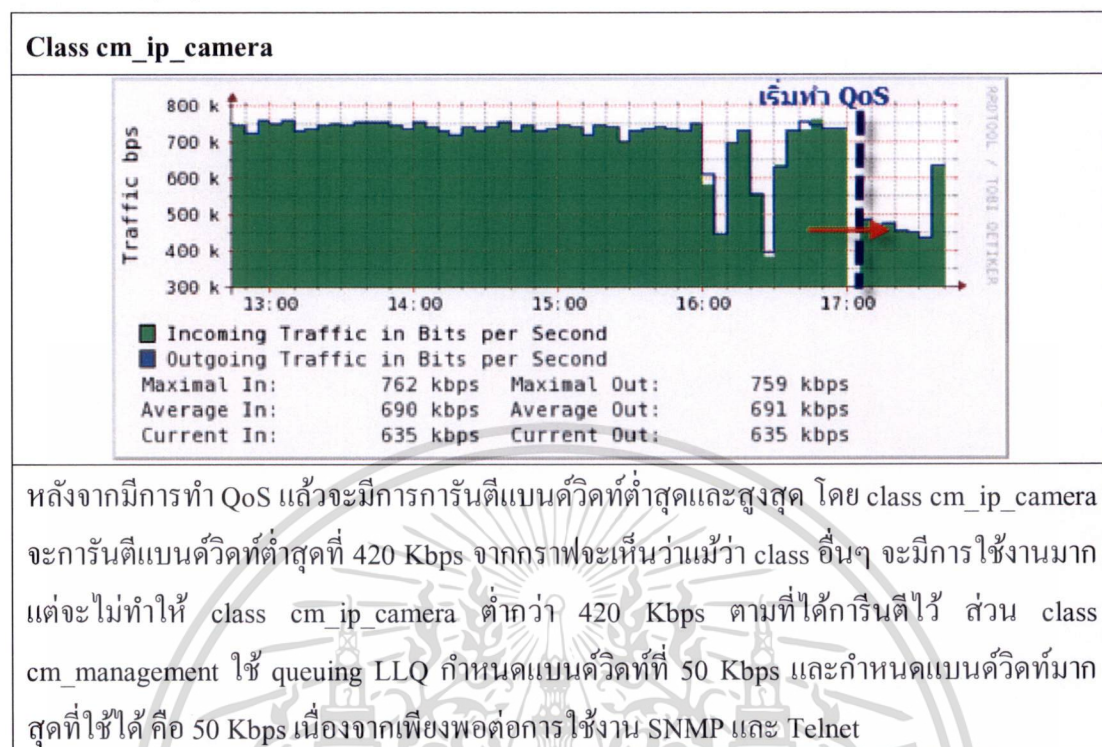
ก่อนการทำ QoS ทุกๆ class จะไม่มีการกัณฑ์แบนด์วิดท์และคิวเป็นแบบมา FIFO คือมาก่อนได้ไปก่อนมาหลังได้ไปหลัง มีการใช้งานอย่างเป็นอิสระ เมื่อ class cm_vip มีการใช้งานที่สูงขึ้นสามารถไปเบียดการใช้งานของ class cm_ip_camera ได้เช่นกัน ณ เวลา 16:25น. จึงจะเห็นว่า class cm_ip_camera คือการใช้งานกล้องวงจรปิด แบนด์วิดท์ถูกแย่งการใช้งานจนลดเหลือ 384 kbps ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของภาพมีความคมชัดลดลงไปได้

ตารางที่ 5.4 กราฟแบนด์วิดท์ QoS ในแต่ละ class หลังทำ QoS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

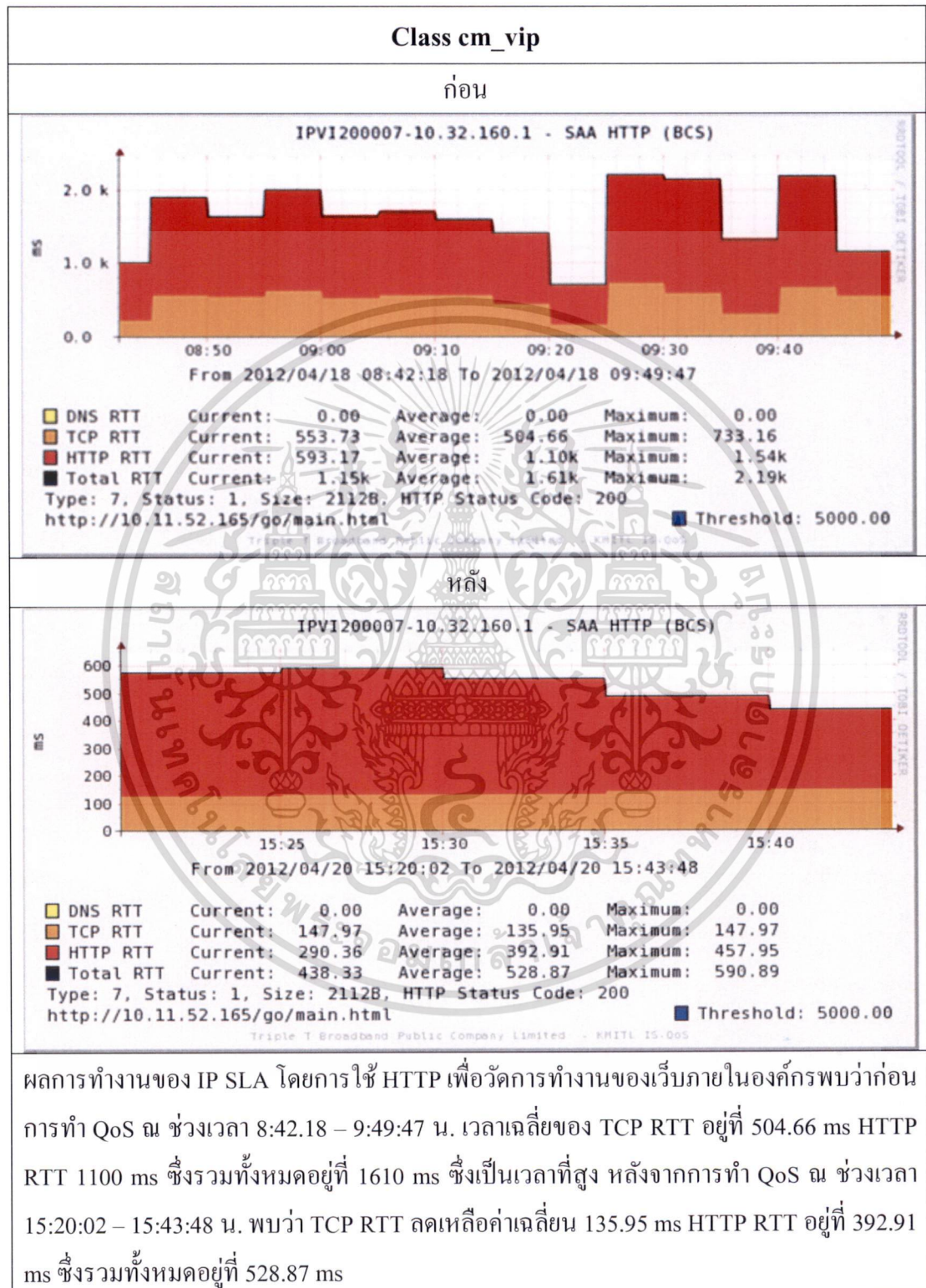
ตารางที่ 5.4 (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

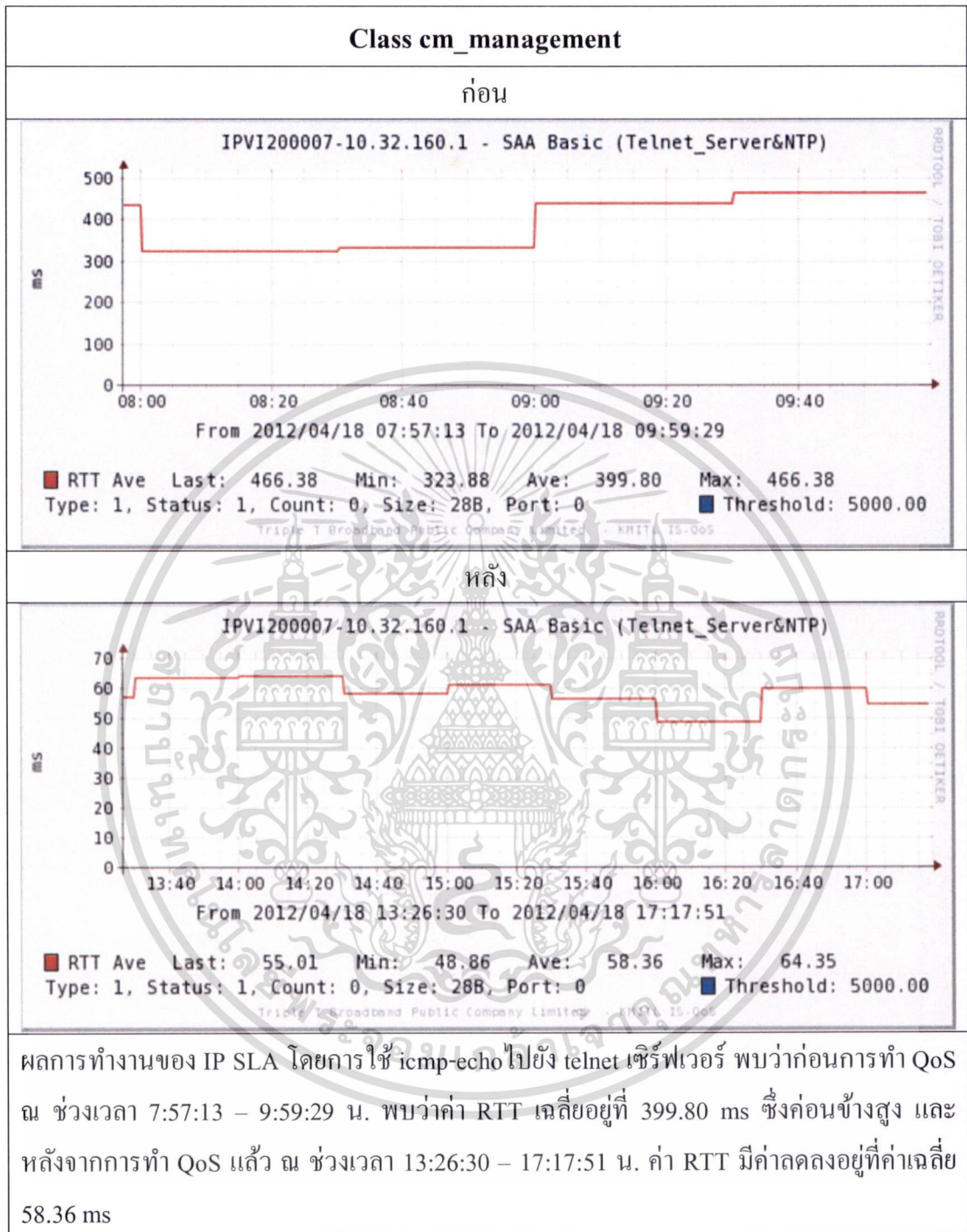
5.6.2 กราฟ IP SLA ผลของการทำงานของ QoS

ตารางที่ 5.5 กราฟ IP SLA ผลการทำงานของ QoS Class cm_vip



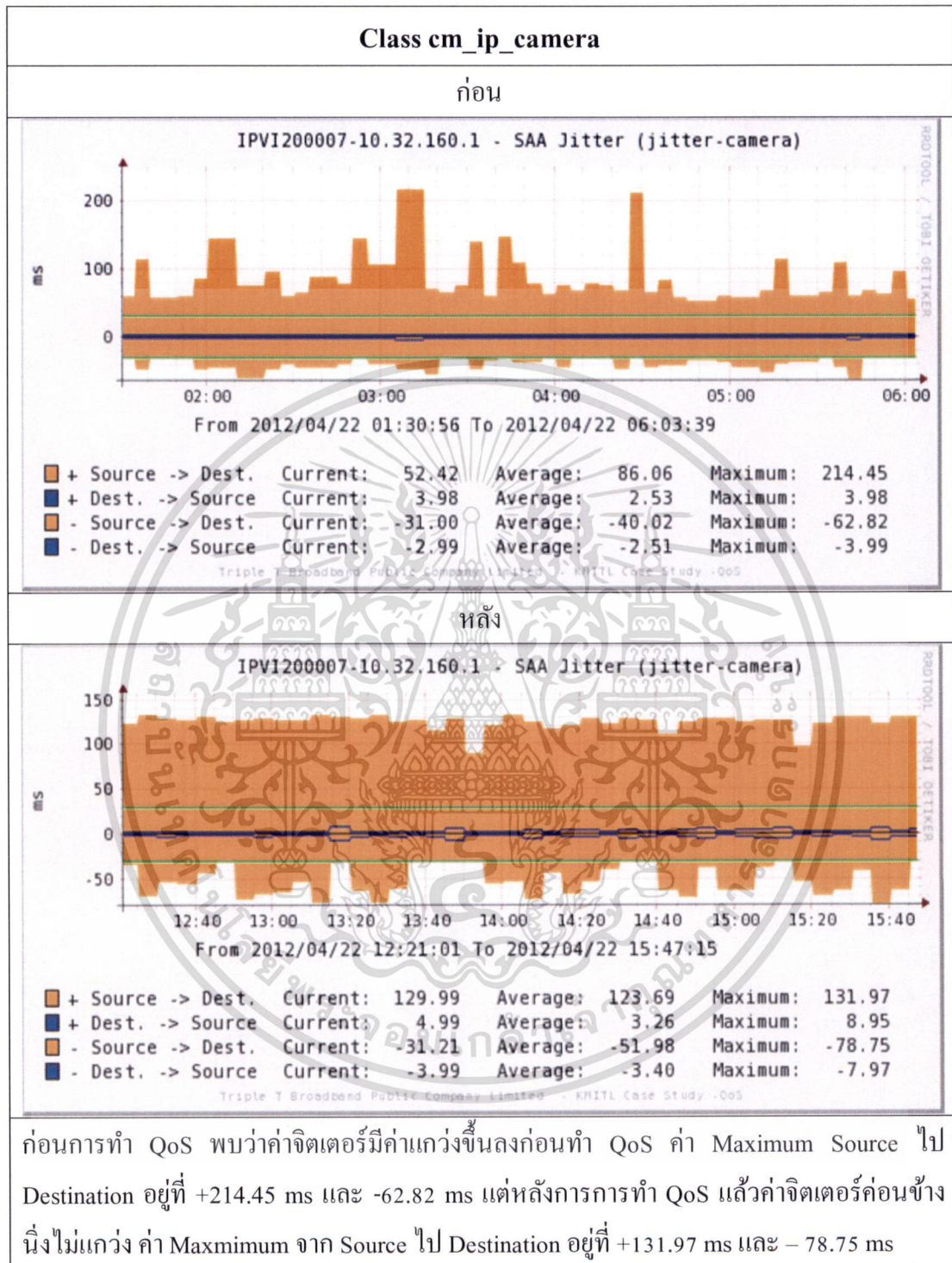
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 กราฟ IP SLA ผลการทำงานของ QoS Class cm_management



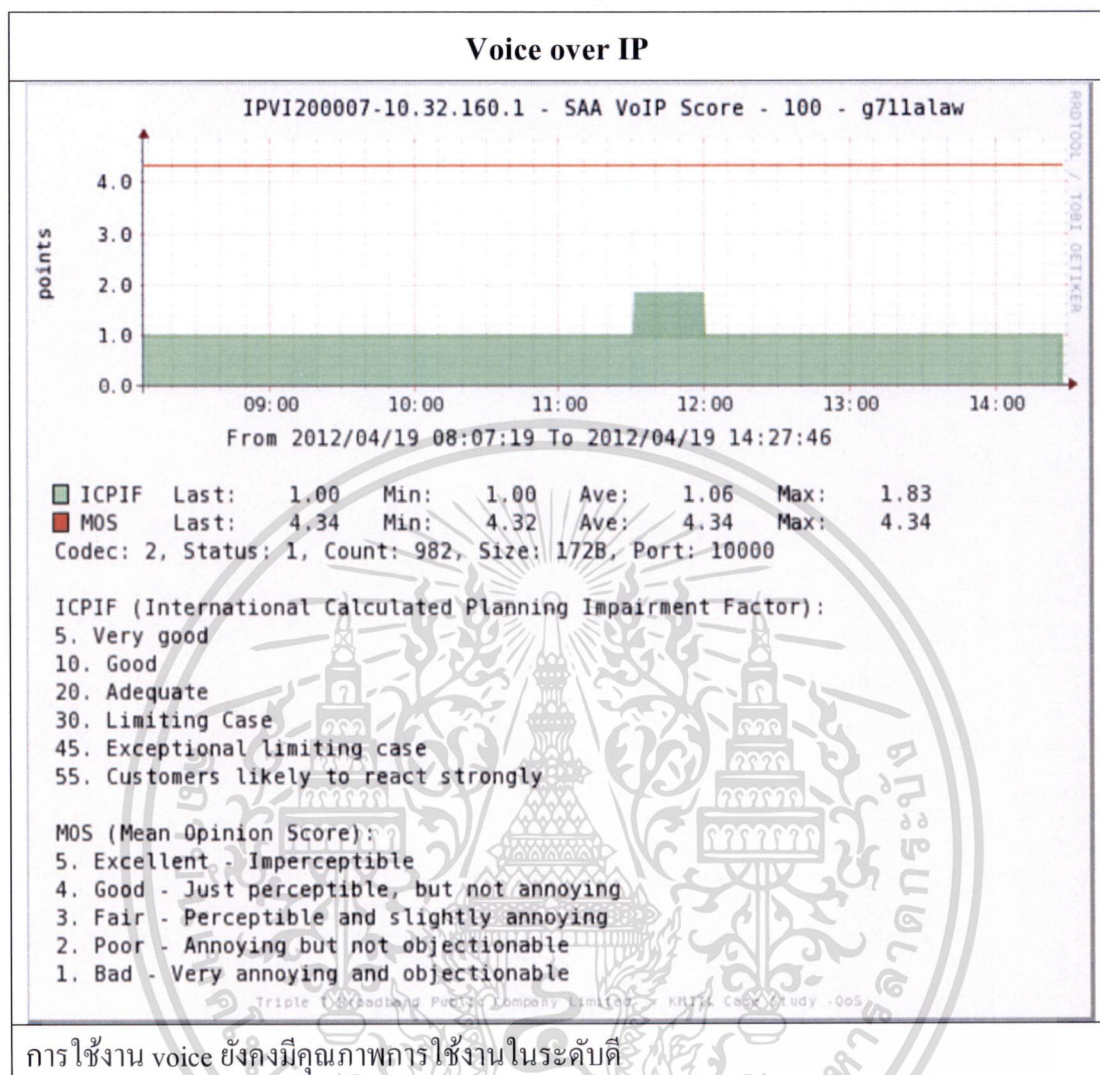
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 กราฟ IP SLA ผลการทำงานของ QoS Class cm_ip_camera



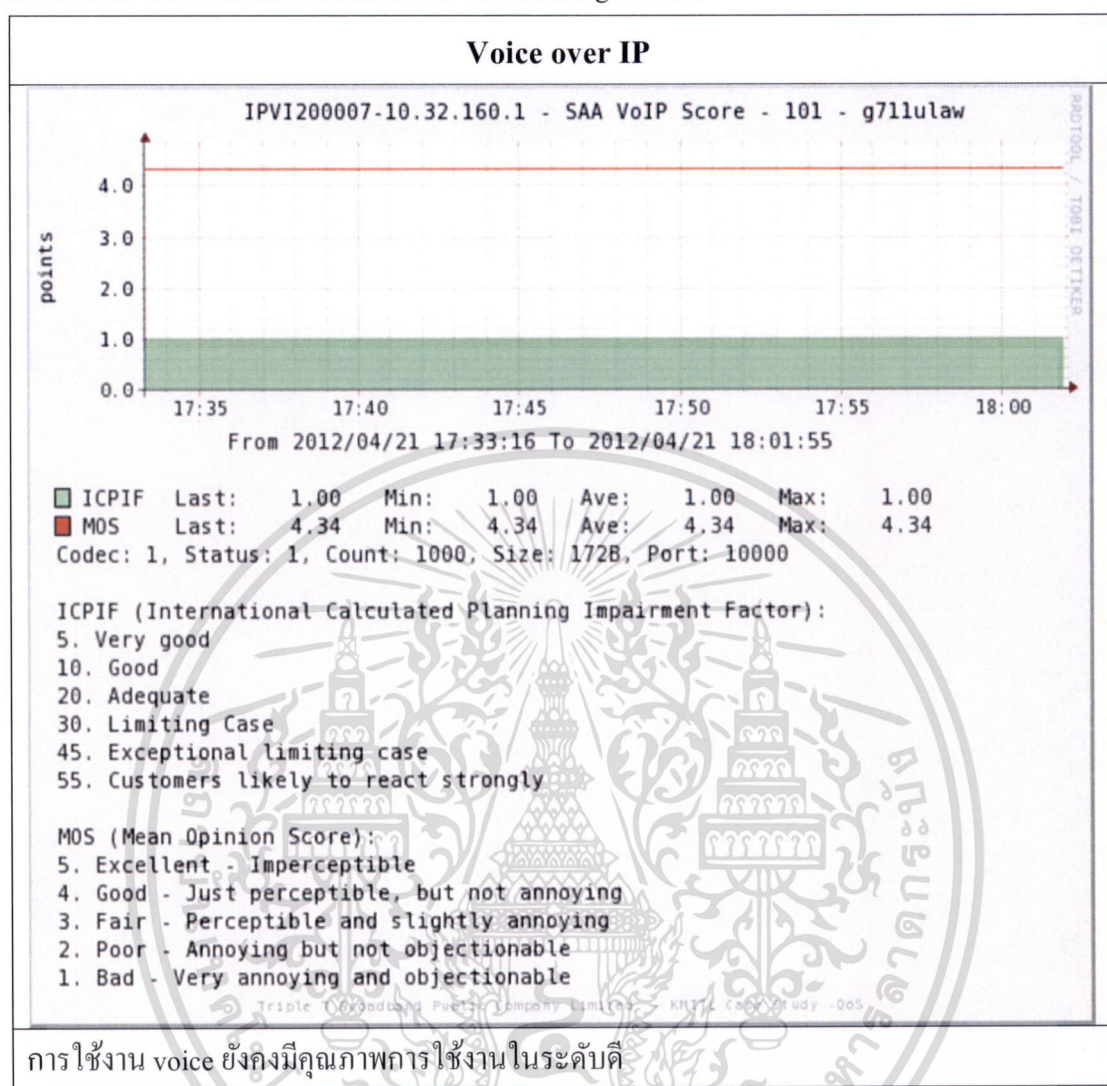
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 กราฟ IP SLA Voice Score ของ Codec g711alaw



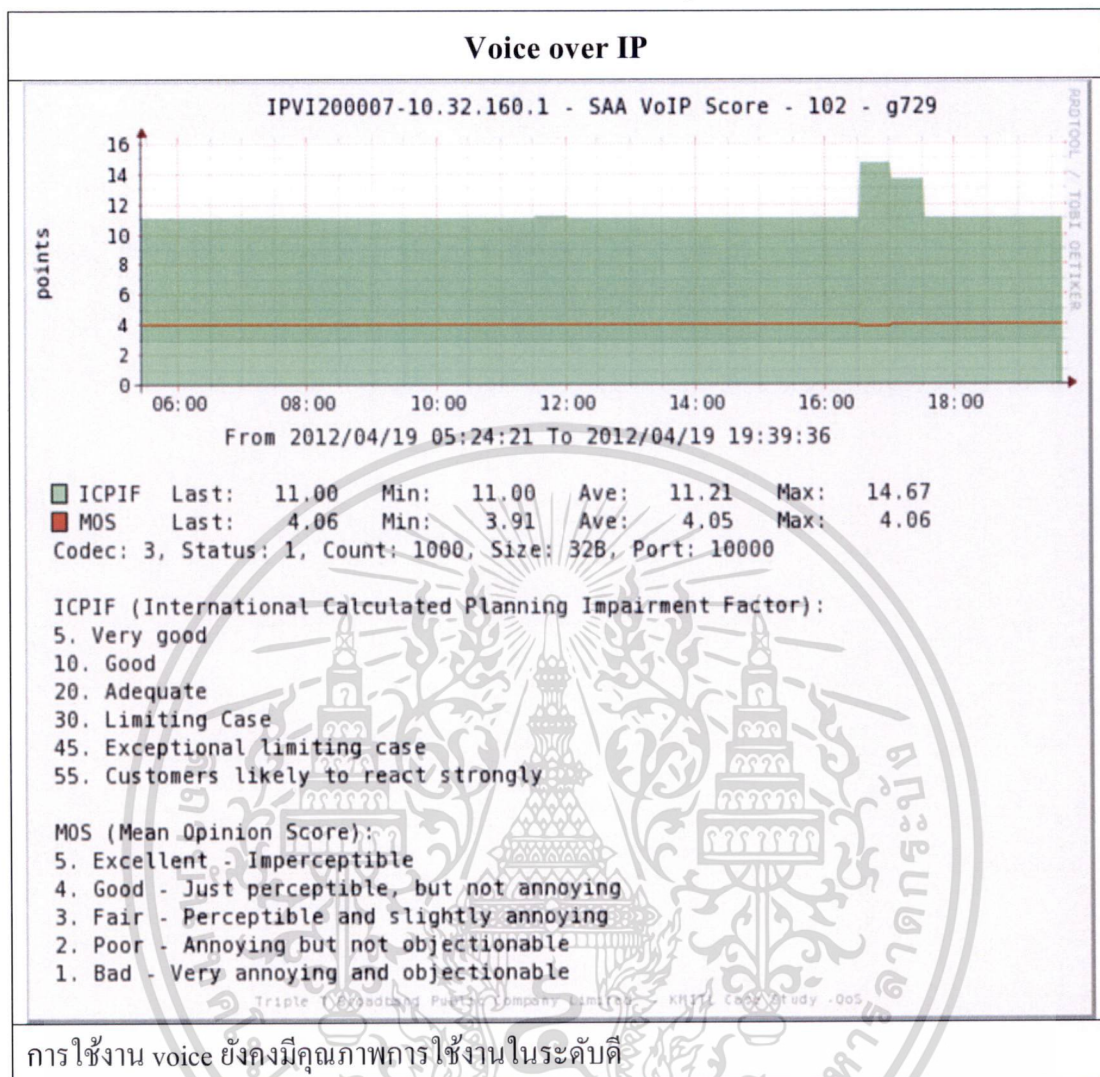
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 กราฟ IP SLA Voice Score ของ Codec g711ulaw



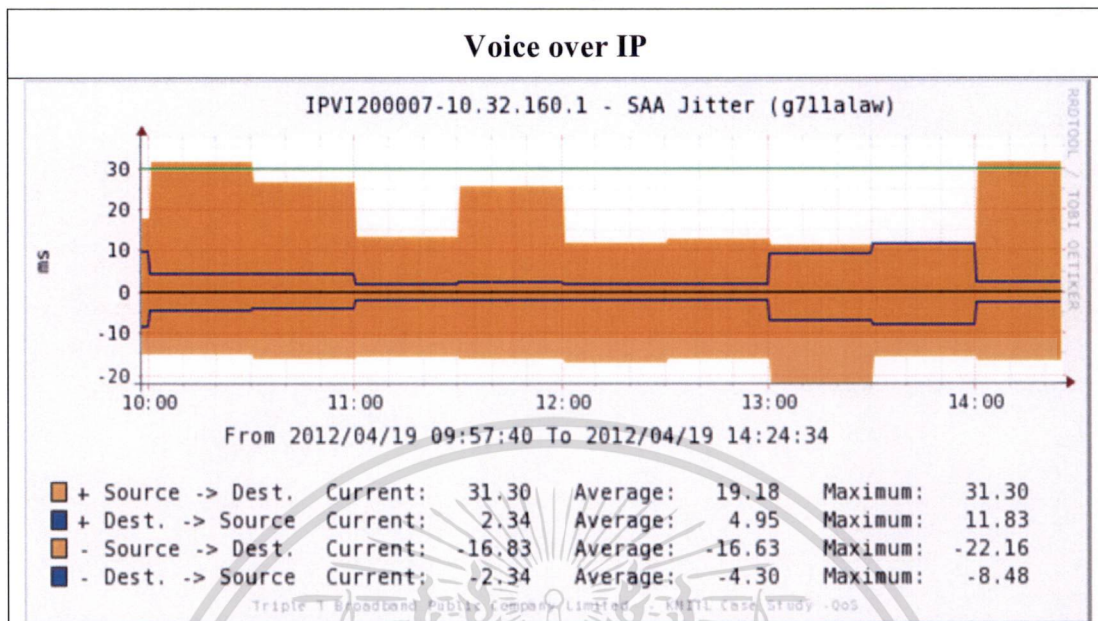
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.10 กราฟ IP SLA ผลการทำงานของ VoIP Codec g729



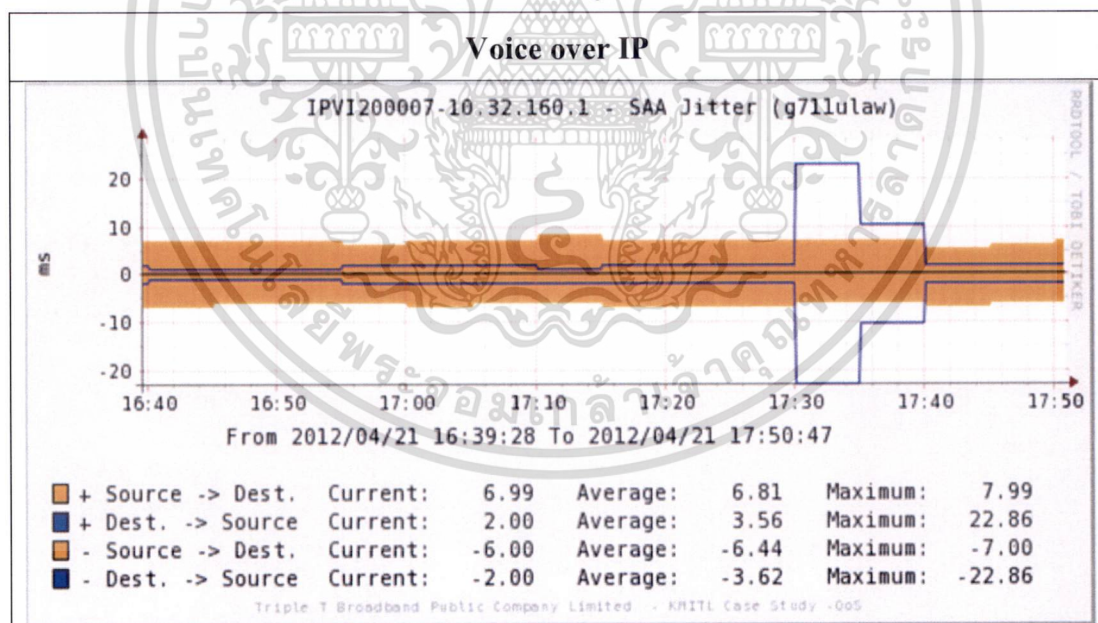
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.11 กราฟ IP SLA UDP-Jitter ของ Codec g711alaw



ค่าจitterของการใช้งาน Voice ยังคงอยู่ในช่วง threshold คือ 30ms

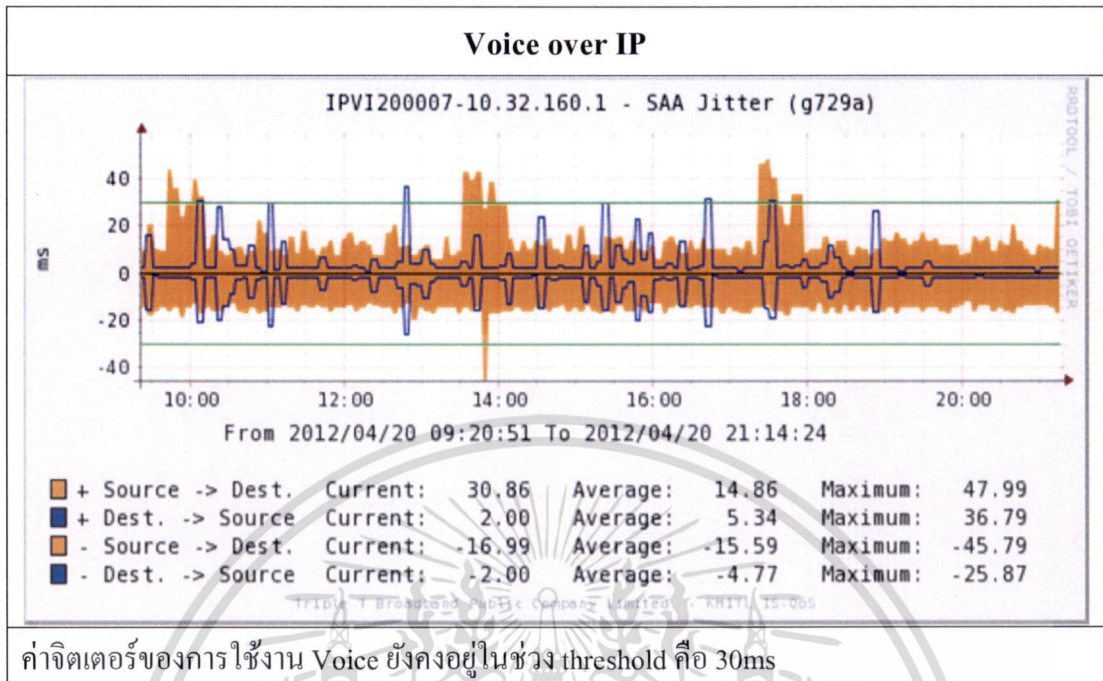
ตารางที่ 5.12 กราฟ IP SLA UDP-Jitter ของ Codec g711ulaw



ค่าจitterของการใช้งาน Voice ยังคงอยู่ในช่วง threshold คือ 30ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.13 กราฟ IP SLA UDP-Jitter ของ Codec g729



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.3 ภาพจากกล้องวงจรปิดผลจากการทำงานของ QoS



รูปที่ 5.24 ภาพจากกล้องวงจรปิดในขณะที่แบนด์วิดท์อยู่ที่ 420 Kbps

ภาพของกล้องวงจรปิดขณะที่มีการใช้งานแอปพลิเคชันอื่นๆ จนทำให้ภาพใช้งานที่แบนด์วิดท์ 420 Kbps พบว่าคุณภาพของภาพยังอยู่ในระดับดีและชัดเจนอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.25 ภาพจากกล้องวงจรปิดในขณะที่แบนด์วิดท์อยู่ที่ 740 Kbps

เมื่อไม่มีการใช้งานแอปพลิเคชันอื่นๆ กล้องวงจรปิดสามารถใช้งานในแบนด์วิดท์ที่สูงขึ้นอยู่ที่ 740 Kbps และคุณภาพของภาพอยู่ในระดับดีและมีความคมชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการพัฒนาระบบ

6.1 ผลการพัฒนาระบบ

กรณีศึกษาการติดตั้ง QoS สำหรับสำนักงานสาขาของบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต ได้นำทฤษฎีและหลักการการทำงานของ QoS โดยใช้โครงสร้างการทำงานของ Cisco Modular QoS CLI หรือ MQC โดยประกอบด้วย class ย่อยๆ ตามกลุ่มการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยทำการจัดกลุ่มโดยใช้ access control list และการ match เงื่อนไขภายใต้ class แล้วทำการสร้าง policy-map child เพื่อกำหนด action ของแต่ละ class โดยใช้เครื่องมือของ QoS ได้แก่ queuing สำหรับ class voice และ class management จะให้ priority ที่สูงกว่า class อื่นๆ แต่มีการจำกัดแบนด์วิดท์ ซึ่งเป็น queuing รูปแบบ Low latency queue (LLQ) และหากมีการใช้งานเกินโดยใช้ traffic policing แบบ single rate , single bucket เพื่อไม่ให้มีการ burst ขึ้นไปเนื่องด้วย ทั้ง 2 class ดังกล่าว ในการใช้งานตามปกติจะไม่ได้ใช้งานแบนด์วิดท์ในปริมาณมาก สำหรับ class vip ซึ่งเป็นการใช้งานอินเทอร์เน็ตภายในองค์กร class ip camera เป็นการใช้งานของกล้องวงจรปิดโดยใช้รูปแบบ queuing แบบ Class-Based WFQ (CBWFQ) จะมีการกัณฑ์แบนด์วิดท์ต่ำสุดโดยการทำ policy-map จะทำในลักษณะ hierarchical โดยมีการ shaping ไว้ที่ 85% ของแบนด์วิดท์ใน policy-map parent โดยมี policy-map child ซ้อนอยู่ข้างใน แล้วนำ policy-map parent ไป apply ภายใต้ interface ให้ทำงานด้าน output

ภายในเครือข่าย end-to-end นั้นหลังจากแพ็กเก็ตได้ออกไปจากรีเตอร์ แล้วจะผ่าน IP DSLAM ซึ่งจะมีการ marking priority ตาม traffic table ที่ได้มีการออกแบบประเภทของ traffic ที่มีการใช้งาน เช่น voice จะให้ priority มีค่า 5 เป็นต้น ซึ่งหลังจากแพ็กเก็ตได้ผ่านไปจนถึง distribution layer จะมี switch layer 3 มีการทำ LAN QoS โดยมีการกำหนด congestion management โดยใช้ wrr-queue ทั้งหมด 7 queue ตามกลุ่มของแอปพลิเคชัน และส่งไปถึงระดับ core layer ซึ่งเป็น MPLS จะมีการ match และ remark ตามเงื่อนไขของแอปพลิเคชัน

ผลจากการทำโครงการนี้ได้ทำการอัปเดต IOS เพื่อให้รองรับการทำงานจำนวน 119 ตัว และการนำ QoS ไปใช้งานแล้วจำนวน 60 สาขา ซึ่งผลการใช้งานพบว่าเจ้าหน้าที่บริการลูกค้าและผู้ดูแลระบบสามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้เร็วขึ้นและมีผลตอบรับจากการใช้งานที่ดีขึ้นตามแบบสอบถามในภาคผนวก

6.2 อุปสรรคในการพัฒนา

1. เวิร์กที่ใช้งานจริงทั้งหมดเป็น IOS รุ่นเก่า จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการอัปเดต IOS ให้เป็นเวอร์ชันที่รองรับ QoS ตามที่ได้ออกแบบไว้ อีกทั้งยังมีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระหว่างที่กำลังอัปเดตแล้วเวิร์กปลายทางเกิดไฟดับหรือถูกตัดการเชื่อมต่อในระหว่างที่กำลัง upload IOS ลงไปหรือในขณะ reload ทำให้เวิร์กไม่สามารถ boot ขึ้นได้ ส่งผลกระทบให้เจ้าหน้าที่ไม่สามารถใช้งานได้เลย

2. เนื่องจากสำนักงานแต่ละที่เปิดให้บริการทุกวันและเวลาปิดทำการไม่เท่ากัน หากตั้งอยู่ในห้างสรรพสินค้า จะมีการปิดทำการช้ากว่าในที่ตั้งอยู่ในอาคารพาณิชย์ทั่วไป ดังนั้นการอัปเดต IOS ซึ่งต้องมีการ reload เวิร์ก จะต้องดำเนินการในช่วงนอกเวลาทำการ และตามระเบียบของบริษัท เพื่อให้ไม่กระทบกับการใช้งานต้องดำเนินการหลังเที่ยงคืน ยกเว้นสาขาที่เจ้าหน้าที่แจ้งปัญหาการใช้งานมาในเวลากลางวัน จะทำการอัปเดตและ apply QoS ในตอนกลางวันในช่วงที่ไม่มีลูกค้าใช้บริการแต่เวิร์กบางตัวหลังเลิกงานมีการปิดการใช้งานทำให้ไม่สามารถ remote telnet ไปอัปเดต IOS ได้

6.3 ปัญหาและข้อจำกัด

ปัญหาและข้อจำกัดที่พบเมื่อทำการพัฒนาระบบ

1. เนื่องจากการกำหนดค่าแบนด์วิดท์ภายใต้ subinterface ขึ้นอยู่กับค่า sync speed ที่ router สามารถทำได้ เมื่อมีการกำหนดค่าไปแล้ว แต่เกิดมีปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมภายนอกส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า sync speed เปลี่ยนไป หรืออาจจะเป็นเจ้าหน้าที่คนอื่นๆ มาปรับเปลี่ยนความเร็วของพอร์ตก็จะทำให้ QoS ที่ apply ไปแล้ว sync speed ของพอร์ตกับค่าแบนด์วิดท์ไม่สัมพันธ์กัน อาจทำให้ QoS ไม่ทำงานได้
2. เนื่องจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ในโครงการนี้ไม่มี UPS ดังนั้นเมื่อเกิดไฟฟาดับ ทำให้แอปพลิเคชันที่ติดตั้งไว้ในเครื่องเซิร์ฟเวอร์ใช้งานไม่ได้ ซึ่งต้องมีการแก้ไขใหม่หลายครั้ง

บรรณานุกรม

- Kurose, J. and Ross, K. 2010. **Computer Networking**.Fifth Edition. Boston: Person Education.
- Odom, G. and Cavanaugh, M. 2009. **Cisco QOS Exam Certification Guide**. USA: Cisco Press.
- Cisco Systems. 2009. **Cisco 870 Series Integrated Services Routers for Small Offices**. [Online] Available:http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps380/ps6200/product_data_sheet0900aecd8028a976.pdf
- Cisco Systems. 2009.**Cisco IOS IP Service Level Agreements User Guide**. [Online] Available: http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk648/tk362/tk920/technologies_white_paper09186a00802d5efe.html
- Cisco Systems. 2007. **Deployment Guidelines for QOS Configuration in DSL Environment**. [Online] Available: http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5855/prod_white_paper0900aecd80645923.pdf
- Cisco Systems. 2001. **Quality of Service for Voice over IP**. [Online] Available : http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/solutions_docs/qos_solutions/QoSVoIP/QoSVoIP.html#wp1048188
- Cisco Systems. 2008. **Comparing the bandwidth and priority Commands of a QoS Service Policy**. [Online] Available :<http://www.cisco.com/application/pdf/paws/10100/priorityvsbw.pdf>
- Cisco Systems.2001. **IP Service Level Agreement (IP SLA)**. [Online] Available : http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk869/tk769/technologies_white_paper0900aecd806bfb52.html
- MHSTAR. 2011. **How to Install Cacti on CentOS 5.5**. [Online] Available : <http://www.ehowstuff.com/how-to-install-cacti-on-centos-5-5/>
- Sourceforge. 2004. **NfSen - Netflow Sensor** [Online] Available :<http://nfsen.sourceforge.net/>
- Sourceforge. 2010. **NFDUMP** [Online] Available :<http://nfdump.sourceforge.net/>
- The Cacti Group. 2010. **The Cacti Manual**. [Online] Available : <http://www.cacti.net/downloads/docs/html/>

บรรณานุกรม (ต่อ)

Tobi OetikerThe. 2011 **MRTG 2.17.4 Linux/Unix Installation Guide**. [Online]Available :

<http://oss.oetiker.ch/mrtg/doc/mrtg-unix-guide.en.html>

Wikipedia. 2011. **Asymmetric Digital Subscriber Line**. [Online] Available:

http://en.wikipedia.org/wiki/Asymmetric_Digital_Subscriber_Line



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

แบบฟอร์มแบบสอบถาม

แบบสอบถามการประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่บริการลูกค้าและผู้ดูแลระบบ ก่อนและหลังการทำ QoS โดยใช้แบบฟอร์มเดียวกัน

แบบสอบถามฉบับที่ 1

การประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่บริการลูกค้าที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันภายในองค์กร

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม : เพศ *

- หญิง
 ชาย
 ไม่ระบุ

2. อายุ *

ต่ำกว่า 20 ปี

3. สถานภาพ *

- โสด
 สมรส
 อื่นๆ

4. ระดับการศึกษาสูงสุด *

- ต่ำกว่าปริญญาตรี
 ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า
 สูงกว่าปริญญาตรี
 Other:

5. สาขาสำนักงานที่ปฏิบัติงาน *

เช่น เซ็นทรัล ชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตำแหน่งการทำงาน *

- เจ้าหน้าที่ลูกค้าสัมพันธ์ (Contact Center)
- เจ้าหน้าที่บริการลูกค้า
- เจ้าหน้าที่ Billing & Collection
- เจ้าหน้าที่ด้านธุรการ
- เจ้าหน้าที่ด้านคลังสินค้าและพัสดุ
- Other:

7. สำหรับงานบริการลูกค้าทั้งการติดตั้ง รับแจ้งเหตุเสีย ชำระเงิน ฯลฯ ท่านต้องใช้งานผ่านระบบใดบ้าง *

กรุณาระบุหากมีการใช้งานระบบอื่นๆ เพิ่มเติม

- BCS (Broadband customer system)
- Help Desk(Radius)
- Contact Center
- Google Earth
- Post System
- Cashier Management
- Other:

8. ท่านมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตภายในองค์กร อาทิเช่น BCS, Contact Center อย่างไร *

กรุณาระบุหากพบปัญหาการใช้งานอย่างไร

- ใช้งานได้ดี สามารถค้นหา ตรวจสอบข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว
- ใช้งานได้ดี แต่อาจช้าเป็นบางครั้ง
- ใช้ได้บ้าง ไม่ได้บ้าง
- ส่วนใหญ่ใช้งานไม่ค่อยได้ หลุดบ่อย ต้างบ่อย
- Other:

9. การใช้งานโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต (VoIP) *

- ใช้งานได้ดีมาก เสียงคมชัด
- ใช้งานได้ เสียงขาดหายบ้างเล็กน้อย แต่ยอมรับได้
- ใช้ได้บ้าง ไม่ได้บ้าง
- ใช้งานไม่ค่อยได้ หลุดบ่อย เสียงไม่ชัด เสียงขาดหาย
- Other:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

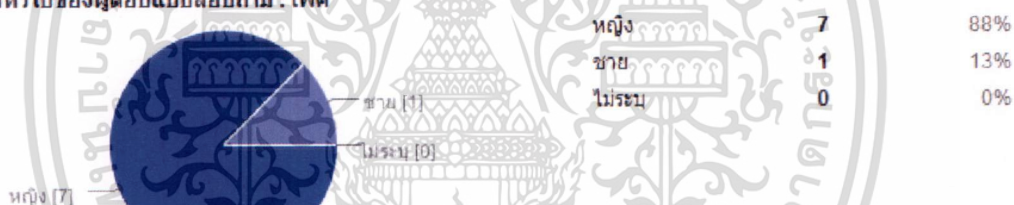
10. ท่านพึงมีความพึงพอใจในการใช้งานอินเทอร์เน็ตอย่างไร *

- ใช้งานได้ดี สามารถค้นหา ตรวจสอบข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว
- ใช้งานได้ดี แต่ช้าเป็นบางครั้ง
- ใช้งานได้บ้างไม่ได้บ้าง
- ส่วนใหญ่ใช้งานไม่ค่อยได้ หลุดบ่อย ค้างบ่อย
- Other:

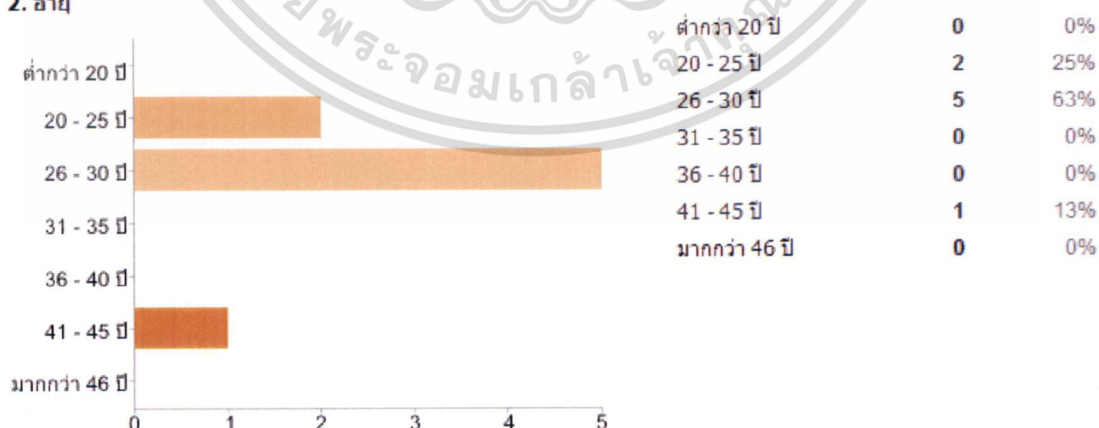
11. ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม - เจ้าหน้าที่บริการลูกค้า

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม : เพศ

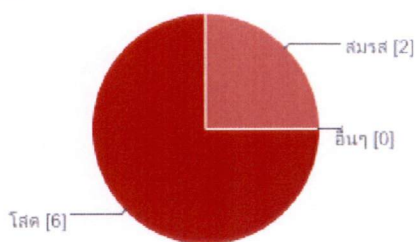


2. อายุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สถานภาพ



โสด	6	75%
สมรส	2	25%
อื่นๆ	0	0%

4. ระดับการศึกษาสูงสุด

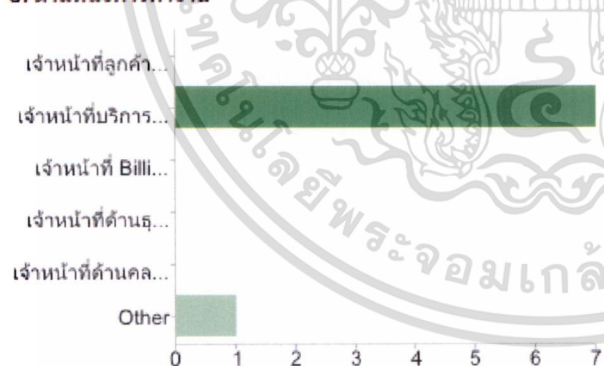


ต่ำกว่าปริญญาตรี	1	13%
ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า	7	88%
สูงกว่าปริญญาตรี	0	0%
Other	0	0%

5. สาขาสำนักงานที่ปฏิบัติงาน

ภาพสีนู้ เซ็นทรัลขอนแก่น เซ็นทรัล ขอนแก่น บิ๊กซี ขอนแก่น ดิวกอมขอนแก่น ดิวกอมขอนแก่น DPA@Central Khonkaen บิ๊กซี ลุดธานี

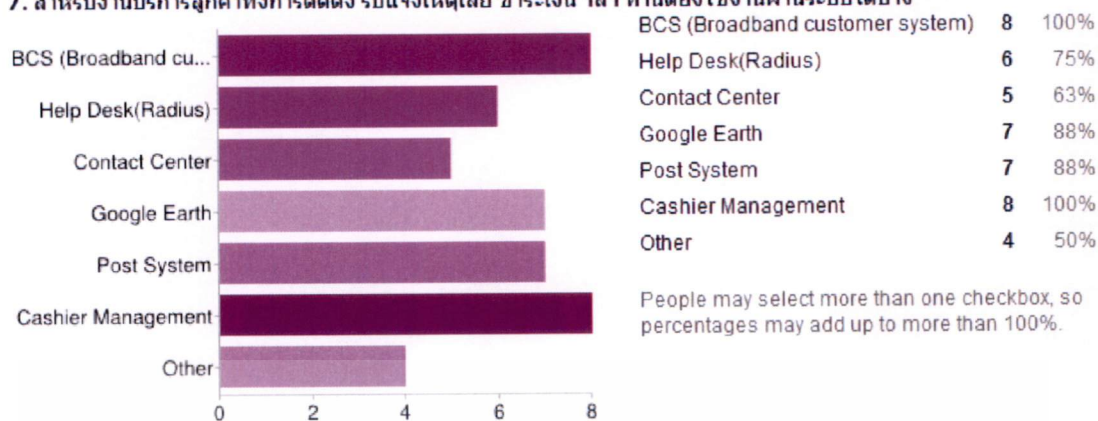
6. ตำแหน่งการทำงาน



เจ้าหน้าที่ลูกค้าสัมพันธ์ (Contact Center)	0	0%
เจ้าหน้าที่บริการลูกค้า	7	88%
เจ้าหน้าที่ Billing & Collection	0	0%
เจ้าหน้าที่ด้านธุรการ	0	0%
เจ้าหน้าที่ด้านส่งเสริมสินค้าและเงินสด	0	0%
Other	1	13%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

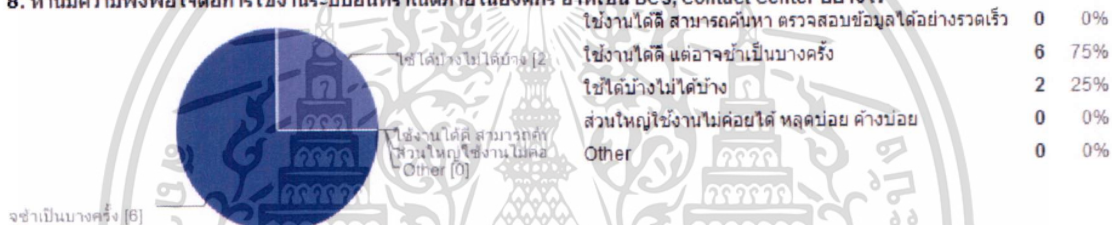
7. สำหรับงานบริการลูกค้าทั้งการติดตั้ง รับแจ้งเหตุเสีย ชำระเงิน ฯลฯ ท่านต้องใช้งานผ่านระบบใดบ้าง



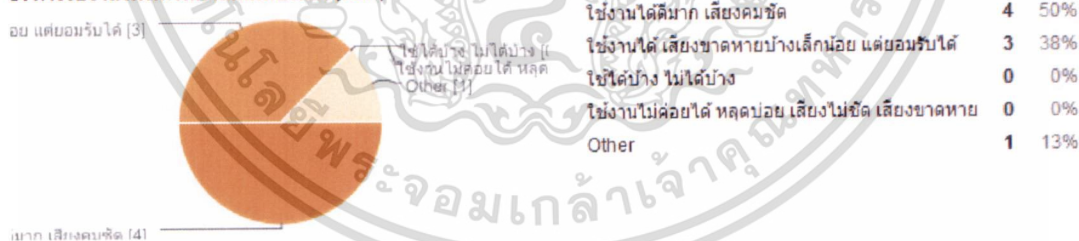
People may select more than one checkbox, so percentages may add up to more than 100%.

ผลการประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่บริการลูกค้า “ก่อน” ทำ OoS

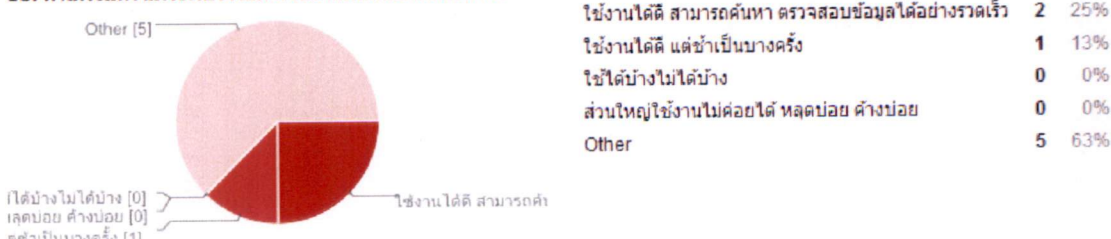
8. ท่านมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตภายในองค์กร อาทิเช่น BCS, Contact Center อย่างไร



9. การใช้งานโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต (VoIP)



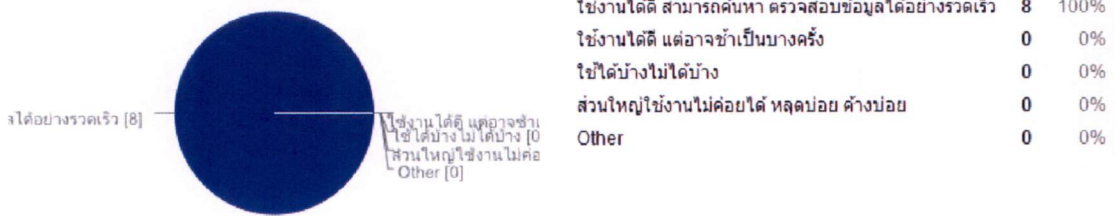
10. ท่านพึงมีความพึงพอใจในการใช้งานอินเทอร์เน็ตอย่างไร



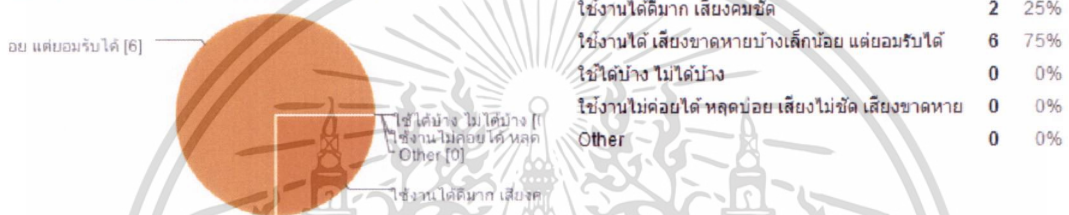
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่บริการลูกค้า “หลัง” ทำ QoS

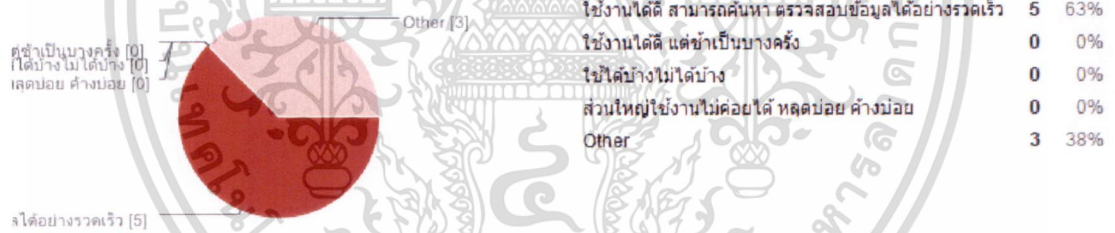
8. ท่านมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบอินทราเน็ตภายในองค์กร อาทิเช่น BCS, Contact Center อย่างไร



9. การใช้งานโทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต (VoIP)



10. ท่านมีความพึงพอใจในการใช้งานอินเทอร์เน็ตอย่างไร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามฉบับที่ 2

การประเมินความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบที่มีต่อการดูแลบริหารจัดการอุปกรณ์ของสำนักงาน

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม : เพศ *

- หญิง
- ชาย
- ไม่ระบุ

2. อายุ *

ต่ำกว่า 20 ปี

3. สถานภาพ *

- โสด
- สมรส
- อื่นๆ

4. ระดับการศึกษาสูงสุด *

- ต่ำกว่าปริญญาตรี
- ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า
- ปริญญาโท
- ปริญญาเอก
- Other:

5. หน่วยงานต้นสังกัด *

- Core Network ส่วนกลาง จ.นนทบุรี
- Cluster ส่วนภูมิภาค

6. ตำแหน่งการทำงาน *

- ช่างเทคนิค
- Engineer
- Senior Engineer
- Supervisor
- Other:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ในการดูแลบริหารจัดการอุปกรณ์ ท่านได้รับผิดชอบในส่วนใดบ้าง *

- ติดตั้ง แก๊ซ ปรับปรุงการใช้งาน configure เเราเตอร์
- ติดตั้ง แก๊ซ กล้องวงจรปิด
- Monitor กล้องวงจรปิด
- Other:

8. ท่านมีความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการเราเตอร์อย่างไร *

กรณีการพบปัญหาการใช้งานอย่างอื่น

- Ping/Telnet ตอบสนองอย่างรวดเร็ว
- Ping/Telnet ตอบสนองค่อนข้างช้า ช้าบ้างเร็วบ้าง
- Ping/Telnet ตอบสนองช้ามาก หรือไม่ตอบสนอง
- Other:

9. ท่านมีความพึงพอใจต่อคุณภาพของภาพจากกล้องวงจรปิดอย่างไร *

- ภาพคมชัดมาก
- ภาพคมชัด มีกระดกบ้างเล็กน้อย
- ภาพไม่ชัด ไม่สามารถระบุบุคคลหรือวัตถุได้
- ภาพไม่ขึ้น ใช้งานได้บ้างไม่ได้บ้าง

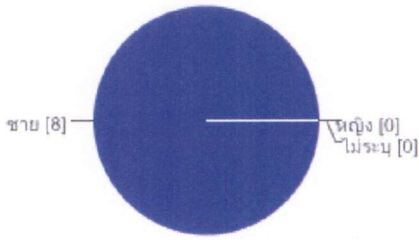
10. ข้อเสนอแนะ

Submit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

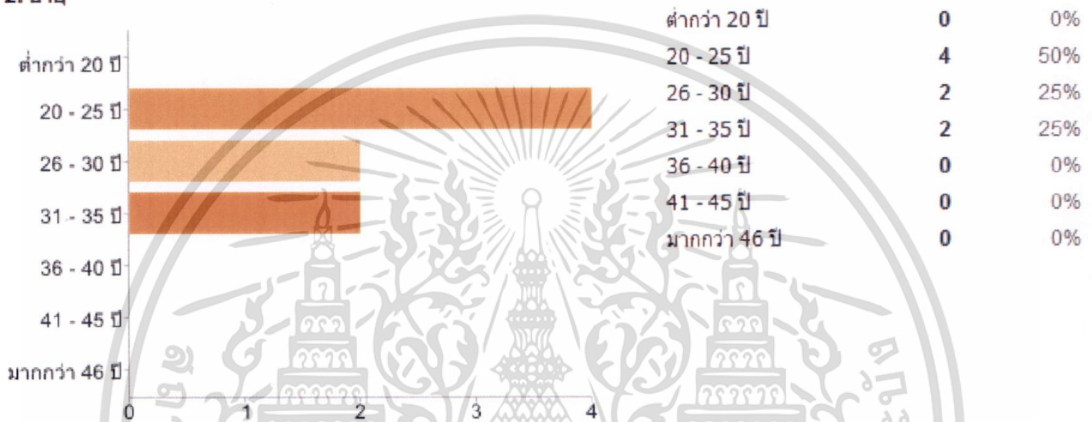
ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม – ผู้ดูแลระบบ

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม : เพศ

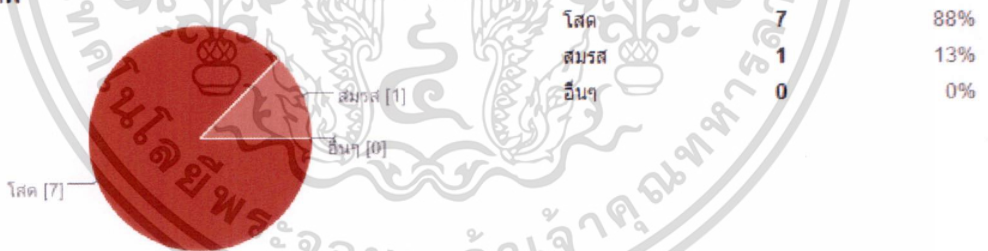


หญิง	0	0%
ชาย	8	100%
ไม่ระบุ	0	0%

2. อายุ

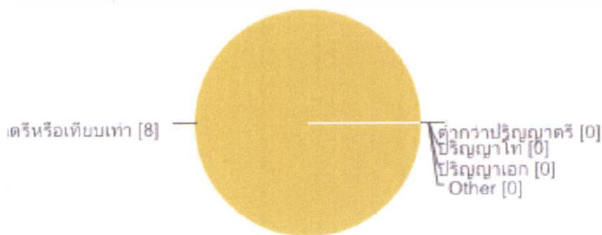


3. สถานภาพ



โสด	7	88%
สมรส	1	13%
อื่นๆ	0	0%

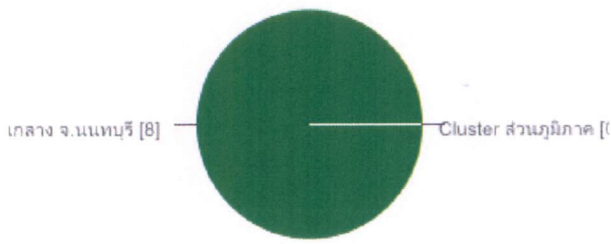
4. ระดับการศึกษาสูงสุด



ต่ำกว่าปริญญาตรี	0	0%
ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า	8	100%
ปริญญาโท	0	0%
ปริญญาเอก	0	0%
Other	0	0%

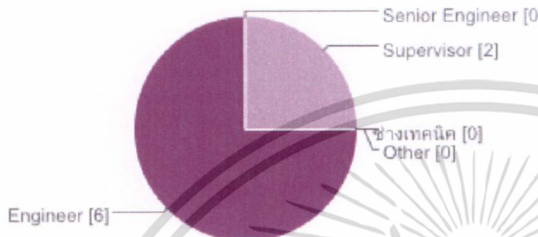
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หน่วยงานต้นสังกัด



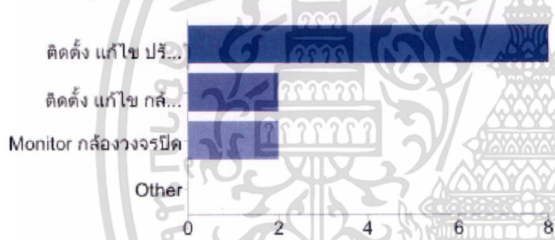
Core Network ส่วนกลาง จ.นนทบุรี	8	100%
Cluster ส่วนภูมิภาค	0	0%

6. ตำแหน่งการทำงาน



ช่างเทคนิค	0	0%
Engineer	6	75%
Senior Engineer	0	0%
Supervisor	2	25%
Other	0	0%

7. ในการดูแลบริหารจัดการอุปกรณ์ ท่านได้รับผิดชอบในส่วนใดบ้าง



ติดตั้ง แก้ไข ปรับปรุงการใช้งาน configure เซิร์ฟเวอร์	8	100%
ติดตั้ง แก้ไข กล้องวงจรปิด	2	25%
Monitor กล้องวงจรปิด	2	25%
Other	0	0%

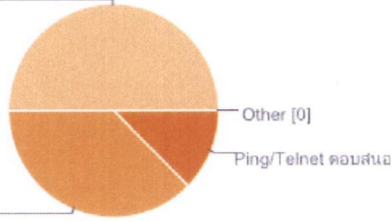
People may select more than one checkbox, so percentages may add up to more than 100%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบ “ก่อน” ทำ QoS

8. ท่านมีความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการเราเตอร์อย่างไร

เรือไม่ตอบสนอง [4]

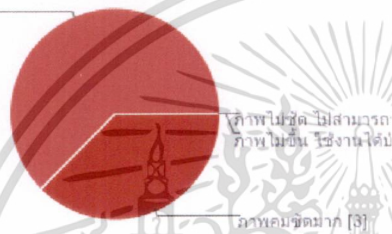


Ping/Telnet ตอบสนองอย่างรวดเร็ว	1	13%
Ping/Telnet ตอบสนองค่อนข้างช้า เข้าบ้างเร็วบ้าง	3	38%
Ping/Telnet ตอบสนองช้ามาก หรือไม่ตอบสนอง	4	50%
Other	0	0%

เข้าบ้างเร็วบ้าง [3]

9. ท่านมีความพึงพอใจต่อคุณภาพของภาพจากกล้องวงจรปิดอย่างไร

ตึกบ้างเล็กโอบ [5]



ภาพคมชัดมาก	3	38%
ภาพคมชัด มีกระตุกบ้างเล็กน้อย	5	63%
ภาพไม่ชัด ไม่สามารถระบุบุคคลหรือวัตถุได้	0	0%
ภาพไม่ชัด ใช้งานได้บ้างไม่ได้บ้าง	0	0%

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบ “หลัง” ทำ QoS

8. ท่านมีความพึงพอใจต่อการบริหารจัดการเราเตอร์อย่างไร

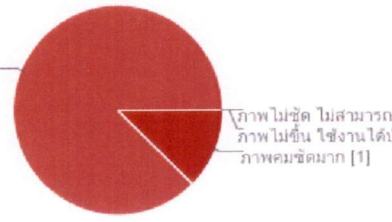
ตอบสนองอย่างรวดเร็ว [8]



Ping/Telnet ตอบสนองอย่างรวดเร็ว	8	100%
Ping/Telnet ตอบสนองค่อนข้างช้า เข้าบ้างเร็วบ้าง	0	0%
Ping/Telnet ตอบสนองช้ามาก หรือไม่ตอบสนอง	0	0%
Other	0	0%

9. ท่านมีความพึงพอใจต่อคุณภาพของภาพจากกล้องวงจรปิดอย่างไร

ตึกบ้างเล็กน้อย [7]



ภาพคมชัด มีกระตุกบ้างเล็กน้อย	7	88%
ภาพคมชัดมาก	1	13%
ภาพไม่ชัด ไม่สามารถระบุบุคคลหรือวัตถุได้	0	0%
ภาพไม่ชัด ใช้งานได้บ้างไม่ได้บ้าง	0	0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นางสาวอังครา จินดาภรณ์
วันเดือนปีเกิด	25 มกราคม 2526
สถานที่เกิด	สุราษฎร์ธานี
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (คอมพิวเตอร์)
สถานที่สำเร็จการศึกษา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2548
การทำงาน	วิศวกร ส่วนงานปฏิบัติการเครือข่ายหลัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้