



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตตรงเช่าเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

A Study and Analysis of Leased Line Internet Traffic Characteristic to Improve Quality of Service

นามผู้วิจัย นายสิริพงศ์ สิทธิไชยนันท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์มงคล รักษาพัชรวงค์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์มงคล รักษาพัชรวงค์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรเช่าเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

A Study and Analysis of Leased Line Internet Traffic Characteristic to Improve Quality of Service

โดย

นายสิริพงศ์ สิทธิชัยนันท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2553

สิริพงษ์ สิทธิไชยพันธ์ 2553: การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของกราฟฟิคอินเตอร์เน็ต
วงจรเช่าเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ปริญญาวิศวกรรม
ศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์มงคล รักษาพัชรวงค์, Ph.D. 126 หน้า

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางในการบริหารจัดการแบนด์วิธที่มีอยู่อย่าง
จำกัดของอินเทอร์เน็ตวงจรเช่าที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง เพื่อปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการให้
สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของกราฟฟิคอินเตอร์เน็ตวงจรเช่าเพื่อทำการ
กำหนดความสำคัญก่อนหลังของโปรโตคอลที่ใช้งาน และทำการเปรียบเทียบอัตราการใช้งานของ
แต่ละโปรโตคอล อัตราการตัดทิ้งของกราฟฟิค และเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลก่อนและ
หลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ เป็นผลให้สามารถใช้งานแบนด์วิธที่มีอยู่อย่าง
จำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการกำหนดแนวทางดังกล่าวผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสามารถช่วยเพิ่มอัตราการใ้
งานในกราฟฟิคของโปรโตคอลที่มีความสำคัญสูงกว่าให้มากขึ้น ลดอัตราการตัดทิ้งของกราฟฟิค
ให้น้อยลง และลดเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูล

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Siripong Sittichaiyanan 2010: A Study and Analysis of Leased Line Internet Traffic
Characteristic to Improve Quality of Service. Master of Engineering (Electrical
Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering.
Thesis Advisor: Associate Professor Mongkol Raksapatcharawong, Ph.D. 126 pages.

The purpose of this research is to present method to manage the limited bandwidth of leased line internet at router to improve quality of service and transit data through internet network with higher speed and selected priority.

Leased line internet traffic characteristics are studied and analyzed to arrange priority of using protocol. The research also compares protocol traffic rate, drop rate of traffic and transferring response time before and after improving quality of service. The results show the limited bandwidth can be use with higher efficiency.

The proposed method can increase protocol traffic rate with the highest priority. Drop rate of traffic and transferring response time will be reduced.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

___ / ___ / ___

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ .ดร.มงคล รักษาพัชรวงษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา
ในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบ
ความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอกราบขอบพระคุณ คนใน
ครอบครัวทุกท่าน และ เพื่อนพนักงานบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ที่ได้สนับสนุนช่วยเหลือและ
เป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ และ
คณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

สิริพงศ์ สิทธิไชนันท์

พฤษภาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	58
อุปกรณ์	58
วิธีการ	58
ผลและวิจารณ์	61
ผล	61
วิจารณ์	106
สรุปและข้อเสนอแนะ	108
สรุป	108
ข้อเสนอแนะ	111
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	112
ภาคผนวก	114
ภาคผนวก ก เวิร์ดชีตโค้ดระบุ 2800	115
ภาคผนวก ข บทความที่ผ่านการนำเสนอการประชุมวิชาการทางวิศวกรรม ไฟฟ้า ครั้งที่ 32 (EECON 32)	121
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	126

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 รูปแบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบเชื่อถือได้	40
2 ผลการจำแนกกราฟฟิคและทำเครื่องหมายให้เพื่กเกิดในแต่ละกลุ่ม	75
3 ผลการจัดการความคับคั่งของกราฟฟิคในแต่ละคิว	80
4 ผลการวิจัยเปรียบเทียบระหว่างก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการกับ หลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ	84
5 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทำการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก	87
6 ผลการทดลองในการทำการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก	87
7 ผลการวิจัยเปรียบเทียบระหว่างก่อนที่จะทำการใช้เทคนิคการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรก โดยเฉลี่ยน้ำหนักกับหลังใช้	91
8 ผลการทดลองกระบวนการควบคุมกราฟฟิค	93
9 เปรียบเทียบอัตราการตัดทิ้งและเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลก่อนและหลัง ปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนคอนสานวิทยาคม	100
10 เปรียบเทียบอัตราการตัดทิ้งและเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลก่อนและหลัง ปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์	104
11 เปรียบเทียบกระบวนการทำงานของซีพียูที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง	106
ตารางผนวกที่	
ก1 ลักษณะเฉพาะเบื้องต้นของอุปกรณ์ซีส โก้ตระกูล 2800	118
ก2 ลักษณะเฉพาะเบื้องต้นของอุปกรณ์ซีส โก้รุ่น 2851	119

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	7
2	9
3	9
4	23
5	24
6	29
7	29
8	37
9	38
10	43
11	44
12	45
13	45
14	46
15	47
16	48
17	50
18	51
19	51
20	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
21	แสดงหลักการทำงานของแบบบรรจุเครื่องหมายเดี่ยว	53
22	แสดงหลักการทำงานของแบบบรรจุเครื่องหมายคู่	54
23	แสดงการถูกส่งผ่านของกราฟฟิกด้วยวิธีแบบบรรจุเครื่องหมายคู่	55
24	แสดงกราฟฟิกของการกำหนดแบนด์วิดท์แบบการคงสภาพกราฟฟิก	56
25	แสดงหลักการทำงานของ การคงสภาพกราฟฟิก	56
26	แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในประเทศเฉลี่ยใน 1 เดือน	62
27	แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกต่างประเทศเฉลี่ยใน 1 เดือน	62
28	แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลในประเทศเฉลี่ยใน 1 เดือน	63
29	แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลต่างประเทศเฉลี่ยใน 1 เดือน	63
30	แสดงรูปแบบการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์ก แบบแยกกราฟฟิกในประเทศและต่างประเทศ	65
31	แสดงแบบจำลองวงจรอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กที่มีขนาดแบนด์วิดท์ 512 Kbps	65
32	แสดงซอฟต์แวร์เน็ตเวิร์กกราฟฟิกเจเนอเรเตอร์ในส่วนของไคลเอนต์	66
33	แสดงซอฟต์แวร์เน็ตเวิร์กกราฟฟิกเจเนอเรเตอร์ในส่วนของเซิร์ฟเวอร์	67
34	แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กก่อนที่จะทำการปรับปรุง คุณภาพของการให้บริการ	68
35	แสดงอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กก่อนที่จะทำการ ปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ	68
36	แสดงเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางก่อนที่จะทำการปรับปรุง คุณภาพของการให้บริการ	69
37	แสดงกระบวนการและขั้นตอนในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการกราฟฟิก อินเทอร์เน็ตเนตเวิร์ก	70
38	แสดงกระบวนการทำงานในการจำแนกกราฟฟิกโดยแบ่งโปรโตคอลออกมา เป็นกลุ่ม ๆ	71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
39 แสดงคำรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการของกราฟฟิกรอินเทอร์เน็ตที่ยัง ไม่มีการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต	73
40 แสดงกระบวนการทำงานในการจำแนกกราฟฟิกรโดยใช้รหัสประจำตัว ความแตกต่างการบริการ	74
41 แสดงคำรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการของกราฟฟิกรโปรโตคอลเอชทีทีพี ที่มีการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต (AF 31)	76
42 แสดงคำรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการของกราฟฟิกรโปรโตคอลไอซีเอ็มพี ที่มีการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต (CS 1)	77
43 แสดงปริมาณกราฟฟิกรในแต่ละ โปรโตคอลที่เข้ามาหลังจากทำการทำเครื่องหมาย ให้แพ็คเก็ต	78
44 แสดงกระบวนการจัดการความคับคั่งของกราฟฟิกร	79
45 แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกรอินเทอร์เน็ตดวงจรเข้าหลังจากทำการปรับปรุง คุณภาพของการให้บริการ	82
46 แสดงอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตกราฟฟิกรอินเทอร์เน็ตดวงจรเข้าหลังจากทำการ ปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ	82
47 แสดงเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางหลังจากทำการปรับปรุง คุณภาพของการให้บริการ	83
48 แสดงปริมาณกราฟฟิกรในแต่ละ โปรโตคอลที่เข้ามาหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพ ของการให้บริการ	85
49 แสดงกระบวนการทำงานของการคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก	86
50 แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกรอินเทอร์เน็ตดวงจรเข้าหลังจากทำการใช้เทคนิค การคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
51	แสดงอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเกจกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตดวงจรเช่าหลังจากทำการใช้เทคนิคการคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก	89
52	แสดงเปอร์เซ็นต์ชี้พื้การทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางหลังจากทำการใช้เทคนิคการคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก	90
53	แสดงการทำงานของการทำงานการคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักในงานวิจัยโดยใช้โปรโตคอลดีเอสซีพี	92
54	แสดงแผนผังการทำงานของการทำงานควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลา	94
55	แสดงผลการทดลองควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลา	96
56	แสดงปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ของโรงเรียนคอนสานวิทยาคม	98
57	แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนคอนสานวิทยาคม	98
58	แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลหลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนคอนสานวิทยาคม	100
59	แสดงปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ของโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์	101
60	แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์	102
61	แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลหลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์	103
62	แสดงข้อมูลภาพจากเว็บไซต์ก่อนทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ	105
63	แสดงข้อมูลภาพจากเว็บไซต์หลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ	105
ภาพผนวกที่		
ก1	แสดงอุปกรณ์ซิสโก้ตระกูล 2800	117

การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรเช่าเพื่อ
กำหนดแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

A Study and Analysis of Leased Line Internet Traffic Characteristic
to Improve Quality of Service

คำนำ

องค์กรธุรกิจ หน่วยงานราชการ หรือสถาบันการศึกษาต่างๆ ในปัจจุบันจำเป็นต้องมีความคล่องตัวในการรับส่งข้อมูลข่าวสารตลอดจนการค้นหาข้อมูลต่างๆ ทั้งจากภายใน ภายนอกองค์กร และทั่วโลกเพื่อให้สอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีสื่อสาร หากธุรกิจขององค์กรเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตวงจรเช่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารทั้งในและนอกองค์กรและเพิ่มความคล่องตัวในการใช้บริการอินเทอร์เน็ตให้แก่องค์กรต่างๆ มากขึ้น

เนื่องจากในปัจจุบันนี้มีความต้องการใช้งานอินเทอร์เน็ตวงจรเช่า (Leased Line Internet) เป็นจำนวนมากไม่ว่าจะใช้ เพื่อทางธุรกิจ ความบันเทิง หรือการเรียนการสอน เป็นต้น ทำให้มีการขอใช้บริการจากผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ อย่างไม่มีขีดจำกัด จึงทำให้แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตและผู้ขอใช้บริการแต่ละรายที่มีอยู่อย่างจำกัดมีปริมาณคับคั่ง ซึ่งไม่สามารถที่จะขยายแบนด์วิดท์ได้ เนื่องจากมีความจำกัดในเรื่องของปัจจัยต่างๆ เช่น งบประมาณที่มีอยู่ขององค์กรในสถานะเศรษฐกิจที่ตกต่ำ ณ ปัจจุบัน หรือ โครงสร้างทางระบบเครือข่ายภายในขององค์กร เป็นต้น ปัญหาต่างๆ เหล่านี้จึงทำให้ความเร็วในการใช้งานอินเทอร์เน็ตช้าเกิดขึ้น มีการใช้งานทราฟฟิก (Traffic) อินเทอร์เน็ตอย่างไม่เป็นระบบระเบียบ มีอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกสูง และเวลาของการล่าช้าในการส่งข้อมูลสูง

ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของโครงการนี้จะทำอย่างไรให้สามารถบริหารงานแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีการไหลเวียนของทราฟฟิกอยู่ตลอดเวลา โดยโครงการนี้จะทำการใช้อุปกรณ์

จัดเส้นทางทราฟฟิกหรือเราเตอร์ (Router) ที่มีอยู่มาทำการบริหารงานแบนด์วิดท์ โดยให้ความสำคัญก่อนหลังของโปรโตคอล (Protocol) ที่ใช้งาน ในกรณีที่แบนด์วิดท์ที่ใช้งานอยู่มีปริมาณคับคั่ง ทราฟฟิกของโปรโตคอลไหนสำคัญกว่าก็จะให้สิทธิ์ไปก่อน ซึ่งในการบริหารงานแบนด์วิดท์ที่เกิดขึ้นจะทำการศึกษาและวิเคราะห์ตามคุณลักษณะของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

โครงการนี้หวังว่าจะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ในเรื่องของ การใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์ก โดยจะช่วยเพิ่มอัตราการใช้งานในทราฟฟิกของโปรโตคอลที่มีความสำคัญสูงกว่าให้มากขึ้น แทนที่จะให้แต่ละโปรโตคอลแย่งการใช้งานแบนด์วิดท์อย่างไม่มีระบบระเบียบ ช่วยลดอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกให้น้อยลง และช่วยลดเวลาของการล่าช้าในการส่งข้อมูล

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์รวม

สามารถทำให้มีการใช้งานกราฟฟิกรอินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่าในแบนด์วิดท์ที่มีการใช้งานอยู่ อย่างจำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และช่วยลดค่าใช้จ่ายขององค์กรที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นในการ ที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการงานอินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่าในรูปแบบต่างๆ โดยทำการใช้อุปกรณ์จัด เส้นทางกราฟฟิกรหรือเราเตอร์ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามรูปแบบที่โครงการนี้ได้วางแผนไว้

วัตถุประสงค์หลัก

จุดมุ่งหมายหลักของงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของอินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่า
2. สร้างแนวทางการบริหารงานแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีการไหลเวียนของกราฟ ฟิกรอยู่ตลอดเวลา โดยพิจารณาจากความสำคัญก่อนหลังของโปรโตคอลที่ใช้งานของอินเทอร์เน็ต วงจรเช่า
3. สามารถลดอัตราการตัดทิ้งของกราฟฟิกรให้น้อยลง และลดเวลาของการล่าช้าในกา รส่ง ข้อมูล
4. สามารถลดค่าใช้จ่ายภายในองค์กรในการเพิ่มประสิทธิภาพของการงานอินเทอร์เน็ต วงจรเช่า โดยใช้อุปกรณ์จัดเส้นทางกราฟฟิกรที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การตรวจเอกสาร

แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรถ่วงเช่า คือ การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรถ่วงเช่าเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ซึ่งจะต้องทราบถึงพฤติกรรมการใช้งานของทราฟฟิก ทฤษฎี และหลักการในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการและการบริหารจัดการ อุปกรณ์จัดเส้นทางทราฟฟิกที่มี อยู่ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทำงานและจำแนกทราฟฟิกใน ระดับเลเยอร์ 3 (โพรโตคอลไอพีดีเอสซีพี และไอพีพีซีเคนซ์) และ 4 (โพรโตคอลทีซีพี และยูดีพี) ตามมาตรฐานของไอเอสไอโมเดล โดยจะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก เพราะสามารถทำงานได้หลากหลายมากขึ้น นับตั้งแต่การจัดทำเอกสาร การจัดทำงบประมาณจนถึงการดูหนัง ฟังเพลง เมื่อมีเครื่องคอมพิวเตอร์มีจำนวนมากขึ้น ก็ได้มีการนำมาเชื่อมโยงกันเพื่อให้เกิดการสื่อสารอ้างอิง แลกเปลี่ยนข้อมูลได้ ทำให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างมาก เพราะสามารถรับส่งข้อมูลได้ และสามารถกระทำได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

โครงสร้าง และ องค์ประกอบของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เครือข่ายอินเทอร์เน็ตย่อย ซึ่งถูกสร้างขึ้น โดยบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (Internet Service Provider: ISP) และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยแห่งต่างๆ รวมทั้งเครือข่ายย่อยอื่น เช่น ระบบเครือข่ายหน่วยงาน หนึ่งในภาครัฐได้รับการเชื่อมต่อกัน โดยเครือข่ายขนส่งข้อมูลที่เรียกว่า เครือข่ายแบ็คโบน (Backbone Network)

เครือข่ายแบ็คโบนอาจดำเนินการโดยบริษัท หรือกลุ่มบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต หรือจัดตั้งขึ้นและดำเนินการโดยองค์กรร่วม (Consortium) เครือข่ายแบ็คโบนส่วนใหญ่จะใช้สายส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูง โดยมีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

1. บริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (Internet Service Providers) เป็นบริษัทซึ่งเปิดให้บริการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับองค์กรธุรกิจต่างๆ สถาบันการศึกษา และบุคคลทั่วไป โดยอาจมีขอบเขตให้บริการลูกค้าในเฉพาะเขตพื้นที่จำกัด เช่น ในระดับจังหวัด ภูมิภาค หรืออาจมีขอบเขตให้บริการครอบคลุมในระดับประเทศ หรือระดับนานาชาติก็ได้

2. เครือข่ายแบ็คโบน (Backbone Network) ทำหน้าที่เชื่อมต่อเครือข่ายย่อยๆ เข้าด้วยกัน เครือข่ายแบ็คโบนนี้ดำเนินการโดยบริษัท หรือกลุ่มบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ เครือข่ายแบ็คโบน ยังมีทั้งที่จัดตั้งขึ้นเพื่อการเชื่อมต่อภายในประเทศเพื่อการเชื่อมต่อระหว่างประเทศ และเพื่อให้บริการในระดับนานาชาติ

การทำงานของอินเทอร์เน็ต

ปัจจุบันมีผู้ใช้อินเทอร์เน็ตเป็นจำนวนมากทั่วโลกและกำลังมีสมาชิกผู้ใช้เพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งแต่ละคนใช้คอมพิวเตอร์ต่างรุ่นต่างแบบกัน เมื่อเราต้องการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เหล่านี้เข้าด้วยกัน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการสื่อสารกลาง เพื่อให้คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องสามารถเข้าใจกันได้ การสื่อสารกลางนี้มีชื่อเรียกทางเทคนิคว่า โพรโตคอล (Protocol) โพรโตคอลมาตรฐานที่ใช้ในการสื่อสารบนอินเทอร์เน็ตมีชื่อเรียกว่า ทีซีพีไอพี (TCP/IP)

เครื่องคอมพิวเตอร์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสื่อสารระหว่างกันโดยโพรโตคอลทีซีพีไอพี ข้อมูลที่ส่งจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ เรียกว่า แพ็คเก็ต (Packet) แล้วทำหน้าที่ไปยังผู้รับด้วยการกำหนดไอพีแอดเดรส (IP Address) เช่น สมมติเราส่งอีเมลล์ไปหาใครสักคนอีเมลล์ของเราก็จะถูกแบ่งออกเป็นแพ็คเก็ต ขนาดเล็กๆ หลายๆ แพ็คเก็ตซึ่งแต่ละแพ็คเก็ตจะกำหนดไปถึงผู้รับเดียวกัน จากนั้น

แพ็คเกจเหล่านี้ก็จะวิ่งรวมไปกับแพ็คเกจของคนอื่นๆ ด้วย ทำให้แพ็คเกจของเราอาจจะไม่ได้เรียงติดต่อกันในสายการเดินทางของข้อมูลแพ็คเกจพวกนี้จะวิ่งผ่านชุมทาง (Gateway) ต่างๆ โดยตัวชุมทางจะอ่านที่อยู่ที่อยู่หน้า แล้วจะบอกทิศทางที่ไปปลายทางของแต่ละแพ็คเกจว่าจะวิ่งไปในทิศทางไหนที่ว่างอยู่แพ็คเกจก็จะวิ่งไปตามทิศทางนั้น เมื่อไปถึง ชุมทางใหม่ก็จะถูกกำหนดเส้นทางให้วิ่งไปยังชุมทางที่อยู่ถัดไป จนกว่าจะถึงเครื่องปลายทาง เช่น เราติดต่อกับเครื่องในอเมริกา อาจจะต้องผ่าน ชุมทางถึง 10 แห่ง เมื่อแพ็คเกจวิ่งมาถึงปลายทางแล้ว เครื่องปลายทางก็จะเอาแพ็คเกจเหล่านั้นมาเก็บสะสมจนกว่าจะครบ จึงจะเรียงต่อกลับคืนให้เป็นข้อมูลสมบูรณ์แบบตามความเป็นจริง

ทีซีพีไอพี (Transmission Control Protocol/Internet Protocol: TCP/IP)

เป็นชุดของโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายมากในปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถใช้สื่อสารจากต้นทางข้ามเครือข่ายไปยังปลายทางได้ และสามารถหาเส้นทางที่จะส่งข้อมูลไปตัวเองโดยอัตโนมัติ ถึงแม้ว่าในระหว่างทางอาจจะผ่านเครือข่ายที่มี ปัญหา โปรโตคอลก็ยังค้นหาเส้นทางอื่นในการส่งผ่านข้อมูลไปให้ถึงปลายทางได้ ภาษาสื่อสารมาตรฐานที่ชื่อว่า ทีซีพีไอพี เป็นภาษาหลักตั้งนั้นหากเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นเครื่องระดับไมโครคอมพิวเตอร์ มินิคอมพิวเตอร์ หรือเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ ก็สามารถเชื่อมโยงเข้าสู่อินเทอร์เน็ตได้ (Stevens, 1994)

1. วัตถุประสงค์ของทีซีพีไอพี

ทีซีพีไอพีมีจุดประสงค์ของการสื่อสารตามมาตรฐาน สามประการคือ

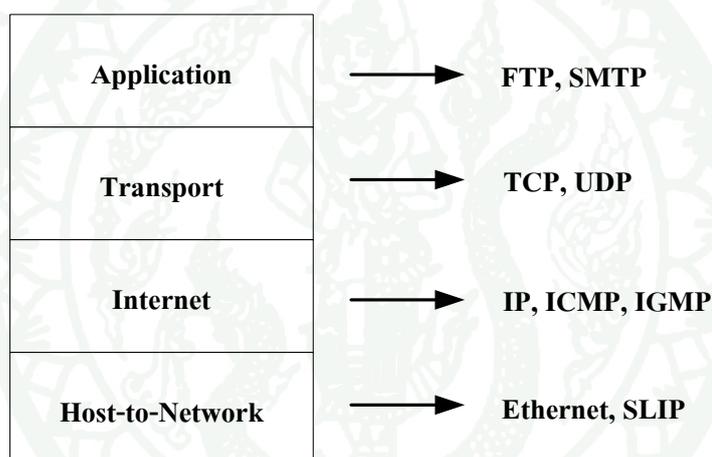
1.1 เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างระบบที่มีความแตกต่างกัน

1.2 ความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเครือข่าย เช่น ในกรณีที่อยู่ส่งและผู้รับยังคงมีการติดต่อกันอยู่ แต่จุดเชื่อมต่อ (Node) กลางที่ใช้เป็นผู้ช่วยรับ ส่งเกิดเสียหายใช้การ

ไม่ได้ หรือสายสื่อสารบางช่วงถูกตัดขาด กฎการสื่อสารนี้จะต้องสามารถจัดหาทางเลือกอื่นเพื่อทำให้การสื่อสารดำเนินต่อไปได้โดยอัตโนมัติ

1.3 มีความคล่องตัวต่อการสื่อสารข้อมูลได้หลายชนิดทั้งแบบที่ไม่มีความเร่งด่วน เช่น การจัดส่งแฟ้มข้อมูล และแบบที่ต้องการรับประกันความเร่งด่วนของข้อมูล เช่น การสื่อสารแบบตลอดเวลาและทั้งการสื่อสารแบบเสียงและข้อมูล

2. โครงสร้างของทีซีพีไอพี



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างของทีซีพีไอพี

ที่มา: เอกสิทธิ์ (2548)

2.1 ชั้นโฮสต์-เครือข่าย (Host-to-Network Layer)

โปรโตคอลสำหรับการควบคุมการสื่อสารในชั้นนี้เป็นสิ่งที่ไม่มีการกำหนดรายละเอียดอย่างเป็นทางการ หน้าที่หลักคือการรับข้อมูลจากชั้นสื่อสาร ไอพีมาแล้วส่งไปยังจุดเชื่อมต่อที่ระบุไว้ในเส้นทางเดินข้อมูลทางด้านผู้รับก็จะทำงานในทางกลับกัน คือ รับข้อมูลจากสายสื่อสารแล้วนำส่งให้กับโปรแกรมในชั้นสื่อสาร

2.2 ชั้นสื่อสารอินเทอร์เน็ต (Internet Layer)

ใช้ประเภทของระบบการสื่อสารที่เรียกว่า ระบบเครือข่ายแบบสลับช่องสื่อสารระดับแพ็คเก็ต ซึ่งเป็นการติดต่อแบบไม่ต่อเนื่อง (Connectionless) หลักการทำงาน คือ การปล่อยให้ข้อมูลขนาดเล็กที่เรียกว่า แพ็คเก็ต สามารถไหลจาก จุดเชื่อมต่อ ผู้ส่ง ไปตาม จุดเชื่อมต่อ ต่างๆ ในระบบจนถึงจุดหมายปลายทางได้โดยอิสระ หากว่ามีการส่งแพ็คเก็ตออกมาเป็นชุดโดยมีจุดหมายปลายทางเดียวกันในระหว่างการเดินทางในเครือข่าย แพ็คเก็ตแต่ละตัวในชุดนี้ก็จะไปเป็นอิสระแก่กันและกัน ดังนั้นแพ็คเก็ตที่ส่งไปถึงปลายทางอาจจะไม่เป็นไปตามลำดับก็ได้

2.3 ชั้นสื่อสารนำส่งข้อมูล (Transport Layer)

แบ่งเป็น โพรโทคอล 2 ชนิดตามลักษณะ ลักษณะแรกเรียกว่า ทีซีพี (Transmission Control Protocol: TCP) เป็นแบบที่มีการกำหนดช่วงการสื่อสารตลอดระยะเวลาการสื่อสาร (Connection Oriented) ซึ่งจะยอมให้มีการส่งข้อมูลเป็นแบบ สตรีมที่ไวใจได้โดยไม่มีข้อผิดพลาด ข้อมูลที่มีปริมาณมากจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนเล็กๆ เรียกว่า ข้อความ (Message) ซึ่งจะถูกส่งไปยังผู้รับผ่านทางชั้นสื่อสารของอินเทอร์เน็ต ทางฝ่ายผู้รับจะนำ ข้อความ มาเรียงต่อกันตามลำดับเป็นข้อมูลตัวเดิม ทีซีพียังมีความสามารถในการควบคุมการไหลของข้อมูลเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ส่ง ส่งข้อมูลเร็วเกินกว่าที่ผู้รับจะทำงานได้ทันอีกด้วย

16 bit Source Port Number		16 bit Destination Port Number						
32 bit Sequence Number								
32 bit Acknowledge Number								
Header Length	6 bit Reserved	URG	ACK	PUSH	RESET	SYN	FIN	16 bit Window Size
16 bit TCP Checksum				16 bit Urgent Pointer				
TCP Option								
Data								

ภาพที่ 2 แสดงส่วนหัวของทีซีพี (TCP Header)

ที่มา: สุรศักดิ์ (2543)

โปรโตคอลการนำส่งข้อมูลแบบที่สองเรียกว่า ยูดีพี (User Datagram Protocol: UDP) เป็นการติดต่อแบบไม่ต่อเนื่อง มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแต่จะไม่มีการแจ้งกลับไป ยังผู้ส่ง จึงถือได้ว่าไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้มีข้อดีในด้านความเร็วในการส่งข้อมูล จึงนิยมใช้ในระบบผู้ให้และผู้ให้บริการซึ่งมีการสื่อสารแบบ ถามตอบ นอกจากนี้ยังใช้ในการส่งข้อมูลประเภทภาพเคลื่อนไหวหรือการส่งเสียงทางอินเทอร์เน็ต

16 bit Source Port Number	16 bit Destination Port Number
Length	Checksum
Data	

ภาพที่ 3 แสดงส่วนหัวของยูดีพี (UDP Header)

ที่มา: สุรศักดิ์ (2543)

2.4 ชั้นสื่อสารการประยุกต์ (Application Layer)

มีโปรโตคอลสำหรับสร้างจอ ปลายทาง (Terminal) เสมือน เรียกว่า เทลเน็ต (Telnet) โปรโตคอลสำหรับการจัดการ แฟ้มข้อมูล เรียกว่า เอฟทีพี (FTP) และโปรโตคอลสำหรับการให้บริการจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า เอสเอ็มทีพี (SMTP) โดยโปรโตคอลสำหรับสร้างจอ ปลายทางเสมือนช่วยให้ผู้ใช้สามารถติดต่อกับเครื่องโฮสต์ที่อยู่ไกลออกไปโดยผ่านอินเทอร์เน็ต และสามารถทำงานได้เสมือนกับว่ากำลังนั่งทำงานอยู่ที่เครื่องโฮสต์นั้น โปรโตคอลสำหรับการจัดการแฟ้มข้อมูลช่วยในการคัดลอกแฟ้มข้อมูลมาจากเครื่องอื่นที่อยู่ในระบบเครือข่ายหรือส่งสำเนาแฟ้มข้อมูลไปยังเครื่องใดๆ ก็ได้ โปรโตคอลสำหรับให้บริการจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ช่วยในการจัดส่งข้อความไปยังผู้ใช้ในระบบ หรือรับข้อความที่มีผู้ส่งเข้ามา

โปรโตคอลเลือกเส้นทาง

ในการทำงานของเร้าเตอร์นั้นนอกจากจะมีตารางข้อมูลของเส้นทางที่ส่งผ่านข้อมูลอยู่ในเครื่อง เพื่อใช้พิจารณาการส่งผ่านข้อมูลแต่ละแพ็คเก็ตแล้ว ยังมีขบวนการพิจารณาเส้นทางส่งผ่านข้อมูลเพื่อช่วยในการกำหนดเส้นทางของข้อมูลได้ชัดเจนขึ้น แม้ว่าเครือข่ายจะมีลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนไปหรือการเชื่อมโยงบางเครือข่ายขัดข้องสามารถส่งผ่านข้อมูลได้เหมือนที่ผ่านมา ขบวนการพิจารณาเส้นทางส่งผ่านข้อมูล ที่จะเรียกย่อๆ ว่า การวิเคราะห์เส้นทางนี้มีบทบาทในการปรับปรุงข้อมูลใน ตาราง เลือกเส้นทาง ให้ใหม่อยู่เสมอ ตามสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลงไปของเครือข่าย และมีบทบาทในการพิจารณาว่าการส่งผ่านข้อมูลนั้นจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ประเภทของโปรโตคอลเลือกเส้นทาง มีอยู่ 2 แบบ ได้แก่ แบบสแตติก (Static Route) และแบบไดนามิก (Dynamic Route) (Bertseaks and Burr, 1991)

การเลือกเส้นทางแบบสแตติก

การเลือกเส้นทางแบบสแตติกนี้ การกำหนดเส้นทางการคำนวณเส้นทางทั้งหมด กระทำโดยผู้บริหารจัดการเครือข่าย ค่าที่ถูกรู้นำเข้าไปในตารางเลือกเส้นทางนี้มีค่าที่ตายตัว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใดๆ บนเครือข่ายจะต้องให้ผู้บริหารจัดการดูแลเครือข่ายเข้ามาจัดการทั้งสิ้น

การเลือกเส้นทางแบบไดนามิก

การเลือกเส้นทางแบบไดนามิกนี้ เป็นการใช้ซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งมากับเราเตอร์เพื่อทำหน้าที่แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวกับการเลือกเส้นทางระหว่างเราเตอร์โดยที่ เราเรียกว่า โพรโตคอลเลือกเส้นทาง ข้อดีของการใช้โปรโตคอลเลือกเส้นทาง ได้แก่ การที่เรารouterสามารถใช้โปรโตคอลเลือกเส้นทางนี้เพื่อสร้างตารางเลือกเส้นทางจากสถานะของเครือข่ายในขณะนั้น

ตารางเลือกเส้นทาง (Routing Table) บนเราเตอร์

จะประกอบด้วยบันทึก (Record) หลายๆ บันทึกที่มีฟิลด์สำคัญต่างๆ บันทึกนี้จะคล้ายกับบันทึกในฐานข้อมูล แต่ในเชิงเครือข่ายจะเรียกบันทึกนี้ว่า บันทึกการเลือกเส้นทาง (Routing Entry) ภายในตารางเลือกเส้นทางจะประกอบด้วยบันทึกการเลือกเส้นทาง อยู่หลายบรรทัดเรียงต่อกัน ซึ่งมีฟิลด์สำคัญต่างๆดังนี้

1. แหล่งที่มาของบันทึกการเลือกเส้นทาง ว่าเรียนรู้มาจากโปรโตคอลเลือกเส้นทางใดหรือมาจากการเพิ่มการเลือกเส้นทางโดยผู้ดูแลระบบ
2. เป้าหมายปลายทางซึ่งเป็นที่ตั้งแอดเดรสเครือข่าย (Network Address) ในระดับ (Class) หลักและในระดับย่อย เช่น แอดเดรสเครือข่าย 10.0.0.0 ซึ่งเป็นเครือข่ายแบบเต็มระดับ A และ 10.10.1.0/24 ซึ่งเป็นซับเน็ตแอดเดรส (Subnet Address) ที่ซอยย่อยมาจากเครือข่ายระดับ A
3. ค่าการจัดการเส้นทาง (Administrative Distance: AD) เป็นตัวเลขบอกถึงลำดับความสำคัญหรือความน่าเชื่อถือของบันทึกการเลือกเส้นทางนี้

4. ค่าเมตริก (Metric) หรือเรียกอีกอย่างว่าค่าคอสต์ (Cost) ของเส้นทางนี้ ซึ่งแต่ละโปรโตคอลเลือกเส้นทางจะมีหลักการกำหนดค่าคอสต์แตกต่างกัน

5. แอดเดรสของเราเตอร์ตัวถัดไป (Next Hop Router) เพื่อส่งแพ็คเก็ตไปยังซัพเนตแอดเดรสปลายทาง

6. อินเตอร์เฟซ (Interface) ของเราเตอร์ที่ใช้เป็นทางออกไปยังเราเตอร์ตัวถัดไปหรือไปยังซัพเนตแอดเดรสปลายทาง เรียกว่า อินเตอร์เฟซขาออก

7. การเลือกเส้นทางนี้ถูกสร้างมานานแค่ไหน

ค่าเมตริกหรือคอสต์ของเส้นทาง

สำหรับเครือข่ายขนาดใหญ่ เป็นไปได้ที่เร้าเตอร์จะรู้จักเส้นทางมากกว่าหนึ่ง เส้นทางที่สามารถไปยังซัพเนตแอดเดรสปลายทางได้ ดังนั้นเร้าเตอร์จะเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากค่าเมตริกประจำบันทึการเลือกเส้นทางนั้นๆ ค่าเมตริกที่ต่ำกว่าจะได้รับการพิจารณาว่าเป็นเส้นทางที่ดีกว่าบันทึการเลือกเส้นทางที่มีค่าเมตริกสูงกว่า

ประเภทต่างๆ ของการวิเคราะห์เส้นทาง

การแบ่งประเภทของการวิเคราะห์เส้นทางแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ โปรโตคอลเลือกเส้นทางภายใน (Interior Routing Protocol) และ โปรโตคอลเลือกเส้นทางภายนอก (Exterior Routing Protocol) (Doyle, 1998)

1. โปรโตคอลเลือกเส้นทางภายใน

ในการใช้งานโปรโตคอลเลือกเส้นทางภายในมักจะใช้กับเครือข่ายขนาดเล็กที่มีเครือข่ายขนาดย่อยเชื่อมต่อเป็นสมาชิกอยู่ โดยใช้เป็นเส้นทางการติดต่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในกลุ่มสมาชิกด้วยกัน เช่น บริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต จะมีการเชื่อมต่อเครือข่ายย่อยๆ คือ

เครือข่ายของ ลูกค้าแบบองค์กรที่องค์กรที่เชื่อมต่อเครือข่ายของตนเข้ากับเครือข่ายของ ผู้ให้บริการ อินเทอร์เน็ต ทำให้เครือข่ายของลูกค้าอยู่ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ในการติดต่อส่งผ่านข้อมูลกัน อุปกรณ์เราเตอร์จะแลกเปลี่ยนข้อมูล ตารางเลือกเส้นทาง เพื่อให้ทราบว่าเส้นทางใดจะเป็น เส้นทาง ในการส่งผ่านข้อมูล เราเตอร์ของบริษัท ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต จะทำหน้าที่เป็นเราเตอร์หลักอยู่ใน ระบบที่เรียกว่า ระบบอิสระ (Autonomous System: AS) ที่จะเชื่อมต่อออกไปยังระบบภายนอกและ ออกสู่อินเทอร์เน็ตต่อไป เรียกได้ว่า ระบบอิสระนี้เป็นระบบที่ใช้เชื่อมโยง ระหว่างเราเตอร์หลักใน แต่ละระบบอิสระด้วยกัน

เราเตอร์หลักดังกล่าวของ ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต จะมีหมายเลขประจำตัวหรือหมายเลข ระบบอิสระที่ไม่ซ้ำกับเรียกว่า หมายเลขเอเอส (AS Number) โดยเราเตอร์หลักต้องมี หมายเลขเอเอสจะต้องเป็นเราเตอร์ที่เชื่อมต่อระหว่างเราเตอร์หลักด้วยกันเท่านั้น และมีโปรโตคอลเลือก เส้นทางบางชนิดใช้งานค่าหมายเลขเอเอสนี้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลสถานะของเครือข่ายและข้อมูล ตารางเลือกเส้นทางด้วย

2. โปรโตคอลเลือกเส้นทางภายนอก

เมื่อเครือข่ายภายใน เช่น เครือข่ายของ ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต ต้องการเชื่อมต่อเข้ากับ เครือข่ายหลักภายนอกและออกสู่อินเทอร์เน็ตนั้น จะมีการเชื่อมต่อกันแบบโปรโตคอลเลือกเส้นทาง ภายนอกและอาศัยหมายเลขเอเอสในการติดต่อกัน การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครือข่ายเพื่อให้เราเตอร์หลักๆ ในอินเทอร์เน็ตเรียนรู้เส้นทางในการติดต่อส่งข้อมูล จะถือเสมือนว่าเครือข่ายหลักและ เครือข่ายบริวารนั้นเป็นหนึ่งเครือข่าย และติดต่อกันเช่นนี้ในแต่ละเครือข่ายที่มีหมายเลขเอเอสประจำตัว เพราะถ้าทั้งเครือข่ายหลักและเครือข่ายบริวารจะต้องส่งข้อมูล ตารางเลือกเส้นทาง ออกไป ให้กับเราเตอร์ทุกตัวในอินเทอร์เน็ตแล้ว ก็จะทำให้ช่อง สัญญาณที่มีอยู่ไม่เพียงพอและเป็นที่ไม่ ถูกต้อง

โอเอสพีเอฟ (Open Shortest Path First: OSPF)

โอเอสพีเอฟถือเป็น โพรโทคอลเลือกเส้นทางตัวหนึ่งที่น่าเชื่อถืออย่างแพร่หลายมากที่สุด ในระบบเครือข่ายเนื่องจากมีจุดเด่นในหลายด้าน เช่น การที่ตัวมันเป็น โพรโทคอลเลือกเส้นทาง แบบแสดงสถานะการเชื่อมต่อ (Link State) การที่มีการวิเคราะห์ ในการค้นหาเส้นทางด้วยตัวเอง ซึ่งเปรียบเสมือนว่า ตัวของ เราเตอร์ที่ดำเนินการ โอเอสพีเอฟทุกตัวเป็นรูท (Root) หรือจุดเริ่มต้นของระบบไปยังกิ่งย่อยๆ หรือ จุดเชื่อมต่อ ต่างๆ ซึ่งเป็นเทคนิคในการลดเส้นทางที่วนลูป (Routing Loop) ของการเลือกเส้นทางได้เป็นอย่างดี รวมถึงความสามารถในการรับรู้ถึงความเปลี่ยนแปลงในเส้นทางของ เครือข่าย ได้อย่างรวดเร็วจนกระทั่ง กล่าวได้ว่า แทบจะทันทีที่มีการเปลี่ยนแปลง โครงสร้างขึ้นในระบบ และความสามารถในการรองรับการขยายของระบบ (Scalable) ได้อย่างดี (Dickie, 1994)

1. ระบบโอเอสพีเอฟ

เราเตอร์เพื่อนบ้าน (Neighbor) หมายถึง เราเตอร์ที่ ดำเนินกระบวนการของโอเอสพีเอฟ ซึ่งทำการเชื่อมต่ออยู่กับเราเตอร์ตัวอื่นๆ ที่ ดำเนินการ โอเอสพีเอฟอยู่ด้วยเช่นกัน หรือที่เรียกว่า เราเตอร์ที่เชื่อมต่อกัน (Adjacent Router) ซึ่งเราเตอร์เพื่อนบ้านนี้ จะคอยค้นหากันและกันผ่านฮัลโหล แพ็คเก็ตซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการ เลือกเส้นทาง จะไม่ถูกส่งผ่านกันจนกว่าจะมีการ สร้างความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน (Adjacency Forms)

การฟอร์มความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกัน (Adjacency) หมายถึง การสร้างความสัมพันธ์กันระหว่าง เราเตอร์เพื่อนบ้านกับเราเตอร์ที่ทำหน้าที่ที่เรียกว่า เราเตอร์กำหนดและเราเตอร์กำหนดสำรอง

การเชื่อมต่อ (Link) หมายถึง การเรียกถึงเครือข่าย ที่ดำเนินการ โอเอสพีเอฟอยู่ หรืออาจหมายถึง อินเตอร์เฟซที่ทำการดำเนินการ โอเอสพีเอฟอยู่ด้วยก็ได้

อินเตอร์เฟซ (Interface) หมายถึง พอร์ต (Port) ที่เชื่อมต่ออยู่กับเราเตอร์ ซึ่งอาจจะเป็นฟิสิคัล (Physical) พอร์ต (เช่น อีเธอร์เน็ต) หรืออาจจะเป็นโลจิคัล (Logical) พอร์ต (เช่น ซับอินเตอร์เฟซในการเซตเฟรมรีเลย์) เมื่ออินเตอร์เฟซนั้นๆ ถูกเซตให้อยู่ในกระบวนการของ โอเอสพีเอฟแล้ว

และอินเตอร์เฟซอยู่ในสถานะที่ขึ้น ตัวกระบวนการของโอเอสพีเอฟจะทำการสร้างฐานข้อมูล การเชื่อมต่อโดยผ่านทาง การเชื่อมต่อ

การแจ้งสถานะการเชื่อมต่อ (Link State Advertisement: LSA) หมายถึง แพ็คเก็ตข้อมูล ที่กระบวนการโอเอสพีเอฟใช้ในการแลกเปลี่ยนสถานะของอินเตอร์เฟซและการเชื่อมต่อในหมู่เราเตอร์ที่ดำเนินการโอเอสพีเอฟด้วยกัน

เราเตอร์กำหนด (Designated Router: DR) หมายถึง เราเตอร์ที่เป็นจุดศูนย์กลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือสถานะในระหว่างเราเตอร์ด้วยกัน เนื่องจากการมีเราเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางระบบ จะสามารถช่วยลดปริมาณแพ็คเก็ตการแจ้งสถานะการเชื่อมต่อที่จะส่งกันในหมู่เราเตอร์ด้วยกัน

เราเตอร์กำหนดสำรอง (Backup Designated Router: BDR) หมายถึง เราเตอร์ตัวแทนของเราเตอร์กำหนด โดยที่เราเตอร์กำหนดสำรอง จะคอยรับการเลือกเส้นทางใหม่ จากเราเตอร์เพื่อนบ้าน แต่ตัวมันเองจะไม่ทำการกระจาย การแจ้งสถานะการเชื่อมต่อ ออกไปเหมือนอย่างที่เราเตอร์กำหนดทำ จนกระทั่งหากว่า เราเตอร์กำหนดในระบบล่มลงไป เราเตอร์กำหนดสำรอง จึงจะเข้ามาเป็นเราเตอร์กำหนดแทน

พื้นที่โอเอสพีเอฟ (OSPF Areas) หมายถึง ระบบอิสระหนึ่งๆ ซึ่งเหมือนกับเป็นกลุ่มของเราเตอร์ที่ ดำเนิน โอเอสพีเอฟด้วยกัน และมีขอบเขตในการแลกเปลี่ยน ตารางเลือกเส้นทาง กันภายในกลุ่มของตัวเองเท่านั้น โดยดีฟอลต์ (Default)

เราเตอร์ภายใน (Internal Router) หมายถึง เราเตอร์ที่ ดำเนินการ โอเอสพีเอฟแต่ ละทุกๆ อินเตอร์เฟซอยู่ภายในพื้นที่ข องตนเองเท่านั้น หรือไม่มีอินเตอร์เฟซใดๆ อยู่ภายในพื้นที่อื่นหรือโปรโตคอลเลือกเส้นทางอื่นๆ

เราเตอร์พื้นที่ขอบนอก (Area Border Router: ABR) หมายถึง เราเตอร์ที่ดำเนินการ โอเอสพีเอฟที่มีอินเตอร์เฟซอยู่มากกว่า 1 พื้นที่และ ถูกใช้ป็นทางเข้าสำหรับ ตารางเลือกเส้นทาง ของภายนอกเอสพีเอฟที่จะเข้ามาส่งข้อมูลใหม่ภายในพื้นที่ด้านใน

เราเตอร์ขอบนอกระบบอิสระ (Autonomous System Boundary Router: ASBR) หมายถึง เราเตอร์ที่มีอินเตอร์เฟซที่นอกเหนือจาก คำเนนการ โอเอสพีเอฟแล้ว ยัง คำเนนการ โปรโตคอลเลือกเส้นทางอื่นๆ ด้วย เช่น อีไอจีอาพี (EIGRP), อาร์ไอพี (RIP) และหน้าที่ของเราเตอร์ขอบนอกระบบอิสระคือ การถ่ายทอดตารางเลือกเส้นทางเข้ามายังในพื้นที่โอเอสพีเอฟ

หมายเลขประจำเราเตอร์ (Router ID) หมายถึง ไอพีแอดเดรสที่ได้ทำการจัดเตรียมเพื่อเป็นการระบุตัวตนให้กับเราเตอร์ในการเลือกเราเตอร์กำหนด, เราเตอร์กำหนดสำรอง โดยที่ปกติแล้วเราเตอร์ในโอเอสพีเอฟจะเลือก เราเตอร์กำหนด จากหมายเลขประจำเราเตอร์ ที่ไอพีแอดเดรสที่สูงที่สุดที่ตั้งในลูปแบ็คอินเตอร์เฟซ (Loopback Interface) แต่ถ้าหากว่าลูปแบ็คอินเตอร์เฟซไม่ถูกตั้งไว้ ก็จะทำการเลือกไอพีแอดเดรสที่สูงสุดในฟิสิคัลอินเตอร์เฟซแทน

2. ข้อดีของ โอเอสพีเอฟ

2.1 สนับสนุนการแบ่งเครือข่ายลำดับชั้น (Hierarchical Network)

2.2 ใช้การวิเคราะห์เส้นทาง ของเดย์จค์ต้า (Dijkstra) ในการค้นหาเส้นทางและป้องกันการเลือกเส้นทางวนไปมา (Routing Loop)

2.3 สนับสนุนการเลือกเส้นทางที่ไม่มี การแบ่งชั้น (Classless Routing) และซีไอดีอาร์ (Classless Inter-Domain Routing: CIDR)

2.4 สามารถทำการรวมเส้นทาง (Route Summarization) เพื่อลดขนาดของตารางเลือกเส้นทางได้

2.5 การเลือกเส้นทางใหม่ สามารถที่จะควบคุมการส่งได้ ไม่เหมือน โปรโตคอลเลือกเส้นทางแบบขนาดระยะทาง (Distance Vector) ที่ต้องส่งตารางเลือกเส้นทาง ทั้งตัวออกไปตามช่วงเวลาที่กำหนดทำให้สูญเสียแบนด์วิดท์ไปโดยไม่จำเป็น

2.6 ในการส่ง ตารางเลือกเส้นทางใหม่ จะทำผ่านมัลติคาสต์แอดเดรส (Multicast Address) ซึ่งมีข้อดี คือ ลดผลกระทบต่อโฮสต์หรือลูกข่ายอื่นๆ จากการบรอดคาสต์ (Broadcast)

2.7 สนับสนุนการทำระบุตัวตน (Authentication) ทั้งแบบข้อความชัดเจน (Clear Text) และเอ็มดีห้า (MD5)

3. ตารางโอเอสพีเอฟ (OSPF Tables)

ในโอเอสพีเอฟนั้นจะมีตารางภายในเราเตอร์ทั้งหมด 3 ตารางคือ

3.1 ตารางเพื่อนบ้าน (Neighbor Table) ไว้เก็บรายชื่อเราเตอร์ที่สร้างความสัมพันธ์และสถานะของเราเตอร์กำหนด, เราเตอร์กำหนดสำรอง, สถานะของการเชื่อมต่อ, ฮัลโหลและเวลาในการไม่ทำงาน

3.2 ตารางโครงสร้าง (Topology Table) ไว้เก็บเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการที่เราเตอร์จะส่งแพ็คเก็ตไปยังปลายทาง ซึ่งในโอเอสพีเอฟสามารถที่จะทำการกระจายโหลด (Load Balance) ไปยังเส้นทางที่มีคอสต์เท่ากันได้ 6 เส้นทาง (4 เส้นทางโดยค่าดีฟอลต์)

3.3 ตารางเลือกเส้นทาง (Routing Table) ไว้เก็บเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ได้รับการคำนวณมาจากการวิเคราะห์โอเอสพีเอฟเรียบร้อยแล้ว

4. การคำนวณโอเอสพีเอฟ

ในโอเอสพีเอฟจะใช้การวิเคราะห์ของเดย์จัสต้าในการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยพิจารณาจากเส้นทางที่สั้นที่สุด จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และเมื่อไปถึงปลายทางแล้ว ก็จะนำคอสต์หรือค่าของการเชื่อมต่อหรือแบนด์วิดท์โดยรวมมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งหากว่าเส้นทางใดที่มองจากต้นทางไปยังปลายแล้ว มีค่าคอสต์ที่ดีที่สุด เราจะถือว่าเส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งในซิสโก้เราเตอร์นั้น สูตรในการคำนวณเส้นทางแต่ละเส้นทางของโอเอสพีเอฟจะนำมาจากสูตร (Huitema, 1995)

$$\text{Cost} = (10^8 / \text{Bandwidth})$$

ซึ่งการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ก็จะนำเอาคอสต์จากขาออกของอินเทอร์เฟซจุดหนึ่งไปถึงอีกอินเทอร์เฟซจุดหนึ่งมาบวกต่อๆ กัน จนกระทั่งถึงอินเทอร์เฟซของเร้าเตอร์ปลายทาง และนำมาเปรียบเทียบกับเส้นทางอื่นๆ เราเรียกผลรวมในลักษณะนี้ว่า ค่าคอสต์สะสม (Cumulative Cost)

5. กระบวนการทำงานของโอเอสพีเอฟ

กระบวนการของโอเอสพีเอฟจะเกิดขึ้นตามลำดับต่อไปนี้ (Perlman, 1993)

5.1 ค้นหาเร้าเตอร์ที่ดำเนินการ โอเอสพีเอฟและสร้างความสัมพันธ์ด้วยฮัลโหลแพ็คเก็ต

5.2 เร้าเตอร์ต่างเก็บชื่อและสถานะของการเชื่อมต่อไว้ที่ตารางเพื่อนบ้าน

5.3 เลือกเร้าเตอร์กำหนดและเร้าเตอร์กำหนดสำรอง

5.4 ทำการกระจายการแจ้งสถานะการเชื่อมต่อ เพื่อแลกเปลี่ยนสถานะของ การเชื่อมต่อ และอินเทอร์เฟซโดยทำการคัดลอก การแจ้งสถานะการเชื่อมต่อ และทำการเพิ่มสถานะของตน จากนั้นกระจายออกไปยัง เร้าเตอร์กำหนด ที่มีลติคาสท์แอดเดรส 224.0.0.6 และให้เร้าเตอร์กำหนด เป็นผู้กระจายการแจ้งสถานะการเชื่อมต่อต่อไปยังเร้าเตอร์ทุกๆ ตัวที่มีลติคาสท์แอดเดรส 224.0.0.5

5.5 คัดลอกการแจ้งสถานะการเชื่อมต่อลงไปในตารางโครงสร้างของตน

5.6 ทำการคำนวณเอสพีเอฟด้วยการวิเคราะห์ของเด็จค์ต้า

5.7 นำเส้นทางที่สั้นที่สุดมาใส่ลงในตารางเลือกเส้นทาง

5.8 หากมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในระบบจะทำการกระจาย การแจ้งสถานะการเชื่อมต่อออกไปทันที

บีจีพี (Border Gateway Protocol: BGP)

บีจีพีเป็นโพรโตคอลเลือกเส้นทางประเภทเลือกเส้นทาง ชุมทาง ภายนอก (Exterior Gateway Routing) ที่ใช้เพื่อการเชื่อมต่อเร้าเตอร์และเครือข่ายที่อยู่ต่าง อาณาเขต (Domain) กันบน

อินเทอร์เน็ต บีจีพีใช้โปรโตคอลที่ซีพีพีพอร์ตหมายเลข 179 เพื่อใช้ในการขนถ่ายข้อมูลข่าวสาร โดยมี การใช้ที่ซีพีพีเพื่อการสถาปนาการเชื่อมต่อก่อนจะแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างเราเตอร์บีจีพีทั้งสอง (Peer Router) จากนั้นก็จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร รวมทั้งการเปิดสัมพันธ์ก่อนที่จะแลกเปลี่ยนข่าวสารระหว่างกันต่อไป (Halabi, 1997)

1. จุดประสงค์ของการใช้บีจีพี

1.1 บีจีพีให้ประโยชน์อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะการเชื่อมต่อเครือข่ายต่างๆ รวมทั้งลูกค้าและผู้ให้บริการโทรศัพท์ รวมทั้งเครือข่ายอื่นๆ

1.2 บีจีพีเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายในรูปแบบของ เครือข่ายอิสระต่างๆ เข้าด้วยกัน

1.3 บีจีพีเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายในระดับใหญ่ หากองค์กรมีการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตแบบหลายเชื่อมต่อเพื่อสำรองหลายๆ เส้นทาง (Redundancy) บีจีพีก็สามารถทำกระจายโหลดทราฟฟิกได้บนเส้นทางที่เป็นสำรองหลายๆ เส้นทาง

1.4 จัดเลือกเส้นทางผ่านทางเครือข่ายไปยังระบบอิสระอื่น ๆ ที่เชื่อมต่อกัน

1.5 มีการเชื่อมต่อระหว่างระบบอิสระมากกว่า 1 เส้น

1.6 ควบคุมการลำเลียงข้อมูลข่าวสารที่วิ่งไปมาระหว่างระบบอิสระ

1.7 สามารถใช้เงื่อนไขที่กำหนดให้ สามารถเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดเพื่อเดินทางไปสู่ปลายทาง

2. ความหมายของคำว่าการจับคู่ (Peer) หรือเพื่อนบ้าน (Neighbor)

เราเตอร์ที่จับคู่เชื่อมต่อกับเราเตอร์ตัวอื่นๆ และมีการใช้โปรโตคอลที่ ซีพีพีเพื่อเชื่อมต่อสื่อสารกัน รวมทั้งแลกเปลี่ยนข่าวสารเกี่ยวกับเส้นทางระหว่างกัน เราเรียกว่าการจับคู่หรือเพื่อน

บ้าน เวิร์ดที่เป็นการจับคู่กันจะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับตารางเลือกเส้นทางอย่างเต็มที่ และมีการส่งข่าวสารใหม่อีกครั้งก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น (หมายความว่าตารางเลือกเส้นทางก็เปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน) บีจีพีจะทำให้เวิร์ดที่เก็บรักษาหมายเลขเวอร์ชันของตารางไว้ และค่านี้จะต้องเหมือนกับเวิร์ดต่างๆ ที่จับคู่อยู่กับมัน และค่าที่เป็นหมายเลขเวอร์ชันนี้มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อใดที่มีการเปลี่ยนแปลงในเนื้อหาของตารางเลือกเส้นทาง นอกจากนี้มีการส่งข่าวสารที่เรียกว่า ค่าการมีอยู่ ออกมาเป็นระยะๆ เพื่อตรวจสอบความมีตัวตนระหว่างกันและมีการส่งข่าวสารที่เป็นลักษณะแจ้งเตือนในกรณีที่ตรวจพบความผิดพลาดเกิดขึ้น

3. การติดต่อกันระหว่างเวิร์ดเพื่อนบ้าน

ก่อนที่เวิร์ดที่เชื่อมต่อกันโดยตรงจะสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารให้แก่กัน โดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับเครือข่าย ตัวเวิร์ดจะต้องดำเนินการขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 เวิร์ดจะต้องใช้ที่ซีพีเพื่อสถาปนาการเชื่อมต่อระหว่างกัน โดยการใช้ข้อความเปิด (Open Message)

3.2 เวิร์ดอีกฝั่งหนึ่งจะต้องตอบรับการขอสถาปนาการเชื่อมต่อ

3.3 หลังจากที่เวิร์ดต้นทางได้รับการตอบรับแล้ว มันจะส่งคำยืนยันกลับไปให้เวิร์ดอีกฝั่งหนึ่ง

3.4 การแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับเครือข่ายหรือเส้นทางจะเริ่มขึ้น

4. ชนิดของข่าวสารที่ใช้ในบีจีพี

ชนิดของข่าวสารที่ใช้ในบีจีพีมีอยู่ 4 แบบดังนี้

4.1 ข้อความเปิด (Open Message) ใช้เพื่อการจัดการเชื่อมต่อระหว่างเวิร์ดบีจีพี

4.2 ค่าการมีอยู่ (Keep lives) เป็นข่าวสารที่ใช้ทักทายเวิร์ดเพื่อนบ้าน โดยการส่งออกมาเป็นช่วงเวลาที่น่านอนเพื่อการหาเส้นทาง หากค่านี้ถูกตั้งเป็น "0" หมายถึง อนันต์ ซึ่งหมายความว่า จะไม่มีการส่งข้อความค่าการมีอยู่เกิดขึ้น

4.3 ข้อความที่เปลี่ยนแปลง (Update Message) ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับเส้นทาง รวมทั้งคุณลักษณะเส้นทาง (Path Attribute) ภายในข้อความที่เปลี่ยนแปลง นี้ครอบคลุมไปถึงการเลือกเส้นทางที่ถูกถอดออกจากตารางเลือกเส้นทางหรือไม่มีตัวตนแล้ว การเปลี่ยนแปลง 1 เส้นทางต่อ 1 การเปลี่ยนแปลงหากมีหลาย ๆ เส้นทางก็ต้องมีหลายเปลี่ยนแปลง

4.4 การประกาศ (Notification) ใช้เพื่อการแจ้งเตือนความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

5. อีบีจีพี (External BGP) และไอบีจีพี (Internal BGP)

หากเราเตอร์ในระบบอิสระหนึ่งๆ มีการเชื่อมต่อกับ ระบบอิสระอื่นๆ อีกหลายๆ ระบบอิสระตัวเราเตอร์ในระบบอิสระ นั้นๆ (หรือเอเอสนั้นๆ) จะทำหน้าที่เป็นทางผ่านของ ระบบอิสระอื่นๆ ได้ เช่น AS200 เป็นทางผ่านของ AS100 กับ AS300 เราเตอร์ที่เชื่อมต่อกับเราเตอร์อีกตัวหนึ่งที่อยู่ภายใต้ระบบอิสระเลขหมายต่างกันเราเรียกว่า อีบีจีพี และเราเตอร์ที่เชื่อมต่อกันโดยตรง และอยู่ภายใต้เลขหมายเอเอสเดียวกัน เราเรียกว่า ไอบีจีพี (Stewart, 1999)

บัญชีควบคุมการเข้า

บัญชีควบคุมการเข้า (Access Control Lists: ACLs) นั้นถือเป็นเทคนิคการป้องกันพื้นฐานของเราเตอร์ในอินเทอร์เน็ต ซึ่งก่อนอื่นนั้น แรกสุดเราจะมาจำแนกของอุปกรณ์การรักษาความปลอดภัยในระบบแลน (LAN) และแวน (WAN) กัน ซึ่งจะมีคร่าวๆ ดังต่อไปนี้

การกรองแพ็กเก็ต (Packet Filtering)

เราเตอร์ที่ทำการหา เส้นทางและส่งต่ออย่างมีเงื่อนไข โดยจะพิจารณาจากข้อมูลส่วนที่อยู่ในส่วนหัว (Header) ของแพ็กเก็ตที่ผ่านเข้ามาเทียบกับกฎ (Rules) ที่กำหนดไว้และตัดสินใจว่าจะทิ้ง (Drop) แพ็กเก็ตนั้นไปหรือว่าจะยอม ให้แพ็กเก็ตนั้นผ่านไป ได้ โดยในซิสโก้เราเตอร์ จะพิจารณาจากไอพีแอดเดรสต้นทางและปลายทางรวมถึงพอร์ต

ตัวแทนเซิร์ฟเวอร์ชุมทาง (Proxy Server Gateway)

ตัวแทนเซิร์ฟเวอร์ชุมทาง จัดเป็นแอปพลิเคชันโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนไฟร์วอลล์ (Firewall) ที่ตั้งอยู่ระหว่างเครือข่าย 2 เครือข่าย ทำหน้าที่เพิ่มความปลอดภัยของระบบ เครือข่าย โดยการควบคุมการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายภายในและภายนอก ตัวแทนเซิร์ฟเวอร์ชุมจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยได้มากเนื่องจากการตรวจสอบข้อมูลถึงในระดับของแอปพลิเคชันเลเยอร์ (Application Layer)

การตรวจสอบสถานะ (Stateful Inspection)

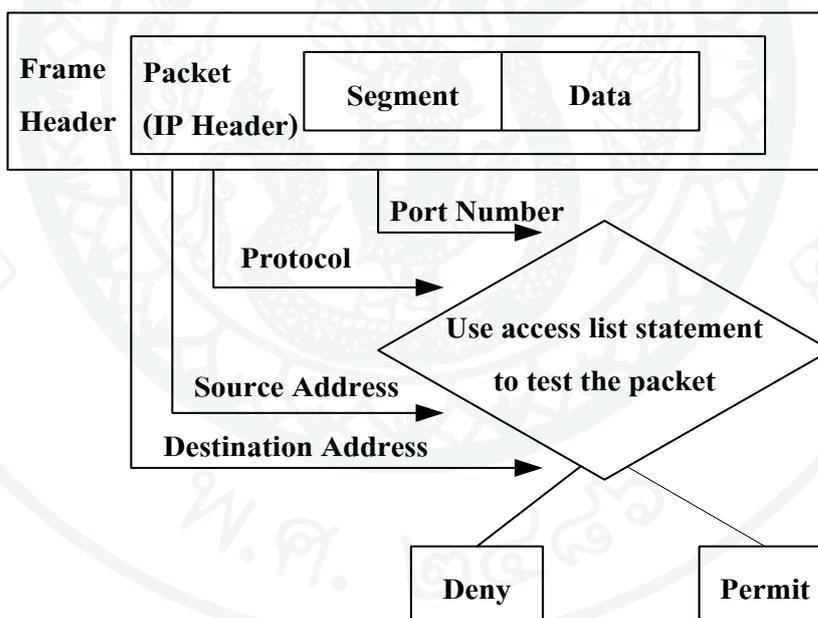
ไฟร์วอลล์แบบสุดท้ายนี้ ถือเป็น ลูกผสมของ การกรองแพ็คเก็ต และตัวแทนเซิร์ฟเวอร์ชุม ทางเนื่องจาก ตัวมันนั้นสามารถที่จะตรวจสอบข้อมูลภายในบิตของแต่ละแพ็คเก็ต เพื่อนำมา พิจารณากับ แบบแผนของ แพ็คเก็ต (Packet Pattern) ที่เป็นที่ยู่อันว่ามีความน่าเชื่อถือและตัว การ ตรวจสอบสถานะ นี้ จะสามารถจดจำสถานะของ การเชื่อมต่อ นั้นได้ เมื่อโฮสต์ภายนอกมีการ ตอบสนองการร้องขอนั้นกลับมาหลังจากที่ได้มีการร้องขอไปในช่วงต้น ไฟร์วอลล์ประเภทนี้จะทำ การเปรียบเทียบแพ็คเก็ตที่ได้รับมาจาก สถานะนี้กับแพ็คเก็ตที่ได้รับการร้องขอในช่วงต้น หากมัน สัมพันธ์กันก็จะได้รับอนุญาตให้เข้ามาได้

ประโยชน์ของบัญชีควบคุมการเข้า

1. สามารถควบคุมทราฟฟิกที่มาตามพอร์ตต่างๆ หรือ มาตามไอพีแอดเดรสได้ มักจะถูก ใช้ในการควบคุมดีดิวอร์ (Dial on Demand Routing: DDR) ของไอเอสดีเอ็น, แผนที่กำหนดเส้นทาง (Route Policy Map), การทำการกัณฑ์คุณภาพในการให้บริการโดยขึ้นกับประเภทของทราฟฟิก (DiffServ QoS) และรวมถึงการแปลแอดเดรสเครือข่าย (Network Address Translation; NAT)
2. เป็นกลไกการรักษาความปลอดภัยพื้นฐานของระบบเครือข่าย

ภาพรวมของบัญชีควบคุมการเข้า

บัญชีควบคุมการเข้าที่ถูกคอนฟิก (Config) ที่เราเตอร์นั้น จะทำการพิจารณาแพ็คเก็ต ข้อมูลต่างๆ แพ็คเก็ตที่วิ่งผ่านมันและนำไปเปรียบเทียบกับ “กฎ” ที่ได้ตั้งไว้ในบัญชีควบคุมการเข้า ซึ่งการเปรียบเทียบ จะเป็นไปตามลำดับขั้น (Sequences) กล่าวคือ กฎแรกสุดที่เราเรียกอย่างเป็นทางการว่า บันทึกรับควบคุมการเข้า (Access Control Entry: ACE) จะถูกนำมาใช้งาน และหากว่า แพ็คเก็ตที่วิ่งเข้ามานั้น ตรงตาม บันทึกรับควบคุมการเข้า มันจะยอมปล่อยให้ผ่านทันทีและกฎข้อต่อๆมา จะไม่นำมาพิจารณาอีกเลย ซึ่งจากจุดนี้ได้ถูกนำมาเป็นระเบียบปฏิบัติข้อหนึ่งที่ว่า “ควรตั้งกฎที่ชัดเจนที่สุดใน การที่จะยอมปล่อยให้ผ่านทราฟฟิก หรือสกัดกั้นทราฟฟิกไว้ในกฎ ข้อแรกๆ” ส่วนในข้อต่อๆมา อาจจะมีคลุมเครือหรืออนุญาตแพ็คเก็ตใดๆ ก็ได้ ซึ่งหากแพ็คเก็ตนั้นๆ ตรวจสอบแล้วว่าไม่ ตรงกับกฎใน บันทึกรับควบคุมการเข้า ข้อแรก มันจะวิ่งมาหากฎข้อต่อๆ ไป เรียงตามลำดับไปเรื่อยๆ (Feit, 1996)



ภาพที่ 4 แสดงการตรวจสอบของบัญชีควบคุมการเข้ากับแพ็คเก็ตที่วิ่งเข้ามาในเราเตอร์

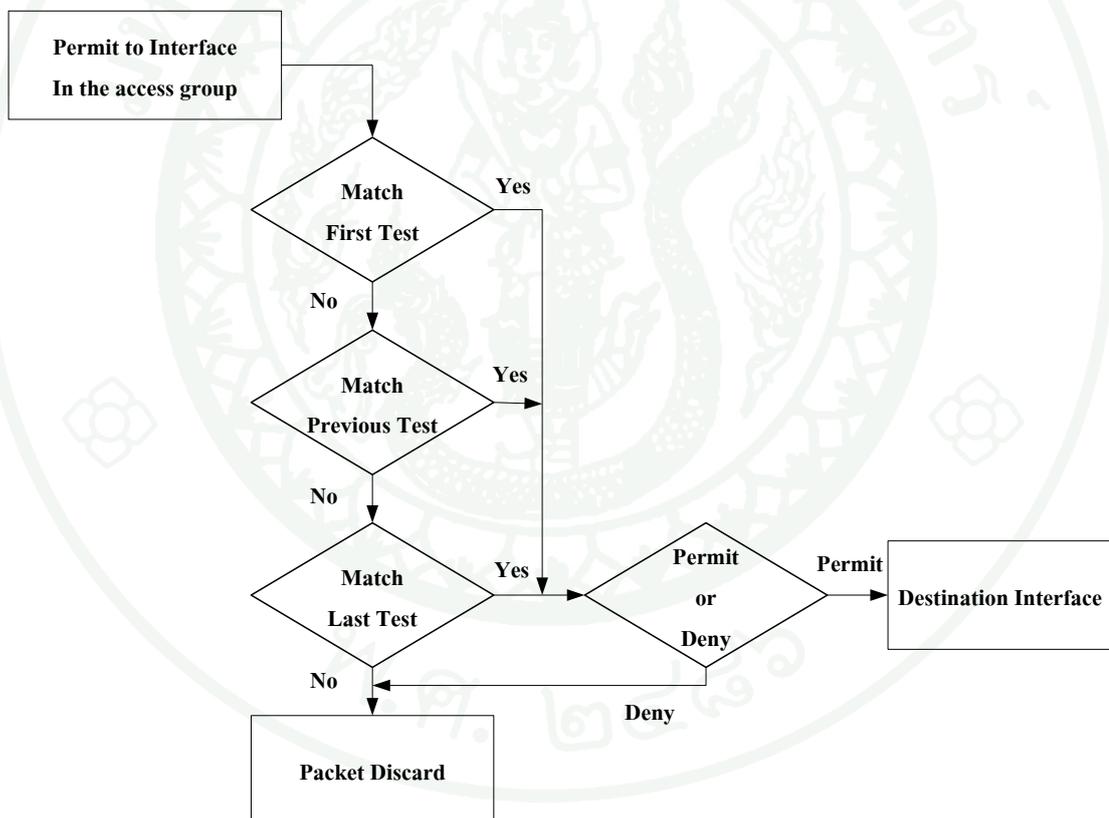
ที่มา: เอกสิทธิ์ (2548)

ซึ่งโดยค่าเริ่มต้นแล้วแพ็คเก็ตที่วิ่งผ่านเราเตอร์ที่ได้ สร้างบัญชีควบคุมการเข้า นั้นๆ หากแพ็คเก็ตนั้นๆ ไม่ตรง (No Match) กับกฎข้อใดๆ ในกฎแล้วนั้น จะถูกตัดแพ็คเก็ตนั้นทิ้งทันที

การปฏิเสธทั้งหมด (Explicit Deny All)

ในกฎพื้นฐานที่สุดของไฟร์วอลล์นั้นจะมี “การตั้งค่า (Stance)” ด้านความปลอดภัยภายในระบบเครือข่ายอยู่สองอย่างหลักๆ ได้แก่

1. อะไรที่ไม่ได้รับอนุญาตโดยชัดเจน จะถือว่าเป็นได้รับการปฏิเสธ (หมายถึง การปฏิเสธทั้งหมดหรือ หากไม่มีการตั้งกฎที่อนุญาตสิ่งใดๆ แล้ว จะถือว่าเป็นโดยดีพอลท์นั้นปฏิเสธทั้งหมด)
2. อะไรที่ไม่ได้รับการปฏิเสธโดยชัดเจน จะถือว่าเป็นได้รับการอนุญาต (หมายถึง การอนุญาตทั้งหมดหรือ หากไม่มีการตั้งกฎที่ปฏิเสธสิ่งใดๆ แล้วจะถือว่าเป็นโดยดีพอลท์นั้นอนุญาตทั้งหมด)



ภาพที่ 5 แสดงการตรวจสอบของบัญชีควบคุมการเข้าถึงกับแพ็คเก็ตที่วิ่งเข้ามาในเราเตอร์จนกระทั่งถึงการปฏิเสธทั้งหมด

ที่มา: เอกสิทธิ์ (2548)

บัญชีควบคุมการเข้าแบบมาตรฐานและแบบขยาย

ในการตั้งกฎของ บัญชีควบคุมการเข้า ในเราเตอร์นั้น เราสามารถตั้งได้สองรูปแบบคือ มาตรฐาน (Standard Access Lists) และ แบบขยาย (Extended Access Lists) ดังคำอธิบายด้านล่างนี้

1. แบบมาตรฐาน

แบบมาตรฐานจะพิจารณามันที่กฎควบคุมการเข้าของทราฟฟิกจากไอพีแอดเดรสต้นทางเท่านั้น ซึ่ง ในการตั้งกฎของบัญชีควบคุมการเข้านั้น จะต้องตั้งด้วยหมายเลขบัญชีควบคุมการเข้า ในลำดับที่ 1-99 และ 1300-1399 เท่านั้น ในการตั้งบัญชีควบคุมการเข้า ของแบบมาตรฐานที่ดีควรจะ “ตั้งให้ใกล้เคียงกับปลายทางให้มากที่สุด” เนื่องจากหากเราวางบัญชีควบคุมการเข้านี้ ใกล้ต้นทางมากเกินไปอาจจะกลายเป็นการบล็อกตัวเองได้ (เนื่องจากมันพิจารณาเพียงแค่อีพีแอดเดรสของต้นทางเท่านั้น)

2. แบบขยาย

แบบขยายจะพิจารณา มันที่กฎควบคุมการเข้า ของทราฟฟิกจากหมายเลขไอพีแอดเดรสของทั้งต้นทางและปลายทางผสมกับโปรโตคอลหรือพอร์ตต่างๆ ร่วมด้วย ซึ่งในการตั้งกฎของบัญชีควบคุมการเข้า แบบขยายนี้ จะต้องตั้งด้วย หมายเลขบัญชีควบคุมการเข้า ในลำดับที่ 100-199 และ 2000-2699 เท่านั้น ในการตั้งบัญชีควบคุมการเข้าของแบบขยายที่ดีควรจะ “ตั้งให้ใกล้เคียงกับต้นทางให้มากที่สุด” เนื่องจากหากเราวาง บัญชีควบคุมการเข้า นี้ใกล้ต้นทางมากเกินไป จะทำให้ทราฟฟิกนั้นวิ่งไปบนเครือข่ายโดยเปล่าประโยชน์มากเกินไป

ทิศทางของบัญชีควบคุมการเข้า

จะมีการบังคับใช้ บัญชีควบคุมการเข้า ในสองทิศทางคือ ขาเข้า (Inbound) และ ขาออก (Outbound) ซึ่งความแตกต่างของทั้งสองอย่างนี้คือ

- ขาเข้าจะถูกใช้ในการรับทราฟฟิกขาเข้าของอินเทอร์เน็ตเฟสของเราเตอร์

- ขาออกจะถูกใช้ในการรับทราฟฟิกขาออกของอินเทอร์เน็ตर्फของเราเตอร์

วาการ์ดมาสก์ (Wildcard Masks)

เป็นการคำนวณเพื่อหาจำนวนบิตที่ตรงกัน (Match) กันมากที่สุด ในการที่จะจำเพาะเจาะจงลงไปว่าโฮสต์ใดหรือช่วงเน็ตใด ๆ ที่มีสิทธิ์ในเส้นทางการส่งแพ็คเก็ตหรือทราฟฟิกต่างๆ โดยที่มีการเปรียบเทียบดังต่อไปนี้

- ตำแหน่งบิตที่เป็น 0 หมายถึง จำเป็นที่จะต้องตรงกันในการเปรียบเทียบวาการ์ดมาสก์
- ตำแหน่งบิตที่เป็น 1 หมายถึง ไม่จำเป็นที่จะต้อง ตรงกัน ในการเปรียบเทียบ วาการ์ดมาสก์

อินเทอร์เน็ตวงจรเช่า

อินเทอร์เน็ตวงจรเช่าเป็นการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตฯ องค์กรหรือธุรกิจต่างๆ ที่มีความจำเป็นต้องใช้บริการอินเทอร์เน็ต โดยที่พนักงานในองค์กรสามารถใช้บริการต่างๆ ทางอินเทอร์เน็ตได้ โดยไม่จำเป็นต้องโทรเข้าสู่ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ต เนื่องจากสายวงจรเช่าจะเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตตลอด 24 ชั่วโมง

สถาบันการศึกษาหรือธุรกิจต่างๆ ในปัจจุบันจำเป็นต้องมีความคล่องตัวในการรับส่งข้อมูลข่าวสาร ตลอดจนการค้นหาข้อมูลต่างๆ ทั้งจากภายในและภายนอกองค์กรทั่วโลก เพื่อให้สอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีสื่อสาร หากสถาบันการศึกษาหรือธุรกิจต่างๆ เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตผ่านวงจรเช่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารทั้งในและนอกองค์กร และเพิ่มความคล่องตัวในการใช้บริการอินเทอร์เน็ตให้แก่องค์กรมากขึ้น

อินเทอร์เน็ตวงจรเช่านั้นเป็นการสร้างวงจรถาวรได้ตลอดเวลาจาก จุดเชื่อมต่อต้นทางไปยังจุดเชื่อมต่อปลายทางก่อนออกอินเทอร์เน็ต วงจรถาวรนั้นสามารถเดินทางผ่านทางอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่ง

(Switching) ภายในที่ตัวก็ได้เพื่อไปถึงปลายทาง การสร้างวงจรนี้ส่วนใหญ่มักถูกจัดทำโดยซอฟต์แวร์จัดการเครือข่ายภายในของทางผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตเองในการกำหนดเส้นทาง (Path) ของวงจรเช่าของลูกค้าแต่ละราย โดยทางผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตจะกำหนดความเร็วหรือแบนด์วิดท์ที่ผู้ให้บริการจะได้รับคิดตามราคาที่ย่างไป

จุดเด่นของการให้บริการผ่านอินเทอร์เน็ตตรงเข้านี้ คือ ผู้ให้บริการจะได้รับเส้นทางที่ถาวรจากต้นทางไปยังปลายทางก่อนออกอินเทอร์เน็ตโดยตรง รงเสมือนหนึ่งว่าลูกค้ารายนั้นครอบครองเส้นทางที่ถาวรนั้นเพียงรายเดียวไม่ต้องแบ่งการใช้งานกับใคร เมื่อมองจากมุมมองของเร้าเตอร์ต้นทางออกไปยังเร้าเตอร์ปลายทาง เร้าเตอร์จะสามารถสื่อสารกันได้ในลักษณะแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point) ลักษณะการนำอินเทอร์เน็ตตรงเข้ามาใช้งานมักจะมีลักษณะดังนี้

1. การเชื่อมต่อเครือข่ายขององค์กรออกอินเทอร์เน็ต
2. การเชื่อมต่อเครือข่ายของสำนักงานสาขาเข้ากับต่อ เครือข่าย สำนักงานใหญ่ก่อนออกอินเทอร์เน็ต
3. เครือข่ายที่มีการรับส่งข้อมูลในปริมาณมากๆ เกือบๆ จะคงที่ตลอดเวลา เช่น รู้แน่นอนว่าปริมาณกราฟฟิกที่รับส่งในแต่ละวันเฉลี่ย 1 Mbps เป็นต้น

ในปัจจุบันผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตตรงเข้าในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกันหลายบริษัท เช่น ทีโอที, ทู เป็นต้น โดยในการขอใช้บริการประเภทนี้ ลูกค้าจะต้องแจ้งความต้องการไปยังผู้ให้บริการเพื่อให้ทางผู้ให้บริการทำการตรวจสอบก่อนว่าพื้นที่การให้บริการตรงเข้านั้นครอบคลุมพื้นที่ทำงานของลูกค้าหรือไม่ และให้เจ้าหน้าที่ของผู้ให้บริการทำการเชื่อมต่อสายเคเบิลหรือไฟเบอร์ออฟติก จากจุดเชื่อมต่อ ของเครือข่ายที่ใกล้ที่สุดกับลูกค้ามายังพื้นที่ทำการ จากนั้นผู้ให้บริการก็ต้องจัดหาอุปกรณ์ดีทีอี (Data Terminal Equipment: DTE) มาให้ลูกค้า เช่น เร้าเตอร์หรือสวิตช์เลขอร์ 3 เป็นต้น มาให้ลูกค้าและต้องแจ้งหมายเลขวงจรให้กับลูกค้าได้ทราบพร้อมทั้งเบอร์โทรศัพท์ติดต่อ

หากเกิดปัญหาขึ้นจะได้โทรแจ้งพร้อมทั้งระบุหมายเลขวงจรให้ทราบเพื่อความรวดเร็วในการแก้ปัญหา

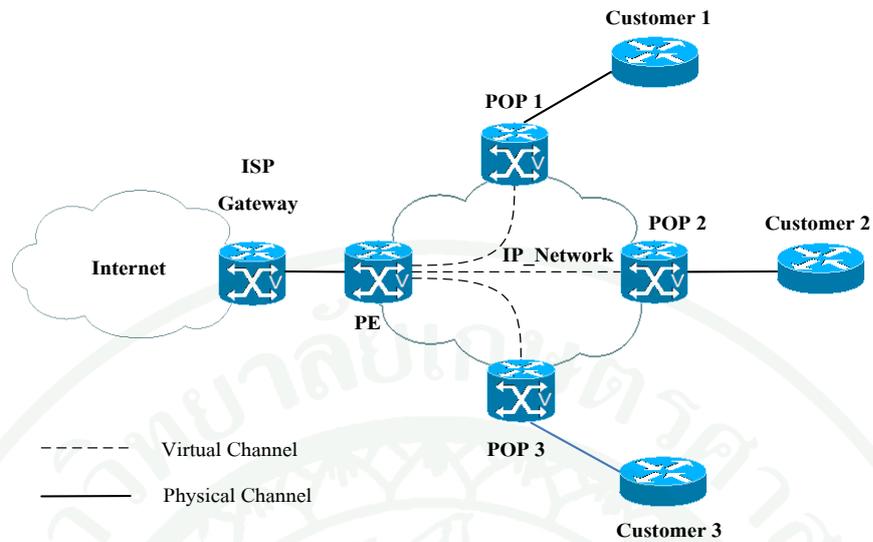
ในการเชื่อมต่อเราเตอร์จะต้องมีสายเคเบิลหรือไฟเบอร์ออฟติกที่เหมาะสม ถ้าเป็นเคเบิลมักเป็นสายอินเทอร์เน็ตเฟรมมาตรฐาน V.35 ที่มีปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับ การ์ดแวนอินเทอร์เน็ตเฟซ (WAN Interface Card: WIC) ของเราเตอร์ และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นอินเทอร์เน็ตเฟซ V.35 เพื่อต่อเข้ากับ อุปกรณ์ซีเอสยูหรือดีเอสยู (CSU/DSU)

ระบบที่เหมาะสมในการใช้งานอินเทอร์เน็ตวงจรเช่า

1. มีงานสำคัญที่ต้องอาศัยการรับส่งอีเมลล์ หรือรับส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต
2. มีเซิร์ฟเวอร์ในองค์กรเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต เช่น เมล์หรือเว็บเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น
3. มีความต้องการใช้งานอินเทอร์เน็ตตลอด 24 ชั่วโมง
4. มีการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจำนวนมากๆ และมีปริมาณการใช้งานเฉลี่ยคงที่

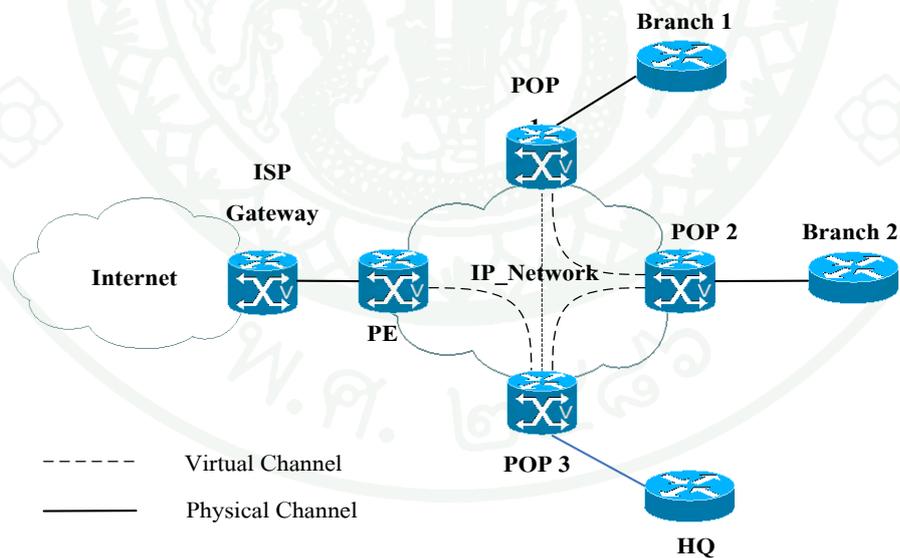
รูปแบบการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตวงจรเช่า

โดยทั่วไปแล้วการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตวงจรเช่าจากผู้ให้บริการมายังผู้ให้บริการเพื่อใช้งานอินเทอร์เน็ต มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ การเชื่อมต่อ เครือข่ายขององค์กรเพียงแห่งเดียวออกอินเทอร์เน็ต และการเชื่อมต่อ เครือข่าย ของสำนักงานสาขาเข้ากับต่อ เครือข่าย สำนักงานใหญ่ก่อนออกอินเทอร์เน็ต (ส่วนพัฒนาผลิตภัณฑ์อินเทอร์เน็ต บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน), 2550) ดังภาพที่ 6 และ 7



ภาพที่ 6 แสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายขององค์กรเพียงแห่งเดียวออกอินเทอร์เน็ต

ที่มา: ส่วนพัฒนาผลิตภัณฑ์อินเทอร์เน็ต บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) (2552)



ภาพที่ 7 แสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายของสำนักงานสาขาเข้ากับต่อสำนักงานใหญ่ก่อนออกอินเทอร์เน็ต

ที่มา: ส่วนพัฒนาผลิตภัณฑ์อินเทอร์เน็ต บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) (2552)

คุณภาพของการให้บริการ

การออกแบบเครือข่ายสื่อสารในยุคแรก จะเน้นในการให้บริการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นหลักโดยไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพและคุณภาพของการให้บริการซึ่งจะเหมาะกับการให้บริการบางประเภทที่ไม่ต้องการความรวดเร็วในการติดต่อสื่อสาร ซึ่งอาจจะถึงล่าช้าไปบ้างก็ไม่ใช่เป็นไร เช่น การส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) แต่ในปัจจุบันการให้บริการบางประเภทที่เน้นในเรื่องคุณภาพในการติดต่อสื่อสารในเชิงการส่งข้อมูลเสียง ข้อมูลวิดีโอ เช่น การใช้งานระบบวีโอไอพี (Voice over IP) หรือการใช้งานระบบวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ เป็นต้น ซึ่ง การให้บริการต่างๆ เหล่านี้ ต้องเน้นที่คุณภาพของบริการ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งในการให้บริการระบบงานดังกล่าว มีการจัดการคุณภาพในการให้บริการ (Quality of Service) หรือที่เรียกว่า คิวโอเอส (QoS) เข้ามาช่วยเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการวัดการรับส่งข้อมูล และการยอมรับในเรื่องคุณภาพของการให้บริการต่างๆ ซึ่งการยอมรับในเรื่องคุณภาพเป็นระดับที่ยากแก่การกำหนดว่า มาตรฐานคุณภาพในเครือข่ายสื่อสารเป็นอย่างไร ซึ่งใน เชิงเทคนิคของคิวโอเอสสามารถนิยามได้ด้วยพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

การมีให้ใช้งานได้ (Availability)

การมีให้ใช้งานได้ หมายถึง การให้บริการต้องสามารถให้บริการได้ตลอดเวลา ซึ่งคิดเป็น 100% ของเวลาการใช้งานหรือเวลาของดาวน์ไทม์ (Downtime) มีค่าเป็น 0 แต่แน่นอนที่สุดย่อมไม่มีเครือข่ายสื่อสารใด สามารถให้บริการได้ถึง 100 % หากต้องมีการกำหนดค่าให้ใช้งานหรือระยะเวลาที่เครือข่ายสื่อสารขัดข้องได้ไม่เกินกี่วินาที

ช่องสัญญาณที่ส่งได้ (Throughput)

ช่องสัญญาณที่ส่งได้ หมายถึง การรับการส่งข้อมูลจากต้นทางหนึ่งไปยังปลายทางหนึ่งได้ด้วยอัตราเท่าไร ในจำนวนบิตต่อวินาที กล่าวคือ ต้องมีการรับประกันการให้บริการว่าจะต้องสามารถใช้ได้ไม่ต่ำกว่าจำนวนบิตเท่าไรต่อวินาที แต่เมื่อใช้กับงานบริการเฉพาะบางอย่างจำเป็นต้องมีการประกันช่องสัญญาณไว้โดยเฉพาะ เช่น การส่งสัญญาณเสียง สัญญาณวิดีโอ เป็นต้น

การสูญหายของแพ็กเก็ต (Packet loss)

เมื่อกรณีที่อุปกรณ์เครือข่ายสื่อสารรับแพ็กเก็ต เกิดจำนวนมาก แต่ไม่สามารถให้บริการได้ทัน จำเป็นต้องตัด แพ็กเก็ตบางส่วนทิ้งไป แพ็กเก็ตที่หายไปโดยไม่สามารถ ถส่งจากต้นทางไปยังปลายทางได้เรียกว่า การสูญหายของแพ็กเก็ต เมื่อแพ็กเก็ตสูญหายไปก็ต้องทำการส่งใหม่ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณของแพ็กเก็ต เกิดยิ่งเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้โอกาสที่แพ็กเก็ตจะสูญหายมากขึ้นด้วยเช่นกัน

เวลาจitter (Jitter)

เวลาจitter เป็นค่าการแปรปรวน ของค่าเวลาเลทเทนซี กล่าวคือ แพ็กเก็ตที่เคลื่อนที่จากต้นทางไปยังปลายทางหลายๆ แพ็กเก็ตนั้น ปรากฏว่าการไปถึงปลายทางใช้ระยะเวลาต่างกันนั้น จะทำให้ข้อมูลบางส่วนที่ไปก่อนอาจถึงทีหลังหรือเวลาใกล้เคียงกันทำให้การตรวจสอบลำดับของแพ็กเก็ตให้ผู้รับต้องกระทำด้วย

เวลาเลทเทนซี (Latency)

ค่าเวลาเลทเทนซีเป็นค่า เวลาที่เกิดจากการเดินทางของแพ็กเก็ต เกิดข้อมูลจากต้นทางของแพ็กเก็ต ข้อมูลไปยังปลายทาง ค่าเวลาเลทเทนซีจะขึ้นกับวิธีการและเทคโนโลยีในการประยุกต์ใช้ในเครือข่ายสื่อสารรวมถึงสูญเสียเวลาจากการหน่วงในอุปกรณ์เครือข่ายสื่อสารด้วย

คำนิยามกว้างๆ ของคิวไอเอส คือ การส่งข้อมูลในเครือข่ายโดยรับประกันว่าการส่งข้อมูลจะเป็นไปตามคุณภาพหรือเงื่อนไขที่ต้องการ เงื่อนไขที่ว่ามี ก็คือเงื่อนไขในเชิงเมตริกของเครือข่าย เช่น ดีเลย์ แบนด์วิดท์ การเปลี่ยนแปลงของดีเลย์ อัตราการสูญหายของข้อมูล (Loss) หลักการทั่วไปของคิวไอเอส จึงเป็นการตรวจวัดและควบคุมการไหลของข้อมูลให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เป้าหมายของคิวไอเอส คือ การควบคุมการส่งแพ็กเก็ตผ่านเครือข่ายให้ได้ตามเงื่อนไข วิธีการพื้นฐานของคิวไอเอส มีอยู่สองแบบ คือ การจอง (Reservation) และการเรียงลำดับก่อนหลัง (Prioritization) มีรายละเอียดดังนี้

การจอง

หลักการของการจอง คือ การรับประกันด้วยวิธีจองทรัพยากรของเครือข่ายก่อนที่จะเริ่มส่งข้อมูล ทรัพยากรตัวหลักที่จำเป็นต้องจองก็คือ บัฟเฟอร์ (Buffer) และแบนด์วิดท์ แต่โดยมากแล้วเราจะห่วงเรื่องของดีเลย์มากที่สุด เพราะแอปพลิเคชันส่วนมากจะอ่อนไหวกับดีเลย์ การคำนวณจึงเน้นไปที่การหาขนาดของบัฟเฟอร์และแบนด์วิดท์ที่เหมาะสมที่จะรักษาดีเลย์ระหว่างต้นทางไปยังปลายทางไม่ให้เกินที่กำหนดได้ โดยในแต่ละฮอป (hop) เราสามารถแยกดีเลย์ออกมาได้ 4 ส่วน ดังนี้

1. ดีเลย์ที่เกิดจากการรอคิวส่ง (Queuing Delay)

สำหรับในเราเตอร์ก็คือ ช่วงเวลาที่แพ็คเก็ตถูกบัฟเฟอร์ไว้หน่วยความจำมากหรือน้อย ขึ้นกับการจัดคิวและขนาดของคิว ถ้าคิวขนาดใหญ่จะมีโอกาสบัฟเฟอร์ข้อมูลได้มากทำให้ค่าเฉลี่ยของดีเลย์สูง ถ้าคิวสั้นค่าเฉลี่ยของดีเลย์จะน้อยกว่าแต่ทำให้อัตราการสูญเสียมีมากขึ้นเพราะแพ็คเก็ตจะถูกตัดออกจากระบบ

2. ดีเลย์ที่เกิดจากการประมวลผลของเราเตอร์ (Processing Delay)

การค้นหารายเส้นทาง (Lookup Routing Table) การโหลดและส่งข้อมูล หน่วยความจำ (Load/Transfer Memory) การติดต่อไอโอ (I/O) ระหว่างชิพกับเน็ตเวิร์กอินเตอร์เฟซ เป็นต้น

3. ดีเลย์ที่เกิดจากอัตราการส่งข้อมูล (Transmission Delay)

ค่านี้มีความสัมพันธ์กับแบนด์วิดท์ ถ้าแบนด์วิดท์กว้างดีเลย์ที่เกิดจากอัตราการส่งข้อมูลก็จะน้อย

4. ดีเลย์ของสื่อที่ใช้ส่งข้อมูล (Propagation delay)

เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสื่อสัญญาณ เช่น ออปติกไฟเบอร์ก็จะมีดีเลย์ของสื่อที่ใช้ส่งข้อมูลประมาณ $(2/3$ ความเร็วแสงในชั้นบรรยากาศ) หรือความถี่ของสัญญาณที่ส่งออกไปไกลๆ ก็จะมีดีเลย์ของสื่อที่ใช้ส่งข้อมูลมากตามไปด้วย

จะเห็นว่ามีความแปรปรวนของตัวแปรสองตัวที่ปรับค่าแล้วส่งผลต่อดีเลย์คือ ขนาดของบัพเฟอร์และขนาดของแบนด์วิดท์ การหาค่าที่เหมาะสมเวลานี้ยังไม่มีความตายตัวว่าต้องใช้วิธีไหน เราอาจจะใช้เทคนิคที่เหมาะสม (Optimization Technique) มาช่วยคำนวณร่วมกับหลักของทฤษฎีการเข้าคิว (Queuing Theory) ได้ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ที่สามารถรับประกันการส่งข้อมูลในเชิงสถิติ แต่ทั้งหมดนี้เป็นการคำนวณเพียงแค่อุปเดิยเท่านั้น การจะหาดีเลย์ทั้งหมดต้องคำนวณจากทุกๆ อีโอบที่เป็นทางผ่านของแพ็คเก็ต ถ้าจะให้ดีต้องคำนวณทุกๆ อีโอบพร้อมกันภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดในการทำงานของแต่ละอีโอบแต่การทำเช่นนั้นเป็นเรื่องที่ยุ่งยากมากและเสียเวลา

ปัจจุบันมีเฟรมเวิร์ก (Framework) ที่ใช้หลักการของการจองในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรียกว่า แบบบริการรวม (Integrated Services: IntServ) เฟรมเวิร์กของแบบบริการรวมใช้โปรโตคอลอาร์เอสวีพี (Resource Reservation Protocol: RSVP) ในการจองทรัพยากรเครือข่ายเส้นทางของการส่งข้อมูลระหว่างต้นทางไปยังปลายทางจะไม่แตกต่างจากการส่งข้อมูลแบบพยายามส่งให้ดีที่สุด (Best Effort) แต่แบบบริการรวมสามารถรับประกันได้ว่าดีเลย์ในการส่งจากต้นทางไปถึงปลายทางจะไม่เกินค่าๆ หนึ่งแน่นอน (ยกเว้นกรณีที่เส้นทางมีการเปลี่ยนแปลง) ปัญหาใหญ่ของแบบบริการรวมคือ ขอบเขต (Scalability) เพราะเครือข่ายต้องแบ่งทรัพยากรบางส่วนไปใช้กับคิวไอเอส โดยเฉพาะ ถ้าใช้งานคิวไอเอสกันมากๆ ทรัพยากรก็จะหมดไป นอกเหนือการจองทรัพยากรด้วยอาร์เอสวีพีไม่ได้กระทำอย่างถาวร จึงต้องมีการส่งแพ็คเก็ตของอาร์เอสวีพีไปยังเราเตอร์เพื่อทำการจองทรัพยากรตลอดเวลา จึงมีกระบวนการทำงานสูงเกินปกติแล้วแบบบริการรวมจึงจำกัดให้ใช้งานเฉพาะภายในเครือข่ายอิสระเท่านั้น

การเรียงลำดับก่อนหลัง (Prioritization)

เป็นการจัดลำดับความสำคัญ ในกรณีนี้เราพยายามแบ่งระดับความสำคัญของข้อมูลที่ต้องการส่ง แพ็คเก็ตไหนมีความสำคัญมากก็ส่งก่อน แพ็คเก็ตไหนมีความสำคัญน้อยกว่าก็ส่งทีหลัง

การเลือกระดับความสำคัญจะเป็นไปตามชนิดของข้อมูลเป็นหลัก การส่งข้อมูลที่ต้องการดีเลย์น้อยๆ ก็จะมีระดับความสำคัญสูง ข้อดีของวิธีการนี้ คือ ไม่ต้องการจองทรัพยากรของเครือข่าย จึงสามารถใช้งานได้ในช่วงกว้าง บางครั้งการทำงานแบบ การเรียงลำดับก่อนหลังจะเรียกว่าเป็นลำดับชั้นของการให้บริการ (Class of Service: COS) มากกว่าที่จะเป็นคิวไอเอสเพราะแพ็คเก็ตจะถูกแบ่งออกมาเป็นชั้น (ชั้น = ระดับความสำคัญ) ข้อมูลในชั้นเดียวกันจะมีความสำคัญเท่ากัน ใช้ทรัพยากรทั้งหมดร่วมกัน ซึ่งเป็นข้อเสียของมัน เนื่องจากวิธีนี้ไม่สามารถรับประกันได้ 100% ว่าการจัดส่งจะเป็นไปตามเงื่อนไข ในขณะที่การจองจะมีความแน่นอนมากกว่าเพราะกันทรัพยากรส่วนหนึ่งมาใช้งาน โดยเฉพาะ (Murphy and Burr, 2000)

ในอินเทอร์เน็ตก็มีเฟรมเวิร์กที่เป็นการเรียงลำดับก่อนหลังเรียกว่า บริการแบบแตกต่าง (Differentiated Services: DiffServ) แต่วิธีการของบริการแบบแตกต่างถือว่าเหนือขึ้นไปอีกชั้น คือ แทนที่จะระบุระดับความสำคัญมากน้อยแล้วส่งข้อมูลเรียงตามลำดับความสำคัญ บริการแบบแตกต่างจะใช้วิธีการแบ่งชั้นของข้อมูลว่าแต่ละคลาสต้องการการส่ง ข้อมูลอย่างไร จะใช้ทรัพยากรของเร้าเตอร์มา้อยแค่ไหน แพ็คเก็ตใน ชั้นเดียวกันจะถูกจัดส่งด้วยวิธีการแบบเดียวกัน ทำให้ควบคุมการส่งได้ดีกว่าและตรงกับความต้องการของข้อมูลมากกว่าการจัดระดับความสำคัญ นอกจากนี้แล้วเฟรมเวิร์กของ บริการแบบแตกต่าง ยังพิจารณา ถึงระดับนโยบาย การใช้งานข้ามเครือข่ายอิสระ ด้วย เหตุผลก็คือ เครือข่ายอิสระ แต่ละ เครือข่าย เป็นของหน่วยงานต่างๆ กัน มีนโยบายในการใช้งานไม่เหมือนกัน และอาจจะกำหนดวิธีการจัดส่งในแต่ละ ชั้นต่างจากเครือข่ายอิสระอื่นๆ ดังนั้นการใช้งาน บริการแบบแตกต่าง ข้ามเครือข่ายอิสระจึงต้องมีการ ตกลงกันระหว่างเครือข่ายอิสระด้วยว่าจะยอมให้มีการส่งหรือไม่ ถ้ายอมจะติดต่อแต่ละชั้นเข้าหากันได้อย่างไร

มุมมองของคุณภาพการให้บริการ

ITU-T Recommendation G.1000 ได้แบ่งมุมมองของการพิจารณาคุณภาพการให้บริการออกเป็น 4 มุมมองที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. คุณภาพการ ให้บริการที่เป็นความต้องการของผู้ใช้บริการ (Customer's QoS requirements) เป็นระดับของคุณภาพการให้บริการที่ผู้ให้บริการต้องการ ซึ่งจะถูกพิจารณาจาก มุมมองของผู้ใช้บริการ

2. คุณภาพการให้บริการที่เสนอโดยผู้ให้บริการ (QoS offered by the service provider) เป็นระดับของคุณภาพการให้บริการที่ผู้ให้บริการเสนอแก่ผู้ใช้บริการ และเป็นระดับคุณภาพที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการวางแผนจัดการ หรือการทำข้อตกลงระดับการให้บริการ (Service Level Agreements: SLA) กับผู้ใช้บริการ

3. คุณภาพการให้บริการที่ผู้ให้บริการส่งมอบให้ (QoS achieved or delivered by the service provider) เป็นระดับของคุณภาพจริงที่ผู้ให้บริการส่งมอบให้ผู้ใช้บริการ

4. คุณภาพการให้บริการที่ผู้ใช้บริการได้รับ (QoS perceived by the customer) เป็นระดับของคุณภาพที่ผู้ใช้บริการได้รับ โดยวัดจากประสบการณ์ที่ผู้ใช้บริการได้รับจากการใช้บริการ

จากมุมมองดังกล่าวสามารถแบ่งได้เป็นมุมมองของผู้ให้บริการคือมุมมองที่ 2 และ 3 และมุมมองของผู้ใช้บริการคือมุมมองที่ 1 และ 4 ซึ่งจะเห็นว่ามี ความแตกต่างกันในการพิจารณาคุณภาพ โดยเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของบริการที่อยู่บนอินเทอร์เน็ตซึ่งในการให้บริการนั้นข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายที่หลากหลายที่มีคุณภาพแตกต่างกันไป ซึ่งอาจทำให้คุณภาพที่ผู้ใช้บริการได้รับนั้นต่ำกว่าคุณภาพที่ผู้ให้บริการส่งมอบจนทำให้ไม่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการได้ ทั้งนี้เพื่อที่จะรับประกันถึงคุณภาพในแต่ละมุมมอง (Menasce, 2002) ได้กล่าวไว้ว่าในมุมมองของผู้ให้บริการควรทำการตรวจสอบการให้บริการ และคุณภาพที่ส่งมอบเพื่อให้คุณภาพอยู่ในระดับที่ทำข้อตกลงไว้ ในขณะที่ผู้ใช้บริการควรตรวจสอบคุณภาพที่ได้รับในการเรียกใช้บริการ โดยมีหน่วยงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพการให้บริการ อย่างไรก็ตามวิธีการทำข้อตกลง ระดับการให้บริการ เป็นมุมมองของผู้ให้บริการที่จะรับประกันคุณภาพ การให้บริการ ของตนระหว่างผู้ใช้บริการที่ทำการตกลงกันไว้ โดยค่าใช้บริการและค่าปรับจะถูกนำมาเป็นเงื่อนไข ซึ่งต่างจากงานวิจัยของเราที่จะพิจารณาในมุมมองของผู้ใช้บริการ และไม่จำกัดที่ผู้ให้บริการใดบริการหนึ่งเท่านั้น โดยการคัดเลือกการให้บริการนั้นจะพิจารณาจากคุณภาพที่ผู้ใช้บริการได้รับ

แนวทางการวัดปัจจัยที่กำหนดคุณภาพการให้บริการ

การวัดปัจจัยที่ใช้กำหนดคุณภาพการให้บริการสามารถแบ่งออกได้ 2 แนวทาง (Karunasekera and Burr, 2005) ดังนี้

1. ผู้ให้บริการเป็นศูนย์กลาง (Provider Centric) เป็นการวัดปัจจัยโดยอาศัยวิธีการหรือข้อมูลต่างๆ ที่สามารถหาได้จากฝั่งผู้ให้บริการ ซึ่งการนิยามและวิธีการวัดจะพิจารณาในมุมมองของผู้ให้บริการ
2. ผู้ใช้บริการเป็นศูนย์กลาง (Client Centric) เป็นการวัดปัจจัยที่ผู้ใช้ได้รับ ซึ่งจะรวมสภาพแวดล้อมในการให้บริการระหว่างผู้ให้บริการและผู้ให้บริการ การนิยามและวิธีการวัดจะพิจารณาในมุมมองของผู้ใช้บริการ

แบบจำลองการจัดการคุณภาพของการให้บริการ

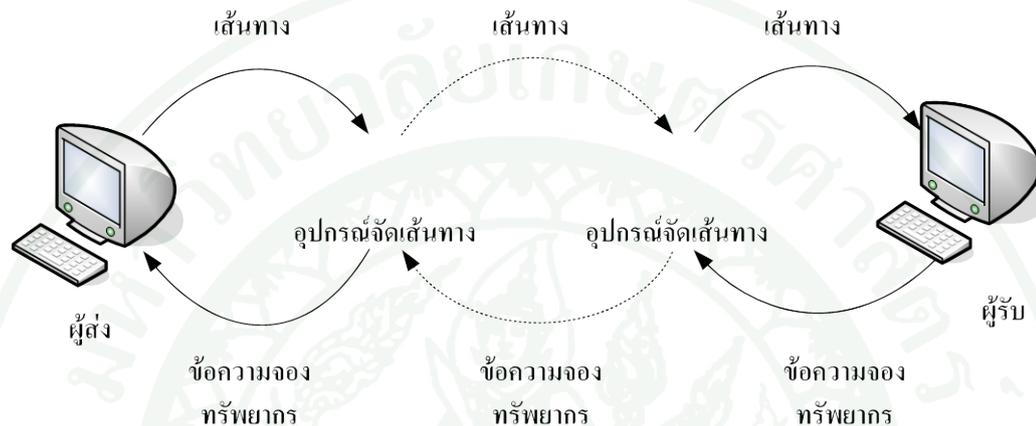
กลุ่มซึ่งทำหน้าที่ผลักดันทางด้านวิศวกรรมอินเทอร์เน็ต (The Internet Engineering task Force: IETF) ได้กำหนดแบบจำลองการบริการสำหรับการทำให้เกิดผลของคุณภาพการบริการขึ้นมาสองส่วน คือ

บริการแบบรวม (มาตรฐาน RFC1633)

สถาปัตยกรรมแบบบริการแบบรวม นั้นได้ออกแบบมาเพื่อที่จะให้คุณภาพคิวไอเอสแบบที่เรียกว่า การการันตีคิวไอเอสแบบแน่นอน (Hard QoS Guarantee) โดยสถาปัตยกรรมนี้จะรองรับคิวไอเอสสามแบบ ได้แก่

1. การให้บริการแบบการันตี (Guaranteed Services) ที่จะให้การรับประกันคุณภาพ รวมไปถึงดีเลย์, จิตเตอร์สูงสุดและไม่มีการสูญหายของแพ็คเก็ตเนื่องจากมีการจัดเก็บส่วนที่เกินได้ บริการนี้จะเน้นไปที่บริการที่ ใกล้เคียงกับบริการแบบวงจรสลับ (Circuit Switched) ในเครือข่ายไอพีนั่นเอง
2. การให้บริการแบบควบคุมโหลด (Controlled Load Services) ซึ่งจะให้การประกันคุณภาพที่เปรียบได้กับที่ผู้ใช้จะได้จากเครือข่ายแบบพยายามส่งให้ดีที่สุด แต่มีโหลดไม่มากนัก โดยบริการนี้จะรับประกันอัตราการรับส่งแต่ไม่รับรองดีเลย์หรือการสูญเสียของแพ็คเก็ต

3. การให้บริการแบบพยายามส่งให้ดีที่สุดที่สุด (Best Effort Services) จะไม่มีการรับประกันใดๆ เลย โพรโทคอลที่บริการแบบรวมใช้งานก็คือ อาร์เอสวีพี ที่ติดต่อสื่อสารด้านคิวโอเอสและทำการจองทรัพยากรแบบต้นทางไปจนถึงปลายทาง (End-to-End) โดยจะสื่อสารข้อมูลทั้งพารามิเตอร์ข้อมูลด้านการสร้างกฎเกณฑ์ (Policy) เช่น ยูสเซอร์เนม แอปพลิเคชัน เป็นต้น



ภาพที่ 8 แสดงกระบวนการทำงานของการให้บริการแบบรวม

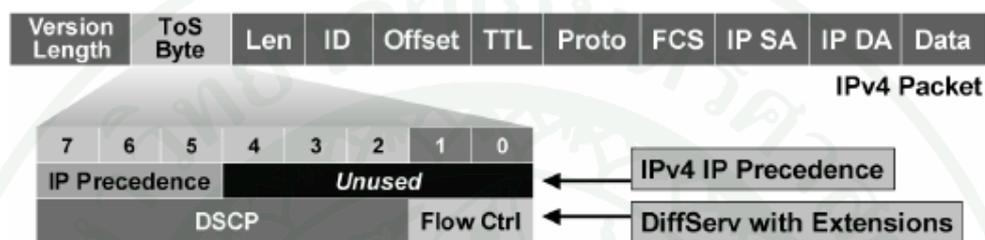
ที่มา: จุดชัย (2551)

บริการแบบแตกต่าง (มาตรฐาน RFC2474/2475)

ด้วยปัญหาในการใช้งานกับเครือข่ายขนาดใหญ่ของแบบ บริการรวมได้ทำให้ IETF ต้องคิดค้นวิธีการให้บริการคิวโอเอส โดยที่ไม่ต้องใช้งานส่วนหัวที่เกินของสัญญาณ (Overhead of Signaling) และการตรวจสอบสถานะ ซึ่งจะใช้วิธีที่ทำให้ใช้งานเครือข่ายขนาดใหญ่ได้นั้นก็คือ บริการแบบแตกต่าง

บริการแบบแตกต่าง ได้แบ่งกราฟฟิกรออกเป็น ชั้นย่อยๆ ที่จะได้รับการดูแลแตกต่างกันไป และมีการใช้งาน ประเภทของการให้บริการ (Type of Service: TOS) ในส่วนหัวของไอพีที่จะระบุชั้น โดยข้างในจะเป็น รหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการ (Differentiated Services code point: DSCP) ที่มีขนาด 6 บิต ดังภาพที่ 9 โดยยูสเซอร์หรือแอปพลิเคชันจะเป็นผู้ให้รหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการที่เหมาะสมมา จากนั้นเราเตอร์ด้านเข้าของเครือข่ายก็จะทำการแบ่ง ชั้นของแพ็คเก็ตเข้าไปในคิวตามที่ได้ระบุไว้ใน รหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการ แล้วทำการตรวจสอบท

ภาพที่ 9 แสดงส่วนหัวของไอพีที่จะระบุชั้นของรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการ



ภาพที่ 9 แสดงส่วนหัวของไอพีที่จะระบุชั้นของรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการ

ที่มา: Cisco (2006)

หลังจากที่ได้อ่าน รหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการ ก็จะทำการส่งผ่านข้อมูล แต่การส่งผ่านก็จะมีค่าที่แตกต่างกันออกไปตามชั้น โดยในบริการแบบแตกต่าง จะทำงานแบบ พฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อ (Per Hop Behavior: PHB) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์หนึ่ง หากเป็นพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อเดียวกันก็จะเป็น ชั้นเดียวกัน ก็จะมีอัตราการส่งออกไปเท่ากัน โดย พฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อมีอยู่ 4 แบบ คือ

1. พฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบใช้ค่าพื้นฐาน (Default PHB)

เป็นค่าพื้นฐานเบื้องต้นซึ่งถูกกำหนดมาของพฤติกรรมแต่ละช่วง เชื่อมต่อในมาตรฐานการส่งที่ดีที่สุดโดยทั่วไปของแพ็คเก็ตไอพี จะถูกทำเครื่องหมายด้วยค่า ดิเอสซีพี 000000 เพื่อให้ได้บริการที่ดีที่สุด

2. พฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบแบ่งลำดับชั้น (Class-Selector PHB)

จะกำหนดค่าของดีเอชซีพีด้วยค่า xxx000 โดยเครื่องหมาย x แทนเลข 0 หรือ 1 ซึ่งจะมีผลต่อการดำเนินการจัดการในเรื่องการจัดลำดับการเข้าคิวและอื่นๆ ที่แตกต่างกันตามค่าตัวเลขที่แตกต่างกันของ xxx การกำหนดค่าดีเอชซีพีลักษณะนี้เนื่องจากต้องการให้รองรับกับระบบการส่งต่อแพ็คเก็ตของโหนดในระบบเดิมของระบบวิธีการไอพีมาก่อน (IP Precedence-based) ซึ่งเรียกการกำหนดค่าของดีเอชซีพีว่าการกำหนดตำแหน่งรหัสเลือกชั้น (Class-Selector) โดยยังคงเกือบเหมือนกันและรองรับการส่งต่อและจำแนกในไอพีในระบบวิธีการไอพีมาก่อน

3. พฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบกระตุ้นไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว (Expedited Forwarding PHB)

มีลักษณะ การบริการที่มีค่า หน่วงเวลา อัตราการสูญหายของข้อมูลและการเกิดความคลาดเคลื่อนทางเวลา ในการส่งแพ็คเก็ตข้อมูลต่ำ รวมทั้งรับประกันแบนด์วิดท์ การส่งข้อมูลผ่านข่ายเชื่อมโยงในเครือข่าย เหมาะสำหรับใช้ในการส่งข้อมูลเสียง วิดีโอ และบริการแบบเวลาจริง ทราฟฟิกข้อมูลชนิดนี้ มักจะมีการกำหนดลำดับความสำคัญในการจัดลำดับคิวของแพ็คเก็ตข้อมูลสูงกว่าแบบอื่น

4. พฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบเชื่อถือได้ (Assured Forwarding PHB)

จะทำการจัดแบ่งแพ็คเก็ตข้อมูลเป็น 4 ประเภท โดยในแต่ละประเภทจะมีการกำหนดค่าการลำดับการตัดทิ้งแพ็คเก็ต (Drop Precedence) 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ ทำให้มีรูปแบบทั้งหมด 12 รูปแบบแตกต่างกัน ในการระบุเพื่อใช้ในการเลือก ตัดทิ้งแพ็คเก็ตข้อมูลที่เข้าที่อุปกรณ์เชื่อมโยงในเครือข่ายเมื่อเกิดความคับคั่งของทราฟฟิกข้อมูล โดยแพ็คเก็ตที่ถูกระบุค่ากำหนดค่าการลำดับการทิ้งแพ็คเก็ตสูง แพ็คเก็ตข้อมูลนั้นจะถูกตัดทิ้งก่อน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบเชื่อมต่อได้

ชั้น	อัตราการตัดทิ้งต่ำ	อัตราการตัดทิ้งกลาง	อัตราการตัดทิ้งสูง
AF1	001010 (AF11)	001100 (AF12)	001110 (AF13)
AF2	010010 (AF21)	010100 (AF22)	010110 (AF23)
AF3	011010 (AF31)	011100 (AF32)	011110 (AF33)
AF4	100010 (AF41)	100100 (AF42)	100110 (AF43)

ที่มา: จตุชัย (2551)

กระบวนการจัดการคุณภาพของการให้บริการ

การจำแนกทราฟฟิก (Classification)

การจำแนกทราฟฟิก คือ วิธีการจำแนกหรือแยกประเภท ของการไหลเวียนของข้อมูล ภายในเครือข่ายออกมาในแต่ละกลุ่ม อย่างชัดเจนว่าเป็นการไหลเวียนข้อมูลประเภทใด การจัดแบ่งประเภทการไหลเวียนของข้อมูลที่อยู่ภายในเครือข่ายนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละเทคนิควิธี ก็มีข้อเด่นและข้อด้อยที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการ จะเลือกว่าเทคนิคใดเป็นวิธีที่ดีที่สุดนั้น จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ โดยสามารถทำการจำแนกทราฟฟิกด้วยวิธีการต่างๆ ได้ดังนี้

1. จำแนกตามผู้ใช้งาน (Single User)

ในการจำแนกตามแต่ละผู้ใช้งานนั้นเราสามารถแบ่งได้โดยใช้

1.1 แม็กแอดเดรส (MAC Address)

1.2 ไอพีแอดเดรสต้นทางและปลายทาง (Source and Destination IP Address)

1.3 พอร์ตเครือข่ายภายใน (LAN Port)

2. จำแนกตามกลุ่มผู้ใช้งาน (Group)

ในการจำแนกตามแต่ละกลุ่มผู้ใช้งานนั้นเราสามารถแบ่งได้โดยใช้

2.1 กลุ่มลูกค้าหรือสาขาในแต่ละองค์กร

2.2 ชั้นเน็ตแอดเดรสต้นทางและปลายทาง (Source and Destination Subnet Address)

2.3 เครือข่ายเสมือนส่วนตัว (Virtual Private Network: VPN)

2.4 บัญชีควบคุมการเข้า

3. จำแนกตามโปรโตคอลในเลเยอร์ 3

ในการจำแนกตามโปรโตคอลในเลเยอร์ 3 นั้นเราสามารถแบ่งได้โดยใช้

3.1 โปรโตคอลดีเอสซีพี

3.2 โปรโตคอลไอพีพีรีซีเดนซ์

3.3 โปรโตคอลไอพี

4. จำแนกตามโปรโตคอลในเลเยอร์ 4

การจำแนกแบบนี้จะสังเกตที่หมายเลขพอร์ตของทั้งผู้ส่งและผู้รับ หากว่ามีเครื่องใดเครื่องหนึ่งใช้หมายเลขพอร์ตที่เคยกำหนดไว้เป็นมาตรฐาน (Well-known port) เช่น HTTP (Hypertext Transfer Protocol) จะใช้หมายเลขพอร์ต 80 ในการติดต่อสื่อสารกัน หากมีแพ็คเกจที่ใช้

หมายเลขพอร์ต 80 คุยกัน เราก็จะระบุว่าแพ็คเก็ตนั้นเป็นการไหลเวียนของข้อมูลประเภท HTTP หรือ WWW トラフィック นั่นเอง โดยสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

4.1 โพรโตคอลทีซีพี

4.2 โพรโตคอลยูดีพี

การทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต (Marking)

การทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต คือ การนำเอาทราฟฟิกที่ถูกจำแนกแล้วมาทำการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตในแต่ละกลุ่มเพื่อที่จะระบุความสำคัญก่อนหลังในแต่ละกลุ่ม โดยจะใช้โปรโตคอลดีเอสซีพี และไอพีพีรีซีเดนซ์ในการทำเครื่องหมาย (Ryu and Burr, 2006) ยกตัวอย่างเช่น

การส่งแบบกระตุ้น (EF = Expedite Forwarding) ต้องการความเป็นเวลาจริง (Real Time)

การส่งแบบแน่นอน (AF = Assured Forwarding) มีหลายระดับต้องการความแน่นอนในการไปถึงปลายทางต่างๆกัน ทราฟฟิกสำหรับแอฟริกันที่มีความสำคัญตั้งแต่มาสุดจนถึงมีความสำคัญทั่วไป จะจัดเข้ากลุ่มย่อยต่างๆ ในกลุ่ม AF นี้

การส่งแบบพยายามส่งให้ดีที่สุด (BE/default = Best Effort) ใช้กับพวกการเล่นเว็บต่างๆ ทั่วไปที่ไม่สำคัญกับงาน

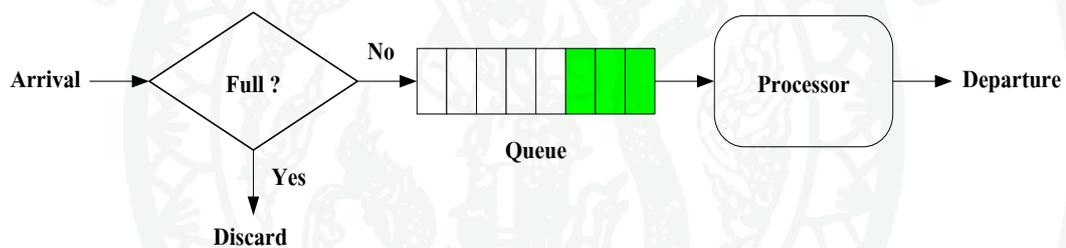
การจัดการความคับคั่งของทราฟฟิก (Congestion Management)

คิว (Queue) เป็นกลไกหลักที่ใช้ควบคุมการส่งแพ็คเก็ตออกไป การเลือกใช้คิวนั้นจะมีผลต่อแบนด์วิดท์, จิตเตอร์, ดีเลย์, และการสูญเสียแพ็คเก็ต ถ้าเราเลือกใช้คิวได้ถูกต้องแล้วย่อมส่งผลให้การทำงานของเครือข่ายมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเรียกว่า การจัดการความคับคั่งของทราฟฟิก

การจัดการความคับคั่งของทราฟฟิก เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้การปรับ รุงประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูลระหว่างเครือข่าย โดยจะมีการจัดการกับแพ็คเก็ตที่มาถึงสวิตช์ หรือเราเตอร์ที่ส่งมาจากแหล่งต่างๆ โดยใช้วิธีการ ดังต่อไปนี้

1. การเข้าคิวแบบเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out: FIFO)

แบบเข้าก่อนออกก่อนเป็นการเลือกแพ็คเก็ตโดยแพ็คเก็ตที่มาถึงเราเตอร์เป็นตัวแรกให้ทำการส่งออกไปก่อน หรือได้รับการ บริการเป็นตัวแรก ซึ่งแบบเข้าก่อนออกก่อน นี้จะมีคิวเพียงคิวเดียวโดยไม่สนใจความสำคัญ (Priority) และเนื่องจากพื้นที่ว่างของเราเตอร์แต่ละตัวมีขีดจำกัด เมื่อแพ็คเก็ตมาถึงแต่ไม่มีพื้นที่ว่างเพียงพอ เราเตอร์จะทำการตัด ทิ้งแพ็คเก็ตนั้น โดยการตัด ทิ้งนี้จะไม่สนใจว่าแพ็คเก็ตมีความสำคัญมากน้อยเพียงใด

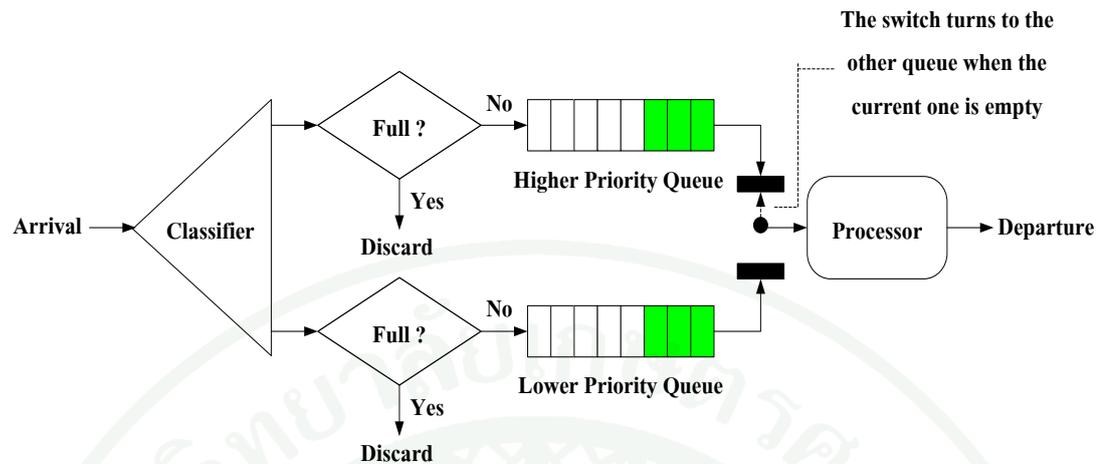


ภาพที่ 10 แสดงการเข้าคิวแบบแบบเข้าก่อนออกก่อน

ที่มา: Christian and Brunilde (2006)

2. การเข้าคิวแบบตามความสำคัญ (Priority Queuing: PQ)

เป็นรูปแบบหนึ่งที่ปรับเปลี่ยนมาจาก แบบเข้าก่อนออกก่อน คือ เราเตอร์จะสามารถเลือกแพ็คเก็ตได้จากคิวหลายคิวและ จะมีการกำหนดความสำคัญให้กับแต่ละคิว ซึ่งจะแตกต่างกันไป เราเตอร์จะส่งแพ็คเก็ตโดยเลือกจากคิวที่มีความสำคัญมากที่สุดเป็นอันดับแรก จากนั้นจะเลือกคิวที่มีความสำคัญรองลงไปตามลำดับและในแต่ละคิวจะมีการจัดการกับแพ็คเก็ตในคิวนั้นแบบแบบเข้าก่อนออกก่อน

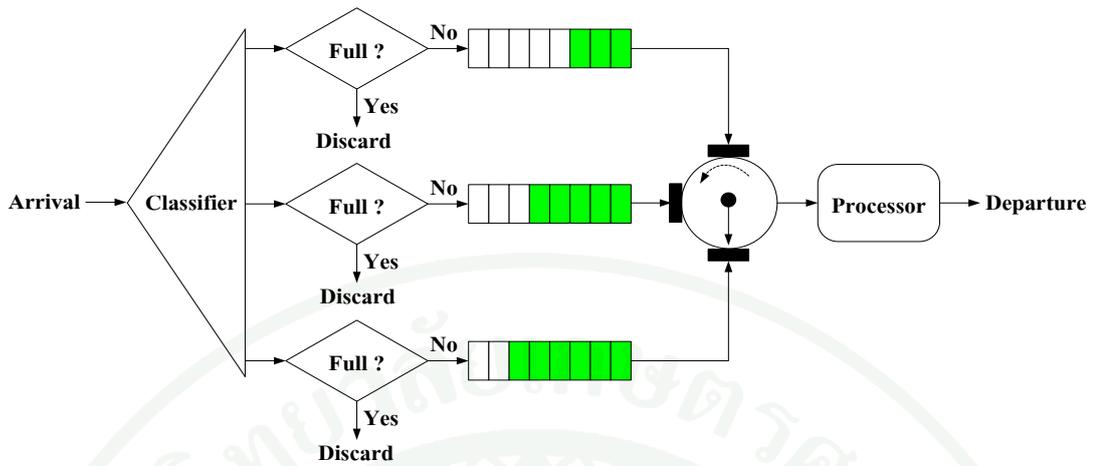


ภาพที่ 11 แสดงการเข้าคิวแบบตามความสำคัญ

ที่มา: Christian and Brunilde (2006)

3. การเข้าคิวแบบเสมอภาค (Fair Queuing: FQ)

เราเตอร์จะสามารถเลือกแพ็คเก็ตได้จากคิวหลายคิว ซึ่งจะมีการกำหนดความสำคัญให้กับแต่ละคิวแตกต่างกันไป กระบวนการนี้มีความคล้ายคลึงกับ แบบตามความสำคัญ แต่สิ่งที่แตกต่างกัน คือ ในแบบเสมอภาคจะใช้หลักการของการวนรอบ (Round Robin) เข้ามาช่วยเพื่อให้ทุกแพ็คเก็ตได้รับการบริการอย่างยุติธรรม โดยมีหลักการ คือ จะมีการเริ่มต้นให้บริการจากคิวที่มีความสำคัญมากที่สุดก่อน และเมื่อส่งครบตามจำนวนบิตที่กำหนดไว้ จะไปทำการ บริการให้กับคิวต่อไป โดยหัวใจหลักคือ การวนรอบให้บริการกับทุกๆ คิว

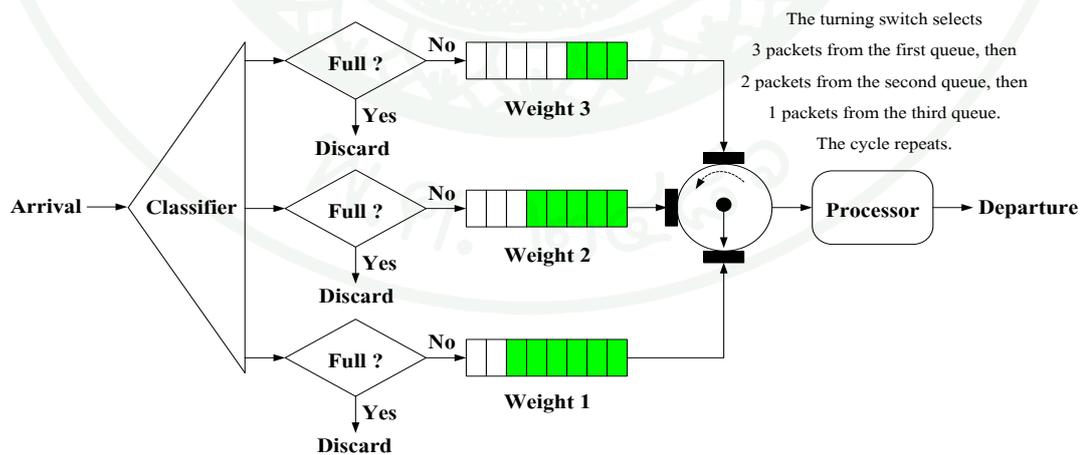


ภาพที่ 12 แสดงการเข้าคิวแบบเสมอภาค

ที่มา: Christian and Brunilde (2006)

4. การเข้าคิวแบบเสมอภาคตามค่าน้ำหนัก (Weighted Fair Queuing: WFQ)

เป็นการปรับปรุงมาจาก การเข้าคิวแบบเสมอภาค โดยมีความแตกต่าง ในส่วนของการให้น้ำหนักในคิวแต่ละคิวที่แตกต่างกัน สำหรับคิวที่มีความสำคัญมากจะได้รับจำนวนบิตที่ส่งไปมากกว่าคิวที่มีความสำคัญน้อยลงมา แต่ยังคงมีการวนรอบให้บริการกับทุกๆ คิวเช่นเดิม

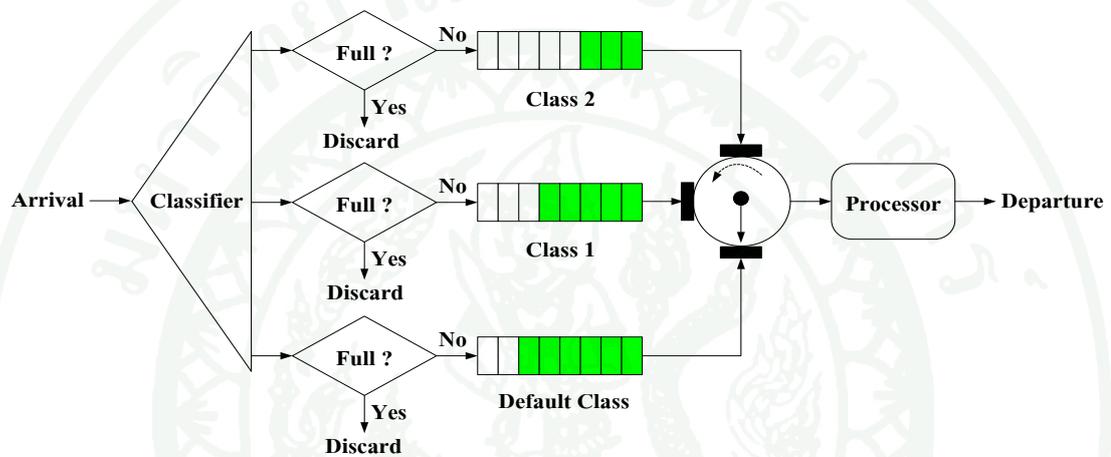


ภาพที่ 13 แสดงการเข้าคิวแบบเสมอภาคตามค่าน้ำหนัก

ที่มา: Christian and Brunilde (2006)

5. การเข้าคิวแบบจำแนกชั้น (Class-Based Queuing: CBQ)

จะเป็นการแบ่งคิวทั้งหมดออกเป็นหลายๆ ชั้น มีการกำหนด ชั้นรวม (Default Class) โดยในแต่ละชั้นจะมีคิวของมันเองและมีการกำหนดค่าแชร์แบนด์วิดท์ให้กับแต่ละชั้นด้วย แพ็คเก็ตจะถูกแบ่งแยกไปแต่ละคิวตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น แบ่งแยกโดยไอพีแอดเดรส แบ่งแยกโดยโปรโตคอล เป็นต้น



ภาพที่ 14 แสดงการเข้าคิวแบบจำแนกชั้น

ที่มา: Christian and Brunilde (2006)

ส่วนประกอบของการจัดคิว (Queuing Component)

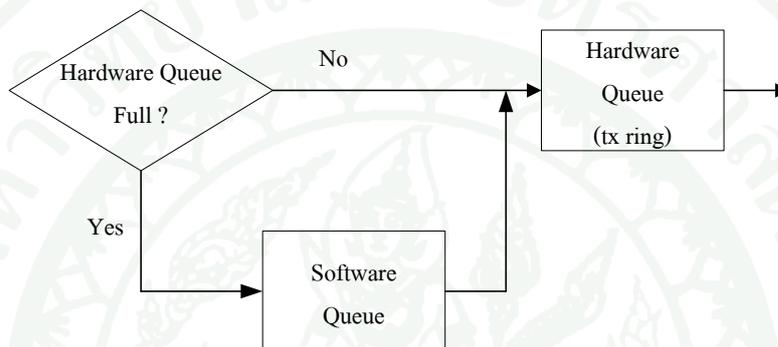
การจัดคิวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ฮาร์ดแวร์คิว (Hardware Queue)

ฮาร์ดแวร์คิวเป็นคิวที่อยู่บนอินเตอร์เฟซของอุปกรณ์เราเตอร์ โดยทั่วไปจะถูกตั้งค่าไว้ที่ 64 คิว โดยจะใช้การส่งผ่านแพ็คเก็ตแบบเข้าก่อนออกก่อนผ่านเครือข่าย (Cisco, 2006)

2. ซอฟต์แวร์คิว (Software Queue)

ซอฟต์แวร์คิวเป็นคิวที่ใช้ในการกำหนดแพ็คเก็ตในฮาร์ดแวร์คิว เพื่อที่จะสามารถควบคุมการเข้าคิวของแพ็คเก็ตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งเราสามารถกำหนดคิวได้ตามความต้องการหรือความสำคัญของข้อมูล โดยที่ซอฟต์แวร์คิวจะทำงานก็ต่อเมื่อมีแพ็คเก็ตในฮาร์ดแวร์คิวเต็ม (Cisco, 2006) ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงกระบวนการทำงานของการจัดคิว

ที่มา: Cisco (2006)

การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งของทราฟฟิก (Congestion Avoidance)

การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งของทราฟฟิก คือ เป็นกระบวนการทำงานของเราเตอร์ เมื่อมีการตัดสินใจในการส่งผ่านข้อมูลไปยัง จุดหมายปลายทาง ถ้ามีการชนกันของข้อมูล หรือแพ็คเก็ตที่จะส่ง (Congestion) หรือเรียกได้ว่ามีแพ็คเก็ตเข้ามาในอินเตอร์เฟซของเราเตอร์มากเกินไป เราเตอร์จะสามารถประมวลผลได้ เราเตอร์จะทำการสุ่มตัดแพ็คเก็ตที่บางส่วนออกก่อนที่จะเติม โดยมีขั้นตอน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การตัดทิ้งขั้นสุดท้าย (Tail drop)

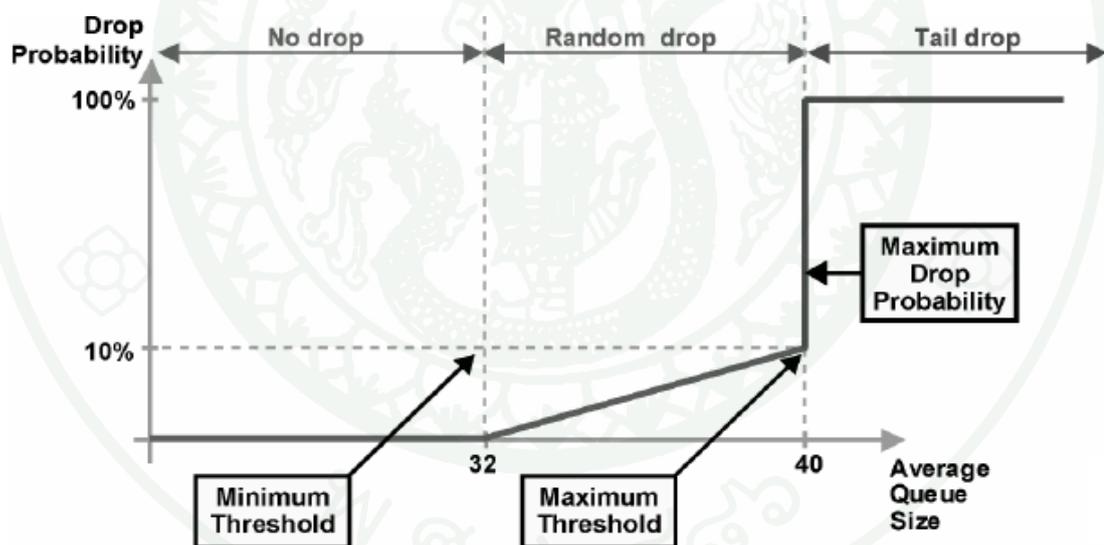
การตัดทิ้งขั้นสุดท้าย คือ การที่เราเตอร์ตัดแพ็คเก็ตทิ้งเมื่อแพ็คเก็ตที่ต่อคิวที่เกินขนาดของบัฟเฟอร์ในเราเตอร์ที่มีอยู่หรือแพ็คเก็ตที่ต่อสุดท้ายของคิว ทำให้สูญเสียข้อมูลเหล่านั้นๆ ไป

2. การสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรก (Random Early Detection: RED)

การสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรก คือ การสุ่มตัดแพ็คเก็ตทิ้งก่อนที่จะทำให้ตัดแพ็คเก็ตเกิดเข้ามาเกินขนาดของบัฟเฟอร์ในเราเตอร์ที่มีอยู่ โดยมีกำหนดขนาดเอาไว้ก่อนว่าจะให้ทำการสุ่มตัดทิ้งแพ็คเก็ตเมื่อใด

2.1 โครงสร้างของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรก (RED Profiles)

โครงสร้างของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกจะถูกใช้ในการกำหนดในเรื่องของการตัดแพ็คเก็ตทิ้งออกก่อนบางส่วนก่อนที่จะเต็มเกิดขึ้น โดยสามารถแสดงโครงสร้างของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกได้ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงโครงสร้างของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรก

ที่มา: Eugene and Attahiru (2007)

โดยวิธีการการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกนี้จะมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญอยู่ 3 ค่า ที่สำคัญอยู่ในโครงสร้างของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรก คือ

2.1.1 ค่าจุดเริ่มต้นต่ำที่สุด (Minimum Threshold) คือ จุดเริ่มต้นในการตัดแพ็คเก็ต บางแพ็คเก็ตที่ออกก่อน โดยเราเตอร์จะทำการสุ่มตัดแพ็คเก็ตทิ้งเมื่อขนาดของของแพ็คเก็ตที่ไหลเข้ามาในอินเตอร์เฟซของเราเตอร์มีขนาดเท่ากับค่าจุดเริ่มต้นต่ำที่สุดหรือมากกว่าค่าจุดเริ่มต้นต่ำที่สุด แต่ไม่เกินค่าจุดเริ่มต้นสูงที่สุด

2.1.2 ค่าจุดเริ่มต้นสูงที่สุด (Maximum Threshold) คือ จุดเริ่มต้นในการตัดแพ็คเก็ตที่เกินขนาดของคิวที่มีอยู่ทั้งหมด

2.1.3 ความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดแพ็คเก็ตทิ้ง (Maximum Drop Probability) คือ ค่าความน่าจะเป็นสูงสุดในการตัดแพ็คเก็ตทิ้งในช่วงที่กำหนดให้มีการสุ่มตัด แพ็คเก็ตบางแพ็คเก็ตทิ้ง

2.2 วิธีทางของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรก (RED Mode)

วิธีทางของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

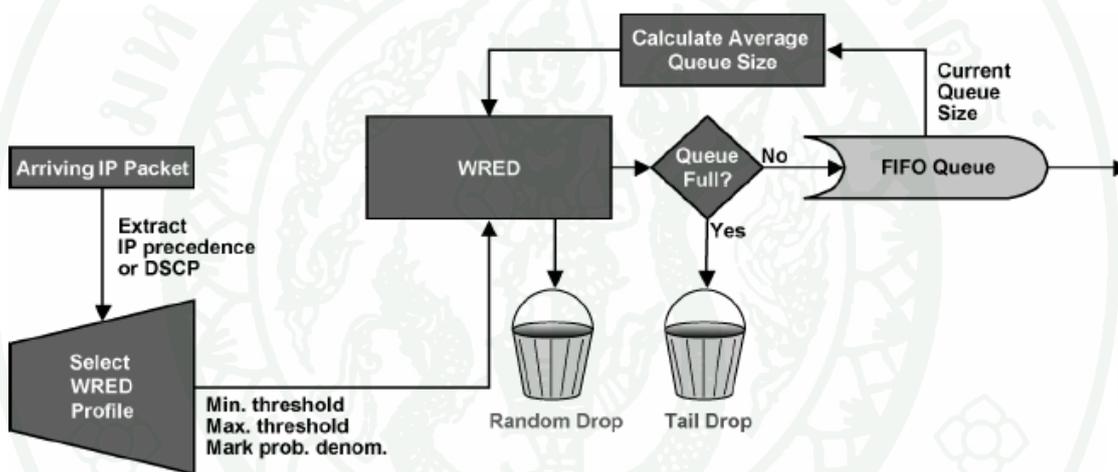
2.2.1 ช่วงที่ไม่มีการตัดแพ็คเก็ตทิ้ง (No Drop) คือ ช่วงที่ขนาดของแพ็คเก็ตที่ไหลเข้ามาในอินเตอร์เฟซของเราเตอร์มีขนาดอยู่ในช่วงศูนย์ถึงค่าจุดเริ่มต้นต่ำที่สุด

2.2.2 ช่วงที่มีการสุ่มตัดแพ็คเก็ตทิ้ง (Random Drop) คือ ช่วงที่ขนาดของแพ็คเก็ตที่ไหลเข้ามาในอินเตอร์เฟซของเราเตอร์มีขนาดอยู่ในช่วงค่าจุดเริ่มต้นต่ำที่สุดถึงค่าจุดเริ่มต้นสูงที่สุด

2.2.3 ช่วงที่มีการตัดแพ็คเก็ตทิ้งทั้งหมด (Full Drop หรือ Tail Drop) คือ ช่วงที่ขนาดของแพ็คเก็ตที่ไหลเข้ามาในอินเตอร์เฟซของเราเตอร์มีขนาดสูงกว่าค่าจุดเริ่มต้นสูงที่สุด

3. การสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก (Weighted random early detection: WRED)

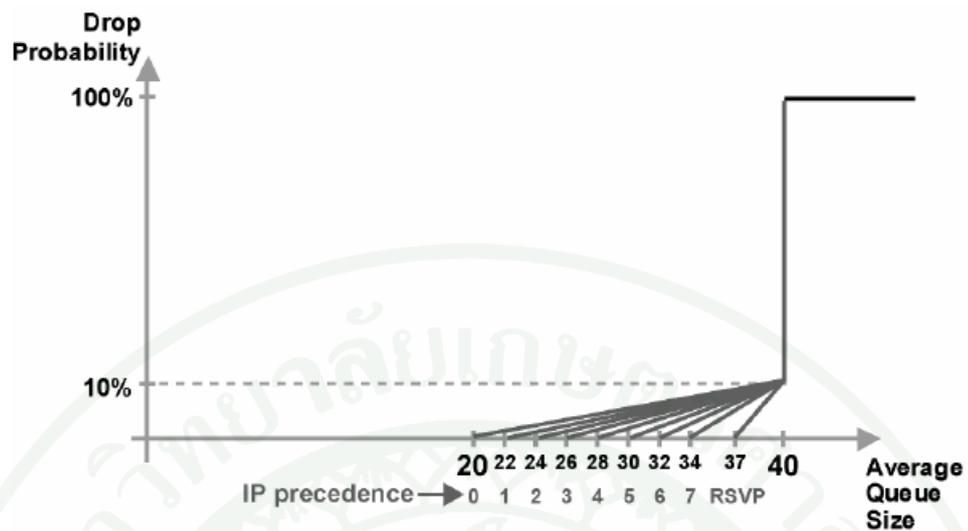
การสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก คือ การสุ่มตัดแพ็คเก็ตทิ้งเช่นเดียวกับแบบการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรก แต่จะมีการเฉลี่ยน้ำหนักตามขนาดของแต่ละคิวก่อนจะถึงขนาดที่กำหนดไว้ ซึ่งการให้ค่าน้ำหนักจะใช้โปรโตคอลไอพีพรีซิเดนซ์และโปรโตคอลดีเอสซีพีในการเปรียบเทียบให้เกิดความแตกต่าง โดยกระบวนการทำงานของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักแสดงได้ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 แสดงกระบวนการทำงานของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก

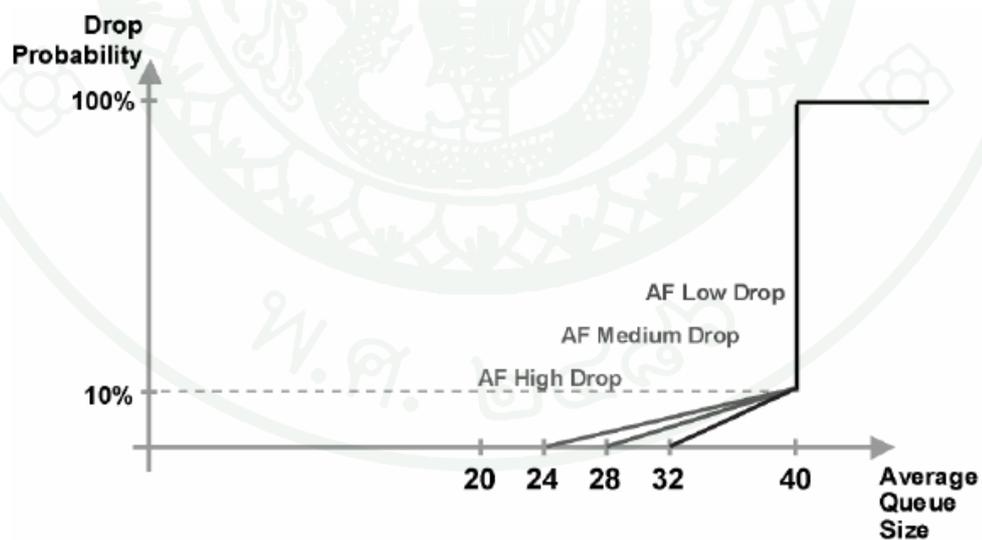
ที่มา: Victoria (2002)

ซึ่งรูปแบบการทำงานของ การสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักโดยใช้โปรโตคอลไอพีพรีซิเดนซ์แสดงภาพรูปที่ 18 และโปรโตคอลดีเอสซีพีแสดงดังภาพที่ 19



ภาพที่ 18 แสดงการทำงานของกลไกการคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักโดยใช้โปรโตคอลไอพีพรีซิเดนซ์

ที่มา: Park and Shin (2006)



ภาพที่ 19 แสดงการทำงานของกลไกการคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักโดยใช้โปรโตคอลดีเอสซีพี

ที่มา: Park and Shin (2006)

การควบคุมทราฟฟิก (Traffic Policing)

การควบคุมทราฟฟิก เป็นการกัณฑ์แบนด์วิดธ์ให้แต่ละทราฟฟิก การใช้งานตามความต้องการที่กำหนด และสามารถตั้งค่าให้เกินจากที่กำหนด (Burst) ขึ้นได้ตามความต้องการ โดยอาจจะกำหนดการใช้งาน ตามขนาดแบนด์วิดธ์ของผู้ใช้งานแต่ละรายหรือกำหนดการใช้งานตามโปรโตคอล เป็นต้น โดยที่เมื่อทราฟฟิกส่วนที่เกินกว่าที่กำหนดไว้จะถูกตัดทิ้งทันทีหรือทำการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตใหม่ (Re-Marking) เพื่อกำหนดความสำคัญให้สูงขึ้นหรือต่ำลงตามความต้องการก่อนที่จะส่งผ่านทราฟฟิกออกไป ถ้าทราฟฟิกยังเกินค่าที่ตั้งให้เกินจากที่กำหนดไว้ก็จะตัดแพ็คเก็ตนั้นทิ้งทันที โดยที่ไม่มีการบัฟเฟอร์ ทราฟฟิกส่วนที่เกินเก็บไว้ (Cisco, 2007) ดังภาพที่ 20 เช่น กำหนดแบนด์วิดธ์ไว้ที่ 1 Mbps และตั้งค่าให้เกินจากที่กำหนด 512 Kbps จะใช้งานแบนด์วิดธ์ได้ 1 Mbps ในกรณีที่แบนด์วิดธ์รวมยังเหลืออยู่จะสามารถใช้งานเกินได้อีก 512 Kbps เท่านั้น แต่ถ้าเกินอีกจะถูกตัดทิ้งทันทีหรือนำเอาทราฟฟิกส่วนที่เกิน 512 Kbps ไปทำการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตใหม่เพื่อกำหนดความสำคัญให้สูงขึ้นหรือต่ำลงโดยใช้โปรโตคอลดีเอสซีพี เป็นต้น



ภาพที่ 20 แสดงทราฟฟิกของการกำหนดแบนด์วิดธ์แบบการควบคุมทราฟฟิก

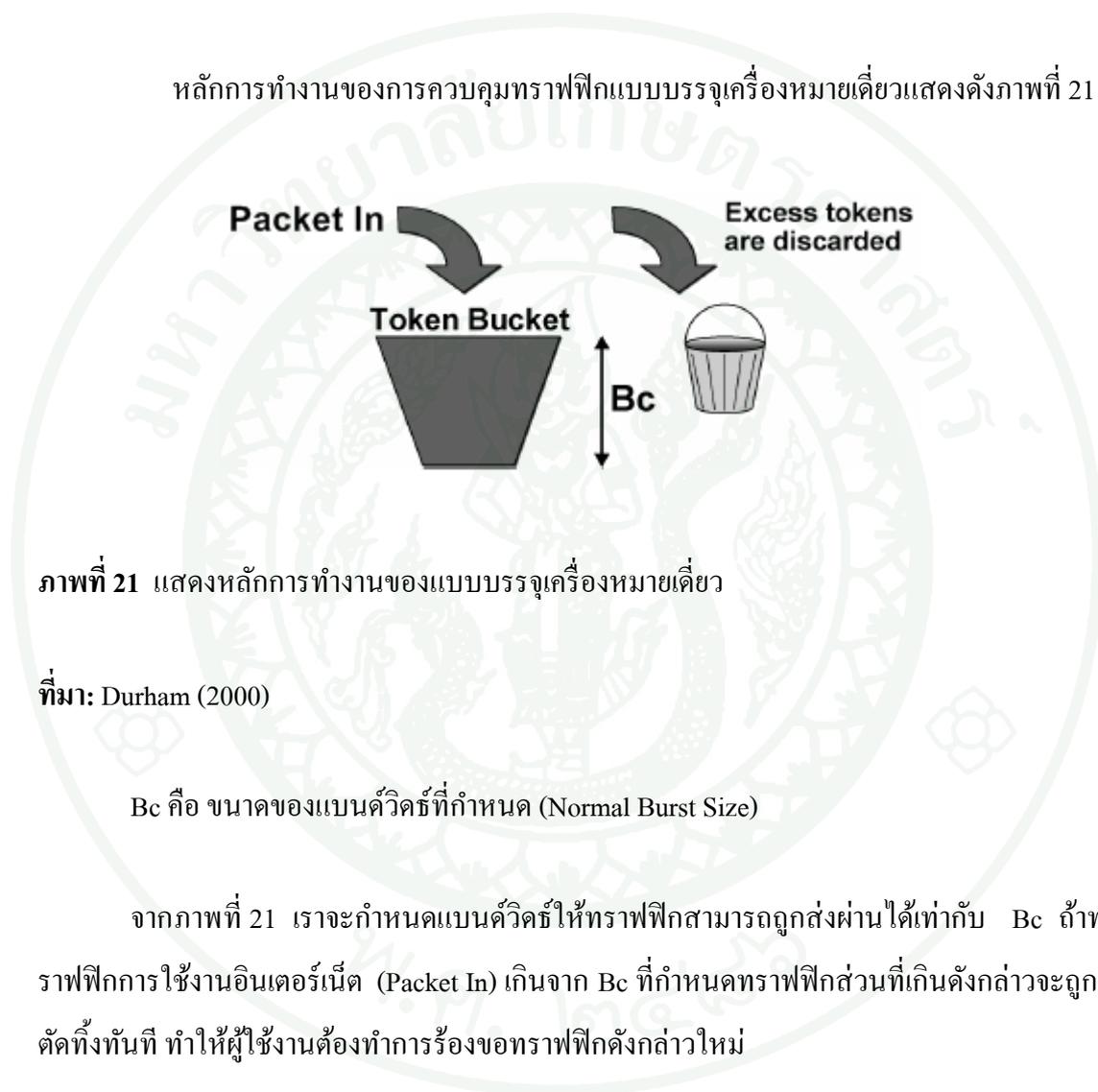
ที่มา: Eryk and Paul (2009)

หลักการงานของการกำหนดแบนด์วิดธ์แบบการควบคุมทราฟฟิก

กระบวนการทำงานของ การควบคุมทราฟฟิก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบ
 บรรจุเครื่องหมายเดี่ยว (Single Token Bucket) และ แบบบรรจุเครื่องหมายคู่ (Dual Token Bucket)

1. แบบบรรจุเครื่องหมายเดี่ยว

หลักการทำงานของการควบคุมทราฟฟิกแบบบรรจุเครื่องหมายเดี่ยวแสดงดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 แสดงหลักการทำงานของแบบบรรจุเครื่องหมายเดี่ยว

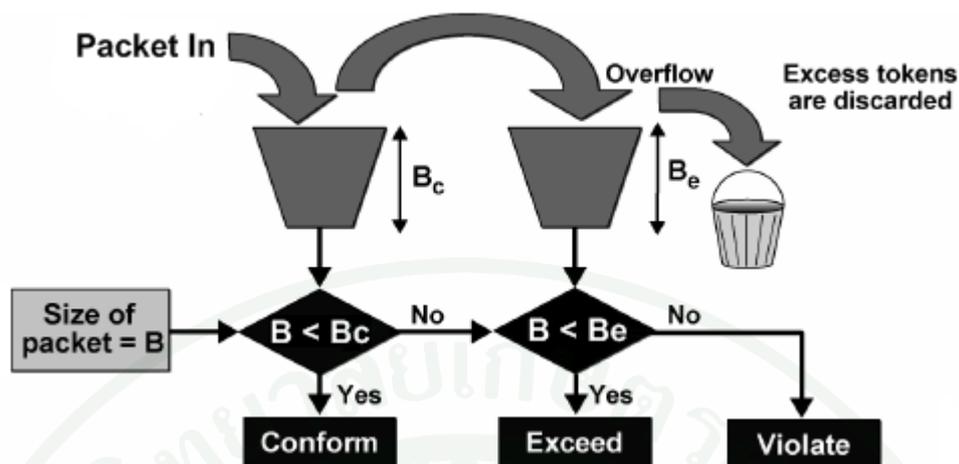
ที่มา: Durham (2000)

B_c คือ ขนาดของแบนด์วิดธ์ที่กำหนด (Normal Burst Size)

จากภาพที่ 21 เราจะกำหนดแบนด์วิดธ์ให้ทราฟฟิกสามารถถูกส่งผ่านได้เท่ากับ B_c ถ้าทราฟฟิกการใช้งานอินเทอร์เน็ต (Packet In) เกินจาก B_c ที่กำหนดทราฟฟิกส่วนที่เกินดังกล่าวจะถูกตัดทิ้งทันที ทำให้ผู้ใช้งานต้องทำการร้องขอทราฟฟิกดังกล่าวใหม่

2. แบบบรรจุเครื่องหมายคู่

หลักการทำงานของการควบคุมทราฟฟิกแบบบรรจุเครื่องหมายคู่แสดงดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 แสดงหลักการการทำงานของแบบบรรจุเครื่องหมายคู่

ที่มา: Durham (2000)

B_c คือ ขนาดของแบนด์วิดธ์ที่กำหนด (Normal Burst Size)

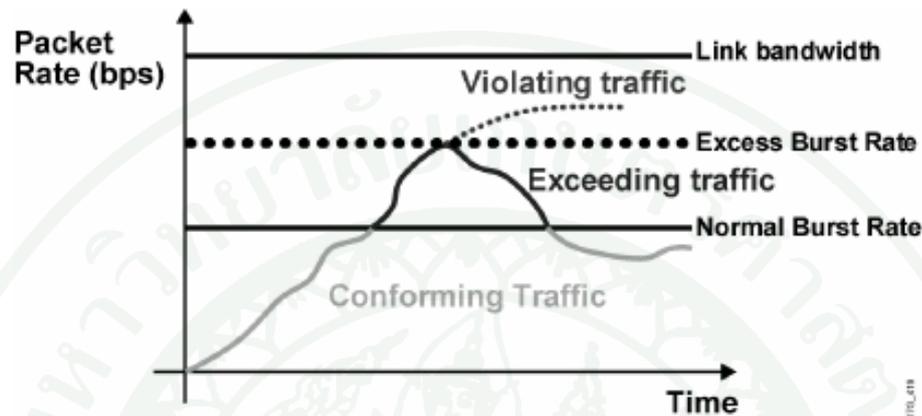
B_e คือ ขนาดของแบนด์วิดธ์ที่กำหนดให้เกินได้ (Excess Burst Size)

Conform คือ จำนวนทราฟฟิกที่เข้ามามีปริมาณน้อยกว่าแบนด์วิดธ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นทราฟฟิกจะสามารถถูกส่งผ่านออกไปได้

Exceed คือ จำนวนทราฟฟิกที่เข้ามามีปริมาณมากกว่าแบนด์วิดธ์ที่กำหนดไว้แต่น้อยกว่าแบนด์วิดธ์ที่กำหนดให้สามารถเกินได้ ดังนั้นทราฟฟิกส่วนที่เกินนี้จะสามารถถูกส่งผ่านออกไปได้ หรือถูกทำการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตใหม่ เพื่อกำหนดความสำคัญให้สูงขึ้นหรือต่ำลงตามความต้องการก่อนที่จะส่งผ่านทราฟฟิกออกไป หรือตัดทราฟฟิกส่วนที่เกินมาทิ้งทันที

Violate คือ จำนวนทราฟฟิกที่เข้ามามีปริมาณมากกว่าแบนด์วิดธ์ที่กำหนดไว้และแบนด์วิดธ์ที่กำหนดให้สามารถเกินได้ ทราฟฟิกที่เกินมาดังกล่าวจะตัดทิ้งทันที

การถูกส่งผ่านของทราฟฟิกด้วยวิธี การควบคุมทราฟฟิก แบบบรรจุเครื่องหมายคู่ แสดงดัง
ภาพที่ 23

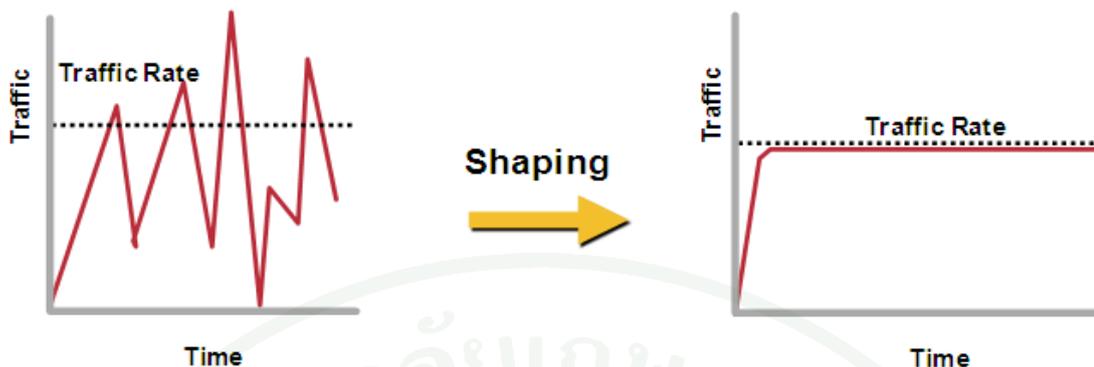


ภาพที่ 23 แสดงการถูกส่งผ่านของทราฟฟิกด้วยวิธีแบบบรรจุเครื่องหมายคู่

ที่มา: Junghun and Jay (2006)

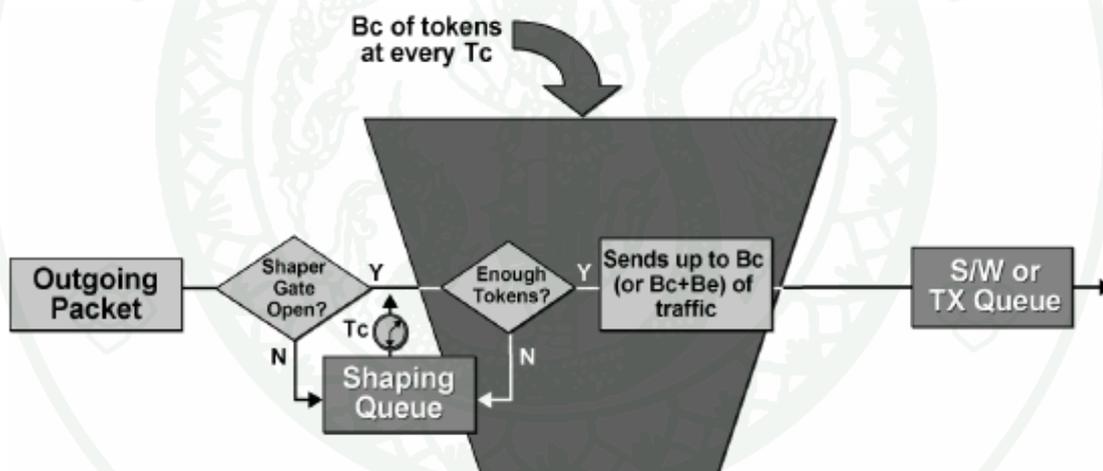
การคงสภาพทราฟฟิก (Traffic Shaping)

การคงสภาพทราฟฟิก เป็นการกำหนดแบนด์วิดธ์การใช้งานสูงสุดว่ามีค่าเท่าไร ถ้าเกินกว่าที่แบนด์วิดธ์กำหนดไว้ แพ็คเก็ตจะยังไม่ถูกตัดทิ้งทันที แต่จะถูกจัดเก็บรวบรวมไว้ในบัฟเฟอร์ก่อน เมื่อการใช้งานแบนด์วิดธ์ว่าง แพ็คเก็ตที่ถูกจัดเก็บในบัฟเฟอร์จะค่อยๆ ถูกทยอยส่งออกมาเรื่อยๆ ดังนั้นแพ็คเก็ตที่เกินมาจะถูกตัดทิ้งก็ต่อเมื่อบัฟเฟอร์เต็มเท่านั้น ภาพรูปที่ 24 และ 25 เช่น กำหนดการใช้งานแบนด์วิดธ์ไว้ที่ 1 Mbps จะใช้งานแบนด์วิดธ์ได้ 1 Mbps เต็มตามที่กำหนด ถ้าเกินจากนี้แพ็คเก็ตจะจัดเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ก่อน เมื่อแบนด์วิดธ์การใช้งานว่าง แพ็คเก็ตที่ถูกจัดเก็บในบัฟเฟอร์จะค่อยๆ ถูกทยอยส่งออกมาจนหมด



ภาพที่ 24 แสดงกราฟฟิกของการกำหนดแบนด์วิดธ์แบบการคงสภาพกราฟฟิก

ที่มา: Junghun and Jay (2006)



ภาพที่ 25 แสดงหลักการทำงานของ การคงสภาพกราฟฟิก

ที่มา: Eryk and Paul (2009)

การใช้งานการควบคุมกราฟฟิกและการคงสภาพกราฟฟิก

1. การควบคุมกราฟฟิก ใช้กับแพ็คเกจที่ใช้เป็นเวลาจริงจำพวกวีไอโอพีหรือการประชุมผ่านอินเทอร์เน็ตซึ่งไม่ต้องการดีเลย์ แต่ถ้ามีดีเลย์ก็ทำการตัดแพ็คเกจทิ้งไปเลย

2. การคงสภาพทราฟฟิกใช้กับแพ็คเกจที่เป็นข้อมูล (Data) ซึ่งสามารถรอหรือว่าทำการส่งใหม่ได้ (Resend) ได้ ใช้กันทั่วไปกับโปรโตคอลจำพวกพวก WWW, FTP เป็นต้น
3. ในกรณีที่จะทำแบ่งอัตราย่อย (Sub-rate) เช่น ต้องการให้ลูกค้าใช้งานได้ 64 Kbps จากพีลิกัลอินเตอร์เฟซ 2 Mbps เราใช้การควบคุมทราฟฟิกหรือการคงสภาพทราฟฟิกได้ทั้งสองแบบ
4. ในกรณีที่ต้องการทำให้เกิด Action ขึ้นหลังจากที่เรากำหนดค่า Conform เช่น Drop, Set Precedence แบบนี้จะต้องใช้ การควบคุมทราฟฟิก เท่านั้น เนื่องจาก การคงสภาพทราฟฟิก จะไม่มี Action

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้มีดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์จัดเส้นทางกราฟฟิกหรือเร้าเตอร์ยี่ห้อซิสโก้ รุ่น 2851 จำนวน 3 เครื่อง
2. อุปกรณ์จัดเส้นทางกราฟฟิกหรือเร้าเตอร์ยี่ห้อซิสโก้ รุ่น 3750 จำนวน 1 เครื่อง
3. อุปกรณ์ในการบริหารงานแบนด์วิดท์ยี่ห้ออัลลิสต์ด จำนวน 2 เครื่อง
4. เครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 เครื่อง

วิธีการ

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ งานกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเข้าในช่วงเวลาที่มีแบนด์วิดท์ที่ใช้งานอยู่อย่างคับคั่ง เพื่อเพิ่มการไหลเวียนของกราฟฟิกอยู่ตลอดเวลา โดยพิจารณาจากความสำคัญก่อนหลังของโปรโตคอลที่ใช้งาน ลดอัตราการตัดทิ้งของกราฟฟิกให้น้อยลง และลดเวลาของการล่าช้าในการส่งข้อมูล จะมีขั้นตอนและวิธีการวิจัยโครงการดังกล่าว ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์เรื่องการใช้งานของ กราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเข้า โดยมีการใช้งานแบนด์วิดท์โดยรวมเท่าไร ใช้งานโปรโตคอลอะไรอยู่บ้าง และมีปริมาณเท่าไรในแต่ละโปรโตคอล
2. ออกแบบระบบเครือข่ายที่จะใช้ในการทดลองในโครงการวิจัยนี้
3. ศึกษาวิธีการสร้างแนวทางการบริหารงานแบนด์ วิดท์และกำหนดค่าให้กับอุปกรณ์จัดเส้นทางกราฟฟิก โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

3.1 การจำแนกกราฟฟีก คือ จะทำการจำแนกกราฟฟีกต่างๆ ออกมาในแต่ละกลุ่มโดยจะแบ่งการจำแนกออกเป็น 2 วิธีดังนี้

3.1.1 จำแนกในระดับเลเยอร์ 3 โดยจะใช้โปรโตคอลไอพี ดิเอสซีพีและไอพี พรีซีเดนซ์ในการจำแนก

3.1.2 จำแนกในระดับเลเยอร์ 4 จะใช้โปรโตคอลทีซีพี และยูดีพีพอร์ตในการจำแนก

3.2 การทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต คือ จะทำการนำเอากราฟฟีกที่ถูกจำแนกแล้วมาทำการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต ในแต่ละกลุ่มเพื่อที่จะระบุความสำคัญก่อนหลังในแต่ละกลุ่ม โดยจะใช้โปรโตคอลดิเอสซีพี และไอพีพรีซีเดนซ์ในการทำเครื่องหมาย

3.3 การจัดการความคับคั่งของกราฟฟีก คือ จะทำการนำเอาแพ็คเก็ต ที่ถูกทำเครื่องหมายแล้ว โดยระบุตามความสำคัญก่อนหลังไว้แล้วมาทำการเข้า คิว แพ็คเก็ต ไหนที่มีความสำคัญกว่าจะได้ไปก่อน โดยที่เมื่อเกิดการคิวเต็มเกิดขึ้นแพ็คเก็ตที่เกินมาจะถูกตัดทิ้ง

3.4 การจัดการหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งของกราฟฟีก คือ เป็นวิธีการที่จะทำการสุ่มตัดแพ็คเก็ตที่บางส่วนออกก่อนที่คิวจะเต็ม

4. หลังจากทดสอบวิธีดังกล่าวข้างต้นแล้วจึงทำการทดสอบกับกราฟฟีกอินเทอร์เน็ตจริงเข้าเพื่อดู ผลที่จะได้รับก่อนทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการกับห ลังทำต่างกันมาน้อยเท่าไร

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

1. สถานที่ที่ใช้ในการวิจัย

อาคาร 4 ชั้น 5 บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) 89/2 หมู่ 3 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210

2. ระยะเวลาทำการวิจัย

ระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม 2552 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2553 รวมระยะเวลาในการทำงานวิจัยทั้งหมด 10 เดือน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถแก้ปัญหาในเรื่องของการใช้งานกราฟฟิคอินเทอร์เน็ตเนตวอร์คอย่างไม่มีระบบระเบียบขององค์กรทั้งที่เป็นผู้ให้บริการและผู้ขอใช้บริการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
2. ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตหรือองค์กรต่างๆ สามารถนำเอาแนวคิดและวิธีการต่างๆ ในงานวิจัยนี้ไปปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการให้ดียิ่งขึ้นได้
3. สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายต่างๆ ภายในองค์กรในการเพิ่มประสิทธิภาพ ในใช้งานกราฟฟิคอินเทอร์เน็ตเนตวอร์คเข้า โดยใช้อุปกรณ์จัดเส้นทางกราฟฟิคหรือเราเตอร์ที่มีอยู่มาบริหารจัดการให้เกิดประโยชน์สูงสุด

แหล่งทุนสนับสนุน

บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) สนับสนุนในเรื่องของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยทั้งหมด

ผลและวิจารณ์

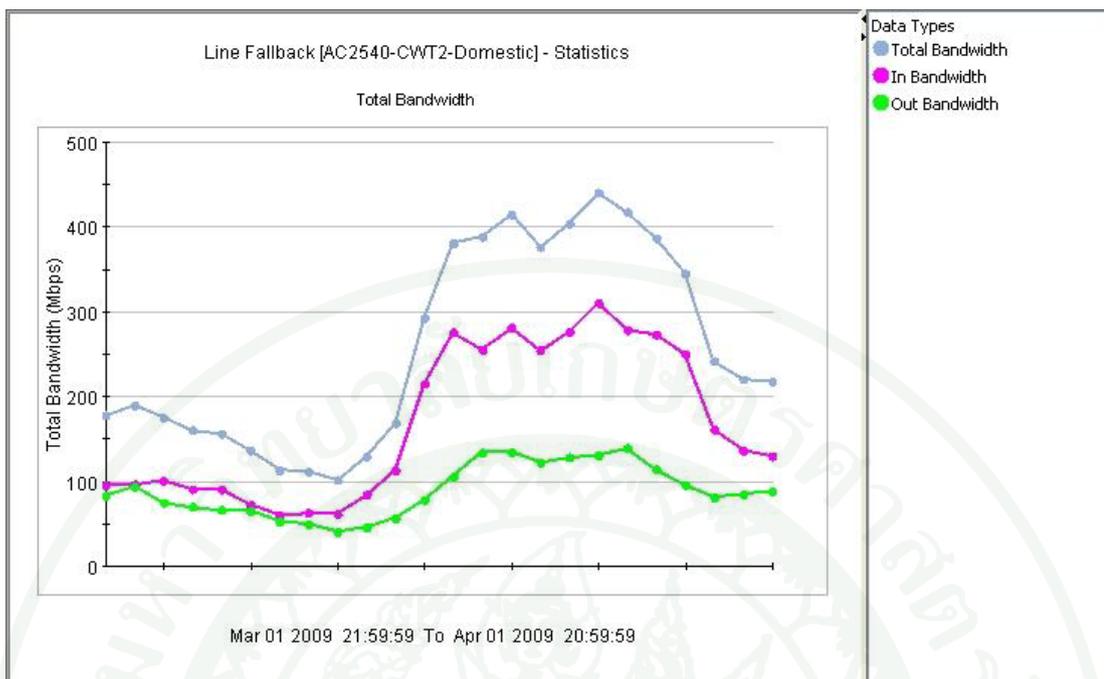
ผล

ลำดับขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการโทรศัพท์อินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่า

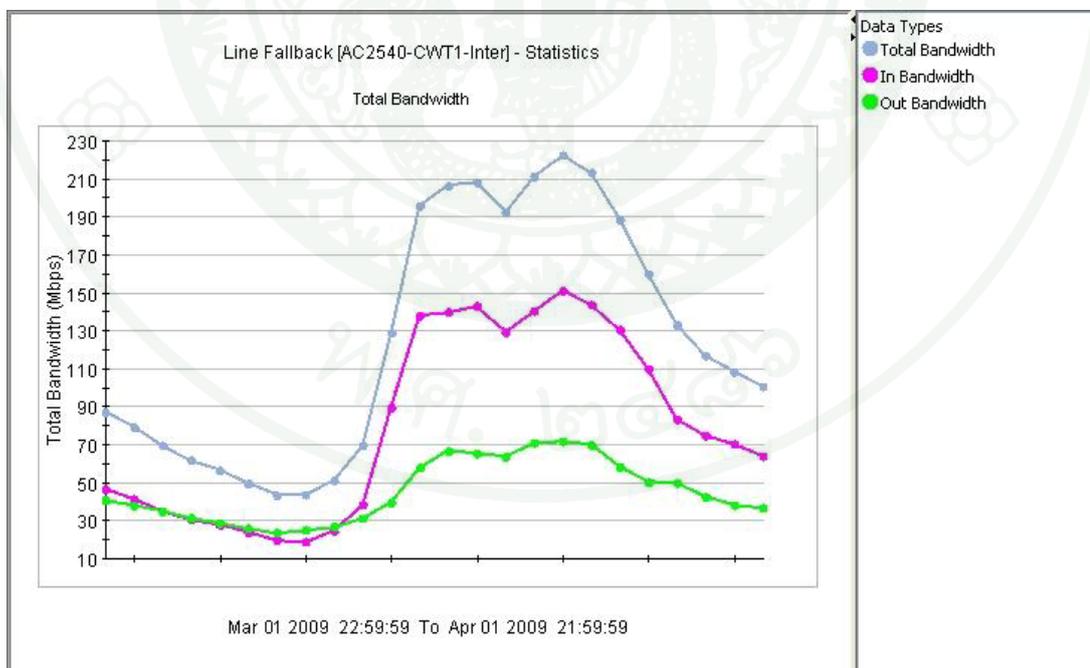
ขั้นตอนแรกที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโทรศัพท์อินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่า ผู้ที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการจะต้องศึกษาพฤติกรรมการใช้งานและวางแผนในการบริหารจัดการโทรศัพท์อินเทอร์เน็ต เนตวงจรเช่าที่มีแบนด์วิดธ์อย่างจำกัด แล้วจึงเริ่มทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการให้กับโทรศัพท์อินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่า โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาพฤติกรรมการใช้งานโทรศัพท์อินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่า

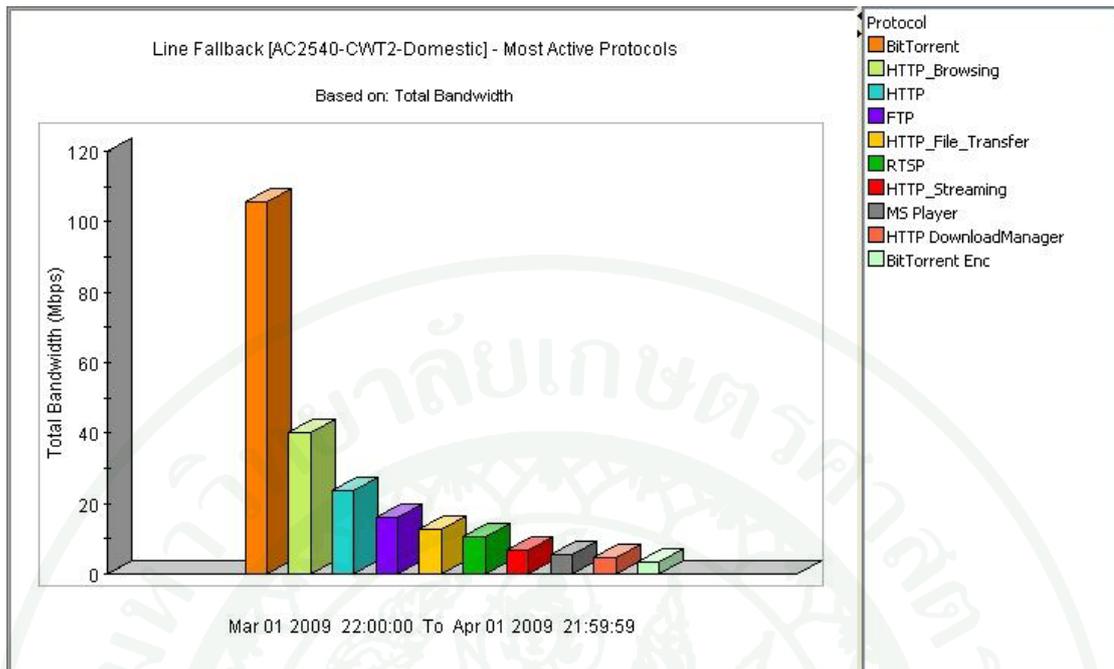
ในการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานโทรศัพท์อินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่าในงานวิจัยนี้ได้รับความร่วมจากบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่า คือ บริษัท ทีไอที จำกัด (มหาชน) ในการศึกษาวิจัยพฤติกรรมการใช้งานโทรศัพท์อินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่า ก่อนที่จะทำการสร้างแนวทางการบริหารงานแบนด์วิดธ์ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีการไหลเวียนของโทรศัพท์อยู่ตลอดเวลา โดยพิจารณาจากความสำคัญก่อนหลังของโปรโตคอลที่ใช้งานของอินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่า โดยได้ผลการศึกษาและวิเคราะห์เรื่องปริมาณการใช้งานโทรศัพท์และโปรโตคอลการใช้งานต่างๆ ของผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่าจากอุปกรณ์ในการบริหารงานแบนด์วิดธ์ ซึ่งอ้างอิงจากผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตเนตวงจรเช่าจำนวนทั้งหมด 589 ราย เฉลี่ยใน 1 เดือน ได้ผลดังภาพที่ 26 – 29 ดังนี้



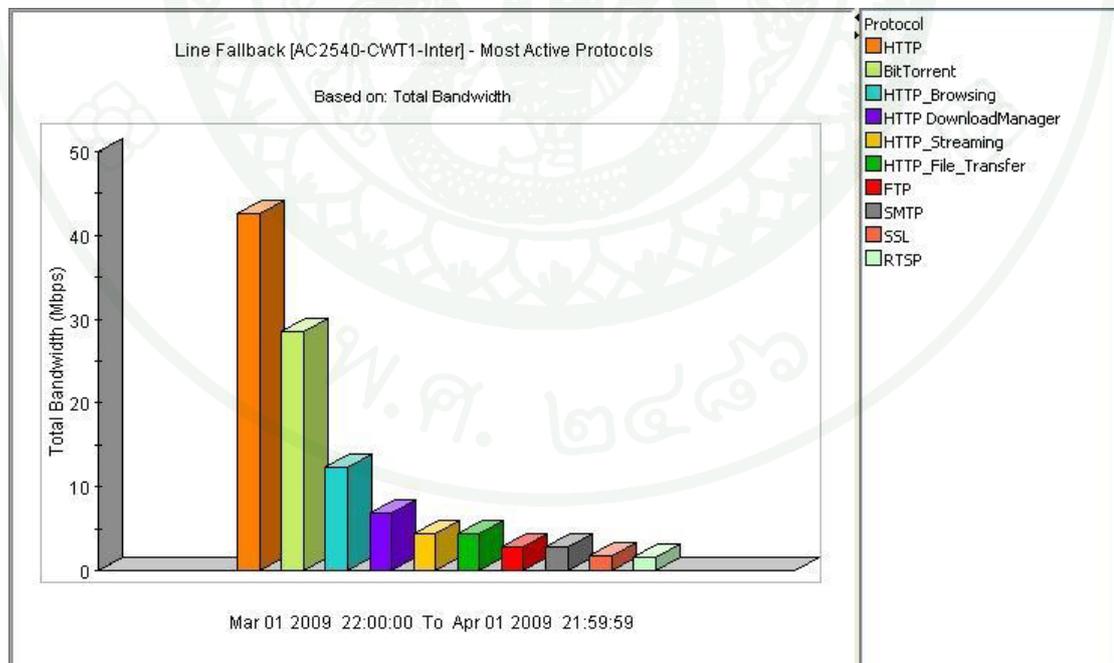
ภาพที่ 26 แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในประเทศเฉลี่ยใน 1 เดือน



ภาพที่ 27 แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกต่างประเทศเฉลี่ยใน 1 เดือน



ภาพที่ 28 แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลในประเทศเฉลี่ยใน 1 เดือน

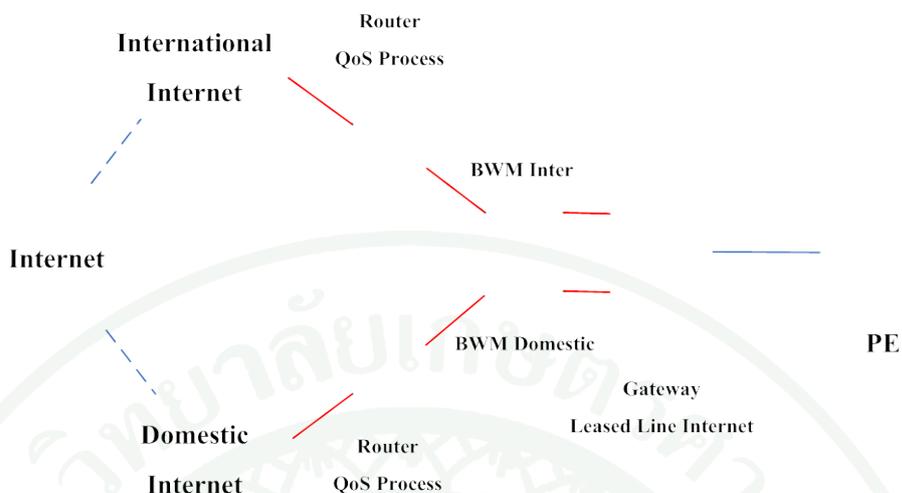


ภาพที่ 29 แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลต่างประเทศเฉลี่ยใน 1 เดือน

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์เรื่องปริมาณการใช้งานกราฟิกและโปรโตคอลการใช้งานต่างๆ ของผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเจ้า ดังภาพที่ 26 – 29 จะเห็นว่าปริมาณการใช้งานกราฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเจ้าภายในประเทศสูงกว่ากราฟิกต่างประเทศประมาณ 2 เท่า และโปรโตคอลการใช้งานต่างๆ ภายในประเทศจะมีการใช้งานโปรโตคอลบิตเทอร์เรนท์สูงที่สุด รองลงมา คือ โปรโตคอลเอชทีทีพีและเอฟทีพีตามลำดับ ส่วนโปรโตคอลการใช้งานต่างๆ ต่างประเทศจะมีการใช้งานโปรโตคอลเอชทีทีพี รองลงมา คือ โปรโตคอลบิตเทอร์เรนท์และเอฟทีพีตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าโปรโตคอลบิตเทอร์เรนท์ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่มีความสำคัญน้อยมากสำหรับผู้ใช้อินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเจ้า ซึ่งส่วนมากจะเป็นกลุ่มองค์กร รัฐบาล เอกชน หรือสถาบันการศึกษาต่างๆ มีการใช้งานในปริมาณมากเกินความจำเป็น เนื่องจากผู้ใช้บริการอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเจ้าส่วนใหญ่จะไม่มีมาตรการในการควบคุมการใช้งานกราฟิก อันสืบเนื่องมาจากกรณีที่ในแต่ละองค์กรมีงบประมาณอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้ยากต่อการจัดหาอุปกรณ์ในการบริหารจัดการแบนด์วิธ หรือผู้ดูแลระบบภายในแต่ละองค์กรขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องของการบริหารจัดการแบนด์วิธให้มีการใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

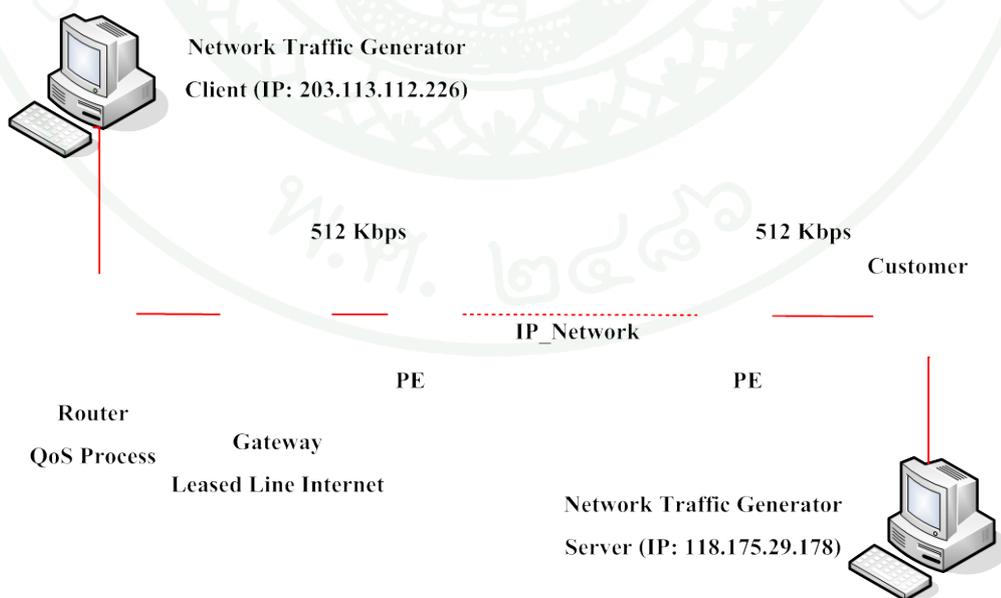
2. ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการให้กับกราฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเจ้า

ในงานวิจัยนี้จะทำการสำรวจแนวทางการบริหารงานแบนด์วิธที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีการไหลเวียนของกราฟิกอยู่ตลอดเวลาที่อุปกรณ์จัดเส้นทางที่มีการใช้งานอยู่ โดยพิจารณาจากความสำคัญก่อนหลังของโปรโตคอลที่ใช้งานของอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเจ้า เพื่อลดอัตราการตัดทิ้งของกราฟิกให้น้อยลง และลดเวลาของกา รล่าช้าในการส่งข้อมูล โดยในงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการให้กับกราฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเจ้าแบบแยกกราฟิกในประเทศและกราฟิกต่างประเทศ หรือทำการปรับปรุงทั้งกราฟิกในประเทศและกราฟิกต่างประเทศพร้อมกัน ดังภาพที่ 30



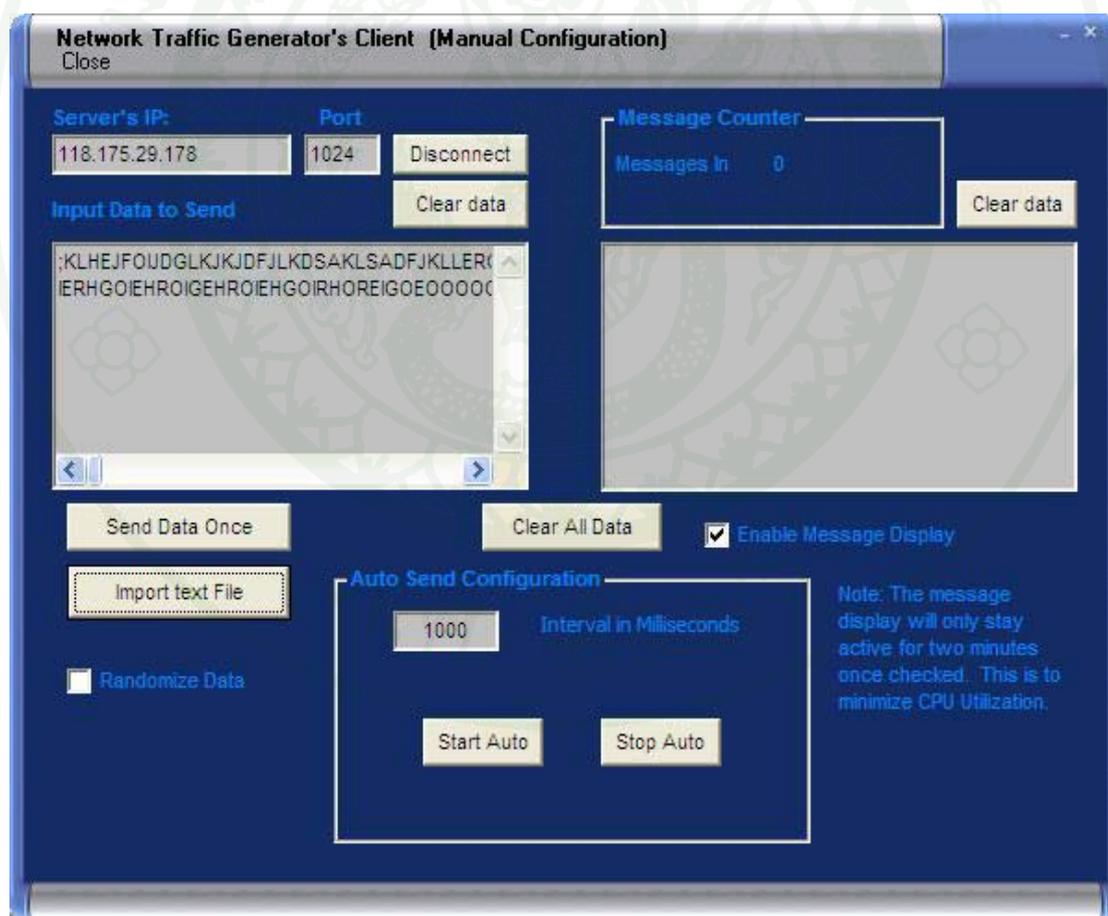
ภาพที่ 30 แสดงรูปแบบการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตตัวจริงเข้าแบบแยก
กราฟฟิกในประเทศและต่างประเทศ

โดยในการทดลองกระบวนการทำงานต่างๆของการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ จะ
ทำการจำลองการใช้งานกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตตัวจริงเข้าที่มีขนาดแบนด์วิดท์ 512 Kbps ดังภาพที่ 31

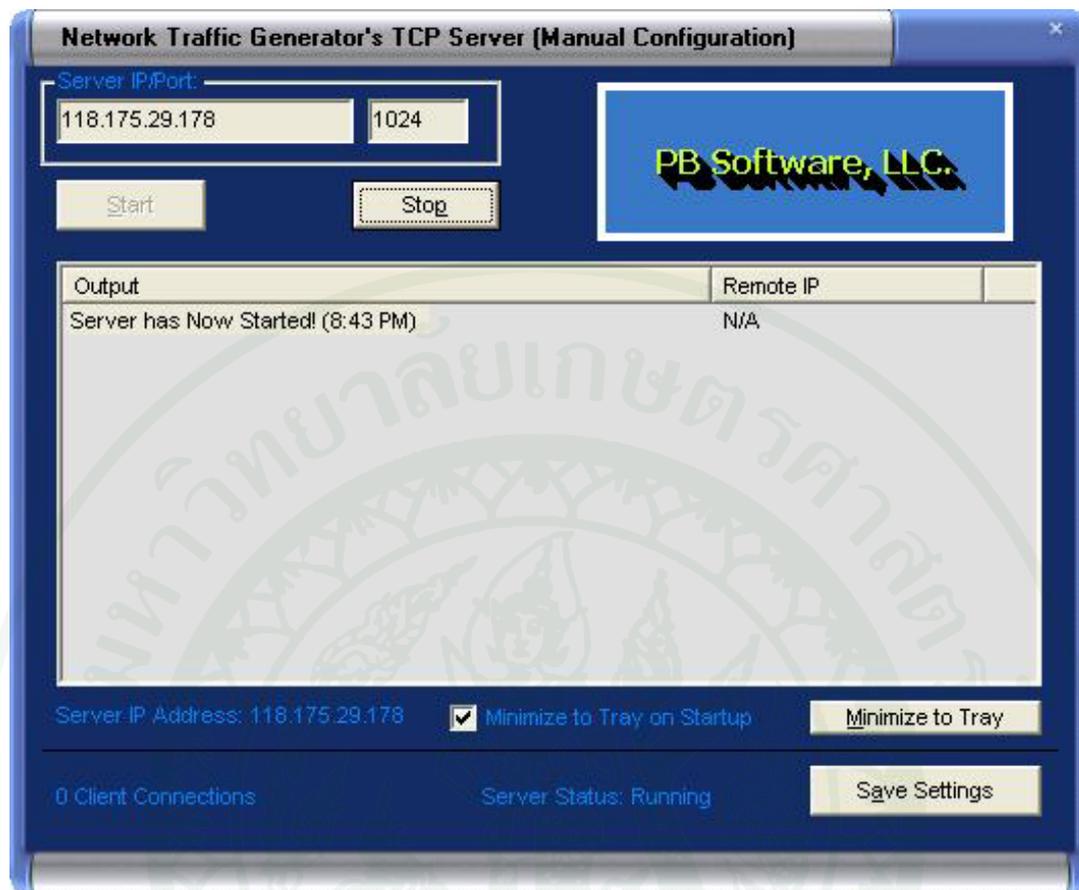


ภาพที่ 31 แสดงแบบจำลองวงจรรีเตอร์เน็ตเวิร์กตัวจริงเข้าที่มีขนาดแบนด์วิดท์ 512 Kbps

โดยกำหนดให้มีการใช้งานโปรโตคอลทั้งหมด 6 โปรโตคอล คือ เอชทีทีพี, ดีเอ็นเอส, เอฟทีพี, ทีเอฟทีพี, บิตทอร์เรนท์ และโปรโตคอลรวมอื่นๆ ซึ่งโปรโตคอลของทราฟฟิกที่จำลองขึ้นมาถูกสร้างขึ้นมาจากซอฟต์แวร์ที่ชื่อว่า เน็ตเวิร์กทราฟฟิกเจเนอเรเตอร์ (Network Traffic Generator: NTG) โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ไคลเอนต์ (118.175.29.178) และเซิร์ฟเวอร์ (203.113.112.226) ส่วนของไคลเอนต์จะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการรับทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตในแต่ละโปรโตคอลที่ได้ทำการจำลองไว้ ส่วนของเซิร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่สร้างทราฟฟิกโปรโตคอลต่างๆ ตามที่ผู้ทำการวิจัยต้องการจะทำการทดสอบเพื่อส่งไปยังไคลเอนต์ โดยที่โปรโตคอลต่างๆที่ถูกสร้างขึ้นมาจะถูกกำหนดให้มีขนาดเท่ากันเท่ากับ 1000 ไบต์ ดังภาพที่ 32 และ 33 ตามลำดับ

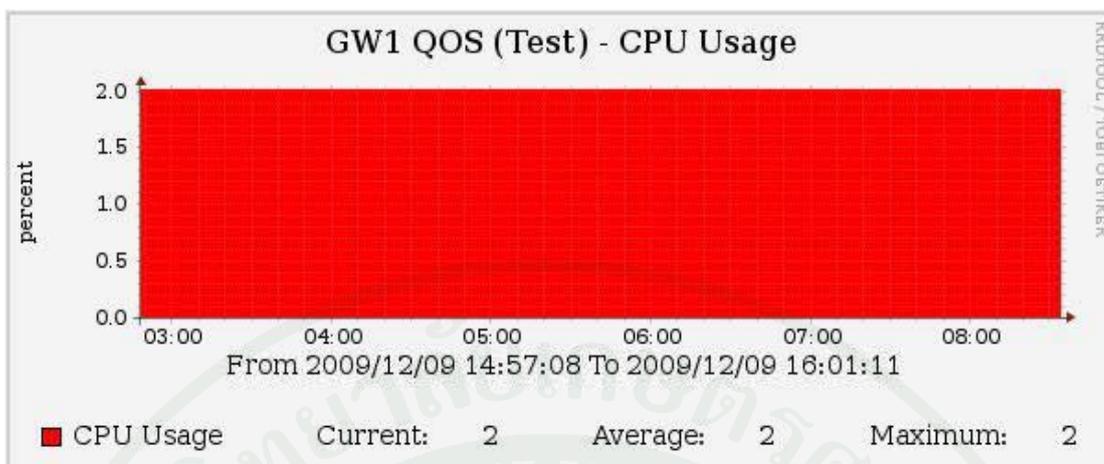


ภาพที่ 32 แสดงซอฟต์แวร์เน็ตเวิร์กทราฟฟิกเจเนอเรเตอร์ในส่วนของไคลเอนต์



ภาพที่ 33 แสดงซอฟต์แวร์เน็ตเวิร์กกราฟฟิกเจนเนอเรเตอร์ในส่วนของเซิร์ฟเวอร์

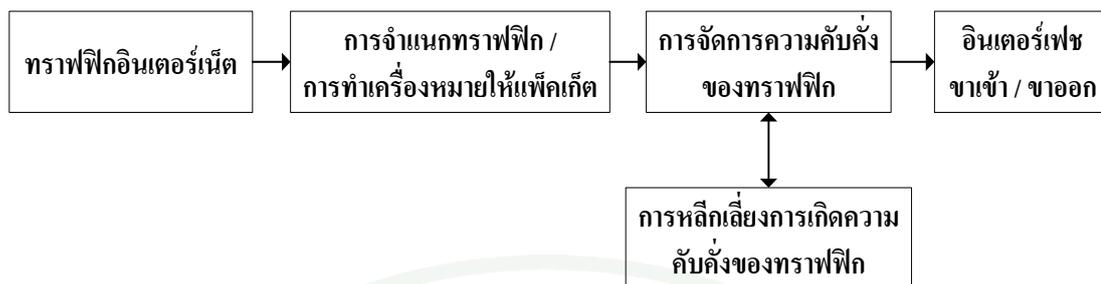
หลังจากทำการจำลองการใช้งานกราฟฟิกอินเตอร์เน็ตดวงจรเช่าที่มีขนาดแบนด์วิดธ์ 512 Kbps โดยกำหนดให้มีการใช้งานโปรโตคอลดังกล่าวในข้างต้น โดยใช้ซอฟต์แวร์เน็ตเวิร์กกราฟฟิกเจนเนอเรเตอร์ ก็จะทำการทดลองในเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ปริมาณการใช้งานกราฟฟิกอินเตอร์เน็ตดวงจรเช่า อัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตและเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ดังภาพที่ 34 – 36 ตามลำดับ



ภาพที่ 36 แสดงเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

จากภาพที่ 34 - 36 ในการจำลองทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงเราจะได้ เห็นได้ว่ามีทราฟฟิกการใช้งานไปยังโคลเอนต์เต็มแบนด์วิดท์ 512 Kbps ตามที่กำหนดไว้ มีอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงเราเฉลี่ยเท่ากับ 38.15 แพ็คเก็ตต่อวินาที และมีอัตราการตัดทิ้งสูงสุดเท่ากับ 239.69 แพ็คเก็ตต่อวินาที และมีเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ทราฟฟิกการใช้งาน โปรโตคอลต่างๆ จะถูกใช้งานอย่างไม่มีระบบระเบียบเพราะยังอาศัยหลักการแพ็คเก็ตไหนมาก่อนมีสิทธิ์ได้ไปก่อน ซึ่งผลที่ได้รับจากการทดสอบก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับ การทดสอบหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการต่อไป

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการจำลองทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงเราเพื่อทำการทดสอบก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการแล้วผู้วิจัยก็จะทำการทดสอบทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงเราโดยทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ โดยใช้พารามิเตอร์ต่างๆ เท่ากันเพื่อทำการเปรียบเทียบ ซึ่งกระบวนการและขั้นตอนในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงเราในงานวิจัยนี้ แสดงดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 แสดงกระบวนการและขั้นตอนในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตตัวจริงเข้า

2.1 การจำแนกทราฟฟิก

ในการจำแนกหรือแยกประเภทของการไหลเวียนของทราฟฟิกสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการจำแนกหรือแยกประเภทของการไหลเวียนของทราฟฟิก โดยใช้เทคนิคการแบ่งโปรโตคอลการใช้งานอินเทอร์เน็ตออกมาเป็นกลุ่มๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

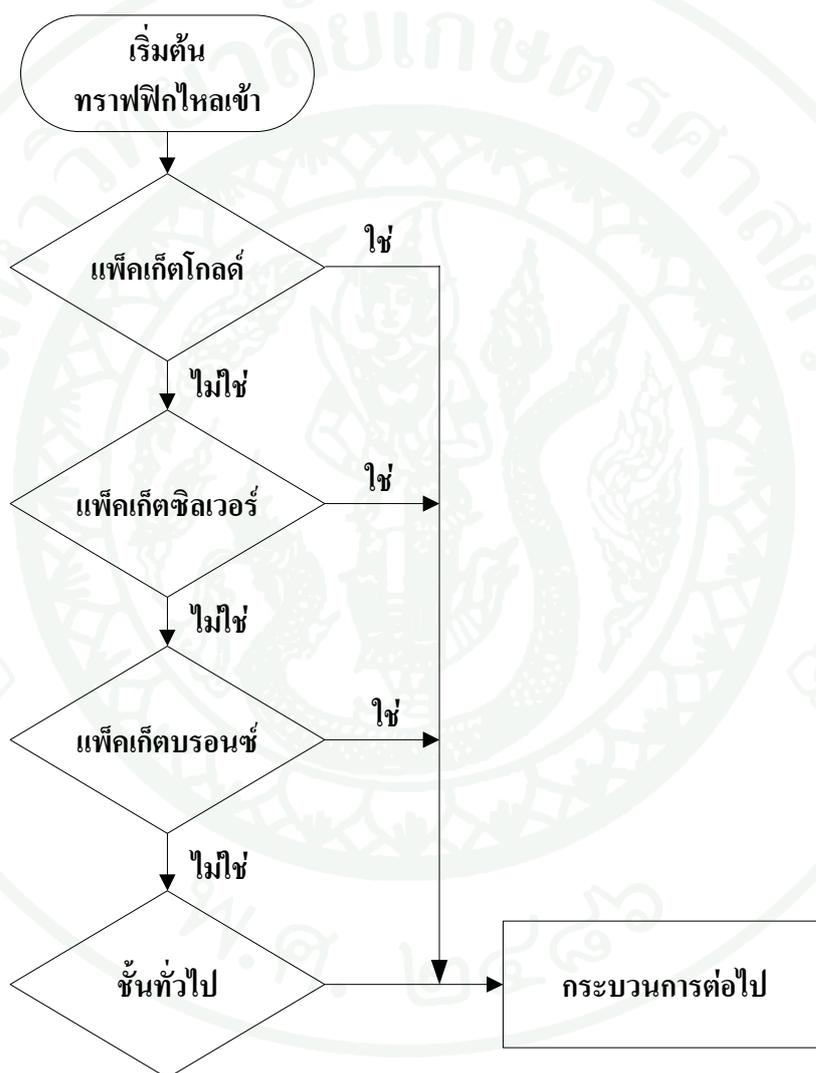
- แพ็คเก็ตโกลด์ (Packet Gold) ในกลุ่มนี้จะอนุญาตให้โปรโตคอลเอชทีทีพีและดีเอ็นเอสผ่านเข้ามา

- แพ็คเก็ตซิลเวอร์ (Packet Silver) ในกลุ่มนี้จะอนุญาตให้โปรโตคอลเอฟทีพีและทีเอฟทีพีผ่านเข้ามา

- แพ็คเก็ตบรอนซ์ (Packet-Bronze) ในกลุ่มนี้จะอนุญาตให้โปรโตคอลไอซีเอ็มพีและบิตเทอร์เรนท์ผ่านเข้ามา

- ชั้นทั่วไป (Class Default) ในกลุ่มนี้จะอนุญาตให้โปรโตคอลอื่นๆนอกเหนือจาก 6 โปรโตคอลดังกล่าวข้างต้นผ่านเข้ามา

โดยการจำแนกกราฟฟิกจะใช้เทคนิคในการทำ บัญชีควบคุมการเข้าในการควบคุมไอพี แอดเดรสต้นทาง ไอพีแอดเดรสปลายทาง และพอร์ตต่างๆในแต่ละโปรโตคอลมาช่วยในการ จำแนก กราฟฟิก ซึ่งกระบวนการทำงานในการจำแนกกราฟฟิกในงานวิจัยนี้ แสดงได้ดังแผนผัง การทำงานดังภาพที่ 38



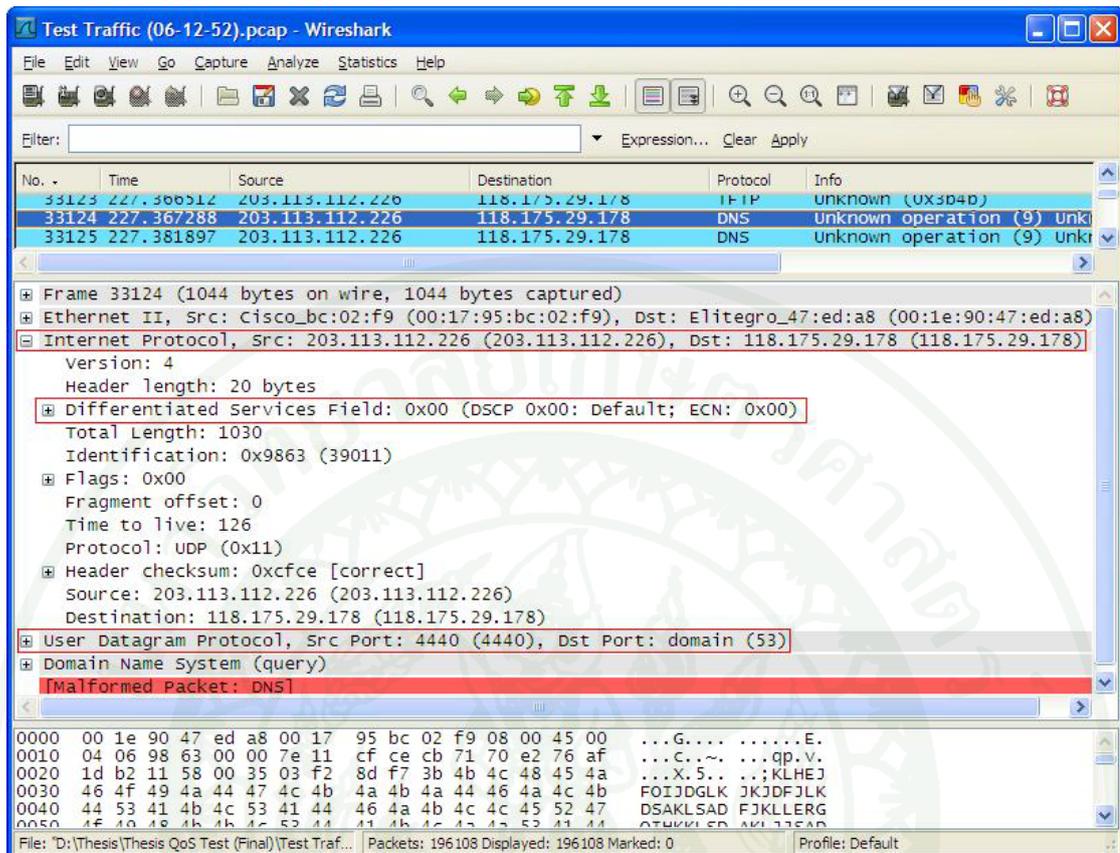
ภาพที่ 38 แสดงกระบวนการทำงานในการจำแนกกราฟฟิกโดยแบ่งโปรโตคอลออกมาเป็นกลุ่มๆ

จากภาพที่ 38 กระบวนการทำงานในการจำแนกกราฟฟิกโดยแบ่งโปรโตคอลออกมาเป็นกลุ่มๆ จะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อมีกราฟฟิกไหลเข้ามายังอินเทอร์เน็ตเฟซ จากนั้นอุปกรณ์จัดเส้นทางก็

จะทำการตรวจสอบว่าทราฟฟิกที่ไหลเข้ามาในอุปกรณ์จัดเส้นทาง ว่าเป็นโปรโตคอลประเภทใด และตรงกับกลุ่มไหนตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ โดยจะเริ่มต้นตรวจสอบว่าโปรโตคอลการใช้งาน ตรงกับโปรโตคอลที่กำหนดไว้ในกลุ่มแพ็คเก็ตโกลด์หรือไม่ ถ้าตรงก็ให้ส่งผ่านทราฟฟิกดังกล่าว ผ่านออกไปยังกระบวนการต่อไป แต่ถ้าไม่ตรงก็จะถูกส่งไปตรวจสอบที่กลุ่มแพ็คเก็ตซิลเวอร์ ทำซ้ำ ไปเรื่อยๆ จนถึงกลุ่มชั้นทั่วไป เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการจำแนกทราฟฟิก

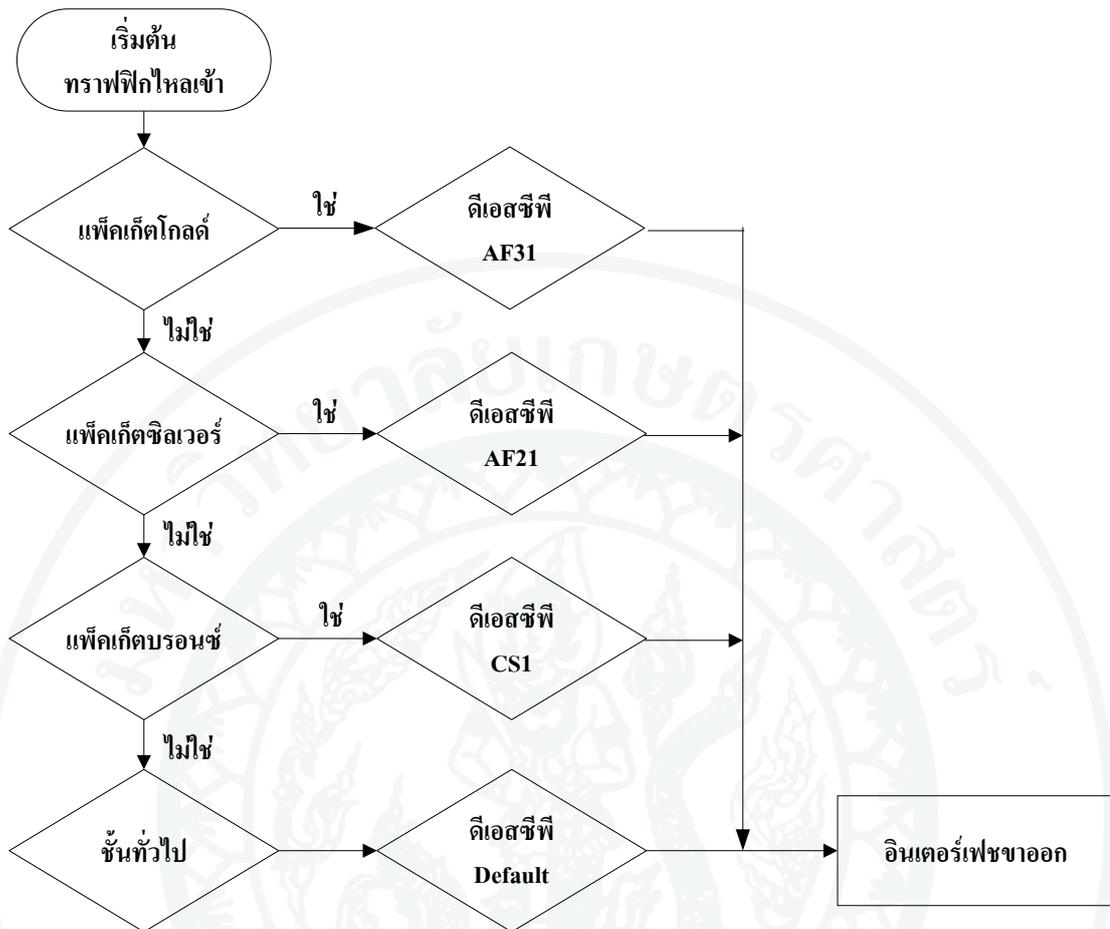
2.2 การทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต

การทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตเป็นการนำเอาทราฟฟิกที่ถูกจำแนกแล้วมาทำการทำ เครื่องหมายให้แพ็คเก็ตในแต่ละกลุ่มเพื่อที่จะระบุความสำคัญก่อนหลังในแต่ละกลุ่ม หรือนำเอา แพ็คเก็ตที่ถูกทำเครื่องหมายแล้วไปดำเนินการในส่วนอื่นๆต่อไป ตามความเหมาะสมในการใช้ งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตในแต่ละเครือข่าย โดยในงานวิจัยนี้จะใช้รหัสประจำตัวความแตกต่างการ บริการหรือโปรโตคอลดีเอสซีพีที่มีขนาด 6 บิต ในการทำเครื่องหมาย โดยจะทำงานแบบพฤติกรรม แต่ละช่วงเชื่อมต่อ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์หนึ่ง หากเป็น พฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อ เดียวกันก็จะเป็น ชั้นเดียวกันก็จะมีอัตราการส่งออกไปเท่ากัน ทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตโดยทั่วไปเมื่อยังไม่มีการทำ เครื่องหมายให้แพ็คเก็ต แต่ละแพ็คเก็ตจะมีพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบ ใช้ค่าพื้นฐานหรือค่า รหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการเท่ากับ 000000 ดังภาพที่ 39 เป็นค่าพื้นฐานเบื้องต้นซึ่งถูก กำหนดมาของพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อในมาตรฐานการส่งที่ดีที่สุดโดยทั่วไปของแพ็คเก็ตไอพี ที่ได้จากอ่านค่าจากซอฟต์แวร์ดักจับและวิเคราะห์แพ็คเก็ต (Sniffer)



ภาพที่ 39 แสดงค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตที่ยังไม่มีการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต

ในงานวิจัยนี้จะทำการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ต โดยใช้รหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการในการจัดความสำคัญก่อนหลัง ซึ่ง จะแบ่งการทำงานแบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อออกเป็น 4 พฤติกรรม โดยจะนำเอาทราฟฟิกที่ถูกจำแนก แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ในเรื่องของการทำงานทราฟฟิก แสดงได้ดังแผนผังการทำงานดังภาพที่ 40



ภาพที่ 40 แสดงกระบวนการทำงานในการจำแนกทราฟฟิกโดยใช้รหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการ

- แพ็คเก็ต โกลด์ (Packet Gold) จะทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตเป็นแบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบเชื่อมต่อได้ ซึ่งมีค่าดีเอสซีพีเท่ากับ 011010 (AF 31) โดยในขั้นนี้แพ็คเก็ตจะมีความสำคัญสูงสุด

- แพ็คเก็ตซิลเวอร์ (Packet Silver) จะทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตเป็นแบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบเชื่อมต่อได้ ซึ่งมีค่าดีเอสซีพีเท่ากับ 010010 (AF 21) โดยในขั้นนี้แพ็คเก็ตจะมีความสำคัญเป็นอันดับสอง

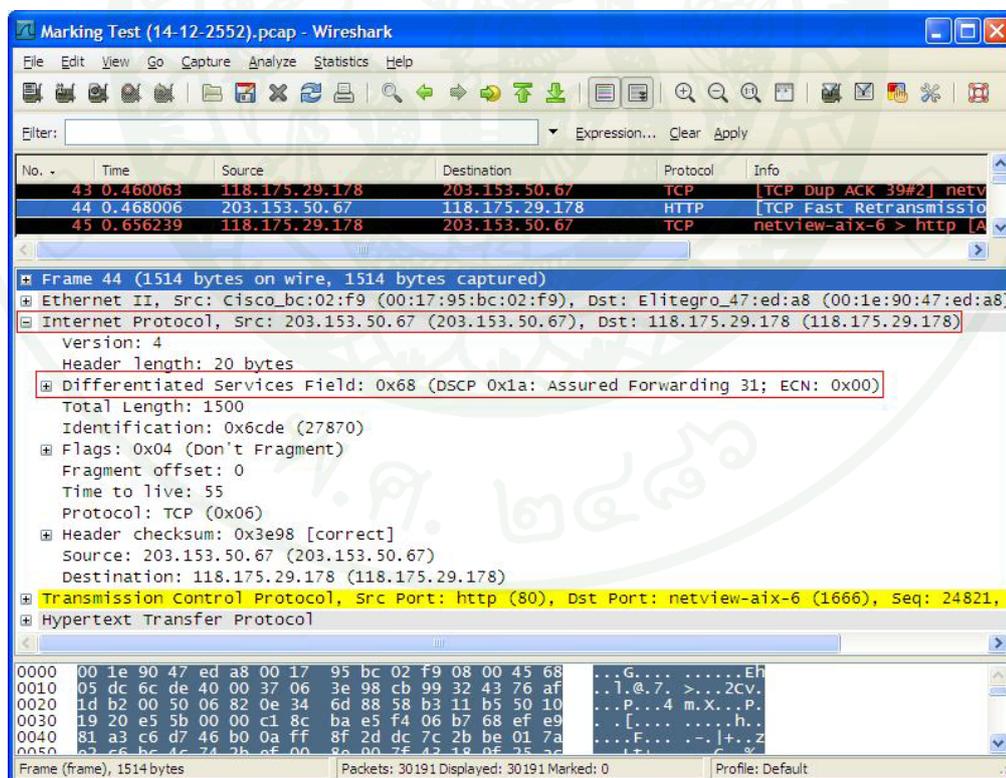
- แพ็คเก็ตบรอนซ์ (Packet-Bronze) จะทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตเป็นแบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบแบ่งลำดับชั้นซึ่งมีค่าดีเอสซีพีเท่ากับ xxx000 (โดยเครื่องหมาย x แทนเลข 0 หรือ 1) โดยในชั้นนี้แพ็คเก็ตจะมีความสำคัญเป็นอันดับสาม
- ชั้นทั่วไป (Class Default) จะทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตเป็นแบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อแบบใช้ค่าพื้นฐานซึ่งมีค่าดีเอสซีพีเท่ากับ 000000 โดยในชั้นนี้แพ็คเก็ตจะมีความสำคัญเป็นอันดับสุดท้าย

ตารางที่ 2 ผลการจำแนกกราฟฟิกและทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตในแต่ละกลุ่ม

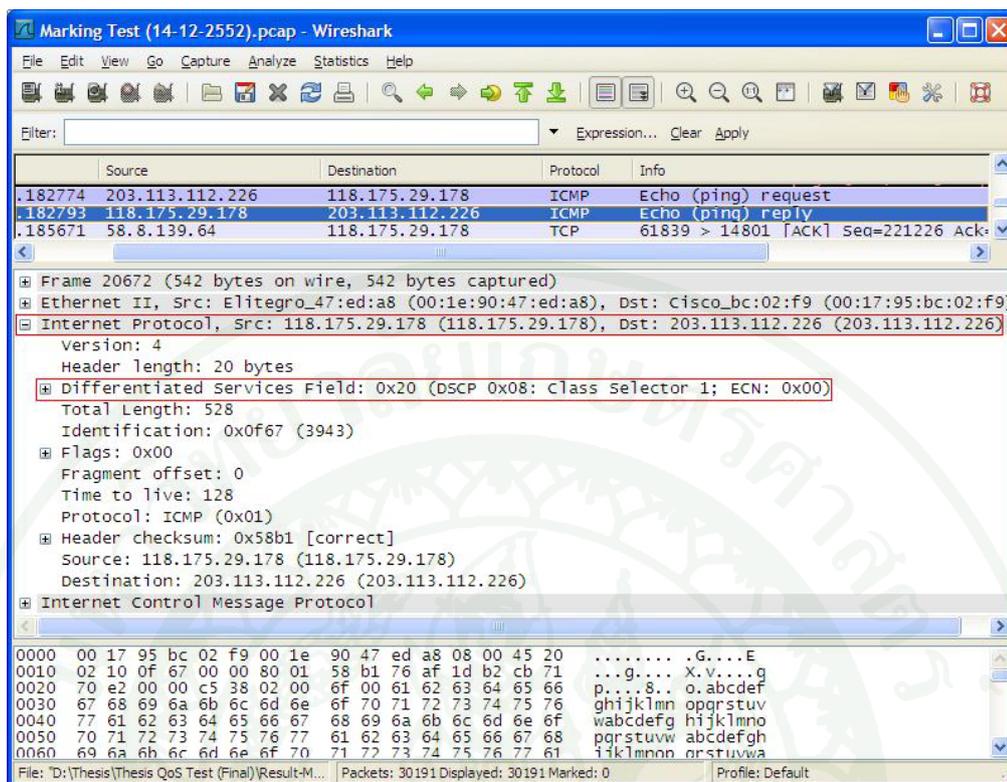
กลุ่ม (PHB)	โปรโตคอลขาเข้า	เอาท์พุต (แพ็คเก็ต)	เอาท์พุต (ไบต์)
แพ็คเก็ตโกลด์ (DSCP AF31)	HTTP	21,890	13,872,062
	DNS	6,445	6,678,477
	โปรโตคอลทั้งหมด	28,335	20,550,539
	แพ็คเก็ตที่ถูกทำเครื่องหมาย	28,335	20,550,539
แพ็คเก็ตซิลเวอร์ (DSCP AF21)	FTP	2,281	3,333,742
	TFTP	17,417	9,825,060
	โปรโตคอลทั้งหมด	19,698	13,158,802
	แพ็คเก็ตที่ถูกทำเครื่องหมาย	19,698	13,158,802
แพ็คเก็ตบรอนซ์ (DSCP CS1)	ICMP	244	105,033
	Bittorrent	538	519,936
	โปรโตคอลทั้งหมด	782	624,969
	แพ็คเก็ตที่ถูกทำเครื่องหมาย	782	624,969
ชั้นทั่วไป (DSCP Default)	โปรโตคอลทั้งหมด	18841	17,727,846
	แพ็คเก็ตที่ถูกทำเครื่องหมาย	18841	17,727,846

โดยการทดลองจำแนกกราฟฟิกและทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตตามที่กำหนดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยทำการใส่อินพุตในแต่ละโปรโตคอลให้มีขนาดเท่าๆกัน เท่ากับ 1,000 ไบต์ ทุกๆ 100 มิลลิวินาที แต่เนื่องจากขนาดของแบนด์วิดท์มีเพียง 512 Kbps ดังนั้นจำนวนแพ็คเก็ตเกิดและขนาดของเอาต์พุตในแต่ละโปรโตคอลที่ได้อาจจะไม่เท่ากับอินพุตที่ใส่เข้าไป เนื่องจากเกิดการคับคั่งที่อินเตอร์เฟซที่ขาอินพุต ทำให้มีแพ็คเก็ตถูกตัดทิ้งออกไปบางส่วน ซึ่ง ได้ผลการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตในแต่ละกลุ่มว่ามีจำนวนกี่แพ็คเก็ตและมีขนาดกี่ไบต์ในแต่ละโปรโตคอล แสดงได้ดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าแพ็คเก็ตของกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตที่ไหลเข้ามาจะถูกทำเครื่องหมายตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ โดยที่เมื่อทำการอ่านค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการจากซอฟต์แวร์ดักจับและวิเคราะห์แพ็คเก็ต จะได้ผลดังภาพที่ 41 และ 42



ภาพที่ 41 แสดงค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการของกราฟฟิกโปรโตคอลเอชทีทีพีที่มีการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต (AF 31)



ภาพที่ 42 แสดงค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการของทราฟฟิกโปรโตคอลไอซีเอ็มพีที่มีการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต (CS 1)

ในการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต แพ็คเก็ตแต่ละโปรโตคอลจะทำงานแบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อในแต่ละรูปแบบ โดยแพ็คเก็ตใดมีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการสูง แพ็คเก็ตนั้นก็จะมีความสำคัญสูงและจะมีโอกาสถูกส่งผ่านแพ็คเก็ตไปยังปลายทางสูง ส่วนแพ็คเก็ตใดมีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการต่ำ แพ็คเก็ตนั้นก็จะมีความสำคัญต่ำและจะมีโอกาสถูกส่งผ่านแพ็คเก็ตไปยังปลายทางต่ำ ดังภาพที่ 43

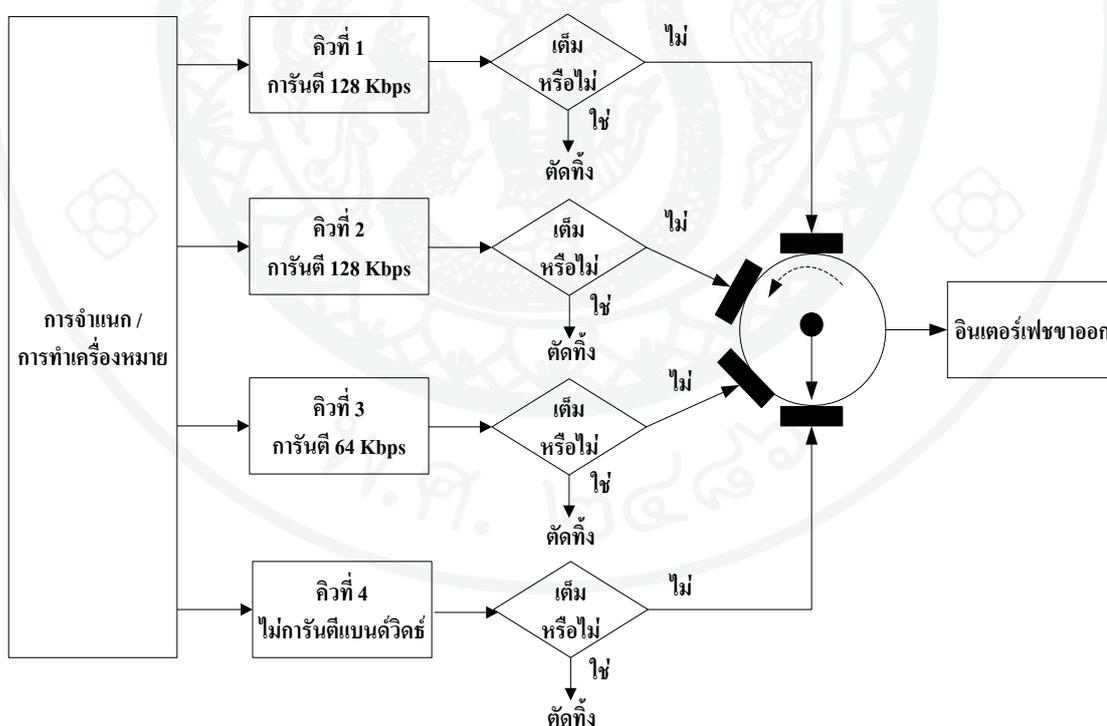
Protocol	% Packets	Packets	Bytes	Mbit/s	End Packets	End Bytes	End Mbit/s
Ethernet	100.00%	65668	44678880	0.541	0	0	0.000
Internet Protocol	99.89%	65599	44674741	0.541	0	0	0.000
Transmission Control Protocol	72.48%	47593	30314568	0.367	22248	2989368	0.036
Hypertext Transfer Protocol	9.00%	5910	8947740	0.108	5910	8947740	0.108
Data	26.87%	17646	17766421	0.215	17645	17764907	0.215
UTRAN Iub interface SABP signalling	0.07%	45	22931	0.000	10	4314	0.000
BitTorrent	2.52%	1653	501183	0.006	1244	380061	0.005
X.25 over TCP	0.00%	1	70	0.000	1	70	0.000
Microsoft Media Server	0.00%	2	3028	0.000	2	3028	0.000
TCP Encapsulation of IPsec Packets	0.07%	49	46859	0.001	0	0	0.000
MSN Messenger Service	0.06%	39	36968	0.000	39	36968	0.000
User Datagram Protocol	27.00%	17728	14231738	0.172	0	0	0.000
Domain Name Service	10.58%	6946	7251624	0.088	0	0	0.000
Trivial File Transfer Protocol	9.06%	5949	6210756	0.075	5949	6210756	0.075
Data	7.35%	4828	768581	0.009	4828	768581	0.009
NetBIOS Name Service	0.00%	3	276	0.000	3	276	0.000
NetBIOS Datagram Service	0.00%	2	501	0.000	0	0	0.000
Internet Control Message Protocol	0.42%	278	128435	0.002	278	128435	0.002
Configuration Test Protocol (loopback)	0.10%	66	3960	0.000	0	0	0.000
Data	0.00%	1	77	0.000	1	77	0.000
Address Resolution Protocol	0.00%	2	102	0.000	2	102	0.000

ภาพที่ 43 แสดงปริมาณกราฟฟิคในแต่ละโปรโตคอลที่เข้ามาหลังจากทำการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต

จากภาพที่ 43 จะเห็นได้ว่าโปรโตคอลเอชทีทีพีและดีเอ็นเอสที่ถูกทำเครื่องหมายให้มีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการเท่ากับ 011010 (AF 31) จะมีความสำคัญสูงสุดทำให้มีปริมาณกราฟฟิคถูกส่งผ่านเข้ามาสูงที่สุดประมาณ 19.58 เปอร์เซ็นต์ โปรโตคอลเอฟทีพีและทีเอฟทีพีที่ถูกทำเครื่องหมายให้มีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการเท่ากับ 010010 (AF 21) จะมีความสำคัญเป็นอันดับสอง ปริมาณกราฟฟิคถูกส่งผ่านเข้ามาสูงเป็นอันดับที่สองประมาณ 9.06 เปอร์เซ็นต์ โปรโตคอลไอซีเอ็มพีและบิตเทอร์เรนท์ที่ถูกทำเครื่องหมายให้มีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการเท่ากับ xxx000 (CS 1) จะมีความสำคัญเป็นอันดับสุดท้าย ปริมาณกราฟฟิคถูกส่งผ่านเข้ามาสูงเป็นอันดับสุดท้ายประมาณ 2.94 เปอร์เซ็นต์

2.3 การจัดการความคับคั่งของทราฟฟิก

หลังจากผ่านขั้นตอนการจำแนกทราฟฟิกและการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตเกิดในกรณีที่มีการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กจนเข้าค้ำคั่ง ก็จะต้องมาทำการกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการแบนด์วิดท์ที่มีอยู่ให้สามารถใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยอาศัยเทคนิคการจัดคิวให้กับทราฟฟิกที่ไหลเข้ามาและทำการกำหนดแบนด์วิดท์การใช้งานทราฟฟิกในแต่ละกลุ่มอย่างชัดเจน เนื่องจากถ้าไม่ทำการกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการแบนด์วิดท์ ทราฟฟิกที่ไหลเข้ามาจะอาศัยหลักการทำงาน การเข้าคิวแบบเข้าก่อนออกก่อน ทำให้ทราฟฟิกที่ไหลเข้ามาและถูกส่งออกอย่างไม่เป็นระบบระเบียบ เกิดการแย่งคิวกันเกิดขึ้น โดยกระบวนการจัดการความคับคั่งของทราฟฟิกในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคการเข้าคิวแบบจำแนกชั้น ผสมกับการเข้าคิวแบบเสมอภาคตามค่าน้ำหนัก แสดงแผนผังการทำงานได้ดังภาพที่ 44



ภาพที่ 44 แสดงกระบวนการจัดการความคับคั่งของทราฟฟิก

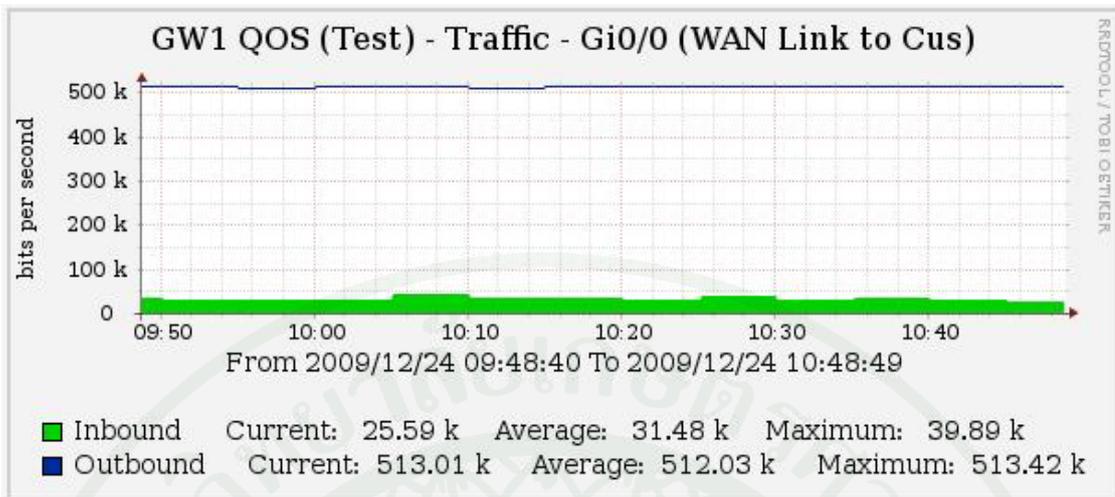
จากภาพที่ 44 กระบวนการจัดการความคับคั่งของทราฟฟิกในงานวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่า หลังจากผ่านการจำแนกทราฟฟิก และการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตแล้ว โปรโตคอลที่อยู่ในแพ็คเก็ตโกลด์จะเข้ามาในคิวที่ 1 โดยในคิวนี้จะทำการการันตีแบนด์วิดท์ที่ 128 Kbps โปรโตคอลที่อยู่ในแพ็คเก็ตซิลเวอร์จะเข้ามาในคิวที่ 2 โดยในคิวนี้จะทำการการันตีแบนด์วิดท์ที่ 128 Kbps โปรโตคอลที่อยู่ในแพ็คเก็ตบรอนซ์จะเข้ามาในคิวที่ 3 โดยในคิวนี้จะทำการการันตีแบนด์วิดท์ที่ 64 Kbps และ โปรโตคอลอื่นๆ ที่อยู่ในชั้นทั่วไปจะเข้ามาในคิวที่ 4 โดยในคิวนี้จะไม่การันตีแบนด์วิดท์ ในแต่ละคิวเมื่อมีแพ็คเก็ตเข้ามาในคิวก็จะทำการตรวจสอบว่าเต็มหรือไม่ ถ้าเต็มก็จะตัดแพ็คเก็ตนั้นทิ้ง แต่ถ้าไม่เต็มแพ็คเก็ตก็จะถูกส่งผ่านออกไปยังอินเตอร์เฟซขาออก โดยที่ในแต่ละคิวจะทำการบัฟเฟอร์แพ็คเก็ตเก็บไว้สูงสุด 64 แพ็คเก็ต ก่อนที่จะทำการตัดแพ็คเก็ตทิ้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการกระบวนการจัดการความคับคั่งของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงเข้าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เท่ากับก่อนทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ และใช้ทราฟฟิกโปรโตคอลต่างๆ ในอัตราที่เท่ากัน โดยทำการใส่อินพุตในแต่ละโปรโตคอลให้มีขนาดเท่ากับ 1,000 ไบต์ ทุกๆ 100 มิลลิวินาที แต่เนื่องจากขนาดของแบนด์วิดท์มีเพียง 512 Kbps ดังนั้นจำนวนแพ็คเก็ตและขนาดของเอาต์พุตในแต่ละโปรโตคอลที่ได้อาจจะไม่เท่ากับอินพุตที่ใส่เข้าไป เนื่องจากเกิดการคับคั่งที่อินเทอร์เน็ตเฟสที่ขาอินพุต ทำให้มีแพ็คเก็ตถูกตัดทิ้งออกไปบางส่วนก่อนหน้านั้น ซึ่งได้ผลการวิจัยดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการจัดการความคับคั่งของทราฟฟิกในแต่ละคิว

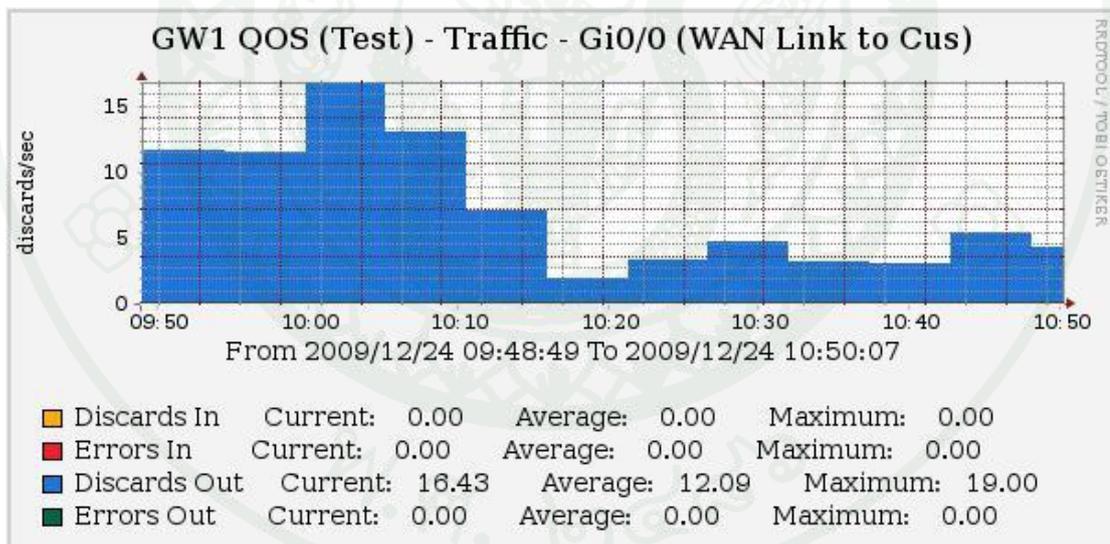
คิว	แบนด์วิดท์ขั้นต่ำ (Kbps)	เอาต์พุตแบนด์วิดท์(Kbps)	เอาต์พุตทั้งหมด (แพ็คเก็ต)	เอาต์พุตทั้งหมด (ไบต์)	จำนวนการตัดทิ้งทั้งหมด (แพ็คเก็ต)
1	128	229	35,135	44,337,999	495
2	128	191	34,941	40,702,146	800
3	64	95	23,129	21,710,642	10,203
4	แบนด์วิดท์ส่วนที่เหลือ	28	11,827	4,463,096	1,328
รวม		533	105,032	111,213,883	12,826

ผลจากการจัดการความคับคั่งของทราฟฟิกในแต่ละคิวจากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าในคิวที่ 1 จะมีปริมาณทราฟฟิกถูกส่งผ่านมาเฉลี่ย 229 Kbps ซึ่งปริมาณมากที่สุดและมีอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตทั้งหมด 495 แพ็คเก็ต ซึ่งปริมาณน้อยที่สุด เนื่องจากในคิวที่ 1 มีการกักรันตีแบนด์วิดท์ที่ 128 Kbps และมีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการดีที่สุด จึงทำให้มีปริมาณทราฟฟิกมากที่สุด ในคิวที่ 2 จะมีปริมาณทราฟฟิกถูกส่งผ่านมาเฉลี่ย 191 Kbps ซึ่งปริมาณมากเป็นอันดับสอง และมีอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตทั้งหมด 800 แพ็คเก็ต ซึ่งปริมาณน้อยเป็นอันดับสอง เนื่องจากในคิวที่ 3 มีการกักรันตีแบนด์วิดท์ที่ 64 Kbps และมีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการดี เป็นอันดับสาม จึงทำให้มีปริมาณทราฟฟิกสูงเป็นอันดับสาม ในคิวที่ 3 จะมีปริมาณทราฟฟิกถูกส่งผ่านมาเฉลี่ย 95 Kbps ซึ่งปริมาณมากเป็นอันดับสามและมีอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตทั้งหมด 10203 แพ็คเก็ต ซึ่งปริมาณน้อยเป็นอันดับสาม เนื่องจากในคิวที่ 3 มีการกักรันตีแบนด์วิดท์ที่ 64 Kbps และมีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการดี เป็นอันดับสาม จึงทำให้มีปริมาณทราฟฟิกสูงเป็นอันดับสาม ส่วนคิวที่ 4 มีปริมาณทราฟฟิกถูกส่งผ่านมาเฉลี่ย 28 Kbps และมีอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตทั้งหมด 1328 แพ็คเก็ต เนื่องจากในคิวที่ 4 ไม่มีการกักรันตีแบนด์วิดท์และมีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการเป็นแบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อบนใช้ค่าพื้นฐานซึ่งมีค่าดีเอสซีพีเท่ากับ 000000 ซึ่งมีความสำคัญเป็นอันดับสุดท้าย โดยรวมทุกคิวจะมีปริมาณทราฟฟิกถูกส่งผ่านมาเฉลี่ย 533 Kbps และมีอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตทั้งหมด 12826 แพ็คเก็ต ในเวลา 1 ชั่วโมง

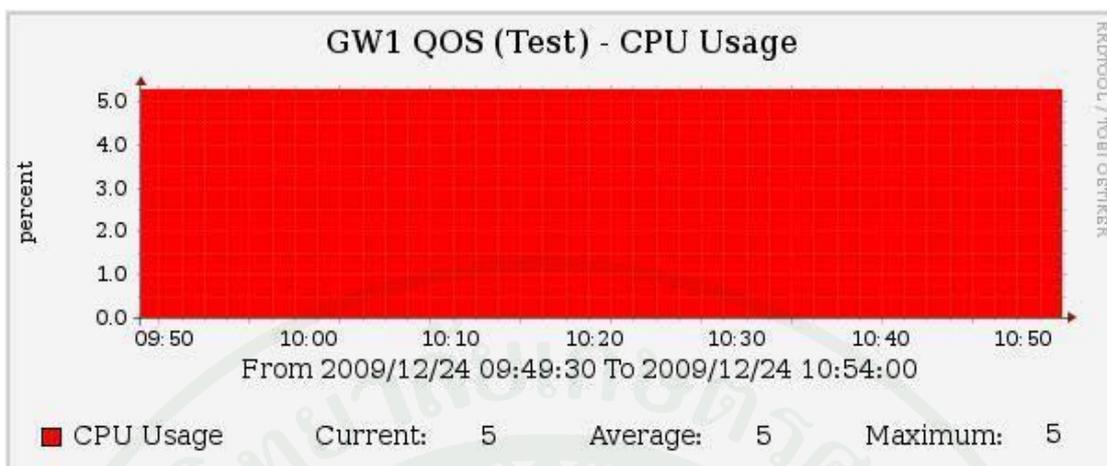
หลังจากทำการจำลองวงจรอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเช่น ขนาดแบนด์วิดท์ 512 Kbps และใช้ซอฟต์แวร์เน็ตเวิร์กทราฟฟิกเจเนเนอรัเตอร์ทำการสร้างทราฟฟิกโปรโตคอลต่างๆ จากนั้นจึงทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ โดยผ่านกระบวนการการจำแนกทราฟฟิก การทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต และการจัดการความคับคั่งของทราฟฟิกแล้ว จะได้ปริมาณการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเช่น อัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตและเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ดังภาพที่ 45 – 47 ตามลำดับ



ภาพที่ 45 แสดงปริมาณการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ



ภาพที่ 46 แสดงอัตราการตัดทิ้งของแพ็กเก็ตทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ



ภาพที่ 47 แสดงเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

จากภาพที่ 45 - 47 ในการจำลองทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงจะเห็นได้ว่าหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการจะมีทราฟฟิกการใช้งานไปยังไคลเอนต์เต็มแบนด์วิดธ์ 512 Kbps ตามที่กำหนดไว้เหมือนกับตอนก่อนทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ มีอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงจะเฉลี่ยเท่ากับ 12.09 แพ็คเก็ตต่อวินาที และมีเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ทราฟฟิกการใช้งานโปรโตคอลต่างๆ จะถูกใช้งานอย่างเป็นระบบระเบียบเพราะผ่านการกำหนดแนวทางของการให้บริการแล้ว ทราฟฟิกการใช้งานโปรโตคอลไหนมีความสำคัญกว่าก็จะมีสิทธิ์ได้ไปก่อน โดยที่ได้ผลการวิจัยเปรียบเทียบระหว่างก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการกับหลังจากที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิจัยเปรียบเทียบระหว่างก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการกับ
หลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		การลดลง (%)	
	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
ปริมาณการใช้งานทราฟฟิก (Kbps)	512	513.04	512.03	513.42	~ 0	0
อัตราการตัดทิ้ง (packet/sec)	38.15	239.69	12.09	19	68.31	92.07
เวลาของการตอบกลับ (ms)	129	249	43	121	66.67	51.41
ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัด เส้นทาง (%)	2	2	5	5	-150	-150

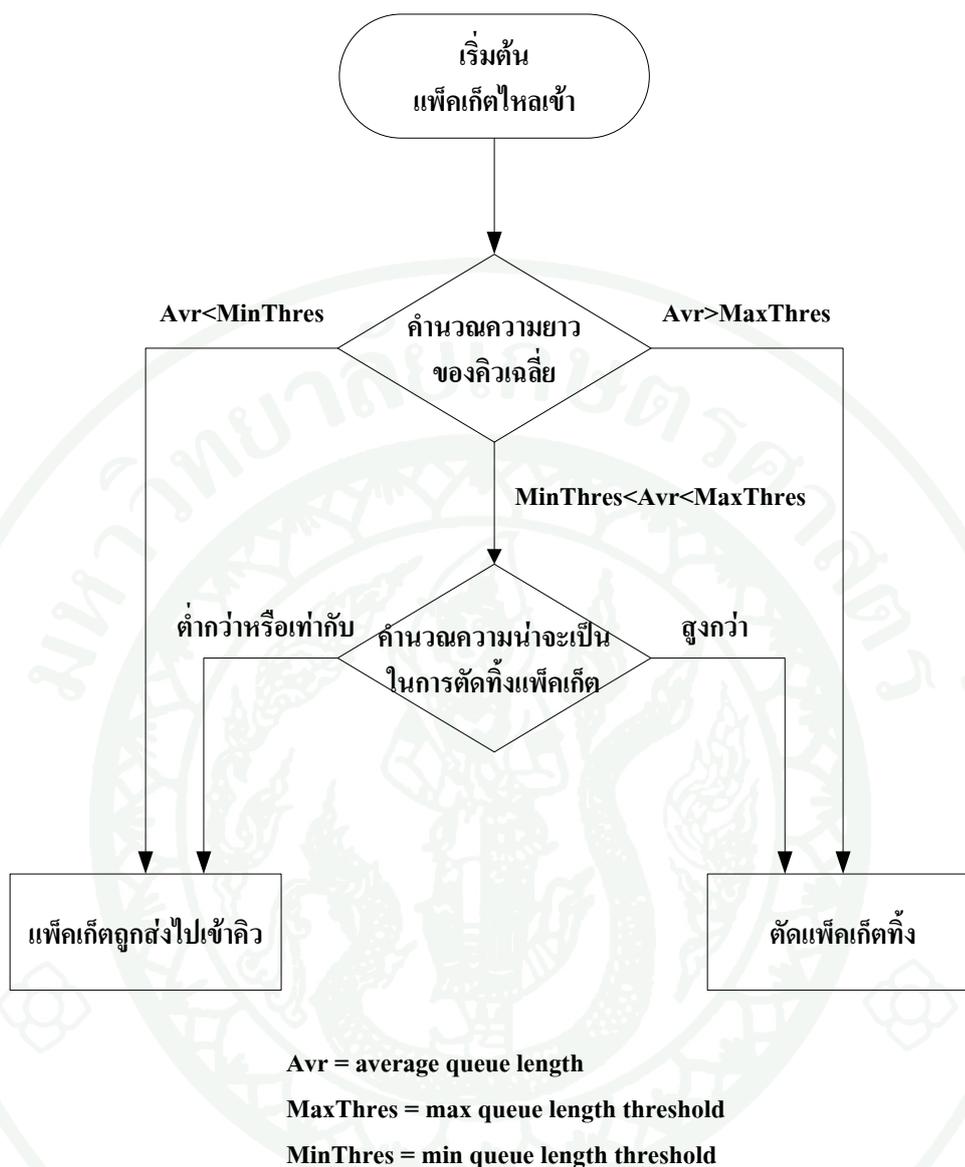
จากตารางที่ 4 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าแนวทางดังกล่าวสามารถช่วย ลดอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกเฉลี่ยลง 68.31 เปอร์เซ็นต์ และลดเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูล เฉลี่ยลง 66.67 เปอร์เซ็นต์ โดยที่จะยังมีปริมาณทราฟฟิกถูกส่งผ่านเต็มแบนด์วิดท์ 512 Kbps เช่นเดิมก็ตาม และยังสามารถเพิ่มอัตราการใช้งานในทราฟฟิกของ โพรโทคอลที่มีความสำคัญสูงกว่าให้มากขึ้นดังภาพที่ 48 แต่การกำหนดแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการที่อุปกรณ์จัดเส้นทางจะทำให้ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางสูงขึ้นเฉลี่ย 150 เปอร์เซ็นต์

Protocol	% Packets	Packets	Bytes	Mbit/s	End Packets	End Bytes	End Mbit/s
Frame	100.00%	30191	21343551	0.851	0	0	0.000
Ethernet	100.00%	30191	21343551	0.851	0	0	0.000
Internet Protocol	99.93%	30169	21342249	0.851	0	0	0.000
Transmission Control Protocol	67.12%	20264	14638189	0.584	10701	2493096	0.099
Hypertext Transfer Protocol	12.34%	3725	5251733	0.209	3633	5187431	0.207
Data	18.37%	5547	6669893	0.266	5547	6669893	0.266
Universal Computer Protocol	0.00%	1	1514	0.000	1	1514	0.000
Secure Socket Layer	0.11%	34	26065	0.001	34	26065	0.001
BitTorrent	0.85%	256	195888	0.008	212	186349	0.007
User Datagram Protocol	31.92%	9638	6567711	0.262	0	0	0.000
NetBIOS Name Service	0.41%	125	11500	0.000	125	11500	0.000
Data	13.93%	4207	1027694	0.041	4207	1027694	0.041
NetBIOS Datagram Service	0.00%	1	258	0.000	0	0	0.000
Domain Name Service	10.32%	3117	3248507	0.130	6	623	0.000
Malformed Packet	10.30%	3111	3247884	0.130	3111	3247884	0.130
Trivial File Transfer Protocol	7.23%	2183	2279052	0.091	2183	2279052	0.091
Hypertext Transfer Protocol	0.02%	5	700	0.000	5	700	0.000
Internet Control Message Protocol	0.88%	267	136349	0.005	267	136349	0.005
Configuration Test Protocol (loopback)	0.07%	20	1200	0.000	0	0	0.000
Address Resolution Protocol	0.01%	2	102	0.000	2	102	0.000

ภาพที่ 48 แสดงปริมาณกราฟฟิคในแต่ละโปรโตคอลที่เข้ามาหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

2.4 การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งของกราฟฟิค

การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งของกราฟฟิคเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการในงานวิจัยนี้ออกเหนือจากวิธีการดังกล่าวข้างต้น โดยที่การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งของกราฟฟิคจะทำงานก็ต่อเมื่อมีการชนกันของข้อมูลหรือแพ็คเกจที่จะส่ง หรือเรียกได้ว่ามีแพ็คเกจเข้ามาในอินเตอร์เฟซของอุปกรณ์จัดเส้นทางมากเกินไปที่อุปกรณ์จัดเส้นทางจะสามารถประมวลผลได้ อุปกรณ์จัดเส้นทางก็จะทำการสุ่มตัดแพ็คเกจที่บางส่วนออกก่อนที่จะวิ่งไปที่ซอฟต์แวร์คิว ซึ่งงานวิจัยนี้จะอาศัยเทคนิคที่เรียกว่า การสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก แสดงแผนผังการทำงานได้ดังภาพที่ 49



ภาพที่ 49 แสดงกระบวนการทำงานของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก

จากภาพที่ 49 กระบวนการทำงานของการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เริ่มต้นเมื่อมีแพ็คเก็ตไหลเข้ามาในอินเทอร์เน็ตเฟรมของอุปกรณ์จัดเส้นทาง ซอฟต์แวร์คิวจะทำการคำนวณความยาวของคิวเฉลี่ยก่อน ถ้า $Avr < MinThres$ แพ็คเก็ตจะถูกส่งไปเข้าคิว ถ้า $Avr > MaxThres$ แพ็คเก็ตจะถูกตัดทิ้งทันที แต่ถ้า $MinThres < Avr < MaxThres$ จะต้องถูกคำนวณความน่าจะเป็นในการตัดทิ้งแพ็คเก็ตก่อน ถ้าต่ำกว่าหรือเท่ากับความน่าจะเป็นในการตัดทิ้งแพ็คเก็ตที่

กำหนดไว้ แฟ้มเกิดจะถูกส่งไปเข้าคิว แต่ถ้าสูงกว่าความน่าจะเป็นในการตัดทิ้งแฟ้มเกิดที่กำหนดไว้ แฟ้มเกิดจะถูกตัดทิ้งทันที

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทำการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักให้กับกราฟฟิกอินเตอร์เน็ทวงจรเช่า ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทำการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก

คิว	พีเอชบี	ดีเอชซีพี	จุดเริ่มต้นต่ำสุด	จุดเริ่มต้นสูงสุด	ค่าความน่าจะเป็น
1	AF 31	26	34	40	1/10
2	AF 21	18	30	40	1/10
3	CS 1	8	22	40	1/10
4	Default	0	20	40	1/10

หลังจากทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทำ การสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักให้กับกราฟฟิกอินเตอร์เน็ทวงจรเช่า ก็ จะทำการทดลองโดยใช้แบบจำลองกราฟฟิกอินเตอร์เน็ทวงจรเช่าและการกำหนดค่าต่างๆ ตามที่กล่าวในข้างต้น ซึ่งผลการทดลอง ในการทำการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองในการทำการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก

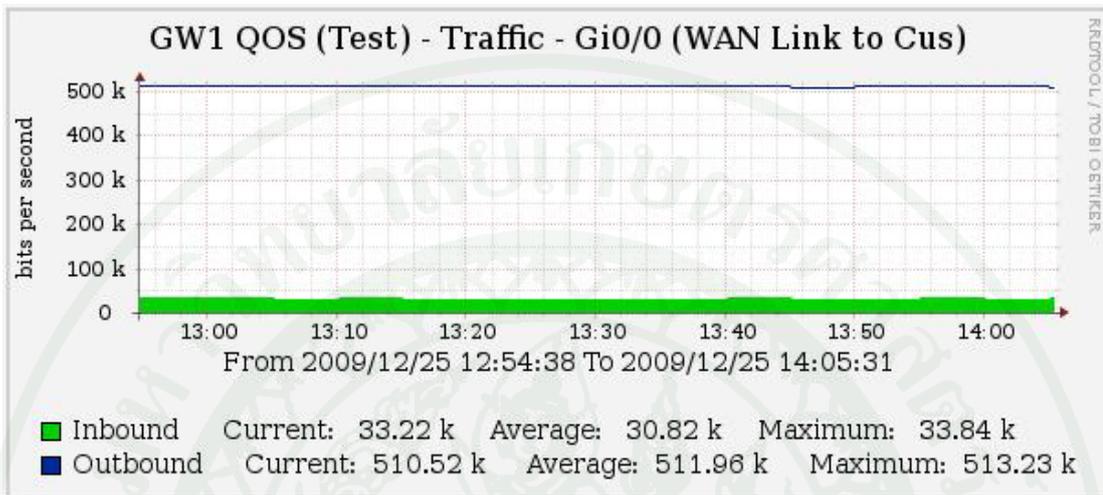
คิว	แฟ้มเกิดถูกส่งผ่าน		สุ่มตัดทิ้ง		ตัดทิ้งทั้งหมด		เอาที่พูดทั้งหมด	
	แฟ้มเกิด	ไบต์	แฟ้มเกิด	ไบต์	แฟ้มเกิด	ไบต์	แฟ้มเกิด	ไบต์
1	72,289	91,812,669	106	84,852	580	647,780	72,975	92,545,301
2	47,458	45,827,653	750	847,654	1,154	917,529	49,362	47,592,836
3	42,882	35,655,692	3,592	2,771,165	23,246	13,645,365	69,720	42,072,222
4	33,988	13,344,282	2,483	1,973,182	12,758	9,735,842	49,229	25,053,306
รวม	196,617	186,640,296	6,931	5,676,853	37,738	9,735,842	241,286	207,263,665

โดยการทดลองกำหนดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยทำการใส่อินพุตในแต่ละโปรโตคอลให้มีขนาดเท่าๆกัน เท่ากับ 1,000 ไบต์ ทุกๆ 100 มิลลิวินาที แต่เนื่องจากขนาดของแบนด์วิดธ์มีเพียง 512 Kbps ดังนั้นจำนวนแพ็คเก็ตและขนาดของเอาต์พุตในแต่ละโปรโตคอลที่ได้รวมกัน อาจจะไม่เท่ากับอินพุตที่ใส่เข้าไป เนื่องจากเกิด การคับคั่งที่อินเตอร์เฟซที่ขาอินพุต ทำให้มีแพ็คเก็ตถูกตัดทิ้งออกไปบางส่วน

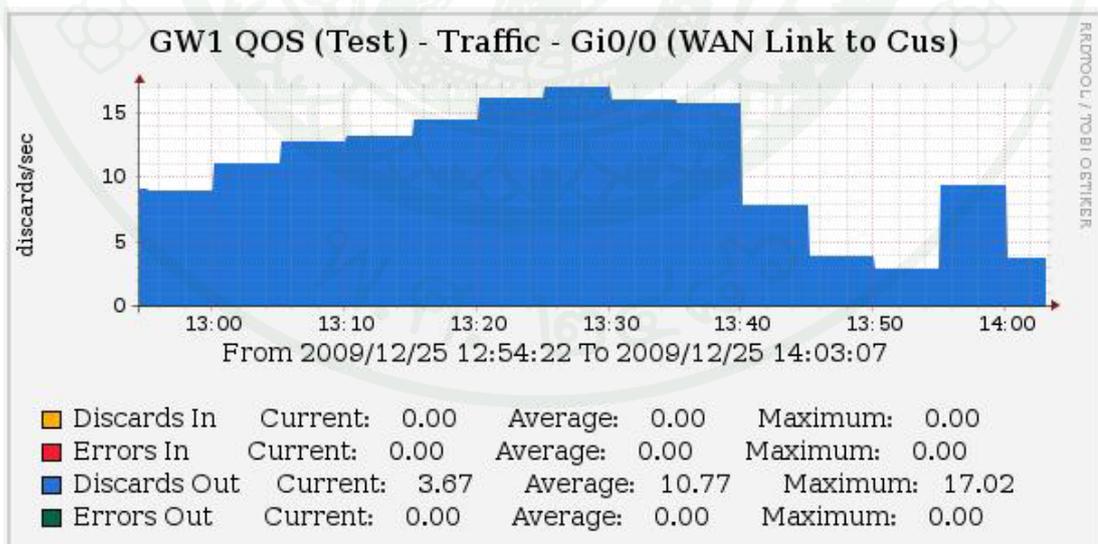
จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าในการทำการสุม่ป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักคิวที่ 1 ซึ่งถูกกำหนดค่า Minimum Threshold เท่ากับ 34 และมีรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการเท่ากับ 26 จะมีความสำคัญสูงที่สุด โดยแพ็คเก็ตจะถูกส่งผ่านมากที่สุดเท่ากับ 91,812,669 ไบต์ มีการ สุม่ตัดแพ็คเก็ตทิ้งน้อยที่สุดเท่ากับ 84,852 ไบต์ และมีการตัดแพ็คเก็ตทิ้งน้อยที่สุดเท่ากับ 647,780 ไบต์ คิวที่ 2 ซึ่งถูกกำหนดค่า Minimum Threshold เท่ากับ 30 และมีรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการเท่ากับ 18 จะมีความสำคัญสูงเป็นอันดับสอง โดยแพ็คเก็ตจะถูกส่งผ่านมากเป็นอันดับสองเท่ากับ 45,827,653 ไบต์ มีการสุม่ตัดแพ็คเก็ตทิ้งน้อยเป็นอันดับสองเท่ากับ 847,654 ไบต์ และมีการตัดแพ็คเก็ตทิ้งน้อยเป็นอันดับสองเท่ากับ 917,529 ไบต์ คิวที่ 3 ซึ่งถูกกำหนดค่า Minimum Threshold เท่ากับ 22 และมีรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการเท่ากับ 8 จะมีความสำคัญสูงเป็นอันดับสาม โดยแพ็คเก็ตจะถูกส่งผ่านมากเป็นอันดับสามเท่ากับ 35,655,692 ไบต์ มีการ สุม่ตัดแพ็คเก็ตทิ้งน้อยเป็นอันดับสามเท่ากับ 2,771,165 ไบต์ และมี การตัดแพ็คเก็ตทิ้งน้อยเป็นอันดับสามเท่ากับ 13,645,365 ไบต์ คิวที่ 4 ซึ่งถูกกำหนดค่า Minimum Threshold เท่ากับ 20 และมีรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการเท่ากับ 0 จะมีความสำคัญน้อยที่สุดจะไม่มีกรณีใดๆ แพ็คเก็ตจะถูกส่งผ่านน้อยที่ สุดเท่ากับ 13,344,282 ไบต์ มีการ สุม่ตัดแพ็คเก็ตทิ้งน้อยเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 1,973,182 ไบต์ และมีการตัดแพ็คเก็ตทิ้งน้อยเป็นอันดับสุดท้ายเท่ากับ 9,735,842 ไบต์

หลังจากทำการจำลองวงจรอินเตอร์เน็ตวงจรเช่าขนาดแบนด์วิดธ์ 512 Kbps และใช้ซอฟต์แวร์เน็ตเวิร์กทราฟฟิกเจเนอเรเตอร์ทำการสร้างทราฟฟิกโปรโตคอลต่างๆ จากนั้นจึงทำการใช้เทคนิคการสุม่ป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักมาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ โดยผ่านกระบวนการการจำแนกทราฟฟิก การทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต และการจัดการความคับคั่งของทราฟฟิกแล้ว จะได้ปริมาณการใช้งานทราฟฟิกอินเตอร์เน็ตวงจรเช่า อัตราการ

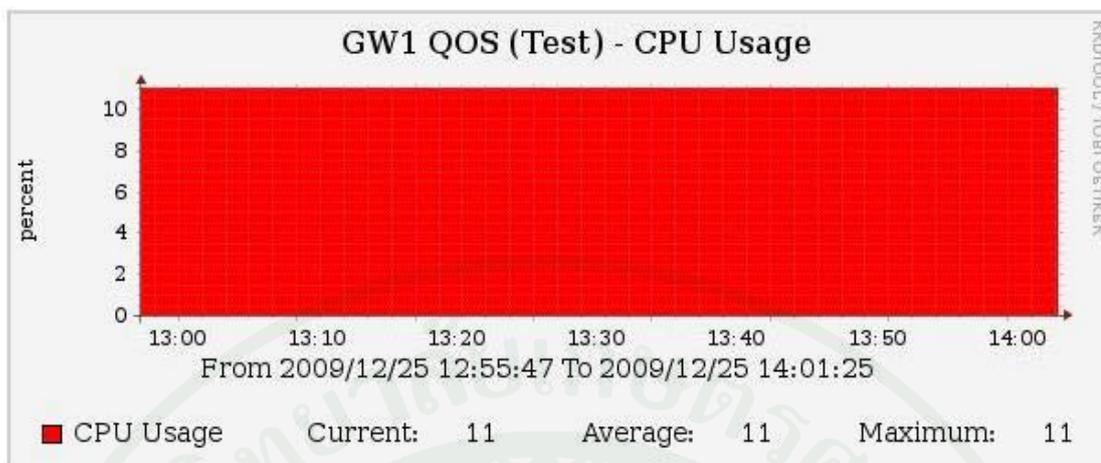
ตัดทิ้งของแพ็คเกจและเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ดังภาพที่ 50 – 52 ตามลำดับ



ภาพที่ 50 แสดงปริมาณการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กหลังจากทำการใช้เทคนิคการคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก



ภาพที่ 51 แสดงอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเกจทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กหลังจากทำการใช้เทคนิคการคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก



ภาพที่ 52 แสดงเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางหลังจากทำการใช้เทคนิคการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก

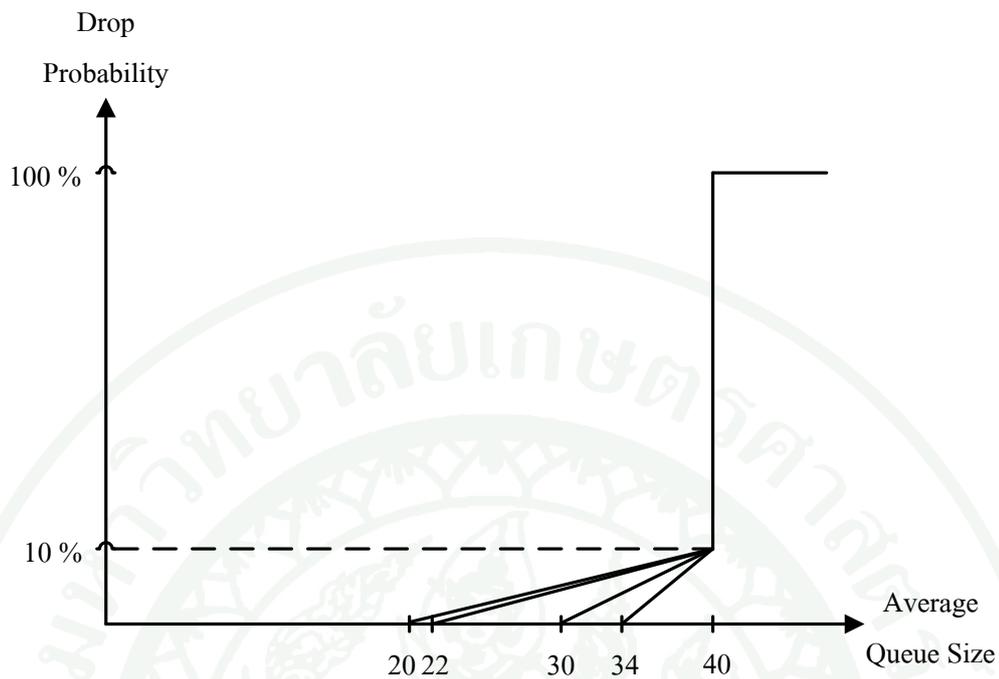
จากภาพที่ 50 - 52 ในการจำลองทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงเขาจะเห็นได้ว่าหลังจากทำการใช้เทคนิคการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักจะมีทราฟฟิกการใช้งานไปยังไคลเอนต์เต็มแบนด์วิดท์ 512 Kbps ตามที่กำหนดไว้เหมือนกับตอนทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการโดยที่ยังไม่ใช้เทคนิคการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก มีอัตราการตัดทิ้งของแพ็คเก็ตทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตจริงเขาเฉลี่ยเท่ากับ 10.77 แพ็คเก็ตต่อวินาที และมีเปอร์เซ็นต์ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางเท่ากับ 11 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ทราฟฟิกการใช้งานโปรโตคอลต่างๆ จะถูกใช้งานอย่างเป็นระบบระเบียบเพราะผ่านการกำหนดแนวทางของการให้บริการแล้ว ทราฟฟิกการใช้งานโปรโตคอลไหนมีความสำคัญกว่าก็จะมีสิทธิ์ได้ไปก่อน โดยที่ได้ผลการวิจัยเปรียบเทียบระหว่างก่อนที่จะทำการใช้เทคนิคการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักกับหลังจากที่ใช้เทคนิคการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิจัยเปรียบเทียบระหว่างก่อนที่จะทำการใช้เทคนิคการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนักกับหลังใช้

ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		การลดลง (%)	
	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
ปริมาณการใช้งาน ทราฟฟิก (Kbps)	512.03	513.4	511.96	513.23	~ 0	0
อัตราการตัดทิ้ง (packet/sec)	12.09	19	10.77	17.02	10.92	10.42
ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์ จัดเส้นทาง (%)	5	5	11	11	-120	-120

จากตารางที่ 7 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าแนวทางดังกล่าวสามารถช่วย ลดอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกเฉลี่ยลง 10.92 เปอร์เซ็นต์ โดยที่จะยังมีปริมาณทราฟฟิกถูกส่งผ่านเต็มแบนด์วิดท์ 512 Kbps เช่นเดิมก็ตาม แต่การใช้เทคนิคการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรก โดยเฉลี่ยน้ำหนักที่อุปกรณ์จัดเส้นทางจะทำให้ซีพียูการทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางสูงขึ้นเฉลี่ยจากเดิม 120 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งรูปแบบการทำงานของกรสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก โดยใช้โปรโตคอลดีเอสซีพีในงานวิจัยนี้แสดงดังภาพรูปที่ 53



ภาพที่ 53 แสดงการทำงานของกลไกการคุ้มครองกันแต่เริ่มแรกโดยเปลี่ยนน้ำหนักในงานวิจัยโดยใช้โปรโตคอลดีเอสซีพี

การควบคุมทราฟฟิก

การควบคุมทราฟฟิกเป็นการกำหนดแบนด์วิดท์ให้แก่แต่ละทราฟฟิกการใช้งานตามความต้องการ ซึ่งอาจจะกำหนดการใช้งานให้ตามขนาดแบนด์วิดท์ของผู้ใช้งานแต่ละรายหรือกำหนดการใช้งานตามโปรโตคอล เป็นต้น ทราฟฟิกส่วนที่เกินกว่าที่กำหนดไว้จะถูกตัดทิ้งทันที โดยในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองกระบวนการควบคุมทราฟฟิก โดยทำการกำหนดแบนด์วิดท์แบ่งตามชั้นที่ถูกจำแนกด้วยกระบวนการจำแนกทราฟฟิก ดังนี้

- แพ็คเก็ตโกลด์ กำหนดแบนด์วิดท์การใช้งานให้ทราฟฟิกสามารถวิ่งผ่านได้ 256 Kbps
- แพ็คเก็ตซิลเวอร์ กำหนดแบนด์วิดท์การใช้งานให้ทราฟฟิกสามารถวิ่งผ่านได้ 128 Kbps

- แพ็คเก็ตบรอนซ์ กำหนดแบนด์วิดท์การใช้งานให้กราฟฟิกสามารถวิ่งผ่านได้ 64 Kbps

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำกระบวนการควบคุมกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตดวงจรเช่า โดยได้ผลการวิจัย ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการทดลองกระบวนการควบคุมกราฟฟิก

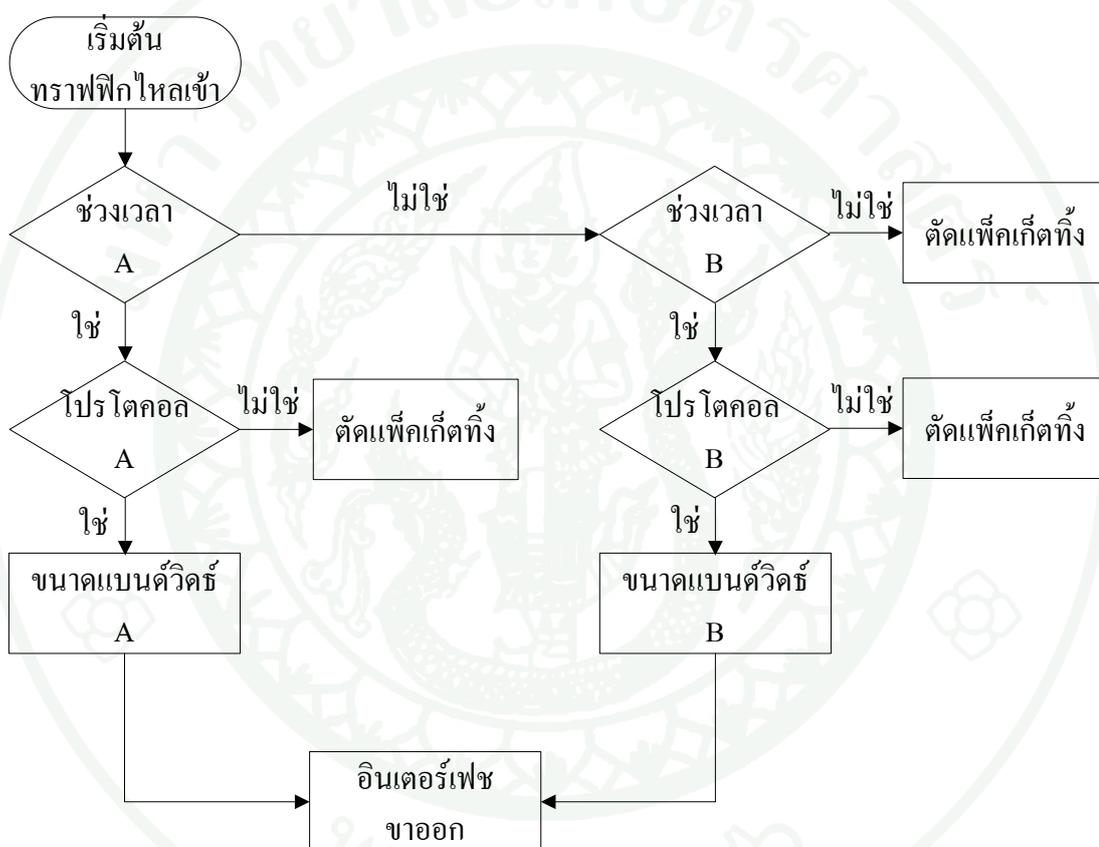
กลุ่ม	แบนด์วิดท์ (Kbps)	ขนาดส่วนเกิน (Kbps)	กราฟฟิกเข้า (Kbps)	ถูกตัดทิ้ง (Kbps)	กราฟฟิกออก (Kbps)
แพ็คเกจโกลด์	256	64	459	206	253
แพ็คเกจซิลเวอร์	128	32	378	251	127
แพ็คเกจบรอนซ์	64	16	110	46	64
รวม	448	112	947	503	444

จากตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่ากระบวนการควบคุมกราฟฟิกในชั้นแพ็คเกจโกลด์ที่ถูกกำหนดแบนด์วิดท์เท่ากับ 256 Kbps จะมีกราฟฟิกไหลเข้ามา 459 Kbps กราฟฟิกถูกตัดทิ้ง 206 Kbps ดังนั้นจึงมีกราฟฟิกถูกส่งผ่าน 253 Kbps ในชั้นแพ็คเกจซิลเวอร์ที่ถูกกำหนดแบนด์วิดท์เท่ากับ 128 Kbps จะมีกราฟฟิกไหลเข้ามา 378 Kbps กราฟฟิกถูกตัดทิ้ง 251 Kbps ดังนั้นจึงมีกราฟฟิกถูกส่งผ่าน 127 Kbps และในชั้นแพ็คเกจบรอนซ์ที่ถูกกำหนดแบนด์วิดท์เท่ากับ 64 Kbps จะมีกราฟฟิกไหลเข้ามา 110 Kbps กราฟฟิกถูกตัดทิ้ง 46 Kbps ดังนั้นจึงมีกราฟฟิกถูกส่งผ่าน 64 Kbps จะเห็นได้ว่าในแต่ละชั้นกราฟฟิกจะถูกส่งผ่านได้ไม่เกินแบนด์วิดท์ที่กำหนดไว้ กราฟฟิกส่วนที่เกินจะถูกตัดทิ้งทันที

การควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลา

การควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลาเป็นอีกวิธีหนึ่งในงานวิจัยนี้ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตดวงจรเช่า เนื่องจากในหลายๆ เครือข่ายหรือองค์กรต่างๆ มีการใช้งานกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตในแต่ละโปรโตคอลที่มีความสำคัญค่อนข้างตายตัวในบาง

ช่วงเวลา โดยบางเวลาที่ไม่มีความจำเป็นในการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตในโปรโตคอลนั้นๆ ดังนั้นการควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลาในงานวิจัยนี้จะช่วยในการจัดสรรแบนด์วิดท์ในแต่ละช่วงเวลาให้มีค่ามากหรือน้อยตามช่วงเวลาที่กำหนด โดยใช้เทคนิคการทำบัญชีควบคุมการเข้าควบคุมกับโปรโตคอลเอ็นทีพี (NTP) และการควบคุมทราฟฟิก ซึ่งแสดงแผนผังการทำงานได้ดังภาพที่ 54



ภาพที่ 54 แสดงแผนผังการทำงานของ การควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลา

จากภาพที่ 54 แสดงแผนผังการทำงานของ การควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลา โดยในงานวิจัยนี้จะทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

- ช่วงเวลา A คือ ช่วงเวลา 16.00 ถึง 16.15

- ช่วงเวลา B คือ ช่วงเวลา 16.15 ถึง 16.30
- โพรโตคอล A และ B คือ โพรโตคอลดีเอ็นเอส
- ขนาดแบนด์วิดท์ A เท่ากับ 1 Mbps
- ขนาดแบนด์วิดท์ B เท่ากับ 512 Kbps

โดยในการทดลองการควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลามีการทำทดสอบ ดังนี้

1. นำค่าวัน เดือน ปี และเวลาต่างๆ ที่ได้จาก โพรโตคอลเอ็นทีพี มาทำการกำหนดช่วงเวลาที่เราจะทำการควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลาโดยใช้พีเจอร์ที่เรียกว่า ช่วงเวลา (time-range) ที่มีอยู่ในอุปกรณ์จัดเส้นทางเป็นตัวกำหนด โดยในการทดลองนี้ตั้งชื่อในพีเจอร์ช่วงเวลาไว้ 2 ช่วง ดังนี้

1.1 DAY(16:00-to-16:15) หมายถึง วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 16.00 น. ถึง 16.15 น.

1.2 DAY(16:15-to-16:30) หมายถึง วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 16.15 น. ถึง 16.30 น.

2. ใช้เทคนิคบัญชีควบคุมการเข้ามาประยุกต์ใช้กับพีเจอร์ช่วงเวลา โดยทำการสร้างบัญชีควบคุมการเข้าดังนี้

2.1 บัญชีควบคุมการเข้าที่ชื่อว่า Permit-DNS(16:00-to-16:15) จะอนุญาตให้ทราฟฟิกของ ไอพีแอดเดรส 118.175.29.176/30 ที่ช่วงเวลาที่ชื่อว่า DAY(16:00-to-16:15) สามารถผ่านไปได้นอกจากเวลาดังกล่าวจะไม่อนุญาตให้ผ่าน

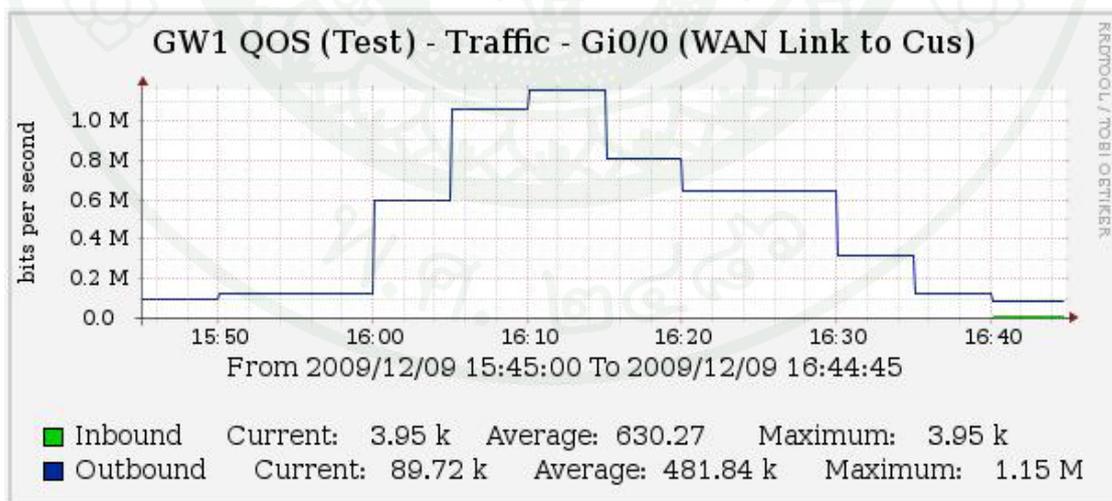
2.2 บัญชีควบคุมการเข้าที่ชื่อว่า Permit-DNS(16:15-to-16:30) จะอนุญาตให้ทราฟฟิกของ ไอพีแอดเดรส 118.175.29.176/30 ที่ช่วงเวลาชื่อว่า DAY(16:15-to-16:30) สามารถผ่านไปได้นอกจากเวลาดังกล่าวจะไม่อนุญาตให้ผ่าน

3. นำค่าบัญชีควบคุมการเข้าต่างๆ ที่ได้สร้างไว้มาทำการกำหนดลงในชั้นต่างๆ ดังนี้

3.1 นำค่าบัญชีควบคุมการเข้าที่ชื่อว่า Permit-DNS(16:00-to-16:15) มาทำการกำหนดลงในชั้น DNS(16:00-to-16:15) เพื่อที่จะให้ทราฟฟิกโปรโตคอลดีเอ็นเอสสามารถถูกส่งผ่านได้แค่ในช่วงเวลาดังกล่าว โดยมีขนาดแบนด์วิดธ์การใช้งานเท่ากับ 1 Mbps

3.2 นำค่าบัญชีควบคุมการเข้าที่ชื่อว่า Permit-DNS(16:15-to-16:30) มาทำการกำหนดลงในชั้น DNS(16:15-to-16:30) เพื่อที่จะให้ทราฟฟิกโปรโตคอลดีเอ็นเอสสามารถถูกส่งผ่านได้แค่ในช่วงเวลาดังกล่าว โดยมีขนาดแบนด์วิดธ์การใช้งานเท่ากับ 512 Kbps

ซึ่งผลการทดลองในเรื่องของการควบคุมแบนด์วิดธ์แบบตั้งเวลา แสดงดังภาพที่ 55



ภาพที่ 55 แสดงผลการทดลองควบคุมแบนด์วิดธ์แบบตั้งเวลา

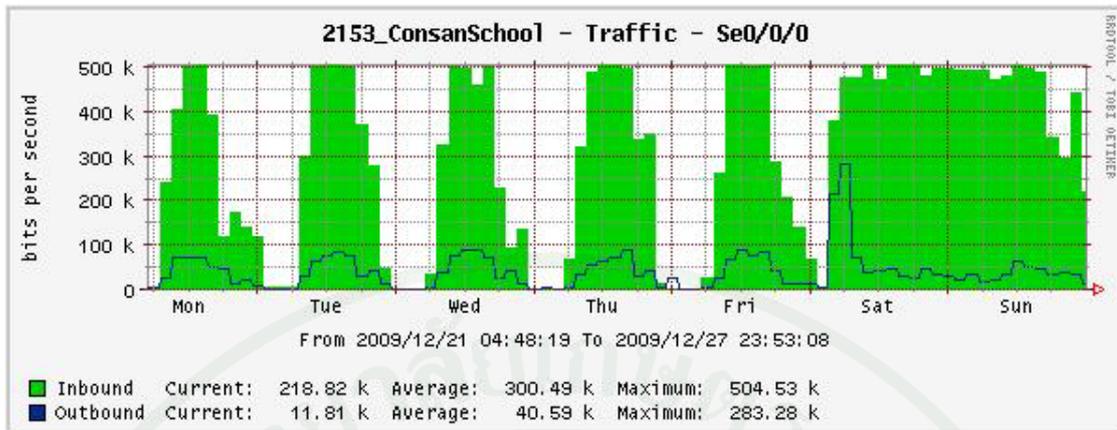
จากภาพที่ 55 จะเห็นได้ว่ากราฟฟิกโปรโตคอลดีเอ็นเอสในช่วงเวลา 16.00 ถึง 16.15 มีการใช้งานแบนด์วิดท์ได้สูงสุดเท่ากับ 1 Mbps ในช่วงเวลา 16.15 ถึง 16.30 มีการใช้งานแบนด์วิดท์ได้สูงสุดเท่ากับ 512 Kbps นอกเหนือจากเวลาดังกล่าวจะไม่มีกราฟฟิกโปรโตคอลดีเอ็นเอสใช้งาน

การทดสอบกับวงจรกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเข้าที่มีการใช้งานจริง

หลังจากที่ทำการทดสอบวิธีการต่างๆ และได้ผลการวิจัยดังกล่าวในการทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเข้าแล้ว ก็จะนำวิธีการต่างๆ มาทำการทดสอบใช้งานกับวงจรกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเข้าที่มีการใช้งานอยู่จริง โดยในการวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบวงจรกราฟฟิกอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเข้า 2 วงจร ซึ่งกระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการจะทำที่ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)) เท่านั้น

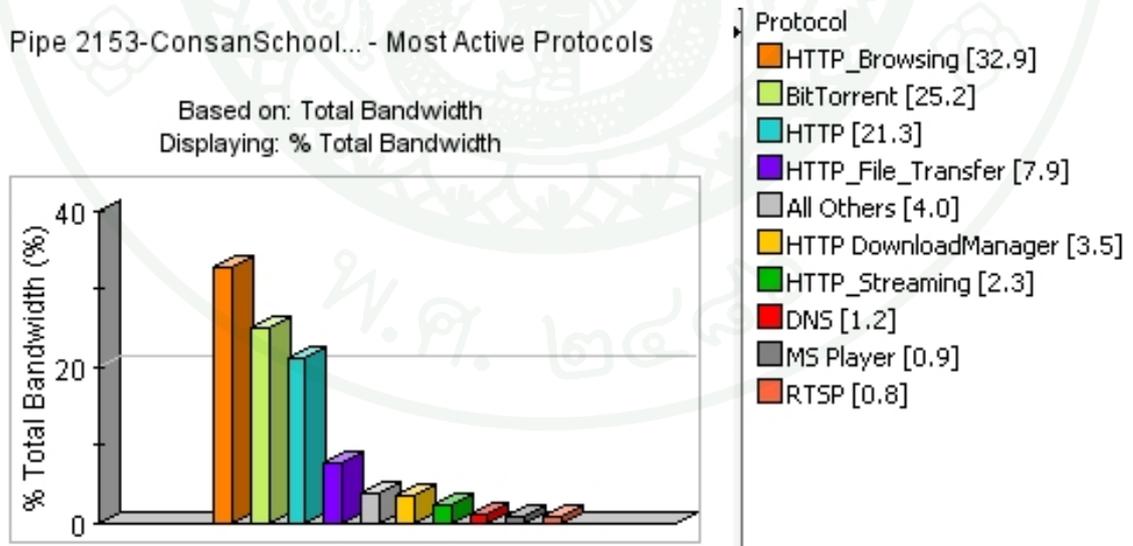
1. อินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเข้าวงจรที่ 1

อินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเข้าวงจรที่ 1 ในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กเข้ากับองค์กรที่เป็นสถาบันการศึกษา คือ โรงเรียนคอนสานวิทยาคม จ. ชัยภูมิ โดยขอใช้บริการแบนด์วิดท์ที่ 512 Kbps กับบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) เนื่องจากมีการใช้งานแบนด์วิดท์ในปริมาณที่คับคั่งตลอดเวลา ดังภาพที่ 56



ภาพที่ 56 แสดงปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ของโรงเรียนคอนสานวิทยาคม

โดยผู้วิจัยทำการทดลองในอัตราส่วนของแบนด์วิดท์ 1 : 1 (512 Kbps) จากโรงเรียนคอนสานวิทยาคมไปจนถึงชุมทางของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต โดยพฤติกรรมการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลของโรงเรียนคอนสานวิทยาคมก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตดวงจรเช่า ดังภาพที่ 57



ภาพที่ 57 แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนคอนสานวิทยาคม

จากภาพที่ 57 จะเห็นได้ว่ามีการใช้งานทราฟฟิกอย่างไม่เป็นระบบระเบียบ โดยมีการใช้งานโปรโตคอลบิตเทอร์เรนที่ ถึง 25.2 เปอร์เซ็นต์, โปรโตคอลเอชทีทีพี 59.9 เปอร์เซ็นต์, โปรโตคอลดีเอ็นเอส 1.2 เปอร์เซ็นต์ และโปรโตคอลอื่นๆ 5.7 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากถ้ายังไม่ทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ทราฟฟิกไหนมาก่อนก็จะมีสิทธิ์ได้ไปก่อน แต่เนื่องจากทางโรงเรียนมุ่งเน้นให้อาจารย์และนักเรียนใช้งานอินเทอร์เน็ตตรงจรรยาบรรณในเรื่องของการหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งโปรโตคอลการใช้งานออกเป็นกลุ่มดังนี้

1.1 ชั้นแพ็คเกจโกลด์ จะจัดเตรียมให้โปรโตคอลเอชทีทีพีเนื่องจากการหาข้อมูลผ่านเว็บไซต์ทั่วไปจะหาผ่านทางโปรโตคอลเอชทีทีพีเป็นหลัก จึงจัดให้อยู่ในกลุ่มที่มีความสำคัญที่สุด

1.2 ชั้นแพ็คเกจซิลเวอร์ จะจัดเตรียมให้โปรโตคอลดีเอ็นเอสเนื่องจากการเรียกหาชื่อโดเมน (Domain Name) ตามเว็บไซต์ต่างๆ จะต้องไปเรียกถามจากโปรโตคอลดีเอ็นเอส

1.3 ชั้นแพ็คเกจบรอนซ์ จะจัดเตรียมให้โปรโตคอลบิตเทอร์เรนที่เนื่องจากทางโรงเรียนมีความต้องการให้มีการใช้งานโปรโตคอลบิตเทอร์เรนที่ให้น้อยที่สุด เพราะว่าจะไปทำการแย่งแบนด์วิดธ์การใช้งานของโปรโตคอลอื่นๆ

1.4 ชั้นทั่วไป จะจัดเตรียมให้โปรโตคอลที่อยู่นอกเหนือจาก 3 กลุ่มที่กล่าว

จากผลการวิจัยจะเห็นว่าโปรโตคอลเอชทีทีพีที่ถูกกำหนดให้มีความสำคัญสูงสุดมีปริมาณการใช้แบนด์วิดธ์สูงสุด 93.4 เปอร์เซ็นต์รองลงมาก็จะเป็นโปรโตคอลอื่นๆที่อยู่ในชั้นทั่วไป 4.5 เปอร์เซ็นต์และโปรโตคอลดีเอ็นเอส 2.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 58

Pipe 2153-ConsanSchool ... - Most Active Protocols



ภาพที่ 58 แสดงปริมาณการใช้งานทราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลหลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนคอนสานวิทยาคม

ในส่วนของอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกและเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 9 โดยอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกจะเปรียบเทียบกันต่อสัปดาห์ ส่วนเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลจะอ้างอิงจากเว็บไซต์ www.google.com

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบอัตราการตัดทิ้งและเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนคอนสานวิทยาคม

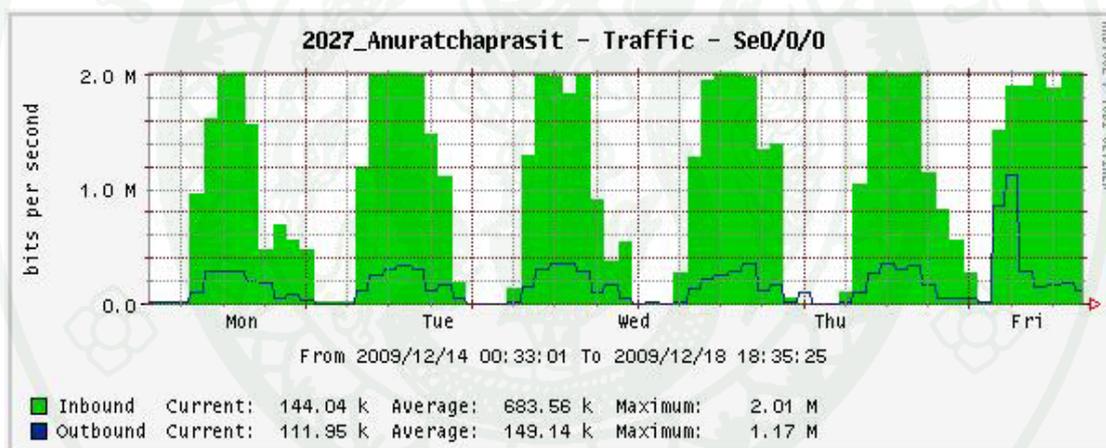
ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		การลดลง (%)	
	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
อัตราการตัดทิ้ง (packet/sec)	0.05668	2.53	0.000599	0.03329	98.94	98.68
เวลาของการตอบกลับ (ms)	384	584	73	108	80.98	81.51

จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกเฉลี่ยลดลงจาก 0.05668 แพ็คเก็ตต่อวินาที เหลือ 0.000599 แพ็คเก็ตต่อวินาที ลดลง 98.94 เปอร์เซ็นต์ ค่าสูงสุดลดลงจาก 2.53 แพ็คเก็ตต่อวินาที

ต่อวินาที เหลือ 33.29 มิลลิแพ็คเก็ตต่อวินาที ลดลง 98.68 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลเฉลี่ยลดลงจาก 384 มิลลิวินาที เหลือ 73 มิลลิวินาที ลดลง 80.98 เปอร์เซ็นต์ ค่าสูงสุดลดลงจาก 584 มิลลิวินาที เหลือ 108 มิลลิวินาที ลดลง 81.51 เปอร์เซ็นต์

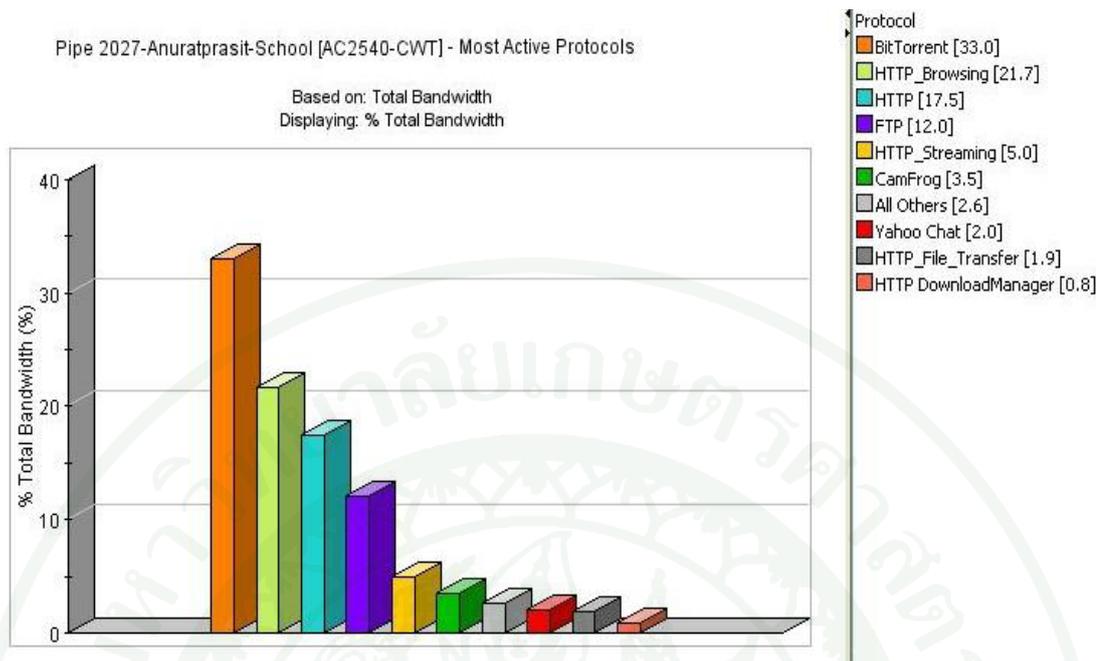
2. อินเทอร์เน็ตวงจรเช่าวงจรที่ 2

อินเทอร์เน็ตวงจรเช่าวงจรที่ 2 ในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตวงจรเช่า กับองค์กรที่เป็นสถาบันการศึกษา คือ โรงเรียนอนุราชประสิทธิ์ จ.นนทบุรี โดยขอใช้บริการแบนด์วิดท์ที่ 2 Mbps กับบริษัท ทีไอที จำกัด (มหาชน) เนื่องจากมีการใช้งานแบนด์วิดท์ในปริมาณที่คับคั่งตลอดเวลา ดังภาพที่ 59



ภาพที่ 59 แสดงปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ของโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์

โดยผู้วิจัยทำการทดลองในอัตราส่วนของแบนด์วิดท์ 1 : 1 (2 Mbps) จากโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์ ไปจนถึง ชุมทางของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต โดยพฤติกรรมการใช้งานทราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลของโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์ก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตวงจรเช่า ดังภาพที่ 60



ภาพที่ 60 แสดงปริมาณการใช้งานทราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์

จากภาพที่ 60 จะเห็นได้ว่าการใช้งานทราฟฟิกอย่างไม่เป็นระบบระเบียบ โดยมีการใช้งานโปรโตคอลบิตเทอร์เรนท์ ถึง 33.0 เปอร์เซ็นต์, โปรโตคอลเอชทีทีพี 46.9 เปอร์เซ็นต์, โปรโตคอลเอฟทีพี 12.0 เปอร์เซ็นต์ และโปรโตคอลอื่นๆ 8.1 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากถ้ายังไม่ทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ทราฟฟิกไหลมาก่อนที่จะมีสิทธิ์ได้ไปก่อน แต่เนื่องจากทางโรงเรียนมุ่งเน้นให้อาจารย์และนักเรียนใช้งานอินเทอร์เน็ตจริงเขาในเรื่องของการหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ดังนั้นและใช้โปรโตคอลเอฟทีพีในการถ่ายโอนข้อมูล ผู้วิจัยจึงแบ่งโปรโตคอลการใช้งานออกเป็นกลุ่มดังนี้

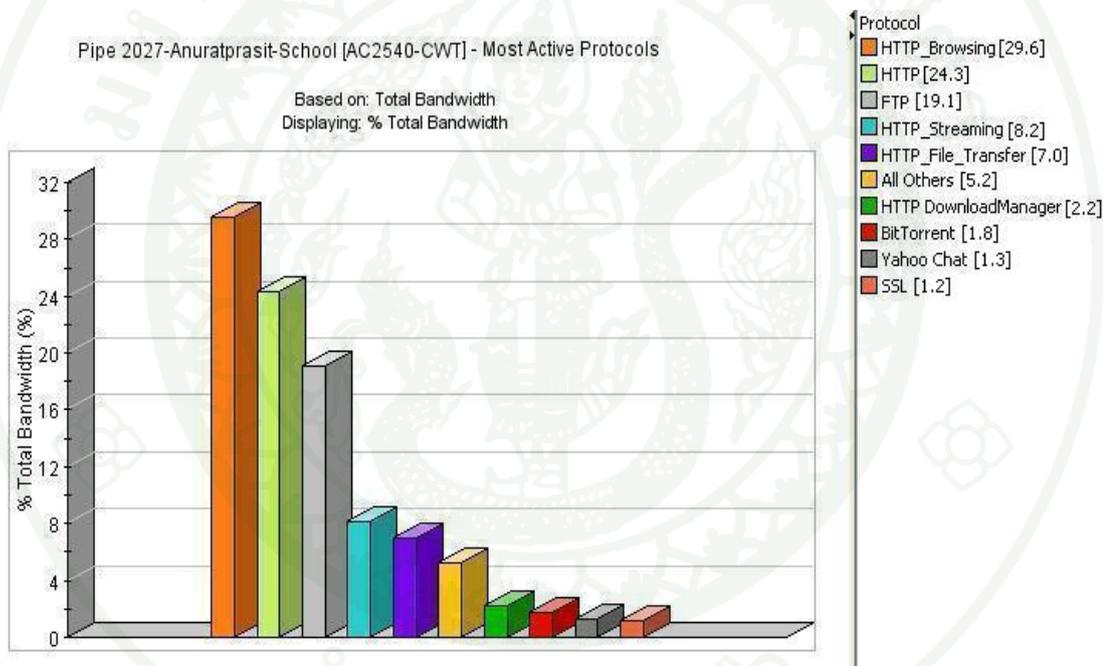
2.1 ชั้นแพ็คเก็ตโกลด์ จะจัดเตรียมให้โปรโตคอลเอชทีทีพีเนื่องจากการหาข้อมูลผ่านเว็บไซต์ทั่วไปจะหาผ่านทางโปรโตคอลเอชทีทีพีเป็นหลัก จึงจัดให้อยู่ในกลุ่มที่มีความสำคัญที่สุด

2.2 ชั้นแพ็คเก็ตซิลเวอร์ จะจัดเตรียมให้โปรโตคอลเอฟทีพีเนื่องจากทางโรงเรียนมีการใช้งานโปรโตคอลเอฟทีพีในการถ่ายโอนข้อมูลจำนวนหนึ่งกับโรงเรียนในเครือข่าย

2.3 ชั้นแพ็คเกจบรอดแบนด์ จะจัดเตรียมให้โปรโตคอลบิตเทอร์เรนท์เนื่องจากทางโรงเรียนมีความต้องการให้มีการใช้งานโปรโตคอลบิตเทอร์เรนท์ให้น้อยที่สุด เพราะว่าจะไปทำการแย่งแบนด์วิดธ์การใช้งานของโปรโตคอลอื่นๆ

2.4 ชั้นทั่วไป จะจัดเตรียมให้โปรโตคอลที่อยู่นอกเหนือจาก 3 กลุ่มที่กล่าว

จากผลการวิจัยจะเห็นว่าโปรโตคอลเอชทีทีพีที่ถูกกำหนดให้มีความสำคัญสูงสุดมีปริมาณการใช้แบนด์วิดธ์สูงที่สุด 71.3 เปอร์เซ็นต์รองลงมาก็จะเป็นโปรโตคอลเอฟทีพี 19.1 เปอร์เซ็นต์ และโปรโตคอลอื่นๆที่อยู่ในชั้นทั่วไป 9.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 61



ภาพที่ 61 แสดงปริมาณการใช้งานกราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลหลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์

ในส่วนของอัตราการตัดทิ้งของกราฟฟิกและเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 10 โดยอัตราการตัดทิ้งของกราฟฟิกจะเปรียบเทียบกับต้นตอสำเนา ส่วนเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลจะอ้างอิงจากเว็บไซต์ www.google.com

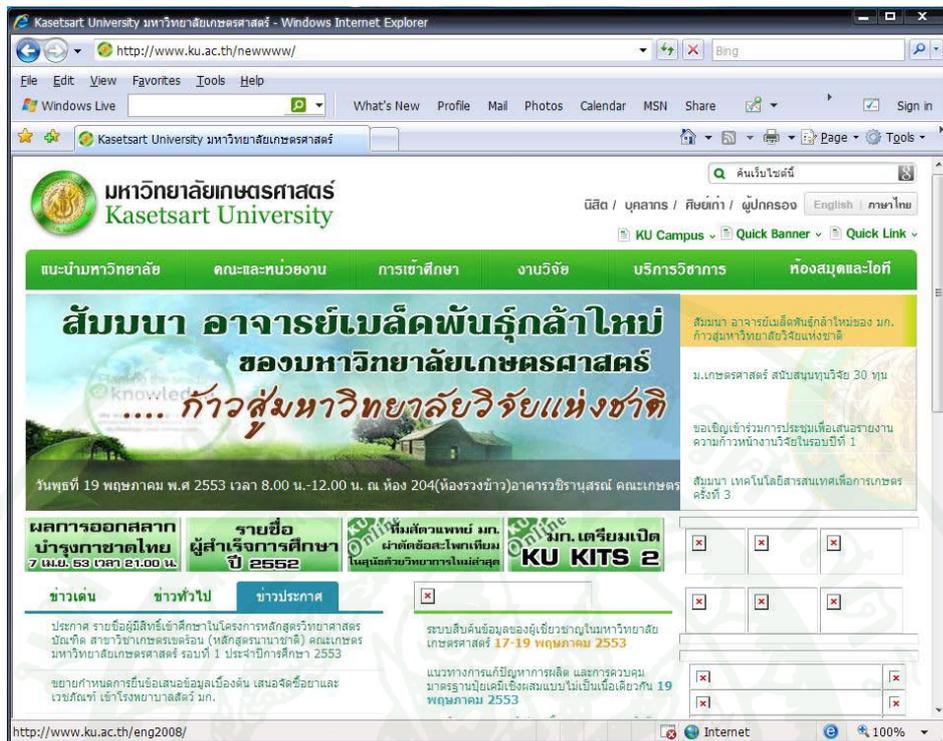
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบอัตราการตัดทิ้งและเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของโรงเรียนอนุราชประสิทธิ์

ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		การลดลง (%)	
	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
อัตราการตัดทิ้ง (packet/sec)	0.47	5.54	0.0231	0.08473	95.08	98.47
เวลาของการตอบกลับ (ms)	354	544	82	131	76.84	75.92

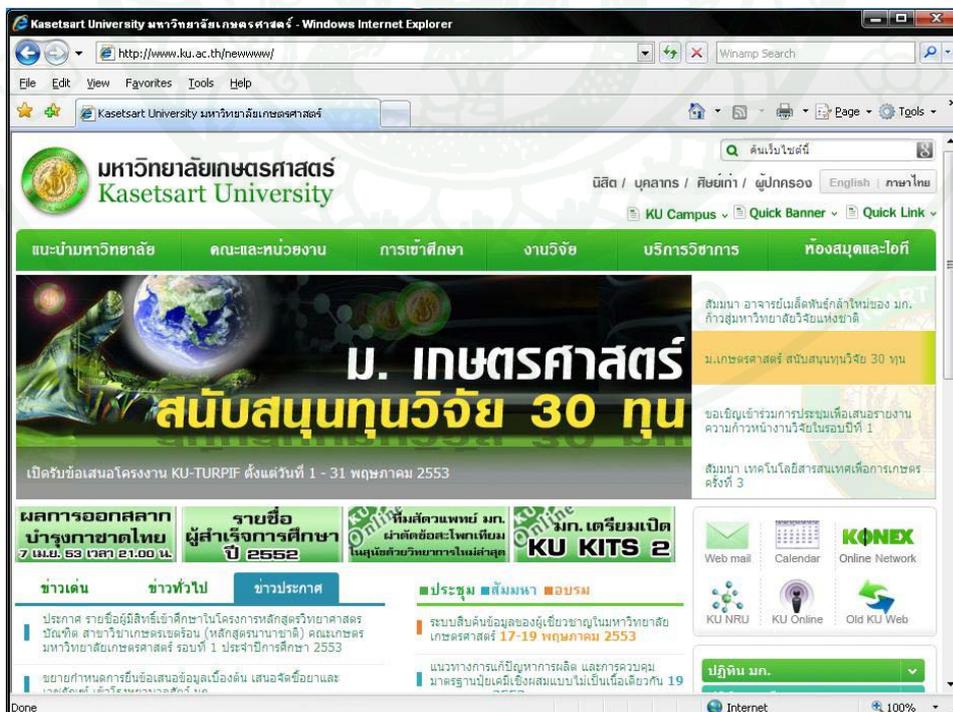
จากตารางที่ 10 จะเห็นได้้อัตราการตัดทิ้งของกราฟฟิกเฉลี่ยลดลงจาก 0.47 แพ็คเก็ตต่อวินาที เหลือ 0.02310 แพ็คเก็ตต่อวินาที ลดลง 95.08 เปอร์เซ็นต์ ค่าสูงสุดลดลงจาก 5.54 แพ็คเก็ตต่อวินาที เหลือ 0.08473 แพ็คเก็ตต่อวินาที ลดลง 98.47 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลเฉลี่ยลดลงจาก 354 มิลลิวินาที เหลือ 82 มิลลิวินาที ลดลง 76.84 เปอร์เซ็นต์ ค่าสูงสุดลดลงจาก 544 มิลลิวินาที เหลือ 131 มิลลิวินาที ลดลง 75.92 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองอินเทอร์เน็ตจริงเข้าทั้งสองวงจร จะเน้นในเรื่องของการใช้งาน โพรโตคอลเอชทีทีพีเพื่อใช้ในการเปิดเว็บไซต์ในการหาข้อมูลต่างๆ โดยอินเทอร์เน็ตจริงเข้าทั้งสองวงจรมี อัตราการตัดทิ้งที่ลดลง ซึ่งอัตราการตัดทิ้งที่ลดลงนี้จะมีผลทำให้ได้ข้อมูลจาก การเปิดเว็บไซต์ต่างๆ ที่ครบถ้วน ถ้ามีอัตราการตัดทิ้งที่สูง โอกาสที่จะได้ข้อมูลจาก การเปิดเว็บไซต์ต่างๆ ที่ครบถ้วนก็จะน้อยลงด้วย เช่น ในงานวิจัยนี้จะ ทำการให้อินเทอร์เน็ตจริงเข้าทั้งสองวงจรเปิดเว็บไซต์ www.ku.ac.th เปรียบเทียบกันก่อนและหลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ดังภาพที่ 62 และ 63

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ก่อนทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการจะได้ข้อมูลภาพในการเปิดเว็บไซต์ไม่ครบ แต่ หลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการจะได้ข้อมูลภาพในการเปิดเว็บไซต์ครบถ้วน



ภาพที่ 62 แสดงข้อมูลภาพจากเว็บไซต์ก่อนทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ



ภาพที่ 63 แสดงข้อมูลภาพจากเว็บไซต์หลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

วิจารณ์

จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า เราสามารถใช้อุปกรณ์จัดเส้นทางกราฟิกที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการใช้งานในกราฟิกของโปรโตคอลที่มีความสำคัญสูงกว่าให้มากขึ้น ลดอัตราการตัดทิ้งของกราฟิกและลดเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลลงได้จริง แต่ในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์กในงานวิจัยนี้นอกจากจะสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้กราฟิกได้อย่างเต็มประสิทธิภาพไปแล้ว ก็ยังมีข้อเสียในบางเรื่องที่ต้องปรับปรุงและมีแนวทางที่ควรทำเพิ่มเติมในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตเนตเวิร์ก ดังนี้

1. กระบวนการทำงานของซีพียูที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง

จากผลการทดลองดังกล่าวในข้างต้นในเรื่องของกระบวนการทำงานของซีพียูที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง เมื่อทำการเปรียบเทียบก่อนทำ หลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ และการใช้การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งของกราฟิกมาช่วยเพิ่มเติม ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบกระบวนการทำงานของซีพียูที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง

ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	การใช้การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งเพิ่มเติม
เปอร์เซ็นต์การทำงานของซีพียู	2	5	11

ในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ เมื่อมีกระบวนการทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้น ก็จะทำให้กระบวนการทำงานของซีพียูที่อุปกรณ์จัดเส้นทางสูงมากยิ่งขึ้น เนื่องจากอุปกรณ์จัดเส้นทางจะต้องทำการประมวลผลมากขึ้น ดังเช่นการเปรียบเทียบในตารางที่ 11 จะเห็นว่าเมื่อไม่มีการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ โดยให้อุปกรณ์จัดเส้นทางใช้ค่าพื้นฐานช่วยในเลือกเส้นทาง

และรับส่งข้อมูล ซึ่งมี เปอร์เซ็นต์การทำงานของซีพียูเพียงแค่ 2 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ โดยทำการการจำแนกกราฟฟิค ทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต กำหนดแบนด์วิดท์ให้แต่ละ โปรโตคอล และทำการจัดคิวให้กับกราฟฟิคการใช้งานในเบื้องต้น ซึ่งจะมี เปอร์เซ็นต์การทำงานของซีพียูสูงขึ้นเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ และใช้การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งเพิ่มเติมในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ซึ่งเป็นวิธีที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การทำงานของซีพียูสูงขึ้นถึง 11 เปอร์เซ็นต์ ถ้ามีความซับซ้อนสูงขึ้นอีก อาจจะทำให้การทำงานของซีพียูสูงจน อุปกรณ์จัดเส้นทางไม่สามารถทำงานได้ เพราะฉะนั้นในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการควรระวังในข้อนี้ด้วย

2. การวิเคราะห์หาสาเหตุและแก้ไข้ปัญหา

ในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ เมื่อต้องการทำให้กราฟฟิคการใช้งานอินเทอร์เน็ตดวงจรเข้ามีการใช้งานเต็มประสิทธิภาพ ก็จะทำให้การบริหารจัดการที่ อุปกรณ์จัดเส้นทางมีความซับซ้อนสูงมากขึ้น ในการบริหารจัดการกราฟฟิคที่อุปกรณ์จัดเส้นทางที่มีความซับซ้อนสูงๆ จะเป็นผลให้การวิเคราะห์หาสาเหตุและแก้ไข้ปัญหาทำได้ยากยิ่งขึ้น ถ้าทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการในเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนสูงด้วย ก็ยังทำให้การวิเคราะห์หาสาเหตุและแก้ไข้ปัญหาทำได้ยากอีกเป็นหลายเท่า เพราะฉะนั้นในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการควรจะศึกษาในเรื่องของการวางระบบในเครือข่าย และการใช้งานกราฟฟิคต่างๆของแต่ละองค์กรให้ชัดเจนก่อนที่จะทำการวางแผนและทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้เสนอแนวทางในการบริหารงานแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดของ ทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรเช่า โดยทำการใช้อุปกรณ์จัดเส้นทางทราฟฟิกที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากผลการทดลองในหัวข้อผลและวิจารณ์ในงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่าแนวทางดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มอัตราการใช้งานในทราฟฟิกของโปรโตคอลที่มีความสำคัญสูงกว่าให้มากขึ้น ลดอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกเฉลี่ยลง ลดเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลลง และสามารถลดค่าใช้จ่ายขององค์กรที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของงานอินเทอร์เน็ตวงจรเช่าในรูปแบบต่างๆ เนื่องจากสามารถบริหารงานแบนด์วิดท์ที่อุปกรณ์จัดเส้นทางที่มีอยู่ได้ โดยมีรายละเอียดของผลการวิจัยดังนี้

1. การศึกษาพฤติกรรมการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรเช่า

การศึกษาพฤติกรรมการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรเช่าในงานวิจัยนี้จากบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตวงจรเช่า คือ บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ซึ่งอ้างอิงจากผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตวงจรเช่าจำนวนทั้งหมด 589 ราย เฉลี่ยใน 1 เดือน พบว่าปริมาณการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรเช่าภายในประเทศสูงกว่าทราฟฟิกต่างประเทศประมาณ 2 เท่า และโปรโตคอลการใช้งานต่างๆ ถูกใช้งานอย่างไม่มีระบบระเบียบ

2. การจำแนกทราฟฟิก

การจำแนกทราฟฟิกจะใช้เทคนิคในการทำ บัญชีควบคุมการเข้าในการควบคุมไอพีแอดเดรสต้นทาง ไอพีแอดเดรสปลายทาง และพอร์ตต่างๆในแต่ละโปรโตคอลมาช่วย ในการจำแนกทราฟฟิก

3. การทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต

การทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ต แพ็คเก็ตแต่ละโปรโตคอลจะทำงาน แบบพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อในแต่ละรูปแบบ โดยแพ็คเก็ตที่มีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการสูง แพ็คเก็ตนั้นก็จะมีความสำคัญสูงและจะถูกส่งผ่านไปยังปลายทางสูง ส่วนแพ็คเก็ตใดมีค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการต่ำ แพ็คเก็ตนั้นก็จะมีความสำคัญต่ำและจะถูกส่งผ่านไปยังปลายทางต่ำลง

4. การจัดการความคับคั่งของทราฟฟิก

การจัดการความคับคั่งของทราฟฟิกจะทำการจัดคิวให้กับทราฟฟิกที่ไหลเข้ามาและทำการกำหนดแบนด์วิดธ์การไหลงานทราฟฟิกในแต่ละกลุ่มอย่างชัดเจน โดยจะใช้เทคนิคการเข้าคิวแบบจำแนกชั้นผสมกับการเข้าคิวแบบเสมอภาคตามค่าน้ำหนัก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถช่วยลดอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกเฉลี่ยลง 68.31 เปอร์เซ็นต์ และลดเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลลง 66.67 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเพิ่มอัตราการใช้งานในทราฟฟิกของโปรโตคอลที่มีความสำคัญสูงกว่าเดิมมากขึ้น

5. การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งของทราฟฟิก

การหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่งของทราฟฟิกจะทำงานก็ต่อเมื่อมีการชนกันของข้อมูลหรือแพ็คเก็ตที่จะส่ง อุปกรณ์จัดเส้นทางก็จะทำการสุ่มตัดแพ็คเก็ตทิ้งบางส่วนออกก่อนที่คิวจะเต็มที่ซอฟต์แวร์คิว ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการสุ่มป้องกันแต่เริ่มแรกโดยเฉลี่ยน้ำหนัก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงสามารถช่วยลดอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกเฉลี่ยลงอีก 10.92 เปอร์เซ็นต์

6. การควบคุมทราฟฟิก

การควบคุมทราฟฟิกในงานวิจัยนี้ จะทำการกำหนดแบนด์วิดท์แบ่งตามชั้นที่ถูก
จำแนกทราฟฟิกส่วนที่เกินกว่าที่กำหนดไว้จะถูกตัดทิ้งทันที

7. การควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลา

การควบคุมแบนด์วิดท์แบบตั้งเวลา ในงานวิจัยนี้ จะใช้เทคนิคการทำบัญชีควบคุมการ
เข้าควบคุมกับโปรโตคอลเอ็นทีพีและการควบคุมทราฟฟิก โดยขนาดแบนด์วิดท์การใช้งานจะ
เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่กำหนด

8. การทดสอบกับวงจรทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรเช่าที่มีการใช้งานจริง

ทำการทดลองปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตวงจรเช่ากับองค์กรที่เป็น
สถาบันการศึกษา คือ โรงเรียนคอนสานวิทยาคม จ.ชัยภูมิ (512 Kbps) อัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิก
เฉลี่ยลดลง 98.68 เปอร์เซ็นต์ เวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลเฉลี่ยลดลง 80.98 เปอร์เซ็นต์
และ โรงเรียนอนุราชประสิทธิ์ จ.นนทบุรี (2 Mbps) อัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกเฉลี่ยลดลง 95.08
เปอร์เซ็นต์ เวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลเฉลี่ยลดลง 76.84 เปอร์เซ็นต์ ส่วนทราฟฟิก
โปรโตคอลต่างๆ จะมีปริมาณการใช้งานสูงขึ้นหรือลดลงตามความสำคัญที่กำหนด

ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตของเนตเวิร์กของเราในงานวิจัยนี้ ยังมีส่วนที่สามารถนำวิธีการหรือเทคนิคอื่นๆ มาเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการได้อีกหลายวิธี และยังมีข้อควรระวังที่จะเกิดขึ้น ดังนี้

วิธีการหรือเทคนิคอื่นๆ

1. ทำการเพิ่มขึ้นในการจำแนกกราฟฟิคให้มากขึ้น เพื่อทำให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้นในกรณีที่ต้องกรมีขนาดใหญ่มากยิ่งขึ้นและมีโปรโตคอลการใช้งานเพิ่มขึ้น
2. ใช้วิธีการ บีบอัดข้อมูลมาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตของเนตเวิร์กของเรา
3. ใช้วิธีการนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของโปรโตคอลจัดเส้นทางมาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตของเนตเวิร์กของเรา เช่น ค่าพารามิเตอร์ในโปรโตคอล จัดเส้นทาง บีจีพี เป็นต้น

ข้อควรระวัง

1. การปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตของเนตเวิร์กของเรา ที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง ถ้ามีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น จะทำให้กระบวนการทำงานของซีพียูสูงขึ้น จนอาจทำให้การทำงานของอุปกรณ์จัดเส้นทางเกิดการแปรปรวนขึ้น
2. การปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตของเนตเวิร์กของเรา ที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง ถ้ามีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดปัญหาในเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่เกิดขึ้น จะทำให้การหาสาเหตุและการแก้ปัญหาต่างๆ ทำได้ยากยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เอกสิทธิ์ วิริยจรี. 2548. **เรียนรู้ระบบเน็ตเวิร์กจากอุปกรณ์ของ Cisco ภาคปฏิบัติ**. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

จตุชัย แพงจันทร์ และอนุโชต วุฒิพรพงษ์. 2551. **เจาะระบบ Network**. 2nd Edition. บริษัท ไอดีซี จำกัด, นนทบุรี.

สุรศักดิ์ สงวนพงศ์, 2543, **สถาปัตยกรรมและโปรโตคอลทีซีพี/ไอพี**. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

Cisco Systems, Inc. 2006. **Implementing Cisco Quality of Service**. Version 2.2. Cisco Systems, Inc, Singapore. (Mimeographed).

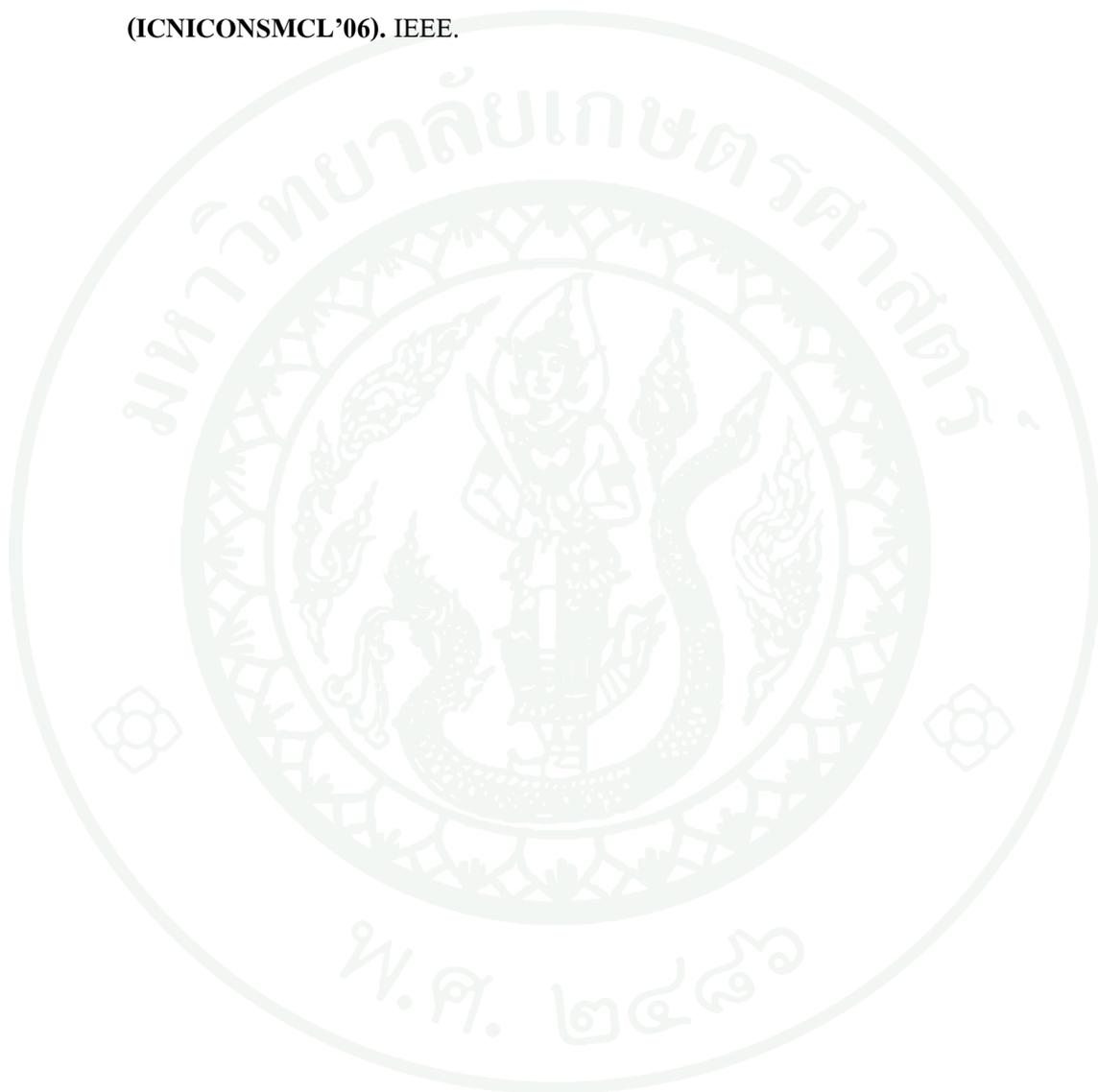
_____. **Building Scalable Cisco Internetworks**. Version 3.0. Cisco Systems, Inc, Singapore. (Mimeographed).

_____. 2005. **Configuring BGP on Cisco Routers**. Version 3.2. Cisco Systems, Inc, Singapore. (Mimeographed).

_____. 2004. **Implementing Cisco MPLS**. Version 2.1. Cisco Systems, Inc, Singapore. (Mimeographed).

Eugene, N.G., and Attahiru, S.A. 2007. Optimizing Bandwidth Allocation of Different Traffic Classes for Traffic Between an ISP and a Future Home Area Network, pp. 442-446. **Proceedings of the Third Advanced International Conference on Telecommunications (AICT'07)**, IEEE.

Ryu, M.S., Park, H.S. and Shin, S.C. 2006. QoS class mapping over heterogeneous networks using Application Service Map, pp. 128-131. **Proceedings of the International Conference on Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies (ICNICONSMCL'06)**. IEEE.







เราเตอร์ซิสโก้ตระกูล 2800

เราเตอร์ซิสโก้ตระกูล 2800 (P/N: CISCO2801, CISCO2811, CISCO2821, CISCO2851) เป็นโซลูชันการทำเราต์ติ้งในระดับองค์กรและในหน่วยธุรกิจตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดกลางที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยเฉพาะสายผลิตภัณฑ์ใหม่ของเราเตอร์ที่มีการอินทิเกรตบริการต่างๆ ไว้อย่างครบครัน จึงให้ความปลอดภัยสูงสุด สามารถรับส่งข้อมูล รวมถึงข้อมูลเสียงและข้อมูลภาพผ่านทางสายความเร็วสูงได้ในเวลาเดียวกัน ทำให้เราเตอร์โมดูล ซิสโก้ตระกูล 2800 สามารถอินทิเกรตข้อมูล ระบบความปลอดภัยและข้อมูลเสียงเข้าไว้ด้วยกันภายในอุปกรณ์เพียงตัวเดียวได้อย่างชาญฉลาด ประกอบด้วยระบบที่ยืดหยุ่นซึ่งจะช่วยให้แอปพลิเคชันที่สำคัญในงานธุรกิจ สามารถปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วและเที่ยงตรง สำหรับโครงสร้างของ ซิสโก้ตระกูล 2800 ได้รับการออกแบบมาเพื่อช่วยให้การทำธุรกิจของคุณดำเนินไปได้อย่างฉับไวและยังช่วยคุ้มครองการลงทุนอีกด้วย

ซิสโก้ตระกูล 2800 ประกอบด้วย 4 แพลตฟอร์ม ได้แก่ Cisco2801, Cisco 2811, Cisco 2821 และ Cisco2851 สำหรับ Cisco 2800 Series นั้นได้มีเปรียบเทียบกับเราเตอร์ของซิสโก้ในเจนเนอเรชันก่อนหน้าที่มีราคาใกล้เคียงกัน โดยได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานให้เพิ่มสูงขึ้นถึง 5 เท่า รวมถึงเพิ่มความสามารถของระบบความปลอดภัยและระบบเสียงให้สูงขึ้นถึง 10 เท่า และยังมีติดตั้งอพชั่นเสริมด้านการให้บริการ และเพิ่มประสิทธิภาพของสล็อตและความหนาแน่นขึ้นอีกเป็นอย่างมาก และยังสนับสนุนการบำรุงรักษาให้กับโมดูลกว่า 90 รายการที่ยังคงมีใช้งานอยู่ในทุกวันนี้ไม่ว่าจะเป็น Cisco1700, Cisco2600 และ Cisco3700 Series

ซิสโก้ตระกูล 2800 สามารถให้บริการคุณภาพสูงจำนวนมากภายในเวลาเดียวกันด้วยความเร็วระดับ Wire Speed ไปยังการเชื่อมต่อที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็น T1/E1/xDSL นอกจากนี้เราเตอร์นี้ยังมีการติดตั้งตัวเร่งการเข้ารหัสและบนแผงหลักยังประกอบด้วยสล็อตระบบเสียง Digital Signal Processor รวมถึงระบบการป้องกันการบุกรุก (IPS) และฟังก์ชันไฟร์วอลล์ พร้อมด้วยอพชั่นเสริมการอินทิเกรตกระบวนการเรียกเข้าและสนับสนุนระบบเสียงเรียก รวมถึงอินเทอร์เน็ตเฟช ความจุสูงเพื่อรองรับความต้องการการเชื่อมต่อที่หลากหลาย และสล็อตที่มีความหนาแน่นและประสิทธิภาพที่เพียงพอต่อการขยายตัวของระบบเครือข่ายและแอปพลิเคชันขั้นสูงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

จุดเด่นผลิตภัณฑ์

1. ประกอบด้วย 4 แพลตฟอร์มใหม่ ได้แก่ Cisco 2801, Cisco 2811, Cisco 2821 และ Cisco 2851 สำหรับซีรีส์ไอทีตระกูล 2800
2. ประกอบด้วยสล็อตการเชื่อมต่อมากมายหลากหลายประเภทเพื่อรองรับการขยายตัวในอนาคต
3. มาพร้อมด้วยมาตรฐานที่มีการติดตั้งตัวเร่งการเข้ารหัสลับ ซึ่งเมื่อรวมกันเข้ากับซอฟต์แวร์ซอฟต์แวร์ Cisco IOS จะให้บริการการรักษาความปลอดภัยแบบ WAN และ VPN
4. มีการเพิ่มหน่วยความจำ โดย Cisco 2801 มีหน่วยความจำแฟลช 64 MB และ 128 MB DRAM Cisco 2811 และ Cisco 2851 มีหน่วยความจำแฟลช 64 MB และ 256 MB DRAM



ภาพผนวกที่ 1 แสดงอุปกรณ์ซีรีส์ไอทีตระกูล 2800

ตารางผนวกที่ ก1 ลักษณะเฉพาะเบื้องต้นของอุปกรณ์ซีเอสไอทีตระกูล 2800

Cisco 2800 Series	Cisco 2801	Cisco 2811	Cisco 2821
DRAM	Default: 128 MB Maximum: 384 MB	Default: 256 MB Maximum: 760 MB	Default: 256 MB Maximum: 1 GB
Compact Flash	Default: 64 MB Maximum: 128 MB	Default: 64 MB Maximum: 256 MB	Default: 64 MB Maximum: 256 MB
Fixed USB 1.1 ports	1	2	2
Onboard LAN ports	2-10/100	2-10/100	2-10/100/1000
Interface card slots	4 slots; 2 slots support HWIC, WIC, VIC, or VWIC type modules 1 slot supports WIC, VIC	4 slots, each slot can support HWIC, WIC, VIC, or VWIC type modules	4 slots, each slot can support HWIC, WIC, VIC, or VWIC type modules
Network-module slot	No	1 slot, supports NM and NME type modules	1 slot, supports NM, NME and NME-X type modules
Rack mounting	Yes, 19-inch	Yes, 19- and 23-in. options	Yes, 19- and 23-in. options
Dimensions (H x W x D)	1.72 x 17.5 x 16.5 in. (43.7 x 445 x 419 mm)	1.75 x 17.25 x 16.4 in. (44.5 x 438.2 x 416.6 mm)	3.5 x 17.25 x 16.4 in. (88.9 x 438.2 x 416.6 mm)
Rack height	1 rack unit (1RU)	1 rack unit (1RU)	RU
Weight (fully configured)	13.7 lb (6.2 kg)	14 lb (6.4 kg)	25 lb (11.4 kg)

ตารางผนวกที่ ก2 ลักษณะเฉพาะเบื้องต้นของอุปกรณ์ซีสโก้รุ่น 2851

Function	Detail
Product Name	2851 with DC Power 2GE 4HWIC 3PVDM 1NME-XD 2AIM Ip Base 64F/256D
Number of Ports	2
Expansion Slots	(1 Total) NME , (1 Total) EVM, (4 Total) Expansion Slot, (3 Total) PVDM ,(2 Total) AIM
Dimensions	3.5" Height x 17.25" Width x 16.4" Depth
Interfaces/Ports	2 x RJ-45 10/100/1000Base-T 10/100/1000Base-T LAN, 1 x Console Management, 1 x Auxiliary Management, 2 x USB
Management	- Cisco Router and Security Device Manager (SDM) - Simple Network Management Protocol (SNMP)
Operating System	Cisco 2800 IOS IP BASE
Flash Memory	64 MB
Input Current	12A @ 24V DC, 5A @ 60V DC
Maximum Memory	1GB
Protocols	TCP/IP, SNMP
Temperature	32 F (0.0 C) to 104 F (40.0 C) Operating -4 F (-20.0 C) to 149 F (65.0 C) Non-operating
Thermal Dissipation	1024 BTU/h
Standard Memory	256MB
Memory Technology	DRAM
Input Voltage Range	24V DC to 60V DC
Additional Information	Each slot can support HWIC, WIC, VIC, or VWIC type modules
System Requirements	Minimum Cisco IOS Software release: 12.3(8)T

รายละเอียดเพิ่มเติมของลักษณะเฉพาะและการทำงานต่างๆ ของ เวิร์ดเซิร์ฟเวอร์รุ่น 2800 สามารถดูได้ที่ <http://www.cisco.com/en/US/products/ps5854/index.html> และยังสามารถหา รายละเอียดเพิ่มเติมของลักษณะเฉพาะและการทำงานต่างๆ ของ เวิร์ดเซิร์ฟเวอร์รุ่นอื่นๆ หรือวิธีการ คอนฟิกอุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์และคำสั่งต่างๆ ได้ที่ <http://www.cisco.com>





ภาคผนวก ข

บทความที่ผ่านการนำเสนอการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32 (EECON 32)

การศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรร่วมเพื่อกำหนดแนวทางการ

ปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

A Study and Analysis of Leased Line Internet Traffic Characteristic to Improve Quality of Service

สิริพงศ์ สิทธิไชยนันท์¹ และ มงคล รักษาพัชรวงศ์²

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร จ.กรุงเทพมหานคร 10900 ¹โทรศัพท์ : 0-2574-8504 ต่อ 152 E-mail: siriponi@tot.co.th

²โทรศัพท์ : 0-2942-8555 ต่อ 1531 E-mail: fengmkr@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอแนวทางในการบริหารจัดการแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดของอินเทอร์เน็ตวงจรร่วมที่อุปกรณ์จัดเส้นทางเพื่อปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการให้สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตวงจรร่วมเพื่อทำการกำหนดความสำคัญก่อนหลังของโปรโตคอลที่ใช้งาน เป็นผลให้สามารถใช้งานแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัด ได้อย่างมีประสิทธิภาพจากการกำหนดแนวทางดังกล่าวผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสามารถช่วยเพิ่มอัตราการใช้งานในทราฟฟิกของโปรโตคอลที่มีความสำคัญสูงกว่าให้มากขึ้น ลดอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกให้น้อยลง และลดเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูล

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตวงจรร่วม, อุปกรณ์จัดเส้นทาง, คุณภาพของการให้บริการ

Abstract

This paper presents method to manage the limited bandwidth of leased line internet at router to improve quality of service and transit data through internet network with higher speed and selected priority. Leased line internet traffic characteristics are studied and analyzed to arrange priority of using protocol. The result show the limited bandwidth can be use with higher efficiency. The proposed method can increase protocol traffic rate with the highest priority. Drop rate of traffic and transferring response time will be reduced.

Keywords: leased line internet, router, quality of service

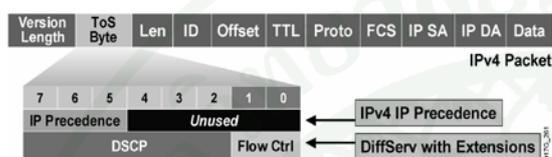
1. บทนำ

การกำหนดแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตมีความจำเป็นอย่างมากเนื่องจากในปัจจุบันนี้มีความต้องการใช้งานอินเทอร์เน็ตวงจรร่วมเป็นจำนวนมากไม่ว่าจะใช้เพื่อทางธุรกิจ ความบันเทิง หรือการเรียนการสอน เป็นต้น ทำให้มีการขอใช้บริการจากผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตเพิ่มมากขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง จึงทำให้แบนด์วิดท์ที่ใช้งานมีปริมาณคับคั่ง และไม่สามารที่จะขยายแบนด์วิดท์ได้โดยง่าย เนื่องจากมีความจำกัดในเรื่องของบิงจ็ต่างๆ เช่น งบประมาณที่มีอยู่ขององค์กร ในสถานะเศรษฐกิจที่ตกต่ำ ณ ปัจจุบัน เป็นต้น ปัญหาต่างๆ เหล่านี้ทำให้ความเร็วในการใช้งานอินเทอร์เน็ตลดลงอย่างมาก มีการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตอย่างช้าๆ แม้เป็นระบบระเบียบ มีอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกสูง และเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลสูงเพิ่มมากขึ้นด้วย

จากปัญหาดังกล่าวทางผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตสามารถใช้อุปกรณ์จัดเส้นทางที่มีการใช้งานอยู่มาใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายขององค์กรที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งานอินเทอร์เน็ตวงจรร่วมในรูปแบบต่างๆ เนื่องจากอุปกรณ์จัดเส้นทางนอกจากจะทำหน้าที่หาเส้นทางที่ดีที่สุดในการส่งแพ็คเก็ตไปยังปลายทางแล้วยังสามารถที่จะทำการจำแนกทราฟฟิกที่ใช้งานของอินเทอร์เน็ตวงจรร่วมในแต่ละโปรโตคอลและกำหนดแบนด์วิดท์การใช้งานออกเป็นกลุ่มๆ ได้โดยอาศัยโมเดล Differentiated Service ขององค์กร IETF (Internet Engineering Task Force) ในการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางในการบริหารงานแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดของอินเทอร์เน็ตวงจรร่วมที่อุปกรณ์จัดเส้นทางเพื่อปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการให้ดียิ่งขึ้น ในสถานะเศรษฐกิจ ณ ปัจจุบัน บทความนี้ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ หัวข้อที่ 2 กล่าวถึงการทำงานของโมเดล Differentiated Service [1] หัวข้อที่ 3 กล่าวถึงแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตวงจรร่วมที่อุปกรณ์จัดเส้นทางที่ใช้ในงานวิจัยนี้ หัวข้อที่ 4 แสดงและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ และหัวข้อที่ 5 สรุปผลการทดลอง

2. การทำงานของโมเดล Differentiated Service

จะทำการแบ่งแยกข้อมูลทราฟฟิกที่เข้ามาไปตามกลุ่มต่าง ๆ แล้วมีการจัดลำดับความสำคัญตามชนิดของกลุ่มวิธีนี้ทำได้โดยการกำหนดรหัสซึ่งใช้ในการแบ่งประเภทการบริการเรียกว่า รหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการ (Differentiated Service Code Point: DSCP) มีขนาดความยาว 6 บิต ไว้ในเขตข้อมูลของประเภทของการบริการ (Type of Service: ToS) ซึ่งอยู่ในส่วนหัวของไอพีที่ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนหัวของไอพี (IP Header)

อุปกรณ์ที่แต่ละจุดเชื่อมต่อเส้นทางในเครือข่าย จะใช้ข้อมูลในส่วนของรหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการซึ่งระบุคุณภาพการบริการที่ต้องการของแพ็คเก็ต โดยจะตรวจสอบและนำค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับตารางที่เก็บไว้ ซึ่งแสดงวิธีการจัดการกับแพ็คเก็ตสำหรับแต่ละค่ารหัสประจำตัวความแตกต่างการบริการ ทำให้สามารถจัดการกับข้อมูลแต่ละแพ็คเก็ตที่เข้ามาโดยคำนึงถึงคุณภาพการบริการด้วย โดยเรียกว่าพฤติกรรมแต่ละช่วงเชื่อมต่อ (Per-Hop Behavior: PHB) สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบดังนี้

1. แบบใช้ค่าพื้นฐาน (Default PHB) เป็นค่าพื้นฐานเบื้องต้น โดยทั่วไปแพ็คเก็ตไอพีจะถูกทำเครื่องหมายด้วยค่า 000000 เพื่อให้ได้บริการที่ดีที่สุด

2. แบบกระสุนไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว (Expedited Forwarding PHB) [2] มีลักษณะการบริการที่มีค่าหน่วงเวลา อัตราการสูญหายของข้อมูล และการเกิดความคลาดเคลื่อนทางเวลา (jitter) ในการส่งแพ็คเก็ตข้อมูลต่ำ รวมทั้งรับประกันแบบคิวการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย

3. แบบเชื่อถือได้ (Assured Forwarding PHB) [3] จะทำการจัดแบ่งแพ็คเก็ตข้อมูลเป็น 4 ประเภทและในแต่ละประเภทจะมีการกำหนดค่าการลำดับการตัดทิ้งแพ็คเก็ต 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ

3. แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

อินเทอร์เน็ตดวงจรเข้าที่อุปกรณ์จัดเส้นทาง

จากการทำงานของโมเดล Differentiated Service สามารถที่จะนำมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตดวงจรเข้าในช่วงเวลาที่แบนด์วิดท์ถูกใช้งานอยู่อย่างคับคั่ง เพื่อเพิ่มการไหลเวียนของทราฟฟิกอยู่ตลอดเวลา โดยพิจารณาจากความสำคัญก่อนหลังของโปรโตคอลที่ใช้งาน โดยผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตดวงจรเข้าที่อุปกรณ์จัดเส้นทางในงานวิจัยนี้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังรูปที่ 2

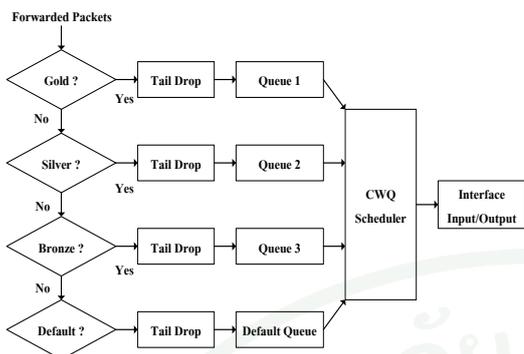


รูปที่ 2 แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตดวงจรเข้าที่อุปกรณ์จัดเส้นทางในงานวิจัยนี้

3.1 การจำแนกทราฟฟิก (Classification) คือ จะทำการจำแนกทราฟฟิกต่างๆ ออกมาในแต่ละกลุ่มโดยจะแบ่งการจำแนกออกเป็น 2 วิธี คือ จำแนกในระดับเลเยอร์ 3 โดยจะใช้โปรโตคอลไอพี และดีเอสซีพีในการจำแนก [4] และจำแนกในระดับเลเยอร์ 4 จะใช้โปรโตคอลทีซีพี และยูดีพีพอร์ตในการจำแนก [4]

3.2 การทำเครื่องหมาย (Marking) คือ จะทำการนำเอาทราฟฟิกที่ถูกจำแนกแล้วมาทำการทำเครื่องหมายให้แพ็คเก็ตในแต่ละกลุ่มเพื่อที่จะระบุความสำคัญก่อนหลังในแต่ละกลุ่ม โดยจะใช้โปรโตคอลดีเอสซีพีในการทำเครื่องหมาย

3.3 การจัดการความคับคั่ง (Congestion Management) คือ จะทำการนำเอาแพ็คเก็ตที่ถูกทำเครื่องหมายแล้ว โดยระบุตามความสำคัญก่อนหลังไว้แล้วมาทำการเข้าคิวตามช่องทางและแบนด์วิดท์ที่ได้ทำการสร้างไว้ โดยถ้ายังไม่มีการจัดคิวให้กับแพ็คเก็ต ก็จะอาศัยหลักการงานแบบทั่วไปที่เรียกว่า First In First Out (FIFO) คือ แพ็คเก็ตไหนมาก่อนก็จะมีสิทธิ์ได้ออกไปก่อน ถ้าเกิดการคิวเต็มเกิดขึ้น แพ็คเก็ตก็จะถูกตัดทิ้ง (Tail Drop) ซึ่งวิธี FIFO นี้จะไม่ให้ความสำคัญก่อนหลังของแพ็คเก็ตที่เข้ามา จึงทำให้ทราฟฟิกของแต่ละโปรโตคอลที่ไหลเข้ามาไม่มีระบบระเบียบ แต่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานแบนด์วิดท์ ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางที่เรียกว่า Class Weighted Queuing (CWQ) คือ การจัดคิวโดยแยกออกมาในแต่ละกลุ่มและให้ค่าน้ำหนัก (ความสำคัญของแพ็คเก็ต) ในแต่ละคิวแตกต่างกันไป โดยผู้วิจัยจะทำการแบ่งออกเป็น 4 คิว คือ Gold Class, Silver Class, Bronze Class และ Default Class ดังรูปที่ 3



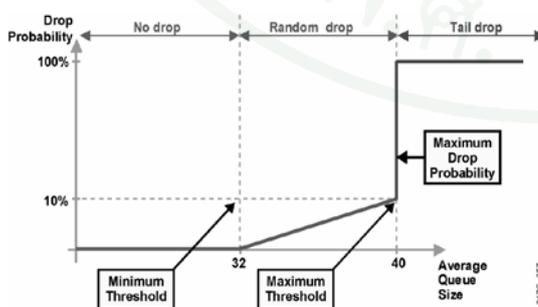
รูปที่ 3 รูปแบบการทำงานของ Class Weighted Queuing (CWQ)

แพ็คเก็ตในคิวที่มีความสำคัญกว่าจะได้ไปก่อน โดยเมื่อเกิดการคิวเต็มเกิดขึ้นในแต่ละคิว แพ็คเก็ตที่เกินมาจะถูกตัดทิ้ง ในส่วนของการบริหารงานแบนด์วิดท์ในแต่ละคิวจะประกอบไปด้วย 2 วิธีดังนี้

- Policing เป็นการกำหนดแบนด์วิดท์ที่สามารถควบคุมทราฟฟิกในส่วนที่เกินจากแบนด์วิดท์ที่กำหนดไว้ว่าเมื่อคิวเต็มจะให้ส่งผ่านหรือตัดแพ็คเก็ตนั้นทิ้ง
- Shaping เป็นการกำหนดแบนด์วิดท์ที่มีการบัฟเฟอร์แพ็คเก็ตในส่วนที่เกินจากแบนด์วิดท์ที่กำหนดไว้แล้วค่อยๆทยอยส่งผ่านแพ็คเก็ตออกมา

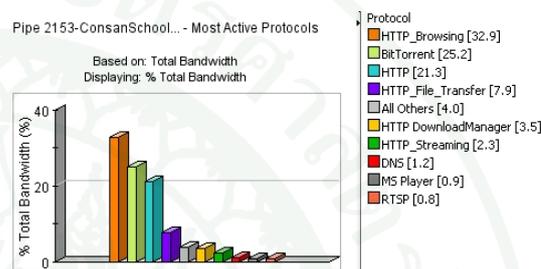
โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ทั้งสองวิธีควบคู่กันไปเพื่อให้เหมาะสมกับทราฟฟิกอินเทอร์เน็ตดวงจรเช่าที่ทำการวิจัย

3.4 การจัดการหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่ง (Congestion Avoidance) คือ เป็นวิธีการที่จะทำการสูมตัดแพ็คเก็ตทิ้งบางส่วนออกก่อนที่จะคิวจะเต็ม โดยจะทำการตั้งค่าเริ่มต้นและค่าสูงสุดในการสูมตัดแพ็คเก็ตทิ้งโดยอ้างอิงจากขนาดของคิวที่กำหนดไว้ ถ้าเกินค่าสูงสุดก็จะตัดแพ็คเก็ตที่เกินมาทิ้ง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนการจัดการหลีกเลี่ยงการเกิดความคับคั่ง งานวิจัยนี้ทำการทดลองปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ต ดวงจรเช่ากับองค์กรที่เป็น

สถานับการศึกษา คือ โรงเรียนคอนสานวิทยาคม จ.ชัยภูมิ โดยขอใช้บริการแบนด์วิดท์ที่ 512 Kbps กับบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) เนื่องจากมีการใช้งานแบนด์วิดท์ในปริมาณที่คับคั่งตลอดเวลา โดยผู้วิจัยทำการทดลองในอัตราส่วนของแบนด์วิดท์ 1 : 1 (512 Kbps) จากโรงเรียนคอนสานวิทยาคมไปจนถึงเครือข่ายของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต โดยพฤติกรรมการใช้งานทราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลของโรงเรียนคอนสานวิทยาคมก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการอินเทอร์เน็ตดวงจรเช่า ดังรูปที่ 5

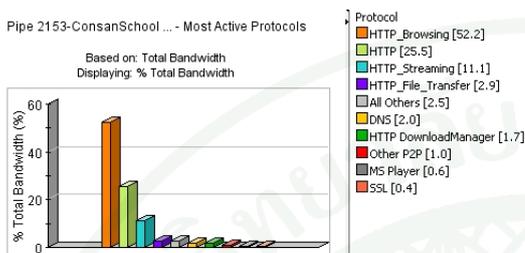


รูปที่ 5 ปริมาณการใช้งานทราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลก่อนที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่ามีการใช้งานทราฟฟิกอย่างไม่เป็นระบบระเบียบ โดยมีการใช้งานโปรโตคอล BitTorrent ถึง 25.2 เปอร์เซ็นต์, HTTP 59.9 เปอร์เซ็นต์, DNS 1.2 เปอร์เซ็นต์ และโปรโตคอลอื่นๆ 5.7 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากถ้ายังไม่ทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ทราฟฟิกไหนมาก่อนก็จะมีสิทธิ์ได้ไปก่อน แต่เนื่องจากทางโรงเรียนมุ่งเน้นให้อาจารย์และนักเรียนใช้งานอินเทอร์เน็ตดวงจรเช่าในเรื่องของการหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งโปรโตคอลการใช้งานออกเป็นกลุ่มดังนี้

- Gold Class จะจัดเตรียมให้ HTTP เนื่องจากในการหาข้อมูลผ่านเว็บไซต์ทั่วไปจะหาผ่านทาง HTTP เป็นหลัก จึงจัดให้อยู่ในกลุ่มที่มีความสำคัญที่สุด
- Silver Class จะจัดเตรียมให้ DNS เนื่องจากในการเรียกหา Domain Name ตามเว็บไซต์ต่างๆ จะต้องไปเรียกถามจาก DNS
- Bronze Class จะจัดเตรียมให้ BitTorrent เนื่องจากทางโรงเรียนมีความต้องการให้มีการใช้งาน BitTorrent ให้น้อยที่สุด เพราะจะไปทำการแย่งแบนด์วิดท์การใช้งานของโปรโตคอลอื่นๆ
- Default Class จะจัดเตรียมให้โปรโตคอลที่อยู่นอกเหนือจาก 3 กลุ่มที่กล่าว

4. ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยจะเห็นว่าโปรโตคอล HTTP ที่ถูกกำหนดให้มีความสำคัญสูงสุดมีปริมาณการใช้แบนด์วิดธ์สูงที่สุด 93.4 เปอร์เซ็นต์รองลงมาจะเป็นโปรโตคอลอื่นๆที่อยู่ใน Default Class 4.5 เปอร์เซ็นต์และโปรโตคอล DNS 2.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ปริมาณการใช้งานทราฟฟิกในแต่ละโปรโตคอลหลังทำการปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ ในส่วนของอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกและเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 โดยอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกจะเปรียบเทียบกับต้นสัปดาห์ ส่วนเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลจะอ้างอิงจากเว็บไซต์ www.google.com

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบอัตราการตัดทิ้งและเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ

ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	อัตราการลดลง (%)
อัตราการตัดทิ้ง avg/max (packet/sec)	56.68 m / 2.53	598.51 u / 33.29 m	98.94 / 98.68
เวลาของการตอบกลับ avg/max (ms)	384 / 584	73 / 108	80.98 / 81.51

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกเฉลี่ยลดลงจาก 56.68 มิลลิแพ็คเก็ตต่อวินาที เหลือ 598.51 ไมโครแพ็คเก็ตต่อวินาที ลดลง 98.94 เปอร์เซ็นต์ ค่าสูงสุดลดลงจาก 2.53 แพ็คเก็ตต่อวินาที เหลือ 33.29 มิลลิแพ็คเก็ตต่อวินาที ลดลง 98.68 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลเฉลี่ยลดลงจาก 384 มิลลิวินาที เหลือ 73 มิลลิวินาที ลดลง 80.98 เปอร์เซ็นต์ ค่าสูงสุดลดลงจาก 584 มิลลิวินาที เหลือ 108 มิลลิวินาที ลดลง 81.51 เปอร์เซ็นต์

5. สรุป

งานวิจัยนี้เสนอแนวทางในการบริหารงานแบนด์วิดธ์ที่มีอยู่อย่างจำกัดของอินเทอร์เน็ตจริงเข้าที่อุปกรณ์จัด

เส้นทางเพื่อปรับปรุงคุณภาพของการให้บริการ โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าแนวทางดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มอัตราการใช้งานในทราฟฟิกของโปรโตคอลที่มีความสำคัญสูงกว่าให้มากขึ้น ลดอัตราการตัดทิ้งของทราฟฟิกเฉลี่ยลง 98.94 เปอร์เซ็นต์ และลดเวลาของการตอบกลับในการส่งข้อมูลลง 80.98 เปอร์เซ็นต์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับ ทุนสนับสนุนและสถานที่ในการทำงานวิจัยจากบริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ซึ่งผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang and W. Weiss: An Architecture for Differentiated Services; RFC 2475, December, 1998
- [2] V. Jacobson, K. Nichols, and K. Poduri: An Expedited Forwarding PHB; RFC 2598, June, 1999.
- [3] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski: Assured Forwarding PHB Group; RFC 2597, June, 1999.
- [4] DaSilva L.A., "QoS mapping along the protocol stack: discussion and preliminary results", Communications, 2000. ICC 2000. 2000 IEEE International Conference on Volume 2, 18-22 June 2000 Page(s):713 - 717 vol.2



สิริพงษ์ สิทธิไชยนันท์ การศึกษา: ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การทำงาน : ปัจจุบันทำงานในตำแหน่ง Network Engineer บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) งานวิจัยที่สนใจ: Data Communication and Computer Network



รศ.ดร.มงคล รักษาไพรวงศ์ การศึกษา : M.S. และ Ph.D. (Computer Engineering) จาก University of Southern California ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 1994 และ 1998 การทำงาน : ปัจจุบันเป็นหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ งานวิจัยที่สนใจ: Data Communication and Computer Network, Wireless Communication, FPGA Implementation และ Computer Architecture

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นายสิริพงศ์ สิทธิไชยนันท์
เกิดวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2526
สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ
ประวัติการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมโทรคมนาคม)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกร ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)
89/2 หมู่ 3 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่
กรุงเทพมหานคร 10210
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -
ทุนการศึกษาที่ได้รับ -