การศึกษาการจัดการแบนด์วิดท์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยฟังก์ชันการจัดคิวอย่างง่ายและฟังก์ชันการจัดคิวแยกย่อยร่วมกับการใช้งานแบ่งคิวการเชื่อมต่อ

STUDY OF COMPUTER NETWORK BANDWIDTH MANAGEMENT WITH SIMPLE QUEUE FUNCTIONS AND QUEUE TREE FUNCTIONS WITH PER CONNECTION QUEUE

จรูญ สมานทรัพย์

CHAROON SMANSUB

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-230-001

การศึกษาการจัดการแบนด์วิดท์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยฟังก์ชันการจัดคิวอย่างง่ายและฟังก์ชันการจัดคิวแยกย่อย ร่วมกับการใช้งานแบ่งคิวการเชื่อมต่อ

STUDY OF COMPUTER NETWORK BANDWIDTH MANAGEMENT WITH SIMPLE QUEUE FUNCTIONS AND QUEUE TREE FUNCTIONS WITH PER CONNECTION QUEUE

จรูญ สมานทรัพย์

CHAROON SMANSUB

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2019-EN-M-230-001

STUDY OF COMPUTER NETWORK BANDWIDTH MANAGEMENT WITH SIMPLE QUEUE FUNCTIONS AND QUEUE TREE FUNCTIONS WITH PER CONNECTION QUEUE

CHAROON SMANSUB

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2019-EN-M-230-001

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2019
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการจัดการแบนด์วิดท์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยฟังก์ชันการจัดคิวอย่างง่ายและฟังก์ชันการจัดคิวแยกย่อยร่วมกับการใช้งานแบ่งคิวการเชื่อมต่อ
นักศึกษา	นายจรูญ สมานทรัพย์
รหัสประจำตัว	57601307
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาการจัดการแบนด์วิดท์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ด้วยฟังก์ชันการจัดคิวอย่างง่ายและฟังก์ชันการจัดคิวแยกย่อยร่วมกับการใช้งานแบ่งคิวการเชื่อมต่อ เครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในที่ไม่มีการจัดการอาจจะทำให้ระบบทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ จากปัญหาดังกล่าวจึงทำการออกแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ใช้ในระบบ 2 ไอพีนำมาทดสอบเปรียบเทียบผลการทำงานฟังก์ชันต่าง ๆ กับอินเทอร์เน็ตจากผู้ให้บริการจริง จากการทดสอบแบบที่นิยมใช้ คือ Unlimited สามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ให้แต่ละไอพี คือ 2.6 Mbps และ 7.4 Mbps แบนด์วิดท์ต่างกัน 48 % การทดสอบฟังก์ชัน Simple Queue จัดสรรแบนด์วิดท์ให้แต่ละไอพี คือ 3.3 Mbps และ 6.9 Mbps มีแบนด์วิดท์ต่างกัน 36 % การทดสอบฟังก์ชัน Queue Tree สามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ให้แต่ละไอพี คือ 5.3 Mbps และ 4.7 Mbps แบนด์วิดท์ต่างกัน 6 % และเมื่อทำการทดสอบเพิ่มฟังก์ชัน Per Connection Queue (PCQ) กับทั้งสองฟังก์ชันได้ดังนี้ การทดสอบฟังก์ชัน Simple Queue ทำงานร่วมกับฟังก์ชัน PCQ สามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ให้แต่ละไอพีได้ 5 Mbps และ 4.7 Mbps แบนด์วิดท์ต่างกัน 3 % และการทดสอบฟังก์ชัน Queue Tree ทำงานร่วมกับฟังก์ชัน PCQ จัดสรรแบนด์วิดท์ได้เท่ากันทั้งสองไอพี จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของฟังก์ชันที่สามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ให้เครือข่ายใช้งานได้ดีขึ้น และการเพิ่มเติมฟังก์ชัน PCQ จะสามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ที่มีทั้งหมดเฉลี่ยเท่า ๆ กันให้กับผู้ใช้งานภายในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการใช้งานได้ดีมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Study of Computer Network Bandwidth Management with Simple Queue Functions and Queue Tree Function with Per Connection Queue.
Student	Mr.Charoon Smansub
Student ID.	57601307
Degree	Master of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chawalit Benjangkaprasert

ABSTRACT

This thesis presents study of computer network bandwidth management with simple queue functions and queue tree functions with per connection queue. Unmanaged internal network computers may not function performance. The problem is to design a computer network used in 2 IP systems to test the performance of various functions with the Internet from the actual service. Unlimited bandwidth allocation the most popular for each IP is 2.6 Mbps and 7.4 Mbps, the difference bandwidth is 48 %. The simple queue function allocates bandwidth to each IP, 3.3 Mbps and 6.9 Mbps, the difference bandwidth is 36 %. The queue tree function can allocate bandwidth to each IP, 5.3 Mbps and 4.7 Mbps, the different bandwidth is 6 %. And when tested, add the Per Connection Queue (PCQ) function to both functions. The simple queue function works with the PCQ function to allocate bandwidth to each IP at 5 Mbps and 4.7 Mbps, the different bandwidth is 3 %. And the queue tree function works with the PCQ function, allocating the same bandwidth to both IPs. The results show the performance of a function that can allocate more bandwidth to the network. And the additional PCQ function will be able to allocate evenly all available bandwidth to the users within the computer network. The system is more efficient to use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยความเมตตาและความอนุเคราะห์ของ รศ.ดร. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ

ขอขอบคุณอาจารย์ ผศ.บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์ ที่ผลักดันและเป็นกำลังใจให้เกิดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมสารสนเทศทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาเรื่องการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณพีรชัย ฐิติไชโย (เอก) และคุณธนวิชญ์ อนุวงศ์พินิจ (เหน่ง) เพื่อนร่วมรุ่นที่ช่วยดูแลแนะนำงานด้านเอกสารและขั้นตอนต่าง ๆ

ขอขอบคุณทีมงานและเพื่อนร่วมงาน ที่ช่วยทำงานและสละเวลาให้เพื่อมาศึกษาต่อในและการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ อันเป็นที่รักยิ่งที่คอยส่งกำลังใจในการศึกษา และทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่น้อง และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนทำให้ข้าพเจ้าสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา และครอบครัว ที่ข้าพเจ้ารัก และเคารพ ตลอดจนครู อาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า และผู้มีพระคุณต่อข้าพเจ้าทุกท่าน

จรูญ สมานทรัพย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 วิธีการวิจัย 2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 รูปแบบมาตรฐาน (Reference Model) 4

2.2 โครงข่ายของเน็ตเวิร์ก 9

2.3 ทฤษฎีของ IP Address 14

2.4 การประกันคุณภาพการให้บริการ (Quality of Service : QoS) 17

2.5 Manual : Queue 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการทดลอง 31

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง 31

3.2 การออกแบบเครือข่าย 32

3.3 การตั้งค่าอุปกรณ์ Router Board 33

3.4 วิธีการตั้งค่า Simple Queue 37

3.5 วิธีการตั้งค่า Queue Tree สำหรับการทดลอง 39

3.6 วิธีการตั้งค่าฟังก์ชัน PCQ สำหรับการทดลอง 52

3.7 เว็บไซต์ของโปรแกรมทดสอบไฟล์ 54

บทที่ 4 ผลการทดลอง 56

4.1 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Unlimited กับอินเทอร์เน็ต 56

4.2 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Simples Queue กับอินเทอร์เน็ต 59

4.3 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Simples Queue ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ กับอินเทอร์เน็ต 63

4.4 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Queue Tree กับอินเทอร์เน็ต 66

4.5 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Queue Tree ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ กับอินเทอร์เน็ต 69

4.6 ผลการวิเคราะห์ 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 81

5.1 สรุปผลการทดลอง 81

5.2 สรุปผลการวิจัย 84

5.3 ข้อเสนอแนะ 85

เอกสารอ้างอิง 86

ภาคผนวก 89

ประวัติผู้เขียน 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 Class หมายเลข IP 15

2.2 ค่า Default ของแต่ละ Class 17

4.1 ผลการทำงาน Download Files ของระบบแบบ Unlimited 57

4.2 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Unlimited 59

4.3 ผลการทำงาน Download Files ของระบบแบบ Simple Queue 61

4.4 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Simple Queue 62

4.5 ผลการทำงาน Download Files ของระบบแบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ 64

4.6 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ 65

4.7 ผลการทำงาน Download Files ของระบบแบบ Queue Tree 67

4.8 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Queue Tree 69

4.9 ผลการทำงาน Download Files ของระบบแบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ 71

4.10 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ 72

5.1 ประสิทธิภาพของฟังก์ชัน 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 Open Systems Interconnection (OSI) 4

2.2 โครงสร้างสถาปัตยกรรมการสื่อแบบ TCP/IP 7

2.3 โครงข่ายแบบเส้นตรง (Bus Topology) 9

2.4 โครงข่ายแบบดาว (Star Topology) 10

2.5 โครงข่ายแบบวงแหวน (Ring Topology) 11

2.6 โครงข่ายแบบวงแหวนโทเคน (Token) 11

2.7 โครงข่ายแบบต้นไม้ (Tree Topology) 12

2.8 โครงข่ายแบบเมซ (Mesh Topology) 13

2.9 โครงข่ายแบบไฮบริด (Hybrid Topology) 14

2.10 การทำ Subnet Mask 16

2.11 การจัดคิวแบบเข้าก่อน ออกก่อน (First in-First out Queuing) 18

2.12 การจัดคิวแบบการจัดลำดับคิว (Priority Queuing : PQ) 19

2.13 การจัดคิวแบบการให้น้ำหนัก (Weighted Fair Queuing : WFQ) 20

2.14 เวลาลาเทนซี่ (Latency) และ เวลาจิตเตอร์ (Jitter) 22

2.15 ขั้นตอนการทำงานของ PCQ 24

2.16 ตัวอย่างการแบ่งของ pcq-rate=12800 25

2.17 ตัวอย่างการแบ่งของ pcq-rate=0 26

3.1 ออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Network 32

3.2 ขั้นตอนการทดลอง 33

3.3 การเชื่อมต่อเข้าโปรแกรม winbox 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.4 การตั้งค่า DHCP Client 35

3.5 การกำหนด IP Server 36

3.6 การกำหนดค่า NAT เพื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต 37

3.7 การกำหนดค่า Simple Queues 38

3.8 การกำหนด Simple Queues ให้แต่ละไอพี 39

3.9 การตั้งค่า Mangle Rule ให้ In Interface 40

3.10 การทำ Mangle Rule ให้ IP Address 10.0.0.253 41

3.11 การทำ Mangle Rule ให้ IP Address 10.0.0.254 42

3.12 การตั้งค่า Mangle Rule ให้ Out Interface 43

3.13 การตั้งค่า Upload ให้ IP 10.0.0.253 44

3.14 การตั้งค่า Upload ให้ IP 10.0.0.254 45

3.15 การตั้งค่า Queue Tree ให้ค่า Bandwidth Download รวมสูงสุด 46

3.16 การตั้งค่า Queue Tree กับ Bandwidth Download ให้กับ IP 10.0.0.253 47

3.17 การตั้งค่า Queue Tree กับ Bandwidth Download ให้กับ IP 10.0.0.254 48

3.18 การตั้งค่า Queue Tree ให้ค่า Bandwidth Upload รวมสูงสุด 49

3.19 การตั้งค่า Queue Tree กับ Bandwidth Upload ให้กับ IP 10.0.0.253 50

3.20 การตั้งค่า Queue Tree กับ Bandwidth Upload ให้กับ IP 10.0.0.254 51

3.21 การตั้งค่าใช้งาน PCQ ของฟังก์ชัน Simple Queue 52

3.22 การตั้งค่าใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ของฟังก์ชัน Queue Tree ของ Download 53

3.23 การตั้งค่าใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ของฟังก์ชัน Queue Tree ของ Upload 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.24 เว็บไซต์ทดสอบ Download Files 55

3.25 เว็บไซต์ทดสอบ Upload Files 55

4.1 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Unlimited 56

4.2 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Unlimited 57

4.3 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Unlimited 58

4.4 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Unlimited 58

4.5 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Simple Queue 60

4.6 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Simple Queue 60

4.7 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Simple Queue 61

4.8 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Simple Queue 62

4.9 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ 63

4.10 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ 63

4.11 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ 64

4.12 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ 65

4.13 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Queue Tree 66

4.14 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Queue Tree 67

4.15 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Queue Tree 68

4.16 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Queue Tree 68

4.17 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ 70

4.18 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.19 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ 71

4.20 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ 72

4.21 แบนด์วิดท์ Download Files 1 GB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ 73

4.22 Packet Rate การ Download Files 1 GB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ 74

4.23 ผลแบนด์วิดท์ของ Download Files 1 GB แบบเปิดใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ 75

4.24 Packet Rate การ Download Files 1 GB แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ 76

4.25 ผลแบนด์วิดท์ของ Upload Files 50 MB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ 77

4.26 Packet Rate การ Upload Files 50 MB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ 78

4.27 ผลแบนด์วิดท์ของ Upload Files 50 MB แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ 79

4.28 Packet Rate การ Upload Files 50 MB แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบันนี้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในองค์กรมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อใช้สื่อสารภายในองค์กรเอง (Local Area Network : LAN) หรือเพื่อการเชื่อมต่อสู่ระบบอินเทอร์เน็ต โดยจะมีผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (Internet Service Provider : ISP) ให้บริการเพื่อการเชื่อมต่อ ใช้ในการติดต่อสื่อสาร ใช้ในการหาข้อมูลเพิ่มเติม ใช้เพื่อหาความรู้และความบันเทิง ฯลฯ ซึ่งความรวดเร็วของการเชื่อมต่อของระบบอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันมีความเร็วสูง หากแต่มีหลายปัจจัยที่จะต้องคำนึงถึงเพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพที่ดีของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในองค์กร ไม่ได้หมายถึง ความเร็วสูงของระบบอินเทอร์เน็ตเพียงอย่างเดียว

ประสิทธิภาพของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในองค์กรที่ดีนั้น มีหลายปัจจัยที่เป็นส่วนสำคัญและที่จะต้องคำนึงถึงมากในที่นี้ คือ ด้านจัดการควบคุมเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในองค์กร บ้านพักที่อยู่อาศัย บริษัท SME และองค์กรต่าง ๆ องค์กรขนาดเล็กจะไม่มีฝ่ายที่ดูแลด้านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยตรง จึงอาจไม่ได้มีความตระหนักรู้ และเข้าใจว่าเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในนั้นก็สำคัญเป็นอย่างมาก ไม่ใช่แค่ความเร็วของอินเทอร์เน็ตจากผู้ให้บริการ ISP อย่างที่กล่าวมาเพียงอย่างเดียว ซึ่งการจัดการเครือข่ายคอมพิวเตอร์นั้น จะมีโปรแกรมประยุกต์ (Application) ที่นำมาใช้ใส่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ และทั้งที่มากับ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) เช่น Router, Switch Manage ซึ่งจะมีโปรแกรมประยุกต์ ให้สามารถตั้งค่าความต้องการได้ ทั้งนี้ก็ขึ้นกับการเลือกใช้อุปกรณ์ และสเปกให้เหมาะสมกับการใช้งาน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการทดสอบเปรียบเทียบโปรแกรมประยุกต์ Per Connection Queue (PCQ) ซึ่งเป็นโปรแกรมจัดแบ่งเครือข่ายให้ผู้รับบริการในเครือข่ายได้รับค่า Download และค่า Upload ที่เท่าเทียมกัน สามารถตรวจสอบว่าไม่เปิดใช้งาน หรือถ้าเปิดใช้งานฟังก์ชัน PCQ แล้วผู้รับบริการในเครือข่ายเดียวกันจะได้ส่วนแบ่ง Bandwidth ที่เท่าเทียมกันหรือไม่ แล้วมีผลกระทบอย่างไรบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และนำผลไปศึกษาวิเคราะห์ใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาออกแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน และมีประสิทธิภาพสูง

1.2.2 เพื่อศึกษาการตั้งค่าของอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์

1.2.3 เพื่อนำผลของการทดลองมาวิเคราะห์ โดยการเปรียบเทียบคุณภาพความแตกต่างของการควบคุมเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แบบไม่ใช้งาน และแบบใช้งานฟังก์ชัน PCQ

1.2.4 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษา การจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพสูงมากขึ้นต่อไป

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 สามารถตั้งค่าอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่นำมาทดสอบได้

1.3.2 สามารถตั้งค่าใช้งาน โปรแกรมประยุกต์ Per Connection Queue (PCQ)

1.3.3 ทดลองเปรียบเทียบผลการใช้งาน การแบ่ง Bandwidth โดยโปรแกรมประยุกต์ Per Connection Queue

1.4 วิธีการวิจัย

1.4.1 ศึกษาค้นคว้าการออกแบบระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

1.4.2 ศึกษาค้นคว้าการจัดการ Bandwidth ของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

1.4.3 ออกแบบและทดลองเครือข่ายคอมพิวเตอร์

1.4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้และเข้าใจการออกแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.5.2 มีความรู้และเข้าใจการจัดการ Bandwidth เพื่อให้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย

ประโยชน์จากการวิจัยนี้ สามารถนำความรู้เรื่องการออกแบบ เรื่องการจัดการเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ไปพัฒนาใช้งานจริง เพื่อให้การทำงานของระบบเครือข่ายให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น และสอดคล้องตรงตามเงื่อนไขของผู้ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

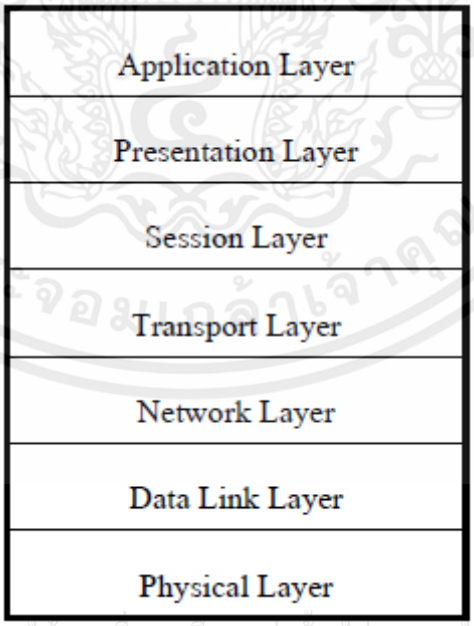
ในบทนี้กล่าวถึง ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและวิจัย

2.1 รูปแบบมาตรฐาน (Reference Model) [1]

คือสถาปัตยกรรมระบบเครือข่ายตามมาตรฐานสากล และสถาปัตยกรรมเครือข่ายแบบ TCP/IP ที่ใช้ในระบบอินเทอร์เน็ต

2.1.1 สถาปัตยกรรมระบบเครือข่ายมาตรฐานสากล

องค์กรที่กำหนดรูปแบบโครงสร้างมาตรฐานสากลสำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ องค์กรนี้มีชื่อว่า International Standards Organization (ISO) และได้เรียก รูปแบบโครงสร้างมาตรฐานสากลสำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ว่า Open System Interconnection (OSI) ซึ่งทั้งหมดมีอยู่ 7 ชั้นสื่อสาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 Open Systems Interconnection (OSI)

ชั้นสื่อสารกายภาพ (The Physical Layer) ชั้นกายภาพเป็นชั้นระดับล่างสุดที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับอุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ ทำหน้าที่ในการกำหนดควบคุมการรับและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในระดับบิต ได้แก่ การส่งบิต 0 และ บิต 1 แต่ละบิตจะใช้เวลาในการส่งนานเท่าไร การส่งเป็นแบบทางเดียวหรือสองทาง จะเริ่มติดต่ออย่างไร การติดต่อจะสิ้นสุดอย่างไรเป็นต้น เห็นได้ว่ากฎระเบียบชั้นนี้จะเกี่ยวพันโดยตรงกับการทำงานของอุปกรณ์สัญญาณไฟฟ้า (หรือสัญญาณใด ๆ) ขั้นตอนในการใช้อุปกรณ์เหล่านั้น และความสัมพันธ์กับสื่อที่ใช้รับ- ส่งสัญญาณ

ชั้นสื่อสารเชื่อมต่อข้อมูล (Data Link Layer) หน้าที่หลักของชั้นเชื่อมต่อข้อมูลคือ ทำการรวบรวมข้อมูลจากชั้นกายภาพ ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แล้วส่งข้อมูลที่ปราศจากข้อผิดพลาดนี้ให้กับชั้นควบคุมเครือข่ายต่อไป โดยปกติผู้ส่งข้อมูลจะแบ่งข้อมูลที่มีความยาวออกมาเป็นกลุ่มข้อมูลย่อย ๆ แต่ละส่วนย่อยเรียกว่า ดาต้าเฟรม (data frame) สำหรับข้อมูลที่ต้องการจะส่งไปให้ผู้รับก็จะถูกส่งออกไปทีละเฟรมตั้งแต่เฟรมแรกไปจนครบทุกเฟรม ข้างฝ่ายผู้รับจะตอบสนองด้วยการส่ง ดาต้าเฟรมพิเศษ เรียกว่า เฟรมตอบรับ (acknowledgement frame) ไปถึงผู้ส่งเป็นการบอกให้ทราบว่าได้รับข้อมูลครบแล้ว กระบวนการรับ-ส่งข้อมูลชุดนี้ก็จะเสร็จสิ้นสมบูรณ์

ชั้นการสื่อสารควบคุมเครือข่าย (Network Layer) มีหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุมการติดต่อรับ-ส่ง ข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ (เรียกว่า โหนด Node) ต่าง ๆ ในระบบเครือข่ายให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ การกำหนดเส้นทางเดินของข้อมูล จากโหนดผู้ส่งข้อมูลไปตามโหนดต่าง ๆ จนถึงโหนดผู้รับ

ชั้นจัดการนำส่งข้อมูล (Transport Layer) ในชั้นการนำส่งข้อมูลมีหน้าที่หลักในการรับมาจากชั้นควบคุมหน้าต่างสื่อสาร ซึ่งอาจจะต้องแบ่งข้อมูลออกเป็นแพ็กเกจขนาดย่อม (ในกรณีที่ข้อมูลมีปริมาณมาก) หลาย ๆ แพ็กเกจแล้วจึงส่งข้อมูลทั้งชุดต่อไปให้โปรแกรมในชั้นควบคุมเครือข่าย ทางด้านโปรแกรมชั้นนำส่งข้อมูลของผู้รับก็จะทำหน้าที่ประกอบแพ็กเกจชุดนี้ให้กลับมารวมเป็นข้อมูลเดิม

โปรแกรมในชั้นนี้เป็นผู้กำหนดประเภทการให้บริการต่าง ๆ รวมไปถึงการอำนวยความสะดวกในการใช้ระบบเครือข่าย ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ประเภทแรกเป็นการให้บริการแบบจุด-ต่อ-จุด โดยเน้นการรับประกันความถูกต้องของข้อมูลเป็นสำคัญ ประเภทที่สองเน้นการให้บริการข้อมูล ข้อมูลในระดับแพ็กเกจ ซึ่งแม้ว่าจะไม่รับประกันการสูญหายของข้อมูล แต่ก็ให้ความคล่องตัวสูงกว่าแบบแรก (การรับประกันความถูกต้องของข้อมูลสามารถทำในชั้นอื่นได้) ประเภทที่สามเป็นการส่งข้อมูลแบบการกระจายข่าวเพื่อประโยชน์ในการส่งข้อมูลชุดเดียวกันไปให้ผู้ใช้หลายจุดพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นสื่อสารควบคุมหน้าต่างสื่อสาร (Session Layer) ชั้นควบคุมหน้าต่างสื่อสารเป็นผู้กำหนดวิธีการควบคุมการเชื่อมต่อระหว่างผู้รับข้อมูล และผู้ส่งข้อมูล ตั้งแต่เริ่มต้นการสื่อสารไปจนยุติการสื่อสาร เช่น การติดต่อขอใช้โฮสต์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ไกลออกไป (remote login) หรือการส่งแฟ้มข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย โดยภาพรวมแล้วการให้บริการในชั้นนี้จะคล้ายกับบริการที่มีให้ในชั้นนำส่งข้อมูลแต่ชั้นนี้จะให้บริการที่เป็นประโยชน์มากกว่าสำหรับการประยุกต์ใช้งานบางประเภท

หน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ บริการแลกเปลี่ยนข่าวสาร (dialogue control) อันได้แก่ การกำหนดให้การแลกเปลี่ยนข่าวสารเป็นแบบสองทางในเวลาเดียวกัน (full duplex) หรือถ้าเป็นการสื่อสารแบบทางเดียวแต่สลับทิศได้ (half duplex) ก็จะต้องเป็นผู้จัดลำดับให้ทั้งผู้ใช้และผู้ส่งทำการส่งข้อมูลได้คล้าย ๆ กับการควบคุมสับหลีกรถไฟ

ชั้นสื่อสารนำเสนอข้อมูล (Presentation Layer) โปรแกรมในระดับชั้นควบคุมต้นๆ ที่กล่าวมานั้นจะให้ความสนใจประสิทธิภาพของการรับ-ส่งข้อมูล ส่วนโปรแกรมในชั้นนำเสนอข้อมูล จะมองข้อมูลว่าเป็นสิ่งที่มีรูปแบบ (syntax) และความหมาย (semantics) มากกว่ากระแสของบิตหรือไบต์ เช่น ข้อมูลที่เป็นตัวเลขบอกจำนวนเงิน และข้อมูลที่เป็นชื่อ เป็นต้น ความแตกต่างของการให้ความหมายข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบต่าง ๆ เป็นปัญหาที่จะต้องได้รับการแก้ไขในระดับส่วนรวม การควบคุมรูปแบบและความหมายของข้อมูล การใช้รหัสแทนข้อมูล เช่น รหัส ASCII หรือ Unicode หรือการแทนข้อมูลด้วยระบบ little endian หรือ big endian รวมถึงการเข้ารหัส และถอดรหัสข้อมูลสิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ล้วนแต่เป็นความรับผิดชอบของโปรแกรมในชั้นนี้

ชั้นสื่อสารการประยุกต์ (Application Layer) โปรแกรมในชั้นการประยุกต์ มีบทบาทสำคัญ 2 ด้าน คือ การเป็นตัวกลาง หรือส่วนติดต่อระหว่างโปรแกรมประยุกต์ (application programs) กับโปรแกรมใน 6 ชั้นที่เหลือ และการกำหนดแบบมาตรฐานของจอ (terminal type)

2.1.2 สถาปัตยกรรมเครือข่ายแบบ TCP/IP

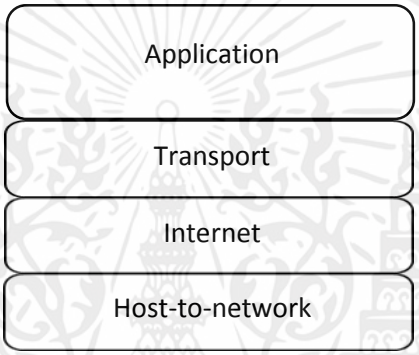
กฎการสื่อสารหรือโพรโทคอล (protocol) แบบเก่าที่เคยใช้ได้ผลดี นั้นเกิดปัญหาไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป กฎการสื่อสารรุ่นต่อมาจึงได้ออกแบบเพื่อนำมาใช้ทดแทนแบบเก่าโดยมีวัตถุประสงค์ในการเชื่อมต่อระหว่างระบบที่มีความแตกต่างกันเป็นเรื่องหลัก ผลที่ได้รับคือกฎการสื่อสารที่เรียกว่ากฎสื่อสารมาตรฐานแบบ TCP/IP ซึ่งได้รับการปรับปรุงจนนำมาใช้งานจริงได้ในปี ค.ศ.1974

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใดๆ... ห้ามมิให้ลอกเลียน...

กฎการสื่อสารมาตรฐานแบบ TCP/IP ยังมีวัตถุประสงค์หลักอีกสองข้อสำคัญคือ

ข้อที่หนึ่ง ความสามารถที่แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเครือข่าย เช่น ในกรณีที่ผู้ส่งและผู้รับยังคงมีการติดต่อกันอยู่ แต่โหนดกลางที่เป็นผู้ช่วยรับ-ส่งข้อมูลเกิดการเสียหายใช้การไม่ได้ หรือสายสื่อสารบางช่วงถูกตัดขาด กฎการสื่อสารนี้จะต้องสามารถจัดการหาทางเลือกอื่นเพื่อให้การสื่อสารดำเนินต่อไปได้โดยอัตโนมัติ

ข้อที่สอง คือจะมีความยืดหยุ่นต่อการสื่อสารข้อมูลได้หลายชนิด ทั้งแบบที่ไม่มีความเร่งด่วน เช่นการส่งแฟ้มข้อมูล และแบบที่ต้องการรับประกันความเร่งด่วนของข้อมูล เช่น การสื่อสารแบบ real time หรือการสื่อสารแบบโทรศัพท์ (voice)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างสถาปัตยกรรมการสื่อสารแบบ TCP/IP

จากรูปที่ 2.2 สถาปัตยกรรมการสื่อสารแบบ TCP/IP นี้ เป็นระบบเครือข่ายระดับโลกที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ ระบบอินเทอร์เน็ต

ชั้นสื่อสารอินเทอร์เน็ต (The Internet Layer) ชั้นสื่อสารอินเทอร์เน็ตกำหนดรูปแบบแพ็กเกจและกฎการสื่อสารเรียกว่า IP (Internet Protocol) ซึ่งเปรียบเทียบ TCP/IP กับรูปแบบระบบเครือข่าย OSI งานสำคัญของ TCP/IP คือการนำแพ็กเกจไปส่งยังจุดหมายปลายทางให้ได้

ชั้นสื่อสารนำส่งข้อมูล (Transport Layer) ชั้นสื่อสารที่อยู่เหนือชั้น IP คือชั้นนำส่งข้อมูลซึ่งมีหน้าที่เหมือนกันกับชั้นจัดการนำส่งข้อมูลของมาตรฐาน OSI แบ่งออกเป็นโพรโทคอลสองประเภท ประเภทแรกเรียกว่า TCP (Transmission Control Protocol) เป็นแบบที่มีการกำหนดช่วงการสื่อสารตลอดระยะเวลาการสื่อสาร (connection-oriented) ซึ่งจะยอมให้มีการส่งข้อมูลเป็นกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบต์ (byte stream) ที่ไว้ใจได้ (reliable) โดยไม่มีข้อผิดพลาด ข้อมูลที่ปริมาณมากจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนเล็ก ๆเรียกว่า message ซึงจะถูกส่งผ่านทางชั้นสื่อสารของอินเทอร์เน็ต ทางฝ่ายผู้รับจะนำ message มาเรียงต่อกันตามลำดับเป็นข้อมูลตัวเดิม TCP ยังมีความสามารถในการควบคุมการไหลของข้อมูลเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ส่ง ส่งข้อมูลเร็วเกินกว่าที่ผู้รับจะทำงานได้ทันอีกด้วย

กฎการนำส่งข้อมูลแบบที่สองเรียกว่า UDP (User Datagram Protocol) เป็นการติดต่อแบบไม่ต่อเนื่อง (connectionless) ไม่มีการตรวจสอบข้อมูลความถูกต้องเหมือนกับแบบ TCP อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้มีข้อดีในด้านความรวดเร็วในการส่งข้อมูล จึงนิยมใช้ในระบบผู้ให้และผู้ใช้บริการ (client/server system) ซึ่งมีการสื่อสารแบบถาม/ตอบ (request/reply) นอกจากนี้ยังใช้ในการส่งข้อมูลภาพเคลื่อนไหว หรือการส่งเสียง (voice) ทางอินเทอร์เน็ต

ชั้นสื่อสารการประยุกต์ (Application Layer) โปรแกรมในชั้นการประยุกต์ จะรวมเอาหน้าที่การทำงานที่จำเป็นของ ชั้นนำเสนอข้อมูล และชั้นควบคุมหน้าต่างสื่อสารของ มาตรฐาน OSI มารวมไว้ในชั้นสื่อสารการประยุกต์นี้ อันได้แก่ โพรโทคอลสำหรับสร้างจอเทอร์มินัลเสมือน เรียกว่า TELNET โพรโทคอลสำหรับการจัดการแฟ้มข้อมูล เรียกว่า FTP ส่วนโพรโทคอลสำหรับการให้บริการจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า SMTP และโพรโทคอลสำหรับการบริหารที่อยู่ของโหนดต่าง ๆ ในระบบเครือข่าย เรียกว่า DNS (Domain Name Service) นอกจากโพรโทคอลที่กล่าวมาก็ยังมีอีกเป็นจำนวนมากที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้งาน

ชั้นโฮสต์–เครือข่าย (Host-to-Network Layer) โพรโทคอลสำหรับการควบคุมการสื่อสารในชั้นนี้ เป็นสิ่งที่ไม่มีการกำหนดรายละเอียดอย่างเป็นทางการ หน้าที่หลักคือ การรับข้อมูลจากชั้นสื่อสาร IP มาแล้วส่งไปยังโหนดที่ระบุไว้ในเส้นทางเดินข้อมูลทางด้านผู้รับก็จะทำงานในทางกลับกัน คือรับข้อมูลจากสายสื่อสารแล้วนำส่งให้กับโปรแกรมในชั้นสื่อสาร IP

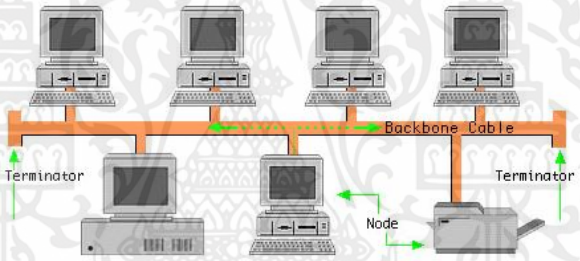
การที่ไม่กำหนดรายละเอียดเนื่องจากเหตุผลสามประการ ประการแรกคือ จากประสบการณ์ที่ได้รับในการกำหนดมาตรฐาน OSI พบว่าเทคโนโลยีทางด้านการรับ-ส่งข้อมูลผ่านสื่อประเภทต่าง ๆ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ประเภทที่สองคือ การสื่อสารที่เกิดขึ้นในระดับนี้เป็นการส่งข้อมูลในระดับกระแสบิต (bit stream) ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับโครงสร้างข้อมูลในระดับบนแต่อย่างใด ประการสุดท้าย การทำงานในระดับนี้จะติดต่อหรือมีความสัมพันธ์กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลโดยตรง ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ล้วนแต่มีมาตรฐานสากลรองรับอยู่อย่างเหลือเฟือแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โครงข่ายของเน็ตเวิร์ก [2]

โครงข่ายเน็ตเวิร์ก (Network Topologies) Topologies หรือโครงข่าย แบ่งย่อยลงไปอีกประกอบไปด้วย โครงข่ายทางกายภาพ (Physical Topology) มองในเชิงการเชื่อมต่อของวัตถุ เช่น สายเน็ตเวิร์ก คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่มาเชื่อมต่อกันจนเกิดเป็นเครือข่ายเน็ตเวิร์กที่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้แต่เป็นทางกายภาพเท่านั้น และโครงข่ายทางตรรกภาพ (Logical Topology) มองในเชิงวิธีการในการติดต่อสื่อสาร การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่องสองเครื่องที่เชื่อมต่อกันโดยทางกายภาพ วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ติดต่อสื่อสาร เรียกว่า “โพรโทคอล” (Protocol)

2.2.1 โครงข่ายแบบเส้นตรง (Bus Topology) เป็นจุดเริ่มต้นของเน็ตเวิร์กภายในองค์กร Local Area Network – LAN) โดยจะมีส่วนสำคัญคือ สาย Coaxial หรือสายเคเบิล Twisted pair ซึ่งใช้เป็นสื่อกลางเชื่อมต่อกับโหนดต่าง ๆ เปรียบเสมือนกับถนนสายหลักที่มีถนนย่อย ๆ เชื่อมต่อเข้ามานั้นเอง



รูปที่ 2.3 โครงข่ายแบบเส้นตรง (Bus Topology) [14]

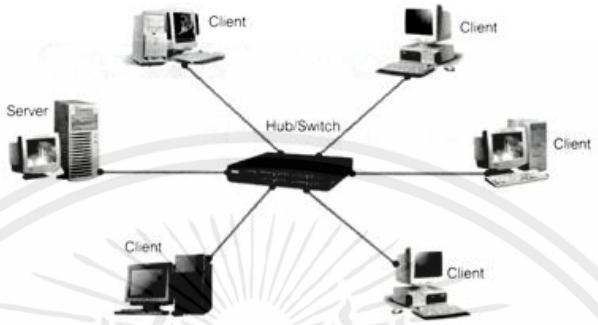
จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าแต่ละเครื่องเชื่อมต่อกันโดยใช้สายเคเบิลเพียงอย่างเดียวไม่มีอุปกรณ์เน็ตเวิร์กอื่นใดมาเชื่อมต่อ

ข้อดีของโครงข่ายแบบเส้นตรง การเชื่อมต่อทำได้ง่ายไม่ต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมใด ประหยัดสายเน็ตเวิร์กมากกว่าโครงข่ายแบบอื่น ๆ

ข้อเสียของโครงข่ายแบบเส้นตรง ถ้าระบบสายเสีย หรือชำรุด จะกระทบกับโหนดที่ต่ออยู่ทั้งหมด ถ้าโหนดใดหายไป โดยที่ไม่มี Terminator ต่ออยู่จะทำให้เน็ตเวิร์กใช้ไม่ได้เช่นกัน และเมื่อเกิดปัญหาขึ้นในระบบจะทำให้ตรวจสอบได้ยาก

เอกสารนี้เป็น ... ไม่ว่ากรณีใด ... เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โครงข่ายแบบดาว (Star Topology) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “สตาร์” เป็นโครงข่ายที่การเชื่อมต่อโหนดต่าง ๆ เข้าที่ศูนย์กลาง โดยทั่วไปจะอุปกรณ์ที่มีชื่อเรียกว่า “ฮับ” (Hub) และ “สวิตช์” (Switch)



รูปที่ 2.4 โครงข่ายแบบดาว (Star Topology) [15]

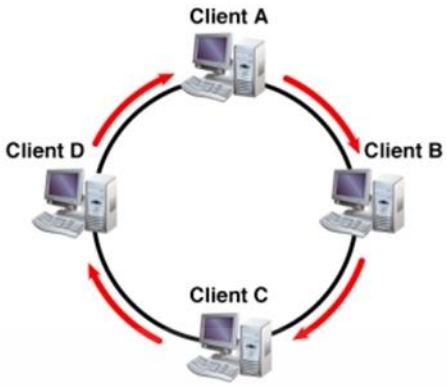
จากรูปที่ 2.4 ข้อมูลจากเครื่องที่ต้องการส่ง จะถูกส่งเข้าไปที่สวิตช์หรือฮับ อุปกรณ์จะทำหน้าที่ส่งต่อข้อมูลไปยังเครื่องปลายทาง ถ้าอุปกรณ์ที่ใช้เป็นฮับข้อมูลจะถูกส่งออกไปทุกเครื่องที่ต่อเข้ากับฮับ แต่จะมีเครื่องปลายทางเท่านั้นที่ได้รับข้อมูล เพราะว่าพอร์ตของอุปกรณ์ฮับเชื่อมต่อถึงกันหมด แต่ถ้าเป็นอุปกรณ์สวิตช์ซึ่งมีโครงสร้างการเชื่อมต่อแต่ละพอร์ตแยกกันเป็นคู่ ๆ ทำให้ข้อมูลต้นทางส่งถึงปลายทางที่เดียวเสมอ ช่วยลดปัญหาการชนกันของข้อมูลได้

ข้อดีของโครงข่ายแบบดาว การติดตั้งเชื่อมต่อง่ายเพียงเดินสายเข้าไปที่ฮับหรือสวิตช์ การย้ายโหนดไม่กระทบต่อระบบโครงข่ายและสามารถตรวจเช็กระบบได้ง่าย

ข้อเสียของโครงข่ายแบบดาว ถ้าอุปกรณ์ศูนย์กลางอย่างฮับหรือสวิตช์เสียหาย ทำให้ระบบเครือข่ายใช้งานไม่ได้ทั้งหมด และใช้งบประมาณที่สูงกว่าโครงข่ายแบบเส้นตรง

2.2.3 โครงข่ายแบบวงแหวน (Ring Topology) สำหรับโครงข่ายนี้โหนดแต่ละโหนดจะเชื่อมต่อกันเป็นวงลูป การส่งข้อมูลจะสามารถส่งได้เฉพาะโหนดที่ต่อด้วยกันเท่านั้น ถ้าต้องการติดต่อกับโหนดที่ไม่ได้ต่อ ต้องใช้วิธีส่งผ่านจากโหนดที่ต่ออยู่เป็นทอด ๆ จนถึงปลายทางที่มีแอดเดรสตรงกับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

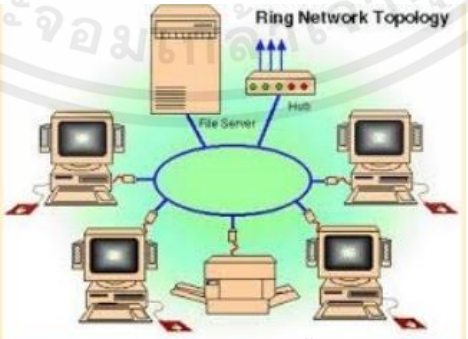


รูปที่ 2.5 โครงข่ายแบบวงแหวน (Ring Topology) [16]

ข้อดีของโครงข่ายแบบวงแหวน อาจจะมีค่าใช้จ่ายถูกที่สุด และถ้ามีการเสียหายไปหนึ่งลิงค์ ยังสามารถติดต่อถึงกันได้ทุกโหนดแต่ความเร็วในการสื่อสารจะด้อยลงไปด้วย

ข้อเสียของโครงข่ายแบบวงแหวน โอกาสที่ข้อมูลจะชนกันสูง เพราะไม่มีการควบคุม และถ้าลิงค์ขาดมากกว่าหนึ่งลิงค์เมื่อไรจะไม่สามารถติดต่อถึงกันได้ทุกโหนด

2.2.4 **โครงข่ายแบบวงแหวนโทเคน (Token Ring Topology)** ถูกพัฒนาโดยบริษัท IBM เมื่อปี 1970 ลักษณะการเชื่อมต่อไม่ได้แตกต่างจากโครงข่ายแบบวงแหวน เพียงแต่มีการเพิ่มโทเคน (Token) เพื่อเป็นตัวควบคุมป้องกันการส่งข้อมูลชนกัน



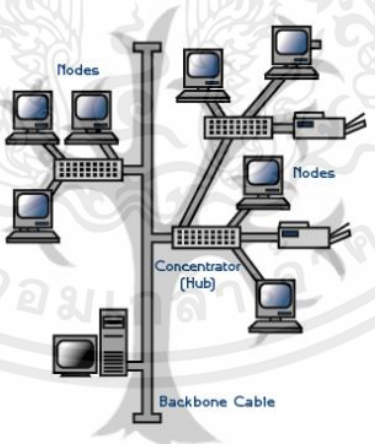
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 โครงข่ายแบบวงแหวนโทเคน (Token) [17]

โดยมีลักษณะการทำงานดังนี้

- เริ่มจากการเฟรมส่งข้อมูลเปล่า ๆ วนเป็นวงตามการเชื่อมต่อแบบวงแหวน
- ถ้าโหนดไหนพร้อมส่งข้อมูล ก็จะเพิ่มโทเคนเข้าไปที่เฟรมข้อมูล ตามด้วยข้อมูล และแอดเดรสโหนดปลายทาง แล้วส่งเฟรมนี้ต่อไป
- เมื่อโหนดถัดไปได้รับเฟรมข้อมูลมา จะเช็กแอดเดรสถ้าไม่ตรงกับของตัวเอง ก็จะส่งให้โหนดถัดไป
- โหนดปลายทางจะทำสำเนาข้อมูลนั้นไว้ แล้วก็รีเซตค่าโทเคนออกจากเฟรม แล้วส่งเฟรมนั้นกลับไปหาโหนดต้นทางอีกครั้ง
- เมื่อโหนดต้นทางได้รับเฟรมคืน และพบว่าโทเคนที่ใส่ไว้ถูกรีเซต ก็จะลบข้อมูลออกจากเฟรม แล้วส่งเฟรมเปล่าให้โหนดถัดไป

2.2.5 โครงข่ายแบบต้นไม้ (Tree Topology) เป็นการผสมผสานโครงข่ายแบบเส้นตรงและโครงข่ายแบบดาว ลักษณะการเชื่อมต่อเหมือนโครงข่ายแบบเส้นตรงทำหน้าที่เป็น “แบ็กโบน” (Backbone) โดยมีกลุ่มของโหนดต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกันเป็นแบบดาว



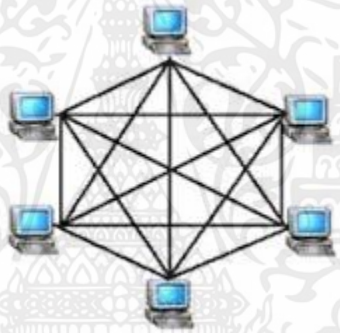
รูปที่ 2.7 โครงข่ายแบบต้นไม้ (Tree Topology) [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7 โครงข่ายแบบต้นไม้มีกฎในการเชื่อมต่อคือ เมื่อใดมีการใช้งานร่วมกันกับโพรโทคอลอีเธอร์เน็ต (Ethernet Protocol) ต้องเชื่อมต่อโครงสร้างตามกฎ 5-4-3 กฎนี้คือ

ระหว่างโหนดใด ๆ สองโหนดในโครงข่ายแบบต้นไม้จะมีกลุ่มที่เชื่อมต่อกันได้ไม่เกินห้ากลุ่ม โดยมีการเชื่อต่อกับอุปกรณ์เน็ตเวิร์ก เช่น ฮับหรือสวิตช์ไม่เกินสี่ตัวและจะมีได้เพียงสามกลุ่มเท่านั้น ที่สามารถมีโหนดมาเชื่อมต่อได้มากกว่าหนึ่ง

2.2.6 โครงข่ายแบบเมช (Mesh Topology) เป็นโครงข่ายที่เรียกว่าล่มยากที่สุด เนื่องจากทุกโหนดเชื่อมต่อมากว่าหนึ่งช่องทาง สำหรับโครงข่ายเมชแบ่งเป็นสองแบบ คือ Full Mesh โดยโหนดทั้งหมดถูกเชื่อมกันหมด ส่วนแบบ Partial Mesh คือบางโหนดอาจจะมีเฉพาะที่ทีการติดต่อบ่อย ๆ เท่านั้น



รูปที่ 2.8 โครงข่ายแบบเมช (Mesh Topology) [19]

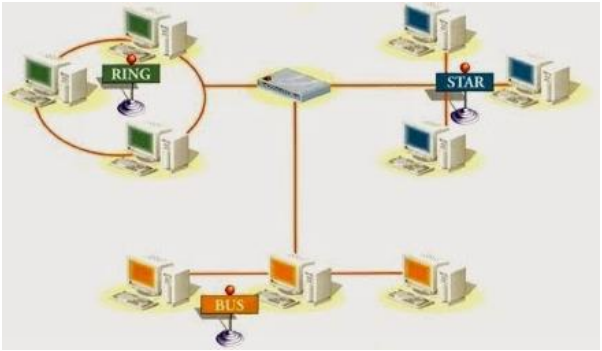
จากรูปที่ 2.8 โครงข่ายแบบเมชเป็นโครงข่ายที่การเชื่อมต่อทุก ๆ โหนดเข้าด้วยกันทั้งหมด

ข้อดีของโครงข่ายแบบเมช คือเน็ตเวิร์กมีความเสถียรมาก และถ้าโหนดใดเสีย โหนดอื่น ๆ ยังสามารถทำงานได้

ข้อเสียของโครงข่ายแบบเมช คือเปลืองสายเน็ตเวิร์กมาก และทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

2.2.7 โครงข่ายแบบไฮบริด (Hybrid Topology) เป็นโครงข่ายแบบผสมโดยใช้โครงข่ายที่ต่างกัน ตามที่กล่าวมาทั้งหมดมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน



รูปที่ 2.9 โครงข่ายแบบไฮบริด (Hybrid Topology) [20]

2.3 ทฤษฎีของ IP Address [3]

IP Address คือ หมายเลขที่อยู่เฉพาะของโหนดหรือโฮสต์ ที่อยู่บนเครือข่าย รวมถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ และ เราเตอร์ (Router) หมายเลขนี้เป็นที่อยู่ในชั้นเครือข่าย เลเยอร์ที่ 3 หมายเลขของแต่ละเครื่องที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันจะต้องไม่ซ้ำกัน อย่างไรก็ตามโฮสต์หนึ่งอาจจะมีหมายเลขไอพีได้มากกว่าหนึ่งเลขหมายก็ได้ ซึ่งอาจจะมีประโยชน์ในการจัดการภายในเครือข่าย เช่น เราเตอร์ หรือเกตเวย์ เป็นต้น

ปัจจุบันโพรโทคอล IP ที่ใช้งานอยู่ในเครือข่ายจะเป็นเวอร์ชัน 4 หรือ IPV4 จะเป็นไอพีที่มีขนาด 32 บิต จากเลขฐานสอง จะเป็นอะไรที่ยาวและยากต่อการจดจำ ดังนั้น เพื่อเป็นการง่าย หมายเลขไอพีจึงนิยมให้อยู่ในรูปแบบ Dotted Decimal Notation การเขียนให้อยู่ในรูปแบบนี้จะทำได้โดยการจัดกลุ่มเลขฐานสองเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 8 บิตหลังจากนั้นให้แปลงเลขฐานสองให้เป็นเลขฐานสิบ เมื่อแปลงเสร็จแล้วให้เอาเลขทั้งสี่ตัวมารวมกัน โดยใช้จุดเป็นตัวเชื่อม ตัวอย่าง 10101100 00010100 00000001 00011000 เขียนให้อยู่ในรูปแบบ Dotted Decimal Notation ก็จะได้เป็น 172.20.1.24 เป็นต้น เนื่องจากหมายเลขไอพีที่เป็นเลขฐานสิบนี้ เป็นการแปลงจากเลขฐานสอง 8 บิต ดังนั้นเลขฐานสิบแต่ละตัว จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เพราะฉะนั้นหมายเลขไอพีที่ถูกต้องจะอยู่ระหว่าง 0.0.0.0 ถึง 255.255.255.255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 คลาสของหมายเลขไอพี

โพรโทคอล IPV4 ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะแบ่งหมายเลขไอพีออกเป็น 5 คลาส

Class A : บิตแรกจะเป็นเลข 0 เท่านั้น และส่วนที่บอกหมายเลขเครือข่าย (Network ID) คือ 8 บิตแรก ดังนั้นจะมีได้ทั้งหมด 128 เครือข่าย (หมายเลข 0 จะไม่ใช้) ส่วนอีก 24 บิต ที่เหลือจะเป็นเลขที่ใช้บอก Host ID ดังนั้นในแต่ละเครือข่ายจะมี Host ทั้งหมด 16,777,124 เครื่อง (หมายเลข 0.0.0 และ 255.255.255 จะไม่ใช้) เนื่องจากเครือข่ายมีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวน Host ฉะนั้นเลข IP ประเภทนี้จึงไม่เหมาะสำหรับเครือข่ายขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยหลายเครือข่ายเชื่อมต่อกัน เพราะในการส่งข้อมูลระหว่างเครือข่ายนั้น Router จะใช้เฉพาะหมายเลขเครือข่ายเท่านั้น ดังนั้นเครือข่ายประเภทนี้ จึงเหมาะสำหรับเครือข่ายบุคคลมากกว่า

Class B : สองบิตแรกจะเป็น 10 เท่านั้น ส่วนหมายเลขเครือข่ายจะใช้ 16 บิตแรก ดังนั้นจำนวนเครือข่ายที่จะใช้ได้ทั้งหมด 16,382 เครือข่าย ส่วนอีก 16 บิต ที่เหลือเป็นหมายเลข Host ซึ่งจะทำให้ในแต่ละเครือข่ายมี Host ได้ทั้งหมด 65,534 เครื่อง

Class C : จะมีบิตเริ่มต้นเป็น 110 และเมื่อรวมกับ 21 บิต ต่อมาก็เป็นหมายเลขเครือข่าย ซึ่งจะได้ทั้งหมด 2,097,152 เครือข่าย ส่วน 8 บิต สุดท้ายเป็นหมายเลข Host ซึ่งมีทั้งหมด 254 เครื่อง

Class D : เลข IP ที่เริ่มต้นด้วย 1110 ซึ่งจะเป็นเลข IP ที่ใช้สำหรับ Multicasting หรือสำหรับการส่งข้อมูลแบบมี Host ปลายทางหลายเครื่อง แต่อาจจะอยู่คนละเครือข่ายกัน

Class E : ประเภทสุดท้าย คือ เลข IP ที่ขึ้นต้นด้วย 11110 เป็นหมายเลขเครื่องที่สงวนไว้ใช้ในอนาคต หมายเลขเหล่านี้จถูกกำหนดให้โดยศูนย์ข้อมูลเครือข่าย หรือ InterNIC (Internet Network Information Center)

ตารางที่ 2.1 Class หมายเลข IP

Class	IP เริ่มต้น	IP สิ้นสุด	Net ID (bit)	Host ID (bit)
Class A	0.0.0.0	127.255.255.255	8	24 = 16777216
Class B	128.0.0.0	191.255.255.255	16	16 = 65536
Class C	192.0.0.0	223.225.225.225	24	8 = 256
Class D	224.0.0.0	239.255.255.255	-	Multicast Address
Class E	240.0.0.0	247.255.255.255	-	Reserve

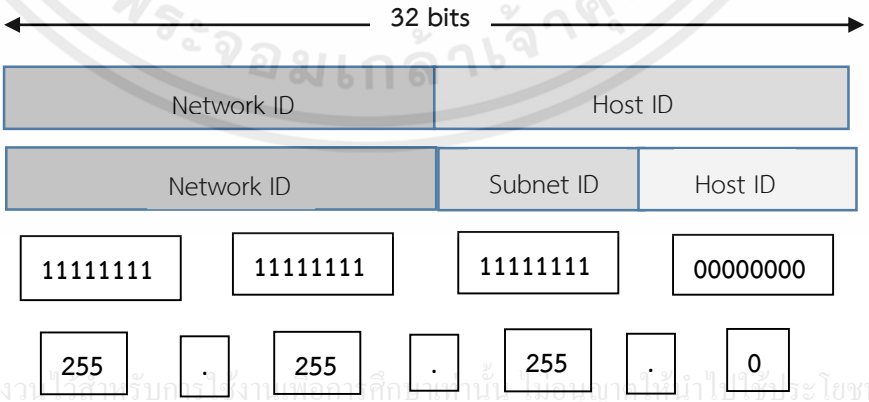
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 Subnet and Subnet Mask

ในระบบอินเทอร์เน็ตนั้น ศูนย์ข้อมูลเครือข่าย หรือ InterNIC (Internet Network Information Center) จะเป็นองค์กรที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการแจกหมายเลข IP เนื่องจากอินเทอร์เน็ตเติบโตเร็วมาก ทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้หมายเลข IP เพราะในไม่ช้าหมายเลข IP ที่มีทั้งหมด 32 บิต อาจถูใช้หมดได้ นั่นคือ ต้องมีวิธีการใหม่ที่จะกำหนดหมายเลข IP ให้กับ Host วิธีการหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาคือการเพิ่มจำนวนบิต ให้มากกว่า 32 บิต ซึ่งในเวอร์ชันนี้จะกำหนดให้หมายเลข IP มีขนาด 128 บิต หรือเรียกว่า IPV6 แต่นี้ยังคงต้องใช้เวลาอีกพอสมควร เพราะจะเป็นการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่

Subneting จะเป็นอีกวิธีที่ช่วยให้การใช้หมายเลข IP ได้คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น เนื่องจาก IP บางประเภท เช่น Class B จะมี Host ได้ทั้งหมด 65,534 เครื่อง ซึ่งอาจจะเป็นเครือข่ายที่ใหญ่เกินไปสำหรับบางองค์กร จึงทำให้หมายเลข IP บางส่วนไม่ได้ถูกใช้งาน การทำ Subnet เป็นการแก้ปัญหานี้ โดยการแบ่งเครือข่ายย่อย ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า Router จะใช้ส่วนที่เป็นหมายเลขเครือข่ายเท่านั้น สำหรับการจัดเส้นทาง หรือ Routing สำหรับบริษัทใหญ่ ๆ ที่ต้องการมีเครือข่ายย่อย ๆ หลายเครือข่าย จำเป็นที่จะต้องใช้เลข IP ประเภท C ถ้าบริษัทไม่มีวิธีจัดการสำหรับการแบ่งเครือข่ายย่อย แต่มีวิธีใช้แบ่งเครือข่ายใหญ่ให้เป็นเครือข่ายย่อย ๆ โดยเรียกว่า ซับเน็ต (Subnet) การแบ่งเครือข่ายย่อยๆจะถูกจัดการด้วย Router หรือ Gateway ของเครือข่ายนั้น ๆ เท่านั้น โดยที่ Host อื่น ๆ ที่อยู่นอกเครือข่ายนี้จะมองเห็นเครือข่ายนี้เป็นเครือข่ายเดียวเท่านั้น

การแบ่งเครือข่ายที่ใหญ่ให้เป็นหลายเครือข่ายย่อยนั้น ทำได้โดยการแบ่งเลข IP ส่วนที่หมายเลขของ Host มาเป็นหมายเลขของเครือข่าย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 การทำ Subnet Mask

จากรูปที่ 2.10 คือตัวเลขที่บ่งชี้ว่าส่วนไหนเป็นหมายเลข IP ของเครือข่าย และส่วนไหนเป็นหมายเลข IP ของ Host ในส่วนของ Subnet Mask จะมีความยาวเท่ากับหมายเลข IP คือ 32 บิต ซึ่งจะเริ่มด้วยแถวของหมายเลข 1 เรียงกัน และตามด้วยหมายเลข 0 การคำนวณหมายเลขเครือข่ายย่อยจะทำได้โดยการ AND ระหว่างเลข Subnet Mask และหมายเลข IP โดยค่า Default แล้ว Subnet Mask ของหมายเลข IP แต่ละ Class จะแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 ค่า Default ของแต่ละ Class

Class	Net Mask	Dotted Decimal Notation
A	11111111 00000000 00000000 00000000	255.0.0.0
B	11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0
C	11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0

มีเหตุผลหลายอย่างที่ทำให้การทำ Subnet Mask เป็นเรื่องจำเป็น เช่น หมายเลข IP ของ Class A และ Class B จะมีจำนวนของ Host ที่มากเกินกว่าที่จะให้เป็นเครือข่ายเดียวได้ เนื่องจากปริมาณของข้อความการ Broadcast มากเกินไป เพื่อให้การใช้หมายเลข IP คุ้มค่า จึงจำเป็นต้องแบ่งหมายเลข IP เหล่านั้น ให้เป็นเครือข่ายย่อย แล้วใช้ Router เชื่อมเครือข่ายย่อย ๆ เหล่านั้น ทำให้จำกัด Broadcast Packet ให้อยู่เฉพาะเครือข่ายย่อยเท่านั้น

2.4 การประกันคุณภาพการให้บริการ (Quality of Service : QoS) [4] [9] [10]

การประกันคุณภาพการให้บริการ QoS จะมีคุณสมบัติในการควบคุมประสิทธิภาพการบริการบนเครือข่ายให้ดียิ่งขึ้น โดยมีวิธีการพื้นฐานการให้บริการของ QoS มีอยู่ 2 แบบคือ การรับประกันด้วยการทรัพยากรของเครือข่าย (Reservation) ก่อนการส่งข้อมูล และการจัดลำดับความสำคัญข้อมูล (Prioritization) โดยข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะได้รับบริการหรือการส่งก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 กลไกของการรับประกันคุณภาพการให้บริการ (QoS)

การพัฒนาการประกันคุณภาพการให้บริการ (QoS) สำหรับการจัดลำดับการให้บริการแพ็กเกจบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

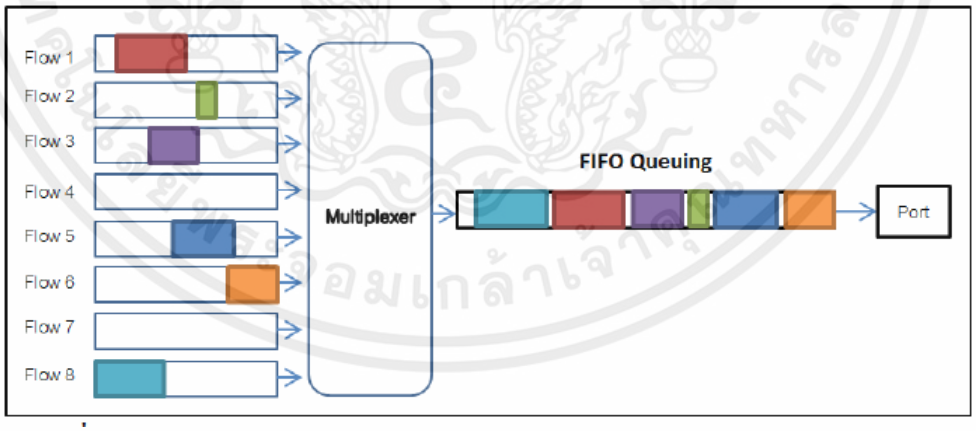
การจัดการกับคิว (Queuing) ส่วนนี้ทำหน้าที่จำแนกแล้วส่งเข้าสู่คิวที่เหมาะสม การจัดการกับแพ็กเกจเมื่อคิวเต็มและนำแพ็กเกจออกจากคิว เมื่อแพ็กเกจเข้าสู่ขั้นตอนการจัดลำดับการส่งข้อมูล

การจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเกจ (Classification) คือการจัดกลุ่มแพ็กเกจไปจัดเก็บในคิวที่เหมาะสม โดยแล้วแต่สถาปัตยกรรมที่ใช้ เช่น สถาปัตยกรรมแบบการรวมการบริการ (Integrated Service : IntServ) และการแบ่งการบริการ (Differentiated Service : DivServ)

การจัดลำดับการส่งข้อมูล (Scheduling) คือส่วนที่พิจารณาว่าแพ็กเกจใดควรได้รับบริการก่อนหลังตามหลักเกณฑ์และข้อกำหนดที่ตั้งไว้ โดยจะทำการจัดลำดับการนำส่งแพ็กเกจที่ต้องการออกจากคิว

2.4.2 เทคนิคการจัดคิว (Scheduling Algorithm)

การจัดคิวแบบเข้าก่อน ออกก่อน (First in- First out Queuing) เป็นเทคนิคพื้นฐานของการจัดคิวที่นิยมใช้ใน Router มากที่สุด จะไม่มีการระบุประเภทของสิทธิ์ในการเข้าใช้งาน เทคนิคนี้ถือว่ามีประสิทธิภาพและเหมาะกับการเชื่อมโยงที่มีความจุสูงไม่ต้องการความล่าช้ามาก Router สามารถส่งแพ็กเกจได้อย่างรวดเร็วในลำดับที่แพ็กเกจยังเหมือนเดิม แต่จะส่งผลกับโปรแกรมประยุกต์ (Application) ประเภทที่ต้องการโต้ตอบทันทีทันใด

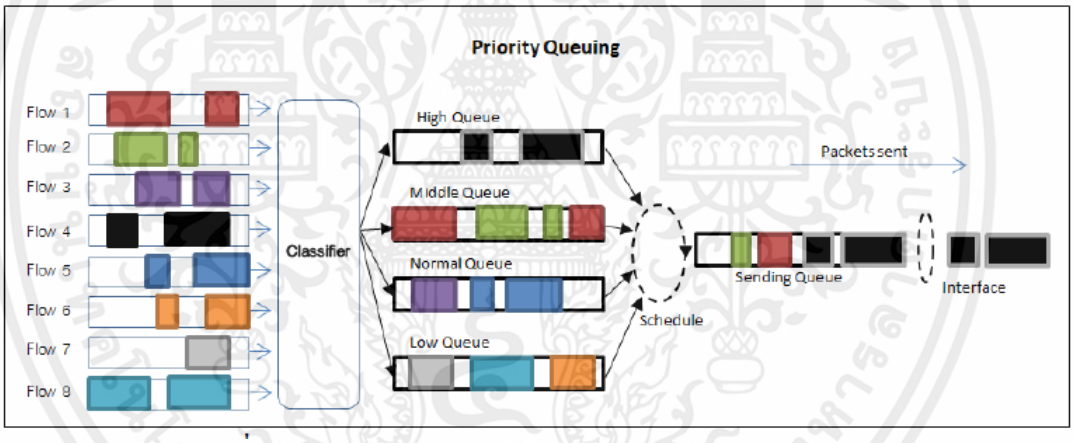


รูปที่ 2.11 การจัดคิวแบบเข้าก่อน ออกก่อน (First in-First out Queuing) [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.11 แสดงการจัดคิวแบบเข้าก่อนออกก่อน จะมีลักษณะการรับแพ็กเกจที่เข้ามาจะถูกนำส่งออกตามปกติโดยไม่มีการให้ความสำคัญกับแพ็กเกจใด ๆ ซึ่งแพ็กเกจใดเข้ามาก่อนจะได้รับการส่งออกไปก่อน

การจัดคิวแบบการจัดลำดับคิว (Priority Queuing : PQ) เป็นเทคนิคการจัดแพ็กเกจตามลำดับความสำคัญให้กับแพ็กเกจในการเข้าใช้สิทธิในเครือข่ายด้วยการแบ่งหน่วยความจำของ Router ออกเป็นหลายคิวเพื่อรองรับแพ็กเกจที่มีความสำคัญในระดับที่ต่างกัน โดยจะให้บริการแพ็กเกจที่มีความสำคัญสูงก่อนเสมอ ข้อดี คือสามารถรับประกันแพ็กเกจของโปรแกรมประยุกต์ (Application) หลัก ๆ จะได้รับการบริการทันที ข้อเสีย คือแพ็กเกจที่มีความสำคัญต่ำก็อาจรอคิวนานเกินถ้ามีแพ็กเกจที่มีความสำคัญสูงเข้ามาตลอดเวลา

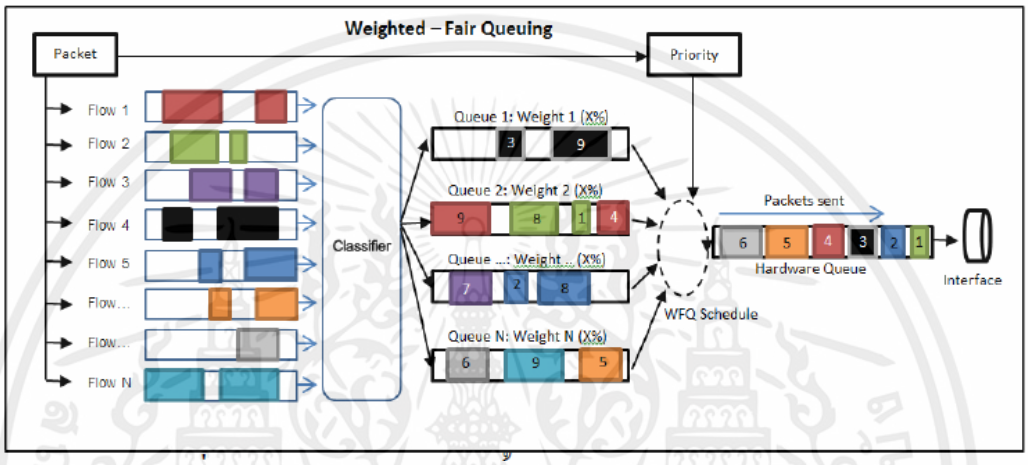


รูปที่ 2.12 การจัดคิวแบบการจัดลำดับคิว (Priority Queuing : PQ) [10]

จากรูปที่ 2.12 แสดงการจัดคิวแบบการจัดลำดับคิว ซึ่งแพ็กเกจที่เข้ามาจะถูกจัดกลุ่มตามลำดับความสำคัญ แพ็กเกจที่มีความสำคัญสูงสุดก่อนถูกนำส่งออกไปก่อน จากรูปที่ 2.12 แบ่งเป็น 4 ระดับความสำคัญ แพ็กเกจสัญลักษณ์สีดำมีความสำคัญสูงสุดจึงได้ถูกนำส่งออกไปก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดคิวแบบการให้น้ำหนัก (Weighted Fair Queuing : WFQ) หรือ Flow-based WFQ เป็นเทคนิคการจัดคิวที่ให้ความสำคัญกับ Traffic โดยการดูปริมาณ และขนาดของ Traffic ซึ่งมีขนาดเล็กจะมีลำดับความสำคัญสูงกว่า Traffic ที่มีขนาดใหญ่ แล้วจัดสรร Bandwidth ให้กับแต่ละคิว ข้อดีคือการแบ่ง Bandwidth ตามค่าน้ำหนัก อีกทั้งใช้งานได้ดีกับเครือข่ายที่มีขนาดแพ็กเกจแตกต่างกันมาก แต่จะมีความซับซ้อนในเรื่องของการคำนวณอยู่มาก



รูปที่ 2.13 การจัดคิวแบบการให้น้ำหนัก (Weighted Fair Queuing : WFQ) [10]

จากรูปที่ 2.13 แสดงถึงการจัดคิวแบบการให้น้ำหนัก หมายถึงมีการจัดสรรแบนด์วิดท์ให้กับแต่ละคิวตามค่าถ่วงน้ำหนัก ซึ่งแบ่งเป็นค่าร้อยละของขนาดแบนด์วิดท์ของฝั่งขาออก

ทั้งหมดจะเห็นได้ว่า First in – First out Queuing : FIFO นั้น จะเป็นเทคนิคพื้นฐานของจัดคิวของทุกสถาปัตยกรรมของ Quality of Service (QoS) แต่เทคนิคการจัดคิวแบบจัดลำดับ (Priority Queuing : PQ) และแบบการให้น้ำหนัก (Weighted-Fair Queue : WFQ) จะเป็นเทคนิคที่ใช้ในประเภทแบบจำลองการแบ่งการบริการ (Differentiated Service : DiffServ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 เกณฑ์วัดคุณภาพการให้บริการ (QoS)

เกณฑ์วัดที่ 1 การมีให้ใช้งานได้ (Availability) คือการกำหนดความพร้อมของเครือข่าย อาจวัดในรูปของ เปอร์เซ็นต์ ส่วนมากคาดหวังว่าสามารถใช้งานเครือข่ายได้ทั้ง 100% หรือเวลาของการใช้งานไม่ได้ (Downtime) มีค่าเป็นศูนย์ แต่ในความเป็นจริงไม่มีเครือข่ายใดสามารถให้บริการได้เช่นนั้น โดยมากผู้ให้บริการเครือข่ายจะตั้งค่าให้ต่ำกว่านี้ องค์ประกอบที่ทำให้เกณฑ์นี้ประสบความสำเร็จ คือ ความน่าเชื่อถือและความทนทานของอุปกรณ์เครือข่าย ความมีเสถียรภาพของซอฟต์แวร์ และความสามารถในการพัฒนาหรือปรับปรุงเครือข่าย

เกณฑ์วัดที่ 2 ช่องสัญญาณที่ส่งได้ (Throughput) หมายถึง การนำส่งข้อมูลจากจุดต้นทางไปปลายทางได้สำเร็จ ในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งมักกำหนดในหน่วยบิตต่อวินาที (bps) สิ่งที่ต้องทำความเข้าใจคือ ค่านี้ไม่ได้หมายถึงค่าสูงสุดของวงจรสื่อสาร หรือช่องสัญญาณที่สามารถรับส่งได้ (Bandwidth) เพราะผู้ใช้รายอื่นสามารถใช้วงจรสื่อสารนี้ร่วมด้วยได้ ดังนั้นผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) จึงใช้ค่า Throughput เป็นการรับประกันขนาดน้อยที่สุดของวงจรสื่อสารที่จะจัดสรรให้ใช้ได้ (Minimum Throughput Guarantee) เช่น ถ้าได้เช่าวงจรขนาด 64 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) และ ISP ได้รับประกันว่าผู้เช่าจะใช้เครือข่ายได้ไม่ต่ำกว่า 32 kbps ในกรณีนี้ค่า 32 เป็นค่า Throughput ต่ำสุดที่ผู้ใช้งานต้องได้รับ สาเหตุที่ต้องรับประกันค่า Throughput เพราะบริการหรือ Application บางอย่างจำเป็นต้องมี Bandwidth เพียงพอจึงสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การส่งสัญญาณภาพพร้อมเสียง

เกณฑ์วัดที่ 3 เวลาเลเทนซี่ (Latency) มีความหมายเหมือนกับเวลาหน่วง (Delay) ซึ่งเป็นค่าจากการเดินทางของแพ็กเกจจากต้นทางไปยังปลายทาง สมมติแพ็กเกจเดินทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องให้บริการที่อยู่ห่างออกไป 5,000 กิโลเมตร ใช้เวลา 150 มิลลิวินาที ค่าเวลาเลเทนซี่คือ 150 ซึ่งเวลานี้อาจเกิด

- Transmission delay : เป็นเวลาหน่วงของสื่อนำสัญญาณ
- Queuing delay : เป็นเวลาที่แพ็กเกจต้องรออยู่ในคิว ก่อนนำส่ง เมื่อเกิดความคับคั่งในเครือข่าย
- Packet reassembly delay : เป็นเวลาที่เกิดขึ้นเมื่อมีการรวมดาต้าแกรมชุดเดียวกันให้เป็นแพ็กเกจ

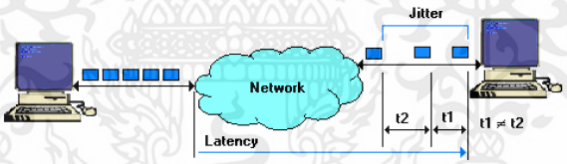
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Router and other processing delay : เกิดจากโหนดที่เป็น ขาเข้า-ออก ของเครือข่าย หรือเกตเวย์ได้ใช้เวลาในการพิจารณา และเปลี่ยนข้อมูลบางอย่างในหัวของแพ็กเกจ เช่น hop count ใน time-to-live เป็นต้น
- Other computer and storage delay : เป็นเวลาที่เกิดขึ้นที่จุดปลายทางเมื่อมีการบันทึกข้อมูลลงสื่อ และเวลาในการเข้าถึงหน่วยบันทึกของอุปกรณ์จำพวกสวิตช์ และบริดจ์

เกณฑ์ที่ 4 เวลาจิตเตอร์ (Jitter) เป็นเวลาผันผวนของเวลาหน่วง (Delay variation) หรือเป็นความแตกต่างของเวลาลาเทนซี่ที่เกิดขึ้นกับแพ็กเกจ หรืออธิบายด้วยสูตรคณิตศาสตร์ดังนี้

Jitter = [Latency (P_n) – Latency (P_{n-1})] เมื่อ n คือลำดับที่ของแพ็กเกจ

เช่น ผู้ส่งได้ส่งแพ็กเกจออกไปโดยที่แต่ละแพ็กเกจมีเวลาห่างกัน 30ms หากเวลาที่แต่ละแพ็กเกจเดินทางไปถึงผู้รับห่างกัน 30 ms เท่ากันตลอด หมายความว่า Jitter มีค่าเป็นศูนย์ แต่ถ้าเวลาระหว่างสองแพ็กเกจที่ไปถึงผู้รับมีค่ามากกว่า 30 ms แสดงว่าแพ็กเกจที่ส่งออกครั้งหลังใช้เวลาไปถึงปลายทางมากกว่าแพ็กเกจก่อนหน้า สำหรับการส่งข้อมูลในเครือข่ายไอพี ที่แพ็กเกจมีอิสระในการเลือกเส้นทาง หากระยะเวลาแพ็กเกจมีค่าไม่เท่ากันจะส่งผลให้ข้อมูลไปถึงปลายทางผิดลำดับ ซึ่งกระทบโดยตรงกับ Application ที่ต้องทำงานแบบเวลาจริง (Real time) เช่นข้อมูลเสียง และภาพเคลื่อนไหว



รูปที่ 2.14 เวลาเลเทนซี่ (Latency) และ เวลาจิตเตอร์ (Jitter) [21]

จากรูปที่ 2.14 หากแพ็กเกจใช้เวลาในการมาถึงปลายทางไม่เท่ากันจะส่งผลให้การเล่นเสียงและภาพเกิดการขาดช่วง หรือกระตุกได้

เกณฑ์วัดที่ 5 การสูญหาย (Loss) หมายถึงความผิดพลาดในระดับบิตของแพ็กเกจ ในขั้นตอนการนำส่งข้อมูล แพ็กเกจที่สูญหายจริง และแพ็กเกจที่ถูกทิ้งเมื่อเกิดคับคั่งขึ้นบนเครือข่าย ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้งาน Application ของแต่ละประเภท เช่น Video Conference ต้องการบริการที่มีค่าหน่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำ ส่วนงานจำพวก E-Commerce, E-mail และ Web ต้องการความถูกต้องของข้อมูลสูง และหากมีการส่งข้อมูลช้าบ้างสามารถยอมรับได้ เป็นต้น

การที่จะทำให้เกิด QoS บนเครือข่ายนั้นการเข้าใจในธรรมชาติของการสื่อสารของ Application เป็นเรื่องสำคัญอย่างหนึ่ง เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถกำหนดวิธีการให้บริการได้อย่างเหมาะสมต่อไป

2.5 Manual : Queues [5] [6] [7]

การดำเนินงานของ Queue ในอุปกรณ์ Mikrotik Router OS เป็นพื้นฐานของ HTB (Hierarchical Token Bucket) ซึ่งจะสร้างโครงสร้างลำดับชั้นและกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง Queue.

2.5.1 Hierarchical Token Bucket (HTB)

HTB เป็นกระบวนการจัดระดับคิวใช้ประโยชน์สำหรับการจัดการความแตกต่างของประเภท ปริมาณและทราฟฟิก โดยมี 3 ขั้นตอนพื้นฐานดังนี้

- **Match and mark traffic** คือการจำแนกข้อมูลทราฟฟิกเพื่อนำไปใช้งานต่อไป ประกอบด้วยการจับคู่ที่ตรงกันตามพารามิเตอร์เพื่อเลือกแพ็กเกจสำหรับระบุประเภท
- **Create rules (policy) to mark traffic** คือกำหนดกฎการทำงานในแต่ละกลุ่ม และระบุประเภทของทราฟฟิกเข้าไปในคิว
- **Attach policy for specific interface(-s)** ผนวกนโยบายสำหรับระบุ Interface ทั้งหมด (global-in, global-out หรือ global-total) และที่มาของคิว

HTB อนุญาตให้สร้างคิวเป็นลำดับชั้นและกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างคิวได้ สามารถสร้างคิวแยกย่อยที่มีความสำคัญน้อยกว่าอยู่ภายในคิวหลักได้ คิวแยกย่อยจะถูกสร้างตามทราฟฟิกที่ใช้งานแล้วทำหน้าที่กระจายทราฟฟิกเท่านั้น ซึ่งใน Router OS มีความจำเป็นต้องระบุคิวตัวเลือกหลักเพื่อกำหนดรายการของคิวแยกย่อย

ความสำคัญของคิวหลักทำหน้าที่กระจายทราฟฟิกไปที่คิวแยกย่อยเพื่อให้สามารถเข้าถึงข้อจำกัดสูงสุดได้ และคิวที่มีความสำคัญสูงจะได้ทราฟฟิกที่สูงก่อนคิวที่มีความสำคัญต่ำตามข้อจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 Simple Queues

คือฟังก์ชัน Simple Queue ที่มีอยู่ในอุปกรณ์ Mikrotik Router OS ทำหน้าที่ในการสร้าง QoS จัดการแพ็กเกจและแบนด์วิดท์ของระบบเน็ตเวิร์ก โดยมีวิธีการจำกัดอัตราข้อมูลให้กับ IP Address และ Subnets อย่างง่าย นอกจากนี้ประโยชน์การนำไปใช้คือ การจัดการทราฟฟิก การสร้างกฎของคิว การจัดลำดับความสำคัญเพื่อนำไปใช้งาน

ในแต่ละแพ็กเกจที่ผ่าน Simple Queue จะถูกตรวจสอบให้ตรงตามเงื่อนไขของกฎพารามิเตอร์ที่สร้างไว้ทุก ๆ คิว

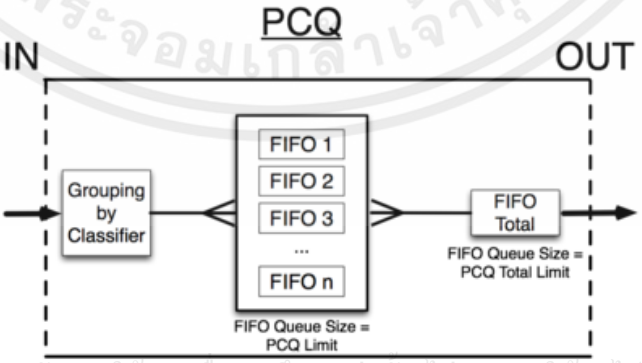
2.5.3 Queue Tree

คือฟังก์ชันที่มีอยู่ในอุปกรณ์ Mikrotik Router OS ทำหน้าที่สร้าง QoS แบบทิศทางเดียวและแยก Interface เท่านั้นคือการ Upload จะได้รับจาก Public interface เท่านั้นและการ Download จะไปที่ Private interface เท่านั้น

ทุกแพ็กเกจที่ผ่าน Queue Tree จะถูกตรวจสอบให้ตรงตามเงื่อนไขของของพารามิเตอร์ที่สร้างไว้ทุก ๆ คิว

2.5.4 Per Connection Queue (PCQ)

PCQ เป็นฟังก์ชันเสริมที่มีอยู่ในพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน Simple Queue และของฟังก์ชัน Queue Tree สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ QoS ที่มากกว่าการจัดการ Queue เหมือนกับการแบ่งย่อย (sub-streams) สำหรับตัวอย่าง ความสามารถการแบ่งย่อยการ Download หรือ Upload โดยเฉพาะ client กับ IP หรือการเชื่อมต่อกับ Server

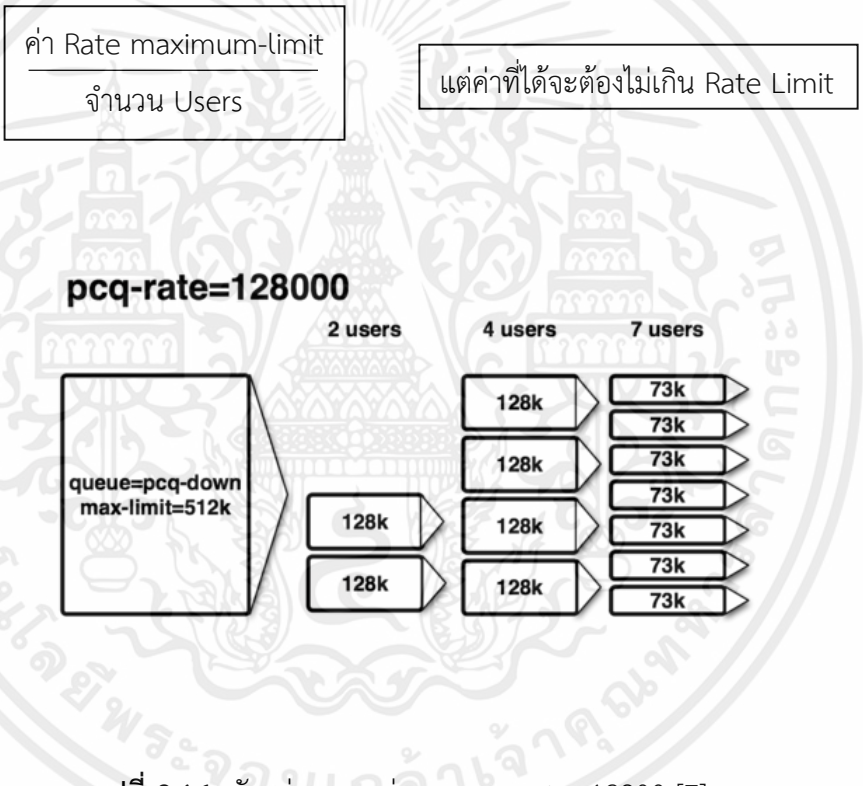


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 ขั้นตอนการทำงานของ PCQ [7]

จากรูปที่ 2.15 ขั้นตอนการทำงานของ PCQ เริ่มจากการจำแนกประเภทที่เลือกตั้งค่าไว้ เพื่อแยกแยะ sub-stream หนึ่งจากอีกอันหนึ่ง จากนั้นเป็นการทำงานแบบ First in–First out Queuing : FIFO จัดการตามขนาดและข้อจำกัดตามกฎที่ตั้งค่า จึงนำค่าของทุก sub-stream มารวมเข้าด้วยกัน ทั้งหมดจะเป็นขนาดและข้อจำกัดของคิวทั้งหมด

PCQ Rate คือการจำกัดแบนด์วิดท์ สามารถเห็นได้จากตัวอย่างต่อไปว่า การที่กำหนดหรือถ้าไม่ได้กำหนด rate ของ PCQ จะมีความแตกต่างกันอย่างไร

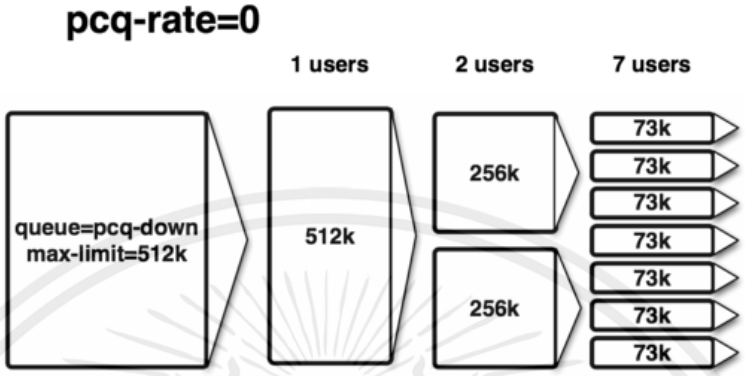


รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการแบ่งของ pcq-rate=12800 [7]

จากรูปที่ 2.16 ถ้ากำหนดค่าสูงสุดของ pcq-rate = 128 kbps แล้วค่าอัตราวมทั้งหมดที่ได้รับของ Download = 512 kbps ในกรณีที่มีผู้ใช้งานจำนวน 2 หรือ 4 Users ตามรูปที่ 2.16 จะได้ใช้งานแค่ค่าสูงสุดของ pcq-rate ที่กำหนดไว้ 128 kbps แต่ถ้ามีผู้ใช้งานที่มากกว่าเช่น 7 Users ทำให้ได้แบนด์วิดท์คนละ 73 kbps ตามรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งถ้าสรุปผลตามรูปแสดงว่าช่วงการใช้งาน 1 ถึง 3 Users ตามลำดับนั้นทำให้มีค่า Rate ที่จำกัดสูงสุดไม่เกินคนละ 128 kbps จึงมีค่าแบนด์วิดท์เหลือที่ไม่ถูกใช้งาน



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการแบ่งของ pcq-rate = 0 [7]

จากรูปที่ 2.17 ถ้ากำหนดค่า pcq-rate = 0 หมายความว่าไม่มีค่าจำกัด rate สูงสุดทำให้ได้ค่ารวม maximum ตามรูปที่ 2.17 ค่าแบนด์วิดท์ทั้งหมดได้ถูกนำมาใช้ทุกช่วงของการทำงาน

2.5.5 สรุป

Queues ถูกนำมาใช้จำกัดและให้ความสำคัญทราฟฟิกได้ดังนี้คือ

- ใช้จำกัดอัตราข้อมูลสำหรับบาง IP Address, subnets, protocols, ports, และพารามิเตอร์ต่างๆ
- ใช้จำกัดทราฟฟิก peer-to-peer
- จัดลำดับความสำคัญให้กับแพ็กเกจ
- การกำหนดค่าให้เข้า web browsing ให้เร็วขึ้น
- การจำกัดข้อแตกต่างพื้นฐานตามเวลา
- การแบ่งทราฟฟิกที่มีอยู่ให้กับผู้ใช้งานเท่าเทียมกัน หรือขึ้นอยู่กับโหลดที่ได้รับของแต่ละช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

2.6 บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 โปรแกรมบริหารจัดการแบนด์วิดท์ของเครือข่าย QoS Generator [8] [9]

การจัดการแบนด์วิดท์ของเครือข่ายด้วย QoS Generator เป็นโปรแกรมประเภท Web Application ที่มีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการควบคุมปริมาณข้อมูลที่เกิดขึ้นในเครือข่ายขององค์กรต่าง ๆ โดยทำการติดตั้งบนเครื่อง Server ที่ใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ โดยอาศัยหลักการของการติดต่อกับเคอร์เนลของลีนุกซ์ ผ่านการสร้างชุดคำสั่งต่าง ๆ (Generated Command) ผ่านทางตัวโปรแกรม โดยโปรแกรมนั้นเน้นการออกแบบอินเตอร์เฟสให้ใช้งานได้อย่างง่ายดาย อีกทั้งยังเป็นระบบที่สามารถติดตั้งได้โดยง่าย เหมาะสำหรับการใช้ควบคุมปริมาณข้อมูล และจัดการบริหารปริมาณแบนด์วิดท์สำหรับรองรับบริการต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้งานในเครือข่ายขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ได้สรุป QoS Generator เป็นเครื่องมือการจัดแบ่งแบนด์วิดท์ของเครือข่ายภายในองค์กร โดยระบบสามารถอนุญาตให้ผู้ควบคุมเครือข่ายกำหนดขนาดของแบนด์วิดท์ที่ใช้ได้ตามความต้องการ ซึ่งรายงานนี้นอกจากแสดงวิธีการใช้งานระบบแล้ว ยังได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบเมื่อถูกกำหนดขนาดของแบนด์วิดท์แยกออกเป็นหลายกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มสามารถกำหนดขนาดของแบนด์วิดท์ให้บริการต่าง ๆ แยกประเภทตามบริการ โดยมุ่งเน้นให้เครือข่ายสามารถให้บริการที่ดี (Good Throughput) สำหรับบริการหลัก เช่น HTTP และ FTP ในขณะเดียวกันจะควบคุมการใช้บริการที่จะใช้แบนด์วิดท์มากและรบกวนบริการอื่น ๆ เช่น P2P เป็นต้น โดยประสิทธิภาพของเครือข่ายสามารถถูกกำหนดโดยผู้ควบคุมเครือข่ายได้โดยง่ายเมื่อใช้ระบบนี้ และจากการทดลองใช้เครื่องมือนี้ในการจัดการแบนด์วิดท์ของเครือข่ายจริง พบว่าสามารถควบคุมขนาดของแบนด์วิดท์ที่กำหนดได้ทุกกรณีหรือ 100 เปอร์เซ็นต์

QoS Generator นั้นยังสามารถนำไปพัฒนาได้อีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องความมั่นคงและปลอดภัย (Security) ของตัวโปรแกรม ด้วยเหตุที่โปรแกรมนี้เป็นงานประยุกต์บนเว็บ (Web Application) โดยโปรแกรมนี้จะเปิดเป็นโอเพนซอร์ส สามารถดาวน์โหลดได้จาก http://www.mirror.in.th สามารถติดตั้งได้กับระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ ผู้พัฒนาได้ทดสอบระบบใน Traffic Control และโปรแกรม QoS Generator บนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ BLS (Burapha Linux Server). Ubuntu. Fedora และใช้งานได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การเปรียบเทียบการประกันคุณภาพให้บริการ QoS สำหรับข้อมูลภาพและเสียงด้วยเทคนิคการจัดคิว [10]

เป็นแนวคิดการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรเครือข่าย และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้เครือข่ายที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ และให้การตอบสนองการใช้งานโปรแกรมประยุกต์แบบเรียลไทม์ (Real-Time Application) เช่น ข้อมูลภาพ (Video) และข้อมูลเสียง (Voice) ให้สามารถเชื่อมต่อได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และต่อเนื่องด้วยการใช้หลักการจองทรัพยากรบนเครือข่ายก่อนที่จะเริ่มส่งข้อมูล (Reservation) หรือการจัดลำดับความสำคัญในการส่งข้อมูล (Prioritization)

การทดลองนี้ จะเน้นในส่วนของการจัดลำดับความสำคัญในการส่งข้อมูล (Prioritization) ด้วยการเปรียบเทียบการใช้เทคนิคการจัดการคิว (Queuing) จำนวน 3 แบบ คือ การจัดการคิวแบบเข้าก่อนออกก่อน (First-In-First-Out : FIFO) แบบการจัดลำดับคิว (Priority Queue : PQ) และ แบบการให้น้ำหนัก (Weighted Fair Queue : WFQ) ด้วยการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ (Application) ประเภทภาพ (Video) และเสียง (Voice) ซึ่งเป็นข้อมูลประเภทที่ต้องการค่าหน่วง (Delay) และมีค่าการเปลี่ยนแปลงของดีเลย์ (Jitter) น้อยตลอดจนสามารถยอมรับได้หากข้อมูลสูญหาย (Packet Loss) บ้าง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำผลการทดลองไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการรับประกันคุณภาพการให้บริการ (QoS) อย่างเหมาะสมต่อไป

ได้สรุป การทดลองเพื่อเปรียบเทียบการประกันคุณภาพการให้บริการ QoS สำหรับข้อมูลภาพนั้นการใช้เทคนิคการจัดคิวแบบการให้น้ำหนัก (WFQ) มีผลการทดลองที่ดีกว่าการจัดคิวแบบจัดลำดับคิว (PQ) และแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO) และสำหรับข้อมูลเสียงนั้นการใช้เทคนิคการจัดคิวแบบการใช้น้ำหนัก (WFQ) ก็ยังให้ผลการทดลองที่ดีพอ ๆ กับการจัดคิวแบบการจัดลำดับคิว (PQ) นั่นเป็นเพราะเทคนิคการจัดคิวแบบนี้ มีการแบ่งปันแบนด์วิดท์ตามค่าน้ำหนัก ทำให้ส่งสัญญาณที่ส่งได้ (Throughput) สามารถใช้งานได้อย่างมีปะสิทธิภาพ เนื่องจากมีแบนด์วิดท์เพียงพอ โดยสามารถส่งแพ็กเกจได้ประมาณ 630-650 แพ็กเกจต่อวินาที (Packets/Sec) อีกทั้งเทคนิคนี้ยังใช้งานได้ดี กับเครือข่ายที่มีขนาดแพ็กเกจที่มีความแตกต่างกันอย่างข้อมูลภาพและเสียงทำให้ค่าหน่วง และค่าเวลาจิตเตอร์ ต่ำกว่าเทคนิคทั้ง 2 แบบ ส่งผลให้การบีบอัดข้อมูลภาพสามารถทำได้เร็วกว่าลดปัญหาการกระตุก หรือค้างของภาพได้มากกว่า และสำหรับการใช้งานข้อมูลเสียงที่แพ็กเกจเล็ก และให้บริการแบบเรียลไทม์ก็สามารถทำได้ดีกว่า ในขณะที่การสูญหายของแพ็กเกจ (Packet Loss) ก็มีอัตราการสูญหายและทิ้งแพ็กเกจน้อยกว่าการใช้เทคนิคทั้ง 2 แบบ เช่นกัน ซึ่งทั้งหมดก็จะเห็นได้ว่าเทคนิคการจัดคิวแบบใช้น้ำหนัก (WFQ) มีความเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในการประกันคุณภาพการ

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใดๆ...

ให้บริการ (QoS) สำหรับข้อมูลภาพและเสียงมากกกว่าจัดลำดับคิว (PQ) และแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO)

2.6.3 การวิเคราะห์ผลกระทบการใช้งาน SIMPLE QUEUE กับ PER CONNECTION QUEUE (PCQ) [11] [12]

ความต้องการเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทางอินเทอร์เน็ตมีจำนวนมาก จากที่มีการร้องเรียนบ่อยถึงการใช้งานว่า ถ้ามีบุคคลจำนวนหนึ่งเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ก็จะมีบุคคลอีกจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถเข้าใช้งานอินเทอร์เน็ตได้เลย จึงมีความต้องการขยายเครือข่ายให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีแบนด์วิดท์ที่มากพอแล้วสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทางสถาบันจึงได้เตรียมการใช้งาน QoS บน Mikrotik Router OS เพื่อใช้จัดการแบนด์วิดท์ที่ได้ โดยฟังก์ชัน Queue และยังมีฟังก์ชันที่อำนวยความสะดวกที่เรียบง่ายเรียกว่า PCQ ซึ่งเป็นฟังก์ชันส่วนหนึ่งของ Queue โดยทำการวิเคราะห์ผลของการทำงานทั้งสองฟังก์ชันนี้ว่ามีระดับประสิทธิภาพจัดการแบนด์วิดท์อย่างไรระหว่าง Simple Queue และ PCQ

โดยที่งานวิจัยที่อ้างอิงนี้ จะมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ประสิทธิผลของการใช้งาน Simple Queue กับ PCQ ในการจัดการแบนด์วิดท์ (ซึ่งเป็นกรณีศึกษาของสถาบัน Amikom Mataram) ด้วยวิธีการเชิงปริมาณ เป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือมีผลคาดหวังกับประสิทธิภาพของ Simple Queue และ PCQ ในการจัดการแบนด์วิดท์ ซึ่งประโยชน์การศึกษาครั้งนี้เป็นการจัดเตรียมให้ความสะดวกในการใช้งานอินเทอร์เน็ต ในขณะที่การรวบรวมข้อมูลเทคนิคเชิงปริมาณไว้ใช้สำหรับการศึกษาต่อไป

ได้สรุป ในการทำเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมันสำคัญที่การจัดการแบนด์วิดท์ เพราะทำให้ได้ประโยชน์ใช้งานที่เท่าเทียมกัน การจัดการแบนด์วิดท์สามารถใช้ทำเป็น Proxy โดยใช้ฟังก์ชัน Simple Queue และ PCQ

2.6.4 การดำเนินงานของ Queue Tree สำหรับการจัดการแบนด์วิดท์ในสถาบัน Modern Campus Network Architecture [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

การจัดการแบนด์วิดท์ในสถาบันเป็นความจำเป็นพื้นฐานที่ต้องได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง การใช้งานคิวเป็นเทคนิคการแบ่งแบนด์วิดท์ตามความต้องการตามสัดส่วนของผู้ใช้ และเทคนิคนี้สามารถทำงานได้อย่างคล่องตัวในการจัดระเบียบและจัดสรรแบนด์วิดท์ให้กับผู้ใช้ปลายทาง

กระบวนการวิจัยคือจากการใช้งานโดยตรงและสังเกตการณ์ เพื่อระบุปัญหาและกำหนดความต้องการในการให้บริการอินเทอร์เน็ต ความพร้อมของทรัพยากรฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการแบนด์วิดท์โดยพิจารณาจากความต้องการของนักศึกษาเป็นเป้าหมายหลัก

ผลการทดลองที่ได้คือ ค่าแบนด์วิดท์ได้รับการปรับตามปริมาณและความสำคัญของนักศึกษา การกระจายแบนด์วิดท์ที่ได้จาการจัดการของ Queue Tree สามารถทำงานได้ละเอียดซับซ้อนมากขึ้นเพราะการแยกฟังก์ชันการทำงานของ Download และ Upload ผลการทดสอบความเร็วของแบนด์วิดท์ที่ได้สามารถทำได้ดี

ได้สรุป ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน 59.2 % ความยืดหยุ่นการจัดการแบนด์วิดท์มากขึ้นโดยการตั้งค่า Mikrotik จะนำมาซึ่งการสูญเสียแพ็กเกจเพียงเล็กน้อย และความพึงพอใจของการกระจายแบนด์วิดท์ตามค่าพื้นฐานที่กำหนดให้นักศึกษาทุกคนได้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและวิธีการทดลอง

การทดลองนี้ เพื่อศึกษาการออกแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Network) เบื้องต้น เพื่อทำการจำลองและทดสอบทราฟฟิกเครือข่าย (Traffic Network) เปรียบเทียบคุณภาพเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีและไม่มีการจัดแบนด์วิดท์ การใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในองค์กรออกสู่อินเทอร์เน็ต (Internet) ว่าเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานอินเทอร์เน็ตแบบอิสระมีผลอย่างไร และถ้ามีการจัดการเครือข่ายด้วยข้อกำหนดคือ ทดสอบการให้บริการฟังก์ชันแบบ Simple Queues โดยที่ไม่มีฟังก์ชันเพิ่มเติม Per Connection Queue (PCQ) กับแบบที่มีฟังก์ชันเพิ่มเติม Per Connection Queue (PCQ) และทดสอบการให้บริการฟังก์ชันแบบ Queues Tree กับแบบไม่มีฟังก์ชันเพิ่มเติม Per Connection Queue (PCQ) กับแบบที่มีฟังก์ชันเพิ่มเติม Per Connection Queue (PCQ)

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

3.1.1 Router Board 951

3.1.2 โปรแกรม Winbox คือ โปรแกรม controller ของ Router Board

3.1.3 https://www.thinkbroadband.com/download คือเว็บไซต์ทดสอบการดาวน์โหลดไฟล์ขนาดแตกต่างกัน ดังนี้ 5MB, 10MB, 20MB, 50MB, 100MB, 200MB, 512MB และ 1GB

3.1.4 https://www.google.com/intl/th_ALL/drive/ คือเว็บไซต์อัปโหลดเก็บไฟล์

3.1.5 Notebook 1 เครื่อง

- CPU : Intel Core i5 @ 2.67GHz
- RAM : 4 GB
- ระบบปฏิบัติการ : Windows 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 Smart Phone 1 เครื่อง

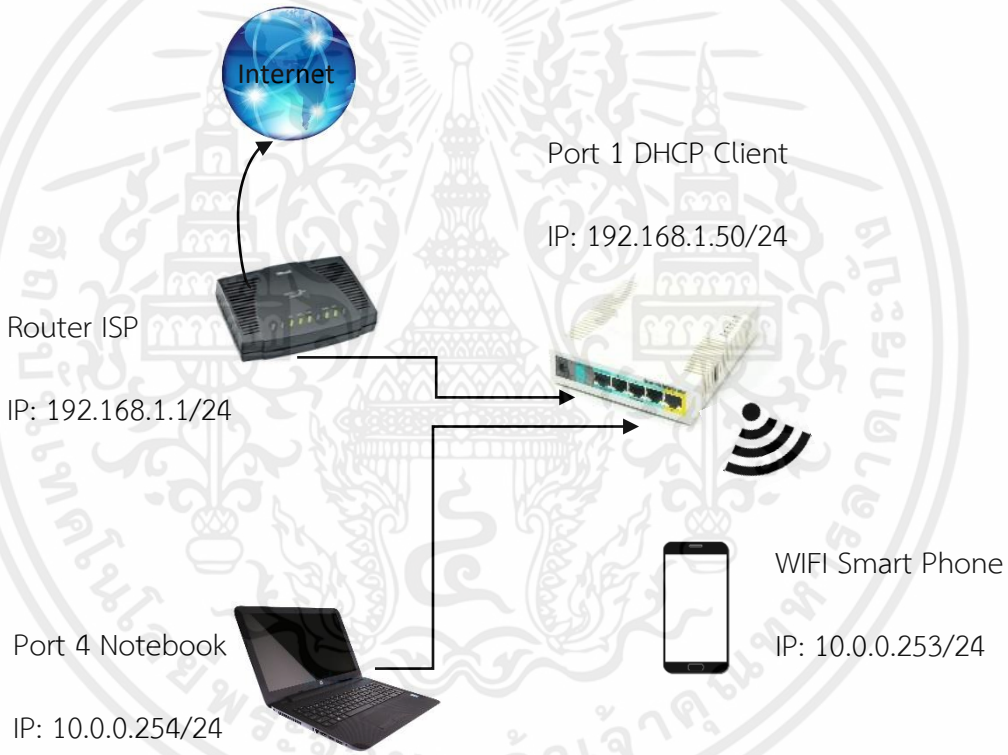
- CPU : Quad Core @ 1.6 GHz

- ROM : 16 GB และ RAM : 2 GB
- ระบบปฏิบัติการ : Android 4.4.2

3.1.7 สาย UTP CAT6 พร้อมหัว Jack RJ45

3.2 การออกแบบเครือข่าย

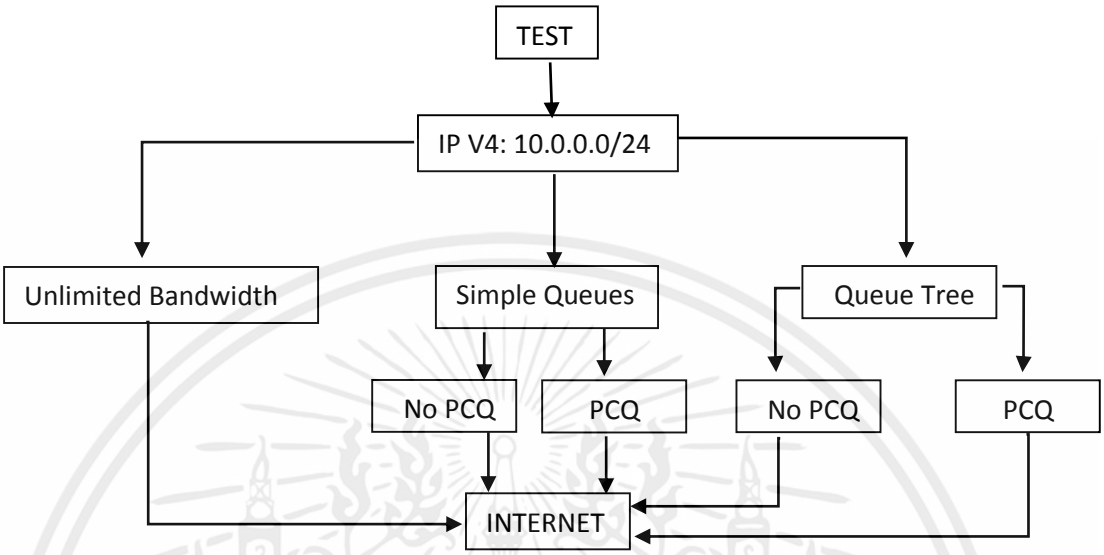
การออกแบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.1 ออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Network

จากรูปที่ 3.1 แสดงรูปการออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Network คือระบบอินเทอร์เน็ตที่ได้รับมาจาก ISP จะมาต่อเข้า ADSL Router แจกไอพีแบบ DHCP IP: 192.168.1.1/24 และต่อสาย

UTP CAT6 เข้าที่ Router Board 951 โดยได้รับ IP จาก ADSL Router เป็น IP: 192.168.1.50/24 แล้วทำการตั้งค่าระบบให้ Router Board 951 เป็น DHCP Server IP: 10.0.0.1/24



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทดลอง

จากรูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทดลองคือลำดับที่ 1 ทดลองเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบ Unlimited หมายถึงเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไม่ผ่านฟังก์ชันเพิ่มเติมไม่มีข้อจำกัดใด ๆ ลำดับที่ 2 เป็นการทดลองการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านการใช้งานฟังก์ชัน Simple Queue แบบที่ไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ กับแบบที่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ลำดับที่ 3 คือการทดลองเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านการใช้งานฟังก์ชัน Queue Tree แบบที่ไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ กับแบบที่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

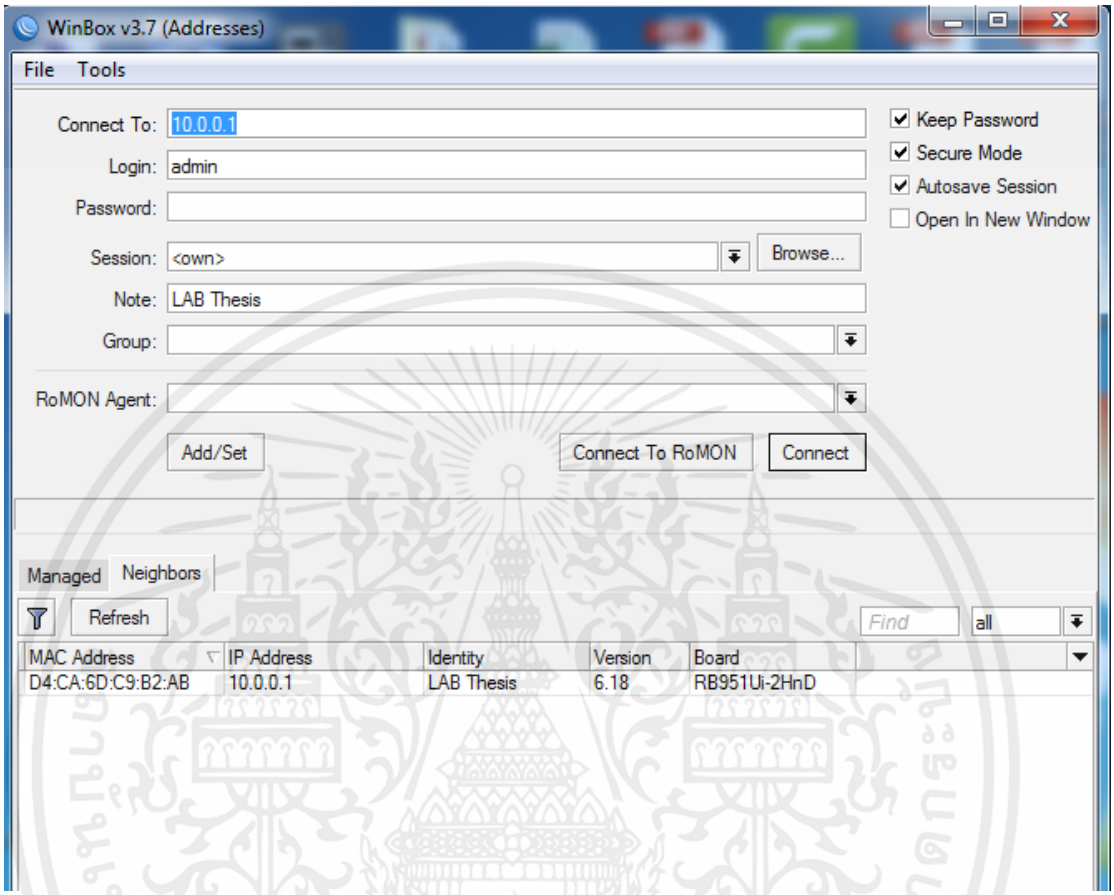
3.3 การตั้งค่าอุปกรณ์ Router Board

ให้สามารถเชื่อมต่อผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตได้

3.3.1 ดาวน์โหลดโปรแกรม winbox ได้ที่ https://mikrotik.com/download แล้วติดตั้งโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 เริ่มจากให้เปิดโปรแกรม winbox

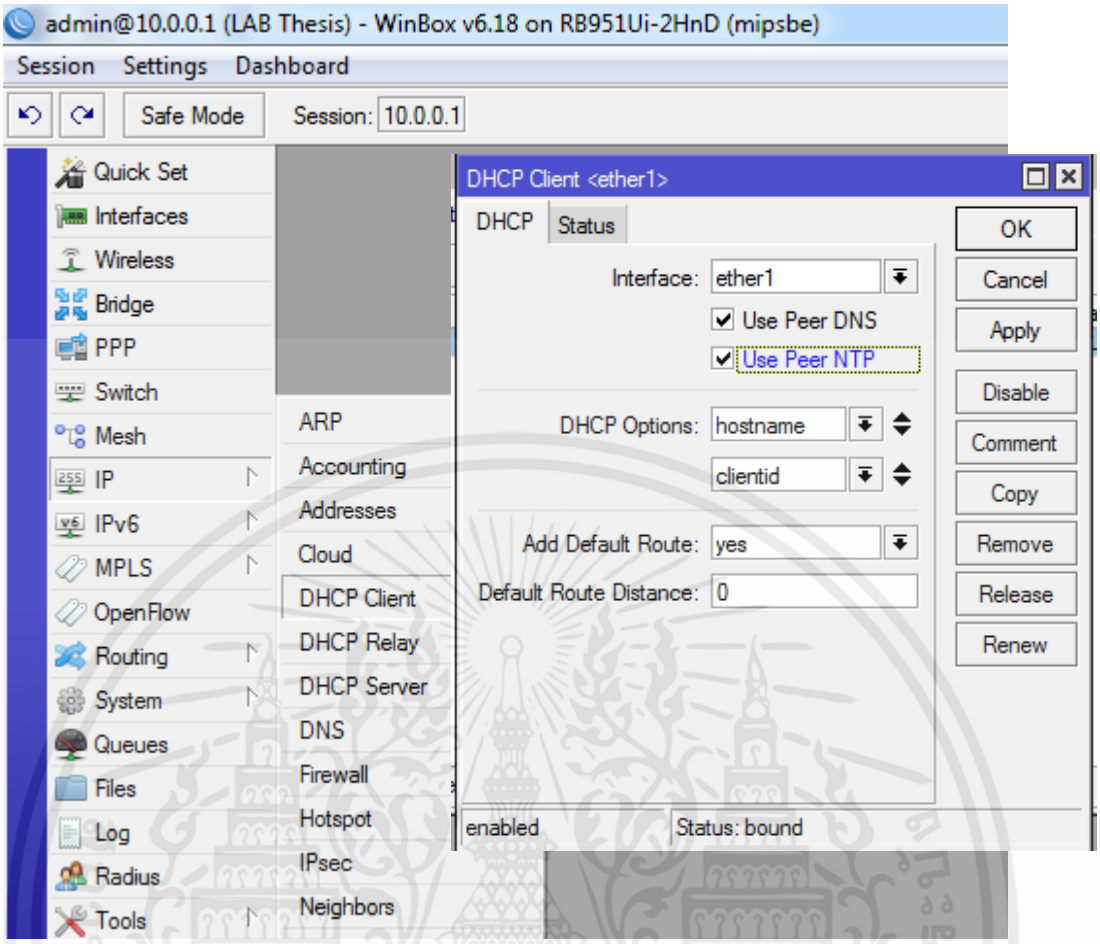


รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อเข้าโปรแกรม winbox

จากรูปที่ 3.3 แสดงการเชื่อมต่อเข้าโปรแกรม winbox ซึ่งค่า default ของอุปกรณ์จะเชื่อมต่อเข้าได้ที่ IP 10.0.0.1 และ Login คือ admin ส่วน Password : เว้นเป็นช่องว่างไม่ต้องใส่ค่าใด ๆ แล้วกด Connect เข้าสู่ภายในของโปรแกรม

3.3.3 การตั้งค่า DHCP Client เพื่อรับไอพีจาก ADSL Router เข้าที่ port ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

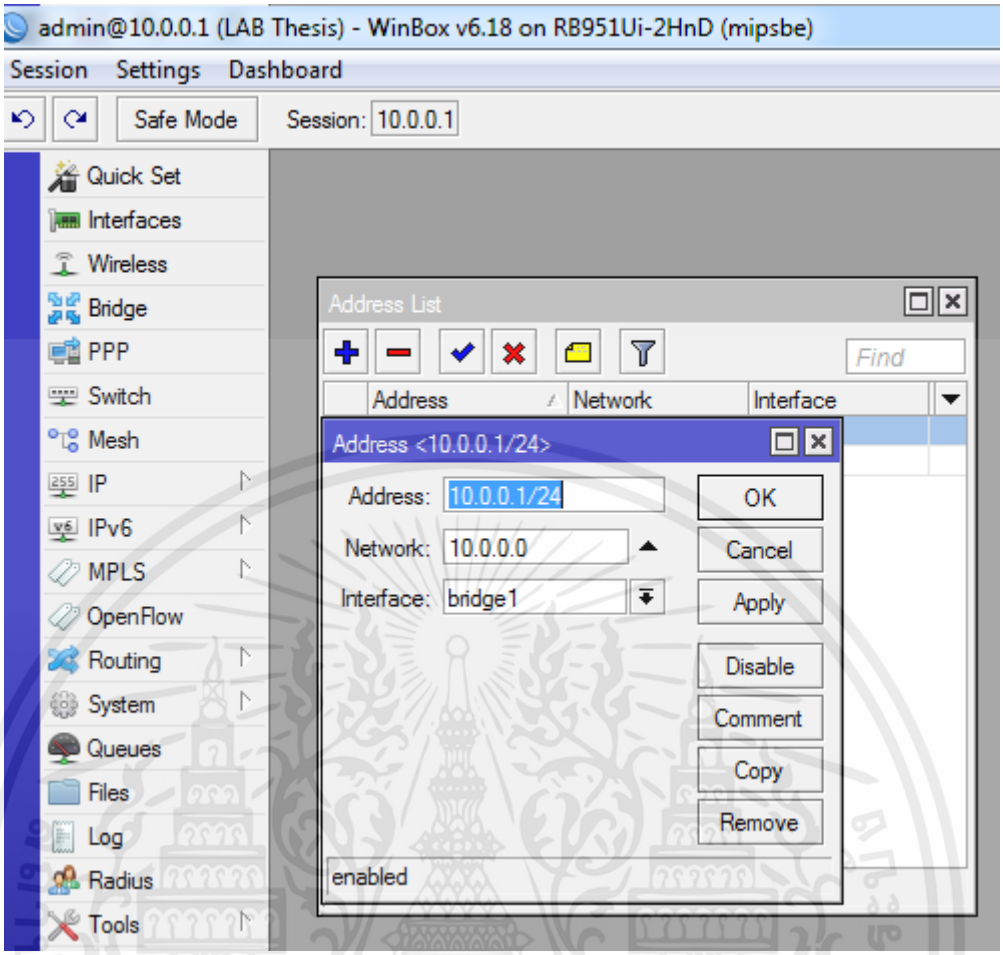


รูปที่ 3.4 การตั้งค่า DHCP Client

จากรูปที่ 3.4 แสดงการตั้งค่า DHCP Client เพื่อตั้งค่ารับ DHCP Client จาก Router ISP ตามกำหนดของรูปที่ 3.1 โดยเมื่อเข้าโปรแกรม winbox แล้วมีเมนูในแถบซ้ายมือให้เลือกคลิกที่ IP คลิก DHCP Client แล้วทำการเลือกค่า Interface เป็น ether1 กด Apply และกด OK

3.3.4 การกำหนดค่า IP Server คือการกำหนดค่าไอพีที่แจกให้แก่เครื่องลูกข่ายที่เข้ามาเชื่อมต่อผ่าน Router Board 951 ว่าแจก Private IP เป็นอะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

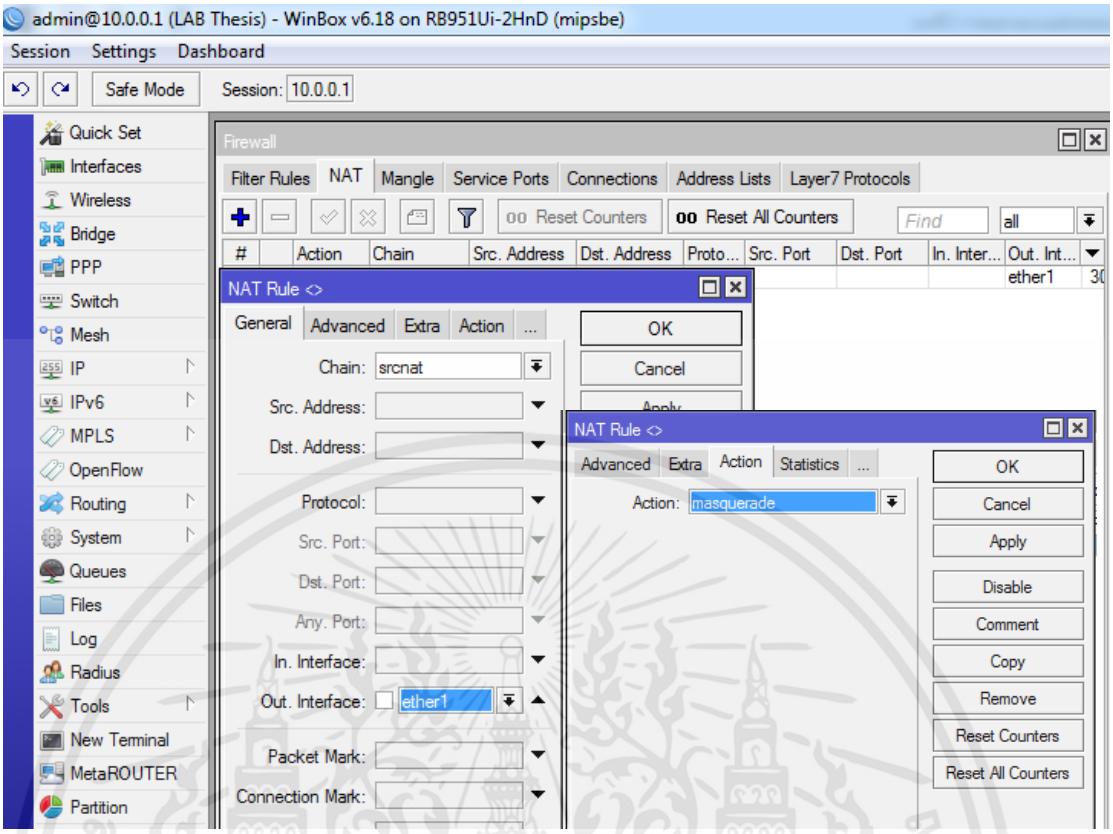


รูปที่ 3.5 การกำหนด IP Server

จากรูปที่ 3.5 เป็นการกำหนด IP Server ให้กับระบบเลือกกดที่เมนู IP กดเครื่องหมาย + ใส่ Private IP Address ที่จะแจกให้กับระบบ ซึ่งในการทดลองนี้ กำหนดให้เป็น IP: 10.0.0.1/24

3.3.5 การกำหนดค่า Network Address Translation (Nat) เพื่อระบุค่าให้สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



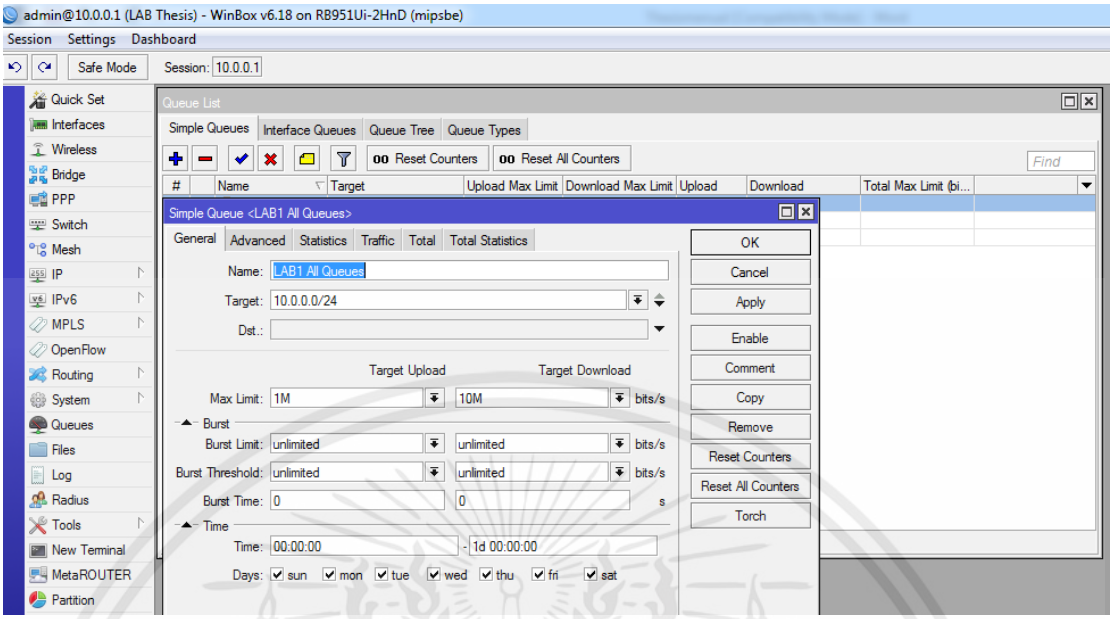
รูปที่ 3.6 การกำหนดค่า NAT เพื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

จากรูปที่ 3.6 จะทำการเลือกหัวข้อ IP หัวข้อ NAT จากหน้าต่างที่ขึ้นมา แล้วกดเครื่องหมาย + เลือกค่า Chain: srcnat เลือก Out Interface: ether1 จากนั้นไปที่ Action: masquerade แล้วกด Apply กด OK

3.4 วิธีการตั้งค่า Simple Queues

3.4.1 การตั้งค่า Simple Queues ให้ไอพี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



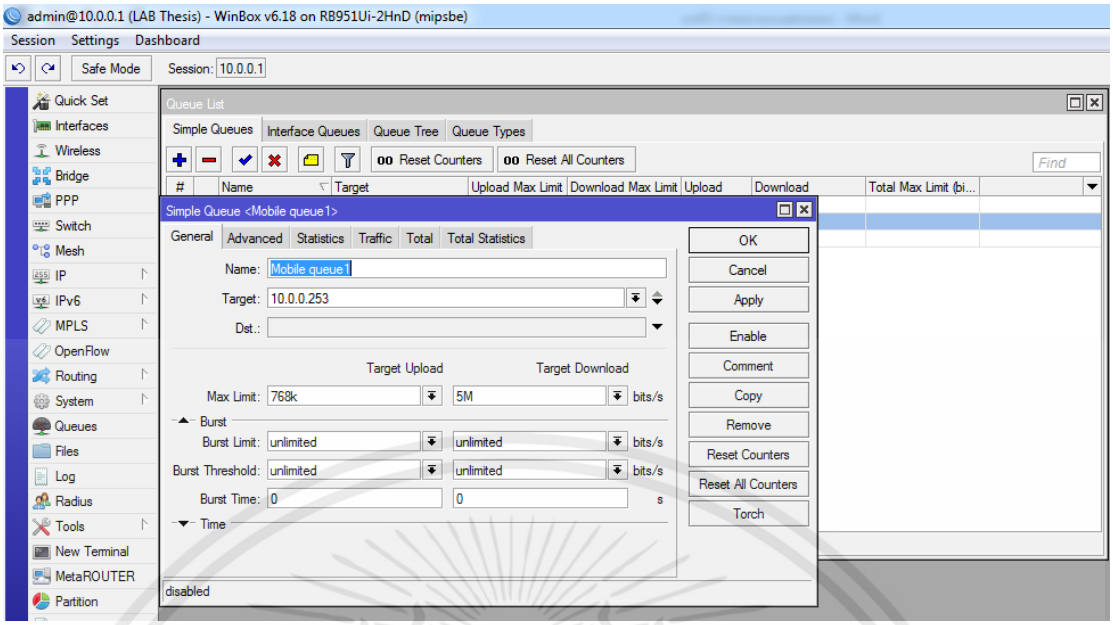
รูปที่ 3.7 การกำหนดค่า Simple Queues

จากรูปที่ 3.7 การตั้งค่า Simple Queues เลือกเมนูทางซ้ายมือชื่อ Queues จากนั้นไปที่หน้าต่างใหม่เลือกหัวข้อ Simple Queues กำหนดค่า Name: LAB1 All Queues ต่อมาค่า Target: 10.0.0.0/24 กำหนดฝั่ง Target Upload ให้เท่ากับ Max Limit: 1 Mbps กำหนดค่าฝั่ง Target Download เป็น 10 Mbps ความหมายคือ ไอพีทั้งหมดจะถูกจำกัดความเร็ว Upload ไม่เกิน 1 Mbps และ Download 10 Mbps

หมายเหตุ ค่ากำหนด Max limit จะต้องไม่เกิน Limit ที่ได้จากผู้ให้บริการ ISP

3.4.2 การตั้งค่า Simple Queues ให้แต่ละไอพีเพื่อการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การกำหนด Simple Queues ให้แต่ละไอพี

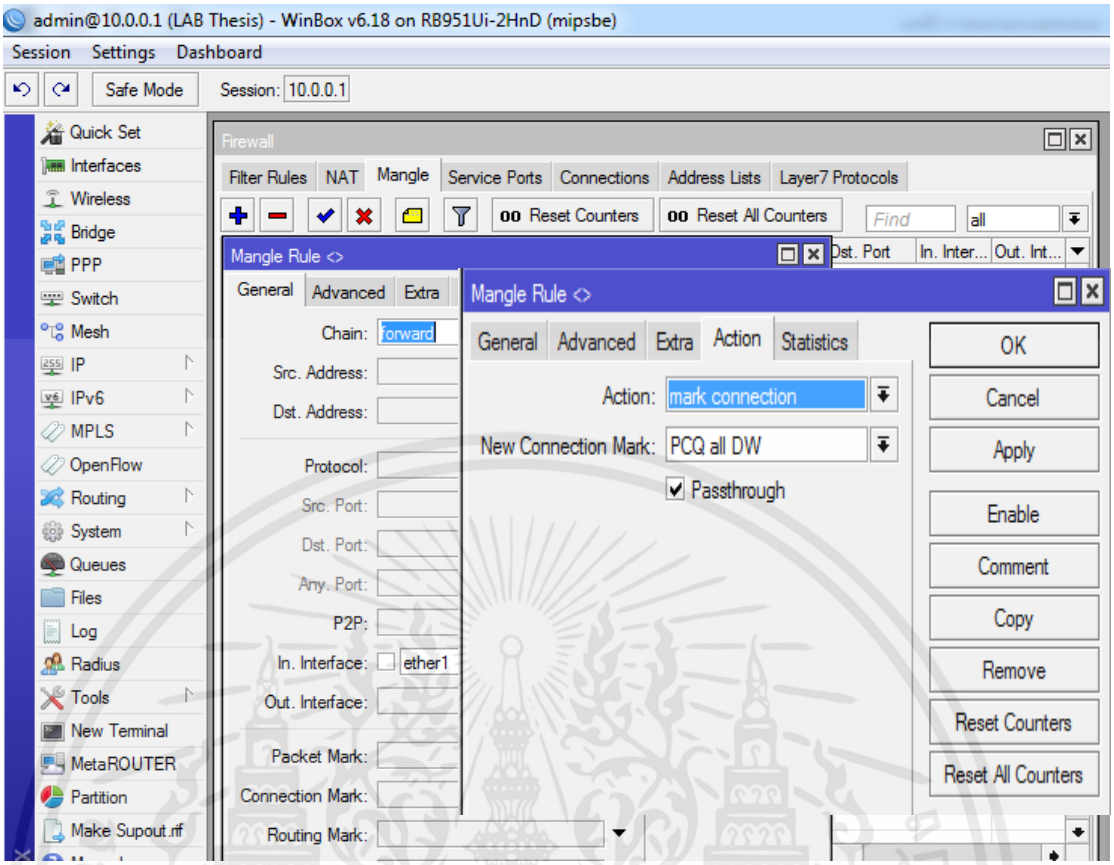
จากรูปที่ 3.8 แสดงการกำหนด Simple Queues โดยเลือกหัวข้อ Queues ในแถบเมนูซ้ายมือ กดเครื่องหมาย + หัวข้อ Simple Queues มีหน้าจอเพิ่มขึ้นมาแล้วใส่รายละเอียดเช่น Name : ใส่ชื่อเพื่อให้ทราบ หัวข้อ Target : ใส่ IP address ที่ต้องการตั้งค่า เช่นในนี้จะใส่เป็น IP: 10.0.0.253 และกำหนด Max Limit ของค่า Target Upload สำหรับการทดลองนี้คือ 1 Mbps และค่า Target Download สำหรับการทดลองนี้คือ 10 Mbps จากนั้นกด Apply

ในการทดลองให้ตั้งค่า Simple Queues แบบนี้กับ IP: 10.0.0.254 ให้ค่า Max Limit ที่เท่ากัน

3.5 วิธีการตั้งค่า Queue Tree สำหรับการทดลอง

3.5.1 การตั้งค่า Mangle เป็นการกำหนดให้ Packet ต่าง ๆ หรือค่า IP Address ต่าง ๆ ให้เข้าหรือออกช่องทางใด

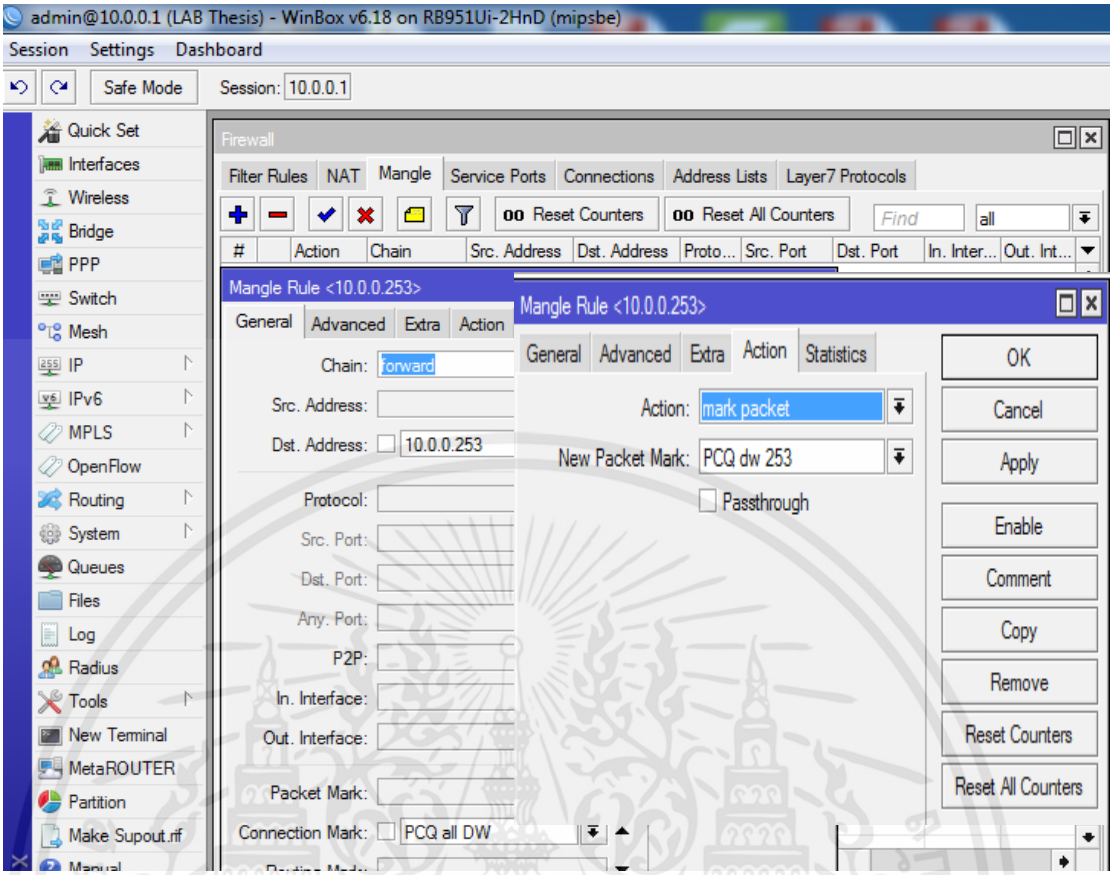
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การตั้งค่า Mangle Rule ให้ In Interface

จากรูปที่ 3.9 เป็นการตั้งค่า Mangle 1 ให้ทุก Packet ที่ผ่านเข้ามาเชื่อมต่อทาง ether1 โดยเลือกเมนู IP ที่แถบซ้ายมือ เลือก Firewall เลือก Mangle ที่แถบเมนูด้านบน กด + จะมีหน้าต่างเมนูเพิ่มขึ้นมาเลือก General หัวข้อ Chain : forward หัวข้อ In Interface : ether1 แล้วเลือกแถบเมนู Action ที่ด้านบน หัวข้อ Action : mark connection หัวข้อ New Connection Mark : PCQ all DW แล้วกด Apply กด OK

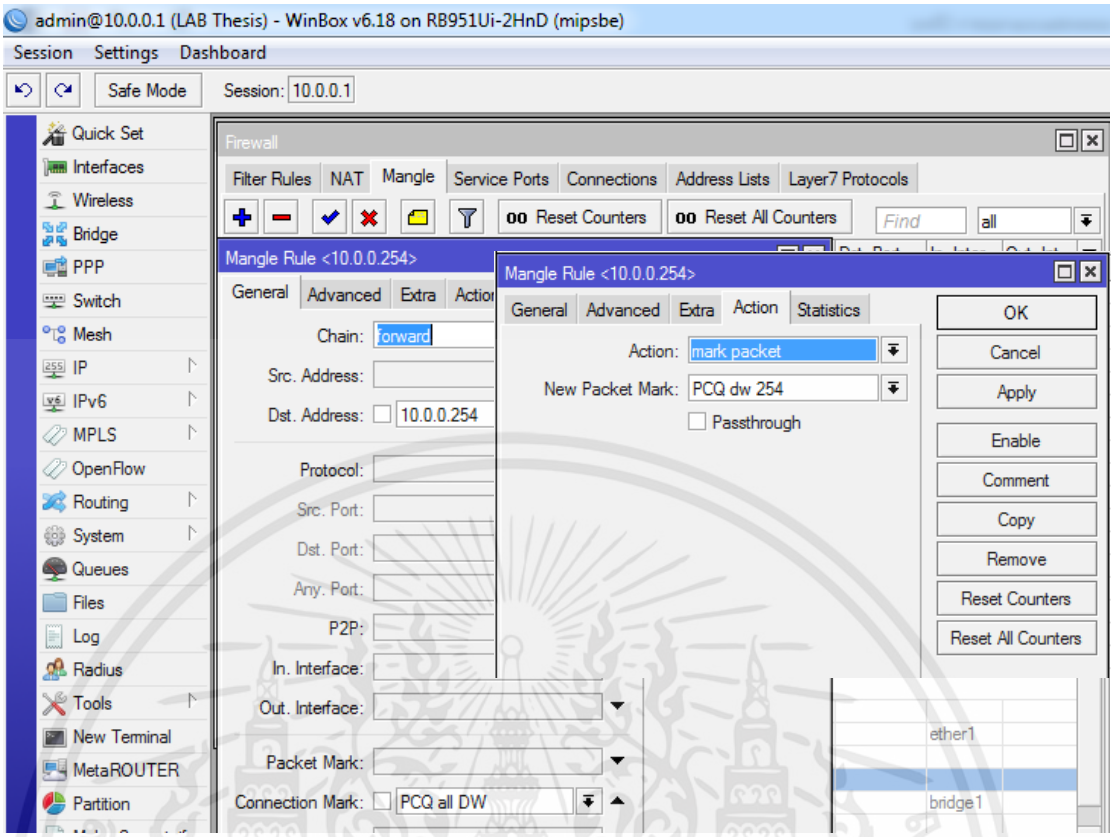
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การทำ Mangle Rule ให้ IP Address 10.0.0.253

จากรูปที่ 3.10 เป็นการตั้งค่า Mangle Rule ให้ IP Address 10.0.0.253 สำหรับการทดลองนี้จะเป็น IP ของเครื่อง Smart Phone วิธีการมีดังนี้เลือก IP เลือก Firewall เลือก Mangle กดเครื่องหมาย + แล้วใส่ค่าต่าง ๆ ในหัวข้อ General ดังนี้ Chain : Forward ในหัวข้อ Dst. Address : 10.0.0.253 และในหัวข้อ Connection Mark : PCQ all DW แล้วไปที่เมนูด้านบนเลือกหัวข้อ Action แล้วตั้งค่าดังนี้ Action : mark packet และ New Packet Mark : PCQ dw 253 จากนั้นกด Apply แล้ว กด OK

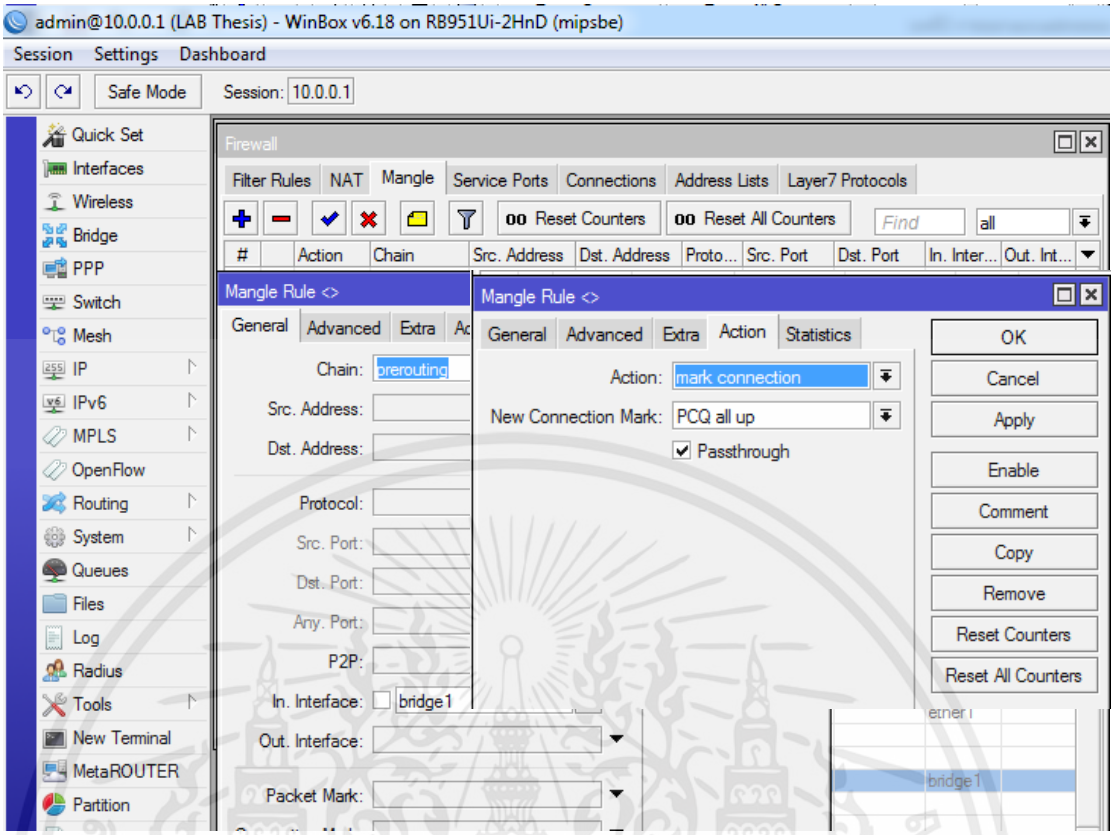
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การทำ Mangle Rule ให้ IP Address 10.0.0.254

จากรูปที่ 3.11 เป็นการตั้งค่า Mangle Rule ให้ IP Address 10.0.0.254 การทดลองนี้เป็น IP ของเครื่อง Notebook วิธีการมีดังนี้เลือก IP เลือก Firewall เลือก Mangle กดเครื่องหมาย + แล้วใส่ค่าต่าง ๆ ในหัวข้อ General ดังนี้ Chain : Forward หัวข้อ Dst. Address : 10.0.0.254 และในหัวข้อ Connection Mark: PCQ all DW ไปที่เมนูด้านบนเลือกหัวข้อ Action แล้วตั้งค่าดังนี้ Action : mark packet และ New Packet Mark: PCQ dw 254 จากนั้น กด Apply แล้ว กด OK

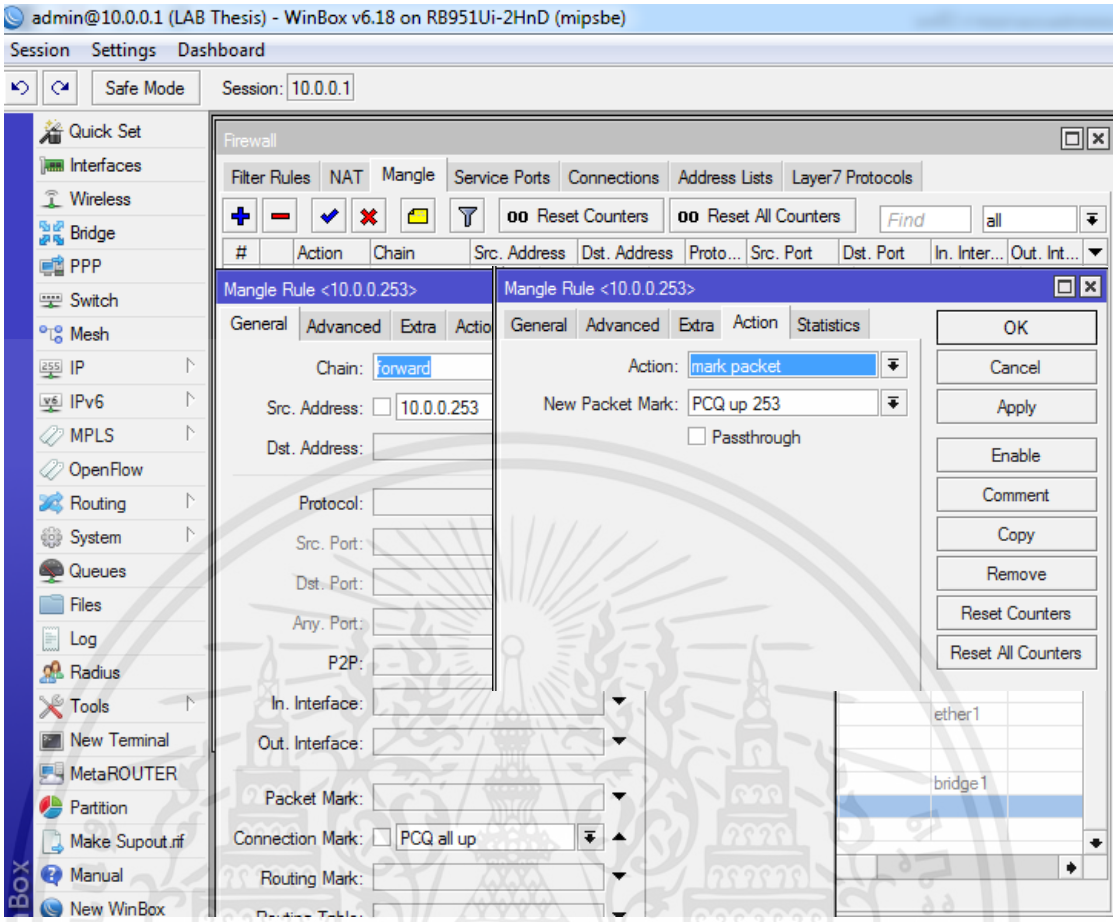
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การตั้งค่า Mangle Rule ให้ Out Interface

จากรูปที่ 3.12 เป็นการตั้งค่า Mangle Rule ให้ Out Interface คือ การตั้งค่ารวม Upload วิธีการคือไปที่เมนู IP คลิกเลือก Firewall เลือก Mangle กดเครื่องหมาย + เลือก General ในหัวข้อ Chain : prerouting และที่หัวข้อ In Interface : bridge 1 กด OK เสร็จไปที่แถบ Action ในหัวข้อ Action เลือกเป็น mark connection แล้วไปที่หัวข้อ New Connection Mask : PCQ all up แล้ว กด OK

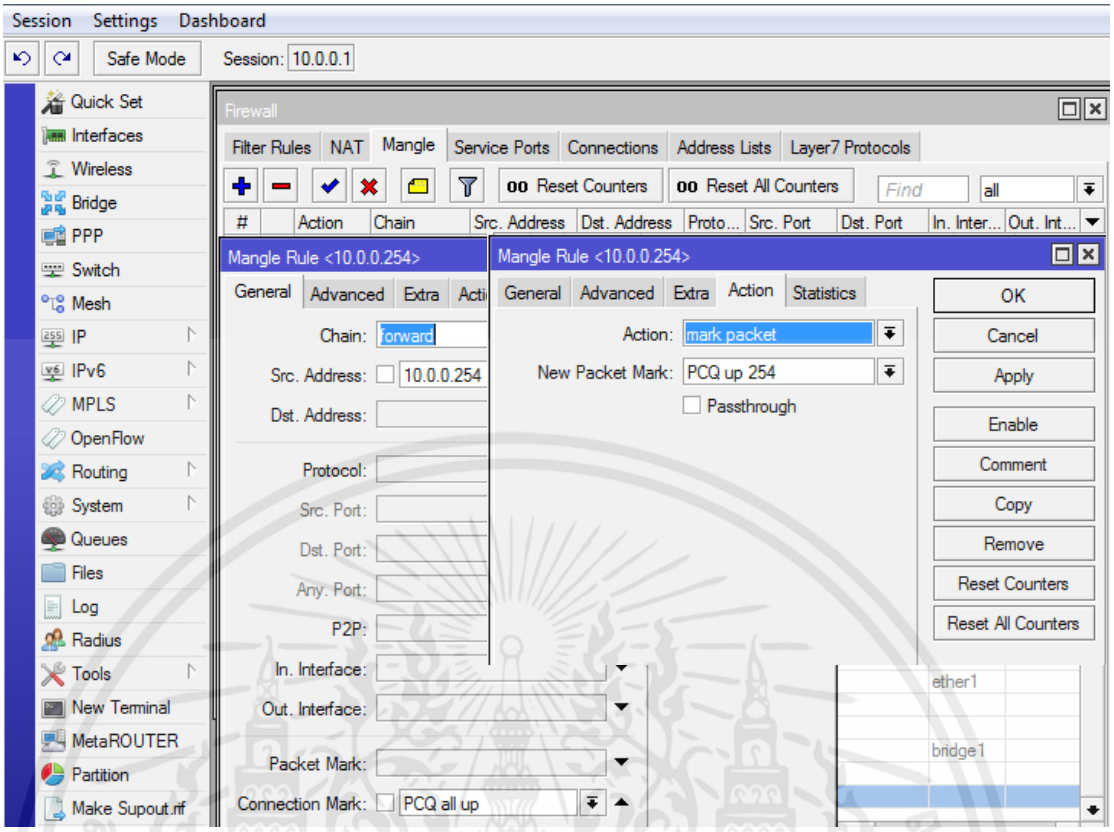
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การตั้งค่า Upload ให้ IP 10.0.0.253

จากรูปที่ 3.13 เป็นการตั้งค่า Upload ให้ IP 10.0.0.253 ที่ใช้ในการทดลองนี้โดยยังอยู่ที่เมนู IP ไปที่ firewall และที่ Mangle จากนั้นกดเครื่องหมาย + เข้าที่แถบ General ในหัวข้อ Chain: forward แล้วก็ใส่ข้อมูล IP ที่เรากำหนด ในตำแหน่ง Src.Address 10.0.0.253 เลื่อนลงไปที่ตำแหน่ง Connection Mark: เลือกเป็น PCQ all up กด OK เลือกที่แถบ Action ในหัวข้อ Action : mask packet และตำแหน่ง New Packet Mask: PCQ up 253 เลือก OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

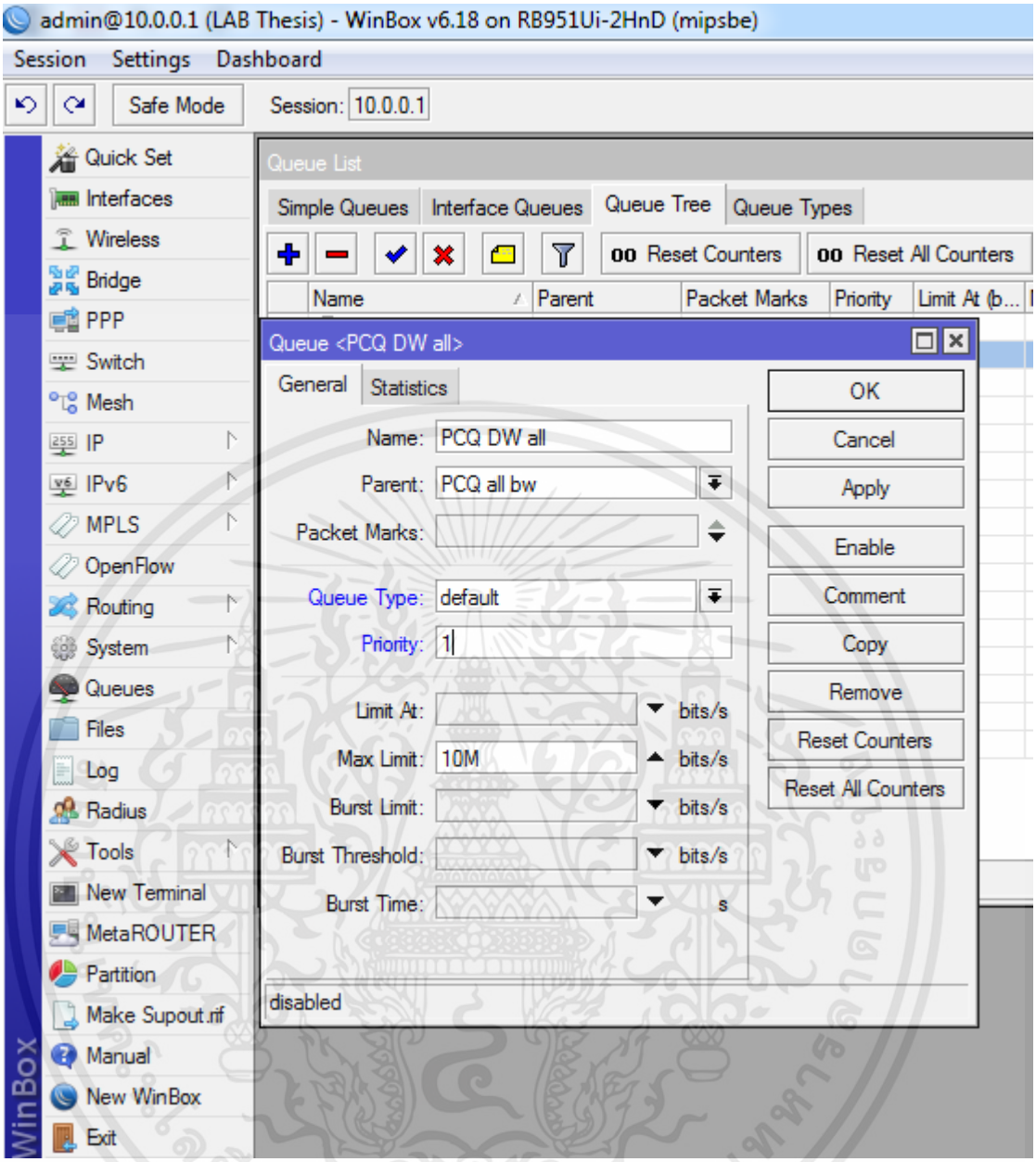


รูปที่ 3.14 การตั้งค่า Upload ให้ IP 10.0.0.254

จากรูปที่ 3.14 เป็นการตั้งค่า Upload ให้ IP 10.0.0.254 ที่ใช้ในการทดลองนี้ โดยยังอยู่ในเมนู IP ไปที่ firewall และที่ Mangle จากนั้น กดเครื่องหมาย + เข้าที่แถบ General ในหัวข้อ Chain: forward แล้วก็ใส่ข้อมูล IP ที่เรากำหนดในตำแหน่ง Src.Address 10.0.0.254 เลื่อนลงไปที่ตำแหน่ง Connection Mark: เลือกเป็น PCQ all up กด OK จากนั้น ไปที่แถบ Action ในหัวข้อ Action : mask packet และตำแหน่ง New Packet Mask: PCQ up 254 แล้วเลือก OK

3.5.2 การตั้งค่า Queue Tree เพื่อกำหนดประเภทระดับความสำคัญและขนาดของ Queue Tree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



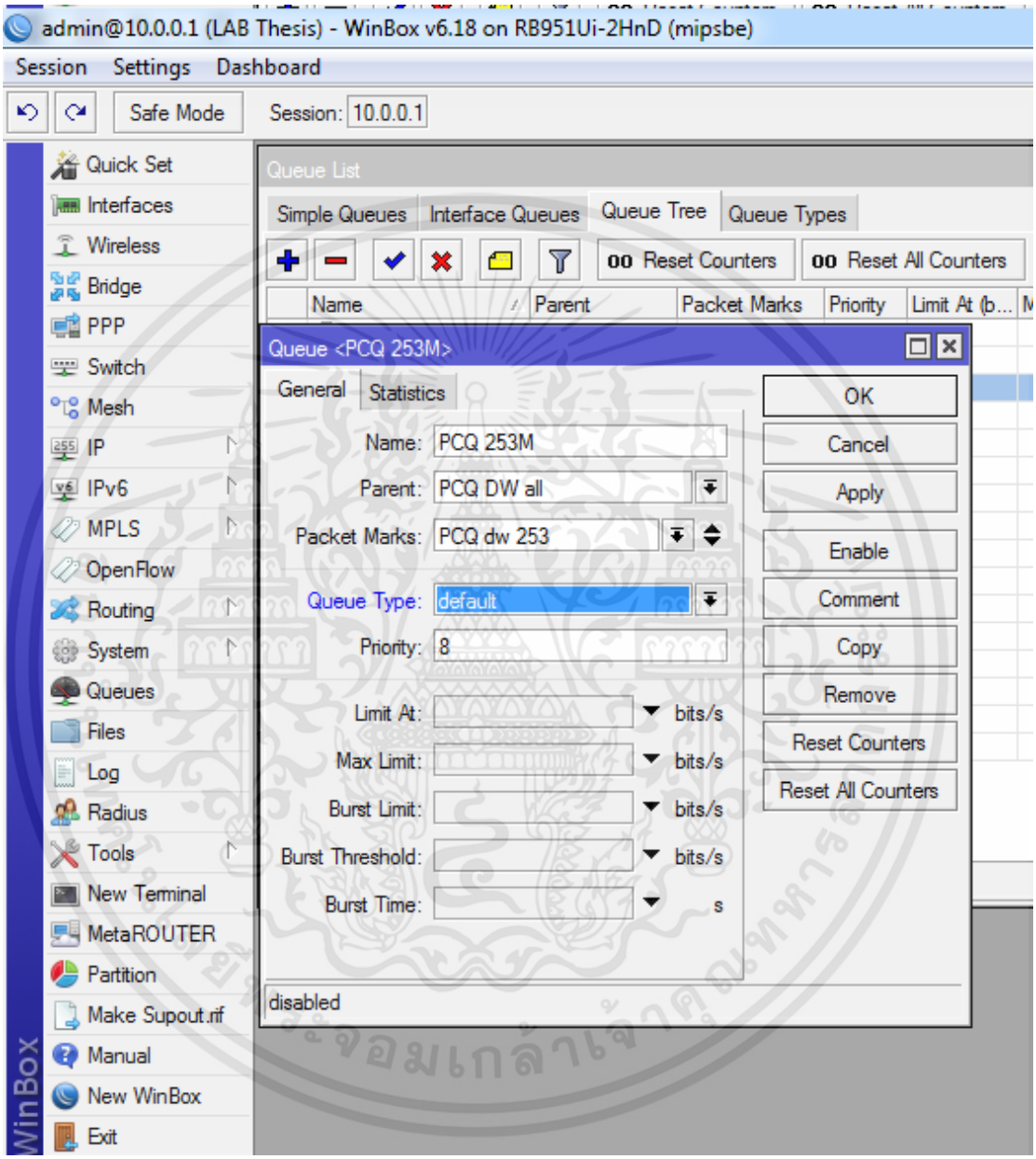
รูปที่ 3.15 การตั้งค่า Queue Tree ให้ค่า Bandwidth Download รวมสูงสุด

จากรูปที่ 3.15 แสดงการตั้งค่า Queue Tree กำหนดค่า Bandwidth Download รวมสูงสุดในระบบเท่าไร สำหรับการทดลองนี้ตั้งค่าสูงสุด 10 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีวิธีตั้งค่าดังนี้ เลือกแถบเมนูซ้ายมือ เลือกเมนู Queues เลือกที่หัวข้อ Queue Tree แถบด้านบนกดเครื่องหมาย + ใส่ชื่อ Name : PCQ DW all (ใส่ชื่อเพื่อให้ทราบ) กำหนด Queue Type : default กำหนดค่า Priority : 1 แล้วกำหนด Max Limit: 10 Mbps แล้วกด OK

หมายเหตุ การกำหนดค่า Bandwidth Download รวมจะต้องไม่เกินค่าบริการสูงสุดที่ ISP หรือผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตให้มา

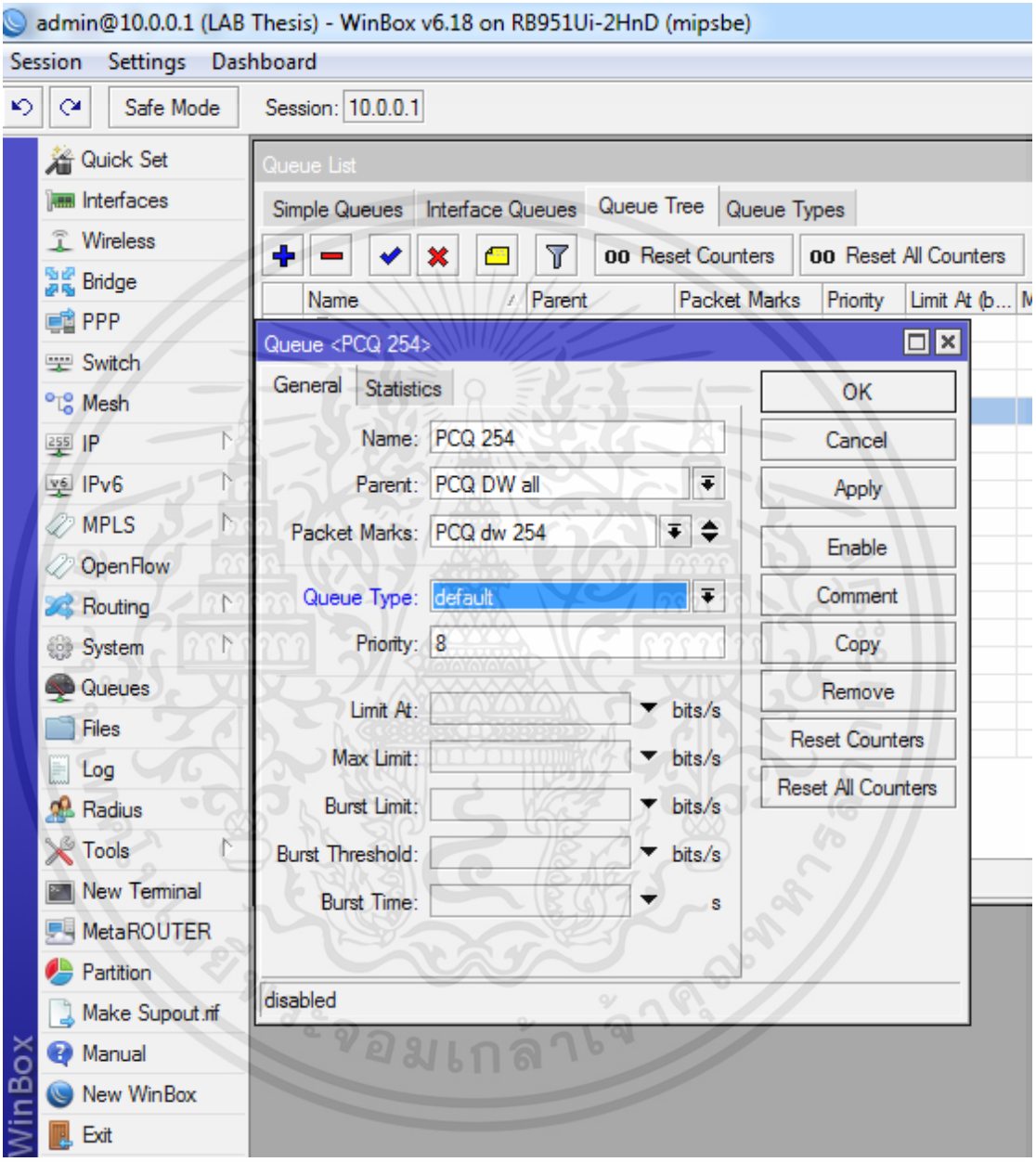


รูปที่ 3.16 การตั้งค่า Queue Tree กับ Bandwidth Download ให้กับ IP 10.0.0.253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.16 แสดงการตั้งค่า Queue Tree ให้กับ IP 10.0.0.253 ในหัวข้อ Queue Tree กดเครื่องหมาย + แล้วใส่ชื่อในหัวข้อ Name : PCQ 253M (ใส่ชื่ออะไรก็ได้) หัวข้อ Parent: PCQ DW

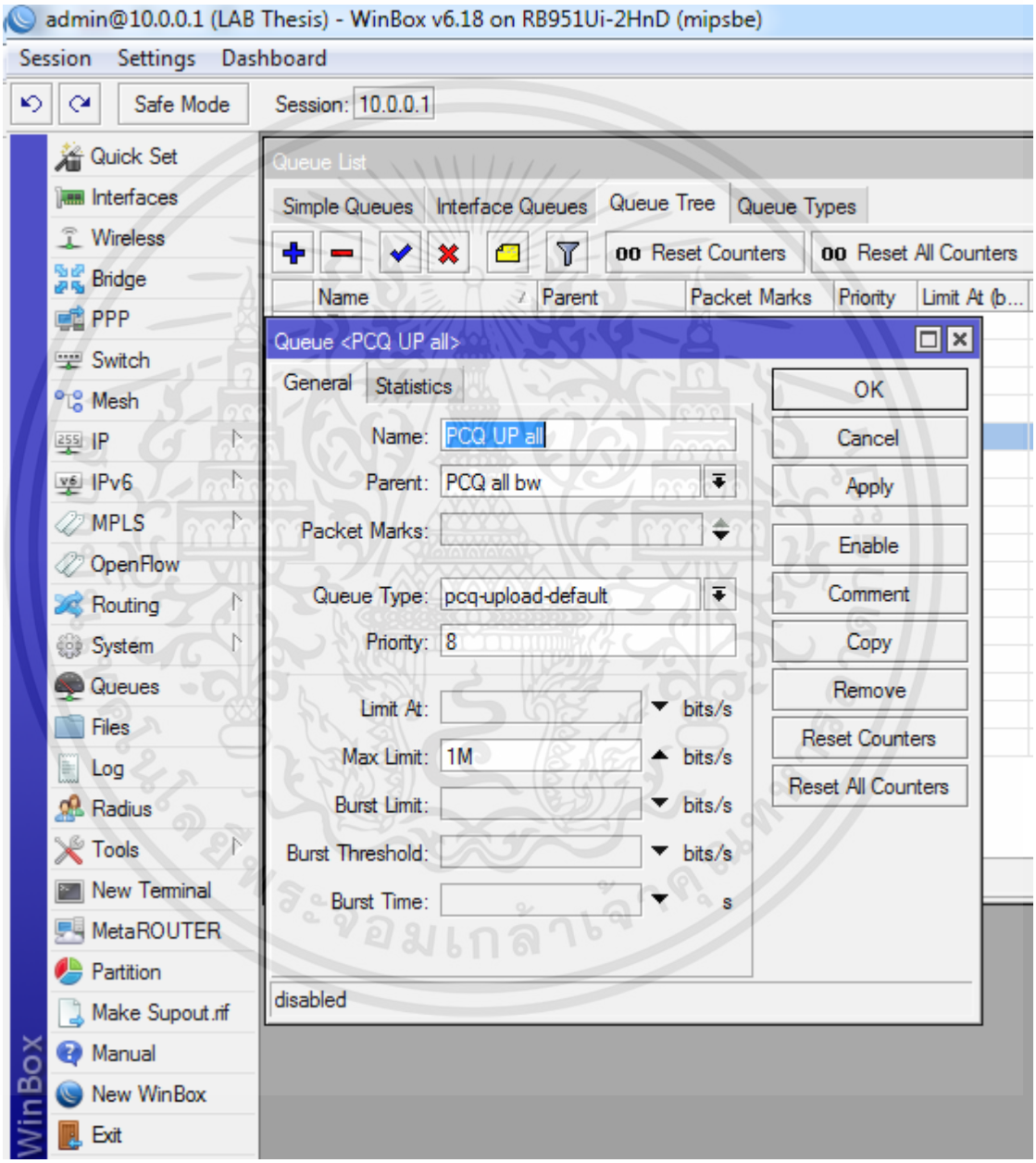
all หัวข้อ Packet Masks : PCQ dw 253 หัวข้อ Queue Type : default หัวข้อ Priority : 8 หัวข้อ Max Limit : 10 Mbps (เป็นค่าที่ใช้ในการทดลองนี้) และกด OK



รูปที่ 3.17 การตั้งค่า Queue Tree กับ Bandwidth Download ให้กับ IP 10.0.0.254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.17 แสดงการตั้งค่า Queue Tree ให้กับ IP 10.0.0.254 โดยในหัวข้อ Queue Tree กดเครื่องหมาย + แล้วใส่ชื่อในหัวข้อ Name : PCQ 254M (ใส่ชื่ออะไรก็ได้) หัวข้อ Parent : PCQ DW all หัวข้อ Packet Masks : PCQ dw 254 หัวข้อ Queue Type: default หัวข้อ Priority : 8 และหัวข้อ Max Limit : 10 Mbps (เป็นค่าที่ใช้ในการทดลองนี้) และกด OK

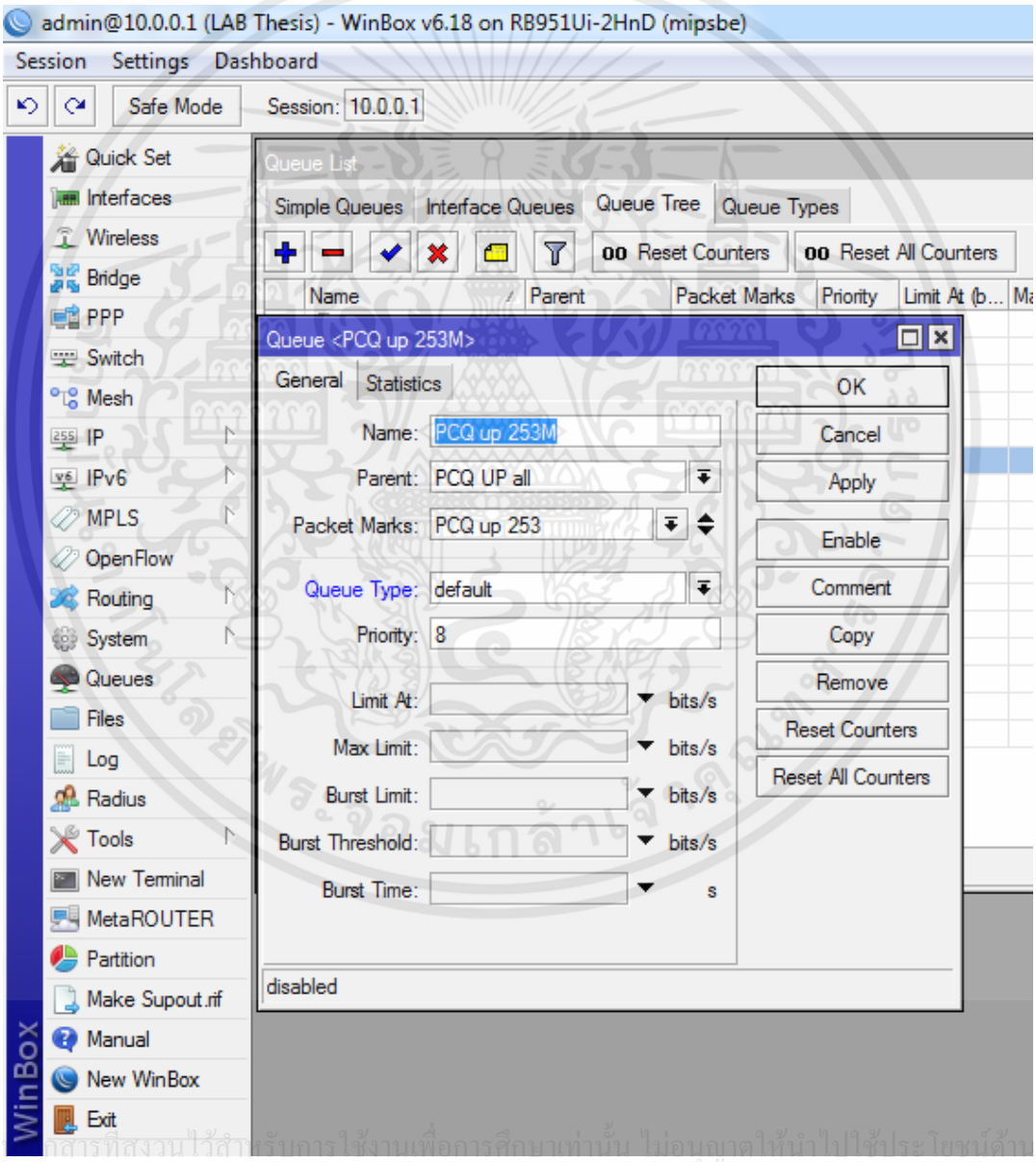


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

รูปที่ 3.18 การตั้งค่า Queue Tree ให้ค่า Bandwidth Upload รวมสูงสุด

จากรูปที่ 3.18 แสดงการตั้งค่า Queue Tree ให้ค่า Bandwidth Upload รวมสูงสุด ในระบบเท่าไร ในการทดลองนี้ตั้งค่าทดลองสูงสุดที่ 1 Mbps

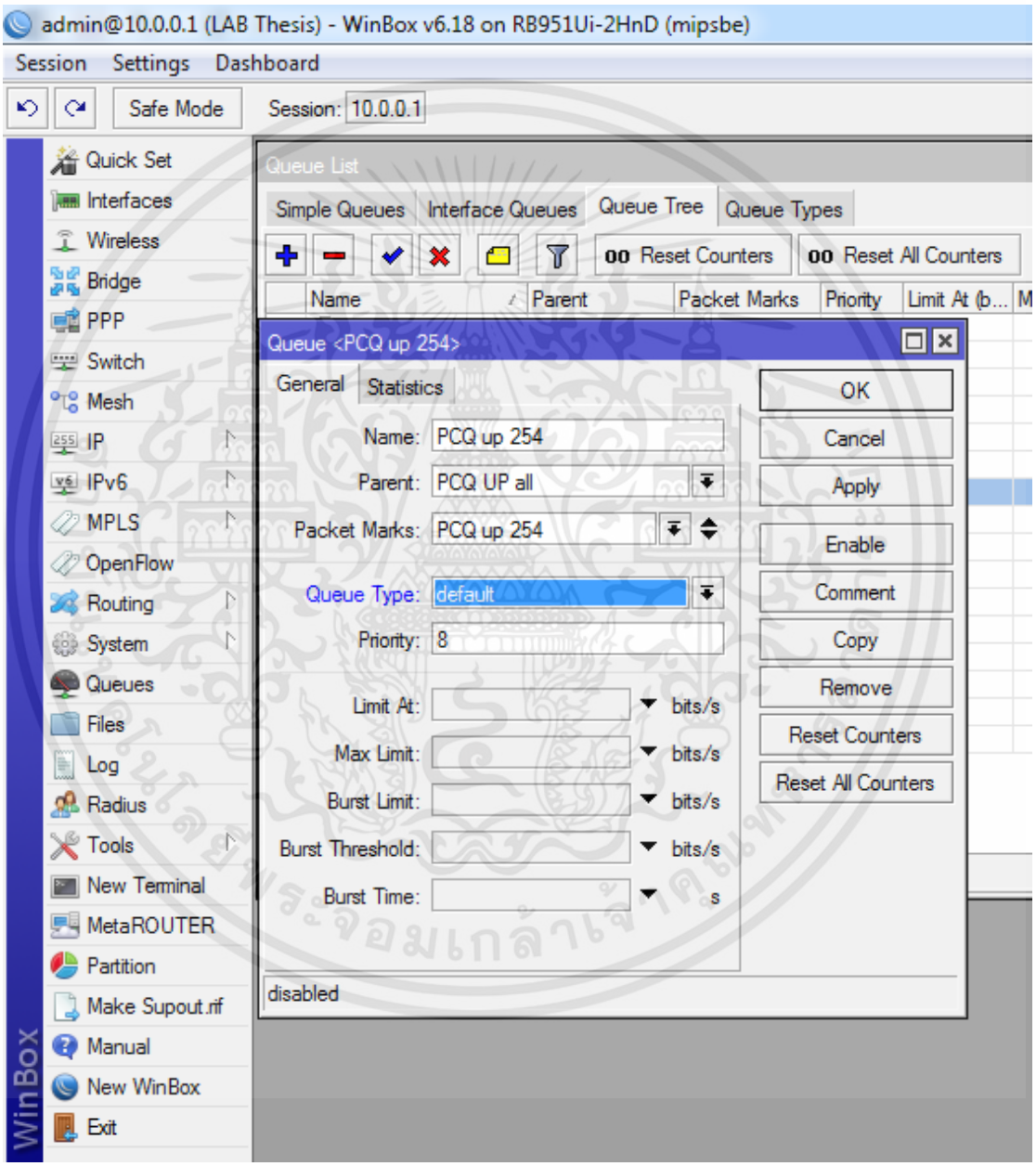
โดยมีวิธีตั้งค่าดังนี้ เลือกแถบเมนูซ้ายมือชื่อเมนู Queues เลือกหัวข้อ Queue Tree แถบด้านบนกดเครื่องหมาย + ใส่ชื่อ Name: PCQ DW all (ใส่ชื่อเพื่อให้ทราบ) กำหนด Queue Type : default กำหนดค่า Priority : 1 แล้วกำหนด Max Limit : 1 Mbps (ค่าที่กำหนดใช้ในการทดลอง) และกด OK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 การตั้งค่า Queue Tree กับ Bandwidth Upload ให้กับ IP 10.0.0.253

จากรูปที่ 3.19 แสดงการตั้งค่า Queue Tree ให้กับ IP 10.0.0.253 โดยในหัวข้อ Queue Tree กดเครื่องหมาย + แล้วใส่ชื่อในหัวข้อ Name : PCQ 253M (ใส่ชื่ออะไรก็ได้) หัวข้อ Parent: PCQ UP all หัวข้อ Packet Masks : PCQ up 253 หัวข้อ Queue Type : default หัวข้อ Priority : 8 และในหัวข้อ Max Limit : 1 Mbps (ค่าที่กำหนดใช้ในการทดลอง) กด OK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

รูปที่ 3.20 การตั้งค่า Queue Tree กับ Bandwidth Upload ให้กับ IP 10.0.0.254

จากรูปที่ 3.20 แสดงการตั้งค่า Queue Tree ให้กับ IP 10.0.0.254 โดยในหัวข้อ Queue Tree กดเครื่องหมาย + แล้วใส่ชื่อในหัวข้อ Name : PCQ 254M (ใส่ชื่ออะไรก็ได้) หัวข้อ Parent : PCQ UP all หัวข้อ Packet Masks : PCQ up 254 หัวข้อ Queue Type : default และหัวข้อ Priority : 8 และในหัวข้อ Max Limit : 1 Mbps (ค่าที่กำหนดใช้ในการทดลอง) กด OK

3.6 วิธีการตั้งค่าฟังก์ชัน PCQ สำหรับการทดลอง

PCQ parameter มีดังนี้

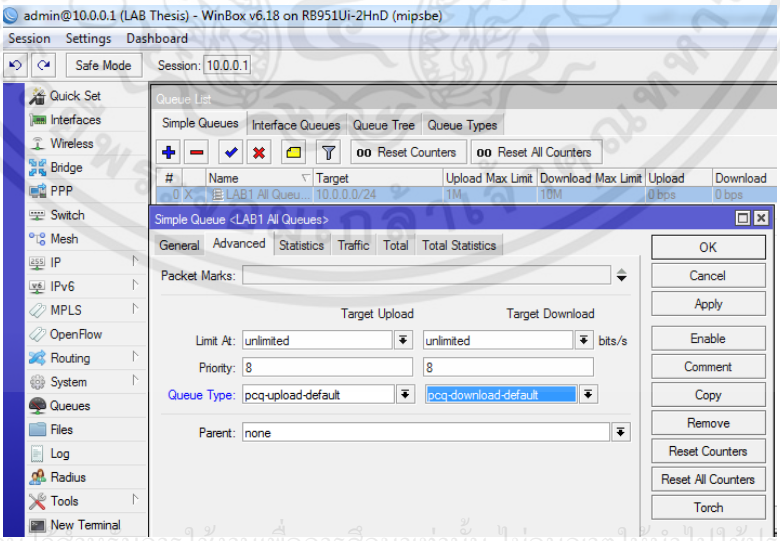
- pcq-classsifier (dst-address , dst-port, src-address, src-port; default: “ ”) : เลือกตัวตนของ sub-stream

- pcq-rate (number) : ตั้งค่า data สูงสุดของแต่ละ sub-stream

- pcq-limit (number) : ตั้งค่า queue ขนาดของขา Download หรือ Upload (in KiB)

- pcq-total-limit (number) : ตั้งค่าข้อมูลรวมสูงสุดของ queue ในทุก sub-stream (in KiB)

3.6.1 การตั้งค่าใช้งาน PCQ ของฟังก์ชัน Simple Queue มีดังนี้

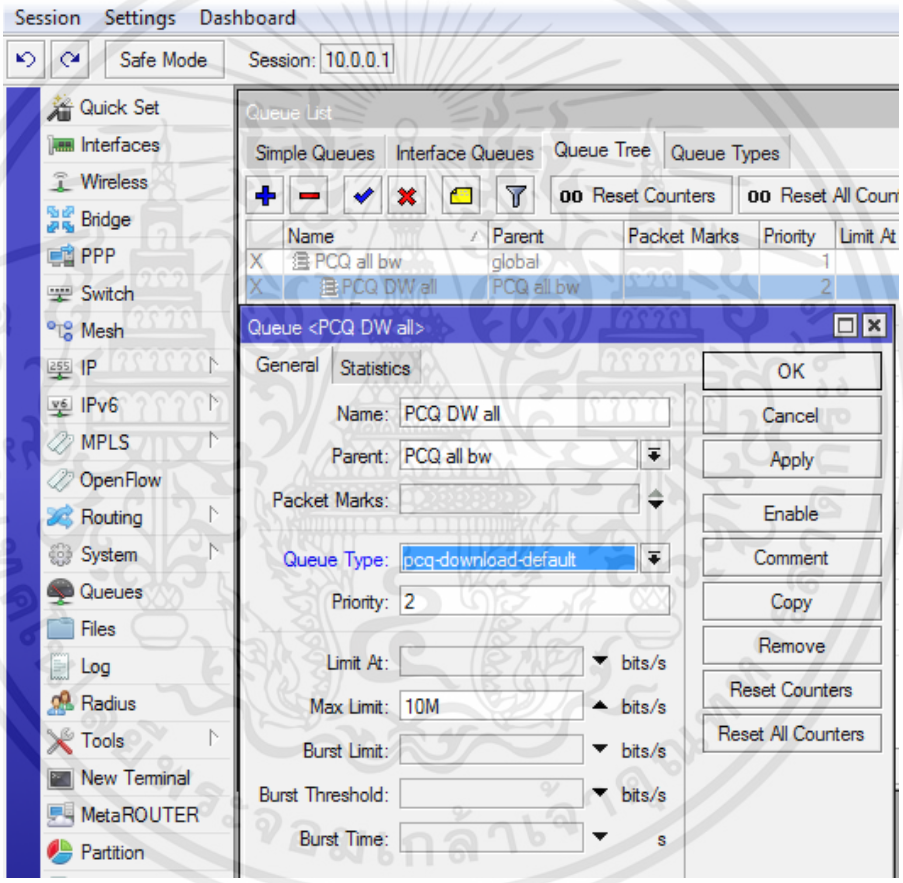


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 การตั้งค่าใช้งาน PCQ ของฟังก์ชัน Simple Queue

จากรูปที่ 3.21 แสดงการตั้งค่าเปิดใช้งาน PCQ ของฟังก์ชัน Simple Queue เลือกแถบเมนูซ้ายมือหัวข้อ Queues เลือกฟังก์ชัน Simple Queues เลือกหัวข้อที่ได้สร้างไว้ เลือก Advanced และไปเปลี่ยนประเภทที่ Queue Type : Upload เป็น pcq upload default และ Download เป็น pcq download default กด OK

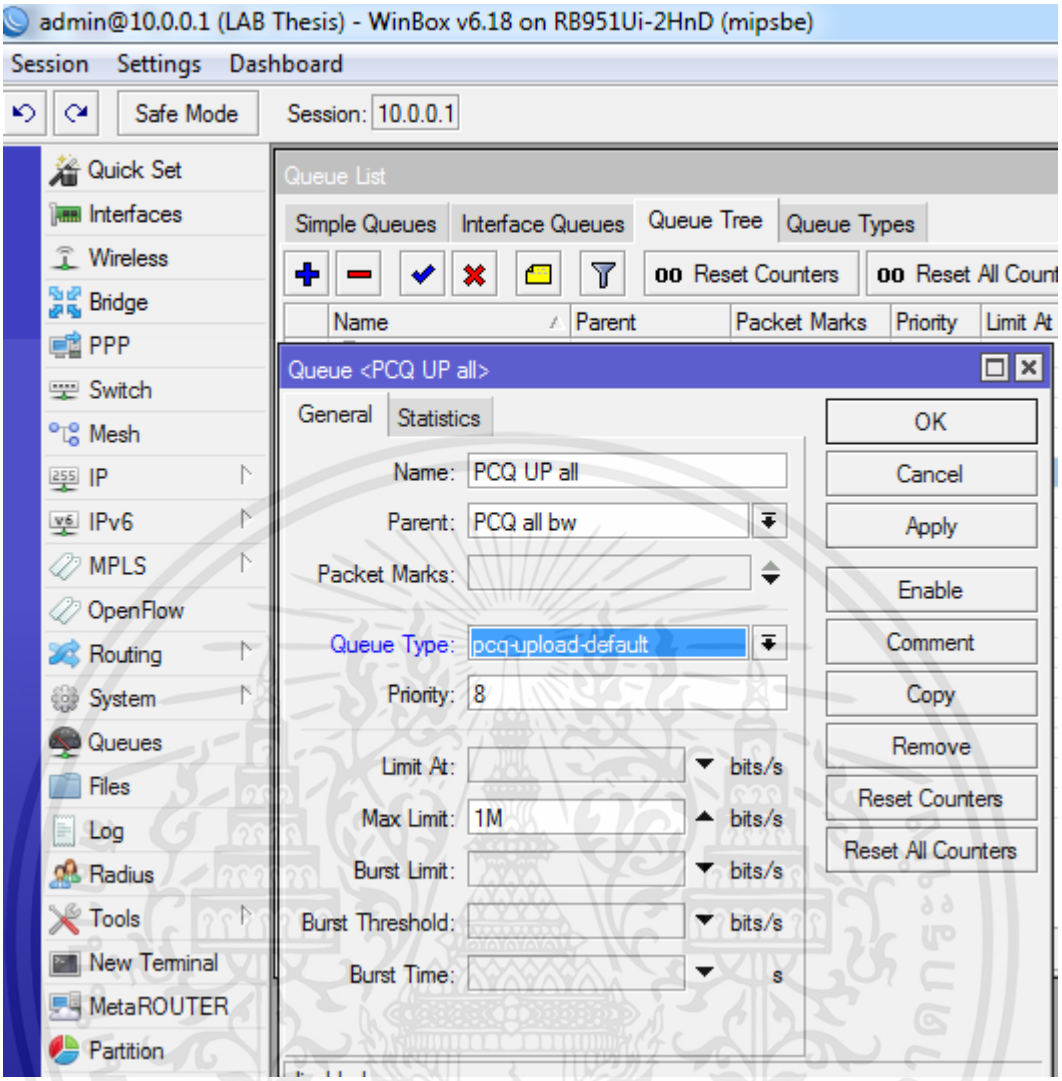
3.6.2 การตั้งค่าใช้งาน PCQ ของฟังก์ชัน Queue Tree



รูปที่ 3.22 การตั้งค่าใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ของฟังก์ชัน Queue Tree ของ Download

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.22 แสดงการตั้งค่าใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ของฟังก์ชัน Queue Tree ในฝั่ง Download โดยมีวิธีการดังนี้ เลือกเมนู Queues เลือก Queue Tree และเลือก Name: PCQ DW all ที่ได้สร้างไว้แล้วเข้าไปเปลี่ยนประเภทของ Queue Type: เป็น pcq download default กด OK



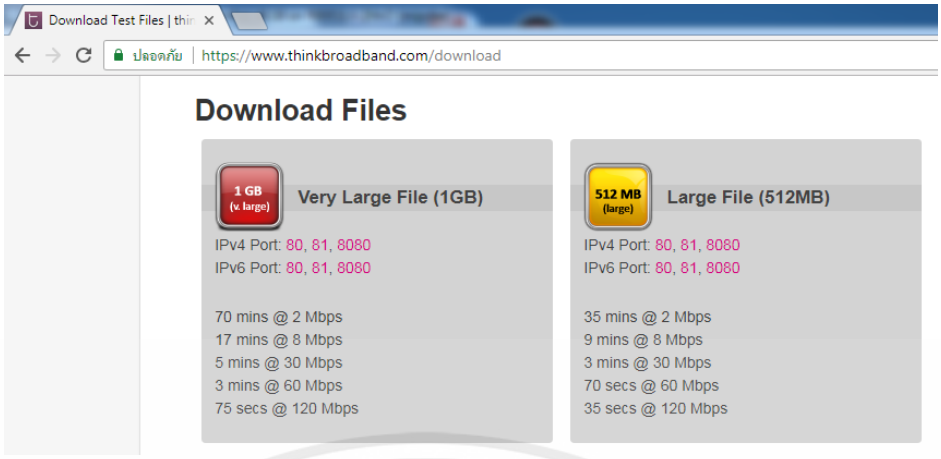
รูปที่ 3.23 การตั้งค่าใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ของฟังก์ชัน Queue Tree ของ Upload

จากรูปที่ 3.23 เป็นการตั้งค่าใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ของฟังก์ชัน Queue Tree ใน Upload โดยมีวิธีการดังนี้ เลือกเมนู Queues ไปเลือก Queue Tree และเลือก Name: PCQ UP all ที่ได้สร้างไว้ แล้วเข้าไปเปลี่ยนประเภทของ Queue Type: เป็น pcq upload default

3.7 เว็บไซต์ของโปรแกรมทดสอบไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.1 เว็บไซต์ Download คือ https://www.thinkbroadband.com/download



รูปที่ 3.24 เว็บไซต์ทดสอบ Download Files

จากรูปที่ 3.24 เป็นเว็บไซต์ที่ใช้ในการทดสอบ Download Files ซึ่งจะมีขนาด Packet ที่ให้เลือกใช้ได้หลายขนาดและในแต่ละขนาดของไฟล์ สามารถบอกช่วงระยะเวลาการ Download กับขนาดของ Bandwidth ในการทดลองนี้ Download Files 1 GB

3.7.2 เว็บไซต์ Upload คือ https://www.google.com/intl/th_ALL/drive/

Google Drive

รูปที่ 3.25 เว็บไซต์ทดสอบ Upload Files

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.25 เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการ Upload Files จัดเก็บไฟล์ต่าง ๆ ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต โดยการทดสอบนี้ใช้ไฟล์ Upload Files ขนาด 50 MB

บทที่ 4

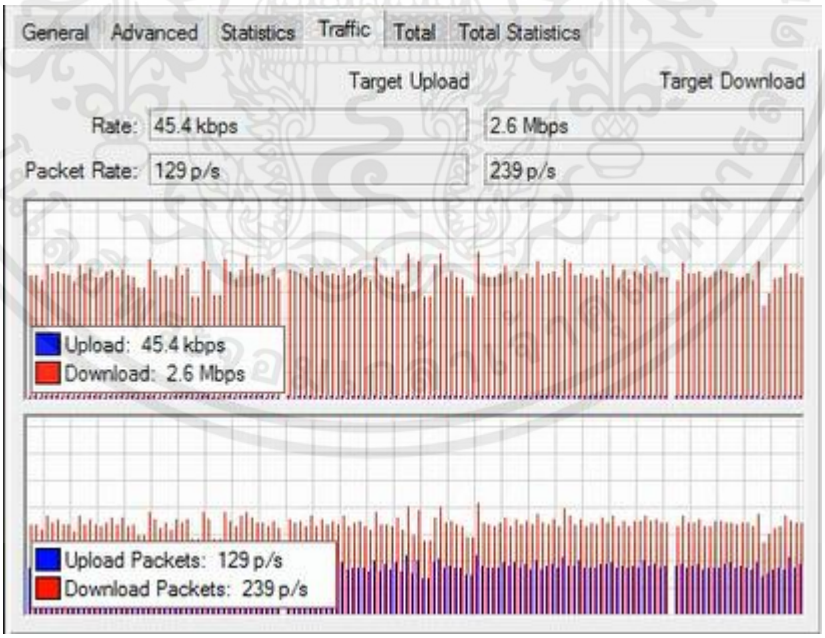
ผลการทดลอง

ผลการทดสอบการทำงานของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ได้จากการตั้งค่าตามที่กล่าวมาในบทที่ 3 ซึ่งผลที่นำมาแสดงมาจากภายในโปรแกรม Winbox โดยมีการแสดง Traffic และแสดงเป็นตัวเลขกำกับเพื่อบอกค่า Rate, Packet Rate ของการ Download และของ Upload ภายในเครือข่ายแบบ Real Time

4.1 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Unlimited กับอินเทอร์เน็ต

คือการทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์กับอินเทอร์เน็ตแบบไม่มีข้อจำกัดใด ๆ

4.1.1 Download Files ขนาด 1 GB แบบ Unlimited



รูปที่ 4.1 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Unlimited

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Unlimited

ตารางที่ 4.1 ผลการทำงาน Download Files ของระบบแบบ Unlimited

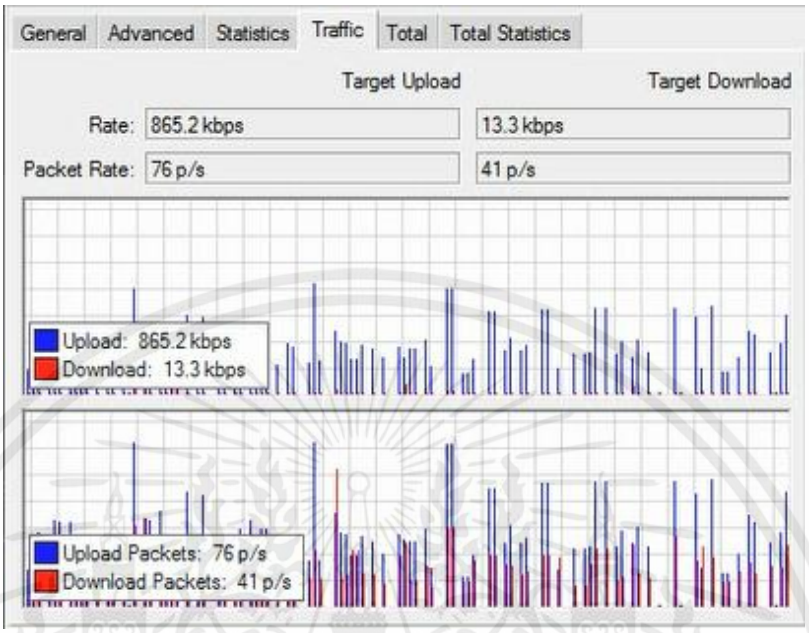
IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	57	2	28	103.4
10.0.0.254	22			

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงผลการ Download Files โดยดูจากกราฟแสดงผลสีแดง แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลาและแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ทั้งหมดแสดงผลแบบ real time ซึ่งผลของ IP 10.0.0.254 ได้ค่าแบนด์วิดท์สูงสุด 7.4 Mbps และแพ็กเกจ 782 p/s สูงกว่า IP 10.0.0.253 ได้ค่าแบนด์วิดท์สูงสุดที่ 2.6 Mbps และแพ็กเกจ 239 p/s และผลการทำงานของระบบจากตารางที่ 4.1 เวลาของการทำงาน IP 10.0.0.254 จะสำเร็จก่อน

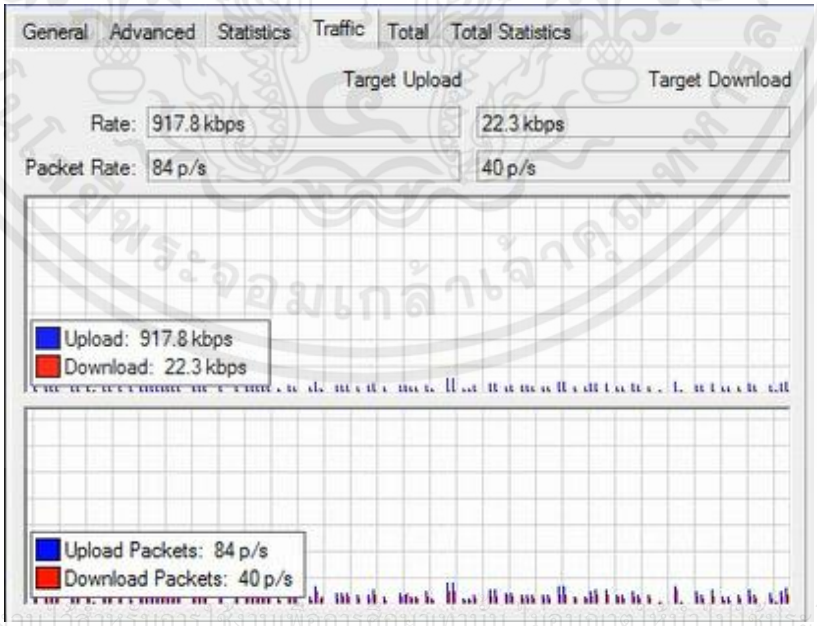
Packet Rate คือความสามารถในการส่งแพ็กเกจสูงสุดที่ทำได้ภายใน 1 วินาที มีหน่วยเรียกว่า Packet Per Second (pps) หรือ (p/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 Upload Files ขนาด 50 MB แบบ Unlimited



รูปที่ 4.3 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Unlimited



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Unlimited

ตารางที่ 4.2 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Unlimited

IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	13	4	18	102.6
10.0.0.254	10			

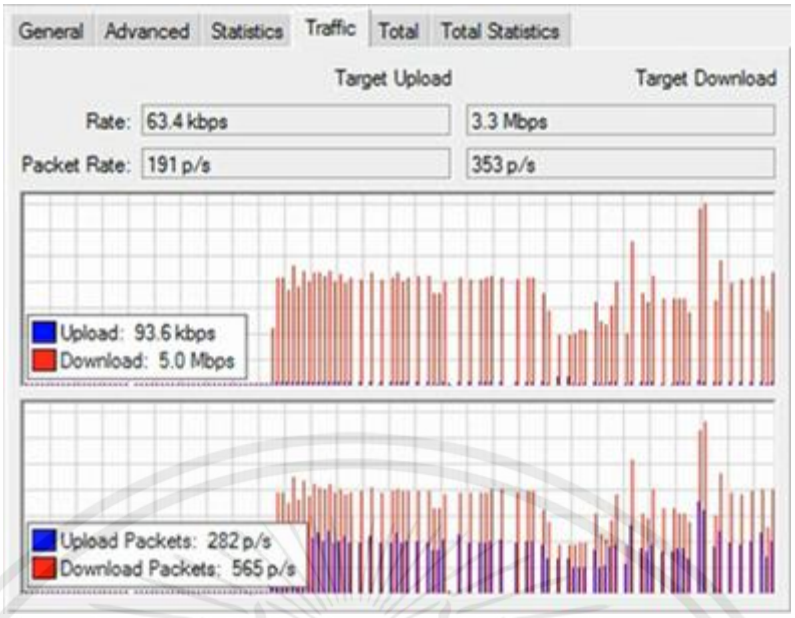
จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 แสดงผลของการ Upload Files ขนาด 50 MB แบบ Unlimited โดยดูจากกราฟแสดงผลสีน้ำเงิน แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลา และแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ทั้งหมดแสดงแบบ real time ซึ่งค่าตัวเลขของ IP 10.0.0.254 ได้แบนด์วิดท์ 917.8 kbps และแพ็กเกจ 84 p/s เป็นค่าที่ได้เฉลี่ยสูงกว่า IP 10.0.0.253 ซึ่งได้ค่าแบนด์วิดท์ที่ 856.2 kbps และแพ็กเกจ 41 p/s ส่วนในตารางที่ 4.2 คือผลการทำงาน Upload Files แบบ Unlimited โดย IP 10.0.0.254 ใช้เวลาการทำงาน 3 นาที

4.2 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Simples Queue กับอินเทอร์เน็ต

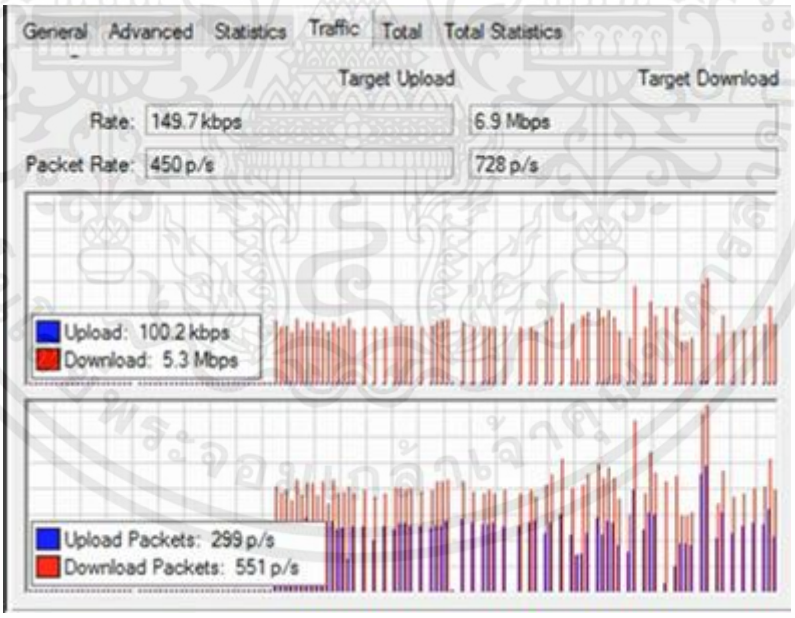
ทดสอบการจัด Bandwidth แบบ Simples Queue ตั้งค่า Max Limit ของ Download 10 MB และ Upload 1 MB เท่านั้น การตั้งค่าตรงกับการออกแบบทดลอง และไม่มีการตั้งค่า Priority หรือข้อกำหนดใด ๆ

4.2.1 Download Files ขนาด 1 GB แบบ Simples Queue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Simple Queue



รูปที่ 4.6 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Simple Queue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทำงาน Download ของระบบแบบ Simple Queue

IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	27	5	34	104
10.0.0.254	23			

จากรูปที่ 4.5 และ 4.6 ผลการ Download Files ของ IP ทั้งสองแบบ Simple Queue โดยดูจากกราฟแสดงผลสีแดง แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลาและแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ค่าตัวเลขของ IP 10.0.0.253 แบนด์วิดท์สูงสุด 3.3 Mbps แพ็กเกจ 353 p/s ของ IP 10.0.0.254 แบนด์วิดท์สูงสุด 6.9 Mbps แพ็กเกจ 728 p/s และตารางที่ 4.3 คือผลการทำงาน Download ของระบบ Simple Queue ที่ได้คือ IP 10.0.0.254 สามารถทำงานสำเร็จได้เร็วกว่า

4.2.2 Upload Files ขนาด 50 MB แบบ Simples Queue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Simple Queue

รูปที่ 4.8 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Simple Queue

ตารางที่ 4.4 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Simple Queue

IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	14	3	10	100.7
10.0.0.254	11			

จากรูปที่ 4.7 และ 4.8 ผลการ Upload Files แบบ Simple Queue โดยดูกราฟแสดงผลสีน้ำเงิน แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลาและแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ทั้งหมดแสดงผลแบบ real time ได้ค่าของ IP 10.0.0.253 แบนด์วิดท์ 302.7 kbps แพ็กเกจ 27 p/s และของ IP 10.0.0.254 แบนด์วิดท์ 1022.7 kbps แพ็กเกจ 96 p/s และตารางที่ 4.4 ผลการทำงาน Upload ของระบบแบบ Simple Queue แสดงเวลา IP 10.0.0.254 ทำงานได้สำเร็จที่ 11 นาที

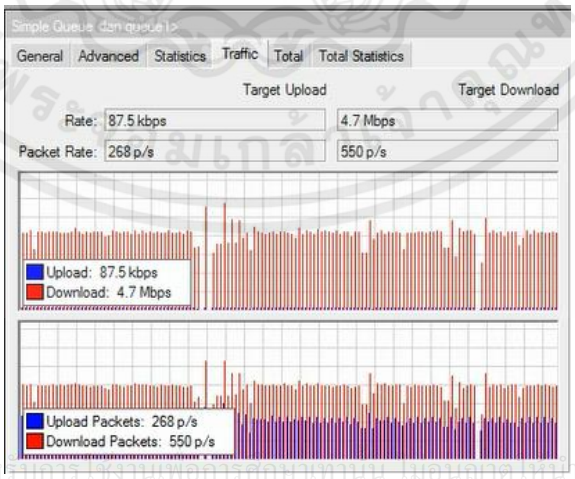
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Simples Queue ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ กับอินเทอร์เน็ต

การทดสอบเพิ่มเติมฟังก์ชัน PCQ ที่หัวข้อ Queue Type เป็น pcq-upload default ที่ช่องของ Target Upload และเปลี่ยนเป็น pcq-download default ที่ช่อง Target Upload เท่านั้น

4.3.1 Download Files ขนาด 1 GB แบบ Simples Queue ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

รูปที่ 4.9 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

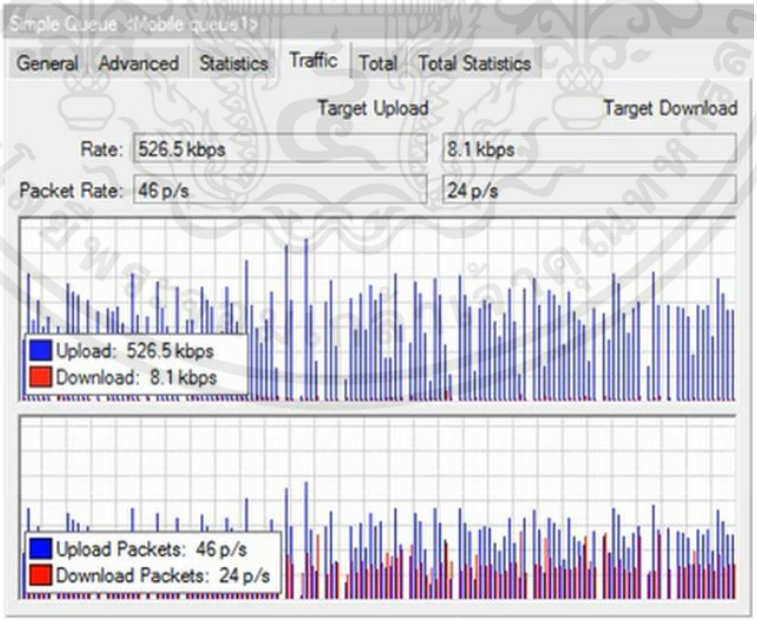
รูปที่ 4.10 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ

ตารางที่ 4.5 ผลการทำงาน Download Files ของระบบแบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ

IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	24	6	47	104
10.0.0.254	23			

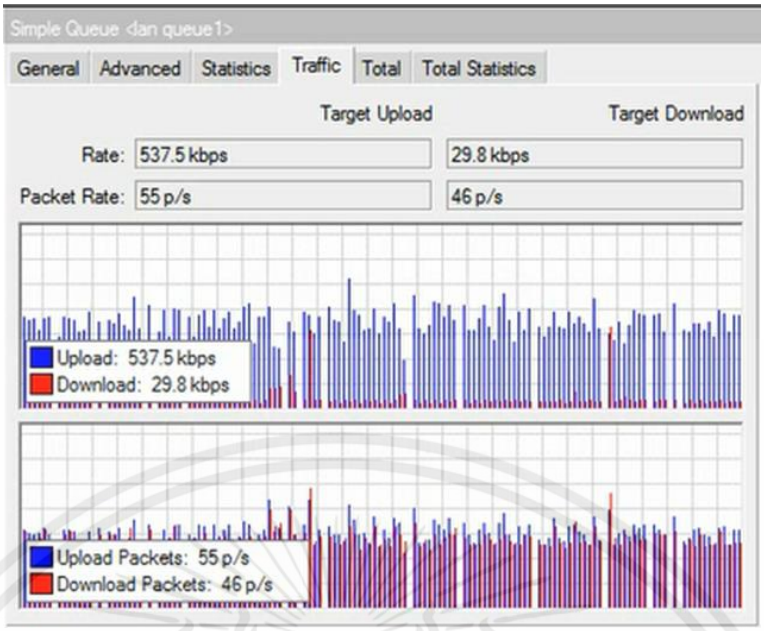
จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 ผลการ Download Files แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ โดยมีกราฟแสดงผลสีแดง แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลาและแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ทั้งหมดแสดงผลแบบ real time ค่าของ IP 10.0.0.253 ได้แบนด์วิดท์ 5 Mbps แพ็กเกจ 528 p/s ส่วนของ IP 10.0.0.254 แบนด์วิดท์ 4.7 Mbps แพ็กเกจ 550 p/s และตารางที่ 4.5 ผลการทำงาน Download ของระบบแบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ มีเวลาการทำงานทั้งสองไอพีแตกต่างกัน 1 นาที

4.3.2 Upload Files ขนาด 50 MB แบบ Simples Queue ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ



รูปที่ 4.12 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ

ตารางที่ 4.6 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ

IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	14	2	9	100
10.0.0.254	14			

จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 ผลการ Upload Files แบบ Simple Queue ร่วมกับ PCQ โดยดูกราฟแสดงผลสีน้ำเงิน แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลาและแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ทั้งหมดแสดงผลแบบ real time โดยค่าของ IP 10.0.0.253 แบนด์วิดท์ 526.5 kbps ค่าแพ็กเกจ 46 p/s และของ IP 10.0.0.254 ค่าแบนด์วิดท์ 537.5 kbps ค่าแพ็กเกจ 55 p/s ซึ่งจากผลทั้งหมดนี้ทำให้ช่วงเวลาเฉลี่ยทำงานสำเร็จในตารางที่ 4.6 มีค่าเท่ากันที่ 14 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

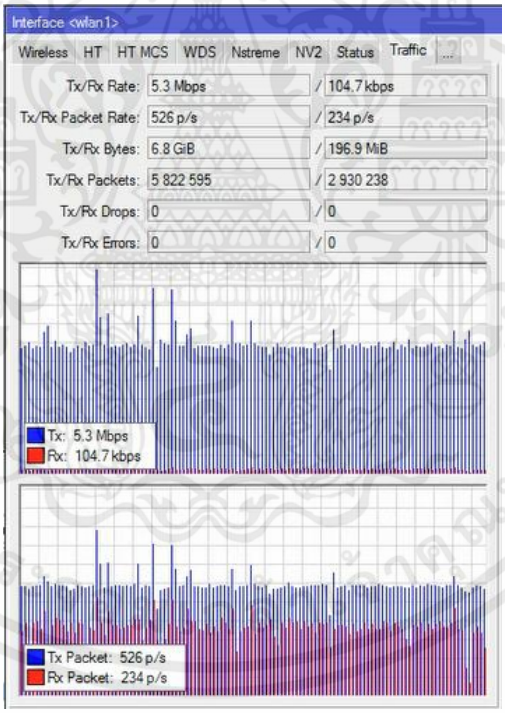
4.4 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Queue Tree กับอินเทอร์เน็ต

ทดสอบ Bandwidth แบบ Queue Tree ตั้งค่า Max Limit ของ Download 10 MB และ Upload 1 MB เท่านั้น ตั้งค่าให้ตรงกับการออกแบบทดลองและจะไม่มีการตั้งค่า Priority หรือข้อกำหนดใด ๆ

ค่า Tx หมายถึง Transmit คือการที่เครื่องคอมพิวเตอร์รับข้อมูลโอนถ่ายมาจากเราเตอร์ หรือค่าที่เครื่องคอมพิวเตอร์ Download Files มาจากเราเตอร์

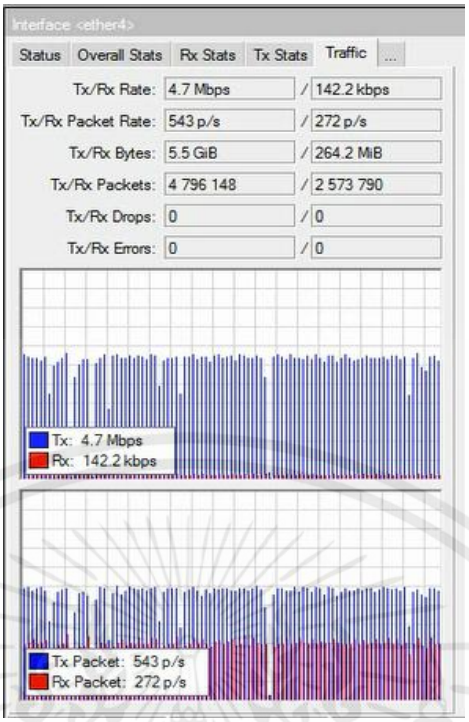
ค่า Rx หมายถึง Receive คือการที่เครื่องคอมพิวเตอร์โอนถ่ายข้อมูลไปที่เราเตอร์ หรือค่าที่เครื่องคอมพิวเตอร์ Upload Files ไปที่เราเตอร์

4.4.1 Download Files ขนาด 1 GB แบบ Queue Tree



รูปที่ 4.13 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Queue Tree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Queue Tree

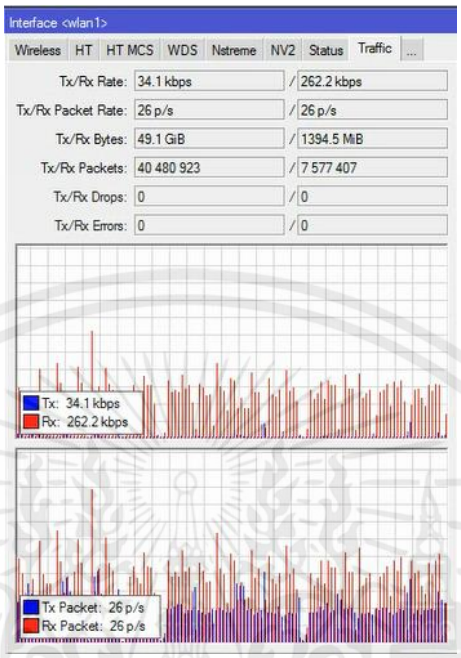
ตารางที่ 4.7 ผลการทำงาน Download Files ของระบบแบบ Queue Tree

IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	27	7	44	103.7
10.0.0.254	33			

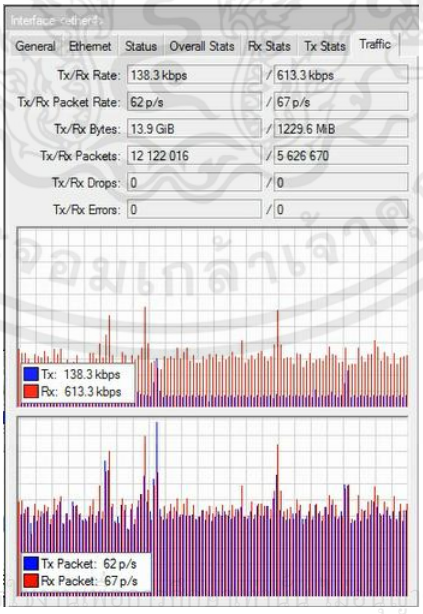
จากรูปที่ 4.13 และ 4.14 คือผลการ Download Files แบบ Queue Tree โดยดูกราฟแสดงผลสีน้ำเงิน แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลาและแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ทั้งหมดแสดงผลแบบ real time ได้ค่าสูงสุดของ IP 10.0.0.253 Tx Rate : 5.3 Mbps และ Tx Packet Rate : 526 p/s ส่วนของ IP 10.0.0254 มี Tx Rate : 4.7 Mbps และ Tx Packet Rate : 543 p/s โดยมีผลให้ตารางที่ 4.7 การทำงาน Download ของระบบแบบ Queue Tree ของ IP 10.0.0.253 ใช้เวลาทำงานได้สำเร็จที่ 27 นาที ส่วนเวลาของ IP 10.0.0.254 สำเร็จที่ 33 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 Upload Files ขนาด 50 MB แบบ Queue Tree



รูปที่ 4.15 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Queue Tree



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ ตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.16 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Queue Tree

ตารางที่ 4.8 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Queue Tree

IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	13	3	7	100.7
10.0.0.254	11			

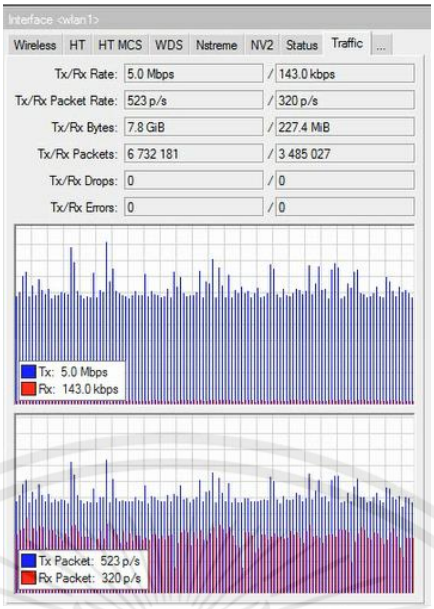
จากรูปที่ 4.15 และ 4.16 คือผลการ Upload Files แบบ Queue Tree โดยดูจากกราฟแสดงผลสีแดง แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลาและแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ทั้งหมดแสดงผลแบบ real time ได้ค่าสูงสุดของ IP 10.0.0.253 คือ Rx Rate : 262.2 kbps ค่า Rx Packet Rate : 26 p/s ส่วนของ IP 10.0.0.254 ค่า Rx Rate : 613.3 kbps ค่า Rx Packet Rate : 67 p/s และตารางที่ 4.8 ได้เวลาผลการทำงาน Upload ของระบบแบบ Queue Tree ของ IP 10.0.0.253 ที่ 13 นาที แต่ของ IP 10.0.0.254 ที่ 11 นาทีเท่านั้น

4.5 ทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Queue Tree ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ กับอินเทอร์เน็ต

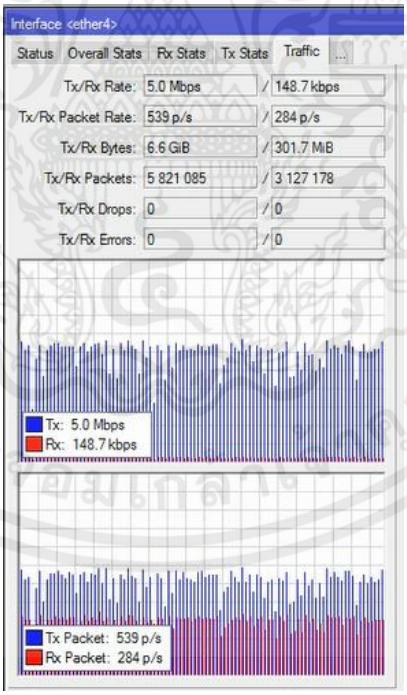
ทดสอบฟังก์ชันการทำงานของ PCQ ที่หัวข้อ Queue Type เป็น pcq-upload default ที่ช่องของ Target Upload และเปลี่ยนเป็น pcq-download default ที่ช่อง Target Upload เท่านั้น

4.5.1 Download Files ขนาด 1 GB แบบ Queue Tree ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ



รูปที่ 4.18 ผลการ Download Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ

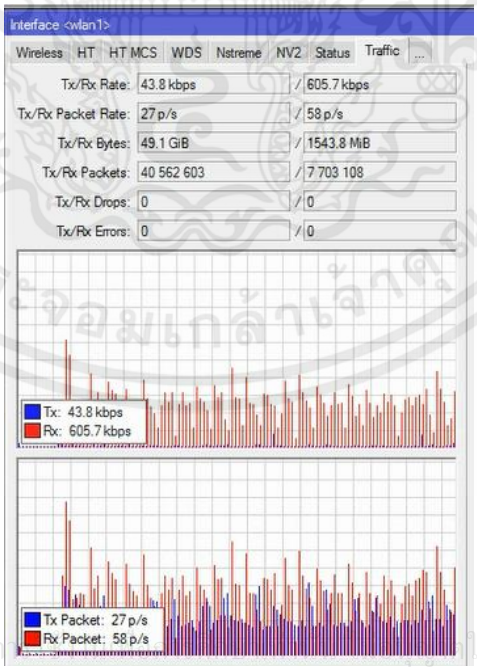
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทำงาน Download Files ของระบบแบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ

IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	28	7	46	103.8
10.0.0.254	34			

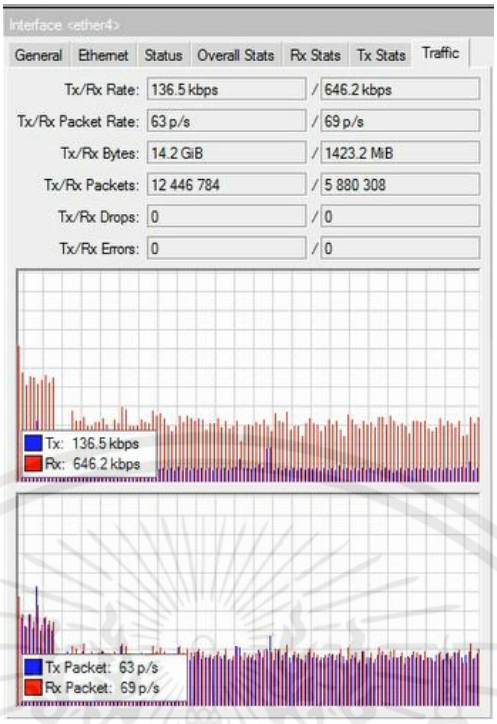
จากรูปที่ 4.17 และ 4.18 ผลการ Download Files แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ โดยดูจากกราฟแสดงผลสีน้ำเงิน แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลาและแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ทั้งหมดแสดงผลแบบ real time ได้ค่าสูงสุดของ IP 10.0.0.253 ค่า Tx Rate : 5 Mbps ค่า Tx Packet Rate : 523 p/s และค่าของ IP 10.0.0.254 ค่า Tx Rate : 5 Mbps ค่า Tx Packet Rate : 539 p/s โดยมีเวลาการทำงานสำเร็จของ IP 10.0.0.253 ที่ 28 นาที แต่ของ IP 10.0.0254 ใช้เวลาที่ 34 นาทีแสดงตามตารางที่ 4.9

4.5.2 Upload Files ขนาด 50 MB แบบ Queue Tree ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.253 แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ



รูปที่ 4.20 ผลการ Upload Files ของ IP : 10.0.0.254 แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ

ตารางที่ 4.10 ผลการทำงาน Upload Files ของระบบแบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ

IP Address	เวลาทั้งหมด (นาที)	CPU ต่ำสุด (%)	CPU สูงสุด (%)	Memory (MB)
10.0.0.253	15	1	7	103
10.0.0.254	13			

จากรูปที่ 4.19 และ 4.20 คือผลการ Upload Files แบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ โดยดูกราฟแสดงผลสีแดง แนวตั้งแสดงขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ แนวนอนแสดงช่วงเวลาและแสดงผลเป็นตัวเลขกำกับ ทั้งหมดแสดงผลแบบ real time ได้ค่าสูงสุดของ IP 10.0.0.253 ค่า Rx Rate : 605.7 kbps ค่า Rx Packet Rate : 58 p/s และของ IP 10.0.0.254 ได้ค่า Rx Rate : 646.2 kbps ค่า Rx Packet Rate : 69 p/s และตารางที่ 4.10 ผลการทำงาน Upload ของระบบแบบ Queue Tree ร่วมกับ PCQ ใช้เวลาทำงาน ของ IP 10.0.0.253 ที่ 15 นาทีและของ IP 10.0.0.254 ที่ 13 นาที

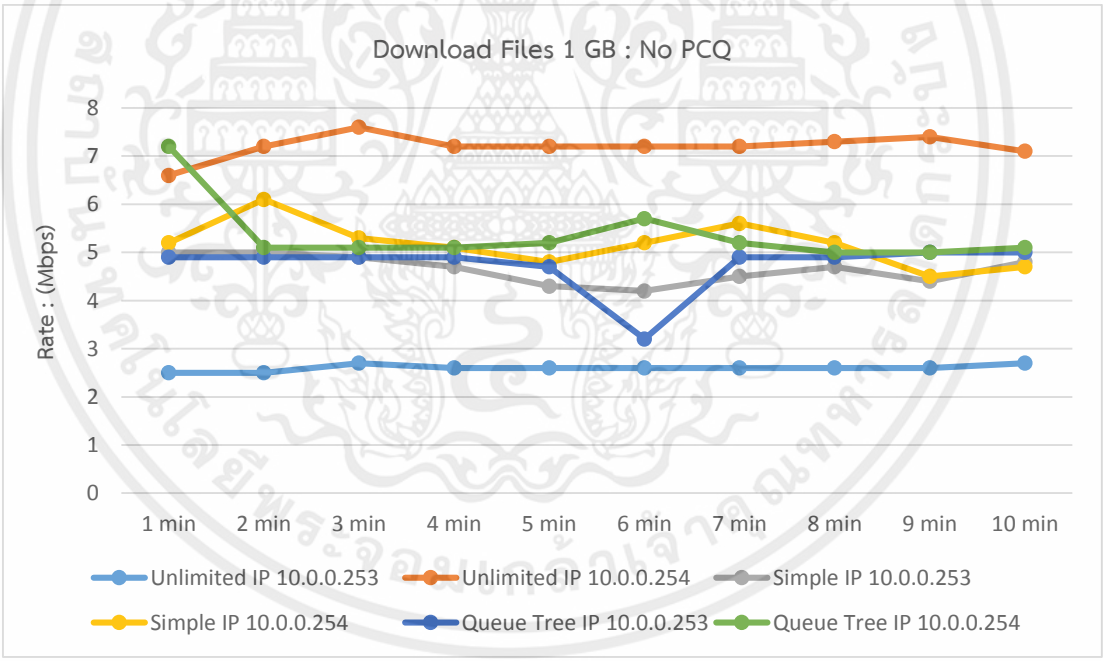
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการวิเคราะห์

คือกราฟการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกรณีที่ไม่มีการจัดการแบนด์วิดท์ใด ๆ แบบ Unlimited กับฟังก์ชัน Simple Queue แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ และกับฟังก์ชัน Queue Tree แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ทั้งการ Download Files ขนาด 1 GB และ Upload Files 50 MB

และกราฟการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างกรณีที่ไม่มีการจัดการแบนด์วิดท์ใด ๆ แบบ Unlimited กับฟังก์ชัน Simple Queue แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ และกับฟังก์ชัน Queue Tree แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ทั้งการ Download Files ขนาด 1 GB และ Upload Files 50 MB

4.6.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง Download Files ขนาด 1 GB แบบไม่ใช้ฟังชันเพิ่มเติม PCQ

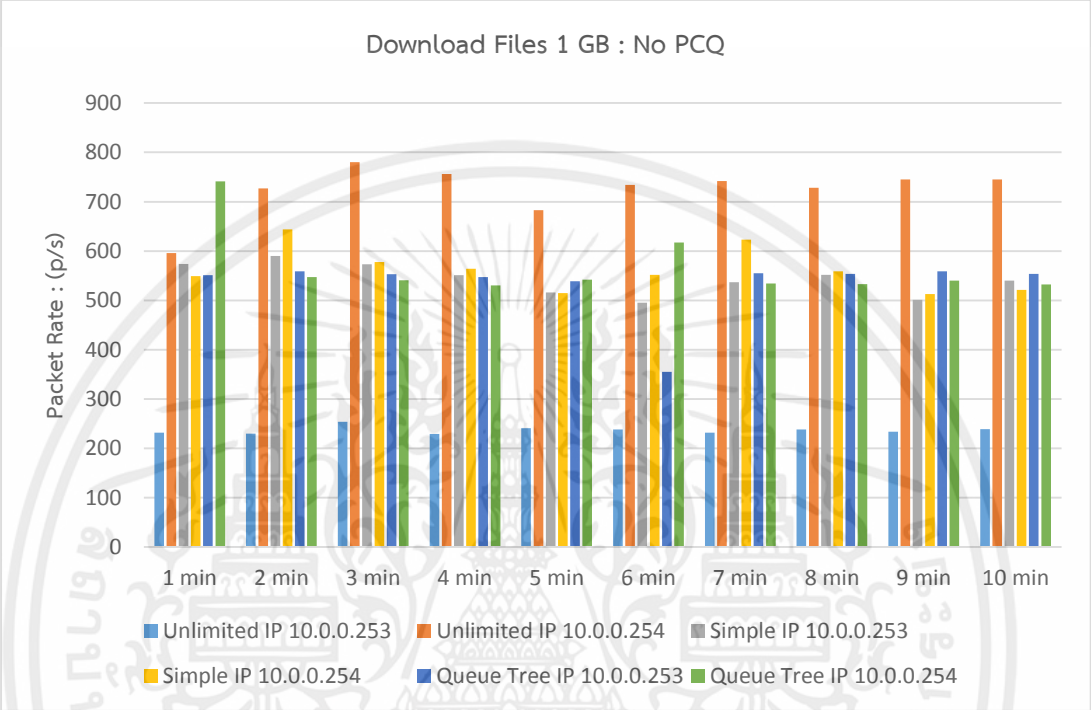


รูปที่ 4.21 แบนด์วิดท์ Download Files 1 GB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

จากรูปที่ 4.21 แสดงผลแบนด์วิดท์ Download Files 1 GB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ความสามารถในการจัดการแบนด์วิดท์ของ Unlimited IP 10.0.0.253 และ Unlimited IP

10.0.0.254 มีความแตกต่างกันสูงมากทำให้เวลาของการทำงานแตกต่างกันมากตามไปด้วย แต่ถ้าเป็นการใช้งานการจัดการแบนด์วิดท์ด้วยฟังก์ชัน Simple Queue หรือฟังก์ชัน Queue Tree ทุก ๆ IP ของแต่ละฟังก์ชันทำงานใกล้เคียงกันเฉลี่ยที่ 4 Mbps ถึง 6 Mbps

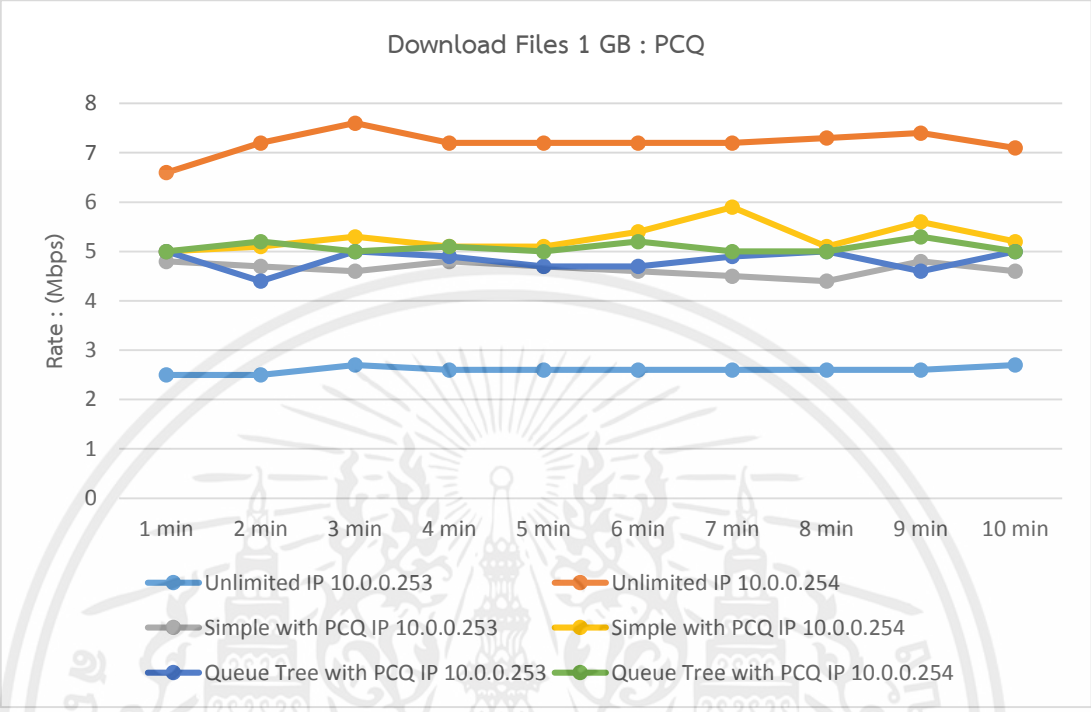


รูปที่ 4.22 Packet Rate การ Download Files 1 GB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

จากรูปที่ 4.22 แสดง Packet Rate การ Download Files 1 GB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ โดยค่า Packet Rate : (p/s) นี้เป็นผลต่อเนื่องจากค่าแบนด์วิดท์ที่ได้ในรูปที่ 4.21 จึงทำให้ผล Packet Rate ของ Unlimited ทั้งสอง IP ได้รับแพ็กเกจแตกต่างกันด้วย แต่ถ้าเป็นของฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree ที่มีการจัดการแบนด์วิดท์ทำให้ทุก ๆ IP ของทั้งสองฟังก์ชันได้ค่าเฉลี่ย Packet Rate : 500 p/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

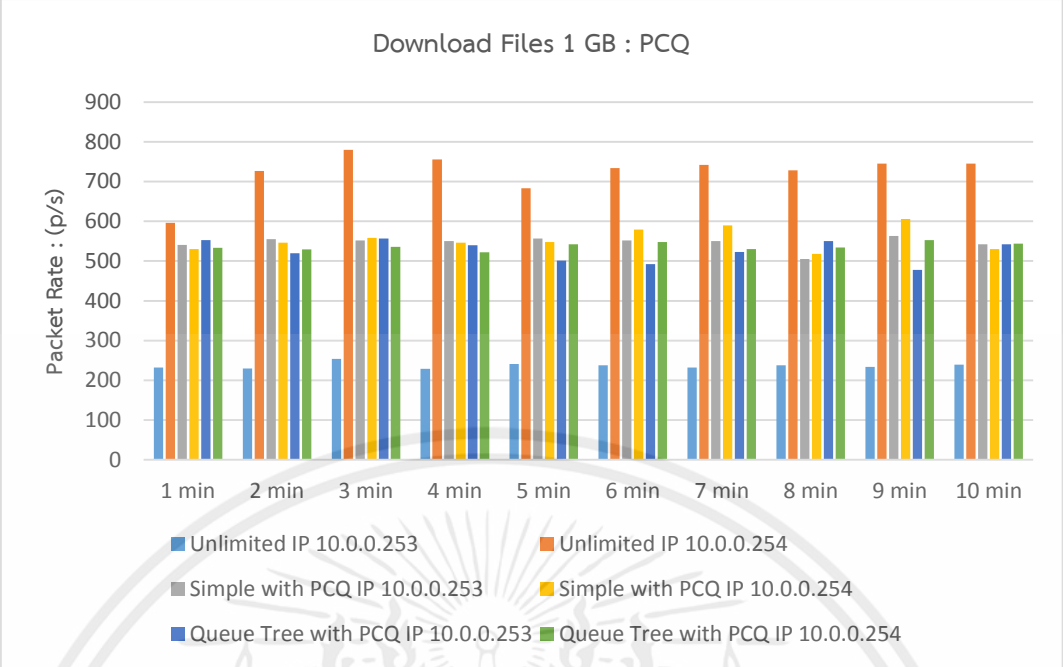
4.6.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง Download Files ขนาด 1 GB แบบใช้ฟังชันเพิ่มเติม PCQ



รูปที่ 4.23 ผลแบนด์วิดท์ของ Download Files 1 GB แบบเปิดใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

จากรูปที่ 4.23 แสดงผลแบนด์วิดท์ของ Download Files 1 GB แบบเปิดใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ กับการจัดการแบนด์วิดท์ของฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree สามารถจัดการเฉลี่ยแบนด์วิดท์ที่ได้ของแต่ละ IP ใกล้เคียงกันมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

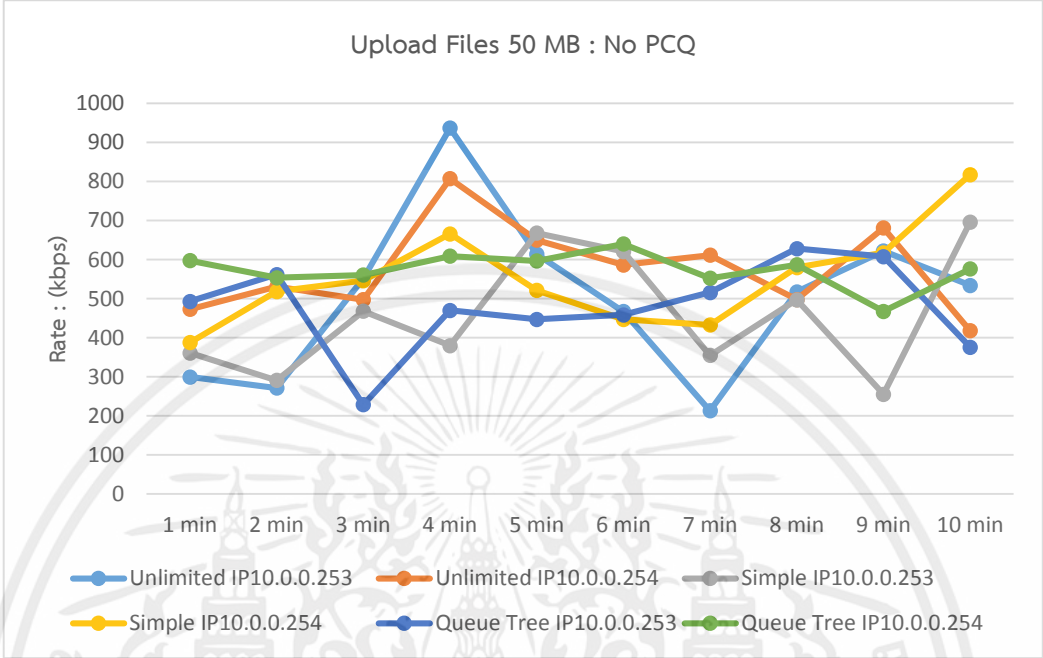


รูปที่ 4.24 Packet Rate การ Download Files 1 GB แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

จากรูปที่ 4.24 แสดงผล Packet Rate การ Download Files 1 GB แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ร่วมกับฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree ทำให้ได้ค่าแบนด์วิดท์ที่ใกล้เคียงกันตามที่แสดงในรูปที่ 4.23 ทั้งหมด จึงทำให้ค่า Packet Rate ของฟังก์ชัน Simple Queue และของ Queue Tree ได้ใกล้เคียงกันมากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

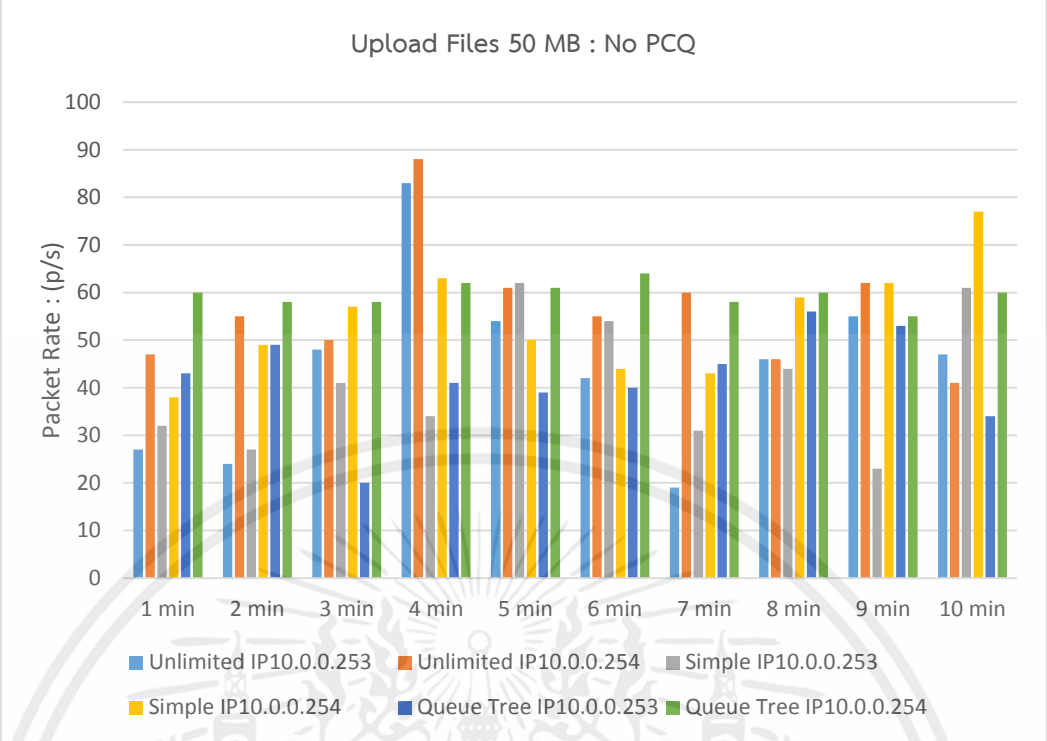
4.6.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง Upload Files 50 MB แบบไม่ใช้ฟังชันเพิ่มเติม PCQ



รูปที่ 4.25 ผลแบนด์วิดท์ของ Upload Files 50 MB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

จากรูปที่ 4.25 แสดงผลแบนด์วิดท์ของ Upload Files 50 MB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ของฟังก์ชัน Simple Queue และของฟังก์ชัน Queue Tree ทั้งหมดเปรียบเทียบกับแบบ Unlimited จากรูปที่ 4.25 จะเห็นว่า IP ทั้งสองได้แบนด์วิดท์ต่างกันเป็นบางช่วง เช่นเดียวกับฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

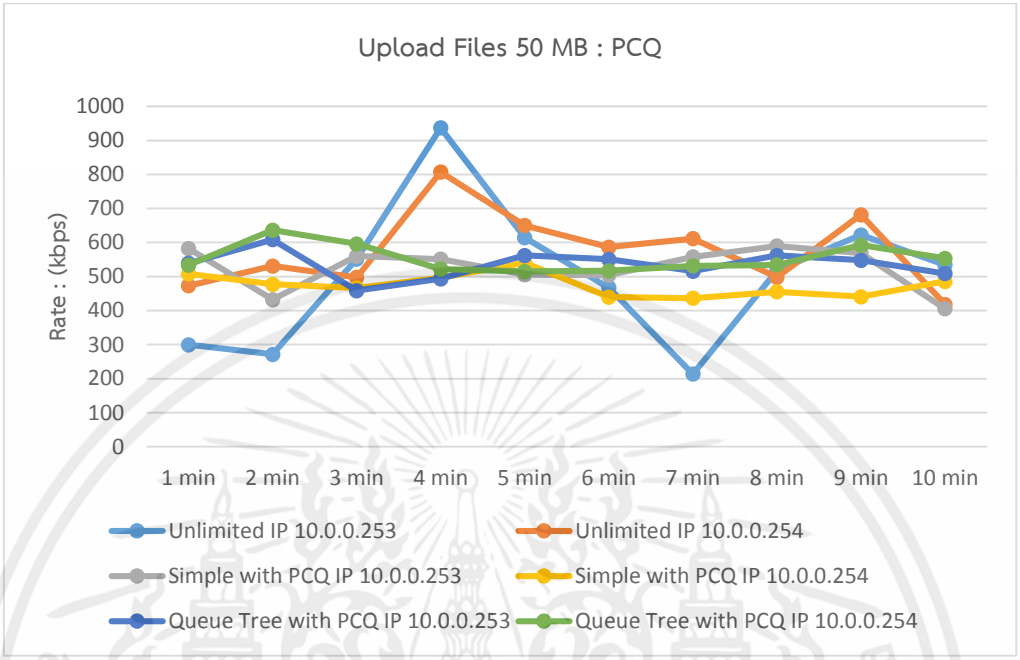


รูปที่ 4.26 Packet Rate การ Upload Files 50 MB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

จากรูปที่ 4.26 แสดงผล Packet Rate การ Upload Files 50 MB แบบไม่ใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ของฟังก์ชัน Simple Queue และของฟังก์ชัน Queue Tree ทั้งหมดเปรียบเทียบกับแบบ Unlimited จากรูปที่ 4.26 จะเห็นว่าค่า Packet Rate เปลี่ยนไปตามขนาดแบนด์วิดท์ที่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

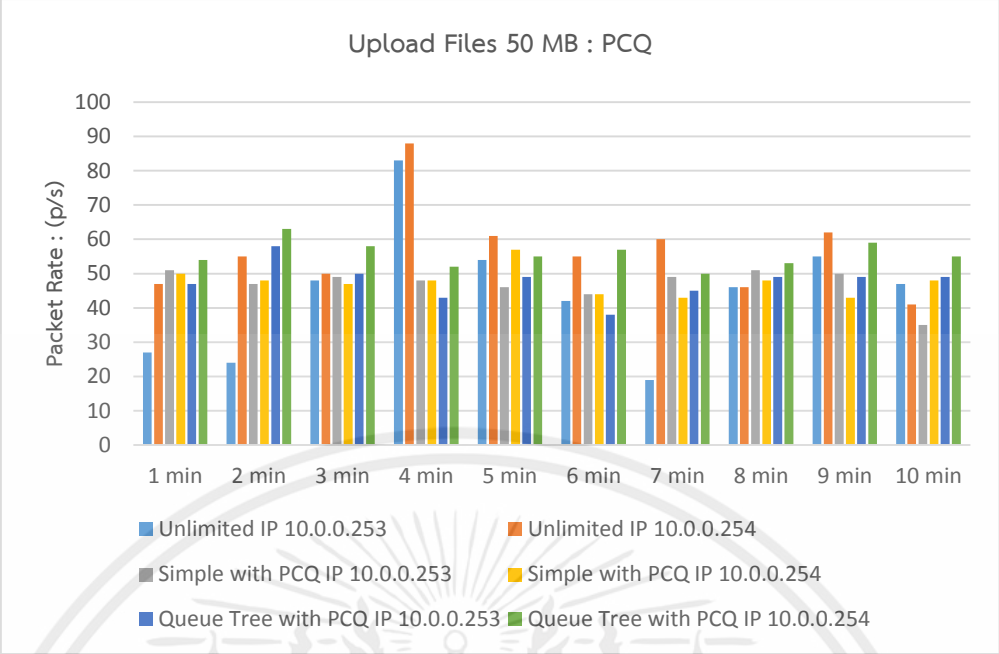
4.6.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง Upload Files 50 MB แบบใช้ฟังชันเพิ่มเติม PCQ



รูปที่ 4.27 ผลแบนด์วิดท์ของ Upload Files 50 MB แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

จากรูปที่ 4.27 แสดงผลแบนด์วิดท์ของ Upload Files 50 MB แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ร่วมกับฟังก์ชัน Simple Queue และร่วมกับฟังก์ชัน Queue Tree เปรียบเทียบฟังก์ชันทั้งหมดกับ Unlimited จากรูปที่ 4.27 แสดงให้เห็นว่าค่าแบนด์วิดท์ที่ทดสอบ Upload Files แบบ Unlimited ทั้งสอง IP มีความแตกต่างกันมาก แต่ถ้าเป็นฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree ใช้งานร่วมกับฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ทุก ๆ IP ถูกเฉลี่ยให้ได้รับแบนด์วิดท์ใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 Packet Rate การ Upload Files 50 MB แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ

จากรูปที่ 4.28 แสดงผล Packet Rate การ Upload Files 50 MB แบบใช้ฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ร่วมกับฟังก์ชัน Simple Queue และร่วมกับฟังก์ชัน Queue Tree เปรียบเทียบฟังก์ชันทั้งหมดกับ Unlimited จากรูปที่ 4.27 ผลของแบนด์วิดท์แบบ Unlimited ที่ทดสอบ Upload Files แตกต่างกันจึงทำให้ค่าของ Packet Rate แตกต่างกัน แต่ถ้าเป็นฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree ใช้งานร่วมกับฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ ค่า Packet Rate ที่ได้ใกล้เคียงกันเปลี่ยนแปรผันตามค่าแบนด์วิดท์ที่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบเพื่อการทดสอบแบนด์วิดท์กับการใช้งานอินเทอร์เน็ตจากผู้ให้บริการ ISP โดยจำกัดแบนด์วิดท์รวมสูงสุดคือค่า Download 10 Mbps และ Upload 1 Mbps กับฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree แบบไม่มีข้อจำกัดใด ๆ และการเพิ่มเติมฟังก์ชัน Per Connection Queue (PCQ) โดยทั้งหมดกับการทดสอบ Download Files ขนาด 1 GB และ Upload Files ขนาด 50 MB เพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้

ผลจากการทดลองแบบ Unlimited (ไม่มีข้อจำกัดใด ๆ) ได้ค่าแบนด์วิดท์แต่ละ IP มีค่าที่แตกต่างกันมากค่าการ Download ของ IP 10.0.0.253 ได้แบนด์วิดท์ 2.6 Mbps ส่วนของ IP 10.0.0.254 ได้แบนด์วิดท์ 7.4 Mbps ผลทำให้ IP 10.0.0.254 ใช้เวลา Downolad Files 22 นาที แต่ IP 10.0.0.253 ใช้เวลา Download Files 57 นาที ส่วนการทำงาน Upload Files ของ IP 10.0.0.253 ได้แบนด์วิดท์ 856.2 kbps ใช้เวลาทำงาน 13 นาที ส่วนของ IP 10.0.0.254 ได้แบนด์วิดท์ 917.8 Kbps ใช้เวลา 10 นาที ซึ่งมีผลมาจากการทำงานของระบบพื้นฐานที่เป็นแบบ Frist In-Frist Out มีผลทำให้ IP ที่สื่อสารเข้ามาก่อนได้ค่าแบนด์วิดท์และแพ็กเกจที่มากกกว่าในการ Download และ Upload จนกว่างานสำเร็จ ทางกลับกัน IP ที่มาทีหลังได้แบนด์วิดท์และแพ็กเกจที่ต่ำกว่ามาก ทำให้ช่วงเวลาการ Download และ Upload ของแต่ละ IP สำเร็จแตกต่างกันอย่างมาก การใช้ CPU ในการประมวลผลสูงสุดขณะ Download 28 % และ Upload 18 % และ Memory ทำงานอยู่ที่ 102-103.5 MB

แบบ Simple Queue (ไม่มีข้อจำกัดใด ๆ) การตั้งค่าการใช้งานไม่ยาก ค่าแบนด์วิดท์ของแต่ละ IP แตกต่างกันมากเป็นช่วง ๆ เป็นการทำงานที่สลับกัน เช่น Download Files ของ IP 10.0.0.253 ได้แบนด์วิดท์ประมาณ 4 Mbps ของ IP 10.0.0.254 ประมาณ 7 Mbps เมื่อเวลา IP 10.0.0.254 ใช้งานสำเร็จ จะสลับเป็น IP 10.0.0.253 ได้ค่าแบนด์วิดท์ที่มากกว่าแทน จึงทำให้ช่วงเวลาการ Download สำเร็จต่างกันอยู่ 4 นาที และช่วง Upload Files ของ IP 10.0.0.253 ได้แบนด์วิดท์ประมาณ 3 kbps และของ IP 10.0.0.254 ได้แบนด์วิดท์ประมาณ 1000 kbps ทั้งสอง IP ใช้เวลา

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใด...

ต่างกันที่ 3 นาที ใช้ CPU ประมวลการทำงาน Download สูงสุด 34 % และ Upload สูงที่ 10 % และใช้ Memory ในการทำงานอยู่ที่ 100-104 MB

แบบ Simple Queue กับฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ จากการตั้งค่าหัวข้อ Queue Type : default เป็น pcq download default และ pcq upload default ตามลำดับ ซึ่งได้ผลเฉลี่ยค่าแบนด์วิดท์ Download ของ IP 10.0.0.253 ได้แบนด์วิดท์ 5 Mbps ส่วนของ IP 10.0.0.254 ได้แบนด์วิดท์ 4.7 Mbps ทั้งหมดใช้เวลารวมต่างกัน 1 นาที ส่วนการทดสอบ Upload ของ IP 10.0.0.253 ได้แบนด์วิดท์ 526.5 kbps และของ IP 10.0.0.254 ได้แบนด์วิดท์ 537.5 kbps ทั้งสอง IP ใช้เวลา Upload เท่ากัน 14 นาที ผลการทดสอบแบบ Simple Queue กับฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้เวลาการทำงานของ Download และ Upload ของแต่ละ IP สำเร็จพร้อม ๆ กัน ค่า CPU ประมวลผล Download สูงสุด 47 % Upload สูงสุดที่ 9 % และการใช้งาน Memory 100-104 MB

แบบ Queue Tree (ไม่มีข้อจำกัดใด ๆ) การตั้งค่าใช้งานมีความซับซ้อนเพราะสามารถตั้งค่าออกแบบควบคุมระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ละเอียดและหลากหลายมากกว่า ผลที่ได้จากการทดสอบ Download ของ IP 10.0.0.253 ได้ค่าแบนด์วิดท์ 5.3 Mbps ซึ่งสูงกว่า IP 10.0.0.254 ที่ได้แบนด์วิดท์ 4.7 Mbps มีช่วงเวลาทำงานต่างกัน 4 นาที และการ Upload ของ IP 10.0.0.253 ได้แบนด์วิดท์ 262.2 kbps ของ IP แบนด์วิดท์ 613.3 kbps มีเวลาการทำงานต่างกัน 2 นาที CPU ที่ใช้ในการประมวล Download สูงถึง 44 % Upload สูงที่ 7 % ละ Memory 100-103.7 MB

แบบ Queue Tree กับฟังก์ชันเพิ่มเติม PCQ จากการตั้งค่าหัวข้อ Queue Type : default เป็น pcq download default และ pcq upload default ตามลำดับ โดยมีผลทำให้ค่าแบนด์วิดท์ที่ใช้ Download ของแต่ละ IP มีค่า 50 Mbps เท่า ๆ กัน ช่วงเวลาการทำงานสำเร็จต่างกัน 4 นาที การ Upload ของ IP 10.0.0.253 แบนด์วิดท์ 605.7 kbps และของ IP 10.0.0.254 แบนด์วิดท์ 606.2 kbps เป็นค่าแบนด์วิดท์ที่ได้ใกล้เคียงกันอย่างมาก และสามารถทำงานได้สำเร็จต่างกัน 2 นาที เรื่องของค่า CPU ใช้สูงสุด 7 % และใช้ Memory อยู่ที่ 103 MB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพของฟังก์ชัน

ประสิทธิภาพ	การตั้งค่า	อุปกรณ์	แบนด์วิดท์	การนำไปใช้งาน
Unlimited	ผู้ให้บริการจาก ISP ดำเนินการให้พร้อมใช้งานทั้งหมด	ทางผู้ให้บริการ ISP มีให้พร้อมใช้งาน	แบนด์วิดท์ ที่ได้จะแตกต่างมากน้อยตามการจัดการของระบบที่มี	เหมาะสำหรับผู้ใช้งานไม่เกิน 5 คนใช้อินเทอร์เน็ตได้
Simple Queue	การตั้งค่าไม่ยากถ้าพอมีความรู้และเข้าใจเรื่องระบบเครือข่ายและฟังก์ชันของอุปกรณ์	ออกแบบ CPU และ RAM นำมาใช้ให้เหมาะสมกับแบนด์วิดท์จำนวนอุปกรณ์ที่เข้ามาเชื่อมต่อและจำนวนผู้ใช้	มีการจัดการแบนด์วิดท์ ตามข้อกำหนด	ตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปหรือบริษัท Office ขนาดเล็กสามารถจัดการแบนด์วิดท์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
Simple Queue with PCQ	การตั้งค่าเลือกเปลี่ยน Queue Type เพิ่มเติมเป็น PCQ	สเปกเดียวกันกับ Simple Queue ธรรมดาได้	เมื่อใช้ร่วมกับ PCQ แบนด์วิดท์ทั้งหมดได้ใช้เท่าเทียม	ต้องการเพิ่มเติมใช้แบนด์วิดท์ที่ได้ทั้งหมดให้มีประสิทธภาพและเท่าเทียมกัน
Queue Tree	การตั้งค่ามีความซับซ้อนและละเอียดมากจะต้องมีความรู้เข้าใจเรื่องการจัดการแบนด์วิดท์และความสัมพันธ์ของกฎต่าง ๆ ในพารามิเตอร์อย่างสูง	ต้องออกแบบ CPU และ RAM ที่นำมาใช้เพราะใช้เก็บและคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สร้าง ขึ้นอยู่กับแบนด์วิดท์ จำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อและจำนวนของผู้ใช้ด้วยเช่นกัน	การจัดการแบนด์วิดท์ ได้ดีสามารถจัดการได้ซับซ้อนและละเอียดมากขึ้น	ตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปหรือบริษัท Office องค์กร ขนาดเล็กขนาดกลางขึ้นไปสามารถใช้ได้มีความจำเป็นต้องจัดการแบนด์วิดท์ที่ละเอียดซับซ้อนและประสิทธิภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) ประสิทธิภาพของฟังก์ชัน

ประสิทธิภาพ	การตั้งค่า	อุปกรณ์	แบนด์วิดท์	การนำไปใช้งาน
Queue Tree with PCQ	เปลี่ยน Queue Type เพิ่มเติมเป็น PCQ	สเปกเดียวกันหรือสูงกว่าของ Queue Tree	จัดการแบนด์วิดท์ทั้งหมดและเท่าเทียม	ต้องการจัดการแบนด์วิดท์ที่ได้ทั้งหมดแบบเท่าเทียม

5.2 สรุปการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบ Unlimited โดยการ Download และ Upload กับอินเทอร์เน็ตจาก ISP ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า IP ที่สามารถเชื่อมต่อเข้ามาได้ก่อนจะได้แบนด์วิดท์ที่มากกว่าฉะนั้นทำให้งานสำเร็จก่อน ส่วน IP ที่เข้ามาเชื่อมต่อได้ทีหลังจะได้แค่แบนด์วิดท์ที่คงเหลือ ทำให้เวลาของการทำงานสำเร็จจะแตกต่างกันอย่างมาก ส่วนของฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree ใช้งานกับอินเทอร์เน็ตจริง ผลที่ได้จากการทดสอบ Download และ Upload จากฟังก์ชันทั้งสองแสดงให้เห็นว่า ถ้าไม่มีการกำหนดรายละเอียดและข้อจำกัดใด ๆ กับการตั้งค่า เช่น ค่า Priority, ค่า Limit การทำงานแบบ Download และ Upload จะถูกคำนวณแบนด์วิดท์และแพ็กเกจอัตโนมัติจากพื้นฐานของโปรแกรมทั้งสองแล้วจัดแบ่งแบนด์วิดท์และแพ็กเกจเป็นส่วน ๆ แล้วทำงานสลับกันระหว่าง 2 ไอพี ผลแบนด์วิดท์ที่ได้อาจจะแตกต่างกัน แต่เวลาที่ใช้โดยรวมไม่ต่างกันมากเกินซึ่งทั้งสองฟังก์ชันสามารถทำงานได้ดีในระดับที่น่าพอใจ

จากผลการทดสอบฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree ได้มีการทดสอบเพิ่มเติมฟังก์ชัน Per Connection Queue (PCQ) ซึ่งเป็นฟังก์ชันเพิ่มเติมที่มีอยู่ใน Simple Queue และ Queue Tree โดยมีทฤษฎีการทำงานที่น่าสนใจคือ ฟังก์ชันนี้จะทำการแบ่งแบนด์วิดท์ที่ได้รับจากผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต ISP มาคำนวณแบ่งแบนด์วิดท์กับผู้ใช้งานจริงในระบบเครือข่ายเท่า ๆ กัน เพียงแค่ทราบแบนด์วิดท์ของอินเทอร์เน็ตที่ได้รับจากผู้ให้บริการ ISP เท่านั้น ผลการทดสอบที่ได้ของฟังก์ชัน Simple Queue และฟังก์ชัน Queue Tree เมื่อเพิ่มเติมฟังก์ชัน PCQ ผลที่ได้คือแบนด์วิดท์ทั้งหมดของ Download และ Upload จากผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตจะถูกนำไปใช้งานทั้งหมดจริง โดยการจัดสรรให้กับผู้ใช้งานในที่นี้คือ IP ทั้งสองที่อยู่ในระบบได้รับแบนด์วิดท์เฉลี่ยเท่า ๆ กันตรงตามทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของค่า CPU กับการประมวลผลของระบบจากการทดสอบแบบ Unlimited จะใช้ CPU สูงสุดที่ 28 % ส่วนการทดสอบแบบ Simple Queue จะสูงสุด 34 % เมื่อเพิ่มเติมฟังก์ชัน PCQ จะสูงสุดที่ 47 % และการทดสอบแบบ Queue Tree จะสูงสุดที่ 44 % เมื่อเพิ่มเติมฟังก์ชัน PCQ จะสูงสุดที่ 46 % ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าขนาดแบนด์วิดท์ ขนาดแพ็กเกจ ความซับซ้อนของการตั้งค่าโปรแกรมและจำนวนผู้ใช้งานภายในระบบทั้งหมดที่กล่าวเป็นปัจจัยส่วนหนึ่งที่มีผลกับ CPU จึงควรเลือกอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้มี CPU ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองมีข้อจำกัดเรื่องสัญญาณอินเทอร์เน็ตที่ไม่ค่อยเสถียรมากนักจากแบนด์วิดท์ที่ได้มาอาจมีความเร็วไม่คงที่เป็นบางช่วงเกิดจากการแชร์แบนด์วิดท์จากผู้ให้บริการ ข้อจำกัดเรื่องจำนวนของอุปกรณ์ที่มีไม่มากพอให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดสอบ การนำไปใช้งานจริงควรเลือกอุปกรณ์และฟังก์ชันให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Tanenbaum, A., S., **“Computer Network”**, 5th edition, Prentice Hall, 2010.

[2] ก่อกิจ วีระอาชากุล, **“Guide & Practice Network Administration”**, 1st edition, IDC Premier, 2553.

[3] จตุชัย แพงจันทร์ และ อนุโชค วุฒิพรพงษ์. **“เจาะระบบ Network 2nd Edition”**, 1st edition, IDC Premier, 2551.

[4] Rashed and M.M.G.,Kabir, **“A Comparative study of different Queueing Techniques In Voip. Video conferencing and file transfer”,** Daffodil International Journal of science and technology, Vol 5, pp. 37-47, 2010.

[5] Wibowo, E., **“Bandwidth management Optimization using MikroTik RB450G (A Case Study at the Office of Center for Biotechnology Research and Forest Plant Breeding (BBPBPTH)”**, 2014, Universitas Gadjah Mada.

[6] **Manual : Queue** [Online] เข้าถึงได้จาก : https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Queue#Flow_Identifiers

[7] **Per Connection Queue (PCQ)** [Online] เข้าถึงได้จาก : https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Queues_-_PCQ

[8] **โปรแกรมบริหารจัดการแบนด์วิดท์ของเครือข่าย QoS Generator** [Online] เข้าถึงได้จาก : http://inms.in.th/inmsweb/paper/qos-generator.pdf

[9] Haimi, A., **“The Influence of Bandwidth Restriction to Network Performance”**, National Conference of System and Informatics, Bali, Pp. 6, 2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[10] ขนิษฐา อุสาใจ, **“การเปรียบเทียบการประกันคุณภาพการให้บริการ (QoS) สำหรับข้อมูลภาพและเสียงด้วยเทคนิคการจัดคิว”**, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2556.

[11] R. Akbar and R. Indrajit, **“Analysis of effectiveness of using Simple Queue with Per Connection Queue (PCQ) in the bandwidth management (A case study at the academy of information management and computer mataram (AMIKOM) mataram),”** Journal of Theoretical and Applied information Technology, Vol. 83, pp. 319-326, 2016.

[12] A. Syaifuddin, M. Yunus and R. Sundari, **“Comparison of Simple Queues and Queues Tree Methods for Optimization of Computer Network Bandwidth Management at Stmik Ppkia Pradnya Paramita Malang”**, Journal of Information Technology, Vol.4, pp. 60-74, 2013.

[13] Rifki Indra Perwira, Febri Liantoni, **"Queue Tree Implementation for Bandwidth Management in Modern Campus Network Architecture”**, KINETIK, Vol. 3, No. 1, pp. 17-26, February 2018.

[14] **โครงข่ายแบบเส้นตรง (Bus Topology)** [Online] เข้าถึงได้จาก : http://panidakhaikham3.blogspot.com

[15] **โครงข่ายแบบดาว (Star Topology)** [Online] เข้าถึงได้จาก : http://esg.co.th/helpdesk/index.html?page=topology.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[16] **โครงข่ายแบบวงแหวน (Ring Topology)** [Online] เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/22chatchananza/2network-toplogy/1-kherux-khay-baseb-bas-bustopology/2kherux-khay-baeb-wnghaewn-ring-topology

[17] **โครงข่ายแบบวงแหวนโทเคน (Token)** [Online] เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/abcgraphic1/tokenring

[18] **โครงข่ายแบบต้นไม้ (Tree Topology)** [Online] เข้าถึงได้จาก : https://oonuma55.wordpress.com/การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย

[19] **โครงข่ายแบบเมซ (Mesh Topology)** [Online] เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/jesadawin/baeb-mech-mesh-topology

[20] **โครงข่ายแบบไฮบริด (Hybrid Topology)** [Online] เข้าถึงได้จาก : networktopologtknowledge.blogspot.com/2014/02/hybrid-topology.html

[21] **เวลาเลเทนซี่ (Latency) และ เวลาจิตเตอร์ (Jitter)** [Online] เข้าถึงได้จาก : http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2477/7/282534_ch2.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

1. **Charoon Smansub**, Boonchana Purahoug and Chawalit Benjangkaprasert “A Study of Network Bandwidth Management By using Queue Tree with Per Connection Queue”, 11th International Conference on Computer and Electrical Engineering (ICCEE 2018), Tokyo, Japan, October 12-14, 2018.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายจรูญ สมานทรัพย์
วัน เดือน ปีเกิด	11 สิงหาคม 2517
ที่อยู่	588/55 ถนนกัลปพฤกษ์ แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160
ประวัติการศึกษา	2552 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม (อิเล็กทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) ระบบตู้โทรศัพท์ PBX และการสื่อสาร 2.) ระบบกล้องวงปิด 3.) ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 4.) ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้