บทที่ 4
ผลการทดสอบเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการวิธีการ และผลการทดสอบการทำงานของเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูลที่ได้พัฒนาขึ้น คือ Traffic Management (TMg, ภาคผนวก ง.) ผู้วิจัยได้ทดสอบทั้งในห้องปฏิบัติการที่สามารถควบคุมค่าปัจจัยต่าง ๆ ได้ และทดสอบบนเครือข่ายจริงที่ไม่สามารถควบคุมค่าปัจจัยได้ การทดสอบในห้องปฏิบัติการอาศัยเหตุการณ์จำลองแบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงบน SritrangNet ส่วนการทดสอบบนเครือข่ายจริงเป็นการทดสอบเพื่อใช้พิจารณาว่า ณ สภาพแวดล้อมปัจจุบันของ SritrangNet มีความจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์สำหรับจัดสรร Bandwidth หรือไม่ ดังนั้นเนื้อหาที่จะพบในบทนี้ คือ ภาพเหตุการณ์ที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ลักษณะของเครือข่ายที่ใช้ในการทดสอบ วิธีการทดสอบและผลการทดสอบวิธีการจัดคิว FIFO, PQ และ CBQ ของ TMg ในห้องปฏิบัติการ และผลการทดสอบ TMg บนเครือข่ายจริงเป็นหัวข้อสุดท้าย

4.1 ภาพเหตุการณ์ (Scenario) ที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

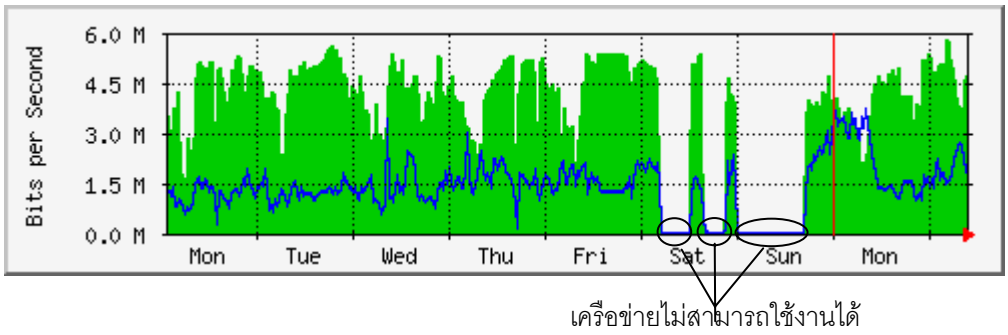
จากการศึกษาข้อมูลการใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านกราฟ MRTG บนเราเตอร์ภาคใต้ scorpio (ดูรูปที่ 2.28 ประกอบ) ผู้วิจัยได้นำมาสร้างเป็นภาพเหตุการณ์สำหรับทดสอบ 2 เหตุการณ์ คือ ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยสามารถใช้งานได้ตามปกติ และภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยเริ่มใช้งานได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สมมติภาพเหตุการณ์ขึ้นอีกหนึ่งเหตุการณ์ คือ เมื่อมหาวิทยาลัยให้บริการข้อมูลมัลติมีเดียผ่านเครือข่ายแก่ผู้ใช้ภายนอกหรืออินเทอร์เน็ต เป็นเหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นจริงได้ในอนาคต โดยรายละเอียดของภาพเหตุการณ์ทั้ง 3 เป็นดังนี้

4.1.1 ภาพเหตุการณ์ที่ 1: ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยสามารถใช้งานได้ตามปกติ

คำว่าปกติในที่นี้หมายถึง ความสามารถในการติดต่อสื่อสารระหว่าง SritrangNet กับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยไม่มีปัญหาอันเนื่องมาจากอุปกรณ์เครือข่าย เป้าหมายของภาพเหตุการณ์นี้มีไว้สำหรับทดสอบความสามารถของ TMg ว่าสามารถทำงานได้ตามเป้าหมายหรือไม่ เมื่อมีแพ็กเก็ตจำนวนมากที่ต้องการออกจาก SritrangNet และต้องการ Bandwidth มากกว่าขนาด Bandwidth ของวงจรสื่อสารขาออก

4.1.2 ภาพเหตุการณ์ที่ 2: ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยเริ่มใช้งานได้

ภาวะที่เครือข่ายเริ่มใช้งานได้หมายถึง อุปกรณ์เครือข่ายที่ใช้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตพร้อมใช้งาน หลังจากไม่สามารถใช้งานได้ระยะหนึ่ง ทั้งนี้อาจเกิดจากการปิดบำรุงรักษาอุปกรณ์เครือข่าย วงจรมีปัญหา เกตเวย์ของเครือข่ายไม่ทำงาน หรือสาเหตุอื่น เป็นผลให้ผู้ใช้งานไม่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ระยะหนึ่ง ในระหว่างนั้นจะมี Application และเครื่องให้บริการบางประเภทซึ่งมีความสามารถในการตรวจสอบสภาวะของเครือข่าย เช่น P2P จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น เมื่อเครือข่ายพร้อมใช้งาน Application เหล่านี้จะเริ่มติดต่อรับส่งข้อมูลโดยทันที ซึ่งต่างจากพฤติกรรมของผู้ใช้งานที่มักหยุดใช้งานเครือข่ายไประยะหนึ่งจึงจะกลับมาใช้งานอีกครั้ง สำหรับเครือข่ายที่มี Bandwidth ของวงจรที่ใช้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตน้อย อาจส่งผลทำให้เกิดความคับคั่งของข้อมูลจนงานที่เกิดจาก Application ทั่วไปของผู้ใช้งาน หรือที่จำเป็นต้องใช้งานในขณะนั้น เช่น เว็บ หรือ ระบบประชุมทางไกล ไม่สามารถใช้งานเพราะคิวบนเกตเวย์ได้เต็มไปด้วยแพ็กเก็ตจาก Application อื่นแล้ว รูปที่ 4.1 ได้แสดงให้เห็นว่าทันทีที่เครือข่ายพร้อมใช้งานได้มีแพ็กเก็ตข้อมูลเข้าออก SritrangNet ในปริมาณมากโดยทันที ดังนั้นในการทดสอบจึงต้องพิสูจน์ให้ได้ว่าเมื่อกำหนดให้ Application บางประเภทมีความสำคัญสูงกว่า Application อื่นแล้ว จะช่วยให้การใช้งาน Application ที่ได้รับการกำหนดให้มีความสำคัญสูงสามารถใช้งานได้ดีกว่าที่ไม่มีการจัดลำดับนำส่งข้อมูล



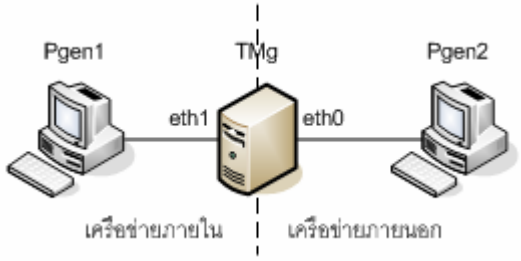
รูปที่ 4.1 แสดงกราฟ MRTG ในภาวะที่ไม่สามารถใช้งานเครือข่ายได้ตามปกติ

4.1.3 ภาพเหตุการณ์ที่ 3: เมื่อมหาวิทยาลัยให้บริการข้อมูลมัลติมีเดียผ่านเครือข่ายแก่ผู้ใช้ภายนอก หรือผู้ใช้ในอินเทอร์เน็ต

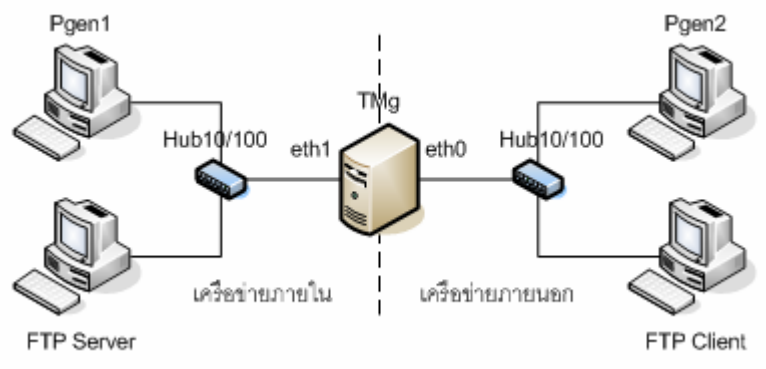
ภาพเหตุการณ์นี้เป็นเพียงเหตุการณ์ที่ผู้วิจัยได้สมมติขึ้น ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคตอันใกล้ นั่นคือ มหาวิทยาลัยได้ให้บริการข้อมูลมัลติมีเดียแก่ผู้ใช้ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น ภาควิชาต่าง ๆ มีโครงการแบ่งปันความรู้ในรูปแบบวิดีโออิเล็กทรอนิกส์กับมหาวิทยาลัยอื่นหรือชุมชน เป็นต้น หรือมหาวิทยาลัยมีนโยบายมีจะใช้ระบบประชุมทางไกลระหว่างวิทยาเขต หรือระหว่างมหาวิทยาลัย เนื่องจากข้อมูลแบบมัลติมีเดียจะมีความอ่อนไหวต่อเวลาที่ใช้ในการนำส่ง การที่แพ็กเก็ตส่วนหนึ่งเดินทางไปถึงปลายทางได้ช้าทำให้ไม่มีความต่อเนื่องของการแสดงภาพ เสียงขาดหายได้ หรือกล่าวโดยรวมว่าการใช้งานไม่เป็นไปตามความต้องการ ดังนั้นจึงต้องทดสอบให้ได้ว่าเมื่อกำหนดให้ Application ลักษณะนี้มีความสำคัญสูงแล้วเป็นส่วนช่วยสนับสนุนให้การใช้งานประเภทนี้ดีขึ้น

4.2 เครือข่ายสำหรับทดสอบในห้องปฏิบัติการ

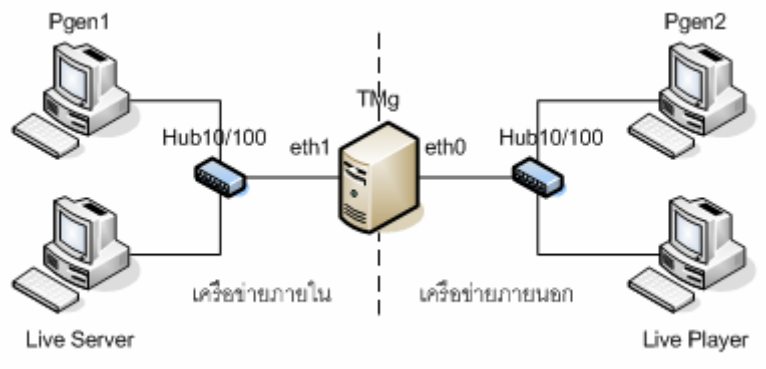
การทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ทั้ง 3 ในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องจัดเตรียมเครือข่ายให้สอดคล้องกับภาพเหตุการณ์ การทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 1 อยู่บนเครือข่ายดังแสดงในรูปที่ 4.2 ภาพเหตุการณ์ที่ 2 อยู่บนเครือข่ายดังแสดงในรูปที่ 4.3 และภาพเหตุการณ์ที่ 3 อยู่บนเครือข่ายดังแสดงในรูปที่ 4.4 ทั้งนี้ได้กำหนดให้จัดลำดับนำส่งแพ็กเก็ตที่ต้องการออกจากเครือข่าย หรือจัดลำดับแพ็กเก็ตที่เข้ามาทาง eth1 และต้องการออกจาก eth0



รูปที่ 4.2 แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 1



รูปที่ 4.3 แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 2



รูปที่ 4.4 แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 3

รูปทั้ง 3 ที่ได้แสดงข้างต้นประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีหน้าที่ต่าง ๆ โดยเครื่อง TMg เป็นตัวกลางในการนำส่งแพ็กเก็ตระหว่างเครือข่าย มีหน้าที่จัดลำดับนำส่งแพ็กเก็ตจากเครือข่ายภายในก่อนส่งออกสู่เครือข่ายภายนอก ด้วยวิธีจัดคิวสามแบบคือ FIFO, PQ และ CBQ เครื่อง Pgen1 และ Pgen2 มีหน้าที่จำลองแพ็กเก็ต และส่งเข้าสู่เครือข่าย โดยใช้เครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นคือ Traffic Tools (ttools, ภาคผนวก ข.) และ Packet Generator (pgen, ภาคผนวก ค.) เครื่อง FTP Server ทำหน้าเป็นเครื่องให้บริการแฟ้มข้อมูลแก่เครื่อง FTP Client เครื่อง Live Server ทำหน้าที่เป็นเครื่องให้บริการข้อมูลมัลติมีเดียที่ได้จากการ์ดรับสัญญาณโทรทัศน์ (TV Tuner) รุ่น FlyVideo'98 ที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่อง เพื่อเป็นตัวแทนของเครื่องให้บริการข้อมูลมัลติมีเดียชนิดต่างๆ เช่น การประชุมทางไกล การแพร่ภาพงานพิธีหรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายใน

มหาวิทยาลัย เป็นต้น โดยมีเครื่อง Live Player ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแทนผู้ใช้ที่อยู่นอกเครือข่ายมหาวิทยาลัยได้ร้องขอข้อมูลมัลติมีเดียจากเครื่อง Live Server ที่ให้บริการอยู่ภายในมหาวิทยาลัย โดยคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องที่ใช้ในการกระบวนการทดสอบมีรายละเอียดของอุปกรณ์ดังนี้

เครื่อง Traffic Manager (TMg)

อุปกรณ์	: Pentium IV - 1.8 GHz, RAM 256 MB
ระบบปฏิบัติการ	: Redhat 9.0
เครื่องมือ	: tmg

เครื่อง Pgen1

อุปกรณ์	: Pentium III - 742 MHz, RAM 196 MB
ระบบปฏิบัติการ	: Redhat 9.0
เครื่องมือ	: ttools และ pgen

เครื่อง Pgen2

อุปกรณ์	: Celeron - 300 MHz, RAM 64 MB
ระบบปฏิบัติการ	: Redhat 9.0
เครื่องมือ	: pgen

เครื่อง Live Server

อุปกรณ์	: Pentium III – 938 MHz, RAM 384 MB
ระบบปฏิบัติการ	: Microsoft Windows XP
ซอฟต์แวร์	: Windows Media Encoder 7.1

เครื่อง Live Player

อุปกรณ์	: Pentium II - 349 MHz, RAM 384 MB
ระบบปฏิบัติการ	: Microsoft Windows XP
ซอร์ฟแวร์	: Windows Media Player 8.0

4.3 ทดสอบการทำงานของ TMg ในห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้แบ่งการทดสอบการทำงานของ TMg ออกเป็น 3 กรณีทดสอบ (Testbed) คือ Basic Testbed, Simulation Testbed และ Multimedia Testbed โดยมีรายละเอียดของวิธีการทดสอบ และผลที่ได้ดังต่อไปนี้

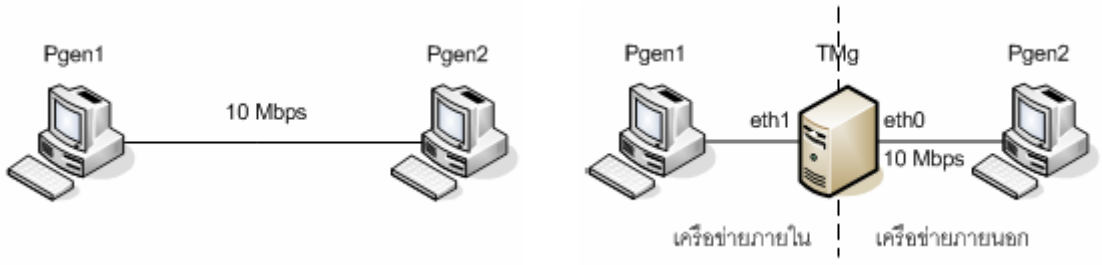
4.3.1 Basic Testbed – ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของ TMg

<u>เป้าหมายของการทดสอบ</u>

เพื่อทดสอบการทำงานของวิธีจัดคิวทั้ง 3 วิธีใน TMg คือ FIFO PQ และ CBQ ว่าเกิดเวลาหน่วงของการนำส่งข้อมูลหรือไม่ (ตอนที่ 1) และเมื่อเกิดความคับคั่งในวงจรสื่อสารภายนอก การทำงานของวิธีจัดคิวทั้ง 3 สอดคล้องตามหลักการหรือไม่ (ตอนที่ 2)

<u>วิธีการการทดสอบ (ตอนที่ 1)</u>

เพื่อทดสอบเครื่องมือว่าก่อให้เกิดเวลาหน่วงของการนำส่งข้อมูลหรือไม่ ในการทดสอบได้กำหนดให้ Pgen2 ส่งไฟล์ข้อมูลไปยังเครื่อง Pgen1 ผ่าน FTP ใน 2 ลักษณะ คือ เมื่อไม่มี TMg ดังรูปที่ 4.5 (1) และเมื่อมี TMg วางอยู่ในวงจรสื่อสารดังรูปที่ 4.5 (2)



(1) (2)

รูปที่ 4.5 (1) และ (2) แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบหาเวลาหน่วงของ TMg

การจัดกลุ่ม/ระดับความสำคัญของข้อมูลที่ใช้ทดสอบ (ตอนที่ 1)

เนื่องการการทดสอบมีเฉพาะแพ็กเก็ตจาก FTP เท่านั้น การจัดกลุ่มจึงให้แพ็กเก็ตของ FTP มีระดับความสำคัญสูงสุดดังตารางที่ 4.1

กลุ่ม/ระดับความสำคัญ	เงื่อนไข : หมายเลขพอร์ตต้นทาง หรือ หมายเลขพอร์ตปลายทาง
1 (สูง)	20 และ 21
2 (ปกติ)	ไม่ระบุ
3 (ต่ำ)	ไม่ระบุ

ตารางที่ 4.1 แสดงนโยบายที่ใช้ในการจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเก็ตในกรณีทดสอบที่ 1

ผลการทดสอบ (ตอนที่ 1)

ผลของการทดสอบได้แสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นรายงานที่ได้จากโปรแกรม FTP อธิบายได้ว่าวิธีการจัดคิวใน TMg แต่ละวิธีได้ความเร็วในการนำส่งข้อมูลไม่แตกต่างกัน (8.63 Mbps) แต่มีความเร็วในการส่งต่อข้อมูลช้ากว่าแบบเชื่อมต่อโดยตรง (9.07 Mbps) ร้อยละ 4.85 (((9.07 – 8.63)x100)/9.07)

File size (MB)	Throughput (Mbps)			
	No TMg	TMg: FIFO	TMg: PQ	TMg: CBQ
19.4	9.08	8.55	8.57	8.59
19.4	9.06	8.62	8.60	8.62
19.4	9.01	8.73	8.61	8.57
235	9.10	8.61	8.67	8.62
235	9.07	8.63	8.66	8.61
235	9.08	8.62	8.64	8.61
Average	**9.07**	**8.63**	**8.63**	**8.6**

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบวัดความเร็วของการถ่ายโอนข้อมูลเมื่อใช้ และไม่ใช้วิธีการจัดคิว

วิธีการการทดสอบ (ตอนที่ 2)

การทดสอบการจัดคิวทั้ง 3 วิธีใน TMg ที่ต้องการทราบว่าเมื่อเกิดความคับคั่งขึ้นในเครือข่าย เครื่องมือให้ผลการทำงานสอดคล้องตามหลักการหรือไม่ การทดสอบอาศัยเครือข่ายรูปที่ 4.5 (2) กำหนดให้เครื่อง Pgen1 จำลองส่งแพ็กเก็ต (สุ่มขนาดระหว่าง 60-600 ไบต์) ที่มีระดับความสำคัญต่างกัน 3 ระดับ คือ แพ็กเก็ตความสำคัญสูง 8 Mbps แพ็กเก็ตความสำคัญปกติ 8 Mbps และแพ็กเก็ตความสำคัญต่ำ 8 Mbps เครื่อง Pgen2 จำลองส่งแพ็กเก็ต (ขนาด 60-600 ไบต์) 24 Mbps ขนาด Bandwidth ของวงจรระหว่าง TMg กับ Pgen2 เท่ากับ 10 Mbps (ด้วยการเปลี่ยนข้อกำหนดการทำงานของการ์ดเครือข่าย) ในขณะที่ Bandwidth ของวงจรระหว่าง TMg กับ Pgen1 มีค่าเท่ากับ 100 Mbps

การจัดกลุ่ม/ระดับความสำคัญของข้อมูลที่ใช้ทดสอบ (ตอนที่ 2)

เนื่องจากการทดสอบได้จำลองแพ็กเก็ตที่ใช้หมายเลขพอร์ตต่างกัน 3 หมายเลข ซึ่งทั้ง 3 หมายเลขนี้ได้รับการกำหนดใน TMg ให้มีความสำคัญต่างกัน

ผลการทดสอบ (ตอนที่ 2)

การทดสอบในตอนที่ 2 ได้ผลดังตารางที่ 4.3 เมื่อเกิดความคับคั่งในเครือข่าย วิธีการจัดคิวแต่ละวิธีให้ผลการนำส่งแพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญต่างกันมีความแตกต่างกัน การใช้ FIFO ที่มีเพียงคิวเดียวทำให้เกิดการแย่งชิงพื้นที่ของคิวที่มีอยู่จำกัด และจังหวะของการส่งแพ็กเก็ตของเครื่องต้นทาง (Pgen1) มีผลต่อการทดสอบ ทำให้ค่า Throughput ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญไม่คงที่ เมื่อเปลี่ยนมาใช้วิธีการจัดคิวแบบ PQ แพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญสูงได้รับการนำส่งเฉลี่ย6.86 Mbps ทำให้เหลือ Bandwidth อีก 3.1 Mbps สำหรับแพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญปกติเท่านั้น ต่อมาทดสอบด้วย CBQ (10,5:3:2) ค่าในวงเล็บมีควาหมายว่าใน 1 รอบบริการของ CBQ ที่เท่ากับ 10 แพ็กเก็ต กำหนดให้บริการแพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญสูง ปกติ และต่ำเป็นจำนวน 5 แพ็กเก็ต 3 แพ็กเก็ต และ 2 แพ็กเก็ตตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 50 30 และ 20 ของ Bandwidth ที่สามารถใช้งานได้ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบถือว่าใกล้เคียงกับข้อกำหนดที่ได้ตั้งไว้ เช่นเดียวกับการทดสอบด้วย CBQ (10,4:4:2)

	Throughput (Mbps)															
วิธีการจัดคิว	**FIFO**				**PQ**				**CBQ (10,5:3:2)**				**CBQ (10,4:4:2)**			
ความสำคัญ	**สูง**	**ปกติ**	**ต่ำ**	**นอก**	**สูง**	**ปกติ**	**ต่ำ**	**นอก**	**สูง**	**ปกติ**	**ต่ำ**	**นอก**	**สูง**	**ปกติ**	**ต่ำ**	**นอก**
นาทีที่ 2	3.32	3.40	3.27	23.9	7.1	2.9	0	23.23	4.95	3.01	2.02	20.36	3.99	3.98	2.03	22.03
นาทีที่ 3	3.35	3.4	3.25	24.06	6.59	3.23	0.17	23.23	4.98	3.00	2.01	20.92	3.99	3.99	2.01	22.16
นาทีที่ 4	3.29	3.42	3.28	21.59	6.84	3.15	0	23.24	4.94	3.02	2.04	20.36	3.99	3.99	2.01	22.16
นาทีที่ 5	4.08	3.21	2.71	22.31	6.90	3.09	0	23.23	4.95	3.02	2.03	22.34	4.00	2.98	2.01	19.26
นาทีที่ 6	6.05	2.79	1.15	24.05	6.88	3.11	0	23.23	4.98	2.99	2.02	23.04	3.99	3.98	2.03	22.60
ค่าเฉลี่ย	**4.02**	**3.24**	**2.73**	**23.18**	**6.86**	**3.1**	**0.03**	**23.23**	**4.96**	**3.01**	**2.02**	**21.4**	**3.99**	**3.78**	**2.02**	**21.64**
รวมค่าเฉลี่ย			**9.99**	**23.18**			**9.99**	**23.23**			**9.99**	**21.4**			**9.79**	**21.64**

นอก หมายถึง แพ็กเก็ตที่มาจากเครือข่ายภายนอก

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Throughput ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญในการทดสอบเบื้องต้น

สรุปผลการทดสอบ

การทดสอบวิธีการจัดคิว FIFO, PQ และ CBQ ผ่านเครื่องมือ TMg ทั้ง 2 ตอน สรุปได้ว่าเครื่องมือนี้สามารถให้บริการนำส่งแพ็กเก็ตได้ตามข้อกำหนดของวิธีจัดคิวนั้น ๆ แต่ประสิทธิภาพของการนำส่งแพ็กเก็ตลดลงร้อยละ 4.85 โดยประมาณ

4.3.2 Simulation Testbed – ทดสอบการทำงานของ TMg ตามภาพเหตุการณ์

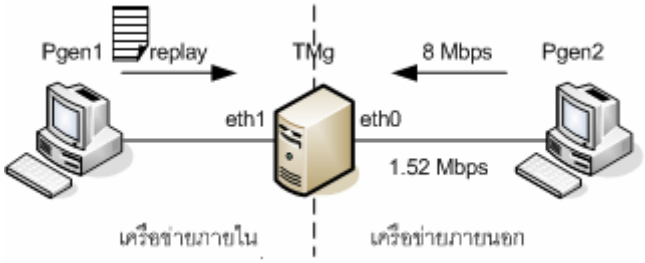
เป้าหมายของการทดสอบ

เพื่อทดสอบการทำงานของวิธีจัดคิวทั้ง 3 วิธีใน TMg เมื่อกำหนดให้ทำการทดสอบตามภาพเหตุการณ์ที่ 1 และภาพเหตุการณ์ที่ 2 ตามที่ได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อที่ 4.1

วิธีการทดสอบ (ภาพเหตุการณ์ที่ 1)

การทดสอบเครื่องมือตามภาพเหตุการณ์ที่ 1 ได้ดำเนินการบนเครือข่ายในรูปที่ 4.2 โดยสมมติให้วงจรสื่อสารจากเครื่อง TMg ไปยัง Pgen2 มี Bandwidth ขนาด 1.52 Mbps ซึ่งเป็นค่า Throughput สูงสุดที่บันทึกได้ในเดือนกันยายน 2546 (หัวข้อที่ 2.3.2) กำหนดให้ Pgen1 จำลองส่งแพ็กเก็ตตามข้อมูลบันทึกการใช้งานเครือข่ายจริงเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2547 (หัวข้อที่ 2.3.3) ด้วยเครื่องมือ ttools และใช้เครื่องมือ pgen บนเครื่อง Pgen2 เพื่อจำลองแพ็กเก็ตขนาด 8 Mbps ตามค่า

ในตารางที่ 2.5 (TCP: 7.95Mbps และ UDP: 0.05 Mbps) ทั้งนี้ยังคงกำหนดให้มีการจัดลำดับนำส่งแพ็กเก็ตที่ต้องการออกจากเครือข่ายภายใน จากข้อกำหนดข้างต้นสามารถสรุปเป็นภาพแสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบในตอนนี้ได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 1 พร้อมข้อกำหนดทดสอบ

การจัดกลุ่ม/ระดับความสำคัญของข้อมูลที่ใช้ทดสอบ (ภาพเหตุการณ์ที่ 1)

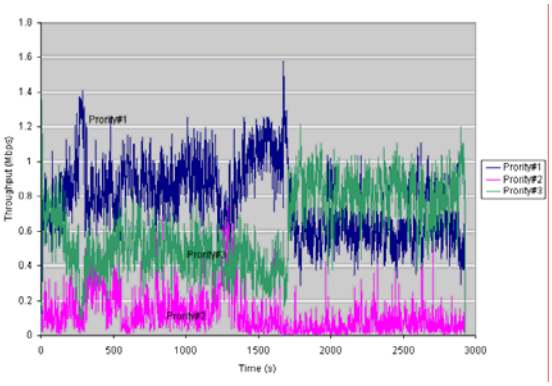
ผลการศึกษาลักษณะการใช้งานเครือข่ายของผู้ใช้ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในหัวข้อที่ 2.3 ได้จัดกลุ่มของแพ็กเก็ตตามหมายเลขพอร์ตไว้ 3 กลุ่ม ซึ่งได้กำหนดความสำคัญดังนี้ กลุ่มของ Web (80, 8080) และงานของเครือข่ายจัดให้มีระดับความสำคัญสูงสุด กลุ่มของ FTP และ Email จัดให้มีระดับความสำคัญปรกติ และบริการอื่นนอกจากนี้จัดให้มีระดับความสำคัญต่ำสุดดังตารางที่ 4.4

กลุ่ม/ระดับความสำคัญ	เงื่อนไข : หมายเลขพอร์ตต้นทาง หรือ หมายเลขพอร์ตปลายทาง
1 (สูง)	80, 8080, 53, 123, 161, 179, 443, 1985, 2604, 2605, 2606และ 3455
2 (ปกติ)	20, 21, 25 และ 110
3 (ต่ำ)	หมายเลขอื่น ๆ

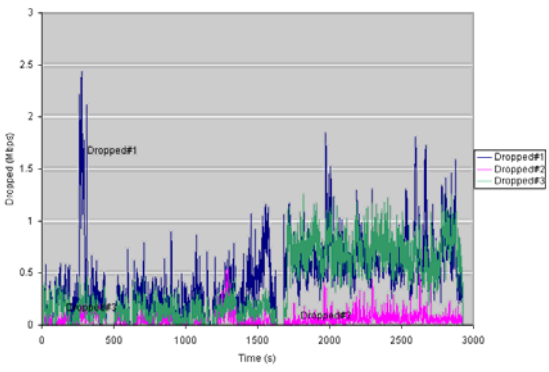
ตารางที่ 4.4 แสดงนโยบายที่ใช้ในการจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเก็ตสำหรับทดสอบในภาพเหตุการณ์ที่ 1

ผลการทดสอบ (ภาพเหตุการณ์ที่ 1)

ในขั้นตอนการทดสอบพบว่า Pgen1 สามารถจำลองแพ็กเก็ตเฉพาะที่ออกจาก SritrangNet ตามข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ได้ที่ 2.37 Mbps ซึ่งต่างจากข้อมูลในตารางที่ 2.5 คือ 2.93 Mbps (TCP: 2.88 Mbps และ UDP: 0.05 Mbps) เนื่องจากการทดสอบใช้ข้อมูลเพียงส่วนแรกที่ได้บันทึกไว้คือ 3,168,527 แพ็กเก็ต หรือ 822.5944 MB รูปที่ 4.7 ได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการจัดคิวแต่ละวิธีทำให้เกิดความแตกต่างของการให้บริการแพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญต่างกันอย่างชัดเจน โดยใช้ผลการทดสอบของ FIFO ตามรูปที่ 4.7(a) และ 4.7(b) เป็นตัวเปรียบเทียบ ในกรณีที่ใช้ PQ แพ็กเก็ตที่จัดอยู่ในระดับความสำคัญสูงได้รับบริการนำส่งมากที่สุดดังรูปที่ 4.7(c) และมี แพ็กเก็ตถูกทิ้งน้อยที่สุดดังรูปที่ 4.7(d) เมื่อเปลี่ยนมาใช้ CBQ แพ็กเก็ตที่จัดอยู่ในระดับความสำคัญสูงถูกทิ้งมากขึ้น แต่ไม่มีแพ็กเก็ตระดับความสำคัญปกติถูกทิ้งเลย เพราะมีแพ็กเก็ตระดับความสำคัญปกติไม่มากนัก สำหรับผลการทดสอบตามรูปที่ 4.7(e) และ 4.7(g) ที่ใช้ CBQ เช่นกัน แต่เปลี่ยนข้อกำหนดการให้บริการ ทั้งนี้ยังได้ผลการทำงานคล้ายกันเนื่องจากแพ็กเก็ตในกลุ่มที่มีระดับความสำคัญปกติใช้ Bandwidth น้อยกว่าค่าที่กำหนด ทำให้แพ็กเก็ตกลุ่มที่มีระดับความสำคัญสูงมีสิทธินำ Bandwidth ส่วนที่เหลือไปใช้งานได้

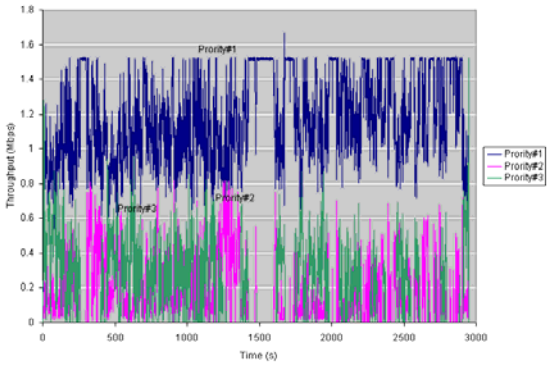


(a) ผลการให้บริการของ FIFO

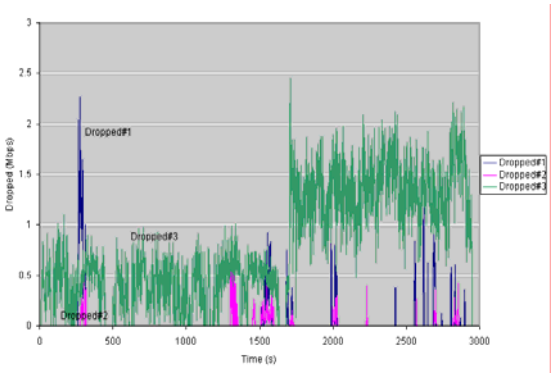


(b) ข้อมูลที่ถูกทิ้งเมื่อใช้ FIFO

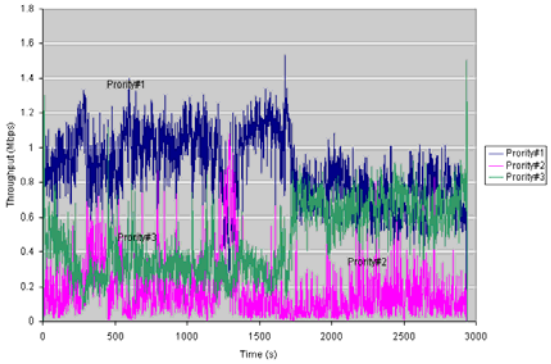
รูปที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบวิธีจัดคิวตามภาพเหตุการณ์ที่ 1: ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยสามารถใช้งานได้ตามปกติ



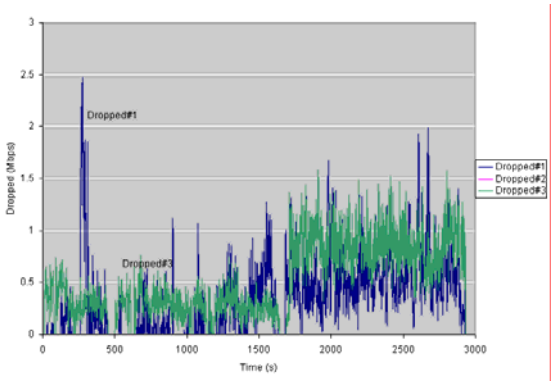
(c) ผลการให้บริการของ PQ



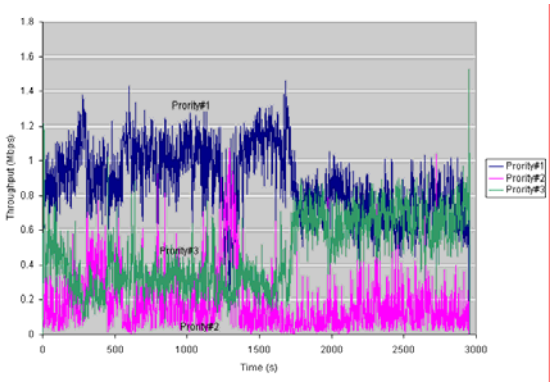
(d) ข้อมูลที่ถูกทิ้งเมื่อใช้ PQ



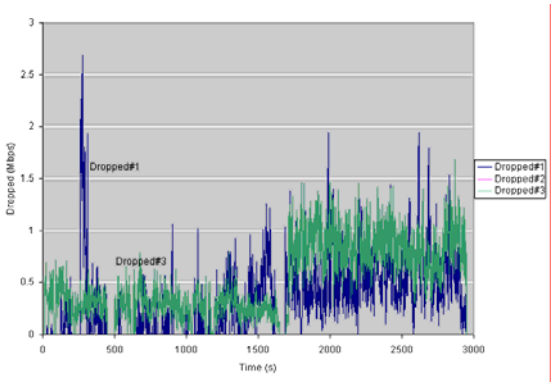
(e) ผลการให้บริการของ CBQ (10,5:3:2)



(f) ข้อมูลที่ถูกทิ้งเมื่อใช้ CBQ (10,5:3:2)



(g) ผลการให้บริการของ CBQ (10,4:4:2)

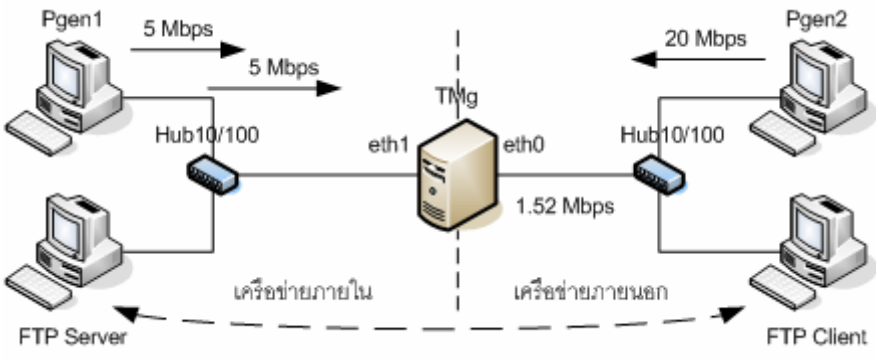


(h) ข้อมูลที่ถูกทิ้งเมื่อใช้ CBQ (10,4:4:2)

รูปที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบวิธีจัดคิวตามภาพเหตุการณ์ที่ 1: ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยสามารถใช้งานได้ตามปกติ

วิธีการทดสอบ (ภาพเหตุการณ์ที่ 2)

การทดสอบตามภาพเหตุการณ์ที่ 2 ดำเนินการบนเครือข่ายในรูปที่ 4.3 โดย Bandwidth ของวงจรขาออกจากเครื่อง TMg ไปยัง Pgen2 ยังคงกำหนดให้มีค่าเป็น 1.52 Mbps กำหนดให้เครื่อง Pgen1 จำลองส่งแพ็กเก็ตด้วยเครื่องมือ pgen ที่มีระดับความสำคัญปกติ 5 Mbps และระดับความสำคัญต่ำ 5 Mbps แทนงานที่สามารถตรวจสอบสภาพเครือข่ายได้ เครื่อง Pgen2 ใช้ pgen จำลองส่งแพ็กเก็ต 20 Mbps แทนแพ็กเก็ตที่มาจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นการจำลองเหตุการณ์ที่เครือข่ายเริ่มใช้งานได้ และมีแพ็กเก็ตจาก Application ที่ไม่สำคัญมากถูกส่งจนเต็มเครือข่าย เมื่อเครือข่ายเกิดความคับคั่งจึงให้ FTP Client ที่อยู่ภายนอกร้องขอใช้บริการ FTP จาก FTP Server ที่อยู่ภายใน พร้อมทั้งตั้งค่าให้แพ็กเก็ตที่เกิดจาก FTP หรือแพ็กเก็ตที่มีหมายเลขพอร์ตต้นทาง 20 และ 21 มีระดับความสำคัญสูงสุด โดยกำหนดเงื่อนไขให้ TMg จัดลำดับนำส่งแพ็กเก็ตที่เข้ามาทาง eth1 ดังนั้นลักษณะการทดสอบสามารถสรุปเป็นภาพได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 2 พร้อมข้อกำหนดทดสอบ

การจัดกลุ่ม/ระดับความสำคัญของข้อมูลที่ใช้ทดสอบ (ภาพเหตุการณ์ที่ 2)

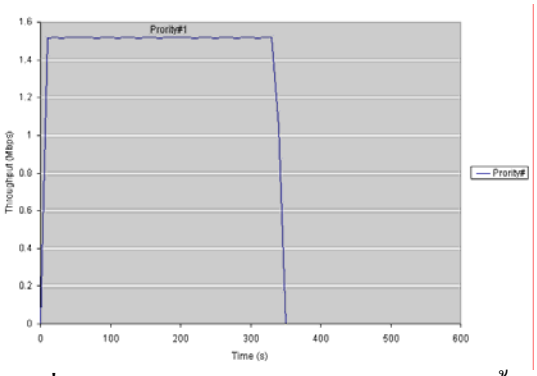
การทดสอบนี้ให้ความสำคัญกับงานของ FTP มากกว่างานที่เกิดจากการจำลองทั้ง 2 ระดับความสำคัญ การจัดกลุ่มของการทดสอบเป็นดังตารางที่ 4.5

กลุ่ม/ระดับความสำคัญ	เงื่อนไข : หมายเลขพอร์ตต้นทาง หรือ หมายเลขพอร์ตปลายทาง
1 (สูง)	20 และ 21
2 (ปกติ)	หมายเลขที่ใช้กับแพ็กเก็ตจำลองระดับความสำคัญปกติ
3 (ต่ำ)	หมายเลขที่ใช้กับแพ็กเก็ตจำลองระดับความสำคัญต่ำ

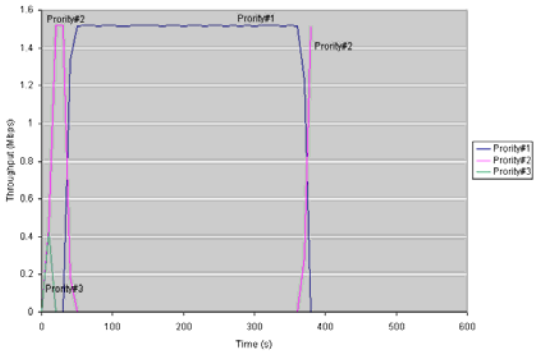
ตารางที่ 4.5 แสดงนโยบายที่ใช้ในการจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเก็ตสำหรับทดสอบในภาพเหตุการณ์ที่ 2

ผลการทดสอบ (ภาพเหตุการณ์ที่ 2)

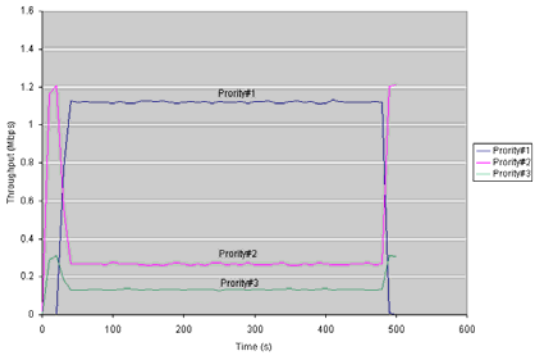
รูปที่ 4.9 และข้อมูลในตารางที่ 4.6 เป็นผลจากการทดสอบในตอนที่ 2 โดยเฉลี่ยค่า Throughput ของแพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญต่างกันในช่วงเวลาที่มีแพ็กเก็ตทั้ง 3 ระดับความสำคัญอยู่ในเครือข่าย คือ ระหว่างวินาทีที่ 100 ถึงวินาทีที่ 300 จากลักษณะกราฟ และค่าจากตารางที่ได้ทำให้ทราบว่า PQ เป็นวิธีการที่สามารถให้บริการข้อมูล FTP ซึ่งในการทดสอบนี้ได้จัดให้มีระดับความสำคัญสูงสุดได้ดีที่สุด หรือเร็วที่สุดถึงแม้ว่าจะที่เกิดความคับคั่งในเครือข่าย ในขณะที่ FIFO ให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจเนื่องจากนำส่งด้วยความเร็วต่ำมากเพียง 0.0013 Mbps หรือ 1.3312 Kbps เท่านั้น สำหรับวิธีการจัดคิวแบบ CBQ ทั้ง 2 ข้อกำหนดให้ผลสอดคล้องกับค่าที่ตั้งไว้



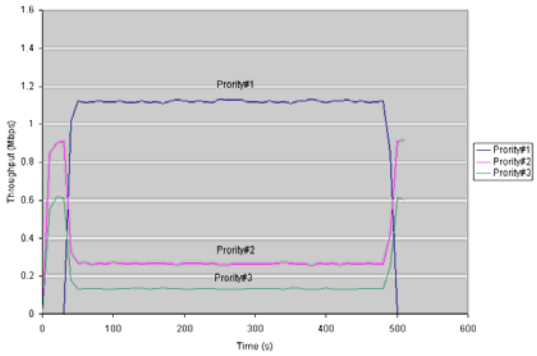
(a) เมื่อให้ TMg นำส่งเฉพาะข้อมูล FTP เท่านั้น



(b) ผลการให้บริการของ PQ



(c) ผลการให้บริการของ CBQ (10,4:4:2)



(c) ผลการให้บริการของ CBQ (10,5:3:2)

รูปที่ 4.9 แสดงการให้บริการของวิธีการจัดคิวแต่ละวิธีแก่แพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญในกรณีทดสอบที่ 2: ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยเริ่มใช้งานได้

ระดับความสำคัญ / วิธีการจัดคิว	ค่าเฉลี่ย Throughput ระหว่างวินาทีที่ 100 ถึง วินาทีที่ 300 ในหน่วย Mbps			รวม (Mbps)
	สูง (FTP)	ปกติ	ต่ำ	
FIFO (มีเฉพาะ FTP)	1.5182	-	-	1.5182
FIFO	0.0013	0.8338	0.6831	1.5182
PQ	1.5181	0.0001	0	1.5182
CBQ (10,4:4:2)	1.1189	0.2665	0.1329	1.5183
CBQ (10,5:4:2)	1.2202	0.2652	0.1331	1.5185

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า Throughput ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญในกรณีทดสอบที่ 2

สรุปผลการทดสอบ

หลังจากสอบให้บริการนำส่งแพ็กเก็ตตามวิธีการทั้ง 3 วิธี คือ FIFO, PQ และ CBQ ในกรณีทดลองที่ 2 Simulation Testbed ทั้ง 2 ตอนสรุปได้ว่า ขณะที่เกิดความคับคั่งของข้อมูลในเครือข่าย หน่วยงานใดที่ยังคงให้อิสระในการใช้งานเครือข่ายโดยไม่คำถึงความสำคัญของ Application หรือใช้การนำส่งข้อมูลแบบ FIFO ย่อมทำให้ Application ที่จัดเป็นงานเป้าหมายของหน่วยงานไม่ได้รับบริการที่ดีพอ ในขณะที่การเลือกใช้ PQ ทำให้มั่นใจได้ว่า Application เป้าหมายจะได้รับบริการที่ดีมาก ทั้งนี้อาจทำให้ Application นอกเหนือจากนี้ไม่ได้รับบริการ หรือได้รับบริการนำส่งต่อน้อยมาก สำหรับวิธีนำส่งแบบ CBQ สามารถให้บริการแก่ Application ที่มีความสำคัญต่างระดับได้พร้อมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของการกำหนดจำนวนแพ็กเก็ตที่จะได้รับบริการในแต่ละรอบบริการ การทดสอบในกรณีนี้ได้ชี้ให้เห็นว่าหากใช้วิธีจัดคิวที่สอดคล้องกับลักษณะการใช้งานเครือข่ายจะส่งผลให้ค่า Throughput ของ Application เป้าหมายเพิ่มขึ้นได้ และค่า Loss ที่เกิดจากแพ็กเก็ตถูกทิ้งได้ลดลงด้วย

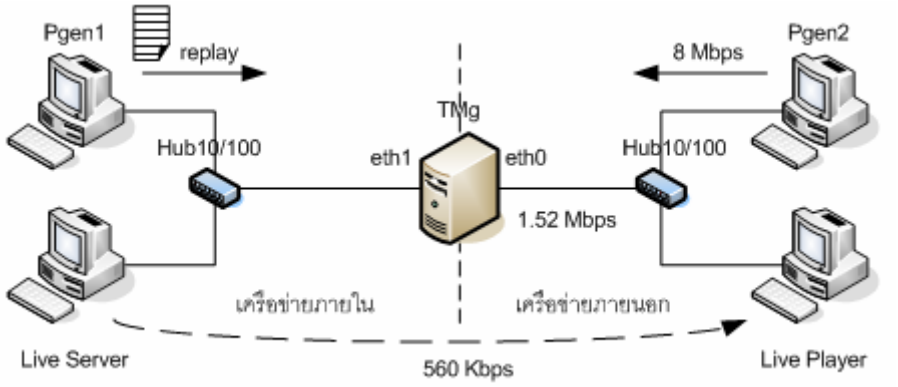
4.3.3 Multimedia Testbed – ทดสอบการทำงานของ TMg เมื่อมีข้อมูลมัลติมีเดียในเครือข่าย

เป้าหมายของการทดสอบ

เพื่อทดสอบการทำงานของวิธีการจัดคิวทั้ง 3 วิธีใน TMg สำหรับให้บริการข้อมูลมัลติมีเดียที่มีความอ่อนไหวในเรื่องของเวลาการนำส่งสูงบนเครือข่ายที่มีความคับคั่ง

วิธีการทดสอบ

การทดสอบอาศัยเครือข่ายดังรูปที่ 4.4 ได้กำหนดให้เครื่อง Live Server ใช้โปรแกรม Windows Media Encoder 7.0 สำหรับให้บริการมัลติมีเดียขนาด 560 Kbps ผ่านพอร์ตหมายเลข 3105 ซึ่งเทียบเท่าการเชื่อมต่อด้วยโมเด็ม 56Kbps พร้อมกัน 10 เครื่อง ในขณะเดียวกันให้เครื่อง Pgen1 จำลองส่งแพ็กเก็ตตามข้อมูลบันทึกการใช้งานเครือข่ายจริงด้วย ttools เครื่อง Pgen2 จำลองส่งแพ็กเก็ต 8 Mbps และกำหนดขนาด Bandwidth วงจรสื่อสารจาก TMg ไปยังเครือข่ายภายนอกเท่ากับ 1.52 Mbps ดังนั้นลักษณะการทดสอบสามารถสรุปเป็นภาพได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 3 พร้อมข้อกำหนดทดสอบ

การจัดกลุ่ม/ระดับความสำคัญของข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

การจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเก็ตในการทดสอบนี้ได้ให้ความสนใจกับ Application แบบมัลติมีเดีย คือ Application ที่ใช้พอร์ต 3105 รวมถึงพอร์ต 554 ที่มีใช้งานอยู่จริงบน SritrangNet ด้วย จึงกำหนดให้มีระดับความสำคัญสูงสุด ทั้งนี้ได้ลดระดับความสำคัญของ Application จำพวกเว็บลง เพื่อไม่ให้ข้อมูลที่เว็บเบียดเบียนคิวของข้อมูลมัลติมีเดีย ดังนั้นนโยบายการจัดกลุ่มจึงเป็นดังตารางที่ 4.7

กลุ่ม/ระดับความสำคัญ	**เงื่อนไข : หมายเลขพอร์ตต้นทาง หรือ หมายเลขพอร์ตปลายทาง**
1 (สูง)	**3105**, **554**, 53, 179, 161, 3455, 2606, 1985, 123, 2605 และ 2604
2 (ปกติ)	**80**, **8080**, **443**, 20, 21, 25 และ 110
3 (ต่ำ)	หมายเลขอื่น ๆ

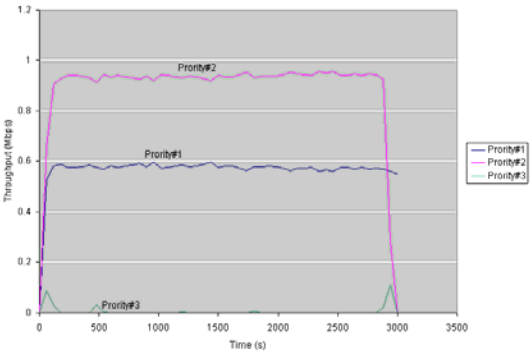
ตารางที่ 4.7 แสดงนโยบายที่ใช้ในการจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเก็ตสำหรับทดสอบในภาพเหตุการณ์ที่ 3

ผลการทดสอบ

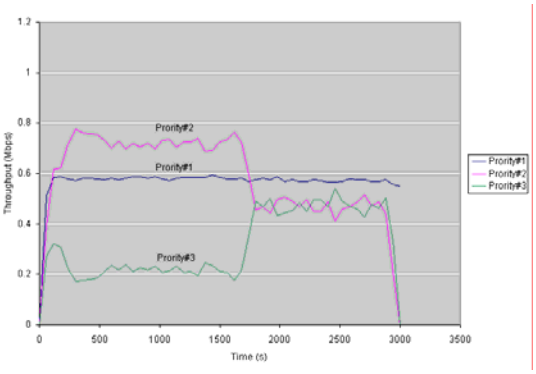
ผลการจัดลำดับนำส่งแพ็กเก็ตที่ต้องการออกจากเครือข่ายภายใบบน eth1 ของ TMg ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.11 การทดสอบที่กำหนดให้มีเฉพาะการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดีย 560 Kbps ผ่าน TMg วัดค่า Throughput ได้ 0.4569 Mbps หรือ 467.8656 Kbps เมื่อให้มีข้อมูลอื่นเครือข่ายด้วยพบว่าวิธีการจัดคิวแบบ FIFO ไม่สามารถให้บริการข้อมูลมัลติมีเดียได้เมื่อเกิดความคับคั่งของเครือข่าย ในขณะที่วิธีการจัดคิวแบบ PQ และ CBQ ตามข้อกำหนดการให้บริการทั้ง 2 แบบสามารถให้บริการแก่แพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญสูงสุดได้เหมือนกัน (มีค่าเท่ากัน) และสามารถเชื่อมต่อนำส่งข้อมูลได้ค่อนข้างคงที่สม่ำเสมอตามรูปกราฟ ทำให้การแสดงผลมัลติมีเดียบนเครื่อง Live Player เป็นที่น่าพอใจ

ระดับความสำคัญ / วิธีการจัดคิว	ค่าเฉลี่ย Throughput ระหว่างวินาทีที่ 480 ถึงวินาทีที่ 2700 ในหน่วย Mbps			รวม (Mbps)
	สูง	ปกติ	ต่ำ	
FIFO (เฉพาะมัลติมีเดีย)	0.4569	-	-	0.4569
FIFO	0.0411 (ไม่สามารถรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียได้)	0.9927	0.4844	1.5182
PQ	0.5778	0.9393	0.0011	1.5182
CBQ (10,4:4:2)	0.5778	0.6130	0.3274	1.5182
CBQ (10,5:4:2)	0.5778	0.4902	0.4503	1.5183

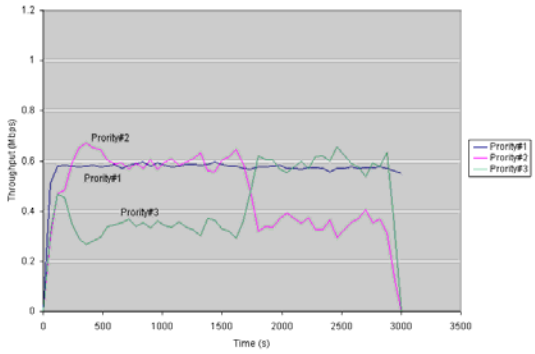
ตารางที่ 4.8 แสดงค่า Throughput ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญในกรณีทดสอบที่ 3



(a) ผลการให้บริการของ PQ



(b) ผลการให้บริการของ CBQ(10,4:4:2)



(c) ผลการให้บริการของ CBQ(10,5:3:2)

รูปที่ 4.11 แสดงการให้บริการของวิธีการจัดคิวแต่ละวิธีแก่แพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญในกรณีทดสอบที่ 3: ทดสอบการทำงานของ TMg เมื่อมีข้อมูลมัลติมีเดียในเครือข่าย

<u>สรุปผลการทดสอบ</u>

เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียผ่านเครือข่ายที่มีปริมาณข้อมูลหนาแน่น ควรกำหนดให้อุปกรณ์เครือข่ายในเส้นทางเลือกนำส่งข้อมูลด้วยวิธีจัดคิวแบบ PQ หรือ CBQ แทนการนำส่งตามลำดับก่อนหลังแบบ FIFO เพื่อให้แพ็กเก็ตของ Application กลุ่มนี้มีโอกาสที่ส่งต่อก่อนแพ็กเก็ตอื่น ซึ่งช่วยลด ค่า Delay ได้ นอกจากนี้นโยบายการจัดกลุ่มที่เหมาะสมถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลการต่อการนำส่งข้อมูลมัลติมีเดียด้วยจึงไม่ควรจัดให้มีแพ็กเก็ตจาก Application อื่นอยู่ในระดับความสำคัญเดียวกับข้อมูลมัลติมีเดียมากเกินไปเพื่อให้การสื่อสารมีค่า Jitter ต่ำลง

4.3.4 สรุปผลการทดสอบ TMg ในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบ TMg ในห้องปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสามารถกำหนดสภาพแวดล้อมได้ เช่น (1) ขนาด Bandwidth ของวงจรสื่อสารขาออก (2) การสร้างแพ็กเก็ตเข้าสู่เครือข่าย ทั้งจาก Application จริง(FTP) ที่มีเรื่องของจังหวะการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องร้องขอและเครื่องให้บริการมาเกี่ยวข้อง และแพ็กเก็ตที่จำลองโดยเครื่องมือ (pgen และ ttools) ที่ไม่สนใจเรื่องจังหวะการรับส่งข้อมูล กล่าวคือเมื่อเครือข่ายอยู่ในภาวะคับคั่ง เครื่องมือที่ใช้จำลองแพ็กเก็ตจะไม่ปรับลดระดับของการนำส่งข้อมูล ซึ่งต่างจากลักษณะของการสื่อสารด้วย FTP และมัลติมีเดียที่จะปรับความเร็วของการสื่อสารตามสภาพของเครือข่าย และ (3) ระดับความสำคัญ Application ซึ่งการทดสอบได้กำหนดให้แพ็กเก็ตที่เกิดจาก Application จริงแทนงานที่เกิดจากผู้ใช้งาน หรือเป็นงานเป้าหมายของหน่วยงาน และมีระดับความสำคัญสูงกว่าแพ็กเก็ตที่ได้จากการจำลอง สามารถสรุปได้ว่าวิธีการจัดคิวทั้ง 3 แบบคือ FIFO, PQ และ CBQ ให้บริการนำส่งแพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญต่างกันได้ผลต่างกันตามหลักการของวิธีนั้น ๆ และควรนำวิธีจัดคิวไปประยุกต์ใช้กับเครือข่ายที่มีจุดเชื่อมต่อของวงจรสื่อสารที่มีขนาด Bandwidth น้อยกว่าปริมาณข้อมูลที่ต้องการผ่านวงจรสื่อสารเพื่อเพิ่มค่า Throughput ลดค่าของ Delay, Jitter และ Loss หรือเพื่อให้เกิด QoS สำหรับ Application ที่เป็นเป้าหมายของหน่วยงานได้ในระดับหนึ่ง

หลังจากได้เสนอผลการทดสอบวิธีการจัดคิวทั้ง 3 วิธีในเครื่องมือ TMg ภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนดขึ้นในห้องปฏิบัติการแล้ว ในหัวข้อต่อไปจะนำเสนอวิธีและผลการทดสอบวิธีการจัดคิวในสภาพแวดล้อมจริงของ SritrangNet ที่ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้ เพื่อทำสอบว่าวิธีการจัดคิวทั้ง 3 วิธีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ SritrangNet ได้หรือไม่

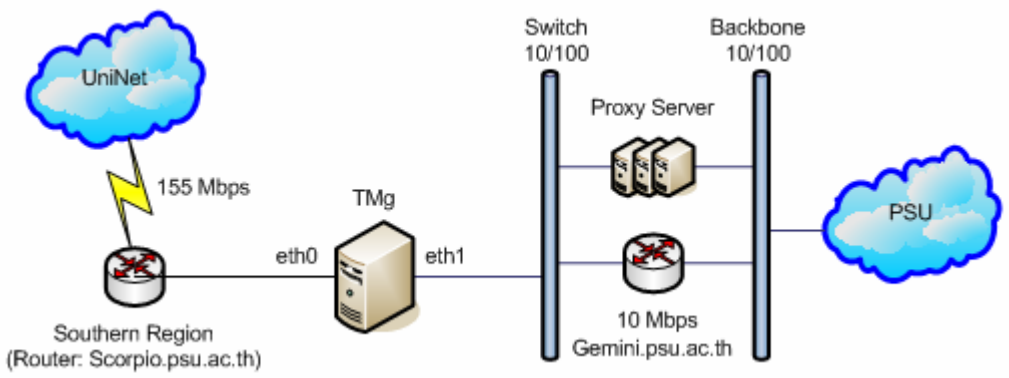
4.4 การทดสอบจัดลำดับนำส่งข้อมูลบนสภาพแวดล้อมจริง

<u>เป้าหมายของการทดสอบ</u>

เพื่อทดสอบหาวิธีจัดลำดับนำ และนโยบายการจัดระดับความสำคัญที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานจริงกับ Sritrangnet

<u>วิธีการทดสอบ</u>

การทดสอบได้ติดตั้ง TMg ขวางวงจรสื่อสารระหว่างเราเตอร์ภาคใต้ (scorpio) และอุปกรณ์ Switch ที่เป็น เกตเวย์ของ SritrangNet ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.12 เพื่อจัดลำดับนำส่งแพ็กเก็ตที่ออกจาก SritrangNet ก่อนเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 4.12 แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ TMg ที่เป็นเกตเวย์ของมหาวิทยาลัย

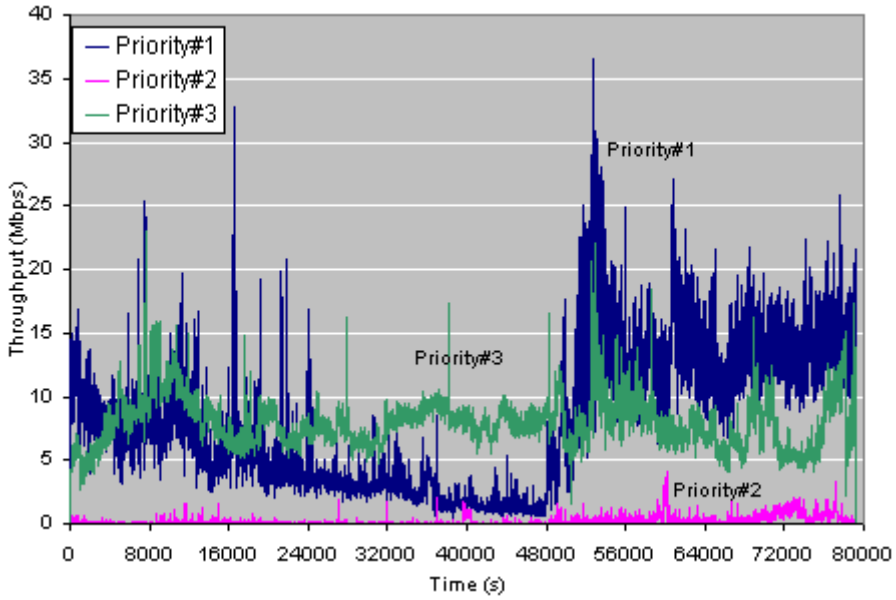
การจัดกลุ่ม/ระดับความสำคัญของข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

นโยบายที่ใช้จัดระดับความสำคัญของแพ็กเก็ตเป็นตามตารางที่ 4.4

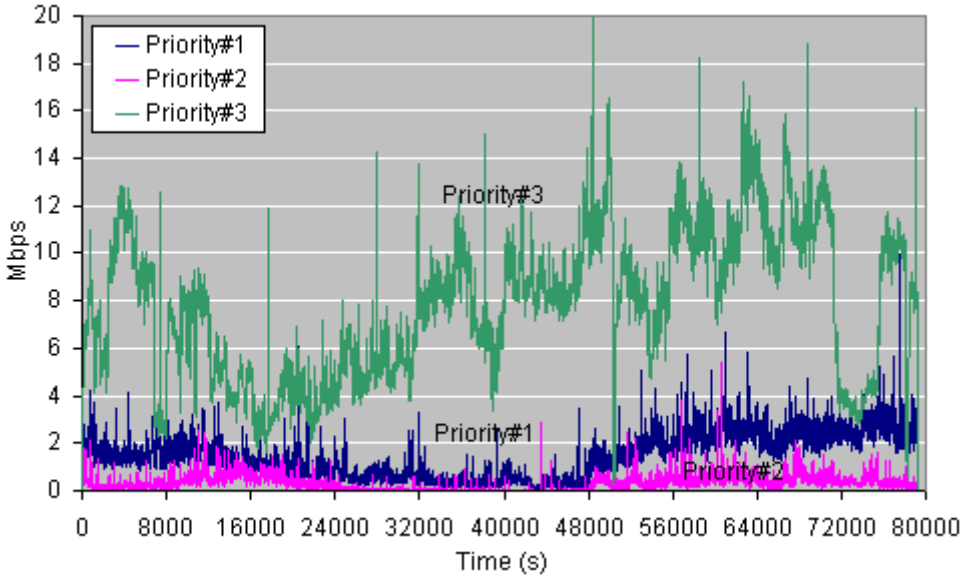
ผลการทดสอบ

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือนี้ไปติดตั้งระหว่างวันที่ 23 พฤศจิกายน 2547 เวลา 18.30 น. ถึงวันที่ 24 พฤศจิกายน 2547 เวลา 16.30 น. รวมเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง ได้ผลการทดสอบด้วยวิธีจัดคิวแบบ FIFO ที่กำหนดให้มีขนาดของคิวเท่ากับ 100 แพ็กเก็ต

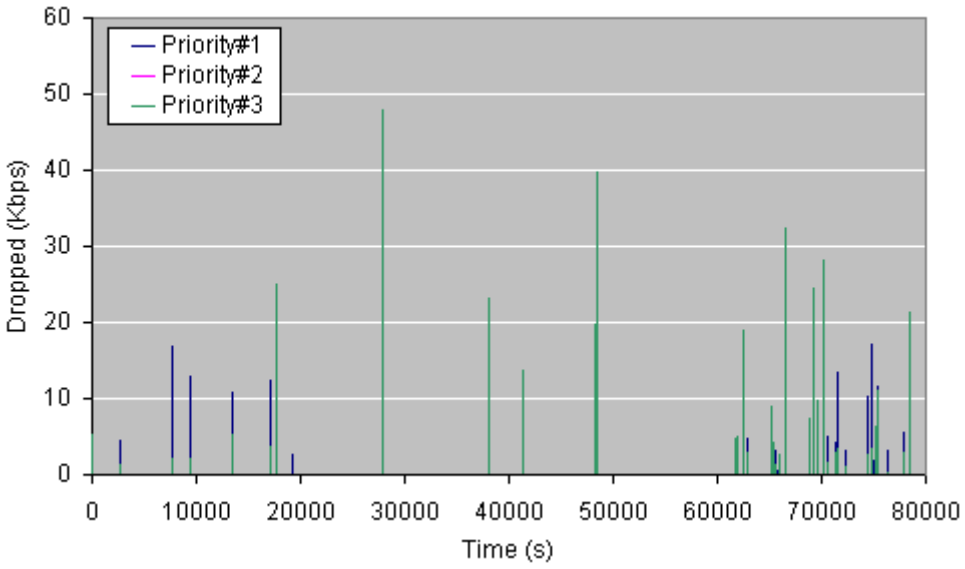
โดยรูปที่ 4.13 และ 4.14 ได้แสดงให้เห็นถึงลักษณะการใช้งาน Bandwidth ของ Application ที่มีระดับความสำคัญต่างกัน 3 ระดับ ทั้งที่เข้าสู่ SritrangNet และออกจาก SritrangNet ตามลำดับ รูปที่ 4.15 ได้แสดงให้เห็นว่ามีแพ็กเก็ตระดับความสำคัญสูง และปกติถูกทิ้งเนื่องจากคิวเต็ม ซึ่งเกิดขึ้นในบางเวลา และช่วงสั้น ๆ เท่านั้น ปัญหานี้เกิดจากตั้งค่าข้อกำหนดขนาดคิวสำหรับ FIFO น้อยเกินไป แสดงว่าข้อมูลที่ต้องการออกสู่อินเทอร์เน็ตมีปริมาณน้อยกว่าขนาด Bandwidth ที่สามารถใช้งานได้ หรือแทบไม่เกิดความคับคั่งในวงจรระหว่างเกตเวย์ของมหาวิทยาลัยถึงเราเตอร์ภาคใต้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงไม่จำเป็นต้องทดสอบวิธีจัดคิวแบบ PQ และ CBQ อีก เนื่องจากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการได้แสดงให้เห็นว่าการจัดคิวแต่ละวิธีให้ผลการทำงานต่างกันเมื่อเครือข่ายมี Bandwidth น้อยกว่าปริมาณข้อมูลที่ต้องการผ่านวงจรสื่อสาร นอกจากนี้รูปที่ 4.16 ได้แสดงปริมาณข้อมูลที่เข้าออก SritrangNet บนเราเตอร์ภาคใต้ในช่วงที่นำ TMg ไปติดตั้งและทดสอบการใช้งานเครือข่ายยังคงเป็นไปได้โดยปกติ แสดงว่าเครื่องมือนี้มีประสิทธิภาพเพียงพอกับปริมาณงานที่เกิดขึ้นในขณะนี้



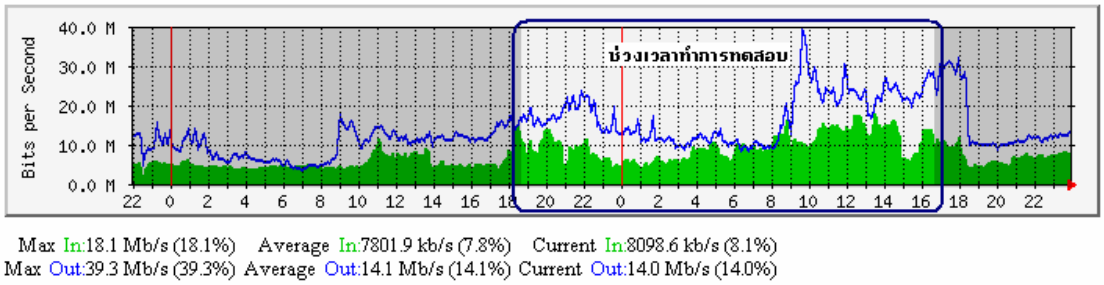
รูปที่ 4.13 แสดงการใช้งาน Bandwidth ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญที่เข้าสู่ SritrangNet



รูปที่ 4.14 แสดงการใช้งาน Bandwidth ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญที่ออกจาก SritrangNet



รูปที่ 4.15 แสดงปริมาณข้อมูลที่ถูกทิ้งเมื่อคิวเต็มเมื่อกำหนดขนาดคิวเท่ากับ 100 แพ็กเก็ต



รูปที่ 4.16 แสดงกราฟ MRTG การใช้งาน SritrangNet เมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2547

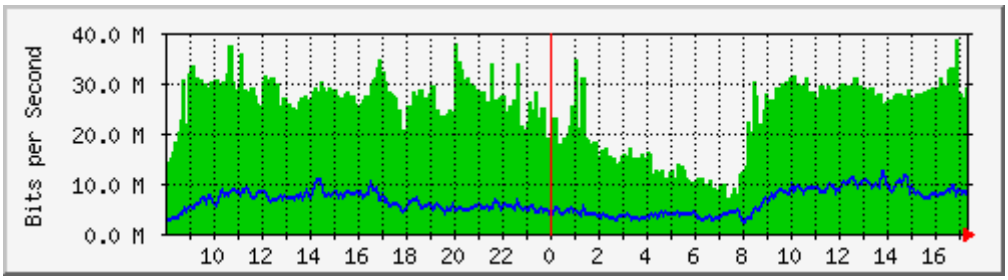
<u>สรุปผลการทดสอบ</u>

เนื่องจากวงจรสื่อสารระหว่างมหาวิทยาลัยถึง UniNet ได้รับการปรับปรุงจนมี Bandwidth มากขึ้น และวงจรสื่อสารส่วนนี้ไม่อยู่ในภาวะความคับคั่งของเครือข่าย การจัดคิวทั้ง 3 วิธีจึงได้ก่อให้เกิดความแตกต่างของการให้บริการนำส่งข้อมูล

4.5 การทดสอบจัดลำดับนำส่งข้อมูลหากวงจรสื่อสารถูกจำกัดขนาดแบนด์วิดธ์

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยอาศัยสภาพการใช้งานเครือข่ายปัจจุบัน รวมถึงลักษณะของการดูแลเครือข่าย นอกจากนี้ยังพบว่า UniNet ได้ทดสอบจำกัดการใช้งานเครือข่ายของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ด้วยการควบคุมปริมาณข้อมูลที่เข้าสู่ SritrangNet ส่งผลให้มีข้อมูลกลับมาน้อยลง ในขณะที่ปริมาณข้อมูลที่ออกจาก SritrangNet ยังคงมีแนวโน้มเดิม

เนื่องด้วยวงจรสื่อสารระหว่างเราเตอร์ภาคใต้กับ UniNet (ดูรูปที่ 2.31 ประกอบ) ขนาด 155 Mbps ต้องใช้ร่วมกับหน่วยงาน/สถาบันในภาคใต้อื่นๆ ด้วย สำหรับระดับการใช้งานเครือข่ายของผู้ใช้ในอินเทอร์เน็ตขณะนี้เป็นดังรูปที่ 4.17 จากกราฟในช่วงเวลางานมีปริมาณข้อมูลที่เข้าและออกจากเครือข่ายประมาณ 30 Mbps และ 10 Mbps ตามลำดับ หรือคิดสัดส่วนเป็น 3:1 ทั้งนี้เคยเกิดเหตุการณ์ที่ทาง UniNet ได้ทดสอบจำกัดการสื่อสารที่กลับเข้าสู่ SritrangNet ให้อยู่ในระดับประมาณ 20 Mbps ได้ส่งผลให้การใช้งานอินเทอร์เน็ตช้าลงอย่างเห็นได้ชัด เพื่อให้ Application ที่ผู้ดูแล SritrangNet จัดให้มีความสำคัญได้รับบริการที่ดีอยู่เสมอ ผู้ดูแลเครือข่ายควรจำกัดปริมาณข้อมูลที่ออกจาก SritrangNet ลง พร้อมทั้งจัดลำดับข้อมูลที่ต้องการออกจากเครือข่าย โดยคาดหวังว่าข้อมูลที่ตอบกลับมาจากอินเทอร์เน็ตเป็นของ Application ที่ได้จัดว่าสำคัญ ดังนั้นการทดสอบนี้จึงเป็นการทดสอบที่ต้องการทราบว่า จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อต้องจัดลำดับนำส่งข้อมูลผ่านวงจรสื่อสารขาออกที่ถูกจำกัด Bandwidth ไว้ ภายใต้สภาพแวดล้อมปัจจุบันของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



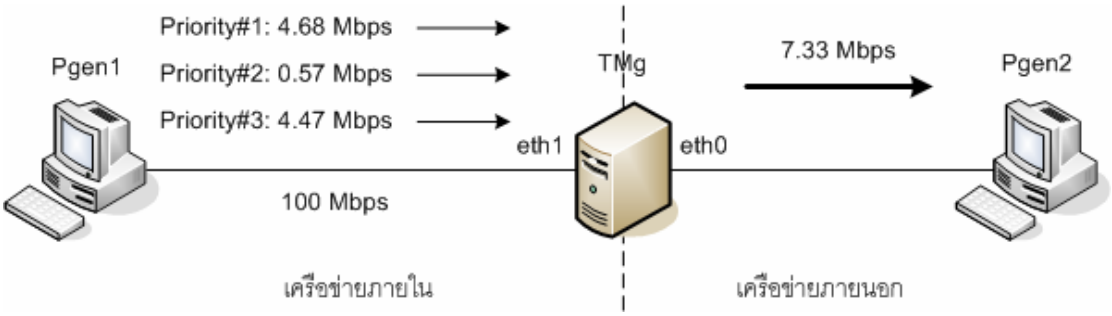
รูปที่ 4.17 แสดงกราฟ MRTG การใช้งาน SritrangNet เมื่อวันที่ 29 เมษายน 2549

เป้าหมาย

เพื่อสังเกตผลการจัดลำดับนำส่งข้อมูล เมื่อผู้ดูแลเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยควบคุมปริมาณข้อมูลที่จะได้รับการนำส่งออกจาก SritrangNet เพื่อให้สอดคล้องกับขนาด Bandwidth ที่ได้รับการจัดสรรจาก UniNet

วิธีการทดสอบ

เนื่องจากสัดส่วนการใช้งานเครือข่ายทั้งที่เข้าออกเป็น 3:1 สมมติ Uninet ควบคุมปริมาณข้อมูลที่กลับเข้าสู่มหาวิทยาลัยให้ลดลงเหลือ 22 Mbps แสดงว่าผู้ดูแลเครือข่ายควรจำกัดปริมาณข้อมูลที่ต้องการออกจากมหาวิทยาลัยมาที่ 7.33 Mbps ดังนั้นการทดสอบจะใช้เครือข่ายจำลองดังรูปที่ 4.18 กำหนดให้เครื่อง Pgen1 จำลองแพ็กเก็ตรวม 10 Mbps ตามระดับการใช้งานที่เกิดขึ้นจริงประกอบด้วยข้อมูลทั้ง 3 ระดับความสำคัญจากสูงไปตามตามสัดส่วนที่ได้จากรูปที่ 2.37 คือ 4.68 Mbps 0.57 Mbps และ 4.74 Mbps ตามลำดับ และกำหนดให้ TMg ควบคุมความเร็วในการนำส่งแพ็กเก็ตออกสู่เครือข่ายภายนอกที่ 7.33 Mbps



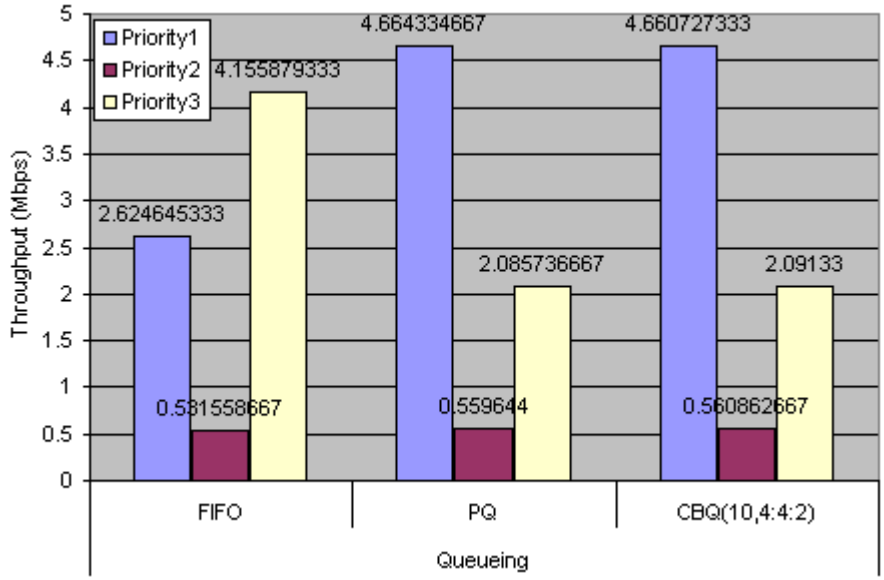
รูปที่ 4.18 แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ในลักษณะ What if Analysis

การจัดกลุ่ม/ระดับความสำคัญของข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

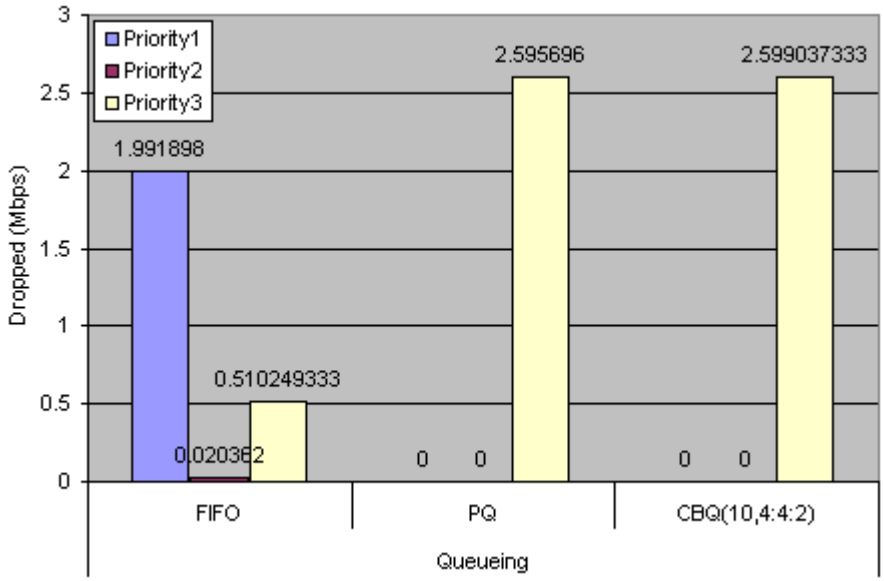
นโยบายที่ใช้จัดระดับความสำคัญของแพ็กเก็ตเป็นตามตารางที่ 4.4

ผลการทดสอบ

การทดสอบวิธีจัดคิวทั้ง 3 วิธีในการทดสอบนี้ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.19 และ 4.20 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบก่อนหน้านี้ ข้อมูลกราฟได้แสดงว่าวิธีการจัดคิวแบบ PQ และ CBQ (10, 4:4:2) ให้ผลของการบริการเหมือนกัน และดีกว่า FIFO เนื่องจากการทดสอบด้วย FIFO แพ็กเก็ตระดับความสำคัญสูงถูกทิ้งมาก แต่ไม่ถูกทิ้งเลยเมื่อใช้ PQ และ CBQ (10, 4:4:2)



รูปที่ 4.19 แสดงระดับการให้บริการนำส่งแก่Application ต่างระดับความสำคัญเมื่อใช้วิธีจัดคิวต่างกัน



รูปที่ 4.20 แสดงปริมาณข้อมูลที่ถูกทิ้งของApplication ต่างระดับความสำคัญเมื่อใช้วิธีจัดคิวต่างกัน

สรุปผลการทดสอบ

การทดสอบในส่วนนี้ได้จำลองขึ้นตามลักษณะการใช้งานเครือข่าย และลักษณะการควบคุมการใช้งานเครือข่ายที่มีโอกาสเกิดขึ้นจริง เพื่อให้เกิดคุณภาพของการให้บริการเครือข่าย การปรับลดความเร็วของการนำส่งข้อมูลออกจากมหาวิทยาลัยมีความจำเป็น และต้องสอดคล้องกับขนาด Bandwidth ที่ได้รับการจัดสรร หากผู้ดูแลเครือข่ายจัดระดับความสำคัญของ Application ตามนโยบายในตารางที่ 4.4 ลักษณะการใช้งานเครือข่ายของผู้ใช้งานในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไม่แตกต่างจากเดิม และ UniNet จัดสรร Bandwidth ขากลับเข้าสู่มหาวิทยาลัยอยู่ที่ 22 Mbps วิธีการจัดคิวที่ควรนำมาใช้งานคือ PQ และ CBQ

4.6 สรุปผลการทดสอบท้ายบท

เนื่องจากในขณะที่ทำการทดสอบกับเครือข่ายของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์นั้น UniNet ซึ่งเป็น ISP ของหน่วยงานการศึกษาต่าง ๆ ได้เปิดให้มีการใช้งานอินเทอร์เน็ตโดยไม่มีเงื่อนไข หรือไม่มีข้อจำกัดของการใช้งาน Bandwidth และเพื่อแก้ปัญหาคอขวดของการสื่อสารในตำแหน่งที่เป็นทางเข้าออกอินเทอร์เน็ต ศูนย์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยได้ปรับเปลี่ยนโครงสร้างเครือข่ายเพื่อให้สามารถนำส่งข้อมูลได้เร็วขึ้นจาก 10 Mbps เป็น 100 Mbps ซึ่งโตกว่าระดับการใช้งานที่เกิดขึ้นจริง การทดสอบวิธีการจัดคิวทั้ง 3 วิธีจึงให้ผลการบริการไม่แตกต่างกัน ประเด็นนี้ชี้ให้เห็นว่ามหาวิทยาลัยไม่มีความจำเป็นต้องมีระบบการจัดการการใช้งาน Bandwidth ของ Application ที่ต้องการออกจาก SritrangNet แต่ผลที่ได้จากการจำแนกกลุ่มของแพ็กเก็ตตามนโยบายในตารางที่ 4.4 ทำให้ทราบว่ามีแพ็กเก็ตระดับความสำคัญต่ำออกจาก SritrangNet มากกว่าแพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญสูง ซึ่งเป็นหัวข้อที่ควรได้มีการศึกษาต่อไปเพื่อให้ทราบว่ามี Application ใดบ้าง และเป็นข้อมูลสำหรับจัดระดับความสำคัญให้กับ Application และพร้อมที่จะนำไปใช้เป็นนโยบายในการจัดระดับความสำคัญให้กับ Application ที่เป็นเป้าหมายของหน่วยงานเมื่อมหาวิทยาลัยถูกจำกัดขนาด Bandwidth หรือจ่ายเงินเพื่อเช่า Bandwidth สำหรับใช้งานเองและคงไม่มากเท่าที่ใช้อยู่ในขณะนี้