บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปทั้งหมดที่ได้ทำการดำเนินการวิจัย เริ่มจากการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานเครือข่าย พัฒนาเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ผลสรุปที่ได้จากการทดสอบ ปัญหาที่พบ มูลค่าของงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 การศึกษาพฤติกรรมการใช้งานเครือข่าย

เพื่อรวบรวมข้อมูลแพ็กเก็ตที่เข้าออกเครือข่าย และเพื่อให้ง่ายต่อการนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ในขั้นตอนการทดสอบที่ต้องมีการจำลองส่งแพ็กเก็ตเข้าสู่เครือข่าย ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องมือ Traffic Tools (ttools, ภาคผนวก ข.) ขึ้นใช้เอง ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลในเครือข่าย และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปสร้างเป็นแพ็กเก็ตที่มีลักษณะเดียวกันได้ จากการเก็บข้อมูลการใช้งานเครือข่ายเมื่อวันอังคารที่ 23 มีนาคม 2547 ในช่วงเวลาประมาณ 15.00 น. ถึง 16.20 น. สามารถใช้เป็นตัวแทนของพฤติกรรมการใช้งานเครือข่ายในวันราชการได้ เนื่องจากการเฝ้าติดตามพฤติกรรมการใช้งานเครือข่ายด้วย MRTG ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์บนเราเตอร์ภาคใต้ (scorpio รูปที่ 2.26) พบว่า ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ลักษณะของกราฟมีความคล้ายคลึงกัน โดยปริมาณการใช้งานเครือข่ายจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาประมาณ 7.00 – 10.00 น. และคงตัวกระทั่งเวลาประมาณ 22.00 น.ปริมาณการใช้งานเครือข่ายจึงค่อย ๆ ลดลง เมื่อนำข้อมูลการใช้งานเครือข่ายที่ได้บันทึกไว้มาวิเคราะห์ ทำให้ทราบว่าแพ็กเก็ตที่เข้าและออก SritrangNet ใช้ TCP ในการนำส่งข้อมูลประมาณร้อยละ 96 และ 95 ของจำนวนแพ็กเก็ตที่เข้าและออกตามลำดับ เกิดจาก Application จำพวก Web มากที่สุด ในขณะที่ความต้องการใช้งาน FTP และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ SMTP มีจำนวนน้อยมาก ผู้วิจัยคาดว่าอาจเป็นเพราะผู้ใช้เครือข่ายนิยมใช้บริการอินเทอร์เน็ตทั้ง 2 ประเภทนี้ผ่านระบบ Web มากขึ้น ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากความสะดวกของการใช้งาน World Wide Web (WWW) ผ่าน HTTP และโปรแกรมบราวเซอร์นั่นเอง แต่เมื่อพิจารณาถึงการใช้งาน Bandwidth ได้พบว่าปริมาณข้อมูลที่ออกจาก SritrangNet เป็นข้อมูล Web คิดเป็นร้อยละ 46.85 โดยประมาณ ถูกใช้งานโดยจดหมายอิเล็กทรอนิกส์คิดเป็นร้อยละ 5.63 โดยประมาณ Bandwidth ที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 47.47 เกิดจาก Application อื่นที่อยู่นอกเหนือความสนใจของการวิจัยนี้

5.2 เครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

ในการพัฒนาเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล หรือ Traffic Management (TMg) ได้เลือกวิธีการจัดคิวที่มีใช้อยู่หลายวิธีในปัจจุบันมาสามวิธี คือ FIFO, PQ และ CBQ โดยที่แต่ละวิธีเป็นตัวแทนของระดับความซับซ้อนของกระบวนการทำงานที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. FIFO เป็นวิธีการนำส่งข้อมูลที่มีระดับความซับซ้อนต่ำสุดไม่มีกระบวนการเลือกแพ็กเก็ต ไม่มีขั้นตอนการกำหนดความสำคัญของแพ็กเก็ต เพียงส่งแพ็กเก็ตให้เร็วที่สุดตามลำดับการมาถึงเท่านั้น

2. PQ เป็นวิธีการที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นจาก FIFO เนื่องจากมีขั้นตอนพิจารณาระดับความสำคัญให้กับแพ็กเก็ตตามนโยบายที่ได้กำหนดไว้ และนำแพ็กเก็ตที่ผ่านการกำหนดความสำคัญแล้วไปพักในคิวที่เหมาะสมตามค่าความสำคัญเพื่อรอการนำส่งต่อไป ซึ่งในขั้นตอนการนำส่งต้องมีกระบวนการตรวจสอบคิวทั้งหมดในระบบ เพื่อให้แน่ใจว่าแพ็กเก็ตในคิวที่มีระดับความสำคัญสูงกว่าจะได้รับเลือกนำส่งเข้าสู่เครือข่ายก่อนแพ็กเก็ตในคิวที่มีระดับความสำคัญต่ำกว่าเสมอ

3. CBQ เป็นวิธีการที่มีความซับซ้อนมากที่สุดจากวิธีการที่ได้เลือกใช้ เนื่องจากในขั้นการเลือกแพ็กเก็ตจากคิว ระบบต้องเลือกแพ็กเก็ตที่รอในคิวทั้งหมดตามข้อกำหนดบริการที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ CBQ ที่ได้พัฒนาขึ้นได้เพิ่มขั้นตอนการพิจารณาการหยิบยืมบัฟเฟอร์ที่เหลือใช้ของคิวอื่น ๆ ในแต่ละรอบบริการด้วย

การพัฒนา TMg ที่ประกอบด้วยวิธีการจัดคิวทั้ง 3 รูปแบบนี้ ได้ใช้วิธีการพัฒนาโปรแกรมแบบเทรด (Thread) เพื่อให้หน่วยหน่วยรับแพ็กเก็ต (Receiver) หน่วยจำแนกแพ็กเก็ต (Classifier) และหน่วยเลือกแพ็กเก็ตเพื่อการนำส่ง (Scheduler) สามารถทำงานพร้อมกันได้ และออกแบบให้มีคิวเพียง 3 ระดับ คือ คิวสำหรับแพ็กเก็ตที่มีระดับความสำคัญสูง ปกติ และต่ำ นอกจากนี้ได้เพิ่มความสามารถให้ TMg สำหรับควบคุมความเร็วในการนำส่งแพ็กเก็ตเพื่อสมมติขนาดของ Bandwidth ในกระบวนการทดสอบด้วย

5.3 ผลการทดสอบการจัดลำดับนำส่งข้อมูล

จากผลการทดสอบ TMg ในห้องปฏิบัติการตามภาพเหตุการณ์จำลองทั้ง 3 ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 สรุปได้ว่าเมื่อเกิดความคับคั่งขึ้นในเครือข่าย วิธีการจัดคิวทั้งสามวิธี คือ FIFO, PQ และ CBQ ให้ผลการได้ใช้งาน Bandwidth ของแพ็กเก็ตในคิวที่มีระดับความสำคัญทั้ง 3 ระดับแตกต่างกัน สอดคล้องกับทฤษฎี และเป็นไปตามข้อกำหนดของวิธีจัดคิว

ในขณะที่ดำเนินการทดสอบ วงจรสื่อสารที่มหาวิทยาลัยใช้เชื่อมต่อไปยัง UniNet ได้รับการขยายให้มีขนาดโตขึ้นเป็น 100 Mbps ซึ่งเพียงพอสำหรับระดับการใช้งานเครือข่ายในขณะนี้ที่มีปริมาณข้อมูลเข้าออกรวมไม่เกิน 60 Mbps ซึ่งผลการทดสอบบนเครือข่ายมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 4 สรุปว่ามหาวิทยาลัยไม่มีความจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์สำหรับจัดสรร Bandwidth เพื่อจัดลำดับการนำส่งแพ็กเก็ตที่ต้องการออกจาก SritrangNet เนื่องจากทำให้เกิดความสิ้นเปลืองงบประมาณ และทำให้การสื่อสารช้าลงด้วย

สำหรับหน่วยงานที่มี Bandwidth ออกอินเทอร์เน็ตขนาดจำกัด ควรนำวิธีการจัดการคิวซึ่งเป็นเทคนิคพื้นฐานที่ทำให้เครือข่ายเกิด QoS ไปประยุกต์ใช้ โดยเทคนิคการจัดลำดับนำส่งแพ็กเก็ตทั้งสามแบบที่กล่าวมาข้างต้น และลักษณะการกำหนดนโยบายที่ดีจะทำให้ Bandwidth ถูกใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ และสนับสนุนงาน หรือ Application ที่เป้าหมายของหน่วยงาน

5.4 ปัญหาที่พบ

เนื่องจากศูนย์คอมพิวเตอร์ได้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของเครือข่ายบ่อยครั้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งานเครือข่าย เป็นสาเหตุให้ผู้วิจัยต้องใช้เวลาในการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานเครือข่ายนานขึ้น นอกจากนี้ข้อมูลที่เข้าออกเครือข่ายเกิดจาก Application หลากหลายที่มีหมายเลขพอร์ตอ้างอิงถึงต่างกัน บางหมายเลขสามารถระบุชื่อ Application ได้ ในขณะที่บางหมายเลขไม่สามารถระบุชื่อได้ ทำให้การกำหนดระดับความสำคัญให้กับแพ็กเก็ตของ Application จึงทำได้เฉพาะงานที่มีการใช้งานอยู่ทั่วไปเท่านั้น

ในส่วนของเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการนั้นผู้วิจัยจำเป็นต้องพัฒนาขึ้นใช้เองเพื่อให้ตรงตามความต้องการมากที่สุด คือ สามารถเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งานเครือข่ายและนำข้อมูลนี้มาใช้ในการจำลองส่งแพ็กเก็ตเข้าสู่เครือข่ายในลักษณะใกล้เคียงกับที่เกิดขึ้นจริง นั่นคือ Traffic Tools (ttools) ซึ่งใช้เวลาในการพัฒนานานพอสมควร

อีกปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในการทดสอบ TMg บน SritrangNet คือ ระบบการรับส่งข้อมูลต้องกำหนดให้เป็น 100 Mbps Full-duplex เท่านั้น หากให้เครื่อง TMg ใช้การ์ดเครือข่ายที่มีรูปแบบการนำส่งแบบ Half-duplex จะไม่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครือข่ายของมหาวิทยาลัยได้ หรือหากกำหนดให้มีการเชื่อมต่อแบบอัตโนมัติ (Autonegotiation) ได้ส่งผลให้ความเร็วของการสื่อสารลดลงจากเดิม ผู้วิจัยจำเป็นต้องหาการ์ดเครือข่ายที่รองรับรูปแบบการนำส่งแบบ 100 Mbps Full-duplex และสามารถตั้งค่าพร้อมทั้งนำไปใช้งานได้จริงเริ่มหาได้ยาก ซึ่งในการงานวิจัยนี้ได้ติดตั้งการ์ดเครือข่าย 3Com รุ่น 3c905-TX และใช้โปรแกรม 3c90xcfg.exe และ mii-tool ในการตั้งค่าการทำงานของการ์ด

5.5 มูลค่าของงานวิจัย (Contribution)

Traffic Tools (ttools) เป็นชุดเครื่องมือที่ได้รับพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ มีจุดเด่นที่สามารถนำข้อมูลการใช้งานเครือข่ายที่ได้บันทึกไว้จาก Capture Mode มาใช้ในการจำลองแพ็กเก็ตเข้าสู่เครือข่ายซึ่งใกล้เคียงกับลักษณะการใช้งานเครือข่ายที่ได้บันทึกไว้ ซึ่งเครื่องมือลักษณะนี้โดยทั่วไปไม่ได้รับการพัฒนาให้ทำงานเช่นนี้

เมื่อนำ Traffic Tools ไปใช้งานร่วมกับเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล (Traffic Management, TMg) บนเครือข่ายทดสอบ ผู้ดูแลเครือข่ายสามารถหาคำตอบในเชิงอะไรจะเกิดถ้า (What if Analysis) เช่น จะเกิดอะไรขึ้นหากระดับความต้องการใช้งานเครือข่ายมากเป็นดังเช่นปัจจุบัน แต่ขนาดของ Bandwidth กลับลดลง หรือจะเกิดอะไรขึ้นหากใช้นโยบายการจัดระดับความสำคัญให้กับ Application แบบใดแบบหนึ่ง เป็นต้น เพื่อเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาแก่ผู้บริหารใช้ในการตัดสินใจต่อไป หรือก่อนนำนโยบายการจัดระดับความสำคัญไปใช้งานจริง

5.6 ข้อเสนอแนะ

ในส่วนของเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย Traffic Tools (ttools), Traffic Management (TMg) และ Packet Generator (Pgen) ซึ่งการเรียกใช้ และการแก้ไขข้อกำหนดการทำงานไม่สะดวกนัก เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานง่ายขึ้นควรได้รับการพัฒนาในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งานให้ดีกว่านี้ เนื่องจากการบันทึกข้อมูลแพ็กเก็ตของ TMg ไม่มีข้อมูลเวลาที่ได้รับและส่งออกแพ็กเก็ต การทดสอบในกรณีทดสอบที่ 3 Multimedia Testbed จึงไม่สามารถสรุปผลการทดสอบด้วยค่าเวลาจิตเตอร์ได้ ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ควรได้การรับพัฒนาต่อไป

สำหรับปัญหาการใช้งานอินเทอร์เน็ตที่ต้องเชื่อมต่อไปยังเครื่องให้บริการที่ตั้งอยู่ต่างประเทศแล้วได้ผลตอบรับช้า ในความเป็นจริงเกิดจาก Bandwidth ของวงจรสื่อสารที่เชื่อมจาก UniNet ไปต่างประเทศเต็มแล้วนั่นเอง (ดูรูปที่ 2.26 (3) ประกอบ) หาก UniNet แก้ปัญหานี้ด้วยการขยายวงจรสื่อสาร ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินมากขึ้น ดังนั้นการรณรงค์ให้ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตรู้จักใช้ Bandwidth ให้คุ้มค้าเป็นสิ่งที่ควรทำ และเป็นเรื่องเร่งด่วนไม่ต่างจากการแก้ปัญหาขาดแคลนทรัพยากรด้านอื่น ๆ เช่น หลีกเลี่ยง ลด หรือเปลี่ยนเวลาการใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อความบันเทิง การเข้าถึงข้อมูลที่ไม่เหมาะสม การดาวน์โหลดข้อมูลหรือโปรแกรมขนาดใหญ่ และการใช้ระบบจดหมายอิเล็กทรอนิกส์จากผู้ให้บริการที่อยู่ต่างประเทศ เป็นต้น เพียงเท่านี้ก็จะทำให้เกิดการใช้งาน Bandwidth อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ฝ่ายดูแลระบบเครือข่ายของหน่วยงานต่าง ๆ อาจต้องติดตั้งอุปกรณ์สำหรับกรองแพ็กเก็ตที่ไม่จำเป็นทิ้งก่อนส่งเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะกับแพ็กเก็ตที่ต้องการออกต่างประเทศ เพื่อลดภาระงานของอุปกรณ์เครือข่ายในเส้นทาง และประหยัด Bandwidth ทำให้การใช้งานอินเทอร์เน็ตโดยรวมมีความเร็วเพิ่มขึ้น ส่วนการใช้งานอินเทอร์เน็ตภายในประเทศที่มี Bandwidth ให้ใช้งานมากพอ ควรนำ Bandwidth ส่วนนี้มาใช้งานให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้น สำหรับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ซึ่งเป็นแหล่งสถานศึกษา อาจเปิดให้บริการการเรียนการสอนผ่านมัลติมีเดียผ่านระบบเครือข่ายแก่นักเรียน นักศึกษา หรือผู้ที่สนใจภายในประเทศ เป็นต้น เนื่องจากผู้ใช้งานเครือข่ายมหาวิทยาลัยใช้งานอินเทอร์เน็ตในรูปแบบของ Web มากที่สุด การจำแนกจัดกลุ่มด้วย Application อย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ ควรมีใช้เครื่องมือที่สามารถจำแนกได้ถึงระดับเนื้อความเพื่อควบคุมการเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้เครื่องมือยังควรจดจำลักษณะ และค่าความสำคัญของแพ็กเก็ตในชุดเดียวกันได้ เพื่อให้การระบุความสำคัญของแพ็กเก็ตที่มีความสัมพันธ์กันทำได้เร็วยิ่งขึ้น และเครื่องมือควรมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนข้อกำหนดต่าง ๆ โดยไม่กระทบต่อการใช้งานเครือข่ายอีกด้วย