

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(6)
รายการตาราง.....	(9)
รายการรูป.....	(10)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.6 ระยะเวลา และ แผนการดำเนินงาน.....	4
1.7 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน.....	5
1.8 สถานที่ทำการวิจัย.....	5
2 ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และผลการศึกษากาการใช้งานเครือข่าย.....	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	6
2.1.1 การอ่านข้อมูลในแพ็กเก็ต.....	9
2.1.2 คุณภาพของการให้บริการ (Quality of Service: QoS).....	12
2.1.3 สรุปทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	30
2.2 ผลงานที่เกี่ยวข้องและคล้ายคลึงกับงานที่ทำ.....	30
2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
2.2.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
2.3 ผลการศึกษาโครงสร้างและการใช้งานเครือข่าย.....	39
2.3.1 เครือข่ายของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ [18] [19] [20].....	39
2.3.2 การศึกษาพฤติกรรมกาใช้งานเครือข่ายมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.....	40
2.3.3 การเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งานเครือข่าย.....	43
2.3.4 สรุปผลการศึกษาโครงสร้างและการใช้งานเครือข่าย.....	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล.....	49
3.1 การออกแบบเครื่องมือสำหรับจัดลำดับนำส่งข้อมูล	49
3.1.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล	50
3.1.2 หน่วยรับแพ็กเก็ต (Receiver unit)	51
3.1.3 หน่วยจำแนกประเภทหรือจัดกลุ่มแพ็กเก็ต (Classifier unit)	52
3.1.4 หน่วยเลือกแพ็กเก็ตเพื่อการนำส่ง (Scheduler unit).....	53
3.2 นโยบาย และการจำแนกระดับความสำคัญ/กลุ่มให้กับแพ็กเก็ต	56
3.3 การพัฒนาเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล.....	57
3.4 สรุป	60
บทที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล	62
4.1 ภาพเหตุการณ์ (SCENARIO) ที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....	62
4.1.1 ภาพเหตุการณ์ที่ 1: ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยสามารถใช้งานได้ตามปกติ.....	62
4.1.2 ภาพเหตุการณ์ที่ 2: ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยเริ่มใช้งานไม่ได้.....	63
4.1.3 ภาพเหตุการณ์ที่ 3: เมื่อมหาวิทยาลัยให้บริการข้อมูลมัลติมีเดียผ่านเครือข่าย แก่ผู้ใช้ภายนอก หรือผู้ใช้ในอินเทอร์เน็ต.....	64
4.2 เครือข่ายสำหรับทดสอบในห้องปฏิบัติการ	64
4.3 ทดสอบการทำงานของ TMG ในห้องปฏิบัติการ.....	67
4.3.1 Basic Testbed – ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของ TMg.....	67
4.3.2 Simulation Testbed – ทดสอบการทำงานของ TMg ตามภาพเหตุการณ์	70
4.3.3 Multimedia Testbed – ทดสอบการทำงานของ TMg เมื่อมีข้อมูลมัลติมีเดีย ในเครือข่าย	77
4.3.4 สรุปผลการทดสอบ TMg ในห้องปฏิบัติการ.....	81
4.4 การทดสอบจัดลำดับนำส่งข้อมูลบนสภาพแวดล้อมจริง	81
4.5 การทดสอบจัดลำดับนำส่งข้อมูลหากวงจรสื่อสารถูกจำกัดขนาดแบนด์วิดท์	85
4.6 สรุปผลการทดสอบท้ายบท	88

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	89
5.1 การศึกษาพฤติกรรมการใช้งานเครือข่าย.....	89
5.2 เครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ	90
5.3 ผลการทดสอบการจัดลำดับนำส่งข้อมูล	91
5.4 ปัญหาที่พบ	91
5.5 มูลค่าของงานวิจัย (CONTRIBUTION).....	92
5.6 ข้อเสนอแนะ	92
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก	
ก. รหัสคำสั่งสำหรับถ่ายโอนข้อมูลด้วย FTP	99
ข. TRAFFIC TOOLS (TTOOLS).....	100
ค. PACKET GENERATOR (PGEN).....	107
ง. TRAFFIC MANAGER (TMG).....	108
ประวัติผู้เขียน	116

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	แสดงค่าของ Precedence ใน Type of Service 22
2.2	แสดงค่าของบิตที่ 3 ถึงบิตที่ 6 ใน Type of Service..... 22
2.3	แสดงตัวอย่างการกำหนดบิต D, T, R และ C ของ Application ต่างๆ..... 23
2.4	แสดง Codepoints ตามมาตรฐาน Assured Forwarding (AF)..... 28
2.5	แสดงจำนวน และปริมาณของ IP datagram ที่บันทึกเมื่อวันอังคารที่ 23 มีนาคม 2547 44
2.6	แสดงผลจำนวน และปริมาณของข้อมูล TCP และ UDP ที่เข้าสู่ SritrangNet แยกตามลักษณะการใช้งาน..... 45
2.7	แสดงผลจำนวน และปริมาณของข้อมูล TCP และ UDP ที่ออกจาก SritrangNet แยกตามลักษณะการใช้งาน..... 46
3.1	แสดงตัวอย่างเงื่อนไขของนโยบายที่ใช้ในการจัดกลุ่ม 57
4.1	แสดงนโยบายที่ใช้ในการจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเก็ตในการทดสอบเบื้องต้น..... 68
4.2	แสดงผลการทดสอบวัดความเร็วของการถ่ายโอนข้อมูลเมื่อใช้ และไม่ใช้วิธีการจัดคิว ... 68
4.3	แสดงค่า Throughput ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญในการทดสอบเบื้องต้น 70
4.4	แสดงนโยบายที่ใช้ในการจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเก็ตสำหรับทดสอบในภาพเหตุการณ์ที่ 1... 71
4.5	แสดงนโยบายที่ใช้ในการจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเก็ตสำหรับทดสอบในภาพเหตุการณ์ที่ 2... 75
4.6	แสดงค่า Throughput ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญในกรณีทดสอบที่ 2 76
4.7	แสดงนโยบายที่ใช้ในการจำแนกจัดกลุ่มแพ็กเก็ตสำหรับทดสอบในภาพเหตุการณ์ที่ 3... 78
4.8	แสดงค่า Throughput ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญในกรณีทดสอบที่ 3 79

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงจำนวนโฮสต์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต.....	2
2.1	แสดง TCP/IP protocol suite และ OSI reference model.....	7
2.2	แสดงตัวอย่างโปรโตคอลใน TCP/IP Stack.....	8
2.3	แสดงการ Encapsulation (ลง) และ Decapsulation (ขึ้น)	9
2.4	โครงสร้างของเฟรมอีเทอร์เน็ต (Ethernet frame format).....	10
2.5	แสดงโครงสร้างของ IP datagram.....	11
2.6	แสดงโครงสร้างของเซกเมนต์ทีซีพี (TCP segment).....	11
2.7	แสดงโครงสร้างของเมสเสจยูดีพี (UDP Message)	12
2.8	แสดงเวลาแลเทนซี และเวลาจิตเตอร์	15
2.9	แสดงการจัดคิวแบบ First-In First-Out (FIFO).....	17
2.10	แสดงการจัดคิวแบบ Priority Queue (PQ)	18
2.11	แสดงการจัดคิวแบบ Class-Based Queue (CBQ) ที่มีการถ่วงน้ำหนัก	19
2.12	แสดงการจัดคิวแบบ Weighted Fair Queue (WFQ).....	20
2.13	แสดงรูปแบบไบนารีของ Type of Service.....	21
2.14	แสดงหลักการทำงานของ Resource Reservation Protocol.....	24
2.15	แสดงสถาปัตยกรรมแบบ Differentiated Services	26
2.16	แสดง Traffic Conditioner Block (TCB)	27
2.17	แสดงโครงสร้างของ DS-Filed	27
2.18	แสดงเครือข่าย Multiprotocol Label Switching (MPLS).....	29
2.19	แสดงการส่งต่อแพ็กเก็ตของ MPLS.....	30
2.20	แสดงเครือข่ายทดสอบงานวิจัยของ Geroge Uhl และคณะ.....	31
2.21	แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบ Core-Stateless และหน้าที่ของโหนดในเครือข่าย	33
2.22	แสดงโครงสร้างของโปรโตคอลที่ใช้บนเครือข่ายไร้สาย	35
2.23	แสดงโครงสร้างของโปรโตคอลบนเครือข่ายไร้สายที่ได้เพิ่ม VQML ระหว่าง MAC และ Layer3 เพื่อให้เกิด QoS.....	35
2.24	แสดงเครือข่ายที่ใช้ในการทดสอบ VQML.....	35

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25	แสดงเครือข่ายจริงสำหรับทดสอบ QoS ของ Karl..... 36
2.26	แสดงเครือข่ายจำลองใน NS-2 สำหรับทดสอบ QoS ของ Karl..... 37
2.27	แสดงวิธีการให้บริการแบบ WRED..... 37
2.28	แสดงการวางจรรยาบรรณของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไปยังเครือข่าย UniNet 39
2.29	แสดงปริมาณข้อมูลที่เข้าสู่ SritrangNet เดือนกันยายน พ.ศ.2546..... 41
2.30	แสดงปริมาณข้อมูลที่ออกจาก SritrangNet เดือนกันยายน พ.ศ.2546 41
2.31	แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 42
2.32	แสดงปริมาณข้อมูลเข้าออกผ่าน Gateway Router (scorpio) ของ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 42
2.33	แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่ไหลเข้าออก SritrangNet..... 43
2.34	แสดงจำนวนแพ็กเก็ตที่เข้าสู่ SritrangNet แยกตาม Application..... 47
2.35	แสดงจำนวนแพ็กเก็ตที่ส่งออกจาก SritrangNet แยกตาม Application..... 47
2.36	แสดงปริมาณข้อมูลที่เข้าสู่ SritrangNet แยกตาม Application..... 47
2.37	แสดงปริมาณข้อมูลที่ส่งออกจาก SritrangNet แยกตาม Application..... 47
3.1	แสดงเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเป็น Traffic Manager..... 50
3.2	แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล 51
3.3	แสดงการทำงานของโปรแกรม FIFO ตามโครงสร้างพื้นฐานของ เครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล..... 53
3.4	แสดงการทำงานของโปรแกรม PQ ตามโครงสร้างพื้นฐานของ เครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล..... 54
3.5	แสดงการทำงานของโปรแกรม CBQ ตามโครงสร้างพื้นฐานของ เครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล..... 55
3.6	แสดงโครงสร้างโปรแกรมจัดลำดับนำส่งข้อมูล (TMg) ที่ได้พัฒนา..... 58
3.7	แสดงที่ได้จากการใช้เครื่องมือจัดลำดับนำส่งข้อมูล 60
4.1	แสดงกราฟ MRTG ในภาวะที่ไม่สามารถใช้งานเครือข่ายได้ตามปกติ..... 63
4.2	แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 1 64

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3	แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 2 65
4.4	แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 3 65
4.5	แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบหาเวลาหนึ่งของ TMg 67
4.6	แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 1 พร้อมข้อกำหนดทดสอบ.... 71
4.7	แสดงผลการทดสอบวิธีจัดคิวตามภาพเหตุการณ์ที่ 1: ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยสามารถใช้งานได้ตามปกติ 72
4.8	แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 2 พร้อมข้อกำหนดทดสอบ.... 74
4.9	แสดงการให้บริการของวิธีการจัดคิวแต่ละวิธีแก่แพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญ ในกรณีทดสอบที่ 2: ภาวะที่เครือข่ายของมหาวิทยาลัยเริ่มใช้งาน ได้..... 76
4.10	แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ตามภาพเหตุการณ์ที่ 3 พร้อมข้อกำหนดทดสอบ.... 78
4.11	แสดงการให้บริการของวิธีการจัดคิวแต่ละวิธีแก่แพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญ ในกรณีทดสอบที่ 3: ทดสอบการทำงานของ TMg เมื่อมีข้อมูลมัลติมีเดียในเครือข่าย..... 80
4.12	แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ TMg ที่เป็นเกตเวย์ของมหาวิทยาลัย 82
4.13	แสดงการใช้งาน Bandwidth ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญที่เข้าสู่ SritrangNet 82
4.14	แสดงการใช้งาน Bandwidth ของแพ็กเก็ตแต่ละระดับความสำคัญที่ออกจาก SritrangNet 83
4.15	แสดงปริมาณข้อมูลที่ถูกทิ้งเมื่อคิวเต็มเมื่อกำหนดขนาดคิวเท่ากับ 100 แพ็กเก็ต 83
4.16	แสดงกราฟ MRTG การใช้งาน SritrangNet เมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2547 84
4.17	แสดงกราฟ MRTG การใช้งาน SritrangNet เมื่อวันที่ 29 เมษายน 2549 85
4.18	แสดงเครือข่ายสำหรับทดสอบ TMg ในลักษณะ What if Analysis 86
4.19	แสดงระดับการให้บริการนำส่งแก่Application ต่างระดับความสำคัญ เมื่อใช้วิธีจัดคิวต่างกัน 87
4.20	แสดงปริมาณข้อมูลที่ถูกทิ้งของApplication ต่างระดับความสำคัญ เมื่อใช้วิธีจัดคิวต่างกัน 87