บทที่ 3
การทดลองและวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของทราฟฟิกไอพี

บทนี้นำเสนอการทดลองและการวิเคราะห์ลักษณะความไม่แน่นอนของทราฟฟิกไอพี โดยได้ทำการเก็บข้อมูลทราฟฟิกจากโครงข่ายของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีโดยใช้ซอฟแวร์ Simple Network Management Protocol (SNMP) และได้วิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของทราฟฟิกในช่วงเวลาต่างๆ เนื้อหาในบทนี้แบ่งเป็นหัวข้อย่อยดังนี้ หัวข้อ 3.1 กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายของทราฟฟิกไอพี หัวข้อ 3.2 อธิบายโครงสร้างของโครงข่ายและการออกแบบการทดลอง หัวข้อ 3.3 เป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะการกระจายของทราฟฟิก และ หัวข้อ 3.4 สรุปผลการทดลอง

3.1 ความสำคัญและที่มาของการวิเคราะห์ลักษณะความไม่แน่นอนของทราฟฟิกไอพี

ความเข้าใจในลักษณะความไม่แน่นอนของทราฟฟิกไอพีเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่งในการจัดการทรัพยากรโครงข่ายเพื่อให้มีการใช้งานทรัพยากรโครงข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการประยุกต์ใช้งานสื่อสารข้อมูลประเภทต่าง ๆ ที่ส่งผ่านโครงข่าย IP จะมีความต้องการระดับของคุณภาพการบริการและการรับประกันที่แตกต่างกัน ผู้ให้บริการโครงข่ายจึงจำเป็นต้องจัดการทรัพยากรโครงข่ายเพื่อที่จะสามารถรองรับความต้องการของทราฟฟิกและสามารถใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์หรือความจุช่องสัญญาณที่มีอย่างจำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ

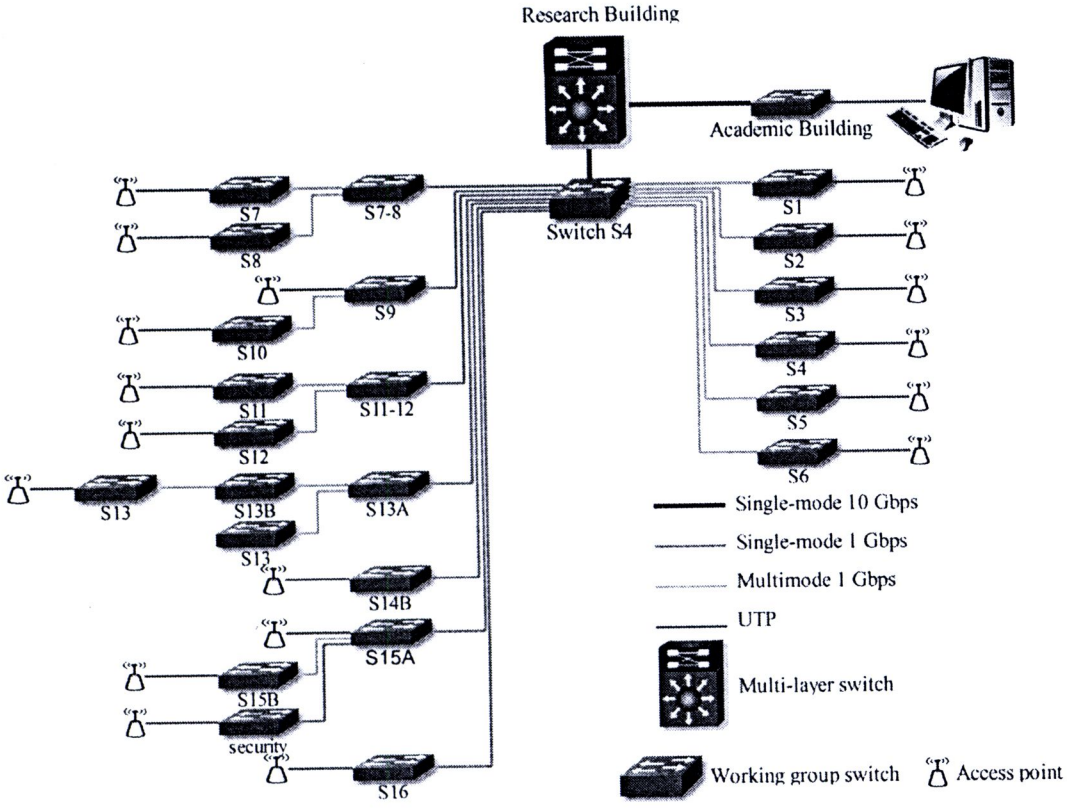
งานวิจัยที่ผ่านมาที่ได้ให้ความสนใจในการศึกษาลักษณะของทราฟฟิก IP เช่น งานวิจัย [17] ได้นำเสนอการดำเนินงานของระบบการดูแลทราฟฟิกในโครงข่ายโดยใช้วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของคุณลักษณะการกระจายของทราฟฟิก งานวิจัย [18] ได้ศึกษาแบบจำลองทราฟฟิกของอินเตอร์เน็ต และงานวิจัย [19] ได้นำเสนอการวิเคราะห์อินเตอร์เน็ตในเชิงมิติของพื้นที่และมิติของเวลา ซึ่งได้วิเคราะห์ระดับการไหลของทราฟฟิกร่วมด้วย ส่วนงานวิจัย [20] ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทราฟฟิกในโครงข่ายที่ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของทราฟฟิกในโครงข่าย, ลักษณะของผู้ใช้โครงข่ายและการประยุกต์ใช้งานโครงข่าย ส่วนงานวิจัย [21] เป็นการรายงานการเจริญเติบโตของทราฟฟิกทางอินเทอร์เน็ตและความจุของแบนด์วิดธ์ของสามผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตรายใหญ่ในประเทศไทย

การทดลองและการวิเคราะห์ที่นำเสนอในบทนี้ต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ กล่าวคือ เป็นการเน้นการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะคุณลักษณะของทราฟฟิกที่เกิดจากการรวมตัวของทราฟฟิกย่อยๆ ในช่วงเวลาต่างๆ ภายในโครงข่ายของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2 โครงสร้างของโครงข่ายมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและการออกแบบการทดลอง

โครงข่ายที่ใช้สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้ เป็นโครงข่ายภายในของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นโครงข่ายภายในมหาวิทยาลัยที่มีการเชื่อมต่อกับโครงข่ายภายนอกโดยมีไฟล์วอลล์ (Firewall) เป็นตัวกลางระหว่างโครงข่ายภายในและโครงข่ายภายนอก เพื่อให้มีความปลอดภัยระหว่างโครงข่าย ไฟล์วอลล์จะเชื่อมต่ออยู่กับสวิตซ์หลัก (Multilayer Switch) ของโครงข่ายภายในโดยใช้สายใยแก้วนำแสงที่มีอัตราการรับส่งข้อมูล 10 Gbps แล้วกระจายไปยังสวิตซ์ตามอาคารต่าง ๆ ผ่านสายใยแก้วนำแสงที่มีอัตราการรับส่งข้อมูล 10 Gbps แล้วส่งต่อไปยังสวิตซ์ย่อยของหน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ ผ่านสายใยแก้วนำแสงที่มีอัตราการรับส่งข้อมูล 1 Gbps และจะกระจายไปยังตัวกระจายสัญญาณ (Access Point) ที่เป็นโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (WLAN) โดยใช้สาย UTP ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูล 1 Gbps โดยผู้วิจัยทำการเลือกวิเคราะห์คุณลักษณะทราฟฟิกของโครงข่ายหอพักภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งโครงข่ายหอพักภายในมหาวิทยาลัยนี้มีการใช้งานปริมาณทราฟฟิกถึงร้อยละ 80 ของปริมาณทราฟฟิกทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัย

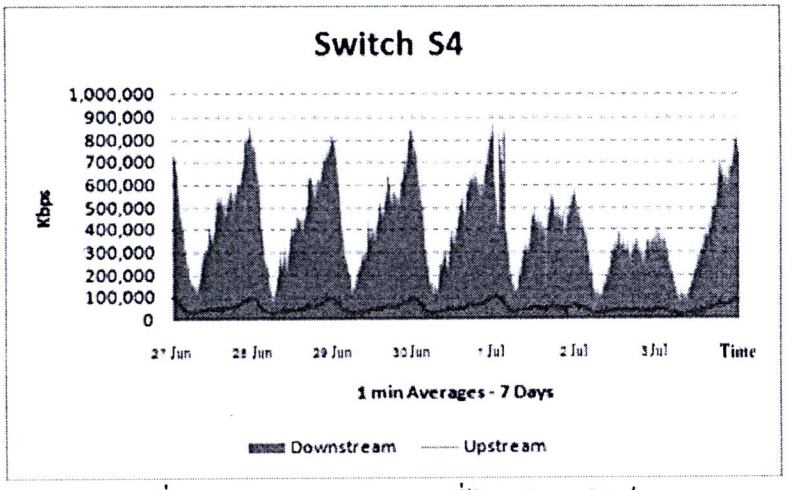
ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของทราฟฟิกของงานวิจัยนี้ จะดำเนินการโดยใช้โปรแกรมมอนิเตอร์ทราฟฟิกในการตรวจจับปริมาณทราฟฟิกเพื่อที่จะบันทึกข้อมูลของทราฟฟิกที่จะนำมาวิเคราะห์ โปรแกรมมอนิเตอร์ทราฟฟิกนั้นจะทำงานในส่วน Application Layer ของ Open System Interconnection Reference Model (OSI) ซึ่งจะมีโปรโตคอลที่ใช้ดำเนินการคือโปรโตคอล Simple Network Management Protocol (SNMP) แต่สำหรับบางโปรแกรมอาจจะมีการใช้งานโปรโตคอลอื่น ๆ มาช่วยในการมอนิเตอร์ทราฟฟิก และในงานวิจัยนี้จะดำเนินการโดยใช้โปรแกรม PRTG Traffic Grapher สำหรับการเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณการใช้งานทราฟฟิก ซึ่งสามารถศึกษารายละเอียดของโปรแกรมได้จาก http://www.paessler.com/prtg [22]



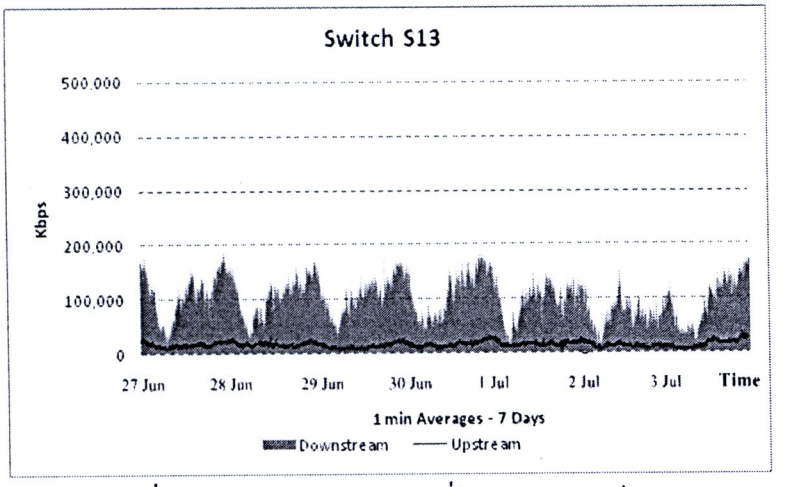
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของโครงข่ายภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้งานทราฟฟิกในช่วงระยะเวลา 1 เดือน โดยเก็บข้อมูลทั้งสวิตซ์หลักและสวิตซ์ย่อย ซึ่งเนื้อหาในบทนี้แสดงตัวอย่างข้อมูลของสวิตซ์หลัก (Switch S4) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ สวิตย์ย่อย (Switch S13) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งทั้งสองตัวอย่างแสดงการใช้งานปริมาณทราฟฟิกในช่วง 7 วัน (1 สัปดาห์) โดยเป็นทราฟฟิกที่ถูกเก็บบันทึกข้อมูลไว้ทุกๆ 1 นาที จะสังเกตได้ว่าปริมาณของทราฟฟิกในสวิตซ์หลักมีมากกว่าปริมาณของทราฟฟิกในสวิตซ์ย่อยอย่างชัดเจน และในรูปที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณทราฟฟิกที่ใช้งานในแต่ละวันสำหรับแต่ละสัปดาห์ โดยแสดงตัวอย่างของวันพฤหัสบดีที่เป็นวันสำหรับการทำงานและวันอาทิตย์ที่เป็นวันหยุด จะเห็นว่าปริมาณทราฟฟิกที่ขนส่งผ่านโครงข่ายในแต่ละวันสำหรับแต่ละสัปดาห์มีปริมาณของทราฟฟิกในลักษณะที่มีทิศทางเดียวกัน โดยในวันทำงานจะมีการใช้งานการขนส่งข้อมูลที่มีปริมาณทราฟฟิกมากกว่าในวันหยุด ซึ่งในการวิเคราะห์คุณลักษณะของทราฟฟิกนี้ได้วิเคราะห์ความสมมาตรและมีการตัดข้อมูลนอกกลุ่ม (Outlier) และจะพิจารณาลักษณะของ Histogram ของชุดข้อมูลโดยใช้โปรแกรม EasyFit ซึ่งสามารถศึกษารายละเอียดของโปรแกรมได้จาก http://www.mathwave.com/ [23]

การวิเคราะห์คุณลักษณะการกระจายตัวของทราฟฟิกได้แบ่งวิเคราะห์ข้อมูลในสองช่วงเวลาคือ ในชั่วโมงเร่งด่วน หรือชั่วโมงที่มีการใช้ทราฟฟิกมากที่สุด (Peak-load) และชั่วโมงที่มีการใช้ทราฟฟิกน้อยที่สุด (Light-load) โดยได้มีการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบสามวิธี ได้แก่ การทดสอบแบบ Kolmogorov Smirnov, การทดสอบแบบ Anderson Darling และการทดสอบแบบ Chi-Squared และได้ทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของคุณลักษณะการกระจายของทราฟฟิกด้วย P-P Plot ซึ่งจะได้นำเสนอในหัวข้อต่อไป

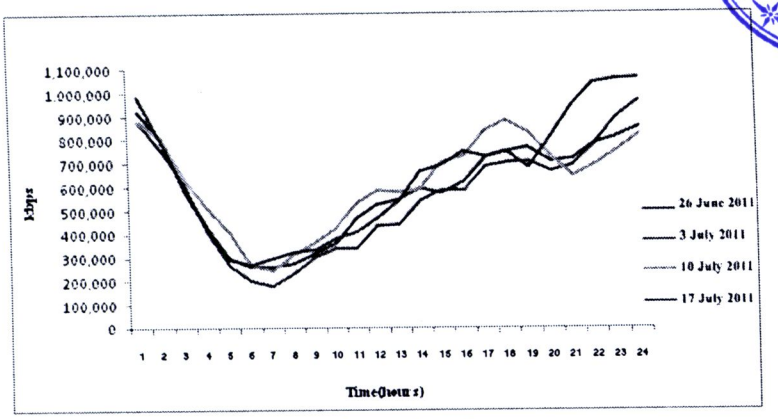


รูปที่ 3.2 ปริมาณของทราฟฟิกที่ไหลผ่านสวิตซ์ S4

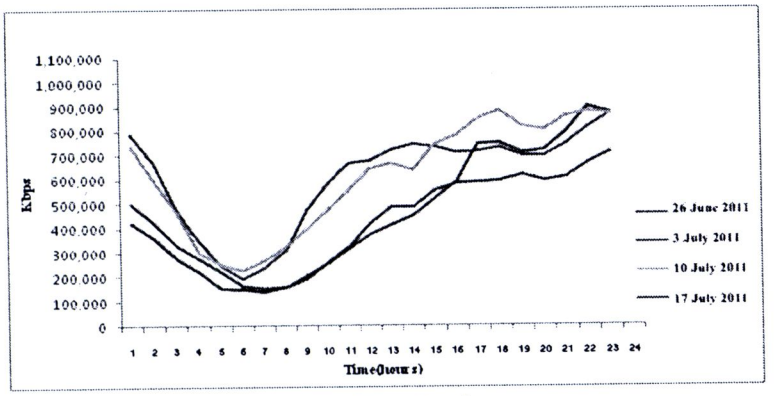


รูปที่ 3.3 ปริมาณของทราฟฟิกที่ไหลผ่านสวิตซ์ S13

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



(ก) วันพฤหัสบดี



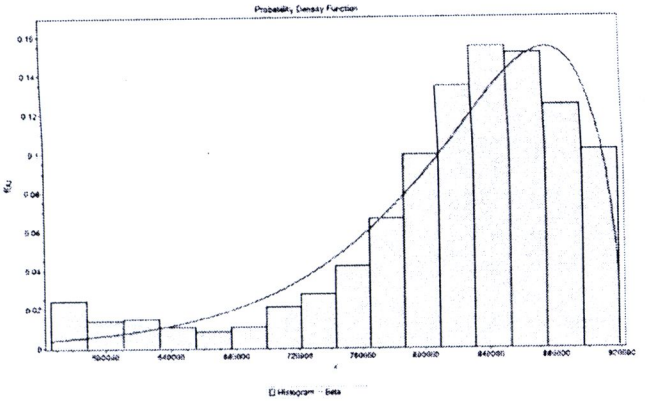
(ข) วันอาทิตย์

รูปที่ 3.4 การเปรียบเทียบการใช้งานทราฟฟิกที่ Switch S4

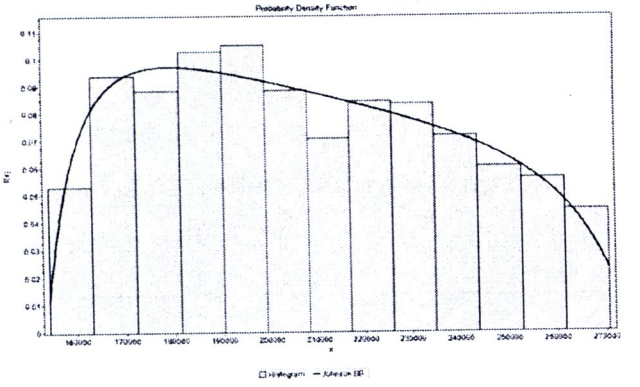
3.3 การวิเคราะห์คุณลักษณะการกระจายของทราฟฟิก

ในการวิเคราะห์คุณลักษณะการกระจายของทราฟฟิกในงานวิจัยนี้ ได้นำข้อมูลปริมาณทราฟฟิกที่วัดได้จากโปรแกรมมอนิเตอร์ทราฟฟิกมาทำการวิเคราะห์สำหรับชั่วโมง Peak-load และชั่วโมง Light-load โดยจะคัดเลือกข้อมูลนอกกลุ่มออก (Outlier) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความสมมาตรด้วยกราฟ Histogram โดยรูปที่ 3.5 เป็นกราฟ Histogram ในช่วง Peak-load ของ Switch S4 (สวิตซ์หลัก) และ รูปที่ 3.6 เป็นกราฟ Histogram ในช่วง Light-load ของ Switch S4 ส่วนรูปที่ 3.7 เป็นกราฟ Histogram ในช่วง Peak-load ของ Switch S13 (สวิตซ์ย่อย) และ รูปที่ 3.8 เป็นกราฟ Histogram ในช่วง Light-load ของ Switch S13 จะเห็นได้จากกราฟ Histogram ว่า การกระจายของข้อมูลในช่วง Peak-load มีลักษณะการกระจายตัวเบ้ไปทางขวาและการกระจายของข้อมูลในช่วง Light-load มีลักษณะการกระจายตัวที่สมมาตรมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามลักษณะการกระจายตัวของทราฟฟิกก็ไม่เป็นแบบปกติ ที่เรียกว่า Normal distribution

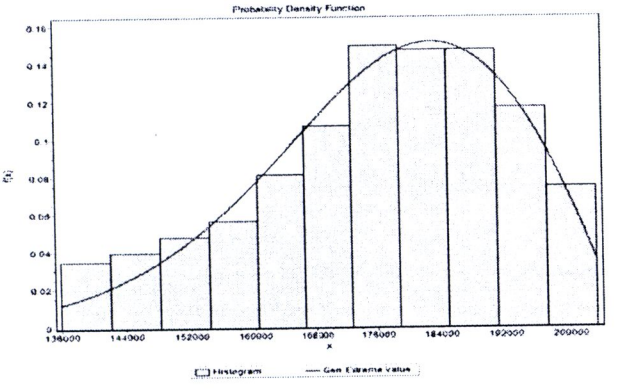
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 2 1 พ.ย. 2555
เลขทะเบียน 191037
เลขเรียกหนังสือ



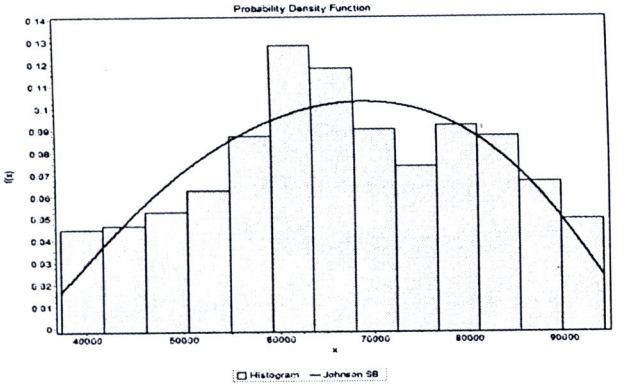
รูปที่ 3.5 Histogram ของทราฟฟิกในช่วงเวลา peak-load ของ Switch S4



รูปที่ 3.6 Histogram ของทราฟฟิกในช่วงเวลา light-load ของ Switch S4



รูปที่ 3.7 Histogram ของทราฟฟิกในช่วงเวลา peak-load ของ Switch S13



รูปที่ 3.8 Histogram ของทราฟฟิกในช่วงเวลา light-load ของ Switch S13

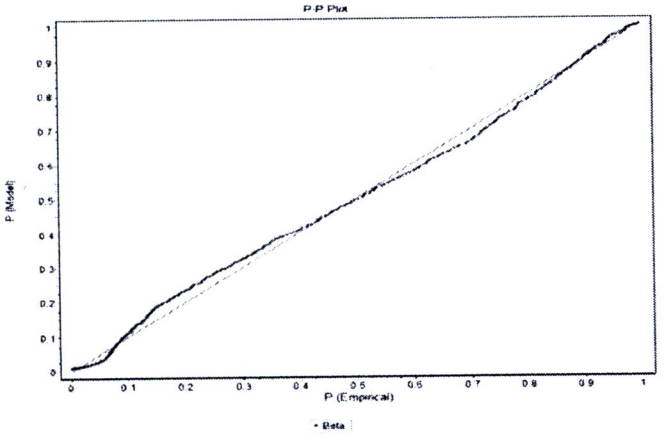
เนื่องจากข้อมูลของทราฟฟิกไม่ได้มีการกระจายแบบปกติ (Normal distribution) จึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Easy Fit เพื่อจัดอันดับคุณลักษณะการกระจายด้วยการทดสอบแบบ Kolmogorov Smirnov, การทดสอบแบบ Anderson Darling และการทดสอบแบบ Chi-Squared

จากการทดสอบนี้พบว่าทราฟฟิกมีคุณลักษณะการกระจายดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งคุณลักษณะการกระจายต่าง ๆ สามารถศึกษาได้จาก [24] และจากผลการทดลองจะเห็นว่า Switch S4 ในช่วงเวลา Peak-load จะมีคุณลักษณะการกระจายแบบเบต้า (Beta Distribution) ส่วนในช่วงเวลา Light-load จะมีคุณลักษณะการกระจายแบบจอห์นสันเอสบี (Johnson SB Distribution) สำหรับ Switch S13 ในช่วงเวลา Peak-load จะมีคุณลักษณะการกระจายแบบเจนเอกซะทรีม (Gen. Extreme Value Distribution) และ Switch S13 ในช่วงเวลา Light-load จะมีคุณลักษณะการกระจายแบบจอห์นสันเอสบี โดยที่ค่าพารามิเตอร์สำหรับการกระจายต่าง ๆ ของทราฟฟิกได้แสดงในตารางที่ 3.1

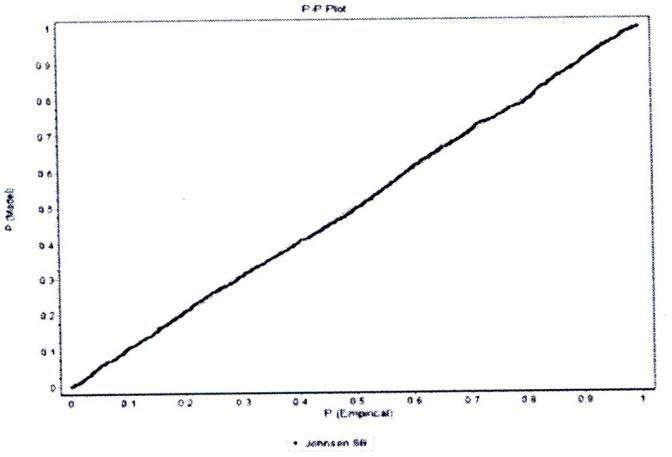
ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับคุณลักษณะการกระจาย

Switch	Distribution	Parameters	
S4 peak-load	Beta	$a_1 = 36.612$ $a = -1.4285 \times 10^6$	$a_2 = 1.6628$ $b = 9.2046 \times 10^5$
S4 light-load	Johnson SB	$\gamma = 0.21722$ $\lambda = 1.2320 \times 10^5$	$\delta = 0.74927$ $\xi = 1.5313 \times 10^5$
S13 peak-load	Gen. Extreme Value	$k = -0.52069$ $\mu = 1.7224 \times 10^5$	$\sigma = 17618.0$
S13 light-load	Johnson SB	$\gamma = -0.1054$ $\lambda = 69493.0$	$\delta = 1.0219$ $\xi = 30793.0$

เมื่อวิเคราะห์คุณลักษณะการกระจายจากการทดสอบ Kolmogorov Smirnov, การทดสอบแบบ Anderson Darling และการทดสอบแบบ Chi-Squared แล้วทำให้ลักษณะการกระจายของทราฟฟิก และจากนั้นได้นำลักษณะการกระจายของทราฟฟิกดังกล่าวมาวิเคราะห์ตรวจสอบความถูกต้องด้วย P-P Plot ดังแสดงในรูปที่ 3.9-3.10 ซึ่งเป็นกราฟแสดงค่าความน่าจะเป็นของการกระจายของข้อมูลทราฟฟิกเทียบกับการกระจายที่ได้จากการวิเคราะห์ จากกราฟจะเห็นว่าได้แนวเส้นเป็นเส้นตรงเฉียง 45 องศา ซึ่งแสดงว่าลักษณะการกระจายที่วิเคราะห์ได้คือการกระจายแบบเบต้า และจอห์นสันเอสบี มีลักษณะที่ตรงกับการกระจายของข้อมูลทราฟฟิกที่ตรวจจับมาได้



รูปที่ 3.9 P-P Plot ในช่วง Peak-load ของ Switch S4



รูปที่ 3.10 P-P Plot ในช่วง Light-load ของ Switch S4

3.4 สรุป

เนื้อหาในบทนี้ได้แสดงการวิเคราะห์ลักษณะความไม่แน่นอนของทราฟฟิกไอพี โดยได้ทำการเก็บข้อมูลทราฟฟิกจากโครงข่ายของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากการวิเคราะห์ลักษณะของทราฟฟิกในชั่วโมงเร่งด่วน หรือชั่วโมงที่มีการใช้ทราฟฟิกมากที่สุด (Peak-load) และชั่วโมงที่มีการใช้ทราฟฟิกน้อยที่สุด (Light-load) โดยได้ใช้วิธีทดสอบการกระจายของข้อมูลสามวิธี ได้แก่ การทดสอบแบบ Kolmogorov Smirnov, การทดสอบแบบ Anderson Darling และการทดสอบแบบ Chi-Squared พบว่าทราฟฟิกไอพีนั้นมีความไม่แน่นอนสูง และมีลักษณะการกระจายของข้อมูลที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งลักษณะการกระจายของข้อมูลนั้นไม่ได้เป็นแบบปกติ (Normal distribution) อย่างที่ในงานวิจัยส่วนมากใช้เป็นสมมุติฐานของลักษณะทราฟฟิกที่ใช้ในการวางแผนโครงข่าย

ในบทต่อได้จะได้นำเสนอการพัฒนาสมการคณิตศาสตร์สำหรับการวางแผนโครงข่าย IP over WDM ที่มีการพิจารณาความไม่แน่นอนของทราฟฟิก และจะได้ยกตัวอย่างการวางแผนโครงข่าย IP over WDM โดยใช้ลักษณะการกระจายของทราฟฟิกไอพีตามผลที่ได้จากวิเคราะห์ในบทนี้