บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาประสิทธิภาพของเครือข่าย IPv6, IPv4 และ Dual Stacks ที่เปิดใช้งานการประกันคุณภาพการให้บริการ

A Study on Performance of IPv4, IPv6 and Dual-Stacks Networks with QoS Enabled

กายรัฐ เจริญราษฎร์* และภาคภูมิ แก้วอำไพ

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

Kairat Jaroenrat* and Pakpoom keawampai

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen,

Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

บทคัดย่อ

ในอนาคตอันใกล้สิ่งสำคัญที่ผู้คนที่ใช้งานระบบเครือข่ายและเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะต้องให้ความสำคัญก็คือการเปลี่ยนถ่ายจาก IPv4 ไปสู่ IPv6 และเรื่องการประกันคุณภาพการให้บริการในระบบเครือข่าย (QoS) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่าย IPv6, IPv4 และ Dual Stacks ทั้งแบบที่เปิดใช้และไม่เปิดใช้งาน QoS โดยทดสอบหาค่าประสิทธิภาพในด้านของความเร็วในการรับส่ง (delay) อัตราการสูญหายของข้อมูล (packet loss) และอัตราส่งข้อมูล (throughput) โดยผลการทดลองที่ได้พบว่าเครือข่าย IPv6 มีเสถียรภาพสูงกว่าเครือข่าย IPv4 และ Dual Stacks เนื่องจากเกิด packet loss น้อยที่สุด ซึ่งน้อยกว่า IPv4 0.5 % และน้อยกว่า Dual Stack 1 % จึงสามารถสรุปได้ว่าในการปรับเปลี่ยนเครือข่ายจาก IPv4 ไปเป็น IPv6 นั้นจะทำให้เครือข่ายมีเสถียรภาพสูงขึ้น ในขณะที่ได้ throughput ของเครือข่ายเท่าเดิม และมี delay เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้การทำ QoS ที่เหมาะสมให้กับเครือข่ายจะสามารถลดอัตราการเกิด packet loss ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเพิ่มอัตราการส่งข้อมูล (throughput) อย่างเห็นได้ชัดเจน ในสถานการณ์ที่เครือข่ายมี background traffic ได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

คำสำคัญ : IPv6; IPv4; Dual Stacks; QoS

Abstract

Transitioning from IPv4 to IPv6 and enabling Quality of Services (QoS) on a network are becoming more important issues in the near future. In this paper we study the performance of the IPv6, IPv4 and Dual Stack networks with and without QoS-enabled by comparing data loss

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** kairat.j@ku.ac.th

rate, transmission delay, and throughput. From our study, we found that the IPv6 network is more stable over both IPv4 and Dual Stack network because the packet loss is less than the IPv4 network 0.5 % and less than Dual STack network 1 %. For this reason, it can be concluded that transitioning from IPv4 to IPv6 will improve on network stability with the same throughput and the little increase of the transmission delay. In addition, enabling QoS on a network with background traffic will reduce the packet loss and increase the throughput significantly.

Keywords: IPv6; IPv4; Dual Stacks; QoS

1. บทนำ

เครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นมีบทบาทต่อชีวิตคนในปัจจุบันเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นบุคคลทั่วไป หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน บริษัทขนาดใหญ่ วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อย มหาวิทยาลัย โรงเรียน และองค์กรชุมชน ต่างก็ต้องการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และพฤติกรรมการใช้งานอินเทอร์เน็ตที่หลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการในการใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพิ่มมากขึ้น [1] โดยในการเข้าใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นจำเป็นจะต้องมีที่อยู่ในการติดต่อที่เรียกกว่าหมายเลขอินเทอร์เน็ตโพรโตคอล (IP address) ซึ่งในปัจจุบันใช้เป็น version 4 หรือ IPv4 นั่นเอง และเนื่องจากการเติบโตของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้จำนวนหมายเลขอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลมีแนวโน้มที่จะหมดไปในอนาคตอันใกล้ จึงได้มีอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6 (IPv6) [2] เข้ามาทดแทน

อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการใช้งานเครือข่ายของแต่ละองค์กรที่มีความต้องการแตกต่างกันออกไป คือ ความต้องการจัดการกับแพ็กเก็ตข้อมูล (data packet) ในการประมวลผล และส่งต่อข้อมูลที่ตอบสนองในเชิงคุณภาพ การให้บริการที่เหมาะสมกับองค์กรนั้น ๆ ซึ่งการรับประกันคุณภาพการให้บริการนี้เรียกว่า Quality of Service (QoS) [3]

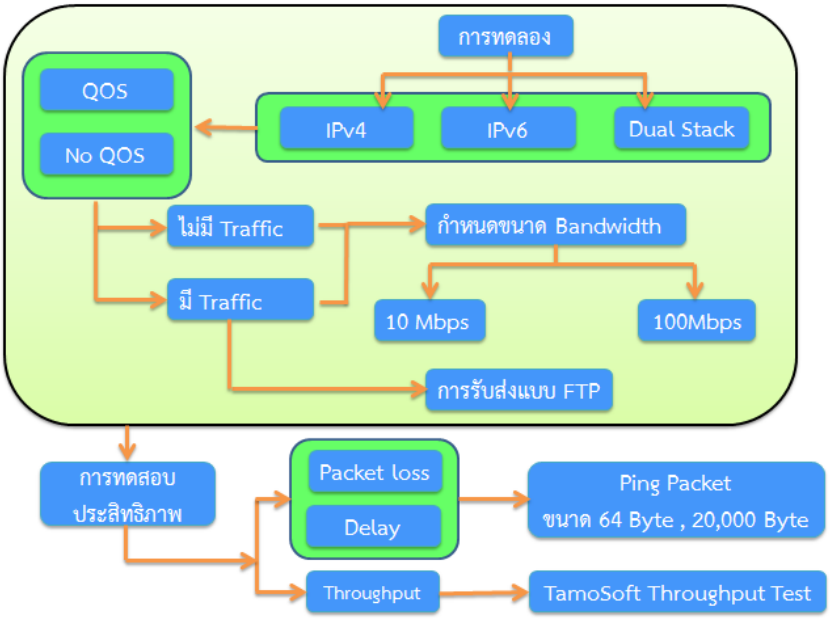
เพื่อเตรียมตัวรองรับการปรับเปลี่ยนระบบเครือข่ายจาก IPv4 ไปสู่ IPv6 ในอนาคตอันใกล้ จึงจำเป็นต้องศึกษาการให้บริการเครือข่ายแบบ QoS ทั้งในเครือข่าย IPv4 เครือข่าย IPv6 และเครือข่าย Dual stack ซึ่ง Dual Stacks เป็นการใช้งานเครือข่ายที่เป็น IPv4 และ IPv6 Stack ควบคู่กันไปภายในอุปกรณ์ตัวเดียวกัน [4] กล่าวคือ เมื่อโหนดใด ๆ ได้รับ IPv6 Packet โหนดนั้นจะเลือก IPv6 Stack มาจัดการกับแพ็กเก็ต (โดยจะมีการตรวจสอบ Protocol version จากส่วนหัวของแพ็กเก็ต) และในขณะเดียวกันโหนดนั้นก็ยังสามารถติดต่อกับเครือข่าย IPv4 (ผ่าน IPv4 stack) ได้เหมือนเดิมโดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงอะไร ซึ่งโหนดที่มีการทำงานเป็น Dual Stacks นี้จะต้องมี IP address สองหมายเลข คือ IPv4 address และ IPv6 address จึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายในด้านต่าง ๆ อาทิ งานวิจัยของกมลรัตน์ [5] ที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครือข่ายที่มีทำงานควบคู่ระหว่าง IPv4 และ IPv6 ด้วยวิธีการแบบ Tunnel และ Dual Stacks ซึ่งผลการทดสอบพบว่าวิธีแบบ Dual Stacks จะมีลักษณะการทำงานที่รวดเร็วกว่าด้วยเวลาเฉลี่ยที่น้อยกว่า ต่อมาเทียนชัย และคณะ [6] ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการส่งข้อมูล Multimedia บนระบบเครือข่าย IPv4, IPv6 และ Dual Stacks โดยผลการทดสอบในสถานการณ์ที่มี

Background traffic (อัตราการใช้งานในเครือข่าย) พบว่าเครือข่าย IPv6 จะมีประสิทธิภาพดีกว่าเครือข่าย IPv4 แต่ในสถานการณ์ที่ไม่มี Background traffic พบว่าในเครือข่าย IPv4 จะมีประสิทธิภาพดีกว่าเครือข่าย IPv6 และยังพบว่าระบบเครือข่าย IPv6 มีประสิทธิภาพดีกว่าระบบเครือข่ายแบบ Dual Stacks อยู่เล็กน้อย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิจัยที่ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานเครือข่าย IPv6, IPv4 และ Dual Stacks ทั้งแบบที่เปิดใช้งานและไม่เปิดใช้งาน QOS รวมถึงทดสอบการรับส่งข้อมูลรูปแบบต่าง ๆ เช่น การใช้งานบนเครือข่ายที่มีไฟล์ขนาดใหญ่เปิดแชร์ไว้ใช้พร้อมกันกับคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่อง โดยทดสอบหาค่าประสิทธิภาพในด้านของความเร็วในการรับส่ง (delay) อัตราการสูญหายของข้อมูล (packet loss) อัตราส่งข้อมูล (throughput) ทั้งยังมีการเปรียบเทียบระหว่างเครือข่ายที่ทำ QOS และไม่ทำ QOS ทั้งในเครือข่าย IPv6, IPv4 และ Dual Stacks โดยผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปประกอบการตัดสินใจแก่ผู้ที่สนใจหรือองค์กร ที่จะนำระบบ QOS มาจัดการทรัพยากรในเครือข่าย IPv6 ให้มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการใช้งานภายในองค์กรต่อไป

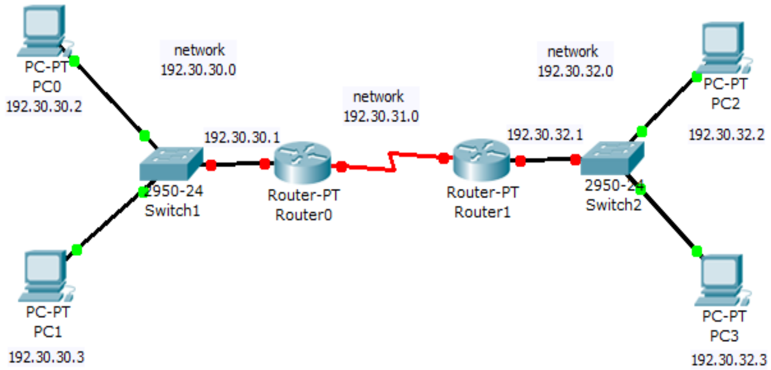
2. วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ทดลองกับเครือข่าย IPv4, IPv6, Dual Stack ด้วย IPv4 packet และ Dual stack ด้วย IPv6 packet ซึ่งการทดลองนี้ถูกทำบนเครือข่ายจริงภายใต้สภาวะต่าง ๆ ได้แก่ การเปิดและไม่เปิดใช้งาน QoS การมีและไม่มี background traffic นอกจากนี้ยังมีการกำหนดแบนด์วิธระหว่างเราเตอร์เป็นสองระดับ คือ 10 และ 100 Mbps เพื่อประเมินผลกระทบของแบนด์วิธต่อประสิทธิภาพของเครือข่าย อีกทั้งยังแปรผันการ ping สองระดับ ด้วย packet ขนาด 64 byte และ 20,000 byte ดังแสดงในรูปที่ 1

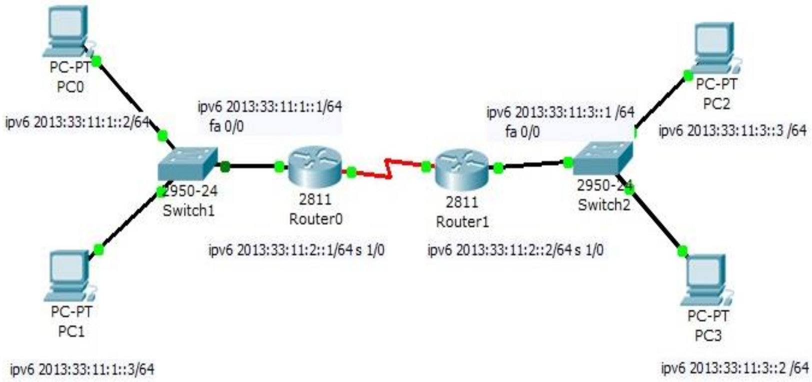


รูปที่ 1 วิธีการทดลอง

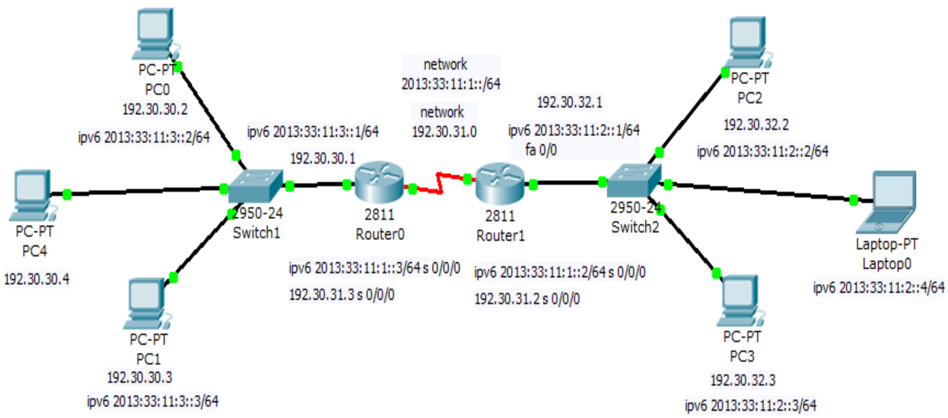
เครือข่ายทั้งสามชนิดที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ IPv4, IPv6 และ Dual Stacks โดยแต่ละเครือข่ายมีการเชื่อมต่อเป็นเครือข่าย LAN สองเครือข่ายด้วยอุปกรณ์สวิตช์ (Cisco Catalyst 2950) และมี WAN link 1 ช่องทาง ระหว่างเราเตอร์สองตัว (Cisco 1941) ที่เชื่อมต่ออยู่กับสวิตช์ของแต่ละ LAN ดังแสดงในรูปที่ 2 ถึง 4



รูปที่ 2 เครือข่าย IPv4 ที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 3 เครือข่าย IPv6 ที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 4 เครือข่าย Dual Stacks ที่ใช้ทดลอง

โดยรูปที่ 2 แสดงถึงการเชื่อมต่อและการตั้งค่าต่าง ๆ ของเครือข่ายในรูปแบบของ IPv4 ส่วนรูปที่ 3 แสดงถึงการเชื่อมต่อและการตั้งค่าต่าง ๆ ของเครือข่ายด้วยรูปแบบของ IPv6 และรูปที่ 4 แสดงถึงการเชื่อมต่อและการตั้งค่าต่าง ๆ ของเครือข่าย Dual Stacks ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีการตั้งค่าทั้งแบบ IPv4 และ IPv6

การเก็บผลการทดลองของแต่ละเครือข่ายจะเก็บผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นเครื่อง Client 2 เครื่อง นอกจากนั้นในเครือข่ายจะมีเครื่องที่ให้บริการเป็นเครื่อง server ที่เปิดเป็น FTP server ทั้ง FTPv4 (FileZilla) และ FTPv6 (FTP Voyager) การทดลองนี้จะทำการเก็บค่าประสิทธิภาพใน 3 ด้าน คือ packer loss, delay และ throughput โดยค่า packet loss และ delay คำนวณได้จากผลการ ping (ซึ่งเป็นการ ping ด้วย packet ขนาด 64 และ 20,000 bytes) ตามสมการ (1) และ (2) ตามลำดับ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่มีและไม่มี background traffic ซึ่งสถานการณ์ที่มี background traffic นั้น จะใช้การรับส่งไฟล์ด้วยบริการ FTP สร้าง traffic เนื่องจากสามารถควบคุมปริมาณข้อมูลได้ง่าย นอกจากนั้นการเก็บผลการทดลองยังจัดเก็บในเครือข่ายที่มีขนาด bandwidth ที่ต่างกันระหว่างเราเตอร์ 2 ตัว คือ bandwidth ขนาด 10 Mbps และ 100 Mbps โดยแต่ละสถานการณ์ยังทดลองเปิดและไม่เปิดใช้งาน QoS โดยการเปิดใช้งาน QoS นั้นจะมีการกำหนดให้ ping packet (protocol ICMP) โดยจะกำหนดค่าความสำคัญ [7] คือ ค่า priority ที่ 80 % และสิทธิ์ในการใช้งาน bandwidth ที่ 60 % ของ bandwidth ทั้งหมด และมีการรับประกันข้อมูลแบบ precedence 2 ซึ่งมีค่าความสำคัญสูงกว่า background traffic (protocol FTP) ที่กำหนดค่าความสำคัญที่น้อยกว่า ping packet (protocol ICMP) คือ priority ที่ 19 % และสิทธิ์ในการใช้งาน bandwidth ที่ 40 % ของ bandwidth ทั้งหมด

$$\text{Packet loss} = \frac{\textbf{Packet Sent} - \textbf{Packet Received}}{\textbf{Packet Sent}} \quad (1)$$

$$\text{Delay} = \sum \frac{Packet\ Delay}{Packet\ Sent} \quad (2)$$

3. ผลการดำเนินการ

การทดลองหาค่า packet loss, delay และ throughput ของเครือข่าย IPv4, IPv6, Dual Stacks ด้วย IPv4 packet และ IPv6 packet เป็นไปดังตาราง ที่ 1 ถึงตารางที่ 6 โดยตารางที่ 1 และ 2 แสดงผลค่า

ตารางที่ 1 ผลค่า packet loss (%) ในสภาวะที่ไม่มี background traffic

Type of network / Bandwidth and QoS	IPv6 network		IPv4 network		Dual stack network			
					IPv6		IPv4	
	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet
10 MB	0.000	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 MB (QOS)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100 MB	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.165	0.165
100 MB (QOS)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Average (No QoS)	0.041		0		0		0.0825	
Average (QoS)	0		0		0		0	

เปอร์เซ็นต์ packet loss ภายใต้สภาวการณ์ที่ไม่มีและมี background traffic และการเปิดใช้งาน QOS และไม่เปิดตามลำดับ ตารางที่ 3 และ 4 แสดงผลค่า delay ในหน่วยเป็น millisecond ภายใต้สภาวการณ์ที่ไม่มีและมี background traffic และการเปิดใช้งาน QOS และไม่เปิดตามลำดับ และตารางที่ 5 และ 6 แสดงผลค่า throughput ในหน่วย megabit per second ภายใต้สภาวการณ์ที่ไม่มีและมี background traffic และการเปิดใช้งาน QOS และไม่เปิดตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลค่า packet loss (%) ในสภาวะที่มี background raffic

Type of network / Bandwidth and QoS	IPv6 network		IPv4 network		Dual stack network			
	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	IPv6		IPv4	
					64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet
10 MB	0.330	3.000	0.000	5.000	0.165	6.165	0.000	8.33
10 MB (QOS)	0.000	0.000	0.000	0.165	0.000	0.330	0.000	0.330
100 MB	0.000	0.165	0.165	0.335	0.000	1.000	0.000	1.500
100 MB (QOS)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.165	0.000	0.335
Average (No QoS)	0.874		1.375		1.833		2.458	
Average (QoS)	0		0.041		0.124		0.166	

ตารางที่ 3 ผลค่า delay (ms) ในสภาวะที่ไม่มี background traffic

Type of network / Bandwidth and QoS	IPv6 network		IPv4 network		Dual stack network			
	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	IPv6		IPv4	
					64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet
10 MB	1.000	40.000	1.000	39.000	1.000	40.330	1.000	39.150
10 MB (QOS)	1.000	40.000	1.000	39.000	1.000	40.000	1.000	39.000
100 MB	0.000	5.000	0.000	5.000	0.000	5.000	0.000	5.000
100 MB (QOS)	0.000	5.330	0.000	5.000	0.000	5.000	0.000	5.000

ตารางที่ 4 ผลค่า delay (ms) ในสภาวะที่มี background traffic

Type of network / Bandwidth and QoS	IPv6 network		IPv4 network		Dual stack network			
	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	IPv6		IPv4	
					64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet
10 MB	80.500	100.335	79.500	98.500	81.150	99.160	80.500	98.83
10 MB (QOS)	30.160	47.830	16.500	48.335	15.830	49.000	15.830	48.150
100 MB	8.165	11.000	8.165	10.835	8.500	8.500	11.33	11.000
100 MB (QOS)	2.330	6.000	1.670	5.665	2.500	6.500	2.330	6.000

ตารางที่ 5 ผลค่า throughput (Mbps) ในสภาวะที่ไม่มี background traffic

Type of network / Bandwidth and QoS	IPv6 network		IPv4 network		Dual stack network			
					IPv6		IPv4	
	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet
10 MB	8.680	8.620	8.150	7.760	8.860	8.770	9.030	8.875
10 MB (QOS)	6.550	6.370	8.760	8.575	8.675	8.640	8.755	8.785
100 MB	87.637	87.660	87.445	88.357	87.855	87.785	87.045	86.880
100 MB (QOS)	84.610	86.010	87.540	88.095	86.835	86.560	88.595	88.845
Average (No QoS)	48.865		47.928		48.3175		47.9575	
Average (QoS)	46.865		48.2425		47.6775		48.745	

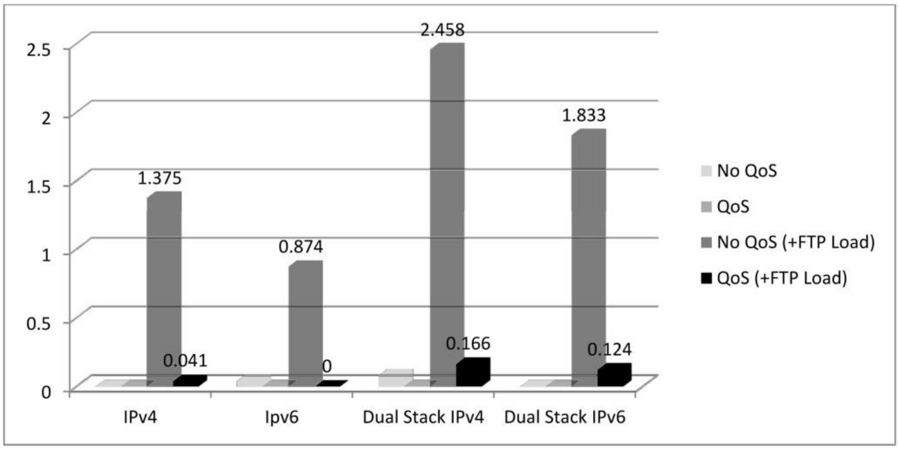
ตารางที่ 6 ผลค่า throughput (Mbps) ในสภาวะที่มี background traffic

Type of network / Bandwidth and QoS	IPv6 network		IPv4 network		Dual stack network			
					IPv6		IPv4	
	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet	64 bytes ping packet	20,000 bytes ping packet
10 MB	2.475	2.550	2.090	2.225	2.280	2.285	2.275	2.350
10 MB (QOS)	6.000	5.880	5.890	6.286	5.700	5.750	5.985	6.130
100 MB	14.880	14.920	19.000	19.900	16.030	15.575	16.750	17.235
100 MB (QOS)	47.520	47.735	47.895	47.390	45.065	44.87	48.605	48.705
Average (No QoS)	8.706		10.804		9.043		9.653	
Average (QoS)	26.826		26.865		25.346		27.356	

4. การเปรียบเทียบผล

4.1 เปรียบเทียบค่า packet loss

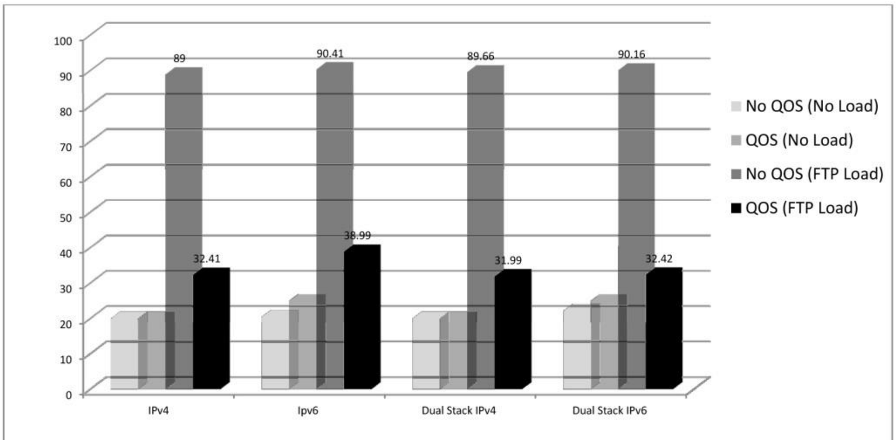
จากผลการทดลองพบว่าในขณะที่เครือข่ายมี FTP load เป็น background traffic นั้น การเกิด packet loss เฉลี่ยจากทั้งเครือข่ายที่มีแบนด์วิธ 10 และ 100 MB และ packet size ทั้งขนาด 64 และ 20,000 ไบต์ ของเครือข่าย dual stack จะมีอัตราการเกิดโดยเฉลี่ยที่สูงที่สุดโดยเกิดใน IPv4 stack 2.458 % และ IPv6 stacks 1.833 % ส่วนเครือข่ายแบบ IPv6 จะให้ค่าเฉลี่ยของ packet loss ที่น้อยที่สุดที่ 0.874 % และ IPv4 ให้ค่ารองลงมาที่ 1.37 5% แต่เมื่อมีการทำ QoS ในแต่ละเครือข่าย จะเห็นว่ามีการเกิด packet loss น้อยลงมาก ที่ค่าเฉลี่ย 0.041, 0, 0.166 และ 0.124 % สำหรับเครือข่าย IPv4, IPv6 และ IPv4 ใน dual stack และ IPv6 ใน Dual Stacks ตามลำดับ ส่วนในขณะที่เครือข่ายที่ไม่มี background traffic อัตราการเกิด packet loss ของทุกเครือข่ายแทบจะไม่เกิดขึ้นเลยโดยไม่ว่าจะทำหรือไม่ทำ QoS ดังแสดงผลการเปรียบเทียบในรูปที่ 5 แสดงค่า packet loss ของเครือข่ายแต่ละชนิดแยกเปรียบเทียบ 4 กรณี คือ (1) เครือข่ายที่ไม่ทำ QoS และไม่มี background traffic (2) เครือข่ายที่ทำ QoS แต่ไม่มี background traffic (3) เครือข่ายที่ไม่ทำ QoS แต่มี background traffic และ (4) เครือข่ายที่ทำ QoS และมี background traffic ตามลำดับ



รูปที่ 5 ค่า packet loss (%) ของเครือข่ายแต่ละชนิด

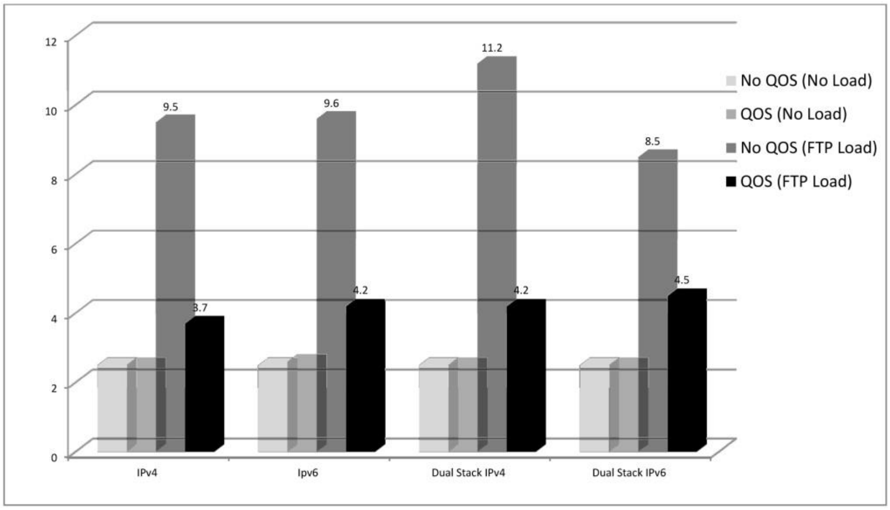
4.2 เปรียบเทียบค่า delay

จากผลการทดลองพบว่าในด้านของ delay กับเครือข่ายแต่ละชนิดที่ bandwidth 10 Mbps พบว่าในสถานการณ์ที่ไม่มี background traffic ของเครือข่ายที่ทั้งทำและไม่ทำ QoS จะมีค่าเฉลี่ยของ delay น้อยและเท่า ๆ กันที่ 20-25 ms. ส่วนในสถานการณ์ที่มี background traffic นั้น พบว่าเครือข่ายที่ไม่ทำ QoS จะมีค่าเฉลี่ย delay สูง และเท่า ๆ กันในทุกเครือข่ายระหว่าง 89-90 ms. แต่เมื่อทดสอบในเครือข่ายที่ทำ QoS ค่า delay จะมีค่าเท่า ๆ กันในทุกเครือข่าย และน้อยกว่าในสถานการณ์ที่ไม่ทำ QoS อย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 32-39 ms. ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่า delay (millisecond) ของเครือข่ายที่มี bandwidth 10 Mbps

ส่วนการทดลองกับเครือข่ายแต่ละชนิดที่ bandwidth 100 Mbps ก็ได้ผลในทางเดียวกัน เพียงแค่ค่า delay ของแต่ละเครือข่ายลดลงเพราะมี bandwidth เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ค่า delay (millisecond) ของเครือข่ายที่มี bandwidth 100 Mbps

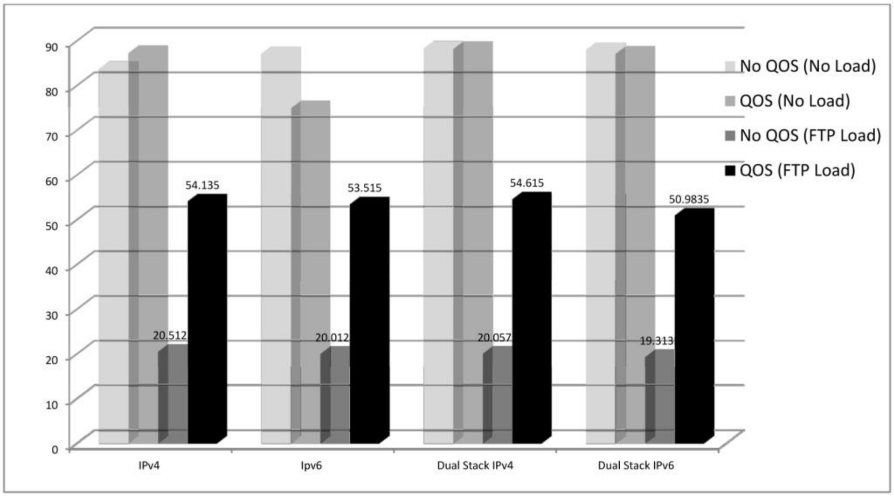
ในภาพรวมพบว่าในทุกกรณีเครือข่าย IPv6 ให้ค่าเฉลี่ยของ delay สูงกว่าเครือข่ายชนิดอื่นเล็กน้อย

4.3 เปรียบเทียบค่า throughput

จากผลการทดลองพบว่าในสถานการณ์ที่ไม่มี background traffic ในเครือข่าย จะมีอัตราการการส่งข้อมูลที่วัดในเทอมของค่าเฉลี่ยอัตราการใช้ช่องสัญญาณ (throughput/bandwidth) เฉลี่ยจากทั้งเครือข่ายที่มีแบนด์วิธ 10 และ 100 MB และ packet size ทั้งขนาด 64 และ 20,000 ไบต์ ของทุกเครือข่ายมีค่าที่สูงและใกล้เคียงกันในช่วง 75-88 % แต่ในสถานการณ์ที่มี background traffic นั้น เครือข่าย IPv4, IPv6 และ Dual Stack ที่ไม่ได้ทำ QoS จะให้ค่า throughput น้อยลงมาก ส่วนในเครือข่ายที่ทำ QoS ค่าเฉลี่ยอัตราการใช้ช่องสัญญาณ (utilization) จะอยู่ในช่วง 50-55 % ซึ่งเป็นเพราะผู้วิจัยตั้งค่า QoS ให้จองช่องทางไว้ที่ 60 % ของ bandwidth (ซึ่งรวม overhead ต่าง ๆ ไปด้วย) ดังแสดงผลเปรียบเทียบในรูปที่ 8

5. สรุป

การทดสอบประสิทธิภาพของเครือข่าย IPv4, IPv6 และ Dual Stack ที่มีการทำและไม่ทำ QOS นั้น พบว่าโดยรวมแล้วเครือข่าย IPv6 มีเสถียรภาพสูงกว่าเครือข่าย IPv4 และ Dual Stacks เนื่องจากเกิด packet loss น้อยที่สุด ซึ่งน้อยกว่า IPv4 0.5 % และน้อยกว่า Dual Stack 1 % จึงสามารถสรุปได้ว่าในการปรับเปลี่ยนเครือข่ายจาก IPv4 ไปเป็น IPv6 นั้นจะทำให้เครือข่ายมีเสถียรภาพสูงขึ้น ในขณะที่ได้ throughput ของเครือข่ายเท่าเดิม และมี delay เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่หากใช้วิธีการทำ Dual Stacks เพื่อให้ใช้ IPv6 ควบคู่ไปกับ IPv4 นั้น จะทำให้เสถียรภาพของเครือข่ายลดลง เพราะเกิด packet loss เพิ่มขึ้น 0.5 %



รูปที่ 8 ค่า utilization (%) ของเครือข่ายแต่ละชนิด

นอกจากนี้การทำ QoS ที่เหมาะสมให้กับเครือข่ายจะสามารถลดอัตราการเกิด packet loss ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะว่า protocol FTP ที่เป็น background traffic อยู่นั้น ถูกจำกัดการใช้งาน bandwidth ที่ 40 % ของ bandwidth จึงทำให้อัตราการใช้งาน bandwidth ของ protocol FTP น้อยลง ในขณะที่มีการสงวน bandwidth ให้ protocol ICMP ส่งผลให้มี bandwidth เพียงพอต่อการใช้งานของ protocol ICMP จึงสามารถลดอัตราการเกิด packet loss และยังสามารถเพิ่มอัตราการส่งข้อมูล (throughput) อย่างเห็นได้ชัดเจน จากภาพการเปรียบเทียบในรูปที่ 6 เนื่องจากมีการจัดสรร bandwidth ให้แต่ละ protocol แต่อัตราการส่งข้อมูลนั้นจะน้อยกว่าตอนที่ไม่มี background เพราะต้องแบ่ง bandwidth ให้ protocol อื่น ๆ ใช้งานด้วย จึงทำให้อัตราการส่งข้อมูล (throughput) จะมีค่าใกล้เคียงกับ bandwidth ที่แบ่งให้ อีกทั้งยังสามารถลดค่า delay ในสถานการณ์ที่เครือข่ายมี background traffic ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่า delay นั้น จะมีค่าแปรผกผันกับ bandwidth เนื่องจากมีการแบ่ง bandwidth ให้ในขณะที่ทำ QOS จึงทำให้ค่า delay ลดลง แต่ค่า delay จะมีค่ามากกว่าในเครือข่ายที่ไม่มี background ดังภาพเปรียบเทียบในรูปที่ 7-8 จากการทดลองพบว่าการทำ QOS ให้กับเครือข่ายจะทำให้ประสิทธิภาพของข้อมูลที่รับเพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพของข้อมูลที่ถูกจำกัดการใช้งาน (protocol FTP) จะมีประสิทธิภาพน้อยลง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และขอขอบคุณ ดร. จักกริช พฤษการ ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ จนส่งผลให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นในทุก ๆ ด้าน และประสบผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. รายการอ้างอิง

[1] ภูษิต รุ่งโรจน์ และเฉลิมพล ชาญศรีภิญโญ, 2550, การวัดปริมาณข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย, งานประชุมวิชาการ

ประจำปี 2550, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย, ปทุมธานี.

[2] ภาสกร ประถมบุตร, พนิตา พงษ์ไพบูลย์, ธีรีสา มัทวพันธุ์, ฉัตรชัย จันทร์อินทร์ และปวีณา ทองแม้น, 2548, ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ IPv6 สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป, โครงการอินเทอร์เน็ตยุคหน้า, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, ปทุมธานี, 32 น.

[3] ธีรภัทร สงวนกชกร, พื้นฐานคุณภาพการบริการในเครือข่ายการสื่อสาร (Quality of Service (QoS) in Telecommunication Networks), แหล่งที่มา : http://thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Quality_of_Service_(QoS)_in_Telecommunication_Networks/index.php, 1 ธันวาคม 2556.

[4] พนิตา พงษ์ไพบูลย์, ฉัตรชัย จันทร์อินทร์, อดิศักดิ์ บุษรานันท์ และเฉลิมพล ชาญศรีภิญโญ, 2548, คุณพร้อมหรือยังสำหรับอินเทอร์เน็ตยุคหน้า, สาร NECTEC 65: 48-57.

[5] กมลรัตน์ จันทรัตน์, 2551, การหาประสิทธิภาพการใช้งานร่วมกันระหว่าง IPv4 และ IPv6 ด้วยวิธีการ Dual Stacks และวิธีการ Tunnel บนเครือข่าย TCP/IP, สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

[6] เทียนชัย เข็มงาม และนวพร วิสิฐพงศ์พันธ์, 2553, การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการส่งข้อมูล Multimedia บนระบบ เครือข่าย IPv4 ระบบเครือข่าย IPv6 และระบบเครือข่าย IPv6 แบบ Dual Stacks, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

[7] Casini, E., van der Zanden, A., Goode, R. and Bertó-Monleón, R., 2011, IP QoS with military precedence level for the NATO information infrastructure, The 2011 Military Communications Conference, Baltimore.