

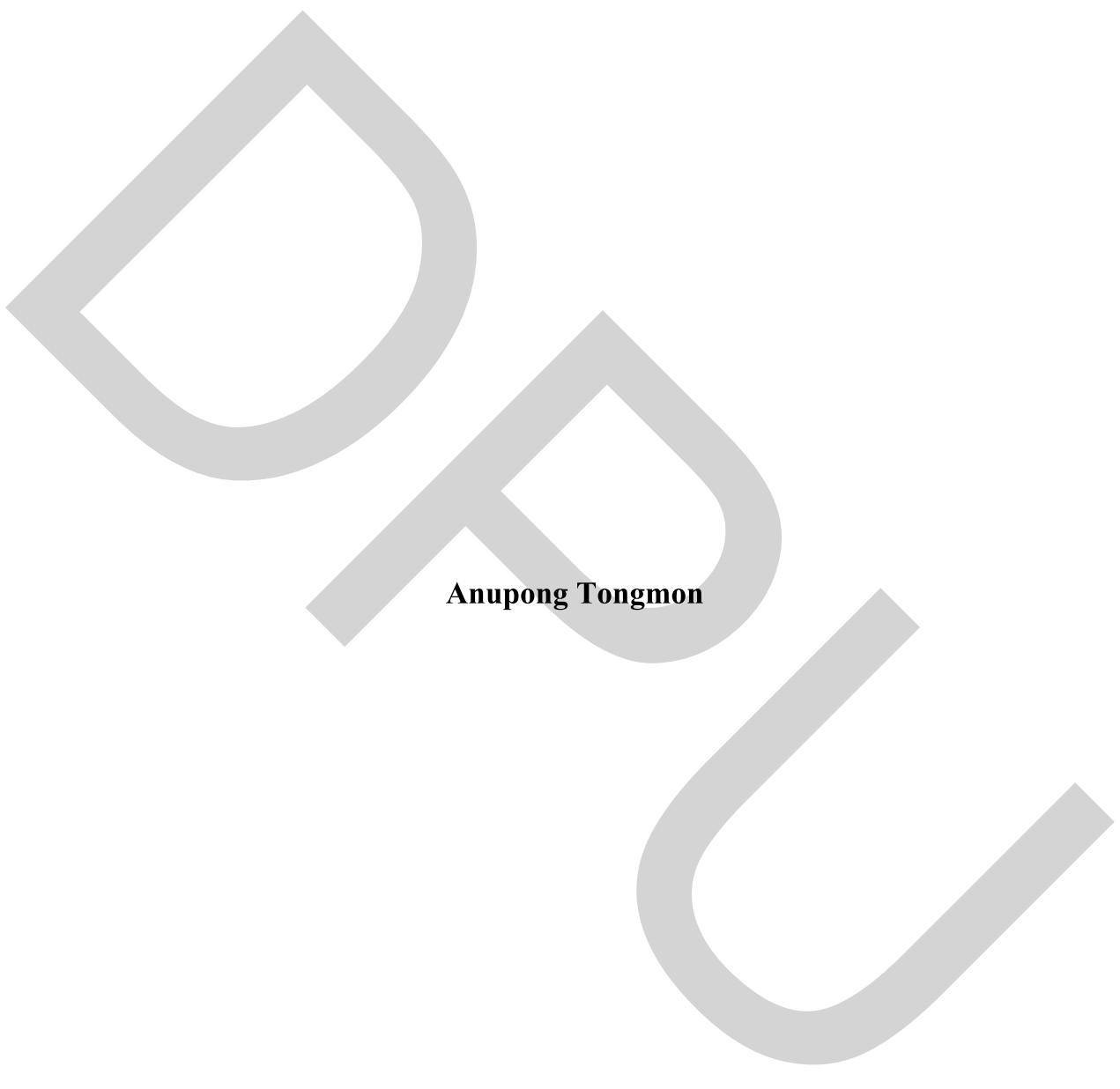
การประเมินคุณภาพของไอพีทีวีแบบหลายช่องทางบนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

อนุพงษ์ ทองมอญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2555

Performance evaluation of multicast IPTV over Government Information Network



Anupong Tongmon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Computer and Telecommunication Engineering

Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

2012

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายเป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภักตะพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำแนะนำให้คำปรึกษา ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ อีกทั้งขอคิดเห็น คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และขอบคุณ อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ ที่ให้ข้อคิดเห็นในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ณรงค์เดช กิริติพรานนท์ และ อาจารย์ ดร.เจนจบ วีระพานิชเจริญกิจ ซึ่งได้ให้คำชี้แนะ แก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ส่วนหนึ่งของความสำเร็จในครั้งนี้ก็มาจากเพื่อนๆ ที่คอยแนะนำ และเป็นกำลังใจ รวมถึงคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาที่จัดทำการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายสุดนี้ประโยชน์และความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเสริมสร้างกำลังใจ ให้ จนการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

อนุพงษ์ ทองมอญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๙
สารบัญตาราง	๙
สารบัญรูป	๑๐
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 IPTV (Internet Protocol Television)	3
2.2 สถาปัตยกรรม IPTV.....	3
2.3 ประวัติความเป็นมาของ H.264.....	8
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
3. ระเบียบวิธีวิจัย	24
3.1 แนวทางการวิจัยและพัฒนา.....	24
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	24
3.3 แผนการดำเนินงาน	24
3.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน	27
4. ผลการศึกษา.....	36
4.1 ผลการวิจัย	36
4.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	67

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	73
5.2 ข้อจำกัดของระบบ.....	74
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	74
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก	79
ประวัติผู้เขียน	88

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแผนการดำเนินงาน	25
3.2 ประเภทของโหนดต่างๆ ในโครงข่าย.....	31
4.1 สรุปผลการวิจัยที่ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i.....	68
4.2 สรุปผลการวิจัยที่ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i.....	70

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทำงานของ IPTV บน SIP ฟังก์ชัน server.....	4
2.2 การทำงานของ IPTV บน SIP ฟังก์ชัน Client.....	5
2.3 IMS IPTV functional architecture for ScaleNet.....	6
2.4 สถาปัตยกรรม IPTV บน IMS	7
2.5 รูปแบบการคาดการณ์ของ GoP	10
2.6 Traffic Model	12
2.7 วิธีการของ PIM DM.....	13
2.8 วิธีการของ PIM SM.....	14
2.9 (a) การทดสอบแบบสภาพแวดล้อมในอาคาร	15
2.9 (b) การทดสอบสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร	15
2.10 (a) ค่าเฉลี่ย Delay สำหรับ 1 Multicast channel	15
2.10 (b) ค่าเฉลี่ย Jitter สำหรับ 1 Multicast channel.....	15
2.11 (a) ค่าเฉลี่ย Packet loss สำหรับ 1 Multicast channel	16
2.11 (b) ค่าเฉลี่ย Bandwidth สำหรับ 1 Multicast channel	16
2.12 การทำงานเบื้องต้นของ NS2	17
2.13 ตัวอย่างการใช้ ns2 เพื่อจำลองระบบ Network Topology	18
2.14 ตัวอย่าง Source Code.....	21
2.15 แสดง GUI ของ Network Topology	21
2.16 ผลการทดสอบระบบโครงข่าย IPTV Video Source	22
2.17 โครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ	23
3.1 Network Topology	27
3.2 ผลการจำลองระบบของบทความ A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources	28
3.3 ผลการทดลองจำลองระบบโครงข่ายด้วย NS2	28
3.4 Verbose Trace File จากวิดีโอ “From Mars to China”	30
3.5 แบบจำลองโครงสร้างโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 รายละเอียดของ Trace File	33
3.7 รูปแบบของ Trace File	33
4.1 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต เกิด ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i.....	37
4.2 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ตเกิด ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i	38
4.3 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต เกิด ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ตเกิด ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i	39
4.4 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ตเกิด ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ตเกิด ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i.....	40
4.5 ค่า Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 2 Mb ของ Video Source ที่ มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i.....	41
4.6 ค่า Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 6 Mb ของ Video Source ที่ มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i.....	42
4.7 ค่า Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i	43
4.8 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ตเกิด ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i	44
4.9 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ตเกิด ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i	45
4.10 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ตเกิด ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ตเกิด ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i.....	47
4.12 ผลของ Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 2 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i.....	48
4.13 ผลของ Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 6 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i.....	49
4.14 ผลของ Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i.....	50
4.15 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb	51
4.16 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb	52
4.17 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของด้านทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับ ข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของ วิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb.....	53
4.18 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วน ปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มี ความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb.....	54
4.19 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb	55
4.20 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb	56
4.21 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วน ปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มี ความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb.....	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb.....	58
4.23 แสดงค่า Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb	59
4.24 แสดงค่า Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb	60
4.25 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb.....	61
4.26 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb.....	62
4.27 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb	63
4.28 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb	64
4.29 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb.....	65
4.30 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb.....	66
4.31 วิดีโอที่สามารถรับชมได้ที่แบนด์วิดท์ 30 Mb	72

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินคุณภาพของไอพีทีวีแบบหลายช่องทางบนโครงข่าย สารสนเทศภาครัฐ
ชื่อผู้เขียน	อนุพงษ์ ทองมอญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ประเมินการใช้งานเทคโนโลยีโทรทัศนผ่านอินเทอร์เน็ตหรือ IPTV บนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ (GIN) โดยศึกษาในกรณีของการประยุกต์ใช้งาน IPTV แบบทันกาล และหลายผู้ใช้งานที่เหมาะสมกับการใช้งานในราชการเช่น การประชุมทางไกลผ่านวิดีโอ เป็นต้น โดยการจำลองจะใช้โปรโตคอลแบบ PIM-DM โดยใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณวิดีโอที่มีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 1080i และ 720i บนโครงข่ายที่มีโหนดอื่นๆขนาดต่างๆและขนาดของบัฟเฟอร์ของเราเตอร์ที่แตกต่างกัน 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 ขนาดของบัฟเฟอร์ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต กรณีที่ 2 ขนาดของบัฟเฟอร์ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต กรณีที่ 3 ขนาดของบัฟเฟอร์ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ตปลายทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต กรณีที่ 4 ขนาดของบัฟเฟอร์ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ตปลายทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต

ผลการวิจัยพบว่าโครงข่าย GIN ยังไม่เหมาะที่จะนำมาให้บริการระบบ IPTV ได้ โดยพบตัวแปรที่สำคัญส่งผลกระทบต่อสมรรถนะคือแบนด์วิดท์และโหนดอื่นๆ ที่ใช้งานอยู่บนโครงข่าย อย่างไรก็ตามขนาดของบัฟเฟอร์และระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดวิดีโอกับโหนดปลายทางมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อสมรรถนะดังกล่าว นอกจากนี้พบว่าสัญญาณวิดีโอที่มีความละเอียด 720i นั้นมีอัตราการสูญหายข้อมูลน้อยกว่าสัญญาณวิดีโอที่มีความละเอียด 1080i อย่างเห็นได้ชัด อนึ่งถ้าต้องการใช้งานระบบ IPTV บนโครงข่าย GIN สำหรับสัญญาณวิดีโอที่มีความละเอียด 720i ได้จะต้องมีการเพิ่มแบนด์วิดท์หลักของการเชื่อมโยงของโครงข่าย GIN ไม่ต่ำกว่า 30 Mbps

Thesis Title	Performance Evaluation of Multicast IPTV over Government Information Network
Author	Anupong Tongmon
Thesis Advisor	Chiyaporn Khemapatapan, Ph.D
Degree	Master of Engineering
Major	Computer and Telecommunication Engineering
Academic Year	2011

ABSTRACT

This thesis evaluates the use of Internet Protocol Television or IPTV technology over the government information network (GIN). The studies are based on applying IPTV in real time and multi-user environments such as video conferencing. Thus, PIM-DM protocol is used in the simulation. The video signal with resolution at 1080i and 720i as the video sources are transmitted over network with various background traffics and buffer sizes of router. There are 4 cases of buffer size of router for studying - case 1: every router has buffer size of 600 packets, case 2: every router has buffer size of 1200 packets, case 3: source router has buffer size of 600 packets and destination router has buffer size of 1200 packets, case 4: source router has buffer size of 1200 packets and destination router has buffer size of 600 packets.

The research results found that the GIN network is not suitable for servicing IPTV. The important parameters impacted on the performance are bandwidth and background traffic. However, buffer size and distance between the video source and destination node are slightly impact on the performance. Besides, video signal with resolution of 720i has packet loss rate than video signal with resolution of 1080i. Incidentally, if we want IPTV to be operated over the GIN network for video signal with resolution 720i, the main link bandwidth of GIN network should be upgraded to more than 30 Mbps.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีทางด้านมัลติมีเดีย (Multimedia) ในเวลานี้ของประเทศไทยมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก ได้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านมัลติมีเดียมาใช้งานในหลายรูปแบบและที่จะกล่าวในรูปแบบต่อไปนี้เป็น การนำเทคโนโลยีทางด้านมัลติมีเดียมาใช้งานร่วมกับอินเทอร์เน็ต ที่เรียกว่า IPTV (Internet Protocol Television) เป็นการรับชมโทรทัศน์ผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต โดยในปัจจุบันมีหลายองค์กรของเอกชนของประเทศไทยเริ่มมีการให้บริการ IPTV มากขึ้นเพราะโครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้มีการพัฒนาที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อให้สามารถที่จะรองรับการให้บริการ IPTV ได้ แต่ในทางกลับกันทางองค์กรภาครัฐมีการใช้งานทางด้าน IPTV ไม่แพร่หลายและยังไม่มีทดสอบว่าสามารถใช้งาน IPTV กับโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและทำการวิจัยว่าสามารถให้บริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัญหาของการให้บริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ นั้นยังไม่เป็นที่นิยมหรือจำเป็นมากนักสำหรับภาครัฐในปัจจุบัน จึงยังไม่มี การนำ การให้บริการ IPTV นี้มาใช้งานหรือทดสอบว่าใช้งานได้ดีหรือตรงกับความต้องการของภาครัฐมากนักน้อยเพียงใดและไม่ทราบว่า จะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ในงานวิจัยจึงได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ ทำการจำลองการให้บริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

สิ่งสำคัญ คือ ประเมินคุณภาพของโครงข่ายว่ามีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร เพื่อที่จะได้นำไปเสนอในการใช้งานจริงได้จริงต่อไป อีกทั้งยังสามารถนำไปประกอบการพิจารณาในการเสนอข้องบประมาณในการจะให้ภาครัฐจัดทำบริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ อีกทั้งยังเข้าใจในเรื่อง IPTV และโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ที่จะทำการศึกษาและวิเคราะห์ทำความเข้าใจ อีกทั้งยังทำการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ เพื่อที่จะทำการทดลองการให้บริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ต้องมีการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ องค์ประกอบของต่างๆ ประกอบด้วย ขนาดแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของช่องสัญญาณที่ใช้งาน อัตราการสูญหายของข้อมูล (Packet Loss) อัตราการล่าช้าของข้อมูล (Delay) และอัตราความแปรปรวนของความล่าช้าของข้อมูล (Jitter) เพื่อประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ โดยทำการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ และให้บริการ IPTV แบบ Multicast ส่งข้อมูลไปยัง

ทุกโหนดที่อยู่ในโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ และเก็บผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ อีกทั้งยังทำการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขต่างๆ เพื่อดูผลลัพธ์และวิเคราะห์ต่อไป เงื่อนไขที่ต้องปรับเปลี่ยน ยกตัวอย่าง เช่น ขนาดแบนด์วิดท์ ของช่องสัญญาณที่ใช้งานจะปรับเปลี่ยนไปตามโครงสร้างของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ อีกทั้งยังกำหนด Background Traffic ของโครงข่าย เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการใช้งาน IPTV และทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ
2. เพื่อทำการจำลองการใช้งาน IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ด้วยโปรแกรม Network Simulation 2: NS2
3. เพื่อทำการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐของ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. ทำการจำลอง IPTV บนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ
2. ใช้ Traffic ที่เป็นวิดีโอร่วมกับ background data traffic

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาและวิเคราะห์การใช้งาน IPTV และโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ
2. ทำการจำลองการใช้งาน IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ เพื่อประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ
3. ทำการจำลองโครงข่ายที่ใช้งาน IPTV ด้วย NS2 และสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลการจำลองการใช้งาน IPTV บนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ
2. ได้ทราบถึงคุณภาพของ IPTV ในส่วนของอัตราการสูญหายของข้อมูล (Packet Loss) อัตราการล่าช้าของข้อมูล (Delay) และความแปรปรวนของความล่าช้าของข้อมูล (jitter)
3. ได้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนของการให้บริการ IPTV และได้รู้จักโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ อีกทั้งยังได้มีความชัดเจนในการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ได้ผลลัพธ์เป็นไปตามต้องการ อีกทั้งยังนำไปเสนอเพื่อนำไปประกอบการพิจารณาเพื่อนำไปทดสอบจริงต่อไปในอนาคต

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Internet Protocol Television: IPTV

เทคโนโลยี IPTV เป็นการนำเทคโนโลยีด้านโครงข่ายอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์ใช้งานกับเทคโนโลยีทางการถ่ายทอดผ่านโทรทัศน์ ซึ่งเป็นการแพร่สัญญาณภาพและเสียงผ่านทางโครงข่ายอินเทอร์เน็ต เทคโนโลยี IPTV เป็นมัลติมีเดียชนิดหนึ่ง โดยมีการให้บริการที่น่าสนใจอยู่หลายรายการ ยกตัวอย่างเช่น Video on Demand การรับชมการถ่ายทอดสด และการรับชมย้อนหลัง

Video on Demand เป็นการรับชมรายการแต่ละรายการที่ผู้ใช้บริการสนใจสามารถเข้ารับชมได้ในทันทีโดยการเลือกรายการที่สนใจรับชมนั้น แต่อาจต้องเสียค่าบริการเพิ่มเติม

การรับชมการถ่ายทอดสด เป็นการรับชมรายการที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ ได้อย่างทันทีทันใด และสามารถส่งข้อความตอบโต้หรือแสดงความคิดเห็นผ่านหน้าจอของผู้รับชมได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านโครงข่ายโทรศัพท์หรืออื่นๆใด

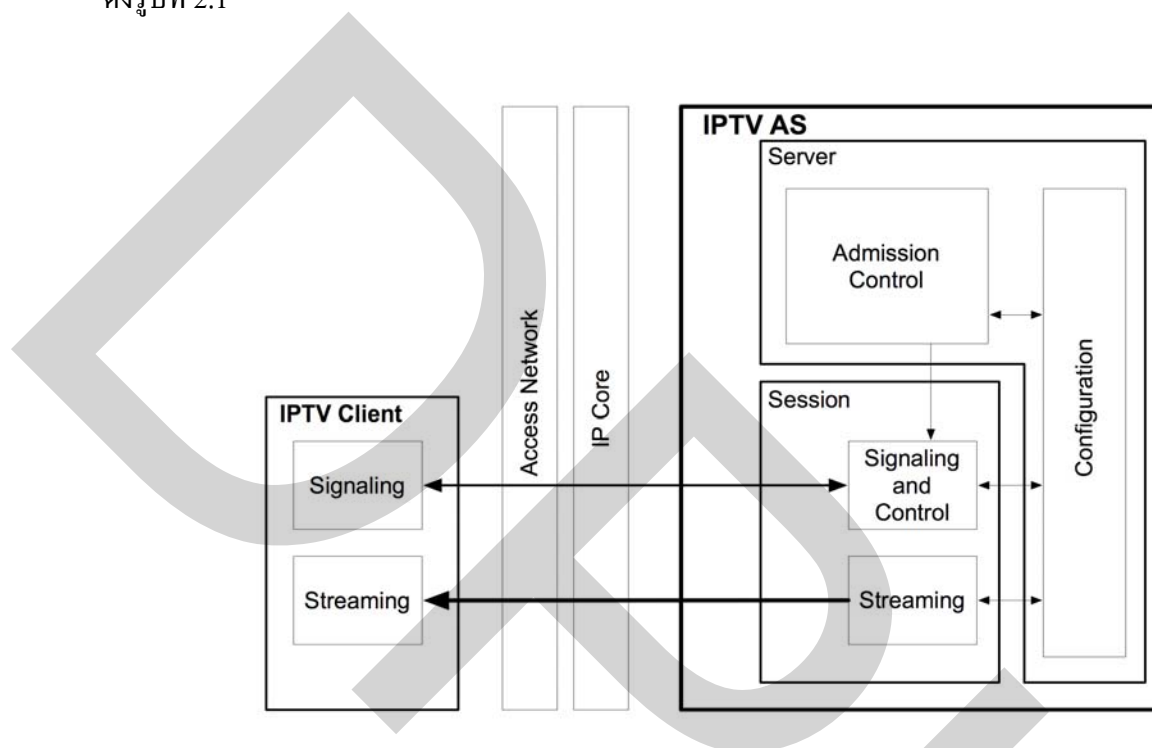
การรับชมย้อนหลัง เป็นการรายการที่ผ่านมาแล้วที่ทางผู้รับชมไม่ได้ติดตามแต่ต้องการที่จะรับชมก็สามารถกลับไปรับชมย้อนหลังได้ตามต้องการ

2.2 สถาปัตยกรรม IPTV

สถาปัตยกรรม IPTV ในปัจจุบันที่มีอยู่นั้นมีการคิดค้นพัฒนาจากหลายๆแห่ง ทั้งในระดับองค์กรและระดับบุคคล โดยมีการนำสถาปัตยกรรมที่คิดค้นขึ้นมาเผยแพร่ให้บุคคลทั่วไปได้รับทราบ แต่ทั้งนี้ยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานของสถาปัตยกรรม IPTV ที่มีรูปแบบที่ชัดเจนและได้รับการยอมรับจากองค์กรที่เกี่ยวข้อง โดยภายในหัวข้อนี้จะยกตัวอย่างสถาปัตยกรรมบางตัวที่มีการใช้งานแพร่หลายเพื่อให้ทราบถึงสถาปัตยกรรม IPTV มากยิ่งขึ้น

2.2.1 SIP based IPTV architecture for heterogeneous networks¹

IPTV AS Modules ส่วนประกอบหลักของ IPTV AS เป็น Server และ Session Block ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การทำงานของ IPTV บน SIP ฟัง server

Server Block บล็อกนี้มีการกำหนดค่าเซิร์ฟเวอร์และการควบคุมและทำหน้าที่เป็นหลักยึดสำหรับการเชื่อมต่อผู้รับชม บล็อกนี้จะประกอบด้วยบล็อกย่อยๆต่อไปนี้

Configuration Block บล็อกนี้รับผิดชอบการตั้งค่าคุณสมบัติของเซิร์ฟเวอร์ สำหรับเส้นทางทั่วไปให้บริการผู้รับชมด้วยคุณลักษณะของสตรีมที่มีอยู่ สำหรับเส้นทาง Per-client มีลักษณะสตรีมสำหรับผู้รับชม

Admission Control Block บล็อกนี้รับผิดชอบการสร้างเซสชันผู้รับชมใหม่ทุกครั้งสำหรับผู้รับชมใหม่ขอเชื่อมต่อถึง ครั้งใหม่นี้ได้รับการจัดการแล้วโดย Session Block

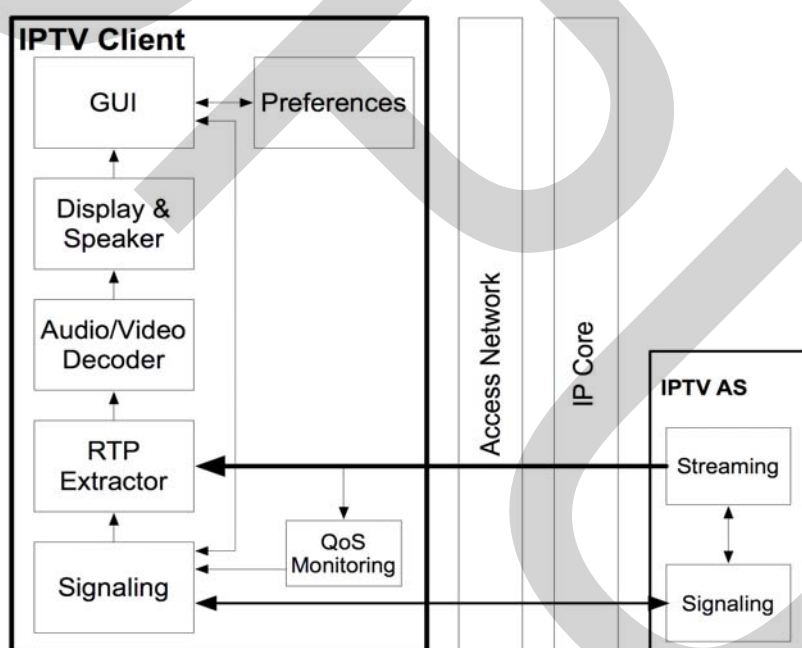
Session Block - Session Block เป็น Per-client ที่ให้บริการแก่ผู้รับชม บล็อกนี้จะประกอบด้วยบล็อกย่อยๆ ต่อไปนี้

¹ R.S.Nunes, M.S.Menezes and L.Domingues, (2009, June). "SIP based IPTV architecture for heterogeneous networks". **ConTEL 2009. 10th International Conference on Computer Communications**, p. 421 – 428.

Signaling and Control Block บล็อกนี้รับผิดชอบการตั้งค่าเซสชันการควบคุมและที่ขาดหายบล็อกนี้มีหน้าที่ให้สัญญาณและการควบคุมสำหรับ IPTV Trick นอกจากนี้การปรับตัวแสดงมัลติมีเดียจากผู้รับชมมีการประมวลผลในบล็อกนี้ ซึ่งในทางกลับกันสัญญาณจะดำเนินการปรับปรุง Streaming Block บล็อกนี้ให้ฟังก์ชันจำเป็นสำหรับการส่งข้อมูลมัลติมีเดียและการดำเนินการตามหน้าที่ Trick หาก Per-client ต้องไปตามเส้นทางตามข้อกำหนดที่กำหนดโดยค่าเซสชัน

IPTV Client คืออุปกรณ์ที่สถานีผู้รับชมเรียกใช้ IPTV Client โดยประกอบด้วยมัลติมีเดียสตรีมมิ่ง กับ IMS หน้าที่ควบคุมตามเซสชันและหน้าที่ควบคุมสื่อ

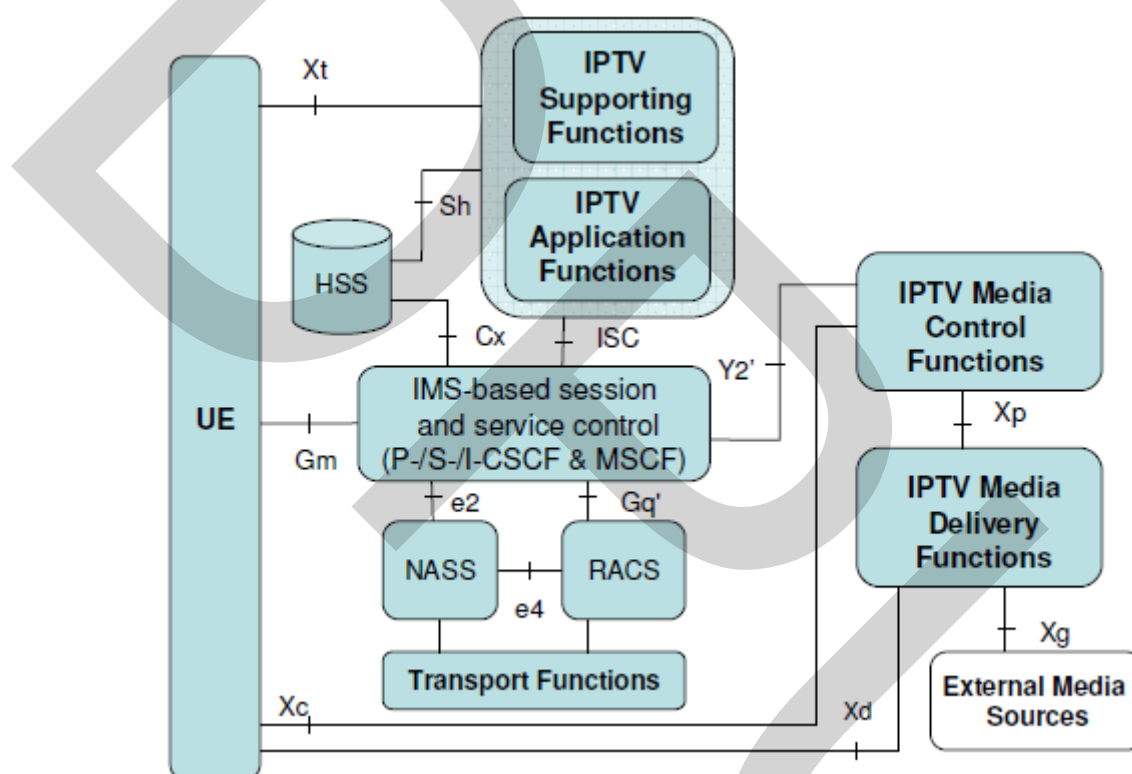
IPTV Client Modules: IPTV Client Modules ที่ติดต่อโดยตรงกับ IPTV AS มีสัญญาณที่ RTP Extractor และติดตาม QoS Modules



รูปที่ 2.2 การทำงานของ IPTV บน SIP ฟังก์ Client

2.2.2 IMS based IPTV services - Architecture and Implementation²

IMS (IP Multimedia Subsystem) เป็นสถาปัตยกรรมโครงข่ายสำหรับส่งข้อมูลการบริการมัลติมีเดียผ่านทาง IP สถาปัตยกรรม IMS ในบทความนี้ได้อ้างอิงแนวคิดของ TISPAN เพื่อนำมาใช้เป็นฐานสำหรับ IPTV นั้นทำให้ได้รับฟังก์ชันต่างๆของ IMS มา ซึ่งทำให้มีข้อได้เปรียบในการจัดการข้อมูลส่วนตัว รวมถึงการบริการด้าน Voice, Data, Video ในแนวคิดของ ScaleNet



รูปที่ 2.3 IMS IPTV functional architecture for ScaleNet

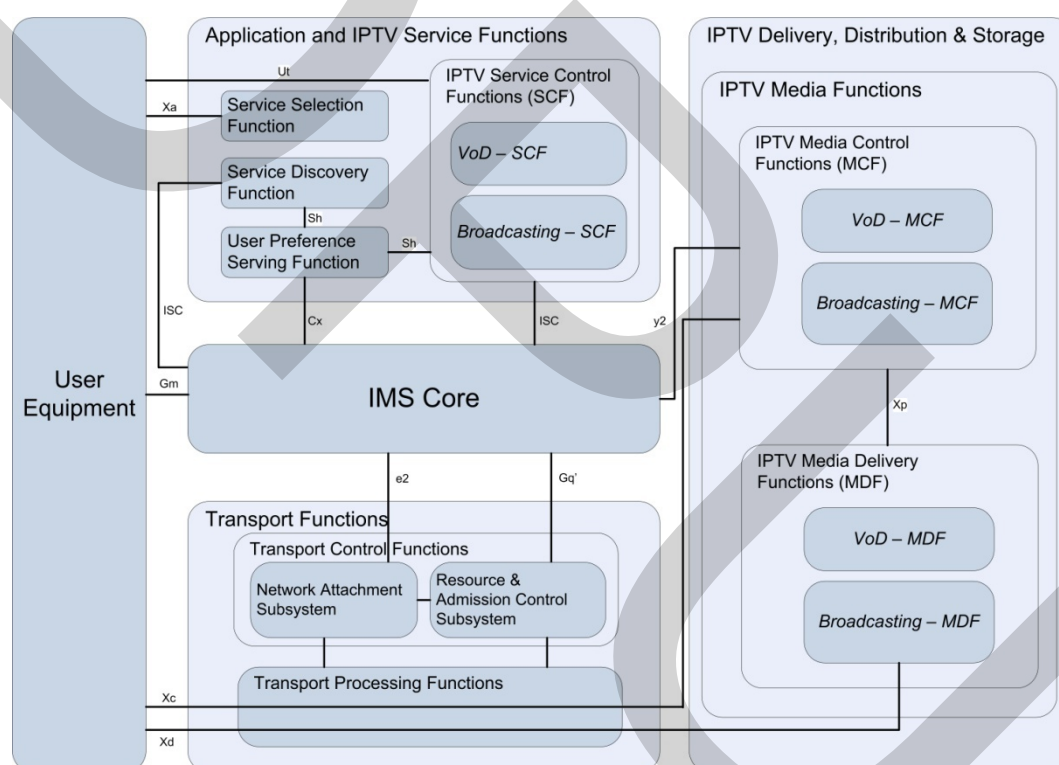
จากรูปที่ 2.3 UE (User Equipment) ทำการติดต่อสื่อสารกับบริการ IPTV ผ่านการควบคุมทาง core IMS โดยมีเซสชันควบคุมในช่องทาง Xt เพื่อใช้ในการกำหนดการให้บริการแอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์ของ IPTV

² Eugen Mikoczy, Dmitry Sivchenko and Veselin Rakocevic. (2007, August). "IMS based IPTV services - Architecture and Implementation". *MobiMedia 07 Proceedings of the 3rd international conference on Mobile multimedia communications*. p. 15-21.

IPTV application server functions (IASF) ใช้อินเทอร์เน็ตเฟส ISC ใช้ติดต่อสื่อสารและควบคุมกับ IMS บน NGN (Next-generation network) และในบทความนี้มีการปรับปรุงในส่วนของ Multimedia Service Control Function (MSCF) ใช้สำหรับการควบคุมการส่งข้อมูลและการกระจายข้อมูล

2.2.3 IPTV Architecture; IPTV functions supported by the IMS subsystem³

สถาปัตยกรรม IMS (IP Multimedia Subsystem) เป็นแนวคิดของ TISPAN แบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นของ Customer Network เป็นโครงข่ายของลูกค้า ส่วนที่สองเป็นส่วนของ Network Service Provider เป็นส่วนของผู้ให้บริการโครงข่าย ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 สถาปัตยกรรม IPTV บน IMS

³ ETSI. (2008). Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IPTV Architecture; IPTV functions supported by the IMS subsystem, Sophia Antipolis Cedex; FRANCE.

รูปที่ 2.4 แสดงสถาปัตยกรรม IPTV บน IMS ที่กำหนดโดย TISPAN สถาปัตยกรรมนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับบริการ IPTV หลากหลายรูปแบบ เช่น content on demand (CoD), broadcast (BC) TV และ network PVR (N-PVR)

สถาปัตยกรรม IPTV บน IMS มีองค์ประกอบดังนี้

User Equipment ทำหน้าที่ได้ตอบกับผู้ชมหมายถึงการเรียกดูและเลือกหนึ่งในบริการที่ใช้ได้ให้กับผู้ชม (ช่องโทรทัศน์ เป็นต้น)

IMS Core ระบบย่อยที่บริการ layer ในสถาปัตยกรรม TISPAN NGN ที่สนับสนุนการให้บริการมัลติมีเดียบน SIP ทำหน้าที่จำกัดส่วนที่ควบคุมการปฏิบัติการได้

Transport Function ผู้ให้บริการ IPTV เชื่อมต่อไปยัง Server ปลายทาง ฟังก์ชันเหล่านี้สามารถแยกย่อยต่อไปเป็นชุดของหน้าที่ควบคุมการส่งและชุดของการดำเนินการส่งในฟังก์ชันหน้าที่การควบคุมการส่ง Resource and Admission Control Subsystem (RACS) ได้มาเกี่ยวข้องเป็นพิเศษ จะดำเนินการควบคุมนโยบาย ของทรัพยากร และรับหน้าที่ควบคุมการจราจรในช่องทางเดียวและหลายๆช่องทางสำหรับโครงข่ายการส่ง บริการ RACS ใช้งานเกี่ยวกับการจองทรัพยากรการส่งและการรับประกันการให้บริการในโครงข่าย

User Preference Serving Function ทำหน้าที่เก็บโปรไฟล์ผู้ใช้ IPTV โปรไฟล์นี้ครอบคลุมถึงการตั้งค่าผู้ใช้ที่จำเป็นในการดำเนินการบริการ IPTV เช่นการตั้งค่าภาพหรือช่องรายการโทรทัศน์

Application and IPTV service functions เป็นชุดของฟังก์ชันนี้ช่วยให้การดำเนินงานของบริการIPTV

Media delivery, distribution and storage ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับชุดของฟังก์ชันโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ

Media Control Functions (MCF) ส่วนใหญ่เป็นฟังก์ชันการจัดการข้อมูล

Media Delivery Functions (MDF) ทำหน้าที่จัดการสื่อสารกับกับอุปกรณ์ตัวอื่น และ MDF เป็นหลักใช้จัดการจัดการฟังก์ชัน เช่นการจัดเก็บ ประมวลผล และจัดส่งข้อมูล

2.3 ประวัติความเป็นมาของ H.264⁴

มาตรฐานของ H.264 อยู่ใน ITU-T H.26L โครงการนี้เริ่มต้นโดย Video Coding Experts Group (VCEG) ซึ่งออกโดย Call for Proposals (CfP) ในช่วงต้นปี 1998 และการออกแบบในการสร้างมาตรฐานใหม่เป็นครั้งแรกในเดือนสิงหาคมปี 1999 ในปี 2001 ISO/IEC Moving Pictures Experts Group (MPEG) ได้พัฒนามาตรฐานการเข้ารหัสที่รู้จักกันคือ MPEG-4 CfP ได้เพิ่มเติมละปรับปรุงประสิทธิภาพของการเข้ารหัสนอกจากสิ่งที่ประสบความสำเร็จ VCEG ได้ออกแบบการตอบสนองกับ MPEG CfP และเสนอใช้ในการทำงาน

ดังนั้นเพื่อให้มีความก้าวหน้าทาง ITU-T และ ISO/IEC ตกลงที่จะร่วมมือกันที่จะพัฒนามาตรฐานการเข้ารหัสวิดีโอและใช้ H.26L เป็นจุดเริ่มต้น

ทาง Joint Video Team (JVT) ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจาก VCEG และ MPEG ก่อตั้งในเดือนธันวาคมปี 2001 โดยมีเป้าหมายที่จะพัฒนามาตรฐานให้สำเร็จในปี 2003

ITU-T วางแผนนำมาใช้เป็นมาตรฐานภายใต้ชื่อของ ITU-T H.264 และ ISO/IEC วางแผนนำมาใช้เป็นมาตรฐานภายใต้ชื่อของ MPEG-4 Part 10 Advanced Video Coding (AVC) ในกลุ่ม MPEG-4 มาตรฐานอย่างเป็นทางการ กำหนดให้เป็นมาตรฐาน ISO/IEC 14496 และมีชื่อที่ไม่ได้เป็นมาตรฐานแต่ใช้เรียกกันอยู่บ่อยๆ เช่น H.264, H.26L, ISO/IEC 14496-10, JVT, MPEG-4 AVC และ MPEG-4 Part 10

องค์ประกอบหลักที่ใช้ในการเข้ารหัส MPEG และ H.264 มีอยู่ 2 ส่วนหลักๆด้วยกันนั้นคือ

intraframe coding โดยใช้ discrete cosine transform (DCT)

interframe coding ใช้การประมาณและทดแทนการเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องของ video frame

สำหรับการเข้ารหัส intraframe นั้นการเข้ารหัสวิดีโอแต่ละเฟรมแบ่งออกออกเป็นบล็อก 8×8 แต่ละบล็อกเปลี่ยนไปใช้ DCT ลงในบล็อก 8×8 ซึ่งเป็นตัวแทนขององค์ประกอบความถี่เชิงพื้นที่ (spatial frequency) ของบล็อกเดิม โดยปกติข้อมูลในช่วงที่มีความถี่เชิงพื้นที่ต่ำช่วยให้สามารถบีบอัดข้อมูลได้เล็กน้อย ค่าสัมประสิทธิ์การแปลง quantize โดยระดับ quantization ที่หายากที่สุดที่ถูกควบคุมโดยการตั้งค่า quantization step size ยิ่ง quantization มีขนาดใหญ่จะให้ quantization ที่หายาก ส่งผลให้มีขนาดที่เล็กกว่าเดิมในระดับบิตของการเข้ารหัสวิดีโอแต่คุณภาพของวิดีโอที่ได้จะมีคุณภาพที่หายาก

⁴ Patrick Seeling and Martin Reisslein. (2005, October). "Evaluating multimedia networking mechanisms using video traces".

ด้วยการเข้ารหัส constant bit rate (CBR) ขนาด quantization จะมีการปรับแบบไดนามิกเพื่อให้อัตราบิตที่อยู่ในระดับที่กำหนด

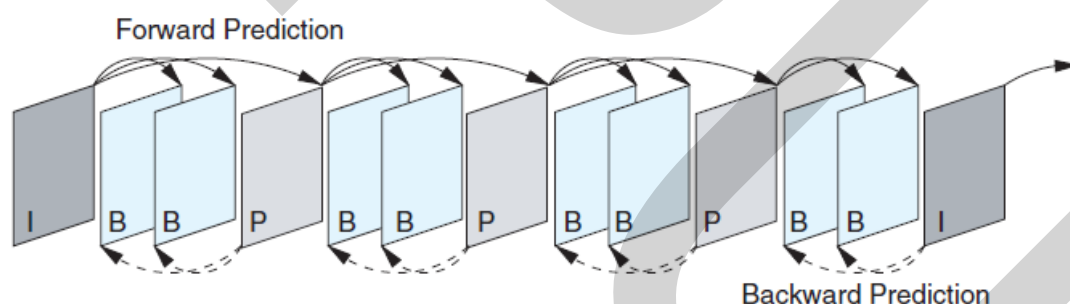
ด้วยการเข้ารหัส Variable bit rate (VBR) ขนาด quantization ที่ถูกเก็บอย่างต่อเนื่องส่งผลให้คุณภาพของวิดีโอคงที่ แต่ VBR จะสูงขึ้น

สำหรับการเข้ารหัส interframe แบ่งประเภทเฟรมของ MPEG มี 3 ประเภทคือ intracoded (I) intercoded (P) และ bidirectional coded (B)

intracoded (I) หรือ I-frame (intra coded picture) เป็นภาพที่คงที่และมีความอิสระจากส่วนอื่น GOP จะเริ่มต้นจาก I-frame เสมอ

intercoded (P) หรือ P-frame (predictive coded picture) เป็นการที่ข้อมูลได้ขดเชยในส่วนของวิดีโอที่มีการเคลื่อนไหวก่อนหน้านี้ของ I หรือ P เฟรม

bidirectional coded (B) หรือ B-frame (bidirectionally predictive coded picture) เป็นการใช้ข้อมูลในส่วนของวิดีโอที่แตกต่างก่อนหน้านี้และต่อไปมาของ I และ P เฟรมภายใน GoP ประเภทเฟรมที่แตกต่างกันเหล่านี้มีการจัดกลุ่มรวมกันเรียกว่า groups of picture (GoP)



รูปที่ 2.5 รูปแบบการคาดการณ์ของ GoP

โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มของเฟรมที่กำหนดเป็น I-frame ขึ้นไปและรวมถึงเฟรมก่อนหน้านี้และถัดไปเรียกว่าหนึ่ง GoP รูปแบบของเฟรม I, P และ B ที่ทำขึ้นใน GoP ปกติจะเรียกว่ารูปแบบ GoP หรือโครงสร้าง GoP รูปแบบทั่วไปของ GoP มี P-frame 3 เฟรม และ B-frame 2 เฟรม ก่อนและหลังแต่ละ P-frame ดังในรูปที่ 2.5

จากรูปที่ 2.5 I-frame หรือ P-frame ก่อนหน้าทำหน้าที่ในการคาดคะเนไปข้างหน้าตามลูกศรในรูปที่ 2.5 ส่วนของ B-frame ที่อ้างอิงกับ I-frame หรือ P-frame ก่อนหน้าที่ทำหน้าที่

คาดคะเนไปข้างหน้าประสบความสำเร็จ I-frame หรือ P-frame จะทำการคาดคะเนย้อนกลับตามลูกศรที่อยู่ในรูป

ในการทำ B-frame บล็อกแต่ละบล็อกของ B-frame จะทำการจับคู่ที่ดีที่สุดในการอ้างอิงเฟรมจะถูกกำหนดและระบุโดย motion vector กระบวนการนี้โดยทั่วไปเรียกว่า motion estimation

ความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ดีที่สุดจะถูกเข้ารหัสและป้องกันคือการเปลี่ยนไปใช้ DCT และ quantized กระบวนการนี้เรียกว่า motion compensation ถ้าบล็อกต่อไปไม่ตรงกับเฟรมอ้างอิง บล็อกนั้นจะเป็น I-frame ของวิดีโอชุดต่อไป

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

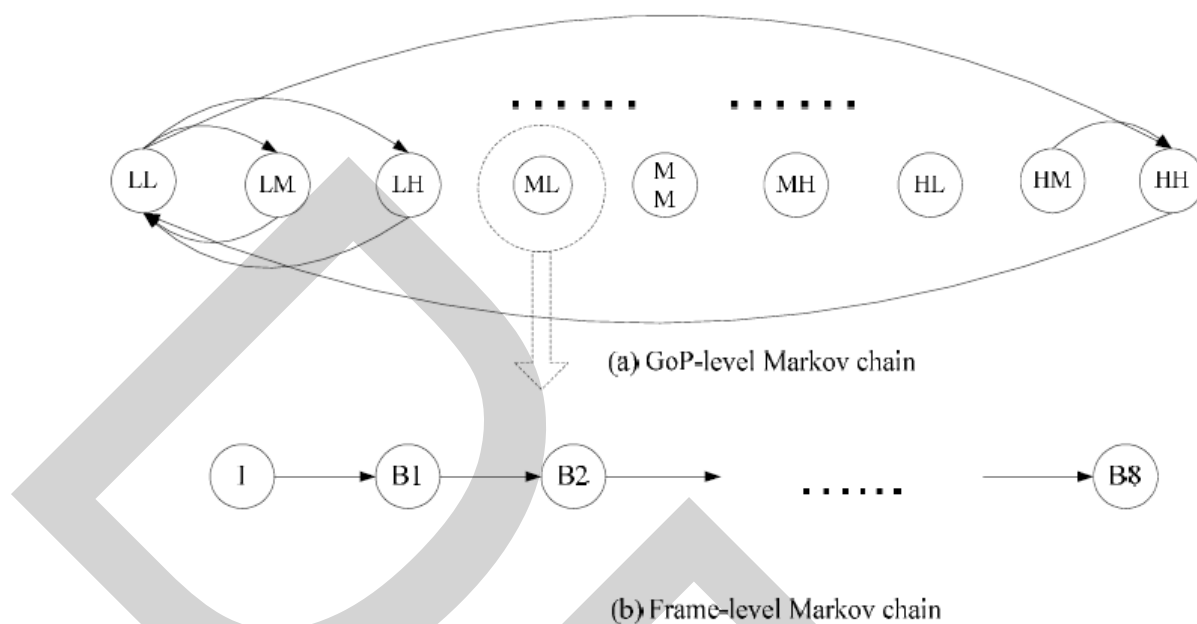
2.4.1 A Simple Two-level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources⁵

บทความนี้ได้กล่าวถึง IPTV Traffic ที่เป็น High Definition (HD) ที่มีการเข้ารหัสเป็น MPEG-4 (H.264) และบทความนี้กล่าวถึงการสร้างแบบจำลอง video traffic โดยใช้กระบวนการของ Markov chain สองระดับโดยแบ่งกระบวนการสร้างแบบจำลอง video traffic ออกเป็นสองระดับด้วยกันดังนี้

1) GoP-level Markov chain

GoP level Markov chain กล่าวถึงกระบวนการจำลอง video traffic โดยมีการจำลองกระบวนการนี้ออกเป็นสองระดับใหญ่ๆด้วยกันคือความสัมพันธ์เชิงเวลา (temporal correlations) และความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (spatial correlations) โดยมีวิธีการกำหนดประเภทของวิดีโอเป็นระดับ S และ T ตามลำดับ ทั้งหมดนี้สามารถใช้ $S \times T$ เป็นตัวแทนความสัมพันธ์ทั้งหมดได้ และสรุปผลได้ว่าจากการทดลองให้ $S=3$, $T=3$ เป็นการเลือกลำดับที่ดีที่สุด โดยจะแสดงเป็นสามระดับ คือ ความสัมพันธ์ของ low (L), medium (M) และ high (H) โดยแบ่งได้เป็นทั้งหมดเป็น 9 ระยะ (3×3) โดยการใช้กระบวนการ transition probability ดังรูปที่ 2.6 (a)

⁵ F. Wan, L. Cai and T.A. Gulliver. (2008, November). "A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources". *Global Telecommunications Conference 2008*. p. 1-5.



รูปที่ 2.6 Traffic Model

2) Frame-level Markov chain

Frame-level Markov chain ในระดับนี้ได้แบ่งรูปแบบของ GoP level ออกเป็น 12 ระยะ โดยแจกแจงออกเป็นระยะ I B1 B2 P1 B3 B4 P2 B5 B6 P3 B7 B8 ดังรูปที่ 2.6 (b) โดยแต่ละเฟรมจะมีการกระบวนกรคิดตามระดับของ GoP โดยมีการคิดกระบวนกรของระยะของ GoP มีทั้งหมด 3 ระดับที่กล่าวไว้ใน GoP level

2.4.2 Validation of PIM DM and PIM SM protocols in the NS2 network simulator⁶

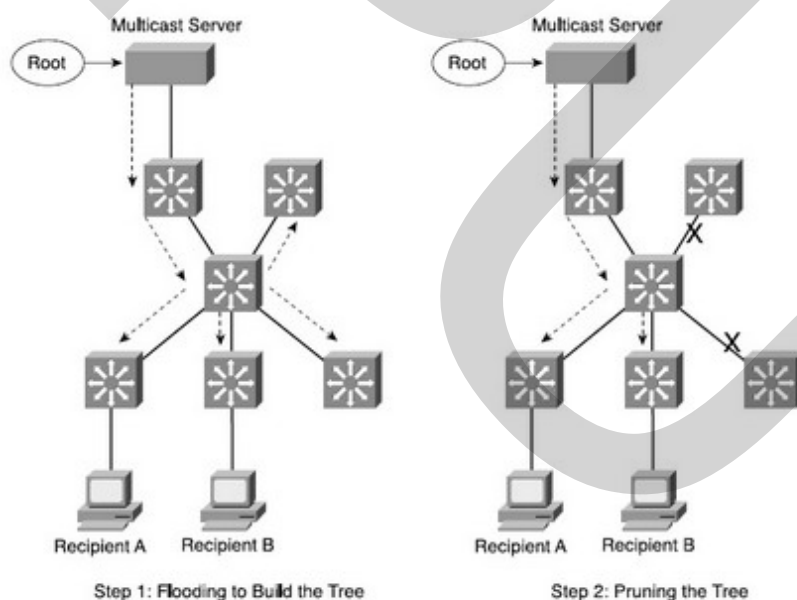
บทความนี้กล่าวเกี่ยวกับโปรโตคอลของมัลติคาส (Multicast) แบ่งออกเป็น 2 โปรโตคอล คือ PIM DM (Protocol Independent Multicast Dense Mode) และ PIM SM (Protocol Independent Multicast Sparse Mode) บทความนี้ศึกษาการทำงานของโปรโตคอล PIM DM และ PIM SM โดยการทดสอบโปรโตคอลของมัลติคาสทั้ง 2 โปรโตคอลเหล่านี้ด้วย NS2 (Network Simulator)

⁶ T.Bartczak , Zwierzykowski and P.Poznan. (2009, September). "Validation of PIM DM and PIM SM protocols in the NS2 network simulator". **AFRICON, 2009. AFRICON '09**. p. 1-6.

PIM Protocol คือ การส่งข้อมูลส่วนใหญ่ที่ใช้กันแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือยูนิคาส กับมัลติคาสการณของการส่งแบบยูนิคาสได้นั้นคือต้องรับรู้ปลายทางที่จะส่งข้อมูลไปให้เพื่อให้ได้ ข้อมูลนั้นอย่างถูกต้อง แต่ในกรณีของมัลติคาสจะรับรู้เพียงกลุ่มที่อยู่ของข้อมูลเท่านั้นจึงได้มีการนำ โปรโตคอลเข้ามาช่วยในการหาเส้นทางที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยังปลายทางที่ต้องการข้อมูลนั้น

1) Protocol Independent Multicast Dense Mode: PIM DM

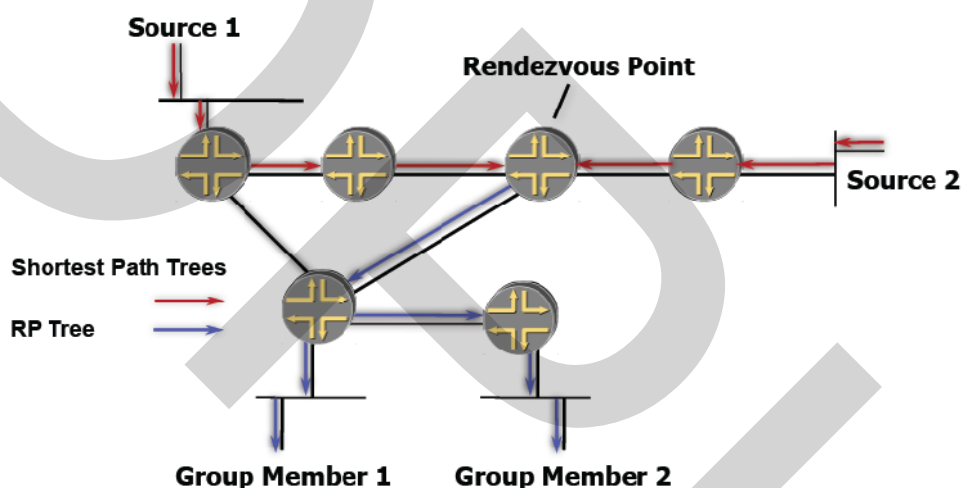
โปรโตคอล PIM DM มีการทำงานสองขั้นตอน ในขั้นตอนแรกของโครงข่ายมัลติคาส จะทำการส่งข้อมูลเพื่อที่จะทราบเส้นทางที่สามารถใช้งานได้ของเราเตอร์ทั้งหมดของโครงข่าย ยกเว้นเราเตอร์ต้นทางที่ปกติจะใช้การส่งแบบยูนิคาสไปยังเราเตอร์ที่เป็นมัลติคาส เพื่อให้เราเตอร์ที่เป็นมัลติคาสทำงานต่อไป หลังจากขั้นตอนแรกส่งข้อมูลไปยังเราเตอร์ที่เป็นโหนดทั้งหมดของโครงข่ายแล้วเรียกว่าการ Flooding ทำให้ทราบว่าได้ใช้งานทรัพยากรของโครงข่ายมากเกินความจำเป็น ดังนั้นในขั้นตอนที่สองของโปรโตคอล PIM DM ที่เรียกว่า prune phase จะทำการตัดเส้นทางที่ไม่จำเป็นที่จะใช้งานออกไปด้วยวิธีการ Prune message มีวิธีดังนี้มีเราเตอร์ทำการรับ ข้อมูล Prune เมื่อถึงจุดจบของเส้นทางของโครงข่ายนี้ปลายทางของเส้นทางนั้นจะถูกกำหนดให้เป็น Prune และเส้นทางนั้นจะถูกป้องกันไม่ให้ส่งข้อมูลไปยังเส้นทางนี้ต่อไป ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วิธีการของ PIM DM

2) Protocol Independent Multicast Sparse Mode: PIM SM

โปรโตคอล PIM SM ใช้ Rendezvous Point (RP) เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลหลายเส้นทาง แหล่งข้อมูลทั้งหมดที่จะผ่านมัลติคาสต์ต้องผ่านโหนดส่วนกลางของ RP ในการส่งข้อมูลไปยังผู้รับปลายทาง ส่วนกลางจะทำการส่งข้อมูลไปยังเราเตอร์ที่ได้รับข้อความ Join(*, G) และจะทำการส่งข้อความนี้ไปยังเราเตอร์ต่อไปเพื่อให้ทราบเส้นทางที่ต้องส่งไปยังผู้รับปลายทางทั้งหมด โปรโตคอล PIM SM ในขั้นตอนต่อมาจะทำการกำหนดโหนดที่สั้นที่สุดโดยเรียกว่า Shortest Path Tree (SPT) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วิธีการของ PIM SM

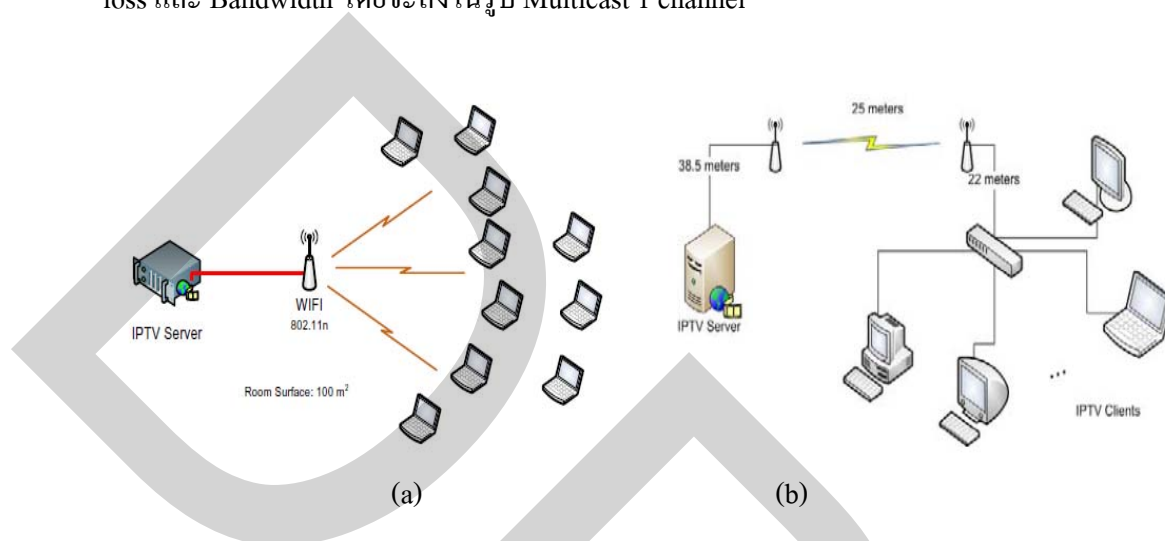
2.4.3 IPTV Performance in IEEE 802.11n WLANs⁷

บทความนี้มีจุดเด่นที่การใช้นามาตรฐานโครงข่ายไร้สาย IEEE 802.11n มาใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีอัตราการส่งข้อมูลที่สูงและขอบเขตที่กว้างกว่ามาตรฐาน IEEE 802.11a/b/g โดยนำมาใช้ในการให้บริการโครงข่ายของ IPTV และบทความนี้ได้ทำการทดสอบจริง (Test Benches) เพื่อวัดสมรรถภาพของระบบตามอัตราการเปลี่ยนแปลงของผู้ใช้งานในระบบ

จากรูปที่ 2.9 (a), (b) แสดง Topology ที่ใช้ในการทดสอบทั้งแบบภายในและภายนอกอาคาร โดยวิธีโอทีที่ใช้ในการทดสอบนั้นจะอยู่ในรูป SDTV MPEG-2 โดยมีความละเอียดอยู่ที่

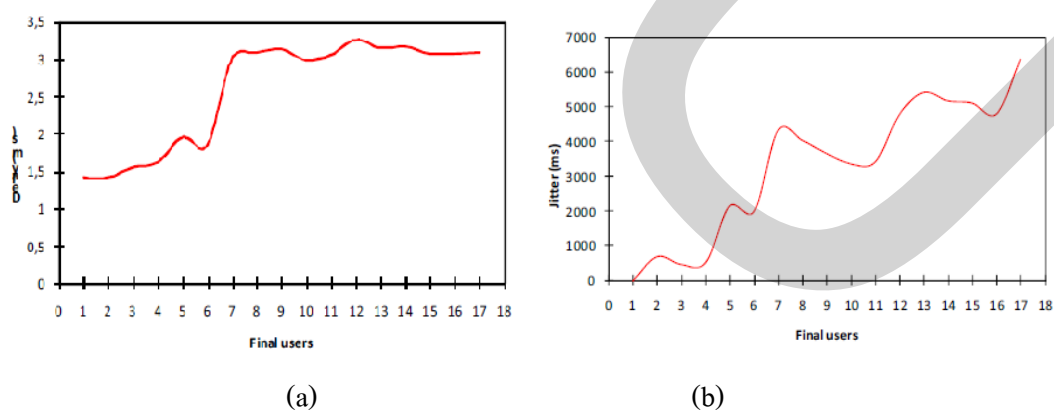
⁷ Marcelo Atenas, Sandra Sendra, Miguel Garcia and Jaime Lloret. (2010, December). "IPTV Performance in IEEE 802.11n WLANs". *IEEE GLOBECOM Workshops (GC Wkshps) 2010*. p. 929 – 933.

720x576 เฟรมเรตอยู่ที่ 25 fps และมีความยาวของวิดีโอทั้งหมด 70 นาที โดยในการทดสอบทั้งแบบภายในและภายนอกอาคารสามารถจำแนกการทดสอบออกเป็นสี่แบบคือ Delay, Jitter, Packer loss และ Bandwidth โดยจะส่งในรูปแบบ Multicast 1 channel

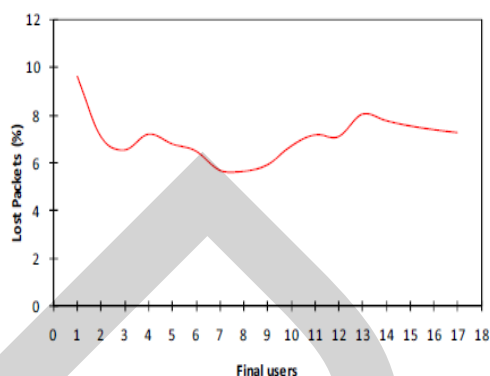


รูปที่ 2.9 (a) การทดสอบแบบสภาพแวดล้อมในอาคาร
(b) การทดสอบสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร

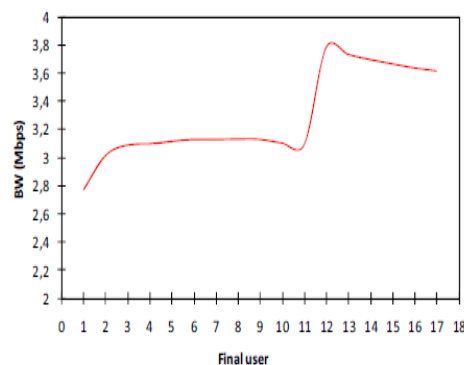
ผลการทดสอบการให้บริการโครงข่าย IPTV จากการทดสอบแบบภายในและภายนอกอาคารดังรูปที่ 2.10 (a),(b) และรูปที่ 2.11 (a),(b)



รูปที่ 2.10 (a) ค่าเฉลี่ย Delay สำหรับ 1 Multicast channel
(b) ค่าเฉลี่ย Jitter สำหรับ 1 Multicast channel



(a)



(b)

รูปที่ 2.11 (a) ค่าเฉลี่ย Packet loss สำหรับ 1 Multicast channel

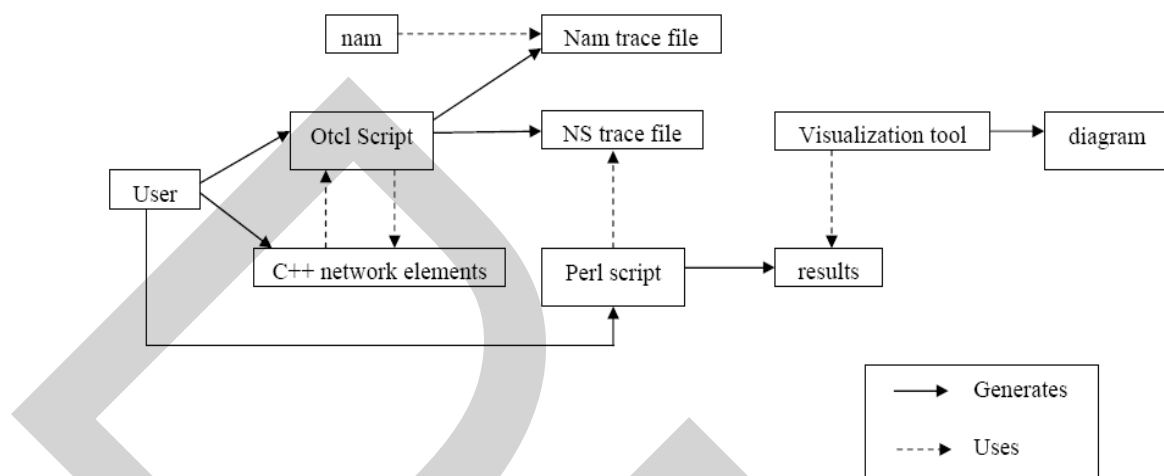
(b) ค่าเฉลี่ย Bandwidth สำหรับ 1 Multicast channel

โดยสรุปว่าบทความนี้ได้ทำการทดสอบแล้วนั้น ทำให้รู้ค่า Delay, Jitter, Packer loss และ Bandwidth ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นลักษณะเชิงเส้นกับตามจำนวนของผู้ใช้บริการแต่ขึ้นลงตามสภาพแวดล้อมที่มีในช่วงที่มีการให้บริการเวลานั้นดังรูปที่ 2.10-2.11

2.4.4 Network Simulator (NS2)⁸

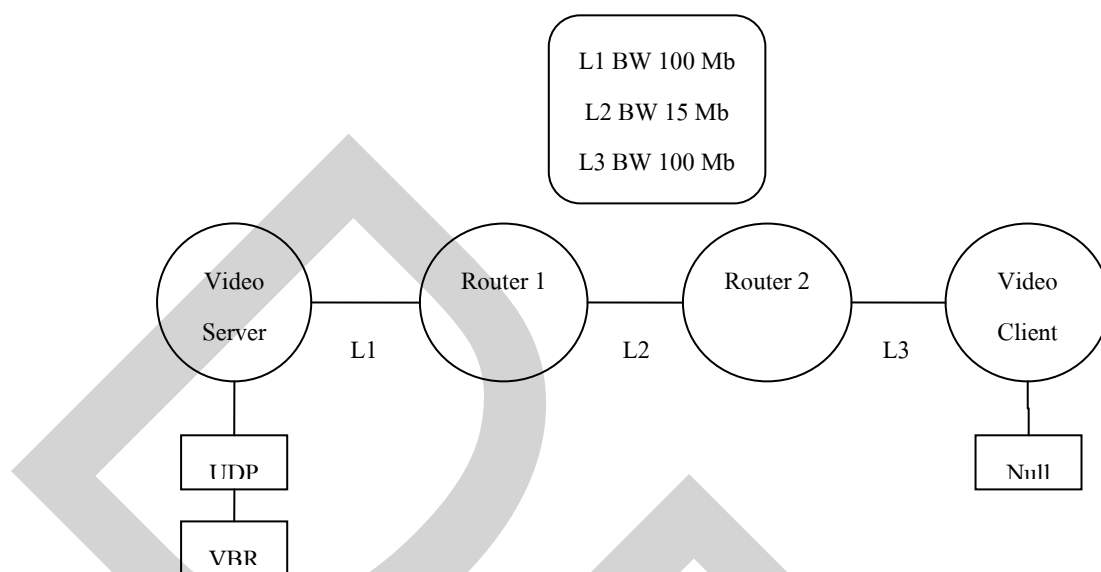
NS2 เป็น open-source และสามารถที่จะทำงานได้บนระบบปฏิบัติการ Linux, FreeBSD, SunOS, Solaris, Window ถูกพัฒนาขึ้นโดย ISI (Information Sciences Institute) NS2 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของโครงข่ายในแบบที่เป็นการจำลองเหตุการณ์ที่ไม่ต่อเนื่องซึ่งสนับสนุนการจำลองการเลือกเส้นทางในการขนส่งแพ็กเก็ตการจำลองการทำงานของ multicast protocol และ IP protocol เช่น UDP, TCP, RTP, SRM ที่อยู่บนโครงข่ายประเภทที่เป็นแบบมีสายและแบบไร้สาย (local และ satellite) ซึ่ง NS2 เป็น tool ที่มีประโยชน์มากทั้งยังสนับสนุน multiple protocol และยังสามารถในการแสดงรายละเอียดของ การจราจรของโครงข่ายออกมาในรูปแบบของกราฟฟิค รวมทั้งยังสนับสนุน algorithm ในการ routing และ queuing เช่น FIFO, round-robin เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันได้มีโปรแกรมที่ช่วยในการจำลองการทำงานของระบบโครงข่ายมากมาย มีทั้งที่เป็น Freeware และ commercial เช่น NS2, OPNet, CSim, Swans, NCTUns เป็นต้น ดังนั้นวิจัยนี้จึงได้นำโปรแกรม NS2 มาใช้ในการจำลองโครงข่ายของ IPTV

⁸ จิตติมา นิตยวรรณ โสฬส ชัคคตยาพงษ์ และอุไรรัตน์ พึ่งสุนทรรัตน์. (2551). Network Simulator (NS2). สืบค้นเมื่อ 10



รูปที่ 2.12 การทำงานเบื้องต้นของ NS2

User จะสามารถสร้าง Otel Script, C++ Network elements และ Perl Script เพื่อที่จะนำมาใช้ในการออกแบบเพื่อจำลองการทำงานของ Network ซึ่ง User สร้าง C++ network ขึ้นมาเพื่อให้เป็น object ที่อยู่ใน library ที่สามารถจะเรียกใช้ได้โดยเรียกใช้ผ่าน Command ของ Otel Script ซึ่งจะมี Otel linkage เป็นตัวที่จะเรียก Object ใน library ขึ้นมาใช้งาน เมื่อ Otel script ถูกประมวลผล Otel script จะสร้าง nam trace file และ ns trace file ซึ่งตัว nam trace file ที่ได้นั้นจะถูกเรียกใช้โดย nam เพื่อที่จะนำไปประมวลผลแล้วแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟิก ในส่วนของ perl script นั้นจะเรียกใช้ ns trace file เพื่อนำ ns trace file มา filter ให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น Result ที่จะถูกเรียกใช้โดย Visualization tool เช่น Xgraph เพื่อที่จะนำมาใช้สร้างกราฟที่แสดงผลการทำงานของ การจำลอง Network ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการใช้ ns2 เพื่อจำลองระบบ Network Topology

รูปที่ 2.13 เป็นแบบจำลอง Network Topology ที่อ้างอิงจากบทความ A Simple Two-level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources⁹ และได้ทำการจำลองระบบโครงข่ายของ IPTV Video Sources มีการทำงานดังนี้ โหนด Video Server จะทำการรับข้อมูล UDP (User Datagram Protocol) ที่เป็นข้อมูลแบบ VBR (Variable Data Rate) ทำการส่งข้อมูลไปยัง Router 1 เพื่อทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนๆเพื่อทำการส่งข้อมูลต่อไปยัง Router 2 โดยระหว่าง Router 1 กับ Router 2 จะมีแบนด์วิดท์ ที่จำกัดจึงเรียกแบนด์วิดท์ ที่จำกัดตรงส่วนนี้ว่าคอขวด (Bottleneck) ของระบบโครงข่าย เมื่อผ่านส่วนนี้มาแล้วจะส่งต่อไปยัง Video Client เพื่อทำการรวบรวมข้อมูล และประกอบข้อมูลแต่ละส่วนที่ได้กลับเป็นข้อมูลอย่างสมบูรณ์ ตัวอย่าง Source Code รูปที่ 2.14

⁹ F. Wan, L. Cai and T.A. Gulliver. (2008, November). Ibid.

```

set ns [new Simulator]

$ns color 1 Blue

set fl [open outvideo.tr w]
$ns trace-all $fl

set nf [open out.nam w]
$ns namtrace-all $nf

# define the trace format:
Agent/UDP set nam_tracevar true
Agent/UDP set tracevar true

# generate the sending node:
set send_node [$ns node]

# generate the routers:
set router_node_1 [$ns node]
$rrouter_node_1 shape "box"

set router_node_2 [$ns node]
$rrouter_node_2 shape "box"

# generate the receiving node:
set rcv_node [$ns node]

# define the links between the nodes:
$ns duplex-link $send_node $router_node_1 100Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $router_node_1 $router_node_2 15Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $router_node_2 $rcv_node 100Mb 10ms DropTail

# orientation of the links:

$ns duplex-link-op $send_node $router_node_1 orient down
$ns duplex-link-op $router_node_1 $router_node_2 orient right
$ns duplex-link-op $router_node_2 $rcv_node orient up

$ns duplex-link-op $router_node_1 $router_node_2 queuePos 0.5
$ns duplex-link-op $router_node_2 $rcv_node queuePos 0.5

# set the maximal queue lengths of the routers:

$ns queue-limit $send_node $router_node_1 600
$ns queue-limit $router_node_1 $router_node_2 600
$ns queue-limit $router_node_2 $rcv_node 600

# define the source and the source model:

set udp [new Agent/UDP]
$udp set fid 1
$ns attach-agent $send_node $udp

#$ns add-agent-trace $udp udp
#$ns monitor-agent-trace $udp

# define the destination:

set snk [new Agent/Null]
$snk set fid 1

```

รูปที่ 2.14 ตัวอย่าง Source Code

```

$ns attach-agent $recv_node $snk

$ns connect $udp $snk

# generate the video trace file ("Verbose_Jurassic_64.dat" is only an example):
set original_file_name tt.data
set trace_file_name verbose.tr
set original_file_id [open $original_file_name r]
set trace_file_id [open $trace_file_name w]

configure $trace_file_id -encoding binary
configure $trace_file_id -translation binary

set last_time 0
while {[eof $original_file_id] == 0} {
    gets $original_file_id current_line

    if {[string length $current_line] == 0 ||
        [string compare [string index $current_line 0] "#"] == 0} {
        continue
    }

    scan $current_line "%f%d" next_time length
    set time [expr 1000*int($next_time-$last_time)]

    set frame [expr $length]

    puts -nonewline $trace_file_id [binary format "II" $time $frame]

    if {$next_time > $last_time} {
        set last_time $next_time
    }
}

close $original_file_id
close $trace_file_id

# set the simulation end time:
set end_sim_time [expr 1.0*$last_time/1000+0.001]

# read the video trace file:
set trace_file [new Tracefile]
$trace_file filename $trace_file_name

set video [new Application/Traffic/Trace]
$video attach-agent $udp
$video attach-tracefile $trace_file

# start the simulation:

$ns at 0.0 {
    $send_node label "VIDEO-SERVER"

```

รูปที่ 2.14 ตัวอย่าง Source Code (ต่อ)


```

$router_node_1 label "IP-ROUTER 1"
$router_node_2 label "IP-ROUTER 2"

$recv_node label "VIDEO-CLIENT"

$video start
}

# stop the simulation:

$ns at $end_sim_time {
    finish
}

proc finish {} {
    global ns nf f1
    $ns flush-trace
    close $nf
    close $f1
    exec nam out.nam &
    exit 0
}

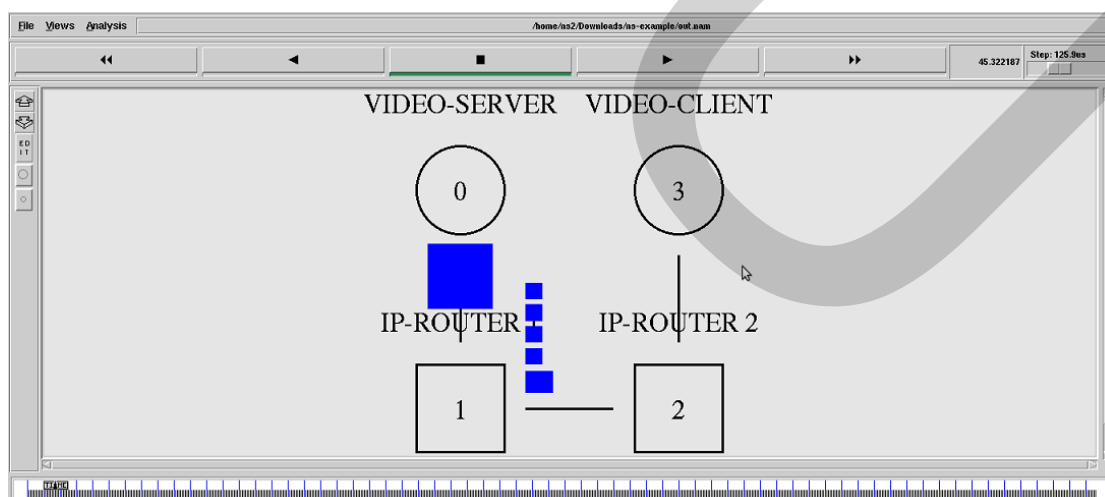
$ns run

```

รูปที่ 2.14 ตัวอย่าง Source Code (ต่อ)

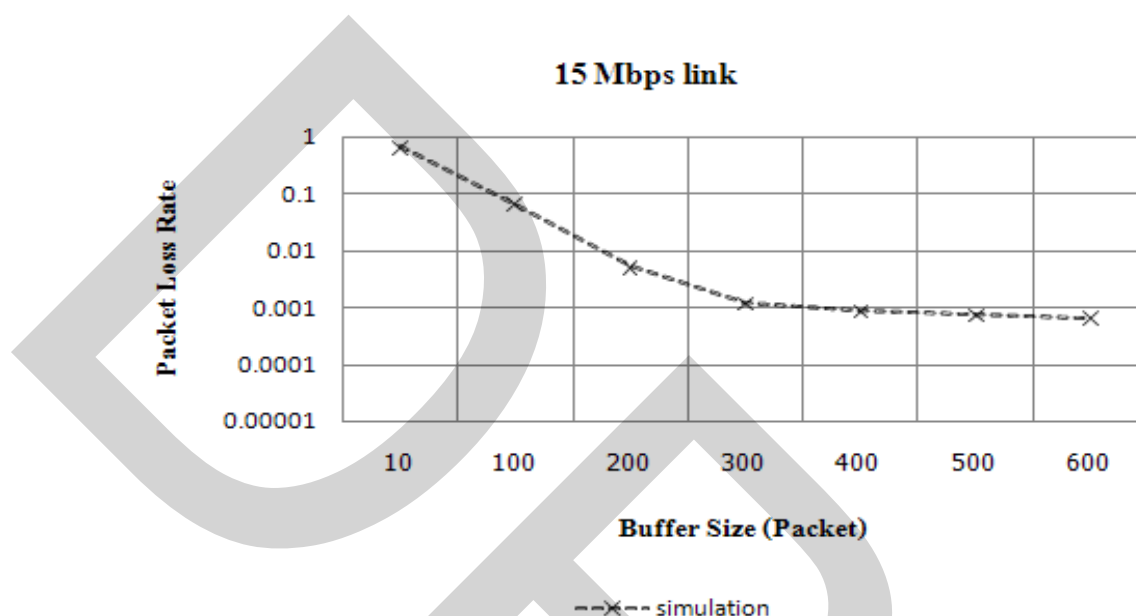
Source Code ที่ใช้การจำลองระบบโครงข่ายอยู่ในภาคผนวก

ตัวอย่างการแสดงผล GUI ของ NS2



รูปที่ 2.15 แสดง GUI ของ Network Topology

ผลการทดสอบระบบโครงข่าย IPTV Video Source ได้ผลสรุปเป็นกราฟของ Packet Loss Rate ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ผลการทดสอบระบบโครงข่าย IPTV Video Source

2.4.5 โครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ^{10, 11, 12}

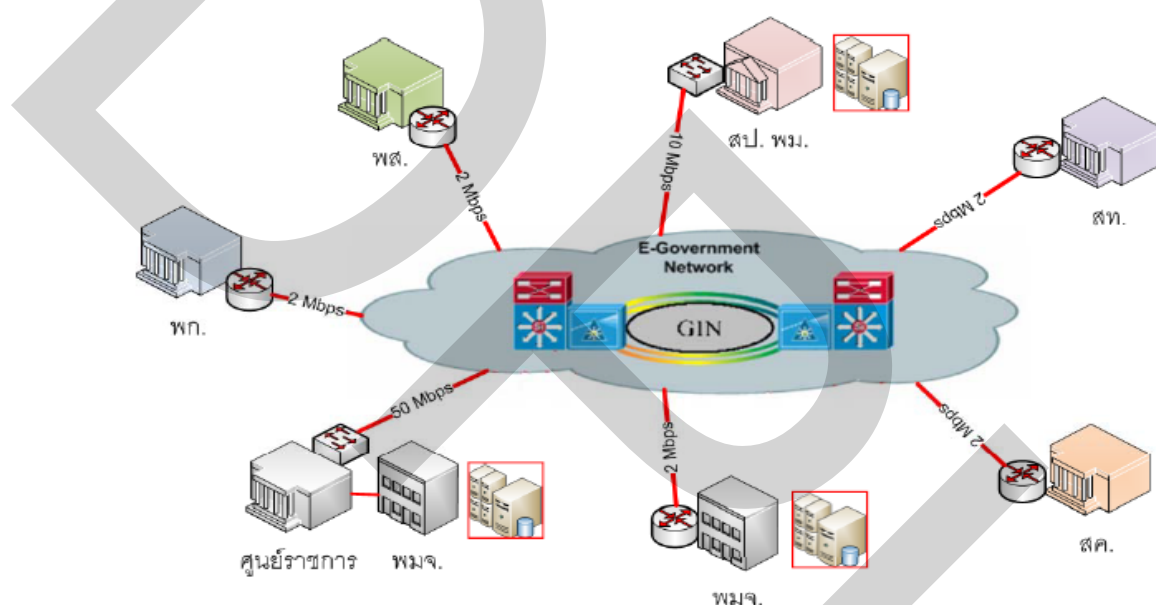
โครงการพัฒนาระบบโครงข่ายสื่อสารข้อมูลเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (e-Government) โดยกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารซึ่งได้ดำเนินโครงการดังกล่าวมาตั้งแต่ปีงบประมาณ 2549 โดยเป็นการสร้างโครงข่ายสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงเพื่อเชื่อมโยงหน่วยงาน ระดับกรม ระดับกระทรวง และระดับหน่วยงานส่วนภูมิภาค เพื่อใช้เป็นโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ e-Government

¹⁰ การพัฒนาเครือข่ายสื่อสารข้อมูลเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ. (2550). GIN. สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2555 จาก <http://203.113.25.35/gin/index.htm>

¹¹ ระบบเครือข่ายสื่อสารเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ. (2550). Government Information Network: GIN. สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2555 จาก www.m-society.go.th/document/news/news_2411.pdf

¹² ระบบเครือข่ายสื่อสารเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ (2550). GIN. สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2555 จาก www.mict-egov.net/content/view/127/122/

โครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ (Government Information Network หรือ GIN) ที่เชื่อมต่อกระทรวงทบวง จนถึงระดับกรม เพื่อให้รองรับปริมาณข้อมูลข่าวสารของรัฐ อีกทั้งยังรองรับการใช้งานที่หลากหลายรูปแบบเพื่อให้รองรับระบบงานของราชการหรือการบริการประชาชนและเพิ่มประสิทธิภาพในการรับและส่งข้อมูลผ่านระบบ intranet และ internet ของภาครัฐ โดยมีเงื่อนไขนอกศูนย์ราชการมีความเร็วในการเชื่อมต่อโครงข่ายอยู่ที่ 2 Mbps ถึง 10 Mbps ตามเงื่อนไขของแต่ละส่วนงาน ตัวอย่างโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 โครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 แนวทางการวิจัยและพัฒนา

IPTV เป็นรูปแบบหนึ่งของการให้บริการผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเป็นเทคโนโลยีทางด้านมัลติมีเดียที่ให้บริการบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต แต่เนื่องจากที่บทความวิจัยนี้นำเสนอ นั้น ระบบโครงข่ายสื่อสารข้อมูลภาครัฐของประเทศไทย ยังไม่ได้มีการทำการทดสอบการทำงานทางด้านมัลติมีเดียว่าสามารถที่จะใช้งานได้ผลเป็นอย่างไร ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ เมื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างแล้วจึงได้ทำการจำลองระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐว่าสามารถที่จะนำ IPTV มาใช้งานกับโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลภาครัฐได้และมีผลกระทบที่ต้องแก้ไขต่อไปส่วนไหนบ้าง เพื่อประหยัดต้นทุนในการทดลองใช้งาน จึงได้มีงานวิจัยนี้ขึ้น

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่อง Laptop สำหรับการจำลองระบบ จำนวน 1 เครื่อง

3.2.2 โปรแกรม NS2 สำหรับจำลอง Network Topology

3.3 แผนการดำเนินงาน

3.3.1 ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ IPTV

ทำการศึกษาทฤษฎีและรูปแบบของ IPTV ในแบบมัลติคาสของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.2 ศึกษาอุปกรณ์และโปรแกรมที่ใช้ทำการจำลองระบบ

ทำการศึกษาค้นหาและรวบรวมโปรแกรมที่จะทำการจำลองระบบเพื่อที่จะสามารถประยุกต์ใช้ในการจำลองระบบของ IPTV บนมัลติคาสของระบบโครงข่าย ประเภท ที่นำเสนอได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม NS2 ซึ่งเป็นโอเพนซอร์สหรือซอสที่เปิดเผยให้ใช้งานได้ฟรี

3.3.3 ศึกษาหลักการทำงานของมัลติคาสบนโครงข่ายที่ใช้ในการทดสอบ IPTV วิ่งผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

เพื่อหาตรวจสอบว่าโครงข่ายมีประสิทธิภาพที่สามารถใช้งาน IPTV และเป็นไปตามรูปแบบที่ทำการทดสอบ

3.3.4 ออกแบบและพัฒนาระบบที่ทำการทดสอบ

ออกแบบระบบโดยใช้โปรแกรมที่ทำการศึกษาก่อนหน้า พร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลในการออกแบบ เพื่อที่จะทำการทดสอบว่าโครงข่ายมีประสิทธิภาพที่สามารถใช้งาน IPTV ได้

3.3.5 สร้างจำลองระบบที่น่าเสนอ

หลังจากทำการออกแบบและรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ในการออกแบบ นำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการจำลองระบบเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบที่ทำการทดสอบ

3.3.6 เปรียบเทียบ วิเคราะห์ผลที่ได้ และสรุป

เมื่อทำการจำลองระบบที่ทำการนำเสนอเสร็จแล้ว และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพของระบบที่ทำการนำเสนอ เพื่อที่จะสรุปผลการจำลองระบบว่าประสิทธิภาพของระบบนั้นเป็นอย่างไร

3.3.7 รวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจัดทำวิทยานิพนธ์

ทำการรวบรวมข้อมูลของระบบที่ทำการนำเสนอ ที่ได้ทำมาตั้งแต่ต้นเพื่อจัดทำเป็นวิทยานิพนธ์ แผนการดำเนินงานที่ได้วางแผนไว้ แสดงอยู่ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

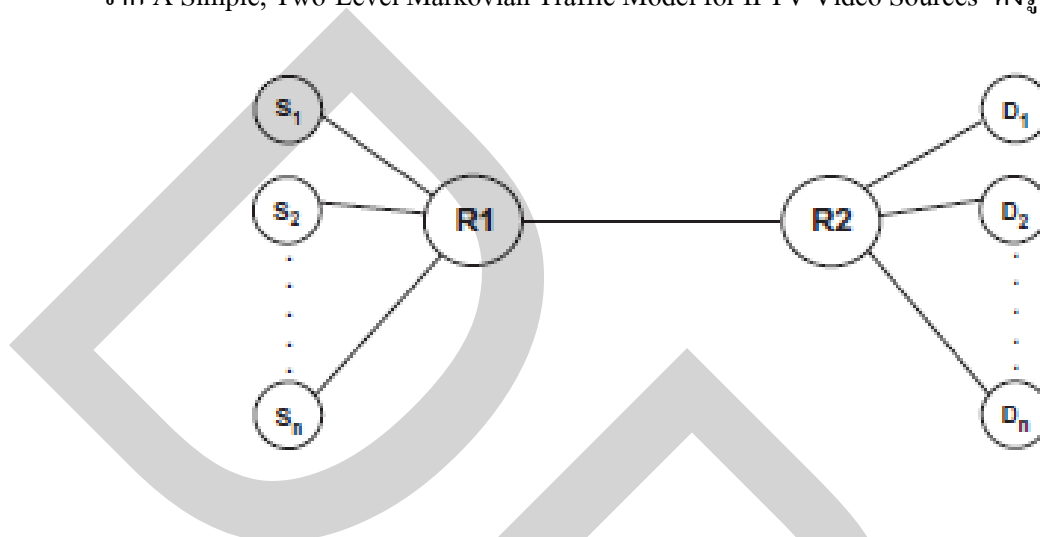
เดือน งาน	ก.ค.	ต.ค.	ม.ค.	เม.ย.	ก.ค.	ต.ค.	ม.ค.	เม.ย.
	-	-	-	-	-	-	-	-
	ก.ย. 53	ธ.ค. 53	มี.ค. 54	มิ.ย. 54	ก.ย. 54	ธ.ค. 54	มี.ค. 55	มิ.ย. 55
ศึกษาข้อมูล เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง								
ศึกษาสถาปัตยกรรม IPTV ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย								
ศึกษาการใช้งานโปรแกรม NS2								

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการดำเนินงาน (ต่อ)

งาน \ เดือน	ก.ค.	ต.ค.	ม.ค.	เม.ย.	ก.ค.	ต.ค.	ม.ค.	เม.ย.
	-	-	-	-	-	-	-	-
	ก.ย.	ธ.ค.	มี.ค.	มิ.ย.	ก.ย.	ธ.ค.	มี.ค.	มิ.ย.
	53	53	54	54	54	54	55	55
วิเคราะห์และศึกษาแนวทางการพัฒนาทำการเปรียบเทียบผลจากการจำลองระบบ								
รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผล								
จัดเรียงข้อมูลที่ได้และสรุปผล								
นำข้อมูลที่ได้จากการสรุปผลมาจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์								

3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

จากการทดลองจำลองระบบโครงข่ายโดยอ้างอิงต้นแบบของ Network Topology มาจาก A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources¹ ดังรูปที่ 3.1

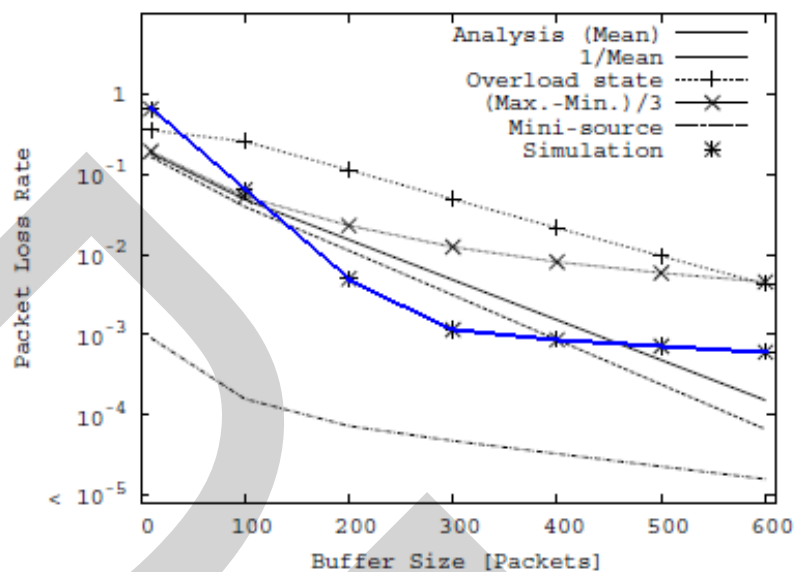


รูปที่ 3.1 Network Topology

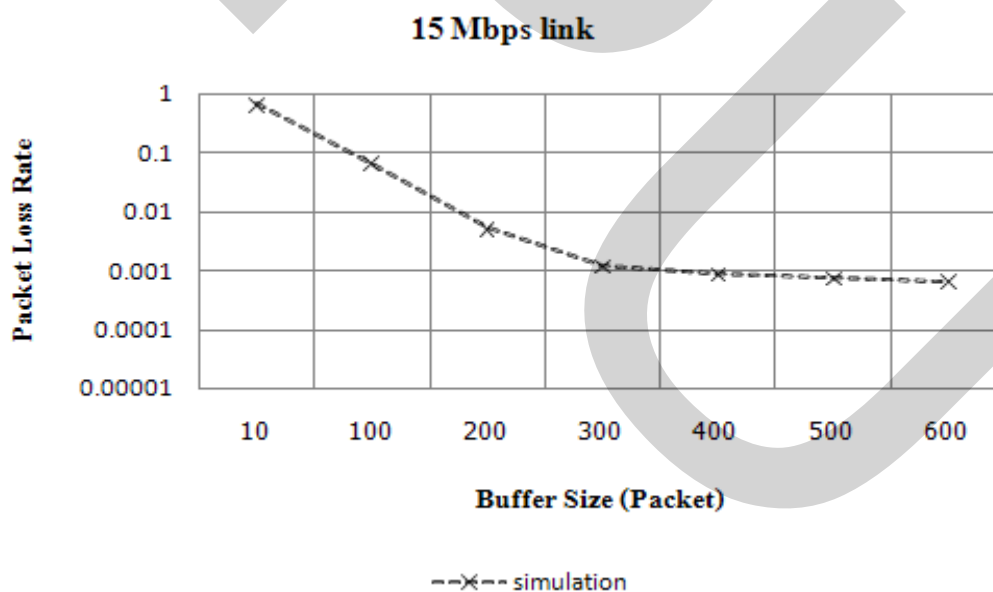
รูปที่ 3.1 จากบทความ A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources² นั้น Network Topology กำหนดให้โหนดต้นทาง S_1 - S_n ที่ทำการส่งข้อมูล Video Source ไปยัง R1 กำหนดให้มีแบนด์วิดท์ที่เชื่อมต่อกันระหว่างโหนดของ Video Source และ R1 เท่ากับ 100 Mbps และโหนดของ R1 ที่เชื่อมต่อกับโหนดของ R2 มีแบนด์วิดท์เท่ากับ 15 Mbps โหนดปลายทาง D_1 - D_n ที่เชื่อมต่อกับ R2 มีแบนด์วิดท์เท่ากับ 100 Mbps จากการทดลองจำลองระบบโครงข่ายโดยใช้ข้อมูลเดียวกันกันในการทดลองจำลองระบบด้วยโปรแกรม NS2 ได้ผลเหมือนกันดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3

¹ F. Wan, L. Cai and T.A. Gulliver. (2008, November). Ibid.

² F. Wan, L. Cai, T.A. Gulliver. (2008, November). Ibid.



รูปที่ 3.2 ผลการทำการจำลองระบบของบทความ A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources³



รูปที่ 3.3 ผลการทดลองจำลองระบบโครงข่ายด้วย NS2

³ F. Wan, L. Cai and T.A. Gulliver. (2008, November). Ibid.

โดยรูปที่ 3.2 นั้นเป็นค่าที่ได้จาก A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources⁴ ซึ่งในส่วนนี้จะแสดงไว้เป็นในกราฟของ Simulation และรูปที่ 3.3 ได้ผลการทดลอง Simulation โดย NS2 นั้นเป็นการจำลองเลียนแบบระบบโครงข่ายโดยใช้ NS2 เช่นเดียวกัน ซึ่งจากผลการทดลองจึงได้ค่า Packet Loss ที่ได้มีความใกล้เคียงกัน ซึ่งเราสามารถอนุมานได้ว่า Network Topology ที่ใช้มีความเหมือนหรือใกล้เคียงกัน

จากผลการทดลองจำลองระบบโครงข่ายของบทความ A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources ทำให้รู้โปรแกรม NS2 สามารถที่จะจำลองระบบโครงข่ายได้ใกล้เคียงกับบทความนี้ได้มากที่สุด หลังจากนั้นจะเป็นการนำสิ่งที่ได้นี้ไปปรับปรุงเพื่อทำ Video Source ที่ใช้สามารถใช้บนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ (Government Information Network หรือ GIN)^{5,6,7}

3.4.1 การจำลอง Video Source ที่ใช้ในการทดสอบโครงข่าย

ในบทความ A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources นั้นได้ใช้ Video Source จาก Video Trace Library^{8,9,10} ซึ่งมีตัว Video Trace File จากวิดีโอที่ใช้ในการทดลองจริงและอนุญาตให้บุคคลทั่วไปนำไปใช้สำหรับงานวิจัยระบบได้ จึงได้มีการนำ Video Source นี้มาใช้ในการทดสอบ ตัวอย่างของ Video Trace File HD ที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.4

⁴ F. Wan, L. Cai and T.A. Gulliver. (2008, November). Ibid.

⁵ การพัฒนาเครือข่ายสื่อสารข้อมูลเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ. (2550). แหล่งเดิม

⁶ ระบบเครือข่ายสื่อสารเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ. (2550). แหล่งเดิม

⁷ ระบบเครือข่ายสื่อสารเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ (2550). แหล่งเดิม

⁸ Patrick Seeling, Martin Reisslein and Beshan Kulapala. (2004, Third Quarter). "Network Performance Evaluation with Frame Size and Quality Traces of Single-Layer and Two-Layer Video: A Tutorial". **IEEE Communications Surveys and Tutorials**. p. 58-78.

⁹ Geert Van der Auwera, Prasanth T. David, and Martin Reisslein. (2008, September). "Traffic and Quality Characterization of Single-Layer Video Streams Encoded with H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding Standard and Scalable Video Coding Extension". **IEEE Transactions on Broadcasting**. p. 698-718.

¹⁰ Geert Van der Auwera, Prasanth T. David, and Martin Reisslein. (2009, September). "Implications of Smoothing on Statistical Multiplexing of H.264/AVC and SVC Video Streams". **IEEE Transactions on Broadcasting**. p. 541-558.

0	0.000000	I	4328	68.458	75.070	105.277
3	100.000000	P	20808	51.282	56.021	56.870
1	33.333330	B	1296	45.284	62.242	59.516
2	66.666670	B	776	49.384	58.000	59.718
6	200.000000	P	36424	47.898	57.732	55.116
4	133.333330	B	1872	43.850	53.422	52.663
5	166.666670	B	1248	46.720	54.922	54.475
9	300.000000	P	51088	46.197	55.784	54.218
7	233.333330	B	2576	43.351	54.985	52.610
8	266.666670	B	3704	44.080	54.478	52.978
12	400.000000	I	112336	45.543	54.988	53.971
10	333.333330	B	4616	43.314	55.028	50.703
11	366.666670	B	3648	44.020	53.312	52.444
15	500.000000	P	78976	43.835	54.005	52.024
13	433.333330	B	5680	42.314	54.301	52.029
14	466.666670	B	5512	43.259	53.097	51.034
18	600.000000	P	96864	43.094	52.181	51.536
16	533.333330	B	7648	41.995	50.534	50.027
17	566.666670	B	6552	42.209	49.628	49.556
21	700.000000	P	112072	42.565	51.609	50.868
19	633.333330	B	7672	41.100	50.677	49.764
20	666.666670	B	7904	41.680	50.596	49.556

รูปที่ 3.4 Verbose Trace File จากวิดีโอ “From Mars to China”

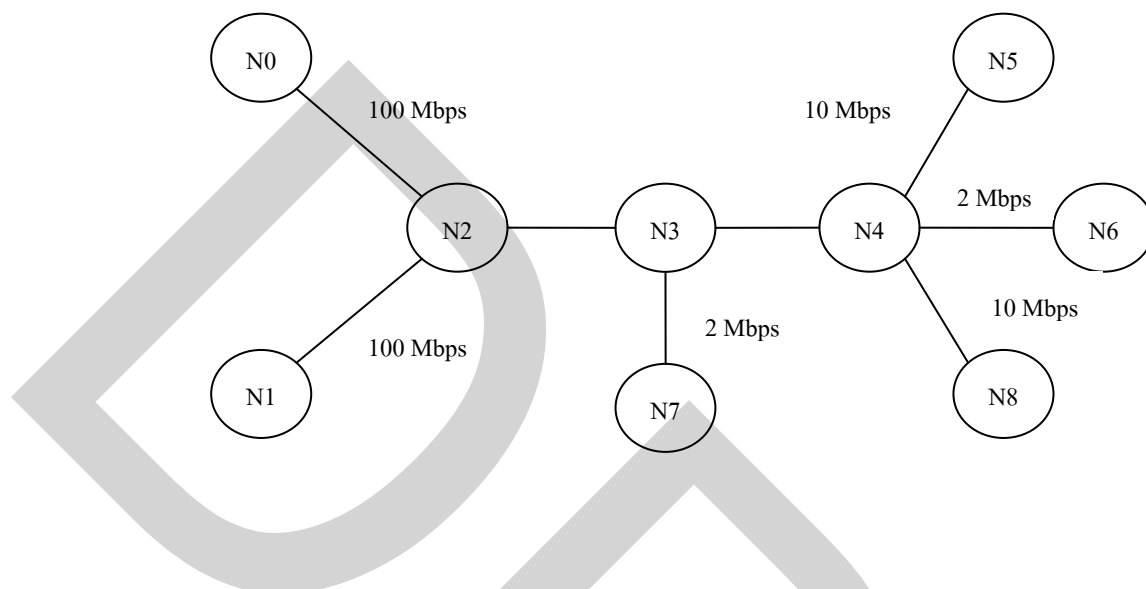
3.4.2 วิธีการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ (Government Information Network หรือ GIN)^{11, 12, 13}

จากโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐจึงได้ทำการนำโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐมาทำการจำลองระบบ IPTV แบบมัลติคาส (Multicast) ที่เป็นการส่งข้อมูลแบบหลายๆทางในช่วงเวลาเดียวกัน จึงได้ออกแบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐดังรูปที่ 3.5

¹¹ การพัฒนาเครือข่ายสื่อสารข้อมูลเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ. (2550). แหล่งเดิม

¹² ระบบเครือข่ายสื่อสารเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ. (2550). แหล่งเดิม

¹³ ระบบเครือข่ายสื่อสารเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ (2550). แหล่งเดิม



รูปที่ 3.5 แบบจำลองโครงสร้างโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

ตารางที่ 3.2 ประเภทของโหนดต่างๆ ในโครงข่าย

โหนด	อุปกรณ์
N0	Video Source
N1	Background Traffic Source
N2,N3,N4	Router
N5,N6,N7	Video Sink
N8	Background Traffic Sink

จากตารางที่ 3.2 บอกประเภทของโหนดแต่ละโหนดว่าเป็นอุปกรณ์ชนิดใดบ้าง โดยกำหนดดังต่อไปนี้

- N0 เป็นอุปกรณ์ประเภท Video Source
- N1 เป็นอุปกรณ์ประเภท Background Traffic Source
- N2, N3, N4 เป็นอุปกรณ์ประเภทของ Router

- N5, N6, N7 เป็นอุปกรณ์ประเภทของ Video Sink ในส่วนนี้เป็นปลายทางของผู้รับชมวิดีโอ

- N8 เป็นอุปกรณ์ประเภทของ Background Traffic Sink ในส่วนนี้เป็นปลายทางของ Background Traffic

จากรูปที่ 3.5 เป็นรูปแบบการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ N0 เป็น Video Source ที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางในจุดต่างๆ N1 เป็นข้อมูลที่มีอยู่แล้วในระบบหรือเรียกอีกอย่างว่า Background Traffic ส่วน N2, N3, N4 เป็นโหนดส่วนกลางที่ข้อมูลต้องส่งผ่านไปยังจุดหมายปลายทาง N5, N6, N7 เป็นจุดหมายปลายทางในการส่งข้อมูล Video Source แบบมัลติคาสต์ปลายทางของ N5, N6, N7 มีการรับข้อมูล Video Source ในเวลาที่แตกต่างกันไป N8 เป็นจุดหมายปลายทางของ Background Traffic โดยโครงข่ายนี้ที่จะจำลองนี้มีปัจจัยในการจำลองเพื่อทดสอบว่าโครงข่ายนี้สามารถใช้งาน IPTV ได้มากน้อยอย่างไร โดยมีเงื่อนไขของโครงข่ายนี้มีแบนด์วิดท์ ตั้งแต่ 2 Mbps ถึง 10 Mbps ของ N2 ถึง N4 โดยงานวิจัยนี้จะทำการปรับเปลี่ยนในส่วนของโหนดส่วนกลางตามเงื่อนไขข้างต้นที่กล่าวไว้ และยังเปลี่ยนแปลงในส่วนของ Background Traffic ที่เพิ่มเข้าไปในโครงข่ายตั้งแต่ 0% จนถึง 100% ในการจำลองโครงข่ายนี้จึงได้อ้างอิงมาจากโครงสร้างของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐโดยการตั้งค่าต่างๆไว้ดังรูปที่ 3.5 และทำการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐที่มีค่าเฉลี่ยโดยรวมยอมรับได้มากที่สุด

ในการทดสอบการจำลองโครงข่ายนั้นในแต่ละวิธีโอมีระยะเวลาครั้งละ 3 นาทีโดยวิธีโอหนึ่งนั้นจะทดสอบโดยใช้ช่วงเวลาต่างกันทั้งหมด 30 ครั้งเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยที่ยอมรับได้และแต่ละวิธีโอจะมีการปรับแบนด์วิดท์ และ Background Traffic ในแต่ละครั้งของการทดสอบเพื่อหาผลกระทบที่มีต่อระบบ

การประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐจาก Trace ที่ได้จากการจำลองระบบโครงข่าย

สำหรับการจำลองระบบโครงข่ายของ NS2 นั้นเมื่อทำการ Simulation เสร็จสิ้นแล้ว เราจะได้ตัวไฟล์ที่มีนามสกุล .tr มาโดยไฟล์จะมีชื่อตามที่เรากำหนดไว้ตอนเขียนโปรแกรมที่ชื่อไฟล์เป็น .tcl ซึ่งจากรูปตัวอย่าง Source Code จะมีชื่อเป็น outvideo.tr ซึ่งในตัว Trace นี้จะบรรจุการส่งข้อมูลทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบโครงข่ายในรูปแบบของ Text ตามรูปที่ 3.6

```

+ 0.033 0 2 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
- 0.033 0 2 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
r 0.043066 0 2 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
+ 0.043066 2 1 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
- 0.043066 2 1 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
+ 0.043066 2 3 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
- 0.043066 2 3 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
r 0.053131 2 1 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
+ 0.053131 1 2 prune 80 ----- 30 1.0 2.0 -1 1
- 0.053131 1 2 prune 80 ----- 30 1.0 2.0 -1 1
r 0.053721 2 3 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
+ 0.053721 3 4 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
- 0.053721 3 4 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
+ 0.053721 3 7 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
- 0.053721 3 7 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
r 0.063137 1 2 prune 80 ----- 30 1.0 2.0 -1 1
r 0.064376 3 4 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
+ 0.064376 4 5 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
- 0.064376 4 5 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
+ 0.064376 4 6 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
- 0.064376 4 6 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
r 0.064376 3 7 udp 819 ----- 10 0.1 -2147483648.0 0 0
+ 0.064376 7 3 prune 80 ----- 30 7.0 3.0 -1 2
- 0.064376 7 3 prune 80 ----- 30 7.0 3.0 -1 2
+ 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 1 3
- 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 1 3
+ 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 2 4
+ 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 3 5
+ 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 4 6
+ 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 5 7
+ 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 6 8
+ 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 7 9
+ 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 8 10
+ 0.066 0 2 udp 1000 ----- 10 0.1 -2147483648.0 9 11

```

รูปที่ 3.6 รายละเอียดของ Trace File

event	time	from node	to node	pkt type	pkt size	flags	fid	src addr	dst addr	seq num	pkt id
-------	------	--------------	------------	-------------	-------------	-------	-----	-------------	-------------	------------	-----------

r : receive (at to_node)

+ : enqueue (at queue)

- : dequeue (at queue)

d : drop (at queue)

src_addr : node.port (3.0)

dst_addr : node.port (0.0)

รูปที่ 3.7 รูปแบบของ Trace File ¹⁴

¹⁴ จิตติมา นิตยวรรณ โสภต ชกัตตรยาพงษ์ และอุไรรัตน์ พึ่งสุนทรรัตน์. (2551). แหล่งเดิม

จากรูปที่ 3.7 จะเป็นการแสดงรายละเอียดของแต่ละส่วนใน Trace File ซึ่งมีค่าทั้งหมด 12 ค่าดังนี้

- 1) Event คือ Event type ซึ่งมีสัญลักษณ์อยู่ 4 ชนิดคือ r, +, -, d โดย r หมายถึง receive, + หมายถึง enqueue, - หมายถึง dequeue, d หมายถึง drop
- 2) Time คือเวลาขณะที่เกิด event
- 3) From node คือ input node ของ link ที่เกิด event
- 4) To node คือ output node ของ link ที่เกิด event
- 5) Pkt type คือ Packet type หรือชื่อของตัวแปรที่ถูกกำหนดค่าให้เป็น Application
- 6) Pkt size คือ Packet Size
- 7) Flags
- 8) Fid คือ Flow id (ตัวแปรที่เก็บค่าสี)
- 9) Srcaddr คือ source address
- 10) Dstaddr คือ destination address
- 11) Seqnum คือ Sequence number ของ packet ใน Network Layer
- 12) Pkt id คือ unique id ของ packet

ในการจำลองระบบโครงข่ายบน NS2 แต่ครั้งนั้นสามารถจัดเตรียมรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละเหตุการณ์บนโครงข่ายได้ ซึ่งถ้าหากต้องการที่จะวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ นั้นเราสามารถที่จะทำได้จาก Trace ไฟล์นี้โดยใช้ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมต่างๆ ในการจัดการกับไฟล์ Trace ซึ่งในที่นี้เราได้ทำการจัดการกรองไฟล์ข้อมูลด้วยการเขียนโปรแกรมในการกรองข้อมูลที่เป็นออกมาและนำมาหาการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐต่างๆ ของ IPTV นั้นคือ Packet Loss, Delay และ Jitter ได้

จากที่กล่าวมาจึงได้ทำการทดสอบการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ มีส่วนประกอบในการทำการทดสอบดังนี้

- วิธีโอที่ใช้ในการทดสอบแบบออกเป็น 30 ส่วน แต่ละส่วนเป็นระยะเวลาที่แตกต่างกัน
- แบบจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐดังรูปที่ 3.5

3.4.3 วิธีการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

- 1) ทำการนำวิดีโอที่ใช้ในการทดสอบนำเข้าไปทดสอบในโครงข่ายที่ออกแบบไว้ด้วยโปรแกรม NS2 ที่ละวิดีโอจนครบทั้งหมด 30 ส่วน
- 2) โดยมีเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในการทดสอบระบบโครงข่ายในแต่ละครั้ง
- 3) ส่วนของแต่ละวิดีโอทำการนำรายละเอียดของ Trace File ที่ได้ในแต่ละครั้งมาทำการหาค่าของ Packet Loss, Delay และ Jitter

บทที่ 4

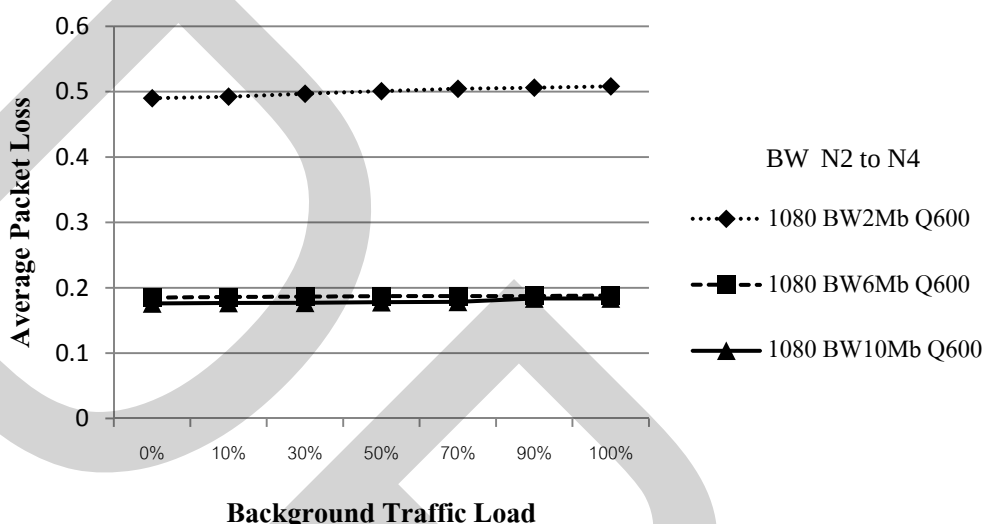
ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิจัย

โดยผู้วิจัยทำการจำลอง IPTV ในระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ กำหนดให้มีการทดสอบ IPTV ในโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ด้วย Video Source ที่มีความละเอียดของ Video Source ที่แตกต่างกัน แบ่งวิดีโอออกเป็น 2 ประเภท คือ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i และ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่ใช้ในการจำลองระบบ IPTV ที่ใช้ในโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ และมีการส่งข้อมูลภายในโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐเป็นแบบมัลติคาสต์ อีกทั้งมีการจำลองข้อมูลของ Background Traffic ตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของขนาดแบนด์วิดท์ 2, 6 และ 10 Mb ตามลำดับ โดยการจำลองระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐตามรูปที่ 3.5 และมีประเภทของโหนดต่างๆตามตารางที่ 3.2 ในส่วนของผลการศึกษาวิจัยได้ผลการจำลองระบบนั้นมีปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบ เช่น Background Traffic, Buffer Size และแบนด์วิดท์ โดยประเมินคุณภาพของ IPTV บนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐจากค่าของ Packet Loss, Delay, Jitter

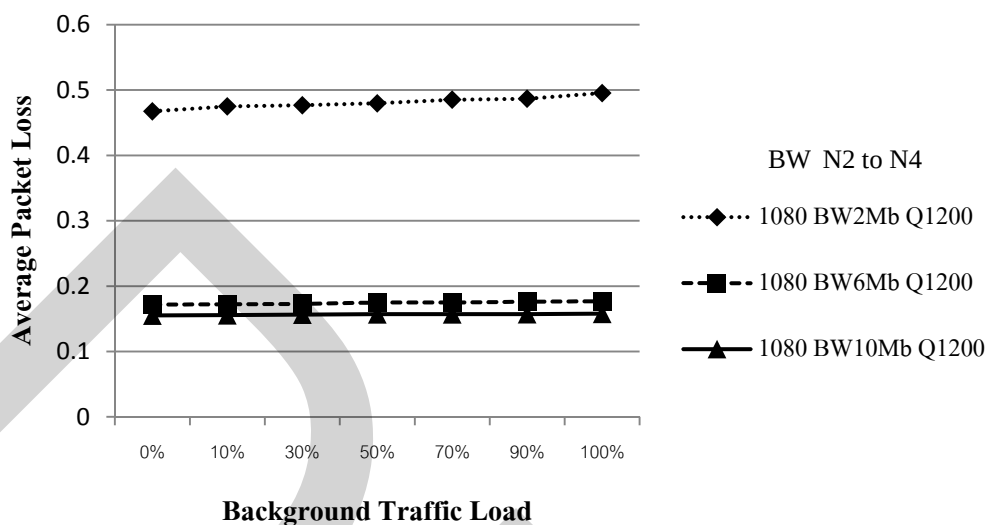
4.1.1 Average Packet Loss

1) Average Packet Loss ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต และ 1200 แพ็คเก็ต ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i

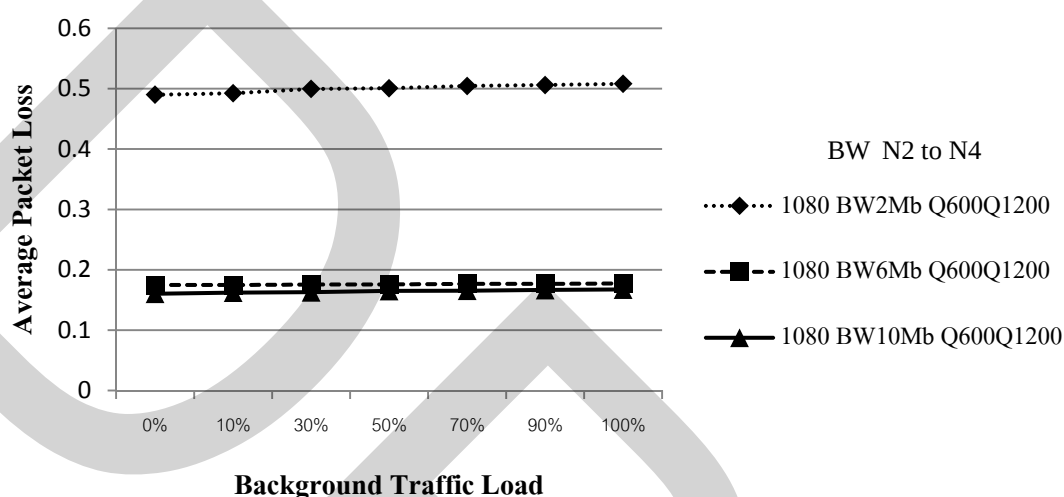
รูปที่ 4.1 ที่มีค่า Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต มีค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Background Traffic ที่เกิดขึ้นโดยที่แบนด์วิธ 2 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.49 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.5 ในส่วนของแบนด์วิธ 6 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.185 ทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.188 และในส่วนของแบนด์วิธ 10 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.175 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.183 จึงทำให้ทราบว่าแบนด์วิธและ Background Traffic มีผลต่อโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ



รูปที่ 4.2 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i

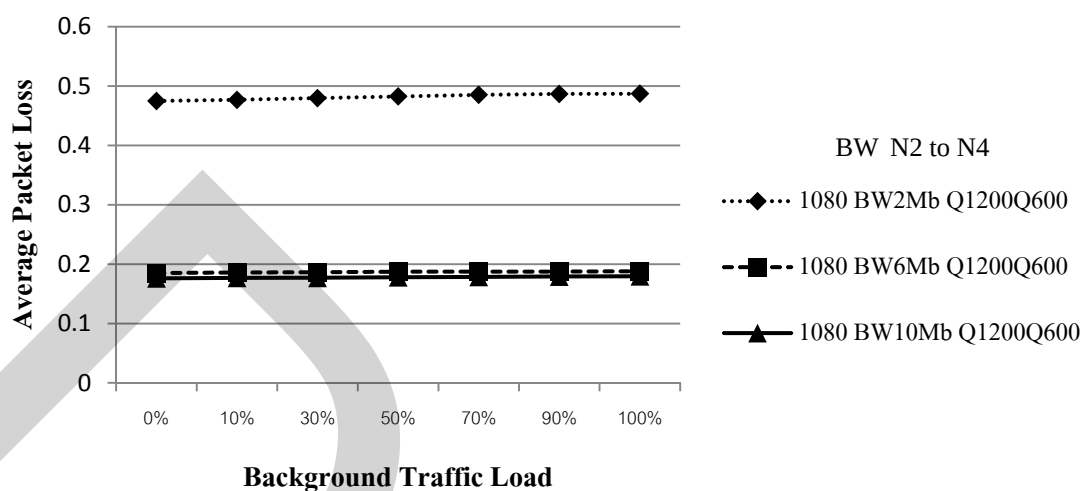
รูปที่ 4.2 ที่มีค่า Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต มีค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Background Traffic ที่เกิดขึ้นโดยที่แบนด์วิดท์ 2 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.46 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.49 ในส่วนของแบนด์วิดท์ 6 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.171 ทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.176 และในส่วนของแบนด์วิดท์ 10 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.155 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.157 จึงทำให้ทราบว่าแบนด์วิดท์และ Background Traffic มีผลต่อโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

2) ผลของ Average Packet Loss ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4.3 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i

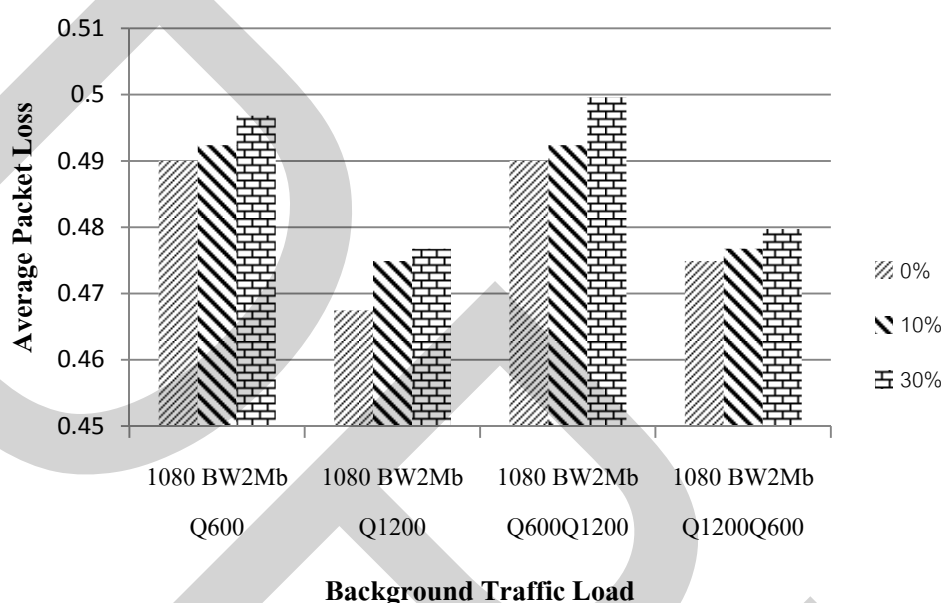
รูปที่ 4.3 ที่มีค่า Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต มีค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Background Traffic ที่เกิดขึ้นโดยที่แบนด์วิดท์ 2 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.49 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.5 ในส่วนของแบนด์วิดท์ 6 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.174 ทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.177 และในส่วนของแบนด์วิดท์ 10 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.16 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.167 จึงทำให้ทราบว่าแบนด์วิดท์และ Background Traffic มีผลต่อโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ



รูปที่ 4.4 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i

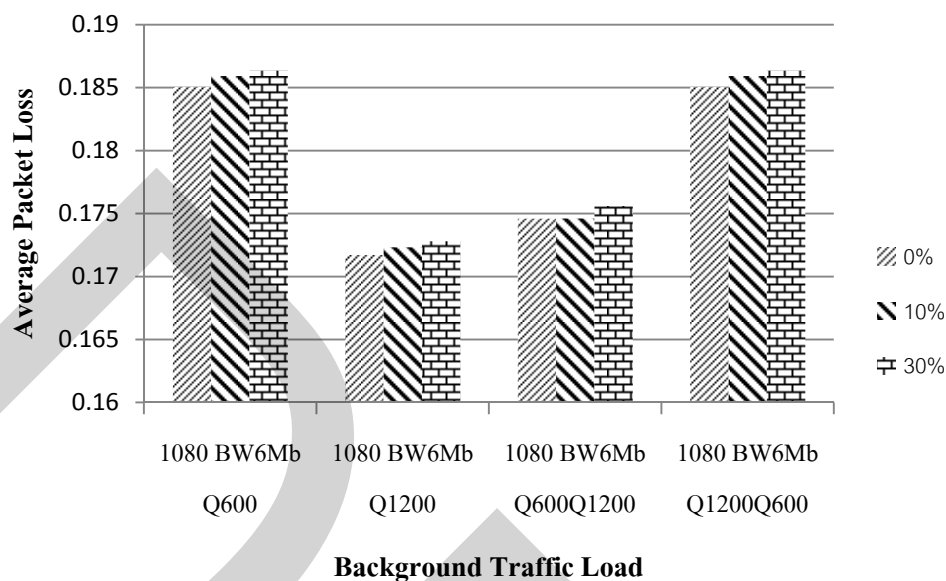
รูปที่ 4.4 ที่มีค่า Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต มีค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Background Traffic ที่เกิดขึ้นโดยที่แบนด์วิดท์ 2 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.47 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.48 ในส่วนของแบนด์วิดท์ 6 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.185 ทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.188 และในส่วนของแบนด์วิดท์ 10 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.175 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.179 จึงทำให้ทราบว่าแบนด์วิดท์และ Background Traffic มีผลต่อโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

ในส่วนต่อไปนี้เป็นส่วนที่ทำการเปรียบเทียบค่าของ Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ว่ามีค่าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละ Buffer Size ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i



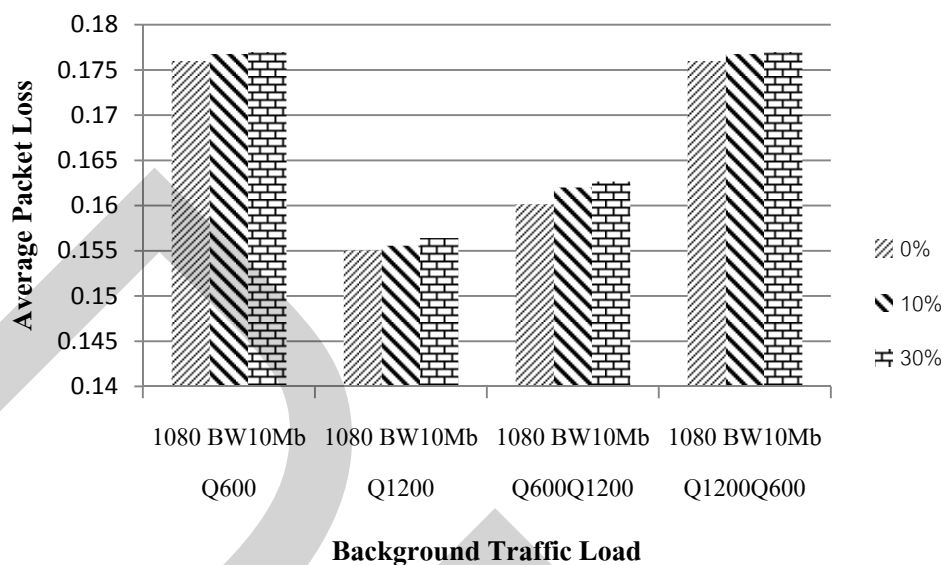
รูปที่ 4.5 ค่า Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 2 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i

รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบระหว่าง Buffer Size ที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต , 1200 แพ็คเก็ต และ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต , Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต โดยการแสดงผลเป็น Background Traffic ตั้งแต่ 0 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รู้ว่า Buffer Size ที่มีผลทำให้การใช้งานระบบโครงข่ายที่ใช้ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต นั้นมีค่าของ Average Packet Loss ที่น้อยที่สุด ที่ทำให้คุณภาพของวิดีโอดีขึ้น โดยในส่วนนี้จำลองผลจากแบนด์วิดท์ 2 Mb



รูปที่ 4.6 ค่า Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 6 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i

รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบระหว่าง Buffer Size ที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต , 1200 แพ็คเก็ต และ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต , Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต โดยการแสดงผลเป็น Background Traffic ตั้งแต่ 0 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รู้ว่า Buffer Size ที่มีผลทำให้การใช้งานระบบโครงข่ายที่ใช้ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต นั้นมีค่าของ Average Packet Loss ที่น้อยที่สุด ที่ทำให้คุณภาพของวิดีโอดีขึ้น โดยในส่วนนี้จำลองผลจากแบนด์วิดท์ 6 Mb นั้นทำให้รู้ว่าค่า Buffer Size ที่ปลายทางฝั่งรับที่มีค่ามากขึ้นทำให้ผลของ Average Packet Loss ดีขึ้น เพราะทำให้ Packet Loss เกิดน้อยลง

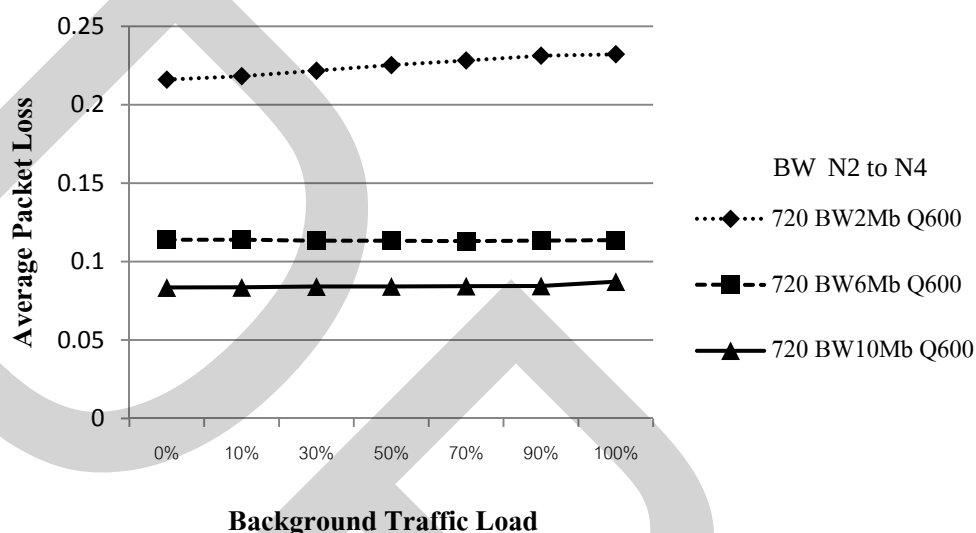


รูปที่ 4.7 ค่า Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i

รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบระหว่าง Buffer Size ที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต , 1200 แพ็คเก็ต และ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต , Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต โดยการแสดงผลเป็น Background Traffic ตั้งแต่ 0 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รู้ว่า Buffer Size ที่มีผลทำให้การใช้งานระบบโครงข่ายที่ใช้ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต นั้นมีค่าของ Average Packet Loss ที่น้อยที่สุด ที่ทำให้คุณภาพของวิดีโอดีขึ้น โดยในส่วนนี้จำลองผลจากแบนด์วิดท์ 10 Mb นั้นทำให้รู้ว่าค่า Buffer Size ที่ปลายทางฝั่งรับที่มีค่ามากขึ้นทำให้ผลของ Average Packet Loss ดีขึ้น เพราะทำให้ Packet Loss เกิดน้อยลง

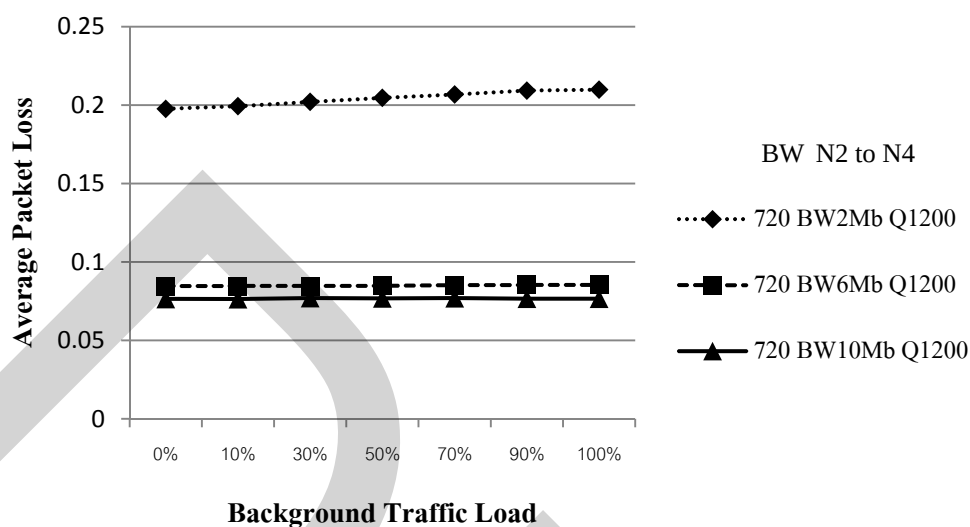
จึงสรุปได้ว่าในส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตามแบนด์วิดท์และ Background Traffic โดยที่ Buffer Size ที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลกระทบที่ทำให้ค่าของ Average Packet Loss นั้นเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

3) Average Packet Loss ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต และ 1200 แพ็คเก็ต ตามลำดับ



รูปที่ 4.8 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

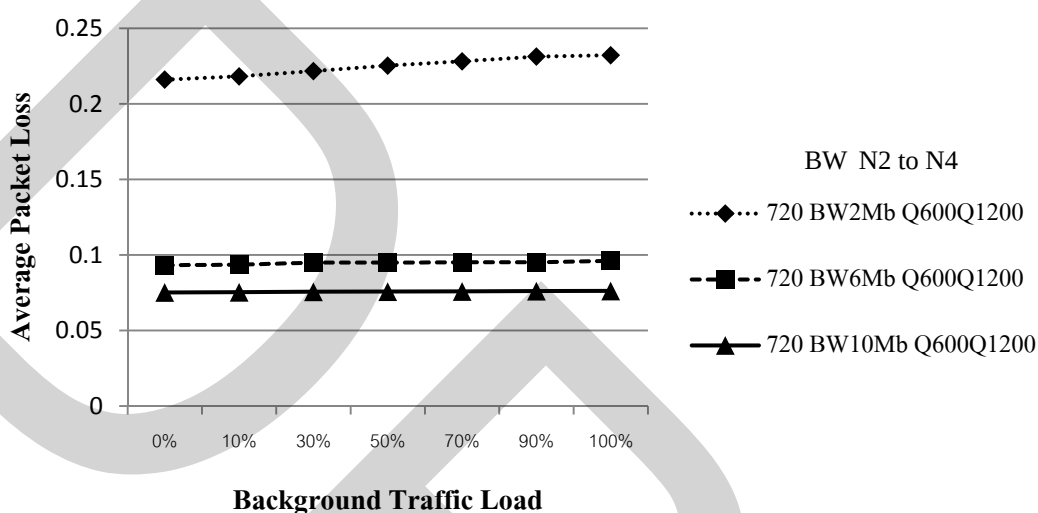
รูปที่ 4.8 ที่มีค่า Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต มีค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Background Traffic ที่เกิดขึ้นโดยที่แบนด์วิดท์ 2 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.21 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.23 ในส่วนของแบนด์วิดท์ 6 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.113 ทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.113 และในส่วนของแบนด์วิดท์ 10 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.083 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.087 จึงทำให้ทราบว่าแบนด์วิดท์และ Background Traffic มีผลต่อโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ



รูปที่ 4.9 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

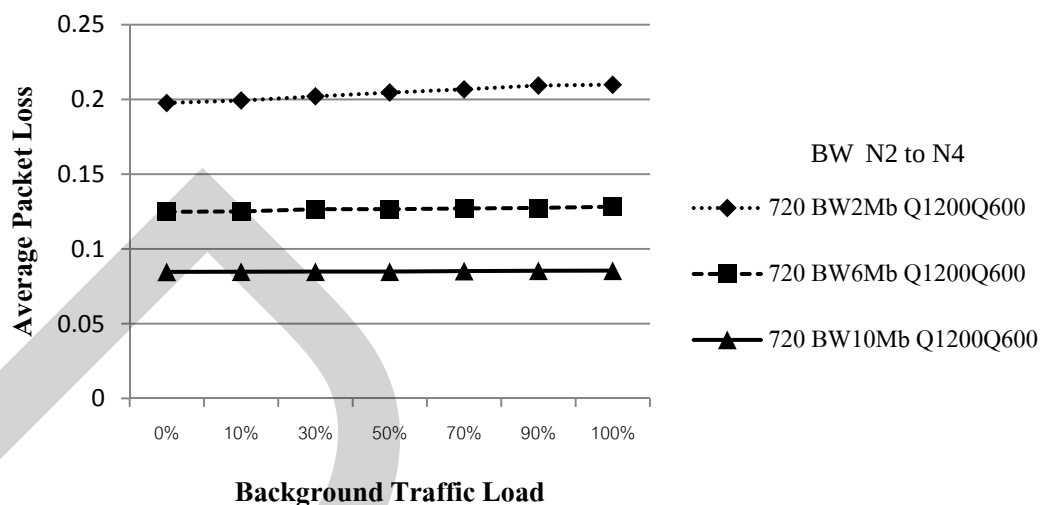
รูปที่ 4.9 ที่มีค่า Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต มีค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Background Traffic ที่เกิดขึ้นโดยที่แบนด์วิดท์ 2 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.19 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.20 ในส่วนของแบนด์วิดท์ 6 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.084 ทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.085 และในส่วนของแบนด์วิดท์ 10 Mb ที่ N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.0764 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.0765 จึงทำให้ทราบว่าแบนด์วิดท์และ Background Traffic มีผลต่อโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

4) Average Packet Loss ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4.10 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

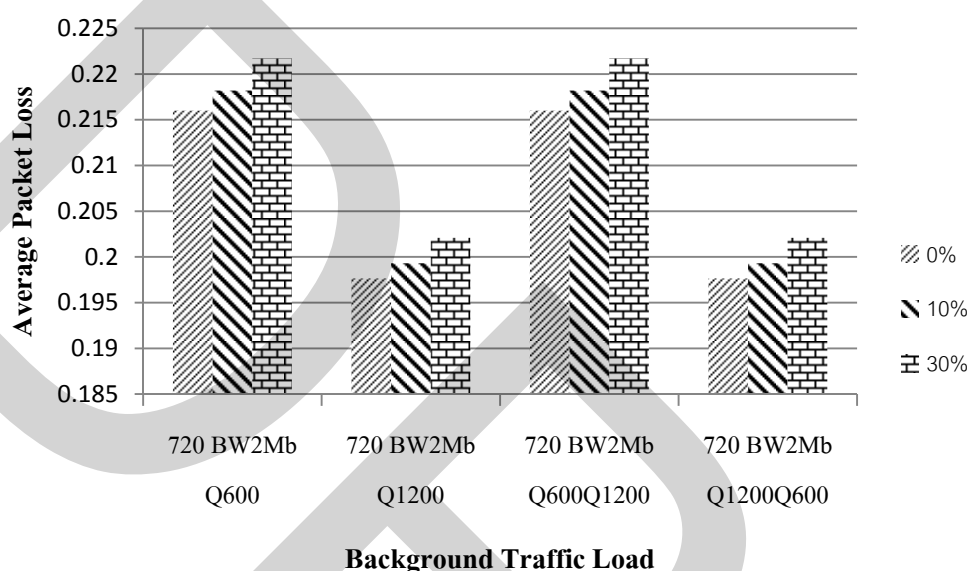
รูปที่ 4.10 ที่มีค่า Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต มีค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Background Traffic ที่เกิดขึ้น โดยที่แบนด์วิดท์ 2 Mb N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.21 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.23 ในส่วนของแบนด์วิดท์ 6 Mb N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.093 ทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.096 และในส่วนของแบนด์วิดท์ 10 Mb N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.075 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.076 จึงทำให้ทราบว่าแบนด์วิดท์และ Background Traffic มีผลต่อโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ



รูปที่ 4.11 ผลของ Average Packet Loss ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

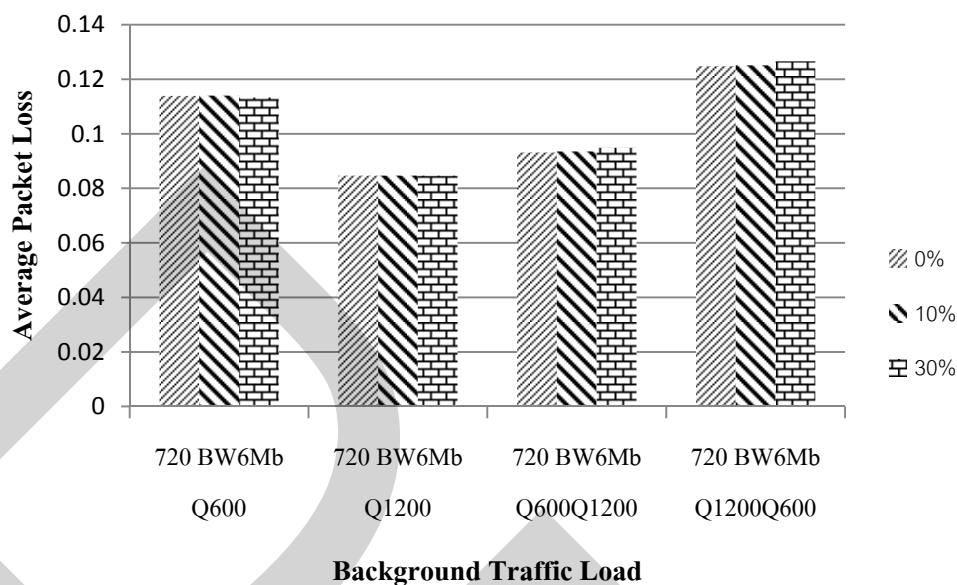
รูปที่ 4.11 ที่มีค่า Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต มีค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Background Traffic ที่เกิดขึ้น โดยที่แบนด์วิดท์ 2 Mb N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.19 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปยังค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.2 ในส่วนของแบนด์วิดท์ 6 Mb N2 ถึง N4 เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.124 ทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.128 และในส่วนของแบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss ค่าเริ่มต้นที่ประมาณ 0.084 อีกทั้งยังเพิ่มขึ้นตาม Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปค่าสุดท้ายอยู่ที่ประมาณ 0.085 จึงทำให้ทราบว่าแบนด์วิดท์และ Background Traffic มีผลต่อโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

ในส่วนต่อไปนี้เป็นส่วนที่ทำการเปรียบเทียบค่าของ Average Packet Loss ของ Buffer Size แต่ละ ส่วนว่ามีค่าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละ Buffer Size ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i



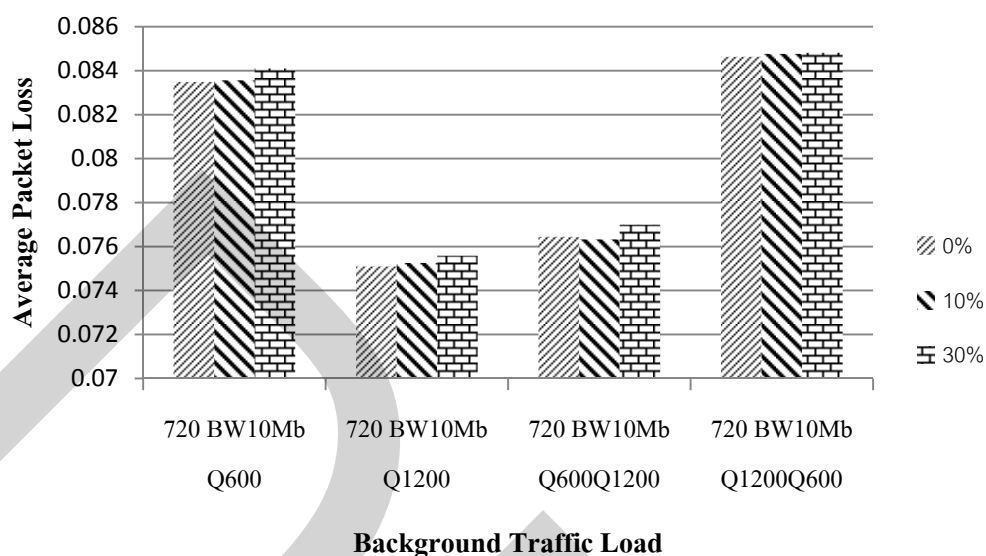
รูปที่ 4.12 ผลของ Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 2 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบระหว่าง Buffer Size ที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต , 1200 แพ็คเก็ต และ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต , Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต โดยการแสดงผลเป็น Background Traffic ตั้งแต่ 0 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รู้ว่า Buffer Size ที่มีผลทำให้การใช้งานระบบโครงข่ายที่ใช้ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และที่ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต นั้นมีค่าของ Average Packet Loss ที่น้อยที่สุด ที่ทำให้คุณภาพของวิดีโอดีขึ้น โดยในส่วนนี้จำลองผลจากแบนด์วิดท์ 2 Mb



รูปที่ 4.13 ผลของ Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 6 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบระหว่าง Buffer Size ที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต , 1200 แพ็คเก็ต และ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต , Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต โดยการแสดงผลเป็น Background Traffic ตั้งแต่ 0 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รู้ว่า Buffer Size ที่มีผลทำให้การใช้งานระบบโครงข่ายที่ใช้ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่ Buffer Size ทั้ง 4 แบบนั้น มีการเปลี่ยนแปลงของ Average Packet Loss ไม่ต่างกันนัก โดยในส่วนนี้จำลองผลจากแบนด์วิดท์ 6 Mb นั้น



รูปที่ 4.14 ผลของ Average Packet Loss ของแต่ละ Buffer Size ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

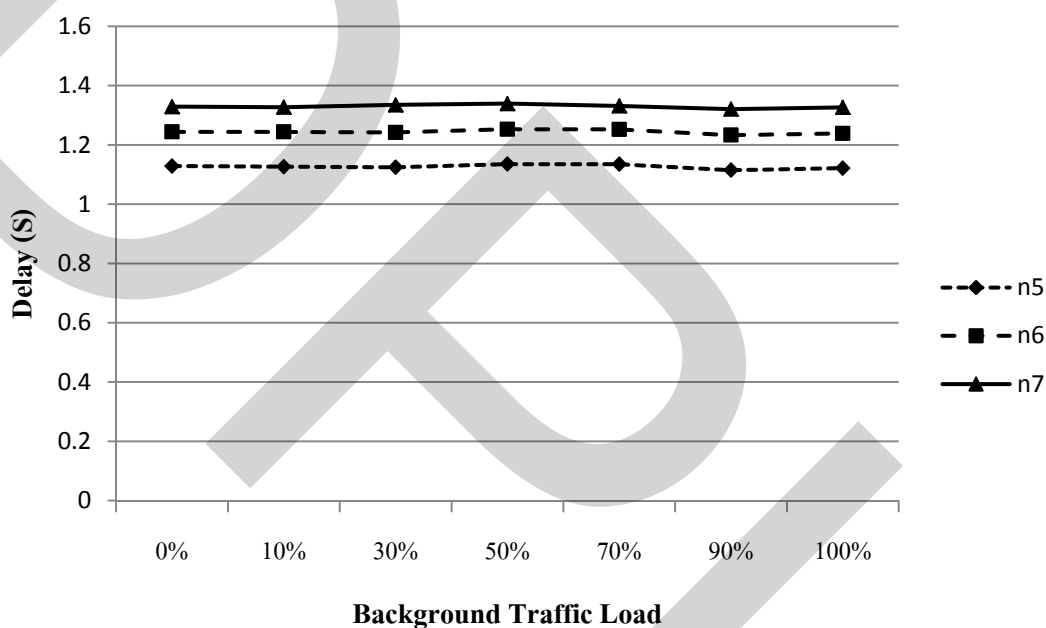
รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบระหว่าง Buffer Size ที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต , 1200 แพ็คเก็ต และ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต , Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต โดยแสดงผลเป็น Background Traffic ตั้งแต่ 0 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้รู้ว่า Buffer Size ที่มีผลทำให้การใช้งานระบบโครงข่ายที่ใช้ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และที่ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต นั้นมีค่าของ Average Packet Loss ที่น้อยที่สุด ที่ทำให้คุณภาพของวิดีโอดีขึ้น โดยในส่วนนี้จำลองผลจากแบนด์วิดท์ 10 Mb นั้นทำให้รู้ว่าค่า Buffer Size ที่ปลายทางฝั่งรับที่มีค่ามากขึ้นทำให้ผลของ Average Packet Loss ดีขึ้น เพราะเกิด Packet Loss น้อยลง

จึงสรุปได้ว่าในส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ค่า Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตามแบนด์วิดท์และ Background Traffic โดยที่ Buffer Size ที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลกระทบที่ทำให้ค่าของ Average Packet Loss นั้นเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

ส่วนต่อไปนี้จะแสดงผลในส่วนของ Delay และ Jitter ที่เกิดขึ้นบนระบบโครงข่าย โดยที่จำแนกออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i และส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

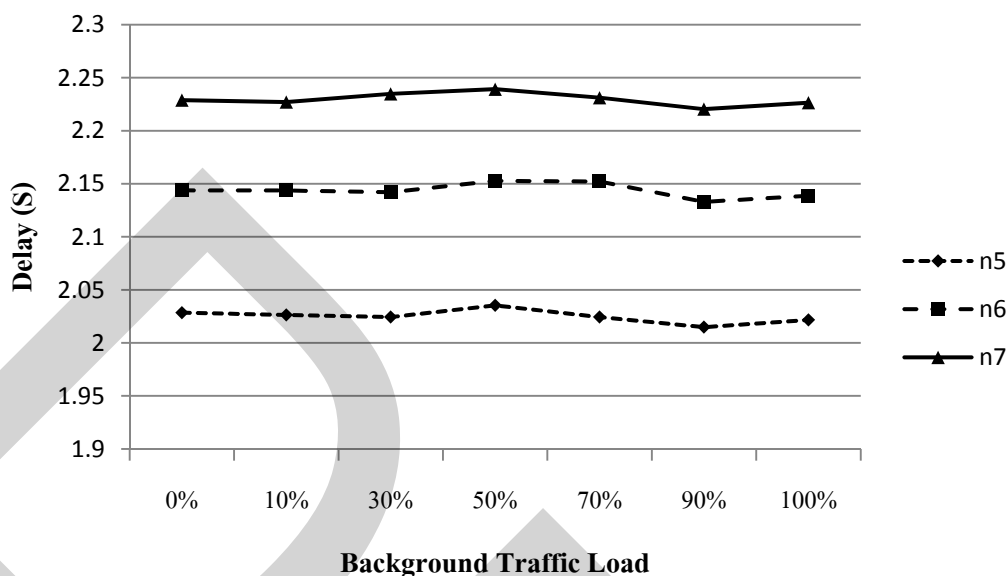
4.1.2 Delay

1) ค่า Delay ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i โดยเปรียบเทียบค่าระหว่าง Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็กเก็ต กับ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็กเก็ต



รูปที่ 4.15 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็กเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

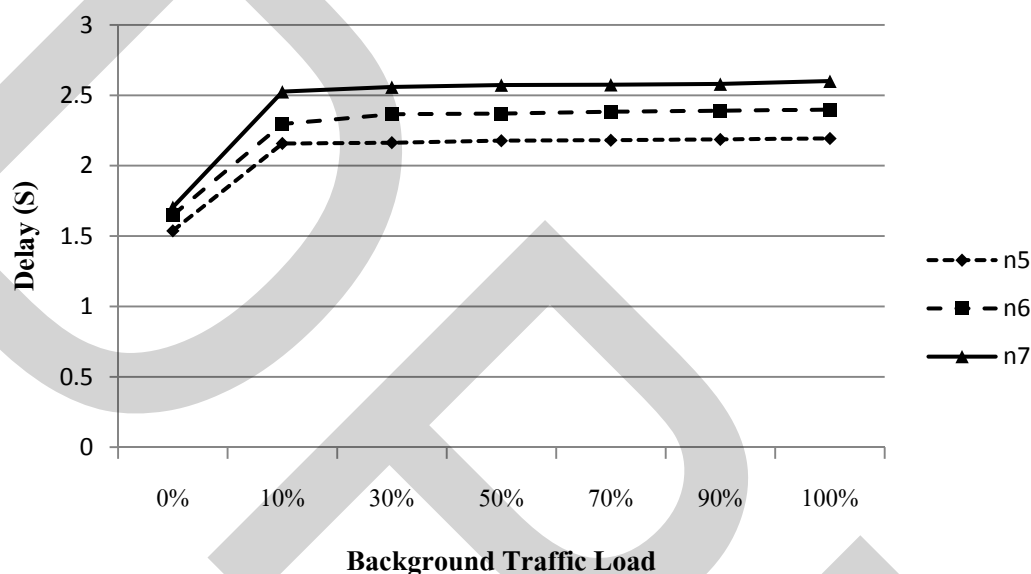
รูปที่ 4.15 ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็กเก็ต แสดงค่า Delay ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Delay ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.12 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.23 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.32 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Delay ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 4.16 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

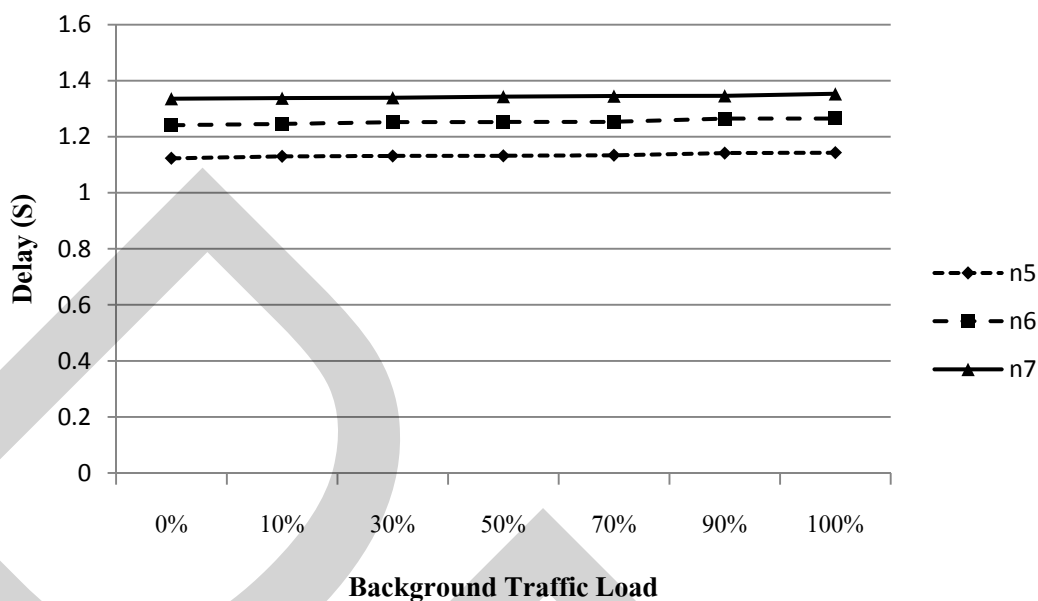
รูปที่ 4.16 ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต แสดงค่า Delay ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Delay ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 2.02 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 2.13 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 2.22 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Delay ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

2) ค่า Delay ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i โดยเปรียบเทียบค่าระหว่าง Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต กับ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4.17 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

รูปที่ 4.17 ที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต แสดงค่า Delay ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Delay ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 2.19 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 2.39 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 2.6 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Delay ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

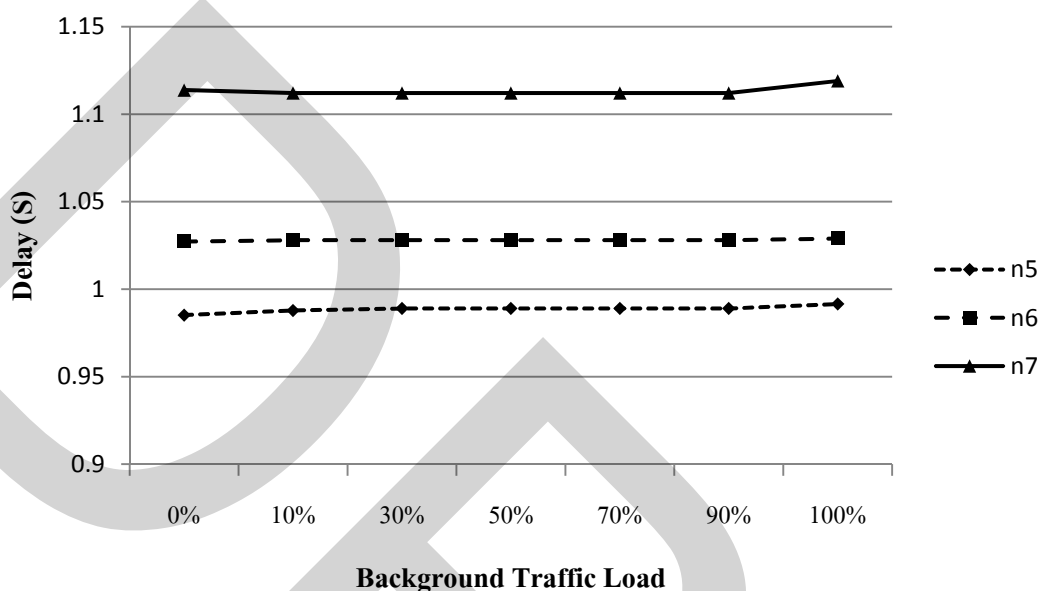


รูปที่ 4.18 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

รูปที่ 4.18 ที่ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต แสดงค่า Delay ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Delay ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.14 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.26 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.35 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลาารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Delay ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

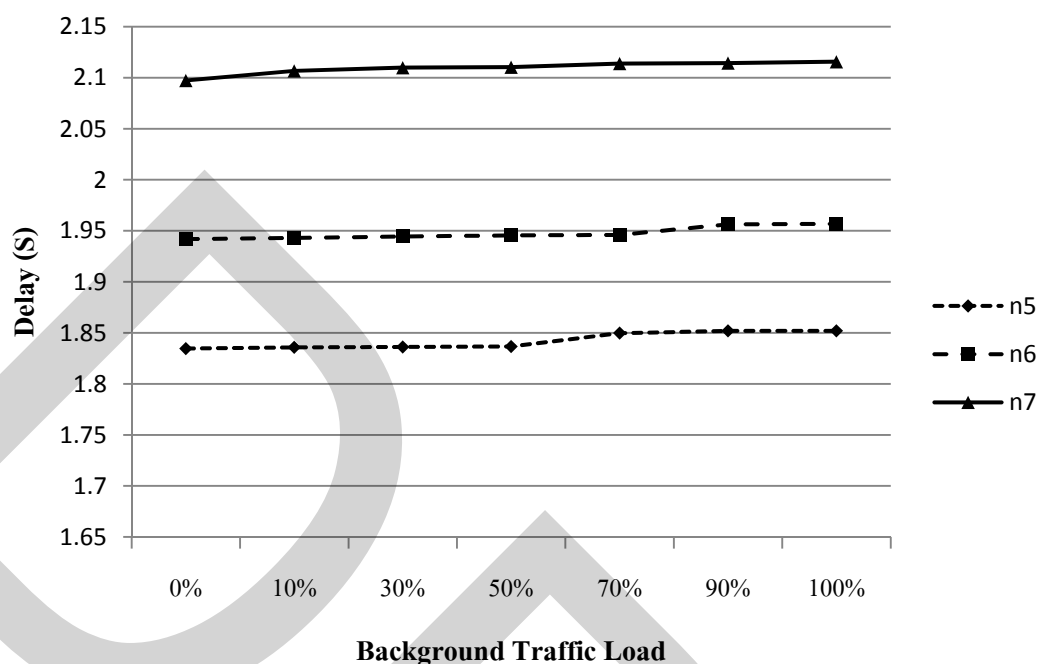
จึงสรุปได้ว่าในส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ค่า Delay ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Buffer Size ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ทราบว่า Delay เพิ่มขึ้นเมื่อ Buffer Size เพิ่มขึ้น

3) ค่า Delay ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i โดยเปรียบเทียบค่าระหว่าง Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต กับ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4.19 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

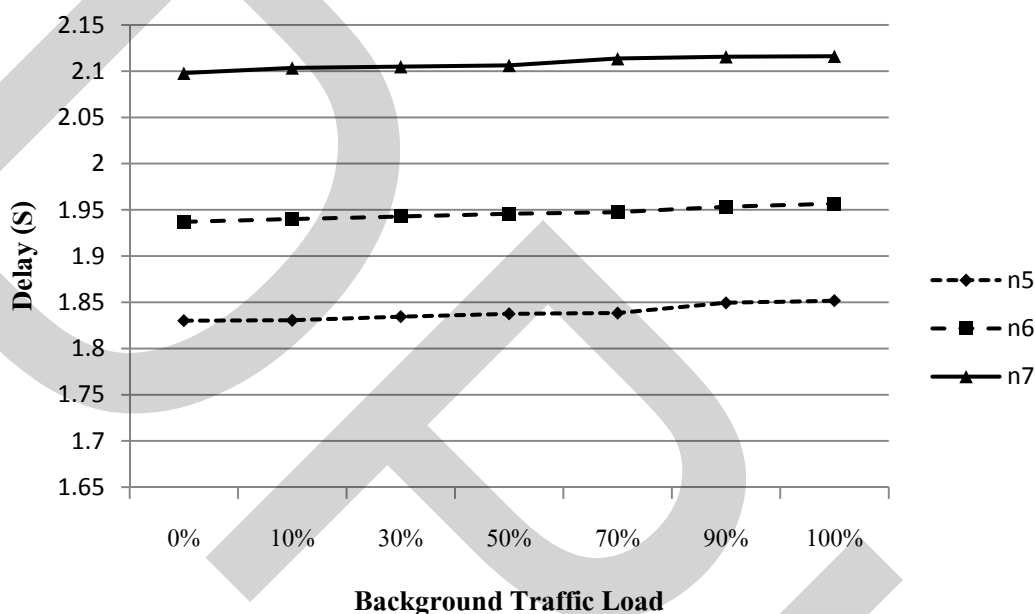
รูปที่ 4.19 ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต แสดงค่า Delay ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Delay ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 0.99 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.02 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.11 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Delay ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 4.20 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

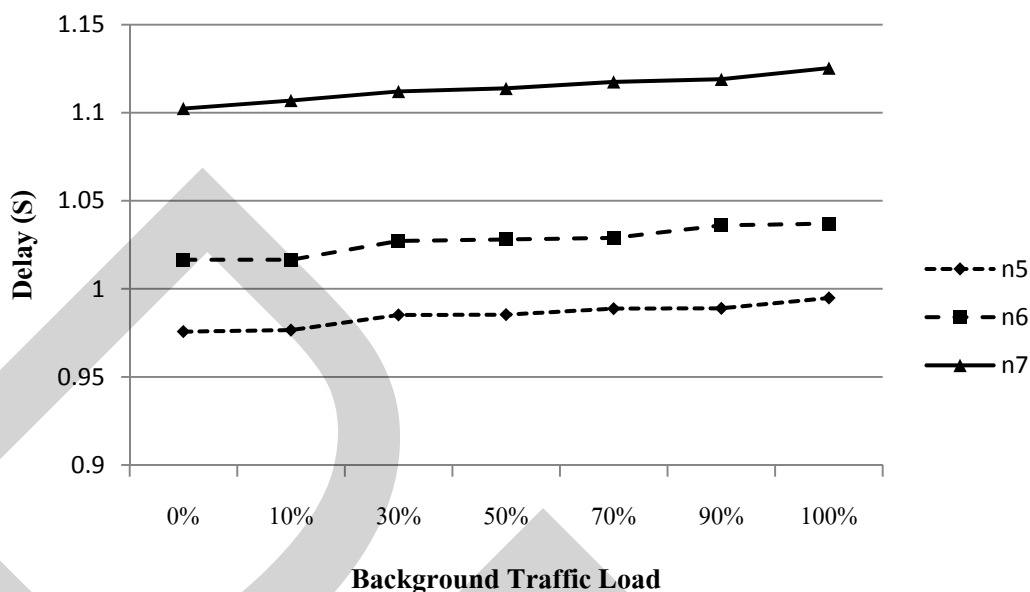
รูปที่ 4.20 ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต แสดงค่า Delay ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Delay ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.85 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.95 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 2.11 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Delay ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

4) ค่า Delay ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i โดยเปรียบเทียบค่าระหว่าง Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต กับ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4.21 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

รูปที่ 4.21 ที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต แสดงค่า Delay ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Delay ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.8 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.95 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 2.11 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Delay ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ



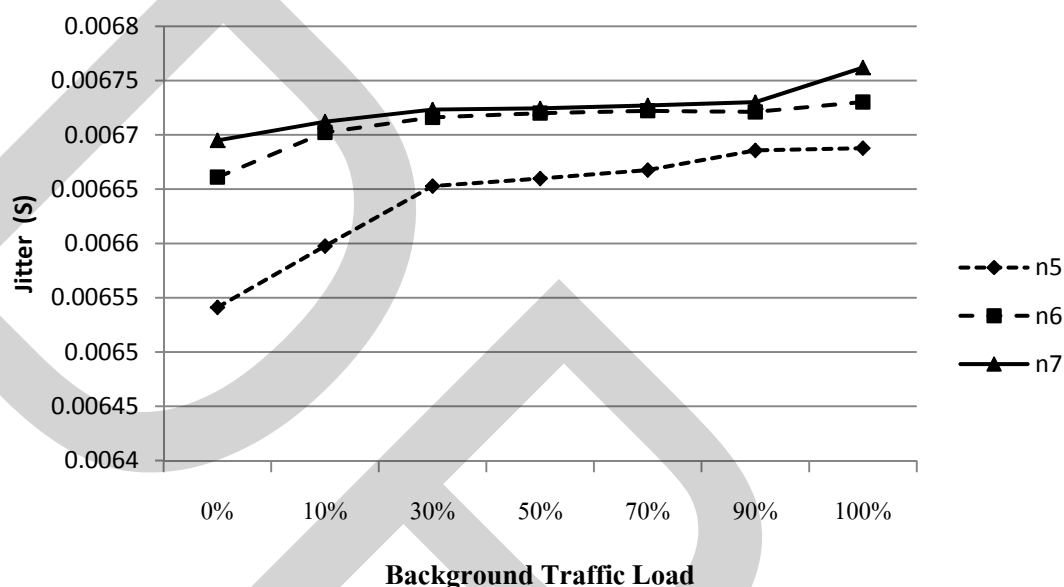
รูปที่ 4.22 ผลของ Delay ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

รูปที่ 4.22 ที่ Buffer Size ด้านทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต แสดงค่า Delay ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Delay ที่เกิดขึ้นในแต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 0.99 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.03 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Delay อยู่ที่ 1.12 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Delay ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

จึงสรุปได้ว่าในส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ค่า Delay ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Buffer Size ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ทราบว่า Delay เพิ่มขึ้นตาม Buffer Size ที่เพิ่มขึ้น

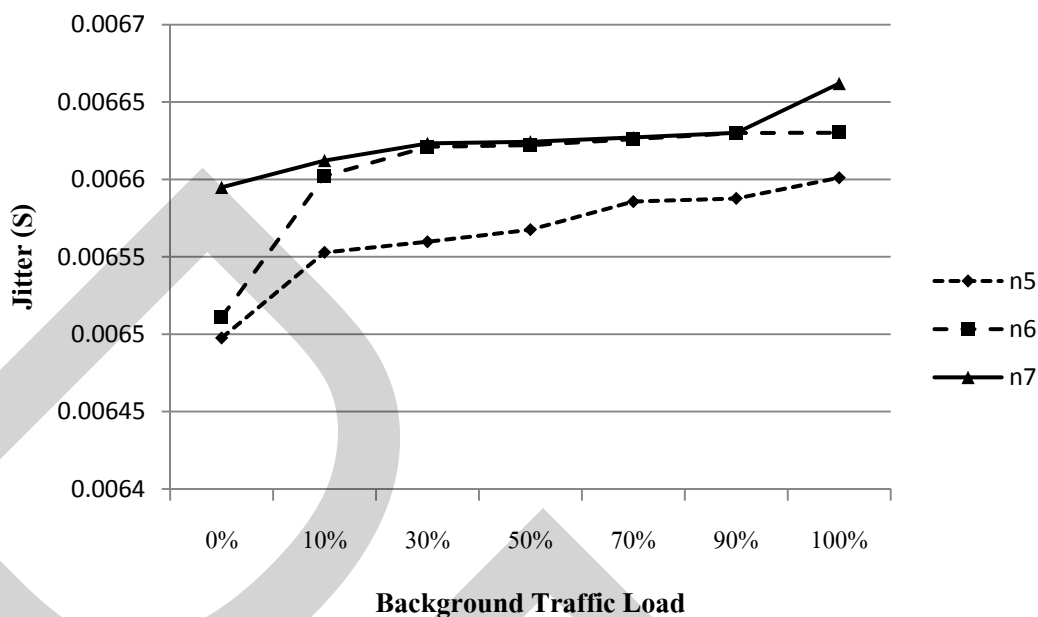
4.1.3 Jitter

1) ค่า Jitter ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i โดยเปรียบเทียบค่าระหว่าง Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต กับ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4.23 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

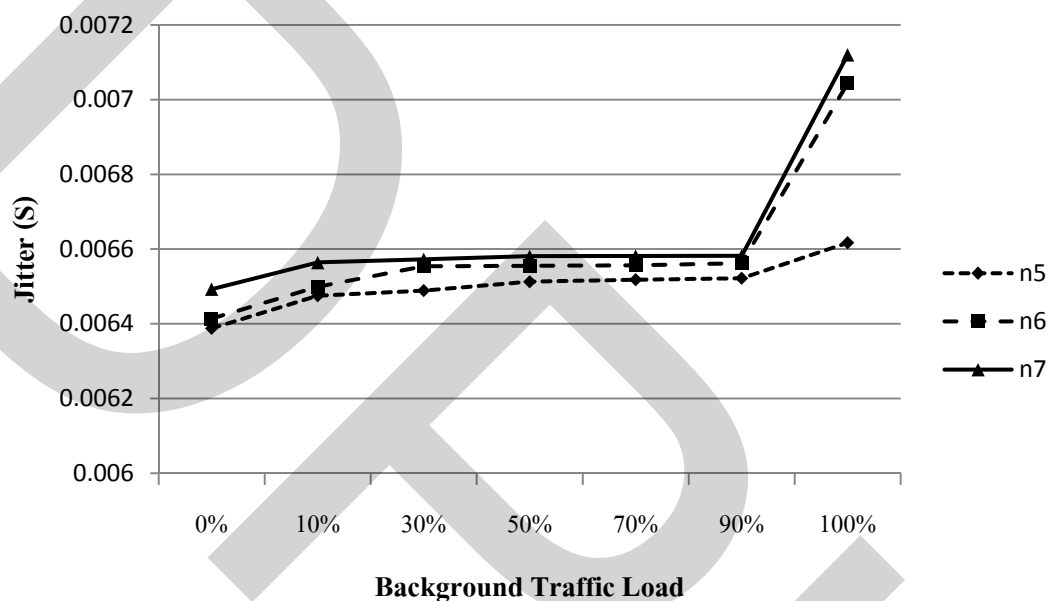
รูปที่ 4.23 ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต แสดงค่า Jitter ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐนั้น Jitter ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกัน โดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.0066 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00673 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00675 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Jitter ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 4.24 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

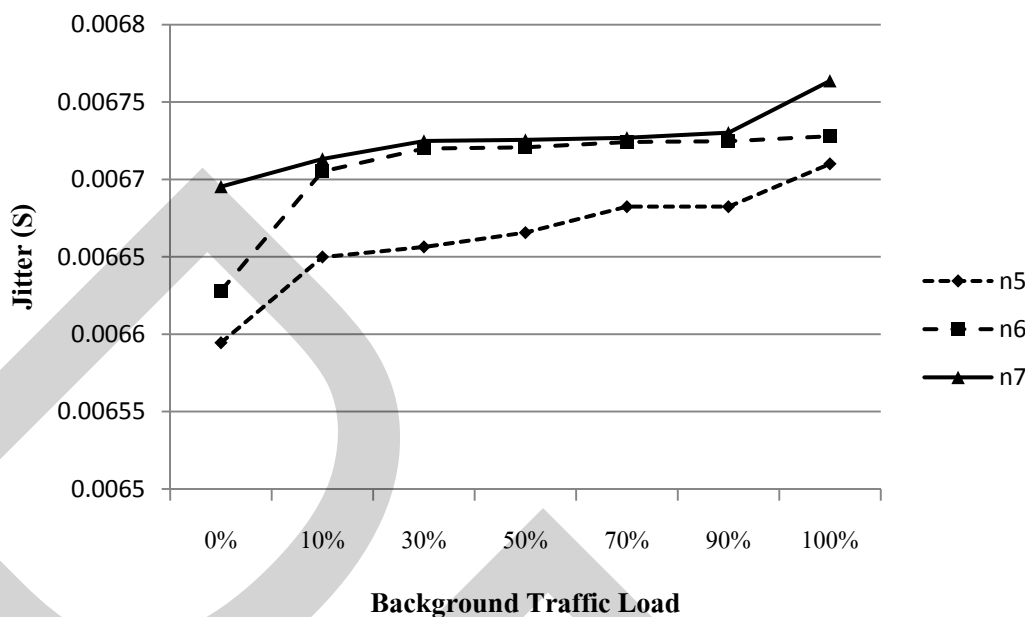
รูปที่ 4.24 ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต แสดงค่า Jitter ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐนั้น Jitter ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.0066 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.0063 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.0066 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Jitter ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

2) ค่า Jitter ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i โดยเปรียบเทียบค่าระหว่าง Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต กับ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4.25 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

รูปที่ 4.25 ที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต แสดงค่า Jitter ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Jitter ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.0066 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.007 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.0071 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Jitter ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

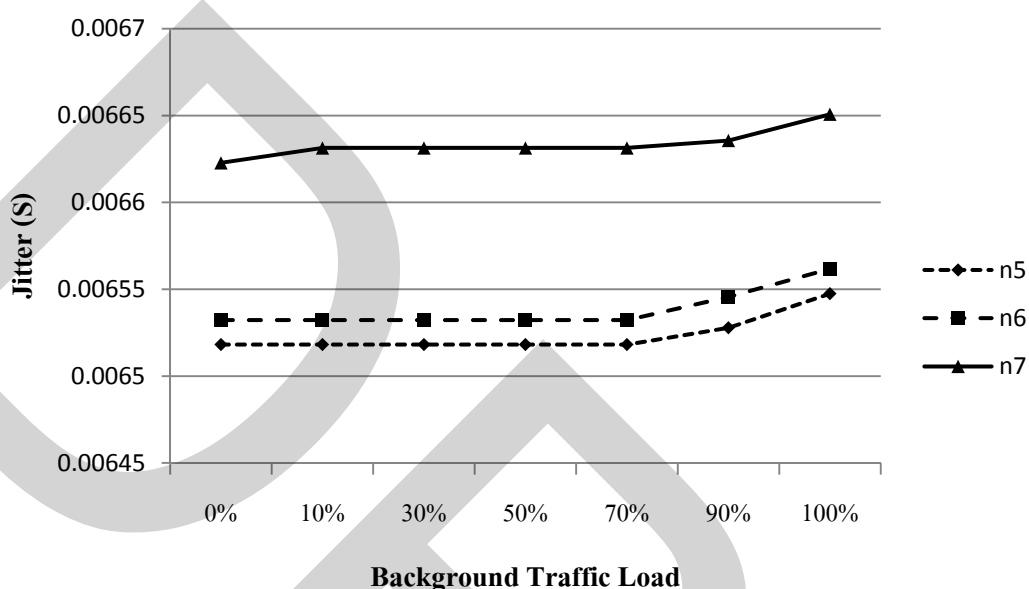


รูปที่ 4.26 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

รูปที่ 4.26 ที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต แสดงค่า Jitter ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Jitter ที่เกิดขึ้นในแต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.0067 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00672 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00676 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Jitter ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

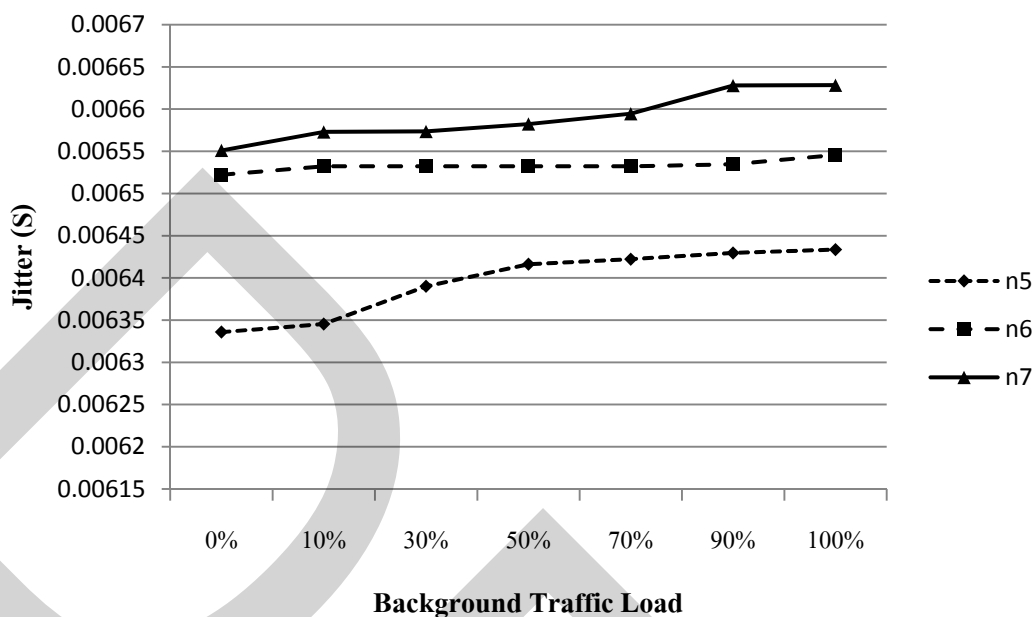
จึงสรุปได้ว่าในส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ค่า Jitter ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Buffer Size ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ทราบว่า Buffer Size ที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่เป็นผลกระทบต่อ Jitter ของระบบโครงข่าย

3) ค่า Jitter ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i โดยเปรียบเทียบค่าระหว่าง Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต กับ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4.27 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

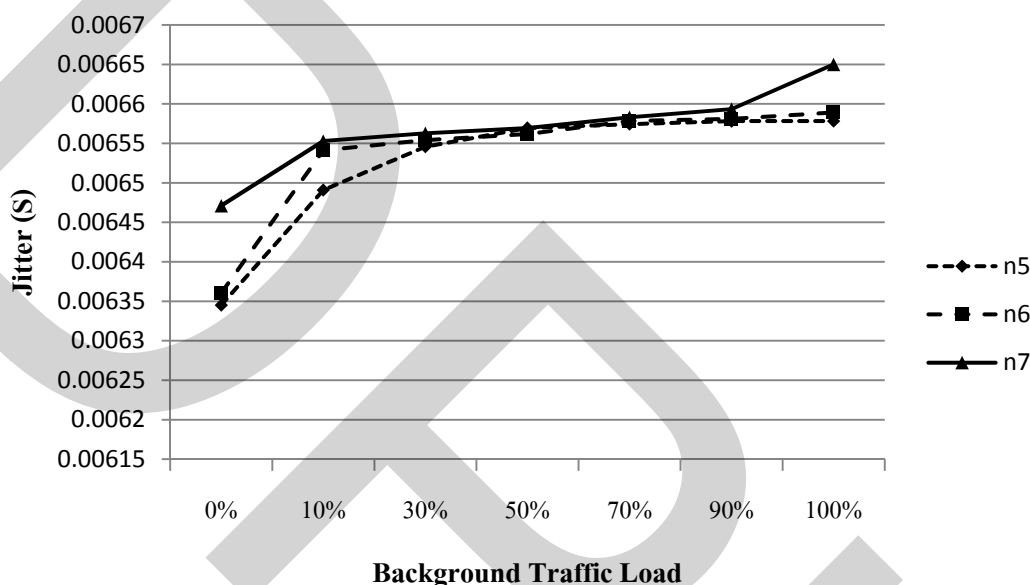
รูปที่ 4.27 ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต แสดงค่า Jitter ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐนั้น Jitter ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกัน โดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00654 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00656 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00665 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลาจัดส่งที่แตกต่างกันจึงทำให้เกิด Jitter ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 4.28 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

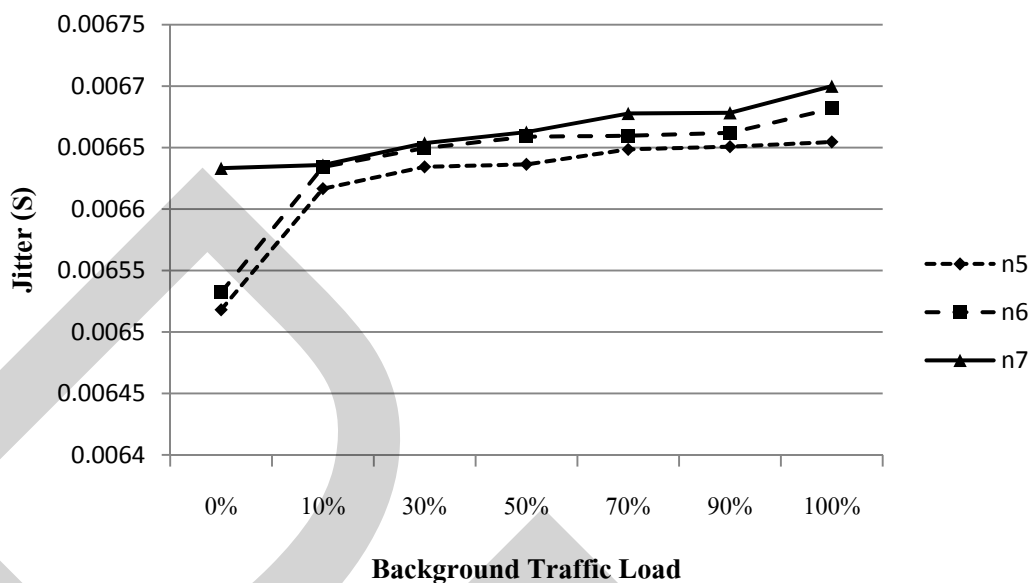
รูปที่ 4.28 ที่ Buffer Size ทั้งหมดอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต แสดงค่า Jitter ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐนั้น Jitter ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00643 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00654 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00662 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Jitter ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

4) ค่า Jitter ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i โดยเปรียบเทียบค่าระหว่าง Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต กับ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต



รูปที่ 4.29 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิธ 10 Mb

รูปที่ 4.29 ที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต แสดงค่า Jitter ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Jitter ที่เกิดขึ้นในแต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00657 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00658 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.0066 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Jitter ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 4.30 ผลของ Jitter ของโครงข่ายที่มีค่าของ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่แบนด์วิดท์ 10 Mb

รูปที่ 4.30 ที่ Buffer Size ต้นทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต ส่วนปลายทางฝั่งรับข้อมูลมีค่าของ Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต แสดงค่า Jitter ของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Jitter ที่เกิดขึ้นในแต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source ที่แตกต่างกันโดยพบว่าที่ n5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นโหนดแรกจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00665 วินาที ส่วน n6 มีการส่งข้อมูลเป็นลำดับต่อมาจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00668 วินาที ส่วน n7 ได้รับข้อมูลเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Jitter อยู่ที่ 0.00669 วินาที จึงทำให้ทราบว่าเวลารับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Jitter ต่อโหนดมากขึ้นตามลำดับ

จึงสรุปได้ว่าในส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่ Buffer Size นั้นไม่มีทำให้ Jitter ของระบบมีผลกระทบมากนัก ทำให้ทราบว่า Buffer Size ที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่เป็นผลกระทบต่อ Jitter ของระบบโครงข่าย

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการจำลองการใช้งาน IPTV บนระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐนั้น จากผลการวิจัยในการจำลองระบบนั้นสามารถแยกออกเป็น 2 กรณี คือ 1. ส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i และ 2. ส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i โดยที่มีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1) Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปของระบบโครงข่าย

2) Buffer Size ที่เปลี่ยนแปลงไปของระบบโครงข่าย

4.2.1 ส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i

สรุปได้ว่าระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐสามารถที่จะใช้งาน IPTV ไม่ได้มากนัก เพราะเนื่องจากเกิด Packet Loss ของระบบที่มากเกินไป แม้ว่าทำการจำลองโดยการเพิ่ม Buffer Size ของระบบให้มากขึ้นแล้วแต่ก็ไม่สามารถช่วยให้การใช้งาน IPTV ได้ดีขึ้นไม่มากนัก และทำให้ทราบว่าเมื่อระบบมีการใช้งานของผู้ที่มากขึ้นจะมีผลกับคุณภาพของ IPTV ด้วย

4.2.2 ส่วนของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

ในส่วนนี้สรุปได้ว่าที่ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i นั้นทำให้การใช้งาน IPTV บนระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ถึงอย่างไรก็ตามก็ไม่สามารถที่จะทำให้ใช้งาน IPTV ได้ดีกว่า Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i มากนัก แม้ว่าทำการจำลองโดยการเพิ่ม Buffer Size แล้วก็ตาม

4.2.3 ผลของ Packet Loss, Delay และ Jitter ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต และ 1200 แพ็คเก็ต ที่ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และที่ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.2.4 ผลของ Packet Loss, Delay และ Jitter ของ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i ที่ Buffer Size ทั้งหมดเป็น 600 แพ็คเก็ต และ 1200 แพ็คเก็ต ที่ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และที่ Buffer Size ดันทางอยู่ที่ 1200 แพ็คเก็ต และปลายทางฝั่งรับมีค่า Buffer Size อยู่ที่ 600 แพ็คเก็ต ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิจัยที่ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i

Buffer Size	สรุปผลงานวิจัย
ALL Q600 แพ็คเก็ต	Packet Loss - แบนด์วิดท์ 2 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.5 - แบนด์วิดท์ 6 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.188 - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.183 Delay - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 1.12 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 1.23 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 1.32 วินาที Jitter - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.0066 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 0.00673 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 0.00675 วินาที
ALL Q1200 แพ็คเก็ต	Packet Loss - แบนด์วิดท์ 2 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.49 - แบนด์วิดท์ 6 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.176 - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.157 Delay - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 2.02 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 2.13 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 2.22 วินาที Jitter - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.0066 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 0.0063 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 0.00666 วินาที

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิจัยที่ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i (ต่อ)

Buffer Size	สรุปผลงานวิจัย
Q600 แพ็คเก็ต Q1200 แพ็คเก็ต	Packet Loss - แบนด์วิดท์ 2 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.5 - แบนด์วิดท์ 6 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.177 - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.167 Delay - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 2.19 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 2.39 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 2.6 วินาที Jitter - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.0066 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 0.007 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 0.0071 วินาที
Q1200 แพ็คเก็ต Q600 แพ็คเก็ต	Packet Loss - แบนด์วิดท์ 2 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.48 - แบนด์วิดท์ 6 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.188 - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.179 Delay - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 1.14 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 1.26 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 1.35 วินาที Jitter - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.0067 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 0.00672 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 0.00676 วินาที

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการวิจัยที่ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i

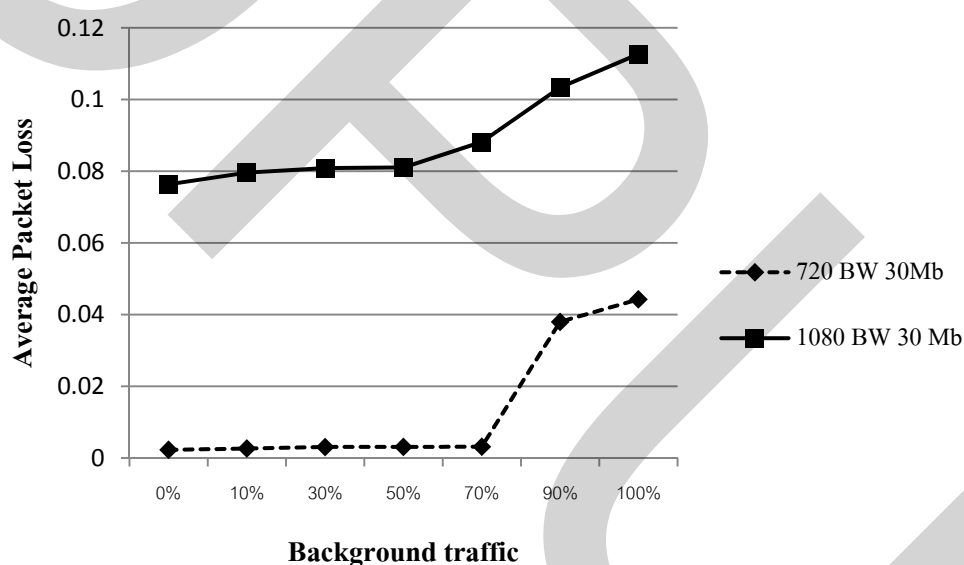
Buffer Size	สรุปผลงานวิจัย
ALL Q600 แพ็คเก็ต	Packet Loss - แบนด์วิดท์ 2 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.23 - แบนด์วิดท์ 6 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.113 - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.087 Delay - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.99 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 1.02 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 1.11 วินาที Jitter - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.00654 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 0.00656 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 0.00665 วินาที
ALL Q1200 แพ็คเก็ต	Packet Loss - แบนด์วิดท์ 2 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.2 - แบนด์วิดท์ 6 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.085 - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.0765 Delay - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 1.85 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 1.95 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 2.11 วินาที Jitter - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.00643 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 0.00654 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 0.00662 วินาที

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการวิจัยที่ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i (ต่อ)

Buffer Size	สรุปผลงานวิจัย
Q600 แพ็คเก็ต Q1200 แพ็คเก็ต	Packet Loss - แบนด์วิดท์ 2 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.23 - แบนด์วิดท์ 6 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.096 - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.076 Delay - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 1.85 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 1.95 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 2.11 วินาที Jitter - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.00657 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 0.00658 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 0.0066 วินาที
Q1200 แพ็คเก็ต Q600 แพ็คเก็ต	Packet Loss - แบนด์วิดท์ 2 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.2 - แบนด์วิดท์ 6 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.128 - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss สูงสุดอยู่ที่ 0.085 Delay - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.99 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 1.03 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Delay ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 1.12 วินาที Jitter - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n5 สูงสุดอยู่ที่ 0.00665 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n6 สูงสุดอยู่ที่ 0.00668 วินาที - แบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Jitter ที่ n7 สูงสุดอยู่ที่ 0.00669 วินาที

โดยจากการสรุปผลการวิจัยนี้ว่าที่ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i นั้นสามารถรับชม IPTV ได้ดีกว่า Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่มีความละเอียดสูงกว่า อย่างเห็นได้ชัด แต่จากการจำลอง IPTV บนระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ที่มีทรัพยากรอยู่อย่างจำกัดทำให้ไม่สามารถใช้งาน IPTV บนระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เนื่องจากโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐที่มีทรัพยากรอยู่อย่างจำกัดทำให้ไม่สามารถใช้งาน IPTV บนระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงได้ทำการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐให้สามารถใช้งาน IPTV ได้โดยสามารถรับชมวิดีโอได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการจำลองที่ได้ทำการนี้เป็นปัจจัยขั้นต่ำที่ได้ทำการจำลองไว้ที่แบนด์วิดท์ 30 Mb ที่ N2 ถึง N4 และที่ฝั่งรับต้องมีแบนด์วิดท์ที่ 10 Mb จึงสามารถใช้งานได้ ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 วิดีโอที่สามารถรับชมได้ที่แบนด์วิดท์ 30 Mb

บทที่ 5

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จำลองการใช้งาน IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ โดยมีการตรวจสอบ Packet Loss, Delay และ Jitter ที่เกิดขึ้นของ IPTV ผ่านระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ในเงื่อนไขที่มี Background Traffic ตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และมี Buffer Size ตามที่กำหนดไว้ โดยสรุปผลการวิจัยนี้ว่าที่ Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 720i นั้นสามารถรับชม IPTV ได้ดีกว่า Video Source ที่มีความละเอียดของวิดีโออยู่ที่ 1080i ที่มีความละเอียดสูงกว่า อย่างเห็นได้ชัด แต่จากการจำลอง IPTV บนระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐที่มีทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้นไม่สามารถใช้งาน IPTV แบบมัลติคาสบนระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) สามารถเข้าใจถึงวิธีการให้บริการ IPTV และทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐได้

2) สามารถจำลองการใช้งาน IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ด้วยโปรแกรม Network Simulation 2: NS2 ได้

3) ได้ทำการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐของ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

สรุปผลตามขอบเขตของงานวิจัย ตามขอบเขตของระบบ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) สามารถเข้าใจถึงวิธีการใช้งาน IPTV และทำการจำลองบนโครงสร้างของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

2) สามารถจำลองกราฟฟิคที่ใช้กับ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ด้วยโปรแกรม Network Simulation 2: NS2 ได้

3) ได้ทำการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐของ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ โดยมีเงื่อนไขต่างๆ ที่ใช้งาน เช่น Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปของระบบโครงข่าย และ Buffer Size ที่เปลี่ยนแปลงไปของระบบโครงข่าย

5.2 ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไขของงานวิจัย

โปรแกรม NS2 เป็นโปรแกรม GUI แบบโอเพนซอส ซึ่งต้องใช้เวลาในการศึกษามาก อีกทั้งยังมีบางโมดูลที่ยังไม่สมบูรณ์มากนัก และในการทำการจำลองระบบแต่ละครั้งต้องใช้งานระบบเป็นแบบ Command Line โดยการเขียนโค้ดขึ้นมาเพื่อทำการเรียกใช้งาน ดังนั้นจึงทำการแก้ไข GUI และโมดูลที่จะครอบคลุมงานวิจัยของผู้วิจัย เพื่อให้การใช้งานโปรแกรม NS2 อย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีกำลังประมวลผลที่สูงและมี Ram ที่สูงจะทำให้สามารถที่จะใช้งานโปรแกรม NS2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและเพื่อให้ผลการทดสอบถูกต้องผู้วิจัยจึงต้องใช้เวลาในการศึกษาโมดูลต่างๆที่เกี่ยวข้องอีกพอสมควร

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านตัวโปรแกรม NS2 ทำให้การจำลอง IPTV ผ่านระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐขาดความสมบูรณ์ในบางส่วน ผู้วิจัยจึงจะขอเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาสำหรับผู้ที่สนใจจะนำไปพัฒนาต่อไป ดังนี้

5.3.1 ควรที่จะทำการทดสอบ IPTV ผ่านระบบโครงข่ายโดยการจำลองที่เงื่อนไขแบนด์วิดท์ที่เพิ่มขึ้นของระบบว่าสามารถใช้งานได้ดีขึ้น

5.3.2 ควรจะทำให้ระบบสามารถทำงานโดยส่งไฟล์ Video Source ในสภาพแวดล้อม เช่น ฝั่งรับเป็นตัวรับข้อมูลแบบไร้สาย (Wireless)

5.3.3 ควรจะทำให้ระบบสามารถทำงานใช้งาน IPTV ผ่านโครงข่ายที่จำลองแล้วสามารถใช้งานได้ดีที่สุดตรงส่วนไหน เช่น สามารถใช้งาน IPTV ได้ดีต้องเพิ่มแบนด์วิดท์เท่าไรถึงสามารถใช้งานได้

พ.ศ.

ภาคผนวก

Source code ที่ใช้ในการจำลอง IPTV บนโครงข่ายสหเทศภาครัฐ

```

set ns [new Simulator -multicast on]
set tf [open video1.tr w]
$ns trace-all $tf

Agent/UDP set nam_tracevar_ true
Agent/UDP set tracevar_ true

set n0 [$ns node]
set n1 [$ns node]
set n2 [$ns node]
set n3 [$ns node]
set n4 [$ns node]
set n5 [$ns node]
set n6 [$ns node]
set n7 [$ns node]
set n8 [$ns node]

$ns duplex-link $n0 $n2 100Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n1 $n2 100Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n2 $n3 10Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n3 $n4 10Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n3 $n7 2Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n4 $n8 10Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n4 $n5 10Mb 10ms DropTail
$ns duplex-link $n4 $n6 2Mb 10ms DropTail

```



```
$ns queue-limit $n0 $n2 600
```

```
$ns queue-limit $n1 $n2 600
```

```
$ns queue-limit $n2 $n3 600
```

```
$ns queue-limit $n3 $n4 600
```

```
$ns queue-limit $n3 $n7 600
```

```
$ns queue-limit $n4 $n8 600
```

```
$ns queue-limit $n4 $n5 600
```

```
$ns queue-limit $n4 $n6 600
```

```
set mproto DM
```

```
set mrthandle [$ns mrtproto $mproto {}]
```

```
set group1 [Node allocaddr]
```

```
set group2 [Node allocaddr]
```

```
set udp0 [new Agent/UDP]
```

```
$ns attach-agent $n0 $udp0
```

```
$udp0 set dst_addr_ $group1
```

```
$udp0 set dst_port_ 0
```

```
set cbr1 [new Application/Traffic/CBR]
```

```
$cbr1 attach-agent $udp0
```

```
Agent/TCP set packetSize_ 1000
```

```
set tcp1 [new Agent/TCP]
```

```
$ns attach-agent $n1 $tcp1
```

```
$tcp1 set dst_addr_ $group2
```

```
$tcp1 set dst_port_ 0
```

```

set sink [new Agent/TCPSink]

$ns attach-agent $n8 $sink

$ns connect $tcp1 $sink

set ftp [new Application/FTP]
$ftp attach-agent $tcp1

set original_file_name 1080video1.data
set trace_file_name 1080video1.tr
set original_file_id [open $original_file_name r]
set trace_file_id [open $trace_file_name w]
fconfigure $trace_file_id -encoding binary
fconfigure $trace_file_id -translation binary

set last_time 0
while {[eof $original_file_id] == 0} {
    gets $original_file_id current_line
    if {[string length $current_line] == 0 ||
        [string compare [string index $current_line 0] "#"] == 0} {
        continue
    }
    scan $current_line "%f%d" next_time length
    set time [expr 1000*(33)]
    set frame [expr $length/8]
    puts -nonewline $trace_file_id [binary format "II" $time $frame]
    if {$next_time > $last_time} {
        set last_time $next_time
    }
}
close $original_file_id
close $trace_file_id

```

```
# set the simulation end time:
set end_sim_time [expr 1.0*$last_time/1000+0.001]
```

```
# read the video trace file:
set trace_file [new Tracefile]
$trace_file filename $trace_file_name

set video [new Application/Traffic/Trace]
$video attach-agent $udp0
$video attach-tracefile $trace_file
```

```
set rcvr1 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n5 $rcvr1
$ns at 1.0 "$n5 join-group $rcvr1 $group1"
```

```
set rcvr2 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n6 $rcvr2
$ns at 5.0 "$n6 join-group $rcvr2 $group1"
```

```
set rcvr3 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n7 $rcvr3
$ns at 10.0 "$n7 join-group $rcvr3 $group1"
```

```
$ns at 50.0 "$n5 leave-group $rcvr1 $group1"
$ns at 70.0 "$n6 leave-group $rcvr2 $group1"
$ns at 90.0 "$n7 leave-group $rcvr3 $group1"
```

```
$ns at 0.0 {
    $n0 label "VIDEO-SERVER"
    $router_node_1 label "IP-ROUTER 1"
```

```
$router_node_2 label "IP-ROUTER 2"
$recv_node label "VIDEO-CLIENT"
$video start
}
# stop the simulation:
$ns at $end_sim_time {
    finish
}

$ns at 0.5 "$ftp start"
$ns at 180.0 "$ftp stop"
```

```
proc finish {} {
    global ns tf
    $ns flush-trace
    close $tf
    # exec nam mcast.nam &
    exit 0
}
```

```
$ns color 10 red
$ns color 11 green
$ns color 30 purple
$ns color 31 green
```

\$udp0 set fid_ 10

\$n0 color red

\$n0 label "Source 1"

\$tcp1 set fid_ 11

\$n1 color green

\$n1 label "Source 2"

\$n5 label "Receiver 1"

\$n5 color blue

\$n6 label "Receiver 2"

\$n6 color blue

\$n7 label "Receiver 3"

\$n7 color blue

\$n8 label "background traffic"

\$n8 color purple

\$ns set-animation-rate 3.0ms

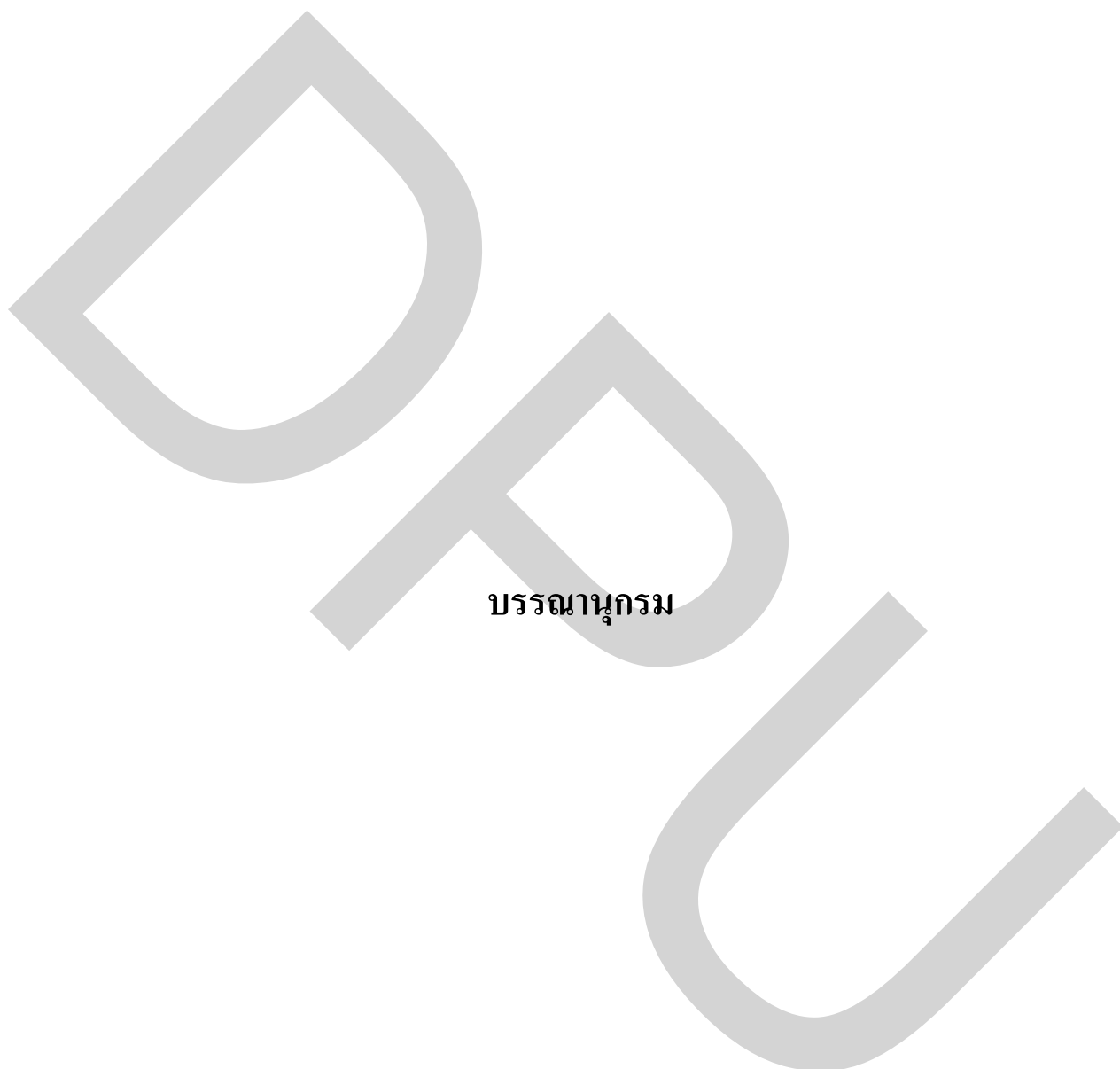
\$ns run

ข้อมูลแหล่งกำเนิดสัญญาณวิดีโอที่มีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 720i

เวลา	เฟรม	ขนาดของเฟรม
0	I	2705
100	P	810
33.33333	B	485
66.66667	B	13005
200	P	1170
133.3333	B	780
166.6667	B	22765
300	P	1610
233.3333	B	2315
266.6667	B	31930
400	I	2885
333.3333	B	2280
366.6667	B	70210
500	P	3550
433.3333	B	3445
466.6667	B	49360
600	P	4780
533.3333	B	4095
566.6667	B	60540
700	P	4795
633.3333	B	4940
666.6667	B	70045
800	I	5685
733.3333	B	5185
766.6667	B	165585
900	P	7185
833.3333	B	6855

ข้อมูลแหล่งกำเนิดสัญญาณวิดีโอที่มีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 1080i

เวลา	เฟรม	ขนาดของเฟรม
0	I	6528
100	P	9400
33.33333	B	4624
66.66667	B	4568
200	P	11848
133.3333	B	4656
166.6667	B	4944
300	P	11440
233.3333	B	3640
266.6667	B	3216
400	I	19256
333.3333	B	4664
366.6667	B	4688
500	P	13336
433.3333	B	4424
466.6667	B	2968
600	P	14488
533.3333	B	4160
566.6667	B	5080
700	P	12656
633.3333	B	3840
666.6667	B	3864
800	I	24040
733.3333	B	4624
766.6667	B	4976
900	P	12368
833.3333	B	3960



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

การพัฒนาเครือข่ายสื่อสารข้อมูลเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ. (2550). GIN. สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2555

จาก <http://203.113.25.35/gin/index.htm>

จิตติมา นิตยวรรณ โสฬส ชัคตตราพงษ์ และอุไรรัตน์ พึ่งสุนทรบัตร. (2551). Network Simulator (NS2). สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2555

จาก wiki.nectec.or.th/ngiwiki/pub/Project/IntelligentNMS/bm-ns2.pdf

ระบบเครือข่ายสื่อสารเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ. (2550). Government Information Network: GIN. สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2555

จาก www.m-society.go.th/document/news/news_2411.pdf

ระบบเครือข่ายสื่อสารเชื่อมโยงหน่วยงานภาครัฐ (2550). GIN. สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2555

จาก www.mict-egov.net/content/view/127/122/

ภาษาต่างประเทศ

BOOK

ETSI. (2008). **Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IPTV Architecture; IPTV functions supported by the IMS subsystem.** Sophia Antipolis Cedex; FRANCE.

ARTICLES

- Eugen Mikoczy, Dmitry Sivchenko and Veselin Rakocevic. (2007, August). "IMS based IPTV services - Architecture and Implementation". **MobiMedia 07 Proceedings of the 3rd international conference on Mobile multimedia communications**. p. 15-21.
- F. Wan, L. Cai and T.A. Gulliver. (2008, November). "A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources". **Global Telecommunications Conference 2008**. p. 1-5.
- Geert Van der Auwera, Prasanth T. David, and Martin Reisslein. (2008, September). "Traffic and Quality Characterization of Single-Layer Video Streams Encoded with H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding Standard and Scalable Video Coding Extension". **IEEE Transactions on Broadcasting**. p. 698-718.
- Geert Van der Auwera, Prasanth T. David, and Martin Reisslein. (2009, September). "Implications of Smoothing on Statistical Multiplexing of H.264/AVC and SVC Video Streams". **IEEE Transactions on Broadcasting**. p. 541-558.
- Marcelo Atenas, Sandra Sendra, Miguel Garcia and Jaime Lloret. (2010, December). "IPTV Performance in IEEE 802.11n WLANs". **IEEE GLOBECOM Workshops (GC Wkshps) 2010**. p. 929 – 933.
- Patrick Seeling, Martin Reisslein and Beshan Kulapala. (2004, Third Quarter). "Network Performance Evaluation with Frame Size and Quality Traces of Single-Layer and Two-Layer Video: A Tutorial". **IEEE Communications Surveys and Tutorials**. p. 58-78.
- Patrick Seeling and Martin Reisslein. (2005, October). "Evaluating multimedia networking mechanisms using video traces". **IEEE Potentials**. p. 21-25.
- R.S.Nunes, M.S.Menezes and L.Domingues, (2009, June). "SIP based IPTV architecture for heterogeneous networks". **ConTEL 2009. 10th International Conference on Computer Communications**. p. 421 – 428.
- T.Bartczak , Zwierzykowski and P.Poznan. (2009, September). "Validation of PIM DM and PIM SM protocols in the NS2 network simulator". **AFRICON, 2009. AFRICON '09**. p. 1-6.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

อนุพงษ์ ทองมอญ

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
กรุงเทพฯ

ทุนการศึกษา

ทุนข้าราชการ เจ้าหน้าที่ของรัฐ พนักงานรัฐวิสาหกิจและวิสาหกิจเอกชน
จากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ปีการศึกษา 2552-2553