



UniNet

สำนักงานบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา (UniNet)

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

โดย

คณะกรรมการพัฒนาเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษาวิจัย

CIT2012

National Conference on Computer Information Technologies

การประชุมวิชาการทางคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

(National Conference on Computer Information Technologies: CIT2012)

13 กุมภาพันธ์ 2555

The Empress Convention Centre: ECC

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

<http://tar.thailis.or.th/>

การประเมินคุณภาพของไอพีทีวีแบบมัลติคาสบนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ Evaluation of multicast IPTV over Government Information Network

อนุพงษ์ ทองมอญ และ ชัยพร เขมะภาคะพันธ์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

E-mail: anupong95@yahoo.co.th

Abstract

In this paper, the evaluation of multicast IPTV is studied in the case of IPTV applications over the existing Government Information Network (GIN). The studies are based on multicast IPTV systems which are suitable for some applications appropriate for government applications such as video conferencing. From the simulation results, the parameters: bandwidth and background traffic are most impact to the video packet loss. However, buffer size and distance between the video source and client nodes are slightly impact to the multicast IPTV over GIN.

Keywords: IPTV, Multicast, Packet Loss, GIN

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินการใช้งานเทคโนโลยี Internet Protocol Television (IPTV) แบบมัลติคาสบนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ (GIN) โดยศึกษาในกรณีของการประยุกต์ใช้งาน IPTV ที่เหมาะสมกับการใช้งานในราชการเช่นการประชุมทางไกลผ่านวิดีโอ เป็นต้น จากผลการจำลองการทำงานพบว่าตัวแปรที่สำคัญคือแบนด์วิดท์และทราฟฟิกไหลของวิดีโอ อย่างไรก็ตามขนาดของบัฟเฟอร์และระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดวิดีโอและเครื่องเล่นวิดีโอปลายทางของผู้รับมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อระบบ IPTV แบบมัลติคาสบนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐนี้

คำสำคัญ IPTV, มัลติคาส, การสูญหายของแพ็คเกจ, โครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

1. บทนำ

เทคโนโลยีทางด้านมัลติมีเดีย (Multimedia) ในเวลาที่ผ่านมาประเทศไทยมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก ได้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านมัลติมีเดียมาใช้งานในหลายรูปแบบและที่ จะกล่าวในรูปแบบต่อไปนี้เป็นการนำเทคโนโลยีทางด้านมัลติมีเดียมาใช้งานร่วมกับอินเทอร์เน็ต ที่เรียกว่า IPTV (Internet Protocol Television) [1] ในการรับชมโทรทัศน์ผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต โดยในปัจจุบันมีหลายองค์กรของเอกชนของประเทศไทยเริ่มให้บริการระบบ IPTV มากขึ้นเพราะโครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้มีการพัฒนาที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อให้สามารถที่จะรองรับการให้บริการ IPTV ได้ แต่ในทางกลับกันทางองค์กรภาครัฐมีการใช้งานทางด้าน IPTV ไม่แพร่หลายและยังไม่มียกเลิกว่าสามารถใช้งาน IPTV กับโครงข่ายสื่อสารข้อมูลภาครัฐได้ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและทำการวิจัยว่าสามารถให้บริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสื่อสารข้อมูลภาครัฐ ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหาของการให้บริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ นั้นคือยังไม่เป็นที่นิยมหรือจำเป็นมากนักสำหรับภาครัฐในปัจจุบัน จึงยังไม่มีการนำการให้บริการ IPTV นี้มาใช้งานหรือทดลองว่าใช้งานได้ดีหรือตรงกับความต้องการของภาครัฐมากนักเพียงใดและไม่ทราบว่า จะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ สิ่งสำคัญ คือ ในงานวิจัยจึงได้ทำการศึกษาและทำการจำลองการให้บริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ และประเมินคุณภาพของโครงข่ายว่ามีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร เพื่อที่จะได้นำไปเสนอในการใช้งานจริงได้จริงต่อไป อีกทั้งยังสามารถนำไปประกอบการพิจารณาในการเสนอข้อ

งบประมาณในการจะให้ภาครัฐจัดทำบริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ อีกทั้งยังทำให้เข้าใจในเรื่อง IPTV และโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ที่ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ทำความเข้าใจ อีกทั้งยังทำการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ เพื่อที่จะทำการทดลองการให้บริการ IPTV ผ่านโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ต้องมีการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ องค์ประกอบของต่างๆ ประกอบด้วย ขนาดแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของช่องสัญญาณที่ใช้ งาน อัตราการสูญหายของข้อมูล (Packet Loss) อัตราการล่าช้าต่อหน่วยเวลา (Delay) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของจitters (Jitter) เพื่อการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ โดยทำการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ และให้บริการ IPTV แบบ Multicast ส่งข้อมูลไปยังทุกโหนดที่อยู่ในโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐและ IPTV แบบ Multicast ส่งข้อมูลไปยังทุกโหนดที่อยู่ในโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ และเก็บผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ อีกทั้งยังทำการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขต่างๆ เพื่อผลลัพธ์และวิเคราะห์ต่อไป

ทั้งนี้ในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองระบบโครงข่าย จากนั้นจะกล่าวถึงการออกแบบโครงข่ายที่ได้ทำการจำลองไว้ ส่วนผลการทดลองและสรุปผลจะกล่าวถึงเป็นลำดับสุดท้าย

2. Multicast IPTV

ในบทความนี้ได้ทำการศึกษาและทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับสถาปัตยกรรมเทคโนโลยี IPTV และโครงสร้างของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ อีกทั้งวิธีโอทีทีเอ [2] ที่ใช้เพื่อที่จะทำการทดลองในการจำลองระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐในการนำ IPTV เข้าไปใช้งานในระบบโครงข่ายโดยการจำลองระบบนี้ด้วย โปรแกรม NS2 (Network Simulator) [3]

ในบทความ [4] ได้กล่าวถึง IPTV Traffic ที่เป็นไฟล์วิดีโอความละเอียดสูงหรือเรียกอีกอย่างว่าวิดีโอ High Definition (HD) ที่มีการเข้ารหัสเป็น MPEG-4 (H.264) และบทความนี้กล่าวถึงการสร้างแบบจำลอง Video Traffic

ในบทความ [5] กล่าวเกี่ยวกับโปรโตคอลของมัลติคาสต์ (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 โดยการทดลองโปรโตคอลของวิธีการมัลติคาสต์ทั้ง 2 โปรโตคอลเหล่านี้ด้วย NS2 (Network Simulator)

2.1 PIM Protocol

การส่งข้อมูลส่วนใหญ่ที่ใช้กันแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Unicast กับ Multicast ในกรณีของการส่งแบบ Unicast ได้นั้นคือต้องรับรู้ปลายทางที่จะส่งข้อมูลไปให้เพื่อให้ได้ข้อมูลนั้นอย่างถูกต้อง แต่ในกรณีของ Multicast จะรับรู้เพียงกลุ่มที่อยู่ของข้อมูลเท่านั้นจึงได้มีการนำโปรโตคอลเข้ามาช่วยในการหาเส้นทางที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยังปลายทางที่ต้องการข้อมูลนั้น

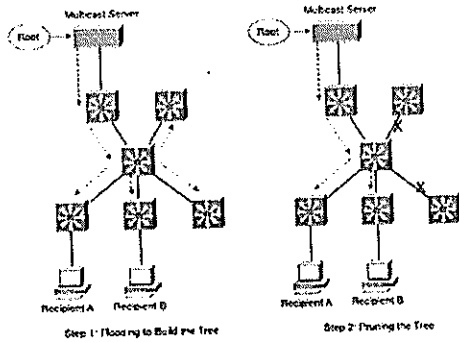
2.1.1 PIM DM

โปรโตคอล PIM DM มีการทำงานสองขั้นตอน ในขั้นตอนแรกของโครงข่ายมัลติคาสต์จะทำการส่งข้อมูลเพื่อที่จะทราบเส้นทางที่สามารถใช้งานได้ของเราเตอร์ทั้งหมดของโครงข่าย ยกเว้นเราเตอร์ต้นทางที่ปกคิจะทำการส่งแบบ Unicast ไปยังเราเตอร์ที่เป็นมัลติคาสต์ เพื่อให้เราเตอร์ที่เป็นมัลติคาสต์ทำงานต่อไป หลังจากขั้นตอนแรกส่งข้อมูลไปยังเราเตอร์ที่เป็นโหนดทั้งหมดของโครงข่ายแล้วเรียกว่าการ Flooding ทำให้ทราบว่าได้ใช้งานทรัพยากรของโครงข่ายมากเกินความจำเป็น ดังนั้นในขั้นตอนที่สองของโปรโตคอล PIM DM ที่เรียกว่า prune phase จะทำการตัดเส้นทางที่ไม่จำเป็นที่จะใช้งานออกไปด้วยวิธีการ Prune message มีวิธีดังนี้เมื่อเราเตอร์ทำการรับข้อมูล Prune เมื่อถึงจุดจบของเส้นทางของโครงข่ายนี้ปลายทางของเส้นทางนั้นจะถูกกำหนดให้เป็น Prune และเส้นทางนั้นจะถูกป้องกันไม่ให้ส่งข้อมูลไปยังเส้นทางนี้ต่อไป ดังรูปที่ 1

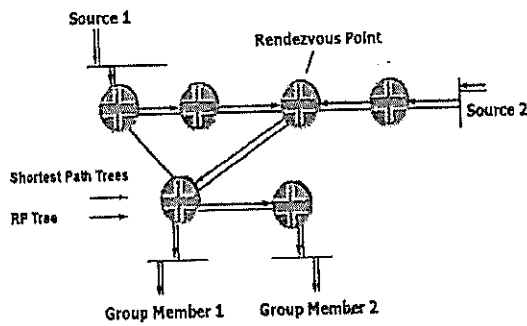
2.1.2 PIM SM

โปรโตคอล PIM SM ใช้ Rendezvous Point (RP) เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลหลายเส้นทาง แหล่งข้อมูลทั้งหมดที่จะผ่านมัลติคาสต์ต้องผ่านโหนดส่วนกลางของ RP ในการส่งข้อมูลไปยังผู้รับปลายทาง ส่วนกลางจะทำการส่งข้อมูลไปยังเราเตอร์ที่ได้รับข้อความ Join(*,G) และจะทำการส่งข้อความนี้ไปยังเรา

เตอร์ต่อไปเพื่อให้ทราบเส้นทางที่ต้องส่งไปยังผู้รับปลายทางทั้งหมด โปรโตคอล PIM SM ในขั้นตอนต่อมาจะทำการกำหนดโหนดที่สั้นที่สุดโดยเรียกว่า Shortest Path Tree (SPT) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 วิธีการทำงาน Multicast แบบ PIM DM



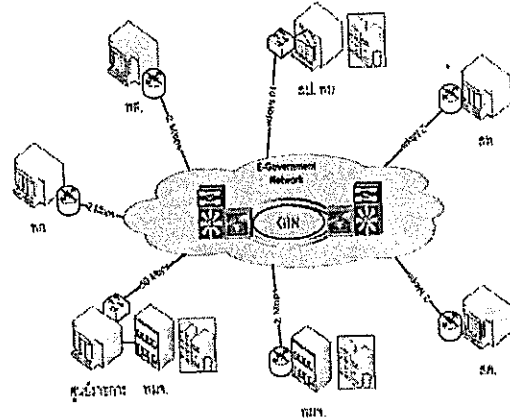
รูปที่ 2 วิธีการทำงานของ Muticast แบบ PIM SM

ในบทความ [6] นี้ได้ทำการวัดสมรรถภาพของระบบตามอัตราการผลิตเปลี่ยนแปลงของผู้ใช้งานในระบบ โดยนำมาใช้ในการให้บริการโครงข่ายของ IPTV และบทความนี้ได้ทำการทดลองจริง ได้ใช้วีดีโอในการทดลองนั้นจะอยู่ในรูป SDTV MPEG-2 โดยมีความละเอียดอยู่ที่ 720x576 จำแนกการทดลองออกเป็นสี่แบบคือ Delay, Jitter, Packer loss และแบนด์วิทธ์ ทำให้รู้ว่าค่า Delay, Jitter, Packer loss และแบนด์วิทธ์ ไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นลักษณะเชิงเส้นกับตามจำนวนของผู้ใช้บริการ

2.2 โครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ [7]

โครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ (Government Information Network หรือ GIN) ที่เชื่อมต่อการกระทรวงทบวง จนถึงระดับ

กรม เพื่อให้รองรับปริมาณข้อมูลข่าวสารของรัฐ อีกทั้งยังรองรับการใช้งานที่หลากหลายรูปแบบเพื่อให้รองรับระบบงานของราชการหรือการบริการประชาชนและเพิ่มประสิทธิภาพในการรับและส่งข้อมูลผ่านระบบ intranet และ internet ของภาครัฐ ตัวอย่างโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ [7]

3. การจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

IPTV เป็นรูปแบบหนึ่งของการให้บริการผ่านระบบโครงข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเป็นเทคโนโลยีทางด้านมัลติมีเดียที่ให้บริการบนโครงข่ายอินเทอร์เน็ต แต่เนื่องจากที่บทความวิจัยนี้นำเสนอ นั้น ระบบโครงข่ายสื่อสารข้อมูลภาครัฐของประเทศไทย ยังไม่ได้มีการทำการทดลองการทำงานทางด้านมัลติมีเดียว่าสามารถที่จะใช้งานได้ผลเป็นอย่างไร ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างของระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐเมื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างแล้วจึงได้ทำการจำลองระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐว่าสามารถที่จะนำ IPTV มาใช้งานกับโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลภาครัฐได้และมีผลกระทบที่ต้องแก้ไขต่อไปส่วนไหนบ้าง เพื่อประหยัดต้นทุนในการทดลองใช้งาน จึงได้มีบทความวิจัยนี้ขึ้น

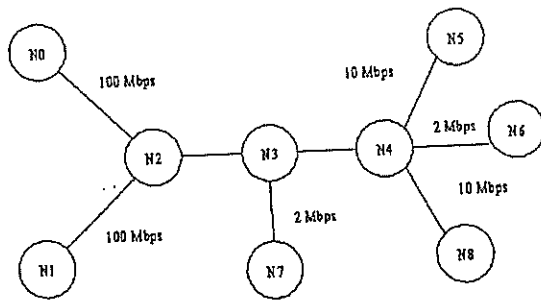
3.1 Video Source

ในการจำลองการทดลองระบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐนี้ ได้ใช้ Video Source ที่ได้ใช้ในบทความ [3] ได้นำมาจาก Video Trace Library จากบทความ [8,9,10] ซึ่งมีตัว Video Trace File นั้นได้ทำการบันทึกมาจากวีดีโอจริงๆ และอนุญาต

ให้บุคคลทั่วไปนำไปใช้สำหรับงานวิจัยระบบได้ จึงได้มีการนำ Video Source นี้มาใช้ทดลอง ตัวอย่างของ Video Trace File HD โดยมีความละเอียดที่ 1920x1080i ได้จากบทความ [8,9,10]

3.2 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

จากบทความ [6] ได้กล่าวถึงโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐจึงได้ทำการนำโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐมาทำการจำลองระบบ IPTV แบบมัลติคาส (Multicast) ที่เป็นการส่งข้อมูลแบบหลายๆทางในช่วงเวลาเดียวกัน จึงได้ออกแบบโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แบบจำลอง โครงสร้างโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

ตารางที่ 1 โหนดต่างๆ ในโครงข่าย

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

จากรูปที่ 4 เป็นรูปแบบการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ โดย N0 เป็น Video Server ที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางในจุดต่างๆ N1 เป็นข้อมูลที่มีอยู่แล้วในระบบหรือเรียกอีกอย่างว่า Background Traffic N2,N3,N4 เป็นโหนดส่วนกลางที่ข้อมูลต้องส่งผ่านไปยังจุดปลายทาง N5,N6,N7 เป็นจุดหมายปลายทางในการส่งข้อมูล Video Source แบบมัลติคาส ปลายทางของ N5,N6,N7 มีการรับ

ข้อมูล Video Source ในเวลาที่แตกต่างกันไป N8 เป็นจุดหมายปลายทางของ Background Traffic โดยโครงข่ายนี้จะจำลองนี้มีปัจจัยในการจำลองเพื่อทดลองว่าโครงข่ายนี้สามารถใช้งาน IPTV ได้มากน้อยอย่างไร โดยมีเงื่อนไขของโครงข่ายนี้มีแบนด์วิดท์ตั้งแต่ 2 Mbps ถึง 10 Mbps ต่อหนึ่งหน่วยงาน โดยงานวิจัยนี้จะทำการปรับเปลี่ยนในส่วนของโหนดส่วนกลางตามเงื่อนไขข้างต้นที่กล่าวไว้ และยังเปลี่ยนแปลงในส่วนของ Background Traffic ที่เพิ่มเข้าไปในโครงข่ายตั้งแต่ 10% จนถึง 90% ในการจำลองโครงข่ายนี้จึงได้อ้างอิงมาจากโครงสร้างของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ โดยการจัดค่าไว้ดังรูปที่ 5 และทำการประเมินคุณภาพของโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐที่มีค่าเฉลี่ยซึ่งยอมรับได้มากที่สุด

ในการทดลองการจำลองโครงข่ายนั้นในแต่ละวิธีโอมีระยะเวลาครั้งละ 10 นาทีโดยวิธีโอหนึ่งนั้นจะทดลองโดยใช้ช่วงเวลาต่างกันทั้งหมด 10 ครั้งเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยที่ยอมรับได้และแต่ละวิธีโอจะมีการปรับแบนด์วิดท์และ Queue (คิว) ในแต่ละครั้งของการทดลองเพื่อหาผลกระทบที่มีต่อระบบ

4. ผลการทดลอง

จากที่กล่าวมาจึงได้ทำการทดลองการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ มีส่วนประกอบในการทำการทดลองดังนี้

- วิธีโอที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 10 ส่วน แต่ละส่วนเป็นคนละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน
- แบบจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐดังรูปที่ 4

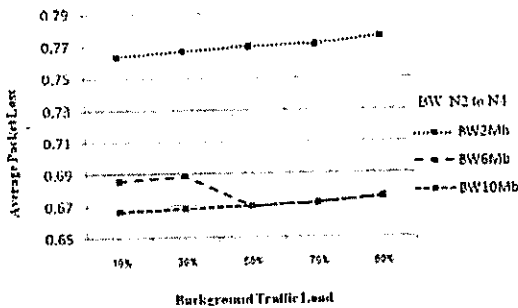
วิธีการจำลองโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

1. ทำการนำวิธีโอที่ใช้ในการทดลองนำเข้าไปทดลองในโครงข่ายที่ออกแบบไว้ด้วยโปรแกรม NS2 ที่ละวิธีโอจนครบทั้งหมด 10 ส่วน
2. ในแต่ละวิธีโอทำการนำรายละเอียดของ Trace File ที่ได้ในแต่ละครั้งมาทำการหาค่าของ Packet Loss โดยเฉลี่ยจากทั้งหมด 10 ส่วน

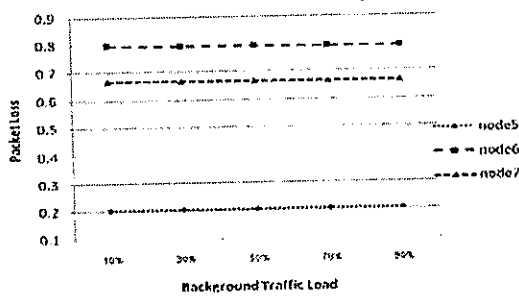
ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 5 และ 6 จากรูปที่ 5 แสดง Average Packet Loss ที่เปลี่ยนแปลงไปตาม Background Traffic ที่เกิดขึ้น โดยที่แบนด์วิดท์ 2Mb เกิด Packet Loss อยู่ที่ 0.78 ในส่วนของแบนด์วิดท์ 6 Mb เกิด Packet Loss อยู่ที่ 0.68 และในส่วนของแบนด์วิดท์ 10 Mb เกิด Packet Loss อยู่

0.67 จึงทำให้ทราบว่าแบนด์วิดท์และ Background Traffic มีผลต่อโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ

รูปที่ 6 แสดง Packet Loss ที่เกิดขึ้นที่แต่ละโหนดที่มีระยะห่างจาก Video Source โดยพบว่าที่ node5 ได้ข้อมูลของวิดีโอเป็นอันดับแรกจึงมีค่า Packet Loss อยู่ที่ 0.2 ส่วน node6 มีแบนด์วิดท์ 2 Mb และมีการส่งข้อมูลเป็นอันดับที่สองรองจาก node5 จึงมีค่า Packet Loss อยู่ที่ 0.8 ส่วน node7 ได้รับวิดีโอเป็นลำดับสุดท้ายจึงมีค่า Packet Loss อยู่ที่ 0.68 จึงทำให้รู้ว่าขนาดของแบนด์วิดท์ปลายทางที่ไม่เท่ากันและเวลารับรับส่งที่แตกต่างจึงทำให้เกิด Packet Loss ต่อโหนดมากตามลำดับ



รูปที่ 5 ผลการทดลอง Average Packet Loss



รูปที่ 6 ผลการทดลอง Packet Loss ที่แบนด์วิดท์ 10Mb

5. สรุปผล

จากการทดลองเทคโนโลยี IPTV บนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ ที่ได้ทำการทดลองปรับแต่งเงื่อนไขต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ ทำให้ทราบว่าแบนด์วิดท์และ Background Traffic ที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อการไหลวิดีโอที่ได้รับบน

โครงข่ายสารสนเทศภาครัฐ รวมถึงระยะทางของ Video Server ที่เข้าถึงแต่ละโหนดที่มีระยะทางและเวลาที่แตกต่างกันนั้นทำให้มีผลต่อไฟล์วิดีโอที่ได้รับบนโครงข่ายสารสนเทศภาครัฐอีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Cruz, R.S.Nunes, M.S.Menezes, L.Domingues, "SIP based IPTV architecture for heterogeneous networks" Telecommunications 2009. ConTEL 2009 10th International Conference on , 8-10 June 2009 ,pp 421 – 428
- [2] P. Seeling, M. Reisslein, "Evaluating multimedia networking mechanisms using video traces", IEEE Potentials, Oct-Nov 2005,pp 21-25
- [3] จิตติมา นิตยวรรณ, โสฬส ชลัตถราชพงษ์, อุไรรัตน์ พึ่งสุนทรบัตร์, "Network Simulator (NS2)", ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center: NECTEC)
- [4] F.Wan, L.Cai, T.A. Gulliver, "A Simple, Two-Level Markovian Traffic Model for IPTV Video Sources", Global Telecommunications Conference 2008, Nov 30 2008-Dec 4 2008, pp 1-5
- [5] T.Bartczak , Zwierzykowski , P.Poznan "Validation of PIM DM and PIM SM protocols in the NS2 network simulator" , AFRICON, 2009., 23-25 Sept. 2009, pp 1-6
- [6] M.Atenas, S.Sendra, M.Garcia, J.Lloret "IPTV Performance in IEEE 802.11n WLANs", GLOBECOM Workshops (GC Wkshps) 2010 IEEE , 6-10 Dec. 2010 , pp 929 – 933
- [7] www.mict-egov.net/content/view/full/127/122/, <http://203.113.25.35/gin/index.html>, www.m-society.go.th/document/news/news_2411.pdf
- [8] P.Seeling, M.Reisslein, and B.Kulapala. "Network Performance Evaluation with Frame Size and Quality Traces of Single-Layer and Two-Layer Video: A Tutorial", IEEE Communications Surveys and Tutorials,2004 ,pp. 58-78
- [9] G.V.Auwera , P. T. David , and M.Reisslein. "Traffic and Quality Characterization of Single-Layer Video Streams Encoded with H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding Standard and Scalable Video Coding Extension", September 2008. , pp.698-718
- [10] G.V.Auwera and M.Reisslein."Implications of Smoothing on Statistical Multiplexing of H.264/AVC and SVC Video Streams" , September 2009, pp.541-558