การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรโตคอลที่ใช้ในดาวเทียมบรอดแบนด์ไฮบริด
Comparison of Performance TCP Protocol Over Broadband Hybrid Satellite

วัชรากรณ์ เนตรหาญ*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

Watcharakorn Netharn*
Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างโปรโตคอล Transport Control Protocol Tahoe (TCP Tahoe), Transport Control Protocol New Reno (TCP New Reno) และ Transport Control Protocol Westwood (TCP Westwood) ที่ใช้ในดาวเทียมบรอดแบนด์ไฮบริด ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่เป็นกลไกที่สำคัญในการควบคุมเครือข่ายการสื่อสารในระดับชั้นทรานสปอร์ต เนื่องจากว่าดาวเทียมบรอดแบนด์ไฮบริดเป็นเทรนด์ของการสื่อสาร Next Generation ของระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมที่ใช้ในรูปแบบไฮบริด เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเครือข่ายดาวเทียมใช้ COMMStellation™ ผลการจำลองในกลุ่มดาวเทียมโครงสร้างการดำเนินงานในวงโคจรต่ำของโลก Low Earth Orbit (LEO) ผลการจำลองแสดงเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงาน ได้แก่ Propagation End-to-End delay ของ TCP Tahoe TCP New Reno และ TCP Westwood ที่ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดที่ 1 % เป็นดังนี้ 109 ms 130 ms และ 199 ms ตามลำดับ โดยที่ TCP Tahoe ใช้เวลาน้อยที่สุด ในส่วน Throughput ของ TCP Westwood TCP New Reno และ TCP Tahoe ที่ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดที่ 1% เป็นดังนี้ 1747599 bps 1147631 bps และ 964336 bps ตามลำดับ โดย TCP Westwood จะมีค่ามากที่สุด ในแต่ละโปรโตคอล ทีซีพี ใช้เครือข่ายจำลองเอ็นเอส- 2 (NS-2) ผลการจำลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรโตคอล TCP Westwood ให้ค่า Throughput ที่สูงกว่า และมีค่า Propagation End-to-End delay ที่ยอมรับได้ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม จึงมีความเหมาะสมในการเลือกใช้ TCP Westwood ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

คำสำคัญ: ดาวเทียมบรอดแบนด์ไฮบริดโปรโตคอล ทีซีพี วงโคจรต่ำของโลก เวลาประวิง การแพร่กระจายจุดต่อจุด ปริมาณงาน

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)
e-mail: ouolouo@yahoo.com

Abstract

This paper compares the protocol of the Transport Control Protocol Tahoe (TCP Tahoe), Transport Control Protocol New Reno (TCP New Reno) and Transport Control Protocol Westwood (TCP Westwood) in the satellite hybrid network. The protocol is an important mechanism to control network communications at the Transport layer since satellite broadband hybrid is a trend of Next Generation Communications System satellite communications. The simulation results in the satellite structure operating in Low Earth Orbit (LEO) simulation showed the evaluation operations included Propagation End-to-End delay of TCP, Tahoe TCP, New Reno, and TCP Westwood with average errors of 1% were below 109 ms, 130 ms, and 199 ms, respectively. In the throughput of TCP Westwood TCP, New Reno, and TCP Tahoe, the average errors of 1% were below 1747599 bps, 1147631 bps, and 964336 bps, respectively. TCP Westwood was the most valuable. Each protocol TCP used network simulator NS - 2 (NS-2). The result of the simulation comparing the effectiveness of the protocols showed the TCP Westwood throughput value was higher and the Propagation End-to-End delay was acceptable for satellite communication systems. Therefore it is suitable to use TCP Westwood in satellite communication systems.

Keywords: Hybrid Broadband Satellite, TCP Protocol, Low Earth Orbit, Propagation End-to-End Delay, Throughput

บทนำ

ในปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลผ่านเทคโนโลยีเครือข่ายผ่านดาวเทียมนั้นมีความสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมากสังเกตได้จากผู้คนมีการใช้สมาร์ทโฟนอย่างแพร่หลายกันมากขึ้น มีการใช้แผนที่จาก Google Earth มีการดูแผนที่จากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อใช้ในการเดินทางในชีวิตประจำวัน การชมการแข่งขันกีฬาถ่ายทอดสดผ่านดาวเทียม GPS การศึกษาผ่านทางไกลวังไกลกังวล เป็นต้น

เทคโนโลยีดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมทั้งภาครัฐและเอกชน ในการพัฒนาประสิทธิภาพขององค์กรต่างๆ ทำให้เกิดโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒาประเทศ ได้แก่ สื่อ การส่งผ่าน รวมทั้งสายโทรศัพท์ สายเคเบิลทีวี ดาวเทียม และเสาอากาศ และยังมีเราเตอร์หลายตัวที่ใช้ในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างเทคโนโลยี การส่งผ่านที่สนับสนุนการไหลและการประมวลผลของข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อรองรับการใช้งานอินเตอร์เน็ตและสนับสนุนให้เกิดนวัตกรรมทางการศึกษา (Viriyavorakul & Phonak, 2014) และเพื่อใช้ในการพัฒนาศักยภาพของประชากรใน

ประเทศ ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียมเป็นเทคโนโลยีขั้นสูงและสนับสนุนวิธีการสำหรับการให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงไปสู่ผู้ใช้งาน เครือข่ายการสื่อสารภาคพื้นดินและสถานีปลายทางสามารถเชื่อมต่อกันได้ทั่วโลกด้วยดาวเทียมวงโคจรต่ำซึ่งเป็นดาวเทียมขนาดเล็ก ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้การสื่อสารผ่านดาวเทียมมีบทบาทสำคัญในอินเทอร์เน็ตทั่วโลกและสามารถสนับสนุนระบบเวลาจริงและไม่จริงได้

ปัจจุบันระบบการสื่อสารข้อมูลข่าวสารแบบไร้สายได้มีการพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างเช่น การสื่อสารผ่านดาวเทียม (Keathawikun, 2015) มีการเติบโตและมีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ ทำให้มีหน่วยงานของทางภาครัฐที่มีชื่อว่า สำนักกิจการอวกาศแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยมียุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับดาวเทียม ได้แก่ การพัฒนาการประยุกต์การสื่อสารผ่านดาวเทียม การจัดทำแผนแม่บทการพัฒนากิจการอวกาศของประเทศ โดยโครงการมีดังนี้ โครงการศึกษาจัดสร้างระบบต้นแบบระบบสื่อสารด้านเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียม โครงการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียมขนาดเล็ก (Space Affairs Bureau, 2016) เป็นต้น ดาวเทียมได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเริ่มจากการนำมาใช้กับโทรศัพท์ โทรทัศน์ผ่านดาวเทียมและพัฒนามาสู่ระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ดาวเทียมดวงแรกของไทยชื่อดาวเทียมไทยคม 4 เป็นดาวเทียมบรอดแบนด์ที่สามารถรองรับการใช้งานอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง สำหรับการสื่อสารข้อมูลผ่านดาวเทียมจะมีโปรโตคอลที่ควบคุมการสื่อสารข้อมูล แลกเปลี่ยนข้อมูล และการควบคุมความผิดพลาด ซึ่งการเชื่อมต่อเพื่อการส่งข้อมูลอาจจะมีความล่าช้าแตกต่างกันและมีอัตราความผิดพลาดของบิตที่แตกต่างกันด้วย หรือการเกิดสัญญาณรบกวนภายในภาพจะเกิดการสูญเสียบางส่วนของภาพไป (Nakavateruangsuk, 2014)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรโตคอลที่ใช้ในดาวเทียมบรอดแบนด์ไฮบริดและการใช้งาน Broadband Hybrid Satellite Constellation Communication System (BHSCCS) ในเครือข่ายจริงซึ่งมีความซับซ้อนและเวลาที่แตกต่างกันเป็นเรื่องที่ยาก ดังนั้นจึงทำการศึกษาจากแบบจำลองของระบบแทน ซึ่งแบบจำลองเครือข่ายที่ใช้ประกอบด้วย TCP Tahoe, TCP New Reno และ TCP Westwood เพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินงานของเครือข่ายผ่าน BHSCCS โดยใช้รูปแบบดาวเทียม COMMStellationTM ในโมดูลของ NS-2

หลักเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพจะใช้ ค่า Throughput และ End-to-End (E2E) Delay โดยที่ค่า Throughput มากก็จะทำให้มีการรับส่งข้อมูลได้มาก ถ้าค่า Throughput น้อยก็จะทำให้มีการรับส่งข้อมูลได้น้อย แต่จะขึ้นอยู่กับขั้นตอนวิธีของแต่ละ TCP นั้น ในส่วนค่า End-to-End (E2E) Delay ถ้าค่า End-to-End (E2E) Delay มีค่ามากก็จะทำให้มีการสื่อสารมีความล่าช้า ในทางกลับกัน ถ้าค่า End-to-End (E2E) Delay มีค่าน้อยก็จะทำให้มีการสื่อสารมีตวามเร็ว แต่ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่าค่า End-to-End (E2E) Delay น้อยจะทำให้ค่า Throughput สูง ต้องขึ้นยู่กับขั้นตอนวิธีของ TCP นั้นๆ ด้วย

ดาวเทียมและโปรโตคอล

ดาวเทียมที่อยู่ในวงโคจรรอบโลกเป็นสิ่งที่มนุษย์คิดค้นประดิษฐ์ขึ้นมา โดยอาศัยแรงดึงดูดของโลกเพื่อให้สามารถอยู่ในวงโคจรรอบโลกได้ วัตถุประสงค์หลักของดาวเทียมมีการประยุกต์ใช้งานหลากหลาย อาทิเช่น การสื่อสารข้อมูล, การศึกษา หรือการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

วงโคจรดาวเทียม (Satellite Orbit) มีการแบ่งตามระยะความสูง (Altitude) จากพื้นโลกแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ วงโคจรต่ำ Low Earth Orbit (LEO), วงโคจรระยะปานกลาง Medium Earth Orbit (MEO) และวงโคจรประจำที่ Geosynchonus Earth Orbit (GEO) ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาดาวเทียมในวงโคจรต่ำ ที่เป็นดาวเทียมไฮบริด (Hybrid Satellite)

โปรโตคอล เป็นข้อบังคับที่ประกอบไปด้วยกฎต่างๆ ใช้สำหรับในรูปแบบของการสื่อสารเพื่อทำให้การติดต่อสื่อสารในระบบ การโอนไฟล์จะเป็นลักษณะ Grid FTP ในงานวิจัยนี้เราใช้ TCP Tahoe, TCPP New Reno และ TCP Westwood

1. Hybrid Satellite

ระบบดาวเทียม COMMStellation™ เป็นดาวเทียมวงโคจรต่ำอยู่ในช่วงที่ระดับความสูงประมาณ 1,000 กม. ประกอบด้วยดาวเทียมดวงเล็ก 72 ดวง ซึ่งจะจัดในหกระนาบที่ซ้อนกันในทุกวงโคจร วงโคจรอยู่ในระนาบที่ใกล้กันโดยมีระยะห่างการหมุนรอบ 30 องศา มุมเงยต่ำสุดสำหรับสถานีภาคพื้นดินคือ 10 องศาซึ่งจะเพิ่มพื้นที่ให้บริการของดาวเทียมและปรับปรุงคุณภาพการเชื่อมต่อเมื่อเปรียบเทียบกับการลดลงมุมเงย เป็นการเพิ่มการลดทอนของสัญญาณ และมีผลกระทบต่อคุณภาพของการเชื่อมโยงดาวเทียมเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 10-12 นาที ขึ้นอยู่กับละติจูดของสถานีภาคพื้นดิน (James et al. 2012; Boribon & Pongpadpinit, 2014b) ในภาคพื้นดินของการเชื่อมโยงมีสองประเภทของสถานี ได้แก่ 1) สถานีหลักที่มีการเชื่อมต่อกับความเร็วสูงเป็นแกนหลักของอินเทอร์เน็ต และ 2) สถานีผู้ใช้ที่กำหนดจะมีการทำงานที่เป็นปัจจุบัน เช่น ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) ซึ่งจะช่วยให้ลูกค้าแต่ละรายสามารถเชื่อมต่อเพื่อส่งผ่านข้อมูลผ่านดาวเทียม (James et al., 2012; Boribon & Pongpadpinit, 2014b) ดาวเทียม COMMStellation™ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้บริการไปยังผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตที่มีอยู่

2. Grid FTP

GridFTP เป็นส่วนขยายของ File Transfer Protocol (FTP) ที่ถูกกำหนดไว้ในคณะทำงาน GridFTP ของ Open Grid Forum ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากที่สุด คือให้โดย Globus Toolkit จุดมุ่งหมายของการ GridFTP คือการให้การถ่ายโอนไฟล์ประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้มากขึ้นและสูงเช่นการเปิดใช้งานการส่งไฟล์ขนาดใหญ่มาก GridFTP ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในโครงการวิทยาศาสตร์ขนาดใหญ่ เช่น Large Hadron Collider และศูนย์ซูเปอร์คอมพิวเตอร์จำนวนมากและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ ทางวิทยาศาสตร์

3. TCP Tahoe

TCP Tahoe มีหลักการทำงานของ Slow Start, Congestion Avoidance และ Fast Retransmit

4. TCP New Reno

TCP New Reno มีหลักการทำงานของ Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit และ Fast Recovery

5. TCP Westwood

TCP Westwood เป็นการปรับเปลี่ยนของขั้นตอน Fast Recovery ที่เรียกว่า Fast Recovery แทนที่ด้วยการลดลงครึ่งหนึ่งความคับคั่งหน้าต่างหลังจากมี ACKs ที่ซ้ำกัน 3 ครั้ง และแก้ไขเกณฑ์โดยใช้วิธี Slow Start ค่าที่กำหนดในค่านี้ TCP Westwood ในชุดค่าที่กำหนดฟังก์ชั่นในการประมาณค่าแบนด์วิดท์ที่มีอยู่ การสูญเสียในช่องสัญญาณจะไม่เกิดการล่าช้าของอัตราการส่งข้อมูล (Sarkar, Shukla & Dasgupta, 2011)

ในงานวิจัยนี้มีการส่งข้อมูลเป็นจำนวนมากภายในดาวเทียมไฮบริด และเป็นที่ต้องการใช้สำหรับการใช้งานทางวิทยาศาสตร์ในการกระจายข้อมูล การสำรองข้อมูลระยะไกล ฯลฯ โดยทั่วไป File Transfer Protocol (FTP) จะใช้สำหรับการการจัดการการถ่ายโอนข้อมูลจำนวนมาก

รูปแบบเครือข่ายและการวัดประสิทธิภาพ

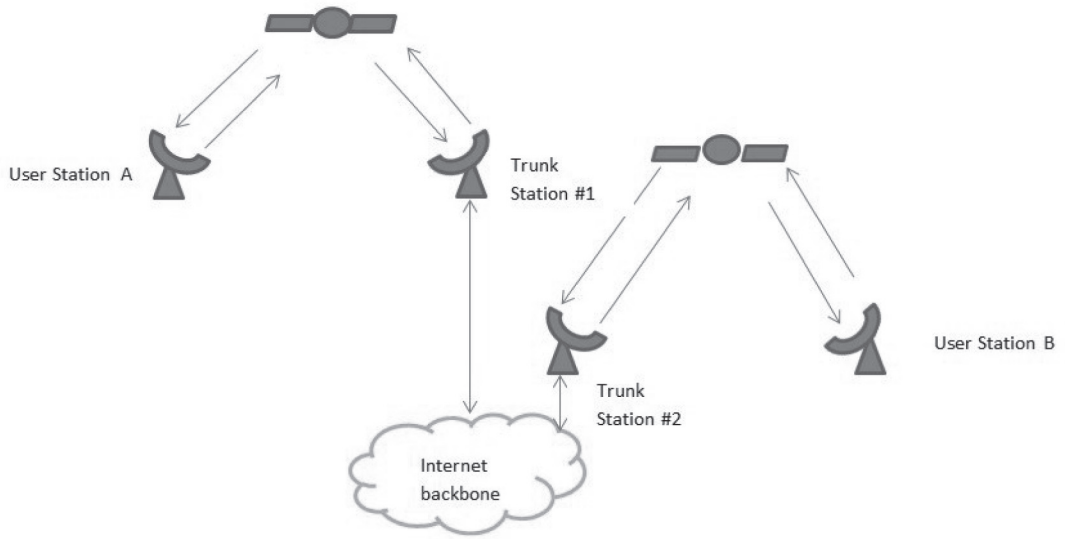
รูปแบบเครือข่ายจะเป็นเครือข่ายการสื่อสารโทรคมนาคมมีการเชื่อมโยงในระยะที่ห่างไกลสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ ในส่วนของทีซีพี Transmission Control Protocol (TCP) เป็นโปรโตคอลหลักที่ใช้ในการเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยมีหน้าที่คือการควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่างจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างกัน ในงานวิจัยใช้ TCP Tahoe, TCP New Reno และ TCP Westwood

การวัดประสิทธิภาพวัดในแง่ของการส่งผ่านข้อมูล (Throughput), เวลาประวิงจุดต่อจุด End-to-End (E2E) Delay ในงานวิจัย

1. รูปแบบเครือข่าย

TCP Tahoe ในงานวิจัยได้จำลองรูปแบบเครือข่ายที่ใช้งานอยู่ดังภาพที่ 1 เริ่มต้นที่สถานีผู้ใช้ต้นทางที่เป็น STM-1 ส่งข้อมูลแบบดูเพล็กซ์ไปยังดาวเทียม ดาวเทียมส่งต่อยังสถานีหลัก สถานีหลักส่งไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ตหลัก เครือข่ายอินเตอร์เน็ตส่งไปยังสถานีหลักอีกสถานีหนึ่ง สถานีหลัก#2ส่งข้อมูลดูเพล็กซ์ไปยังดาวเทียม ดาวเทียมส่งต่อไปยังสถานี้ผู้ใช้ปลายทาง งานวิจัยครั้งนี้ใช้โมเดล DropTail Queuing ในการจำลองในงานวิจัย (Boribon & Pongpadpinit, 2016). พารามิเตอร์กลุ่มดาวเทียมใช้

เครือข่าย BHSCCS บน COMMStellation™ โดยใช้สถานีต้นทางจาก กรุงเทพฯ ประเทศไทย ไปยังปลายทางคือ บอสตัน แมสซาชูเซต อเมริกา ในงานวิจัยเรื่อง Performance Evaluation of Various TCP Protocol Over Broadband Hybrid Satellite Constellation Communication System (Boribon & Pongpadpinit, 2016)



ภาพที่ 1 แบบจำลองเครือข่าย

ในโปรโตคอลจะไม่ทำการส่งข้อมูลมากเกินจนก่อให้เกิดเครือข่ายมีปัญหา และไม่น้อยไปจนทำให้เกิดประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลมีปัญหากับ Application ทำให้มีการออกแบบ Congestion Control ในโปรโตคอล TCP ในหลักของ Congestion Control จะเป็นการกำหนดจำนวน Segment ที่ TCP สามารถส่งได้พร้อมกัน โดยมีหลักการเดียวกับ Sliding Window ในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายได้จะมีจำนวน Segment ไม่เกินขนาดใน Congestion Window (CWND) การเพิ่มลดของ CWND จะปรับตามความคับคั่งของเครือข่าย สำหรับขนาดที่เล็กที่สุดและเป็นค่าเริ่มแรกของ Congestion Window คือ 1 MSS (Maximum Segment Size)

การปรับค่าของ CWND มีหลักดังนี้

Slow Start เป็นการเพิ่มขนาดของ CWND เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมีค่าตั้งต้น CWND เท่ากับ 1 MSS เมื่อมีการ ACK ข้อมูล 1 Segment ใดๆ ก็จะทำการเพิ่มขนาดของ CWND ขึ้นครั้งละ 1 Segment ไปเรื่อยๆ ทำให้ขนาดของ CWND เป็น 2 เท่าของขนาดเดิมทุกๆ รอบการส่งข้อมูลครบ 1 Window

ในกระบวนการนี้เพื่อให้ TCP ส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นให้เข้าใกล้จุดที่มีความคับคั่งมากที่สุดได้อย่างรวดเร็ว และในจุดที่ CWND เพิ่มขนาดขึ้นถึงค่าที่กำหนด (Ssthresh) หรือเกิด Timeout ไปยังรูปแบบการขยายตัวแบบ Congestion Avoidance แทน

Congestion Avoidance คือ TCP ที่ใช้ในการคงขนาดของ CWND อยู่ในช่วงที่สามารถได้ปริมาณมากและทำการค่อยๆ เพิ่มค่าจนถึงจุดที่จะทำให้เกิดการคับคั่งของข้อมูลโดย CWND มีขาดเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 สำหรับการส่งข้อมูลไปกลับใน 1 รอบ (RTT) จนกว่าจะมีการคับคั่งของข้อมูลช่วง CWND ในช่วงการทำงาน Congestion Avoidance อยู่ในช่วง Ssthresh จนถึงค่า CWND ที่เกิดหมดแล้ว Timeout หรือ Fast Retransmit

Fast Retransmit เป็นตัวบ่งบอกให้รู้ว่าเกิดการคับคั่งในเครือข่ายขึ้นอย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องรอให้เกิด Timeout ในระบบทั่วไปการส่งข้อมูลแต่ละ Segment และมีค่า Timer ในการจับเวลา หากไม่ได้รับ ACK ในช่วง Timer ที่ระบุ จะทำการส่งข้อมูลชุดนั้นใหม่อีกครั้ง (Retransmission) แต่ถ้าเกิดการรอให้ Timer หมดเวลาเพื่อที่จะบ่งบอกให้ทราบว่าเกิดการคับคั่งเกิดขึ้นนั้น จะทำให้เกิดการเสียเวลามาก

Fast Recovery เป็นการปรับค่า CWND หลังจากเกิด Fast Retransmit ไปกลับไปสู่ Slow Start ใน Fast Recovery จะปรับค่า CWND ให้มีขนาดที่เหมาะสม โดยการเลือกค่าที่น้อยกว่าระหว่างค่า Flow Control Window ของผู้รับกับผลบวกของ CWND กับจำนวนของ Duplicate ACK ที่ได้รับมา: Min (Flow Control Window, CWND + Duplicate ACK)

วิธีการวิจัย

การทดลองได้นำโมเดลของเครือข่าย Broadband Hybrid Satellite Constellation Communication Systems (BHSCCS) มาใช้ในการจำลอง โดยใช้ TCP Tahoe, TCP New Reno และ TCP Westwood ซึ่งมีการตั้งสมมุติฐานการรับข้อมูลนั้นให้มีค่าความผิดพลาดตั้งแต่ 0 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ Drop Tail Queuing ที่ใช้ในการจัดการระบบ Queuing จำลองการทดลอง

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ COMMStellation™ แสดงในตารางที่ 1 (Boribon & Pongpadpinit, 2016) ในการทำ Simulation มีการใช้สถานีต้นทางจากกรุงเทพฯ ประเทศไทย ไปยังปลายทางคือ บอสตัน ประเทศอเมริกา ซึ่งเป็นดาวเทียวบรอดแบนด์ไฮบริดซึ่งมีวงโคจรต่ำ โดย Simulation ในโปรแกรม NS-2

ตารางที่ 1 Satellite Constellation Parameters

Parameters	Value
Satellite Altitude	1000 km
Inclination	90 Degree
Number of Orbital Plane	6
Number of Satellite Per Orbital Plane	12
The Cutoff Elevation Angle	10 Degree
Spacing Between Orbital Plane	30 Degree
Satellite Bandwidth	1.1 Gbps
Trunk Stations	3.5
User Stations	1
Package Size	1514 KB

ที่มา : Boriboon & Pongpadpinit, 2016

1. หลักเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพ

สำหรับในบทความนี้จะใช้ในการอธิบายทั่วไปในหลักเกณฑ์การวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายที่ทำการวิจัยในเรื่องประสิทธิภาพของ BHSCCS บน COMMStellation™ ของระบบดาวเทียม สามารถวัดได้ในแง่ของการส่งผ่านข้อมูล (Throughput), เวลาประวิงจุดต่อจุด End-to-End (E2E) Delay (Sanguankotchakorn & Somrobru, 2010)

สูตร Throughput (1)

$$Throughput = \frac{Nr \times Ps \times B}{(Tstop - Tstart) \times 1 \times 10^6} Mbps \quad (1)$$

เมื่อ

$Nr =$ เป็นค่าจำนวนเพ็กเกจรับปลายทาง

$Ps=$ เป็นขนาดของเพ็กเกจ (ไบต์)

$Tstop$ =เวลาที่หยุดของแต่ละการสื่อสาร

$Tstart$ =เวลาที่เริ่มของแต่ละการสื่อสาร

สูตร End-to-End (E2E) delay (2)

$$E2E = \frac{\sum_{i=1}^{N} Di}{Nr} \qquad (2)$$

เมื่อ

Di=เวลาประวิงการแพร่กระจายจาก จุดต่อจุดของเพ็กเก็จ “i”

$i = Tdi - Tsi$

Tsi = เป็นเวลาของเพ็กเก็จ “I” ในคิวที่ต้นทาง

$Tstart$ =เป็นเวลาของเพ็กเกจ “ I” ในการรับปลายทาง

Nr=เป็นค่าจำนวนเพ็กเกจรับปลายทาง

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทำ Simulation โดยอ้างอิงจากเนื้อหาข้างต้น ทำ Simulation โดยใช้ Network Simulation (NS-2) ช่วงเวลา จาก 0 ถึง 99 วินาที

โดยเริ่มต้นจากต้นทางไปยังปลายทางของดาวเทียม โดยสถานีผู้ใช้จะใช้ Grid FTP บน TCP ที่แตกต่างกัน ทำด้วยการ Simulation 3 รูปแบบได้แก่ TCP Tahoe, TCP New Reno และ TCP Westwood โดยให้มีค่า End-to-End Delay ตั้งแต่ความผิดพลาด 0 จนถึง 10%

ผลลัพธ์จากการทำ Simulation เกี่ยวกับ Propagation End-to-End Delay โดยใช้ TCP 3 รูปแบบ ได้แก่ Tahoe, New Reno และ Westwood โดยให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ตั้งแต่ 0 ถึง 10 ซึ่งจะหมายถึงเป็นการเพิ่มสัญญาณรบกวนเข้าไปตามจำนวนเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ดังแสดงในภาพที่ 2, 3, 4 และ 8 ตามลำดับ ได้ผลดังนี้ TCP Tahoe ที่ความผิดพลาดที่ 0% จะได้ค่าเฉลี่ยที่ 236.99 ms TCP ที่ความผิดพลาดที่ 1% จะได้ค่าเฉลี่ยที่ 109.27 ms โดยเกิดความแตกต่างกันอยู่ที่ 53.89% และค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ยจะได้ค่าที่น้อยลงตามลำดับ ในTCP New Reno ที่ความผิดพลาดที่ 0% จะได้ค่าเฉลี่ย 236.84 ms TCP New Reno ที่ความผิดพลาดที่ 1% จะได้ค่าเฉลี่ยที่ 130.43 ms โดยเกิดความแตกต่างกัน 44.93% และค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มค่าเฉลี่ยที่น้อยลงตามลำดับ ส่วน TCP Westwood ที่ความผิดพลาดที่ 0% จะได้ค่าเฉลี่ย 236.95 ms TCP Westwood ที่ความผิดพลาด 1% จะได้ค่าเฉลี่ย 198.68 ms ทำให้เกิดความแตกต่างกันอยู่ที่ 16.15% และค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มค่าเฉลี่ยจะมีค่าที่น้อยลงตามลำดับ

จากผลการทำ Simulation Propagation End-to-End Delay จากค่าที่มากไปยังค่าน้อย ได้แก่ TCP Westwood, TCP New Reno และ TCP Tahoe ตามลำดับ

ผลลัพธ์ของการทำ Simulation ในเรื่อง Throughput โดยใช้ TCP 3 รูปแบบ ได้แก่ Tahoe, New Reno และ Westwood โดยให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ตั้งแต่ 0 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 5, 6, 7 และ 9 ตามลำดับ โดยผลดังนี้ TCP Tahoe ที่ความผิดพลาดที่ 0 % จะได้ค่าเฉลี่ย 2115865 TCP Tahoe

ที่ความผิดพลาดที่ 1% จะได้ค่าเฉลี่ย 964336 โดยเกิดความแตกต่างกันอยู่ที่ 54.42% และค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มได้ค่าเฉลี่ยที่น้อยลงตาลำดับ TCP New Reno ที่ความผิดพลาดที่ 0% จะได้ค่าเฉลี่ย 2111841 TCP New Reno ที่ความผิดพลาดที่ 1% จะได้ค่าเฉลี่ย 1147631 โดยเกิดความแตกต่างกันอยู่ที่ 45.66% และค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มได้ค่าเฉลี่ยน้อยลงตามลำดับ TCP Westwood ที่ความผิดพลาดที่ 0% จะได้ค่าเฉลี่ย 2114591 TCP Westwood ที่ความผิดพลาด 1% จะได้ค่าเฉลี่ย 1747599 โดยเกิดความแตกต่างกันอยู่ที่ 17.36% และค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มได้ค่าเฉลี่ยจะน้อยลงตามลำดับ

ค่าเปอร์เซ็นต์ของ Propagation End-to-End delay และ Throughput มีทิศทางที่เหมือนกัน โดยค่า Propagation End-to-End delay จากค่า Error o% และ Error 1% จากตารางที่ 2 เป็นดังนี้ 53.89, 44.93 และ 16.15 ตามลำดับ และค่า Throughput มีทิศทางที่เหมือนกันโดยค่า Throughput จากค่า error o% และ error 1% จากตารางที่ 3 เป็นดังนี้ 54.42, 45.66 และ 17.36 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 Propagation End-to-End delay

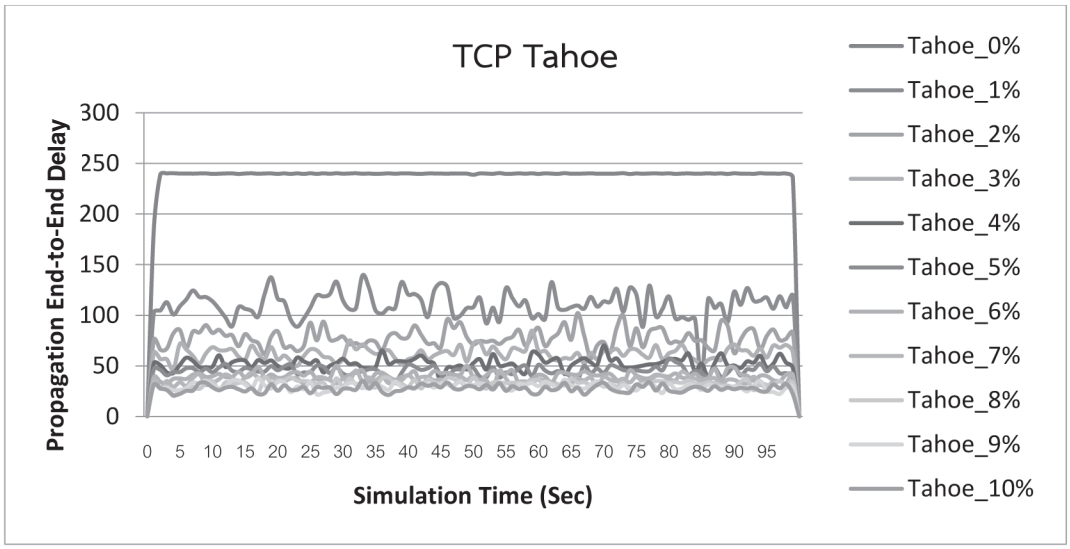
TCP Module	Average error 0%	Average error 1%	Differences percent
Tahoe	237 ms	109 ms	53.89 %
New Reno	237 ms	130 ms	44.93 %
Westwood	237 ms	199 ms	16.15 %

ตารางที่ 3 Throughput

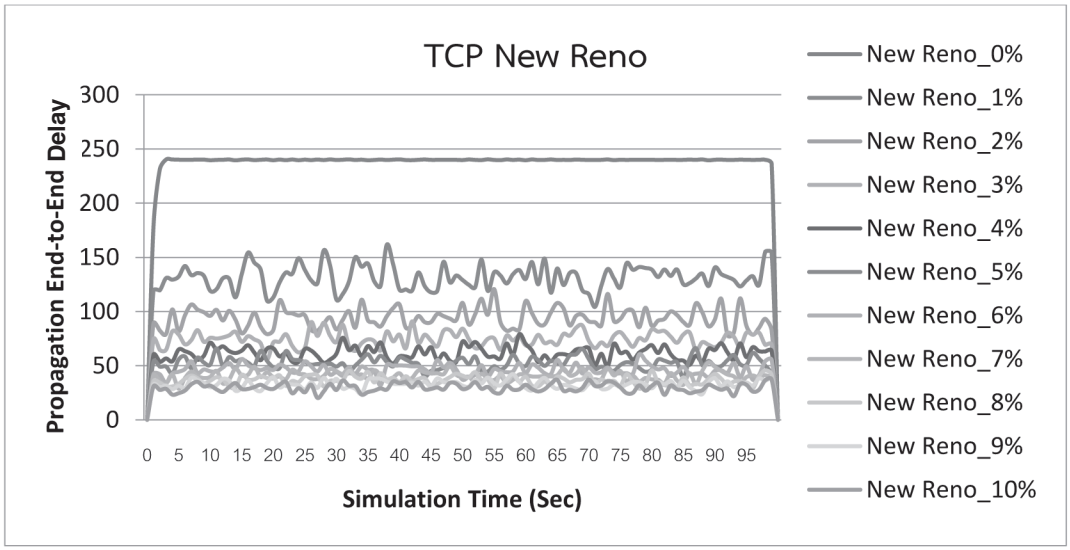
TCP Module	Average error 0%	Average error 1%	Differences percent
Tahoe	2115865 bps	964336 bps	54.42 %
New Reno	2111841bps	1147631bps	45.66 %
Westwood	2114591 bps	1747599 bps	17.36 %

จากผลการทำ Simulation Throughput จากค่าเปอร์เซ็นต์ของ Throughput ที่มากไปหาค่าที่น้อย ได้แก่ TCP Tahoe, TCP New Reno และ TCP Westwood ตามลำดับ

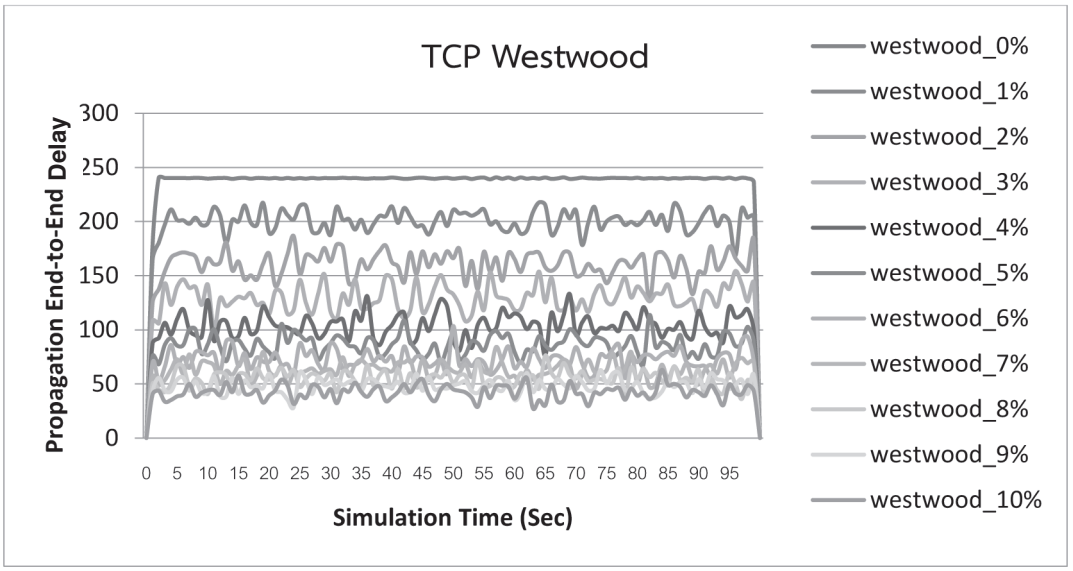
Propagation End-to-End Delay มีความสำคัญคือเป็นเวลาประวิงจุดต่อจุดของแพ็คเก็ตที่ส่งข้อมูล โดยจะทำการเปรียบเทียบค่า Propagation End-to-End Delay ของทั้ง TCP Tahoe, TCP New Reno และ TCP Westwood



ภาพที่ 2 แสดง Propagation End-to-End Delay กราฟ TCP Tahoe
โดยมีค่าตั้งแต่ เปอร์เซ็นต์ที่ 0 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์



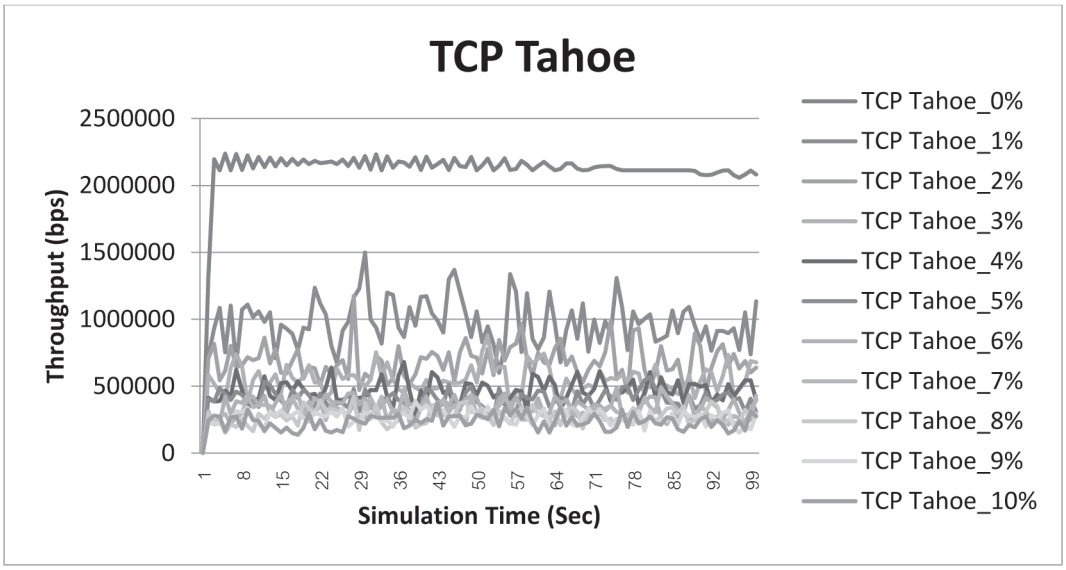
ภาพที่ 3 แสดง Propagation End-to-End Delay กราฟ TCP New Reno
โดยมีค่าตั้งแต่ เปอร์เซ็นต์ที่ 0 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์



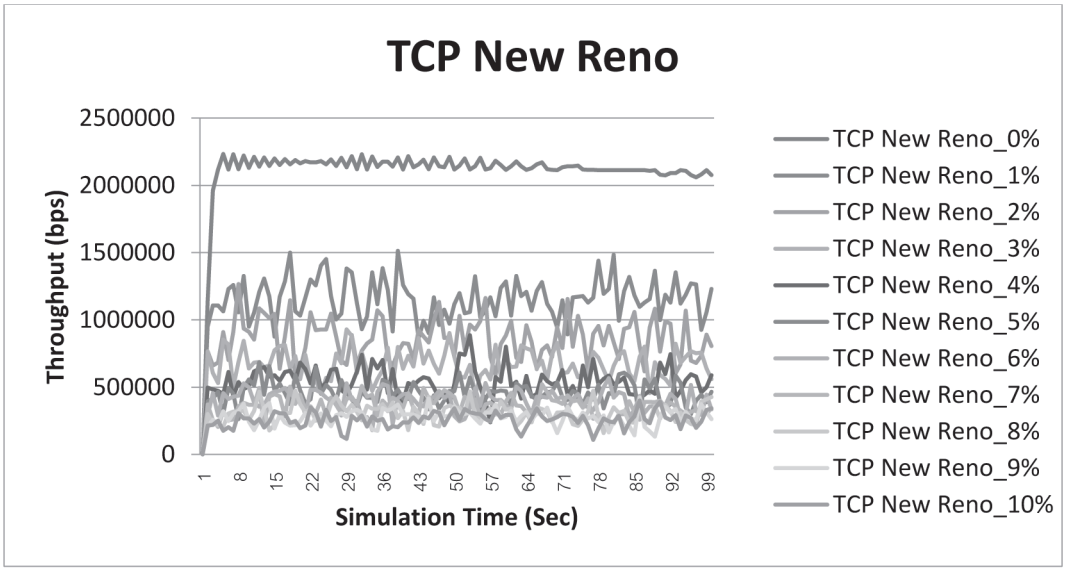
ภาพที่ 4 แสดง Propagation End-to-End Delay กราฟ TCP Westwood โดยมีค่าตั้งแต่ เปอร์เซ็นต์ที่ 0 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์

ค่าของ Propagation End-to-End Delay ที่ค่าความผิดพลาดที่ 1% ของ TCP Tahoe TCP New Reno และ TCP Westwood มีค่าดังนี้ 109 ms, 130 ms และ 199 ms ตามลำดับ สรุปได้ว่า TCP Tahoe ใช้เวลาประวิงเวลาจุดต่อจุดน้อยที่สุด

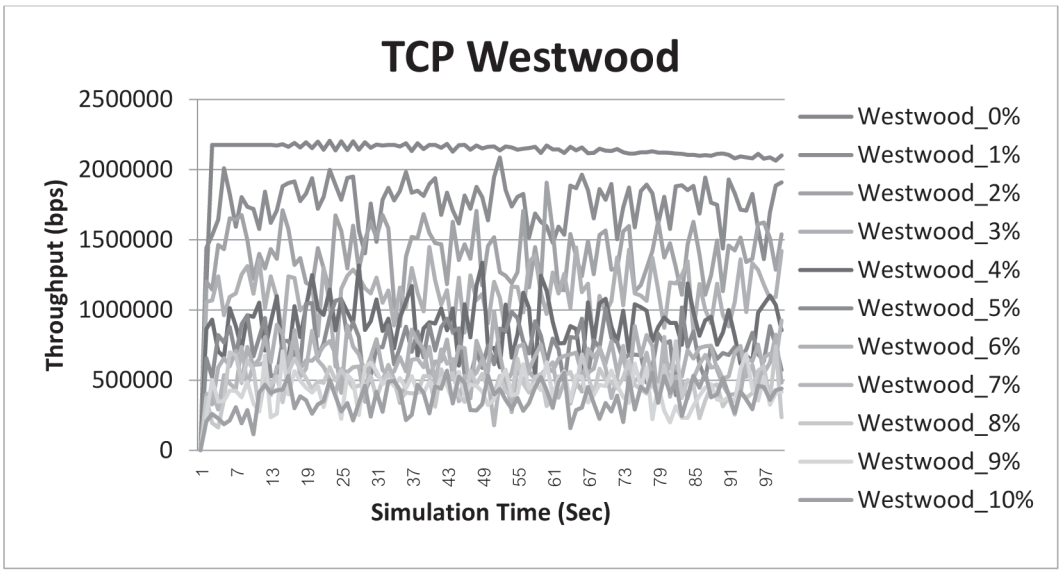
Throughput มีความสำคัญคือเป็นการวัดปริมาณงานของข้อมูลที่ทำในช่วงเวลาหนึ่ง โดยจะทำการเปรียบเทียบค่า Throughput ของทั้ง TCP Tahoe TCP New Reno และ TCP Westwood



ภาพที่ 5 แสดง Throughput กราฟ TCP Tahoe โดยมีค่าตั้งแต่ เปอร์เซ็นต์ที่ 0 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์

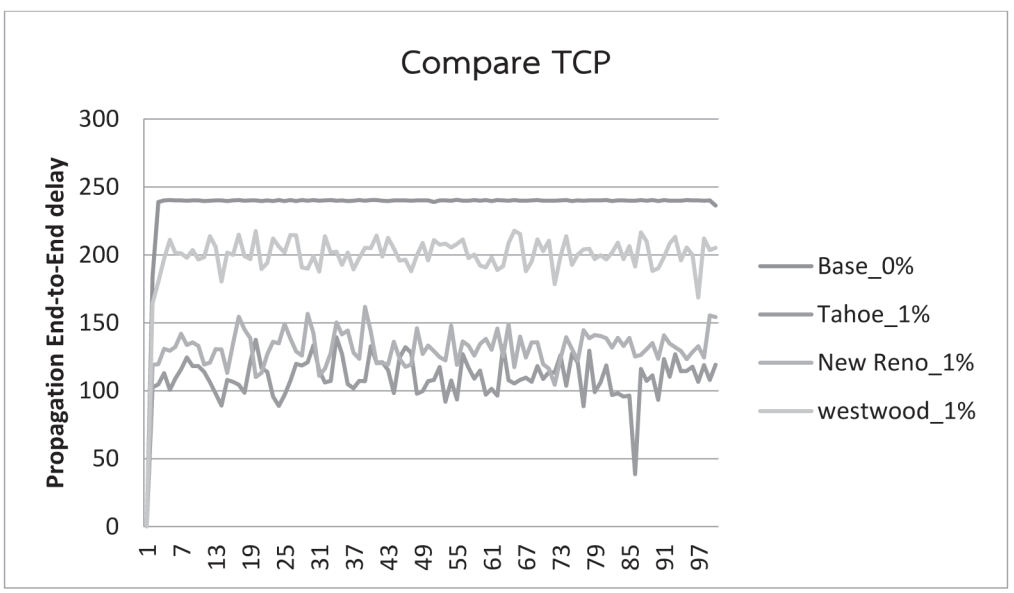


ภาพที่ 6 แสดง Throughput กราฟ TCP New Reno โดยมีค่าตั้งแต่ เปอร์เซ็นต์ที่ 0 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์



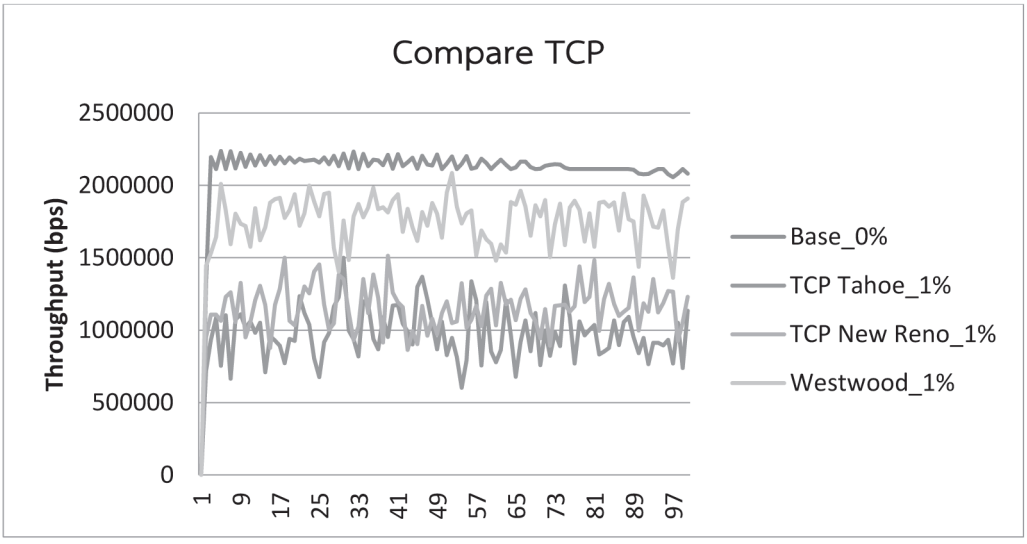
ภาพที่ 7 แสดง Throughput กราฟTCP Westwood โดยมีค่าตั้งแต่ เปอร์เซ็นต์ที่ 0 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์

ค่าของ Throughput ที่ค่าความผิดพลาดที่ 1% ของ TCP Tahoe TCP New Reno และ TCP Westwood มีค่าดังนี้ 964336 bps, 1147631 bps และ 1747599 bps ตามลำดับ สรุปได้ว่า TCP Westwood ให้ค่า Throughput มากที่สุด



ภาพที่ 8 แสดงการเปรียบ Propagation End-to-End Delay กราฟ TCP Tahoe TCP New Reno และ TCP Westwood โดยมีค่าตั้งแต่ เปอร์เซ็นต์ที่ 0 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์

ค่าของ Propagation End-to-End Delay ที่ค่าความผิดพลาดที่ 1% ของ TCP Tahoe TCP New Reno และ TCP Westwood มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 1 % ดังนี้ 109 ms, 130 ms และ 199 ms ตามลำดับ สรุปได้ว่า TCP Tahoe ใช้เวลาประวิงเวลาจุดต่อจุดน้อยที่สุด ตามด้วย TCP New Reno และ TCP Westwood



ภาพที่ 9 แสดงการเปรียบ Throughput กราฟ TCP Tahoe TCP New Reno และ TCP Westwood โดยมีค่าตั้งแต่ เปอร์เซ็นต์ที่ 0 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์

ค่าของ Throughput ที่ค่าความผิดพลาดที่ 1% ของ TCP Tahoe TCP New Reno และ TCP Westwood มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 1% ดังนี้ 964336 bps, 1147631 bps และ 1747599 bps ตามลำดับ สรุปได้ว่า TCP Westwood ที่มีค่า Throughput มากที่สุด ตามด้วย TCP New Reno และ TCP Tahoe

จากตารางที่ 2 และภาพที่ 8 ค่าของ Propagation End-to-End Delay เมื่อเปรียบการใช้เวลาประวิงจุดต่อจุดน้อยที่สุด จะได้แก่ TCP Tahoe เนื่องจากใช้เวลาประวิงจุดต่อจุดน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ TCP ตัวอื่นๆ

ค่าของตารางที่ 3 และภาพที่ 9 ค่าของ Throughput เมื่อเปรียบเทียบการวัดปริมาณงานของข้อมูลในช่วงเวลาหนึ่งได้มากที่สุด จะได้แก่ TCP Westwood เนื่องจากได้ปริมาณงานมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ TCP ตัวอื่นๆ

สรุปผลการวิจัย

ค่าของ Propagation End-to-End Delay ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของแต่ละประเภท TCP ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่องของการปรับค่าของ CWND ในแต่ละประเภท ถ้า TCP ที่มี Fast Recover จะมีค่าของ Propagation End-to-End Delay ที่สูงและมีค่าผันแปรตามค่าเปอร์เซ็นต์ที่น้อยจะมีค่า Propagation End-to-End Delay ที่สูง

ค่าของ Throughput (bps) ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของแต่ละประเภท TCP ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่องของการปรับค่าของ CWND ในแต่ละประเภท ถ้า TCP มี Fast Recover จะมีค่าของ Throughput (bps) ที่สูง และมีค่าผันแปรตามค่าเปอร์เซ็นต์ที่มากจะมีค่า Throughput (bps) ที่สูง

ดังนั้นค่าของ Propagation End-to-End Delay กับ Throughput (bps) นั้นจะขึ้นอยู่กับ TCP แต่ละประเภทและในแต่ละประเภทก็จะมีการปรับค่าของ CWND ที่แตกต่างกันไป

ดังนั้น TCP ในแต่ละชนิด TCP Tahoe จะเหมาะสมสำหรับที่ Throughput มีค่า Error ที่ 0% เมื่อเพิ่มค่า Error ที่สูงขึ้นค่าของ Throughput จะมีค่าน้อยกว่า TCP New Reno และ TCP Westwood ส่วนที่ TCP New Reno จะเหมาะสำหรับ Throughput ที่มีค่า Error บ้างเล็กน้อย และ TCP Westwood จะเหมาะสมสำหรับค่าที่มีค่า Error สูง ที่ทำให้ค่า Throughput สูงตามด้วย

ผลจากการ Simulation เป็นการสะท้อนให้เห็นว่าเมื่อ Throughput สูง ค่า End-to-End Delay ก็จะสูงตาม นอกจากนี้การประเมินโปรโตคอลการสื่อสารต้องคำนึงถึง Throughput มีความสำคัญลำดับต้นหลักและค่า End-to-End Delay เป็นมีความสำคัญลำดับต่อไป

จากผลการจำลอง จะเห็นได้ว่า TCP Westwood ให้ค่า Throughput ที่สูงและมีค่า End-to-End Delay ที่ยอมรับได้ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม จึงมีความเหมาะสมในการเลือกใช้ TCP Westwood ในระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม

บทความวิจัยนี้ที่มีความคล้ายคลึงกับเรื่อง Broadband Communication System (Boribon & Pongpadpinit, 2016) ที่ใช้ TCP Westwood และ TCP New Reno และ ใช้ในช่วงเวลา 20 วินาที และ Performance Evaluation of Various TCP Protocol Over Broadband Hybrid Satellite (Boribon & Pongpadpinit, 2016) ซึ่งจะเกี่ยวกับการวัดค่า Dropped Packet in Network Traffic กับ Jitter in Network Transmission ในบทความวิจัยนี้จะเป็นการวัดประสิทธิภาพในเรื่องของ Propagation End-to-End Delay กับ Throughput

ข้อเสนอแนะ

ค่าของ Propagation End-to-End Delay และ ค่า Throughput ในเชิง TCP แบบต่างๆ นั้นจะขึ้นอยู่อัลกอริทึ่มของ TCP นั้น ว่ามีกลไลในการรับส่งข้อมูลอย่างไร มีการกู้คืนได้อย่างรวดเร็วหรือไม่ เป็นต้น

งานวิจัยในอนาคต

ในงานวิจัยนี้เป็นเรื่องเกี่ยวกับ TCP งานวิจัยครั้งต่อไปทำเรื่อง Queuing ในระบบการสื่อสารดาวเทียมเพื่อเป็นประโยชน์ว่า Queuing ประเภทใดมีการจัดสรรบริการได้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า

References

Boribon, A. & Pongpadpint, S. (2016). Optimized routing protocol for broadband hybrid satellite constellation communication IP network system. *EURASIP Journal on Wireless Communication and Networking.* 2016:120, 1-11.

Boribon, A. & Pongpadpinit, S. (2014a). Performance Evaluation of Various TCP Protocol over Broadband Hybrid Satellite Constellation Communication System. *International Journal of Computer Science and Telecommunications,* 5(12), 1-6.

Boribon, A. & Pongpadpinit, S. (2014b). The COMMStellation™ Satellite Constellation for Broadband Communication System Model in NS-2. *International Journal of Communication, Network and System Science.* 7(10), 430-439.

James, W., David, C., Pooya, S., Stuar, E., Peter, T. & Yves, D. (2012). COMMSTtellation™ A Low Latency Satellite Constellation for Broadband Communication, *Proceedings of the 30th AIAA International Communications Satelite System Conference* (ICSSC), Ottawa, 858-871.

Keathawikun, T. (2015). Design of Dual Frequency Slot Antenna using FDTD Method for WLAN Application. *SDU Research Journal of Sciences and Technology,* 8 (2), 1-16. (in Thai)

Nakavateruangsuk, S. (2014). Image Filtering using Raised Cosine-Blur. *SDU Research Journal of Sciences and Technology,* 7 (2), 23-32. (in Thai)

Space Affairs Bureau. (2016). *Strategy of Space Affairs Bureau Thailand.* Retrieved April 21, 2016, from http://www.space.mict.go.th/about.php?id=2#a3 (in Thai)

Sanguankotchakorn, T. & Somrobru, M. (2010). Performance Evaluation of IPv/6IPv4 Deployment over Dedicated Data Links, in *Proc. of the 5th International Conference on Information Communications and Signal Processing (ICICS),* Bangkok, 2005, 244-248.

Sarkar, M., Shukla, K.K. & Dasgupta, K.S. (2011) Modified TCP Peach Protocol for Satellite based Networks. *International Journal of Electronics and Electrical Engineering* (IJECEE), 1, 156-163.

Viriyavorakul, P. (2014). Google Apps for Education an Educational Innovation in Digital Age. *SDU Research Journal of Sciences and Technology,* 7(3), 103-111. (in Thai)

ผู้เขียน

อาจารย์วัชรากรณ์ เนตรหาญ

อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยสวนดุสิต
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 295 ถ.นครราชสีมา ดุสิต กรุงเทพ 10300
e-mail : ouolouo@yahoo.com