

The 9th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology

งานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

EENET 2017

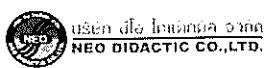
"การพัฒนานวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมและการเกษตรอย่างยั่งยืน"

Sustainable Development of Innovation for Industry and Agriculture

2-4 May 2017, K.P. Grand Hotel Chanthaburi

Conference Topics

- Electrical Power (PW)
- Power Electronics (PE)
- Energy and Energy Saving (ES)
- Control Systems and Instrumentation (CT)
- Computer and Information Technology (CP)
- Electric Communication (CM)
- Electronics (EL)
- Digital Signal Processing (DS)
- Innovation and Invention (IN)
- General Electrical Engineering (GN)



กานต์ชนิด ไชยสิทธิ์ อานันต์นิล เศษะจำเจริญ หลอยอนกัล เต็งโงกฤ วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ และ สิริพงษ์ณ์ อนันต์นิลชัยสิน
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

CP14	เครื่องหยุดเหรียญจ่ายยอดเงินออนไลน์	406
	เจษฎา อุพันธ์วงษ์ สุภาบดา นันทพงศ์สกุล อานาจ ศรีรักษ์ และ เอกลักษณ์ สุนันทินธุ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	

สารบัญ (ต่อ)

บทความสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)		หน้า
CP15	กลไกการเพิ่มคุณภาพของบริการสตรีมมิ่งวิดีโอในกรณีที่ผู้ใช้บริการใช้กฎการใช้งานอย่างเท่าเทียม	410
	สิริพร ย่อนนุ้ม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	
CP16	การประเมินประสิทธิภาพของวิธีควบคุมความคับคั่งของ MPTCP บนโครงข่าย LTE และ WiFi	414
	ภฤตกร โชติพิทักษ์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	
CP17	การพัฒนาแอปพลิเคชันมือถือสำหรับการปั่นจักรยานแบบกลุ่ม	418
	ณัชชา กลิ่นขจร ปาราย์ ศิลพิพัฒน์ ปิณฑวัฒน์ บุญขวัญ วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ และ กฤษฎา บุควา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
CP18	การพัฒนาโปรแกรมตรวจวัดมุมการบิดหมุนสำหรับการตรวจอาการบาดเจ็บขา	422
	สุทธิศักดิ์ ไทยประดิษฐ์ ¹ ปิยพล สันติกันต์ ¹ วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ ¹ วราพร เหลือสินทรัพย์ ¹ ขบา สุริยาอรามานนท์ ¹ และ ทิพา โกศล ² ¹ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ² มหาวิทยาลัยรังสิต	
CP19	ประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดการเคลื่อนไหวสำหรับตรวจการทรงตัวในลักษณะทำยืนทรงตัวบนกระดานทรงตัว	426
	เขตพงษ์ ศรีทอง ¹ ธนพนธ์ อรรถรัตนศักดิ์ ¹ อธิ เดือนอราม ¹ วิสันต์ ตั้งวงษ์เจริญ ¹ วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์รังสรร ¹ และ กฤตยา แทนสี ² ¹ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ² มหาวิทยาลัยรังสิต	
CP20	ระบบจัดการข้อมูลการรับบริจาคอวัยวะและการวินิจฉัยโรคเบื้องต้นออนไลน์ โรงพยาบาลพระปกเกล้า	430
	โทย จอยเฮนไทโรปี เทคโนโลยี ณรงค์ฤทธิ์ วัชรศิริ กัทรธิรา ความวาล กมลทิพย์ วงษ์วีระธรรม และ วิจิณี สวัสดิ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	

บทความสาขาไฟฟ้าสื่อสาร (CM)

การประเมินประสิทธิภาพของวิธีควบคุมความคับคั่งของ MPTCP บนโครงข่าย LTE และ WiFi Performance Evaluation of MPTCP Congestion Control Scheme over LTE and WiFi Network

กฤตกร โชติหาณิช¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

110/1-4 ถนนประชาชื่น หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210 โทรศัพท์ 0-2954-7300 ถึง 29 ต่อ 498, 594, 601 E-mail:krittakorn.cho@gmail.com

CT

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีแนวคิดนำโปรโตคอล MPTCP มาใช้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ในโครงข่าย LTE และ WiFi ร่วมกัน งานวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของ CWND แบบ Vegas, wVegas, LIA และ OLIA บนโครงข่าย LTE และ WiFi เพื่อรองรับการใช้งาน MPTCP โดยจำลองโครงข่ายให้ CWND ทำงานบนโครงข่าย LTE และ WiFi และใช้ไฟล์เท่ากันขนาด 86.8 MB ในการ Download ข้อมูลผ่านโครงข่าย LTE และ WiFi เพื่อค้นหาค่า Packet loss, Delay และ Jitter นำมาเปรียบเทียบการทำงานของ CWND บนโครงข่าย ผลการจำลองพบว่า LIA มีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยใช้เวลา Download 3.34 วินาที รองลงมาได้แก่ OLIA 3.46 วินาที, wVegas 5.13 วินาที และ Vegas 6.48 วินาที ตามลำดับ

คำสำคัญ: MPTCP, การควบคุมความคับคั่งของข้อมูล, LTE, WiFi

Abstract

According to MPTCP protocol that is used worldwide in LTE and WiFi network mobile phones, this thesis has an aim to compare a performance efficiency of CWND with Vegas, wVegas, LIA and OLIA type on LTE and WiFi network in purpose to support MPTCP application. The methodology of study is to simulate CWND to run on two networks, LTE and Wifi, by download the same size file 86.8 MB on the networks and the system will explore the data of Packet loss, Delay and Jitter of both networks. The data can be used to compare a performance efficiency of CWND on both networks. The results of simulation showed that LIA is the most efficient download times 3.34 seconds to following by OLIA 3.46 seconds, wVegas 5.13 seconds and Vegas 6.48 seconds.

Keywords: MPTCP, Congestion control, LTE, WiFi

1. บทนำ

ในปัจจุบันผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุค 4G มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลาโดยอาจจะเชื่อมต่อผ่านโครงข่าย LTE (Long Term Evolution) หรือ WiFi อย่างใดอย่างหนึ่ง กรณีที่ผู้ใช้ขยับเคลื่อนที่เข้า-ออกจากพื้นที่ให้บริการ WiFi ทำให้การเชื่อมต่อสลับไปมาระหว่างโครงข่าย LTE และ WiFi เกิดการกระตุกของการใช้งาน โดยเฉพาะการใช้งานประเภท Realtime แต่ในปัจจุบันมีแนวคิดที่จะนำโปรโตคอล MPTCP (MultiPath Transmission Control Protocol) มาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งานในกรณีดังกล่าวและป้องกันไม่ให้เกิดความไม่ต่อเนื่องระหว่างการใช้งานตลอดถึงการช่วยเพิ่มความเร็วในการเชื่อมต่อขณะใช้งาน

เนื่องจาก MPTCP มีกลไกการควบคุมความคับคั่ง (CWND Congestion Windows) อยู่หลายแบบและจากการค้นคว้ายังไม่พบงานวิจัยใดเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละ CWND บนโครงข่าย LTE และ WiFi

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของ CWND แบบ Vegas, wVegas, LIA และ OLIA บนโครงข่าย LTE และ WiFi โดยการหาค่าที่ก่อกวนที่สุดหาย (Packet loss) ค่าความล่าช้าทางเวลา (Delay) และค่าความแปรปรวนของเวลารั่วทางเวลา (Jitter) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ CWND ในแต่ละแบบ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดลำดับเนื้อหาในบทความดังนี้ ส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ส่วนที่ 4 ผลการดำเนินการ และส่วนที่ 5 สรุปผลการวิจัย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 MPTCP [1]

รูปแบบการทำงานของ MPTCP เป็นการทำงานในระดับ Transport Layer และสนับสนุนการส่งข้อมูลแบบ Full Duplex รูปแบบการรับส่งข้อมูลของ MPTCP จะเป็นลักษณะ Multipath คือมีการรับส่งข้อมูลพร้อมกันได้มากกว่า 1 เส้นทางจากนั้นจะนำแพ็คเกจจากหลายเส้นทางไปรวมกันที่เครื่องปลายทางได้นอกจากนี้ MPTCP ยังมีรูปแบบเฉพาะในเรื่องของ Subflow ก็จะมีการสร้างและลบ Subflow ตลอดการ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

Proceedings of the 9th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017)

ตั้งแต่เกิด พร้อมทั้งยังคงรักษามาตรฐาน โครงสร้างข้อมูลที่วิ่งเข้าออก บนโครงข่ายได้อย่างถูกต้องไม่ผิดเพี้ยนและการทำงานของ MPTCP ก็ไม่กระทบต่อประสิทธิภาพของ TCP เดิมที่ยังมีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

2.2 การควบคุมความคับคั่ง

2.2.1 Vegas [2]

ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับการส่งข้อมูลแบบ Coupled Congestion Control โดย IETF มีลักษณะการจัดเก็บข้อมูลแบบ Resource Pooling เป็นการรวมทรัพยากรไว้ในที่เดียวกันก่อนจะจัดสรรการส่งข้อมูลออกเป็นผู้ด้วยวิธี Coupled Algorithm มีเป้าหมายเพื่อช่วยจัดการความสมดุลให้กับโครงข่าย ลดปัญหาการเกิดคอขวดในโครงข่ายดังรูปที่ 1.

2.2.2 wVegas (Weighted Vegas) [3,4,7]

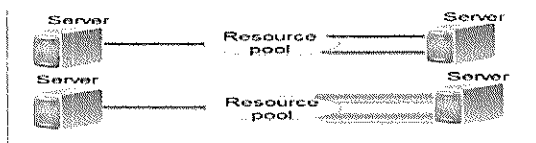
จากแนวคิดที่ว่า หากปล่อยให้ Coupled ของ Vegas จัดความสมดุลกันเองนั้นจะเชื่อได้อย่างไรว่าจะเกิดความเท่าเทียมกันในระบบ (Fairness) ได้จริง จึงมีการพัฒนา wVegas ขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบความสมดุลกันให้แก่ Coupled ของ Vegas ด้วยวิธีการรองรับการไหลของ Subflow แบบ Delay Based Congestion Control เป็นขั้นตอนหลักถึงความคับคั่ง โดยการออกแบบอัลกอริทึมที่ควบคุมความคับคั่งของ Multipath ให้สมดุลกันด้วยวิธีการตรวจสอบจำนวนข้อมูลที่รออยู่ในคิว (Queue Delay) เมื่อรู้จำนวนคิวที่รออยู่ใน Multipath แล้ว ระบบจะจัดการส่งข้อมูลออกไปในแต่ละเส้นทางอย่างสมดุลกัน วิธีนี้จึงรับประกันความเท่าเทียมกันได้

2.2.3 LIA (Linked Increases Algorithm) [5]

เป็นวิธีค้นหาปริมาณความจุสูงสุดในแต่ละเส้นทางของ MPTCP Vegas (Fully Coupled) โดยใช้วิธี Linked Increases Congestion Control ในการคำนวณการส่งข้อมูล ซึ่งวิธีนี้จะทำให้โครงข่ายรับปริมาณข้อมูลได้มากขึ้น ดังรูปที่ 1.

2.2.4 OLIA (Opportunistic Linked Increases Algorithm) [6]

ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมความคับคั่งอันเกิดจากการส่งข้อมูลด้วยวิธี Full Coupled และความไม่สมดุลกันในการจัดสรรทรัพยากรของ LIA โดยใช้วิธี Opportunistic Linked Increases Congestion Control ในการคำนวณจะมีการสร้างระบบให้ส่งข้อมูลได้อย่างสมดุลด้วยการเพิ่มเส้นทางรับส่งข้อมูลเป็น 3 เส้นทางเมื่อมีเส้นทางที่มากขึ้นจึงทำให้ระบบปรับสมดุลในการส่งข้อมูลได้ดีขึ้น

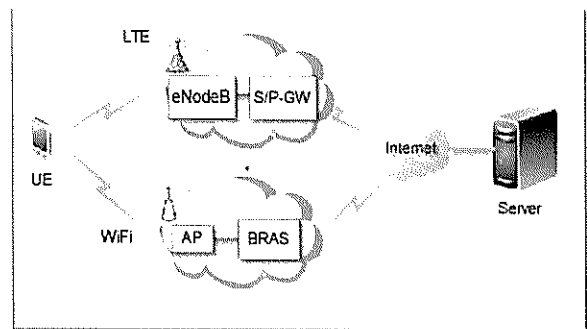


รูปที่ 1 การจำลองการส่งข้อมูลแบบ Coupled และ Fully Coupled

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบการทดสอบ

ในการทดสอบจะแบ่งโครงข่ายไร้สายออกเป็น 2 โครงข่าย ประกอบด้วยโครงข่าย LTE และ WiFi โดยจะกำหนดระยะระหว่าง UE (User Equipment) ถึง eNodeB (evolved NodeB) และ UE ถึง AP (Access Point) จากนั้นจะกำหนดขนาดข้อมูล 86.8 MB ที่ใช้ในการ Download ข้อมูลเข้าไปในโครงข่ายผ่านระบบอินเทอร์เน็ตออกไปยังเครื่องแม่ข่ายปลายทางโดยการจำลองสถานการณ์ทั้งหมดนี้ทำโดยโปรแกรม NS3 รูปแบบโครงข่ายที่จำลองแสดงดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2 การจำลอง MPTCP บนโครงข่าย LTE และ WiFi

3.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบนี้จะแบ่งโครงข่ายไร้สายออกเป็น 2 โครงข่ายซึ่งประกอบด้วยโครงข่าย LTE แบบ Single-Input Single-Output (SISO) และ WiFi ประเภท AC Wave 1 แบบ SISO โดยจะกำหนดระยะทางระหว่าง UE ถึง eNodeB และ AP รวมถึงขนาดไฟล์ข้อมูลที่จำลองแสดงในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1 รูปแบบที่ในการทดสอบ

โครงข่าย	ระยะทาง		ขนาดไฟล์ (KB)
	จาก UE ถึง eNodeB (Meter)	จาก UE ถึง AP (Meter)	
LTE	500	0	86.8
WiFi	0	15	



บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

Proceedings of the 9th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017)

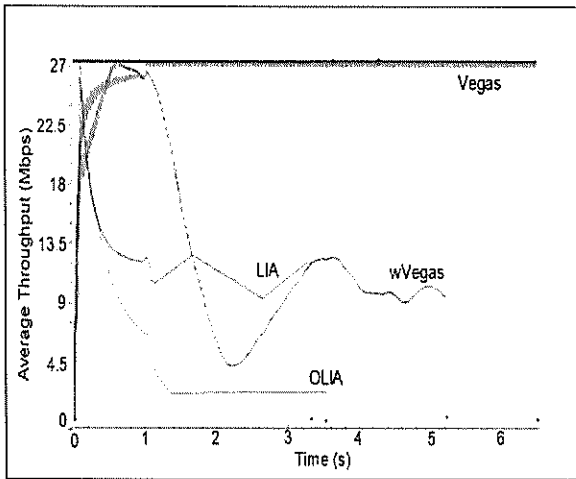
งานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของ CWND ใน MPTCP โดยเลือกใช้ CWND จำนวน 4 แบบได้แก่ Vegas, wVegas, LIA และ OLIA

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ CWND แบบต่าง ๆ

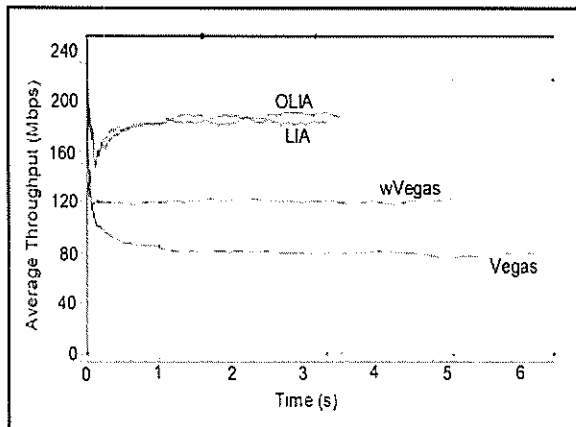
4. ผลการดำเนินการ

ผลการทดสอบ โดยการส่งข้อมูลผ่าน MPTCP มีการเปลี่ยน CWND ในรูปแบบ Vegas, wVegas, LIA และ OLIA มีผลการทดสอบ ดังนี้

Vegas			
Download time (Sec)	AVG Throughput (Mbps)	AVG delay (mSec)	AVG Jitter (mSec)
6.48	107.1	0.206326	0.45298
wVegas			
Download time (Sec)	AVG Throughput (Mbps)	AVG delay (mSec)	AVG Jitter (mSec)
5.13	134.3	0.158764	0.093011
LIA			
Download time (Sec)	AVG Throughput (Mbps)	AVG delay (mSec)	AVG Jitter (mSec)
3.34	207.9	0.131409	0.103767
OLIA			
Download time (Sec)	AVG Throughput (Mbps)	AVG delay (mSec)	AVG Jitter (mSec)
3.46	200.69	0.138183	0.167207



รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่า Throughput ในโครงข่าย LTE



รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่า Throughput ในโครงข่าย WiFi

รูปที่ 3 และ 4 การเปรียบเทียบถึงเวลาที่ใช้ในการ Download และค่า Throughput ของ CWND ในแต่ละรูปแบบภายในโครงข่าย LTE และ WiFi ตามลำดับ

- จากตารางที่ 2 สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้
1. จากการทดสอบ Vegas ใช้เวลาในการ Download สูงสุด มีค่า Delay และ Jitter สูงกว่า wVegas จากผลการทดสอบสอดคล้องกับงานวิจัยของ [2] เนื่องจาก wVegas ใช้อัลกอริทึมแบบ Delay Based Congestion Control มาใช้ร่วมกับอัลกอริทึม Coupled ของ Vegas ช่วยเพิ่มในการตรวจสอบความสมดุลของ Multipath โดยใช้วิธีตรวจสอบจำนวน Queue Delay ที่รออยู่ทั้งหมดจากนั้นจะส่งข้อมูลออกไปในแต่ละเส้นทางอย่างสมดุลกันจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ wVegas มีประสิทธิภาพดีกว่า Vegas
 2. จากการทดสอบ LIA ใช้เวลาในการ Download ต่ำกว่า wVegas จากผลการทดสอบสอดคล้องกับงานวิจัยของ [5] โดย LIA ใช้อัลกอริทึมแบบ Linked Increases Congestion Control เป็นการ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

Proceedings of the 9th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2017 (EENET 2017)

คำนวณหา Fully Coupled คือปริมาณสูงสุดที่เส้นทางสามารถรับข้อมูลได้ก่อนจะส่งข้อมูลออกไปเป็นคู่เต็มปริมาณความจุตลอดเส้นทาง การส่งต่างจากอัลกอริทึม wVegas ที่ส่งข้อมูลแบบเป็นคู่แต่รองรับปริมาณการส่งได้น้อยกว่า LIA ทำให้ปริมาณการส่งข้อมูลของ LIA มากกว่า wVegas จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ LIA มีประสิทธิภาพดีกว่า wVegas

3. จากการทดสอบ OLIA ได้ผลลัพธ์ไม่สอดคล้องกับงานวิจัย [6] เนื่องจากปัจจัยของค่าตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นโครงข่าย 2 เส้นทางได้แก่โครงข่าย LTE และ WiFi แต่ในงานวิจัยดังกล่าวใช้ 3 เส้นทางรวมถึงวิธีการสร้างความสมดุลให้เส้นทางแบบ Opportunistic ของอัลกอริทึม Opportunistic Linked Increases Congestion Control คือการคำนวณความสมดุลให้กับเส้นทางด้วยวิธีการเพิ่มเส้นทาง การส่งข้อมูลออกเป็น 3 เส้นทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งข้อมูลให้ดีกว่าแบบ 2 เส้นทางของ LIA แต่ในงานวิจัยนี้ทดสอบ OLIA และ LIA โดย Download ข้อมูล ไปในโครงข่าย LTE และ WiFi 2 เส้นทางเท่ากันเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ OLIA กับ LIA

ผลจากการจำลองการทำงานในบทความนี้ชี้ให้เห็นว่าการ Download ข้อมูล 2 เส้นทางของ LIA สามารถใช้เวลาในการ Download ข้อมูลได้ต่ำกว่า 2 เส้นทางของ OLIA เนื่องจากกรณีการส่งข้อมูลของ LIA ที่ยังไม่ถึงปริมาณสูงสุดที่เส้นทางสามารถส่งข้อมูลได้ จะทำให้ส่งข้อมูลไปยังปลายทางได้เร็วกว่า ต่างจาก OLIA ที่เกิด Delay จากการคำนวณความสมดุลให้กับเส้นทางด้วยวิธีการเพิ่มเส้นทาง การส่งข้อมูลออกเป็น 3 เส้นทางประกอบกับการทดสอบนี้พบว่าค่า Delay ของ OLIA สูงกว่า LIA จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้การทำงานของ OLIA 2 เส้นทางมีประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลต่ำกว่า LIA

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้จำลองการทำงานของ MPTCP ผ่านโครงข่าย LTE และ WiFi และใช้ CWND แบบ Vegas, wVegas, LIA และ OLIA ในการทดสอบโดยการ Download ไฟล์ที่มีขนาดเท่ากัน และเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของ CWND แต่ละแบบ โดยพิจารณาจากค่า Throughput, Delay และ Jitter ผลการจำลองการทำงานของระบบพบว่า LIA มีประสิทธิภาพดีที่สุด รองลงมาได้แก่ OLIA, wVegas และ Vegas ตามลำดับ เนื่องจากการคำนวณปริมาณสูงสุดที่เส้นทางสามารถส่งข้อมูลออกไปเป็นคู่เต็มปริมาณความจุตลอดเส้นทาง (Fully Coupled) มีประสิทธิภาพดีกว่าการส่งข้อมูลออกไปเป็นคู่ (Coupled) คิดว่าการส่งข้อมูลด้วยวิธีการตรวจสอบความสมดุลของเส้นทาง (Delay Based) และคิดว่าการคำนวณความสมดุลให้กับเส้นทางโดยวิธีการเพิ่มเส้นทาง การส่งข้อมูลแบบ 3 เส้นทาง (Opportunistic Linked Increases)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Costin Raiciu, Christoph Paasch, Sebastien Barre, Alan Ford, Michio Honda, Fabien Duchene, Olivier Bonaventare and Mark Handley, "How Hard Can It Be? Designing and Implementing a Deployable Multipath TCP," in Universitatea Politehnica Bucuresti, Universite Catholique de Louvain King University, University College London., 2012
- [2] Mirja Kuhlewind, Regal Gonzalez Usach "A Vegas-based Approach for MPTCP Congestion Control" University Stuttgart, July 31., 2012
- [3] Regal Gonzalez, Juan Pradilla, Manuel Esteve, Carlos E. Palau, "Hybrid Delay-Based Congestion Control for Multipath TCP" Universitat Politecnica de Valencia (UPV) Valencia, Spain., April 2016
- [4] Mingwei Xu, "Delay-based Congestion Control for MPTCP," Tsinghua University, July 4, 2014
- [5] Amanpreet Singh et al., "Performance and Fairness Comparison of Extensions to Dynamic Window Coupling for Multipath TCP," in Department of Communication Networks University of Bremen Germany., IEEE 2013
- [6] Costin Raiciu, Dragos Niculescu, Marcelo Bagnulo, Mark Handley University Politehnica of Bucharest, Universidad Carlos III de Madrid, University College London (June 2011), "Opportunistic Mobility with Multipath TCP" MobiArch '11: Proceedings of the sixth international workshop on MobiArch
- [7] ภาณุวงษ์ วัฒนไพฑูรย์ และ ธนัญ จารุวิทยโกวิท. (2559). การประเมินประสิทธิภาพโปรโตคอล MPTCP บนโครงข่าย LTE และ WiFi. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8 (น. 485-488). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.



นายฤตกร โชติพานิช

ตำแหน่ง: นักวิชาการสารสนเทศ

โรงพยาบาลรามธิบดี

การศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

งานวิจัยที่สนใจ: 5th generation mobile and body area network