

การประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยวิธีการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน

Wireless Network Performance Evaluation with Different Wireless Access Techniques

อิทธิชัย อินลูปะ^{1*} จิตราภา คนฉลาด¹ และ ศรัณยู บุตรโคตร²

Ittichai Inlupet^{1*} Jittrapa Khonchalad¹ and Saranyoo Butkote²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

²สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น

¹Major of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University

²Major of Multimedia Technology, School of Information Technology, Sripatum University,

Khon Kaen Campus

*E-mail: ittichai.inl@lru.ac.th

Received: Jul 07, 2021

Revised: Oct 10, 2021

Accepted: Nov 30, 2021

บทคัดย่อ

การกำหนดหรือเลือกใช้ช่องสัญญาณของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย และการเลือกใช้อินเทอร์เน็ตโพรโทคอลที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานช่วยส่งผลให้การรับส่งข้อมูลของระบบเครือข่ายไร้สายมีประสิทธิภาพในการให้บริการงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สาย ด้วยเทคนิคการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz และเพื่อเปรียบเทียบการเข้าถึงด้วยโพรโทคอล IPv4 และ IPv6 โดยจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล TCP และด้วยโปรแกรมประชุมทางไกลที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล UDP อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยเทคนิคการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย อุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย 1 เครื่อง อุปกรณ์สวิตช์ 1 เครื่อง คอมพิวเตอร์ลูกข่าย 8 เครื่อง และคอมพิวเตอร์แม่ข่าย 1 เครื่อง โปรแกรมที่ใช้ในการทดลองจำลองสภาพแวดล้อมเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ได้แก่ โปรแกรม Riverbed Modeler สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สาย ใช้อัตราการส่งข้อมูล และความล่าช้าในการส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา จากการศึกษาพบว่าโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล TCP วิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโพรโทคอล IPv6 มีประสิทธิภาพในการให้บริการสูงสุด และโปรแกรมประชุมทางไกลที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล UDP วิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโพรโทคอล IPv4 มีประสิทธิภาพในการให้บริการสูงสุด

คำสำคัญ: เทคนิคการเข้าถึงแบบไร้สาย เครือข่ายไร้สาย การประเมินประสิทธิภาพ

Abstract

Assigning or selecting channels of the wireless network devices and selecting suitable internet protocols for usability help to make the transmission of wireless networks more efficient in providing services. The objectives of this research were to compare the performances of wireless networks with the technique of access through 2.4 GHz and 5 GHz channels and to compare the access with IPv4 and IPv6 protocols by simulating data transmission with a file transfer program controlling the traffic with the TCP protocol and with a video conference program controlling the traffic with the UDP protocol. The devices used in the experiment to evaluate the performance of wireless networks with different wireless access techniques consisted of one wireless access point, one switch, 8 client computers, and one server computer. The program used to simulate a computer network environment was Riverbed Modeler. For comparison of wireless network performance, throughput and delay in data transmission from source to destination were used as criteria. This study revealed that with data transfer program controlling traffic with the TCP protocol, the 5 GHz channel access method operating with the IPv6 protocol had the highest service efficiency, and with conferencing applications controlling traffic with the UDP protocol, the 5 GHz channel access method operating with the IPv4 protocol had the highest service efficiency.

Keywords: Wireless access techniques, Wireless network, Performance evaluation

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ได้รับความนิยมและอำนวยความสะดวกใช้ในการเชื่อมโยงเข้ากับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพื่อถ่ายโอนข้อมูลต่าง ๆ เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายหรือไวไฟ (Wi-Fi) ถูกออกแบบการทำงานภายใต้มาตรฐาน IEEE802.11 ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมถึงอำนวยความสะดวกในการเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ต เครือข่ายไร้สายได้มีการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก กล้องวงจรปิด รวมถึงอุปกรณ์ไอโอที อุปกรณ์เหล่านี้ต้องการแบนด์วิดท์ (Bandwidth) หรือปริมาณความจุของช่องสัญญาณในการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลต่อความเร็วในการใช้งาน ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญของระบบเครือข่ายไร้สายที่ต้องพัฒนาให้มีความสามารถในการแข่งขันกับเครือข่ายอีเธอร์เน็ต โดยนอกเหนือจาก

ความเร็วแล้วเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณภาพในการให้บริการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อให้บริการโปรแกรมทางด้านเสียง วิดีโอ และสตรีม [1]

เครือข่ายไร้สายมาตรฐาน IEEE 802.11 ได้รับการเผยแพร่เมื่อปี พ.ศ. 2540 โดย IEEE (The Institute of Electronics and Electrical Engineers) เครือข่ายไร้สายมาตรฐาน IEEE 802.11 ทำงานโดยใช้ความถี่ย่าน 2.4 GHz และ 5 GHz ซึ่งเป็นความถี่เสรี (ISM Band) ใช้วิธีการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) และมีเทคนิควิธีการรักษาความปลอดภัยด้วยการเข้ารหัสข้อมูลก่อนส่ง [2] ในยุคเริ่มแรกมีประสิทธิภาพการทำงานค่อนข้างต่ำ และไม่มีบริการรองรับคุณภาพของการให้บริการหรือ QoS (Quality of Service) [3] แต่ในปัจจุบันคุณภาพของการให้บริการที่น่าเชื่อถือ และความล่าช้าของเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีความสำคัญอย่างมาก ในการรองรับการ

ใช้งานโปรแกรมที่ให้บริการทางด้านเสียง วิดีโอ และสตรีม รวมถึงโปรแกรมถ่ายโอนไฟล์ [4]

การใช้งานเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีอินเทอร์เน็ตโพรโทคอลเป็นโพรโทคอลหลักที่ใช้ในการสื่อสารสำหรับส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง โดยมีอินเทอร์เน็ตโพรโทคอลรุ่นที่ 4 หรือ IPv4 เป็นโพรโทคอลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่ง IPv4 ในปัจจุบันประสบปัญหาการขาดแคลนที่อยู่ในการแจกจ่าย [5] และได้มีการพัฒนาอินเทอร์เน็ตโพรโทคอลรุ่นที่ 6 หรือ IPv6 โดย IETF ได้พัฒนา IPv6 ให้มีคุณลักษณะ ในการจัดสรรที่อยู่ที่เพิ่มมากขึ้น มีคุณภาพในการให้บริการ และความปลอดภัย [6] ซึ่งการเปลี่ยนแปลงย้ายจากการใช้งาน IPv4 ไปเป็น IPv6 ยังคงมีความท้าทาย เนื่องจากความซับซ้อนที่เพิ่มมากขึ้น ความไม่พร้อมใช้งานของฮาร์ดแวร์และทรัพยากรอื่นๆ [7] รวมถึงคุณภาพในการให้บริการของ IPv4 และ IPv6 ที่ผู้ใช้งานควรทราบ

สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยเทคนิคการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz การเข้าถึงด้วยโพรโทคอล IPv4 และ IPv6 โดยจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล (File Transfer) ที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล TCP [8] และโปรแกรมประชุมทางไกล (Video Conference) ที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล UDP [9] เพื่อสะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สาย ด้วยวิธีการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน และช่วยให้ทราบถึงข้อมูลความแตกต่างในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ใช้งานเครือข่ายไร้สาย

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยเทคนิคการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน มีอุปกรณ์และโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองและวิธีการวิจัย ดังนี้

2.1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยเทคนิคการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน มีอุปกรณ์ที่ใช้ในโปรแกรมจำลองในการทดสอบ ดังนี้

- 1) อุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย (Wireless Access Point) จำนวน 1 เครื่อง
- 2) อุปกรณ์สวิตช์ (Switch) จำนวน 1 เครื่อง
- 3) คอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) จำนวน 8 เครื่อง
- 4) คอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) จำนวน 1 เครื่อง

2.2. โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

โปรแกรมที่ใช้ในการทดลองวิจัยครั้งนี้ คือ Riverbed Modeler (Academic Edition 17.5) เป็นโปรแกรมจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง สำหรับสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์และคาดการณ์ประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐานทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเกี่ยวกับการทำงานของโปรแกรม คอมพิวเตอร์แม่ข่าย และเทคโนโลยีเครือข่าย มีความสามารถในการนำมาใช้วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ มีความสามารถในการพัฒนาโพรโทคอลและเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย รวมถึงมีเครื่องมือที่ใช้สำหรับการศึกษาออกแบบรูปแบบจำลองระบบเครือข่าย และการวิเคราะห์ข้อมูล [10]

2.3. วิธีการวิจัย

2.3.1. กรอบแนวคิด

การประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยเทคนิคการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบรูปแบบจำลองเครือข่ายไร้สาย เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สาย ด้วยเทคนิคการเข้าถึงแบบไร้สายด้วยโพรโทคอล IPv4 และ IPv6 ผ่านช่องสัญญาณเครือข่ายไร้สาย 2.4 GHz และ 5 GHz โดยจำลองการทำงานของโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลที่ทำงานด้วยโพรโทคอล TCP และโปรแกรมประชุมทางไกลที่ทำงานด้วยโพรโทคอล UDP มีกรอบแนวคิดดังแสดงใน Figure 1

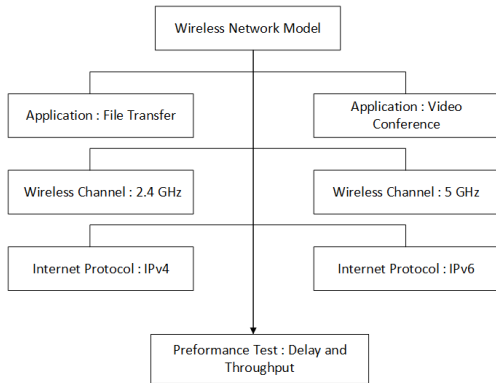


Figure 1 Conceptual Framework

2.3.2. รูปแบบจำลองเครือข่ายไร้สาย

การออกแบบรูปแบบจำลองเครือข่ายไร้สายดังแสดงใน Figure 2 ประกอบด้วยอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย และคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่เชื่อมต่อกับสัญญาณเครือข่ายไร้สาย โดยอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายจะเชื่อมต่อกับเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ด้วยมาตรฐานกิกะบิตอีเทอร์เน็ต (Gigabit Ethernet) ส่งข้อมูลผ่านไปยังอุปกรณ์สวิตช์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายและคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลระหว่างกันได้

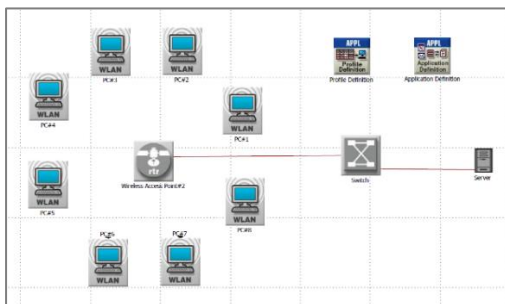


Figure 2 Wireless Network Model

2.3.3. การประเมินประสิทธิภาพเครือข่าย

ไร้สาย

การประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายมาตรฐาน IEEE802.11 มีปัจจัยหลายประการที่ต้องพิจารณา โดยงานวิจัยนี้จะพิจารณาอัตราการส่งข้อมูล (Throughput) และความล่าช้า (Delay) ที่ใช้ในการส่งข้อมูลจากต้นทาง (คอมพิวเตอร์ลูกข่าย) ไปยังปลายทาง (คอมพิวเตอร์แม่ข่าย) สำเร็จ โดยความล่าช้าเป็นเวลาที่แพ็คเก็ต (Packet) ถูกส่งไปยังปลายทางจากโหนดต้นทาง สามารถวัดประเมินเป็นเวลาหน่วยวินาที ซึ่งเครือข่ายจะมีประสิทธิภาพในการให้บริการ ถ้าค่าเวลาวัดประเมินความล่าช้ามีค่าเวลาต่ำ และอัตราการส่งข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยของการส่งแพ็คเก็ตที่ทุกโหนดในเครือข่ายสามารถส่งและรับได้สำเร็จ สามารถวัดประเมินเป็นบิตต่อวินาที (bps) โดยเครือข่ายจะมีประสิทธิภาพ ถ้าค่าวัดประเมินปริมาณข้อมูลที่ปลายทางสามารถรับข้อมูลสำเร็จมีค่าสูง [11]

2.3.4. ขั้นตอนการทดลอง

การตั้งค่าการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย ผู้วิจัยได้ทำการตั้งค่าการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย จำนวน 8 โหนด แต่ละโหนดจะกำหนดให้เชื่อมต่อสัญญาณไร้สายกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายด้วยมาตรฐาน IEEE 802.11n ที่สามารถทำงานด้วยช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz ได้ โดยมาตรฐาน IEEE 802.11n มีความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 600 Mbps [12] เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของเทคนิควิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz ที่ทำงานด้วยมาตรฐานเครือข่ายไร้สายเดียวกัน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายและคอมพิวเตอร์ลูกข่ายให้สามารถทำงานได้ตามแบบจำลองเครือข่ายไร้สาย ดังแสดงใน Figure 3

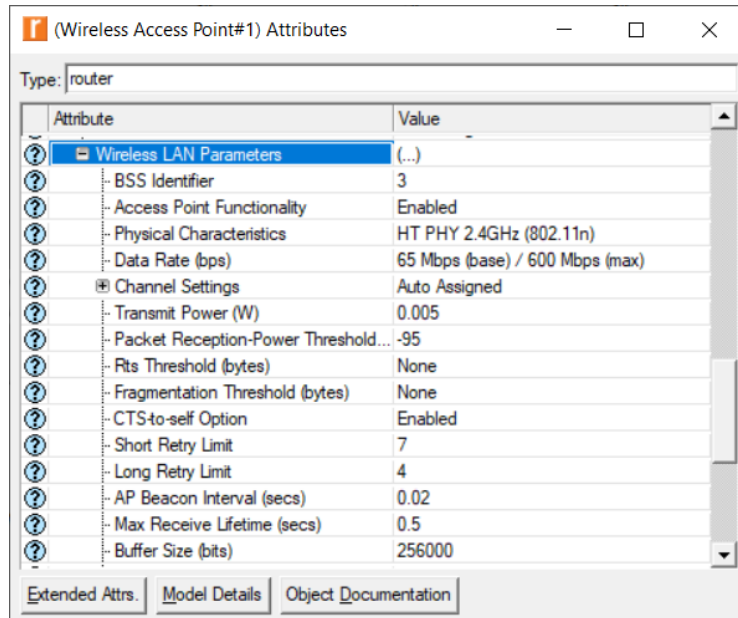


Figure 3 Parameter Configuration

การกำหนดข้อมูลรับส่งหรือการจราจรข้อมูลของโปรแกรมเครือข่ายจะถูกกำหนดขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์แม่ข่ายหรืออีเธอร์เน็ตเวิร์กในระบเครือข่ายที่ทำหน้าที่จัดการควบคุมแต่ละโหนดที่กำหนดโดยโปรแกรมที่กำหนดในการจำลองการส่งข้อมูลในงานวิจัยนี้ ได้แก่ โปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล และโปรแกรมประชุมทางไกล โดยกำหนดค่าคุณลักษณะของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล และโปรแกรมประชุมทางไกล ดังแสดงใน Tables 1-2

การออกแบบการทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบการทดลองตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อเก็บผลการทดลองมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สาย โดยมีรายละเอียดการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดลองประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สาย ดังแสดงใน Tables 3-6

Table 1 Properties of the file transfer program

Attribute	Values
Data type	File Transfer (Heavy)
File Size (bytes)	Constant (50000)
Command Mix (Get/Total)	50%
Inter-Request Time (seconds)	Exponential (360)
Type of service	Best Effort

Table 2 Properties of the video conference program

Attribute	Values
Data type	Video Conference (High Resolution)
Frame size information (bytes)	128x240 pixel
Frame inter arrival time information	15 frames/sec
Type of service	Best Effort

Table 3 Configuring parameters in the experiment using a file transfer application to test throughput and transmission delay through 5 GHz channels with protocols IPv4 and IPv6

Parameters	Values	Values
Data type	File Transfer	File Transfer
Number of nodes	8	8
Network protocol	IPv4	IPv6
Wireless LAN technology	IEEE802.11n, 5 GHz (High Throughput)	IEEE802.11n, 5 GHz (High Throughput)
Data rate	65 Mbps (base) / 600 Mbps (Max)	65 Mbps (base) / 600 Mbps (Max)
Event simulation duration	2 Hours	2 Hours

Table 4 Configuring parameters in the experiment using a file transfer application to test throughput and transmission delay through 2.4 GHz channels with protocols IPv4 and IPv6

Parameters	Values	Values
Data type	File Transfer	File Transfer
Number of nodes	8	8
Network protocol	IPv4	IPv6
Wireless LAN technology	IEEE802.11n, 2.4 GHz (High Throughput)	IEEE802.11n, 2.4 GHz (High Throughput)
Data rate	65 Mbps (base) / 600 Mbps (Max)	65 Mbps (base) / 600 Mbps (Max)
Event simulation duration	2 Hours	2 Hours

Table 5 Configuring parameters in the experiment using a video conference application to test throughput and transmission delay through 5 GHz channels with protocols IPv4 and IPv6

Parameters	Values	Values
Data type	Video Conference	Video Conference
Number of nodes	8	8
Network protocol	IPv4	IPv6
Wireless LAN technology	IEEE802.11n, 5 GHz (High Throughput)	IEEE802.11n, 5 GHz (High Throughput)
Data rate	65 Mbps (base) / 600 Mbps (Max)	65 Mbps (base) / 600 Mbps (Max)
Event simulation duration	8 Minutes	8 Minutes

Table 6 Configuring parameters in the experiment using a video conference application to test throughput and transmission delay through 2.4 GHz channels with protocols IPv4 and IPv6

Parameters	Values	Values
Data type	Video Conference	Video Conference
Number of nodes	8	8
Network protocol	IPv4	IPv6
Wireless LAN technology	IEEE802.11n, 2.4 GHz (High Throughput)	IEEE802.11n, 2.4 GHz (High Throughput)
Data rate	65 Mbps (base) / 600 Mbps (Max)	65 Mbps (base) / 600 Mbps (Max)
Event simulation duration	8 Minutes	8 Minutes

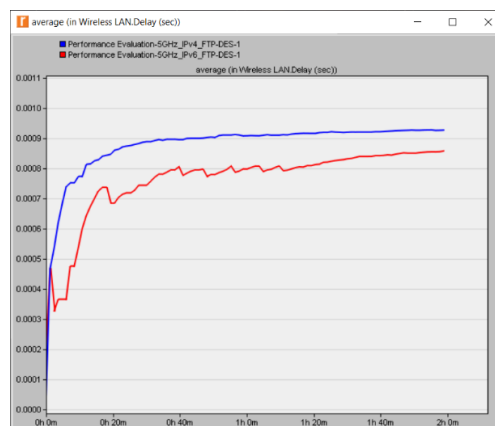


Figure 4 Transmission delay when using a file transfer application through 5 GHz channels

3. ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล (File Transfer) และโปรแกรมประชุมทางไกล (Video Conference) ด้วยวิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz การเข้าถึงด้วย โพรโทคอล IPv4 และ IPv6 โดยทำการเก็บข้อมูลผลการทดลองประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สาย มีรายละเอียดผลการวิจัยดังนี้

Figure 4 แสดงความล่าช้าของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล โดยข้อมูลแกน X แสดงค่าความล่าช้า (หน่วยวินาที) และข้อมูลแกน Y แสดงช่วงเวลาที่ใช้จำลองการส่งข้อมูล (หน่วยนาที่) เมื่อกำหนดค่า พารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 3 จำลองการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz พบว่าความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วย โพรโทคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ย 0.0008 วินาที และความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ย 0.00091 วินาที

Figure 5 แสดงความล่าช้าของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 4 จำลองการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 2.4 GHz พบว่า ความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ย 0.00087 วินาที และความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ย 0.00093 วินาที

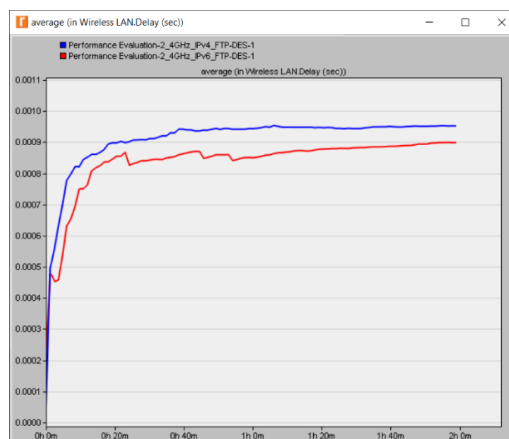


Figure 5 Transmission delay when using a file transfer application through 2.4 GHz channels

Figure 6 แสดงความล่าช้าของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 3 และ Table 4 พบว่าความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโพรโทคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ยความล่าช้าน้อยที่สุด และ ความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 2.4 GHz ที่ทำงานด้วยโพรโทคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ยความล่าช้ามากที่สุด

Figure 7 แสดงอัตราการส่งข้อมูลของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล โดยข้อมูลแกน X แสดงอัตราการส่งข้อมูล (หน่วยบิตต่อวินาที) และข้อมูลแกน Y แสดงช่วงเวลาที่ใช้จำลองการส่งข้อมูล (หน่วยชั่วโมง นาที่) เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 3 จำลองการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 2.4 GHz พบว่า อัตราการส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ย 10,383 บิตต่อวินาที และอัตราการส่งข้อมูลของการส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ย 10,700 บิตต่อวินาที

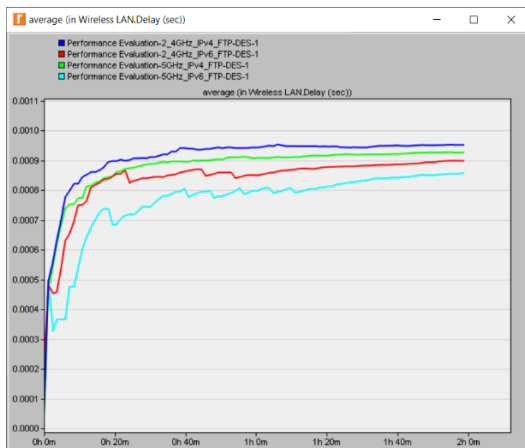


Figure 6 Transmission delay when using a file transfer application through 2.4 GHz and 5 GHz channels

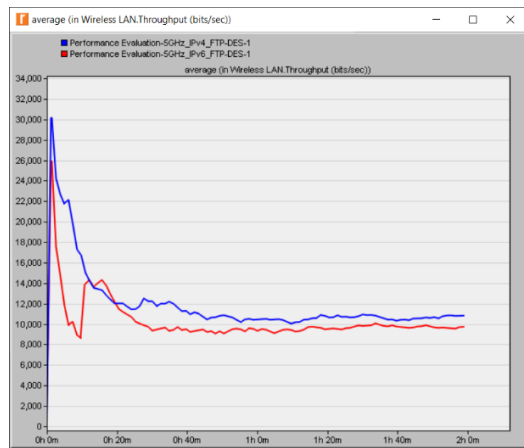


Figure 8 Throughput when using a file transfer application through 5 GHz channels

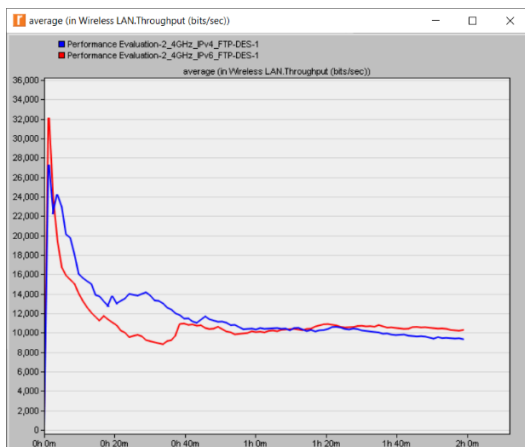


Figure 7 Throughput when using a file transfer application through 2.4 GHz channels

Figure 8 แสดงอัตราการส่งข้อมูลของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 4 จำลองการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz พบว่าอัตราการส่งข้อมูลของการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ย 9,950 บิตต่อวินาที และอัตราการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ย 10,984 บิตต่อวินาที

Figure 9 แสดงอัตราการส่งข้อมูล ของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 3 และ Table 4 พบว่า อัตราการส่งข้อมูลของการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz ด้วยโปรโตคอล IPv4 และ IPv6 มีค่าเฉลี่ยของอัตราการส่งข้อมูลใกล้เคียงกัน โดยอัตราการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ด้วยโปรโตคอล IPv4 ค่าเฉลี่ยอัตราการส่งข้อมูลสูงที่สุด

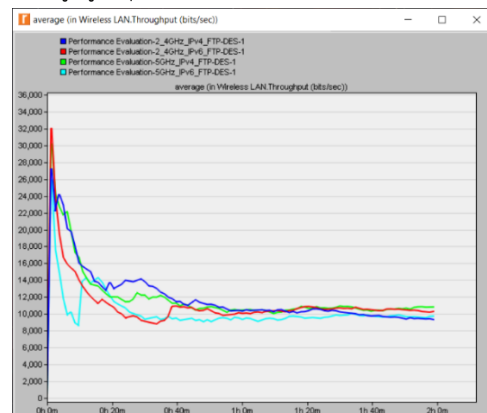


Figure 9 Throughput when using a file transfer application through 2.4 GHz and 5 GHz channels

Figure 10 แสดงความล่าช้าของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมประชุมทางไกล โดยข้อมูลแกน X แสดงค่าความล่าช้า (หน่วยวินาที) และข้อมูลแกน Y แสดงช่วงเวลาที่ใช้จำลองการส่งข้อมูล (หน่วยวินาที) เมื่อกำหนดค่า พารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 5 จำลองการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz พบว่าความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ย 0.0039 วินาที และความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ยความล่าช้า 0.0021 วินาที

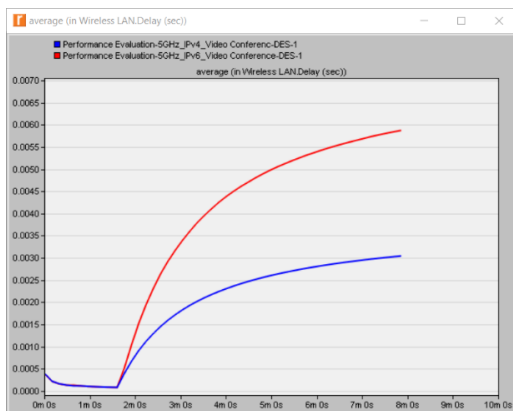


Figure 10 Transmission delay when using a video conference application through 5 GHz channels

Figure 11 แสดงความล่าช้าของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมประชุมทางไกล เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 6 จำลองการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 2.4 GHz พบว่า ความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ย 0.0033 วินาที และความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ย 0.0039 วินาที

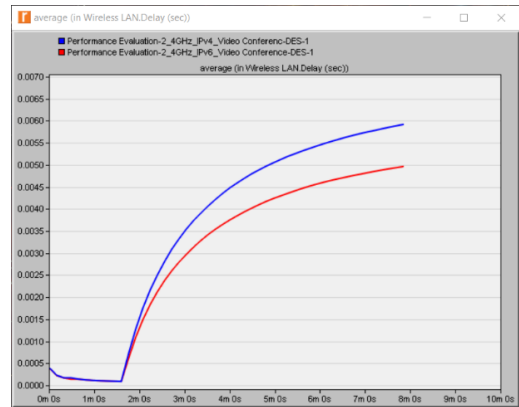


Figure 11 Transmission delay when using a video conference application through 2.4 GHz channels

Figure 12 แสดงความล่าช้าของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมประชุมทางไกล เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 5 และ Table 6 พบว่าความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโพรโทคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ยความล่าช้า น้อยที่สุด และ ความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 2.4 GHz ที่ทำงานด้วยโพรโทคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ยความล่าช้ามากที่สุด

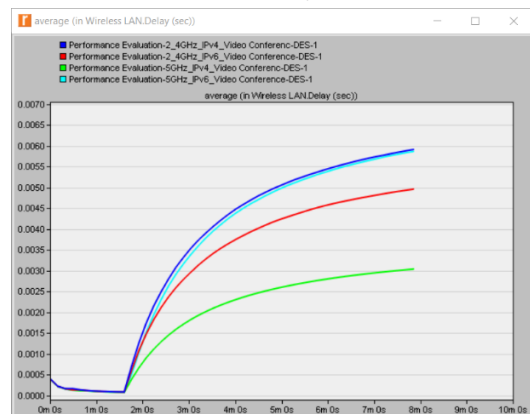


Figure 12 Transmission delay when using a video conference application through 2.4 GHz and 5 GHz channels

Figure 13 แสดงอัตราการส่งข้อมูลของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมประชุมทางไกล โดยข้อมูลแกน X แสดงอัตราการส่งข้อมูล (หน่วยบิตต่อวินาที) และข้อมูลแกน Y แสดงช่วงเวลาที่ใช้จำลองการส่งข้อมูล (หน่วยชั่วโมง นาที) เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 5 จำลองการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz พบว่า อัตราการส่งข้อมูลของการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ยมีค่าเฉลี่ย 7,642,857 บิตต่อวินาที และอัตราการส่งข้อมูลของการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ยมีค่าเฉลี่ย 10,985,714 บิตต่อวินาที

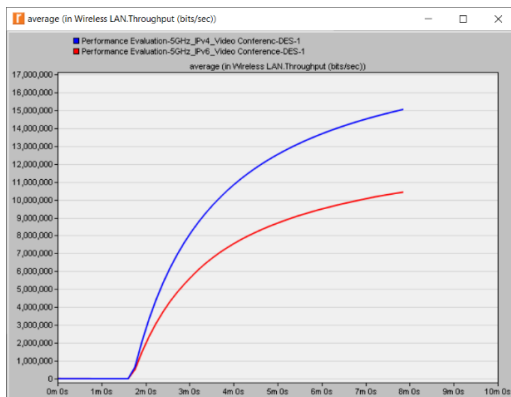


Figure 13 Throughput when using a video conference application through 5 GHz channels

Figure 14 แสดงอัตราการส่งข้อมูลของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมประชุมทางไกล เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 6 จำลองการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 2.4 GHz พบว่า อัตราการส่งข้อมูลของการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ยมีค่าเฉลี่ย 6,514,285 บิตต่อวินาที และอัตราการส่งข้อมูลของการส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ยมีค่าเฉลี่ย 9,828,571 บิตต่อวินาที

Figure 15 แสดงอัตราการส่งข้อมูลของการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมประชุมทางไกล เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์จำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลดังแสดงใน Table 5 และ Table 6 พบว่า อัตราการส่งข้อมูล ของการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโปรโตคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ยอัตราการส่งข้อมูลมากที่สุด และอัตราการส่งข้อมูลของการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 2.4 GHz ที่ทำงานด้วยโปรโตคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ยอัตราการส่งข้อมูลน้อยที่สุด

4. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายมีประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไปตามวิธีการเข้าถึงเครือข่ายไร้สาย โดยผลการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล TCP พบว่าวิธีการเข้าถึงแบบไร้สายด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโปรโตคอล IPv6 มีค่าเฉลี่ยความล่าช้าอย่างน้อยที่สุด และวิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz การเข้าถึงด้วยโปรโตคอล IPv4 และ IPv6 มีอัตราการส่งข้อมูลที่ใกล้เคียงกัน ผลการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมประชุมทางไกลที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล UDP พบว่าความล่าช้าของการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโปรโตคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ยความล่าช้าอย่างน้อยที่สุด และอัตราการส่งข้อมูลของการส่งข้อมูลด้วยช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโปรโตคอล IPv4 มีค่าเฉลี่ยอัตราการส่งข้อมูลมากที่สุด

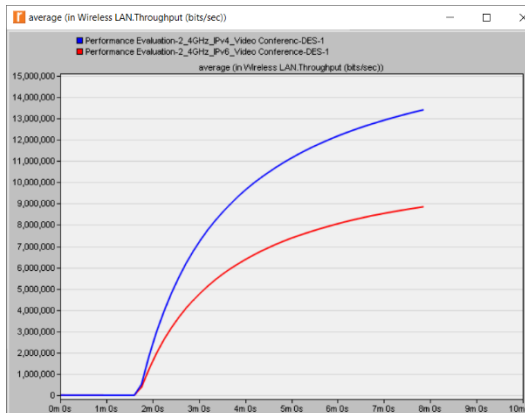


Figure 14 Throughput when using a video conference application through 2.4 GHz channels

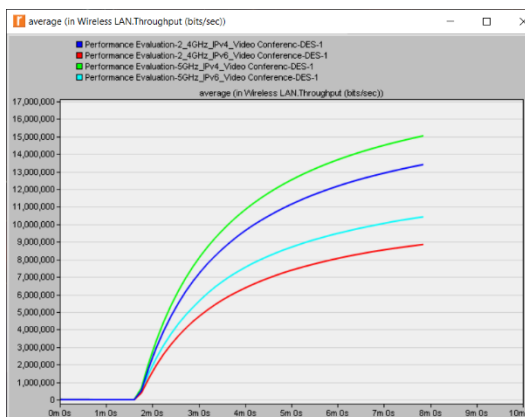


Figure 15 Throughput when using a video conference application through 2.4 GHz and 5 GHz channels

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สาย ด้วยวิธีการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยวิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz การเข้าถึงด้วยโปรโตคอล IPv4 และ IPv6 โดยจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลและโปรแกรมประชุมทางไกล โดยจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz

การเข้าถึงด้วยโปรโตคอล IPv4 และ IPv6 ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สาย โดยหากพิจารณาความล่าช้าและอัตราการส่งข้อมูลพบว่าโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูลที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล TCP วิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโปรโตคอล IPv6 มีประสิทธิภาพในการให้บริการสูงสุด และโปรแกรมประชุมทางไกลที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล UDP วิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณความถี่ 5 GHz ที่ทำงานด้วยโปรโตคอล IPv4 มีประสิทธิภาพในการให้บริการสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยวิธีการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz พบว่า ช่องสัญญาณ 5 GHz ที่มีความกว้างของช่องสัญญาณมากกว่าช่องสัญญาณ 2.4 GHz ทำงานได้มีประสิทธิภาพมากกว่า และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายในการเข้าถึงด้วยโปรโตคอล IPv4 และ IPv6 พบว่าโปรโตคอล IPv6 มีประสิทธิภาพมากกว่าโปรโตคอล IPv4 ในการควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล TCP และโปรโตคอล IPv4 มีประสิทธิภาพมากกว่าโปรโตคอล IPv6 ในการควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล UDP

6. References

- [1] Krupanek, B. and Bogacz, R. 2016. OPNET Modeler simulations of performance for multi nodes wireless systems. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*. 7(1): 105.
- [2] Memongkhon, A. and Khantikun, A. 2010. *Design and Installation Wireless LAN, 2nd Edition*. Nonthaburi: IDC Premier. (in Thai)
- [3] Tancharoen, D. 2012. The evolution of wireless communication technology. *Panyapiwat Journal*. 3(2): 111-120. (in Thai)

- [4] Pakanati, C., Padmavathamma, M. and Reddy, N.R. 2015. Performance comparison of TCP, UDP, and TFRC in wired networks. In: **Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology**, 13-14 February 2015. Ghaziabad, India.
- [5] Zakari, A., Musa, M. and Bekaroo, G. 2019. IPv4 and IPv6 protocols: A comparative performance study. In: **Proceedings of the 2019 IEEE 10th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)**, 2-3 August 2019. Shah Alam, Malaysia.
- [6] Khadiri, K.E.L. and et al. 2018. Performance evaluation of IPv4/IPv6 transition mechanisms for real-time applications using OPNET Modeler. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**. 9(4): 387-392.
- [7] Jain, N. and Payal, A. 2020. Performance evaluation of IPv6 network for real-time applications using IS-ISv6 routing protocol on Riverbed Modeler. **Procedia Computer Science**. 173: 46-55.
- [8] Brown, L. and Jaatun, M.G. II. 1992. Secure file transfer over TCP/IP. In: **Proceedings of the TENCON'92 - Technology Enabling Tomorrow**, 11-13 November 1992. Melbourne, Australia.
- [9] Akhtar, N. and Siddiqui, F.H. 2011. UDP packet monitoring with stanford data stream manager. In: **Proceedings of the 2011 International Conference on Recent Trends in Information Technology (ICRTIT)**, 3-5 June 2011. Chennai, India.
- [10] Riverbed Technology. 2020. **Riverbed's Modeler Academic Community. Anatomy and Embryology**. https://cms-api.riverbed.com/portal/community_home. Accessed 5 May 2021.
- [11] Al-Khraishi, T. and Quwaider, M. 2020. Performance evaluation and enhancement of VLAN via wireless networks using OPNET Modeler. **International Journal of Wireless & Mobile Networks**. 12(3): 15-30.
- [12] Shaw, K. 2020. **802.11x: Wi-Fi Standards and Speeds Explained**. <https://www.networkworld.com/article/3238664/80211x-wi-fi-standards-and-speeds-explained.html>. Accessed 3 May 2021.