



การเพิ่มทราฟฟิคบนเครือข่ายไร้สายที่ถูกรบกวนแบบพัลส์

ด้วยวิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต

**Increasing Throughput on Pulse-Jammed Wireless Network
with Packet Fragmentation.**

เอกรัตน์ หล่อพิเชษฐ์^{1*} และ ศิริปัญช์ บุญครอง¹

¹คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

*E-mail: aekkarat@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การรบกวนแบบพัลส์ เป็นภัยคุกคามรูปแบบหนึ่งของการรบกวนเครือข่ายไร้สาย ซึ่งผลของการถูกรบกวนทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายไร้สายลดลง เช่น ทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนลดลงหรืออาจจะทำให้เครือข่ายไร้สายไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการเพิ่มค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวน โดยใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต ร่วมกับการส่งในแพ็กเก็ต ในขณะที่ไม่ถูกรบกวน ตัวแปรที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ขนาดการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต และ ระยะเวลาในการส่งแพ็กเก็ต ผลการวิจัยพบว่าวิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตอย่างเดียวทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้น โดยจะทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคเพิ่มขึ้น 49.6 % แต่ถ้าใช้การแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวนจะทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้นที่สุด เพิ่มขึ้นเป็น 88.62 % เมื่อเทียบกับการโดนรบกวนโดยที่ยังไม่ได้ใช้วิธีการแก้ไข

คำสำคัญ: การรบกวนเครือข่ายไร้สาย การรบกวนแบบพัลส์ การแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต

Received: March 17, 2016

Revised: May 26, 2016

Accepted: May 28, 2016

Abstract

Pulsed jamming is a type of wireless network jamming attacks that can have high impact on the quality of the network. For example, the average throughput of the jammed device can be drastically decreased, resulting in the network working inefficiently. This research proposed a method for increasing the average throughput of the pulse-jammed device. This is done by using packet fragmentation together with transmitting the packets while not being pulse-jammed. The variables studied in this research include the size of fragmented packets and the duration of packet transmission. It was found that fragmenting the packet alone could increase the throughput by 49.6%. However, fragmenting and sending at the appropriate time could increase the throughput by 88.62% when comparing with the throughput when being pulse-jammed.

Keywords: wireless jamming, pulse jamming, packet fragmentation

1. บทนำ

การรบกวนแบบพัลส์ (Pulse Jamming) เป็นภัยคุกคามรูปแบบหนึ่งของการรบกวนเครือข่ายไร้สาย ซึ่งผลของการถูกรบกวนทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายไร้สายลดลง โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้สรุปประเด็นไว้ 2 ประเด็นคือ ด้านผลกระทบของการถูกรบกวนแบบพัลส์ และ ตัวแปรของการรบกวนแบบพัลส์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่าย

งานวิจัยด้านผลกระทบของการถูกรบกวนแบบพัลส์ ได้มีงานวิจัยหลาย ๆ งาน แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของการรบกวนแบบพัลส์ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนลดลงหรืออาจจะทำให้เครือข่ายไร้สายไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น Yu และคณะ ได้นำเสนอการจำลองและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของผู้รบกวนแบบพัลส์ที่มีต่อสภาพแวดล้อมของการสุ่มลำดับสัญญาณรบกวนในระบบ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ลดลงจากการถูกรบกวน [1] Benslimane และคณะ ได้นำเสนอการวิเคราะห์

ผลกระทบต่อการรบกวนบนเครือข่ายไร้สาย 802.11 โดยใช้เครื่องมือ NS3 ในการจำลองสถานการณ์เพื่อแสดงค่าทราฟฟิคที่ถูกรบกวนด้วยการโจมตีรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นค่าทราฟฟิคที่ลดลงจากการรบกวนแบบพัลส์ [2]

งานวิจัยด้านตัวแปรของการรบกวนแบบพัลส์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่าย ได้มีงานวิจัยหลาย ๆ งานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงตัวแปรที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายลดลงเมื่อถูกรบกวนแบบพัลส์ เช่น Michael Hall และคณะ ได้ทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการรบกวนแบบพัลส์สำหรับประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สาย 802.11 a,b,g โดยนักวิจัยได้ทำการวิจัยโดยใช้การทดลองเป็นการรับส่งของ VoIP (Voice over IP) บนเครือข่ายไร้สาย 802.11 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คือ repetition interval, pulse duration และ ค่าของจำนวนการเชื่อมต่อของ VoIP ผลการวิจัยพบว่าค่า pulse duration ที่มากกว่า 1 ms จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดค่าทราฟฟิคและความจุ (Capacity) ได้อย่างสูงสุด และค่า repetition interval ที่น้อยกว่า 10 ms สำหรับ 802.11 b หรือ น้อยกว่า 5 ms สำหรับ 802.11 a/g

จะทำให้เกิดการลดลงของค่าทราฟฟิคอย่างสูงสุด [3] นอกจากนั้นยังมียานวิจัยของ เอกรัฐ และศิริปฐ์ ได้นำเสนอผลกระทบของระบบการรบกวนเครือข่ายไร้สายแบบพัลส์และแบบกวาดที่มีต่อเครือข่ายไร้สายแบบ Ad hoc โดยศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อค่าเฉลี่ยทราฟฟิค (Average Throughput) ของเครื่องที่ถูกรบกวน โดยตัวแปรที่ศึกษาคือกำลังตัวส่งของผู้รบกวน (Jammer Transmission Power) เวลาที่รบกวน และ จำนวนผู้รบกวน โดยผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. กำลังตัวส่งของผู้รบกวนแบบพัลส์ ไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวน 2. เวลาที่ใช้ในการรบกวนของผู้รบกวนแบบพัลส์จะมีผลต่อค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวน 3. จำนวนของผู้รบกวนแบบพัลส์ที่เพิ่มขึ้น ไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวน [4] และงานวิจัยสุดท้ายที่ได้ศึกษาคืองานวิจัยของ Harjula และคณะ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของ IEEE 802.11 บนอุปกรณ์ WLAN ภายใต้การรบกวนหลายแบบ ซึ่งผลการวิจัยในส่วนของการรบกวนแบบพัลส์แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุปกรณ์ WLAN ถูกรบกวน ประสิทธิภาพก็จะลดลงตามระยะเวลาของการรบกวน โดยตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายคือ ความยาวของพัลส์ (pulse length) และ คาบของพัลส์ (pulse period) [5]

จากการศึกษาปัญหาของผลกระทบของการรบกวนแบบพัลส์ที่กล่าวมา และ ตัวแปรของการรบกวนแบบพัลส์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครือข่าย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเพื่อหาวิธีการเพิ่มค่าเฉลี่ยทราฟฟิคเครือข่ายไร้สายที่ถูกรบกวนแบบพัลส์ โดยใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต ร่วมกับการส่งในแพ็กเก็ตในขณะที่ไม่ถูกรบกวน โดยจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สายที่เพิ่มขึ้นจากการใช้วิธีการที่กล่าวมา

บทความวิจัยนี้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ หัวข้อที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่ การรบกวนเครือข่ายไร้สาย การรบกวนแบบพัลส์ หัวข้อที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งจะแสดงรายละเอียดของการออกแบบการทดลอง หัวข้อที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย จะนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง และสรุปผลการวิจัยในหัวข้อที่ 5

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การรบกวนเครือข่ายไร้สาย (Wireless Jamming)

การรบกวนเครือข่ายไร้สาย (Jamming or Denial of Service Attacks) เป็นปัญหาที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งซึ่งยากที่จะป้องกันได้ เนื่องจากเป็นธรรมชาติของการสื่อสารแบบไร้สายด้วยคลื่นวิทยุที่สามารถเกิดการขัดข้องเมื่อมีสัญญาณรบกวนเหมือนกับการสื่อสารด้วยเสียง เมื่อมีการส่งเสียงแทรกซ้อนกันจากหลายแหล่งเกิดการสื่อสารก็จะเป็นไปได้ยาก สำหรับเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi ก็เช่นกันเมื่อมีสัญญาณรบกวนจากแหล่งอื่นที่ใช้ความถี่คลื่นวิทยุในย่านเดียวกัน การทำงานของเครือข่ายไร้สายอาจขัดข้องหรือไม่สามารถทำการรับส่งข้อมูลได้เลย

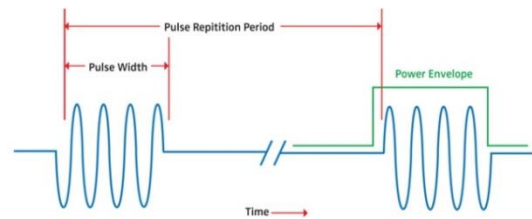
สัญญาณรบกวนอาจเกิดมาจากอุปกรณ์สื่อสารหรืออุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย Wi-Fi อื่นๆ ที่ถูกใช้งานอยู่ในบริเวณใกล้เคียงซึ่งมีการรับ ส่งสัญญาณด้วยคลื่นความถี่ย่านเดียวกับอุปกรณ์ Wi-Fi ในระบบ ส่วนใหญ่แล้วอุปกรณ์ Wi-Fi ที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปมีการรับส่งสัญญาณด้วยคลื่นวิทยุ 2.4 GHz หรือที่มีชื่อเรียกว่าย่านความถี่ ISM (Industrial Scientific Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะสากลที่ประชาชนทั่วไปมีสิทธินำมาใช้งานในอาคารหรือสำนักงานได้โดยไม่ต้องขออนุญาต

ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้งานคลื่นวิทยุในย่านความถี่นี้ได้แก่เครื่องไมโครเวฟ โทรศัพท์แบบไร้สาย อุปกรณ์ Bluetooth และอุปกรณ์ Wi-Fi อุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์บางอย่างเป็นต้น นอกจากนี้แล้วสัญญาณรบกวน อาจเกิดมาจากการกระทำของผู้โจมตีหรือผู้ใดผู้หนึ่งโดยจงใจ ผู้โจมตีอาจนำอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ความถี่เดียวกับ เครือข่ายไร้สาย Wi-Fi หรืออุปกรณ์มาตรฐาน IEEE 802.11 ที่ถูกดัดแปลงให้ส่งสัญญาณออกมารบกวนมาติดตั้งและกระจายสัญญาณในบริเวณใกล้เคียงเพื่อรบกวนหรือทำให้เครือข่าย Wi-Fi ตกอยู่ในสถานะที่ไม่สามารถให้บริการได้ (Denial-of-Service) [6]

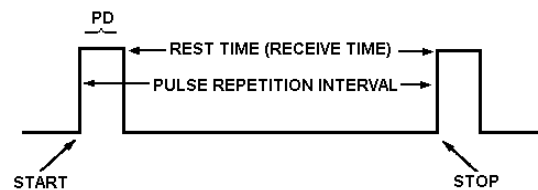
การรบกวนเครือข่ายไร้สายแบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลัก ๆ ดังต่อไปนี้ 1. การรบกวนแบบพัลส์ (Pulse Jamming) 2. การรบกวนแบบกวาด (Swept Jamming) 3. การรบกวนแบบจุด (Spot Jamming) และ 4. การรบกวนแบบกว้าง (Barrage Jamming) ซึ่งการรบกวนแต่ละประเภทต่างก็ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องที่ถูกรบกวนมีผลที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การรบกวนแบบพัลส์เนื่องจากประสิทธิภาพของการรบกวนสูงและเป็นที่นิยมใช้ [7]

2.2 การรบกวนแบบพัลส์ (Pulse Jamming)

การรบกวนแบบพัลส์ จะทำการรบกวนโดยการส่งสัญญาณรูปคลื่นไซน์พัลส์ (Sine-Pulse Waveform) ออกมา โดยการส่งจะส่งออกมาเป็นลักษณะของคาบเวลา (Cycle Time) ที่ขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุน ดังรูปที่ 1 การรบกวนแบบพัลส์จะส่งสัญญาณรูปคลื่นไซน์พัลส์ออกมาตลอดเวลา โดยในการส่ง 1 ครั้งนั้น (1 คาบเวลา) จะประกอบไปด้วยค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 2 [8]



รูปที่ 1 การทำงานของการรบกวนแบบพัลส์



รูปที่ 2 การส่งสัญญาณพัลส์ใน 1 คาบเวลา (Cycle Time)

การส่งสัญญาณพัลส์ใน 1 คาบเวลาจะประกอบไปด้วยค่า PD (Pulse Duration) คือ เวลาของการส่งพัลส์ใน 1 คาบเวลา, Receive Time คือ เวลาการรับของเครื่องส่งสัญญาณ และ PRI (Pulse Repetition Interval) คือ เวลาของการเริ่มพัลส์ลูกหนึ่งไปจนถึงพัลส์ถัดไป ซึ่งของ PRI จะประกอบไปด้วยเวลาของการส่ง (Pulse Duration) และเวลาของการรับ (Receive Time) ของเครื่องส่งสัญญาณ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองทั้งหมดในงานวิจัยนี้จะใช้เวลาในการทดลอง 5 นาที และจะวัดค่าเฉลี่ยทรูพุทที่เครื่อง node_0 ซึ่งจะเรียกว่าเครื่องที่ถูกรบกวน เพื่อเปรียบเทียบค่าการทดลองทั้งหมด 4 การทดลอง ดังนี้ 3.1 การทดลองโดยไม่มีการรบกวนเครือข่ายไร้สาย การทดลองนี้จะวัดค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องที่ node_0 ในสถานะที่เครือข่ายไร้สายปกติไม่ถูกรบกวน เพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับเปรียบเทียบกับ การทดลองอื่น ๆ 3.2 การทดลองโดยมีการรบกวนแบบพัลส์ การทดลองนี้จะมีการเพิ่มผู้รบกวนแบบพัลส์เข้ามา และจะวัดค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องที่ถูก

รบกวน เพื่อเปรียบเทียบว่าค่าเฉลี่ยทรูพุตลดลงมากเท่าไร 3.3 การทดลองโดยใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต การทดลองนี้จะเป็นการทดลองวิธีการแก้ปัญหาด้วยการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต ซึ่งการทดลองจะทำการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตที่เครื่องที่ถูกรบกวน (node_0) แล้ววัดค่าเฉลี่ยทรูพุตเปรียบเทียบกับขั้นตอนที่ 3.1 และ 3.2 เพื่อศึกษาว่าวิธีการนี้ทำให้ค่าเฉลี่ยทรูพุตของเครื่องที่ถูกรบกวนเพิ่มขึ้นเท่าไร และ 3.4 การทดลองโดยใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งแพ็กเก็ตในขณะที่ไม่ถูกรบกวน การทดลองนี้จะเป็นการทดลองสุดท้าย โดยการทดลองนี้จะเป็นการแก้ปัญหาที่ต่อจากขั้นตอนที่ 3.3 โดยใช้การแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งในช่วงระยะเวลาที่ไม่ถูกรบกวนแล้ววัดค่าเฉลี่ยทรูพุตเปรียบเทียบกับขั้นตอนทั้งหมดที่ผ่านมา เพื่อศึกษาว่าวิธีการนี้ทำให้ค่าเฉลี่ยทรูพุตของเครื่องที่ถูกรบกวนเพิ่มขึ้นเท่าไร และวิธีการนี้ดีกว่าวิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต (ขั้นตอนที่ 3.3) หรือไม่

3.1 ออกแบบการทดลองโดยไม่มีการรบกวน

ขั้นตอนแรกทำการออกแบบเครือข่ายไร้สาย โดยออกแบบให้เครือข่ายไร้สายประกอบไปด้วยเครื่องแม่ข่าย (Server) 1 เครื่อง, สวิตช์ (Switch) 1 เครื่อง, แอ็กเซสพอยท์ (Access Point_1) 1 เครื่อง และจะมีเครื่องคอมพิวเตอร์ 3 เครื่อง (node_0, node_1, node_2) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครือข่ายไร้สายเมื่อไม่มีการรบกวนแบบพัลส์

รูปที่ 3 แสดงถึงการออกแบบการทดลองเครือข่ายไร้สายเมื่อไม่มีการรบกวนแบบพัลส์ การทดลองใช้โปรแกรม OPNET ในการทดลอง ผู้วิจัยได้สร้างพื้นที่ของการทดลองโดยกำหนดให้มีพื้นที่ขนาด 100 x 100 เมตร การรับ-ส่งข้อมูลของเครือข่ายตามมาตรฐาน IEEE 802.11g โดยแอ็กเซสพอยท์จะมีระยะห่างจาก node_0 เป็นระยะทาง 10 เมตร เนื่องจากเป็นระยะทางที่ทำให้ความสามารถในการรับ-ส่งข้อมูลมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานของ 802.11g ซึ่งสามารถรับ-ส่งได้ระยะทางไกลสุด 38 เมตร [9] คุณลักษณะที่สำคัญของเครื่องลูกข่ายแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะที่สำคัญของเครื่องลูกข่าย

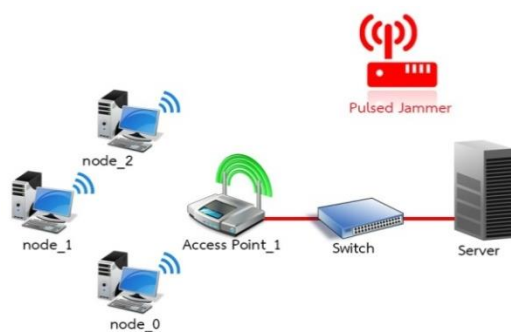
ผู้รับ	
Attributes	Values
Physical Characteristics	Extended Rate PHY (802.11g)
Data Rate	54 Mbps
Frequency	2,426 MHz
Bandwidth	Physical Technology Dependent
Transmit Power	0.005 W

ทุกการทดลองในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้เครือข่ายทำการรับ-ส่งข้อมูลเป็นการส่งวิดีโอความละเอียดต่ำ โดยมีเซิร์ฟเวอร์ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการรับ-ส่งในเครือข่ายไร้สายสาเหตุที่เลือกใช้การส่งวิดีโอความละเอียดต่ำเนื่องจากการส่งที่เหมาะสมกับการเผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ต โดยลักษณะการส่งเป็นแบบสตรีมมิ่ง (Streaming) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดค่าการทดลองตามงานวิจัยของ [10] เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการกำหนดค่าการทดลอง ซึ่งวิดีโอความละเอียดต่ำที่ใช้ในการทดลองเป็นแอปพลิเคชันการรับ-ส่งข้อมูลพื้นฐานของโปรแกรม OPNET โดยรายละเอียดแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของวิดีโอความละเอียดต่ำ

A low-load video application	
Frame Interval Time Information	10 frames per second
Frame Size Information	128 x 120 pixels
Symbolic Destination	Video Destination
Type of Service	Best Effort (0)

3.2 ออกแบบการทดลองโดยมีการรบกวนแบบพัลส์



รูปที่ 4 เครือข่ายไร้สายเมื่อมีการรบกวนแบบพัลส์

ขั้นตอนที่สอง ผู้วิจัยได้เพิ่มผู้รบกวนแบบพัลส์ (Pulsed Jammer ในรูปที่ 4) ขึ้นมาโดยให้มีระยะห่างจากเครื่องที่ถูกรบกวน (node_0) 15 เมตร ซึ่งเป็นระยะห่างที่ผู้รบกวนแบบพัลส์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [11] โดยผู้รบกวนได้ทำการรบกวนไปยังเครื่อง node_0 หลังจากนั้นทำการทดลองและวัดค่าเฉลี่ยทรูพุทที่เครื่องที่ถูกรบกวน (node_0) โดยค่าเฉลี่ยทรูพุทที่วัดได้จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องที่ถูกรบกวนในขณะที่ไม่มีการรบกวนในการทดลองที่ 3.1 คุณลักษณะที่สำคัญของผู้รบกวนแบบพัลส์แสดงตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณลักษณะที่สำคัญของผู้รบกวนแบบพัลส์ (Pulsed Jammer)

ผู้รบกวนแบบพัลส์	
Attributes	Values
Jammer Band Frequency	2,401 MHz
Jammer Bandwidth	10 MHz
Jammer Transmitter Power	0.005 W
Pulsed Width	1 Sec

คุณลักษณะของผู้รบกวนแบบพัลส์ในงานวิจัยนี้ได้ตั้งค่าตามงานวิจัย [4] โดยใช้ความถี่ (Jammer Band Frequency) 2.4 GHz ตามข้อกำหนดของเครือข่าย 802.11g แบนด์วิธ (Jammer Bandwidth) มีขนาด 10 MHz พลังงานการส่ง (Jammer Transmitter Power) 0.005 W และความกว้างของพัลส์ (Pulsed Width) 1 วินาที โดยค่าความกว้างของพัลส์ในขั้นตอนนี้จะใช้เป็นค่าตั้งต้นสำหรับวิธีการแก้ไขปัญหาในขั้นตอนถัดไป

3.3 ออกแบบการทดลองโดยการใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต

ขั้นตอนที่สาม จะเป็นการทดลองการแก้ปัญหาของการถูกรบกวนแบบพัลส์ วิธีการแก้ปัญหาของขั้นตอนนี้ คือจะทำการทดลองแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตที่เครื่องที่ถูกรบกวน (node_0) เป็นขนาดต่าง ๆ และทำการบันทึกค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องที่ถูกรบกวน ซึ่งขนาดของการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตที่ทำการทดลองได้แบ่งตามข้อกำหนดของการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตซึ่งจะทำได้ตั้งแต่ 256 ไบต์ ซึ่งเป็นค่าต่ำสุด จนถึงสูงสุดคือ 2,304 ไบต์ [12] โดยการทดลองจะทำการทดลองตั้งแต่ไม่มีการแบ่ง (None) แล้วเพิ่มเป็น 256 ไบต์ ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่แบ่งได้ แล้วแบ่งเพิ่มทีละสองเท่าจนถึงค่าสูงสุดคือ 2,304 ไบต์ ดังแสดงตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ขนาดของการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตที่เครื่องที่ถูกรบกวน (node_0)

Fragmentation Threshold (Bytes)
None
256
512
1,024
2,048
2,304

การรับ-ส่งแพ็กเก็ตของการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรโตคอล TCP ในการรับ-ส่งข้อมูล โดยขนาดของต้นฉบับที่ยังไม่ถูกแบ่งจะทำการส่งข้อมูลขนาด 65,515 ไบต์ ตามมาตรฐานของการรับส่งข้อมูล IPV4 [13] ซึ่งการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตจะทำเฉพาะที่เครื่องที่ถูกรบกวน (node_0) เท่านั้น

3.4 ออกแบบการทดลองโดยการใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งแพ็กเก็ตในขณะที่ไม่ถูกรบกวน

ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการทดลองการแก้ปัญหาของการถูกรบกวนแบบพัลส์ต่อจากขั้นตอนของการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต (ขั้นตอนที่ 3.3) วิธีการแก้ปัญหาคือเครื่องที่ถูกรบกวนจะทำการการส่งโดยใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งแพ็กเก็ตในขณะที่ไม่ถูกรบกวน โดยการส่งจะส่งในช่วง Receive Time ของพัลส์ (รูปที่ 3) ซึ่งจะใช้นิยามการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตที่ทำให้ค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องรับที่ดีที่สุดจากขั้นตอนที่ 3.3 มาทดลองส่งตามระยะเวลาต่าง ๆ และทำการบันทึกค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องที่ถูกรบกวน (node_0) โดยระยะเวลาของการส่งแพ็กเก็ตจะทำการแบ่งโดยใช้ค่าความกว้างของพัลส์เป็นเกณฑ์ และปรับทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งระยะเวลาของการส่งแพ็กเก็ตที่ทำการทดลองได้แสดงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระยะเวลาของการส่งแพ็กเก็ต

ระยะเวลาของการส่งแพ็กเก็ต (วินาที)
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

หัวข้อนี้จะแสดงผลการทดลองของเครือข่ายในสภาวะปกติที่ไม่ถูกรบกวนเปรียบเทียบกับเครือข่ายที่ถูกรบกวนแบบพัลส์, วิธีแก้ปัญหาโดยใช้การแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต และ วิธีแก้ปัญหา

โดยใช้การแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวน

4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของไม่มีการรบกวนกับถูกรบกวนแบบพัลส์

จากการออกแบบการทดลองขั้นตอนการทดลองโดยไม่มีการรบกวนเครือข่ายไร้สายและขั้นตอนการทดลองโดยมีการรบกวนแบบพัลส์สามารถนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกันได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ node_0

ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวน (node_0)	
ไม่มีการรบกวน	3.50 Mbps
ถูกรบกวนแบบพัลส์	1.23 Mbps

ตารางที่ 6 เมื่อไม่มีการรบกวนค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนจะมีค่า 3.50 Mbps แต่เมื่อถูกรบกวนแบบพัลส์ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคจะลดลงเหลือ 1.23 Mbps ลดลง 35.14 % จากเมื่อไม่มีการรบกวน ผลของการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าการรบกวนแบบพัลส์ทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนลดลงซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายลดลงเป็นอย่างมาก จึงต้องหาวิธีเพิ่มค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนให้ดีขึ้น เพื่อให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายดีขึ้น

4.2 ผลการทดลองการใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต

ผลการทดลองจากการทดลองโดยใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต คือการใช้การแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตที่เครื่องที่ถูกรบกวนเมื่อถูกรบกวนแบบพัลส์ ได้แสดงตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยทราฟฟิค (node_0) เมื่อทำการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต

ขนาดการแบ่งแยกส่วน (Bytes)	ค่าเฉลี่ยทราฟฟิค (Mbps)
None	1.23
256	1.80
512	1.81
1,024	1.84
2,048	1.82
2,304	1.23

ตารางที่ 7 แสดงผลการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตเป็นขนาดต่าง ๆ ซึ่งขนาดแพ็กเก็ตที่ทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้นที่สุดคือขนาด 1,024 ไบต์ โดยจะทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.84 Mbps เพิ่มขึ้น 49.6% จากเครือข่ายที่ถูกรบกวนโดยไม่ใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต

สาเหตุที่ทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้นเนื่องจากลักษณะการรบกวนแบบพัลส์จะทำการรบกวนเป็นคาบเวลาโดยที่ในแต่ละคาบเวลาจะมีช่วงของการที่ผู้รบกวนไม่ได้ส่งสัญญาณพัลส์ (Rest Time) ซึ่งขนาดแพ็กเก็ตที่เล็กลงจะทำให้สามารถส่งแพ็กเก็ตไปในช่วงเวลาที่ไม่มี การส่งสัญญาณได้

4.3 ผลการทดลองการใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการการส่งแพ็กเก็ตในขณะที่ไม่ถูกรบกวน

ขั้นตอนนี้ได้เลือกเอาขนาดของแพ็กเก็ตที่ดีที่สุดจากขั้นตอนการใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 1,024 ไบต์ มาใช้กับการส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวน ซึ่งผลการทดลองได้แสดงตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยทรูพุท (node_0) เมื่อทำการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการการส่งแพ็กเก็ตในขณะที่ไม่ถูกรบกวน

ช่วงระยะเวลาการส่ง (วินาที)	ค่าเฉลี่ยทรูพุท (Mbps)
0.5	1.94
1.0	1.97
1.5	2.12
2.0	2.32
2.5	2.05
3.0	1.89

ตารางที่ 8 แสดงการส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวนโดยการส่งในช่วงเวลา 2 วินาที ทำให้ค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้นที่สุดคือ 2.32 Mbps เพิ่มขึ้นจากวิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต (ขั้นตอนที่ 3.3) 26.01 % หรือคิดเป็น 88.62 % เมื่อเทียบกับการโดนรบกวนโดยไม่ได้ใช้วิธีแก้ไขเลย

สาเหตุที่การส่งในช่วงระยะเวลา 2 วินาทีทำให้ค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้นที่สุด

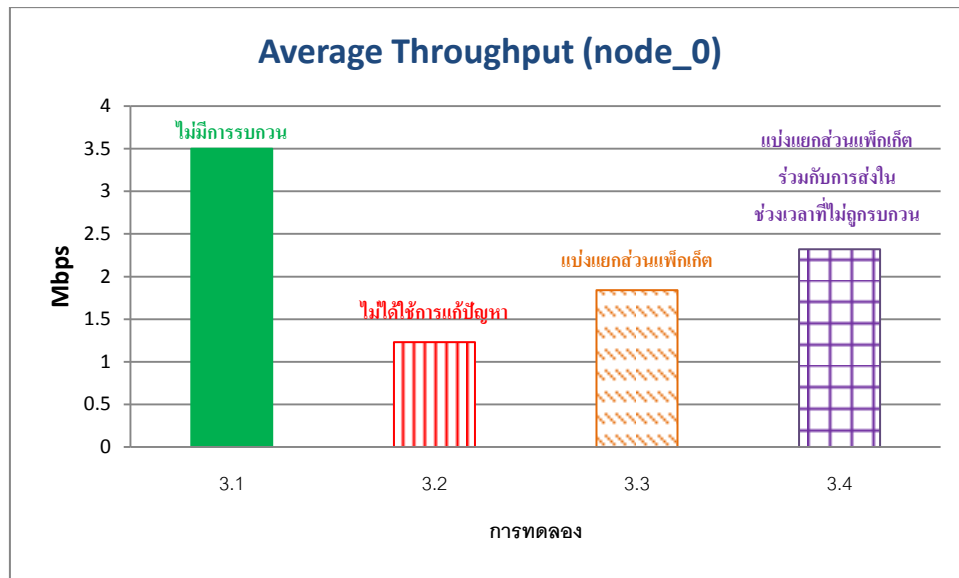
เนื่องจากความกว้างของพัลส์ของผู้รับกวนมีขนาดเท่ากับ 1 วินาที รวมกับช่วงเวลาของการรับ (Rest Time) ของเครื่องส่งสัญญาณด้วย ก็จะเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมที่จะใช้แพ็กเก็ตที่ถูกแบ่งส่งไปในช่วงเวลาดังกล่าว

ตารางที่ 9 และรูปที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาเมื่อถูกรบกวนแบบพัลส์ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าวิธีการแก้ปัญหาโดยการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวนนั้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้นมากที่สุดโดยคิดเป็น 88.62 % เมื่อเทียบกับการถูกรบกวนแต่ไม่ได้ใช้วิธีการแก้ไขปัญหา

จากผลการทดลองทั้งหมด เมื่อใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวนที่เครื่องที่ถูกรบกวน จะทำให้ค่าเฉลี่ยทรูพุทของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้นกว่าเมื่อไม่ได้ใช้วิธีการแก้ไข หรือ ใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาเมื่อถูกรบกวนแบบพัลส์

เครื่องที่ถูกรบกวน (node_0)	
การทดลอง	ค่าเฉลี่ยทรูพุท
3.1 ไม่มีการรบกวนเครือข่าย	3.50 Mbps
3.2 ไม่ได้ใช้ การแก้ปัญหา	1.23 Mbps
3.3 แบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต	1.84 Mbps
3.4 แบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวน	2.32 Mbps



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของวิธีการต่าง ๆ

5. สรุปผลการวิจัย

ปัญหาที่เกิดจากการรบกวนเครือข่ายแบบพัลส์ก็คือจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายไร้สายลดลง เช่น ทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนลดลง [1-6] งานวิจัยนี้ได้พัฒนาการเพิ่มทราฟฟิคบนเครือข่ายไร้สายที่ถูกรบกวนแบบพัลส์ด้วยวิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ต โดยวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้คือ การใช้วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวน ซึ่งผลที่ได้คือแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตเป็นขนาด 1,024 ไบต์ และส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวน 2 วินาที จะได้ผลการทดลองที่ดีที่สุดคือค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวน (node_0) เพิ่มขึ้นเป็น 2.32 Mbps จากสภาพการที่โดนรบกวนโดยไม่ได้ใช้วิธีแก้ไข 1.23 Mbps

ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้ 1. การรบกวนแบบพัลส์ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวน ทำให้ลดลง 35.14 % เมื่อเทียบกับสถานะที่ไม่มีการรบกวนเครือข่าย 2. วิธีการแบ่งแยก

ส่วนแพ็กเก็ตสามารถทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้น โดยจะทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนเพิ่มขึ้น 49.6% เมื่อเปรียบเทียบกับเครือข่ายไร้สายที่ถูกรบกวนแบบพัลส์แต่ไม่ได้ใช้วิธีการแก้ปัญหาใด ๆ เลย 3. วิธีการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตร่วมกับการส่งในช่วงเวลาที่ไม่ถูกรบกวนทำให้ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของเครื่องที่ถูกรบกวนดีขึ้นที่สุด เพิ่มขึ้นคิดเป็น 88.62 % เมื่อเทียบกับการโดนรบกวนโดยไม่ได้ใช้วิธีแก้ไขใดเลย

ข้อเสนอเพื่อการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรสร้างสมการเพื่อหาขนาดของการแบ่งแยกส่วนแพ็กเก็ตที่เหมาะสม และ สมการเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการส่งแพ็กเก็ต เมื่อถูกรบกวนแบบพัลส์

2. ในการใช้งานในสถานการณ์จริงอาจมีผลที่แตกต่างจากงานวิจัยนี้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมจริง ดังนั้นควรศึกษาผลการทดลองของสถานการณ์จริงเพื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Z. Yu. X. Zheng. S. Yang. N. Zhong. "Performance analysis and simulation of DSSS system in classical urban fading environments and pulse jammer". Information Science and Engineering (ICISE) 2010 2nd International Conference. 2010.
- [2] A. Benslimane. A.El. Yakoubi. M.Bouhorma. "Analysis of Jamming Effects on IEEE 802.11 Wireless Networks". Communications (ICC) 2011 IEEE International Conference. 2011
- [3] M.Hall. A.Silvennoinen. S.Gustav. "Effect of Pulse Jamming on IEEE 802.11 Wireless LAN Performance". Military Communications Conference. IEEE. 2005.
- [4] A. Lorphichian and S.Boonkrong. " The Effective of Wireless Jamming: Pulsed Jamming and Swept Jamming for Wireless Ad hoc Network". The 10th National Conference on Computer and Information Technology. NCCIT2014, 2014.
- [5] I.Harajula. J.Pinola. J.Prokkola. "Performance of IEEE 802.11 Based WLAN Devices Under Various Jamming Signals". The 2011 Military Communications Conference. 2011.
- [6] ศ. ศิวโมกษธรรม. "เครือข่าย Wi-Fi อันตรายหากไม่ป้องกัน". สารเนคเทค. 2011.
- [7] กองทัพบก โรงเรียนทหารสื่อสาร กรมการทหารสื่อสาร. "การสื่อสารประเภทวิทยุ". 2559
- [8] E.Bayraktaroglu. C.King. X.Liu. G.Noubir. R.Rajaraman. B.Thapa. " On the Performance of IEEE 802.11 under Jamming". INFOCOM 2008. 2008.
- [9] พ.ไววนิชกิจ. "wireless-N กับความเข้าใจที่ถูกต้องก่อนเลือกใช้งาน". <http://www.mvt.co.th/>.
- [10] J. Manuel. "Exploring Jamming Attacks Using OPNET 12.0", Master of Science in Telecommunications. 2007.
- [11] S. Amuru. R. Michael Buehrer. "Optimal Jamming Strategies in Digital Communications Impact of Modulation". 2010.
- [12] D.Virgillito. "RTS Threshold Configuration for improved Wireless Network Performance". 2014.
- [13] "Chapter 5 The Internet Protocol". (เอกสารออนไลน์) สาระสังเขป สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2559 จาก <https://notes.shichao.io/tcpv1/ch5/>