

การปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ โดยการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไป

วรากร ศรีเชวงทรัพย์^{1*} กันติชา กิตติพิรชล² ชาทรี ทองวรรณ³

^{1,2}ห้องปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมคอมพิวเตอร์หุ่นยนต์และเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น กรุงเทพฯ
ประเทศไทย

³สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ร้อยเอ็ด ประเทศไทย

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : warakorn@tni.ac.th

รับต้นฉบับ: 12 พฤศจิกายน 2563; รับบทความฉบับแก้ไข: 25 พฤศจิกายน 2563; ตอรับบทความ: 26 พฤศจิกายน 2563

เผยแพร่ออนไลน์: 25 ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ

ในการเข้าใช้ช่องสัญญาณของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ อาจจะมีช่องสัญญาณท้ายเฟรมที่ไม่มีผู้ใ้รายใดเข้าใช้งาน ซึ่งส่งผลให้เกิดช่องสัญญาณที่สูญเสียไป บทความนี้จึงนำเสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ โดยใช้วิธีการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปท้ายเฟรม บทความฉบับนี้นำเสนอ 2 อัลกอริทึม ซึ่งได้แก่ อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในเฟรมสุดท้าย และอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรม จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรมมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในเฟรมสุดท้ายมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ โดยอัลกอริทึมที่นำเสนอทั้ง 2 วิธี สามารถปรับปรุงสมรรถนะของระบบได้ดี โดยเฉพาะกรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมมาก ทั้งนี้ควรเลือกใช้จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้งานในระบบ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของระบบดีที่สุด

คำสำคัญ : IEEE 802.11 DCF การลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไป การแก้ปัญหาการชนกัน

Improving the Performance of IEEE 802.11 DCF with Constant Contention Window by Reducing the Wasted Time Slots

Warakorn Srichavengsup^{1*} Kanticha Kittipeerachon² Chatree Thongwan³

^{1*,2}*Computer Engineering Robotics and Technology Research Laboratory : CERT
Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

³*Computer and Information Technology Department, Faculty of Information Technology, Roi Et Rajabhat
University, Roi Et, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: warakorn@tni.ac.th

Received: 12 November 2020; Revised: 25 November 2020; Accepted: 26 November 2020

Published online: 25 December 2020

Abstract

In the contention resolution of the IEEE 802.11 DCF algorithm with constant contention window, there may be wasted slots at the end of the frame. This paper proposes two algorithms to improve the performance of IEEE 802.11 DCF algorithm with constant contention window by using the method of reducing the wasted slots at the end of the frame. The first algorithm is reducing wasted slots at the end of last frame (RLF) and the second algorithm is reducing wasted slots at the end of every frames (REF). Based on the results, it is found that the REF algorithm offers superior performance and the RLF algorithm performs better than the IEEE 802.11 DCF with constant contention window algorithm. We can conclude that both proposed algorithms can improve system performance, especially when there are large amounts of slots per frame. The appropriate number of slots per frame should be used in order to ensure optimal system performance.

Keywords: IEEE 802.11 DCF, Reducing wasted slots, Contention resolution

1) บทนำ

ในยุคโลกดิจิทัล มีความต้องการสื่อสารข้อมูลที่รวดเร็ว และรองรับผู้ใช้งานได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งเมื่อมีความต้องการของผู้ใช้งานในระบบเป็นจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้ควบคุมการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ เพราะหากไม่มีการควบคุมการเข้าใช้งานช่องสัญญาณ อาจจะทำให้ผู้ใช้หลายรายส่งข้อมูลพร้อมกัน ส่งผลให้เกิดการชนกันของข้อมูลอยู่เรื่อย ๆ โดยอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมาแบ่งออกได้ 2 ประเภท อัลกอริทึมประเภทแรก ได้แก่ อัลกอริทึมที่ไม่มีการชนกันของข้อมูล ตัวอย่างของอัลกอริทึมประเภทนี้ ได้แก่ TDMA [1], FDMA [2] และ CDMA [3] ซึ่งอัลกอริทึมเหล่านี้ จะมีการจัดสรรทรัพยากรให้กับผู้ใช้แต่ละราย จึงไม่เกิดการชนกันของข้อมูลขึ้น แต่อัลกอริทึมเหล่านี้มีข้อจำกัดตรงที่ หากผู้ใช้รายใดรายหนึ่งไม่มีข้อมูลที่จะส่งในขณะนั้น ช่องสัญญาณที่ถูกจัดสรรให้กับผู้ใช้รายนั้น จะไม่สามารถนำมาให้ผู้ใช้รายอื่นใช้งานได้ ในขณะที่อัลกอริทึมประเภทที่ 2 ได้แก่ อัลกอริทึมที่ใช้แก้ปัญหาการชนกันของข้อมูล โดยอัลกอริทึมประเภทนี้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับผู้ใช้เป็นจำนวนมาก อย่างเช่น อัลกอริทึม ALOHA [4]-[6] อัลกอริทึม slotted ALOHA [7], [8] อัลกอริทึม Carrier Sense Multiple Access (CSMA) [9], [10], IEEE 802.11 DCF [11], [12] และ IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ [13] ซึ่งอัลกอริทึมเหล่านี้ มีความยืดหยุ่นตรงที่สามารถรองรับผู้ใช้งานจำนวนมากได้ บทความวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ โดยใช้วิธีการลดช่องสัญญาณในช่วงท้ายเฟรมที่สูญเปล่า

สำหรับเนื้อหาของบทความวิจัยฉบับนี้ เริ่มจากการแสดงรายละเอียดของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ จากนั้นจะกล่าวถึงอัลกอริทึมที่ใช้ในการลดช่องสัญญาณท้ายเฟรมที่สูญเปล่า ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้น จึงสรุปเนื้อหาทั้งหมดของบทความ

2) อัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่

อัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ มีหลักการทำงานดังนี้ หากกำหนดให้ขนาดเฟรมเท่ากับ W ผู้ใช้แต่ละรายจะสุ่มเลือกช่องสัญญาณ 1 ช่อง จาก W ช่อง หากมีผู้ใช้หลายรายเลือกช่องสัญญาณเดียวกันจะเกิดการชนกันขึ้น และผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนจะรอส่งข้อมูลในเฟรมถัดไป ในกรณีที่

ผู้ใช้เพียงรายเดียวเข้าใช้ช่องสัญญาณ ผู้ใช้รายนั้นจะประสบความสำเร็จในการส่งข้อมูล หากไม่มีผู้ใช้รายใดเลยส่งข้อมูลสถานะของช่องสัญญาณนั้นคือว่าง และเมื่อผู้ใช้ทุกรายส่งข้อมูลสำเร็จ เวลาประวิง (delay) จะเท่ากับจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมคูณด้วยจำนวนเฟรมที่ใช้ไปทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 1 จากรูปกำหนดให้ขนาดช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 8 ช่อง และมีผู้ใช้ A B C และ D เข้าใช้ช่องสัญญาณในเฟรมแรก โดยมีเพียงผู้ใช้ A และ B ที่ประสบความสำเร็จในการส่งข้อมูล ในขณะที่ผู้ใช้ C และ D ของช่องสัญญาณเดียวกัน จึงเกิดการชนกันขึ้น ทำให้ต้องรอส่งข้อมูลใหม่ในเฟรมถัดมา และในเฟรมที่ 2 ผู้ใช้ C และ D ประสบความสำเร็จในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เมื่อคำนวณเวลาประวิงจะเท่ากับ จำนวนเฟรมคูณด้วยจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรม นั่นคือ เวลาประวิงเท่ากับ $2 \times 8 = 16$ ช่องสัญญาณ

เฟรม 1		A		B		C,D	
เฟรม 2			C			D	

รูปที่ 1 ตัวอย่างการเข้าใช้ช่องสัญญาณของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่

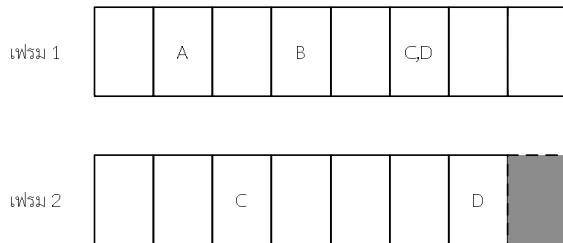
3) อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเปล่า

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่า ในช่วงท้ายของแต่ละเฟรม จะมีช่องสัญญาณที่ว่างเปล่าอยู่ นั่นคือ ในเฟรมแรกผู้ใช้ทุกรายเข้าใช้ช่องสัญญาณเสร็จตั้งแต่ช่องสัญญาณที่ 6 ในเฟรมที่ 2 ผู้ใช้ที่เหลืออยู่เข้าใช้ช่องสัญญาณเสร็จตั้งแต่ช่องสัญญาณที่ 7 ซึ่งช่องสัญญาณท้ายเฟรมนี้เป็นช่องสัญญาณที่สูญเปล่า เนื่องจากไม่มีการใช้งาน บทความวิจัยนี้ จึงนำเสนออัลกอริทึมที่ช่วยในการลดช่องสัญญาณที่สูญเปล่า โดยแบ่งออกได้ดังนี้

3.1) อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเปล่าในเฟรมสุดท้าย

หลักการของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเปล่าในเฟรมสุดท้ายมีรายละเอียดดังนี้ ในเฟรมสุดท้ายเมื่อผู้ใช้ทุกรายเข้าใช้ช่องสัญญาณเสร็จ ให้ระบบยุติการจองเวลาของช่องสัญญาณที่เหลือในเฟรม อย่างเช่น ในรูปที่ 1 จะเห็นว่าในเฟรมที่ 2 ผู้ใช้ที่เหลืออยู่เข้าใช้ช่องสัญญาณเสร็จตั้งแต่

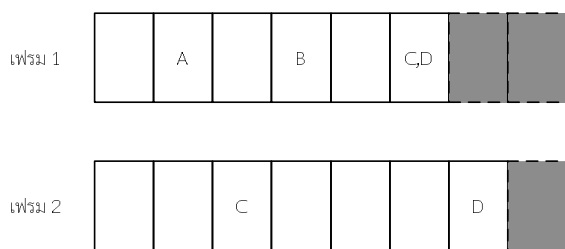
ช่องสัญญาณที่ 7 ให้ระบบยุติการจองเวลาของช่องสัญญาณที่ 8 ซึ่งส่งผลให้อัลกอริทึมนี้สามารถลดเวลาที่สูญเสียไป 1 ช่องสัญญาณ นั่นคือเวลาประวิงจะลดลงจาก 16 ช่องเป็น 15 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างการเข้าใช้ช่องสัญญาณของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในเฟรมสุดท้าย

3.2) อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรม

หลักการของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรมเป็นดังนี้ ในแต่ละเฟรมเมื่อผู้ใช้ทุกรายเข้าใช้ช่องสัญญาณเสร็จ ให้นำเวลาของช่องสัญญาณที่เหลือไปใช้ในการส่งข้อมูลในเฟรมถัดไป อย่างเช่น ในรูปที่ 1 จะเห็นว่าเฟรมที่ 1 ผู้ใช้ทุกคนเข้าใช้ช่องสัญญาณเสร็จตั้งแต่ช่องสัญญาณที่ 6 ให้ยกเลิกการจองเวลาของช่องสัญญาณที่ 7 และ 8 และนำเวลาที่ยกเลิกไปใช้ในการส่งข้อมูลในเฟรมถัดไป ในเฟรมที่ 2 ผู้ใช้ทุกคนเข้าใช้ช่องสัญญาณเสร็จตั้งแต่ช่องสัญญาณที่ 7 ให้ยกเลิกการจองเวลาของช่องสัญญาณที่ 8 ซึ่งอัลกอริทึมนี้จะช่วยลดเวลาที่สูญเสียไป 3 ช่องสัญญาณ นั่นคือ เวลาประวิงเท่ากับ 13 ช่องสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างการเข้าใช้ช่องสัญญาณของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรม

4) ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนนี้ จะเปรียบเทียบสมรรถนะของอัลกอริทึมที่นำเสนอ ซึ่งได้แก่ อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรม

สุดท้าย อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรมและอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ โดยมีผลการทดสอบดังนี้

รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของอัลกอริทึมที่นำเสนอกับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่

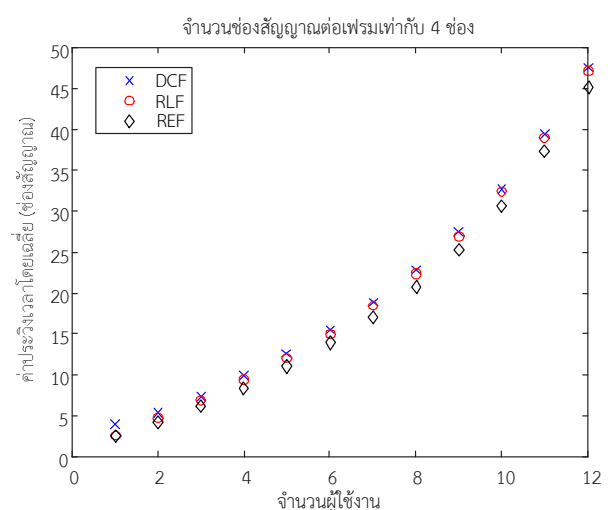
ในการแสดงผลการทดสอบบทความวิจัยนี้ ขอนิยามชื่อย่อดังต่อไปนี้

ให้ DCF ใช้แสดงผลการทดสอบของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่

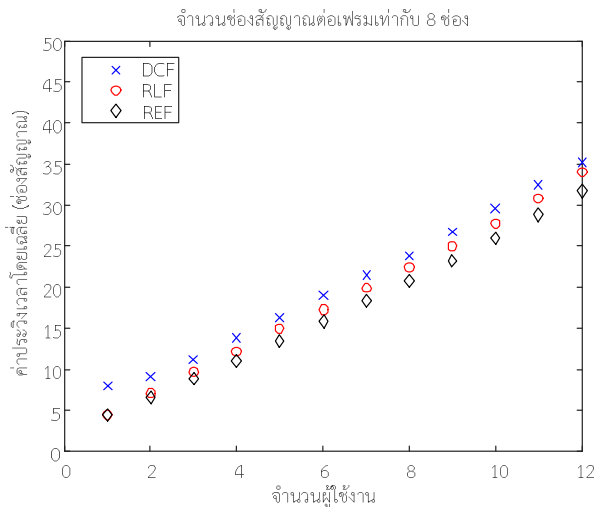
ให้ RLF ใช้แสดงผลการทดสอบของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรมสุดท้าย

ให้ REF ใช้แสดงผลการทดสอบของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรมอัลกอริทึม

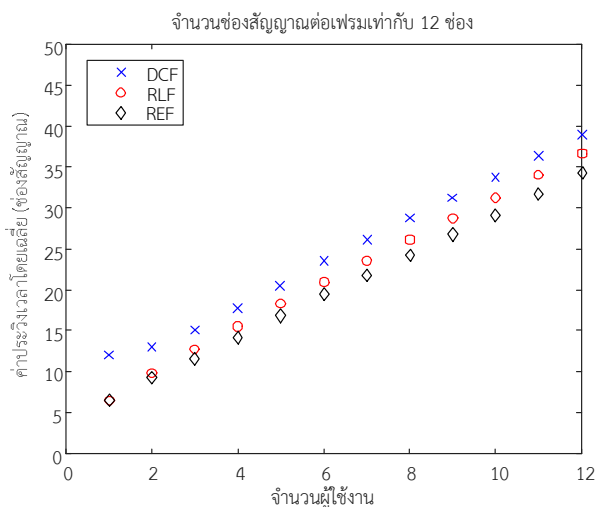
ผลที่ได้พบว่า อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรมสุดท้าย และอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรม สามารถลดเวลาประวิงของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ลงได้เล็กน้อย และเมื่อเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเป็น 8 ช่อง และ 16 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ พบว่าอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรมสุดท้ายให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ และอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูญเสียไปในทุกเฟรมให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อกำหนดให้จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 4



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อกำหนดให้ จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 8

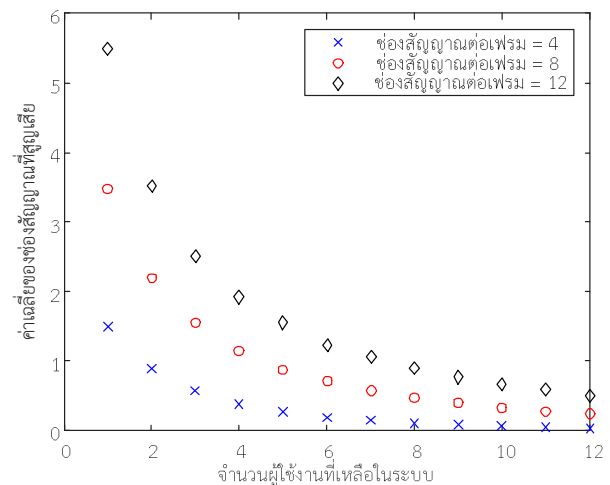


รูปที่ 6 การเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อกำหนดให้ จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 12

สำหรับเหตุผลที่อัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า เมื่อจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมมีค่ามากขึ้น เนื่องจากในกรณีที่ จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมมีค่ามาก อย่างเช่น ในกรณีที่ มีจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 12 ช่อง จำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียไปตั้งแต่ 0 ช่อง จนถึง 11 ช่อง ในขณะที่กรณีที่จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 4 ช่อง จำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียไปตั้งแต่ 0 ช่อง จนถึง 3 ช่อง ดังนั้นเมื่อจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมมีค่ามากก็มีโอกาสที่

จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียมาก อัลกอริทึมที่นำเสนอ สามารถลดจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี

เพื่อยืนยันเหตุผลข้างต้น รูปที่ 7 ได้แสดงผลการทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ยของจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียของเฟรมของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 4 8 และ 12 ช่อง ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่า เมื่อมีจำนวนผู้ใช้งานที่เหลือนั้นน้อย แต่มีจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมมาก จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียมาก และเมื่อมีจำนวนผู้ใช้ที่เหลือนั้นมาก จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียน้อย เนื่องจากกรณีที่ผู้ใช้ในระบบเหลือเป็นจำนวนมาก จะมีโอกาสที่ผู้ใช้บางรายจะใช้ช่องสัญญาณท้าย ๆ ส่งผลให้มีจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียท้ายเฟรมไม่มาก



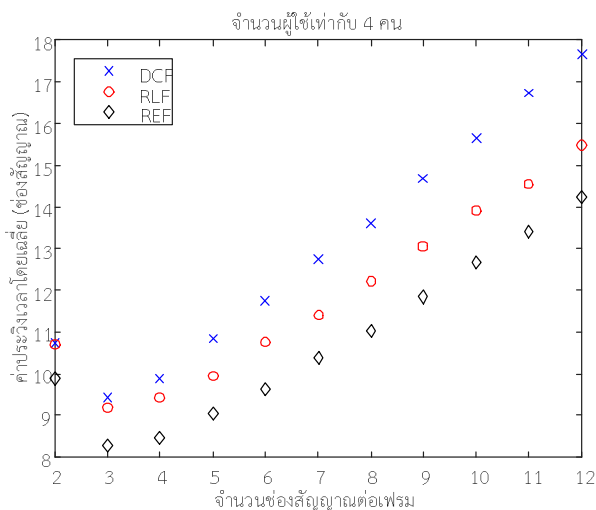
รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียของเฟรม ที่มีจำนวนช่องสัญญาณเท่ากับ 4 8 และ 12 ช่อง

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อกำหนดให้จำนวนผู้ใช้ในระบบเท่ากับ 4 คน ผลที่ได้คือ ตอนที่จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมน้อย ค่าประวิงเวลาโดยเฉลี่ยจะมีค่าลดลง จนมีค่าต่ำที่สุดที่จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมค่าหนึ่ง ซึ่งจะเรียกจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่ให้ค่าประวิงเวลาต่ำที่สุดว่าจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสม สำหรับเหตุผลที่มีค่าประวิงเวลาโดยเฉลี่ยลดลง เนื่องจากตอนที่กำหนดให้จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 2 ช่อง แต่ผู้ใช้ในระบบเท่ากับ 4 ราย ซึ่งจำนวนผู้ใช้งานมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรม จึงมีโอกาสที่จะเกิดการชนกันของข้อมูลสูง การเพิ่มจำนวน

ช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 3 ช่อง จะช่วยลดโอกาสในการชนกันของข้อมูลลงได้ และส่งผลให้สมรรถนะของระบบดีขึ้น

แต่เมื่อเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมมากกว่า จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสม ค่าประวิงเวลาจะมีค่ามากขึ้นตามจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรม เนื่องจากการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมสูงกว่าจำนวนผู้ใช้งานมาก ก็จะมีโอกาสที่จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียมาก อย่างเช่น กรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 4 คน และมีจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 12 ช่อง จะมีโอกาสที่จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียไม่ได้ใช้งานในท้ายเฟรมมากกว่ากรณีที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 8 ช่อง

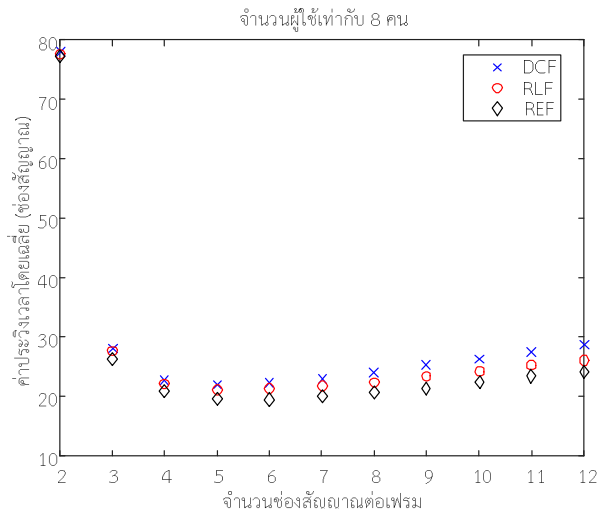
เมื่อเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่นำเสนอกับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ พบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่อย่างชัดเจน



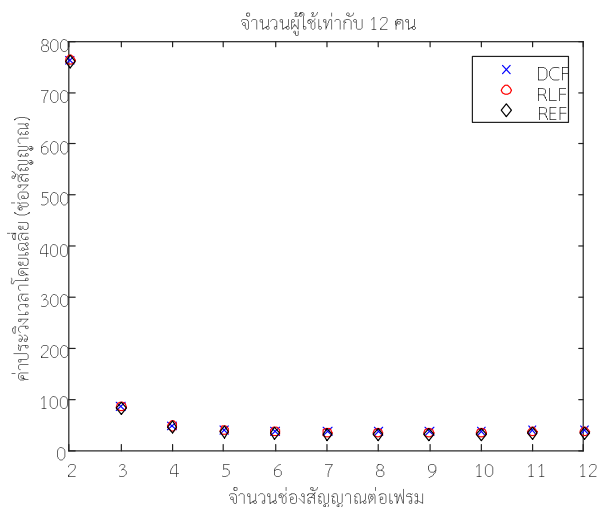
รูปที่ 8 การเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อกำหนดให้จำนวนผู้ใช้ในระบบเท่ากับ 4 คน

รูปที่ 9 และ 10 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอกับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อกำหนดให้จำนวนผู้ใช้ในระบบเท่ากับ 8 และ 12 คน ตามลำดับ ผลที่ได้คือ ค่าประวิงเวลาโดยเฉลี่ยจะมีค่าลดลงที่จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมน้อย และเพิ่มขึ้นที่จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมมาก เช่นเดียวกับกรณีจำนวนผู้ใช้ในระบบเท่ากับ 4 คน และอัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า

อัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ โดยที่มีค่าจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสมมากขึ้นตามจำนวนผู้ใช้งานในระบบ



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อกำหนดให้จำนวนผู้ใช้ในระบบเท่ากับ 8 คน



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อกำหนดให้จำนวนผู้ใช้ในระบบเท่ากับ 12 คน

รูปที่ 11 แสดงค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อปรับเปลี่ยนค่าจำนวนผู้ใช้และจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรม

จากรูปพบว่า เมื่อพิจารณาที่จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมค่าหนึ่ง ค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยจะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนผู้ใช้งานที่

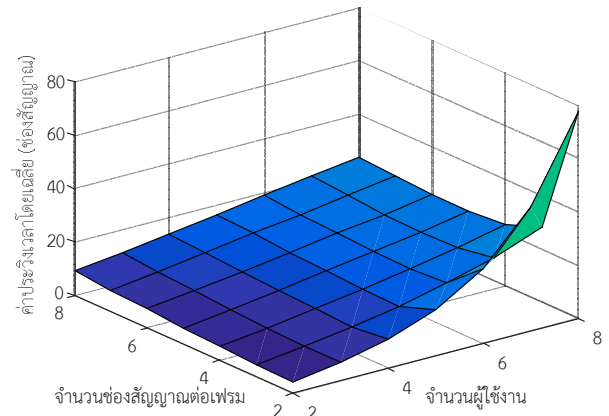
เหลืออยู่ในระบบ เนื่องจากหากมีจำนวนผู้ใช้งานระบบมากขึ้น จะมีโอกาสสูงที่จะเกิดการชนกันของข้อมูลมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 2 ช่อง และจำนวนผู้ใช้งานเท่ากับ 8 คน จะให้ค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ย สูงที่สุดในกราฟ

เมื่อพิจารณาที่จำนวนผู้ใช้งานค่าหนึ่ง ในช่วงแรกค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยจะลดลงตามจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรม เนื่องจากการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรม จะช่วยลดโอกาสในการชนกันของข้อมูลลงได้ และเมื่อเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสม ค่าเวลาประวิงจะมีความมากขึ้นตามจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรม เนื่องจากเมื่อจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมมากก็จะมีโอกาสที่จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียมาก อย่างเช่น กรณีที่มีจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 12 ช่อง จะมีโอกาสที่จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่สูญเสียไม่ได้ใช้งานในท้ายเฟรมมากกว่ากรณีที่จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมเท่ากับ 8 ช่อง

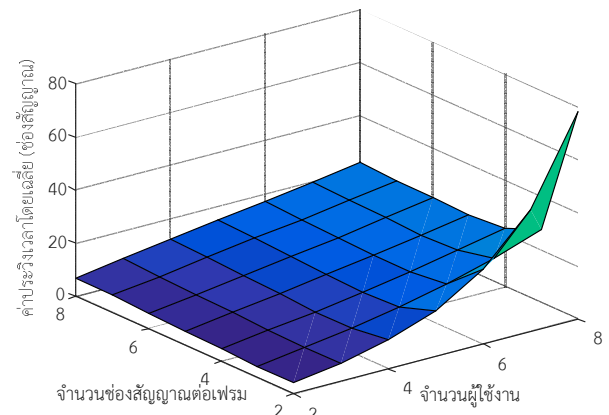
รูปที่ 12 และ 13 แสดงค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูงเปลาในเฟรมสุดท้าย และอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูงเปลาในทุกเฟรม เมื่อปรับเปลี่ยนค่าจำนวนผู้ใช้งาน และจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรม

จากรูปพบว่า ผลที่ได้จะคล้ายกับผลการทดสอบในรูปที่ 11 แต่อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูงเปลาในทุกเฟรม จะให้ค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด และอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูงเปลาในเฟรมสุดท้ายจะให้ค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยที่ต่ำกว่าอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่

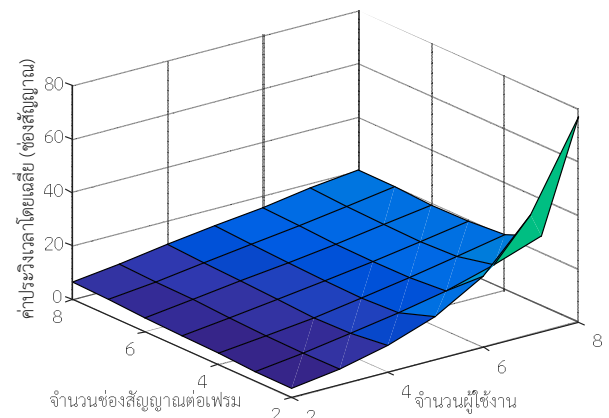
จากรูปที่ 11-13 เมื่อพิจารณาจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสมที่ให้ค่าเวลาต่ำที่สุด สำหรับจำนวนผู้ใช้งานค่าต่าง ๆ ของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูงเปลาในเฟรมสุดท้าย และอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูงเปลาในทุกเฟรม จะให้ผลลัพธ์ ดังแสดงในรูปที่ 14-16 ซึ่งจะพบว่าค่าจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนผู้ใช้งาน



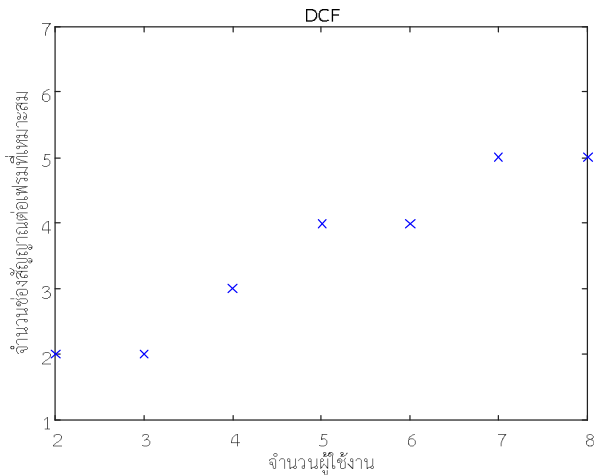
รูปที่ 11 ค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ เมื่อปรับเปลี่ยนค่าจำนวนผู้ใช้งาน และจำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรม



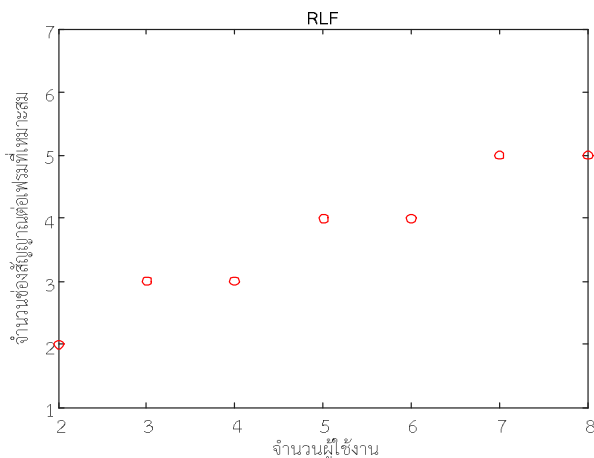
รูปที่ 12 ค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูงเปลาในเฟรมสุดท้าย



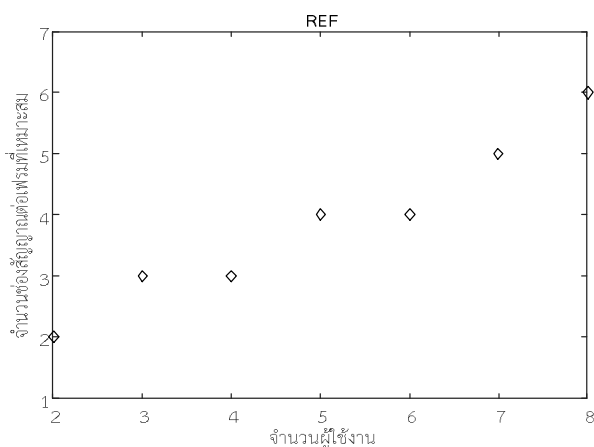
รูปที่ 13 ค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สูงเปลาในทุกเฟรม



รูปที่ 14 จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสม สำหรับจำนวนผู้ใช้งานค่าต่าง ๆ ของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่



รูปที่ 15 จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสม สำหรับจำนวนผู้ใช้งานค่าต่าง ๆ ของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สุญเปล่าในเฟรมสุดท้าย



รูปที่ 16 จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสม สำหรับจำนวนผู้ใช้งานค่าต่าง ๆ ของอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สุญเปล่าในทุกเฟรม

5) บทสรุป

บทความวิจัยฉบับนี้ ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ โดยการลดช่องสัญญาณที่สุญเปล่า อัลกอริทึมที่นำเสนอมีอยู่ 2 อัลกอริทึมได้แก่ อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สุญเปล่าในเฟรมสุดท้าย และอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สุญเปล่าในทุกเฟรม จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สุญเปล่าในทุกเฟรมมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และอัลกอริทึมการลดช่องสัญญาณที่สุญเปล่าในเฟรมสุดท้ายมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าอัลกอริทึม IEEE 802.11 DCF ที่ใช้ขนาดเฟรมคงที่ ทั้งนี้ควรเลือกใช้จำนวนช่องสัญญาณต่อเฟรมที่เหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้งานในระบบ เพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ได้สนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิจัยในครั้งนี้

REFERENCES

- [1] M. Mitra, *Satellite communication*, India: Prentice-Hall of India Pvt. Ltd., 2005.
- [2] M. Schwartz, *Mobile wireless communications*, New York, NY, USA: Columbia University Press, 2004.
- [3] A. S. Ling and L. B. Milstein, "The effects of spatial diversity and imperfect channel estimation on wideband MC-DS-CDMA and MC-CDMA," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 57, no. 10, pp. 2988-3000, Oct. 2009.
- [4] H. Baek, J. Lim, and S. Oh, "Beacon-based slotted ALOHA for wireless networks with large propagation delay," *IEEE Communications Letters*, vol. 17, no. 11, pp. 2196-2199, Nov. 2013.
- [5] J. Choi, "Throughput analysis for coded multichannel ALOHA random access," *IEEE Communications Letters*, vol. 21, no. 8, pp. 1803-1806, Aug. 2017.
- [6] C. Stefanovic, P. Popovski, and D. Vukobratovic, "Frameless ALOHA protocol for wireless networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 64, no. 5, pp. 2087-2090, Oct. 2012.
- [7] W. S. Jeon and D. G. Jeong, "Combined channel access and sensing in cognitive radio slotted-ALOHA networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 64, no. 5, pp. 2128-2133, May 2015.

- [8] M. S. Chowdhury, K. Ashrafuzzaman, and K. S. Kwak, "Saturation throughput analysis of IEEE 802.15.6 slotted aloha in heterogeneous conditions," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 3, no. 3, pp. 257-260, Jun. 2014.
- [9] M. Karaca and B. Landfeldt, "Approaching optimal centralized scheduling with CSMA-based random access over fading channels," *IEEE Communications Letters*, vol. 20, no. 6, pp. 1183-1186, Jun. 2016.
- [10] A. Maatouk, M. Assaad, and A. Ephremides, "Energy efficient and throughput optimal CSMA scheme," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 27, no. 1, pp. 316-329, Feb. 2019.
- [11] L. Dai and X. Sun, "A unified analysis of IEEE 802.11 DCF networks: Stability, throughput, and delay," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 12, no. 8, pp. 1558-1572, Aug. 2013.
- [12] X. Zhang, "A new method for analyzing nonsaturated IEEE 802.11 DCF Networks," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 2, no. 2, pp. 243-246, Apr. 2013.
- [13] R. Wang, J. Zhang, and X. Zou, "Performance analysis and optimization of IEEE 802.11 DCF with constant contention window," in *Proc. 2008 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management*, Guangzhou, China, Aug. 2008, pp. 407-411.