

การปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมต้นไม้ โดยใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม

วรากร ศรีเชวงทรัพย์

ห้องปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมคอมพิวเตอร์หุ่นยนต์และเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

ผู้นิพนธ์ประสานงาน อีเมล : warakorn@tni.ac.th

รับต้นฉบับ: 14 ตุลาคม 2562; รับประทานฉบับแก้ไข: 4 พฤศจิกายน 2562; ตอบรับบทความ: 12 พฤศจิกายน 2562
เผยแพร่ออนไลน์: 25 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ได้แก่ การปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมต้นไม้ โดยใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม เนื่องจากกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้น้อย อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารีจะมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และสำหรับกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้น อัลกอริทึมเทอนารีจะมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ดังนั้นบทความฉบับนี้จึงได้นำเสนออัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มการชนออกเป็น 2 กลุ่ม ดังเช่น อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี กรณีที่มีผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนน้อย และจะมีการแบ่งกลุ่มการชนออกเป็น 3 กลุ่ม ดังเช่น อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี กรณีที่มีผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนมาก จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึมที่นำเสนอมีแนวโน้ม ค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จสูงกว่า อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี และอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอสูงกว่าอัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี และอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี

คำสำคัญ : การเข้าถึงช่องสัญญาณ อัลกอริทึมต้นไม้ อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม

Improving the Performance of Tree Algorithm using Mixed Splitting Algorithm

Warakorn Srichavengsup

*Computer Engineering Robotics and Technology Research Laboratory : CERT
Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*

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

Received: 14 October 2019; Revised: 4 November 2019; Accepted: 12 November 2019

Published online: 25 December 2019

Abstract

The aim of this research is to enhance the performance of tree algorithm using mixed splitting algorithm. Binary tree is very efficient when the number of users is small. In case of large number of users, Ternary tree performs better than other algorithms. Therefore, this paper introduces mixed splitting algorithm. The details of this algorithm are as follows. When the number of the collided users is small, this algorithm will split the collided users into 2 groups. In case of large number of users, this algorithm will split the collided users into 3 groups. From the results, we found that the probability of success of the proposed algorithm tends to be higher than the Binary and Ternary algorithms. With this reason, the proposed algorithm performs superior performance than other algorithms.

Keywords: Channel Access Method, Tree Algorithm, Mixed Splitting Algorithm

1) บทนำ

ปัจจุบันเป็นยุคแห่งการสื่อสารความเร็วสูง ทำให้เกิดความ ต้องการในการส่งข้อมูลจำนวนมากพร้อมกันจากผู้ให้หลายราย ปัญหาที่ตามมา คือ ในกรณีที่ผู้ใช้หลายรายต้องการส่งข้อมูล พร้อมกัน จะทำให้มีโอกาสที่จะเกิดการชนกันของข้อมูล เพื่อ แก้ไขปัญหาการชนกันของข้อมูล ได้มีผู้เสนออัลกอริทึมต่าง ๆ ดังนี้ อัลกอริทึม ALOHA [1-3], อัลกอริทึม slotted ALOHA [4-5], อัลกอริทึมการตรวจช่องสัญญาณ Carrier Sense Multiple Access (CSMA) [6-7], อัลกอริทึมการตรวจช่องสัญญาณและ การหลีกเลี่ยงการชนกันของข้อมูล Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) [8-9] และ อัลกอริทึมต้นไม้ (Tree Algorithm) [10-11]

เมื่อเปรียบเทียบอัลกอริทึมต้นไม้กับอัลกอริทึมอื่น ๆ จะ พบว่าอัลกอริทึมต้นไม้มีข้อดี คือ อัลกอริทึมต้นไม้ได้นำการ แบ่งกลุ่มของผู้ใช้มาช่วยในการแก้ไขปัญหาการชนกันของข้อมูล ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการทำงานไม่ซับซ้อน โดยการ แก้ไขปัญหาการชนกันมีขั้นตอนดังนี้ เมื่อเกิดการชนกันของข้อมูล จะมีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนออกเป็นกลุ่มย่อย และ เมื่อเกิดชนกันขึ้นอีกครั้งในกลุ่มย่อย ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชน จะแบ่งกลุ่มออกไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มีการชนกันเกิดขึ้น

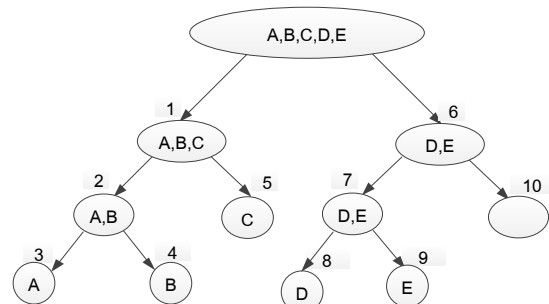
วัตถุประสงค์ของบทความวิจัยฉบับนี้ ได้แก่ การนำเสนอการ ปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมต้นไม้ เพื่อควบคุมการเข้า ใช้ช่องสัญญาณของระบบสื่อสารความเร็วสูง โดยใช้อัลกอริทึม การแบ่งกลุ่มผสม สำหรับลำดับการนำเสนอในบทความฉบับนี้ เป็นดังนี้ ในส่วนถัดไปจะกล่าวถึงรายละเอียดของอัลกอริทึม ต้นไม้ที่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย ซึ่งได้แก่ อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี (Binary tree algorithm) และอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี (Ternary tree algorithm) จากนั้นจะกล่าวถึงรายละเอียดของ อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม ตามด้วยผลการทดสอบ การ วิเคราะห์ข้อมูล และส่วนสรุปของงานวิจัย

2) อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี

อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี และอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี มี รายละเอียดดังนี้

2.1) อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี

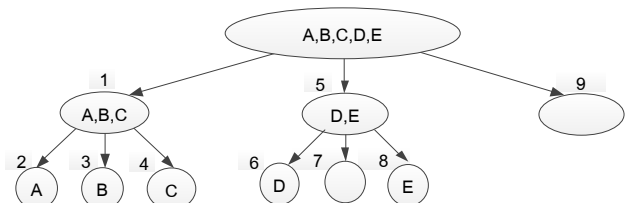
หลักการของอัลกอริทึมต้นไม้ไบนารีเป็นดังนี้ เมื่อใดก็ตามที่ เกิดการชนกันของข้อมูล จะมีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการ ชนออกเป็น 2 กลุ่ม โดยจะมีการแบ่งกลุ่มเท่ากับ 2 กลุ่มไปเรื่อย ๆ และจะหยุดแบ่งกลุ่มเมื่อ ผู้ใช้ทุกคนเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จ สำหรับตัวอย่างการแก้ปัญหาการชนของอัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี แสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเข้าใช้ช่องสัญญาณของอัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี

2.2) อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี

กรณีที่มีผู้ใช้งานจำนวนมาก อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี จะมี ประสิทธิภาพที่ไม่ดี อย่างเช่น หากมีผู้ใช้งานในระบบจำนวน 35 คน ผู้ใช้ทั้ง 35 คน จะต้องเลือกเข้าใช้ช่องสัญญาณใด ช่องสัญญาณหนึ่ง จากช่องสัญญาณ 2 ช่อง ทำให้มีโอกาสในการ เกิดการชนสูงในช่วงแรก ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึม ลดลง ดังนั้น จึงได้มีผู้ที่ทำการทดสอบ โดยแบ่งกลุ่มผู้ใช้ออกเป็น หลายกลุ่มย่อย และประเมินสมรรถนะของระบบ จากผลการ ทดสอบ ได้พบว่าในกรณีที่ผู้ใช้งานในระบบจำนวนมาก การ แบ่งกลุ่มผู้ใช้ออกเป็น 3 กลุ่ม จะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของ อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารีได้ [12-13] โดยเรียกอัลกอริทึมนี้ว่า อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี ตัวอย่างการแก้ปัญหาการชนของ อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี แสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเข้าใช้ช่องสัญญาณของอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี

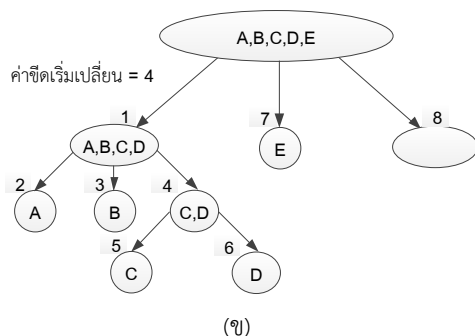
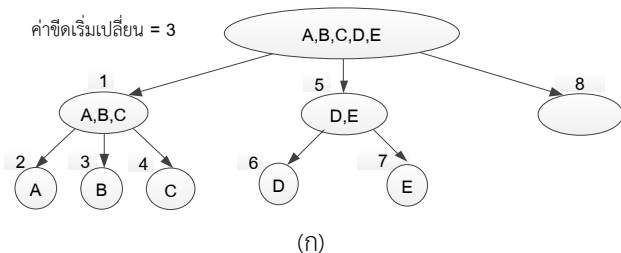
3) อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม

ในกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนน้อย อย่างเช่น 2 คน การแบ่งกลุ่มต้นไม้มากกว่า 2 กลุ่ม จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า การแบ่งกลุ่มต้นไม้มากกว่า 3 กลุ่ม แต่กรณีที่มีจำนวนผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนมาก อย่างเช่น 8 คน การแบ่งกลุ่มต้นไม้มากกว่า 3 กลุ่ม จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ดังนั้นบทความวิจัยฉบับนี้ จึงได้เสนออัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม โดยกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนน้อย จะแบ่งกลุ่มต้นไม้มากกว่า 2 กลุ่ม และกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนมาก จะแบ่งกลุ่มต้นไม้มากกว่า 3 กลุ่ม

ตัวอย่างการแก้ปัญหาการชนของอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม แสดงได้ดังรูปที่ 3

ในบทความวิจัยฉบับนี้ ได้กำหนดตัวแปรค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold) ขึ้นมา โดยค่าขีดเริ่มเปลี่ยน คือ ค่าจำนวนผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนต่ำสุดที่จะแบ่งกลุ่มเท่ากับ 3 อย่างเช่น รูปที่ 3 (ก) ได้กำหนดค่าขีดเริ่มเท่ากับ 3 นั่นคือ เมื่อจำนวนผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนน้อยกว่า 3 จะมีการแบ่งกลุ่มเพียง 2 กลุ่ม และเมื่อจำนวนผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนมากกว่าหรือเท่ากับ 3 จะมีการแบ่งกลุ่ม 3 กลุ่ม

รูปที่ 3 (ข) ได้กำหนดค่าขีดเริ่มเท่ากับ 4 นั่นคือ เมื่อจำนวนผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนน้อยกว่า 4 จะมีการแบ่งกลุ่มเพียง 2 กลุ่ม และเมื่อจำนวนผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนมากกว่าหรือเท่ากับ 4 จะมีการแบ่งกลุ่ม 3 กลุ่ม

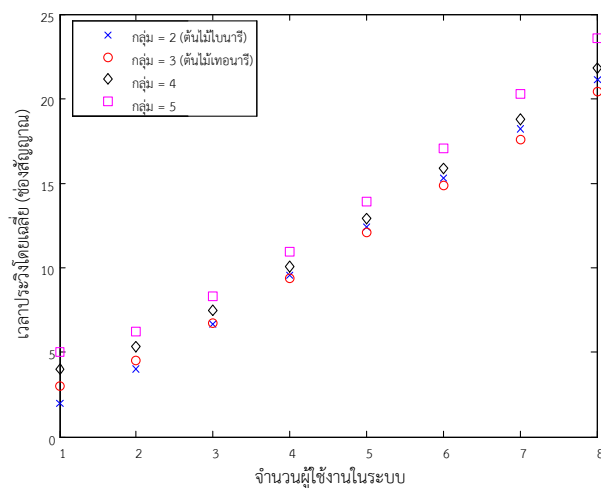


รูปที่ 3 การเข้าใช้ของสัญญาณของอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม

4) ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนนี้ จะกล่าวถึงผลการทดสอบอัลกอริทึมต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

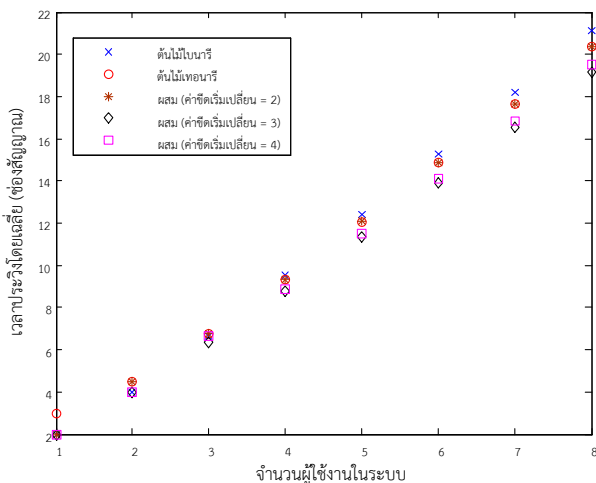
รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยของอัลกอริทึมที่มีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนออกเป็น 2, 3, 4 และ 5 กลุ่ม จากผลที่ได้พบว่า การแบ่งกลุ่มเท่ากับ 4 และ 5 กลุ่ม จะให้ประสิทธิภาพที่ไม่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับ การแบ่งกลุ่มการชนเท่ากับ 2 กลุ่ม และ 3 กลุ่ม ในกรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 คน อัลกอริทึมต้นไม้มานารี ซึ่งมีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนออกเป็น 2 กลุ่ม จะให้ค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด สำหรับกรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 3 คน อัลกอริทึมต้นไม้มานารี และอัลกอริทึมต้นไม้มานารี จะให้ค่าเวลาประวิงโดยเฉลี่ยเท่ากัน สำหรับกรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 4 คน อัลกอริทึมต้นไม้มานารี ซึ่งมีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนออกเป็น 3 กลุ่ม จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างการแบ่งกลุ่มการชนออกเป็น 2, 3, 4 และ 5 กลุ่ม

จากผลที่ได้จากรูปที่ 4 จึงนำมาออกแบบอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มต้นไม้มากกว่า 2 และ 3 กลุ่ม โดยกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยนค่าหนึ่ง อย่างเช่น หากกำหนดให้ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเท่ากับ 3 หากมีผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันเท่ากับหรือมากกว่า 3 คน จะมีการแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม แต่หากมีผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันเท่ากับ 2 คน จะมีการแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม

รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี และอัลกอริทึมที่นำเสนอ โดยมีค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเท่ากับ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ จากผลที่ได้พบว่า อัลกอริทึมที่นำเสนอ มีประสิทธิภาพดีกว่า อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี และอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี เมื่อพิจารณาค่าขีดเริ่มเปลี่ยน พบว่ากรณีที่ค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเท่ากับ 3 ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่ากรณีซึ่งมีค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเท่ากับ 2 และ 4



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี และอัลกอริทึมที่นำเสนอ

จากการทดสอบข้างต้น ทำให้ทราบว่าการแบ่งกลุ่มผู้ใช้เท่ากับ 2 กลุ่มจะให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ตอนที่จำนวนผู้ใช้งานเท่ากับ 1 และ 2 คน หากจำนวนผู้ใช้งานเท่ากับ 3 คน การแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานเท่ากับ 2 และ 3 กลุ่ม จะให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และหากผู้ใช้งานในระบบมากกว่า 3 คน การแบ่งกลุ่มผู้ใช้เท่ากับ 3 กลุ่ม จะให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

ดังนั้นในการทดลองต่อจากนี้ จะพิจารณา

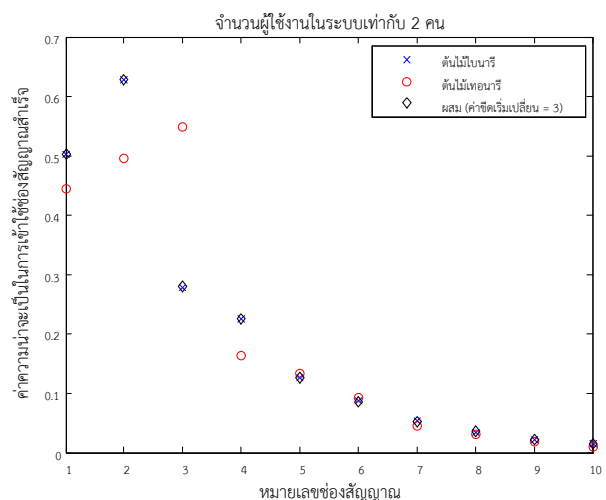
- 1) กรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 2 คน ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เมื่อมีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้เท่ากับ 2 กลุ่ม
- 2) กรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 3 คน ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เมื่อมีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้เท่ากับ 2 และ 3 กลุ่ม
- 3) กรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 8 คน ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เมื่อมีการแบ่งกลุ่มผู้ใช้เท่ากับ 3 กลุ่ม

รูปที่ 6, 7 และ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 2, 3 และ 8 คน ตามลำดับ จากผลที่ได้พบว่า กรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 2 คน ทุกอัลกอริทึม จะมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในช่องสัญญาณต้น ๆ สูง กรณีที่มีจำนวน

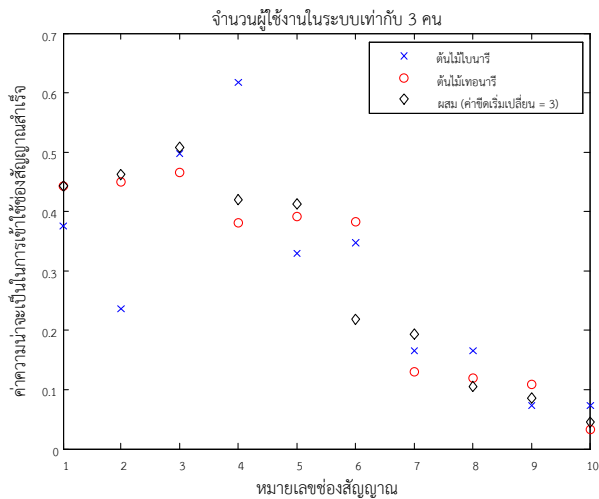
ผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 3 คน จะมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในช่องสัญญาณต้น ๆ ลดลงจากกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 2 คน และมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในช่องสัญญาณกลาง ๆ มากขึ้น ในกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 8 คน จะมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในช่องสัญญาณต้น ๆ ลดลง เนื่องจากเกิดการชนกัน ในช่องสัญญาณต้น ๆ มาก และมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในช่องสัญญาณหลัง ๆ มากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่นำเสนอ กับอัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี และอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี พบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอ มีแนวโน้มค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จสูงกว่า อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี และอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี

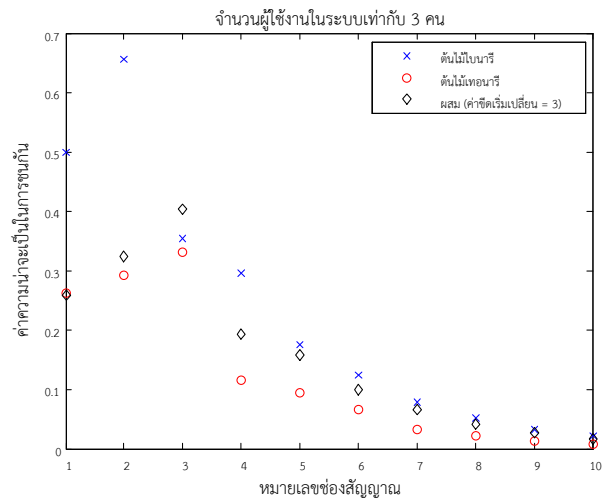
รูปที่ 9, 10 และ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นในการชนกัน กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 2, 3 และ 8 คน ตามลำดับ จากผลที่ได้พบว่า เมื่อมีจำนวนผู้ใช้งานในระบบมากขึ้น โอกาสที่จะเกิดการชนกันในช่องสัญญาณแรก ๆ จะสูงมากขึ้น อย่างเช่น กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 8 คน อัลกอริทึมต้นไม้ไบนารี มีค่าความน่าจะเป็นในการชนกันในช่องสัญญาณแรกเท่ากับ 0.97 และจะมีค่าความน่าจะเป็นในการชนกันลดลงในช่องสัญญาณหลัง นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่า อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี มีค่าความน่าจะเป็นในการชนกันต่ำกว่า อัลกอริทึมอื่น



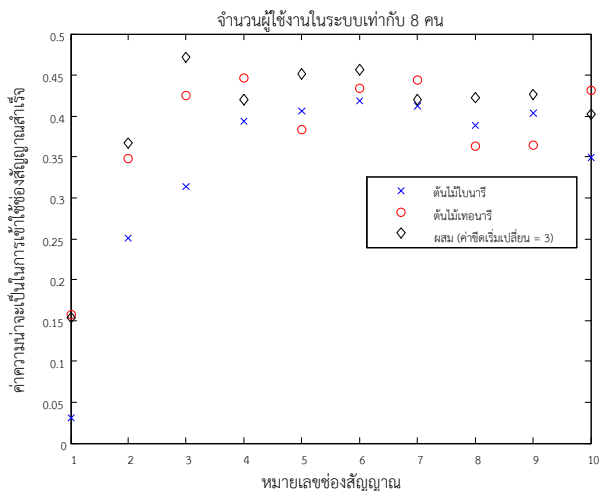
รูปที่ 6 ค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จ ที่หมายเลขช่องสัญญาณต่าง ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 2 คน



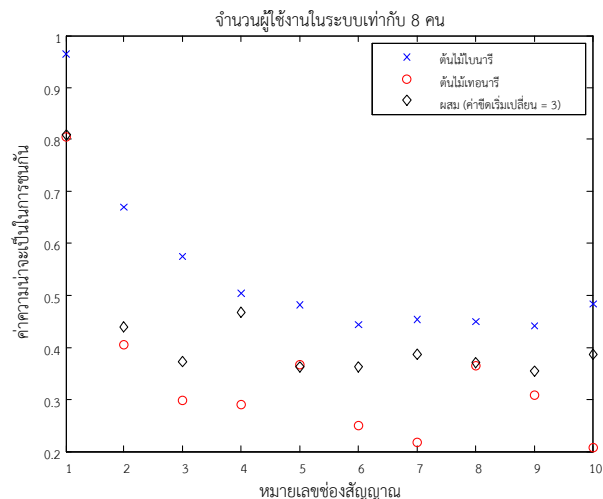
รูปที่ 7 ค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ของสัญญาณสำเร็จ ที่หมายเลขช่องสัญญาณต่าง ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 3 คน



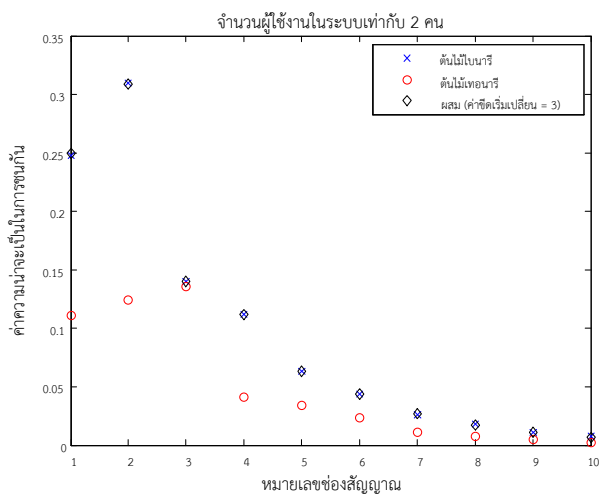
รูปที่ 10 ค่าความน่าจะเป็นในการชนกัน ที่หมายเลขช่องสัญญาณต่าง ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 3 คน



รูปที่ 8 ค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ของสัญญาณสำเร็จ ที่หมายเลขช่องสัญญาณต่าง ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 8 คน

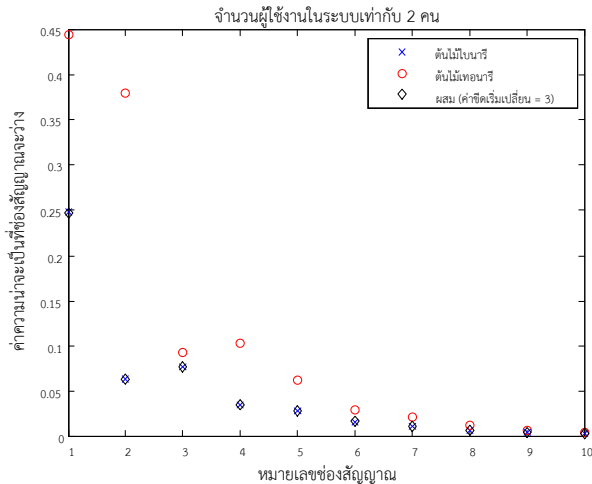


รูปที่ 11 ค่าความน่าจะเป็นในการชนกัน ที่หมายเลขช่องสัญญาณต่าง ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 8 คน

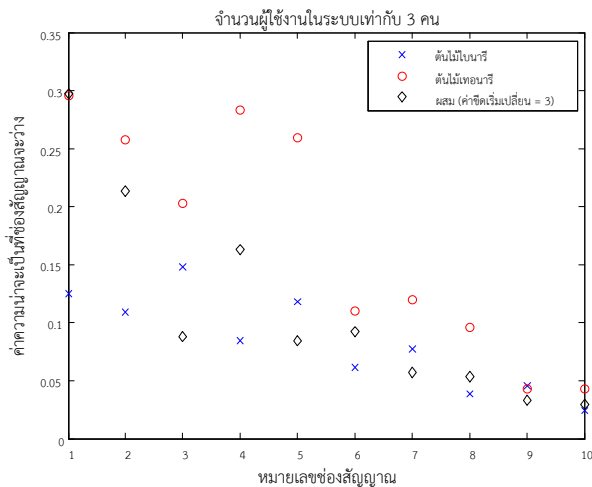


รูปที่ 9 ค่าความน่าจะเป็นในการชนกัน ที่หมายเลขช่องสัญญาณต่าง ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 2 คน

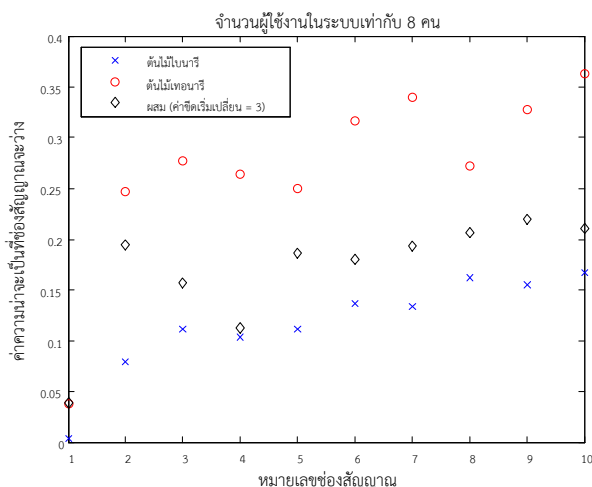
รูปที่ 12, 13 และ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะว่าง กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 2, 3 และ 8 คน ตามลำดับ จากผลที่ได้พบว่า อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี มีโอกาสที่ช่องสัญญาณจะว่างสูงกว่า อัลกอริทึมต้นไม้เบนารี และอัลกอริทึมที่นำเสนอซึ่งมีค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเท่ากับ 3 นอกจากนี้ จะพบว่ากรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบมากขึ้น มีโอกาสที่ช่องสัญญาณหลัง ๆ จะว่างมากขึ้น



รูปที่ 12 ค่าความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะว่าง ที่หมายเลขช่องสัญญาณต่าง ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 2 คน



รูปที่ 13 ค่าความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะว่าง ที่หมายเลขช่องสัญญาณต่าง ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 3 คน



รูปที่ 14 ค่าความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะว่าง ที่หมายเลขช่องสัญญาณต่าง ๆ กรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 8 คน

จากการเปรียบเทียบ ค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จ ค่าความน่าจะเป็นในการชนกัน และค่าความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะว่าง ดังแสดงในรูปที่ 6 -14 ได้ข้อสรุปดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จ พบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอ มีแนวโน้มค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จสูงกว่า อัลกอริทึมต้นไม้ใบนารี และอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี

เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นในการชนกัน พบว่าอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี มีแนวโน้มค่าความน่าจะเป็นในการชนกันต่ำกว่า อัลกอริทึมต้นไม้ใบนารี และอัลกอริทึมที่นำเสนอ

เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะว่าง พบว่าอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี มีแนวโน้มค่าความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะว่างสูงกว่า อัลกอริทึมต้นไม้ใบนารี และอัลกอริทึมที่นำเสนอ

จากการพิจารณาค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จ ค่าความน่าจะเป็นในการชนกัน และค่าความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะว่าง จะพบว่าค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จ จะสะท้อนถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมได้ดีกว่าค่าความน่าจะเป็นอื่น ๆ โดยให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบเวลาประวิงโดยเฉลี่ยระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ใบนารี อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี และอัลกอริทึมที่นำเสนอ ดังแสดงในรูปที่ 5

5) บทสรุป

บทความวิจัยฉบับนี้ ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมต้นไม้ โดยใช้อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มผสม กรณีที่มีผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนน้อย จะมีการแบ่งกลุ่มการชนออกเป็น 2 กลุ่ม ดังเช่น อัลกอริทึมต้นไม้ใบนารี กรณีที่มีผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนมากขึ้น จะมีการแบ่งกลุ่มการชนออกเป็น 3 กลุ่ม ดังเช่น อัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี จากผลการทดสอบพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอมีแนวโน้ม ค่าความน่าจะเป็นในการเข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จสูงกว่า อัลกอริทึมต้นไม้ใบนารี และอัลกอริทึมต้นไม้เทอนารี ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอสูงกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ สำหรับงานวิจัยต่อยอดในภายภาคหน้า จะเป็นการศึกษาเพื่อหาค่าขีดเริ่มที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ใช้ในระบบ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ได้สนับสนุน
การนำเสนอผลงานในครั้งนี้

REFERENCES

- [1] N. Abramson, "The ALOHA system-Another alternative for computer communications," in *AFIPS Conf. Proc.*, 1970, Vol. 37, pp. 281-285.
- [2] J. Choi, "Throughput Analysis for Coded Multichannel ALOHA Random Access," *IEEE Communications Letters*, Vol. 21, No. 8, pp. 1803-1806, Aug. 2017.
- [3] H. J. Noh, J. K. Lee and J. S. Lim, "ANC-ALOHA: Analog Network Coding ALOHA for Satellite Networks," *IEEE Communications Letters*, Vol. 18, No. 6, pp. 957 – 960, June 2014.
- [4] J. Yu and L. Chen, "Stability Analysis of Frame Slotted Aloha Protocol," *Mobile Computing IEEE Transactions*, Vol. 16, No. 5, pp. 1462-1474, 2017.
- [5] 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.
- [6] M. Karaca and B. Landfeldt, "Approaching Optimal Centralized Scheduling With CSMA-Based Random Access Over Fading Channels," *IEEE Trans. Comm.*, Vol. 20, No. 6, pp. 1183 - 1186, June 2016.
- [7] 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.
- [8] Q. Liu, Y. Lu, G. Hu, S. Lv, X. Wang and X. Zhou., "Cooperative control feedback: On backoff misbehavior of CSMA/CA MAC in channel-hopping cognitive radio networks," *Journal of Communications and Networks*, Vol. 20, No. 6, pp. 523 - 535, Dec. 2018.
- [9] A. Maatouk, M. Assaad and A. Ephremides, "Performance Analysis of CSMA/CA based Medium Access in Full Duplex Wireless Communications," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol. 15, No. 6, pp. 1457 - 1470, June 2016.
- [10] S. H. Kim and P. Park, "An Efficient Tree-Based Tag Anti-Collision Protocol for RFID Systems," *IEEE Communications Letters*, Vol. 11, No. 5, pp. 449 - 451, May 2007.
- [11] J. I. Capetanakis, "Tree Algorithms for Packet Broadcast Channels," *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-25, pp. 505–515, Sept. 1979.
- [12] P. Mathys, P. Flajolet, "Q-ary collision resolution algorithms in random-access systems with free or blocked channel access," *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol.31, pp-217-243, Mar. 1985.
- [13] H. Wu and Y. Pan, *Medium Access Control in Wireless Networks*. New York: Nova Science, 2008.