การประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกัน สำหรับอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค

วรากร ศรีเชวงทรัพย์[1*] กันติชา กิตติพีรชล[2] ฐิติชญา ธนมิตรสมบูรณ์[3] วรวุฒิ จิตขจรวานิช[4] ชาตรี ทองวรรณ[5]

[1,2,3,4]ห้องปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมคอมพิวเตอร์หุ่นยนต์และเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย*

[5]สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, ร้อยเอ็ด, ประเทศไทย

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ อีเมล: warakorn@tni.ac.th

รับต้นฉบับ: 13 พฤษภาคม 2564; รับบทความฉบับแก้ไข: 18 มิถุนายน 2564; ตอบรับบทความ: 15 กรกฎาคม 2564
เผยแพร่ออนไลน์: 13 ธันวาคม 2564

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยี RFID ได้รับความนิยมอย่างมากในการติดตามสินค้าหรือผู้ใช้บริการ แต่เมื่อมีผู้ใช้หลายรายในระบบ อาจจะเกิดการชนกันของข้อมูลได้ เทคโนโลยี RFID ได้นำอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาคมาใช้ในการแก้ไขปัญหาการชนกันของข้อมูล โดยเมื่อเกิดการชนกันขึ้น จะมีการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 2 ช่อง หากมีจำนวนผู้ใช้งานในระบบมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณมาก อย่างเช่น กรณีที่มีผู้ใช้ในระบบจำนวน 50 คน ในขณะที่ช่องสัญญาณมีเพียง 2 ช่อง จะทำให้เกิดการชนติดต่อกันหลาย ๆ ครั้งได้ ส่งผลให้การเข้าใช้ช่องสัญญาณไม่มีประสิทธิภาพ บทความฉบับนี้ จึงได้นำเสนอเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกันหลายครั้งสำหรับอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค โดยเมื่อเกิดการชนติดต่อกันเป็นครั้งที่ 2 เทคนิคที่นำเสนอจะเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณจาก 2 ช่อง เป็น 3 ช่อง เพื่อลดโอกาสในการชนติดต่อกัน จากผลการทดสอบพบว่าเทคนิคหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกันที่นำเสนอ สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมต้นไม้ได้ดี โดยเฉพาะกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณมาก

คำสำคัญ : อัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค การหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกัน การเข้าใช้ช่องสัญญาณ

Performance Evaluation of Consecutive Collision Avoidance Technique for Binary Tree Algorithm

Warakorn Srichavengsup[1*] Kanticha Kittipeerachon[2] Titichaya Thanamitsomboon[3]
Worawut Chitkachornwanich[4] Chatree Thongwan[5]

[1*,2,3,4]*Computer Engineering Robotics and Technology Research Laboratory : CERT, Faculty of Engineering, Thai-Nichi Institute of Technology, Bangkok, Thailand*
[5]*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: 13 May 2021; Revised: 19 June 2021; Accepted: 15 July 2021
Published online: 13 December 2021

Abstract

Nowadays, RFID technology is very popular in tracking goods or users. But when there are more users in the system collision may occur. RFID technology has adopted Binary tree algorithm to solve the collision problem. The Binary tree algorithm is designed to resolve data collisions. When a collision occurs, the Binary tree algorithm divides the users involved in the collision into two groups. The users in the first group access the first slot and the users in the second group access the second slot. If the number of users in the system is relatively larger than the number of slots. For example, in the case of 50 users and 2 slots this can cause consecutive collisions, resulting in inefficient access to the channel. Therefore, this paper presents consecutive collisio n avoidance techniques for Binary tree algorithms. In the second consecutive collision, this technique proposes to increase the number of slots from 2 to 3 slots to reduce the chances of consecutive collisions. From the results, we found that the proposed technique can improve the performance of Binary tree algorithm, especially in cases where the number of users in the system is relatively greater than the number of slots.

Keywords: Binary tree algorithm, Consecutive collision avoidance, Channel access

1) บทนำ

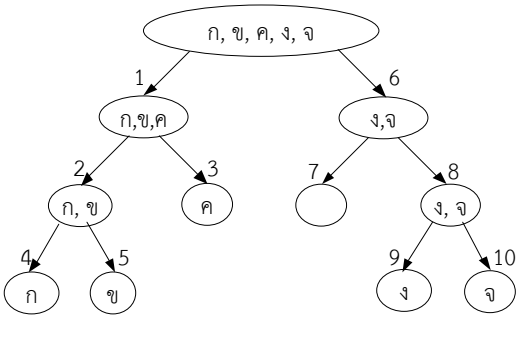
การสื่อสาร 4G และ 5G ในปัจจุบัน มีความต้องการรับ-ส่งข้อมูลปริมาณมาก ส่งผลให้มีผู้ใช้หลายรายในระบบที่ต้องการส่งข้อมูลพร้อมกัน และอาจทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล ทำให้การส่งข้อมูลมีความล่าช้า เพื่อให้การส่งข้อมูลมีประสิทธิภาพจำเป็นที่จะต้องมีโพรโทคอลซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการใช้งานช่องสัญญาณ ตัวอย่างของโพรโทคอลเหล่านี้ได้แก่ Time Division Multiple Access (TDMA) [1], [2] ซึ่งเป็นการแบ่งช่องสัญญาณตามเวลา โดยผู้ใช้แต่ละรายจะส่งข้อมูลคนละเวลากัน ทำให้ไม่เกิดการชนกันขึ้น Frequency Division Multiple Access (FDMA) [3], [4] ซึ่งเป็นการแบ่งช่องสัญญาณตามความถี่ โดยโพรโทคอลนี้ให้ผู้ใช้ส่งข้อมูลที่เวลาเดียวกันได้ แต่ใช้คนละความถี่กัน ทำให้รองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากขึ้น Code Division Multiple Access (CDMA) [5], [6] โพรโทคอลนี้จะแบ่งช่องสัญญาณตามรหัสที่แตกต่างกัน โดยจะเข้ารหัสข้อมูลก่อนที่จะส่ง ทำให้ผู้ใช้หลายรายสามารถส่งข้อมูล โดยใช้เวลาและความถี่เดียวกันได้ จึงสามารถรองรับผู้ใช้ได้มากกว่าโพรโทคอล TDMA และ FDMA โดยโพรโทคอลทั้ง 3 ประเภท จะไม่มีการชนกันของข้อมูล เนื่องจากมีการแบ่งช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้แต่ละรายอย่างชัดเจน แต่โพรโทคอลทั้ง 3 ประเภทนี้ มีข้อจำกัดตรงที่ หากผู้ใช้ที่ได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณไม่มีข้อมูลที่จะส่ง จะทำให้ช่องสัญญาณที่ไม่มีการส่งข้อมูลนั้นสูญเปล่า เนื่องจากผู้ใช้รายอื่นไม่สามารถนำช่องสัญญาณนั้นมาใช้ในการส่งข้อมูลได้ เพื่อแก้ปัญหาตรงนี้ ได้มีผู้เสนอกลุ่มโพรโทคอลที่ไม่มีการจัดสรรเวลาสำหรับผู้ใช้แต่ละรายอย่างชัดเจน ทำให้สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้ได้มากขึ้น ตัวอย่างของโพรโทคอลเหล่านี้ได้แก่ ALOHA [7], [8] โพรโทคอลนี้ อนุญาตให้ผู้ใช้ทุกรายส่งข้อมูล ณ เวลาใด ๆ ก็ได้ หากเกิดการชนกัน ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันในครั้งนั้น จะส่งข้อมูลใหม่ในภายหลัง แต่โพรโทคอลนี้มีข้อจำกัดตรงที่ หากผู้ใช้ 1 ราย กำลังส่งข้อมูลจนเกือบเสร็จ และมีผู้ใช้อีกรายเริ่มส่งข้อมูล จะทำให้เกิดการชนกันของข้อมูลบางส่วน เพื่อแก้ปัญหาการชนกันของข้อมูลบางส่วน ได้มีผู้เสนอโพรโทคอล slotted ALOHA [9], [10] ขึ้นมา โดยโพรโทคอลนี้ จะมีการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ (Slot) โดยแต่ละช่วงเวลาจะมีการกำหนดจุดเริ่มต้นส่ง และจุดสิ้นสุดการส่ง วิธีการนี้ช่วยให้ไม่เกิดการชนกันของข้อมูลบางส่วนได้ Binary tree Algorithm [11] หรืออัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค มีการแบ่งเป็นช่องสัญญาณคล้ายกับโพรโทคอล slotted ALOHA แต่จะแตกต่างกันตรงที่อัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค จะแก้ปัญหาการชนกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันทันที ซึ่งโดยทั่วไปจำนวนผู้ที่เกี่ยวข้องกับการชน จะน้อยกว่าจำนวนผู้ใช้ทั้งหมดในระดับหนึ่ง ในขณะที่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของโพรโทคอล slotted ALOHA จะต้องส่งข้อมูลใหม่ในภายหลัง และในการส่งครั้งใหม่ผู้ใช้ทุกรายมีโอกาสที่จะส่งข้อมูลมาชนซ้ำได้ ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดการชนซ้ำสูง

หลักการทำงานของอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาคมีดังนี้ เมื่อเกิดการชนกันขึ้น ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชนจะสุ่มเลือกช่องสัญญาณใดช่องสัญญาณหนึ่ง จาก 2 ช่องสัญญาณที่แบ่ง ซึ่งการแบ่งช่องสัญญาณนี้ จะช่วยลดโอกาสในการชนกันของข้อมูลได้ ปัจจุบันมีการนำอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาคมาใช้งานอย่างหลากหลาย อย่างเช่น การนำไปใช้กับเทคโนโลยี RFID [12]–[15] ซึ่งได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ดังนั้น บทความวิจัยฉบับนี้ จึงมุ่งสนใจที่จะปรับปรุงคุณภาพการส่งข้อมูลของอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค โดยปัญหาอย่างหนึ่งของอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค ได้แก่ ในกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้มากกว่า จำนวนช่องสัญญาณมาก การแบ่งช่องสัญญาณเพียง 2 ช่อง อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการในการส่งข้อมูลของผู้ใช้งานในขณะนั้น และส่งผลให้เกิดการชนติดต่อกันไปเรื่อย ๆ ทำให้การเข้าใช้ช่องสัญญาณมีประสิทธิภาพลดลง บทความวิจัยฉบับนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเข้าใช้ช่องสัญญาณของอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาคโดยใช้เทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกัน

สำหรับลำดับการนำเสนอในบทความวิจัยฉบับนี้ จะเริ่มต้นจาก การอธิบายการทำงานของอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค เทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกัน จากนั้นจึงทดสอบ วิเคราะห์ผลการทดสอบ และสรุปผล

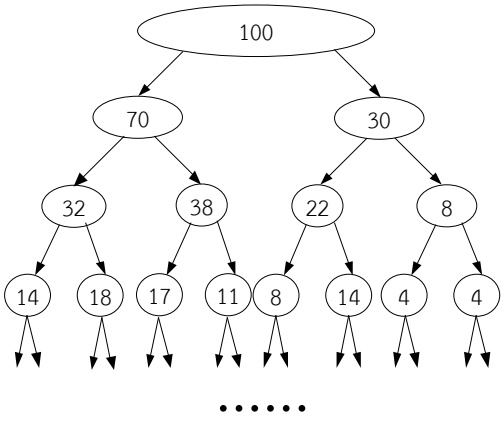
2) เทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกัน

โดยทั่วไปอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค จะมีการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 2 ช่อง และเมื่อเกิดการชนกัน ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการชน จะเลือกช่องสัญญาณช่องใดช่องหนึ่งจาก 2 ช่องสัญญาณที่แบ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1 จากรูปจะพบว่าผู้ใช้ทั้ง 5 คน เข้าใช้ช่องสัญญาณสำเร็จภายใน 10 ช่องสัญญาณ



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ก,ข,ค	ก, ข	ค	ก	ข	ง,จ		ง,จ	ง	จ

รูปที่ 1 : การแก้ปัญหาการชนกันของ อัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค



รูปที่ 2 : การแก้ปัญหาการชนกันของ อัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค ในกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบจำนวนมาก

การแบ่งช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการชนนี้จะช่วยลดโอกาสในการชนติดต่อกันได้ แต่ในกรณีที่มีผู้ใช้งานในระบบจำนวนมาก อย่างเช่น 100 คน แม้จะมีการแบ่งช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการชน แต่ผู้ใช้ที่ถูกแบ่งก็ยังคงมีจำนวนมากกว่าช่องสัญญาณจำนวน 2 ช่อง อย่างเช่น มีผู้ใช้งานที่เกี่ยวกับชน 70 คน ในขณะที่ช่องสัญญาณยังคงมี 2 ช่องเท่าเดิม การที่มีจำนวนผู้ใช้ในระบบจำนวนมากนี้จะส่งผลให้เกิดการชนกันซ้ำไปเรื่อย ๆ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2 จากรูป กำหนดให้มีจำนวนผู้ใช้งานทั้งหมด 100 คน โดยผู้ใช้ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามช่องสัญญาณที่เลือก กลุ่มแรกมีจำนวนผู้ใช้ 70 คน และกลุ่มที่ 2 มีจำนวนผู้ใช้ 30 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีการชนกันเกิดขึ้น จึงต้องมีการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 2 ช่องไปเรื่อย ๆ จากรูปจะพบว่า มีการชนติดต่อกันหลายครั้ง ทำให้การส่งข้อมูลไม่มีประสิทธิภาพ

เมื่อวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ จะพบว่า หากมีผู้ใช้จำนวน 70 คน โอกาสที่จะประสบความสำเร็จการเข้าใช้ช่องสัญญาณช่องหนึ่งเท่ากับ

$$\binom{70}{1}\left(\frac{1}{2}\right)\left(1-\frac{1}{2}\right)^{69} = 5.93x10^{-20}$$

โอกาสที่ช่องสัญญาณจะว่างเท่ากับ

$$\left(1-\frac{1}{2}\right)^{70} = 8.47x10^{-22}$$

โอกาสที่จะเกิดการชนกันเท่ากับ

$$1-5.93x10^{-20}-8.47x10^{-22} \approx 1$$

ซึ่งจะพบโอกาสที่จะเกิดการชนกันใกล้เคียง 1 นั่นคือ มีโอกาสที่จะเกิดการชนกันสูงมาก

เพื่อแก้ปัญหาการชนติดต่อกันหลายครั้ง บทความวิจัยฉบับนี้จึงเสนอเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกัน โดยกำหนดให้เมื่อมีการชนติดต่อกัน 2 ครั้ง ให้แบ่งช่องสัญญาณสำหรับการชนครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้นอีก 1 ช่อง นั่นคือ เพิ่มจาก 2 ช่อง เป็น 3 ช่อง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3 จากรูปกำหนดให้มีจำนวนผู้ใช้งานทั้งหมด 100 คน โดยผู้ใช้ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามช่องสัญญาณที่เลือก กลุ่มแรกมีผู้ใช้จำนวน 70 คน และกลุ่มที่ 2 มีผู้ใช้จำนวน 30 คน ซึ่งจะพบว่า มีการชนกันครั้งที่ 1 เกิดขึ้น เมื่อพิจารณาผู้ใช้กลุ่มแรกซึ่งมีจำนวน 70 คน จะเห็นว่ามีการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 2 ช่อง ซึ่งช่องสัญญาณแรกมีผู้ใช้จำนวน 32 คน ในขณะที่ช่องสัญญาณที่ 2 มีผู้ใช้จำนวนจำนวน 38 คน ซึ่งนับเป็นการชนครั้งที่ 2 เทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกัน จะแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 3 ช่อง เพื่อลดโอกาสในการชนติดต่อกันครั้งที่ 3 ลง

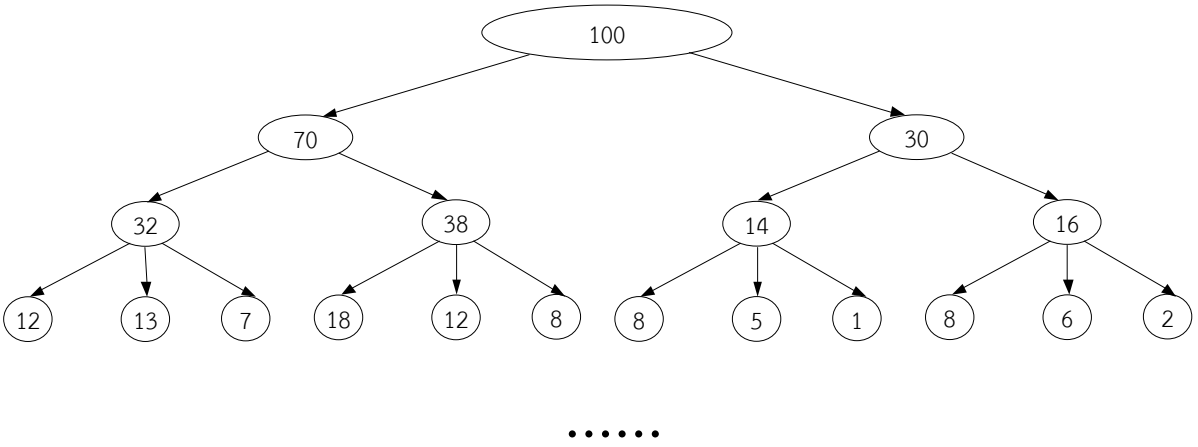
3) ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนนี้จะแสดงผลการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีการจำลองการจองช่องสัญญาณจำนวน 10,000 รอบ จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย รูปที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการชนติดต่อกัน เมื่อกำหนดจำนวนผู้ใช้ในระบบแตกต่างกัน จากรูปเมื่อพิจารณาที่จำนวนผู้ใช้ค่าหนึ่ง จะพบว่า จำนวนครั้งในการชนติดต่อ 2 ครั้ง จะมากกว่าจำนวนครั้งในการชนติดต่อ 3 ครั้ง และจำนวนครั้งในการชนติดต่อ 3 ครั้ง จะมากกว่าจำนวนครั้งในการชนติดต่อ 4 ครั้ง โดยมีโอกาสน้อยมากที่จะเกิดการชนติดต่อกันตั้งแต่ 8 ครั้งขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเกิดการชนกันขึ้นอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาคจะมีการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น

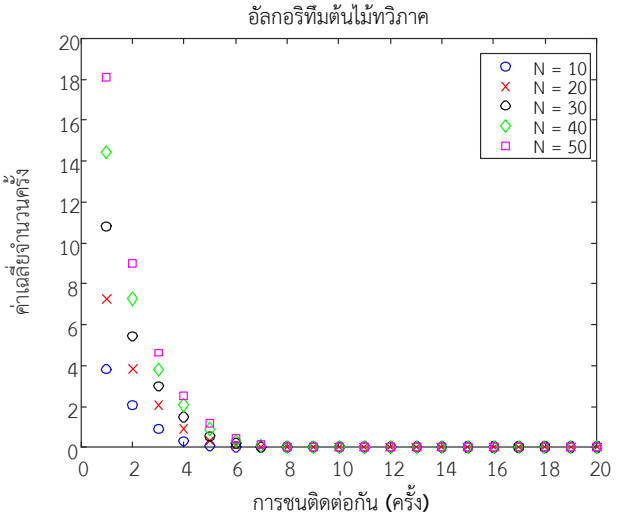
2 ช่อง ซึ่งการแบ่งช่องสัญญาณนี้ จะช่วยลดโอกาสในการชนลงได้ ทำให้มีโอกาสที่จะเกิดการชนติดต่อกันหลายครั้งลดลง นอกจากนี้ ยังพบว่าเมื่อมีจำนวนผู้ใช้ในระบบมากขึ้น จำนวนครั้งในการชนกันก็มากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณที่แบ่งภายหลังการชนมีเพียง 2 ช่อง หากมีจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้น จะทำให้มีโอกาสสูงที่จะเกิดการชนกันมากขึ้นตามไปด้วย

รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาประวิงระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ และเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนกันที่นำเสนอ จากรูปจะพบว่า เทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนกันที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค โดยเฉพาะกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบมาก เนื่องจากเทคนิคที่นำเสนอสามารถลดจำนวนครั้งในการชนกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 6

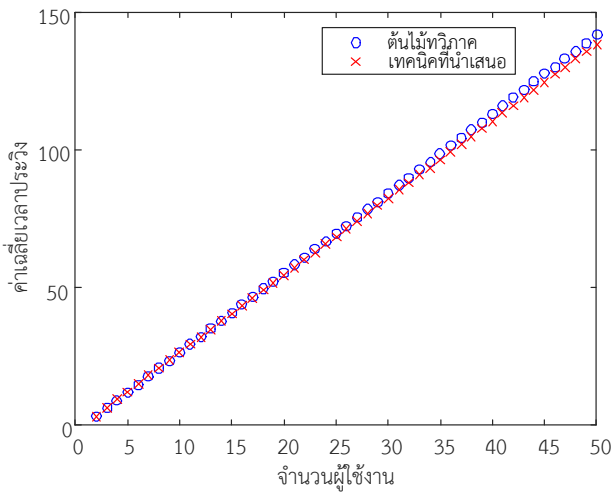
รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการชนติดต่อกัน เมื่อกำหนดจำนวนผู้ใช้เท่ากับ 50 คน จากรูป จะพบว่าอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาคมีแนวโน้มจำนวนครั้งในการชนติดต่อกัน สูงกว่าเทคนิคที่นำเสนอ ยกเว้นที่กรณีการชนติดต่อกัน 2 ครั้ง



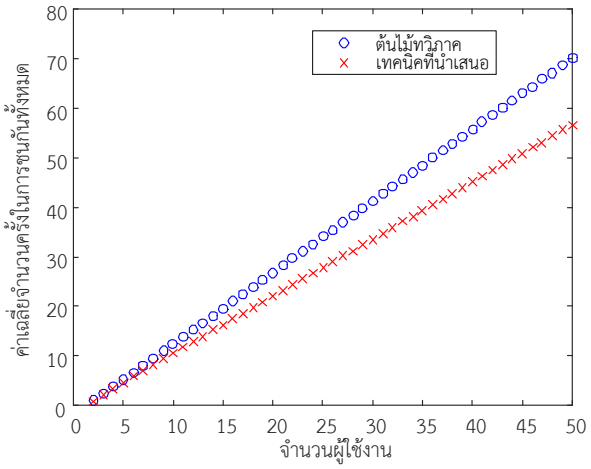
รูปที่ 3 : การแก้ปัญหาการชนกันของเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกัน



รูปที่ 4 : ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการชนติดต่อกันของอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค

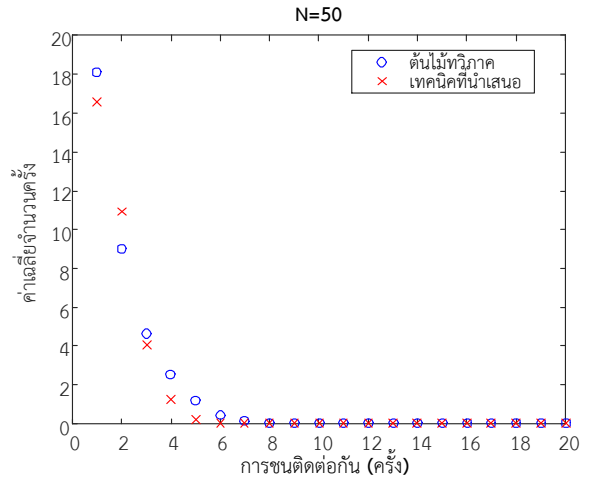


รูปที่ 5 : การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาประวิงระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ และเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนกันที่นำเสนอ



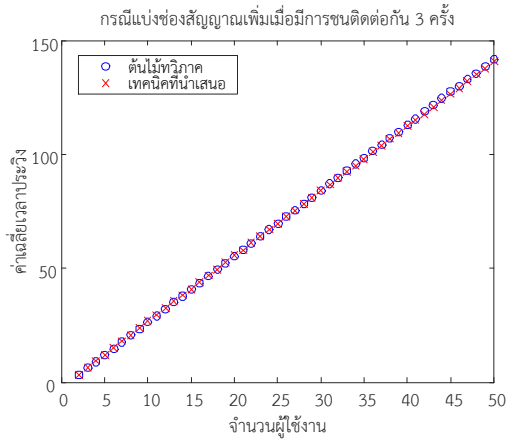
รูปที่ 6 : การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการชนกันทั้งหมด ระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ และเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนกันที่นำเสนอ

สำหรับเหตุผลที่อัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาคมีแนวโน้มจำนวนครั้งในการชนติดต่อกันสูงกว่าเทคนิคที่นำเสนอ เนื่องจากเทคนิคที่นำเสนอมีการแบ่งช่องสัญญาณมากขึ้น ทำให้ช่วยลดจำนวนครั้งในการชนติดต่อกันลงได้ แต่เมื่อพิจารณาที่การชนติดต่อกัน 2 ครั้ง จะพบว่าเทคนิคที่นำเสนอมีจำนวนครั้งในการชนกันสูงกว่า เนื่องจากเทคนิคที่นำเสนอกำหนดให้เมื่อใดก็ตามที่มีการชนกันติดต่อกัน 2 ครั้ง ให้แบ่งช่องสัญญาณเป็น 3 ช่อง ทำให้ลดโอกาสในการชนติดต่อกันตั้งแต่ 3 ครั้งขึ้นไป และเมื่อไม่เกิดการชนติดต่อกันครั้งที่ 3 จะทำให้การชนติดต่อกันนั้น นับเป็นการชนติดต่อกัน 2 ครั้ง ส่งผลให้มีการนับการชนติดต่อกัน 2 ครั้งบ่อยมากขึ้น

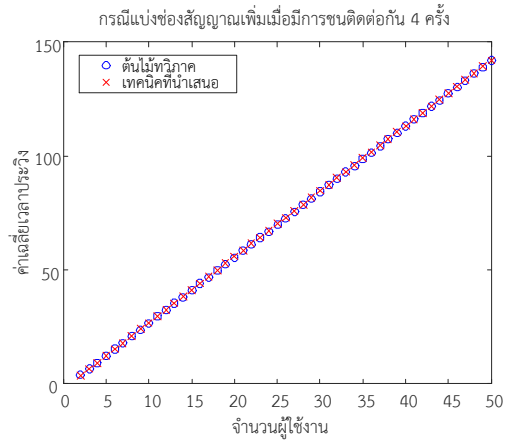


รูปที่ 7 : การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการชนติดต่อกัน ระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ และเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนกันที่นำเสนอ เมื่อกำหนดจำนวนผู้ใช้งานในระบบเท่ากับ 50 คน

รูปที่ 8 และ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาประวิงระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ และเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนกันที่นำเสนอ โดยจะมีการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 3 ช่อง เมื่อเกิดการชนติดต่อกัน 3 ครั้ง และ 4 ครั้งตามลำดับ จากรูปที่ 5 8 และ 9 จะพบว่าการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 3 ช่อง เมื่อเกิดการชนติดต่อกัน 2 ครั้ง จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 3 ช่อง เมื่อเกิดการชนติดต่อกัน 3 ครั้ง และ 4 ครั้ง เนื่องจาก เมื่อเกิดการชนติดต่อกันครั้งที่ 3 หรือ 4 จำนวนผู้ใช้ที่เหลือในระบบเริ่มมีจำนวนน้อยลง ทำให้การแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 3 ช่อง ช่วยลดจำนวนการชนกันได้ไม่มาก เมื่อเทียบกับการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็น 3 ช่อง เมื่อเกิดการชนติดต่อกันครั้งที่ 2



รูปที่ 8 : การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาประวิงระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ และเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนกันที่นำเสนอ กรณีแบ่งช่องสัญญาณเพิ่มเมื่อมีการชนติดต่อกัน 3 ครั้ง



รูปที่ 9 : การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาประวิงระหว่างอัลกอริทึมต้นไม้ และเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนกันที่นำเสนอ กรณีแบ่งช่องสัญญาณเพิ่มเมื่อมีการชนติดต่อกัน 4 ครั้ง

4) สรุป

บทความวิจัยฉบับนี้ ได้เสนอเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกันสำหรับอัลกอริทึมต้นไม้ทวิภาค โดยเมื่อเกิดการชนติดต่อกันในครั้งที่ 2 จะมีการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณที่แบ่งให้มากขึ้น 1 ช่อง นั่นคือ เพิ่มจาก 2 ช่อง เป็น 3 ช่อง โดยการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนการชนซ้ำลง จากผลการทดสอบที่ได้ พบว่าเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนติดต่อกันที่นำเสนอ สามารถลดจำนวนการชนติดต่อกันได้จริง และช่วยให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมต้นไม้ดีขึ้น โดยเฉพาะกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้งานในระบบมากกว่าจำนวนช่องสัญญาณมาก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ได้สนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิจัยในครั้งนี้

REFERENCES

[1] T. Zhang and Qi Zhu, “EVC-TDMA: An enhanced TDMA based cooperative MAC protocol for vehicular networks,” *J. Commun. Netw.*, vol. 22, no. 4, pp. 316–325, Aug. 2020.

[2] M. Sami, N. K. Noordin, and M. Khabazian, “A TDMA-Based Cooperative MAC Protocol for Cognitive Networks with Opportunistic Energy Harvesting,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 20, no. 4, pp. 808–811, Apr. 2016.

[3] M. Geles, A. Averbuch, O. Amrani, and D. Ezri, “Performance Bounds for Maximum Likelihood Detection of Single Carrier FDMA,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 60, no. 7, pp. 1945–1952, Jul. 2012.

[4] Y. Liu, G. Y. Li, Z. Tan, and H. Hu, “Noise Power Estimation in SC-FDMA Systems,” *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol. 4, no. 2, pp. 217–220, Apr. 2015.

[5] J. Wang, Z. Lu, and Y. Li, “A New CDMA Encoding /Decoding Method for on-Chip Communication Network,” *IEEE Trans. Very Large Scale Integr. VLSI Syst.*, vol. 24, no. 4, pp. 1607–1611, Apr. 2016.

[6] X. Wang, X. Liu, H. H. Chen, and W. Meng, “Complementary Coded CDMA Systems With CP-Free OFDM,” *IEEE Trans. Veh. Technol.,* vol. 69, no. 10, pp. 11515–11528, Oct. 2020.

[7] H. J. Noh, J. K. Lee, and J. S. Lim, “ANC-ALOHA: Analog Network Coding ALOHA for Satellite Networks,” *IEEE Commun. Lett.,* vol. 18, no. 6, pp. 957–960, Jun. 2014.

[8] J. Choi, “Throughput Analysis for Coded Multichannel ALOHA Random Access,” *IEEE Commun. Lett.,* vol. 21, no. 8, pp. 1803–1806, Aug. 2017.

[9] H. Baek, J. Lim, and S. Oh, “Beacon-Based Slotted ALOHA for Wireless Networks with Large Propagation Delay,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 17, no. 11, pp. 2196–2199, Nov. 2013.

[10] F. Babich and M. Comisso, “Impact of Segmentation and Capture on Slotted Aloha Systems Exploiting Interference Cancellation,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 68, no. 3, pp. 2878–2892, Mar. 2019.

[11] A. Moitra and S. S. Iyengar, “A Maximally Parallel Balancing Algorithm for Obtaining Complete Balanced Binary Trees,” *IEEE Trans. Comput.*, vol. C-34, no. 6, pp. 563–565, Jun. 1985.

[12] J. Su, Z. Sheng, L. Xie, and G. Wen, “Idle-Slots Elimination Based Binary Splitting Anti-Collision Algorithm for RFID,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 20, no. 12, pp. 2394–2397, Dec. 2016.

[13] H. Wu, Y. Zeng, J. Feng, and Y. Gu, “Binary Tree Slotted ALOHA for Passive RFID Tag Anticollision,” *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, vol. 24, no. 1, pp. 19–31, Jan. 2013.

[14] Y. C. Lai and L. Y. Hsiao, “General binary tree protocol for coping with the capture effect in RFID tag identification,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 14, no. 3, pp. 208–210, Mar. 2010.

[15] S. H. Kim and P. Park, “An Efficient Tree-Based Tag Anti-Collision Protocol for RFID Systems,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 11, no. 5, pp. 449–451, May 2007.