

**คำวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบคออฟแบบ BEB DIDD และ EIED สำหรับโครงข่ายคอมพิวเตอร์
เฉพาะที่แบบไร้สายในช่องสัญญาณที่มีการจางหายแบบเฟดดิ้ง**

**The throughput of BEB DIDD and EIED Back-off Algorithms for Wireless Local
Area Network under Fading Channel**

เจษฎา สาททอง

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Jesada Sartthong

Department of Electrical Engineering, Faculty of Science and Technology

Nakhon Pathom Rajabhat University

E-mail: Sartthong@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

ในระบบโครงข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะที่แบบไร้สาย ปัญหาที่สำคัญที่สุดปัญหาหนึ่งก็คือการชนกันของเฟรม จะเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่บริการมีจำนวนสถานีลูกข่ายเข้าใช้ช่องสัญญาณเพิ่มมากขึ้น อัลกอริทึมแบคออฟเป็นเทคนิคที่ นิยมนำมาใช้ลดอัตราการชนกันของเฟรมข้อมูลที่ส่งผ่านช่องสัญญาณ ที่มีโพรโทคอลควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ แบบ CSMA/CA ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 แต่ในช่องสัญญาณจริงการส่งเฟรมไม่สำเร็จ มิได้เกิดเฉพาะการชน กันของเฟรมเพียงอย่างเดียว ยังมีสาเหตุอื่นๆ อีกเช่น การลดทอนของสัญญาณ การจางหายของสัญญาณแบบเฟดดิ้ง เป็นต้น บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์สมรรถนะคำวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบคออฟแบบ BEB DIDD และแบบ EIED โดยใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขคำวิสัย สามารถแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมแบคออฟแบบ EIED จะมีเสถียรภาพกว่าอัลกอริทึมแบคออฟแบบ BEB และ DIDD ในช่องสัญญาณที่มีการจางหายของสัญญาณ

คำสำคัญ : อัลกอริทึมแบคออฟ โพรโทคอล CSMA/CA คำวิสัยสามารถ แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟ

Abstract

In wireless local area network (WLAN), an importance problem is the collided packet when the contending nodes are increased in service area. Back-off algorithm is a popular technique that uses to reduce the collided packets. Medium access control protocol of WLAN is the carrier-sense multiple access collision avoidance protocol (CSMA/CA) based on IEEE802.11 standard. In a realistic wireless environment, not only the failure of transmitted packet occurs to the collisions but also the failure of transmitted packet happens from another event such as attenuation, fading, and et al. This research proposed throughput performances of BEB (Binary exponential back-off), DIDD (Double increment double decrement back-off) and EIED (Exponential increment exponential decrement back-off) by using discrete time Markov chain model. The numerical results of throughput showed that saturated throughput of EIED back-off algorithm is more stable than the BEB and DIDD back-off techniques under fading channel.

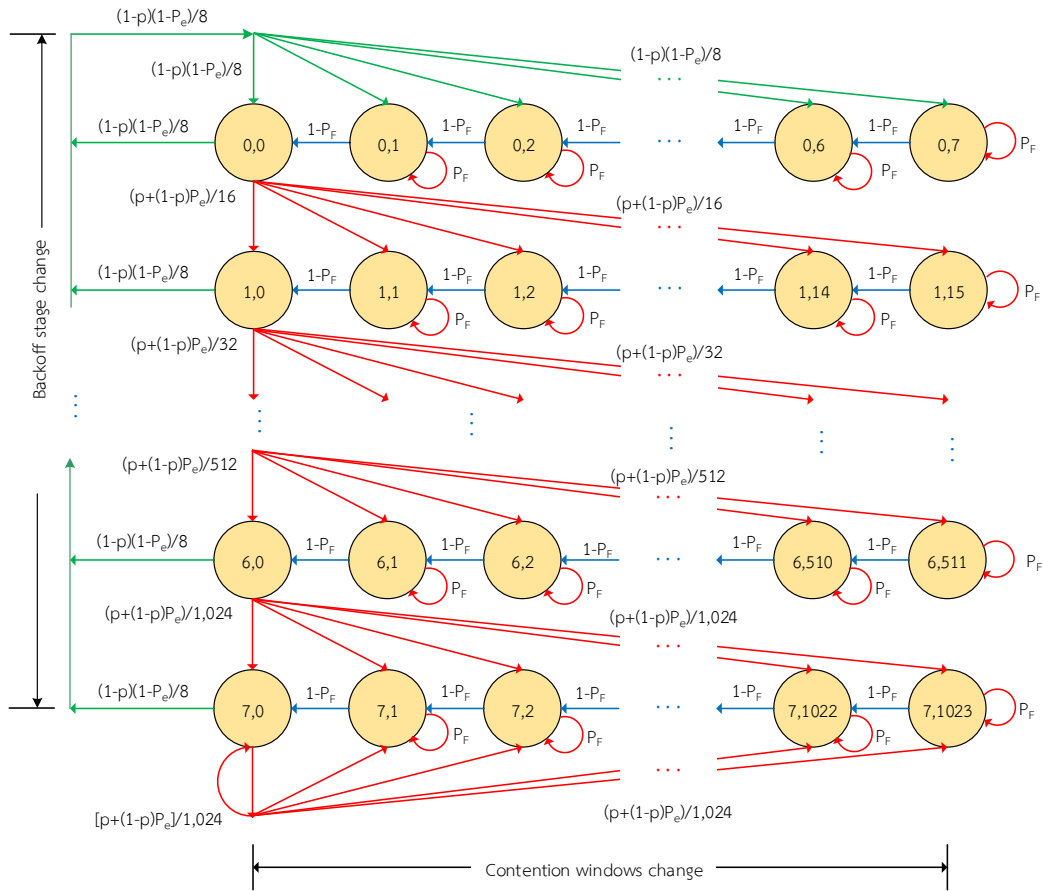
Keywords: Back-off algorithm, CSMA/CA protocol, Throughput, Markov chain model

1. บทนำ

ในปี ค.ศ. 2000 Giuseppe Bianchi [1] ได้นำเสนอแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบ WLAN โดยใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา หลังจากนั้นแบบจำลองนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในการศึกษาและพัฒนากระบวนการเครือข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะที่แบบไร้สายเพื่อปรับปรุงค่าวิสัยสมรรถนะ (Throughput) ให้ดีขึ้น รูปแบบการจำลองของ Giuseppe Bianchi ถูกนำไปใช้หลายด้านด้วยกันเช่น การออกแบบโปรโตคอลใหม่ การออกแบบเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนของเฟรมข้อมูลในช่องสัญญาณ เป็นต้น บทความวิจัยนี้ นำแบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องมาใช้วิเคราะห์สมรรถนะของเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนของเฟรมข้อมูลในช่องสัญญาณหรือที่นิยมเรียกกันว่า อัลกอริทึมแบบคอปป์ ในงานวิจัยที่ [1] ใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องวิเคราะห์สมรรถนะอัลกอริทึมแบบคอปป์แบบ BEB ส่วนงานวิจัยที่ [2] [3] และ [4] นำมาใช้วิเคราะห์สมรรถนะอัลกอริทึมแบบคอปป์แบบ DIDD และ EIED ตามลำดับ สาเหตุการชนกันของเฟรมในช่องสัญญาณแบบไร้สาย จะเกิดขึ้นในกรณีที่สถานีลูกข่ายตั้งแต่สองสถานีขึ้นไปส่งเฟรมเพื่อติดต่อสื่อสารกับสถานีแม่ข่าย (Access point) ในช่วงเวลาสล็อตไทม์การส่งเดียวกัน เทคนิคที่นำมาใช้เพื่อลดอัตราการชนกันของเฟรมในเครือข่ายแบบไม่รู้จัก จะใช้วิธีสุ่มค่าเวลาหน่วงการส่งแบบแรนดัม เราเรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการแบบคอปป์ อัลกอริทึมที่ใช้สุ่มค่าเวลาหน่วงการส่งมีหลายรูปแบบด้วยกัน แต่ที่ใช้ในปัจจุบันคือ อัลกอริทึมแบบคอปป์แบบ BEB DIDD และ EIED แต่อย่างไรก็ตามในช่องสัญญาณเครือข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะที่แบบไร้สาย นอกจากสาเหตุการชนกันแล้ว ยังมีสาเหตุอื่น ๆ ที่ทำให้อัตราค่าวิสัยสมรรถนะของระบบลดลง ในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มการวิเคราะห์ค่าวิสัยสมรรถนะของระบบเนื่องจากการจางหายของสัญญาณ เพื่อให้แบบจำลองใกล้เคียงกับช่องสัญญาณจริงมากที่สุด

2. วิธีการวิจัยโดยใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่อง

เพื่อให้เกิดความถูกต้องและใกล้เคียงกับช่องสัญญาณจริงมากยิ่งขึ้น บทความวิจัยนี้ นำเสนอแบบจำลองที่มีการเพิ่มตัวแปร p_e คือค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่งเฟรมเนื่องจากสัญญาณเกิดการจางหาย และตัวแปร p_f คือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ ต้องหยุดพักการลดค่าเวลาแบคคอปป์หรือค่าเวลาหน่วงการส่งจนกว่าช่องสัญญาณจะว่างอีกครั้ง ส่วนตัวแปร p คือค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการชนกันของเฟรม ส่วนพจน์ $(1-p)(1-p_e)$ คือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีส่งเฟรมสำเร็จ และ $[p+(1-p)p_e]$ คือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีส่งเฟรมไม่สำเร็จ การวิเคราะห์ระบบเราจะหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ ส่งเฟรมผ่านช่องสัญญาณ (τ) ของอัลกอริทึมแบบคอปป์แต่ละแบบ จากรูปที่ 2.1 เป็นแบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอปป์แบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายของสัญญาณ จำนวนการส่งเฟรมซ้ำหรือจำนวนแบคคอปป์สแตจจะกำหนดให้อยู่ในช่วง 0 - 7 และจำนวนค่าไทม์สล็อตหน่วงการส่งเฟรมหรือจำนวนหน้าต่างช่วงชิงการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention windows : CW) จะกำหนดอยู่ในช่วง 0-1023 ไทม์สล็อต สถานีจะส่งเฟรมซ้ำได้จะต้องทำการลดค่าไทม์สล็อตของหน้าต่างช่วงชิงการเข้าใช้ช่องสัญญาณจนเป็น 0 ไทม์สล็อต นั่นคือสถานีจะอยู่ที่แบคคอปป์สแตจ $b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}, b_{3,0}, b_{4,0}, b_{5,0}, b_{6,0}, b_{7,0}$ ตามลำดับ ใช้ขอบเขตในสภาวะคงตัวคือ ค่าความน่าจะเป็นที่เข้าไหนจะเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่ออกจากไหนและผลรวมค่าความน่าจะเป็นทั้งหมดของแบคคอปป์สแตจใดๆ ($b_{i,k}$) เท่ากับหนึ่ง เพื่อให้การวิเคราะห์ระบบง่ายขึ้นกำหนดให้ $(1-p)(1-p_e) = P_{ce}$ และ $p+(1-p)P_e = P_{cee}$ จากรูปที่ 2.1 ค่าความน่าจะเป็นของแบคคอปป์ $b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}, b_{3,0}, b_{4,0}, b_{5,0}, b_{6,0}, b_{7,0}$ ดังสมการ



รูปที่ 2.1 แบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

$$b_{0,0} = \frac{P_{ce}}{8 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{16} \right)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{P_{ce}}{8 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{16} \right)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \quad (1)$$

$$b_{1,0} = \frac{P_{cce}}{16 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)} b_{0,0} + \frac{P_{cce}}{15 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} \quad (2)$$

$$b_{2,0} = \frac{P_{cce}}{32 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{64} \right)} b_{1,0} + \frac{P_{cce}}{31 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{64} \right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \quad (3)$$

$$b_{3,0} = \frac{P_{cce}}{64 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} b_{2,0} + \frac{P_{cce}}{63 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} \quad (4)$$

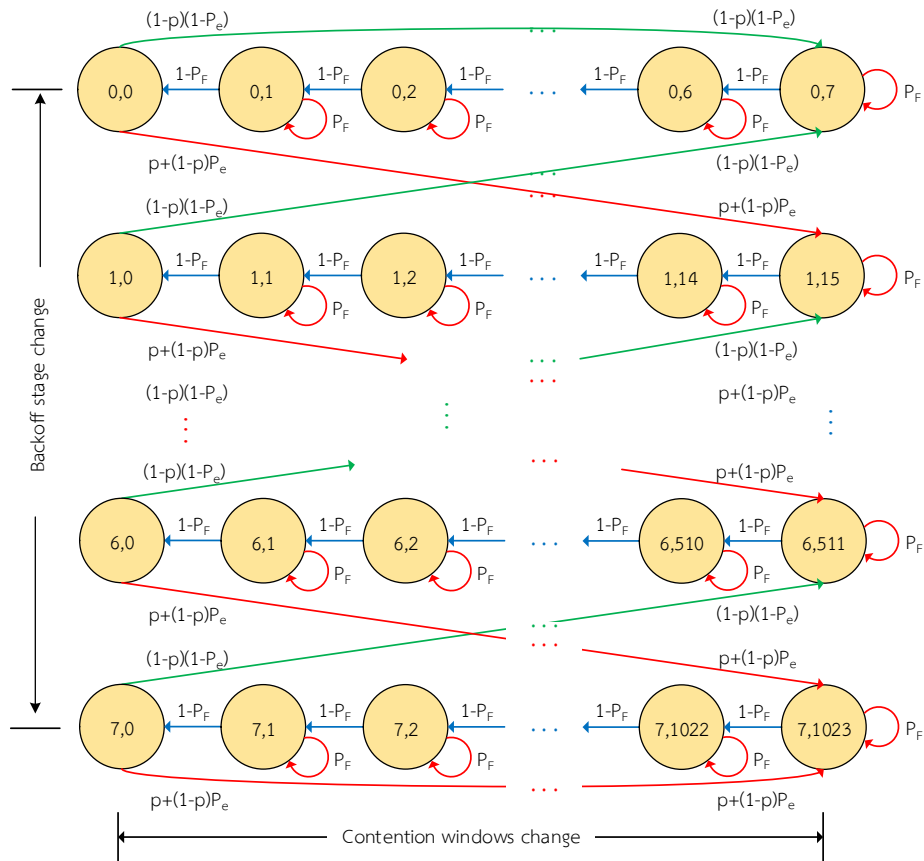
$$b_{4,0} = \frac{P_{cce}}{128 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} b_{3,0} + \frac{P_{cce}}{127 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{3,0} \quad (5)$$

$$b_{5,0} = \frac{P_{cce}}{256 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} b_{4,0} + \frac{P_{cce}}{255 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{4,0} \quad (6)$$

$$b_{6,0} = \frac{P_{cce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} b_{5,0} + \frac{P_{cce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{5,0} \quad (7)$$

$$b_{7,0} = \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{8} \right)} b_{6,0} + \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{8} \right)} b_{7,0} \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{8} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{6,0} + \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{8} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{7,0} \quad (8)$$

ลำดับถัดมา เป็นการจำลองอัลกอริทึมแบบคอปแบบ DIDD ความแตกต่างระหว่างอัลกอริทึมแบบคอปแบบ DIDD และ BEB จะอยู่ที่การเพิ่มขึ้นและการลดลงช่วงเวลาการหน่วงหรือโหมสล็อตหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณ (CW) ในกรณีที่สถานะส่งเฟรมสำเร็จและไม่สำเร็จ อัลกอริทึมแบบ BEB จะเพิ่มขึ้นแบบสุ่มเอ็กโพเนนเชียลถ้าส่งเฟรมไม่สำเร็จ และลดลงกลับมาที่แสดงเริ่มต้นถ้าส่งเฟรมสำเร็จ (ขนาด CW ต่ำสุด) แต่ถ้าเป็นอัลกอริทึมแบบ DIDD จะเพิ่มขึ้นและลดลงแบบสองเท่า ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอปแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

การวิเคราะห์ระบบจะใช้วิธีการเช่นเดียวกับอัลกอริทึมแบบ BEB คือใช้หลักสมมูลค่าความน่าจะเป็นในสถานะคงตัว คือค่าความน่าจะเป็นที่เข้าโหนดจะเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่ออกจากโหนด ค่าความน่าจะเป็นของแบบคอปแสดง $b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}, b_{3,0}, b_{4,0}, b_{5,0}, b_{6,0}, b_{7,0}$ ดังสมการ

$$b_{0,0} = \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{1,0} \quad (9)$$

$$b_{1,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{2,0} \quad (10)$$

$$b_{2,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{31} b_{1,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{31} b_{3,0} \quad (11)$$

$$b_{3,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{63} b_{2,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{63} b_{4,0} \quad (12)$$

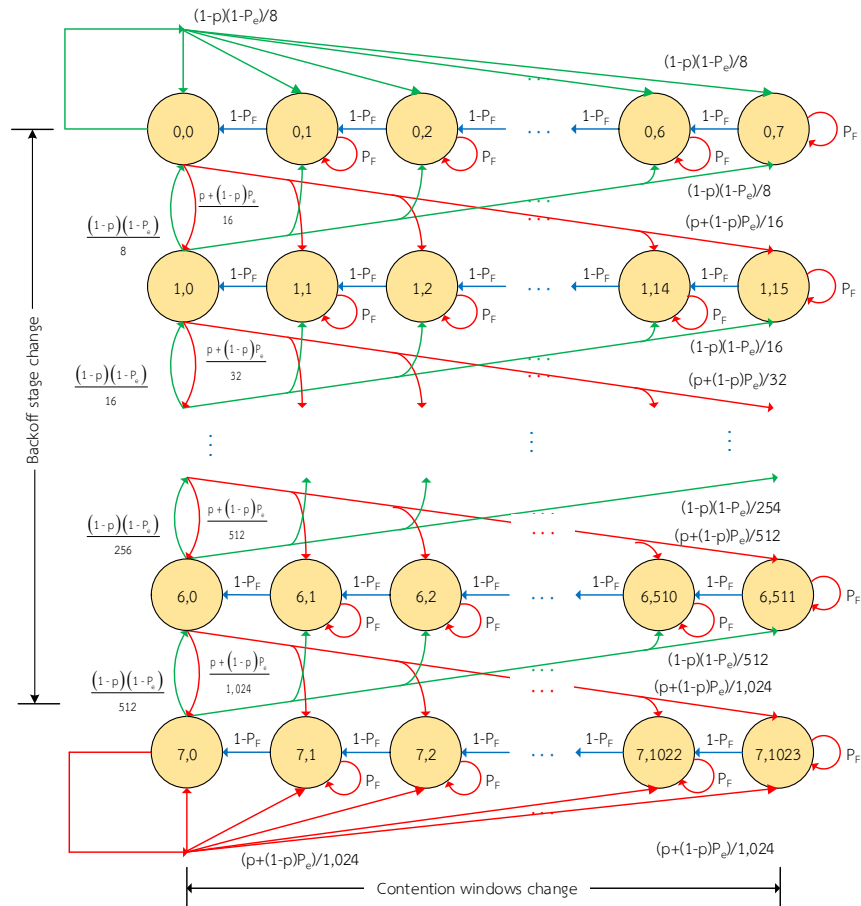
$$b_{4,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{127} b_{3,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{127} b_{5,0} \quad (13)$$

$$b_{5,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{255} b_{4,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{255} b_{6,0} \quad (14)$$

$$b_{6,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{511} b_{5,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{511} b_{7,0} \quad (15)$$

$$b_{7,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{1,023} b_{6,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{1,023} b_{7,0} \quad (16)$$

ส่วนการจำลองอัลกอริทึมแบบคอฟแบบ EIED ในช่วงสัญญาณแบบการจางหาย แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอฟ EIED กรณีช่วงสัญญาณมีการจางหาย

ความแตกต่างของอัลกอริทึมแบบคอปแบบ EIED จะอยู่ที่ ค่าเวลาการหน่วงหรือขนาดโหนดที่ส่งข้อมูลต่างช่วงชิงการ
เข้าใช้ช่องสัญญาณ ค่า CW จะเพิ่มแบบสุ่มเอ็กโพเนนเชียลถ้าส่งเฟรมไม่สำเร็จ และค่า CW จะลดลงแบบสุ่มเอ็ก
โพเนนเชียลเช่นเดียวกันถ้าส่งเฟรมสำเร็จ ค่าความน่าจะเป็นของแบบคอปสแดง $b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}, b_{3,0}, b_{4,0}, b_{5,0},$
 $b_{6,0}, b_{7,0}$ ของอัลกอริทึมแบบ EIED สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$b_{0,0} = \frac{P_{ce}}{8\left(\frac{P_{ce}}{16}\right)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8\left(\frac{P_{ce}}{16}\right)} b_{1,0} + \frac{P_{ce}}{8\left(\frac{P_{ce}}{16}\right)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8\left(\frac{P_{ce}}{16}\right)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{1,0} \quad (17)$$

$$b_{1,0} = \frac{P_{cce}}{16\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32}\right)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32}\right)} b_{2,0} + \frac{P_{ce}}{16\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32}\right)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{0,0} +$$

$$\frac{P_{ce}}{16\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32}\right)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{2,0} \quad (18)$$

$$b_{2,0} = \frac{P_{cce}}{32\left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64}\right)} b_{1,0} + \frac{P_{ce}}{32\left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64}\right)} b_{3,0} +$$

$$\frac{P_{cce}}{32\left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64}\right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{1,0} + \frac{P_{ce}}{32\left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64}\right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{3,0} \quad (19)$$

$$b_{3,0} = \frac{P_{cce}}{64\left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128}\right)} b_{2,0} + \frac{P_{ce}}{64\left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128}\right)} b_{4,0} +$$

$$\frac{P_{cce}}{64\left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128}\right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{2,0} + \frac{P_{ce}}{64\left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128}\right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{4,0} \quad (20)$$

$$b_{4,0} = \frac{P_{cce}}{128\left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256}\right)} b_{3,0} + \frac{P_{ce}}{128\left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256}\right)} b_{5,0} +$$

$$\frac{P_{cce}}{128\left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256}\right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{3,0} + \frac{P_{ce}}{128\left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256}\right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{5,0} \quad (21)$$

$$b_{5,0} = \frac{P_{cce}}{256\left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512}\right)} b_{4,0} + \frac{P_{ce}}{256\left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512}\right)} b_{6,0} +$$

$$\frac{P_{cce}}{256\left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512}\right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{4,0} + \frac{P_{ce}}{256\left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512}\right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{6,0} \quad (22)$$

$$b_{6,0} = \frac{P_{cce}}{512\left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024}\right)} b_{5,0} + \frac{P_{ce}}{512\left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024}\right)} b_{7,0} +$$

$$\frac{P_{cce}}{512\left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024}\right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{5,0} + \frac{P_{ce}}{512\left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024}\right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{7,0} \quad (23)$$

$$b_{7,0} = \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{512} \right)} b_{6,0} + \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{512} \right)} b_{7,0} + \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{6,0} + \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{7,0} \quad (24)$$

3. การคำนวณค่าวิสัยสามารถและผลการวิจัยเชิงตัวเลข

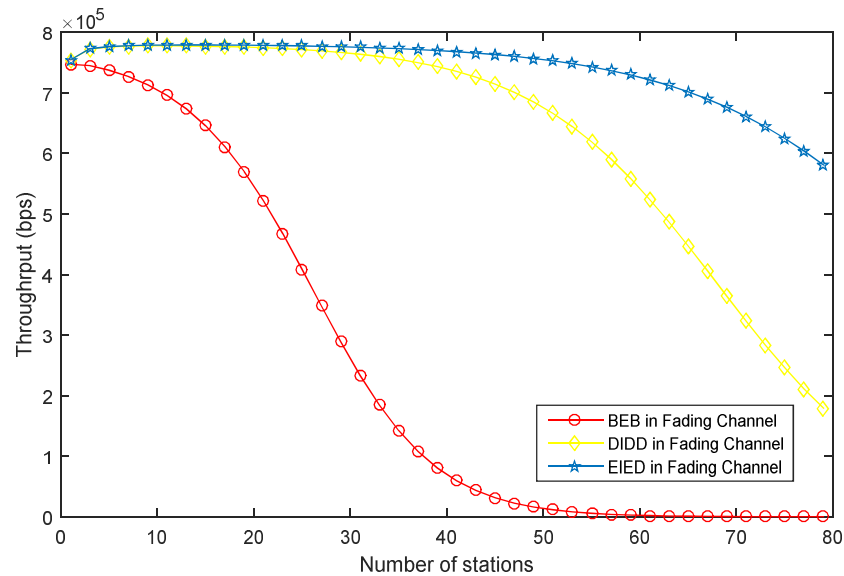
ผลรวมค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใดๆ จะทำการส่งเฟรมข้อมูลผ่านช่องสัญญาณ จะเป็นดังสมการ

$$\tau = \frac{1}{\sum_{j=0}^7 b_{j,0}} = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}} \quad (25)$$

แทนค่าสมการที่ (1) – (24) ลงในสมการที่ (25) ก็จะได้ค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใดๆ จะทำการส่งเฟรมข้อมูลผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแบบคอปแบบ BEB DIDD และ EIED ตามลำดับ ค่าวิสัยสามารถของระบบหาได้จาก

$$\text{สมการ} \quad \text{Throughput} = \frac{P_s P_{tr} (MSDU \times 8)}{(1 - P_{tr}) T_{aTimeslot} + P_s P_{tr} T_s + P_{tr} P_c T_c} \quad (26)$$

โดยที่ $P_{tr} = 1 - (1 - \tau)^n$, $P_s = [n\tau(1 - \tau)^{n-1}] / [1 - (1 - \tau)^n]$, $P_c = 1 - P_s$ พารามิเตอร์ P_{tr} คือค่าความน่าจะเป็นที่จะมีย่าน้อยหนึ่งเฟรมถูกส่งในแต่ละไทม์สล็อตของช่องสัญญาณ, P_s คือค่าความน่าจะเป็นที่การส่งเฟรมสำเร็จ, P_c คือค่าความน่าจะเป็นที่ส่งเฟรมไม่สำเร็จเนื่องจากการชน, และค่าเวลาในการส่งเฟรมจะใช้ฐานเวลาของโปรโตคอล CAMA/CA RTS CTS ตามมาตรฐาน IEEE802.11b [4] ที่อัตราการส่งเฟรม 1 Mbps ค่าเวลาคำนวณได้จากสมการ $T_s = T_{DIFS} + 3T_{SIFS} + 4T_{Delay} + T_{CTS} + T_{Data} + T_{ACK} + T_{DIFS}$, $T_c = T_{DIFS} + T_{RTS} + T_{aTimeslot}$ พารามิเตอร์ T_s คือค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรมสำเร็จ, T_c คือค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรมไม่สำเร็จ, T_{SIFS} คือค่าคาบเวลา SIFS (10 μs), T_{DIFS} คือค่าคาบเวลา DIFS (50 μs), T_{delay} คือค่าคาบเวลาการเดินทางของเฟรมผ่านช่องสัญญาณ (20 μs), T_{RTS} คือค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งเฟรม RTS (352 μs), T_{CTS} คือค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งเฟรม CTS (304 μs), T_{ACK} คือค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งเฟรมตอบกลับ ACK (304 μs), ส่วน T_{Data} คือค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งเฟรมข้อมูลที่ความเร็วในการส่ง 1 Mbps ซึ่งคำนวณได้จากสมการ $T_{Data} = T_{Preamble} + T_{PLCPHeader} + [8 \cdot (L_{MAC} + MSDU) / 1 \text{ Mbps}]$ โดยที่ MSDU คือขนาดของเฟรม Mac Service Data Unit (1024 bytes), $T_{PLCPHeader}$ คือค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรมส่วนหัว (Physical Layer Convergence Protocol header : 48 μs), $T_{Preamble}$ คือค่าคาบเวลาในการส่งเฟรมส่วนหน้า (Preamble : 144 μs), L_{MAC} คือขนาดของเฟรม MAC overhead (34 bytes) เรากำหนดให้ค่าความน่าจะเป็น p , p_e และ p_F มีค่าเท่ากันคือ $p = p_e = p_F = 0.01$ เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แทนลงในสมการที่ (25) และ (26) ก็จะได้ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบคอปแบบ BEB DIDD และ EIED ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่าเมื่อจำนวนสถานีลูกข่ายเพิ่มมากขึ้น ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบคอปแบบ BEB จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อจำนวนสถานีลูกข่ายเพิ่มมากขึ้นจนถึงประมาณ 20 สถานี ส่วนค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ DIDD และ EIED จะเริ่มลดลงเมื่อจำนวนสถานีลูกข่ายเพิ่มมากขึ้นจนถึงประมาณ 50 สถานี



รูปที่ 3.1 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB, DIDD และ EIED

4. สรุปผลการวิจัย

การลดลงของค่าวิสัยสามารถในโครงข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะที่แบบไร้สาย นอกจากการชนของเฟรมที่เกิดขึ้นในระบบแล้ว การจางหายของสัญญาณแบบเฟดดิ้งก็มีผลด้วยเช่นกัน ผลการจำลองระบบโดยใช้แบบจำลองท่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา เพื่อวิเคราะห์และหาแนวโน้มค่าวิสัยสามารถของระบบที่ใช้เทคนิคหลีกเลี่ยงการชนของเฟรมแบบ BEB DIDD และ EIED ในช่องสัญญาณไร้สายแบบมีการจางหาย จากค่าวิสัยสามารถเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่าเทคนิคหลีกเลี่ยงการชน (อัลกอริทึมแบ็คออฟ) แบบ EIED จะมีเสถียรภาพมากที่สุดเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมแบบ BEB และ DIDD เมื่อจำนวนสถานีลูกข่ายในพื้นที่บริการเพิ่มมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก กองทุนเพื่อการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ภายใต้รหัสโครงการ GB_58_13

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Bianchi G. Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function. IEEE JSAC. 2000;18:535-547.
- [2] Chatzimisios P., Vitsas V. and Boucouvalas A. C. DIDD backoff scheme : An enhancement to IEEE 802.11 DCF under burst transmission errors. IEEE Proc. Sarnoff Symposium. 2006:1-4.
- [3] Kwak B. J., Song N. O. and Kwon D. S. Enhancement of IEEE 802.16 wirelessMAN ranging performance with EIED backoff algorithm. IEEE Proc. VCT-2007;2007:1902-1906.
- [4] Panthum T., Sittichivapak S. and Sartthong J. Performance Analysis of EIED Backoff Algorithm of the IEEE 802.11 MAC under Fading Channel Errors. Computer Science and Software Engineering (JCSSE).2016;2016:1-6.