



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 ที่มีโปรโตคอลควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ 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 โปรโตคอล CSMA/CA คำวิสัยสามารถ แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟ

**Abstract**

In wireless local area network (WLAN), an importance problem is the collided packet event when the contending nodes in service area are increased. Back-off algorithm is a popular technique that uses to reduce the collided packets. Medium access control protocol of WLAN is the carries sense multiple accesses with collision avoidance protocol (CSMA/CA) based on IEEE802.11 standard. In realistic wireless channel, not only the failure of transmitted packet occurs to the collisions, but also the failure of transmitted packet happens from other event such as: attenuation, fading 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 more stable than the BEB and DIDD back-off techniques under fading channel.

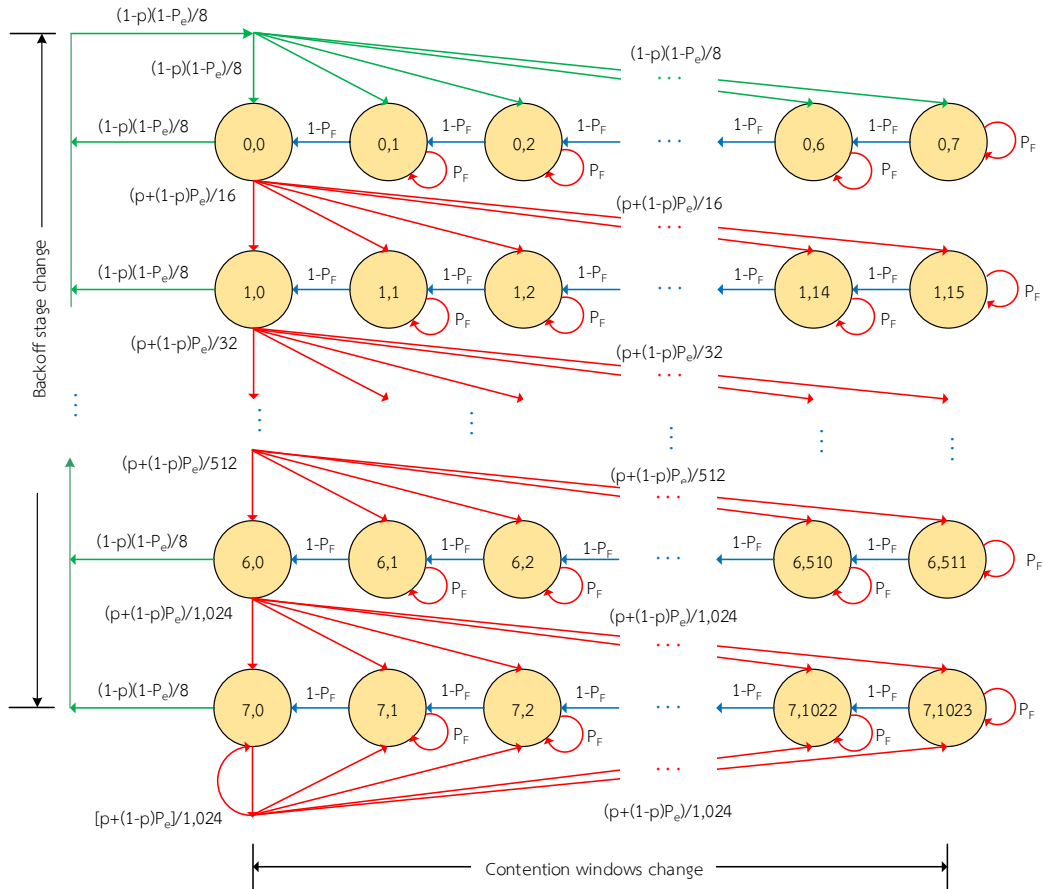
**Keywords:** Back-off algorithm, CSMA/CA protocol, Throughput, Markov chain model

## 1. บทนำ

ในปี ค.ศ. 2000 Giuseppe Bianchi [1] ได้นำเสนอแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบ WLAN โดยใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา หลังจากนั้นแบบจำลองนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในการศึกษาและพัฒนาระบบโครงข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะที่แบบไร้สายเพื่อปรับปรุงค่าวิสัยสามารถ (Throughput) ให้ดีขึ้น รูปแบบการจำลองของ Giuseppe Bianchi ถูกนำไปใช้หลายด้านด้วยกันเช่น การออกแบบโปรโตคอลใหม่ การออกแบบเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนของเฟรมข้อมูลในช่องสัญญาณ เป็นต้น บทความวิจัยนี้นำแบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องมาใช้วิเคราะห์สมรรถนะของเทคนิคการหลีกเลี่ยงการชนของเฟรมข้อมูลในช่องสัญญาณ หรือที่นิยมเรียกกันว่า อัลกอริทึมแบคคอฟ ในงานวิจัยที่ [1] ใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องวิเคราะห์สมรรถนะอัลกอริทึมแบคคอฟแบบ BEB ส่วนงานวิจัยที่ [2] [3] และ [4] นำมาใช้วิเคราะห์สมรรถนะอัลกอริทึมแบคคอฟแบบ DIDD และ EIED ตามลำดับ สาเหตุการชนกันของเฟรมในช่องสัญญาณแบบไร้สาย จะเกิดขึ้นในกรณีที่สถานีลูกข่ายตั้งแต่สองสถานีขึ้นไปส่งเฟรมเพื่อติดต่อสื่อสารกับสถานีแม่ข่าย (Access point) ในช่วงเวลาสล็อตใหม่ การส่งเดียวกัน เทคนิคที่นำมาใช้เพื่อลดอัตราการชนกันของเฟรมในโครงข่ายแบบไม่รู้จัก จะใช้วิธีสุ่มค่าเวลาหน่วงการส่งแบบแรนดัม เราเรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการแบคคอฟ อัลกอริทึมที่ใช้สุ่มค่าเวลาหน่วงการส่งมีหลายรูปแบบด้วยกัน แต่ที่ใช้ในปัจจุบันคือ อัลกอริทึมแบคคอฟแบบ BEB DIDD และ EIED แต่อย่างไรก็ตามในช่องสัญญาณโครงข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะที่แบบไร้สาย นอกจากสาเหตุการชนกันแล้ว ยังมีสาเหตุอื่น ๆ ที่ทำให้อัตราค่าวิสัยสามารถของระบบลดลง ในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มการวิเคราะห์ค่าวิสัยสามารถของระบบเนื่องจากการจางหายของสัญญาณ เพื่อให้แบบจำลองใกล้เคียงกับช่องสัญญาณจริงมากที่สุด

## 2. วิธีการวิจัยโดยใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่อง

เพื่อให้เกิดความถูกต้องและใกล้เคียงกับช่องสัญญาณจริงมากยิ่งขึ้น บทความวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองที่มีการเพิ่มตัวแปร  $p_e$  คือค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่งเฟรมเนื่องจากสัญญาณเกิดการจางหาย และตัวแปร  $p_f$  คือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ ต้องหยุดพักการลดค่าเวลาแบคคอฟหรือค่าเวลาหน่วงการส่งจนกว่าช่องสัญญาณจะว่างอีกครั้ง ส่วนตัวแปร  $p$  คือค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการชนกันของเฟรม ส่วนพจน์  $(1-p)(1-p_e)$  คือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีส่งเฟรมสำเร็จ และ  $[p+(1-p)p_e]$  คือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีส่งเฟรมไม่สำเร็จ การวิเคราะห์ระบบเราจะค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ ส่งเฟรมผ่านช่องสัญญาณ ( $\tau$ ) ของอัลกอริทึมแบคคอฟแต่ละแบบ จากรูปที่ 2.1 เป็นแบบจำลองอัลกอริทึมแบคคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายของสัญญาณ จำนวนการส่งเฟรมซ้ำหรือจำนวนแบคคอฟสแตจจะกำหนดให้อยู่ในช่วง 0-7 และจำนวนค่าใหม่สล็อตหน่วงการส่งเฟรมหรือจำนวนหน้าต่างช่วงชิงการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention windows : CW) จะกำหนดอยู่ในช่วง 0-1023 ใหม่สล็อต สถานีจะส่งเฟรมซ้ำได้จะต้องทำการลดค่าใหม่สล็อตของหน้าต่างช่วงชิงการเข้าใช้ช่องสัญญาณจนเป็น 0 ใหม่สล็อต นั่นคือสถานีจะอยู่ที่แบคคอฟสแตจ  $b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}, b_{3,0}, b_{4,0}, b_{5,0}, b_{6,0}, b_{7,0}$  ตามลำดับ ใช้ขอบเขตในสถานะคงตัวคือ ค่าความน่าจะเป็นที่เข้าโหนดจะเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่ออกจากโหนดและผลรวมค่าความน่าจะเป็นทั้งหมดของแบคคอฟสแตจใดๆ ( $b_{i,k}$ ) เท่ากับหนึ่ง เพื่อให้การวิเคราะห์ระบบง่ายขึ้นกำหนดให้  $(1-p)(1-p_e) = P_{ce}$  และ  $p+(1-p)p_e = P_{cce}$  จากรูปที่ 2.1 ค่าความน่าจะเป็นของแบคคอฟ  $b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}, b_{3,0}, b_{4,0}, b_{5,0}, b_{6,0}, b_{7,0}$  ดังสมการ



รูปที่ 2.1 แบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอปแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

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

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

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

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

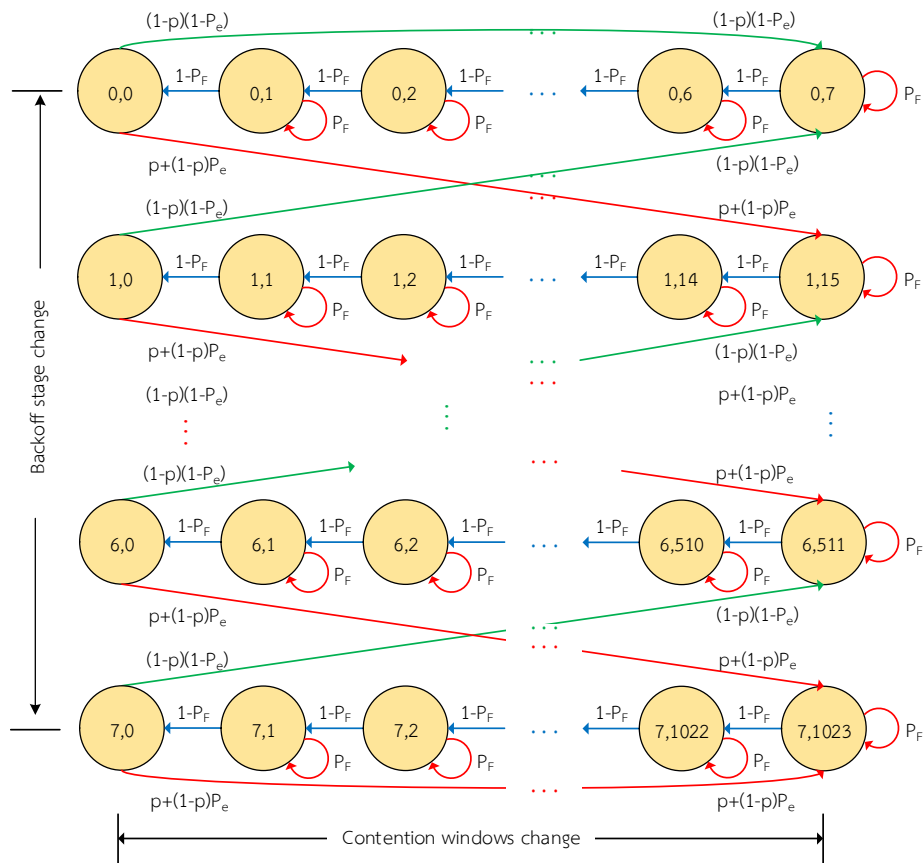
$$b_{4,0} = \frac{P_{cce}}{128 \left( \frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} b_{3,0} + \frac{P_{cce}}{128 \left( \frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{3,0} \quad (5)$$

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

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

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

ลำดับถัดมา เป็นการจำลองอัลกอริทึมแบบคอปแบบ DIDD ความแตกต่างระหว่างอัลกอริทึมแบบคอปแบบ DIDD และ BEB จะอยู่ที่การเพิ่มขึ้นและการลดลงช่วงเวลากการหน่วงหรือใหม่สล็อตหน้าต่างต่างช่วงซึ่งการร่วมใช้ช่องสัญญาณ (CW) ในกรณีที่สถานีส่งเฟรมสำเร็จและไม่สำเร็จ สำหรับอัลกอริทึมแบบ BEB จะเพิ่มขึ้นแบบสุ่มเอ็กโปเนนเชียลถ้าส่งเฟรมไม่สำเร็จและลดลงกลับมาที่สแตจเริ่มต้น (ขนาด CW ต่ำสุด) ถ้าส่งเฟรมสำเร็จ แต่ถ้าเป็นอัลกอริทึมแบบ DIDD จะเพิ่มขึ้นและลดลงแบบสองเท่า ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอปแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

การวิเคราะห์ระบบจะใช้วิธีการเช่นเดียวกับอัลกอริทึมแบบ BEB คือใช้หลักสมมูลค่าความน่าจะเป็นในสภาวะคงตัว ค่าความน่าจะเป็นที่เข้าโหนดจะเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่ออกจากโหนด ค่าความน่าจะเป็นของแบบคอปสเตอร์จ  $b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}, b_{3,0}, b_{4,0}, b_{5,0}, b_{6,0}, b_{7,0}$  ดังสมการ

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

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

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

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

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

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

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

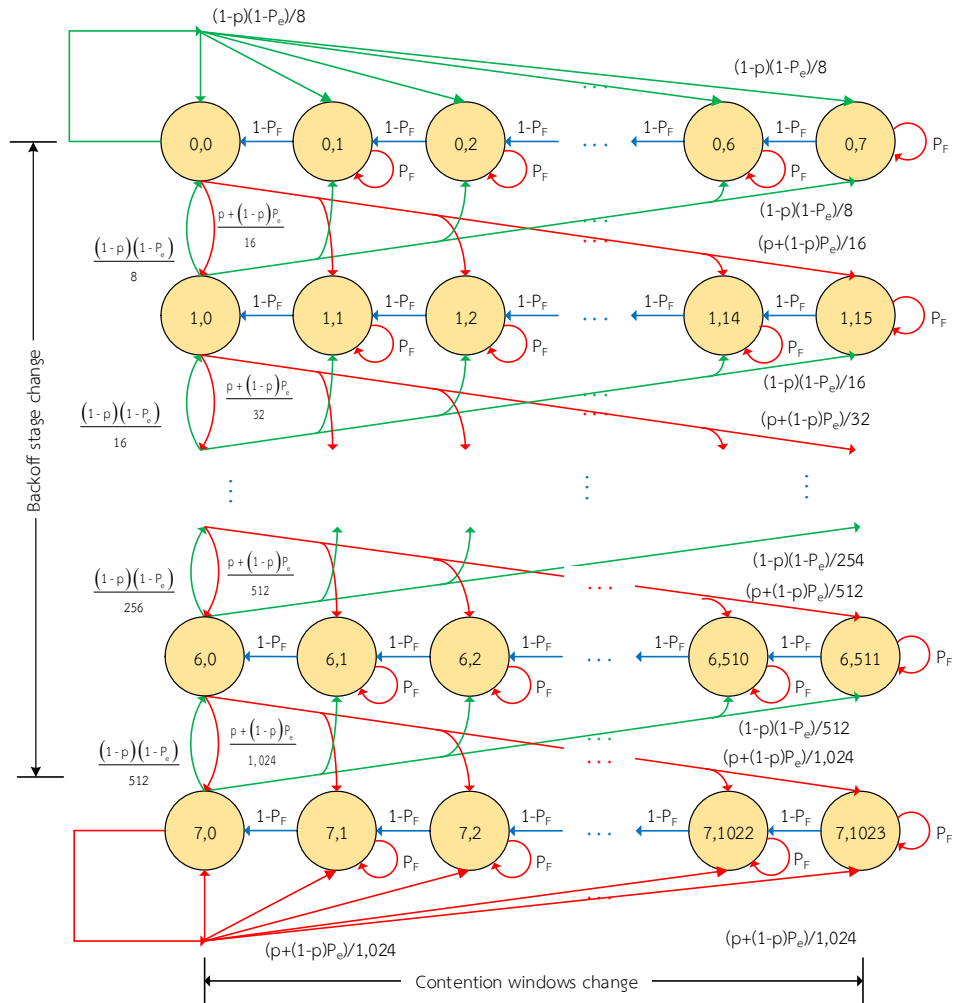
$$b_{7,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{1,023} b_{6,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{1,023} b_{7,0} \quad (16)$$

ส่วนการจำลองอัลกอริทึมแบบคอปสเตอร์จ EIED ในช่องสัญญาณแบบการจางหาย แสดงในรูปที่ 2.3 ความแตกต่างระหว่างอัลกอริทึมแบบคอปสเตอร์จ BEB DIDD กับอัลกอริทึมแบบคอปสเตอร์จ EIED จะอยู่ที่ค่าเวลาการหน่วงหรือขนาดไทม์สลิตหน้าต่างช่วงชิงการเข้าใช้ช่องสัญญาณจะเพิ่มแบบสุ่มเอ็กโพเนนเชียลถ้าส่งเฟรมไม่สำเร็จ และจะลดลงแบบสุ่มเอ็กโพเนนเชียลเช่นกัน ถ้าส่งเฟรมสำเร็จ ค่าความน่าจะเป็นของแบบคอปสเตอร์จ  $b_{0,0}, b_{1,0}, b_{2,0}, b_{3,0}, b_{4,0}, b_{5,0}, b_{6,0}, b_{7,0}$  ของอัลกอริทึมแบบ EIED คำนวณได้ดังสมการ

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

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

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



รูปที่ 2.3 แบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอปฟ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

$$b_{3,0} = \frac{P_{cce}}{64 \left( \frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} b_{2,0} + \frac{P_{ce}}{64 \left( \frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} b_{4,0} + \frac{P_{cce}}{64 \left( \frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} + \frac{P_{ce}}{64 \left( \frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{4,0} \quad (20)$$

$$b_{4,0} = \frac{P_{cce}}{128 \left( \frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} b_{3,0} + \frac{P_{ce}}{128 \left( \frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} b_{5,0} + \frac{P_{cce}}{128 \left( \frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{3,0} + \frac{P_{ce}}{128 \left( \frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{5,0} \quad (21)$$

$$b_{5,0} = \frac{P_{cce}}{256 \left( \frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} b_{4,0} + \frac{P_{ce}}{256 \left( \frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} b_{6,0} + \frac{P_{cce}}{256 \left( \frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{4,0} + \frac{P_{ce}}{256 \left( \frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{6,0} \quad (22)$$

$$b_{6,0} = \frac{P_{cce}}{512 \left( \frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} b_{5,0} + \frac{P_{ce}}{512 \left( \frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} b_{7,0} + \frac{P_{cce}}{512 \left( \frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{5,0} + \frac{P_{ce}}{512 \left( \frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left( \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{7,0} \quad (23)$$

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

### 3. การคำนวณค่าวิสัยสามารถและผลการวิจัยเชิงตัวเลข

ผลรวมค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใดๆ จะทำการส่งเฟรมข้อมูลผ่านช่องสัญญาณ จะเป็นดังสมการ

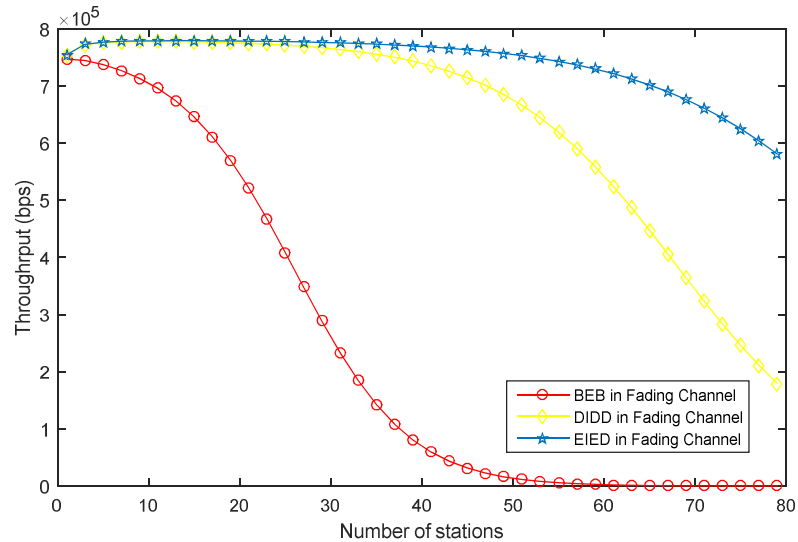
$$\tau = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}} \quad (25)$$

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

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

โดยที่  $P_r = 1 - (1 - \tau)^n$ ,  $P_s = [n\tau(1 - \tau)^{n-1}] / [1 - (1 - \tau)^n]$ ,  $P_c = 1 - P_s$  พารามิเตอร์  $P_r$  คือค่าความน่าจะเป็นที่จะมีอย่างน้อยหนึ่งเฟรมถูกส่งในแต่ละไทม์สล็อตของช่องสัญญาณ,  $P_s$  คือค่าความน่าจะเป็นที่การส่งเฟรมสำเร็จ,  $P_c$  คือค่าความน่าจะเป็นที่ส่งเฟรมไม่สำเร็จเนื่องจากการชน, และค่าคาบเวลาในการส่งเฟรมจะใช้ฐานเวลาของโปรโทคอล CAMA/CA RTS CTS ตามมาตรฐาน IEEE802.11b [4] ที่อัตราการส่งเฟรม 1 Mbps คำนวณได้จากสมการ  $T_s = T_{DIFS} + 3T_{SIFS} + 4T_{Delay} + T_{CTS} + T_{Data} + T_{ACK} + T_{DIFS}$ ,  $T_c = T_{DIFS} + T_{RTS} + T_{aTimeslot}$  พารามิเตอร์  $T_s$  คือค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรมสำเร็จ,  $T_c$  คือค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรมไม่สำเร็จ,  $T_{SIFS}$  คือค่าคาบเวลา SIFS (10  $\mu$ s),  $T_{DIFS}$  คือค่าคาบเวลา DIFS (50  $\mu$ s),  $T_{delay}$  คือค่าคาบเวลาการเดินทางของเฟรมผ่านช่องสัญญาณ (20  $\mu$ s),  $T_{RTS}$  คือค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งเฟรม RTS (352  $\mu$ s),  $T_{CTS}$  คือค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งเฟรม CTS (304  $\mu$ s),  $T_{ACK}$  คือค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งเฟรมตอบกลับ ACK (304  $\mu$ s), ส่วน  $T_{Data}$  คือค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งเฟรมข้อมูลที่มีความเร็วในการส่ง 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  $\mu$ s),  $T_{Preamble}$  คือค่าคาบเวลาในการส่งเฟรมส่วนหน้า (Preamble : 144  $\mu$ s),  $L_{MAC}$  คือขนาดของเฟรม MAC overhead (34 bytes) เรากำหนดให้ค่าความน่าจะเป็น  $p$ ,  $p_c$  และ  $p_F$  มีค่าเท่ากันคือ  $p = p_c = p_F = 0.01$  เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แทนลงในสมการที่ (25) และ (26) ก็จะได้ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบคอปแบบ BEB DIDD และ EIED ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่าเมื่อจำนวนสถานีลูกข่ายเพิ่มมากขึ้น ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบคอปแบบ BEB จะลดลงอย่างรวดเร็ว

ส่วนค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ DIDD และ EIED จะเริ่มลดลงเมื่อจำนวนสถานีลูกข่ายเพิ่มมากขึ้นจนถึงประมาณ 40 สถานี



รูปที่ 3.1 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB, DIDD และ EIED

#### 4. สรุปผลการวิจัย

การลดลงของค่าวิสัยสามารถในโครงข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะที่แบบไร้สาย นอกจากการชนของเฟรมที่เกิดขึ้นในระบบแล้ว การจางหายของสัญญาณแบบเฟดดิ้งก็มีผลด้วยเช่นกัน ผลการจำลองระบบโดยใช้แบบจำลองท่วงโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา เพื่อวิเคราะห์และหาแนวโน้มค่าวิสัยสามารถของระบบที่ใช้เทคนิคหลีกเลี่ยงการชนของเฟรมแบบ BEB DIDD และ EIED ในช่องสัญญาณแบบไร้สายที่มีการจางหาย 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.