

การเปรียบเทียบอัลกอริทึมแบ็คออฟสำหรับโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายกรณี
ช่องสัญญาณมีการจางหาย

COMPARISON OF BACKOFF ALGORITHMS FOR WIRELESS LOCAL AREA
NETWORK IN FADING CHANNEL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

KMITL-2017-EN-M-010-173

การเปรียบเทียบอัลกอริทึมแบ็คออฟสำหรับโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายกรณี
ช่องสัญญาณมีการจางหาย

COMPARISON OF BACKOFF ALGORITHMS FOR WIRELESS LOCAL AREA
NETWORK IN FADING CHANNEL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2560

KMITL-2017-EN-M-010-173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPARISON OF BACKOFF ALGORITHMS FOR WIRELESS LOCAL AREA
NETWORK IN FADING CHANNEL



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

KMITL-2017-EN-M-010-173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017





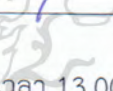
FUCULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบอัลกอริทึมแบ็คออฟสำหรับโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย
Thesis Title Comparison of Backoff Algorithms for Wireless Local Area Network in Fading Channel
นักศึกษา นายทินรัตน์ ปานธรรม
รหัสประจำตัว 56601424
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สุวิพล สิริชีวะภาค
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2017-EN-M-010-173

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.กมล เขมะรังษี	
ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาศิพงษ์	
รศ.ดร.พิสิฐ บุญศรีเมือง	
รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสวี	
รศ.ดร.สุวิพล สิริชีวะภาค	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2560 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรออกตีพิมพ์ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ฉบับนี้ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบอัลกอริทึมแบ็คออฟสำหรับโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย
นักศึกษา	นายทินรัตน์ ปานธรรม
รหัสประจำตัว	56601424
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สุวิพล สิริชีวะภาค

บทคัดย่อ

อัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ Binary Exponential Backoff (BEB) ถูกใช้ในการลดอัตราการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จเนื่องมาจากการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณของโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 ซึ่งสามารถคำนวณสมรรถนะของค่าวิสัยสามารถได้จากแบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB โดยใช้หลักการลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งได้มีงานวิจัยที่นำเสนอแบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟเพื่อทำการเพิ่มสมรรถนะของแบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB นั่นคือ แบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ Double Increment Double decrement (DIDD) และ Exponential Increase Exponential Decrease (EIED) แต่อัลกอริทึมทั้ง 3 แบบที่ได้กล่าวมานั้น เป็นการพิจารณาในกรณีช่องสัญญาณในสภาวะอุดมคติเท่านั้น (กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย) เพื่อให้แบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟมีความถูกต้องและใกล้เคียงช่องสัญญาณจริงมากขึ้นในการคำนวณหาค่าวิสัยสามารถ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ทำการศึกษาและคำนวณค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและมีการจางหาย นอกจากนั้นยังใช้เทคนิคการกำหนดจำนวนแบ็คออฟสเตจสูงสุดที่ 8 สเตจ และค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณสูงสุดที่ 1,024 ไทมสล็อต เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าวิสัยสามารถ ซึ่งจากผลวิเคราะห์เชิงตัวเลขพบว่า ถึงแม้อัลกอริทึมแบบ DIDD และ EIED ที่ถูกคำนวณในกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย แต่ยังมีค่าวิสัยสามารถที่ดีกว่าอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย และอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายและไม่มีการจางหายมีค่าวิสัยสามารถที่สูงและเสถียรที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Comparison of Backoff Algorithms for Wireless Local Area Network in Fading Channel
Student	Mr.Tinnarut Panthum
Student ID.	56601424
Degree	Master of Engineering
Program	Telecommunications Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Suvepon Sittichevapak

ABSTRACT

Binary Exponential Backoff (BEB) was used to reduce unsuccessful transmission from packet collision in Wireless Local Area Network (WLAN) based on IEEE 802.11. The throughput could be calculated from a discrete time Markov Chain model of backoff algorithm. There were researches which proposed backoff models in order to improve performance of BEB. These were Double Increment Double Decrement (DIDD) backoff algorithm and Exponential Increase Exponential Decrease (EIED) backoff algorithm, but those mentioned three backoff algorithms were considered in ideal case (error-free channel). In order to design a more accurate and realistic model. This thesis was studied and calculated the throughput of BEB, DIDD and EIED backoff algorithm in both error-free channel and fading channel, and used Fixed Backoff Stages and Fixed Contention window Size (FBFC) technique for more accurate when compared with the throughput. The numerical of throughput showed that the throughput of DIDD and EIED backoff algorithms in fading channel was better than BEB algorithm which was in error-free channel and EIED backoff algorithm in both error-free channel and in fading channel was highest and most stable when the number of stations increased.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สุวิพล สิริชีวะภาค ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอบคุณ ดร. เจษฎา สาาททอง ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการออกแบบ อัลกอริทึมแบ็คคอฟ

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนคุณครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ทินรัตน์ ปานธรรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้ามอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตารางตาราง.....	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย	1
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.5 ขั้นตอนของการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ชั้น MAC ตามมาตรฐาน IEEE802.11.....	3
2.1 มาตรฐาน IEEE 802.11.....	3
2.1.1 ชั้นควบคุมการร่วมใช้ช่องสัญญาณ (Medium Access Control: MAC).....	4
2.2 สถาปัตยกรรมและรูปแบบการเชื่อมต่อของ IEEE 802.11	4
2.2.1 การเชื่อมต่อในรูปแบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Mode).....	5
2.2.2 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มเฉพาะตัว (Ad-hoc Mode).....	5
2.3 โพรโทคอล CSMA/CA.....	6
2.3.1 โพรโทคอล CSMA/CA Basic Mode.....	6
2.3.2 สภาวะโหนดซ่อนเร้น.....	8
2.3.3 โพรโทคอล CSMA/CA with RTS/CTS Mode.....	8
2.4 กระบวนการอัลกอริทึมแบ็คออฟในการลดการชนกันของแพ็กเก็ต.....	9
2.5 ลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Time Markov Chain).....	13
บทที่ 3 อัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย	14
3.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	14
3.2 การใช้เทคนิคกำหนดค่าแบ็คออฟสแตจและขนาดหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ ช่องสัญญาณแบบคงที่ในแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่อง.....	23
3.2.1 การจำลองอัลกอริทึม Binary Exponential Backoff กรณีช่องสัญญาณ ไม่มีการจางหาย.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.2 การจำลองอัลกอริทึม Double Increment Double Decrement Backoff กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	31
3.2.3 การจำลองอัลกอริทึม Exponential Increase Exponential Decrease Backoff กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย	36
บทที่ 4 อัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	45
4.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	45
4.1.1 การจำลองอัลกอริทึม Binary Exponential Backoff กรณีช่องสัญญาณ มีการจางหาย.....	47
4.1.2 การจำลองอัลกอริทึม Double Increment Double Decrement Backoff กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	53
4.1.3 การจำลองอัลกอริทึม Exponential Increase Exponential Decrease Backoff กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย	58
บทที่ 5 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงตัวเลข.....	66
5.1 การวิเคราะห์เชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟ กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	66
5.1.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11b.....	68
5.1.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11a.....	69
5.1.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11g.....	71
5.2 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟ กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	73
5.2.1 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟ แบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	73
5.2.2 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟ แบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	75
5.2.3 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟ แบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	77
5.2.4 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟ แบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	79
5.3 การวิเคราะห์เชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟ กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ/หรืออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.4 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟ กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	82
5.4.1 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟ แบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	82
5.4.2 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟ แบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	84
5.4.3 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟ แบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	86
5.4.4 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟ แบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	88
5.4.5 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟ แบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย และช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	90
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	92
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	92
6.2 ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง.....	94
ภาคผนวก.....	97
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับเผยแพร่.....	97
ภาคผนวก ข. ประวัติผู้เขียน.....	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VI อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
5.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b.....	68
5.2 แสดงค่าคาบเวลาการส่งเฟรมข้อมูล (T_{Data}) ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b.....	69
5.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11a.....	70
5.4 แสดงค่า N_{DBPS} ที่ใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบ BPSK (binary phase shift keying), QPSK (Quadrature phase shift keying) และ QAM (quadrature amplitude modulation) ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูลแบบต่างๆ.....	70
5.5 แสดงค่าคาบเวลาการส่งเฟรมข้อมูล (T_{Data}) ตามมาตรฐาน IEEE 802.11a.....	71
5.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ตามมาตรฐาน IEEE 802.11g.....	72
5.7 แสดงค่าคาบเวลาการส่งเฟรมข้อมูล (T_{Data}) ตามมาตรฐาน IEEE 802.11g.....	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VII อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบชั้น OSI กับ IEEE 802.11.....	3
2.2 โครงสร้างของชั้น MAC ตามมาตรฐาน IEEE802.11.....	4
2.3 การเชื่อมต่อในรูปแบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Mode).....	5
2.4 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มเฉพาะตัว (Ad-Hoc Mode).....	6
2.5 กระบวนการส่งแพ็กเก็ตของโพรโทคอล CSMA/CA Basic Mode.....	7
2.6 ช่วงเวลาของชั้น MAC ตามมาตรฐาน IEEE 802.11.....	7
2.7 สภาวะโหลดช้อนเร้น	8
2.8 กระบวนการส่งแพ็กเก็ตของโพรโทคอล CSMA/CA with RTS/CTS Mode.....	9
2.9 หลักการทำงานของอัลกอริทึมแบ็คคอฟในโหมด Basic.....	10
2.10 หลักการทำงานของอัลกอริทึมแบ็คคอฟในโหมดส่งเฟรมจองช่องสัญญาณ RTS และ CTS.....	11
2.11 การเพิ่มขึ้นของค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณที่สัมพันธ์กับจำนวนการส่งแพ็กเก็ตซ้ำของอัลกอริทึมแบบ BEB.....	12
3.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบ BEB ของ Bianchi' model.....	15
3.2 แบบจำลองอัลกอริทึม BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	24
3.3 แบบจำลองอัลกอริทึม DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	32
3.4 แบบจำลองอัลกอริทึม EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย.....	37
4.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	46
4.2 แบบจำลองอัลกอริทึม BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	47
4.3 แบบจำลองอัลกอริทึม DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	54
4.4 แบบจำลองอัลกอริทึม EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย.....	58
5.1 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps.....	74
5.2 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE 802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	74
5.3 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE 802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	75
5.4 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps.....	76
5.5 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE 802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	76
5.6 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE 802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.7 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps.....	78
5.8 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	78
5.9 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	79
5.10 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณ ไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1 Mbps.....	80
5.11 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps.....	83
5.12 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	83
5.13 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	84
5.14 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps.....	85
5.15 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	85
5.16 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	86
5.17 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps.....	87
5.18 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	87
5.19 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps.....	88
5.20 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณ มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1 Mbps.....	89
5.21 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณ ไม่มีการจางหายและช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1 Mbps.....	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IX อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (Wireless Local Area Network: WLAN) ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เหตุเพราะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้เป็นอย่างดีในเรื่องของความสะดวกสบายและความยืดหยุ่นในการใช้งาน โดยระบบโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายนั้นนิยมใช้มาตรฐานของ IEEE802.11 และมีวิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณโดยใช้โพรโทคอล CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) ซึ่งเป็นกระบวนการใช้หลีกเลี่ยงการชนกันแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณ โดยในส่วนของโพรโทคอล CSMA/CA จะมีกระบวนการหนึ่งเรียกว่าอัลกอริทึมแบคออฟ (Backoff Algorithm) ที่จะคอยช่วยลดอัตราความชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณ

อัลกอริทึมแบคออฟที่อยู่ในโพรโทคอล CSMA/CA นั้นมีชื่อเรียกว่าอัลกอริทึม Binary Exponential Backoff (BEB) ซึ่งได้มีนักวิจัยที่ชื่อว่า Giuseppe Bianchi [10] นำเสนอแบบจำลองอัลกอริทึมแบบ BEB ในโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายโดยใช้ทฤษฎีลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะของโครงข่าย แต่แบบจำลองของ Giuseppe Bianchi เป็นเพียงแบบจำลองที่วิเคราะห์การทำงานของระบบในช่องสัญญาณแบบอุดมคติ (Ideal Channel) เท่านั้น นั่นคือพิจารณาเฉพาะกรณีที่ช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย (Error-Free Channel) ยิ่งไปกว่านั้น ประสิทธิภาพของค่าวิสัยสามารถ (Throughput) ลดลงเมื่อมีสถานีผู้ใช้เพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาและเปรียบเทียบอัลกอริทึมแบคออฟที่มีรูปแบบการสุ่มเลือกช่วงของค่าขนาดหน้าต่างการส่งซึ่งรวมใช้ช่องสัญญาณแบบต่างๆ และเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งในกรณีที่ช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและกรณีที่ช่องสัญญาณมีการจางหาย เพื่อทำการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์เชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบคออฟแต่ละแบบและเพิ่มความแม่นยำให้มากขึ้นเมื่อนำมาทดสอบในแบบจำลองระบบโครงข่าย

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

เมื่อมีการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดขึ้นภายในช่องสัญญาณ สถานีจะเข้าสู่กระบวนการแบคออฟเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการชนกันของแพ็กเก็ตเมื่อมีสถานีตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปต้องการส่งข้อมูลซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พร้อมกัน โดยสถานีจะทำการสุ่มค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณ (Contention Window: W) ในช่วงที่เพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลัง โดยมีการเรียกกระบวนการแบบนี้ว่าอัลกอริทึม BEB

ด้วยเหตุนี้ได้มีนักวิจัยที่มีชื่อว่า Giuseppe Bianchi นำเสนอแบบจำลองเพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของค่าวิสัยสามารถของระบบ โดยใช้หลักการลูกโซ่มารคอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบ BEB ซึ่งต่อมาแบบจำลองนี้เป็นที่นิยมมากในการนำมาศึกษาและพัฒนาต่อเพื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ โดยได้มีงานวิจัยที่ทำการออกแบบอัลกอริทึมแบบคอฟที่มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณที่แตกต่างจากแบบ BEB เพื่อเป็นการเพิ่มค่าวิสัยสามารถของระบบเช่น อัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ Double Increment Double Decrement (DIDD) [13]-[16] และ อัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ Exponential Increase Exponential Decrease (EIED) [17]-[20] แต่แบบจำลองเหล่านี้เป็นการวิเคราะห์ระบบในสภาวะอุดมคติ คือการที่ช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย เพื่อที่จะเพิ่มความแม่นยำในการใช้งานจริงในงานวิจัยที่ [12] ได้สังเกตเห็นว่าการที่สถานีทำการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จ ไม่ได้เกิดจากการชนกันชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดจากความผิดพลาดในการส่งแพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณมีการจางหาย จึงได้นำเสนอแบบจำลองลูกโซ่มารคอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย โดยการเพิ่มค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จจากความผิดพลาดในการส่งแพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณมีการจางหายลงไปแบบจำลองเพื่อทำการวิเคราะห์ระบบ ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงนำข้อโดดเด่นของแต่ละอัลกอริทึมแบ็คคอฟมาศึกษาและเปรียบเทียบแบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คคอฟที่ให้ผลวิเคราะห์เชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถที่ดีแม้จะถูกวิเคราะห์ในกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะทำการคำนวณอัลกอริทึมแบ็คคอฟ 3 แบบด้วยกันคือ อัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED ทั้งกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายโดยใช้ทฤษฎีลูกโซ่มารคอฟแบบไม่ต่อเนื่อง และใช้เทคนิคการกำหนดค่าแบ็คคอฟสูงสุดที่ 8 สเตจ และกำหนดค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้สัญญาณสูงสุดที่ 1,024 ไทม์สล็อต

1.5 ขั้นตอนของการวิจัย

การจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ทำการศึกษาหลักการคำนวณและวิเคราะห์ระบบจำลองโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายโดยใช้ทฤษฎีลูกโซ่มารคอฟแบบไม่ต่อเนื่องของอัลกอริทึมแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย และนำค่าวิสัยสามารถที่ได้จากการคำนวณมาทำการเปรียบเทียบ เพื่อทำการสรุปผลในตอนสุดท้าย

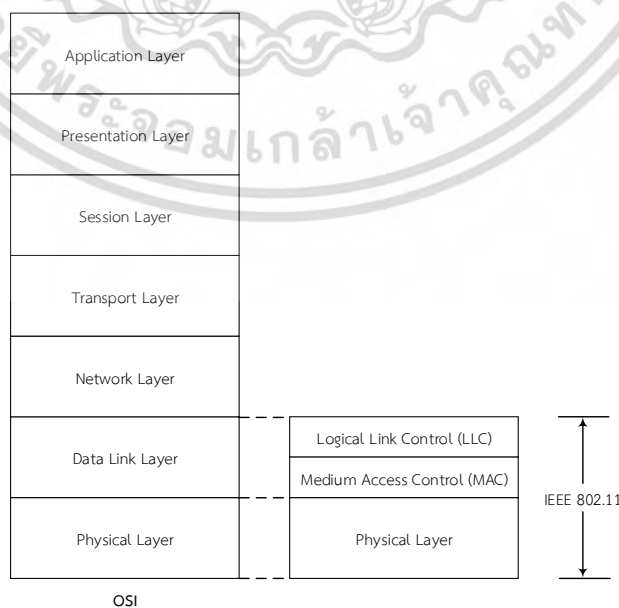
บทที่ 2

ชั้น MAC ตามมาตรฐาน IEEE 802.11

เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและความยืดหยุ่นในการทำงานของเทคโนโลยีระบบเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network: LAN) จึงได้มีการพัฒนาให้เครื่องมือสื่อสารสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันแบบไร้สายได้ หรือเรียกว่าระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย (Wireless Local Area Network: WLAN) แต่ในช่วงแรกของการสื่อสารข้อมูลในระบบโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย อุปกรณ์จะสามารถสื่อสารกันได้เฉพาะอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากผู้ผลิตเดียวกันเท่านั้น ไม่สามารถทำงานร่วมกับผลิตภัณฑ์จากบริษัทอื่นได้ ด้วยเหตุนี้สถาบันวิชาชีพวิศวกรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE) จึงได้นำเสนอมาตรฐาน IEEE 802.11 ที่เป็นการออกแบบสถาปัตยกรรมของโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายและการกำหนดมาตรฐานในการทำงานขึ้นมา เพื่อให้อุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์จากหลายบริษัทสามารถใช้งานร่วมกันได้

2.1 มาตรฐาน IEEE 802.11

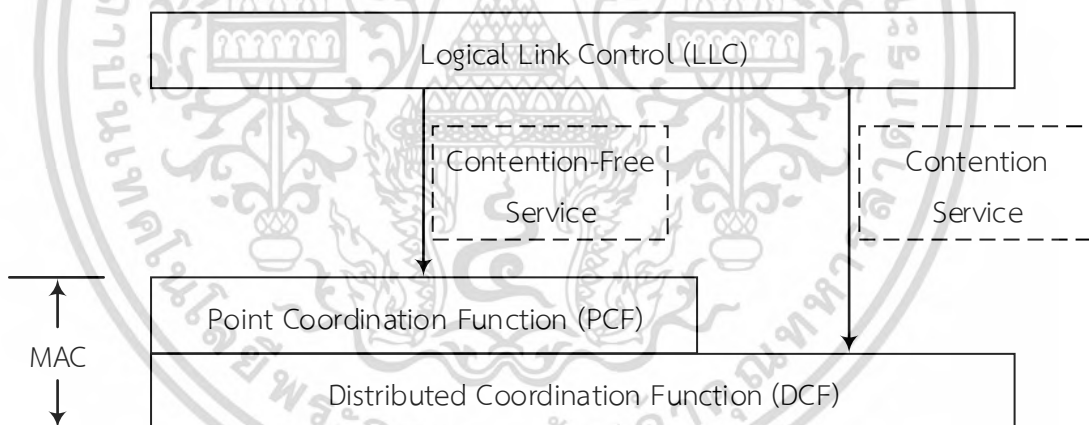
มาตรฐาน IEEE 802.11 [1]-[3] เป็นมาตรฐานสำหรับระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย ซึ่งจะครอบคลุมการทำงานและระบุถึงข้อกำหนดต่างๆ ในระดับชั้นกายภาพ (Physical layer) และในระดับชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data link layer) ตามแบบจำลองของ OSI (Open System Interconnection) ดังรูปที่ 2.1 [6],[8] โดยในชั้นเชื่อมโยงข้อมูลนั้นจะถูกแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ชั้นย่อยนั่นคือชั้นควบคุมการส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณ (Logical link Control: LLC) และชั้นควบคุมการร่วมใช้ช่องสัญญาณ (Medium Access Control: MAC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบชั้น OSI กับ IEEE 802.11
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ชั้นควบคุมการร่วมใช้ช่องสัญญาณ (Medium Access Control: MAC)

ชั้นควบคุมการใช้ช่องสัญญาณหรือชั้น MAC [4]-[8] มีหน้าที่ตรวจสอบสถานะของช่องสัญญาณว่ามีสถานะว่าง (Idle channel) พร้อมทั้งจะให้สถานีทำการส่งแพ็กเก็ตหรือไม่ และทำหน้าที่ตรวจสอบข้อผิดพลาดของแพ็กเก็ต ว่าในการรับส่งข้อมูลในแต่ละครั้ง สถานีได้รับแพ็กเก็ตข้อมูลครบถ้วนหรือไม่ นอกจากนี้ยังมีกลไกในการแก้ปัญหาการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลในกรณีที่มีสถานีตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปต้องการส่งแพ็กเก็ตพร้อมกัน โดยในชั้น MAC นี้มีการกำหนดกลไกการร่วมใช้ช่องสัญญาณไว้ 2 รูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.2 [5]-[7] แบบแรกคือ แบบกระจาย (Distributed Coordination Function: DCF) เป็นกระบวนการทำงานเพื่อใช้หลีกเลี่ยงการชนกันของแพ็กเก็ต เนื่องจากสถานีลูกข่ายจะมีการแย่งใช้ช่องสัญญาณร่วมกัน ทำให้ต้องมีการตรวจสอบช่องสัญญาณว่าว่างหรือไม่ก่อนจะทำการส่งแพ็กเก็ต ถ้าหากช่องสัญญาณว่างก็จะทำการส่งแพ็กเก็ตออกไป แต่ถ้าหากไม่ว่างก็ต้องทำการรออยู่ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อที่จะทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำ โดยกลไกแบบ DCF นี้เหมาะกับการทำงานในแบบ Ac-hoc mode แบบที่สองคือแบบรวมศูนย์ (Point Coordination Function: PCF) เป็นกระบวนการที่มีศูนย์กลางในการควบคุมการใช้ช่องสัญญาณ โดยทำการหึ่งสัญญาณ (Polling) ตัดสินใจเลือกสถานีที่จะทำการส่งข้อมูล โดยจะมีเพียงสถานีเดียวเท่านั้นในแต่ละขอบเขตสัญญาณ ที่จะสามารถทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลได้ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยกลไกแบบ PCF เหมาะกับการทำงานในแบบ infrastructure mode



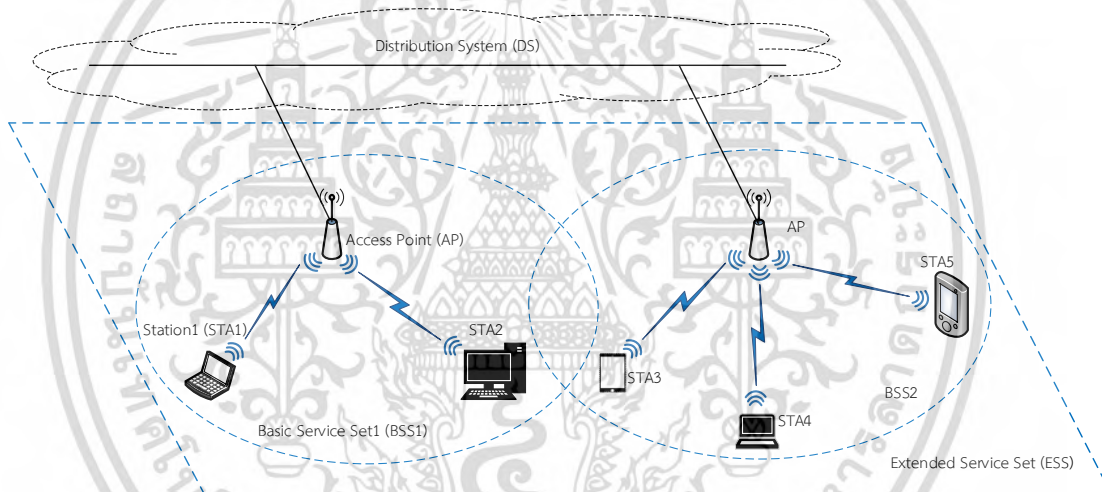
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของชั้น MAC ตามมาตรฐาน IEEE 802.11

2.2 สถาปัตยกรรมและรูปแบบการเชื่อมต่อของ IEEE 802.11

ในการเชื่อมต่อแลกเปลี่ยนแพ็กเก็ตข้อมูลของระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 มีรูปแบบการทำงานอยู่ 2 รูปแบบ คือแบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Mode) และโครงข่ายแบบการเชื่อมต่อแบบกลุ่มเฉพาะตัว (Ad-Hoc Mode)

2.2.1 การเชื่อมต่อในรูปแบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Mode)

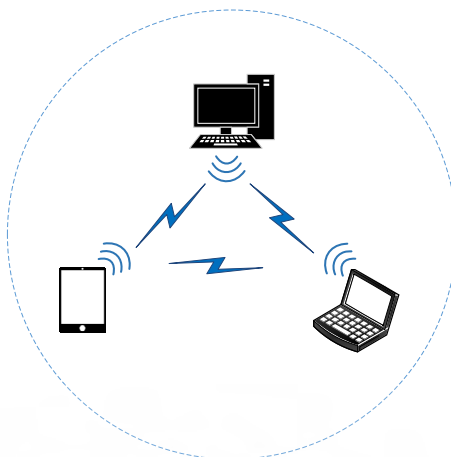
ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 อุปกรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลในเครือข่ายแบบไร้สายจะถูกเรียกว่าสถานีหรือสถานีลูกข่าย (Station: STA) โดยในการเชื่อมต่อแบบ infrastructure mode [4]-[8] จะมีสถานีแม่ข่าย (Access Point: AP) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการรับส่งข้อมูลของสถานีลูกข่ายภายในขอบเขตการให้บริการของ access point นั้น ทำให้สถานีลูกข่ายไม่รับส่งข้อมูลกันโดยตรง โดยกลุ่มของสถานีที่เชื่อมต่อและรับส่งข้อมูลภายในขอบเขตสัญญาณของ access point เดียวกันนั้นจะถูกเรียกว่าเซตบริการพื้นฐาน (Basic Service Set: BSS) นอกจากนี้ถ้าหาก access point แต่ละแห่งทำการเชื่อมต่อถึงกันเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีที่อยู่ต่าง BSS หรือเรียกว่าการเชื่อมต่อผ่านระบบกระจาย (Distribution System: DS) ทำให้สถานีสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลจาก BSS หนึ่งไปยัง BSS อื่นได้ ซึ่งในกรณีที่มี BSS มากกว่า 1 BSS เชื่อมต่อหรือรวมตัวเข้าด้วยกันนั้นจะถูกเรียกว่าเซตบริการขยาย (Extended Service Set: ESS) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยการเชื่อมต่อแบบ Infrastructure mode นั้นจะอยู่บนพื้นฐานกลไกการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบ PCF



รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่อในรูปแบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure Mode)

2.2.2 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มเฉพาะตัว (Ad-hoc Mode)

รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ ad-hoc mode [4]-[8] สถานีสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องมี access point เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูล ทำให้ทุกสถานีสามารถรับส่งข้อมูลถึงกันได้หมดภายในเขตเซตบริการเดียวกัน และแต่ละสถานีมีความเท่าเทียมกันในการร่วมใช้ช่องสัญญาณในการรับส่งข้อมูล โดยกลุ่มของสถานีที่เชื่อมต่อรับส่งข้อมูลกันโดยตรงภายในขอบเขตสัญญาณเดียวกันนั้นจะถูกเรียกว่า เซตบริการพื้นฐานอิสระ (Independent Basic Service Set: IBSS) แต่สถานีจะไม่สามารถเชื่อมต่อรับส่งข้อมูลข้าม IBSS ได้ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยการเชื่อมต่อแบบ Ad-hoc mode นั้นจะอยู่บนพื้นฐานกลไกการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบ DCF



รูปที่ 2.4 การเชื่อมต่อแบบกลุ่มเฉพาะตัว (Ad-Hoc Mode)

2.3 โพรโทคอล CSMA/CA

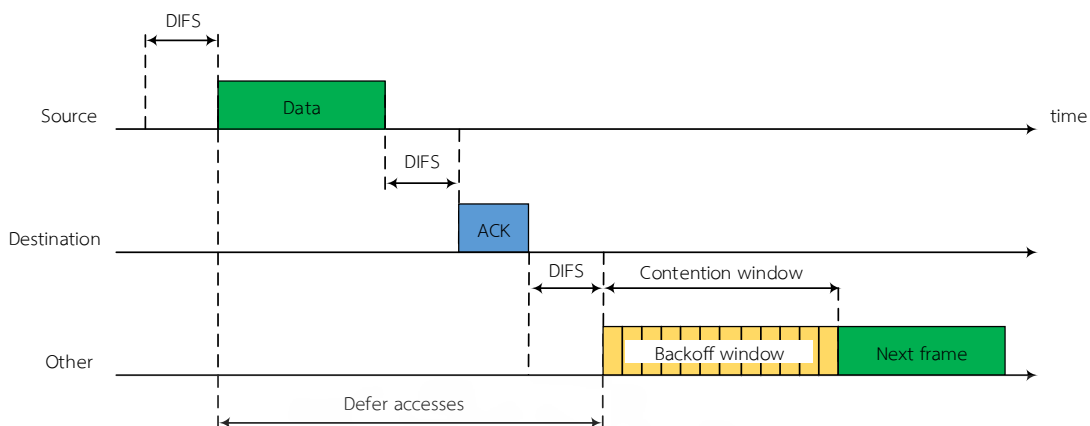
เนื่องจากกลไกการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบ DCF นั้น ไม่มี access point คอยควบคุมการร่วมใช้ช่องสัญญาณ โดยสถานีจะรับส่งแพ็กเก็ตโดยการใช้ช่องสัญญาณร่วมกันอย่างอิสระ จึงอาจเกิดกรณีที่สถานีตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปต้องการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลในเวลาเดียวกัน ทำให้เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูลภายในช่องสัญญาณได้ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าวิสัยสามารถลดลง ดังนั้นในกลไกการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบ DCF จึงมีโพรโทคอลที่ใช้การตรวจจับสัญญาณและคอยหลีกเลี่ยงการชนกันของแพ็กเก็ต คือโพรโทคอล CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) [4]-[8] โดยมีรูปแบบการทำงานอยู่ 2 โหมดคือ โหมดเบสิก (Basic Mode) และ โหมดส่งเฟรม RTC และ CTS (RTS/CTS Mode)

2.3.1 โพรโทคอล CSMA/CA Basic Mode

กลไกการทำงานของโพรโทคอล CSMA/CA basic mode [4]-[8] ในเริ่มแรกนั้น เมื่อสถานีต้องการที่จะส่งแพ็กเก็ตสถานีจะทำการตรวจว่าขณะนั้นช่องสัญญาณว่างอยู่หรือไม่ ถ้าไม่ว่างก็จะเข้าสู่กระบวนการแบ็คคอฟ แต่ถ้ามหาว่าช่องสัญญาณว่างก็สามารถเริ่มการส่งแพ็กเก็ตได้ กระบวนการทำงานของโพรโทคอล CSMA/CA basic mode แสดงได้ดังรูปที่ 2.5[4],[5],[8]

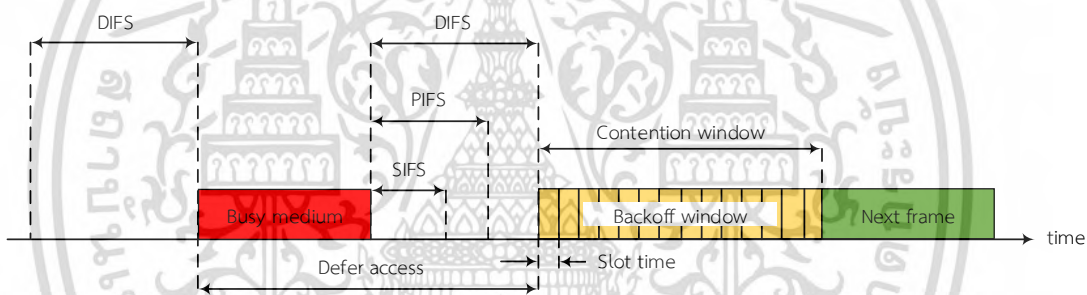
ในการส่งแพ็กเก็ตครั้งแรกนั้น สถานีที่จะต้องรอช่องสัญญาณว่างเป็นระยะเวลาหนึ่งเรียกว่า ช่วงเวลาระหว่างเฟรม (Inter-Frame Space: IFS) เป็นระยะเวลามากกว่าหรือเท่ากับช่วงระยะเวลา DIFS (Distributed Coordination IFS) แล้วจึงจะสามารถทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้ เมื่อสถานีส่งส่งแพ็กเก็ตเสร็จแล้วก็จะรอเป็นช่วงระยะเวลา SIFS (Short IFS) เพื่อรอรับเฟรมการยืนยันรับแพ็กเก็ตข้อมูลของสถานีรับ (Acknowledgment: ACK) จากสถานีรับ เพื่อเป็นการแจ้งบอกสถานีส่งให้รับรู้ว่าได้รับแพ็กเก็ตถูกต้องเรียบร้อยแล้ว แต่ถ้าสถานีส่งไม่ได้รับเฟรม ACK กลับมาจากสถานีรับในระยะเวลาที่กำหนดไว้ สถานีส่งจะรับรู้ว่าการส่งแพ็กเก็ตในครั้งนี้นี้ล้มเหลวจะต้องทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลอีกครั้ง โดยจะเข้าสู่กระบวนการแบ็คคอฟ ก่อนที่จะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลในครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 กระบวนการส่งแพ็กเก็ตของโปรโตคอล CSMA/CA Basic Mode

ช่วงเวลาระหว่างเฟรม (IFS) นั้นมีความแตกต่างกันอยู่ 3 รูปแบบ ซึ่งแต่ละค่านั้นถูกกำหนดตามลำดับความสำคัญดังรูปที่ 2.6 [4],[6]



รูปที่ 2.6 ช่วงเวลาของชั้น MAC ตามมาตรฐาน IEEE 802.11

- SIFS (Short IFS) คือช่วงเวลาระหว่างเฟรมที่น้อยที่สุดของ IFS ที่ใช้ในกรณีสำหรับการตอบสนองอย่างทันทีทันใด เช่น เฟรมคำร้องขอส่งแพ็กเก็ตข้อมูล (Request-to-Send: RTS), เฟรมยืนยันการเคลียร์ช่องสัญญาณก่อนส่ง (Clear-to-Send: CTS) และ เฟรมการยืนยันรับแพ็กเก็ตข้อมูลของสถานีรับ (Acknowledgment: ACK)
- PIFS (Priority Coordination IFS) คือช่วงเวลาระหว่างเฟรมขนาดกลางของ IFS ที่ใช้กับแพ็กเก็ตข้อมูลที่รับส่งมาจากสถานีแม่ข่าย ที่ใช้ในกลไกการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบ PCF
- DIFS (Distributed Coordination IFS) เป็นช่วงเวลาระหว่างเฟรมที่ยาวที่สุดของ IFS ที่ใช้กับการส่งแพ็กเก็ตข้อมูล ในกลไกการร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบ DCF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 สภาวะโหนดซ่อนเร้น (Hidden Node)

โพรโทคอล CSMA/CA basic mode นั้นสามารถเกิดปัญหาสำคัญได้อย่างหนึ่งคือปัญหาโหนดซ่อนเร้น (Hidden Nodes) [4]-[8] เนื่องจากการที่แต่ละสถานีมีสัญญาณที่ไม่ครอบคลุมถึงกันหมดทุกสถานี อาจมีสถานีที่สามารถตรวจจับสัญญาณของสถานีอื่น ๆ ได้ แต่อาจมีบางสถานีที่ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณของสถานีอื่น ๆ ได้ ดังรูปที่ 2.7 จะเห็นว่า สถานี B มีสัญญาณครอบคลุมทุกสถานี สามารถรับรู้ถึงสัญญาณของทั้งสถานี A และ C ได้ แต่สถานี A และสถานี C ไม่สามารถรับรู้ถึงสถานะของกันและกันได้ นั่นคือสถานี A นั้นสามารถรับรู้ถึงสัญญาณของสถานี B แต่ไม่รับรู้ถึงสัญญาณของสถานี C ในทางตรงกันข้ามสถานี C สามารถรับรู้ถึงสัญญาณของสถานี B แต่ไม่รับรู้ถึงสัญญาณของสถานี A ในกรณีเช่นนี้ อาจเกิดปัญหาการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดขึ้นได้ถ้าหากสถานี A และ C ส่งแพ็กเก็ตพร้อมกันไปที่สถานี B ด้วยเหตุนี้ทำให้มีเพียงสถานี B เท่านั้นที่รับรู้ถึงการเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าในสภาวะโหนดซ่อนเร้นนี้บางสถานีอาจไม่สามารถตรวจสอบการชนกันของแพ็กเก็ตได้ด้วยตนเอง ดังนั้นสถานีจำเป็นต้องมีการแสดงตอบรับที่ทำให้สถานีส่งรู้ว่าในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลที่เกิดขึ้นจะไม่มีการชนกันของแพ็กเก็ตข้อมูล



รูปที่ 2.7 สภาวะโหนดซ่อนเร้น

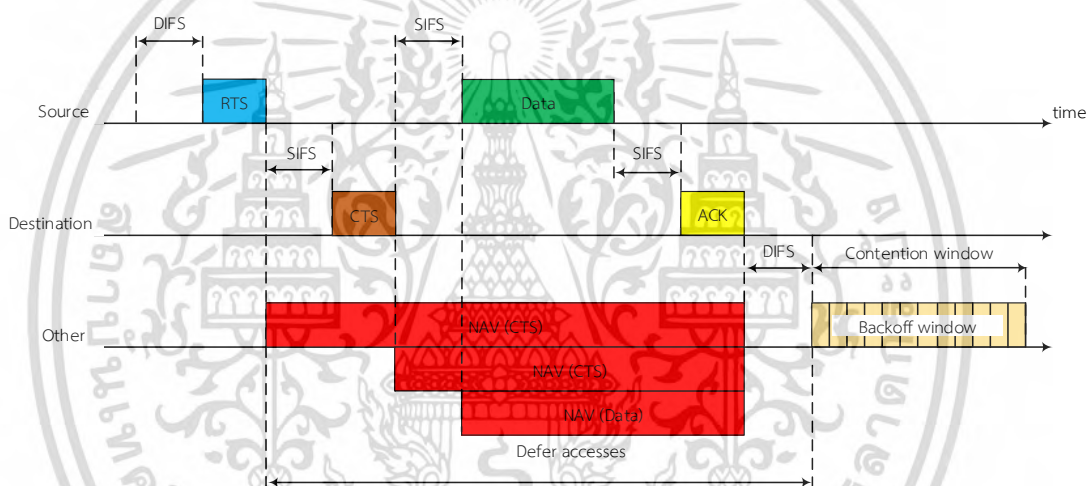
2.3.3 โพรโทคอล CSMA/CA with RTS/CTS Mode

เพื่อที่จะจัดการกับปัญหาโหนดซ่อนเร้นนี้ กลไกในการควบคุมการร่วมใช้ช่องสัญญาณในชั้น MAC ตามมาตรฐาน 802.11 ได้มีการเพิ่มเฟรมควบคุม (Control frame) ขนาดสั้น ๆ ขึ้นมา 2 เฟรม นั่นคือเฟรม เฟรมคำร้องขอส่งแพ็กเก็ตข้อมูล (RTS) และ เฟรมยืนยันการเคลียช่องสัญญาณก่อนส่ง (CTS) เพื่อป้องกันการชนกันของแพ็กเก็ต หรือเรียกว่าโพรโทคอล CSMA/CA ในโหมดเฟรมจองช่องสัญญาณ RTS และ CTS [4]-[8] ดังแสดงในรูปที่ 2.8

ในการที่สถานีที่ต้องการจะส่งแพ็กเก็ตจะส่งเฟรม RTS ออกไปก่อนเพื่อเป็นการแจ้งความประสงค์ว่าจะส่งเฟรมมูลและเป็นการจองช่องสัญญาณ ซึ่งภายในเฟรม RTS ประกอบไปด้วยระยะเวลาที่คาดว่าจะใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ (Duration ID) และที่อยู่ (Address) ของสถานีผู้ส่งและผู้รับ ส่วนสถานีปลายทางหรือสถานีรับเมื่อได้รับแพ็กเก็ต RTS แล้ว ถ้าในขณะนั้นพร้อมที่จะรับ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลก็จะส่งเฟรม RTS กลับไปยังสถานีส่ง เพื่อเป็นการแสดงว่าสถานีรับพร้อมที่จะรับเฟรมข้อมูล แล้วและบอกข้อมูลระยะเวลาที่คาดว่าสถานีที่กำลังส่งแพ็กเก็ตข้อมูลจะใช้ช่องสัญญาณจนแล้วเสร็จ ในขณะเดียวกันเป็นการแจ้งเตือนสถานีอื่น ที่อยู่ขอบเขตสัญญาณนั้นไปพร้อมๆกันด้วยว่า ขณะนี้มีสถานีที่กำลังจะใช้ช่องสัญญาณเพราะฉะนั้นสถานีอื่น ๆ ให้ประวิงเวลาส่งแพ็กเก็ตของตนเองออกไป เป็นระยะเวลาหนึ่งก่อน ทำให้สถานีอื่น ๆ ทำการตั้งค่าเวลา NAV (Network Allocation Vector Time) เพื่อเป็นการประวิงเวลาการร่วมเข้าใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ Duration ID ตามที่ระบุไว้ในเฟรม RTS และ CTS และสถานีอื่น ๆ ในขอบเขตสัญญาณจะต้องรอนกว่าค่า NAV ที่ตัวเองตั้งไว้จะหมดลง เมื่อสถานีส่งได้รับเฟรม CTS แล้วก็จะเริ่มทำการส่งเฟรมข้อมูลออกไป ถ้าสถานีรับได้รับข้อมูลครบถ้วนถูกต้องก็จะทำการส่งเฟรม ACK กลับมาที่สถานีส่งเพื่อเป็นบอกว่าการส่งเฟรมข้อมูลสำเร็จ แต่ถ้าการส่งข้อมูลล้มเหลวสถานีส่งก็จะเข้าสู่กระบวนการแบ็คคอฟฟ์ ก่อนที่จะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลซ้ำในครั้งต่อไป



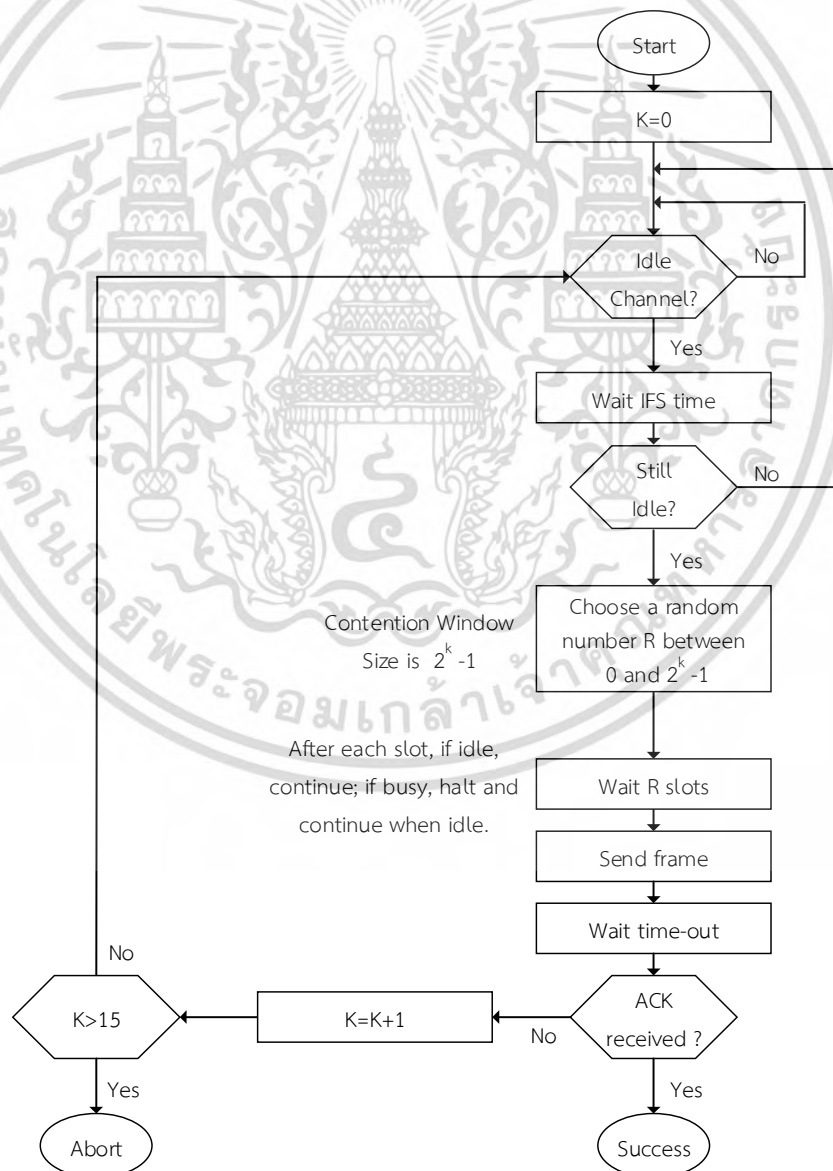
รูปที่ 2.8 กระบวนการส่งแพ็กเก็ตของโปรโตคอล CSMA/CA with RTS/CTS Mode

2.4 กระบวนการอัลกอริทึมแบ็คคอฟฟ์ในการลดการชนกันของแพ็กเก็ต

ในโปรโตคอล CSMA/CA ทั้งในโหมด basic mode และโหมดส่งเฟรมจองช่องสัญญาณ RTS และ CTS เมื่อสถานีต้องการที่จะส่งแพ็กเก็ตแต่ช่องสัญญาณไม่ว่างหรือการที่สถานีส่งแพ็กเก็ตไปแล้วแต่การส่งแพ็กเก็ตไม่ประสบความสำเร็จ ในการที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำนั้น สถานีจะต้องเข้าสู่กระบวนการอัลกอริทึมแบ็คคอฟฟ์ [4]-[8] ก่อนถึงจะสามารถทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำได้ โดยอัลกอริทึม แบ็คคอฟฟ์นี้จะคอยช่วยลดความน่าจะเป็นที่จะมีสถานีตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปต้องการส่งแพ็กเก็ตซ้ำในเวลาเดียวกัน เพราะถ้าหากว่าสถานีตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปทำการส่งแพ็กเก็ตมาพร้อมกันจนทำให้เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตในช่องสัญญาณแล้วแต่สถานีก็ทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำแบบทันทีทันใด ก็จะทำให้เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณแบบไม่รู้จบ

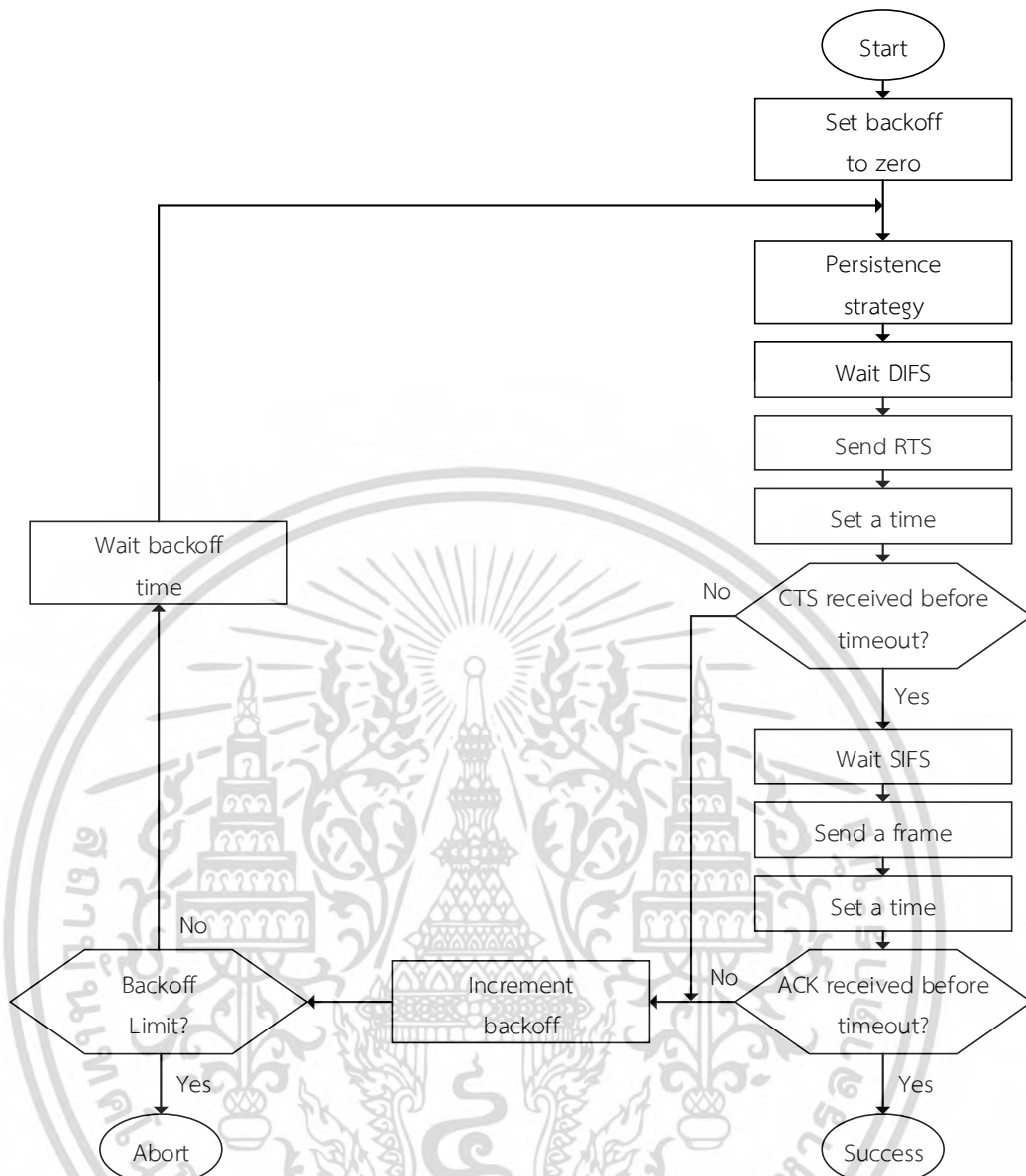
กลไกการทำงานของกระบวนการอัลกอริทึมแบ็คคอฟฟ์นั้นจะเริ่มเมื่อสถานีต้องการจะส่งแพ็กเก็ตซ้ำ สถานีจะทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณขึ้นมาหนึ่งค่า (Random Backoff) แล้วนับถอยหลังเพื่อรอการชนกันของแพ็กเก็ต เมื่อสัญญาณว่างแล้วก็จะส่งแพ็กเก็ตไปทันทีไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Backoff Time) ถ้าช่องสัญญาณว่างก็จะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปครั้งละ 1 ไทม์สล็อต ในขณะที่เดียวกันก็จะคอยตรวจสอบว่าช่องสัญญาณว่างหรือไม่ไปด้วย ถ้าหากในขณะนั้นสถานีตรวจสอบว่าช่องสัญญาณกำลังถูกใช้ส่งแพ็กเก็ต สถานีอื่น ๆ ที่มีความประสงค์ที่จะร่วมใช้ช่องสัญญาณในการส่งแพ็กเก็ตและกำลังลดค่าเวลาแบ็คคอปของตนเองอยู่ จะต้องทำการหยุดการลดและคงค้างค่าเวลาแบ็คคอปไว้ก่อน (Backoff Counter Frozen) และรอจนกว่าสถานีที่กำลังส่งแพ็กเก็ตอยู่ทำการส่งแพ็กเก็ตจนเสร็จสิ้นแล้วช่องสัญญาณว่างอีกครั้ง สถานีที่อยู่ในกระบวนการแบ็คคอปจึงจะเริ่มลดค่าเวลาแบ็คคอปต่อ จนกระทั่งค่าเวลาแบ็คคอปของตนเองมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อตจึงจะสามารถใช้ช่องสัญญาณเพื่อทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำอีกครั้ง โดยหลักการทำงานของอัลกอริทึมแบ็คคอปสำหรับ โพรโทคอล CSMA/CA basic mode แสดงดังในรูปที่ 2.9 [7] และหลักการทำงานของอัลกอริทึมแบ็คคอปสำหรับโพรโทคอล CSMA/CA ในโหมดส่งเฟรมจองช่องสัญญาณ RTS และ CTS แสดงดังในรูปที่ 2.10 [7]



รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของอัลกอริทึมแบ็คคอปในโหมด Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นใบโฆษณาด้านการค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



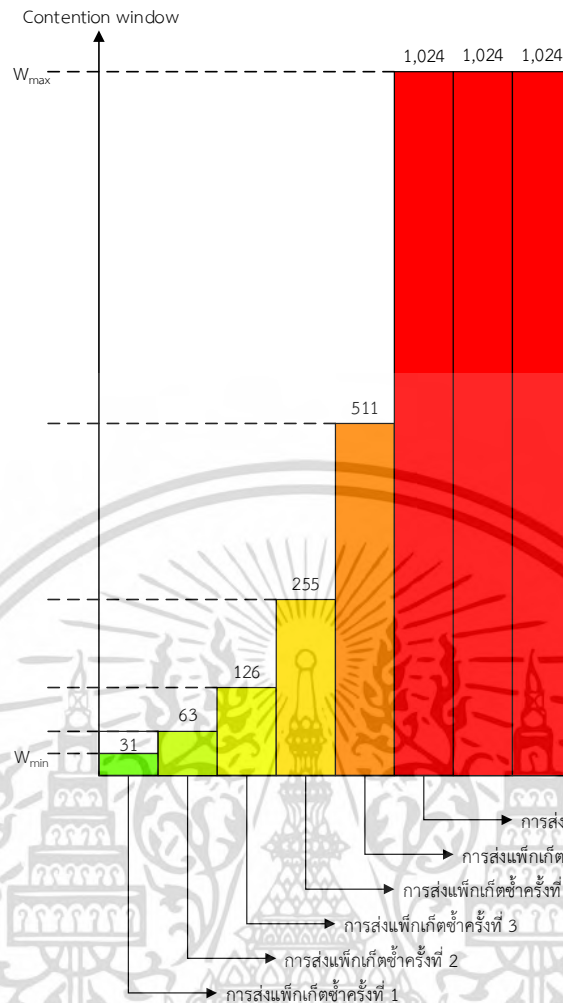
รูปที่ 2.10 หลักการทำงานของอัลกอริทึมแบ็คออฟในโหมดส่งเฟรมจองช่องสัญญาณ RTS และ CTS

โดยหลักการทำงานเบื้องต้นของอัลกอริทึมแบ็คออฟนั้น ในการสุ่มเลือกค่าหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้สัญญาณในครั้งแรกจะสุ่มเลือกช่วงค่าหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่น้อยที่สุดก่อน (W_{min}) และถ้าการส่งแพ็กเก็ตเข้าในครั้งแรกนี้ไม่ประสบความสำเร็จ ในการสุ่มเลือกค่าหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณครั้งต่อไปจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นแบบเลขยกกำลัง (Binary Exponential) [10] ดังแสดงในรูปที่ 2.10 กระบวนการลดการชนกันของแพ็กเกจแบบนี้จะเรียกว่า Binary Exponential Backoff (BEB) โดยสมการแสดงความสัมพันธ์การเพิ่มขึ้นของขนาดหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณกับจำนวนการส่งแพ็กเก็ตเข้าของการทำงานแบบ BEB จะเป็นดังสมการ

$$W_i = W_{min} \times 2^i \tag{2.1}$$

$$m = \frac{W_{max}}{W_{min}} \tag{2.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การเพิ่มขึ้นของค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณที่สัมพันธ์กับจำนวนการส่งแพ็กเก็ตซ้ำของอัลกอริทึมแบบ BEB

เมื่อ i คือ จำนวนการส่งแพ็กเก็ตซ้ำหรือแบคออฟสเตจ โดยที่ i อยู่ในช่วง 0 ถึง m ($i = 0, 1, 2, \dots, m$) และ m คือ สเตจสูงสุดหรือจำนวนการส่งแพ็กเก็ตซ้ำสูงสุด โดยถ้าสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำจนถึงสเตจสูงสุด (m) นี้แล้วจะยังคงสุ่มเลือกค่าหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณอยู่ในช่วงสเตจสูงสุด (W_{\max}) นี้จนกว่าจะส่งแพ็กเก็ตสำเร็จ แล้วถ้าหากการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลสำเร็จ ค่าหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณจะถูกตั้งค่าใหม่กลับไปค่าเริ่มต้น (W_{\min}) เพื่อใช้ในการสุ่มเลือกในกรณีที่ต้องส่งแพ็กเก็ตข้อมูลซ้ำในครั้งถัดไป

เหตุที่ต้องทำการเพิ่มค่าขนาดหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณไปเรื่อยๆทุกครั้งที่เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตนั้น เพื่อที่จะลดความน่าจะเป็นที่จะมีจำนวนสถานีตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปจะสุ่มได้ค่าหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณที่มีค่าเท่ากัน ซึ่งจะทำให้แต่ละสถานีทำการลดค่าหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณจนเหลือ 0 ไทม์สล็อตในเวลาเดียวกัน (มีจำนวนสถานีมากโอกาสที่จะสุ่มได้ค่าหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณสูงขึ้น) ด้วยเหตุนี้พอที่จะสรุปได้ว่าจำนวนไทม์สล็อตของหน้าต่างช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณและจำนวนสถานีมีผลต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ลูกโซ่มาร์คอฟในสถานะเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Time Markov Chain)

ให้ $\{X_n : n=0,1,2,\dots\}$ เป็นลำดับของตัวแปรสุ่ม ในกระบวนการเฟ้นสุ่มแบบเวลาไม่ต่อเนื่อง ที่มีปริภูมิสถานะ (state space) $S = \{1,2,\dots,N\}$ จะสามารถกล่าวได้ว่า X_n มีสมบัติเป็นลูกโซ่มาร์คอฟที่สถานะเวลาแบบไม่ต่อเนื่อง [9] ก็ต่อเมื่อ

$$P[X_n = j | X_1 = i_1, X_2 = i_2, \dots, X_{n-1} = i_{n-1}] = P[X_n = j | X_{n-1} = i] \quad (2.3)$$

จากสมการที่ (2.3) แสดงถึงความน่าจะเป็นในการเคลื่อนย้ายสถานะหนึ่งขั้นเวลา (one-step transition probability) หรือกล่าวได้ว่าความน่าจะเป็นในการเคลื่อนย้ายสถานะของ X_n ไม่ขึ้นกับความน่าจะเป็นของสถานะในอดีตที่ผ่านมา ($X_{n-2}, X_{n-3}, \dots, X_0$) แต่จะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของสถานะก่อนหน้าล่าสุด X_{n-1}

โดยที่ค่า $P[X_n = j | X_{n-1} = i]$ เป็นความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขที่ขึ้นอยู่กับค่า i และ j ดังนั้นความน่าจะเป็นในการเคลื่อนย้ายสถานะจากสแตจ i ไปยังสแตจ j หนึ่งขั้นเวลาจะสามารถเขียนได้ว่า

$$p_{ij} = P[X_n = j | X_{n-1} = i] \quad (2.4)$$

ซึ่งความน่าจะเป็นในการเคลื่อนย้ายสถานะสามารถเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ $N \times N$ ได้ โดยที่ค่าสมาชิกทุกค่าในเมทริกซ์ต้องเป็นบวก และผลรวมของค่าสมาชิกในแต่ละแถวต้องมีค่าเท่ากับ 1

บทที่ 3

อัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

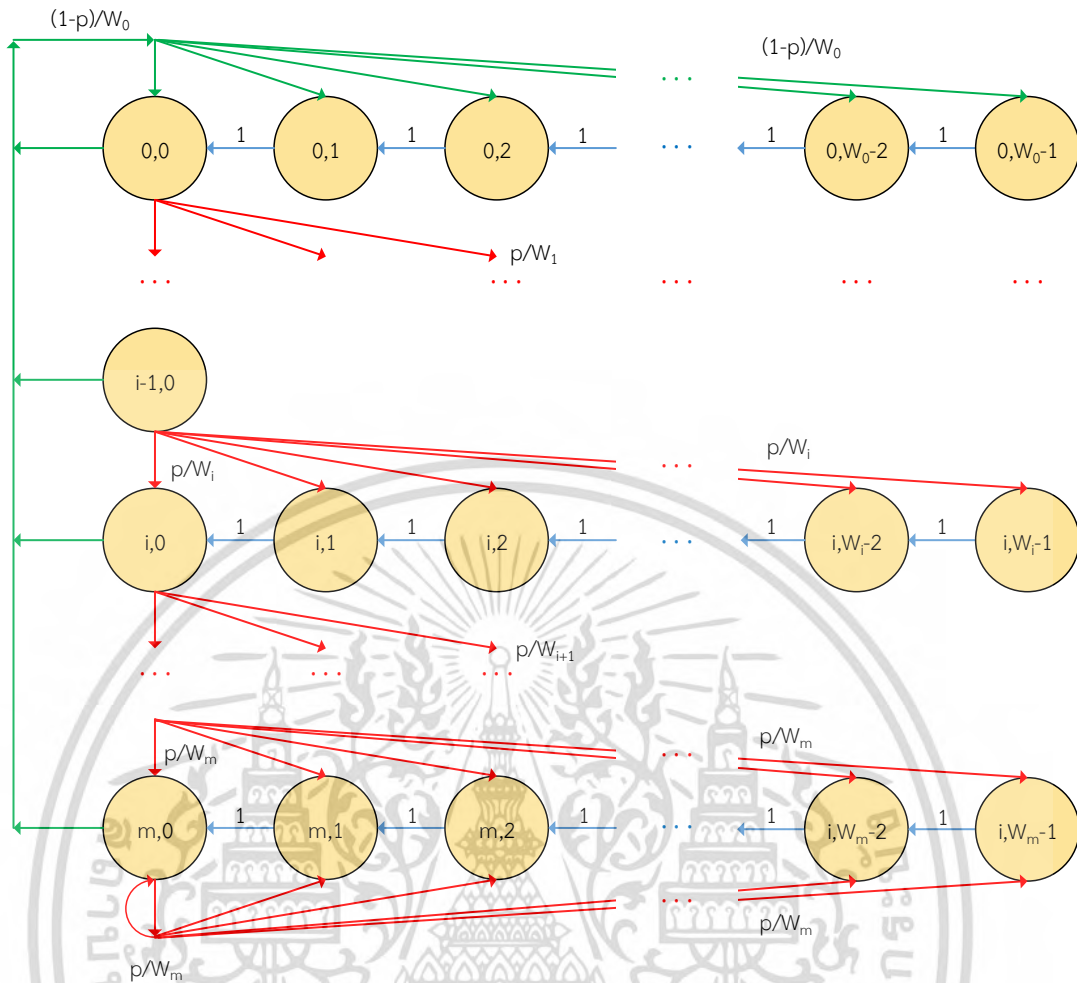
เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการชนกันของแพ็กเก็ต ในกระบวนการเข้าถึงช่องสัญญาณโดยใช้โพรโทคอล CSMA จะใช้กระบวนการแบ็คออฟแบบสุ่ม (Random Backoff) โดยเมื่อสถานีที่ต้องการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณแต่พบว่าช่องสัญญาณกำลังถูกใช้งานโดยสถานีอื่นอยู่ สถานีที่ต้องการที่จะส่งแพ็กเก็ตจะเข้าสู่กระบวนการอัลกอริทึมแบ็คออฟ โดยจะทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่น้อยที่สุดก่อน (W_{\min}) และถ้าในการส่งแพ็กเก็ตซ้ำในครั้งแรกไม่สำเร็จการสุ่มเลือกช่วงของค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในครั้งถัดไปจะเพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลัง กระบวนการลดการชนกันของข้อมูลแบบนี้เรียกว่า Binary Exponential Backoff (BEB) ซึ่งในปี ค.ศ.2,000 Giuseppe Bianchi ได้นำเสนอแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะของระบบโดยใช้หลักการลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบ BEB [10] หลังจากนั้นแบบจำลองนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในการใช้ศึกษาและพัฒนาระบบโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายเพื่อการหาควาวิสัยสามารถที่ดีขึ้น

3.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบ Binary Exponential Backoff กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

แบบจำลองนี้ใช้หลักการการลดการชนกันของแพ็กเก็ตของอัลกอริทึม BEB ในการออกแบบ โดยใช้หลักการลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องในการวิเคราะห์ จากรูปที่ 3.1 กำหนดให้ $b_{i,k}$ คือสถานะของสถานีที่อยู่ในระบบโดยที่ i คือค่าของแบ็คออฟสเตจ (Backoff stage) หรือการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่ i โดยที่ค่าของ i จะอยู่ในช่วง $i=0,1,2,\dots,W_{i-1}$ โดยที่ m คือค่าสเตจสูงสุดของจำนวนการส่งแพ็กเก็ตซ้ำ และค่า k คือค่าเวลาแบ็คออฟจะมีค่าอยู่ในช่วง $0,1,2,\dots,W_{i-1}$ โดยที่ W_i คือค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณ ซึ่งค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณนั้นจะเพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลัง (Binary Exponential) ในกรณีที่สถานีส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จเนื่องจากเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณ โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มขึ้นของหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณกับจำนวนการส่งแพ็กเก็ตซ้ำของอัลกอริทึม BEB จะเป็นดังสมการ

$$W_i = 2^i W_{\min} \quad (3.1)$$

$$W_{\max} = 2^m W_{\min} \quad (3.2)$$



รูปที่ 3.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบ BEB ของ Bianchi' model

สมการที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงแบคคอปสเตจจากแบคคอปสเตจเริ่มต้น (i_0) ไปเป็นแบคคอปสเตจถัดไปหรือแบคคอปสเตจที่ i_1 และแสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดหน้าต่างการส่ง ซึ่งรวมใช้ช่องสัญญาณจาก k_0 ไทม์สล็อต ไปเป็น k_1 ไทม์สล็อต

$$P = \{i_1, k_1 | i_0, k_0\} \tag{3.3}$$

ในกรณีที่สถานะของสถานีลดค่าเวลาแบคคอปสเตจครั้งละหนึ่งไทม์สล็อตโดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสเตจ สถานีจะเปลี่ยนจากสถานะที่มีค่าเวลาแบคคอปสเตจเท่ากับ $k + 1$ ไทม์สล็อต ไปเป็น k ไทม์สล็อต ด้วยค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 โดยยังคงอยู่ที่สเตจ i ไม่เปลี่ยนแปลง หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 3.4 ที่แสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนสถานะของสถานีจาก $(i, k + 1)$ ไปเป็น (i, k)

$$\begin{aligned} P = \{channel \text{ is idle}\} &= 1 \\ P = \{i, k | i, k + 1\} &= 1 \end{aligned} \tag{3.4}$$

โดยที่ $k \in (0, W_i - 2)$ $i \in (0, m)$
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่สถานะของสถานีลดค่าเวลาแบ็คคอปฟจนมีค่าเป็นศูนย์ สถานีจะมีสิทธิในการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณและถ้าทำการแพ็กเก็ตส่งได้สำเร็จ ค่าแบ็คคอปฟของสถานีนั้นจะกลับไปอยู่ที่สแตจเริ่มต้น (i_0) และทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วง 0 ถึง W_{0-1} ไทม์สล็อต โดยในกรณีที่สถานีสามารถทำการส่งแพ็กเก็ตได้สำเร็จนั้นจะมีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ $(1-p)$ ซึ่ง p คือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งข้อมูลไม่สำเร็จอันเนื่องมาจากการชนกันของแพ็กเก็ต หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 3.5 ที่แสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงจาก $(i,0)$ ไปเป็น สแตจ $0,k$ ด้วยค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ $\frac{(1-p)}{W_0}$

$$P = \{0, k | i, 0\} = \frac{1-p}{W_0} \quad (3.5)$$

โดยที่

$$k \in (0, W_0 - 1) \quad i \in (0, m)$$

ในกรณีที่สถานีส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จเนื่องจากการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณเกิดขึ้น ในการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งถัดไป แบ็คคอปฟของสถานีนั้นจะเปลี่ยนขึ้นไปอยู่ที่แบ็คคอปฟสแตจถัดไป (เพิ่มขึ้นหนึ่งแบ็คคอปฟสแตจ) และทำการสุ่มค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 3.6 ที่แสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลง $(i-1,0)$ ไปเป็น สแตจ (i,k) ด้วยค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ $\frac{p}{W_i}$ ซึ่งก็คือการที่ค่าเวลาแบ็คคอปฟเปลี่ยนจาก 0 ไทม์สล็อตไปเป็น k ไทม์สล็อต และค่าแบ็คคอปฟสแตจเปลี่ยนจาก $i-1$ ไปเป็น i

$$P = \{i, k | i-1, 0\} = \frac{p}{W_i} \quad (3.6)$$

โดยที่

$$k \in (0, W_i - 1) \quad i \in (1, m)$$

เมื่อสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำจนถึงแบ็คคอปฟสแตจสูงสุด ($i = m$) หรือการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่ m โดยที่ค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในสแตจนี้จะอยู่ที่ค่าสูงสุด (W_{\max}) และสถานะของสถานีจะยังคงอยู่ที่สแตจ m นี้แล้วทำการสุ่มค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วง $(0 - W_{m-1})$ จนกว่าจะส่งแพ็กเก็ตสำเร็จ หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 3.7 ที่แสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลง $(m,0)$ ไปเป็นสแตจ (m,k) ด้วยค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ $\frac{p}{W_m}$ ซึ่งก็คือการที่ค่าเวลาแบ็คคอปฟ 0 ไทม์สล็อต ไปเป็น k ไทม์สล็อต แต่ยังคงอยู่ที่สแตจ m ไม่เปลี่ยนแปลง

$$P = \{m, k | m, 0\} = \frac{p}{W_m} \quad (3.7)$$

โดยที่

$$k \in (0, W_m - 1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ากำหนดให้ $b_{i,k}$ แทนสถานะของสถานีในกระบวนการแบ็คคอปที่มีค่าความน่าจะเป็นที่สถานะของสถานีจะอยู่ที่สแตจ i และมีค่าเวลาแบ็คคอปอยู่ที่ k ไทม์สล็อต โดยที่ค่า k จะลดลงครั้งละ 1 ไทม์สล็อต ทุก ๆ ช่วงเวลาขณะที่ช่องสัญญาณว่าง ซึ่งสถานีจะสามารถทำการส่งแพ็กเก็ตได้เมื่อทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ก่อนเสมอ ($b_{i,0}$) ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตคือการที่ผลรวมค่าความน่าจะเป็นที่ทุกแบ็คคอปสแตจลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อต ดังสมการที่ 3.8

$$\sum_{i=0}^m b_{i,0} = b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + \dots + b_{m,0} \quad (3.8)$$

จากรูปที่ 3.1 ถ้าพิจารณากรณีที่สถานีทำการย้ายแบ็คคอปสแตจเพิ่มขึ้นครั้งและหนึ่งแบ็คคอปสแตจเนื่องจากเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณ โดยเริ่มจากแบ็คคอปสแตจที่ $i = 0$ (สแตจเริ่มต้น) ไปเป็นแบ็คคอปสแตจที่ 1 ด้วยค่าความน่าจะเป็นของการเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณเท่ากับ p จะสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 3.9

$$b_{1,0} = pb_{0,0} \quad (3.9)$$

จากสมการที่ 3.9 สามารถหาความสัมพันธ์การเปลี่ยนแบ็คคอปสแตจของสถานีในกรณีที่เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณได้ดังสมการ

$$b_{2,0} = pb_{1,0} = p^2 b_{0,0}$$

$$b_{3,0} = pb_{2,0} = p^3 b_{0,0}$$

$$\vdots$$

$$\text{ที่แบ็คคอปสแตจเท่ากับ } i \quad b_{i,0} = pb_{i-1,0} = p^i b_{0,0} \quad (3.10)$$

พิจารณากรณีที่สถานีอยู่ที่แบ็คคอปสแตจสูงสุด m

$$b_{m-1,0}p = (1-p)b_{m,0} \quad (3.11)$$

$$b_{m,0} = \frac{pb_{m-1,0}}{(1-p)} \quad (3.12)$$

จากสมการที่ 3.10 สามารถเขียนความสัมพันธ์ของค่า $b_{i-1,0}$ ได้ดังสมการ

$$pb_{i-1,0} = p^i b_{0,0}$$

$$b_{i-1,0} = \frac{p^i}{p} b_{0,0}$$

$$b_{i-1,0} = p^{i-1} b_{0,0}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ $i = m$ จะได้

$$b_{m-1,0} = p^{m-1}b_{0,0} \quad (3.13)$$

นำค่า $p^{m-1}b_{0,0}$ จากสมการที่ 3.13 แทนค่าลงในสมการที่ 3.12 จะได้

$$b_{m,0} = \frac{p(p^{m-1}b_{0,0})}{(1-p)}$$

$$b_{m,0} = \frac{p^m b_{0,0}}{(1-p)} \quad (3.14)$$

พิจารณากรณีสถานีอยู่ที่สแตจ $i = 0$ และมีค่าเวลาแบ็คคอปเท่ากับ k

$$b_{0,k} = \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + b_{0,k+1} \quad (3.15)$$

โดยที่

$$b_{0,k+1} = \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + b_{0,k+2} \quad (3.16)$$

แทนค่า $b_{0,k+1}$ จากสมการที่ 3.16 ลงในสมการที่ 3.15 จะได้ว่า

$$b_{0,k} = \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + \frac{1}{W_0} (1-p) \cdot \sum_{j=0}^m b_{j,0} + b_{0,k+2}$$

$$b_{0,k} = \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + b_{0,k+3}$$

$$b_{0,k} = \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + \dots + b_{0,W_0-1}$$

$$b_{0,k} = \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} + \dots + \frac{1}{W_0} \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0}$$

ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $i = 0$ และมีค่าเวลาแบ็คคอปใหม่เท่ากับ k จะได้ว่า

$$b_{0,k} = \left(\frac{W_0 - k}{W_0} \right) \cdot (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} \quad (3.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณากรณีสถานีอยู่ที่สแตจ $0 < i < m$ และมีค่าเวลาแบ็คคอปเฟเท่ากับ k

$$b_{i,k} = \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + b_{i,k+1} \quad (3.18)$$

โดยที่
$$b_{i,k+1} = \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + b_{i,k+2} \quad (3.19)$$

แทนค่า $b_{i,k+1}$ จากสมการที่ 3.19 ลงในสมการที่ 3.18 จะได้

$$\begin{aligned} b_{i,k} &= \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + b_{i,k+2} \\ b_{i,k} &= \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + b_{i,k+3} \\ b_{i,k} &= \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + \dots + b_{i,W_i-1} \\ b_{i,k} &= \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} + \dots + \frac{1}{W_i} \cdot p \cdot b_{i-1,0} \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $0 < i < m$ และมีค่าเวลาแบ็คคอปเฟเท่ากับ k จะได้ว่า

$$b_{i,k} = \left(\frac{W_i - k}{W_i} \right) \cdot p \cdot b_{i-1,0} \quad (3.20)$$

พิจารณากรณีสถานีอยู่ที่สแตจ $i = m$ และมีค่าเวลาแบ็คคอปเฟเท่ากับ k

$$b_{m,k} = \frac{1}{W_m} \cdot p \cdot b_{m-1,0} + \frac{1}{W_m} \cdot p \cdot b_{m,0} + b_{m,k+1} \quad (3.21)$$

โดยที่
$$b_{m,k+1} = \frac{1}{W_m} \cdot p \cdot b_{m-1,0} + \frac{1}{W_m} \cdot p \cdot b_{m,0} + b_{m,k+2} \quad (3.22)$$

แทนค่า $b_{m,k+1}$ จากสมการที่ 3.21 ลงในสมการที่ 3.20 จะได้

$$\begin{aligned} b_{m,k} &= \frac{1}{W_m} \cdot p \cdot b_{m-1,0} + \frac{1}{W_m} \cdot p \cdot b_{m,0} + \frac{1}{W_m} \cdot p \cdot b_{m-1,0} + \frac{1}{W_m} \cdot p \cdot b_{m,0} + b_{m,k+2} \\ b_{m,k} &= \frac{1}{W_m} \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) + \frac{1}{W_m} \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) + \frac{1}{W_m} \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) + b_{m,k+3} \\ b_{m,k} &= \frac{1}{W_m} \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) + \frac{1}{W_m} \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) + \frac{1}{W_m} \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) + \dots + b_{m,W_m-1} \\ b_{m,k} &= \frac{1}{W_m} \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) + \frac{1}{W_m} \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) + \dots + \frac{1}{W_m} \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูให้มหรนำปะประโยชน์ดานการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $i = m$ และมีค่าเวลาแบ็คคอปเท่ากับ k จะได้ว่า

$$b_{m,k} = \left(\frac{W_m - k}{W_m} \right) \cdot p (b_{m-1,0} + b_{m,0}) \quad (3.23)$$

จากสมการที่ 3.17, 3.20 และ 3.23 สามารถเขียนสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจใดๆ โดยที่ $k \in (1, W_i - 1)$ ได้ดังสมการที่ 3.24

$$b_{i,k} = \frac{W_i - k}{W_i} \cdot \begin{cases} (1-p) \sum_{j=0}^m b_{j,0} & i = 0 \\ p \cdot b_{i-1,0} & 0 < i < m \\ p \cdot (b_{m-1,0} + b_{m,0}) & i = m \end{cases} \quad (3.24)$$

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.10 และ 3.12 และกำหนดให้ $\sum_{i=0}^m b_{i,0} = \frac{b_{0,0}}{(1-p)}$ จะสามารถเขียนสมการที่ 3.24 ใหม่ได้ว่า

$$b_{i,k} = \frac{W_i - k}{W_i} b_{i,0} \quad (3.25)$$

โดยที่ $i \in (0, m), \quad k \in (0, W_i - 1)$

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 3.10, 3.12, 3.24 และ 3.25 ที่แสดงค่าความน่าจะเป็นทั้งหมดของแบ็คคอปสแตจใดๆ ($b_{i,k}$) ดังนั้นถ้าระบบอยู่ในสถานะคงตัว (steady-state) ผลรวมค่าความน่าจะเป็นของทุกสแตจจะเท่ากับ 1

$$\sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^{W_i-1} b_{i,k} = 1 \quad (3.26)$$

หรือ

$$\sum_{i=0}^m b_{i,0} \sum_{k=0}^{W_i-1} \frac{W_i - k}{W_i} = 1 \quad (3.27)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากงานวิจัยที่ [10] ได้แจกแจงให้เห็นว่าเทอม $\sum_{k=0}^{W_i-1} \frac{W_i - k}{W_i}$ มีค่าเฉลี่ยเป็น $\frac{W_i + 1}{2}$ และแทนค่าเฉลี่ยลงในสมการที่ 3.27 จะได้

$$\sum_{i=0}^m b_{i,0} \frac{W_i + 1}{2} = 1 \quad (3.28)$$

จากความสัมพันธ์ของ $W_i = 2^i W_{\min}$ ในสมการที่ 2.1 ดังนั้นเมื่อแทนค่าของ W_i ลงในสมการที่ 3.28 จะได้สมการที่ 3.29

$$\sum_{i=0}^m b_{i,0} \frac{2^i W_{\min} + 1}{2} = 1 \quad (3.29)$$

ถ้ากำหนดให้ $W_{\min} = W$ สามารถเขียนสมการที่ 3.29 ใหม่ได้เป็น

$$\sum_{i=0}^m b_{i,0} \frac{2^i W + 1}{2} = 1 \quad (3.30)$$

นำค่า $b_{m,0}$ ออกจากผลรวม แล้วจัดพจน์ $b_{i,0}$ ใหม่จะได้

$$\left[\sum_{i=0}^{m-1} b_{i,0} + b_{m,0} \right] \left(\frac{2^i W + 1}{2} \right) = 1 \quad (3.31)$$

แทนค่า $p^i b_{0,0}$ จากสมการที่ 3.10 และ $\frac{p^m b_{0,0}}{(1-p)}$ จากสมการที่ 3.12 ลงในสมการที่ 3.31 จะได้

$$\begin{aligned} & \left[\sum_{i=0}^{m-1} p^i b_{0,0} + \frac{p^m b_{0,0}}{1-p} \right] \left(\frac{2^i W + 1}{2} \right) = 1 \\ & \frac{b_{0,0}}{2} \left[\sum_{i=0}^{m-1} p^i + \frac{p^m}{1-p} \right] (2^i W + 1) = 1 \end{aligned} \quad (3.32)$$

ทำการกระจายพจน์

$$\frac{b_{0,0}}{2} \left[W \sum_{i=0}^{m-1} (2p)^i + \frac{W 2^i p^m}{1-p} + \sum_{i=0}^{m-1} p^i + \frac{p^m}{1-p} \right] = 1 \quad (3.33)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ $i = m$ จึงสามารถประมาณค่าให้ $\frac{W2^i p^m}{1-p} = \frac{W2^m p^m}{1-p} = \frac{W(2p)^m}{1-p}$ สามารถเขียนสมการที่

3.33 ใหม่ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{b_{0,0}}{2} \left[W \sum_{i=0}^{m-1} (2p)^i + \frac{W(2p)^m}{1-p} + \sum_{i=0}^{m-1} p^i + \frac{p^m}{1-p} \right] &= 1 \\ W \sum_{i=0}^{m-1} (2p)^i + \frac{W(2p)^m}{1-p} + \sum_{i=0}^{m-1} p^i + \frac{p^m}{1-p} &= \frac{2}{b_{0,0}} \end{aligned} \quad (3.34)$$

จากกฎ Summation $\sum_{n=0}^m x^n = \frac{1-x^{m+1}}{1-x}$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{m-1} (2p)^i &= \frac{1-(2p)^{(m-1)+1}}{1-2p} = \frac{1-(2p)^m}{1-2p} \\ \sum_{i=0}^{m-1} p^i &= \frac{1-p^{(m-1)+1}}{1-p} = \frac{1-p^m}{1-p} \end{aligned}$$

นำค่า $\frac{1-(2p)^m}{1-2p}$ และ $\frac{1-p^m}{1-p}$ แทนค่าลงในสมการที่ 3.34

$$\begin{aligned} W \left(\frac{1-(2p)^m}{1-2p} \right) + \frac{W(2p)^m}{1-p} + \frac{1-p^m}{1-p} + \frac{p^m}{1-p} &= \frac{2}{b_{0,0}} \\ \frac{W(1-(2p)^m)(1-p) + W(2p)^m(1-2p) + (1-p^m)(1-2p) + p^m(1-2p)}{(1-2p)(1-p)} &= \frac{2}{b_{0,0}} \\ \frac{2(1-p)(1-2p)}{b_{0,0}} &= (1-2p)(W+1) + pW(1-(2p)^m) \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,0}$ จะเป็นดังสมการ

$$b_{0,0} = \frac{2(1-p)(1-2p)}{(1-2p)(W+1) + pW(1-(2p)^m)} \quad (3.35)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้นจะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะสามารถส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้ (τ) เนื่องจากการลดค่าเวลาแบ็คออฟจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อต จะเป็นดังสมการ

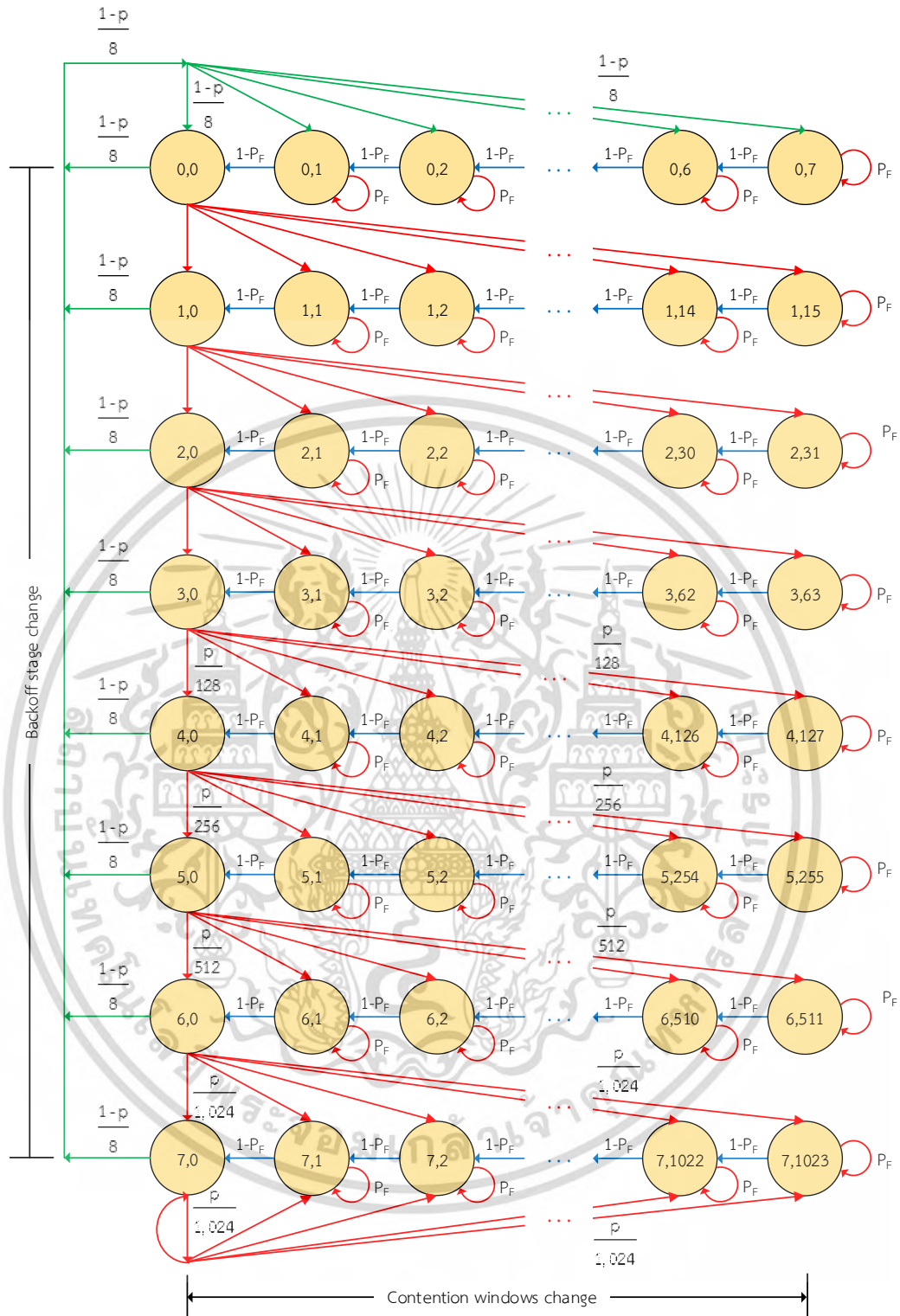
$$\tau = \sum_{i=0}^m b_{i,0} = \frac{b_{0,0}}{1-p} = \frac{2(1-p)(1-2p)}{(1-2p)(W+1) + pW(1-(2p)^m)} \quad (3.36)$$

3.2 การใช้เทคนิคกำหนดค่าแบ็คออฟสแตจและขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบคงที่ในแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่อง

เพื่อให้การคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณ (Transmission probability: τ) ของทุกอัลกอริทึมมีความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบ ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ใช้เทคนิคเดียวกับงานวิจัยที่ [21] กำหนดให้ค่าแบ็คออฟสแตจสูงสุดเท่ากับ 8 สแตจ (0 ถึง 7 สแตจ) และค่าหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1,024 ไทม์สล็อต (0 ถึง 1,023 ไทม์สล็อต) โดยเรียกการจำลองอัลกอริทึมแบบคอฟที่มีการกำหนดค่าแบ็คออฟสแตจสูงสุดและค่าหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบนี้ว่า Fixed Backoff Stage and Fixed Contention Window (FBFC) ซึ่งจะทำให้การคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณที่ละไทม์สล็อต (Slot-by-Slot Transmission Probability)

3.2.1 การจำลองอัลกอริทึม Binary Exponential Backoff กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

ในการจำลองอัลกอริทึมแบบคอฟโดยใช้หลักการลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อทำการวิเคราะห์ผลและคำนวณค่าวิสัยสามารถของระบบ ในงานวิจัยนี้นอกจากจะใช้เทคนิค FBFC เพื่อให้เกิดมาตรฐานเดียวกันในการวิเคราะห์แล้ว ยังนำค่าตัวแปร ค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ ต้องหยุดพักการลดค่าเวลาแบ็คออฟจนกว่าช่องสัญญาณจะว่าง (P_f) ลงไปในแบบจำลองเพื่อให้เกิดความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังเช่นในงานวิจัยที่ [22] ที่นำเสนอแบบจำลองที่มีแนวคิดที่สถานีใด ๆ ต้องหยุดพักการลดค่าเวลาแบ็คออฟไว้ชั่วขณะและรอจนกว่าสถานีที่ทำการลดค่าเวลาแบ็คออฟจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อตและมีสิทธิในการร่วมใช้ช่องสัญญาณทำการส่งแพ็กเก็ตจนแล้วเสร็จ จนช่องสัญญาณกลับมาว่างอีกครั้งสถานีใด ๆ ที่ทำการหยุดการลดค่าเวลาแบ็คออฟไว้จึงจะสามารถทำการลดค่าเวลาแบ็คออฟต่อไป ดังนั้น การจำลองอัลกอริทึม Binary Exponential Backoff (BEB) โดยใช้เทคนิค FBFC และเพิ่มตัวแปร P_f ลงไปในแบบจำลอง จึงแสดงดังในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบจำลองอัลกอริทึม BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

เพื่อที่จะหาความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณ τ ของอัลกอริทึมแบบ BEB จะเริ่มพิจารณาจากกรณีที่สถานีที่ต้องการจะส่งแพ็กเก็ตจะส่งแพ็กเก็ตครั้งแรก ซึ่งกรณีนี้สถานีจะอยู่ที่แบ็คออฟสเตจที่ 0 และทำการสุ่มค่าเวลาแบ็คออฟในช่วงค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณที่น้อยที่สุดก่อน หรือ W_{min} (สุ่มในช่วง 0 ถึง 7 ไทม์สล็อต) โดยจะเริ่มจากการเอกลำดับเป็นเอกลักษณ์สำหรับเวลาหรือการเรียงกันเพื่อทำการหาค่าที่แน่นอน เมื่ออนุญาตให้เข้าใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณความน่าจะเป็นที่สถานีมีสถานะอยู่ที่สแตจที่ 0 และมีค่าเวลาแบ็คคอปเท่ากับ 7 ไทม์สล็อต หรือมีค่าความน่าจะเป็นที่สถานีมีสถานะอยู่ที่สแตจ $b_{0,7}$ ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{(1-p)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + P_F b_{0,7} &= (1-P_F) b_{0,7} \\ (1-2P_F) b_{0,7} &= \frac{(1-p)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \\ b_{0,7} &= \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \end{aligned} \quad (3.37)$$

ถ้าหากว่าในขณะนั้นช่องสัญญาณยังคงมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานีจะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปลงไปอีก 1 ไทม์สล็อต แต่ยังคงอยู่ที่แบ็คคอปสแตจที่ 0 ดังเดิม ทำให้สถานีเหลือค่าเวลาแบ็คคอปไทม์เท่ากับ 6 ไทม์สล็อต หรือมีค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,6}$ สมการที่ 3.38

$$\begin{aligned} \frac{(1-p)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + P_F b_{0,6} + (1-P_F) b_{0,7} &= (1-P_F) b_{0,6} \\ (1-2P_F) b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + (1-P_F) b_{0,7} \\ b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} b_{0,7} \end{aligned} \quad (3.38)$$

แทนค่า $b_{0,7}$ จากสมการที่ 3.37 ลงในสมการที่ 3.38 จะได้

$$\begin{aligned} b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \left(\frac{(1-p)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \right) \\ b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{(1-p)(1-P_F)}{8(1-2P_F)^2} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \end{aligned} \quad (3.39)$$

จัดรูปสมการที่ 3.39 ใหม่จะได้

$$\begin{aligned} b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-P_F)(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{(1-p)}{8(1-P_F)(1-2P_F)^2} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \\ b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-P_F)} \sum_{i=0}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{i,0} \end{aligned} \quad (3.40)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากว่าช่องสัญญาณมีสถานะว่าง สถานีจะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปลงเรื่อยๆ ครั้งละ 1 ไทม์สล็อต ซึ่งสามารถใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 3.37 ถึง 3.40 คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีมีสถานะอยู่ที่สแตจที่ 0 และลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 1 ไทม์สล็อต หรือสถานีมีค่าความน่าจะเป็นที่จะอยู่ที่สแตจ $b_{0,1}$ ดังสมการ

$$b_{0,1} = \frac{(1-p)}{8(1-P_F)} \sum_L \left[\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right]^L \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \quad (3.41)$$

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปไทม์จนกระทั่งมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อต ($b_{0,0}$) สถานีจะมีสิทธิในการส่งแพ็กเก็ตเข้าครั้งแรกที่สแตจนี้ ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ของสมการที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,0}$ ได้ดังนี้

$$\frac{p}{16} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8} b_{0,0} = \frac{(1-p)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + (1-P_F) b_{0,0} \quad (3.42)$$

แทนค่า $b_{0,1}$ จากสมการที่ 3.41 ลงในสมการที่ 3.42 จะได้

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

$$b_{0,0} = \frac{(1-p)}{8 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{16} \right)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{(1-p)}{8 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{16} \right)} \sum_L \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \quad (3.43)$$

ในกรณีที่สถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อต หรือมีค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,0}$ สถานีจะมีสิทธิในการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณเข้าครั้งแรกที่สแตจนี้ แต่ถ้าหากสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จ ในกรณีของอัลกอริทึมแบบ BEB ค่าของแบ็คคอปสแตจของสถานีจะเพิ่มขึ้น 1 แบ็คคอปสแตจ (เปลี่ยนจากแบ็คคอปสแตจที่ 0 ไปเป็นแบ็คคอปสแตจที่ 1) และทำการสุ่มค่าเวลาแบ็คคอปในช่วงของค่าขนาดหน้าต่างการชวงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณที่เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว (สุ่มในช่วง 0 ถึง 15 หรือ W_1)

โดยในการที่จะหาความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตเข้าครั้งที่สองที่สแตจ $b_{1,0}$ จะเริ่มจากการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่แบ็คคอปสแตจที่ 1 และมีค่าเวลาแบ็คคอปเท่ากับ 15 ไทม์สล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,15}$ ดังสมการที่ 3.44

$$\begin{aligned}
\frac{p}{16}b_{0,0} + P_F b_{1,15} &= (1 - P_F)b_{1,15} \\
(1 - 2P_F)b_{1,15} &= \frac{p}{16}b_{0,0} \\
b_{1,15} &= \frac{p}{16(1 - 2P_F)}b_{0,0}
\end{aligned} \tag{3.44}$$

ถ้าหากในขณะนั้นช่องสัญญาณยังคงมีสถานะว่างอยู่ สถานีจะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปลงไปอีก 1 ไทมสล็อต ทำให้สถานีเหลือค่าเวลาแบ็คคอปไทมเท่ากับ 14 ไทมสล็อต หรือมีค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,14}$ ดังนี้

$$\begin{aligned}
\frac{p}{16}b_{0,0} + (1 - P_F)b_{1,15} + P_F b_{1,14} &= (1 - P_F)b_{1,14} \\
(1 - 2P_F)b_{1,14} &= \frac{p}{16}b_{0,0} + (1 - P_F)b_{1,15} \\
b_{1,14} &= \frac{p}{16(1 - 2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)}b_{1,15}
\end{aligned} \tag{3.45}$$

แทนค่า $b_{1,15}$ จากสมการที่ 3.44 ลงในสมการที่ 3.45 จะได้

$$\begin{aligned}
b_{1,14} &= \frac{p}{16(1 - 2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)}\left(\frac{p}{16(1 - 2P_F)}b_{0,0}\right) \\
b_{1,14} &= \frac{p}{16(1 - 2P_F)}b_{0,0} + \frac{p(1 - P_F)}{16(1 - 2P_F)^2}b_{0,0}
\end{aligned} \tag{3.46}$$

จัดรูปสมการที่ 3.46 ใหม่ จะได้

$$\begin{aligned}
b_{1,14} &= \frac{p}{16(1 - P_F)(1 - 2P_F)}b_{0,0} + \frac{p}{16(1 - P_F)(1 - 2P_F)^2}b_{0,0} \\
b_{1,14} &= \frac{p}{16(1 - P_F)}\sum_{L=1}^2\left(\frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)}\right)^L b_{0,0}
\end{aligned} \tag{3.47}$$

ถ้าหากว่าช่องสัญญาณมีสถานะว่าง สถานีจะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปลงเรื่อยๆ ครั้งละ 1 ไทมสล็อต ซึ่งสามารถใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 3.44 ถึง 3.47 คำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,1}$ ดังสมการที่ 3.48

$$b_{1,1} = \frac{p}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} \quad (3.48)$$

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 0 ไทเมสล็อต สถานีมีสิทธิที่จะทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สองที่สเตรจ $b_{1,0}$ นี้ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สเตรจ $b_{1,0}$ จะเป็นดังสมการ

$$\frac{(1-p)}{8} b_{1,0} + \frac{p}{32} b_{1,0} = \frac{p}{16} b_{0,0} + (1-P_F) b_{1,1} \quad (3.49)$$

แทนค่า $b_{1,1}$ จากสมการที่ 3.48 ลงในสมการที่ 3.49 จะได้

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

$$b_{1,0} = \frac{p}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32} \right)} b_{0,0} + \frac{p}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32} \right)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} \quad (3.50)$$

ถ้าหากสถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทเมสล็อตแล้ว แต่ยังคงทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลได้ไม่สำเร็จ สถานีจะทำการเปลี่ยนแบ็คคอปสเตรจขึ้นไปหนึ่งสเตรจและสุ่มช่วงค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นแบบเท่าตัวต่อไป ซึ่งสามารถให้หลักการคำนวณเช่นเดียวกับสมการที่ 3.37 ถึง 3.50 เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตซ้ำที่สเตรจ $b_{2,0}$, $b_{3,0}$, $b_{4,0}$, $b_{5,0}$, $b_{6,0}$ และ $b_{7,0}$ ได้ดังสมการ

$$b_{2,0} = \frac{p}{32 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{64} \right)} b_{1,0} + \frac{p}{32 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{64} \right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \quad (3.51)$$

$$b_{3,0} = \frac{p}{64 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{127} \right)} b_{2,0} + \frac{p}{64 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{127} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} \quad (3.52)$$

$$b_{4,0} = \frac{p}{128 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{256} \right)} b_{3,0} + \frac{p}{128 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{3,0} \quad (3.53)$$

$$b_{5,0} = \frac{p}{256 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{512} \right)} b_{4,0} + \frac{p}{256 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{4,0} \quad (3.54)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b_{6,0} = \frac{p}{512 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{1,024} \right)} b_{5,0} + \frac{p}{512 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{5,0} \quad (3.55)$$

$$b_{7,0} = \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{8} \right)} b_{6,0} + \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{8} \right)} + \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{8} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{6,0} + \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{8} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{7,0} \quad (3.56)$$

หากกำหนดให้ TX คือเหตุการณ์ที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณ ดังค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณคือ

$$\tau = P(TX) \quad (3.57)$$

ในงานวิจัยที่ [11], [13] และ [15] ได้แสดงให้เห็นว่าถ้ากำหนดให้ TX คือเหตุการณ์ที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณ และ กำหนดให้ $(s = i)$ คือเหตุการณ์ที่สถานีจะมีสถานะอยู่ที่สแตจ i โดยที่ i คือจำนวนการส่งแพ็กเก็ตซ้ำที่มีค่าอยู่ในช่วง $(0$ ถึง $m)$ ซึ่ง m คือค่าของการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งสุดท้าย ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณในแต่ละโหนดแบบสุ่มเลือก (Unconditional Probability) และจากทฤษฎีของเบส (Bayes's theorem) จะสามารถเขียนได้ว่า

$$P(s = i | TX) = \frac{P(TX | s = i) P(s = i)}{P(TX)}$$

$$P(TX) \frac{P(s = i | TX)}{P(TX | s = i)} = P(s = i) \quad (3.58)$$

เมื่อพิจารณาในสภาวะสถานะคงตัว

$$P(TX) \sum_{i=0}^m \frac{P(s = i | TX)}{P(TX | s = i)} = \sum_{i=0}^m P(s = i) = 1 \quad (3.59)$$

ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณจะสามารถเขียนได้ว่า

$$\tau = P(TX) = \frac{1}{\sum_{i=0}^m \frac{P(s = i | TX)}{P(TX | s = i)}} = \frac{1}{\sum_{i=0}^m b_{i,0}} = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + \dots + b_{m,0}} \quad (3.60)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึม BEB กรณีที่ช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย (τ_{BEB}) จะเป็นดังสมการ

$$\tau_{BEB} = \frac{1}{\sum_{i=0}^m b_{i,0}} = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}} \quad (3.61)$$

แทนค่า $b_{0,0}$, $b_{1,0}$, $b_{2,0}$, $b_{3,0}$, $b_{4,0}$, $b_{5,0}$, $b_{6,0}$ และ $b_{7,0}$ จากสมการที่ 3.43, 3.50, 3.51, 2.52, 3.53, 3.54, 3.55 และ 3.56 ลงในสมการที่ 3.61 และกำหนดให้

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{p}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32} \right)}, & A2 &= \frac{p}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32} \right)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, & A3 &= A1 + A2 \\ B1 &= \frac{p}{32 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{64} \right)}, & B2 &= \frac{p}{32 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{64} \right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, & B3 &= B1A3 + B2A3 \\ C1 &= \frac{p}{64 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{127} \right)}, & C2 &= \frac{p}{64 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{127} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, & C3 &= C1B3 + C2B3, \\ D1 &= \frac{p}{128 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{256} \right)}, & D2 &= \frac{p}{128 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, & D3 &= D1C3 + D2C3, \\ E1 &= \frac{p}{256 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{512} \right)}, & E2 &= \frac{p}{256 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, & E3 &= E1D3 + E2D3, \\ F1 &= \frac{p}{512 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{1,024} \right)}, & F2 &= \frac{p}{512 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, & & \\ F3 &= F1E3 + F2E3 \\ G1 &= \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{8} \right)}, & G2 &= \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{8} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, & G3 &= \frac{G1+G2}{1-G1-G2} F3 \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึม BEB กรณีที่ช่องสัญญาณไม่มีการจางหายจะเป็นดังสมการที่ 3.62

$$\tau_{BEB} = \frac{1}{1 + A3 + B3 + C3 + D3 + E3 + F3 + G3} \quad (3.62)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การจำลองอัลกอริทึม Double Increment Double Decrement Backoff กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

ในงานวิจัยที่ [13] ถึง [16] ได้ทำนำเสนอแบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟที่มีชื่อว่า Double Increment Double Decrement (DIDD) เพื่อที่จะพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพของค่าวิสัยสามารถให้ดีกว่าอัลกอริทึมแบบ BEB โดยหลักการการทำงานของอัลกอริทึมแบ็คออฟ DIDD คือในกรณีที่สถานีทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่ที่แบ็คออฟสเตจถัดไปและทำการเพิ่มค่าหน้าต่างช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบสองเท่า (Double Increment: DI) (ไม่เพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลังแบบสุ่มเหมือนอัลกอริทึม BEB) ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากสถานีทำการส่งแพ็กเก็ต ข้อมูลผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จสถานีจะเปลี่ยนมาอยู่ที่แบ็คออฟสเตจก่อนหน้า (ไม่ถูกตั้งค่าให้กลับไปอยู่ที่แบ็คออฟสเตจเริ่มต้นเหมือน BEB) และทำการลดค่าหน้าต่างช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบสองเท่า (Double Decrement: DD) ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังสมการที่ 3.63 และ 3.64 และแบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟ DIDD โดยใช้หลักการลูทโชมาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องและใช้เทคนิค FBFC แสดงดังในรูปที่ 3.3

$$W_{new} = 2 \times W_{old} \quad \text{กรณีส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จ} \quad (3.63)$$

$$W_{new} = W_{old} / 2 \quad \text{กรณีส่งแพ็กเก็ตสำเร็จ} \quad (3.64)$$

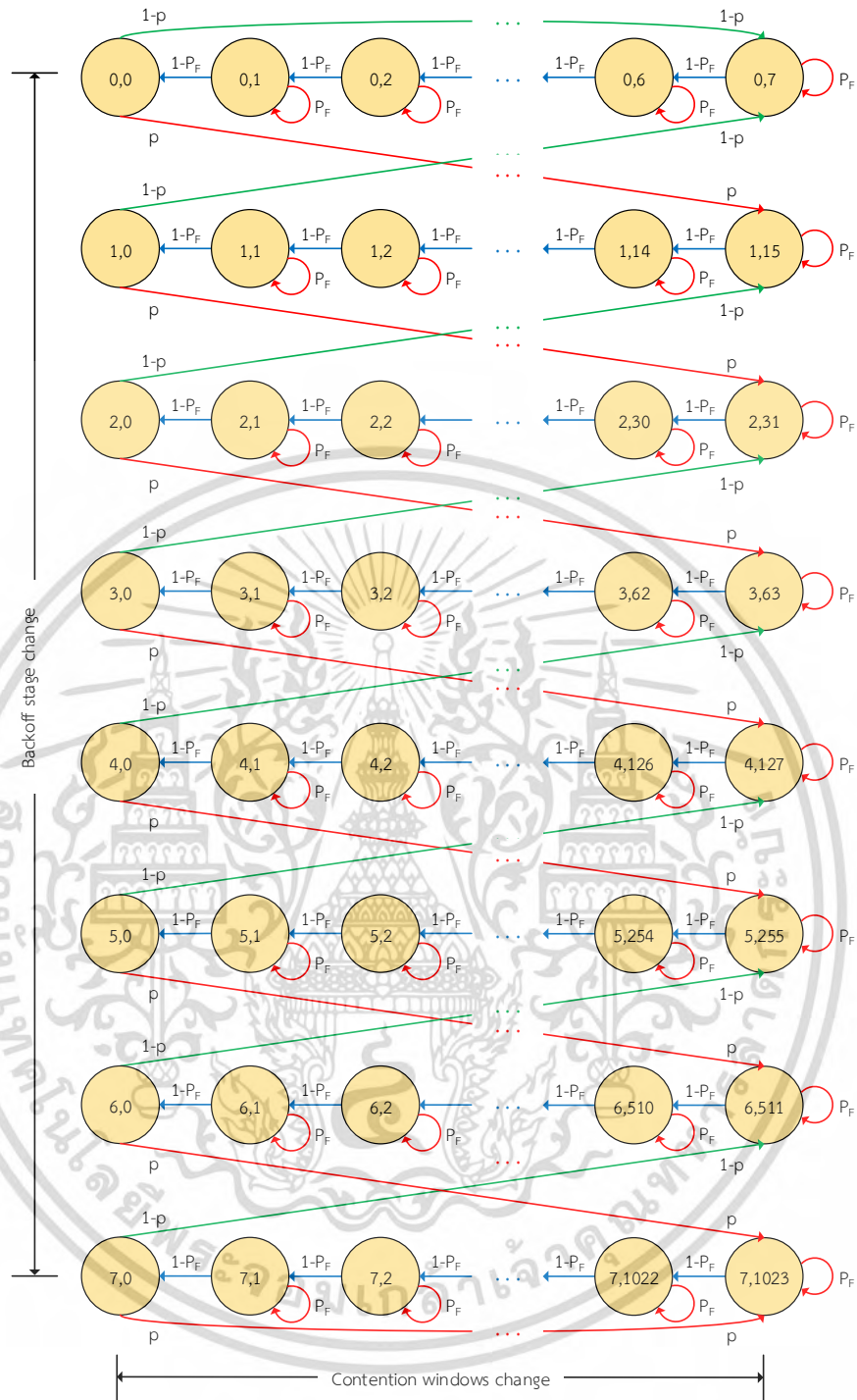
ในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณ τ ของอัลกอริทึม DIDD จะเริ่มพิจารณาจากกรณีที่สถานีต้องการจะส่งแพ็กเก็ตครั้งแรก ซึ่งกรณีนี้สถานีจะอยู่ที่แบ็คออฟสเตจที่ 0 และมีค่าขนาดช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 7 ไทเมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สเตจ $b_{0,7}$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} (1-p)b_{0,0} + P_F b_{0,7} + (1-p)b_{1,0} &= (1-P_F)b_{0,7} \\ (1-2P_F)b_{0,7} &= (1-p)b_{0,0} + (1-p)b_{1,0} \\ b_{0,7} &= \frac{(1-p)}{(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{(1-2P_F)}b_{1,0} \end{aligned} \quad (3.65)$$

ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่ที่สเตจ $b_{0,6}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สเตจ $b_{0,6}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned} P_F b_{0,6} + (1-P_F)b_{0,7} &= (1-P_F)b_{0,6} \\ (1-2P_F)b_{0,6} &= (1-P_F)b_{0,7} \\ b_{0,6} &= \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}b_{0,7} \end{aligned} \quad (3.66)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แบบจำลองอัลกอริทึม DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

แทนค่า $b_{0,7}$ จากสมการที่ 3.65 ลงในสมการที่ 3.66 จะได้

$$b_{0,6} = \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \left(\frac{(1-p)}{(1-2P_F)} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{(1-2P_F)} b_{1,0} \right)$$

$$b_{0,6} = \frac{(1-p)(1-P_F)}{(1-2P_F)^2} b_{0,0} + \frac{(1-p)(1-P_F)}{(1-2P_F)^2} b_{1,0} \tag{3.67}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดรูปสมการที่ 3.67 ใหม่จะได้

$$b_{0,6} = \frac{(1-p)}{(1-P_F)} \frac{(1-P_F)^2}{(1-2P_F)^2} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{(1-P_F)} \frac{(1-P_F)^2}{(1-2P_F)^2} b_{1,0} \quad (3.68)$$

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 3.65 ถึง 3.68 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สเตรจ $b_{0,1}$ ดังสมการที่ 3.69

$$b_{0,1} = \frac{(1-p)}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{0,0} + \frac{(1-p)}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{1,0} \quad (3.69)$$

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทมสล็อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานะอยู่ที่สเตรจ $b_{0,0}$ ได้ดังสมการ

$$(1-p)b_{0,0} + pb_{0,0} = (1-P_F)b_{0,1} \quad (3.70)$$

แทนค่า $b_{0,1}$ จากสมการที่ 3.69 ลงในสมการที่ 3.70 จะได้

$$\begin{aligned} (1-p)b_{0,0} + pb_{0,0} &= (1-P_F) \left(\frac{(1-p)}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{0,0} + \frac{(1-p)}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{1,0} \right) \\ b_{0,0} &= (1-p) \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{0,0} + (1-p) \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{1,0} \end{aligned} \quad (3.71)$$

ในกรณีที่สถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทมสถานีจะมีสิทธิในการส่งแพ็กเกตผ่านช่องสัญญาณซ้ำครั้งแรกที่สเตรจ $b_{0,0}$ นี้ แต่ถ้าหากสถานีทำการส่งแพ็กเกตไม่สำเร็จ ในกรณีของอัลกอริทึมแบ็คคอป DIDD ค่าของแบ็คคอปสเตรจของสถานีจะเพิ่มขึ้น 1 แบ็คคอปสเตรจ และทำการเพิ่มค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณขึ้นเป็นสองเท่า (เพิ่มเป็น 15 ไทมสล็อต) โดยในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะทำการส่งแพ็กเกตซ้ำครั้งที่สองที่สเตรจ $b_{1,0}$ จะเริ่มจากการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สเตรจ $b_{1,15}$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} pb_{0,0} + P_F b_{1,15} + (1-p)b_{2,0} &= (1-P_F)b_{1,15} \\ (1-2P_F)b_{1,15} &= pb_{0,0} + (1-p)b_{2,0} \\ b_{1,15} &= \frac{p}{(1-2P_F)} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{(1-2P_F)} b_{2,0} \end{aligned} \quad (3.72)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานะจะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจ $b_{1,14}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,14}$ จะเป็นดังสมการที่ 3.73

$$\begin{aligned} P_F b_{1,14} + (1 - P_F) b_{1,15} &= (1 - P_F) b_{1,14} \\ (1 - 2P_F) b_{1,14} &= (1 - P_F) b_{1,15} \\ b_{1,14} &= \frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} b_{1,15} \end{aligned} \quad (3.73)$$

แทนค่า $b_{1,15}$ จากสมการที่ 3.72 ลงในสมการที่ 3.73 จะได้

$$\begin{aligned} b_{1,14} &= \frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} \left(\frac{p}{(1 - 2P_F)} b_{0,0} + \frac{(1 - p)}{(1 - 2P_F)} b_{2,0} \right) \\ b_{1,14} &= \frac{p(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)^2} b_{0,0} + \frac{(1 - p)(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)^2} b_{2,0} \end{aligned} \quad (3.74)$$

จัดรูปสมการที่ 3.74 ใหม่จะได้

$$b_{1,14} = \frac{p}{(1 - P_F)} \frac{(1 - P_F)^2}{(1 - 2P_F)^2} b_{0,0} + \frac{(1 - p)}{(1 - P_F)} \frac{(1 - P_F)^2}{(1 - 2P_F)^2} b_{2,0} \quad (3.75)$$

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 3.72 ถึง 3.75 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,1}$ ดังสมการที่ 3.76

$$b_{1,1} = \frac{p}{(1 - P_F)} \left(\frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} \right)^{15} b_{0,0} + \frac{(1 - p)}{(1 - P_F)} \left(\frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} \right)^{15} b_{2,0} \quad (3.76)$$

เมื่อสถานะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทมสล็อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,1}$ ได้ดังสมการ

$$(1 - p) b_{1,0} + p b_{1,0} = (1 - P_F) b_{1,1} \quad (3.77)$$

แทนค่า $b_{1,1}$ จากสมการที่ 3.76 ลงในสมการที่ 3.77 จะได้

$$(1-p)b_{1,0} + pb_{1,0} = (1-P_F) \left(\frac{p}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{2,0} \right)$$

$$b_{1,0} = p \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{0,0} + (1-p) \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{2,0} \quad (3.78)$$

ถ้าหากสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สองไม่สำเร็จที่สแตจ $b_{1,0}$ นี้ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่ที่แบ็คออฟสแตจถัดไป และทำการเพิ่มค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณขึ้นเป็นสองเท่า แล้วทำการลดค่าเวลาแบ็คออฟไทม์ลงมาเรื่อย ๆ จนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สลอต เพื่อจะทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สามที่สแตจ $b_{2,0}$ โดยค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{2,0}$ จะเป็นดังสมการ

$$b_{2,0} = p \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{31} b_{1,0} + (1-p) \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{31} b_{3,0} \quad (3.79)$$

ถ้าสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สามที่สแตจ $b_{2,0}$ นี้สำเร็จ สถานีจะไม่ตั้งค่ากลับไปที่แบ็คออฟสแตจเริ่มต้นเหมือนอัลกอริทึม BEB แต่จะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจก่อนหน้าหรือแบ็คออฟสแตจที่ 1 และทำการลดค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบลงสองเท่า แต่ถ้าหากส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จ สถานีจะทำการเปลี่ยนแบ็คออฟสแตจขึ้นไปหนึ่งสแตจและเพิ่มค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าตัวต่อไป ซึ่งสามารถให้หลักการคำนวณเช่นเดียวกับสมการที่ 3.65 ถึง 3.79 เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตซ้ำที่สแตจ $b_{3,0}$, $b_{4,0}$, $b_{5,0}$, $b_{6,0}$ และ $b_{7,0}$ ได้ดังสมการ

$$b_{3,0} = p \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{63} b_{2,0} + (1-p) \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{63} b_{4,0} \quad (3.80)$$

$$b_{4,0} = p \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{127} b_{3,0} + (1-p) \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{127} b_{5,0} \quad (3.81)$$

$$b_{5,0} = p \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{255} b_{4,0} + (1-p) \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{255} b_{6,0} \quad (3.82)$$

$$b_{6,0} = p \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{255} b_{5,0} + (1-p) \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{255} b_{7,0} \quad (3.83)$$

$$b_{7,0} = p \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{1,023} b_{6,0} + p \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{1,023} b_{7,0} \quad (3.84)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึม แบบคอปแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย (τ_{DIDD}) ได้จากสมการ

$$\tau_{DIDD} = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}} \quad (3.85)$$

กำหนดให้

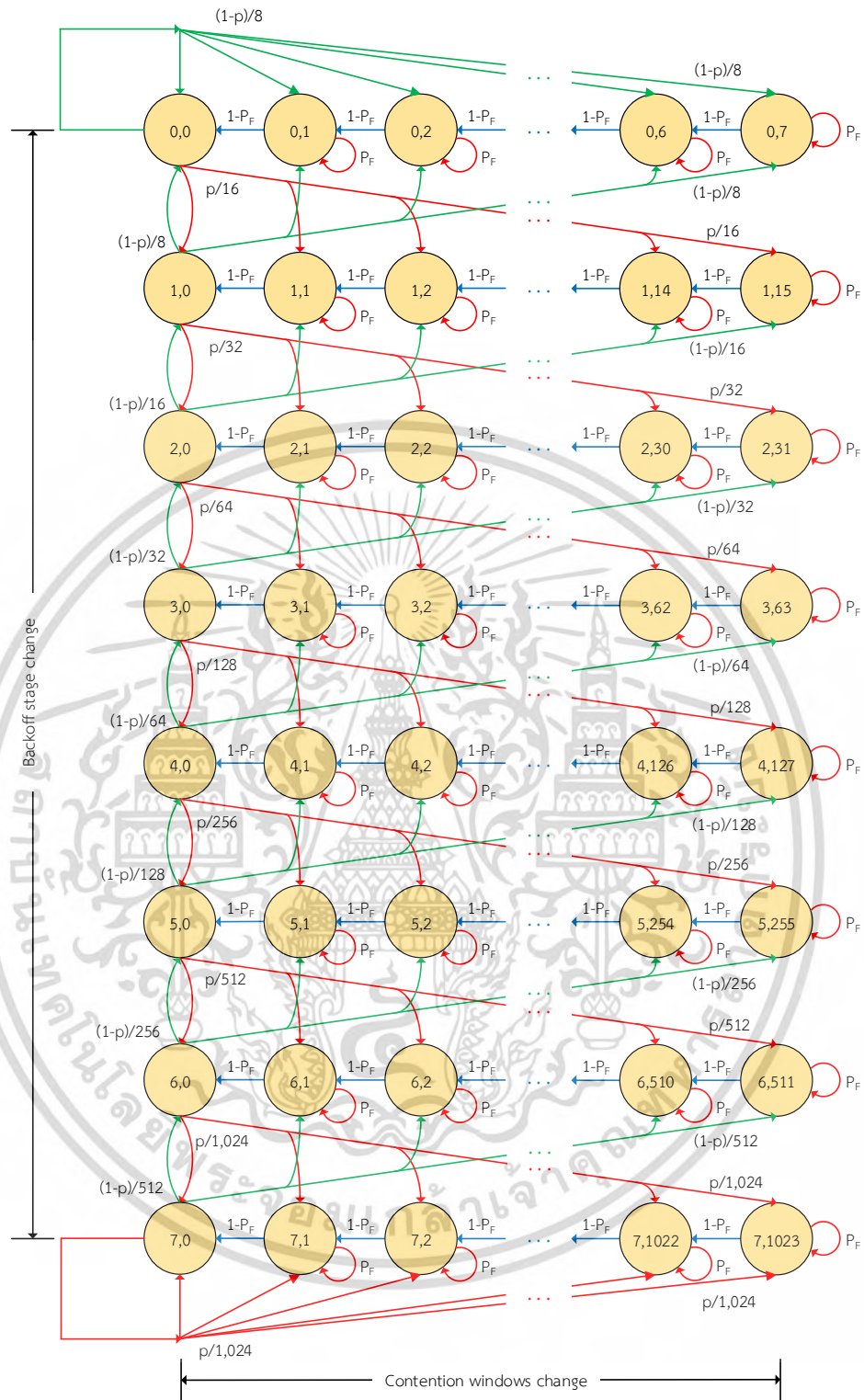
$$\begin{aligned} P_{FF} &= \frac{1 - P_F}{1 - 2P_F}, & A_1 &= \frac{1 - (1-p)P_{FF}^7}{(1-p)P_{FF}^7}, & B_1 &= \frac{A_1 - pP_{FF}^{15}}{(1-p)P_{FF}^{15}}, & C_1 &= \frac{B_1 - pP_{FF}^{31}A_1}{(1-p)P_{FF}^{31}} \\ D_1 &= \frac{C_1 - pP_{FF}^{63}B_1}{(1-p)P_{FF}^{63}}, & E_1 &= \frac{D_1 - pP_{FF}^{127}C_1}{(1-p)P_{FF}^{127}}, & F_1 &= \frac{E_1 - pP_{FF}^{255}D_1}{(1-p)P_{FF}^{255}}, & G_1 &= \frac{F_1 - pP_{FF}^{511}E_1}{(1-p)P_{FF}^{511}} \end{aligned}$$

จะได้

$$\tau_{DIDD} = \frac{1}{1 + A_1 + B_1 + C_1 + D_1 + E_1 + F_1 + G_1} \quad (3.86)$$

3.2.3 การจำลองอัลกอริทึม Exponential Increase Exponential Decrease Backoff กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

ในงานวิจัยที่ [17] ถึง [20] ได้นำเสนอแบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอปที่มีชื่อเรียกว่า Exponential Increase Exponential Decrease (EIED) เพื่อที่จะพัฒนาประสิทธิภาพของค่าวิสัยสามารถให้ดีขึ้นกว่าอัลกอริทึมแบบ BEB โดยหลักการการทำงานของอัลกอริทึมแบบคอปแบบ EIED คือในกรณีที่สถานีส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่ที่แบ็คคอปสเตจถัดไปและทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่เพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Increase: EI) ในทางตรงกันข้าม กรณีที่สถานีทำการส่งแพ็กเก็ตสำเร็จ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่สเตจก่อนหน้า (ไม่ถูกตั้งค่าให้กลับไปที่แบ็คคอปสเตจเริ่มต้นเหมือนอัลกอริทึมแบบ BEB) และทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณลดลงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Decrease: ED) ซึ่งแบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอป EIED โดยใช้หลักการลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องและใช้เทคนิค FBFC แสดงดังในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แบบจำลองอัลกอริทึม EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

ในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณ τ ของอัลกอริทึมแบบ EIED จะเริ่มพิจารณาจากกรณีที่สถานีต้องการจะส่งแพ็กเก็ตจกซ์ครั้งแรก ซึ่งกรณีนี้สถานีจะอยู่ที่แบ็คออฟสเตจที่ 0 และมีค่าขนาดช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 7 ไทมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สเตจ $b_{0,7}$ ดังสมการที่ 3.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
\frac{(1-p)}{8}b_{0,0} + P_F b_{0,7} + \frac{(1-p)}{8}b_{1,0} &= (1-P_F)b_{0,7} \\
(1-2P_F)b_{0,7} &= \frac{(1-p)}{8}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8}b_{1,0} \\
b_{0,7} &= \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{1,0}
\end{aligned} \tag{3.87}$$

ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานะนี้จะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจ $b_{0,6}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,6}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned}
\frac{(1-p)}{8}b_{0,0} + P_F b_{0,6} + (1-P_F)b_{0,7} + \frac{(1-p)}{8}b_{1,0} &= (1-P_F)b_{0,6} \\
(1-2P_F)b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8}b_{1,0} + (1-P_F)b_{0,7} \\
b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{1,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}b_{0,7}
\end{aligned} \tag{3.88}$$

แทนค่า $b_{0,7}$ จากสมการที่ 3.87 ลงในสมการที่ 3.88 จะได้

$$\begin{aligned}
b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{1,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \left(\frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{1,0} \right) \\
b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-2P_F)}b_{1,0} + \frac{(1-p)(1-P_F)}{8(1-2P_F)^2}b_{0,0} + \frac{(1-p)(1-P_F)}{8(1-2P_F)^2}b_{1,0}
\end{aligned} \tag{3.89}$$

จัดรูปสมการที่ 3.89 ใหม่จะได้

$$\begin{aligned}
b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-P_F)(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-P_F)(1-2P_F)}b_{1,0} \\
&\quad + \frac{(1-p)}{8(1-P_F)(1-2P_F)^2}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-P_F)(1-2P_F)^2}b_{1,0} \\
b_{0,6} &= \frac{(1-p)}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^2 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^2 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0}
\end{aligned} \tag{3.90}$$

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 3.87 ถึง 3.90 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,1}$ ดังสมการที่ 3.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b_{0,1} = \frac{(1-p)}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \quad (3.91)$$

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,0}$ ได้ดังสมการ

$$\frac{p}{16} b_{0,0} = \frac{(1-p)}{8} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8} b_{1,0} + (1-P_F) b_{0,1} \quad (3.92)$$

แทนค่า $b_{0,1}$ จากสมการที่ 3.91 ลงในสมการที่ 3.92 จะได้

$$\begin{aligned} \frac{p}{16} b_{0,0} &= \frac{(1-p)}{8} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8} b_{1,0} + (1-P_F) \left(\frac{(1-p)}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \right) \\ b_{0,0} &= \frac{(1-p)}{8 \left(\frac{p}{16} \right)} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8 \left(\frac{p}{16} \right)} b_{1,0} + \\ &\quad \frac{(1-p)}{8 \left(\frac{p}{16} \right)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{(1-p)}{8 \left(\frac{p}{16} \right)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \end{aligned} \quad (3.93)$$

ในกรณีที่สถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อต สถานีจะมีสิทธิในการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณซ้ำครั้งแรกที่สแตจ $b_{0,0}$ นี้ แต่ถ้าหากสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จ ในกรณีของอัลกอริทึมแบบ EIED ค่าของแบ็คคอปสแตจของสถานีจะเพิ่มขึ้น 1 แบ็คคอปสแตจ และทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการส่งซึ่งร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่เพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลัง (ช่วง 0 ถึง 15 ไทม์สล็อต)

โดยในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สองที่สแตจ $b_{1,0}$ จะเริ่มจากการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,15}$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} \frac{p}{16} b_{0,0} + P_F b_{1,15} + \frac{(1-p)}{16} b_{2,0} &= (1-P_F) b_{1,15} \\ \frac{p}{16} b_{0,0} + P_F b_{1,15} + \frac{(1-p)}{16} b_{2,0} &= (1-P_F) b_{1,15} \\ (1-2P_F) b_{1,15} &= \frac{p}{16} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16} b_{2,0} \\ b_{1,15} &= \frac{p}{16(1-2P_F)} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16(1-2P_F)} b_{2,0} \end{aligned} \quad (3.94)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานะนี้จะเปลี่ยนไปอยู่ที่สเตจ $b_{1,14}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานะนี้จะอยู่ที่สเตจ $b_{1,14}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned} \frac{p}{16}b_{0,0} + (1-P_F)b_{1,15} + P_F b_{1,14} + \frac{(1-p)}{16}b_{2,0} &= (1-P_F)b_{1,14} \\ (1-2P_F)b_{1,14} &= \frac{p}{16}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16}b_{2,0} + (1-P_F)b_{1,15} \\ b_{1,14} &= \frac{p}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16(1-2P_F)}b_{2,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}b_{1,15} \end{aligned} \quad (3.95)$$

แทนค่า $b_{1,15}$ จากสมการที่ 3.94 ลงในสมการที่ 3.95 จะได้

$$\begin{aligned} b_{1,14} &= \frac{p}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16(1-2P_F)}b_{2,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \left(\frac{p}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16(1-2P_F)}b_{2,0} \right) \\ b_{1,14} &= \frac{p}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16(1-2P_F)}b_{2,0} + \frac{p(1-P_F)}{16(1-2P_F)^2}b_{0,0} + \frac{(1-p)(1-P_F)}{16(1-2P_F)^2}b_{2,0} \end{aligned} \quad (3.96)$$

จัดรูปแบบสมการที่ 3.96 ใหม่จะได้

$$\begin{aligned} b_{1,14} &= \frac{p}{16(1-P_F)(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16(1-P_F)(1-2P_F)}b_{2,0} \\ &\quad + \frac{p}{16(1-P_F)(1-2P_F)^2}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16(1-P_F)(1-2P_F)^2}b_{2,0} \\ b_{1,14} &= \frac{p}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^2 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^2 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} \end{aligned} \quad (3.97)$$

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 3.94 ถึง 3.97 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานะนี้จะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทเมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สเตจ $b_{1,1}$ ดังสมการ

$$b_{1,1} = \frac{p}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} \quad (3.98)$$

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทมส์ล๊อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,0}$ ได้ดังสมการ

$$\frac{(1-p)}{8}b_{1,0} + \frac{p}{32}b_{1,0} = \frac{p}{16}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16}b_{2,0} + (1-P_F)b_{1,1} \quad (3.99)$$

แทนค่า $b_{1,1}$ จากสมการที่ 3.98 ลงในสมการที่ 3.99 จะได้

$$\begin{aligned} \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32}\right)b_{1,0} &= \frac{p}{16}b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16}b_{2,0} + \frac{p}{16} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{2,0} \\ b_{1,0} &= \frac{p}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32}\right)} b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32}\right)} b_{2,0} + \\ &\quad \frac{p}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32}\right)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{0,0} + \frac{(1-p)}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32}\right)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{2,0} \end{aligned} \quad (3.100)$$

ถ้าหากสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สองไม่สำเร็จที่สแตจ $b_{1,0}$ นี้ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่ที่แบ็คคอปสแตจถัดไป และทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่เพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลัง แล้วทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปใหม่ลงมาเรื่อยๆ จนมีค่าเท่ากับ 0 ไทมส์ล๊อต เพื่อจะทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สามที่สแตจ $b_{2,0}$ โดยค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{2,0}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned} b_{2,0} &= \frac{p}{32 \left(\frac{(1-p)}{16} + \frac{p}{64}\right)} b_{1,0} + \frac{(1-p)}{32 \left(\frac{(1-p)}{16} + \frac{p}{64}\right)} b_{3,0} + \\ &\quad \frac{p}{32 \left(\frac{(1-p)}{16} + \frac{p}{64}\right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{1,0} + \frac{(1-p)}{32 \left(\frac{(1-p)}{16} + \frac{p}{64}\right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{3,0} \end{aligned} \quad (3.101)$$

ถ้าสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สามที่สแตจ $b_{2,0}$ นี้สำเร็จ สถานีจะไม่ตั้งค่ากลับไปที่ยังแบ็คคอปสแตจเริ่มต้นเหมือนอัลกอริทึม BEB แต่จะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจก่อนหน้าหรือแบ็คคอปสแตจที่ 1 และทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่ลดลงแบบเลขชี้กำลัง แต่ถ้าหากส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จ สถานีจะทำการเปลี่ยนแบ็คคอปสแตจขึ้นไปหนึ่งสแตจและทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่เพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลังต่อไป ซึ่งสามารถให้

หลักการคำนวณเช่นเดียวกับสมการที่ 3.87 ถึง 3.101 เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตเข้าสู่ที่สแตจ $b_{3,0}$, $b_{4,0}$, $b_{5,0}$, $b_{6,0}$ และ $b_{7,0}$ ได้ดังสมการ

$$b_{3,0} = \frac{p}{64 \left(\frac{(1-p)}{32} + \frac{p}{128} \right)} b_{2,0} + \frac{(1-p)}{64 \left(\frac{(1-p)}{32} + \frac{p}{128} \right)} b_{4,0} + \frac{p}{64 \left(\frac{(1-p)}{32} + \frac{p}{128} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} + \frac{(1-p)}{64 \left(\frac{(1-p)}{32} + \frac{p}{128} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{4,0} \quad (3.102)$$

$$b_{4,0} = \frac{p}{128 \left(\frac{(1-p)}{64} + \frac{p}{256} \right)} b_{3,0} + \frac{(1-p)}{128 \left(\frac{(1-p)}{64} + \frac{p}{256} \right)} b_{5,0} + \frac{p}{128 \left(\frac{(1-p)}{64} + \frac{p}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{3,0} + \frac{(1-p)}{128 \left(\frac{(1-p)}{64} + \frac{p}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{5,0} \quad (3.103)$$

$$b_{5,0} = \frac{p}{256 \left(\frac{(1-p)}{128} + \frac{p}{512} \right)} b_{4,0} + \frac{(1-p)}{256 \left(\frac{(1-p)}{128} + \frac{p}{512} \right)} b_{6,0} + \frac{p}{256 \left(\frac{(1-p)}{128} + \frac{p}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{4,0} + \frac{(1-p)}{256 \left(\frac{(1-p)}{128} + \frac{p}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{6,0} \quad (3.104)$$

$$b_{6,0} = \frac{p}{512 \left(\frac{(1-p)}{256} + \frac{p}{1,024} \right)} b_{5,0} + \frac{(1-p)}{512 \left(\frac{(1-p)}{256} + \frac{p}{1,024} \right)} b_{7,0} + \frac{p}{512 \left(\frac{(1-p)}{256} + \frac{p}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{5,0} + \frac{(1-p)}{512 \left(\frac{(1-p)}{256} + \frac{p}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{7,0} \quad (3.105)$$

$$b_{7,0} = \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{512} \right)} b_{6,0} + \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{512} \right)} b_{7,0} + \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{512} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{6,0} + \frac{p}{1,024 \left(\frac{(1-p)}{512} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{7,0} \quad (3.106)$$

ดังนั้นสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึม แบบคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย (τ_{EIED}) ได้จากสมการ

$$\tau_{EIED} = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}} \quad (3.107)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

$$P_1 = \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, \quad P_2 = \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, \quad P_3 = \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, \quad P_4 = \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L$$

$$P_5 = \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, \quad P_6 = \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, \quad P_7 = \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L$$

$$A_1 = \frac{(1-p)}{8 \left(\frac{p}{16} \right)}, \quad A_2 = \frac{(1-A_1 - A_1 P_1)}{(A_1 + A_1 P_1)},$$

$$B_1 = \frac{p}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32} \right)}, \quad B_2 = \frac{1-p}{16 \left(\frac{(1-p)}{8} + \frac{p}{32} \right)}, \quad B_3 = \frac{(A_2 - B_1 - B_1 P_1)}{(B_2 + B_2 P_2)}$$

$$C_1 = \frac{p}{32 \left(\frac{(1-p)}{16} + \frac{p}{64} \right)}, \quad C_2 = \frac{(1-p)}{32 \left(\frac{(1-p)}{16} + \frac{p}{64} \right)}, \quad C_3 = \frac{(B_3 - C_1 A_2 - C_1 P_3 A_2)}{(C_2 + C_2 P_3)},$$

$$D_1 = \frac{p}{64 \left(\frac{(1-p)}{32} + \frac{p}{128} \right)}, \quad D_2 = \frac{(1-p)}{64 \left(\frac{(1-p)}{32} + \frac{p}{128} \right)}, \quad D_3 = \frac{(C_3 - D_1 B_3 - D_1 P_4 B_3)}{(D_2 + D_2 P_4)},$$

$$E_1 = \frac{p}{128 \left(\frac{(1-p)}{64} + \frac{p}{256} \right)}, \quad E_2 = \frac{(1-p)}{128 \left(\frac{(1-p)}{64} + \frac{p}{256} \right)}, \quad E_3 = \frac{(D_3 - E_1 C_3 - E_1 P_5 C_3)}{(E_2 + E_2 P_5)},$$

$$F_1 = \frac{p}{256 \left(\frac{(1-p)}{128} + \frac{p}{512} \right)}, \quad F_2 = \frac{(1-p)}{256 \left(\frac{(1-p)}{128} + \frac{p}{512} \right)}, \quad F_3 = \frac{(E_3 - F_1 D_3 - F_1 P_6 D_3)}{(F_2 + F_2 P_6)},$$

$$G_1 = \frac{p}{512 \left(\frac{(1-p)}{256} + \frac{p}{1,024} \right)}, \quad G_2 = \frac{(1-p)}{512 \left(\frac{(1-p)}{256} + \frac{p}{1,024} \right)}, \quad G_3 = \frac{(F_3 - G_1 E_3 - G_1 P_7 E_3)}{(G_2 + G_2 P_7)},$$

จะได้

$$\tau_{EIED} = \frac{1}{1 + A_2 + B_3 + C_3 + D_3 + E_3 + F_3 + G_3} \quad (3.108)$$

จากการจากการใช้ทฤษฎีลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะมีสถานะอยู่ที่สแตจใดๆ ที่เสตจของอัลกอริทึมแบ็คคอปฟทั้ง 3 แบบ จะพบว่าการสุ่มเลือกช่วงของค่าขนาดหน้าต่างการช่วงซึ่งร่วมใช้ช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแต่ละแบบนั้น มีผลต่อค่าความน่าจะเป็นของแต่ละแบ็คคอปฟสแตจ ซึ่งอัลกอริทึมแบ็คคอปฟแบบ BEB นั้นหากมีปริมาณสถานีที่ทำการส่ง

แฟ้มเอกสารนี้เป็นการสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอน เมื่อผู้ใดเห็นว่ามีประโยชน์สมควรที่จะนำมาใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดหน้าตาंतरช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงเดียวกันที่ช่วงเริ่มต้น (W_{\min}) ก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งอาจส่งผลให้มีอัตราการใช้ของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณที่สูงตามขึ้นด้วย แต่อัลกอริทึมแบบ DIDD และ EIED นั้น เมื่อสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จ สถานีจะไม่ถูกตั้งค่าให้กลับไปสู่มูลค่าขนาดหน้าตาंतरช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วง W_{\min} โดยอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD เมื่อสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จสถานีจะทำการลดค่าขนาดหน้าตาंतरช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณลงแบบเท่าตัวแบบไม่สุ่ม และอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED เมื่อสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จจะทำการสุ่มค่าขนาดหน้าตาंतरช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่ลดลงแบบเลขชี้กำลัง ซึ่งรูปแบบการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าตาंतरช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในกรณีนี้ที่สถานีทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD และ EIED นั้นทำให้ช่วยลดอัตราที่สถานีจะถูกตั้งค่าให้กลับไปสู่มูลค่าขนาดหน้าตาंतरช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงเดียวกันที่ช่วงเริ่มต้นให้ลดลง

หลังจากนั้นจะนำค่าที่ได้จากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายมาคำนวณและเปรียบเทียบสมรรถนะของค่าวิสัยสมารถ และในการคำนวณหาความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแบ็คคอฟ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายจะอยู่ในบทถัดไป

บทที่ 4

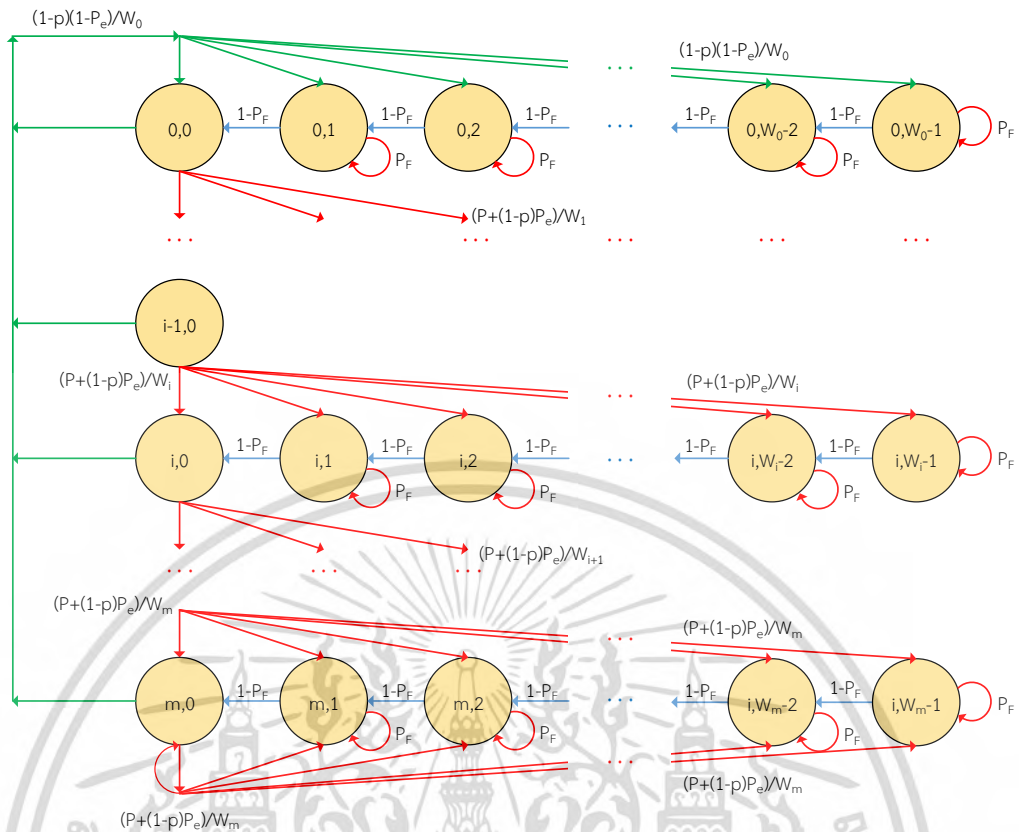
อัลกอริทึมแบ็คคอฟฟรณีของสัญญาณมีการจางหาย

ในความเป็นจริงของการทำงานในระบบเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายนั้น ยังคงมีตัวแปรอื่น ๆ ที่ จะเกิดขึ้นในช่องสัญญาณ เช่น จำนวนสถานีจะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้งานในแต่ละช่วงเวลา ยิ่งไปกว่านั้นค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จ ไม่ได้เกิดขึ้นเพียงจากการชนกันของ แพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณเท่านั้น แต่ยังสามารถเกิดจากการที่สถานีภาคส่งหรือสถานีรับ ได้รับ สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในช่องสัญญาณอีกด้วย แต่งานวิจัยของ Giuseppe Bianchi หรือ นักวิจัยท่านอื่น ๆ ที่นำแบบจำลองของ Giuseppe Bianchi มาพัฒนาต่อ นั้น จะพิจารณาเพียงเฉพาะ กรณีที่สถานีส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จเนื่องจากการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณที่ไม่มีการเกิด การจางหายเท่านั้น (Ideal Case) เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงทำการ ออกแบบและการจำลองอัลกอริทึมโดยการเพิ่มค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่ง แพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหาย (P_e) ลงไปในแบบจำลอง เพื่อใช้ในการคำนวณ ประสิทธิภาพของค่าวิสัยสามารถ โดยยังคงใช้เทคนิคการกำหนดค่าสูงสุดของแบ็คคอฟฟรณีไว้ที่ 8 สเตจ และค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณสูงสุดไว้ที่ 1,023 ไทเมสล็อต เหมือนเดิม เพื่อให้เกิดมาตรฐานเดียวกันในการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ต

4.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

ในการจำลองอัลกอริทึมแบ็คคอฟฟ BEB ของ Giuseppe Bianchi นั้น เป็นการจำลองระบบ ภายใต้เงื่อนไขสถานะอุดมคติคือช่องสัญญาณจะไม่มีการจางหายเกิดขึ้น ในที่นี้นักวิจัยที่ [12] ได้ เล็งเห็นว่าในความเป็นจริงแล้วยังคงมีตัวแปรอื่น ๆ ที่ควรนำมาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความถูกต้องและ แม่นยำมากยิ่งขึ้น จึงได้นำเสนอแบบจำลองที่มีการเพิ่มตัวแปรค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาด ในการส่งแพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหาย (P_e) และ ตัวแปรค่าความน่าจะเป็นที่สถานี ใด ๆ ต้องหยุดพักการลดค่าเวลาแบ็คคอฟฟจนกว่าช่องสัญญาณจะว่าง (P_r) ลงไปในแบบจำลองดัง แสดงในรูปที่ 4.1

สมการที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลง $i, 0$ ไปเป็น $0, k$ ในกรณีนี้ค่าเวลาแบ็คคอฟฟ ลดลงเหลือศูนย์ไทม์สล็อตและสถานีสามารถส่งแพ็กเก็ตได้ ซึ่งถ้าส่งข้อมูลสำเร็จค่าของแบ็คคอฟฟสเตจ จะถูกตั้งค่ากลับไปค่าเริ่มต้น ($i = 0$) แล้วทำการสุ่มค่า k ในช่วง 0 ถึง $W_0 - 1$ ไทเมสล็อต โดยค่า ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ $(1-p)(1-P_e)$ ซึ่งหมายความว่าไม่มีการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดขึ้นและไม่มีการผิดพลาดในการส่งแพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณเกิด การจางหายเกิดขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แบบจำลองลูกค้ามาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

$$P = \{0, k | i, 0\} = \frac{(1-p)(1-P_e)}{W_0} \tag{4.1}$$

โดยที่

$$k \in (0, W_0 - 1) \quad i \in (0, m)$$

ในทางกลับกัน ถ้าหากสถานีส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จและต้องการที่จะส่งแพ็กเก็ตซ้ำ สถานีจะทำการเปลี่ยนแบคคอปสแตจจากสแตจ $i-1, 0$ ไปเป็นสแตจ i, k หรือ ค่าของแบคคอปสแตจของสถานีนั้นจะเปลี่ยนขึ้นไปอยู่ที่แบคคอปสแตจถัดไปจาก $i-1$ ไปเป็น i (เพิ่มขึ้นหนึ่งแบคคอปสแตจ) และค่าเวลาแบคคอปสแตจเปลี่ยนจาก 0 ไทม์สล็อตไปเป็น k ไทม์สล็อต โดยในการเปลี่ยนสแตจนั้น สถานีจะทำการสุ่มช่วงค่าขนาดหน้าต่างการส่งซึ่งร่วมใช้ช่องสัญญาณที่เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว (0 ถึง $W_i - 1$) ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ $[p + (1-p)P_e]$ ซึ่งหมายความว่าสถานีจะส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จเนื่องมาจากเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณ หรือไม่มีการเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณ แต่เกิดการผิดพลาดในการส่งแพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหาย ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 4.2

$$P = \{i, k | i-1, 0\} = \frac{[p + (1-p)P_e]}{W_i} \tag{4.2}$$

โดยที่

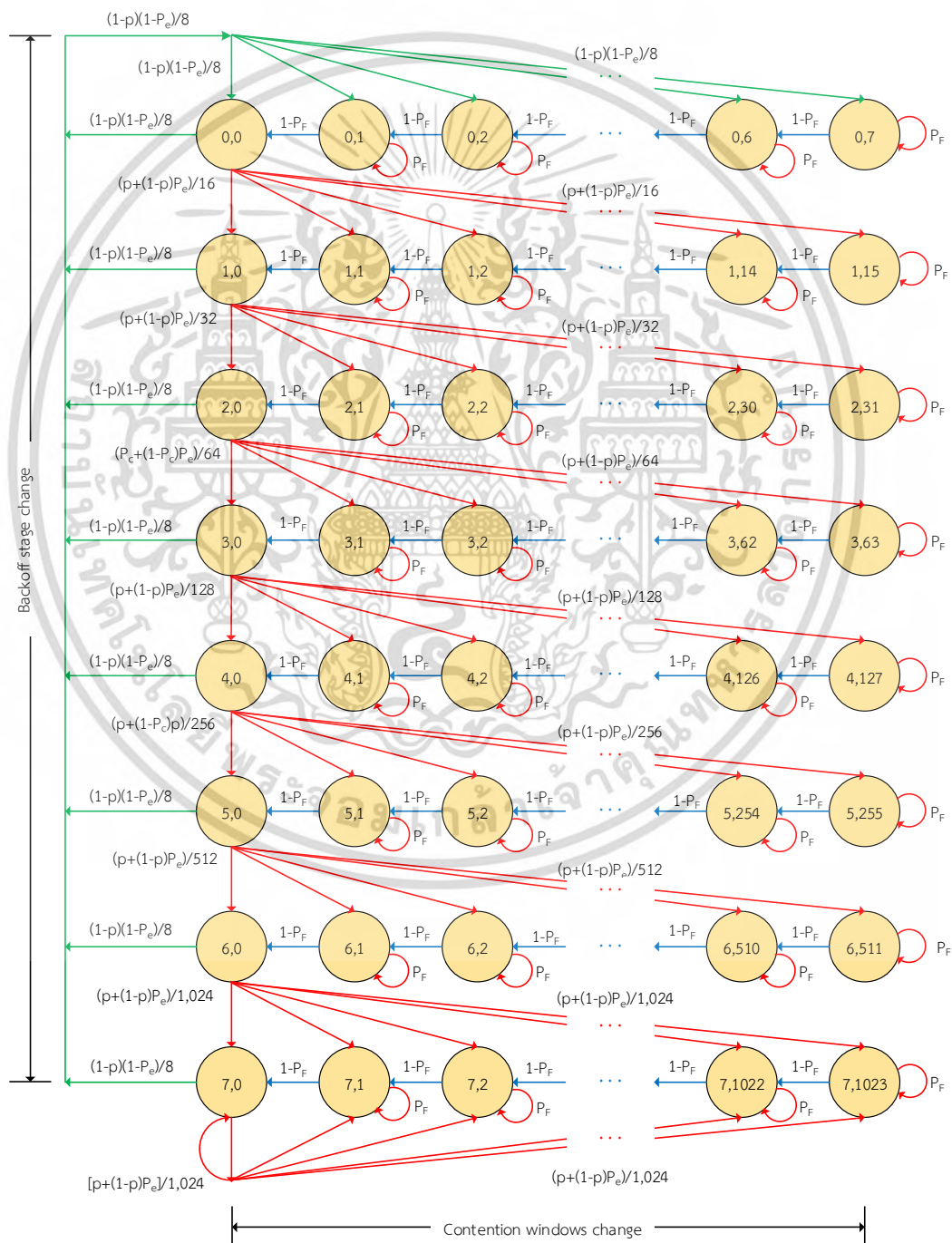
$$k \in (0, W_i - 1) \quad i \in (1, m)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การจำลองอัลกอริทึม Binary Exponential Backoff กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

หาย

อัลกอริทึม BEB โดยใช้ทฤษฎีลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายนั้น จะใช้หลักการวิเคราะห์แตกต่างจากอัลกอริทึมแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายของช่องสัญญาณ เนื่องจากค่าความน่าจะเป็นในกรณีที่สถานีจะสามารถส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้นั้นจะถูกกำหนดให้เป็น $(1-p)(1-P_e)$ และค่าความน่าจะเป็นที่สถานีส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จจะถูกกำหนดให้เป็น $[p+(1-p)P_e]$ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แบบจำลองอัลกอริทึม BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่าหลักการวิเคราะห์หลักความน่าจะเป็นจะต่างกัน แต่การหลักการคำนวณในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลผ่านช่องสัญญาณยังคงใช้หลักการเดิม โดยในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณ τ ของอัลกอริทึมแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย จะเริ่มพิจารณาจากกรณีที่สถานีที่ต้องการจะส่งแพ็กเก็ตเกจซ้ำครั้งแรก ซึ่งกรณีนี้สถานีจะอยู่ที่แบ็คออฟสแตจที่ 0 และมีค่าขนาดช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 7 ไทม์ M สล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,7}$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} \frac{(1-p)(1-P_e)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + P_F b_{0,7} &= (1-P_F) b_{0,7} \\ (1-2P_F) b_{0,7} &= \frac{(1-p)(1-P_e)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \\ b_{0,7} &= \frac{(1-p)(1-P_e)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \end{aligned} \quad (4.3)$$

ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจ $b_{0,6}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,6}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned} \frac{(1-p)(1-P_e)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + (1-P_F) b_{0,7} + P_F b_{0,6} &= (1-P_F) b_{0,6} \\ (1-2P_F) b_{0,6} &= \frac{(1-p)(1-P_e)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + (1-P_F) b_{0,7} \\ b_{0,6} &= \frac{(1-p)(1-P_e)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} b_{0,7} \end{aligned} \quad (4.4)$$

แทนค่า $b_{0,7}$ ในสมการที่ 4.3 ลงในสมการที่ 4.4 จะได้

$$\begin{aligned} b_{0,6} &= \frac{(1-p)(1-P_e)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \left(\frac{(1-p)(1-P_e)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \right) \\ b_{0,6} &= \frac{(1-p)(1-P_e)}{8(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{(1-p)(1-P_e)(1-P_F)}{8(1-2P_F)^2} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \end{aligned} \quad (4.5)$$

จัดรูปสมการ 4.5 ใหม่ จะได้

$$\begin{aligned} b_{0,6} &= \frac{(1-p)(1-P_e)}{8(1-P_F)} \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{(1-p)(1-P_e)}{8(1-P_F)} \frac{(1-P_F)^2}{(1-2P_F)^2} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \\ b_{0,6} &= \frac{(1-p)(1-P_e)}{8(1-P_F)} \sum_{l=1}^2 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^l \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \end{aligned} \quad (4.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 4.3 ถึง 4.6 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทม์สล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,1}$ ดังสมการ

$$b_{0,1} = \frac{(1-p)(1-P_e)}{8(1-P_F)} \sum_{l=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^l \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \quad (4.7)$$

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,0}$ ได้ดังสมการ

$$\frac{(1-p)(1-P_e)}{8} b_{0,0} + \frac{(p+(1-p)P_e)}{16} b_{0,0} = \frac{(1-p)(1-P_e)}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + (1-P_F) b_{0,1} \quad (4.8)$$

เพื่อให้สะดวกต่อการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นในแบบจำลองอัลกอริทึมแบบคอปในกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย กำหนดให้ $(1-p)(1-P_e) = P_{ce}$ และ $p+(1-p)P_e = P_{cce}$ ดังนั้นสามารถเขียนสมการที่ 4.8 ใหม่ จะได้

$$\frac{P_{ce}}{8} b_{0,0} + \frac{P_{cce}}{16} b_{0,0} = \frac{P_{ce}}{8} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + (1-P_F) b_{0,1} \quad (4.9)$$

แทนค่า $b_{0,1}$ จากสมการที่ 4.7 ลงในสมการที่ 4.9 จะได้

$$b_{0,0} = \frac{P_{ce}}{8 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{16} \right)} \sum_{i=0}^7 b_{i,0} + \frac{P_{ce}}{8 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{16} \right)} \sum_{l=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^l \sum_{i=0}^7 b_{i,0} \quad (4.10)$$

ถ้าหากสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จที่สแตจ $b_{0,0}$ นี้ ในกรณีของอัลกอริทึมแบบ BEB ค่าของแบ็คคอปสแตจของสถานีจะเพิ่มขึ้น 1 แบ็คคอปสแตจ และทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่เพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลัง (ช่วง 0 ถึง 15 ไทม์สล็อต)

โดยในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สองที่สแตจ $b_{1,0}$ จะเริ่มจากการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,15}$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} \frac{P_{cce}}{16} b_{0,0} + P_F b_{1,15} &= (1-P_F) b_{1,15} \\ (1-2P_F) b_{1,15} &= \frac{P_{cce}}{16} b_{0,0} \\ b_{1,15} &= \frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)} b_{0,0} \end{aligned} \quad (4.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานะนี้จะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจ $b_{1,14}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานะนี้จะอยู่ที่สแตจ $b_{1,14}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned}\frac{P_{cce}}{16}b_{0,0} + (1-P_F)b_{1,15} + P_F b_{1,14} &= (1-P_F)b_{1,14} \\ (1-2P_F)b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16}b_{0,0} + (1-P_F)b_{1,15} \\ b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}b_{1,15}\end{aligned}\quad (4.12)$$

แทนค่า $b_{1,15}$ จากสมการที่ 4.11 ลงในสมการที่ 4.12 จะได้

$$\begin{aligned}b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\left(\frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)}b_{0,0}\right) \\ b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{cce}(1-P_F)}{16(1-2P_F)^2}b_{0,0}\end{aligned}\quad (4.13)$$

จัดรูปสมการที่ 4.13 จะได้

$$\begin{aligned}b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16(1-P_F)(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{cce}}{16(1-P_F)(1-2P_F)^2}b_{0,0} \\ b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{15(1-P_F)}\sum_{L=1}^2\left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{0,0}\end{aligned}\quad (4.14)$$

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 4.11 ถึง 4.14 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานะนี้จะทำการลดค่าเวลาเบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทมสล็อต หรือความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,1}$ ดังสมการ

$$b_{1,1} = \frac{P_{cce}}{15(1-P_F)}\sum_{L=1}^{15}\left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L b_{0,0}\quad (4.15)$$

เมื่อสถานะนี้ทำการลดค่าเวลาเบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทมสล็อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,0}$ ได้ดังสมการ

$$\frac{P_{cce}}{8}b_{1,0} + \frac{P_{cce}}{32}b_{1,0} = \frac{P_{cce}}{16}b_{0,0} + (1-P_F)b_{1,1}\quad (4.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า $b_{1,1}$ จากสมการที่ 4.15 ลงในสมการที่ 4.16 จะได้

$$\begin{aligned} \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right) b_{1,0} &= \frac{P_{cce}}{8} b_{0,0} + (1-P_F) \left(\frac{P_{cce}}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} \right) \\ b_{1,0} &= \frac{P_{cce}}{16 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)} b_{0,0} + \frac{P_{cce}}{15 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} \end{aligned} \quad (4.17)$$

ถ้าหากสถานีทำการลดค่าเวลาเบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อตแล้ว แต่ยังคงทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลได้ไม่สำเร็จ สถานีจะทำการเปลี่ยนเบ็คคอปสเตจขึ้นไปหนึ่งสเตจและสุ่มช่วงค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นแบบเท่าตัวต่อไป ซึ่งสามารถให้หลักการคำนวณเช่นเดียวกับสมการที่ 4.3 ถึง 4.17 เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตซ้ำที่สเตจ $b_{2,0}$, $b_{3,0}$, $b_{4,0}$, $b_{5,0}$, $b_{6,0}$ และ $b_{7,0}$ ได้ดังสมการ

$$b_{2,0} = \frac{P_{cce}}{32 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{64} \right)} b_{1,0} + \frac{P_{cce}}{32 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{64} \right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \quad (4.18)$$

$$b_{3,0} = \frac{P_{cce}}{64 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} b_{2,0} + \frac{P_{cce}}{64 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} \quad (4.19)$$

$$b_{4,0} = \frac{P_{cce}}{128 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} b_{3,0} + \frac{P_{cce}}{128 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{3,0} \quad (4.20)$$

$$b_{5,0} = \frac{P_{cce}}{256 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} b_{4,0} + \frac{P_{cce}}{256 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{4,0} \quad (4.21)$$

$$b_{6,0} = \frac{P_{cce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} b_{5,0} + \frac{P_{cce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{5,0} \quad (4.22)$$

$$\begin{aligned} b_{7,0} &= \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{8} \right)} b_{6,0} + \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{8} \right)} b_{7,0} \\ &= \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{8} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{6,0} + \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{8} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{7,0} \end{aligned} \quad (4.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ($\tau_{BEBfading}$) ได้จากสมการ

$$\tau_{BEBfading} = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}} \quad (4.24)$$

กำหนดให้

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{P_{cce}}{16\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32}\right)}, & A2 &= \frac{P_{cce}}{15\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32}\right)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L, & A3 &= A1 + A2, \\ B1 &= \frac{P_{cce}}{32\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{64}\right)}, & B2 &= \frac{P_{cce}}{32\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{64}\right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L, & B3 &= B1A3 + B2A3, \\ C1 &= \frac{P_{cce}}{64\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{128}\right)}, & C2 &= \frac{P_{cce}}{64\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{128}\right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L, & C3 &= C1B3 + C2B3, \\ D1 &= \frac{P_{cce}}{128\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{256}\right)}, & D2 &= \frac{P_{cce}}{128\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{256}\right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L, & D3 &= D1C3 + D2C3, \\ E1 &= \frac{P_{cce}}{256\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{512}\right)}, & E2 &= \frac{P_{cce}}{256\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{512}\right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L, & E3 &= E1D3 + E2D3, \\ F1 &= \frac{P_{cce}}{512\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{1,024}\right)}, & F2 &= \frac{P_{cce}}{512\left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{1,024}\right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L, & F3 &= F1E3 + F2E3, \\ G1 &= \frac{P_{cce}}{1,024\left(\frac{P_{ce}}{8}\right)}, & G2 &= \frac{P_{cce}}{1,024\left(\frac{P_{ce}}{8}\right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}\right)^L, & G3 &= \frac{G1 + G2}{1 - G1 - G2} F3 \end{aligned}$$

จะได้

$$\tau_{BEBfading} = \frac{1}{1 + A3 + B3 + C3 + D3 + E3 + F3 + G3} \quad (4.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การจำลองอัลกอริทึม Double Increment Double Decrement Backoff กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

การจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายนั้น จะให้หลักการวิเคราะห์หาการปรับเปลี่ยนแบ็คออฟสแตจและค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณเหมือนกับอัลกอริทึมแบ็คออฟ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย แต่หลักการวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลได้สำเร็จหรือไม่สำเร็จจะแตกต่างกัน โดยค่าความน่าจะเป็นในกรณีที่ช่องสัญญาณจะส่งข้อมูลได้สำเร็จคือ $(1-p)(1-P_e)$ และค่าความน่าจะเป็นในกรณีที่สถานีจะส่งข้อมูลได้ไม่สำเร็จคือ $p+(1-p)P_e$ ดังรูปที่ 4.3

ถึงแม้ว่าหลักการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นจะต่างกัน แต่รูปแบบการคำนวณในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลผ่านช่องสัญญาณยังคงใช้หลักการเดิม โดยในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลผ่านช่องสัญญาณ τ ของอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย จะเริ่มพิจารณาจากกรณีที่สถานีต้องการจะส่งแพ็กเก็ตเกจซ้ำครั้งแรก ซึ่งกรณีนี้สถานีจะอยู่ที่แบ็คออฟสแตจที่ 0 และมีค่าขนาดช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 7 ไทม์สล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,7}$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} P_{ce}b_{0,0} + P_F b_{0,7} + P_{ce}b_{1,0} &= (1-P_F)b_{0,7} \\ (1-2P_F)b_{0,7} &= P_{ce}b_{0,0} + P_{ce}b_{1,0} \\ b_{0,7} &= \frac{P_{ce}}{(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1-2P_F)}b_{1,0} \end{aligned} \quad (4.26)$$

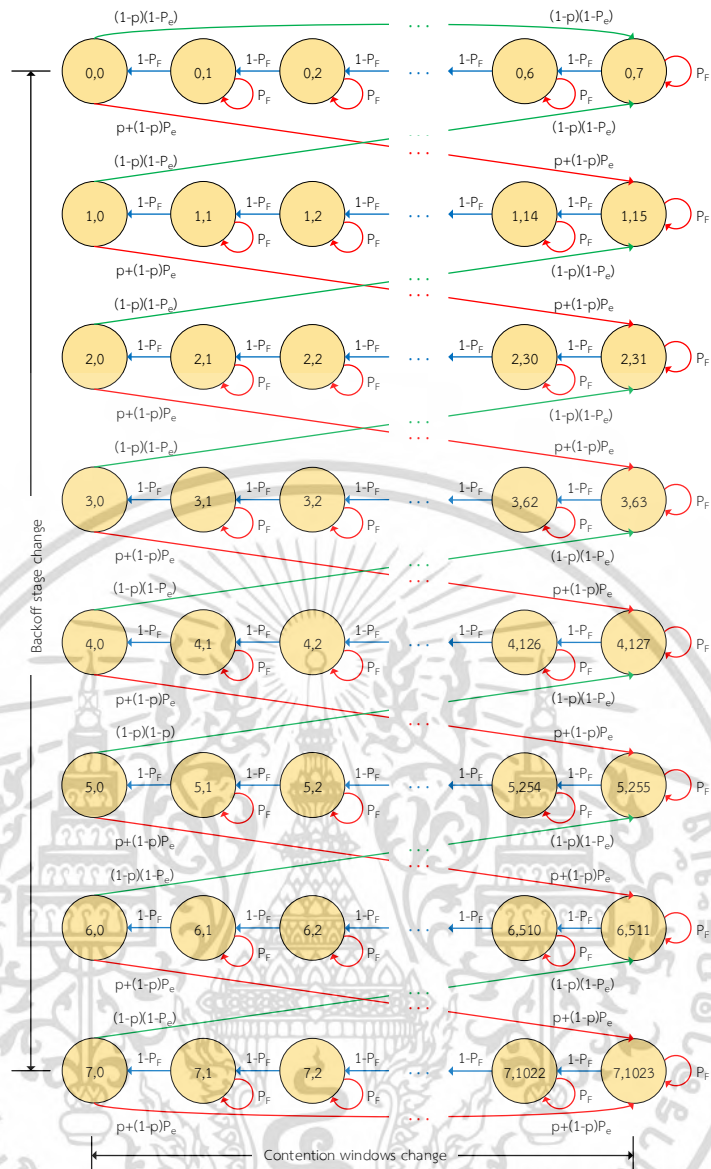
ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจ $b_{0,6}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,6}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned} (1-P_F)b_{0,7} + P_F b_{0,6} &= (1-P_F)b_{0,6} \\ (1-2P_F)b_{0,6} &= (1-P_F)b_{0,7} \\ b_{0,6} &= \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}b_{0,7} \end{aligned} \quad (4.27)$$

แทนค่า $b_{0,7}$ จากสมการที่ 4.26 ลงในสมการที่ 4.27 จะได้

$$\begin{aligned} b_{0,6} &= \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \left(\frac{P_{ce}}{(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1-2P_F)}b_{1,0} \right) \\ b_{0,6} &= \frac{P_{ce}(1-P_F)}{(1-2P_F)^2}b_{0,0} + \frac{P_{ce}(1-P_F)}{(1-2P_F)^2}b_{1,0} \end{aligned} \quad (4.28)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แบบจำลองอัลกอริทึม DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

จัดรูปสมการที่ 4.28 ใหม่ จะได้

$$b_{0,6} = \frac{P_{ce}}{(1-P_F)} \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)^2} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1-P_F)} \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)^2} b_{1,0} \tag{4.29}$$

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 4.26 ถึง 4.29 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานะนี้จะทำการลดค่าเวลาแบ็คออฟจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,1}$ ดังสมการ

$$b_{0,1} = \frac{P_{ce}}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^7 b_{1,0} \tag{4.30}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาเบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,1}$ ได้ดังสมการ

$$P_{ce}b_{0,0} + P_{cce}b_{0,0} = (1 - P_F)b_{0,0} \quad (4.31)$$

แทนค่า $b_{0,1}$ จากสมการที่ 4.30 ลงในสมการที่ 4.31 จะได้

$$\begin{aligned} (P_{ce} + P_{cce})b_{0,0} &= (1 - P_F) \left(\frac{P_{ce}}{(1 - P_F)} \left(\frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} \right)^7 b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1 - P_F)} \left(\frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} \right)^7 b_{1,0} \right) \\ b_{0,0} &= \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} \right)^7 b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} \right)^7 b_{1,0} \end{aligned} \quad (4.32)$$

ถ้าหากสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จที่สแตจ $b_{0,0}$ นี้ ในกรณีของอัลกอริทึมแบบ DIDD ในกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายค่าของเบ็คคอปสแตจของสถานีจะเพิ่มขึ้น 1 เบ็คคอปสแตจ และทำการเพิ่มค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณขึ้นเป็นสองเท่า (เพิ่มเป็น 15 ไทม์สล็อต)

โดยในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สองที่สแตจ $b_{1,0}$ จะเริ่มจากการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,15}$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} P_{cce}b_{0,0} + P_Fb_{1,15} + P_{ce}b_{2,0} &= (1 - P_F)b_{1,15} \\ (1 - 2P_F)b_{1,15} &= P_{cce}b_{0,0} + P_{ce}b_{2,0} \\ b_{1,15} &= \frac{P_{cce}}{(1 - 2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1 - 2P_F)}b_{2,0} \end{aligned} \quad (4.33)$$

ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจ $b_{1,14}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,14}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned} P_Fb_{1,14} + (1 - P_F)b_{1,15} &= (1 - P_F)b_{1,14} \\ (1 - 2P_F)b_{1,14} &= (1 - P_F)b_{1,15} \\ b_{1,14} &= \frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)}b_{1,15} \end{aligned} \quad (4.34)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า $b_{1,5}$ จากสมการที่ 4.33 ลงในสมการที่ 4.34 จะได้

$$\begin{aligned} b_{1,14} &= \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \left(\frac{P_{cce}}{(1-2P_F)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1-2P_F)} b_{2,0} \right) \\ b_{1,14} &= \frac{P_{cce}(1-P_F)}{(1-2P_F)^2} b_{0,0} + \frac{P_{ce}(1-P_F)}{(1-2P_F)^2} b_{2,0} \end{aligned} \quad (4.35)$$

จัดรูปสมการที่ 4.35 ใหม่จะได้

$$b_{1,14} = \frac{P_{cce}}{(1-P_F)} \frac{(1-P_F)^2}{(1-2P_F)^2} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1-P_F)} \frac{(1-P_F)^2}{(1-2P_F)^2} b_{2,0} \quad (4.36)$$

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 4.33 ถึง 4.36 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,1}$ ดังสมการ

$$b_{1,1} = \frac{P_{cce}}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{2,0} \quad (4.37)$$

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทมสล็อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,0}$ ได้ดังสมการ

$$P_{ce} b_{1,0} + P_{cce} b_{1,0} = (1-P_F) b_{1,1} \quad (4.38)$$

แทนค่า $b_{1,1}$ จากสมการที่ 4.37 ลงในสมการที่ 4.38 จะได้

$$\begin{aligned} (P_{ce} + P_{cce}) b_{1,0} &= (1-P_F) \left(\frac{P_{cce}}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(1-P_F)} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{2,0} \right) \\ b_{1,0} &= \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{15} b_{2,0} \end{aligned} \quad (4.39)$$

ถ้าหากสถานีทำการลดค่าเวลาแบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทมสล็อตแล้ว แต่ยังคงทำการส่งแพ็กเก็ตได้ไม่สำเร็จ สถานีจะทำการเปลี่ยนแบ็คคอปสแตจขึ้นไปหนึ่งสแตจและสุ่มช่วงค่าขนาดหน้าต่างการส่ง ซึ่งร่วมใช้ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นแบบเท่าตัวต่อไป ซึ่งสามารถให้หลักการคำนวณเช่นเดียวกับสมการที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.26 ถึง 4.39 เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตซ้ำที่ชัดเจน $b_{2,0}$, $b_{3,0}$, $b_{4,0}$, $b_{5,0}$, $b_{6,0}$ และ $b_{7,0}$ ได้ดังสมการ

$$b_{2,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{31} b_{1,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{31} b_{3,0} \quad (4.40)$$

$$b_{3,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{63} b_{2,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{63} b_{4,0} \quad (4.41)$$

$$b_{4,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{127} b_{3,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{127} b_{5,0} \quad (4.42)$$

$$b_{5,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{255} b_{4,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{255} b_{6,0} \quad (4.43)$$

$$b_{6,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{511} b_{5,0} + \frac{P_{ce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{511} b_{7,0} \quad (4.44)$$

$$b_{6,0} = \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{1,023} b_{6,0} + \frac{P_{cce}}{(P_{ce} + P_{cce})} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^{1,023} b_{7,0} \quad (4.45)$$

ดังนั้นสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ($\tau_{DIDDfading}$) ได้จากสมการ

$$\tau_{DIDDfading} = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}} \quad (4.46)$$

กำหนดให้

$$\begin{aligned} P_{FF} &= \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}, & A1 &= \frac{P_{ce} + P_{cce} - P_{ce}(P_{FF})^7}{P_{ce}(P_{FF})^7}, & B1 &= \frac{A1(P_{ce} + P_{cce}) - P_{cce}(P_{FF})^{15}}{P_{ce}(P_{FF})^{15}}, \\ C1 &= \frac{B1(P_{ce} + P_{cce}) - P_{cce}(P_{FF})^{31} A1}{P_{ce}(P_{FF})^{31}}, & D1 &= \frac{C1(P_{ce} + P_{cce}) - P_{cce}(P_{FF})^{63} B1}{P_{ce}(P_{FF})^{63}}, \\ E1 &= \frac{D1(P_{ce} + P_{cce}) - P_{cce}(P_{FF})^{127} C1}{P_{ce}(P_{FF})^{127}}, & F1 &= \frac{E1(P_{ce} + P_{cce}) - P_{cce}(P_{FF})^{255} D1}{P_{ce}(P_{FF})^{255}}, \\ G1 &= \frac{F1(P_{ce} + P_{cce}) - P_{cce}(P_{FF})^{511} E1}{P_{ce}(P_{FF})^{511}} \end{aligned}$$

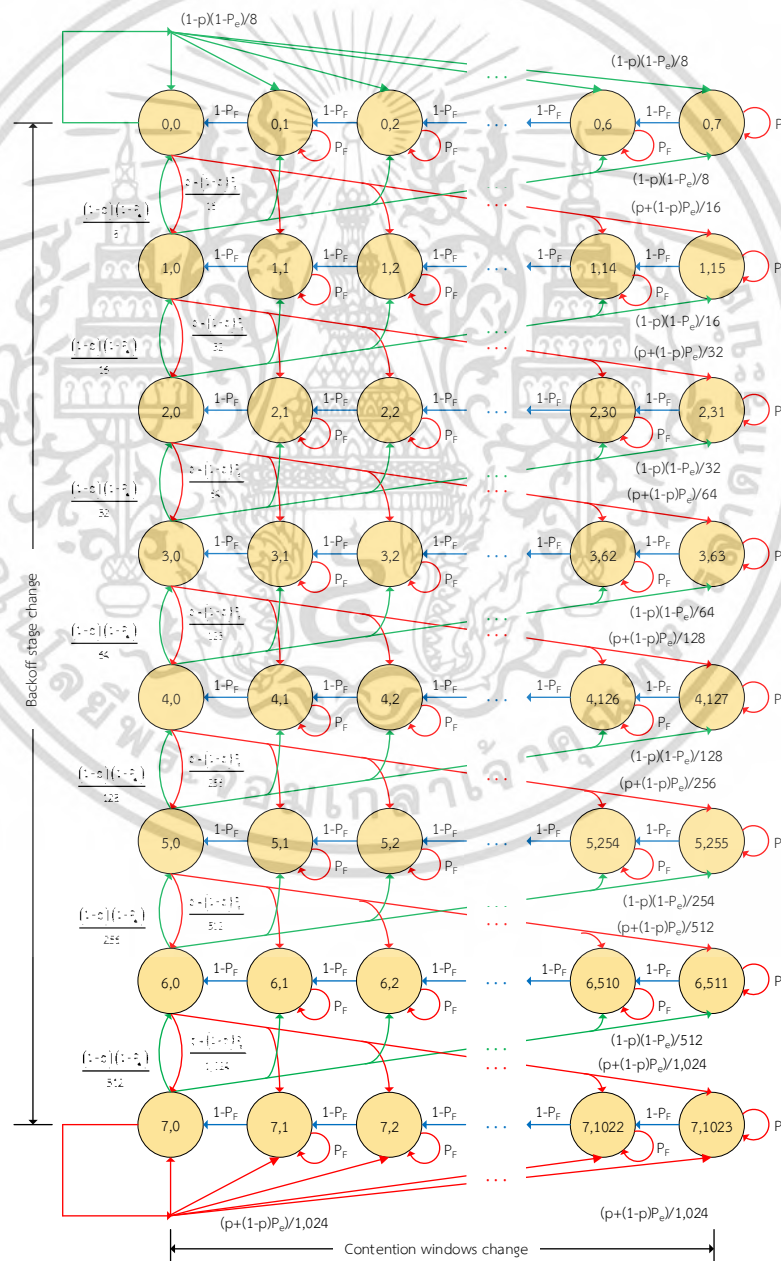
จะได้

$$\tau_{DIDDfading} = \frac{1}{1 + A1 + B1 + C1 + D1 + E1 + F1 + G1} \quad (4.47)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การจำลองอัลกอริทึม Exponential Increase Exponential Decrease Backoff กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

ในการจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายนั้น จะใช้หลักการวิเคราะห์ทรานส์เปลี่ยนแบ็คออฟสแตจและการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณเหมือนกับอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย แต่จะใช้หลักการวิเคราะห์หลักความน่าจะเป็นที่สถานะจะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จหรือไม่สำเร็จแตกต่างกัน โดยกรณีที่สถานะจะสามารถส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้นั้นจะถูกกำหนดให้เป็น $(1-p)(1-P_e)$ และค่าความน่าจะเป็นที่สถานะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จจะถูกกำหนดให้เป็น $p+(1-p)P_e$ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แบบจำลองอัลกอริทึม EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานที่ถูกต้องเท่านั้น เมื่อใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่าหลักการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นจะต่างกัน แต่รูปแบบการคำนวณในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลผ่านช่องสัญญาณยังคงใช้หลักการเดิม โดยในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณ τ ของอัลกอริทึมแบ็คคอฟ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย จะเริ่มพิจารณาจากกรณีที่ต้องการจะส่งแพ็กเก็ตจางครั้งแรก ซึ่งกรณีนี้สถานีจะอยู่ที่แบ็คคอฟสแตจที่ 0 และมีค่าขนาดช่วงชิงการร่วมใช้ช่องสัญญาณเท่ากับ 7 ไทมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,7}$ ดังสมการ

$$\begin{aligned} \frac{P_{ce}}{8} b_{0,0} + P_F b_{0,7} + \frac{P_{ce}}{8} b_{1,0} &= (1 - P_F) b_{0,7} \\ (1 - 2P_F) b_{0,7} &= \frac{P_{ce}}{8} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8} b_{1,0} \\ b_{0,7} &= \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{1,0} \end{aligned} \quad (4.48)$$

ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานีจะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจ $b_{0,6}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,6}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned} \frac{P_{ce}}{8} b_{0,0} + (1 - P_F) b_{0,7} + P_F b_{0,6} + \frac{P_{ce}}{8} b_{1,0} &= (1 - P_F) b_{0,6} \\ (1 - 2P_F) b_{0,6} &= \frac{P_{ce}}{8} b_{0,0} + (1 - P_F) b_{0,7} + \frac{P_{ce}}{8} b_{1,0} \\ b_{0,6} &= \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{1,0} + \frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} b_{0,7} \end{aligned} \quad (4.49)$$

แทนค่า $b_{0,7}$ จากสมการที่ 4.48 ลงในสมการที่ 4.49 จะได้

$$\begin{aligned} b_{0,6} &= \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{1,0} + \frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)} \left(\frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{1,0} \right) \\ b_{0,6} &= \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} b_{1,0} + \frac{P_{ce}}{8} \frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)^2} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1 - 2P_F)} \frac{(1 - P_F)}{(1 - 2P_F)^2} b_{1,0} \end{aligned} \quad (4.50)$$

จัดรูปสมการที่ 4.50 ใหม่ จะได้ดังสมการที่ 4.51

$$\begin{aligned} b_{0,6} &= \frac{P_{ce}}{8(1 - P_F)(1 - 2P_F)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1 - P_F)(1 - 2P_F)} b_{1,0} + \\ &\quad \frac{P_{ce}}{8(1 - P_F)(1 - 2P_F)^2} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1 - P_F)(1 - 2P_F)^2} b_{1,0} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b_{0,6} = \frac{P_{ce}}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^2 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^2 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \quad (4.51)$$

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 4.48 ถึง 4.51 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการลดค่าเวลาเบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทม์สล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,1}$ ดังสมการ

$$b_{0,1} = \frac{P_{ce}}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \quad (4.52)$$

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาเบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทม์สล็อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{0,1}$ ได้ดังสมการ

$$\frac{P_{cce}}{16} b_{0,0} = \frac{P_{ce}}{8} b_{0,0} + (1-P_F) b_{0,1} + \frac{P_{ce}}{8} b_{1,0} \quad (4.53)$$

แทนค่า $b_{0,1}$ จากสมการที่ 4.52 ลงในสมการที่ 4.53 จะได้

$$\begin{aligned} \frac{P_{cce}}{16} b_{0,0} &= \frac{P_{ce}}{8} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8} b_{1,0} + (1-P_F) \left(\frac{P_{ce}}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8(1-P_F)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \right) \\ b_{0,0} &= \frac{P_{ce}}{8 \left(\frac{P_{cce}}{16} \right)} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8 \left(\frac{P_{cce}}{16} \right)} b_{1,0} + \\ &\quad \frac{P_{ce}}{8 \left(\frac{P_{cce}}{16} \right)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{8 \left(\frac{P_{cce}}{16} \right)} \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} \end{aligned} \quad (4.54)$$

ถ้าหากสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จที่สแตจ $b_{0,0}$ นี้ ในกรณีของอัลกอริทึมแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายค่าของเบ็คคอปสแตจของสถานีจะเพิ่มขึ้น 1 เบ็คคอปสแตจและทำการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการส่งซึ่งรวมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่เพิ่มขึ้นแบบเลขชี้กำลัง (ช่วง 0 ถึง 15 ไทม์สล็อต)

โดยในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตซ้ำครั้งที่สองที่สแตจ $b_{1,0}$ จะเริ่มจากการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,15}$ ดังสมการที่ 4.55

$$\begin{aligned}
\frac{P_{cce}}{16}b_{0,0} + P_F b_{1,15} + \frac{P_{ce}}{16}b_{2,0} &= (1-P_F)b_{1,15} \\
(1-2P_F)b_{1,15} &= \frac{P_{cce}}{16}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16}b_{2,0} \\
b_{1,15} &= \frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-2P_F)}b_{2,0}
\end{aligned} \tag{4.55}$$

ถ้าหากช่องสัญญาณยังมีสถานะที่ว่างอยู่ สถานะนี้จะเปลี่ยนไปอยู่ที่สแตจ $b_{1,14}$ ซึ่งค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,14}$ จะเป็นดังสมการ

$$\begin{aligned}
\frac{P_{cce}}{16}b_{0,0} + (1-P_F)b_{1,15} + P_F b_{1,14} + \frac{P_{ce}}{16}b_{2,0} &= (1-P_F)b_{1,14} \\
(1-2P_F)b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16}b_{0,0} + (1-P_F)b_{1,15} + \frac{P_{ce}}{16}b_{2,0} \\
b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-2P_F)}b_{2,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}b_{1,15}
\end{aligned} \tag{4.56}$$

แทนค่า $b_{1,15}$ จากสมการที่ 4.55 ลงในสมการที่ 4.56 จะได้

$$\begin{aligned}
b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-2P_F)}b_{2,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \left(\frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-2P_F)}b_{2,0} \right) \\
b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-2P_F)}b_{2,0} + \frac{P_{cce}(1-P_F)}{16(1-2P_F)^2}b_{0,0} + \frac{P_{ce}(1-P_F)}{16(1-2P_F)(1-2P_F)^2}b_{2,0}
\end{aligned} \tag{4.57}$$

จัดรูปสมการที่ 4.57 ใหม่จะได้

$$\begin{aligned}
b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16(1-P_F)(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-P_F)(1-2P_F)}b_{2,0} + \\
&\quad \frac{P_{cce}}{16(1-P_F)(1-2P_F)^2}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-2P_F)(1-2P_F)^2}b_{2,0} \\
b_{1,14} &= \frac{P_{cce}}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^2 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^2 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0}
\end{aligned} \tag{4.58}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้หลักการคำนวณเดียวกับสมการที่ 4.55 ถึง 4.58 ในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการลดค่าเวลาเบ็คคอปจนมีค่าเหลือเท่ากับ 1 ไทเมสล็อต หรือค่าความน่าจะเป็นที่สถานะจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,1}$ ดังสมการ

$$b_{1,1} = \frac{P_{cce}}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} \quad (4.59)$$

เมื่อสถานีทำการลดค่าเวลาเบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทเมสล็อต จะสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะอยู่ที่สแตจ $b_{1,0}$ ได้ดังสมการ

$$\frac{P_{ce}}{8} b_{1,0} + \frac{P_{cce}}{32} b_{1,0} = \frac{P_{cce}}{16} b_{0,0} + (1-P_F) b_{1,1} + \frac{P_{ce}}{16} b_{2,0} \quad (4.60)$$

แทนค่า $b_{1,1}$ จากสมการที่ 4.37 ลงในสมการที่ 4.38 จะได้

$$\begin{aligned} \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right) b_{1,0} &= \frac{P_{cce}}{16} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16} b_{2,0} + (1-P_F) \left(\frac{P_{cce}}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16(1-P_F)} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} \right) \\ b_{1,0} &= \frac{\frac{P_{cce}}{16} b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{16} b_{2,0}}{16 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)} + \frac{P_{ce}}{16 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)} b_{2,0} + \\ &\quad \frac{\frac{P_{cce}}{16} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{0,0}}{16 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)} + \frac{\frac{P_{ce}}{16} \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0}}{16 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)} \end{aligned} \quad (4.61)$$

ถ้าหากสถานีทำการลดค่าเวลาเบ็คคอปจนมีค่าเท่ากับ 0 ไทเมสล็อตแล้ว แต่ยังคงทำการส่งแพ็กเก็ตได้ไม่สำเร็จ สถานีจะทำการเปลี่ยนเบ็คคอปสแตจขึ้นไปหนึ่งสแตจและสุ่มช่วงค่าขนาดหน้าต่างการส่งซึ่งรวมใช้ช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นแบบเท่าตัวต่อไป ซึ่งสามารถให้หลักการคำนวณเช่นเดียวกับสมการที่ 4.48 ถึง 4.61 เพื่อหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตซ้ำที่สแตจ $b_{2,0}$, $b_{3,0}$, $b_{4,0}$, $b_{5,0}$, $b_{6,0}$ และ $b_{7,0}$ ได้ดังสมการ

$$\begin{aligned} b_{2,0} &= \frac{P_{cce}}{32 \left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64} \right)} b_{1,0} + \frac{P_{ce}}{32 \left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64} \right)} b_{3,0} + \\ &\quad \frac{P_{cce}}{32 \left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64} \right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{1,0} + \frac{P_{ce}}{32 \left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64} \right)} \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{3,0} \end{aligned} \quad (4.62)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b_{3,0} = \frac{P_{cce}}{64 \left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} b_{2,0} + \frac{P_{ce}}{64 \left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} b_{4,0} + \frac{P_{cce}}{64 \left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{2,0} + \frac{P_{ce}}{64 \left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)} \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{4,0} \quad (4.63)$$

$$b_{4,0} = \frac{P_{cce}}{128 \left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} b_{3,0} + \frac{P_{ce}}{128 \left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} b_{5,0} + \frac{P_{cce}}{128 \left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{3,0} + \frac{P_{ce}}{128 \left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)} \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{5,0} \quad (4.64)$$

$$b_{5,0} = \frac{P_{cce}}{256 \left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} b_{4,0} + \frac{P_{ce}}{256 \left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} b_{6,0} + \frac{P_{cce}}{256 \left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{4,0} + \frac{P_{ce}}{256 \left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{6,0} \quad (4.65)$$

$$b_{6,0} = \frac{P_{cce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} b_{5,0} + \frac{P_{ce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} b_{7,0} + \frac{P_{cce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{5,0} + \frac{P_{ce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)} \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{7,0} \quad (4.66)$$

$$b_{7,0} = \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{512} \right)} b_{6,0} + \frac{P_{ce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{512} \right)} b_{7,0} + \frac{P_{cce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{6,0} + \frac{P_{ce}}{1,024 \left(\frac{P_{ce}}{512} \right)} \sum_{L=1}^{1,023} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L b_{7,0} \quad (4.67)$$

ดังนั้นสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแบ็คคอปพรณีสัญญาณมีการจางหาย EIED ($\tau_{EIEDfading}$) ได้จากสมการ

$$\tau_{EIEDfading} = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}} \quad (4.68)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

$$\begin{aligned}
 P1 &= \sum_{L=1}^7 \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, P2 = \sum_{L=1}^{15} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, P3 = \sum_{L=1}^{31} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, P4 = \sum_{L=1}^{63} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, \\
 P5 &= \sum_{L=1}^{127} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, P1 = \sum_{L=1}^{255} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, P1 = \sum_{L=1}^{511} \left(\frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)} \right)^L, \\
 A1 &= \frac{P_{ce}}{8 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{16} \right)}, A2 = \frac{1 - A1 - A1P1}{A1 + A1P1}, \\
 B1 &= \frac{P_{cce}}{16 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)}, B2 = \frac{P_{ce}}{16 \left(\frac{P_{ce}}{8} + \frac{P_{cce}}{32} \right)}, B3 = \frac{A2 - B1 - B1P2}{B2 + B2P2}, \\
 C1 &= \frac{P_{cce}}{32 \left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64} \right)}, C2 = \frac{P_{ce}}{32 \left(\frac{P_{ce}}{16} + \frac{P_{cce}}{64} \right)}, C3 = \frac{B3 - C1A2 - C1P3A2}{C2 + C2P3}, \\
 D1 &= \frac{P_{cce}}{64 \left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)}, D2 = \frac{P_{ce}}{64 \left(\frac{P_{ce}}{32} + \frac{P_{cce}}{128} \right)}, D3 = \frac{C3 - D1B3 - D1P4B3}{D2 + D2P4}, \\
 E1 &= \frac{P_{cce}}{128 \left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)}, E2 = \frac{P_{ce}}{128 \left(\frac{P_{ce}}{64} + \frac{P_{cce}}{256} \right)}, E3 = \frac{D3 - E1C3 - E1P5C3}{E2 + E2P5}, \\
 F1 &= \frac{P_{cce}}{256 \left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)}, F2 = \frac{P_{ce}}{256 \left(\frac{P_{ce}}{128} + \frac{P_{cce}}{512} \right)}, F3 = \frac{E3 - F1D3 - F1P6D3}{F2 + F2P6}, \\
 G1 &= \frac{P_{cce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)}, G2 = \frac{P_{ce}}{512 \left(\frac{P_{ce}}{256} + \frac{P_{cce}}{1,024} \right)}, G3 = \frac{F3 - G1E3 - G1P7E3}{G2 + G2P7}
 \end{aligned}$$

จะได้

$$\tau_{EIEDfading} = \frac{1}{1 + A2 + B3 + C3 + D3 + E3 + F3 + G3} \quad (4.69)$$

เนื่องจากในบทที่ 3 อัลกอริทึมแบ็คคอปทั้ง 3 รูปแบบคือ BEB, DIDD และ EIED ถูกพิจารณาในสถานะอุดมคติหรือสถานะที่ช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในบทที่ 4 นี้ได้ทำการเพิ่มค่าความน่าจะเป็นในกรณีที่สถานีทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จเนื่องจากช่องสัญญาณมีการจางหายหรือค่า P_e ลงไปในแต่ละแบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คคอป เพื่อใช้ในการคำนวณหาความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลผ่านช่องสัญญาณกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย โดยยังคงใช้รูปแบบของการสุ่มเลือกช่วงของค่า ขนาดหน้าต่างการช่วงซึ่งร่วมใช้ช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแบ็คคอฟทั้ง 3 แบบเหมือนเดิม

หลังจากนั้นจะนำค่าที่ได้จากการคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่ง แพ็คเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายมาคำนวณและเปรียบเทียบสมรรถนะของค่าวิสัย สามารถในบทความต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงตัวเลข

เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบสมรรถนะของค่าวิสัยสามารถ จะใช้พื้นฐานในการคำนวณจากโพรโทคอล CSMA/CA ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 โดยการคำนวณค่าวิสัยสามารถนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ 1. ค่าวิสัยสามารถกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย และ 2. ค่าวิสัยสามารถกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ซึ่งทุกอัลกอริทึมแบบคอปในแต่ละกรณีจะใช้พารามิเตอร์ต่างๆ ในการคำนวณค่าเดียวกัน

5.1 การวิเคราะห์เชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

ในการคำนวณและวิเคราะห์ค่าวิสัยสามารถ [10] กำหนดให้ P_r คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีอย่างน้อยหนึ่งแพ็กเก็ตถูกส่งในแต่ละไทม์สล็อตของช่องสัญญาณ (The probability that there is at least one transmission in the considered slot time) และให้ n คือจำนวนสถานี ดังนั้นจะสามารถหาค่า P_r ได้จากสมการ

$$P_r = 1 - (1 - \tau)^n \quad (5.1)$$

และ P_s คือค่าความน่าจะเป็นที่การส่งแพ็กเก็ตจะประสบความสำเร็จ (The successful transmission probability) สามารถหาได้จากสมการ

$$P_s = \frac{n\tau(1-\tau)^{n-1}}{1-(1-\tau)^n} \quad (5.2)$$

ดังนั้นจะสามารถหาค่า P_c หรือค่าความน่าจะเป็นที่การส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จเนื่องจากการชนกัน (the collision transmission probability) ได้จากสมการ

$$P_c = 1 - P_s \quad (5.3)$$

ซึ่งค่าวิสัยสามารถในกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายนั้น ได้โดยถูกนิยามว่า ปริมาณข้อมูลที่สามารถส่งได้สำเร็จต่อเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลนั้น หรือเขียนได้ว่า

$$\text{Throughput} = S = \frac{\text{The average of payload information in a slot time}}{\text{The length average of a slot time}}$$

หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Throughput} = S = \frac{P_s P_{tr} (MSDU \times 8)}{(1 - P_{tr}) T_{aTimeslot} + P_s P_{tr} T_s + P_{tr} P_c T_c} \quad (5.4)$$

โดยที่

$MSDU$	คือ ขนาดของแพ็กเก็ต MSDU (Mac Service Data Unit)
T_s	คือ ค่าเวลาเฉลี่ยที่ช่องสัญญาณไม่ว่างเนื่องมาจากการส่งแพ็กเก็ตสำเร็จ (The average time the channel is sensed busy because of successful transmission)
T_c	คือ ค่าเวลาเฉลี่ยที่ช่องสัญญาณไม่ว่างเนื่องจากแต่ละสถานีอยู่ในระหว่างการเกิดการชนกันของแพ็กเก็ต (The average time the channel is sensed busy by each station during a collision)
$T_{aTimeslot}$	คือ ค่าคาบเวลาหนึ่งไทม์สล็อต

เนื่องจากโพรโทคอล CSMA/CA นั้นมีรูปแบบการทำงานอยู่ 2 รูปแบบคือ 1. CSMA/CA basic mode และ 2. CSMA/CA RTS/CTS mode ซึ่งแต่ละแบบนั้นจะมีรูปแบบการคำนวณหาค่าคาบเวลา T_c และ T_s ที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 5.5 ถึง 5.8

$$T_s^{bas} = T_{DIFS} + T_{SIFS} + 2T_{Delay} + T_{Data} + T_{ACK} \quad (5.5)$$

$$T_s^{RTS} = T_{DIFS} + 3T_{SIFS} + 4T_{Delay} + T_{CTS} + T_{Data} + T_{ACK} + T_{DIFS} \quad (5.6)$$

$$T_c^{bas} = T_{DIFS} + T_{aTimeslot} \quad (5.7)$$

$$T_c^{RTS} = T_{DIFS} + T_{RTS} + T_{aTimeslot} \quad (5.8)$$

โดยที่

T_s^{bas} คือ ค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งแพ็กเก็ตจนสำเร็จในโหมดเบสิก

T_s^{RTS} คือ ค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งแพ็กเก็ตจนสำเร็จในโหมด RTS/CTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_c^{bas}	คือ ค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จในโหมดเบสิก
T_c^{RTS}	คือ ค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จในโหมด RTS/CTS
T_{SIFS}	คือ ค่าคาบเวลา SIFS
T_{DIFS}	คือ ค่าคาบเวลา DIFS
T_{delay}	คือ ค่าคาบเวลาการเดินทางของแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณ
T_{RTS}	คือ ค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งแพ็กเก็ต RTS
T_{CTS}	คือ ค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งแพ็กเก็ต CTS
T_{ACK}	คือ ค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งแพ็กเก็ต ACK
T_{Data}	คือ ค่าคาบเวลาที่ใช้ส่งแพ็กเก็ต Data

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะคำนวณค่าวิสัยสามารถอยู่บนพื้นฐานของมาตรฐาน IEEE802.11 ด#ยกัน 3 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน IEEE802.11b, 802.11g และ 802.11g [1]-[3] ตามลำดับ

5.1.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11b

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11b [23]-[25] จะแสดงดังในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ตามมาตรฐาน IEEE802.11b

Parameters	IEEE802.11b
T_{SIFS}	10 μs
T_{DIFS}	50 μs
$T_{aTimeslot}$	20 μs
$T_{PLCPheader}$	48 μs
$T_{Preamble}$	144 μs
T_{ACK}	304 μs
T_{CTS}	304 μs
T_{RTS}	352 μs
L_{MAC}	34 bytes
L_{ACK}	14 bytes
L_{CTS}	14 bytes
L_{RTS}	20 bytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$T_{PLCPheader}$ คือ ค่าคาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรม PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) header

$T_{Preamble}$ คือ ค่าคาบเวลาในการส่งเฟรม Preamble

L_{MAC} คือ ค่าขนาดของเฟรม MAC overhead

L_{ACK} คือ ขนาดของเฟรม ACK

L_{CTS} คือ ขนาดของเฟรม CTS

L_{RTS} คือ ขนาดของเฟรม RTS

โดยที่ค่าเวลา T_{Data} ตามมาตรฐาน IEEE802.11b สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 5.9

$$T_{Data} = T_{Preamble} + T_{PLCPheader} + \frac{8 \cdot (L_{MAC} + MSDU)}{Data\ rate} \quad (5.9)$$

ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาค่า T_{Data} ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps โดยใช้เทคนิคการส่งสัญญาณแบบ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) และ HR-DSSS (High Rate Direct Sequence Spread Spectrum) ได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าคาบเวลาการส่งเฟรมข้อมูล (T_{Data}) ตามมาตรฐาน IEEE802.11b

Spread spectrum technology	Data Rate	T_{Data}
DSSS	1 Mbps	$192 + \frac{8 \cdot (34 + MSDU)}{1}$
DSSS	2 Mbps	$192 + \frac{8 \cdot (34 + MSDU)}{2}$
HR-DSSS	5.5 Mbps	$192 + \frac{8 \cdot (34 + MSDU)}{5.5}$
HR-DSSS	11 Mbps	$192 + \frac{8 \cdot (34 + MSDU)}{11}$

5.1.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11a

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11a [23]-[25] จะแสดงดังในตารางที่ 5.3 และค่า N_{DBPS} (Number of data bits per OFDM symbol) ที่ใช้เทคนิคการมอดูเลต (Modulation technique) และอัตราเร็วในการส่งข้อมูลแบบต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคการส่งสัญญาณแบบ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) จะแสดงดังในตารางที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ตามมาตรฐาน IEEE802.11a

Parameters	IEEE802.11a
T_{SIFS}	16 μs
T_{DIFS}	34 μs
$T_{aTimeslot}$	9 μs
T_{Signal}	4 μs
$T_{Preamble}$	16 μs
T_{SYM}	4 μs
L_{MAC}	34 bytes
L_{ACK}	14 bytes
L_{CTS}	14 bytes
L_{RTS}	20 bytes
L_{Tail}	6 bits
$L_{Service}$	16 bits

โดยที่

T_{Signal} คือ ช่วงเวลาของ SIGNAL BPSK-OFDM symbol
 T_{SYM} คือ ช่วงเวลา Symbol
 L_{Tail} คือ ขนาดของเฟรม Tail
 $L_{Service}$ คือ ขนาดของเฟรม Service

ตารางที่ 5.4 แสดงค่า N_{DBPS} ที่ใช้กับเทคนิคการมอดูเลตแบบ BPSK (binary phase shift keying), QPSK (quadrature phase shift keying) และ QAM (quadrature amplitude modulation) ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูลแบบต่าง ๆ

Data Rate	Modulation	N_{DBPS}
6	BPSK	24
9	BPSK	36
12	QPSK	48
18	QPSK	72
24	16-QAM	96
36	16-QAM	144
48	64-QAM	192
54	64-QAM	216

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ค่าเวลา T_{ACK} , T_{CTS} , T_{RTS} และ T_{Data} ตามมาตรฐาน IEEE802.11a จะสามารถหาได้ดังสมการที่ 5.10 ถึง 5.13

$$T_{ACK} = T_{Preamble} + T_{Signal} + T_{SYM} + \left(\frac{L_{Service} + L_{Tail} + 8 \cdot L_{ACK}}{N_{DBPS}} \right) \quad (5.10)$$

$$T_{CTS} = T_{Preamble} + T_{Signal} + T_{SYM} + \left(\frac{L_{Service} + L_{Tail} + 8 \cdot L_{CTS}}{N_{DBPS}} \right) \quad (5.11)$$

$$T_{RTS} = T_{Preamble} + T_{Signal} + T_{SYM} + \left(\frac{L_{Service} + L_{Tail} + 8 \cdot L_{RTS}}{N_{DBPS}} \right) \quad (5.12)$$

$$T_{Data} = T_{Preamble} + T_{Signal} + T_{SYM} + \left(\frac{L_{Service} + L_{Tail} + 8 \times (L_{MAC} + MSDU)}{N_{DBPS}} \right) \quad (5.13)$$

ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาค่า T_{Data} ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps และ 18 Mbps โดยใช้เทคนิคการส่งสัญญาณแบบ OFDM ได้ดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าคาบเวลาการส่งเฟรมข้อมูล (T_{Data}) ตามมาตรฐาน IEEE802.11a

Spread spectrum technology	Data Rate	T_{Data}
OFDM	6 Mbps	$16 + 4 + 4 \times \left(\frac{(16 + 6 + 8 \times (34 + MSDU))}{24} \right)$
OFDM	9 Mbps	$16 + 4 + 4 \times \left(\frac{(16 + 6 + 8 \times (34 + MSDU))}{36} \right)$
OFDM	12 Mbps	$16 + 4 + 4 \times \left(\frac{(16 + 6 + 8 \times (34 + MSDU))}{48} \right)$
OFDM	18 Mbps	$16 + 4 + 4 \times \left(\frac{(16 + 6 + 8 \times (34 + MSDU))}{72} \right)$

5.1.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11g

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11g [23]-[25] จะแสดงดังในตารางที่ 5.6 ค่าเวลา T_{ACK} , T_{CTS} , T_{RTS} และ T_{Data} ตามมาตรฐาน IEEE802.11g จะสามารถหาได้ดังสมการที่ 5.14 ถึง 5.17

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ตามมาตรฐาน IEEE802.11g

Parameters	IEEE802.11g
T_{SIFS}	10 μs
T_{DIFS}	28 μs
$T_{aTimeslot}$	9 μs
T_{Signal}	4 μs
$T_{Preamble}$	16 μs
T_{EX}	6 μs
T_{SYM}	4 μs
L_{MAC}	34 bytes
L_{ACK}	14 bytes
L_{CTS}	14 bytes
L_{RTS}	20 bytes
L_{Tail}	6 bits
$L_{Service}$	16 bits

$$T_{ACK} = T_{Preamble} + T_{Signal} + T_{SYM} + \left(\frac{L_{Service} + L_{Tail} + 8 \cdot L_{ACK}}{N_{DBPS}} \right) + T_{EX} \quad (5.14)$$

$$T_{CTS} = T_{Preamble} + T_{Signal} + T_{SYM} + \left(\frac{L_{Service} + L_{Tail} + 8 \cdot L_{CTS}}{N_{DBPS}} \right) + T_{EX} \quad (5.15)$$

$$T_{RTS} = T_{Preamble} + T_{Signal} + T_{SYM} + \left(\frac{L_{Service} + L_{Tail} + 8 \cdot L_{RTS}}{N_{DBPS}} \right) + T_{EX} \quad (5.16)$$

$$T_{Data} = T_{Preamble} + T_{Signal} + T_{SYM} + \left(\frac{L_{Service} + L_{Tail} + 8 \times (L_{MAC} + MSDU)}{N_{DBPS}} \right) + T_{EX} \quad (5.17)$$

โดยที่

T_{EX} คือ ช่วงเวลาของ Signal Extension

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าคาบเวลาการส่งเฟรมข้อมูล (T_{Data}) ตามมาตรฐาน IEEE802.11g

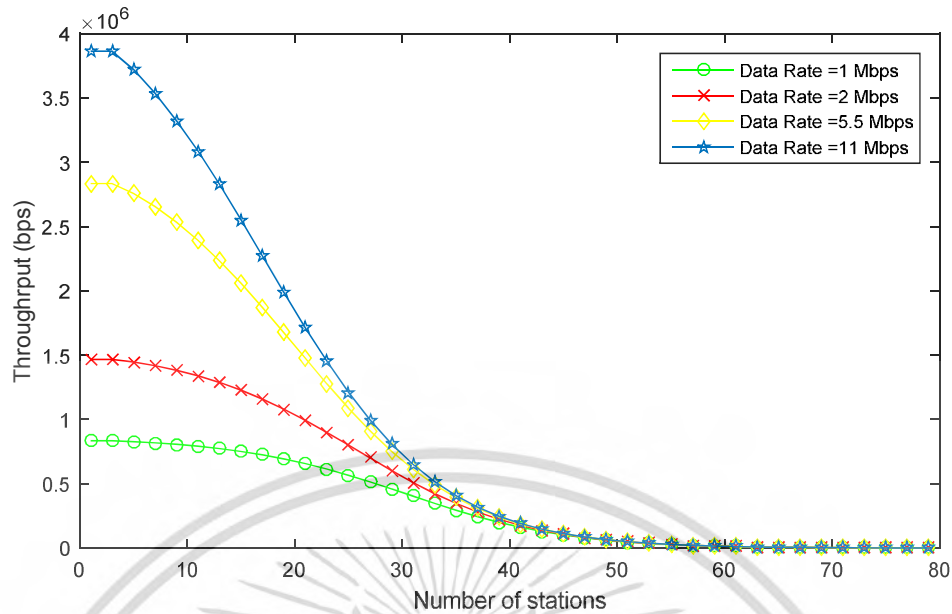
Spread spectrum technology	Data Rate	T_{Data}
OFDM	6 Mbps	$16+4+4 \times \left(\frac{(16+6+8 \times (34+MSDU))}{24} \right) + 6$
OFDM	9 Mbps	$16+4+4 \times \left(\frac{(16+6+8 \times (34+MSDU))}{36} \right) + 6$
OFDM	12 Mbps	$16+4+4 \times \left(\frac{(16+6+8 \times (34+MSDU))}{48} \right) + 6$
OFDM	18 Mbps	$16+4+4 \times \left(\frac{(16+6+8 \times (34+MSDU))}{72} \right) + 6$

5.2 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีสัญญาณไม่มีการจางหาย

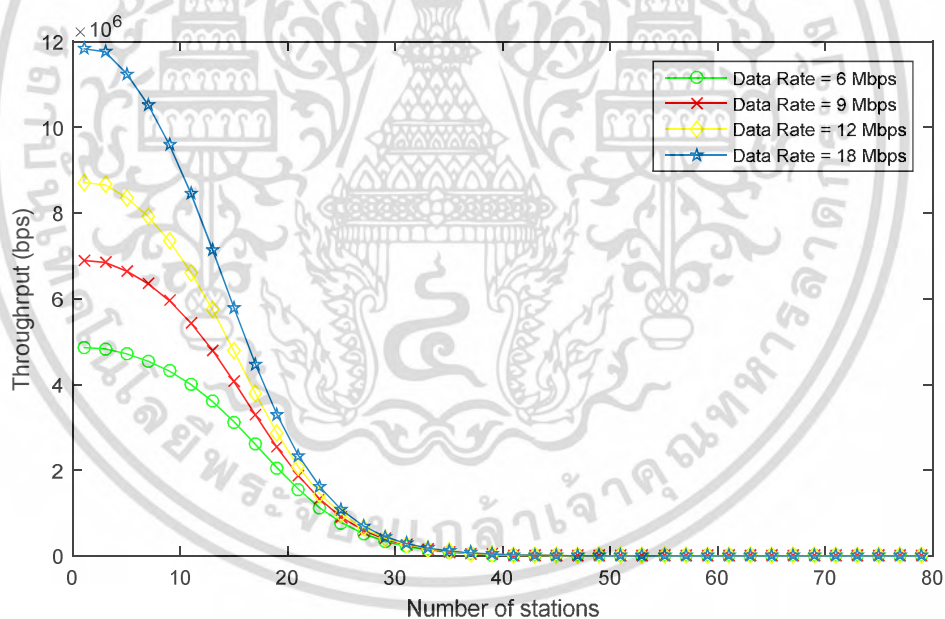
ในการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีสัญญาณไม่มีการจางหายนั้น จะนำค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณหรือค่า τ ของอัลกอริทึมแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายมาแทนค่าลงในสมการที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เพื่อใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายในสมการที่ 5.4 โดยกำหนดให้จำนวนสถานีหรือค่า n มีค่าตั้งแต่ 1-80 สถานี และขนาดของแพ็กเก็ต MSDU มีขนาด 1,024 bytes ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีสัญญาณไม่มีการจางหายโดยการพลอตกราฟ โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE802.11g ตามลำดับ

5.2.1 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

ในการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย จะนำค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณหรือค่า τ_{BEB} จากสมการที่ 3.62 มาแทนค่าลงในสมการที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เพื่อใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถในสมการที่ 5.4 โดยรูปที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 แสดงค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE 802.11g ตามลำดับ

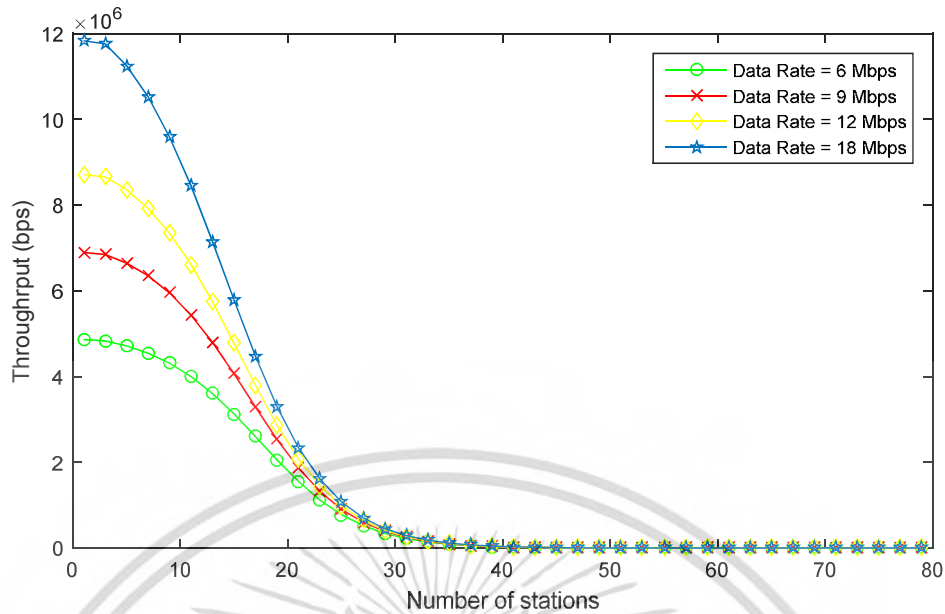


รูปที่ 5.1 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps



รูปที่ 5.2 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



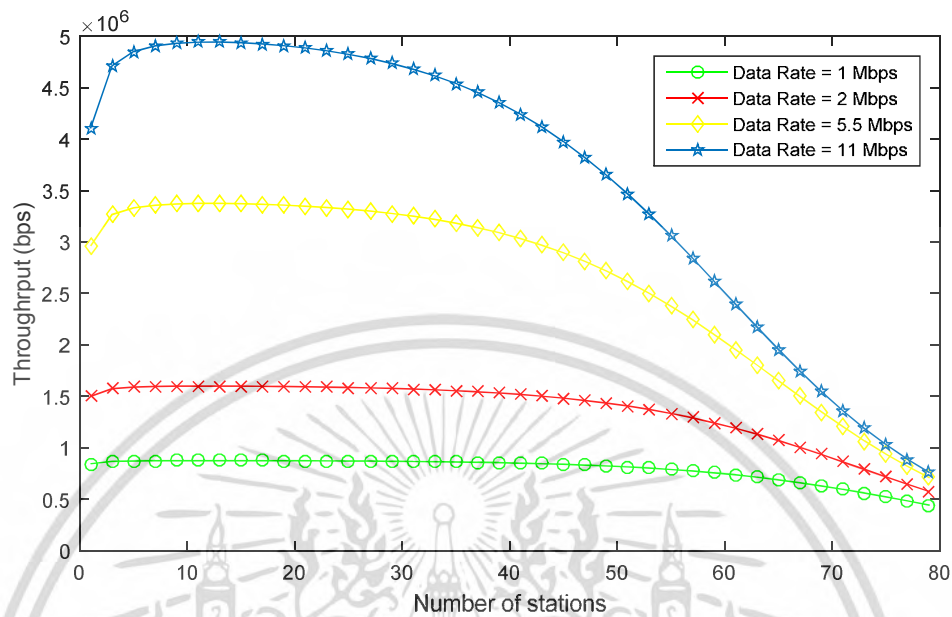
รูปที่ 5.3 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

จากกราฟรูปที่ 5.1 ถึง 5.3 จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE802.11g มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีที่เพิ่มขึ้นคล้ายกัน นั่นคือเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 1 ถึง 10 สถานี ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB นั้นมีค่าสูงและค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 11 ถึง 30 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 31 ถึง 80 สถานี จะมีค่าวิสัยสามารถที่ต่ำมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการสุ่มเลือกค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงที่เพิ่มขึ้นแบบเลขยกกำลัง (Binary Exponential) เมื่อสถานีทำการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จเนื่องจากเกิดการชนของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณ เมื่อมีจำนวนสถานีที่น้อยจะส่งผลให้ค่าวิสัยสามารถที่ดี แต่เมื่อมีจำนวนสถานีที่เพิ่มมากขึ้นมาก ๆ และมีจำนวนสถานีที่ทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จในอัตราที่สูง การที่สถานีถูกตั้งค่าให้กลับไปสุ่มค่าขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงเดียวกันที่ช่วงเริ่มต้น ซึ่งเป็นช่วงที่มีค่าน้อยที่สุดเมื่อทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จ จะส่งผลให้เกิดอัตราการแข่งขันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณที่สูงขึ้นเมื่อมีจำนวนสถานีมาก ๆ ส่งผลให้ค่าวิสัยสามารถลดลงอย่างรวดเร็ว

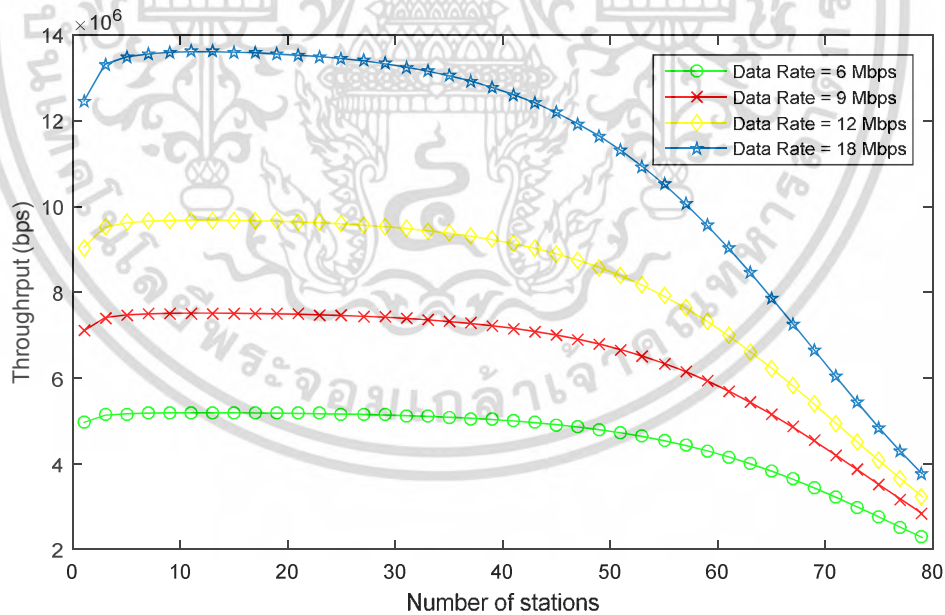
5.2.2 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

ในการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย จะนำค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณหรือค่า τ_{DIDD} จากสมการที่ 3.86 มาแทนค่าลงในสมการที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เพื่อใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถในสมการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 5.4 โดยรูปที่ 5.4, 5.5 และ 5.6 แสดงค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE 802.11g ตามลำดับ

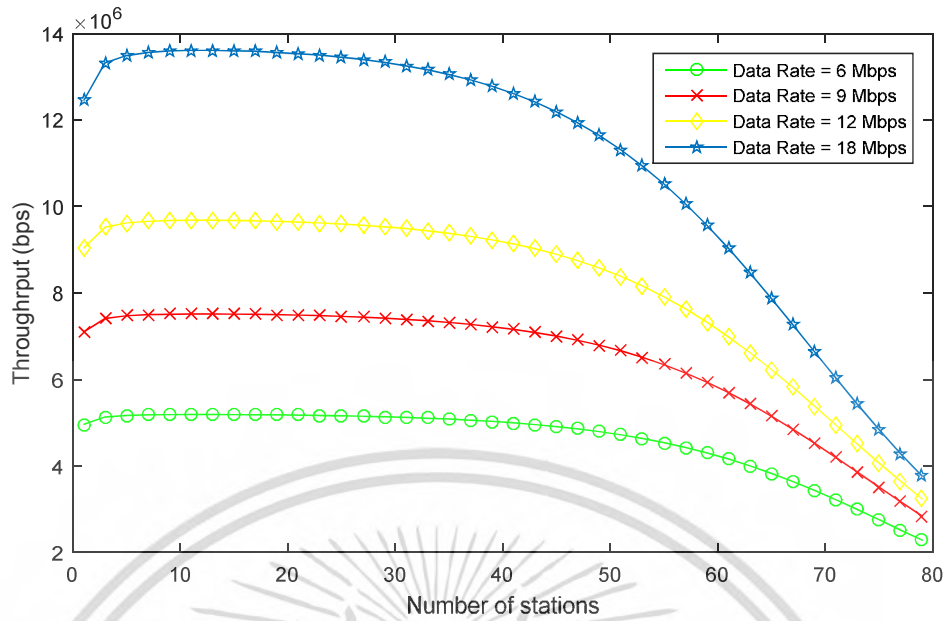


รูปที่ 5.4 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบคคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps



รูปที่ 5.5 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบคคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



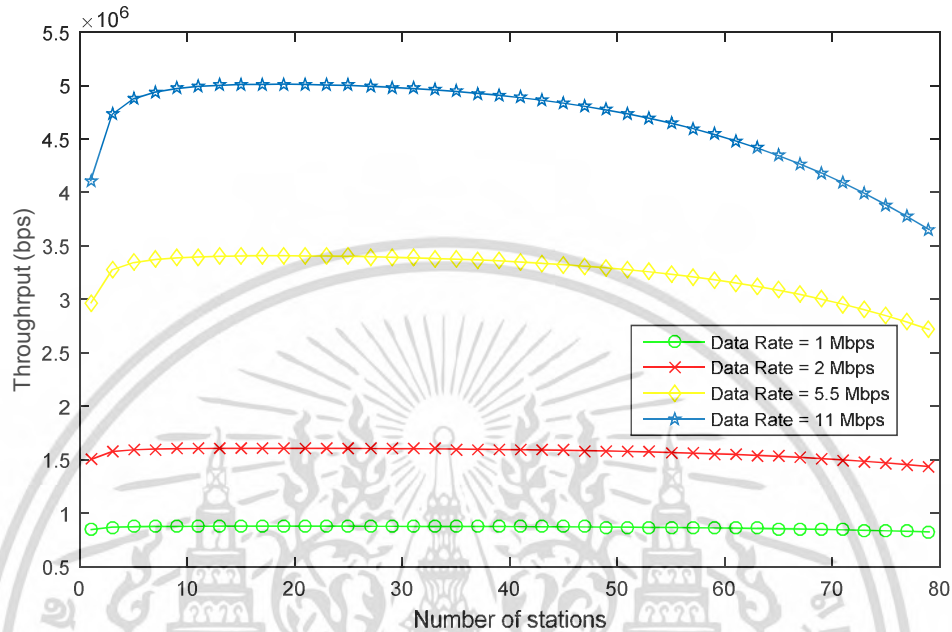
รูปที่ 5.6 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

จากกราฟรูปที่ 5.4 ถึง 5.6 จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ DIDD ในกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE802.11g มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีที่เพิ่มขึ้นคล้ายกัน นั่นคือเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 1 ถึง 30 สถานี ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ DIDD นั้นมีค่าที่สูงและค่อนข้างคงที่ และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 31 ถึง 50 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 51 ถึง 80 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ DIDD นั้นมีค่าที่สูงและค่อนข้างคงที่มากกว่าอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB ในช่วงที่มีจำนวนสถานีไม่สูงมากนัก (ไม่เกิน 50 สถานี) และลดลงช้ากว่าเมื่อมีจำนวนสถานีมากกว่า 50 สถานีขึ้นไป เนื่องจากว่าสถานีไม่ตงกลับไปสู่ค่าหน้าตาต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงเดียวกันที่ช่วงเริ่มตงเมื่อส่งแพ็กเกตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จเหมือนอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB แต่ลดค่าหน้าตาต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณลงแบบเท่าตัวแทน ส่งผลให้ลดอัตราการที่สถานีตงไปรวมกันที่ช่วงของค่าหน้าตาต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณในช่วงเดียวกันที่ช่วงเริ่มตง ทำให้ความน่าจะเป็นในการที่สถานีจะส่งแพ็กเกตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จเนื่องมาจากเกิดการชนกันของแพ็กเกตภายในช่องสัญญาณลดลง

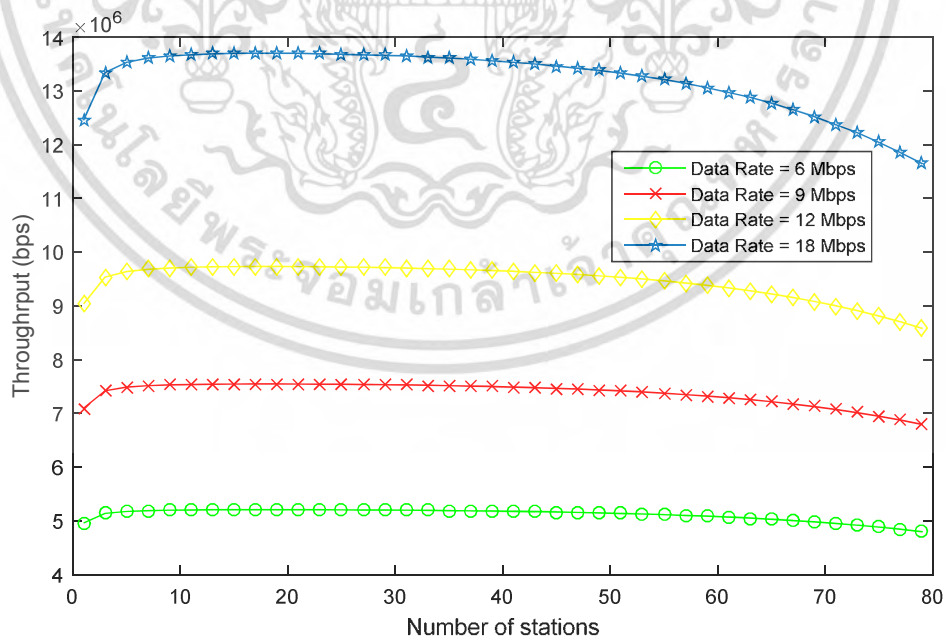
5.2.3 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

ในการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย จะนำค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเกตผ่านช่องสัญญาณหรือค่า τ_{EIED} จากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 3.108 มาแทนค่าลงในสมการที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เพื่อใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถในสมการที่ 5.4 โดยรูปที่ 5.7, 5.8 และ 5.9 แสดงค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE 802.11g ตามลำดับ

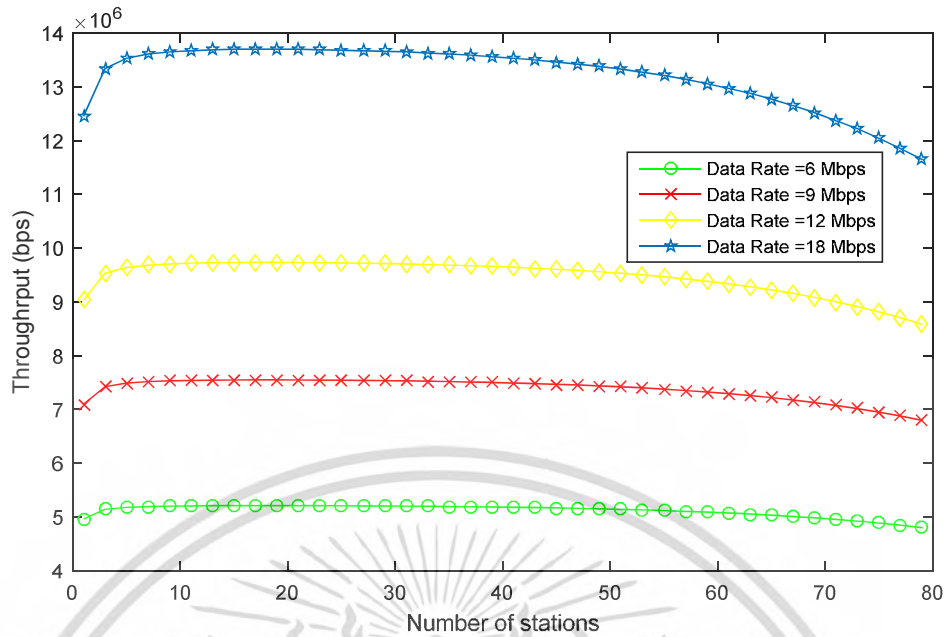


รูปที่ 5.7 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps



รูปที่ 5.8 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

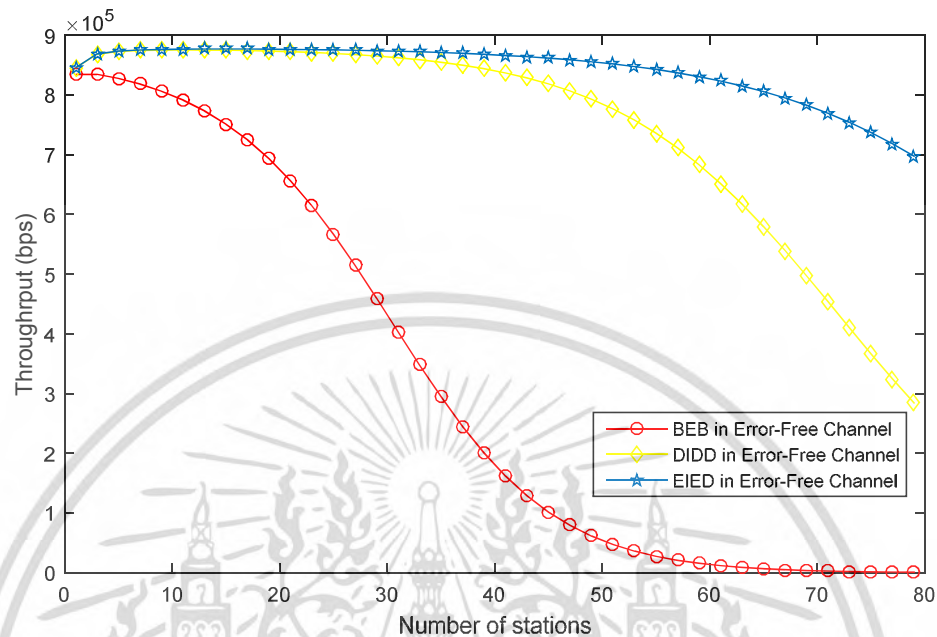
จากกราฟรูปที่ 5.7 ถึง 5.9 จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE802.11g มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีที่เพิ่มขึ้นคล้ายกัน นั่นคือเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 1 ถึง 50 สถานี ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED นั้นมีค่าที่สูงและค่อนข้างคงที่ และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 51 ถึง 80 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED นั้นมีค่าที่สูงและค่อนข้างคงที่มากกว่าอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB และ DIDD ยิ่งไปกว่านั้นค่าวิสัยสามารถยังคงลดลงช้ากว่ามากเมื่อมีจำนวนสถานีที่สูง (มากกว่า 50 สถานี) เนื่องจากอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED สามารถลดอัตราการที่สถานีที่ส่งถูกไปรวมที่ช่วงขนาดหน้าต่างการส่งซึ่งรวมใช้ช่องสัญญาณในช่วงเดียวกันที่ช่วงเริ่มแรกคล้ายกับอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ DIDD นอกจากนี้อัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED จะทำการลดและเพิ่มช่วงของค่าขนาดหน้าต่างการส่งซึ่งรวมใช้ช่องสัญญาณแบบเลขยกกำลัง (Exponential Increase Exponential Decrease) แบบสุ่มอีกด้วย ทำให้หาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จเนื่องจากเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณได้มากขึ้น

5.2.4 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

เพื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของผลวิเคราะห์เชิงตัวเลขของอัลกอริทึมแบ็คคอปทั้ง 3 แบบ นั่นคืออัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย จะทำการนำค่าวิสัยสามารถกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายของอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบมาพลอตเป็นกราฟ ดัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงในรูปที่ 5.10 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่ 1 Mbps



รูปที่ 5.10 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1 Mbps

จากรูปกราฟรูปที่ 5.10 จะเห็นว่าในช่วงแรก (1 ถึง 5 สถานี) อัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB จะมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่อัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD และ EIED นั้นค่อย ๆ สูงขึ้นเล็กน้อยนั้นเป็นเพราะว่า จากทฤษฎีของ Bianchi ได้กำหนดไว้สำหรับระบบนี้เป็นระบบที่มีสถานีมีแพ็กเก็ตที่ตรงการส่งอยู่ตลอดเวลาและก่อนการส่งแพ็กเก็ตเข้า สถานีต้องเข้าสู่กระบวนการแบ็คคอฟก่อน โดยทำการสุ่มค่าเวลาขึ้นมาและทำการรอจนกว่าค่าเวลาแบ็คคอฟจะมีค่าเป็น 0 ไทม์สล็อตก่อนถึงจะมีสิทธิในการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลผ่านช่องสัญญาณได้ซึ่งในกรณีที่รอเวลาแบ็คคอฟอยู่นั้นช่องสัญญาณมีสถานะว่าง สถานีก็ไม่มีสิทธิทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณหากค่าเวลาแบ็คคอฟยังมีค่าเป็น 0 ไทม์สล็อต ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเลือกค่าเวลาแบ็คคอฟจึงมีผลต่อการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จเนื่องมาจากการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณ ดังนั้นหากอัลกอริทึมแบ็คคอฟที่มีรูปแบบการสุ่มเลือกค่าเวลาแบ็คคอฟที่หลากหลายจะส่งผลให้ความน่าจะเป็นที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จเนื่องจากเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณได้ลดลง ซึ่งจากการคำนวณหาความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED จะพบว่า อัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD และ EIED นั้นมีความหลากหลายมากกว่าอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB จึงทำให้ในช่วงที่มีจำนวนสถานีอยู่ไม่มากนัก (ประมาณ 1-50 สถานี) อัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD และ EIED จึงมีสมรรถนะของค่าวิสัยสามารถที่ดีกว่าอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB และอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED ยังคงมีรูปแบบการสุ่มเลือกค่าของขนาดหน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณที่หลากหลายกว่าอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไม่เหมาะสมในการนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งกรณีส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณสำเร็จและไม่สำเร็จ จึงทำให้ในช่วงที่มีจำนวนสถานีที่มาก (มากกว่า 50 สถานี) อัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED มีค่าวิสัยสามารถที่สูงกว่าและลดลงช้กว่า อัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD

5.3 การวิเคราะห์เชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

ในงานวิจัยที่ [12] ได้ทำการเพิ่มตัวแปรต่าง ๆ เข้าไปในสมการที่ 5.4 เพื่อใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์หาค่าวิสัยสามารถกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ดังนั้นค่าวิสัยสามารถกรณีที่ช่องสัญญาณมีการจางหายสามารถหาได้ตามสมการที่ 5.18

$$S = \frac{P_r P_s (1 - P_e) (MSDU \times 8)}{(1 - P_r) T_{timeout} + P_r P_s (1 - P_e) + P_r (1 - P_s) T_c + P_r P_s (P_e^{RTS} T_e^{RTS} + P_e^{CTS} T_e^{CTS} + P_e^{Data} T_e^{Data} + P_e^{ACK} T_e^{ACK})} \quad (5.18)$$

ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ถูกเพิ่มเข้าไปในสมการที่ 5.18 ได้ดังสมการที่ 5.19 ถึง 5.29

$$P_e = 1 - (1 - P_b)^{L_{RTS} + L_{CTS} + L_{data} + L_{ACK}} \quad (5.19)$$

$$P_e^{RTS} = 1 - (P_b)^{L_{RTS}} \quad (5.20)$$

$$P_e^{CTS} = (1 - P_b)^{L_{RTS}} (1 - (1 - P_b)^{L_{CTS}}) \quad (5.21)$$

$$P_e^{data} = (1 - P_b)^{L_{RTS} + L_{CTS}} (1 - (1 - P_b)^{L_{data}}) \quad (5.22)$$

$$P_e^{ACK} = (1 - P_b)^{L_{RTS} + L_{CTS} + L_{data}} (1 - (1 - P_b)^{L_{ACK}}) \quad (5.23)$$

$$T_{CTS}^{Timeout} = T_{SIFS} + T_{CTS} + T_{aTimeslot} \quad (5.24)$$

$$T_{ACK}^{Timeout} = T_{SIFS} + T_{ACK} + T_{aTimeslot} \quad (5.25)$$

$$T_e^{RTS} = T_{RTS} + T_{CTS}^{Timeout} + T_{DIFS} + T_{delay} \quad (5.26)$$

$$T_e^{CTS} = T_{RTS} + T_{SIFS} + T_{DIFS} + 2T_{delay} \quad (5.27)$$

$$T_e^{Data} = T_{RTS} + T_{CTS} + T_{DIFS} + 2T_{SIFS} + T_{Data} + T_{ACK}^{Timeout} + 3T_{delay} \quad (5.28)$$

$$T_e^{ACK} = T_{RTS} + T_{CTS} + T_{DIFS} + 3T_{SIFS} + T_{Data} + 4T_{delay} \quad (5.29)$$

โดยที่

P_e คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่งแพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหาย

P_e^{RTS} คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่งเฟรม RTS เนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

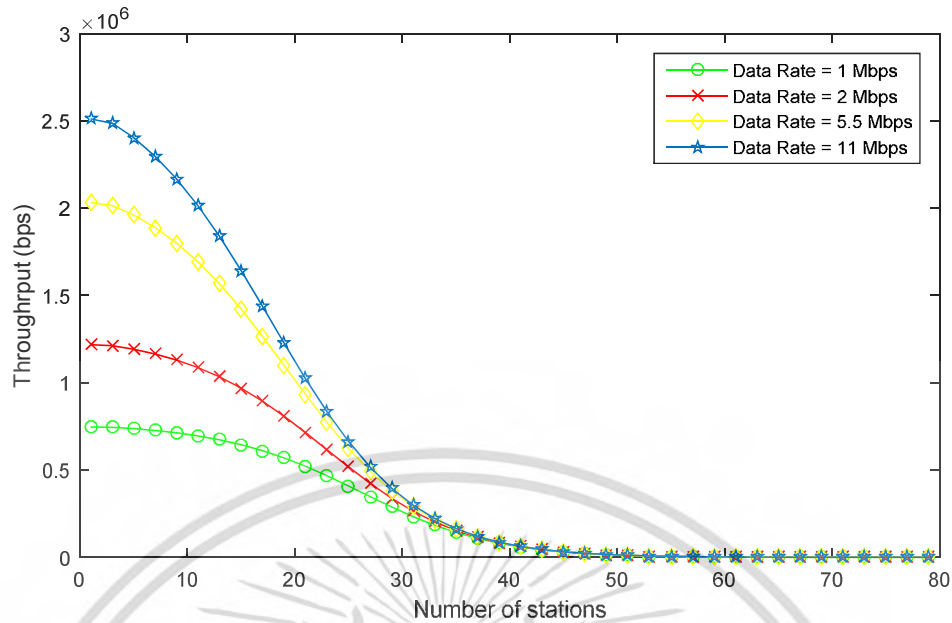
P_e^{CTS}	คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่งเฟรม CTS เนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหาย
P_e^{Data}	คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่งเฟรม data เนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหาย
P_e^{ACK}	คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่งเฟรม ACK เนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหาย
$T_{CTS}^{Timeout}$	คือ คาบเวลาที่สถานีส่งรอการส่งเฟรม CTS จากสถานีรับ
$T_{ACK}^{Timeout}$	คือ คาบเวลาที่สถานีส่งรอการส่งเฟรม ACK จากสถานีรับ
T_e^{RTS}	คือ คาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรม RTS แล้วเกิดความผิดพลาด
T_e^{CTS}	คือ คาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรม CTS แล้วเกิดความผิดพลาด
T_e^{Data}	คือ คาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรม Data แล้วเกิดความผิดพลาด
T_e^{ACK}	คือ คาบเวลาที่ใช้ในการส่งเฟรม ACK แล้วเกิดความผิดพลาด

5.4 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีสัญญาณมีการจางหาย

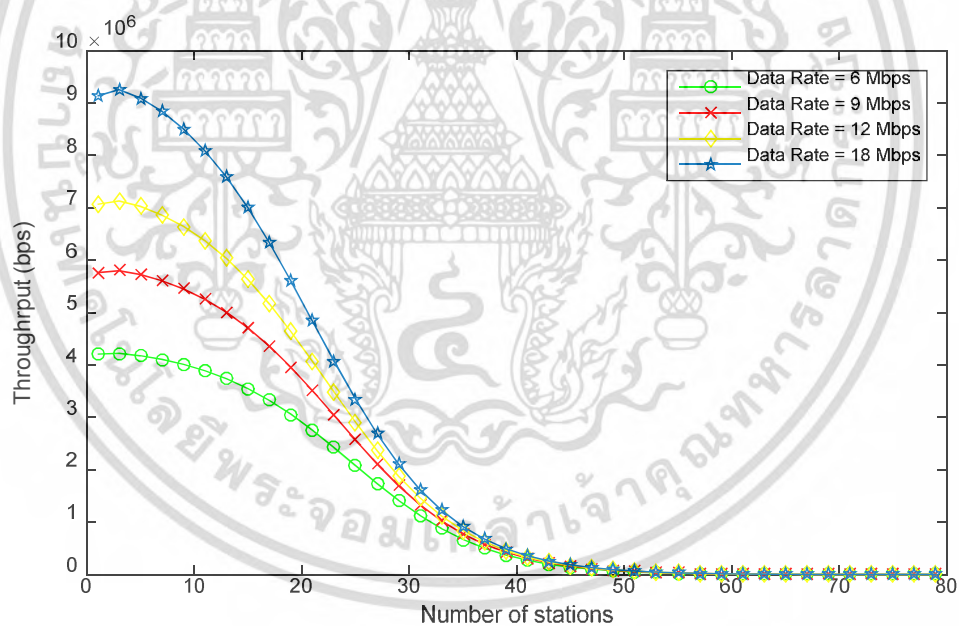
ในการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีสัญญาณมีการจางหายนั้น จะนำค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณหรือค่า τ ของอัลกอริทึมแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีสัญญาณมีการจางหายมาแทนค่าลงในสมการที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เพื่อใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถกรณีสัญญาณมีการจางหายในสมการที่ 5.18 โดยกำหนดให้จำนวนสถานีหรือค่า n มีค่าตั้งแต่ 1-80 สถานี และขนาดของแพ็กเก็ต MSDU มีขนาด 1,024 bytes ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีสัญญาณไม่มีการจางหายโดยการพลอตกราฟ โดยใช้โปรแกรมเตอร์ในการคำนวณตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE802.11g ตามลำดับ

5.4.1 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB กรณีสัญญาณมีการจางหาย

ในการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB กรณีสัญญาณมีการจางหาย จะนำค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณหรือค่า $\tau_{BEBfading}$ จากสมการที่ 4.25 มาแทนค่าลงในสมการที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เพื่อใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถในสมการที่ 5.18 โดยรูปที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 แสดงค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ BEB กรณีสัญญาณมีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE 802.11g ตามลำดับ

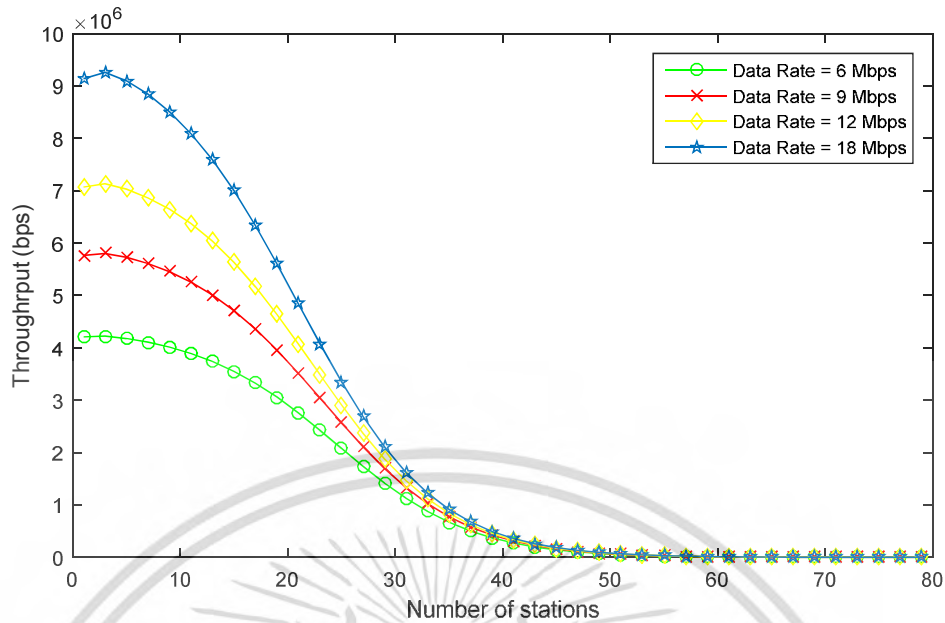


รูปที่ 5.11 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps



รูปที่ 5.12 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

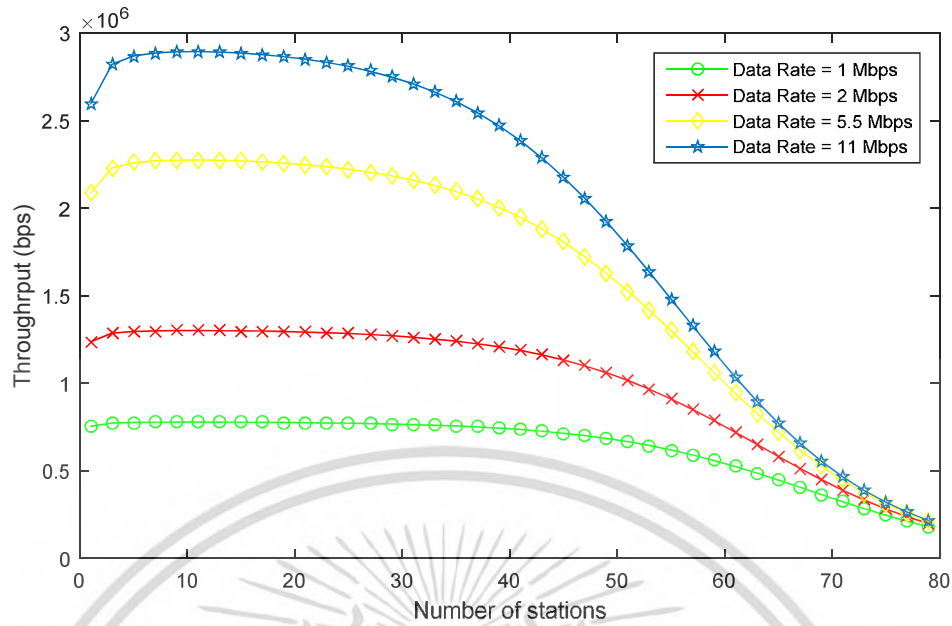


รูปที่ 5.13 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

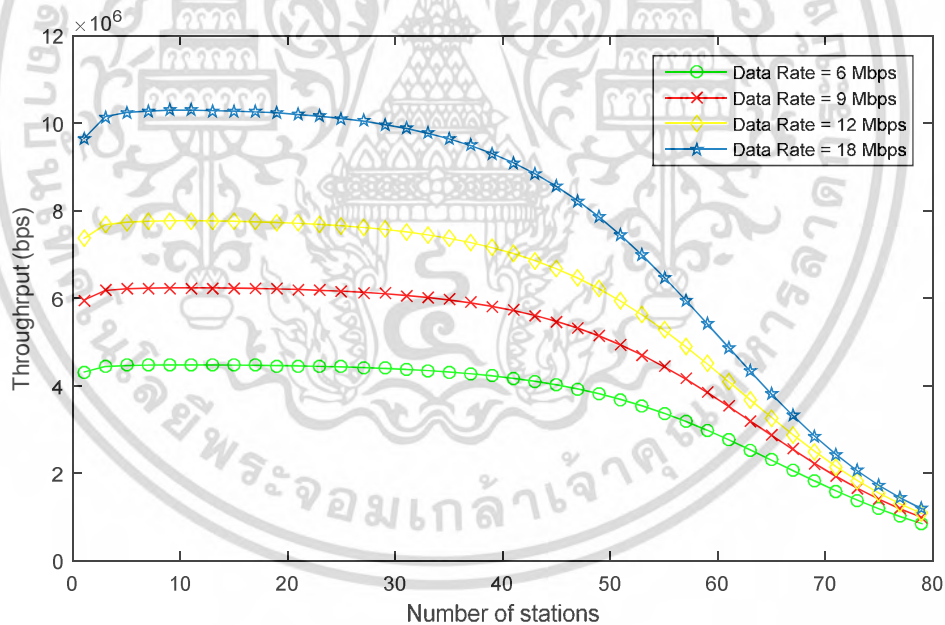
จากกราฟรูปที่ 5.11 ถึง 5.13 จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE802.11g มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีที่เพิ่มขึ้นคล้ายกัน ยิ่งไปกว่านั้นยังคล้ายกับอัลกอริทึมแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายอีกด้วย นั่นคือเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 1 ถึง 10 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะมีค่าสูงและค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 11 ถึง 30 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 31 ถึง 80 สถานี จะมีค่าวิสัยสามารถที่ต่ำมาก แต่ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายจะต่ำกว่ากรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายอยู่ประมาณ 1 ถึง 3 Mbps

5.4.2 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

ในการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย จะนำค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณหรือค่า $\tau_{DIDDfading}$ จากสมการที่ 4.47 มาแทนค่าลงในสมการที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เพื่อใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถในสมการที่ 5.18 โดยรูปที่ 5.14, 5.15 และ 5.16 แสดงค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE 802.11g ตามลำดับ

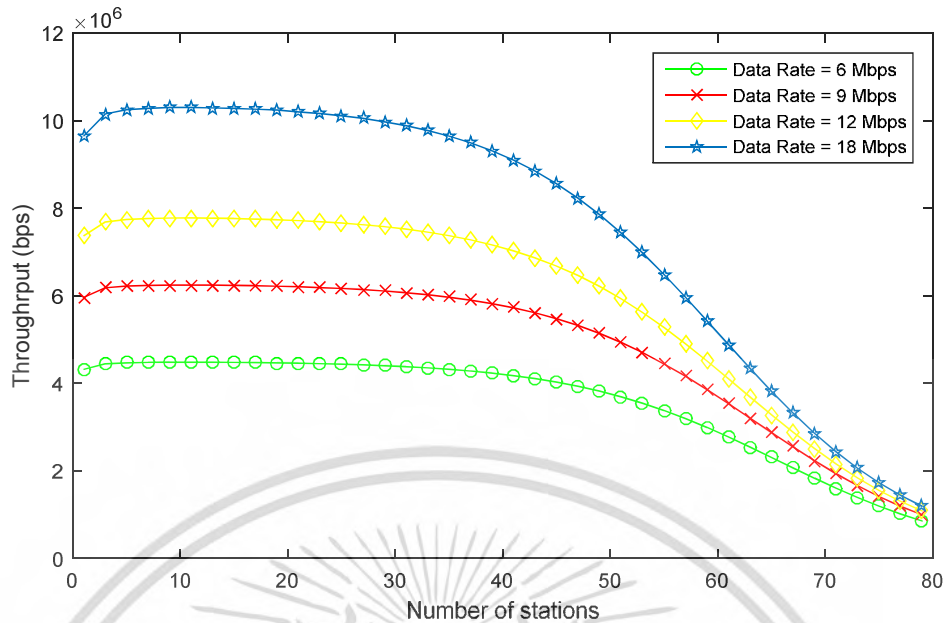


รูปที่ 5.14 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps



รูปที่ 5.15 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

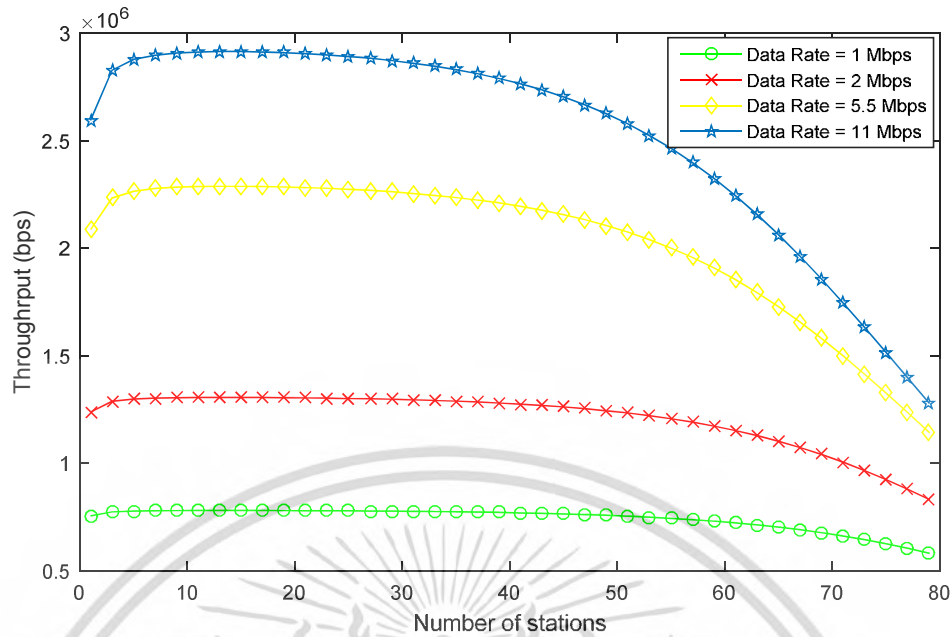


รูปที่ 5.16 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

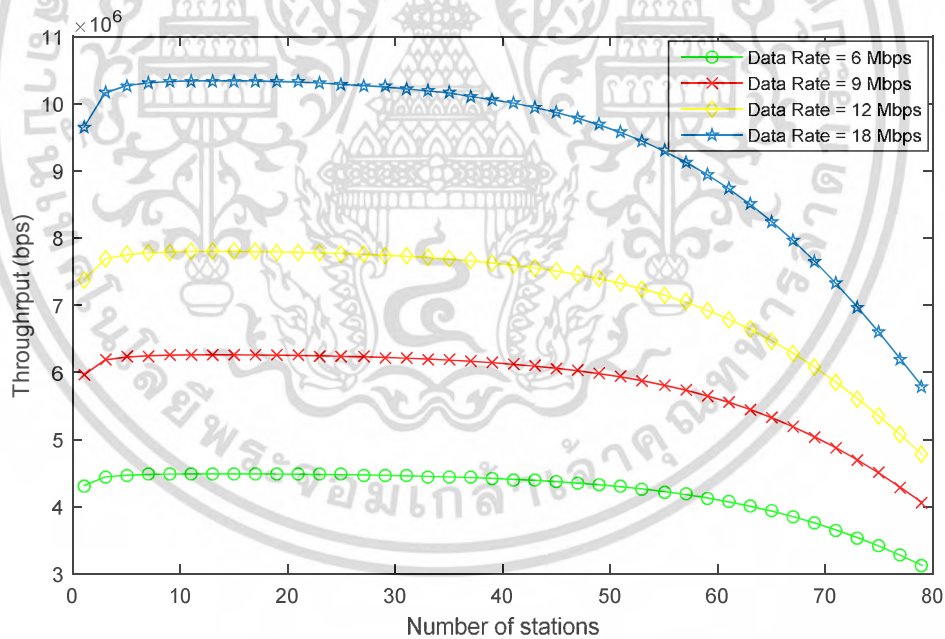
จากกราฟรูปที่ 5.14 ถึง 5.16 จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE802.11g มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีที่เพิ่มขึ้นคล้ายกัน ยิ่งไปกว่านั้นยังคล้ายกับอัลกอริทึมแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายอีกด้วย นั่นคือเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 1 ถึง 30 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะมีค่าที่สูงและค่อนข้างคงที่ และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 31 ถึง 50 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 51 ถึง 80 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ DIDD กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายจะต่ำกว่ากรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายอยู่ประมาณ 1 ถึง 3 Mbps

5.4.3 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

ในการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย จะนำค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ จะทำการส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณหรือค่า $\tau_{EIEDfading}$ จากสมการที่ 4.69 มาแทนค่าลงในสมการที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 เพื่อใช้ในการหาค่าวิสัยสามารถในสมการที่ 5.18 โดยรูปที่ 5.17, 5.18 และ 5.19 แสดงค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE 802.11g ตามลำดับ

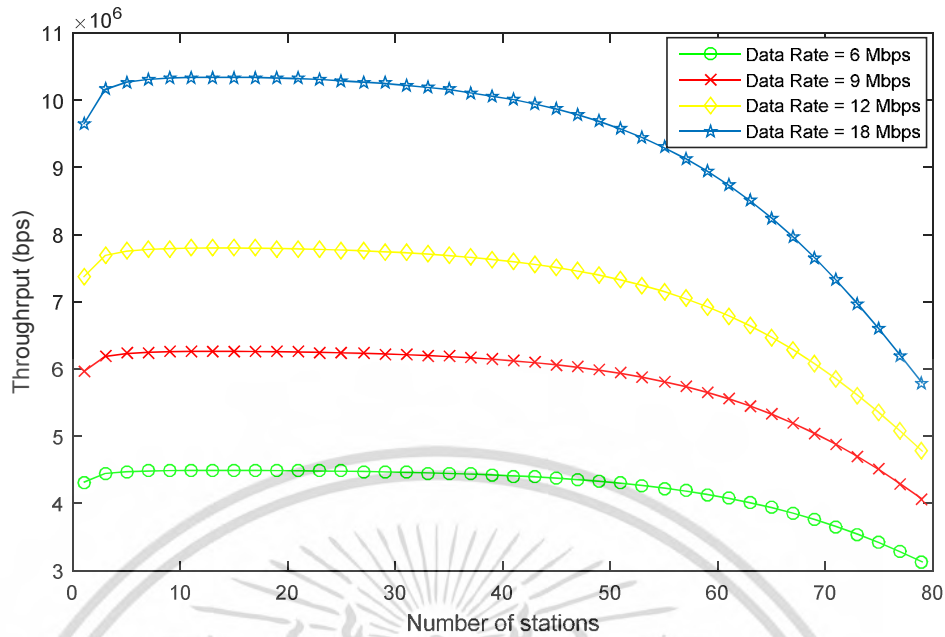


รูปที่ 5.17 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1, 2, 5.5 และ 11 Mbps



รูปที่ 5.18 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11a ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

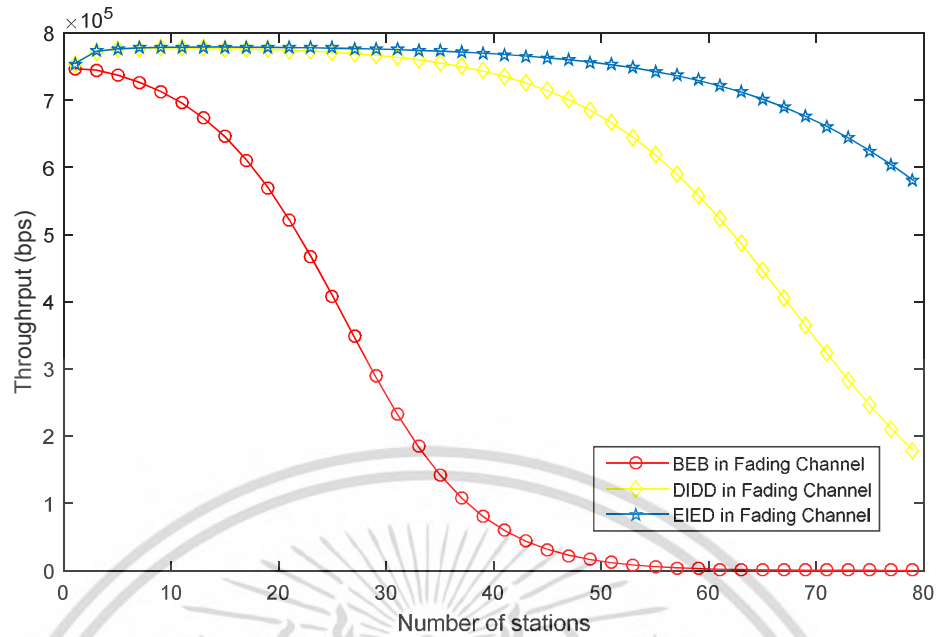


รูปที่ 5.19 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11g ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 6, 9, 12 และ 18 Mbps

จากกราฟรูปที่ 5.17 ถึง 5.19 จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายตามมาตรฐาน IEEE802.11b, IEEE802.11a และ IEEE802.11g มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีที่เพิ่มขึ้นคล้ายกัน ยิ่งไปกว่านั้นยังคล้ายกับอัลกอริทึมแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายอีกด้วย นั่นคือเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 1 ถึง 50 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะมีค่าที่สูงและค่อนข้างคงที่ และเมื่อมีจำนวนสถานีอยู่ในช่วงประมาณ 51 ถึง 80 สถานี ค่าวิสัยสามารถจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ แต่ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายจะต่ำกว่ากรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายอยู่ประมาณ 1 ถึง 3 Mbps

5.4.4 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย

เพื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของผลวิเคราะห์เชิงตัวเลขของอัลกอริทึมแบ็คคอปทั้ง 3 แบบ นั่นคืออัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย จะทำการนำค่าวิสัยสามารถกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายของอัลกอริทึมทั้ง 3 แบบมาพลอตเป็นกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 5.20 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่ 1 Mbps



รูปที่ 5.20 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1 Mbps

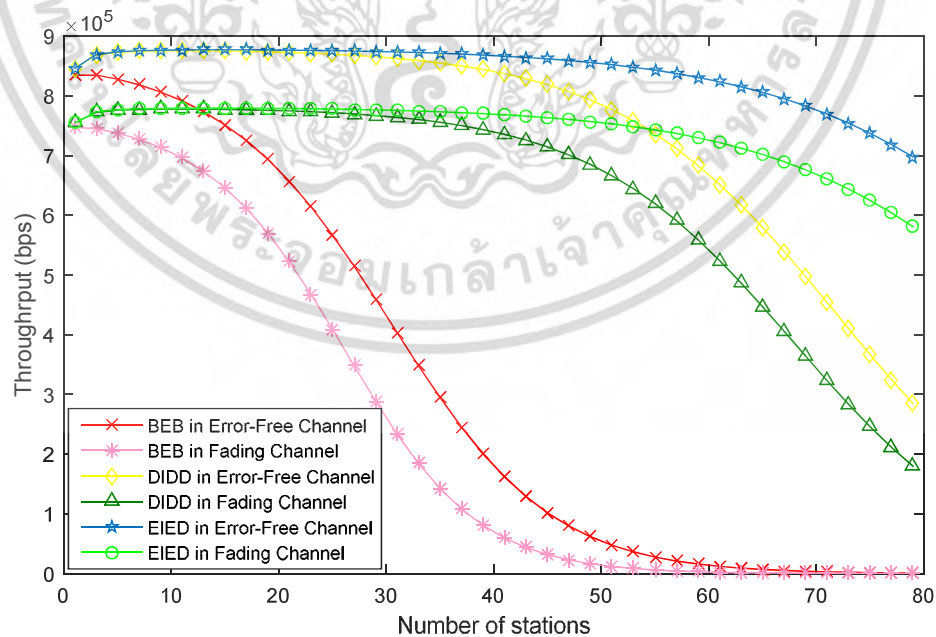
จากกราฟในรูปที่ 5.11 ถึง 5.19 จะเห็นว่าค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหายมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าวิสัยสามารถต่อจำนวนสถานีที่เพิ่มขึ้นคล้ายกับกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย แต่ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายจะต่ำกว่ากรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายอยู่ประมาณ 1 ถึง 3 Mbps นั้นเป็นเพราะว่าในการคำนวณหาค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอฟกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายของสัญญาณ เป็นการคำนวณระบบในรูปแบบที่ใกล้เคียงช่องสัญญาณจริงมากที่สุด เนื่องจากในความเป็นจริงแล้วช่องสัญญาณมักถูกรบกวนหรือมีการจางหายอยู่เสมอ นั้นแสดงว่าการที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จนั้น ไม่ใช่แค่เพียงไม่เกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณเท่านั้น แต่ช่องสัญญาณต้องไม่เกิดการจางหายอีกด้วย เพื่อให้ไม่เกิดความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น การหาค่าวิสัยสามารถกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายจึงได้มีการเพิ่มพารามิเตอร์ของค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดในการส่งเฟรมหรือแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณเนื่องจากช่องสัญญาณมีการจางหาย นั่นคือค่า P_e , P_e^{rts} , P_e^{cts} , P_e^{Data} และ P_e^{ack} นอกจากนี้ยังเพิ่มพารามิเตอร์ของค่าเวลาในการส่งเฟรมหรือแพ็กเก็ตแล้วผิดพลาด นั่นคือค่า T_e^{rts} , T_e^{cts} , T_e^{Data} และ T_e^{ack} ลงไปในสมการการหาค่าวิสัยสามารถกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย ซึ่งแตกต่างกับการหาค่าวิสัยสามารถกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายที่ไม่ได้หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นลงไปในสมการเพื่อใช้ในการคำนวณ ยิ่งไปกว่านั้น ในการออกแบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คคอฟในกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายได้มีการเพิ่มค่าความน่าจะเป็นที่สถานีจะทำการส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จเนื่องมาจากช่องสัญญาณมีการจางหายหรือ P_e ลงไปในแบบจำลองอีกด้วย เพื่อใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใดๆ จะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณหรือค่า τ กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องสัญญาณมีการจางหาย โดยการที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณได้สำเร็จจะต้องไม่มีการชนกันของแพ็กเก็ตเกิดขึ้นและไม่มีเกิดการผิดพลาดในการส่งแพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหายเกิดขึ้นด้วยเช่นกันหรือ $(1-p)(1-P_e)$ และในกรณีที่สถานีจะส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่สำเร็จจะเกิดจากการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณ หรือไม่มีเกิดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณแต่เกิดการผิดพลาดในการส่งแพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหายหรือ $(p+(1-p)P_e)$ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเหตุให้ผลของค่าวิสัยสามารถที่ได้จากการคำนวณค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายจึงมีค่าที่ต่ำกว่าค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย นอกจากนี้ จากรูปที่ 5.20 จะเห็นว่าหากเปรียบเทียบค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอป BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย อัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ EIED ยังคงมีค่าที่สูงและค่อนข้างคงที่มากกว่าอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ DIDD และ BEB ตามลำดับ ซึ่งเหมือนกับกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

5.4.5 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและช่องสัญญาณมีการจางหาย

เพื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของผลวิเคราะห์เชิงตัวเลขของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและช่องสัญญาณมีการจางหาย จะนำค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB, DIDD และ EIED ทั้งในกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและช่องสัญญาณมีการจางหาย มาพลอตเป็นกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 5.21 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณค่าวิสัยสามารถตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่ 1 Mbps



รูปที่ 5.21 ค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คคอปแบบ BEB, DIDD และ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและช่องสัญญาณมีการจางหาย ตามมาตรฐาน IEEE802.11b ที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูล 1 Mbps

จากกราฟรูปที่ 5.21 จะเห็นว่าอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ EIED กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายมีค่าที่สูงและค่อนข้างคงที่มากที่สุด และอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB ในกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายมีค่าที่ต่ำที่สุด แต่ในช่วงที่มีจำนวนสถานีมากกว่า 15 สถานีขึ้นไป ถึงแม้ว่าอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ EIED และ DIDD ที่ถูกคำนวณในกรณีช่องสัญญาณมีการจางหาย แต่มีค่าที่สูงและค่อนข้างคงที่มากกว่าอัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB กรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในระบบโครงข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 จะใช้หลักการหลีกเลี่ยงการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณที่เรียกว่า โพรโทคอล CSMA/CA ซึ่งการทำงานของโพรโทคอล CSMA/CA จะมีอัลกอริทึมแบ็คออฟช่วยลดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณในกรณีที่สถานีตั้งแต่ 2 สถานีขึ้นไปต้องการส่งข้อมูลซ้ำในเวลาเดียวกัน ซึ่งอัลกอริทึมแบ็คออฟที่ดีควรจะลดการชนกันของแพ็กเก็ตให้น้อยที่สุด วิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงทำการศึกษาเพื่อทำการจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟที่ให้ค่าวิสัยสามารถที่ดีที่สุด โดยทำการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจริงในระบบลงไปในแบบจำลอง เพื่อให้เกิดความถูกต้องมากยิ่งขึ้นเมื่อนำไปทดสอบในแบบจำลองระบบโครงข่าย ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้ทำการศึกษาอัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายด้วยกัน 3 อัลกอริทึมด้วยกัน คือ อัลกอริทึมแบ็คออฟแบบ BEB, DIDD และ EIED ซึ่งแต่ละอัลกอริทึมจะมีวิธีการปรับเปลี่ยนค่าขนาดหน้าต่างการส่งร่วมใช้ช่องสัญญาณที่ต่างกันเมื่อสถานีต้องการส่งแพ็กเก็ตซ้ำ จากนั้นทำการออกแบบจำลองอัลกอริทึมแบ็คออฟทั้ง 3 แบบโดยใช้หลักการลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่อง โดยกำหนดค่าจำนวนการส่งแพ็กเก็ตซ้ำสูงสุดหรือค่าแบ็คออฟสเตจสูงสุดไว้ที่ 8 สเตจ และค่าขนาดหน้าต่างการส่งร่วมใช้ช่องสัญญาณไว้ที่ 1,024 ไทม์สล็อตนอกจากนี้ยังเพิ่มตัวแปรค่าความน่าจะเป็นที่สถานีใด ๆ ต้องหยุดพักการลดค่าเวลาแบ็คออฟจนกว่าช่องสัญญาณจะว่าง (P_r) ลงไปในแบบจำลองเพื่อให้เกิดความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

จากนั้นทำการศึกษาและคำนวณอัลกอริทึมแบ็คออฟกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายโดยพิจารณาว่าในความเป็นจริงการที่สถานีส่งแพ็กเก็ตไม่สำเร็จไม่ได้เกิดจากการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณเท่านั้นแต่อาจเกิดจากการที่สถานีภาคส่งหรือสถานีรับ ได้รับสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในช่องสัญญาณอีกด้วย จึงได้ทำการออกแบบอัลกอริทึมแบ็คออฟ BEB, DIDD และ EIED โดยใช้หลักการลูกโซ่มาร์คอฟแบบไม่ต่อเนื่องที่มีการเพิ่มค่าตัวแปรค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการผิดพลาดในการส่งแพ็กเก็ตเนื่องจากช่องสัญญาณเกิดการจางหาย (P_e) ลงไปในแบบจำลองเพื่อให้เกิดความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ในการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์เชิงตัวเลขของค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึมแบ็คออฟทั้งในกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหายและมีการจางหาย จะถูกพิจารณาและคำนวณโดยใช้ค่าตัวแปรตามมาตรฐาน IEEE 802.11b ที่อัตราส่งข้อมูล 1 Mbps, 2 Mbps, 5.5 Mbps และ 11 Mbps และมาตรฐาน IEEE 802.11a และ IEEE 802.11g ที่อัตราส่งข้อมูล 6 Mbps, 9 Mbps, 12 Mbps และ 18 Mbps

จากการศึกษาการทำงานของการทำงานของการปรับเปลี่ยนค่าขนาดหน้าต่างการส่งร่วมใช้ช่องสัญญาณ และการเปรียบเทียบค่าวิสัยสามารถของอัลกอริทึม BEB, DIDD และ EIED ทั้งในกรณีช่องสัญญาณไม่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการจางหายและมีการจางหายจะพบว่าอัลกอริทึม EIED จะมีค่าวิสัยสามารถที่ดีที่สุด รองลงมาคือ อัลกอริทึมแบ็คคอป DIDD และ อัลกอริทึม BEB ตามลำดับ โดยในช่วงแรกที่มีจำนวนสถานีในช่วง ตั้งแต่ 1-30 สถานี อัลกอริทึมแบ็คคอป EIED และ DIDD จะมีค่าวิสัยสามารถที่สูง แต่อัลกอริทึม BEB มีค่าวิสัยสามารถที่ต่ำและค่อยๆลดลงเมื่อจำนวนสถานีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากค่าขนาดหน้าต่างการ ช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณอัลกอริทึมแบ็คคอป EIED และ DIDD จะไม่เปลี่ยนกลับไปหาค่าขนาด หน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณเริ่มต้น (W_{min}) ทำให้ลดอัตราการชนกันของแพ็กเก็ตที่สแตจ เริ่มต้นเมื่อสถานีส่งแพ็กเก็ตสำเร็จ และในช่วงที่มีจำนวนสถานีมาก ๆ ตั้งแต่ 30 สถานีขึ้นไป อัลกอริทึม EIED ยังคงมีค่าวิสัยสามารถที่สูงอยู่ แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีสถานีจำนวนมากการลดค่าขนาด หน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเลขชี้กำลังแบบสุ่มโดยไม่ต้องกลับไปสุ่มที่ค่าขนาด หน้าต่างการช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณเริ่มต้นเมื่อสถานีส่งแพ็กเก็ตสำเร็จ และเพิ่มขนาดหน้าต่างการ ช่วงชิงร่วมใช้ช่องสัญญาณแบบเลขชี้กำลังแบบสุ่มในกรณีที่สถานีส่งแพ็กเก็ตผ่านช่องสัญญาณไม่ สำเร็จ จะช่วยลดการชนกันของแพ็กเก็ตภายในช่องสัญญาณได้ดีที่สุด ยิ่งไปกว่านั้นแม้อัลกอริทึม EIED และ DIDD ที่ถูกวิเคราะห์ในกรณีช่องสัญญาณมีการจางหายยังคงมีค่าวิสัยสามารถที่ดีกว่า อัลกอริทึมแบ็คคอป BEB ที่ถูกวิเคราะห์ในกรณีช่องสัญญาณไม่มีการจางหาย

6.2 ข้อเสนอแนะ

มาตรฐาน IEEE 802.11 เป็นมาตรฐานที่มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นในการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรควรปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับมาตรฐานปัจจุบันมากที่สุด และในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของ มาตรฐาน IEEE 802.11 ยังมีค่าหน่วงเวลา (Delay) และค่าประสิทธิภาพในการใช้งานช่องสัญญาณที่ ควรนำมาวิเคราะห์อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification: High-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band, IEEE802.11b WG, September 1999.
- [2] Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification: High-Speed Physical Layer Extension in the 5 GHz Band, IEEE 802.11a WG, September 1999.
- [3] Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification: Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band, IEEE 802.11g WG, June 2003.
- [4] Konsgen A. **Design and Simulation of Spectrum Management Methods for Wireless Local Area Network**. Morlenbach: STRAUSS GMBH. 2010.
- [5] Crow B.P., Widjaja I., Kim J.G., Sakai P.T., “IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks” **IEEE Communication Magazine**. vol.35, September 1999. pp.116-126
- [6] Stallings, W. **Data and Computer Communications**. 8th. New Jersey: Pearson Education. 2007.
- [7] Forouzan, B.A. **Data Communication and Networking**. 4th. New York : McGraw-Hell. 2007.
- [8] Rackley, S. **Wireless Networking Technology from Principles to Successful Implementation**. Oxford : ELSEVIER. 2007.
- [9] สุวิพล สิริชิวภาค. **ความน่าจะเป็นตัวแปรสุ่มและกระบวนการเฟ้นสุ่ม**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2551.
- [10] Bianchi G., “Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function.” **IEEE JSAC.**, Vol. 18, No.3, March 2000. pp.535-547.
- [11] Bianchi G., Tinnirello I., “Remark on IEEE 802.11 DCF Performance Analysis” **IEEE communication letters**, Vol9. No.8, Aug. 2005, pp.765-767
- [12] Ci S., Sharif H.R., Mahasukhon P., “Evaluating Saturation Throughput Performance of the IEEE 802.11 MAC under Fading Channels” **Proc. IEEE Broadnet '05**, vol.1. October 2005. pp. 726-731.
- [13] Chatzimisios P., Vitsas V., Boucouvalas A. C., and Tsoulfa M. “Achieving performance enchancement in IEEE 802.11 WLANs by using the DIDD backoff mechansim.” **Int. J. Commu. Syst.**, vol. 20, May 2006, pp. 23-41.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [14] 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, Princeton NJ, USA, March 2006**, pp.1-4.
- [15] Chatzimisios P., Boucouvalas A. C., Vitsas V., Vafiadis A., Economidis A. and Huang P. “A simple and effective backoff scheme for the IEEE 802.11 MAC protocol.” **Proceeding of the 2nd International Conference on Cybernetics and Information Technologies**. 2005, vol.1, July 2005. pp. 48-53.
- [16] Abbas A.M.H., Ali J., Rahman M.A., Axad S., “Comparative Investigation on CSMA/CA-Based MAC for Scalable Networks” **Computer and Communication Engineering (ICCCE)**. 2016, pp. 428-433.
- [17] Song N. O., Kwak B. J., Song J. and Miller L. E., “Enhancement of IEEE 802.11 Distributed Coordination Function with Exponential Increase Exponential Decrease Backoff Algorithm” **Vehicular Technology Conference**. 3003, vol. 4. Spring 2003. pp. 2775-2778.
- [18] Ye C., Li Y. and Reznik A., “Performance Analysis of Exponential Increase Exponential Decrease Back-off Algorithm” **Global Telecommunication Conference**. 2010, pp. 1-6.
- [19] Song N. O., Kwak B. J. and Miller L.E. “Analysis of EIED Backoff Algorithm for the IEEE 802.11 DCF” **IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE**, vol. 62. 2005. pp. 2182.
- [20] Kim I., Park S., “Performance Comparison of Backoff Protocols and Their Co-Existence with Legacy WLAN” **Information and Communication Technology Convergence (ICTC)**. 2015, pp. 959-961.
- [21] เกษฎา สาททอง “การหาอัลกอริทึมแบบคอปที่เหมะสมสำหรับเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย” วิศวกรรมดุขฎฐิบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. 2557.
- [22] Foh C. H., Tantra J. W., “Comments on IEEE 802.11 saturation throughput analysis with freezing of backoff counters.” **IEEE Commu. Letters**, Vol. 9, No.2, Feb. 2005, pp.130-132.
- [23] Mohammad R. A., “Study the Performance Limits of IEEE 802.11 WLANs.” Master Thesis of Lulea University of Technology. 2006.
- [24] Jun J., Peddabachagari P. and Sichitiu M. “Theoretical Maximum Throughput of IEEE 802.11 and its Application.” **Network Computing and Application**. 2003, pp.249-256.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- [25] Barbosa A. V., Caetano M. F. and Bordim J. L. “ The Theoretical Maximum Throughput Calculation for the IEEE802.11g Standard” **International Journal of Computer Science and Network Security**. 2011. pp. 136-143.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่

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, 13th International Joint Conference. November 2016. pp. 1-6.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

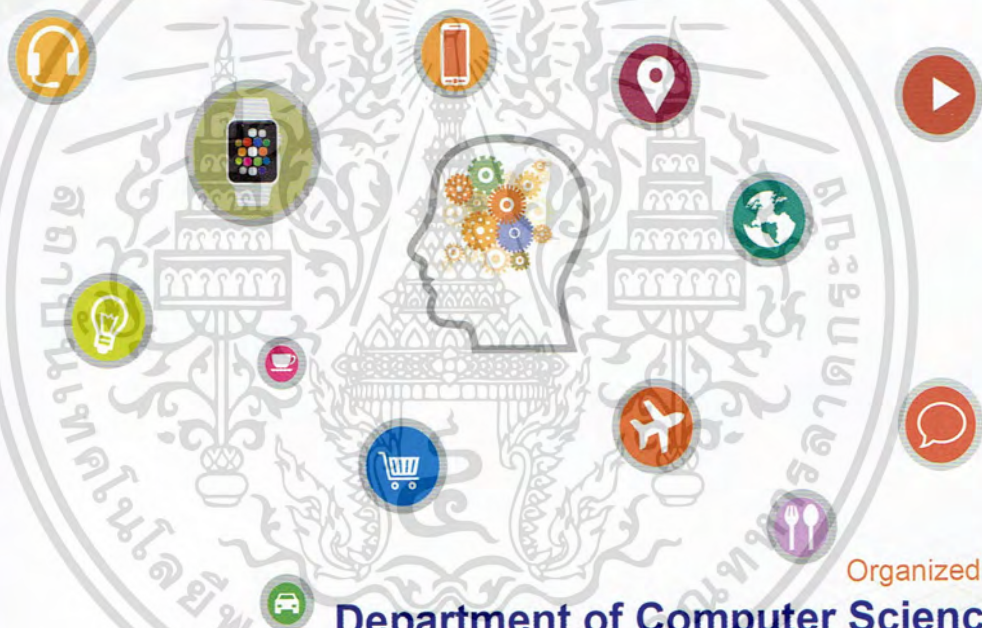
JCSSE 2016



true

2016 13th International Joint Conference on
Computer Science and Software Engineering (JCSSE)

"Machine Learning in the Internet of Things Era"



Organized by

Department of Computer Science,
Faculty of Science,
Khon Kaen University,
Khon Kaen, Thailand

July 13 - 15, 2016

@Pullman Khon Kaen Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand



Technical Co-Sponsor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Performance Analysis of EIED Backoff Algorithm of the IEEE 802.11 MAC under Fading Channel Errors

Tinnarat Panthum¹ and Suvepon Sittichivapark²
 Department of Telecommunications Engineering
 Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of
 Technology Ladkrabang, Bangkok, 10250 Thailand
¹Chaem_m@outlook.com and ²Kssuvepo@kmitl.ac.th

Jesada Sartthong
 Telecommunications Engineering Program
 Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom
 Rajabhat University, Nakhon Pathom 73000, Thailand
 Sartthong@nrpu.ac.th

Abstract— Binary Exponential Backoff (BEB) is the most popular backoff algorithm that is used to compare the numerical results of saturated throughput with other alternative backoff algorithms. In spite of the fact that backoff algorithm under fading channel errors lead to practical application that has higher accurate and better performance, its numerical result of saturated throughput is lower than BEB. In this research, we propose a new discrete time Markov chain model of Exponential Increased Exponential Decreased (EIED) backoff algorithm under fading channel errors, and its numerical result of saturated throughput is better than BEB under fading channel errors. The transmission probabilities are derived in the fixed backoff stage and fixed contention window technique. Our numerical results show that the saturated throughput of EIED under fading channel errors is better and more stable than BEB under fading channel errors when the number of contending station is increased.

Keywords-Backoff algorithm, BEB, EIED, FBFC, discrete time Markov chain model, fading channel errors

I. INTRODUCTION

The Wireless Local Area Network (WLAN) is becoming increasingly important and the IEEE802.11 is one of the most popular standards [1] in WLAN systems. A serious problem of WLAN system occurs when the network has a high number of contending stations and get the effect from fading channel errors. These problems are the cause of degrading saturated throughput. The popular model for performance analysis of backoff algorithm is Bianchi's model [2]. It used two-dimension discrete Markov chain model to solve the collision problem, and it is called binary exponential backoff. Many researches have extended BEB to a design new backoff algorithm. Researches [4]-[6] proposed a new backoff algorithm that its contention window size was increased exponentially on a collision transmission and was decreased exponentially on a successful transmission. This technique is called Exponential Increased Exponential Decreased backoff algorithm (EIED). The performance of EIED scheme was better than BEB, but it was not considered under fading channel errors cases and freezing of backoff counters. Research [3] proposed a new model that considered keys practical issues such as fading channel errors and freezing of backoff counters. It led to more accurate and practical Markov chain model but

its numerical results of saturated through were lower than BEB. Generally, the transmission probability (τ) is the most common and important parameter because it is derived in the discrete time Markov chain model in the general case (unlimited backoff stages and unlimited contention window size). Consequently, the key of this research introduces a new technique to derive the transmission probability by using the fixed backoff stage and fixed contention window technique [7] and [8]. This research proposes the use of EIED backoff algorithm along with fixed backoff stage and fixed contention technique while also considering under fading channel errors and freezing of backoff counter cases

This paper is organized as follows. In section II, we derive the transmission probability of BEB algorithm under fading channel by using the fixed backoff stage and fixed contention window technique. In section III, we derive the transmission probability of EIED under fading channels by using the fixed backoff stage and fixed contention window technique. In section IV, we describe the theory and the method of saturated throughput calculation under fading channels errors case. In section V, we show and compare the numerical results between BEB and EIED backoff algorithm under fading channel errors. Finally, the conclusion is explained in section VI.

II. BEB ALGORITHM UNDER FADING CHANNEL ERRORS MODEL

In this section, we propose Bianchi's model that takes fading channel errors into consideration and apply the fixed backoff stage and fixed contention technique to derive transmission probability (τ). The contention window size equals $2^i \times W_{min}$ where i is backoff stage or the number of retransmission. In this research, the backoff stage i can be increased up to 7 stage ($i=0, 1, 2, \dots, 7$). Thereby, the maximum contention window size is 1,024 timeslot (0 to 1,023) and the minimum contention window size is 8 timeslot (0 to 7). At the first transmission, the contention window size is selected equal to a minimum contention window size (W_{min}). Afterward, the contention window size is decreased from slot by slot during the idle period more than the Distributed Inter Frame Space (DIFS) time. A contending station can send a data frame through wireless channel when the contention window size is counted down to zero. If the transmission is unsuccessful or the collision happens, the contention window size is doubled for every transmission failure until it reaches the maximum contention window size (W_{max}). In fixed backoff stage and fixed contention model, the state probability of each backoff stage and contention window size is denoted $b_{i,k}$ where i is the

978-1-5090-2033-1/16/\$31.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

backoff stage, and k is the contention window size. The backoff stage i varies from 0 to 7 stage and the contention window size k varies from 0 to 1,023 timeslot. P_F is the probability that a contending station suspends its countdown process in backoff mode until the wireless channel is sensed idle more than DIFS period, then the contention window size is counted down again. P_c is collision probability of a data packet to transmission through wireless channel. P_e is fading channel error probability. A proposed model can be shown in Fig.1. We use the global balance equation concept in fixed backoff stage and fixed contention window scheme to derive the transmission probability (τ) parameter for calculating the saturated throughput of BEB algorithm under fading channels errors.

From Fig.1, in retransmission process, before a data packet is transmitted through WLAN channel, the contention window size must be counted down to zero. Firstly, when the backoff stage i is 0 and contention window size k is 7 timeslot, the state probability of $b_{0,7}$ is given by

$$\frac{(1-P_c)(1-P_e)}{7}b_{0,0} + P_F b_{0,7} = (1-P_F)b_{0,7}$$

$$b_{0,7} = \frac{(1-P_c)(1-P_e)}{7(1-2P_F)}b_{0,0} \quad (1)$$

When the backoff stage i is 0 and contention window size k is 6 timeslots, and we let $P_{ce}=(1-P_c)(1-P_e)$ and $P_{cce}=P_c+(1-P_c)P_e$, the state probability of $b_{0,6}$ is given by

$$\frac{P_{ce}}{7}b_{0,0} + P_F b_{0,6} + (1-P_F)b_{0,7} = (1-P_F)b_{0,6}$$

$$b_{0,6} = \frac{P_{ce}}{7(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{(1-P_F)}{(1-2P_F)}b_{0,7} \quad (2)$$

Substituting (1) into (2), we get

$$b_{0,6} = \frac{P_{ce}}{7(1-2P_F)}b_{0,0} + \frac{P_{ce}}{7(1-2P_F)}\frac{(1-P_F)^2}{(1-2P_F)^2}b_{0,0} \quad (3)$$

From (3), we let $B = \frac{1-P_F}{1-2P_F}$, then equation (3) can be rewritten by

$$b_{0,6} = \frac{P_{ce}}{7(1-2P_F)}Bb_{0,0} + \frac{P_{ce}}{7(1-2P_F)}B^2b_{0,0} = \frac{P_{ce}}{7(1-P_F)}\sum_{L=1}^2 B^L b_{0,0} \quad (4)$$

We use a similar method (1) to (4) to calculate the state probability at backoff stage $i=0$ and contention window size $k=1$. The stage probability is given by

$$b_{0,1} = \frac{P_{ce}}{7(1-P_F)}\sum_{L=1}^7 B^L b_{0,0} \quad (5)$$

Next, when backoff state $i=0$, and contention window size $k=0$, the stage probability fo $b_{0,0}$ is given by

$$b_{0,0} = (1-P_F)b_{0,1} \quad (6)$$

Substituting (5) into (6), the state probability of $b_{0,0}$ can be rewritten by

$$b_{0,0} = \frac{P_{ce}}{7}\sum_{L=1}^7 B^L b_{0,0} \quad (7)$$

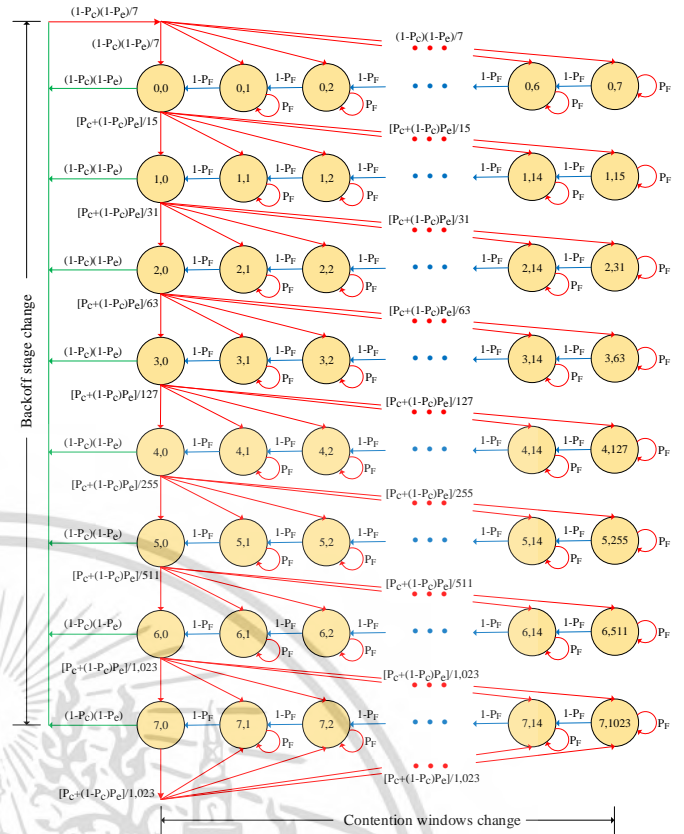


Fig. 1. The binary exponential backoff algorithm model under fading channel in fixed backoff stage and fixed contention window size

Similarly, we use the same method of (1) to (7) to derive the state probability of $b_{1,0}$, $b_{2,0}$, $b_{3,0}$, $b_{4,0}$, $b_{5,0}$, $b_{6,0}$ and $b_{7,0}$ which are expressed by

$$b_{1,0} = A = \frac{217P_{cce}}{465P_{ce} + 105P_{cce}}\sum_{L=1}^{15} B^L b_{0,0} \quad (8)$$

$$b_{2,0} = C = \frac{441P_{cce}}{1,953P_{ce} + 217P_{cce}}\sum_{L=1}^{31} B^L b_{1,0} \quad (9)$$

$$b_{3,0} = D = \frac{889P_{cce}}{8,001P_{ce} + 441P_{cce}}\sum_{L=1}^{63} B^L b_{2,0} \quad (10)$$

$$b_{4,0} = E = \frac{1,785P_{cce}}{32,385P_{ce} + 889P_{cce}}\sum_{L=1}^{127} B^L b_{3,0} \quad (11)$$

$$b_{5,0} = F = \frac{3,577P_{cce}}{130,305P_{ce} + 1,785P_{cce}}\sum_{L=1}^{255} B^L b_{4,0} \quad (12)$$

$$b_{6,0} = G = \frac{7,161P_{cce}}{552,753P_{ce} + 3,577P_{cce}}\sum_{L=1}^{255} B^L b_{5,0} \quad (13)$$

$$b_{7,0} = H = \frac{7,161P_{cce}}{1,046,529P_{ce} + 7,161P_{cce}}\sum_{L=1}^{1,023} B^L b_{6,0} + \frac{7,161P_{cce}}{1,046,529P_{ce} + 7,161P_{cce}}\sum_{L=1}^{1,023} B^L b_{7,0} \quad (14)$$

Before a data packet is transmitted through WLAN channel, the contention window in backoff process must be counted down to zero ($k=0$). Similarly in [2], the transmission

probability of BEB under fading channel ($\tau_{BEB \text{ fading}}$) is given by

$$\tau_{BEB \text{ Fading}} = \frac{1}{\sum_{i=0}^7 b_{i,0}} = \frac{1}{[b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}]} \quad (15)$$

Substituting (7) to (14) into (15), the transmission probability is simplified by

$$\tau_{BEB \text{ Fading}} = \frac{1}{[1 + A + AC + ACD + ACDE + ACDEF + ACDEFG + \frac{H}{1-H} ACDEFG]} \quad (16)$$

This technique is the same concept to derive the transmission probability of EIED backoff algorithm that is detailed next sections.

III. EIED BACKOFF ALGORITHM UNDER FADING CHANNEL ERRORS MODEL

In this section, we propose a new discrete time Markov chain model of Exponential Increased Exponential Decreased (EIED) backoff algorithm under fading channel errors. In fixed backoff stage and fixed contention window size scheme, the EIED backoff algorithm under fading channel errors is shown in Fig.2. Significantly, the EIED backoff algorithm under fading channel errors is differenced from BEB algorithm under fading channel errors when the transmission is successful. After collision transmission, the contention window size is doubled of the current contention window size (EI: Exponential Increment) until the contention window reaches the maximum contention window size. In a subsequent successful transmission, the contention window size is not reset to the initial value (W_{min}), but the contention window size of EIED algorithm is set to initial contention window size of the previous backoff stage (ED: Exponential Decrement). The global balance equation concept in discrete time Markov chain is used to derive the transmission probability (τ) of EIED backoff algorithm. The transmission probability of $b_{0,0}$, $b_{1,0}$, $b_{2,0}$, $b_{3,0}$, $b_{4,0}$, $b_{5,0}$, $b_{6,0}$ and $b_{7,0}$ is defined by

$$b_{0,0} = \frac{105P_{ce}}{105P_{ce} + 49P_{cce}} \sum_{L=1}^7 B^L b_{0,0} + \frac{105P_{ce}}{105P_{ce} + 49P_{cce}} \sum_{L=1}^7 B^L b_{1,0} \quad (17)$$

$$b_{1,0} = \frac{217P_{cce}}{465P_{ce} + 105P_{cce}} \sum_{L=1}^{15} B^L b_{0,0} + \frac{217P_{ce}}{465P_{ce} + 105P_{cce}} \sum_{L=1}^{15} B^L b_{2,0} \quad (18)$$

$$b_{2,0} = \frac{945P_{cce}}{1,953P_{ce} + 465P_{cce}} \sum_{L=1}^{31} B^L b_{1,0} + \frac{945P_{ce}}{1,953P_{ce} + 465P_{cce}} \sum_{L=1}^{31} B^L b_{3,0} \quad (19)$$

$$b_{3,0} = \frac{3,937P_{cce}}{8,001P_{ce} + 1,953P_{cce}} \sum_{L=1}^{63} B^L b_{2,0} + \frac{3,937P_{ce}}{8,001P_{ce} + 1,953P_{cce}} \sum_{L=1}^{63} B^L b_{4,0} \quad (20)$$

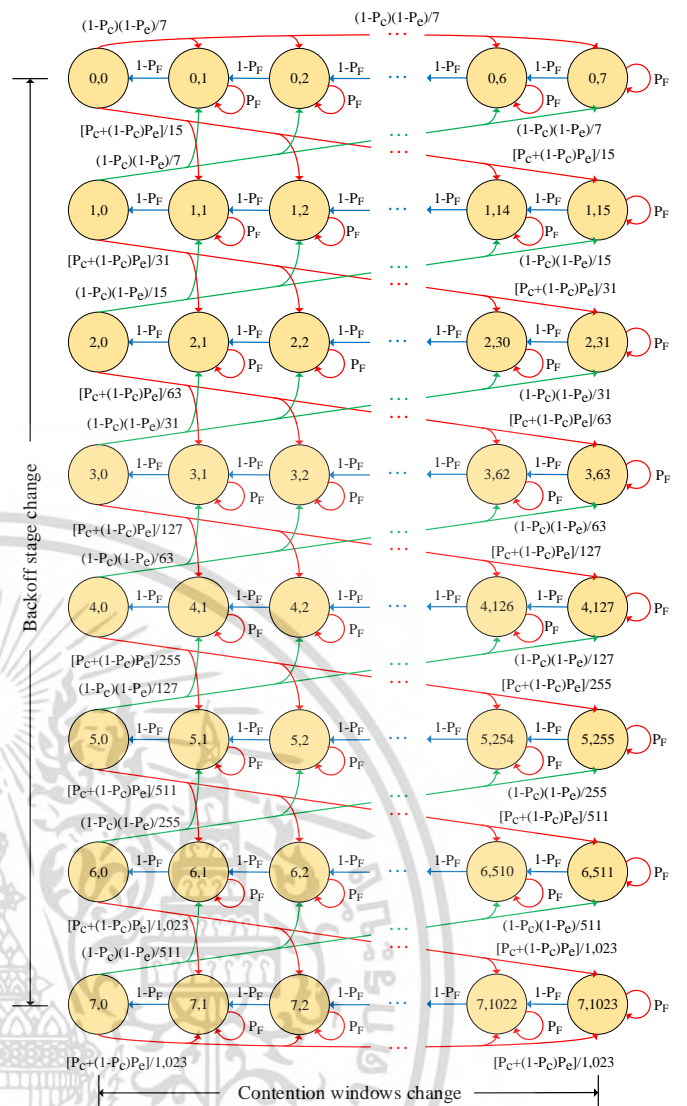


Fig. 2. Exponential Increment Exponential Decrement Backoff algorithm model under fading channel errors in fixed backoff stage and fixed contention window size

$$b_{4,0} = \frac{16,065P_{cce}}{32,385P_{ce} + 8,001P_{cce}} \sum_{L=1}^{127} B^L b_{3,0} + \frac{16,065P_{ce}}{32,385P_{ce} + 8,001P_{cce}} \sum_{L=1}^{127} B^L b_{5,0} \quad (21)$$

$$b_{5,0} = \frac{64,897P_{cce}}{130,305P_{ce} + 32,385P_{cce}} \sum_{L=1}^{255} B^L b_{4,0} + \frac{64,897P_{ce}}{130,305P_{ce} + 32,385P_{cce}} \sum_{L=1}^{255} B^L b_{6,0} \quad (22)$$

$$b_{6,0} = \frac{260,865P_{cce}}{522,753P_{ce} + 130,305P_{cce}} \sum_{L=1}^{511} B^L b_{5,0} + \frac{260,865P_{ce}}{522,753P_{ce} + 130,305P_{cce}} \sum_{L=1}^{511} B^L b_{7,0} \quad (23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b_{7,0} = \frac{522,753P_{cce}}{1,046,539P_{ce} + 522,753P_{cce}} \sum_{L=1}^{1,023} B^L b_{6,0} + \frac{522,753P_{cce}}{1,046,539P_{ce} + 522,753P_{cce}} \sum_{L=1}^{1,023} B^L b_{7,0} \quad (24)$$

The transmission probability of EIED under fading channel errors ($\tau_{EIED \text{ fading}}$) is given by

$$\tau_{EIED \text{ Fading}} = \frac{1}{\sum_{i=0}^7 b_{i,0}} = \frac{1}{b_{0,0} + b_{1,0} + b_{2,0} + b_{3,0} + b_{4,0} + b_{5,0} + b_{6,0} + b_{7,0}} \quad (25)$$

Substituting (17) to (24) into (25), the transmission probability is simplified by

$$\tau_{EIED \text{ Fading}} = 1 / (1 + 1/C_3 + D_3 + E_3 + F_3 + G_3 + H_3 + J_3) \quad (26)$$

Where by

$$C_1 = \frac{105P_{ce}}{105P_{ce} + 49P_{cce}} \sum_{L=1}^7 B^L, \quad C_2 = \frac{105P_{ce}}{105P_{ce} + 49P_{cce}} \sum_{L=1}^7 B^L,$$

$$C_3 = \frac{C_2}{1 - C_1}, \quad D_1 = \frac{217P_{cce}}{465P_{ce} + 105P_{cce}} \sum_{L=1}^{15} B^L,$$

$$D_2 = \frac{217P_{cce}}{465P_{ce} + 105P_{cce}} \sum_{L=1}^{15} B^L, \quad D_3 = \left(\frac{1 - C_3 D_1}{C_3 D_2} \right),$$

$$E_1 = \frac{945P_{cce}}{1,953P_{ce} + 465P_{cce}} \sum_{L=1}^{31} B^L, \quad E_2 = \frac{945P_{ce}}{1,953P_{ce} + 465P_{cce}} \sum_{L=1}^{31} B^L,$$

$$E_3 = \left(\frac{C_3 D_3 + E_1}{E_2 C_3} \right), \quad F_1 = \frac{3,937P_{cce}}{8,001P_{ce} + 1,953P_{cce}} \sum_{L=1}^{63} B^L,$$

$$F_2 = \frac{3,937P_{ce}}{8,001P_{ce} + 1,953P_{cce}} \sum_{L=1}^{63} B^L, \quad F_3 = \frac{E_3 - D_3 F_1}{F_2},$$

$$G_1 = \frac{16,065P_{cce}}{32,385P_{ce} + 8,001P_{cce}} \sum_{L=1}^{127} B^L,$$

$$G_2 = \frac{16,065P_{ce}}{32,385P_{ce} + 8,001P_{cce}} \sum_{L=1}^{127} B^L, \quad G_3 = \frac{F_3 - G_1 E_3}{G_2},$$

$$H_1 = \frac{64,897P_{cce}}{130,305P_{ce} + 32,385P_{cce}} \sum_{L=1}^{255} B^L,$$

$$H_2 = \frac{64,897P_{ce}}{130,305P_{ce} + 32,385P_{cce}} \sum_{L=1}^{255} B^L, \quad H_3 = \frac{G_3 - H_1 F_3}{H_2},$$

$$I_1 = \frac{260,865P_{cce}}{522,753P_{ce} + 130,305P_{cce}} \sum_{L=1}^{511} B^L,$$

$$I_2 = \frac{260,865P_{ce}}{522,753P_{ce} + 130,305P_{cce}} \sum_{L=1}^{511} B^L, \quad I_3 = \frac{H_3 - I_1 G_3}{I_2},$$

$$J_1 = \frac{522,753P_{cce}}{1,046,529P_{ce} + 522,753P_{cce}} \sum_{L=1}^{1,023} B^L,$$

$$J_2 = \frac{522,753P_{ce}}{1,046,529P_{ce} + 522,753P_{cce}} \sum_{L=1}^{1,023} B^L, \quad J_3 = \frac{I_3 - J_1 H_3}{J_2}$$

IV. THROUGHPUT CALCULATION

Bianchi's model [2] evaluated the performance of the DCF under error-free channel. Each transmission ignored number of retransmissions and the packet collides with a constant probability (p). Let τ be the transmission probability that depends on the collision windows determined by the Physical layer characteristics. From Bianchi's model, we have

$$\tau = \frac{2(1-2p)(1-p)^{m+1}}{(1-2p) + W \left[(1-2p) + p(1-(2p)^m) \right]} \quad (27)$$

Parameter P_c is the collision probability that, in the same time slot, at least one of $n-1$ remaining stations transmit. If we assume that all stations see the system at steady state and transmission with probability τ . The collision probability P_c is given by

$$P_c = 1 - (1-\tau)^{n-1} \quad (28)$$

Hence, P_{tr} is the probability that in a slot time here is at least one transmission

$$P_{tr} = 1 - (1-\tau)^n \quad (29)$$

Then we can write the probability of successful transmission (P_s) as the following equation

$$P_s = \frac{n\tau(1-\tau)^{n-1}}{1 - (1-\tau)^n} \quad (30)$$

Binary exponential backoff under fading channel errors was proposed by Song Ci. This model took the probability of fading channel errors into consideration. The transition probability of the time discrete Markov chain model is described as follow.

1) The backoff time counter decreases if the station senses that the channel is idle or there is no transmitting.

$$P\{i, k | i, k+1\} = 1 - P_F \quad (31)$$

2) The backoff counter suspends its contention window countdown process when WLAN is busy, or the another node has been transmitting a data packet.

$$P\{i, k | i, k\} = P_F \quad (32)$$

$$k \in (1, W_i - 1); i \in (0, m)$$

3) After a successful transmission, the contention window size is reset to initial Value (W_{min}) or initial backoff stage $i=0$.

$$P\{i, k | i, 0\} = \frac{(1 - P_c)(1 - P_e)}{W_0} \quad (33)$$

$$k \in (1, W_0 - 1); i \in (0, m-1)$$

4) When an unsuccessful transmission occurs, backoff stage increases and new initial backoff value is chosen contention window in the range $(0, W_i)$.

$$p\{i, k | i-1, 0\} = \frac{[P_c - (1 - P_c)P_e]}{W_i} \quad (34)$$

$$k \in (0, W_i - 1); i \in (1, m)$$

$$S_{Fading} = \frac{P_{tr}P_s(1-P_e)E[1-P_e]}{(1-P_{tr})\delta + P_{tr}P_sT_s(1-P_e) + P_{tr}(1-P_s)T_c + P_{tr}P_s(P_e^{rts}T_e^{rts} + P_e^{cts}T_e^{cts} + P_e^{data}T_e^{data} + P_e^{ack}T_e^{ack})} \quad (39)$$

5) If the system is in the maximum backoff stage and another retransmission is needed, a backoff counter is chosen in maximum backoff stage again.

$$P\{0, k | m, 0\} = \frac{1}{W_0} \quad (35)$$

$$k \in (0, W_0 - 1)$$

Bianchi's model has represented the saturation throughput for a finite number of contending station condition. The saturated throughput can be calculated by dividing the time utilized for transmitting a data packet (payload information) in a slot time by the average duration of a slot time. If we consider ideal channel condition without errors, the saturation throughput equation is given by

$$S = \frac{P_{tr}P_sE[P]}{(1-P_{tr})\sigma + P_{tr}P_sT_s + P_{tr}(1-P_s)T_c} \quad (36)$$

$E[P]$ is the average packet payload size. Let packet header be $H=PHY_{hdr}+MAC_{hdr}$ and let propagation be δ . Consideration system in which each packet is transmission by mean of the RTS/CTS access mechanism, we have

$$T_s^{rts/cts} = DIFS + RTS + CTS + H + E[P] + 4\delta + SIFS + ACK \quad (37)$$

$$T_c^{rts/cts} = DIFS + RTS + \delta \quad (38)$$

In research [3], Song Ci extended (36) into fading channel errors situation and made the throughput under fading channel errors that is shown in (39).

From the equation (39), the expression of probability of frame errors can be calculated from

$$P_e = 1 - (1-P_b)^{L_{rts}+L_{cts}+L_{data}+L_{ack}} \quad (40)$$

$$P_e^{rts} = 1 - (P_b)^{L_{rts}} \quad (41)$$

$$P_e^{cts} = (1-P_b)^{L_{rts}} \left(1 - (1-P_b)^{L_{rts}} \right) \quad (42)$$

$$P_e^{data} = (1-P_b)^{L_{rts}+L_{cts}} \left(1 - (1-P_b)^{L_{data}} \right) \quad (43)$$

$$P_e^{ack} = (1-P_b)^{L_{rts}+L_{cts}+L_{data}} \left(1 - (1-P_b)^{L_{ack}} \right) \quad (44)$$

In the length of different type of frame can calculate the overhead caused by the frame error of each the frame type as follow

$$T_e^{rts} = T_{rts} + T_{cts}^{timeout} + DIFS + \delta \quad (45)$$

$$T_e^{cts} = T_{rts} + SIFS + DIFS + 2\delta \quad (46)$$

$$T_e^{data} = T_{rts} + T_{cts} + DIFS + 2SIFS + H + E[P] + T_{cts}^{timeout} + 3\delta \quad (47)$$

An algorithm 1 is used to calculate the saturated throughput.

Algorithm 1: Throughput calculation

Begin

Step: 1 fixed parameter, $n=1, 2, 3, \dots, 40$, $P_f:=0.05$, $P_b:=10^{-6}$, $RTS:=352$ bits, $CTS=ACK:=304$ bits, $E[P]:=8,192$ bits

Step: 2 calculated P_{tr} , P_s , T_s and T_c by applying equation (29), (30), (37), and (38)

Step: 3 calculated throughput under error-free channel and throughput under fading channel errors by applying equation (36) and (39)

End

TABLE I
THE SYSTEM PARAMETERS ARE USE IN THE SIMULATION AND PLOT

T_{SIFS}	$10\mu S$
T_{DIFS}	$50\mu S$
$T_{SlotTime}$	$20\mu S$
T_{delay}	$1\mu S$
T_{RTS}	$352\mu S$
T_{CTS}	$304\mu S$
T_{ACK}	$304\mu S$
MAC Header	272 bits
PHY Header	128 bits
RTS Packet	160 bits
CTS Packet	112 bits
ACK Packet	112 bits
Packet Payload	8,192 bits

V. NUMERICAL RESULTS

In this section, we show and compare our numerical results of a proposal about a new discrete time Markov chain model. Figure 3 compares the saturated throughput performance between BEB and BEB under fading channel errors. Figure 3 shows when the contending station is increased, the saturated throughput of BEB appears to reduce quickly as BEB under fading channel errors. However, the throughput of BEB is higher than BEB under fading channel errors. Figure 4 compares the saturated throughput performance between EIED and EIED under fading channel errors. Figure 4 shows when contending stations vary from 1 to 8 stations, the saturated throughput of EIED appears to increase quickly. When contending stations vary from 9 to 40 stations, the saturated throughput of EIED appears to be stable as EIED under fading channel errors. However, the throughput of EIED is higher than EIED under fading channel errors. Figure 5 displays and compares all of the numerical results of a proposal about a new discrete time Markov chain model. The throughput of backoff algorithm which is under fading channel errors is lower than backoff algorithm which is under error-free channel. Even though, EIED under fading channel errors in contending stations which vary from 5 to 40 is still higher and more stable than BEB under error-free channel.

VI. CONCLUSION

Although BEB algorithm under fading channel errors leads to more accurate practical and application and better performance, its numerical results of saturated throughput is lower than those of BEB. In this research, we propose a new discrete time Markov chain model which although it is under fading channel errors case, its numerical results of the saturated throughput are better than BEB algorithm. The proposed backoff is called EIED under fading channel errors. The accuracy of throughput results is compared by using new discrete time Markov chain model that its maximum backoff stage and contention window size are fixed at 8 stage and 1,024 timeslots respectively. The numerical results have clearly shown that the saturated throughput of EIED backoff algorithm under fading channel errors is higher and more stable than BEB algorithm which is under error-free channel when the contending stations are increased.

In future work, we plan to evaluate the performance of EIED under fading channel in non-saturated WLAN channel and use Network Simulator 2 (NS-2) in order to achieve more accurate result and better performance in realistic network simulation based on recent standard (IEEE802.11 ac)

REFERENCES

- [1] IEEE Standard for 802.11b, Part11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band, 2000.
- [2] G. Bianchi, "Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function," IEEE JSAC. Vol.18, pp.535-547, March 2000.
- [3] S. Ci, H. Sharif, and P. Mahasukhon, "Evaluating saturation throughput performance of the IEEE 802.11 MAC under fading channels," in Proc. IEEE Broadnet'05, Boston, vol. 1, pp. 726-731, October 2005.
- [4] N. Song, B. Kwak, and L. E. Miller, "Analysis of EIED backoff algorithm for the IEEE 802.11 DCF," in Proc. of IEEE international conference on Vehicular Technology. Vol. 4, pp. 2182-2186, Sep. 2005.
- [5] N. Song, B. Kwak, J. Song, and L. E. Miller, "Enhancement of IEEE 802.11 distributed coordination function with exponential increases exponential decrease backoff algorithm," The 57th IEEE Semiannual Spring Vehicular Technology Conference, Vol. 4, pp. 2775-2778, April 2003.
- [6] B.-J. Kwak, N.-O. Song, and D.-S. Kwon, "Enhancement of IEEE 802.16 wirelessMAN ranging performance with EIED backoff algorithm", IEEE 66th Vehicular Technology Conference, pp. 1902-1906, 2007.
- [7] J. Sarrthong, S. Sittichivapak, A. Kaewpukdee, and I. Boonpikum, "Binary exponential increment half decrement backoff algorithm for IEEE 802.11 wireless LANs," Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunication and Information Technology (ECTI-CON), 2013 10th international Conference, pp. 1-6, 2013
- [8] J. Sarrthong, and S. Sittichivapak, "A boundary of saturated and unsaturated throughput in IEEE802.11 wireless LAN channel," TENCON 2014-2014 IEEE Region 10 Conference, pp. 1-6, 2014.

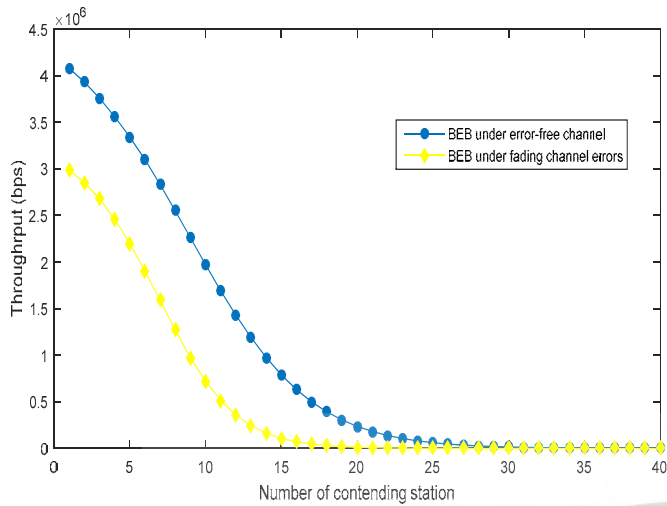


Fig. 3. Saturated throughput of BEB under error-free channel and BEB under fading channel errors

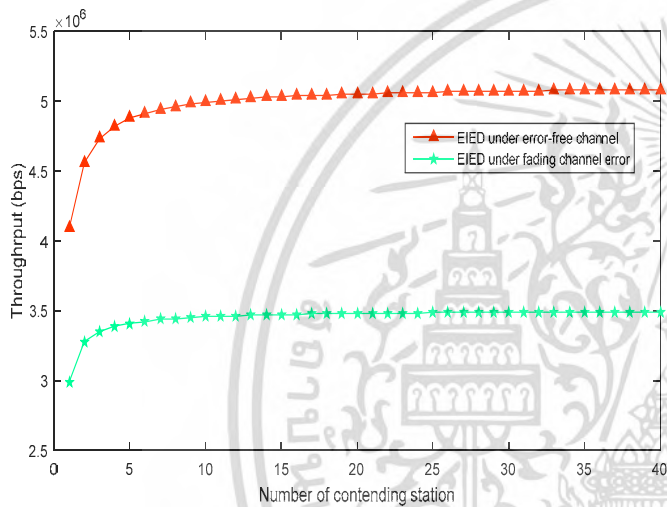


Fig. 4. Saturated throughput of EIED under error-free channel and EIED under fading channel errors

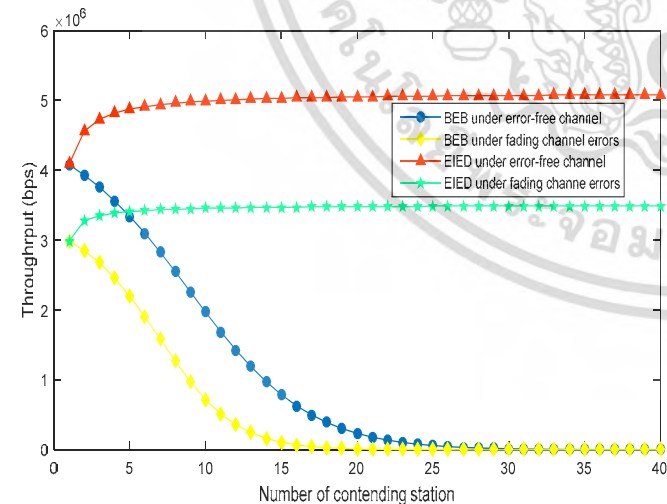


Fig. 5. Saturated throughput of BEB under error-free channel, BEB under fading channel errors, EIED under error-free channel and EIED under fading channel errors

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายทินรัตน์ ปานธรรม
 วัน เดือน ปีเกิด 16 กันยายน 2533 ที่กาญจนบุรี
 ที่อยู่ 200/1 ถนนไชยชุมพล ตำบลบ้านใต้ อำเภอเมืองกาญจนบุรี
 จังหวัดกาญจนบุรี 71000
 ประวัติการศึกษา 2556 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และ
 ระบบคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
 ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับ

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, 13th International Joint Conference. November 2016. pp. 1-6.