สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาโพรโตคอลป้องกันการชนกันของอาร์เอฟไอดี สำหรับห้องสมุดอัจฉริยะ

A Study on RFID Anti-Collision Protocol for Smart Library

โดย

นางสาวศุจิรัตน์ คำไตรย์

นายสมภพ พาณิชย์เจริญพงศ์

ปค.
ค667ก
ส549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72677
วัน,เดือน,ปี 21 มิ.ย. 2550

b 11771185
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study on RFID Anti-Collision Protocol for Smart Library

By

MISS SUJIRAT KUMTRAI

MR. SOMPHOP PANICHCHAREONPONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน การศึกษาโพรโตคอลป้องกันการชนกันของอาร์เอฟไอดี
สำหรับห้องสมุดอัจฉริยะ

นักศึกษา นางสาวศุจิรัตน์ คำไตรย์ รหัสนักศึกษา 46010787
นายสมภพ พาณิชย์เจริญพงศ์ รหัสนักศึกษา 46010806

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พิชญ สุพรรณกูล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. อุรัชฎา เกตุพรหม

ระดับการศึกษา ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2549

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

.....
(ผศ.พิชญ สุพรรณกูล)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ดร.อุรัชฎา เกตุพรหม)
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงาน	การศึกษาโพรโตคอลป้องกันการชนกันของอาร์เอฟไอดี สำหรับห้องสมุดอัจฉริยะ
นักศึกษา	นางสาวสุจิรัตน์ คำไตรย์ รหัสนักศึกษา 46010787
	นายสมภพ พาณิชย์เจริญพงศ์ รหัสนักศึกษา 46010806
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.พิชญ สุพรรณกูล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. อุรัชฎา เกตุพรหม
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีถูกใช้เพื่อระบุลักษณะทางกายภาพของวัตถุในระบบห้องสมุด เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีสามารถลดภาระของบรรณารักษ์และผู้ใช้บริการในการจัดการวัสดุในห้องสมุดได้อย่างมาก การใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีสำหรับห้องสมุดให้มีประสิทธิภาพสูงสุดจำเป็นต้องมีโพรโตคอลป้องกันการชนกันที่ดี ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างมากที่จะต้องศึกษาลักษณะโพรโตคอลแต่ละชนิด โครงงานนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์ผลของโพรโตคอลป้องกันการชนกันของอาร์เอฟไอดีที่ความถี่ 13.56 เมกะเฮิรตซ์ ได้พิจารณาจำนวนแถบป้ายบอกข้อมูลที่อ่านได้จากการใช้งานโพรโตคอลแต่ละชนิด โดยใช้โปรแกรมแมทเลป (MATLAB) จำลองแบบเครื่องอ่านและแถบป้ายบอกข้อมูล วัดจำนวนแถบป้ายข้อมูลที่อ่านได้ ผลที่ได้นี้จะนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของโพรโตคอลแต่ละชนิดสำหรับการใช้งานในห้องสมุดอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Study on RFID Anti-Collision Protocol for Smart Library
Student	Miss.Sujirat Kumtrai
	Mr.Somphop Panichchareonpong
Adviser	Asst. Prof. Pichaya Supanakoon
	Dr. Urachada Ketprom
Course	Bachelor of Engineering
Department	Information Engineering
Year	2006

Abstract

Radio frequency identification (RFID) technology is used to identify the physical objects. In the library system, RFID tcchnology greatly reduces the loads of staff and customers for handlings the materials in library. To obtaining the best efficiency, the use of RFID technology for library needs a good anti-collision protocol. Therefore, the characteristics of each protocol type are necessary to study. This project learns and considers the results of anti-collision protocols for RFID at the frequency of 13.56 MHz. The number of information's labels is considered for each protocol by using MATLAB program simulated the reader device and information's labels. These results are analyzed to find efficiency of each protocol type for using in the smart library.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พิชญ สุพรรณกูล และ ดร.อุรัชฎา เกตุพรหม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำปริญญานิพนธ์ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ นักวิจัยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และ ครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา อบรมและดูแลเอาใจใส่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ เรื่อง อันเป็นประโยชน์ต่อปริญญานิพนธ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นางสาวศุจิรัตน์ คำไตรย์

นายสมภพ พาณิชย์เจริญพงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บทนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในโครงงาน 4

2.1 ระบบบ่งชี้อัตโนมัติ (Auto-ID) 4

2.2 อาร์เอฟไอดี (RFID) 5

2.3 องค์ประกอบของอาร์เอฟไอดี 5

2.4 องค์ประกอบของป้าย (Tag/Transponder) 6

2.4.1 ป้ายอาร์เอฟไอดีชนิดแพสซิฟ 7

2.4.2 ป้ายอาร์เอฟไอดีแบบกึ่งแพสซิฟ 7

2.4.3 ป้ายอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทิฟ 7

2.5 หน้าที่ของเครื่องอ่าน (Reader) 7

2.5.1 ระยะในการอ่านข้อมูล 8

2.5.2 การชนกันของข้อมูล 8

2.6 หลักการทำงานของอาร์เอฟไอดี 9

2.6.1 หลักการทำงานของป้ายอาร์เอฟไอดีแบบแพสซิฟ 9

2.6.2 หลักการทำงานของป้ายอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทิฟ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.3 หลักการและเทคนิคเบื้องต้นในการรับและ
ส่งข้อมูลระหว่างป้ายและเครื่องอ่าน 10
2.7 การเข้าถึงช่องสัญญาณแบบต่าง ๆ 11
2.7.1 การเข้าถึงแบบกำหนดตายตัว (Fix Assignment) 11
2.7.2 การเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Assignment) 11
2.7.3 การเข้าถึงแบบตามต้องการ (Demand Assignment) 12
2.8 การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiple Access: TDMA) 12
2.9 อะโลฮ้า (ALOHA) 13
2.10 สล็อทอะโลฮ้า (Slotted ALOHA 17
2.11 การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งความถี่
(Frequency Division Multiple Access: FDMA) 18
2.12 การเข้าถึงหลายทางแบบเอฟทีดีเอมเอ
(Frequency & Time Division Multiple Access: FTDMA) 19
บทที่ 3 การวิเคราะห์และการออกแบบ 20
3.1 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบสล็อทอะโลฮ้า 20
3.1.1 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกัน
แบบการอ่านครั้งเดียว 20
3.1.2 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกัน
แบบการอ่านแถบป้ายจนครบทุกแถบป้าย 21
3.1.3 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกัน
แบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว 22
3.2 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบเอฟทีดีเอมเอ 22
3.2.1 การทำงานของเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านจนครบทุกแถบป้าย 23
3.2.2 การทำงานของเอฟทีดีเอมเอ
แบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว 23
3.3 การสร้างโพรโตคอลบนโปรแกรมจำลอง 24
3.3.1 การสร้างโพรโตคอลแบบสล็อทอะโลฮ้าบนโปรแกรมจำลอง 24
3.3.2 การสร้างโพรโตคอลแบบเอฟทีดีเอมเอบนโปรแกรมจำลอง 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....32

4.1 การทดลองหาประสิทธิภาพของสล็อทอะโลฮ้า.....32

4.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....33

4.1.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพ.....33

4.1.3 ขั้นตอนในการทดลอง.....33

4.2 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของสล็อทอะโลฮ้า.....34

4.3 การทดลองหาประสิทธิภาพของเอฟทีดีเอมเอ.....38

4.3.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....38

4.3.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพ.....39

4.3.3 ขั้นตอนในการทดลอง.....39

4.4 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเอฟทีดีเอมเอ.....40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....43

5.1 สรุปผลการทดลองของสล็อทอะโลฮ้า.....43

5.2 สรุปผลการทดลองของเอฟทีดีเอมเอ.....46

5.3 สรุปผลการทดลองหาโพรโตคอลที่เหมาะสม.....49

5.4 สรุปปัญหาในการทำโครงงานและข้อเสนอแนะ.....50

5.4.1 ข้อเสนอแนะ.....//////50

บรรณานุกรม.....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 3

1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2 3

5.1 อัตราสัมฤทธิ์ผลในขนาดช่วงเวลาและจำนวนแถบป้ายต่าง ๆ 43

5.2 จำนวนรอบการร้องขอในขนาดช่วงเวลาและจำนวนแถบป้ายต่างๆ 44

5.3 ผลการทดลองค่าที่เหมาะสมกับจำนวนแถบป้ายขนาดต่างๆ 45

5.5 อัตราสัมฤทธิ์ผลในไทม์สล็อทและจำนวนแถบป้ายต่างๆ 46

5.6 จำนวนรอบการร้องขอในขนาดไทม์สล็อทและจำนวนแถบป้ายต่างๆ 47

5.7 ผลการทดลองค่าที่เหมาะสมกับจำนวนแถบป้ายขนาดต่างๆ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ระบบบ่งชี้อัตโนมัติในปัจจุบัน 4
2.2 องค์ประกอบของระบบอาร์เอฟไอดี 6
2.3 โครงสร้างภายในเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี 8
2.4 เทคนิคที่ใช้ในการอ่านหลายป้ายพร้อมกัน 9
2.5 รูปแบบฟอร์มของทีดีเอมเอ 13
2.6 แผนผังการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบอะโลฮ้า 14
2.7 การส่งแต่ละสถานีของการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบอะโลฮ้า 15
2.8 แบบจำลองของช่องสัญญาณอะโลฮ้า 16
2.9 การส่งแต่ละสถานีของการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบสล็อทอะโลฮ้า 17
2.10 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลของอะโลฮ้าและสล็อทอะโลฮ้า 18
2.11 การแบ่งช่องสัญญาณของเอฟดีเอมเอ 18
2.12 การเข้าถึงหลายทางแบบเอฟทีดีเอมเอ 19
3.1 การทำงานของระบบโพรโดคอลป้องกันการชนกันของสล็อทอะโลฮ้า แบบการอ่านครั้งเดียว 20
3.2 การทำงานของระบบโพโตคอลป้องกันการชนกันของสล็อทอะโลฮ้า แบบการอ่านแถบป้ายจนครบทุกแถบป้าย 21
3.3 การทำงานของระบบโพโตคอลป้องกันการชนกันของสล็อทอะโลฮ้า แบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว 22
3.4 การทำงานของระบบโพโตคอลป้องกันการชนกันของเอฟทีดีเอมเอ แบบการอ่านจนครบทุกแถบป้าย 23
3.5 การทำงานของเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว 24
3.6 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองตามทฤษฎี 25
3.7 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองที่อ่านแถบป้ายทั้งหมด 26
3.8 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองที่แถบป้ายพักเมื่อตอบกลับสำเร็จ 27
3.9 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองตามทฤษฎี 28
3.10 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองที่อ่านแถบป้ายทั้งหมด 29
3.11 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองที่แถบป้ายพักเมื่อตอบกลับสำเร็จ 30
4.1 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลของอะโลฮ้าและสล็อทอะโลฮ้า 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.2 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลของการจำลองการทำงาน
ของสล็อทอะโลฮ้าที่ได้จากทฤษฎีกับสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านครั้งเดียว....34

4.3 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลของสล็อทอะโลฮ้าในทฤษฎี
กับของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านจนครบทุกแถบป้าย....35

4.4 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลอัลกอริทึมสล็อทอะโลฮ้า
กับอัลกอริทึมสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว....36

4.5 กราฟอัตราสัมฤทธิ์ผลของแต่ละจำนวนช่วงเวลาการสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสาร....36

4.6 กราฟจำนวนรอบการร้องขอในแต่ละจำนวนช่วงเวลาการสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสาร....37

4.7 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลของเอฟทีดีเอมเอและสล็อทอะโลฮ้าที่ไทม์สล็อท 8....38

4.8 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลของเอฟทีดีเอมเอ
กับเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านจนครบทุกแถบป้าย....40

4.9 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลอัลกอริทึมเอฟทีดีเอมเอ
กับอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพเอฟทีดีเอมเอ....41

4.10 กราฟแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลของอัลกอริทึมเอฟทีดีเอมเอ
ในแต่ละจำนวนช่วงเวลาการสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสาร....41

4.11 กราฟแสดงจำนวนรอบการร้องขอในแต่ละจำนวนช่วงเวลาการสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสาร....42

5.1 กราฟอัตราสัมฤทธิ์ผลในขนาดช่วงเวลาและจำนวนแถบป้ายต่างๆ....45

5.2 กราฟแสดงจำนวนร้องขอของแต่ละไทม์สล็อทในจำนวนแท็กที่10, 20, 30, 40 และ 50....44

5.3 กราฟอัตราสัมฤทธิ์ผลในขนาดไทม์สล็อทและจำนวนแถบป้ายต่างๆ....47

5.4 กราฟแสดงจำนวนรอบร้องขอของแต่ละไทม์สล็อทในจำนวนแถบป้ายต่างๆ....48

5.5 กราฟเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิ์ผลของโปรโตคอลสล็อทอะโลฮ้า
กับโพรโตคอลเอฟทีดีเอมเอที่ไทม์สล็อทที่ 8....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification) หรือ การระบุด้วยคลื่นวิทยุ เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทต่อการบริหารจัดการธุรกิจรูปแบบใหม่และอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินชีวิตอย่างมาก ซึ่งจะมีส่วนในการเปลี่ยนโฉมของสังคมเข้าสู่สังคมสารสนเทศของประเทศไทย เริ่มมีการใช้งานจริงหรือการทดสอบการใช้งานบ้างแล้ว ได้แก่ บัตรโดยสารรถไฟฟ้าใต้ดิน การทดสอบอาร์เอฟไอดี เพื่อการตรวจสอบย้อนกลับในอุตสาหกรรมอาหาร(Food tractability) การใช้อาร์เอฟไอดีในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง และการกระจายสินค้า จะเห็นได้ว่า อาร์เอฟไอดีเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มขีดการแข่งขันของประเทศเป็นอย่างมาก

ในระบบห้องสมุดเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีสามารถลดภาระของบรรณารักษ์และผู้ใช้บริการในการจัดการวัสดุในห้องสมุดได้อย่างมากโดยป้ายอาร์เอฟไอดีจะติดอยู่กับวัสดุต่างๆ ของห้องสมุด อาทิเช่น หนังสือ แผ่นซีดี เป็นต้น และอ่านด้วยเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีสำหรับกระบวนการของห้องสมุด ตั้งแต่ การยืม-คืน ด้วยตนเอง,การนำหนังสือกลับชั้น ระบบอาร์เอฟไอดีเป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนากว่าการใช้ระบบบาร์โค้ด และช่วยให้กระบวนการคืนวัสดุของห้องสมุดรวดเร็วกว่าระบบบาร์โค้ด ซึ่งตัวอ่านบาร์โค้ดจำเป็นต้องมีการสื่อสารแบบเส้นตรง (line-of-sight) เพื่อสแกนรหัส (code) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้เพียงครั้งละหนึ่งอันเท่านั้น ในขณะที่เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีสามารถตรวจสอบวัตถุหลาย ๆ วัตถุพร้อมกันได้ โดยต้องมั่นใจได้ว่าอัลกอริทึมในส่วนของการป้องกันการชนกันสามารถอ่านสัญญาณคลื่นวิทยุได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความเร็วในการตรวจสอบและการให้บริการแก่ผู้ใช้บริการ ทำให้ผู้ใช้บริการได้รับความสะดวกสบายจากการใช้บริการห้องสมุด ไม่เพียงแค่คนใช้บริการเท่านั้นที่จะได้รับผลประโยชน์จากอาร์เอฟไอดี แต่บรรณารักษ์ยังพบว่าเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีมีประโยชน์เพราะเรื่องของความเร็วและก็แม่นยำในการจัดเก็บหนังสือเข้าชั้น เพราะว่าการคืนหนังสือระบบอาร์เอฟไอดีมีการทำงานอัตโนมัติทั้งการเรียงและการจัดเก็บหนังสือ ซึ่งไม่ต้องมาเรียงแล้วก็เก็บอีกที จึงช่วยให้ประหยัดเวลาและแรงงานอีกด้วย นอกจากนี้แล้ว ระบบการจัดเรียงหนังสือยังสามารถพัฒนาได้ โดยใช้แฮนด์เฮล (handheld) ซึ่งสามารถบอกได้ว่าหนังสือเล่มไหนหมดหรือถูกยืมไปแล้ว นอกจากนั้นแฮนด์เฮลยังสามารถตรวจสอบได้ว่าหนังสือเล่มไหนวางไว้ผิดหมวดหมู่ โดยมันจะร้องเตือนจะร้องเตือน เพื่อบอกว่าหนังสือที่จัดไว้วางผิดที่ หลังจากนั้นมันก็จะโชว์ตำแหน่งที่ถูกต้องให้ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิจัยในส่วนของต้นแบบห้องสมุดอัจฉริยะ ทำให้มองเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ระบบการป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูลยังไม่สามารถจัดการกับวัสดุในห้องสมุดได้ดีเพียงพอ ซึ่งสามารถทำการยืม-คืนหนังสือทำได้เพียงทีละ 1 เล่ม การจัดการวัสดุภายในห้องสมุดยังมีความยุ่งยากอยู่มาก การที่ระบบต้นแบบห้องสมุดอัจฉริยะ จะสามารถลดภาระของบรรณารักษ์และผู้ใช้บริการลงได้จริงนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีระบบการป้องกันการชนกันที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลของโพรโตคอลป้องกันการชนกันของอาร์เอฟไอดี ที่ความถี่ 13.56 เมกะเฮิรตซ์ ได้พิจารณาจำนวนแถบป้ายบอกข้อมูลที่อ่านได้จากการใช้งานโพรโตคอลแต่ละชนิด โดยใช้โปรแกรมแมทแลป (MATLAB) จำลองแบบเครื่องอ่านและแถบป้ายบอกข้อมูล วัดจำนวนแถบป้ายข้อมูลที่อ่านได้ ผลที่ได้นี้จะนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของโพรโตคอลแต่ละชนิดสำหรับการใช้งานในระบบต้นแบบห้องสมุดอัจฉริยะ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เป็นการทำงานร่วมกับเนคเทค (NECTEC) เพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปพัฒนาต่อเป็นต้นแบบห้องสมุดอัจฉริยะ
2. เพื่อหาการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบสล็อทอะโลฮ้าและแบบเอฟทีดีเอมเอที่ทำให้อาร์เอฟไอดีมีค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลมากที่สุด
3. เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของระบบต้นแบบห้องสมุดอัจฉริยะให้สามารถจัดการกับวัตถุหลายๆ ชิ้นได้พร้อมกัน
4. เพื่อศึกษาถึงความสามารถของโพรโตคอลที่นิยมนำมาใช้งานแต่ละตัวเพื่อระบุชนิดของโพรโตคอลที่ดีที่สุดในการนำมาใช้งานกับระบบต้นแบบห้องสมุดอัจฉริยะ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาระบบอาร์เอฟไอดีและระบบห้องสมุดอัจฉริยะ
2. ศึกษาโพรโตคอลที่นิยมนำมาใช้งานคือการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลาแบบสล็อทอะโลฮ้าและการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบเอฟทีดีเอมเอ
3. เขียนโปรแกรมเพื่อหาอัตราสัมฤทธิ์ผลในการทดลองแบบต่างๆ
4. หาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลทำให้ได้ค่าอัตราสัมฤทธิ์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

โครงงานนี้มีระยะเวลาในการจัดทำรวมทั้งสิ้น 8 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ.2549 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2550 มีแผนการดำเนินงานเป็น 2 ส่วนคือ ตารางที่ 1.1 และ 1.2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ภาคเรียนที่ 1 ศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูล นิยามต่าง ๆ ทฤษฎีอาร์เอฟไอดี, อะโลฮ้า (ALOHA), สล็อทอะโลฮ้า (Slot Aloha) ในเดือน มิ.ย. ถึง เดือน ก.ค. ดังแสดงในตารางที่ 1.1 และภาคเรียนที่ 2 ศึกษาค้นคว้าเทคโนโลยีเอฟทีดีเอมเอ (FTDMA) ในเดือน พ.ย. ถึงเดือน ธ.ค. ดังแสดงในตารางที่ 1.2

2. ภาคเรียนที่ 1 ศึกษาและออกแบบการทำงานของโปรแกรมจำลองการทำงานของอะโลฮ้าและสล็อทอะโลฮ้า ในเดือน ก.ค. ถึง เดือน ส.ค. ดังแสดงในตารางที่ 1.1 และภาคเรียนที่ 2 ออกแบบการทำงานของโปรแกรมจำลองการทำงานของเอฟทีดีเอมเอ ในเดือน ธ.ค. ถึงเดือน ม.ค. ดังแสดงในตารางที่ 1.2

3. ภาคเรียนที่ 1 ทดสอบโปรแกรมจำลองการทำงานของอะโลฮ้าเพื่อหาข้อผิดพลาดและปรับปรุงแก้ไข ในเดือน ก.ค. ถึงเดือน ก.ย. ดังแสดงในตารางที่ 1.1 และภาคเรียนที่ 2 ทดสอบโปรแกรมจำลองการทำงานของเอฟทีดีเอมเอ ในเดือน ธ.ค. ถึงเดือน ก.พ. ดังแสดงในตารางที่ 1.2

4. ภาคเรียนที่ 1 ทำรายงานสรุปผลงานความคืบหน้างานวิจัย ในเดือน ก.ย. ดังแสดงในตารางที่ 1.1 และภาคเรียนที่ 2 ทำรายงานสรุปผลงานการวิจัยและจัดทำปริญญานิพนธ์ ในเดือน ก.พ. ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

แผนการดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1.ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล				
2.ออกแบบการทำงานของโปรแกรม				
3.เขียนโปรแกรมที่ได้ทำการออกแบบ				
4.รายงานสรุปผลความคืบหน้า				

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

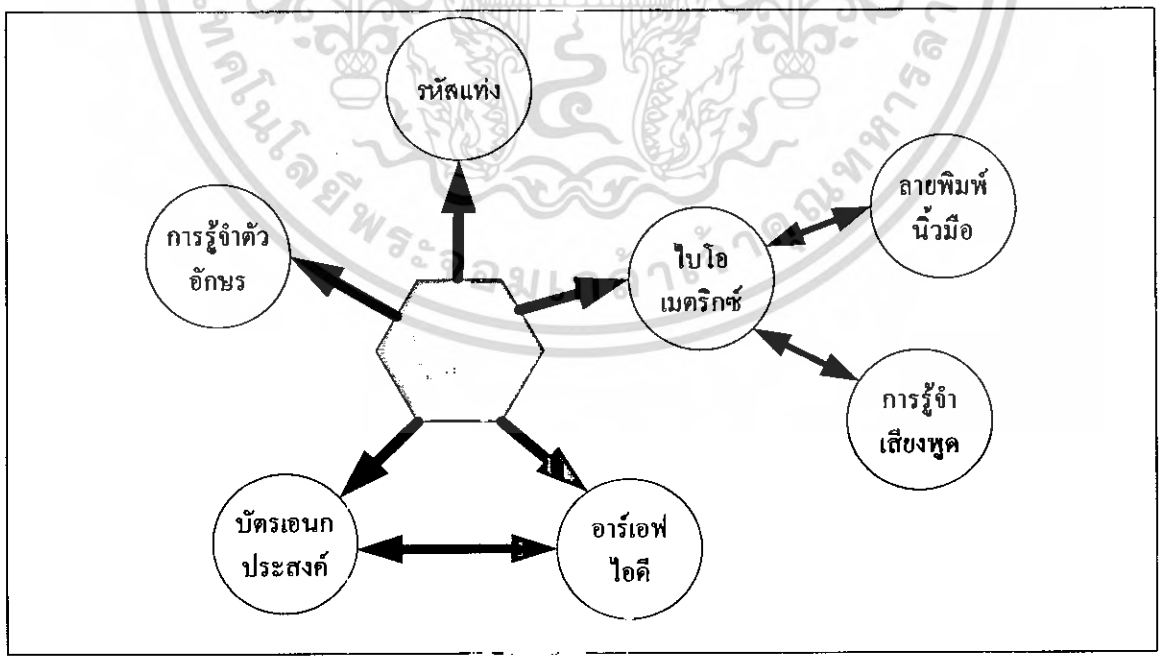
แผนการดำเนินงาน	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล				
2.ออกแบบการทำงานของโปรแกรม				
3.เขียนโปรแกรมที่ได้ทำการออกแบบ				
4.รายงานสรุปผลการวิจัยและจัดทำปริญญานิพนธ์				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่ใช้ในโครงงาน

2.1 ระบบบ่งชี้อัตโนมัติ (Auto-ID)

ระบบบ่งชี้อัตโนมัติ เป็นคำเรียกรวม ๆ ของเทคโนโลยีที่ช่วยให้อุปกรณ์ เครื่องมือหรือเครื่องจักรสามารถบ่งบอกวัตถุ สิ่งของหรือแม้แต่คนหรือสัตว์ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งโดยระบบแล้วมักจะประกอบด้วยส่วนที่อ่านหรือรับข้อมูลโดยอัตโนมัติ แล้วทำการประมวลผลหรือส่งข้อมูลนี้เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์อัตโนมัติโดยไม่ต้องมีคนช่วย วัตถุประสงค์ของระบบบ่งชี้อัตโนมัตินี้เพื่อต้องการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการทำงาน ลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ และยังลดเวลาของการจัดเก็บข้อมูล ตัวอย่างของเทคโนโลยีระบบบ่งชี้อัตโนมัติ ได้แก่ เทคโนโลยีรหัสแท่ง (Barcode) เทคโนโลยีบัตรอเนกประสงค์ (smart card) เทคโนโลยีด้านชีวมาตร (การบ่งชี้โดยวิธีตรวจจับสภาพทางร่างกาย หรือ Biometric) เช่น ระบบการรู้จำเสียงพูด (voice recognition) ระบบลายพิมพ์นิ้วมือ (fingerprint scan) ระบบสแกนม่านตา (iris scan) เทคโนโลยีการรู้จำลายเซ็นต์ (Signature Recognition) และเทคโนโลยีการบ่งชี้วัตถุโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ หรือ อาร์เอฟไอดี ระบบบ่งชี้อัตโนมัติในปัจจุบันได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบบ่งชี้อัตโนมัติในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

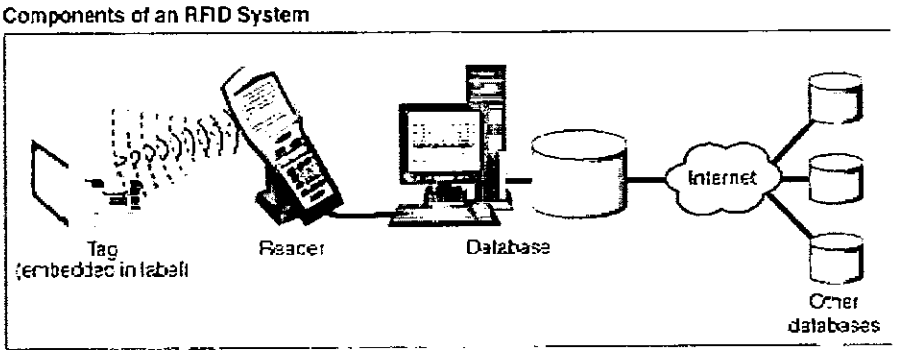
2.2 อาร์เอฟไอดี (RFID)

อาร์เอฟไอดี ย่อมาจาก Radio Frequency Identification เป็นเทคโนโลยีการระบุข้อมูลที่แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุหรือบุคคลด้วยคลื่นวิทยุที่ได้ถูกพัฒนามาในยุคคริสตทศวรรษ 1970 เพื่อวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ในการบ่งชี้วัตถุในระยะไกลได้ โดยมีจุดเด่นคือสามารถอ่านข้อมูลจากป้าย (Tag) ได้หลาย ๆ ป้าย แบบไร้สัมผัส และสามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิศัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก และสามารถจะอ่านข้อมูลได้ด้วยความมเร็วสูง โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไมโครชิปที่อยู่ในป้าย ในปัจจุบันได้มีการนำอาร์เอฟไอดีไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากนำมาใช้ทดแทนระบบบรหัสแท่งแบบเดิม ได้แก่ การใช้งานในบัตรชนิดต่าง ๆ เช่น บัตรประจำตัวพนักงาน บัตรโดยสาร บัตรสำหรับเปิดประตูห้องพักในโรงแรม บัตรที่จอดรถตามศูนย์การค้าต่าง ๆ ป้ายสำหรับติดกระเป๋าเดินทาง ป้ายสำหรับติดสินค้า หนังสือฉลากยา บางครั้งอาจพบเห็นอยู่ในรูปของป้ายสินค้าซึ่งมีขนาดเล็กจนสามารถแทรกลงระหว่างชั้นของเนื้อกระดาษได้หรือเป็นแค็ปซูลขนาดเล็กฝังเอาไว้ในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติต่างๆ เป็นต้น

2.3 องค์ประกอบของระบบอาร์เอฟไอดี

ในระบบอาร์อฟไอดี จะมีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ส่วนแรก คือ ป้าย หรือ ทรานสพอนเดอร์ (Transponder) ที่ใช้ติดกับวัตถุต่าง ๆ ที่เราต้องการ โดยป้ายนั้นจะประกอบด้วยสายอากาศและไมโครชิปที่มีการบันทึกหมายเลข (ID) หรือข้อมูลที่เกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้น ๆ ส่วนที่สอง คือ เครื่องสำหรับอ่านป้าย (Interrogator/Reader) ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ถ้าเปรียบเทียบกับระบบรหัสแท่ง ป้ายในระบบอาร์เอฟไอดี เปรียบได้กับตัวรหัสแท่งที่ติดกับฉลากของสินค้า และเครื่องอ่านในระบบอาร์เอฟไอดี คือ เครื่องอ่านรหัสแท่ง (Scanner) โดยข้อแตกต่างของทั้งสองระบบคือ ระบบอาร์เอฟไอดี จะใช้คลื่นความถี่วิทยุในการอ่าน/เขียน ส่วนระบบรหัสแท่งจะใช้แสงเลเซอร์ในการอ่าน โดยข้อเสียของระบบรหัสแท่งคือ การอ่าน (สแกน) เป็นการใช้แสงในการอ่านรหัสแท่ง ซึ่งต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง หรือต้องอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกับลำแสงที่ยิงจากเครื่องสแกน และสามารถอ่านได้ทีละรหัสในระยะใกล้ ๆ แต่ระบบอาร์เอฟไอดี มีความแตกต่างโดยสามารถอ่านรหัสจากป้ายได้โดยไม่ต้องเห็นป้าย หรือป้ายนั้นซ่อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในแนวเส้นตรงกับคลื่น เพียงอยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุได้ก็สามารถอ่านข้อมูลได้ และการอ่านป้ายในระบบอาร์เอฟไอดี ยังสามารถอ่านได้ทีละหลาย ๆ ป้ายในเวลาเดียวกัน โดยระยะในการอ่านข้อมูลได้ไกลกว่าระบบรหัสแท่งอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของระบบอาร์เอฟไอดี

ส่วนที่สาม ได้แก่ ระบบประยุกต์ใช้งาน รวมถึงระบบฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ประยุกต์ใช้งาน หรือระบบฐานข้อมูล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบการใช้งานที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบข้อมูลสินค้า ระบบบริหารงานบุคคล ฯลฯ

2.4 องค์ประกอบของป้าย (Tag/Transponder)

โครงสร้างภายในของป้ายจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ ส่วนของไมโครชิป (Microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุ เช่น รหัสสินค้า และขดลวดขนาดเล็ก หรือแบบบาง ๆ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับ รับ-ส่ง สัญญาณคลื่นวิทยุและสร้างพลังงานป้อนให้ส่วนของไมโครชิป โดยทั่วไปตัวป้ายอาจอยู่ในรูปแบบที่เป็นกระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก มีขนาดและรูปร่างต่างๆ กันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำเอาไปติด และมีหลายรูปแบบ เช่น บัตรเครดิต เหรียญ กระดุม ฉลากสินค้า แคปซูล หรือ ป้าย เป็นต้น ทั้งนี้เราสามารถแบ่งป้ายที่มีใช้งานกันอยู่ ได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ ป้ายแบบแพสซิฟ,ป้ายแบบกึ่งแพสซิฟและป้ายแบบแอ็กทิฟ โดยแต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกันตามการใช้งาน ราคา โครงสร้างและหลักการทำงาน

นอกจากการแบ่งจากชนิดที่ว่ามาแล้ว เราสามารถที่จะแบ่งประเภทของป้ายจากรูปแบบการอ่านและบันทึกข้อมูลได้เป็น 2 แบบ คือ ป้ายชนิดที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้หลายครั้ง (Read-Write) และป้ายชนิดที่เขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้หลายครั้ง (Read-Only) หรือเรายังสามารถแบ่งชนิดของป้ายตามความถี่ของการใช้งาน เช่น ป้ายย่านความถี่ต่ำ (LF) 125 - 134 กิโลเฮิรตซ์ ป้ายย่านความถี่สูง (HF) 13.56 เมกะเฮิรตซ์ ป้ายย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF) 433 และ 900 เมกเฮิรตซ์ และป้ายย่านไมโครเวฟ 2.4 กิกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ป้ายอาร์เอฟไอดีชนิดแพสซิฟ ป้ายชนิดนี้ทำงานได้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟนอกใด ๆ เพราะภายในป้ายจะมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็กเป็นแหล่งจ่ายไฟในตัวอยู่ ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนัก ระยะอ่านสูงสุดประมาณ 1 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องส่งและคลื่นวิทยุที่ใช้ โดยปกติป้ายชนิดนี้มักมีหน่วยความจำน้อย โดยทั่วไปประมาณ 16 – 1,024 ไบต์ มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ

ไมโครชิปหรือไอซีของป้ายชนิดแพสซิฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นได้ตั้งแต่แบบแท่ง หรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ไปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปโครงสร้างภายในส่วนที่เป็นไอซีของป้ายนั้นก็จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนของควบคุมการทำงานของภาครับส่งสัญญาณวิทยุ (Analog Front-End) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (Digital Control Unit) ส่วนของหน่วยความจำ (Memory) ซึ่งอาจจะเป็นแบบ ROM หรือ EEPROM

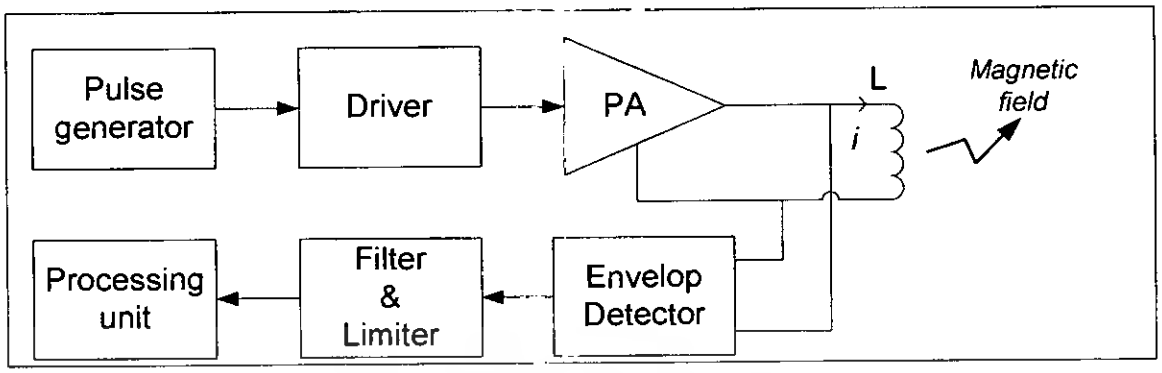
2.4.2 ป้ายอาร์เอฟไอดีแบบกึ่งแพสซิฟ ป้ายชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ระยะไกลกว่าป้ายแบบแพสซิฟ เพื่อประหยัดไฟตัวป้ายจะรอสัญญาณกระตุ้นให้ทำงานจากเครื่องอ่านแล้วจึงจะส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่าน

2.4.3 ป้ายอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทิฟ ป้ายชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก เพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายในทำงาน โดยป้ายแบบนี้สามารถมีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ และสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 100 เมตร ข้อเสียของป้ายแบบนี้คือ มีราคาต่อหน่วยสูง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีอายุการใช้งานที่จำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ซึ่งจะมีอายุการใช้งานประมาณ 3 - 7 ปี และสามารถส่งสัญญาณออกมาเองได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่นการตั้งเวลา หรือเมื่อกรณีที่มีเหตุอันควรตามที่โปรแกรมเอาไว้ หรือเมื่อได้รับสัญญาณสอบถามจากเครื่องอ่าน

2.5 หน้าที่ของเครื่องอ่าน (Reader)

หน้าที่ของเครื่องอ่าน คือ การเชื่อมต่อเพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูลลงในป้ายด้วยสัญญาณความถี่วิทยุ ภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วย สายอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดง เพื่อใช้รับ-ส่งสัญญาณ ภาครับและภาคส่งสัญญาณวิทยุ และวงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูลซึ่งมักจะเป็นวงจรจำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบหลักเริ่มจากส่วนกำเนิดสัญญาณรูปเหลี่ยม (pulse generator) ความถี่พาห์เพื่อส่งสัญญาณไปยังภาคขับ (driver) เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการขับภาคขยายกำลัง (Power Amplifier, A) ซึ่งทำหน้าที่ขับกระแสสัญญาณต่อไปยังขดลวดเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กเชื่อมโยงไปยังส่วนป้าย ขณะเดียวกันส่วนขดลวดดังกล่าวก็จะทำหน้าที่เสมือนเป็นสายอากาศรับสัญญาณสนามแม่เหล็กความถี่คลื่นพาห์ที่ถูกมอดูเลตเชิงขนาดจากข้อมูลจำเพาะของส่วนสัญญาณแบบต่ำผ่าน (filter and limiter) ก็จะแยกข้อมูลออกจากสัญญาณคลื่นพาห์และขยายจนกระทั่งได้ระดับศักดาของข้อมูลตามมาตรฐานลอจิก เพื่อส่งต่อเข้าส่วนประมวลผลข้อมูล (processing) ต่อไป

โดยทั่วไปหน่วยประมวลผลข้อมูลที่อยู่ภายในเครื่องอ่านมักใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอัลกอริทึมที่อยู่ภายในโปรแกรม จะทำหน้าที่ถอดรหัส (Decoding) ที่ได้รับ และทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยลักษณะ ขนาด และรูปร่างของเครื่องอ่านจะแตกต่างกันไปตามประเภทของการใช้งาน เช่น แบบมือถือขนาดเล็ก หรือติดผนัง จนไปถึงขนาดใหญ่เท่าประตู (Gate size) เป็นต้น

2.5.1 ระยะในการอ่านข้อมูล

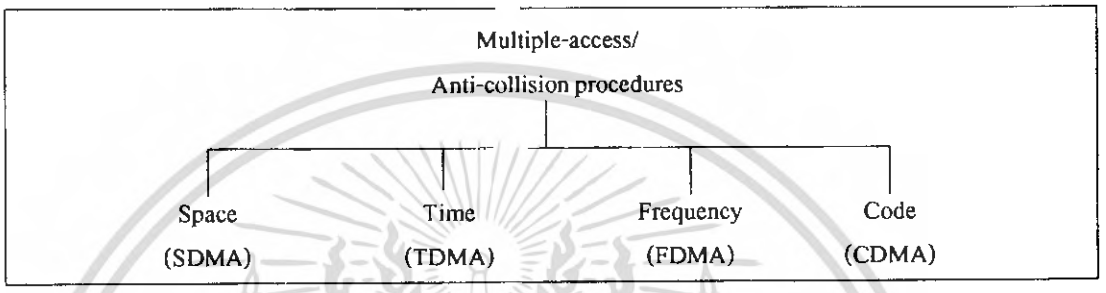
ระยะในการอ่านของเครื่องอ่าน จะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ กำลังส่งของเครื่องอ่าน และชนิดป้าย ในการใช้งานทั่วไปป้ายที่มีความถี่ต่ำมีระยะในการอ่านประมาณ 10 - 30 เซนติเมตร ความถี่สูงมีระยะในการอ่านประมาณ 15 - 100 เซนติเมตร ป้ายชนิดความถี่ยิ่งสูงมีระยะในการอ่านถึง 15 เซนติเมตร หรือถ้าเป็นแบบแอ็กทิฟ จะอ่านได้ถึง 100 เมตร

2.5.2 การชนกันของข้อมูล

เมื่อมีป้ายหลาย ๆ อันเข้ามาอยู่ใกล้เครื่องอ่าน เมื่อป้ายมีพลังงานเพียงพอ ป้ายแต่ละอันจะพยายามส่งข้อมูลของตัวเองมาที่เครื่องอ่านพร้อม ๆ กัน ทำให้เครื่องอ่านไม่สามารถแยกแยะข้อมูลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งมาได้ ซึ่งเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การชนกันของข้อมูล (Collision) วิธีการแก้ไขโดยการทำการเพิ่มฟังก์ชันป้องกันการชนกันบนป้ายและเครื่องอ่าน (Anti-collision) ซึ่งมีหลายเทคนิค เช่น จัดคิวการอ่านป้ายโดยทำเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่อป้ายโดนอ่านแล้วจะไม่มีการอ่านซ้ำอีก เช่น เทคนิค SDMA: Space Division Multiple Access, TDMA, FDMA, CDMA หรือเทคนิคขั้นสูงจะใช้ FTDMA และการกระโดดความถี่ (Frequency hopping) เข้าช่วย เทคนิคที่ใช้ในการอ่านหลายป้ายพร้อมกันได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เทคนิคที่ใช้ในการอ่านหลายป้ายพร้อมกัน

2.6 หลักการทำงานของอาร์เอฟไอดี

2.6.1 หลักการทำงานของป้ายอาร์เอฟไอดีแบบแพสซิฟ

ป้ายชนิดนี้ทำงานได้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกใด ๆ โดยทั่วไปการทำงานของป้ายอาร์เอฟไอดีแบบแพสซิฟ ในย่านความถี่ต่ำและสูง จะใช้หลักการคู่ควบแบบเหนี่ยวนำ (Inductive coupling) ซึ่งเกิดจากการอยู่ใกล้กันของขดลวดจากเครื่องอ่านที่กำลังทำงานและสายอากาศของป้าย ทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานจากเครื่องอ่านไปยังไมโครชิปในป้ายแผ่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เมื่อไมโครชิฟได้รับพลังงานก็จะทำงานตามลักษณะเฉพาะของข้อมูลรหัสประจำตัว ปฏิกิริยาของไมโครชิปดังกล่าวเครื่องอ่านจะรับรู้ได้ผ่านสนามแม่เหล็กและจะทำการตีความเป็นข้อมูลดิจิทัลแสดงถึงรหัสประจำตัวที่ส่งมาจากป้ายได้ ลักษณะเงื่อนไขในการทำการเหนี่ยวนำแบบชักพาทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนัก โดยทั่วไประยะอ่านสูงสุดจะประมาณ 1 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังงานของเครื่องส่งและคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้

โดยปกติป้ายชนิดนี้มักมีหน่วยความจำขนาดเล็ก โดยทั่วไปประมาณ 16 - 1,024 ไบต์ มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ ไมโครชิปหรือไอซีของป้ายชนิดพาสซิฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นได้ตั้งแต่แบบแท่ง หรือ แผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ไปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดการใช้งานที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในระบบความถี่ยิ่งสูงแทนที่จะใช้การสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะใช้การเหนี่ยวนำการแพร่กระจาย (Propagation coupling) โดยที่สายอากาศของเครื่องอ่านจะทำการส่งพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปคลื่นวิทยุออกมา ซึ่งเมื่อป้ายได้รับสัญญาณผ่านสายอากาศของตน ป้ายก็จะทำงานโดยการสะท้อนกลับคลื่นที่ได้รับซึ่งถูกปรับค่าตามรหัสประจำตัวของตนไปยังเครื่องอ่าน (backscattering)

ทั้งนี้การทำงานในย่านความถี่ต่างกันจะทำให้มีคุณสมบัติการทะลวงต่างกัน รวมทั้งประสิทธิภาพโดยรวมจะขึ้นกับเงื่อนไขอื่น ๆ ด้วย เช่น ขนาดของสายอากาศ หรือ สัญญาณรบกวนอีกด้วย

2.6.2 หลักการทำงานของป้ายอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทิฟ

ป้ายชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก เพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายในทำงาน โดยหลักใหญ่อาจสามารถแบ่งตามหลักการทำงานได้เป็นทรานสปอนเดอร์แบบแอ็กทิฟ ซึ่งจะทำการส่งข้อมูลออกก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณจากเครื่องอ่านและแบบเครื่องบอกตำแหน่ง หรือ เบคอน (Beacon) ซึ่งสัญญาณจะถูกปล่อยออกมาเป็นระยะ ๆ ตลอดเวลาการใช้งานของป้ายทรานส-ปอนเดอร์แบบแอ็กทิฟนั้นอาจพบได้ในระบบ เช่น ระบบจ่ายเงินในทางด่วนหรือด่านตรวจ ขณะที่เบคอนอาจพบได้ในระบบที่ต้องการการบ่งชี้พิกัดแบบเวลาจริง (Real-time locating system, RTLS) เช่น การจัดการการขนส่งสินค้า เป็นต้น โดยป้ายแบบนี้สามารถมีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ และสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 100 เมตร ข้อเสียของป้ายแบบนี้คือมีราคาต่อหน่วยสูง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีอายุการใช้งานที่จำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ซึ่งจะมีอายุการใช้งานประมาณ 3 - 7 ปี

2.6.3 หลักการและเทคนิคเบื้องต้นในการรับและส่งข้อมูลระหว่างป้ายและเครื่องอ่าน

กระบวนการส่งสัญญาณระหว่างอาร์เอฟไอดีและเครื่องอ่านโดยทั่วไปเป็นไปตามกระบวนการทางด้านการสื่อสารระบบดิจิทัล นั่นคือ การเตรียมข้อมูลดิจิทัลที่จะส่งผ่านโดยการทำเข้ารหัสให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมสำหรับการส่งผ่านช่องสัญญาณ (Channel) คำว่าเหมาะสม หมายถึงว่าสัญญาณมีโอกาสจะถูกส่งผ่านช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวน (noise) โดยมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ซึ่งวิธีการเข้ารหัสนั้นมีได้หลายแบบโดยการเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับช่องสัญญาณที่จะส่งผ่าน ตัวอย่างเทคนิคการเข้ารหัส เช่น การเข้ารหัสสัญญาณแบบ NRZ การเข้ารหัสแบบ Manchester การเข้ารหัสแบบ Miller การเข้ารหัสแบบ Differential เป็นต้น

ซึ่งหลังจากการเข้ารหัสสัญญาณแล้ว สัญญาณจะถูกทำการมอดูเลตสัญญาณ (Modulation) กับคลื่นพาหะย่านที่สูงกว่าเพื่อทำการส่งรับข้อมูลในย่านนั้น การกล้ำสัญญาณ หมายถึง การปรับเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของคลื่นพาหะซึ่งเป็นคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น แอมปลิจูด เฟส หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ ตามค่าของข้อมูลที่จะส่ง ตัวอย่างเช่น ในการมอดูเลตสัญญาณแบบ ASK (amplitude shift keying) ค่าแอมปลิจูดของคลื่นพาหะจะถูกเปลี่ยนอยู่ระหว่างค่าสองค่าซึ่งขึ้นอยู่กับค่าไบนารี่ของสัญญาณที่ถูกเข้ารหัส

นอกจากนี้ ข้อดีอีกส่วนหนึ่งของระบบอาร์เอฟไอดี คือ การอ่านข้อมูลจากป้ายได้หลาย ๆ ป้ายในเวลาเดียวกัน โดยระบบการป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูล (Anti-Collision) ซึ่งจะทำให้การอ่านข้อมูลของป้ายจำนวนมากทำได้อย่างรวดเร็วพร้อม ๆ กัน ตัวอย่างการทำการป้องกันการชนกันเช่นการใช้เทคนิคการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลาซึ่งจะเป็นการจัดลำดับการอ่านค่าจากป้ายในเวลาต่าง ๆ กันไป ทำให้สามารถอ่านได้ครบทุกป้าย เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น อาร์เอฟไอดียังมีกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับ เช่น การทำผลรวมตรวจสอบ (check-sum) เป็นต้น

2.7 วิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบต่าง ๆ

สำหรับวิธีการเข้าถึงช่องสัญญาณสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ตามวิธีการเข้าใช้ของสถานีซึ่งแบ่งออกเป็นรูปแบบดังนี้

2.7.1 การเข้าถึงแบบกำหนดตายตัว (Fix Assignment)

วิธีการเข้าถึงแบบนี้ช่องสัญญาณจะถูกแบ่งออกเป็นช่องสัญญาณย่อย ๆ (Sub channel) ในโดเมนของความถี่ หรือช่วงย่อย ๆ ในโดเมนของเวลา โดยแต่ละช่องหรือช่วงย่อยจะถูกกำหนดให้แต่ละสถานีเป็นอิสระจากกัน สำหรับการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบนี้แบ่งออกเป็น

- การเข้าถึงแบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiple Access: FDMA)
- การเข้าถึงแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiple Access: TDMA)

2.7.2 การเข้าถึงแบบสุ่ม (Random Assignment)

เมื่อพิจารณาจากการเข้าถึงแบบกำหนดตายตัวในกรณีส่งข้อมูลโดยคอมพิวเตอร์ ข้อมูลจะถูกส่งแบบช่วง ๆ (Burst) หรือช่องสัญญาณจะไม่ถูกใช้ตลอดเวลา ดังนั้นถ้ากำหนดให้ช่องสัญญาณถูกเข้าถึงแบบตายตัว ในกรณีที่สถานีไม่มีข้อมูลส่งแต่ได้รับความถี่หรือช่วงเวลาแล้วจะถือว่าเป็นการสูญเปล่า สำหรับวิธีการเข้าถึงตัวกลางแบบสุ่ม แต่ละสถานีสามารถส่งข้อมูลลงไปในช่องสัญญาณในช่วงเวลาใด ๆ ก็ได้เมื่อต้องการใช้งานหรืออาจจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขว่าช่องสัญญาณว่างหรือไม่ โดยถ้าหากช่องสัญญาณว่างแต่ละสถานีที่ต้องการส่งข้อมูลต้องทำการช่วงชิงกัน (contention) สำหรับการเข้าถึงองสัญญาณแบบนี้แบ่งออกเป็น

- การเข้าถึงแบบอะโลฮ้า (ALOHA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเข้าถึงแบบตรวจพาหะคลื่นสัญญาณ (Carrier Sense Multiple Access: CSMA)
- การเข้าถึงแบบตรวจพาหะสัญญาณพร้อมตรวจสอบการชน (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detected: CSMA/CD)

2.7.3 การเข้าถึงแบบตามต้องการ (Demand Assignment)

สำหรับการเข้าถึงแบบสุ่มในกรณีสถานีในระบบต้องการส่งข้อมูลมากหรือขนาดทราฟฟิก (Traffic) ของการส่งสูงแล้วการช่วงชิงเพื่อใช้ช่องสัญญาณจะมีมาก โอกาสที่จะได้ใช้ช่องสัญญาณมีน้อยหรือประสิทธิภาพของการใช้ช่องสัญญาณมีขนาดต่ำ การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเข้าใช้ช่องสัญญาณสามารถปรับปรุงได้โดยการกำหนดให้แต่ละสถานีได้ใช้ช่องสัญญาณตามต้องการซึ่งควบคุมโดยโนดศูนย์กลาง หรือในกรณีที่ไม่มีโนดศูนย์กลาง อาจกำหนดการมีสิทธิได้ใช้ช่องสัญญาณโดยให้สถานีได้รับสัญญาณหรือเฟรมพิเศษ สำหรับการเข้าถึงของสัญญาณแบบนี้แบ่งออกเป็น

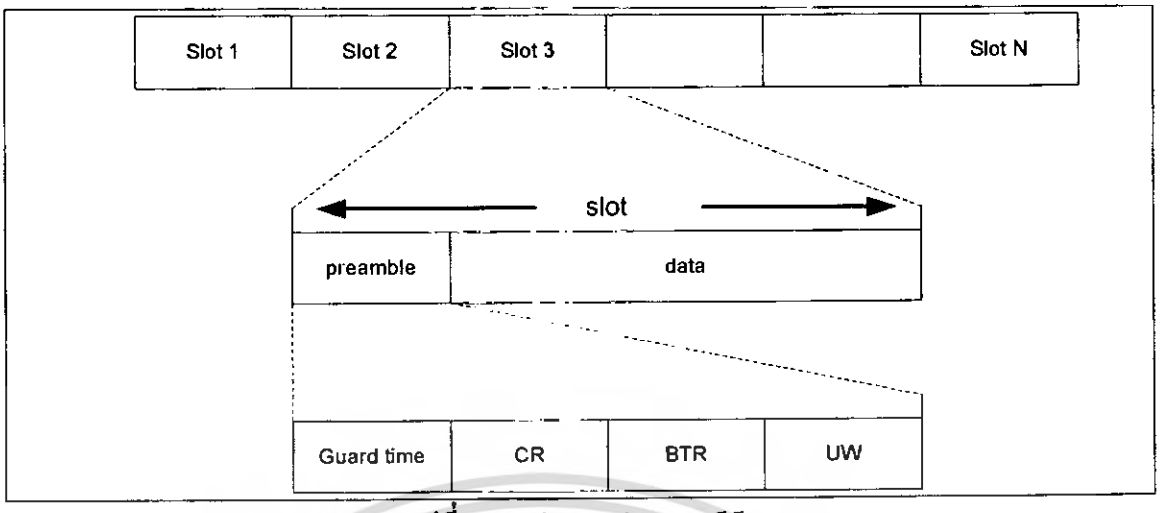
- การเข้าถึงแบบหยั่งสัญญาณ (Polling)
- การเข้าถึงแบบผ่านโทเก้น (Token passing)
- การเข้าถึงแบบวงแหวนสล็อท (Slotted ring)

2.8 การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งเวลา (TDMA: Time Division Multiple Access)

การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลา ใช้กับตัวกลางประเภทคลื่นวิทยุหรือช่องสัญญาณดาวเทียมเช่นเดียวกับเอฟดีเอมเอ แต่ในกรณีของทีดีเอมเอจะได้ใช้แถบความถี่ทั้งหมดแต่จะแบ่งเวลาเพื่อให้แต่ละสถานีได้ใช้ตัวกลางโดยช่วงเวลาที่แบ่งจะมีขนาดคงที่เรียกว่าสล็อทเวลา (Time slot) โดยแต่ละสถานีจะได้ สล็อทเวลาใดเวลาหนึ่ง และวนกันจนครบทุกสถานีแล้ววนกลับมาที่เดิม แต่ละสล็อทจะมีสถานีหลักเป็นผู้กำหนดหรือจัดให้ซิงโครไนซ์ สำหรับเฟรมข้อมูลของแต่ละสล็อทเวลาประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 คือส่วนปรีแอมเบิล (preamble) และส่วนข้อมูล โดยส่วนของปรีแอมเบิล หรือส่วนเริ่มต้นของเฟรมข้อมูลประกอบด้วย

1. ช่วงเวลาป้องกัน (guard time) เป็นช่วงเวลาที่สถานีได้รับอนุญาตให้ใช้ช่องสัญญาณ แต่สถานีจะมีช่วงเวลาที่ยังไม่ส่งเฟรมเพื่อป้องกันเฟรมของสถานีชนกับเฟรมของสถานีที่อยู่สล็อทก่อนหน้านี้
2. ส่วนกู้สัญญาณคลื่นพาร์ (Carrier frequency: CR) ใช้สำหรับซิงโครไนซ์สัญญาณนาฬิกา
3. ส่วนกู้สัญญาณนาฬิกา (Bit timing recovery: BTR) ใช้สำหรับซิงโครไนซ์สัญญาณนาฬิกา
4. Unique word: UW เป็นรหัสที่มีรหัสพิเศษ ใช้สำหรับแยกข้อมูลออกจากส่วนปรีแอมเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 รูปแบบเฟรมของทีดีเอมเอ

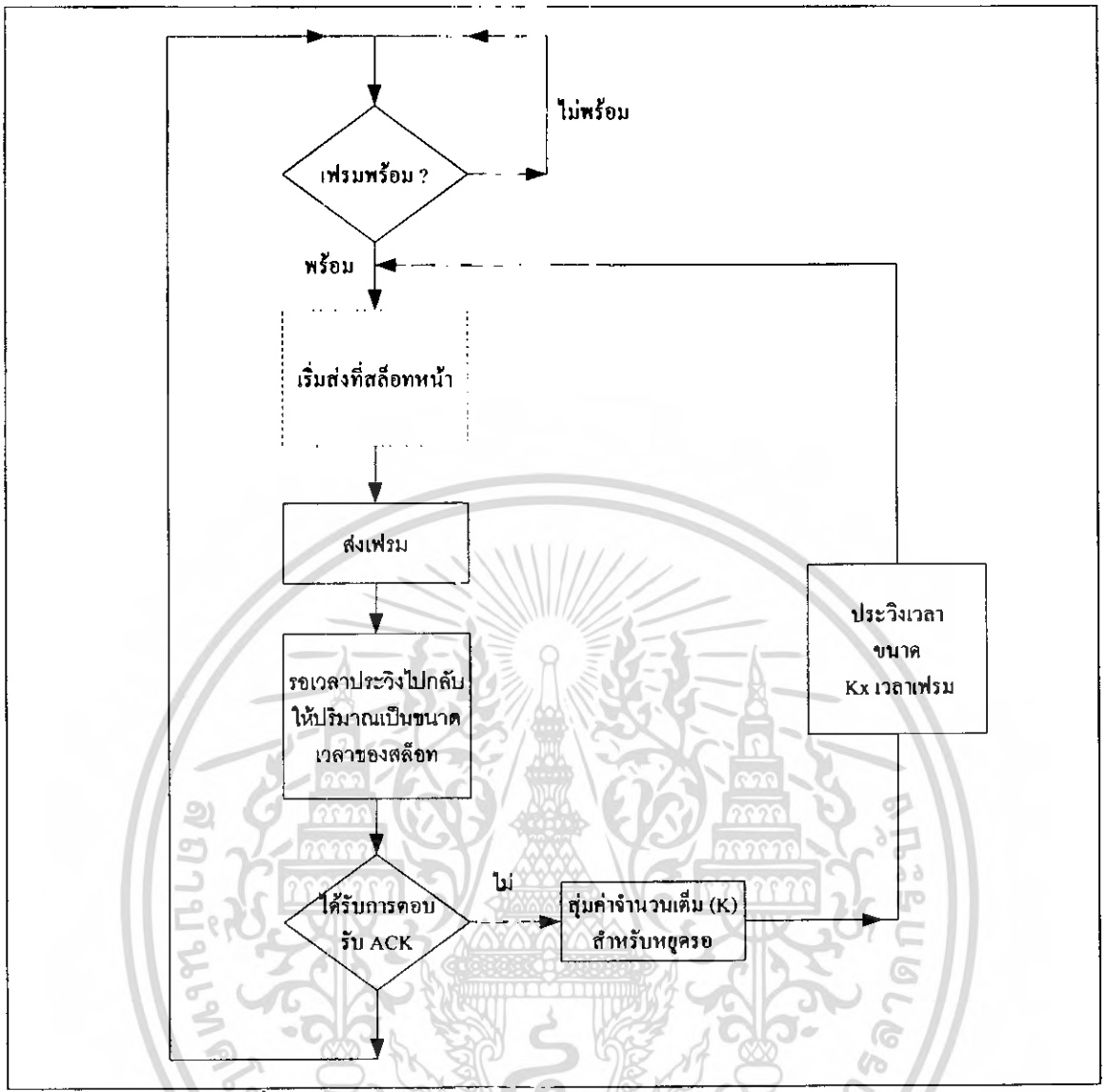
2.9 อะโลฮ้า (ALOHA)

การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบอะโลฮ้า พัฒนาขึ้นที่มหาลัย Hawaii สำหรับเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ที่เป็นเทอร์มินัลของวิทยาเขตต่าง ๆ ที่อยู่ในหมู่เกาะ ALOHA มายังคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางที่วิทยาเขตหลักโดยใช้คลื่นวิทยุ โดยคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางเป็นสถานีแม่ (base station) จะรับข้อมูลจากเทอร์มินัลซึ่งเป็นสถานีลูกข่ายที่ความถี่ 407 เมกะเฮิรตซ์ และสถานีแม่ส่งกลับไปยังลูกข่ายที่ความถี่ 413 เมกะเฮิรตซ์ ด้วยอัตราบิตเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที แผนผังการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบอะโลฮ้าได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.6 สำหรับวิธีการส่งข้อมูลของสถานีลูกข่ายจะมีรูปแบบการทำงานดังนี้คือ

1.การส่ง (transmit) สถานีลูกข่ายจะทำการส่งเฟรมในเวลาใด ๆ เมื่อสถานีมีข้อมูลพร้อมที่จะส่ง

2.การฟัง (listen) หลังจากส่งข้อมูลไปแล้ว สถานีลูกข่ายจะหยุดรอการตอบรับจากสถานีแม่ด้วยระยะเวลาที่เท่ากับเวลาประวิงของการกระจาย (propagation delay) ไปกลับของช่องสัญญาณ โดยถ้าสถานีแม่รับข้อมูลได้สำเร็จจะตอบกลับด้วยเฟรมตอบรับ (ACK) และในกรณีที่สถานีลูกข่ายต้องการส่งข้อมูลต่อสามารถส่งได้

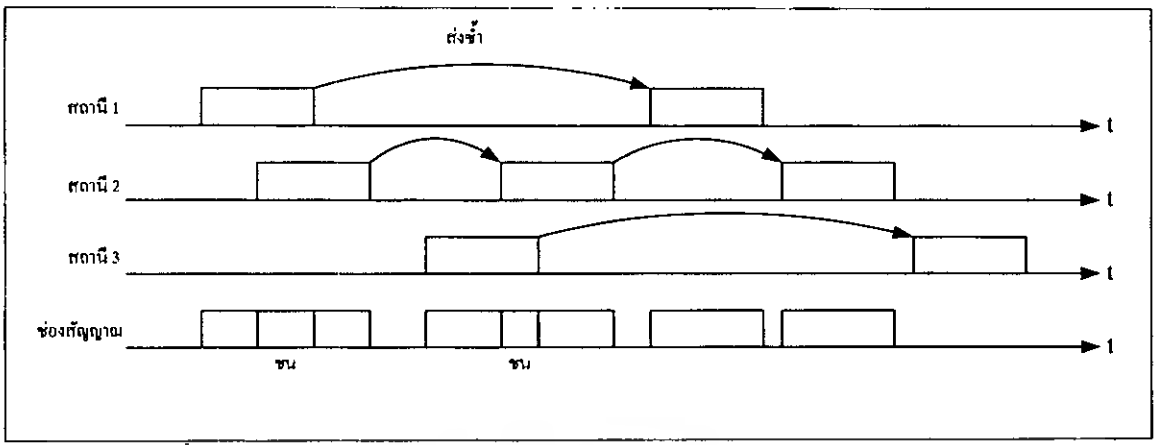
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แผนผังการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบอะโลฮ้า

3.การส่งซ้ำ (retransmit) ในกรณีสถานีลูกข่ายส่งเฟรมออกไปแล้ว เมื่อรออยู่เท่ากับเวลาประวิงไปกลับแล้วไม่ได้รับการตอบกลับจากสถานีแม่ สถานีลูกข่ายจะสันนิษฐานว่าเฟรมที่ส่งไปเกิดการชนกัน (collision) กับสถานีอื่น ดังนั้นจึงต้องทำการส่งใหม่และเพื่อป้องกันการชนกันซ้ำอีก สถานีลูกข่ายที่ส่งข้อมูลจะต้องทำการคำนวณเวลาที่จะหยุดรอ (backoff) ด้วยการสุ่มตัวเลขจำนวนเต็มขึ้นมาและหยุดรอก่อนที่จะส่งเฟรมเดิมนี้ด้วยเวลาจำนวนเต็มที่สุ่มได้คูณกับขนาดของเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



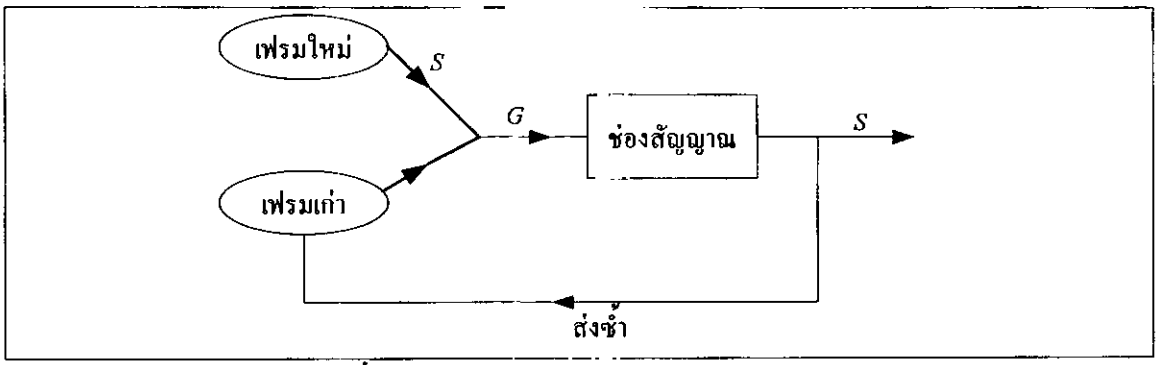
รูปที่ 2.7 การส่งแต่ละสถานีของการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบอะโลฮ้า

จากรูปที่ 2.7 แสดงการชนกันของเฟรมและการส่งซ้ำโดยสถานี 3 สถานีใช้ความถี่ร่วมกัน (ให้เวลาประวิงของการแพร่กระจายของทุกสถานีเท่ากับ 0) จากรูปในขณะที่สถานี 1 กำลังส่งเฟรมอยู่ สถานี 2 เริ่มส่งเฟรมเช่นกัน ผลทำให้เกิดการชนกันของเฟรมซึ่งแสดงได้โดยการเหลื่อมทับในช่องสัญญาณ และเมื่อสถานี 1 และ 2 ส่งเฟรมใหม่ โดยสถานี 1 สุ่มค่าเวลาหยุดรอได้เท่ากับ 7 และสถานี 2 สุ่มค่าเวลาหยุดรอได้เท่ากับ 3 ในเวลาที่สถานี 2 ส่งเฟรมเดิมซ้ำเป็นเวลาที่สถานี 3 ส่งเฟรมอยู่จึงทำให้เกิดการชนกันอีก ดังนั้นสถานี 2 จึงต้องส่งเฟรมใหม่อีกครั้งและสถานี 3 ส่งเฟรมใหม่อีกเช่นกัน จากรูปที่ 2.7 เห็นว่ามีความพยายามที่ต้องการส่งเฟรมเพียง 3 เฟรมเท่านั้น แต่เฟรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นของสถานีทั้งหมดมีอยู่ 7 เฟรม

การวิเคราะห์อัตราสัมฤทธิ์ผล (Throughput) ของการเข้าถึงแบบอะโลฮ้า สามารถหาได้จากแบบจำลองช่องสัญญาณดังรูปที่ 2.8 จากรูปถ้ากำหนดให้ปริมาณเฟรมเฉลี่ยที่ส่งสำเร็จในช่วงเวลา T โดย T เป็นเวลาขนาด 1 เฟรม มีขนาดเท่ากับ S และปริมาณเฟรมเฉลี่ยที่ต้องการส่งงผ่านตัวกลางหรือช่องสัญญาณในช่วงเวลา T มีขนาดเท่ากับ G แล้ว ความน่าจะเป็นที่ส่งเฟรมได้สำเร็จเขียนได้ดังนี้

$$P = \frac{S}{G} \tag{2.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แบบจำลองของช่องสัญญาณอะโลฮ้า

จำนวนเฟรมเฉลี่ยที่ส่งสำเร็จในช่วงเวลา T หรืออัตราสัมฤทธิ์ผลแสดงได้ดังนี้

$$S = GP(successful_transmission) \tag{2.2}$$

โดยความน่าจะเป็นของการส่งเฟรมได้สำเร็จของการเข้าถึงตัวกลางแบบอะโลฮ้า จะเป็นความน่าจะเป็นที่ไม่มีสถานีอื่นส่งเฟรมในช่วงที่สถานีกำลังส่งเฟรมอยู่โดยเวลาที่ใช้เพื่อหลีกเหลี่ยงการชนกันนี้ต้องมีขนาด $2T$ และความน่าจะเป็นของการเกิดเฟรมมีฟังก์ชันของการกระจายของความน่าจะเป็น (PDF) แบบพัวซอง โดยมีขนาดปริมาณเฟรมเฉลี่ยที่ต้องการส่งเท่ากับ $\frac{G}{T}$ หรือความน่าจะเป็นของการเกิดเฟรมหรือพยายามส่งเฟรมในเวลาใด ๆ (t) เขียนได้ดังนี้

$$P(k,t) = \frac{-(Gt/T)^k}{k!} e^{-(G/T)^t} \tag{2.3}$$

โดย k เป็นจำนวนเฟรมที่ส่ง ค่าความน่าจะเป็นไม่มีการส่งเฟรมในช่วงเวลา $2T$ เท่ากับ e^{-2G} ดังนั้นจากสมการ (2.3) อัตราสัมฤทธิ์ผลของอะโลฮ้าเขียนได้ดังนี้

$$S = Ge^{-G} \tag{2.4}$$

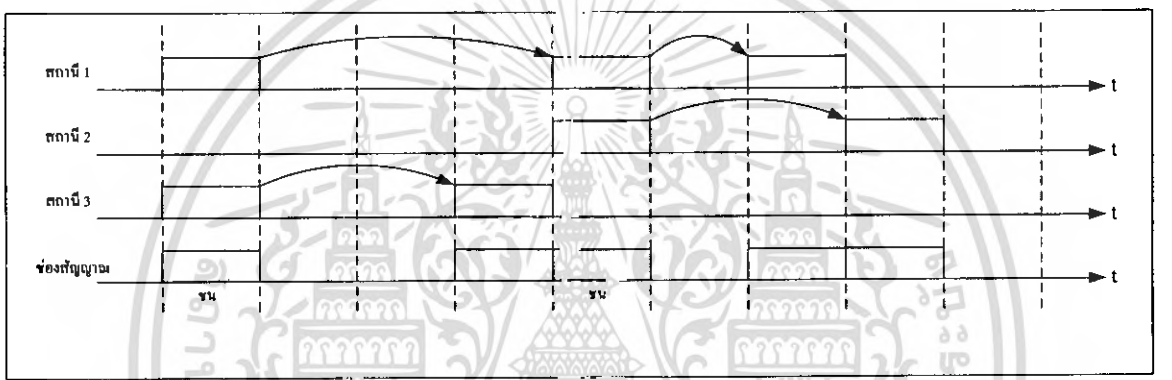
ขนาดอัตราสัมฤทธิ์ผลสูงสุดหาได้จาก $\frac{dS}{dG}$ มีขนาดท่ากับ 0.184 เมื่อ G เท่ากับ 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.10 สล็อทอะโลฮ้า (Slotted ALOHA)

การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบสล็อทอะโลฮ้า ปรับปรุงจากแบบอะโลฮ้าโดยแบ่งเวลาออกเป็นสล็อท (Slot) เช่นเดียวกับแบบการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลา แต่การเข้าใช้สล็อทจะใช้วิธีการของอะโลฮ้า โดยเมื่อสถานีใดต้องการส่งเฟรมจะทำการส่งได้เมื่อเวลาเริ่มต้นของสล็อทดังนั้นถ้าหากมีการชนจะเป็นการชนกันแบบเต็มเฟรม (Complete collision) เท่านั้น โดยจากการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบอะโลฮ้าเมื่อปรับปรุงเป็นแบบสล็อทอะโลฮ้า แล้วแสดงการส่งของแต่ละสถานีได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การส่งแต่ละสถานีของการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบสล็อทอะโลฮ้า

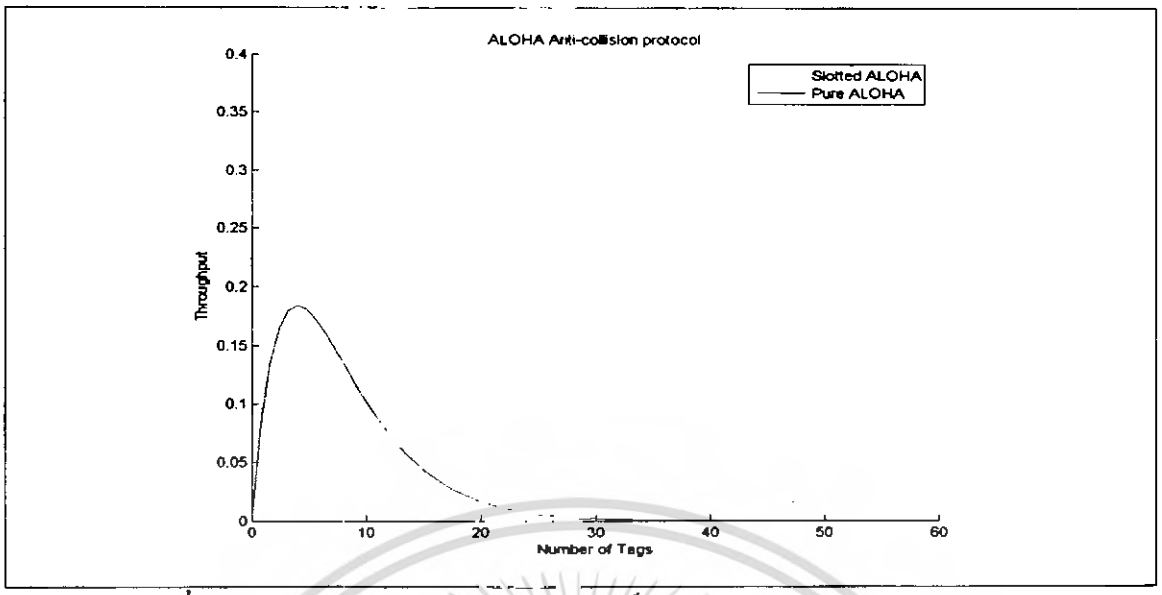
จากรูปที่ 2.9 ทุกสถานีจะเริ่มต้นส่งเมื่อเริ่มต้นของสล็อทขนาดปริมาณของเฟรมที่ต้องการส่งหรือทราฟฟิกมีขนาดเท่าเดิม แต่การชนกันจะลดลงหรือเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการเข้าถึงช่องสัญญาณให้มากขึ้น

การวิเคราะห์อัตราสัมฤทธิ์ผลแบบสล็อทอะโลฮ้า แต่ละสถานีจะส่งเฟรมเมื่อเริ่มต้นของสล็อทเวลาจากสมการ (2.2) ความน่าจะเป็นของการส่งเฟรมได้สำเร็จจะเท่ากับความน่าจะเป็นของการที่ไม่มีสถานีอื่นส่งเฟรมในช่วงเวลาที่เวลาถูกใช้อยู่หรือในช่วงเวลา T ดังนั้นอัตราสัมฤทธิ์ผลของสล็อทอะโลฮ้าเท่ากับ

$$S = Ge^{-2G} \tag{2.5}$$

โดยขนาดอัตราสัมฤทธิ์ผลจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.384 เมื่อ G เท่ากับ 1 หรือใน 1 สล็อทเวลาจะต้องมีเพียงสถานีที่ต้องการส่งเพียง 1 สถานี

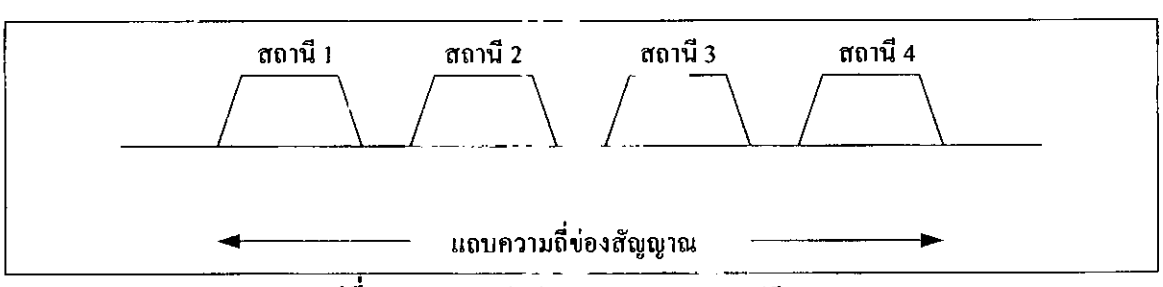
72677
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กราฟเส้นโค้งแสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลของอะโลฮ้าและสล็อทอะโลฮ้า

2.11 การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiple Access: FDMA)

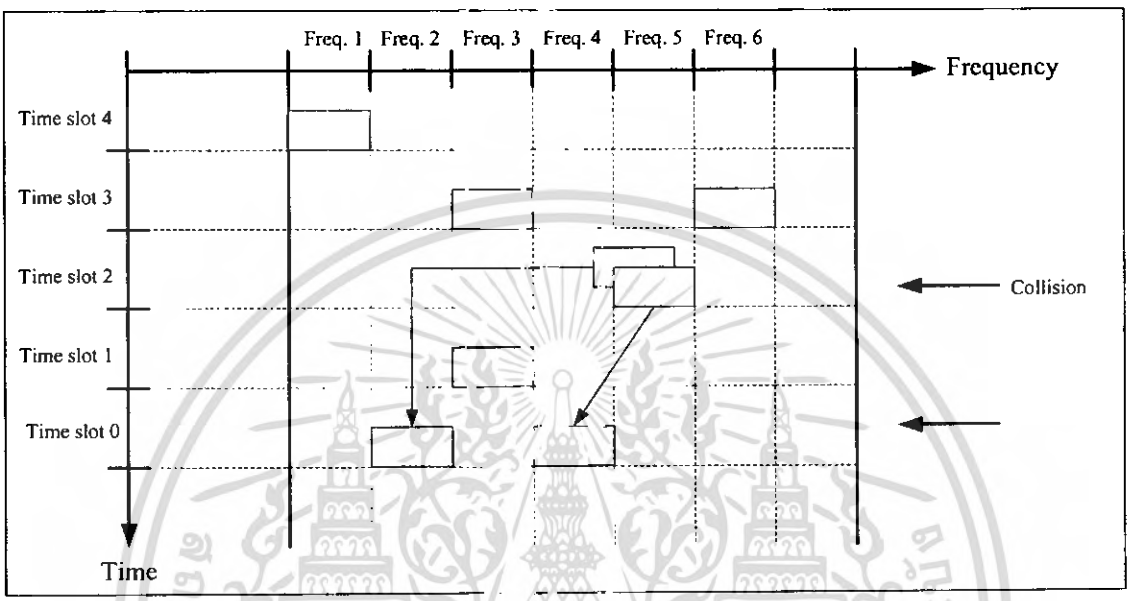
การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งความถี่ การเข้าถึงแบบนี้ใช้กับช่องสัญญาณประเภทคลื่นวิทยุหรือช่องสัญญาณดาวเทียม โดยแถบความถี่ของช่องสัญญาณจะถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ และจัดสรร (allocation) ให้กับแต่ละสถานี ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการแต่ข้อเสียของระบบเอฟดีเอมเอ คือ จากที่ทราบจากตอนต้นแล้วว่าในกรณีสถานีไม่มีข้อมูลจะส่ง แถบความพี่ที่สถานีได้รับจะสูญเปล่า และในการจัดสรรความถี่จะต้องมีแถบความถี่ป้องกันการรบกวนกันระหว่างช่องสัญญาณ (guard band) อีกด้วย ในกรณีเพิ่มสถานีขึ้นจะต้องมีการจัดสรรช่องความถี่ใหม่ ซึ่งเป็นการยุ่งยากรวมทั้งช่องสัญญาณที่ถูกแบ่งความถี่ออกจากกันภาครับจะต้องรับความถี่ใดความถี่หนึ่ง ดังนั้นช่องสัญญาณแบบเอฟดีเอมเอ จึงไม่เป็นช่องสัญญาณแบบกระจายสัญญาณ การเข้าถึงช่องสัญญาณแบบเอฟดีเอมเอ จึงไม่ได้ใช้สำหรับเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยตรง แต่จะใช้สำหรับการเชื่อมโยงสัญญาณของระบบโทรคมนาคม



รูปที่ 2.11 การแบ่งช่องสัญญาณของเอฟดีเอมเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 การเข้าถึงหลายทางแบบเอฟทีดีเอมเอ (Frequency & Time Division Multiple Access: FTDMA)



รูปที่ 2.12 การเข้าถึงหลายทางแบบเอฟทีดีเอมเอ

การเข้าถึงหลายทางแบบเอฟทีดีเอมเอได้รับการยอมรับจากผู้ใช้ทั่วโลก เช่น US Postal Service ในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน ๒๖,๐๐๐ แห่ง Global Village Telecom (GVT) ในประเทศโคลัมเบีย จำนวน ๔,๕๐๐ แห่ง Telkom SA ในประเทศแอฟริกาใต้ จำนวน ๓,๐๐๐ แห่ง Xinjiang PTA ในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จำนวน ๑,๐๕๐ แห่ง เป็นต้น

ดังนั้นการเข้าถึงหลายทางแบบเอฟทีดีเอมเอจึงมีการใช้งานอย่างแพร่หลายและได้พิสูจน์แล้วว่าการเข้าถึงหลายทางแบบเอฟทีดีเอมเอช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ช่องสัญญาณให้ประหยัดมากขึ้น การเข้าถึงหลายทางแบบเอฟทีดีเอ็มเอได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์และออกแบบการทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบสล็อทอะโลฮ้า เอฟทีดีเอมเอ และการพัฒนาบนโปรแกรมจำลองระบบ

3.1 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบสล็อทอะโลฮ้า

ในปริญญานิพนธ์นี้ได้เสนอกลไกการทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกัน โดยจะแบ่งการทำงานของโพรโตคอลเป็น 3 อย่างคือ

1. การทำงานของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านครั้งเดียว
2. การทำงานของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านจนครบทุกแถบป้าย
3. การทำงานของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

3.1.1 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านครั้งเดียว

ในขั้นตอนการทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบสล็อทอะโลฮ้าจะมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างเครื่องอ่านกับแถบป้าย เครื่องอ่านจะส่งสัญญาณออกไปเพื่อร้องขอข้อมูลจากแถบป้าย เมื่อแถบป้ายได้รับสัญญาณนี้จะส่งสัญญาณตอบกลับมา โดยการทำงานจะแบ่งเวลาที่ใช้ส่งสัญญาณออกเป็นช่วงเวลา

time slot / Tag	Request1	[1]	[2]	[3]
Uplink		Collision	Data5	Data4
Data1		Data1		
Data2		Data2		
Data3		Data3		
Data4				Data4
Data5			Data5	

รูปที่ 3.1 การทำงานของระบบโพรโดคอลป้องกันการชนกันของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 เมื่อเครื่องอ่านส่งสัญญาณร้องขอไปยังแถบป้าย แถบป้ายจะสุ่มช่วงเวลาที่จะตอบกลับมา สัญญาณที่ตอบกลับมายังเครื่องอ่านในช่วงเวลาหนึ่งถ้ามีแถบป้ายตอบกลับมาพร้อมกันจะเกิดการชนกันของข้อมูลซึ่งทำให้ไม่สามารถรับข้อมูลได้ แต่จะสามารถรับข้อมูลได้เมื่อในช่วงเวลานั้นมีเพียงแถบป้ายเดียวที่ตอบสัญญาณกลับมา

3.1.2 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายจนครบทุกแถบป้าย

ลักษณะการทำงานจะคล้ายคลึงกับการทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านครั้งเดียว ในการทำงานเครื่องอ่านจะส่งสัญญาณร้องขอไปเรื่อยๆ จนกว่าจะสามารถระบุแถบป้ายทั้งหมดได้

time slot / Tag	Request1	[1]	[2]	[3]	Request2	[1]	[2]	[3]	Request3	[1]	[2]	[3]
Uplink		Collision	Collision	10100		Collision	Collision	10010		Collision	10010	10001
Tag1		10001				10001						10001
Tag2			10010					10010			10010	
Tag3		10011					10011			10011		
Tag4				10100			10100					
Tag5			10101			10101				10101		

time slot / Tag	Request4	[1]	[2]	[3]	Request5	[1]	[2]	[3]	Request6	[1]	[2]	[3]
Uplink		Collision	Collision	10010		Collision	10011	Collision		10101	Collision	Collision
Tag1		10001				10001					10001	
Tag2				10010		10010						10001
Tag3			10011				10011	10011			10011	
Tag4		10100										10100
Tag5			10101					10101		10101		

หมายเหตุ ▭ หมายถึง แถบป้ายนั้นส่งข้อมูลได้สำเร็จ

▭ หมายถึง เกิดการชนกันของข้อมูลขึ้น

รูปที่ 3.2 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายจนครบทุกแถบป้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 สัญญาณร้องขอจะถูกส่งออกมาเรื่อยๆ ในบางครั้งสัญญาณร้องขอไปแล้วได้แถบป้ายตัวเดิมตอบกลับมาทำให้เกิดความซ้ำซ้อนกันขึ้น

3.1.3 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

ลักษณะการทำงานนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อป้องกันการเกิดการรับข้อมูลซ้ำซ้อนกัน โดยมีลักษณะให้แถบป้ายที่เคยส่งสัญญาณตอบกลับเรียบร้อยแล้วพักหรือหยุดการทำงานชั่วคราวเพื่อให้แถบป้ายตัวอื่นได้มีโอกาสในการส่งสัญญาณตอบกลับเพิ่มมากขึ้น

time slot / Tag	Request1	[1]	[2]	[3]	Request2	[1]	[2]	[3]	Request3	[1]	[2]	[3]
Uplink		Collision	Collision	10100		Collision	10011	10010		10101	Blank	10001
Tag1		10001				10001						10001
Tag2			10010					10010				
Tag3		10011					10011					
Tag4				10100								
Tag5			10101			10101				10101		

หมายเหตุ หมายถึง แถบป้ายนั้นส่งข้อมูลได้สำเร็จ

หมายถึง เกิดการชนกันของข้อมูลขึ้น

หมายถึง ให้แถบป้ายนั้นหยุดส่งข้อมูล

รูปที่ 3.3 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

จากรูปที่ 3.3 เมื่อเครื่องอ่านส่งสัญญาณร้องขอออกไปแถบป้ายจะสุ่มช่วงเวลาตอบกลับแถบป้ายที่ส่งสัญญาณตอบกลับไปที่เครื่องอ่านเรียบร้อยแล้วจะหยุดทำงานชั่วคราว

3.2 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบเอฟทีดีเอมเอ

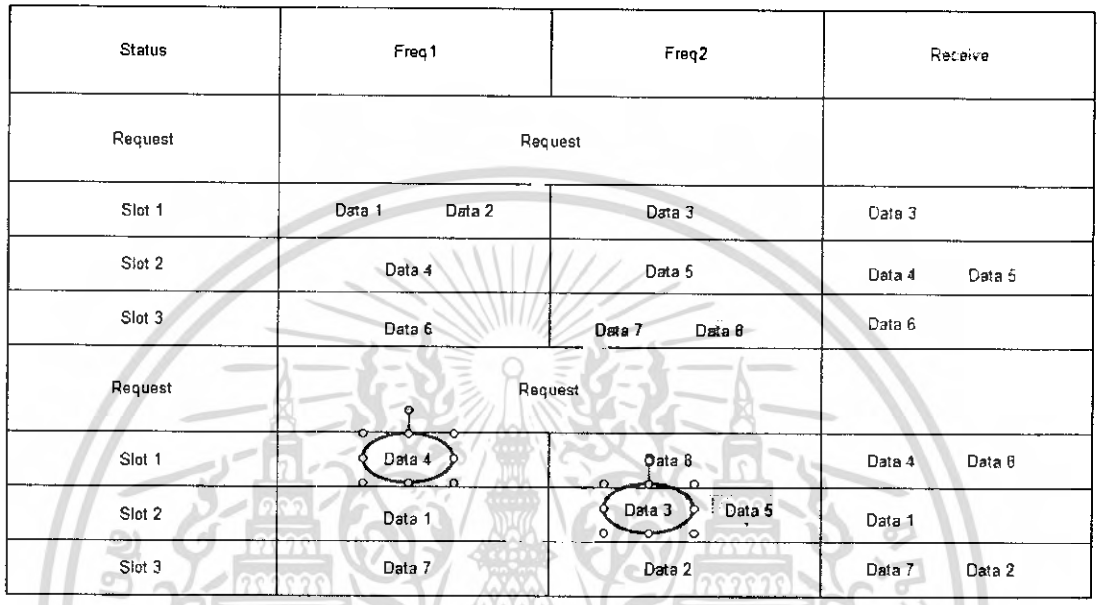
ในปริญญานิพนธ์นี้ได้เสนอกลไกการทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกัน โดยจะแบ่งการทำงานของโพรโตคอลเป็น 2 อย่างคือ

1. การทำงานของเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านจนครบทุกแถบป้าย
2. การทำงานของเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การทำงานของเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านจนครบทุกแถบป้าย

ลักษณะการทำงานจะคล้ายคลึงกับการทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบการอ่านครั้งเดียว ในการทำงานเครื่องอ่านจะส่งสัญญาณร้องขอไปเรื่อยๆจนกว่าแถบป้ายทั้งหมดจะส่งสัญญาณตอบกลับมา



หมายเหตุ หมายถึง แถบป้ายที่ส่งข้อมูลในความถี่ที่ 1

หมายถึง แถบป้ายที่ส่งข้อมูลในความถี่ที่ 2

หมายถึง แถบป้ายที่ส่งข้อมูลไปยังเครื่องอ่านสำเร็จ

หมายถึง แถบป้ายที่เกิดการชนกัน

รูปที่ 3.4 การทำงานของระบบโพรโตคอลป้องกันการชนกันของเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านจนครบทุกแถบป้าย

จากรูปที่ 3.4 สัญญาณร้องขอจะถูกส่งออกมาเรื่อยๆ ในบางครั้งสัญญาณร้องขอไปแล้วได้แถบป้ายตัวเดิมตอบกลับมาทำให้เกิดความซ้ำซ้อนกันขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การทำงานของเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

ลักษณะการทำงานนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อป้องกันการเกิดการรับข้อมูลซ้ำซ้อนกัน โดยมีลักษณะให้แถบป้ายที่เคยส่งสัญญาณตอบกลับเรียบร้อยแล้วพักหรือหยุดการทำงานชั่วคราวเพื่อให้แถบป้ายตัวอื่นได้มีโอกาสในการส่งสัญญาณตอบกลับเพิ่มมากขึ้น

Status	Freq1	Freq2	Receive	Mute tags
Request	Request			
Slot 1	Data 1 Data 2	Data 3	Data 3	Data 3
Slot 2	Data 4	Data 5	Data 4 Data 5	Data 4 Data 5
Slot 3	Data 6	Data 7 Data 8	Data 6	Data 6
Request	Request			
Slot 1	Data 1	Data 2	Data 1 Data 2	Data 1 Data 2
Slot 2		Data 8	Data 8	Data 8
Slot 3	Data 7		Data 7	Data 7

หมายเหตุ หมายถึง แถบป้ายที่ส่งข้อมูลในความถี่ที่ 1

หมายถึง แถบป้ายที่ส่งข้อมูลในความถี่ที่ 2

หมายถึง แถบป้ายที่ส่งข้อมูลไปยังเครื่องอ่านสำเร็จ

หมายถึง แถบป้ายที่เกิดการชนกัน

หมายถึง แถบป้ายที่หยุดทำงานชั่วคราว

รูปที่ 3.5 การทำงานของเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

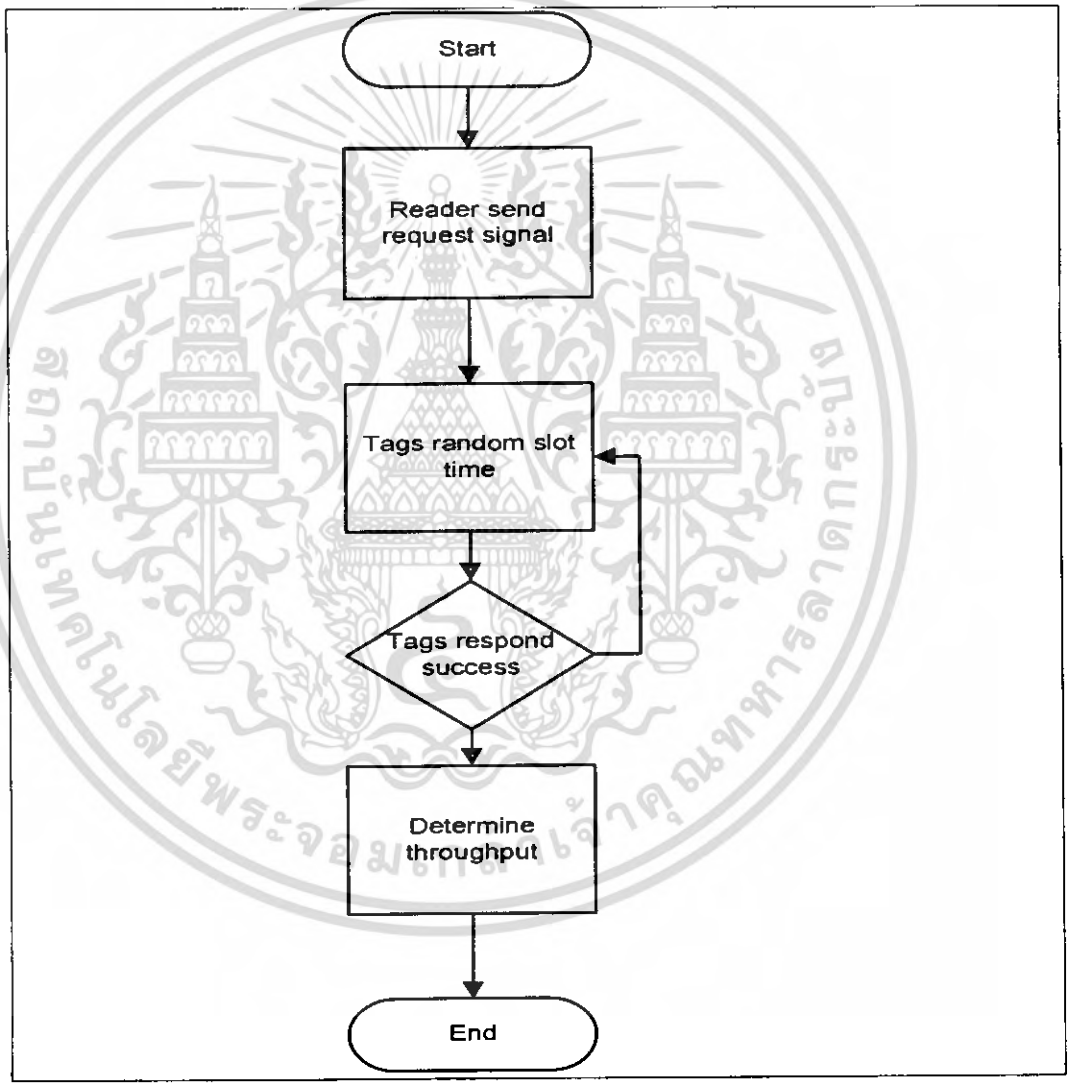
จากรูปที่ 3.5 เมื่อเครื่องอ่านส่งสัญญาณร้องขอออกไปแถบป้ายจะสุ่มช่วงเวลาตอบกลับแถบป้ายที่ส่งสัญญาณตอบกลับไปที่เครื่องอ่านเรียบร้อยแล้วจะหยุดทำงานชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างโพรโตคอลบนโปรแกรมจำลอง

3.3.1 การสร้างโพรโตคอลแบบสล็อทอะโลฮ้าบนโปรแกรมจำลอง

ตามที่ได้อธิบายทฤษฎีของโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบสล็อทอะโลฮ้าในบทที่ 2 ปริญญานิพนธ์นี้ได้เขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบสล็อทอะโลห้า ใน รูปที่ 3.6 เป็นแผนภาพแสดงการทำงานเบื้องต้นของโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบสล็อทอะโลฮ้า

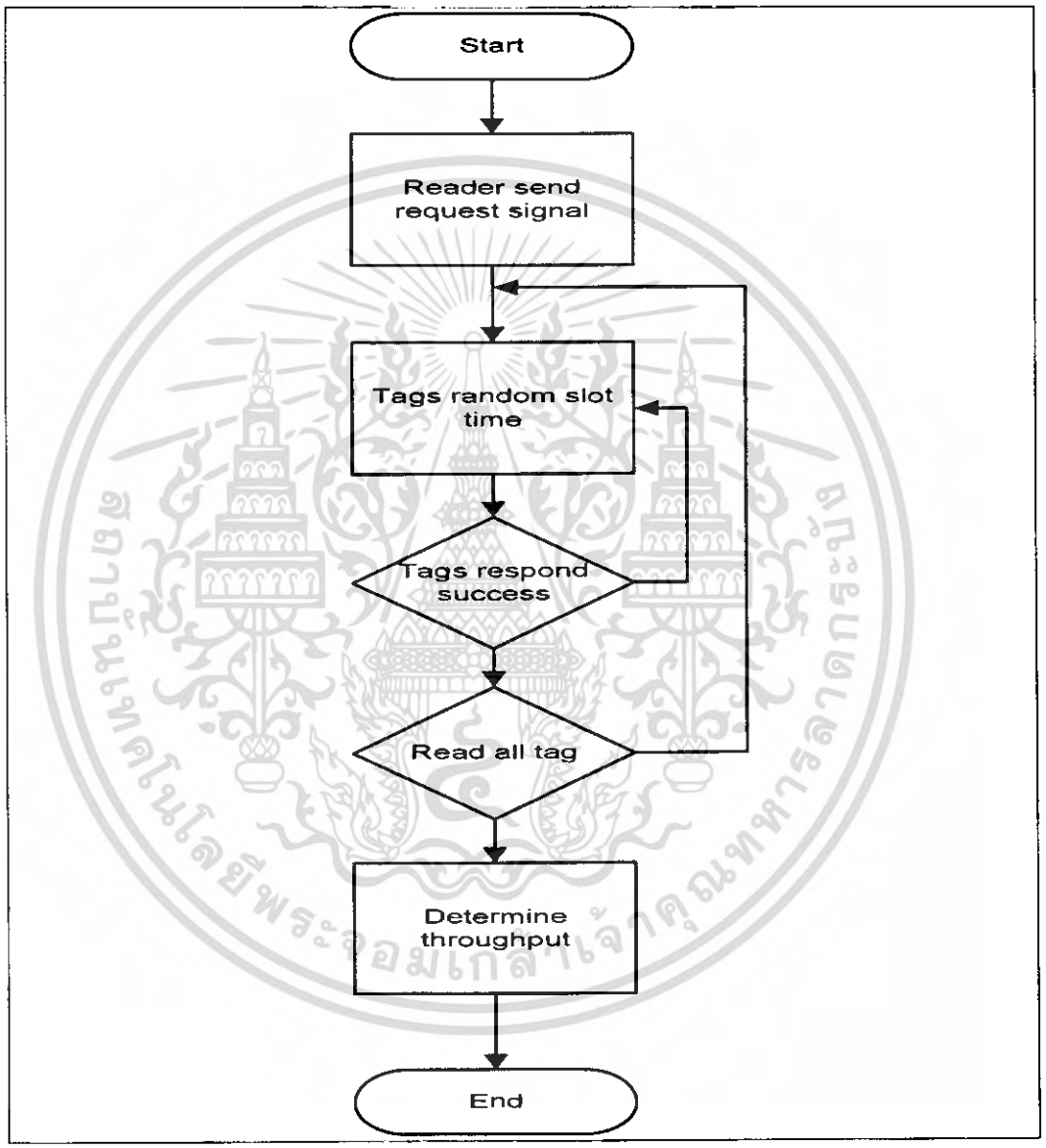


รูปที่ 3.6 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองตามทฤษฎี

จากรูปที่ 3.6 จะแสดงการทำงานของโปรแกรมจำลอง เมื่อเริ่มต้นการทำงานเครื่องอ่านจะส่งสัญญาณร้องขอไปยังทุกแถบป้าย แถบป้ายที่ได้รับสัญญาณร้องขอแล้วจะสุ่มช่วงระยะเวลาตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับขึ้นมา เมื่อถึงเวลาแถบป้ายจะส่งสัญญาณกลับไปยังเครื่องอ่านเพื่อให้เครื่องอ่านรับข้อมูลจากแถบป้าย เครื่องอ่านจะตรวจสอบการมาถึงของแถบป้ายว่าแถบป้ายเกิดการชนกันหรือไม่ ถ้าแถบป้ายไม่เกิดการชนกันเครื่องอ่านจะรับสัญญาณแถบป้ายนั้นไว้ เมื่อครบรอบการอ่านเครื่องอ่านจะทำการคำนวณค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ได้จากการอ่านแถบป้ายในรอบนั้น ในการวิจัยนี้วัดผลที่การระบุแถบป้ายเท่านั้นไม่ได้วัดความถูกต้องในการส่งข้อมูลระหว่างแถบป้ายกับเครื่องอ่าน

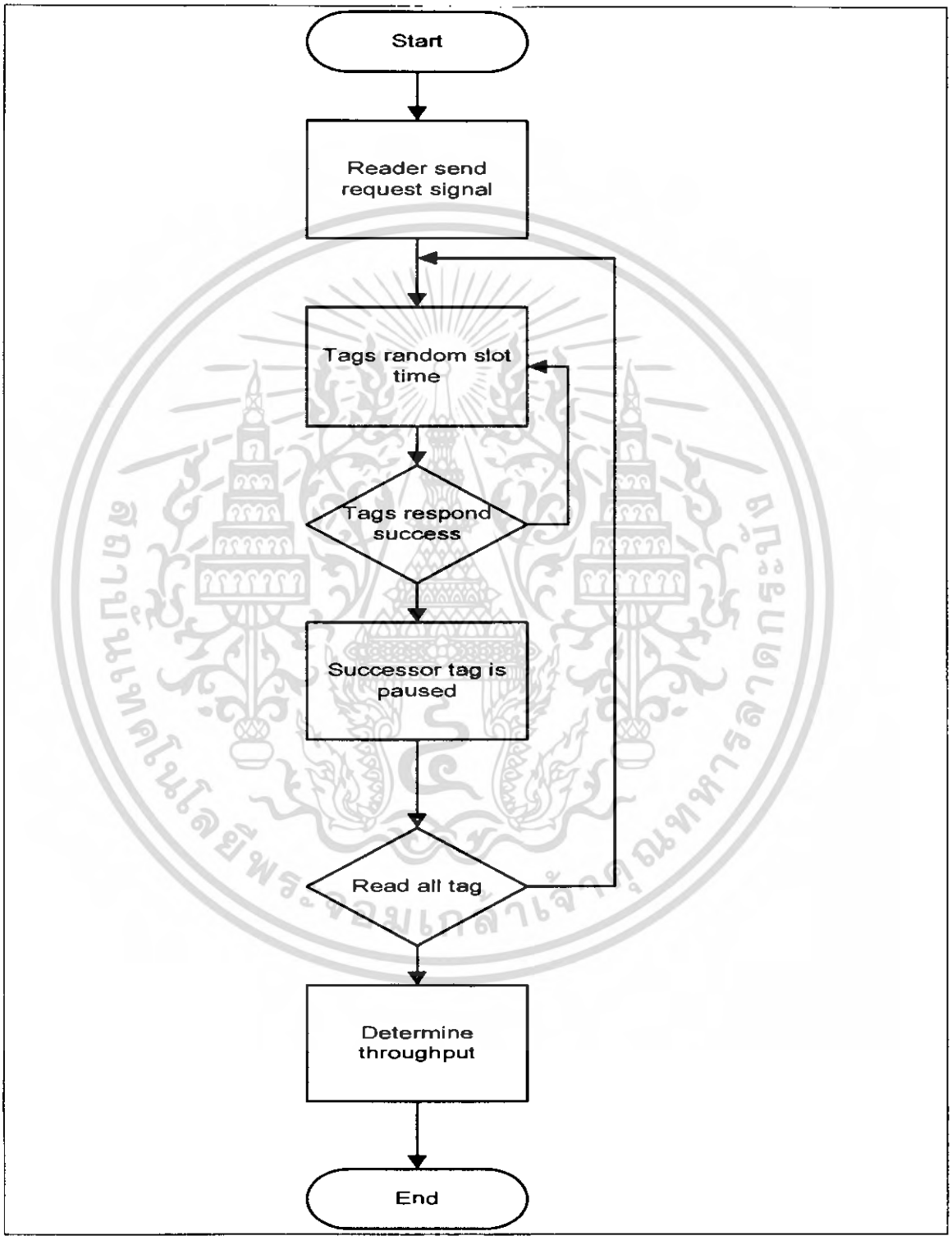


รูปที่ 3.7 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองที่อ่านแถบป้ายทั้งหมด

การทำงานในโปรแกรมที่ 2 เครื่องอ่านจะทราบจำนวนแถบป้ายที่มีทั้งหมดในระบบโดยทำงานคล้ายกับโปรแกรมในรูปที่ 3.6 เมื่อแถบป้ายส่งสัญญาณตอบกลับมายังเครื่องอ่านแล้ว เครื่องอ่านจะทำการตรวจสอบอีกว่าแถบป้ายได้ส่งสัญญาณตอบกลับมาทั้งหมดที่มีในระบบหรือไม่ ถ้ายัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีแถบป้ายที่ไม่ได้ถูกระบุอยู่ภายในระบบ เครื่องอ่านจะทำการส่งสัญญาณซ้ำออกไปเพื่อร้องขอให้แถบป้ายส่งสัญญาณกลับมาจนกว่าแถบป้ายที่มีในระบบทั้งหมดจะถูกระบุแล้วจึงทำการหาค่าอัตราสัมฤทธิ์ที่ได้จากการอ่านแถบป้ายทั้งหมด ซึ่งแผนภาพการทำงานนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.7



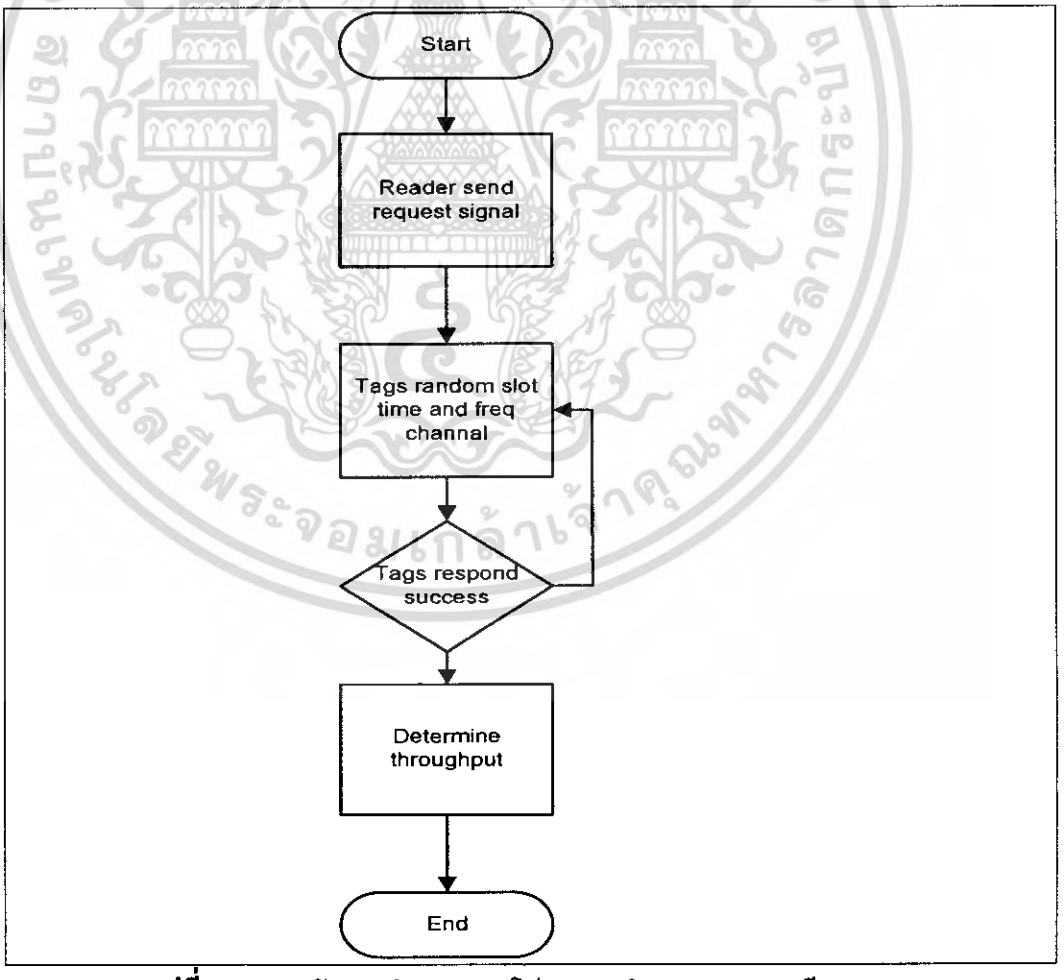
รูปที่ 3.8 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองที่แถบป้ายพักเมื่อตอบกลับสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานในโปรแกรมที่ 3 นี้จะคล้ายคลึงกับโปรแกรมที่ 1 และ โปรแกรมที่ 2 โดยใช้หลักการส่งสัญญาณเหมือนกันแต่เมื่อแถบป้ายส่งสัญญาณตอบกลับมาแล้วไม่เกิดการชนกัน เครื่องอ่านจะรับข้อมูลแถบป้ายนั้นไว้แล้วส่งสัญญาณออกไปบอกแถบป้ายนั้นให้หยุดการทำงานลงชั่วคราว ทำให้เหลือเพียงแถบป้ายที่ยังไม่ได้ถูกระบุเท่านั้นไว้ในระบบ เมื่อเครื่องอ่านทำการระบุแถบป้ายที่มีทั้งหมดในระบบเรียบร้อยแล้วจะส่งสัญญาณกระตุ้นออกไปให้ทุกแถบป้ายอยู่ในสภาพพร้อมทำงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงทำการคำนวณหาค่าอัตราสัมฤทธิ์ผล ซึ่งแผนภาพการทำงานนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.8

3.3.2 การสร้างโพรโตคอลแบบเอฟทีดีเอมเอบนโปรแกรมจำลอง

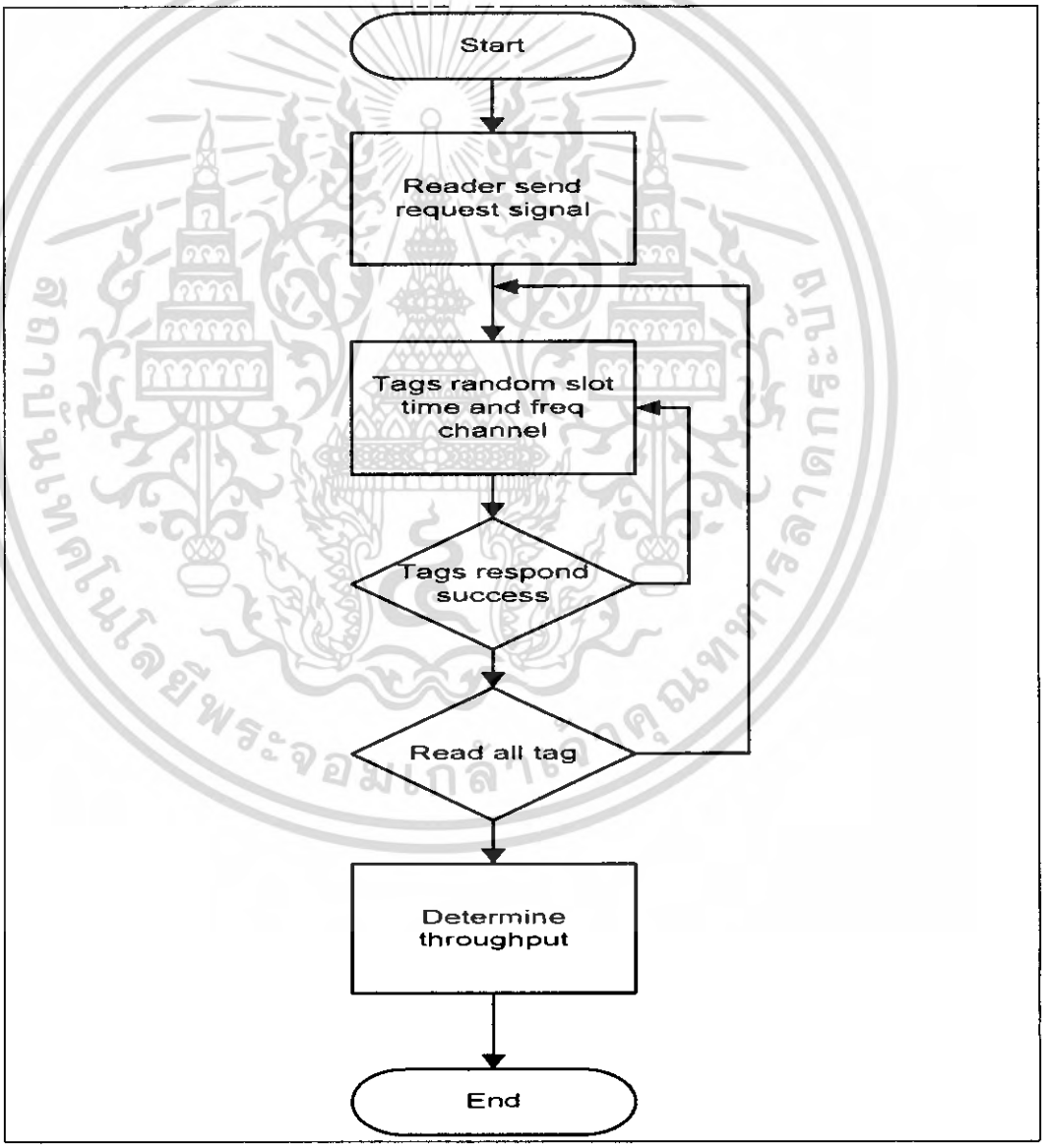
ดามที่ได้อธิบายทฤษฎีของโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบเอฟทีดีเอมเอในบทที่ 2 ปริญญานิพนธ์นี้ได้เขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบเอฟทีดีเอมเอ ในรูปที่ 3.9 เป็นแผนภาพแสดงการทำงานเบื้องต้นของโพรโตคอลป้องกันการชนกันแบบเอฟทีดีเอมเอ



รูปที่ 3.9 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองตามทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

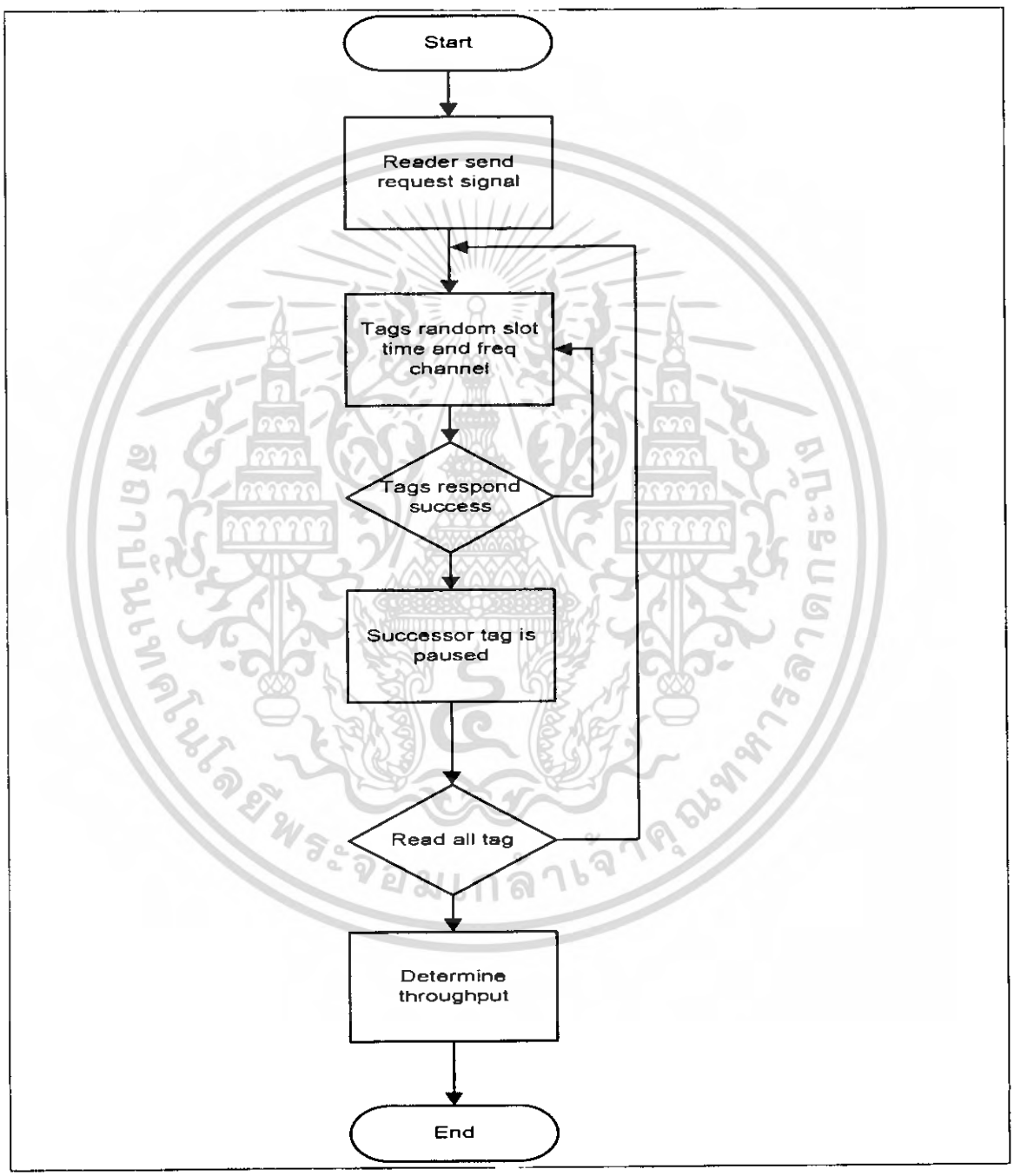
จากรูปที่ 3.9 จะแสดงการทำงานของโปรแกรมจำลอง เมื่อเริ่มต้นการทำงานเครื่องอ่านจะส่งสัญญาณร้องขอไปยังทุกแถบป้าย แถบป้ายที่ได้รับสัญญาณร้องขอแล้วจะสุ่มช่วงระยะเวลาและช่วงความถี่ช่องสัญญาณตอบกลับขึ้นมา เมื่อถึงเวลาแถบป้ายจะส่งสัญญาณกลับไปยังเครื่องอ่านเพื่อให้เครื่องอ่านรับข้อมูลจากแถบป้าย เครื่องอ่านจะตรวจสอบการมาถึงของแถบป้ายว่าส่งมาในช่วงความถี่ช่องสัญญาณใดและแถบป้ายเกิดการชนกันในช่องความถี่นั้นหรือไม่ ถ้าแถบป้ายไม่เกิดการชนกันเครื่องอ่านจะรับสัญญาณแถบป้ายนั้นไว้ เมื่อครบรอบการอ่านเครื่องอ่านจะทำการคำนวณค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ได้จากการอ่านแถบป้ายในรอบนั้น ในการวิจัยนี้วัดผลที่การระบุแถบป้ายเท่านั้นไม่ได้วัดความถูกต้องในการส่งข้อมูลระหว่างแถบป้ายกับเครื่องอ่าน



รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองที่อ่านแถบป้ายทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในโปรแกรมที่ 2 เครื่องอ่านจะทราบจำนวนแถบป้ายที่มีทั้งหมดในระบบโดยทำงานคล้ายกับโปรแกรมในรูปที่ 3.9 เมื่อแถบป้ายส่งสัญญาณตอบกลับมายังเครื่องอ่านแล้ว เครื่องอ่านจะทำการตรวจสอบอีกว่าแถบป้ายได้ส่งสัญญาณตอบกลับมาทั้งหมดที่มีในระบบหรือไม่ ถ้ายังมีแถบป้ายที่ไม่ได้ถูกระบุอยู่ภายในระบบ เครื่องอ่านจะทำการส่งสัญญาณซ้ำออกไปเพื่อร้องขอให้แถบป้ายส่งสัญญาณ ซึ่งแผนภาพการทำงานนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.11 แผนผังการทำงานของโปรแกรมจำลองที่แถบป้ายพักเมื่อตอบกลับสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานในโปรแกรมที่ 3 นี้จะคล้ายคลึงกับโปรแกรมที่ 1 และ โปรแกรมที่ 2 โดยใช้หลักการส่งสัญญาณเหมือนกันแต่เมื่อแถบป้ายส่งสัญญาณตอบกลับมาแล้วไม่เกิดการชนกัน เครื่องอ่านจะรับข้อมูลแถบป้ายนั้นไว้แล้วส่งสัญญาณออกไปบอกแถบป้ายนั้นให้หยุดการทำงานลงชั่วคราว ทำให้เหลือเพียงแถบป้ายที่ยังไม่ได้ถูกระบุเท่านั้นไว้ในระบบ เมื่อเครื่องอ่านทำการระบุแถบป้ายที่มีทั้งหมดในระบบเรียบร้อยแล้วจะส่งสัญญาณกระตุ้นออกไปให้ทุกแถบป้ายอยู่ในสภาพพร้อมทำงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงทำการคำนวณหาค่าอัตราสัมฤทธิ์ผล ซึ่งแผนภาพการทำงานได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

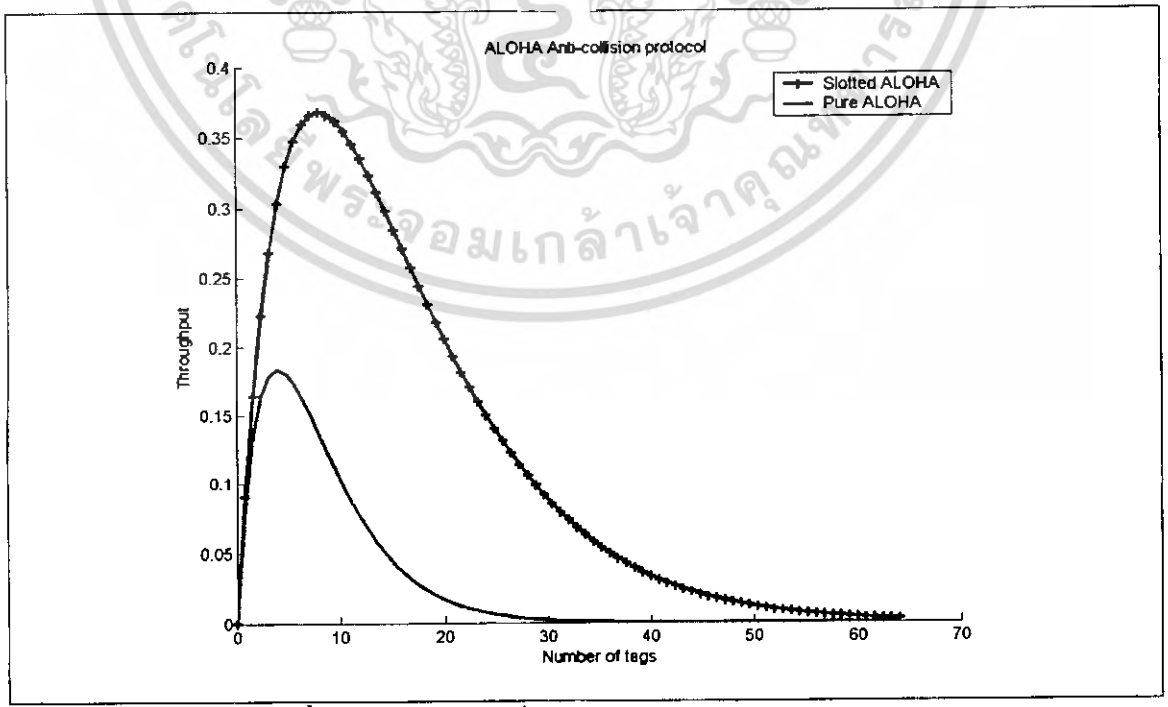
การทดลองและผลการทดลอง

เนื่องจากการวิจัยนี้ได้พัฒนามาจากอัลกอริทึมแบบสล็อทอะโลฮ้าและอัลกอริทึมแบบเอฟทีดีเอมเอสำหรับการติดต่อสื่อสารจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องมีการจำลองการทำงานของวิธีในการวิจัยนี้ลงบนโปรแกรม ในบทนี้จะกล่าวถึงค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำการทดลองรวมถึงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอ และผลการทดลองที่ได้จากการจำลองโพรโตคอลป้องกันการชนกันนำไปเปรียบเทียบกับทฤษฎีการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลาแบบสล็อทอะโลฮ้า

4.1 การทดลองหาประสิทธิภาพของสล็อทอะโลฮ้า

ระบบการสื่อสารอะโลฮ้าแบ่งตามวิธีการใช้สัญญาณนาฬิกาออกเป็น 2 แบบ คืออะโลฮ้าและแบบสล็อทอะโลฮ้า ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 และบทที่ 3

จากรูปที่ 4.1 คือภาพการจำลองของการสื่อสารการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลาแบบอะโลฮ้าและสล็อทอะโลฮ้า จากภาพจำลองที่ได้จะเห็นได้ว่าสล็อทอะโลฮ้ามีประสิทธิภาพดีกว่าแบบอะโลฮ้าประมาณ 2 เท่า



รูปที่ 4.1 อัตราสัมฤทธิ์ผลของอะโลฮ้าและสล็อทอะโลฮ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

- Number of tags คือจำนวนของหนังสือหรือสิ่งที่ต้องการระบุตัวตน ตั้งไว้ให้มีค่าสูงสุดเป็น 60
- ไทม์สล็อท คือ จำนวนช่วงเวลาการสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสารในการวิจัยนี้ใช้ช่วงเวลาการสื่อสารโดยได้กำหนดเป็น 2, 4, 8, 16 และ 32
- Cycle คือจำนวนรอบการร้องขอให้แถบป้ายส่งสัญญาณ

4.1.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพ

- อัตราสัมฤทธิ์ผล คือ ประสิทธิภาพของระบบการสื่อสาร เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนแถบป้ายที่อ่านได้ต่อจำนวนช่วงเวลาการสื่อสารต่อจำนวนรอบการร้องขอ

4.1.3 ขั้นตอนในการทดลอง

การทดลองที่ 1 จะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสล็อทอะโลฮ้าในรูปแบบต่าง ๆ คือ

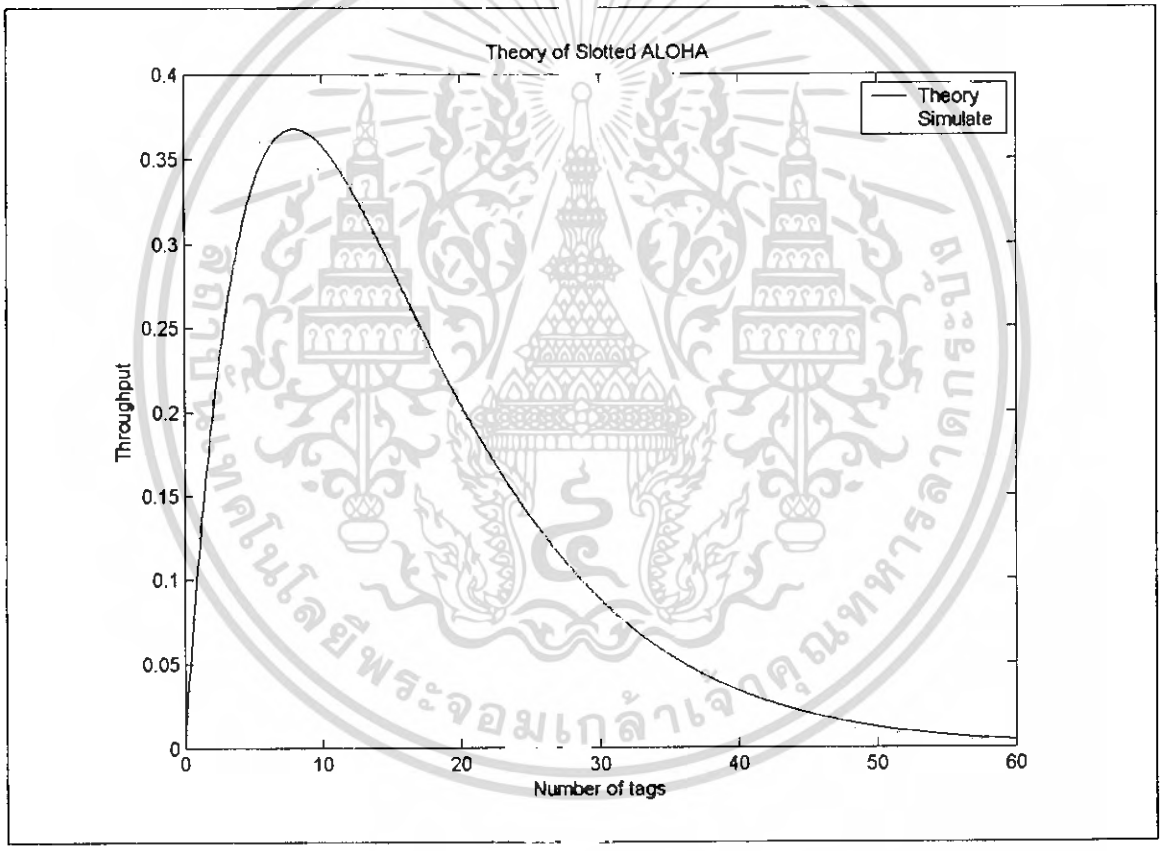
- การทดสอบประสิทธิภาพของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านครั้งเดียว
- การทดสอบประสิทธิภาพของสล็อทอะโลฮ้าแบบไม่มีแถบป้ายที่หยุดชั่วคราว
- การทดสอบประสิทธิภาพของสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

การทดลองที่ 2 จะเป็นการทดลองหาค่าไทม์สล็อท ที่เหมาะสมสำหรับวิธีการสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว โดยผลการทดลองได้มาจากการเปรียบเทียบค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลในจำนวนแถบป้าย 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยเปลี่ยนแปลงค่าไทม์สล็อทเป็น 2, 4, 8, 16 และ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

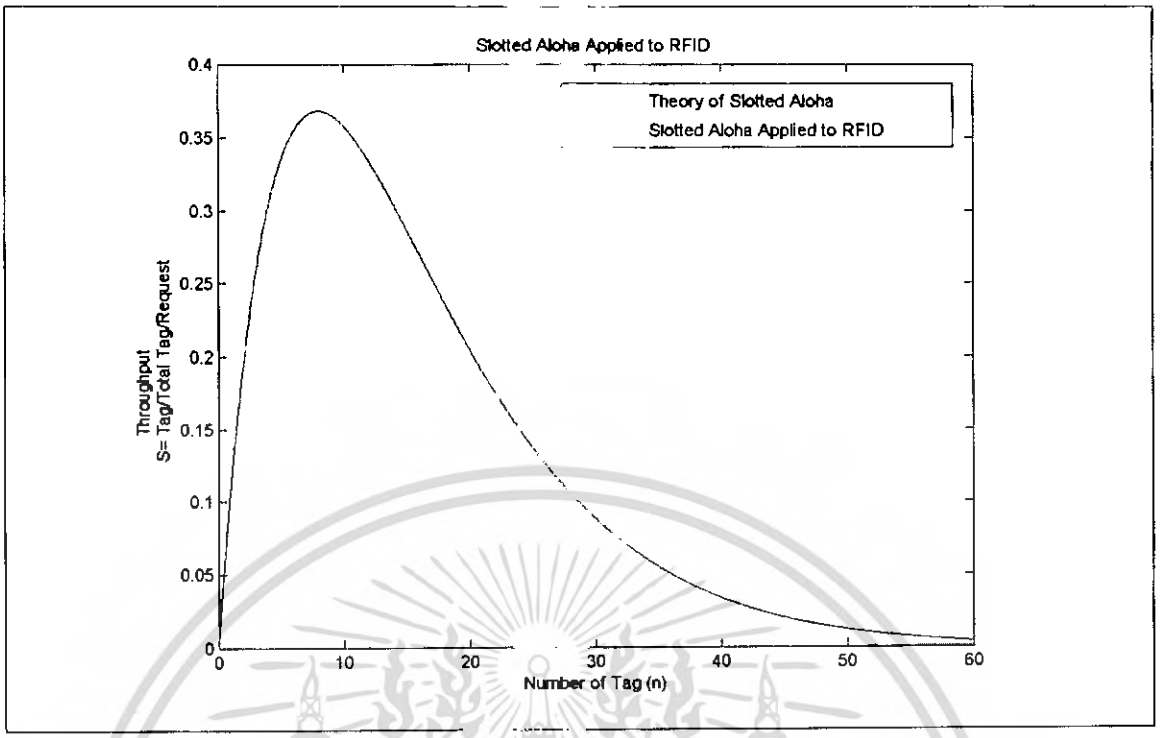
4.2 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของสล็อทอะโลฮ้า

ผลการทดลองในรูปที่ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างกราฟอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ได้จากทฤษฎีของสล็อทอะโลฮ้ากับกราฟอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ได้จากการจำลอง จากผลการทดลองเมื่อใช้ไทม์สล็อทที่ 8 กับจำนวนแถบป้ายเท่ากับ 8 จะได้ค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่ G เท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลสูงสุด ดังนั้นจึงเป็นการพิสูจน์ว่าโปรแกรมการจำลองการทำงานนี้ถูกต้องเป็นไปตามทฤษฎีของสล็อทอะโลฮ้า จากผลการทดลองกราฟทั้งสองเส้นที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั้งเส้นและมีค่าสูงสุดที่จำนวนสล็อทเท่ากับจำนวนแถบป้ายคือ 0.36 จากวิธีการดังกล่าวจะได้ค่าอัตราสัมฤทธิ์ที่เกิดจากการอ่านแถบป้ายในแต่ละครั้ง



รูปที่ 4.2 อัตราสัมฤทธิ์ผลของการจำลองการทำงานของสล็อทอะโลฮ้าที่ได้จากทฤษฎีกับสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

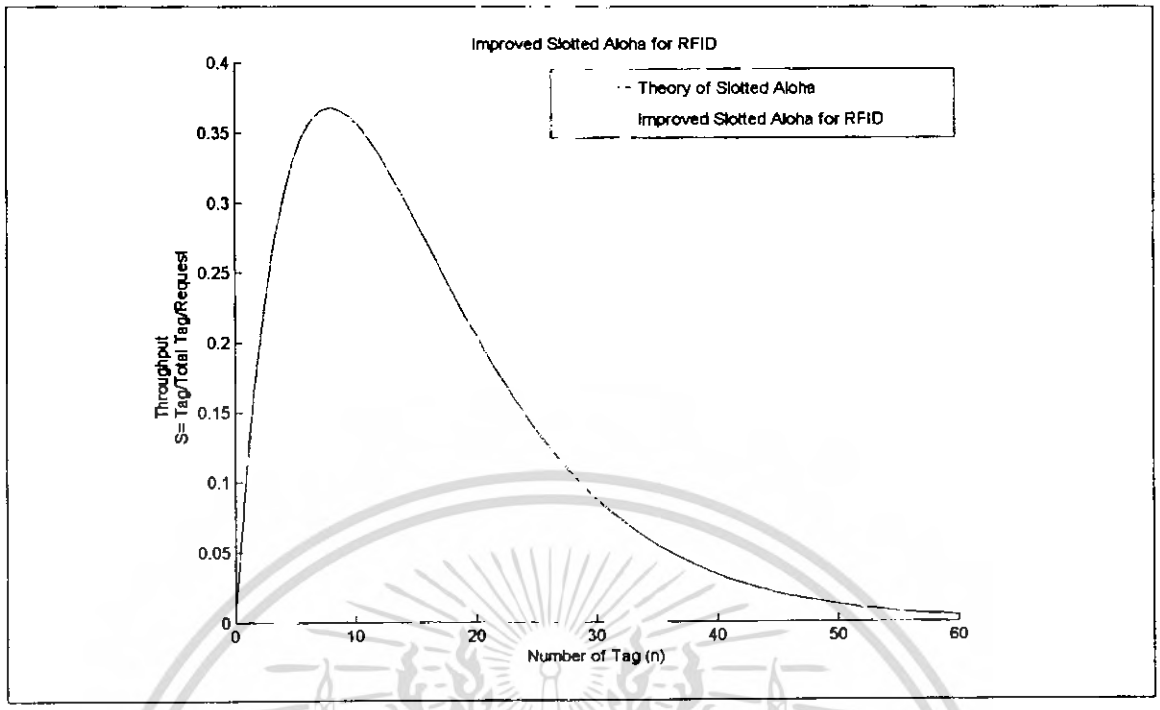


รูปที่ 4.3 อัตราสัมฤทธิ์ผลของสล็อทอะโลฮ้าในทฤษฎีกับของสล็อทอะโลฮ้าแบบไม่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

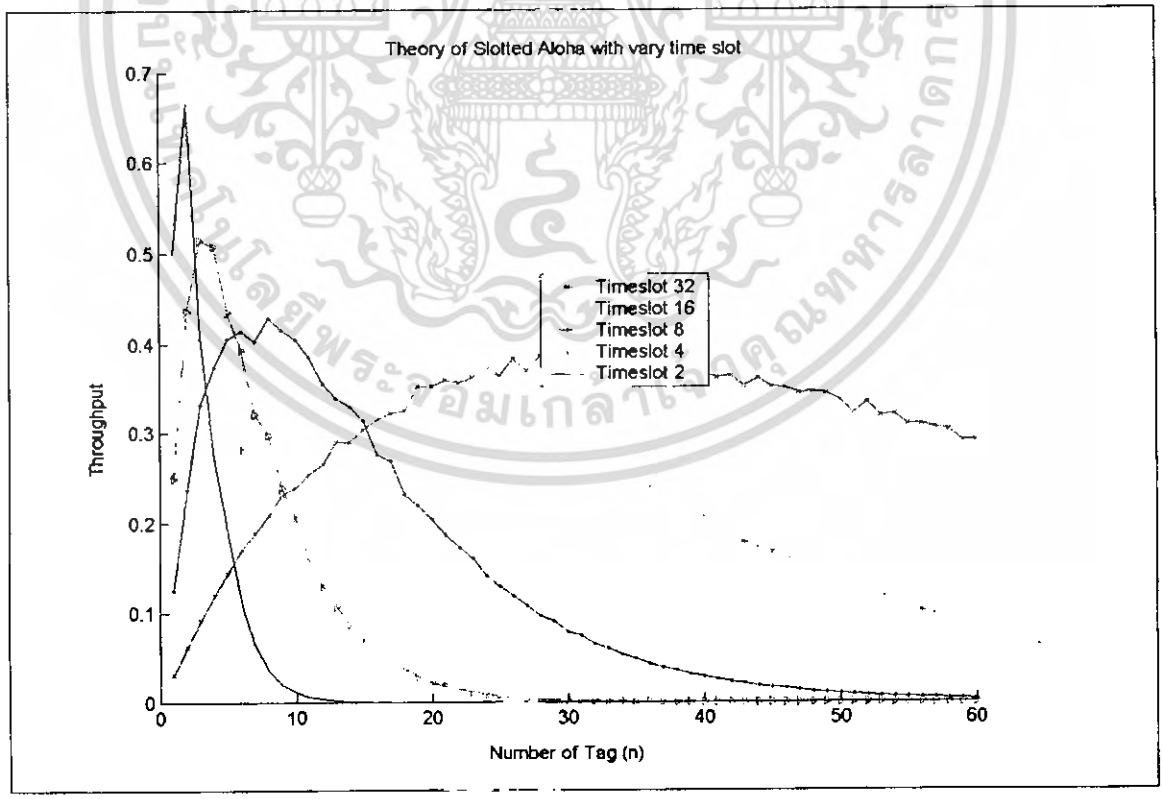
ผลการทดลองรูปที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิ์ผลในทฤษฎีกับอัตราสัมฤทธิ์ผลของสล็อทอะโลฮ้าแบบไม่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว พบว่าจากการทำการทดลองให้เครื่องอ่านอ่านแถบป้ายทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบทุกตัว าอัตราสัมฤทธิ์ผลจะลดต่ำลงมาก เนื่องจากเกิดการอ่านแถบป้ายซ้ำซ้อนกัน แถบป้ายที่เคยถูกอ่านแล้วเกิดการอ่านซ้ำกันขึ้น ทำให้จำนวนแถบป้ายที่ถูกอ่านมีมากกว่าจำนวนที่แถบป้ายมีอยู่จริง

ผลการทดลองในรูปที่ 4.4 เป็นการเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิ์ผลระหว่างอัลกอริทึมสล็อทอะโลฮ้ากับอัลกอริทึมสล็อทอะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว จากผลการทดลองเมื่อทำให้แถบป้ายที่เคยถูกอ่านแล้วพักหยุดการส่งสัญญาณชั่วคราวจะทำให้เหลือเพียงแถบป้ายที่ยังไม่ถูกอ่านอยู่ภายในพื้นที่การอ่าน การให้เครื่องอ่านอ่านแถบป้ายทั้งหมด พบว่าอัตราสัมฤทธิ์ผลสูงสุดมีใกล้เคียงกับทฤษฎี แต่จำนวนแถบป้ายในระบบที่มากขึ้นจะมีแนวโน้มอัตราสัมฤทธิ์ผลเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในการเรียกร้องสัญญาณแต่ละครั้งจะได้แถบป้ายตอบรับที่ยังไม่เคยถูกอ่าน ทำให้จำนวนแถบป้ายที่ถูกอ่านเท่ากับจำนวนแถบป้ายที่มีอยู่ในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



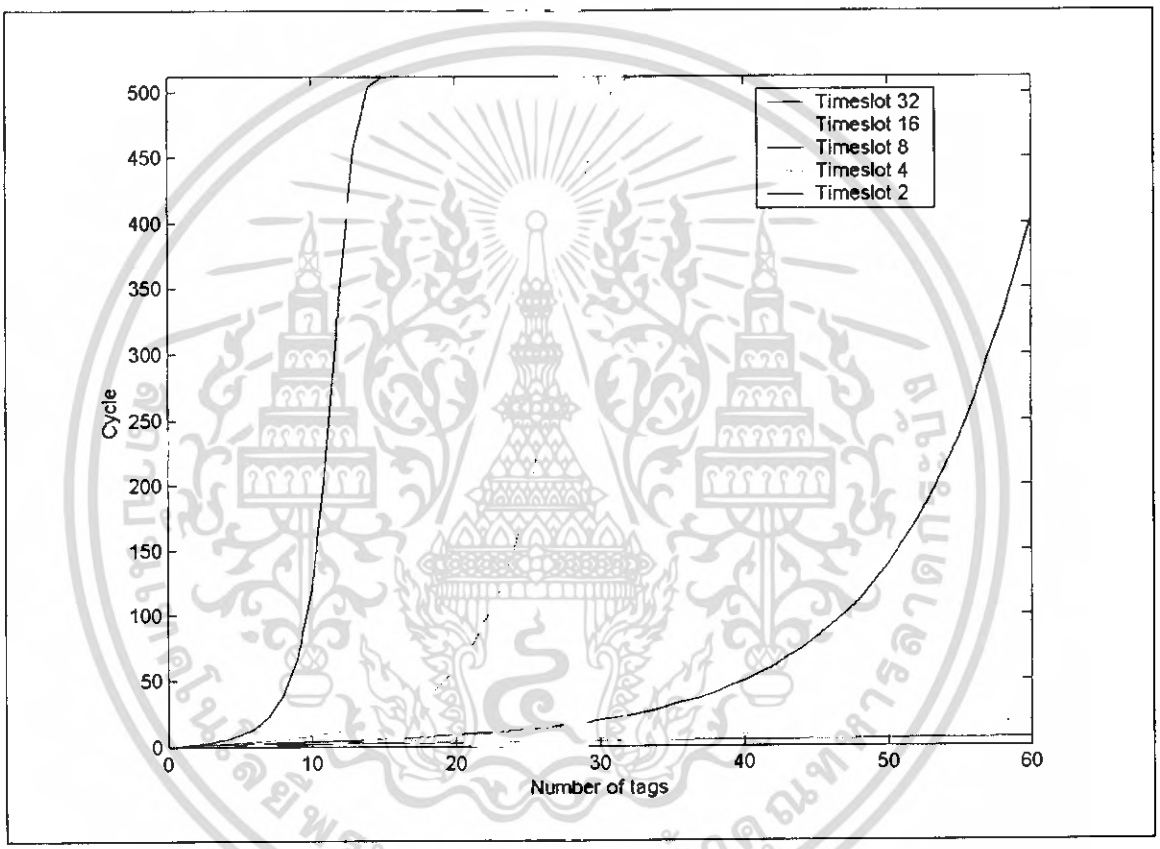
รูปที่ 4.4 อัตราสัมฤทธิ์ผลอัลกอริทึมสล็อทอะโลฮ้ากับอัล กอริทึม สล็อท อะโลฮ้าแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว



รูปที่ 4.5 อัตราสัมฤทธิ์ผลของแต่ละจำนวนช่วงเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองรูปที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลเฉลี่ยในระบบการสื่อสารการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายทางแบบแบ่งเวลาแบบสล็อทอะโลฮ้าที่เปลี่ยนแปลงค่าไทม์สล็อทออกเป็น 2, 4, 8, 16 และ 32 เทียบกับจำนวนแถบป้าย จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลมีความสัมพันธ์กับจำนวนของแถบป้ายและไทม์สล็อท ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลจะมีค่าสูงสุดเมื่อขนาดช่วงเวลาใกล้เคียงกับจำนวนแถบป้าย แต่ในการใช้งานจริง การขยายไทม์สล็อทให้เท่ากับจำนวนแถบป้ายที่มากจะเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากร และในจำนวนแถบป้ายที่มากถ้าไทม์สล็อทมีขนาดเล็กจะทำให้ได้อัตราสัมฤทธิ์ผลที่ไม่ดี



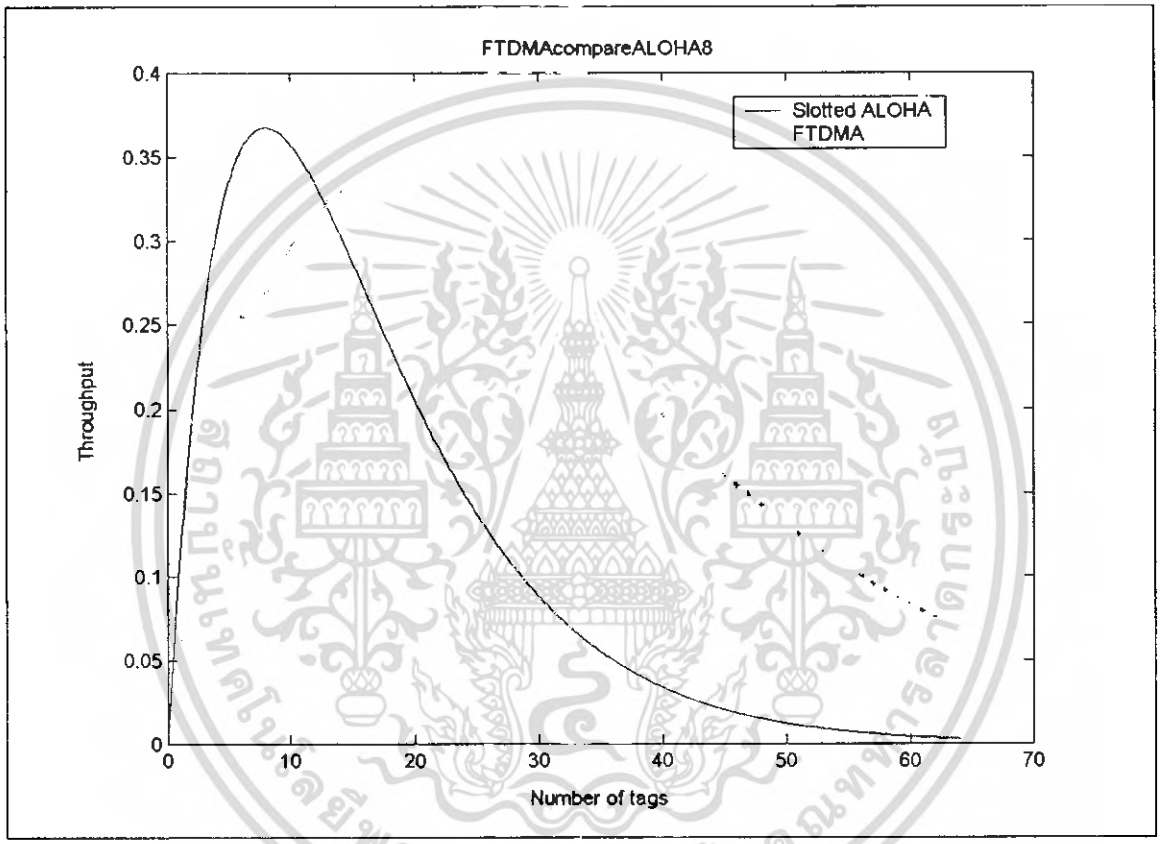
รูปที่ 4.6 จำนวนรอบการร้องขอในแต่ละจำนวนช่วงเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร

ผลการทดลองรูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบจำนวนรอบร้องขอที่ใช้ไปในการอ่านแถบป้ายทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบที่เปลี่ยนแปลงค่าไทม์สล็อทออกเป็น 2, 4, 8, 16 และ 32 เทียบกับจำนวนแถบป้าย จากผลการทดลองต่อเนื่องมาจากผลการทดลองรูปที่ 4.5 จำนวนร้องขอที่มากขึ้นเรื่อยๆ เกิดจากการที่มีจำนวนแถบป้ายมากเกินไปภายในระบบ เครื่องอ่านจึงไม่สามารถอ่านแถบป้ายทั้งหมดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองหาประสิทธิภาพของเอฟทีดีเอมเอ

จากรูปที่ 4.7 คือกราฟการเปรียบเทียบการจำลองการสื่อสารแบบสล็อทอะโลฮ้ากับเอฟทีดีเอมเอโดยกำหนดให้ไทม์สล้อทเท่ากัน คือ 8 และช่องความถี่ของเอฟทีดีเอมเอเท่ากับ 2 จะเห็นได้ว่าการสื่อสารแบบเอฟทีดีเอมเอ มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่า กล่าวคือจะยังคงให้ค่าอัตราสัมฤทธิ์สูงในจำนวนแถบป้ายต่าง ๆ ได้



รูปที่ 4.7 อัตราสัมฤทธิ์ผลของเอฟทีดีเอมเอและสล็อทอะโลฮ้าที่ไทม์สล็อทเท่ากับ 8

4.3.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

- Number of tags คือจำนวนของหนังสือหรือสิ่งที่ต้องการระบุตัวตน ตั้งไว้ให้ค่าสูงสุดเป็น 64
- ไทม์สล็อท คือจำนวนช่วงเวลาการสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสาร ในการวิจัยนี้ใช้ช่วงเวลาการสื่อสารเป็น 2, 4, 8, 16 และ 32
- Cycle คือจำนวนรอบที่ร้องขอให้แถบป้ายส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพ

- อัตราสัมฤทธิ์ผล คือ ประสิทธิภาพของระบบการสื่อสาร เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนแถบป้ายที่อ่านได้ต่อจำนวนช่วงเวลาการสื่อสารต่อจำนวนรอบการร้องขอต่อช่องความถี่

$$Throughput = \frac{\text{Re}aded_Tags}{Time_Stot * cycle * freq_slot} \quad (4.1)$$

4.3.3 ขั้นตอนในการทดลอง

การทดลองที่ 1 จะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเอฟทีดีเอมเอในรูปแบบต่าง ๆ คือ

1.การทดสอบประสิทธิภาพของเอฟทีดีเอมเอแบบการไม่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

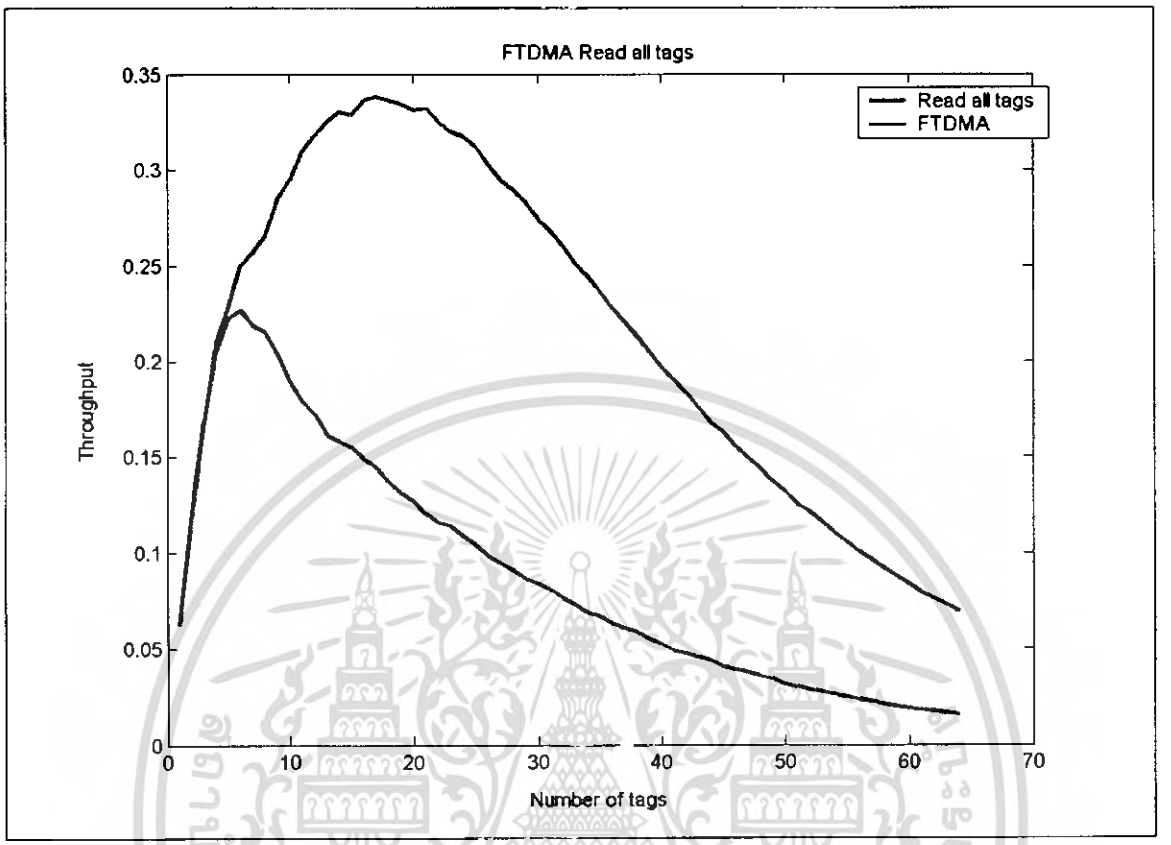
2.การทดสอบประสิทธิภาพของเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

การทดลองที่ 2 จะเป็นการทดลองหาค่าไทม์สล็อท ที่เหมาะสมสำหรับวิธีการเอฟทีดีเอมเอแบบการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

โดยผลการทดลองได้มาจากการเปรียบเทียบค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลในจำนวนแถบป้าย 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยเปลี่ยนแปลงค่าไทม์สล็อทเป็น 2, 4, 8, 16 และ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเอฟทีดีเอมเอ

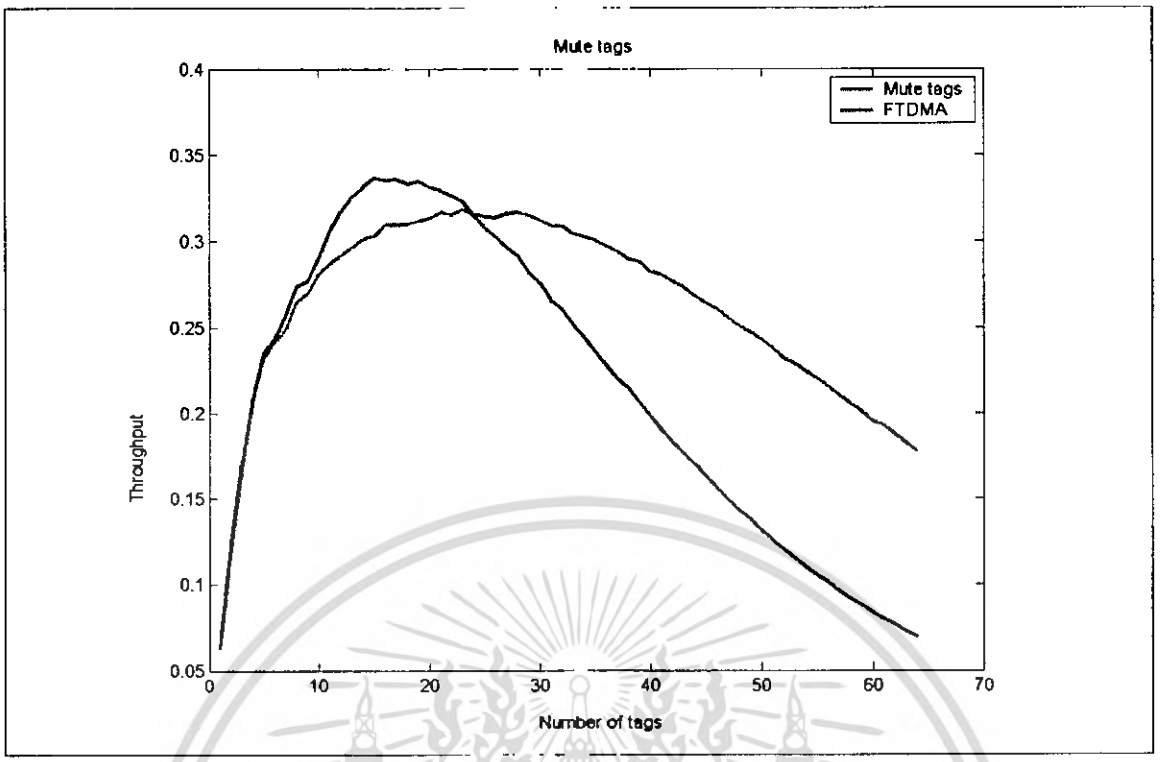


รูปที่ 4.8 อัตราสัมฤทธิ์ผลของเอฟทีดีเอมเอกับเอฟทีดีเอมเอแบบไม่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

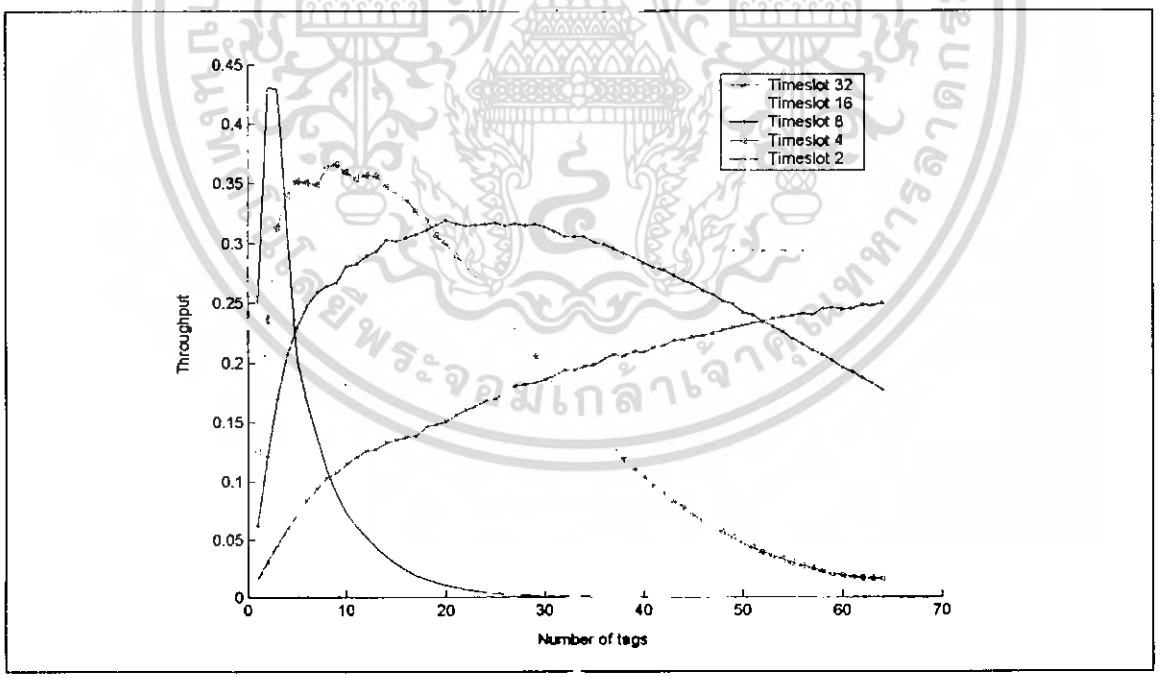
ผลการทดลองรูปที่ 4.8 เป็นการเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิ์ผลในทฤษฎีกับอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ได้จากการทดลอง พบว่าจากการทำการทดลองให้เครื่องอ่านอ่านแถบป้ายทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบทุกตัว ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลจะลดต่ำลงมาก เนื่องจากเกิดการอ่านแถบป้ายซ้ำซ้อนกัน แถบป้ายที่เคยถูกอ่านแล้วจะเกิดการอ่านซ้ำกันขึ้น ทำให้จำนวนแถบป้ายที่ถูกอ่านมีมากกว่าจำนวนที่แถบป้ายมีอยู่จริง

ผลการทดลองในรูปที่ 4.9 เป็นการเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิ์ผลระหว่างอัลกอริทึมเอฟทีดีเอมเอกับอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพเอฟทีดีเอมเอ จากผลการทดลองเมื่อทำให้แถบป้ายที่เคยถูกอ่านแล้วพักหยุดการส่งสัญญาณชั่วคราวจะทำให้เหลือเพียงแถบป้ายที่ยังไม่ถูกอ่านอยู่ภายในพื้นที่การอ่าน การให้เครื่องอ่านอ่านแถบป้ายทั้งหมด พบว่าอัตราสัมฤทธิ์ผลสูงสุดมีใกล้เคียงกับทฤษฎี แต่จำนวนแถบป้ายในระบบที่มากขึ้นจะมีแนวโน้มอัตราสัมฤทธิ์ผลเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในการเรียกร้องสัญญาณแต่ละครั้งจะได้แถบป้ายตอบรับที่ยังไม่เคยถูกอ่าน ทำให้จำนวนแถบป้ายที่ถูกอ่านเท่ากับจำนวนแถบป้ายที่มีอยู่ในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



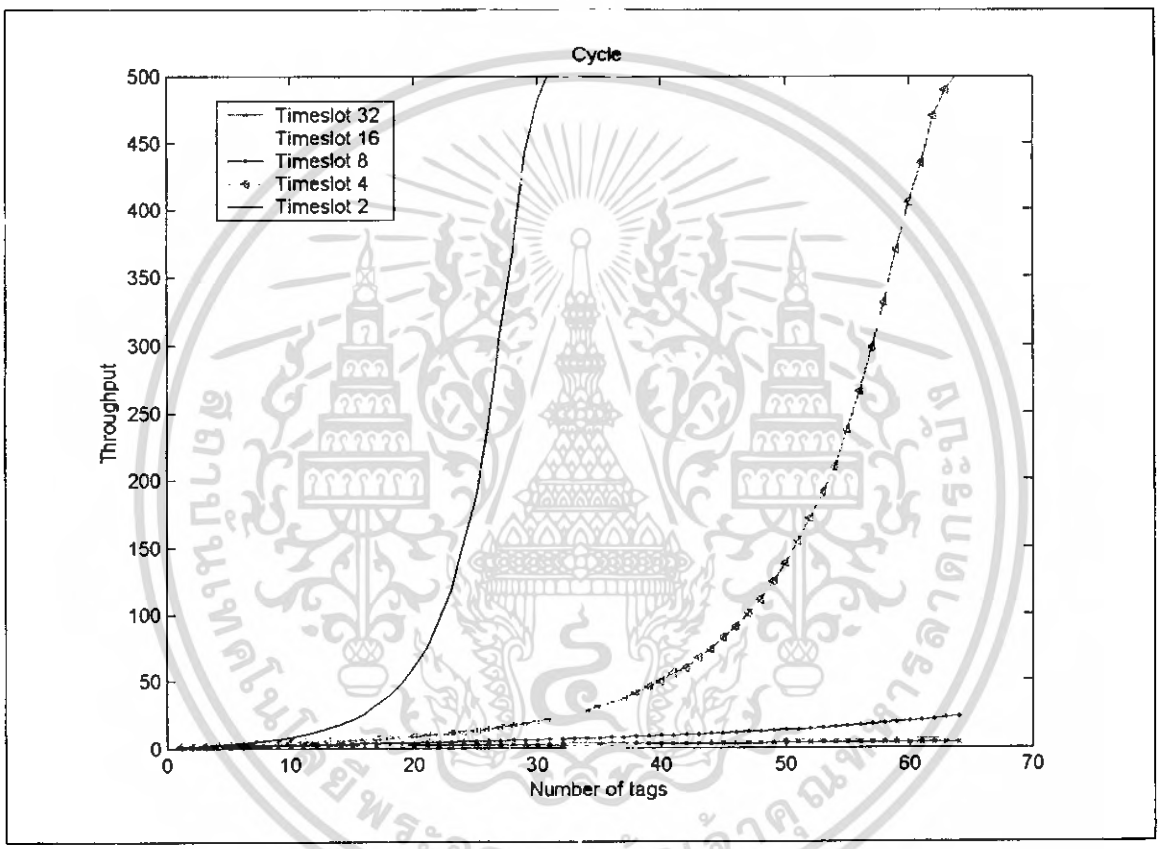
รูปที่ 4.9 อัตราสัมฤทธิ์ผลอัลกอริทึมเอฟทีดีเอมเอกับอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพเอฟทีดีเอมเอ



รูปที่ 4.10 อัตราสัมฤทธิ์ผลของอัลกอริทึมเอฟทีดีเอมเอในแต่ละจำนวนช่วงเวลาการสื่อสารที่ใช้ในการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองรูปที่ 4.10 เป็นการเปรียบเทียบค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลเฉลี่ยในระบบการสื่อสารแบบเอฟทีดีเอมเอที่ช่องความถี่เท่ากับ 2 เปลี่ยนแปลงค่าไทม์สล็อทเป็น 2, 4, 8, 16 และ 32 เทียบกับจำนวนแถบป้าย จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลมีความสัมพันธ์กับจำนวนของแถบป้ายและไทม์สล็อท ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลจะมีค่าสูงสุดเมื่อขนาดช่วงเวลาใกล้เคียงกับจำนวนแถบป้ายคูณกับช่องความถี่ แต่ในการใช้งานจริง การขยายไทม์สล็อตออกไปให้มากขึ้นจะเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากร และในจำนวนแถบป้ายที่มากถ้าไทม์สล็อตมีขนาดเล็กจะทำให้ได้อัตราสัมฤทธิ์ผลที่ไม่ดี



รูปที่ 4.11 จำนวนรอบการร้องขอในแต่ละจำนวนช่วงเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร

ผลการทดลองรูปที่ 4.11 เป็นการเปรียบเทียบจำนวนรอบการร้องขอที่ใช้ไปในการอ่านแถบป้ายทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบที่มีค่าไทม์สล็อทออกเป็น 2, 4, 8, 16 และ 32 เทียบกับจำนวนแถบป้าย จากผลการทดลองต่อเนื่องมาจากผลการทดลองรูปที่ 4.10 จำนวนร้องขอที่มากขึ้นเรื่อยๆเกิดจากการที่มีจำนวนแถบป้ายมากเกินไปภายในระบบ ทำให้เครื่องอ่านไม่สามารถอ่านแถบป้ายทั้งหมดได้ ความเหมาะสมของจำนวนรอบการร้องขอจะขึ้นอยู่กับค่าไทม์สล็อทกับจำนวนของแถบป้าย ซึ่งค่าจำนวนร้องขอที่เหมาะสมนั้นจะทำให้ได้ค่าอัตราสัมฤทธิ์สูงสุดและจะไม่เกิดการร้องขอที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

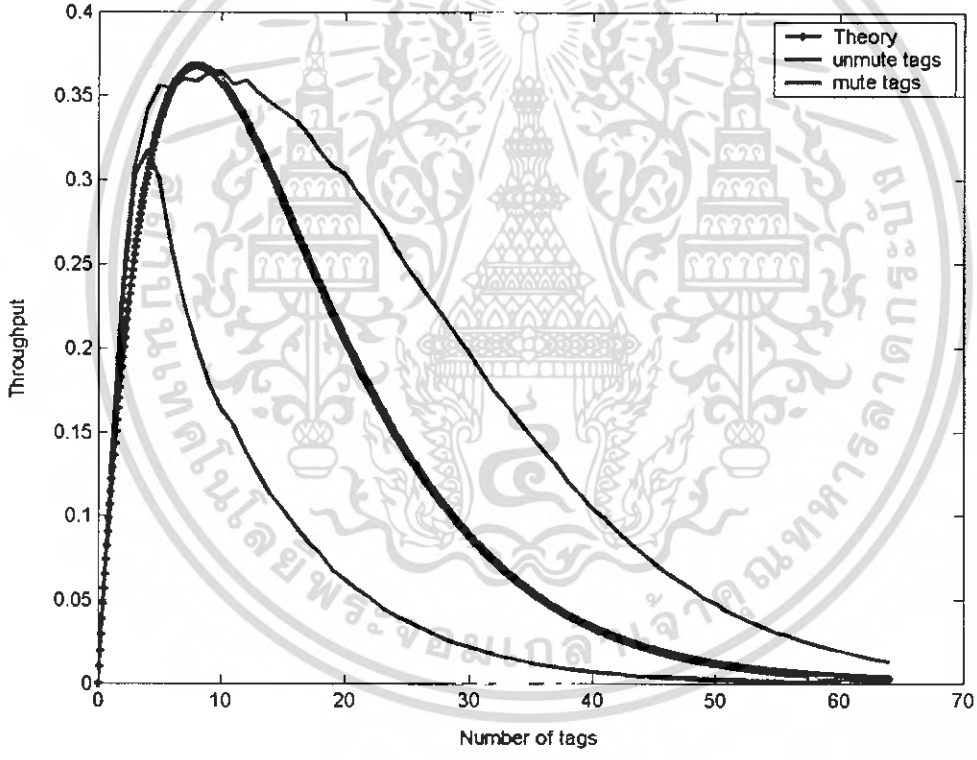
มาก ดังเห็นได้จากรูปที่ 4.11 ในแต่ละค่าของจำนวนไทม์สล็อทต่างๆเมื่อมีจำนวนแถบป้ายเพิ่มขึ้น จนถึงจุดๆหนึ่งจะมีค่าจำนวนรอบการร้องขอเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนทำให้ไม่สามารถระบุแถบป้ายทีมีทั้งหมดในระบบได้ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรู้จำนวนรอบการร้องขอที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลองของสล็อทอะโลฮ้า

ปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการจัดตั้งค่าการใช้งานโพรโตคอลป้องกันการชนกันของอาร์เอฟไอดีโดยใช้อัลกอริทึมแบบสล็อทอะโลฮ้า โดยปริญญานิพนธ์นี้ได้ทดลองหาค่าไทม์สล็อทและจำนวนรอบการร้องขอที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้กับอุปกรณ์อาร์เอฟไอดีแบบต่างๆ โดยใช้วิธีในการอ่านการอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว



รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ได้จากวิธีการแบบต่างๆ

การใช้สล็อทอะโลฮ้าแบบต่างๆจะทำให้ได้ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลไม่เท่ากันโดยอัลกอริทึมแบบแถบป้ายที่มีการหยุดชั่วคราวจะทำให้ได้ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ดีที่สุด จากรูปที่ 5.1 แสดงอัตราสัมฤทธิ์ผลของเอฟทีดีเอมเอแบบต่างได้แก่ แบบอ่านครั้งเดียวซึ่งเป็นแบบทฤษฎี, แบบไม่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว และ แบบอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดทำงานชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 อัตราสัมฤทธิ์ผลในขนาดช่วงเวลาและจำนวนแถบป้ายต่างๆ

Tags	Timeslot				
	4	8	16	32	64
10	0.3226	0.361	0.2757	0.1854	0.1161
20	0.0897	0.3004	0.319	0.2385	0.1518
30	0.0131	0.1973	0.313	0.2693	0.1903
40	0.0013	0.1052	0.285	0.2851	0.2103
50	0	0.0476	0.244	0.293	0.2319

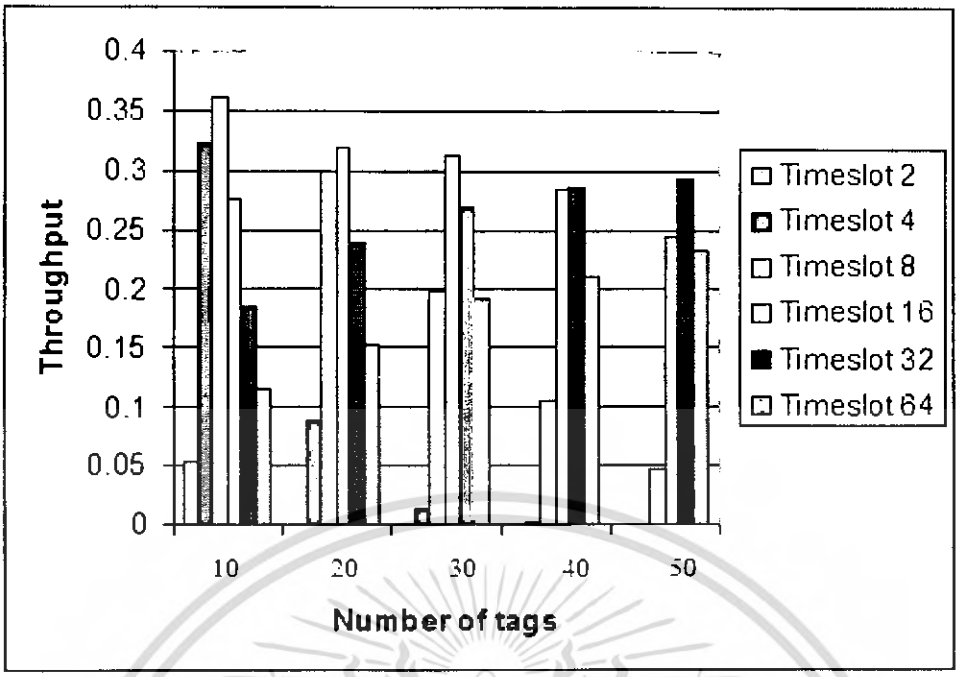
ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่เหมาะสมในแต่ละระบบที่มีจำนวนแถบป้ายอยู่นั้นจะต้องมีค่าใกล้เคียงกับ 0.36 มากที่สุดซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดที่ได้จากจากทฤษฎี ค่าไทม์สล็อทที่เหมาะสมนั้นจะแตกต่างกันไปตามจำนวนแถบป้ายที่มีในระบบ ถ้าจำนวนแถบป้ายในระบบมาก ค่าไทม์สล็อทก็มากตามไปด้วย จากตารางที่ 5.1จะพบว่าที่จำนวนแท็กที่ 10, 20, 30, 40 และ 50 ไทม์สล็อทที่ให้ค่าสัมฤทธิ์มากที่สุดคือ ไทม์สล็อทที่ 8, 16, 16, 32 และ 32 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 จำนวนรอบการร้องขอในขนาดช่วงเวลาและจำนวนแถบป้ายต่างๆ

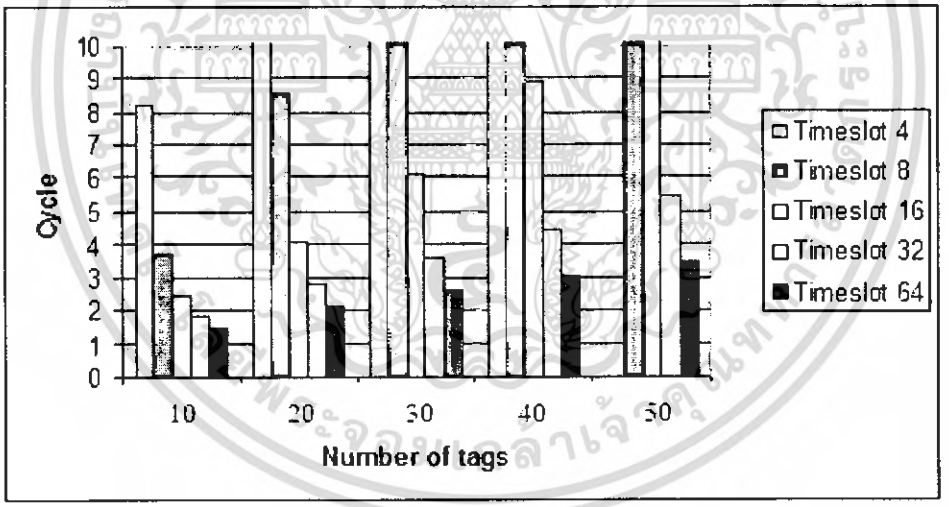
Tags	Timeslot				
	4	8	16	32	64
10	8.227	3.687	2.44	1.871	1.523
20	61.555	8.57	4.064	2.759	2.154
30	639.77	19.5626	6.116	3.588	2.577
40	1980	49.36	8.909	4.475	3.062
50	>>>	137.701	12.982	5.419	3.454

จำนวนรอบการร้องขอที่เหมาะสมนั้นควรจะมีค่าน้อยๆ จำนวนรอบการร้องขอที่น้อยนั้นหมายความว่าอุปกรณ์อาร์เอฟไอดีนั้นสามารถระบุแถบป้ายทั้งหมดที่มีในระบบได้อย่างรวดเร็ว แต่จำนวนรอบการร้องขอนั้นต้องเหมาะสมกับค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ได้ด้วย จากตารางที่ 5.2 แสดงจำนวนรอบการร้องขอที่ให้อัตราสัมฤทธิ์ผลมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 อัตราสัมฤทธิ์ผลในขนาดช่วงเวลาและจำนวนแถบป้ายต่างๆ



รูปที่ 5.3 จำนวนร้องขอของแต่ละไทม์สล็อทในจำนวนแถบป้ายที่ 10, 20, 30, 40 และ 50

รูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่มีต่อจำนวนแถบป้ายในระบบและไทม์สล็อทที่ใช้งาน รูปที่ 5.3 แสดงจำนวนรอบการร้องขอที่เกิดจากการใช้ค่าไทม์สล็อทต่างๆในจำนวนแถบป้ายที่มีในระบบต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองค่าที่เหมาะสมกับจำนวนแถบป้ายขนาดต่างๆ

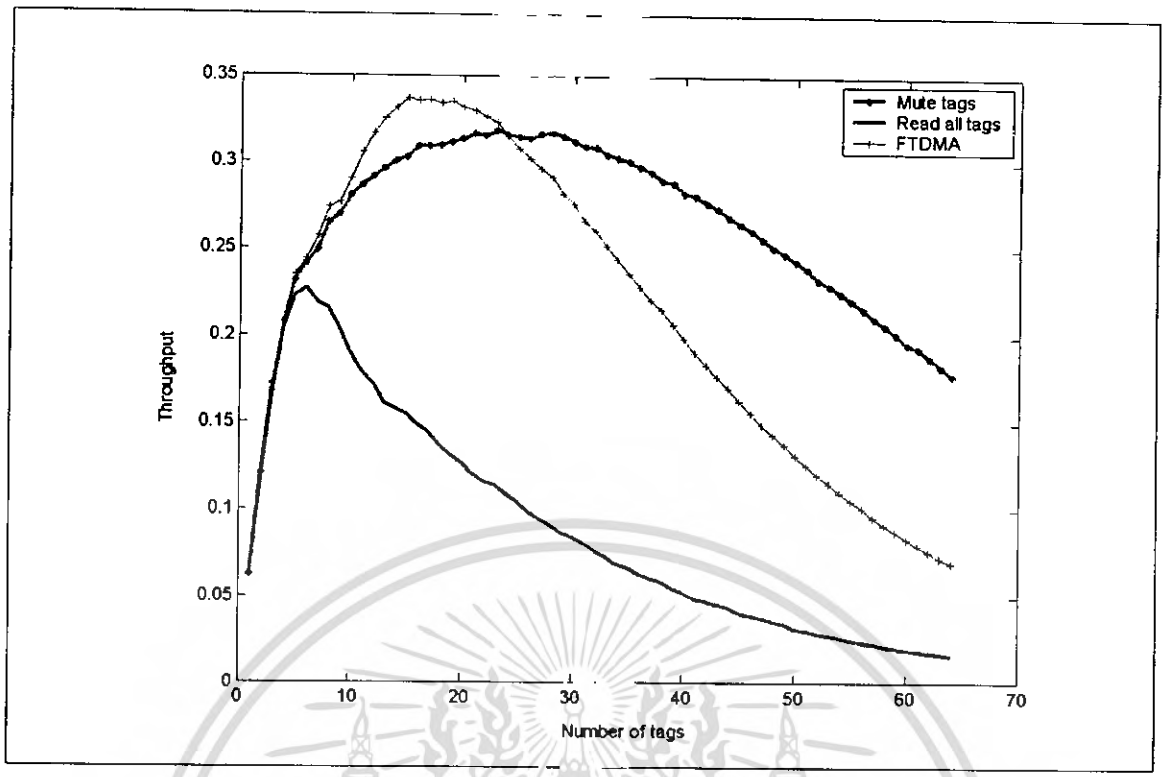
tags	Timeslot	Throughput	Cycle
10	8	0.361	3.687
20	16	0.319	4.064
30	16	0.313	6.116
40	32	0.2851	4.475
50	32	0.293	5.419

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าไทม์สล็อทและจำนวนรอบการร้องขอที่เหมาะสมจะทำให้ได้อัตราสัมฤทธิ์ผลที่สูง จากค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่สูงนั้นจะทำให้อุปกรณ์อาร์เอฟไอดีสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากตารางที่ 5.3 จะแสดงให้เห็นว่าแต่ละจำนวนแถบป้ายที่มีอยู่ในระบบจะมีไทม์สล็อทและจำนวนรอบการร้องขอที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลมากที่สุดและมีความรวดเร็วแม่นยำสูงที่สุด จำนวนรอบการร้องขอที่น้อยจะทำให้ไม่สามารถระบุแถบป้ายทั้งหมดได้และจำนวนรอบการร้องขอที่มากเกินจะทำให้เกิดอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ไม่ดีได้

5.2 สรุปผลการทดลองของเอฟทีดีเอมเอ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการจัดตั้งค่าการใช้งาน โพรโตคอลป้องกันการชนกันของอาร์เอฟไอดีโดยใช้อัลกอริทึมแบบเอฟทีดีเอมเอ โดยปริญญานิพนธ์นี้ได้ทดลองหาค่าไทม์สล็อทและจำนวนรอบที่ร้องขอที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้กับอุปกรณ์อาร์เอฟไอดีแบบต่างๆ โดยใช้วิธีการแบบอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ได้จากวิธีการแบบการต่างๆ

การใช้เอฟทีดีเอมเอแบบต่างๆจะทำให้ได้ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลไม่เท่ากัน โดยอัลกอริทึมแบบแถบป้ายที่มีการหยุดชั่วคราวจะทำให้ได้ค่าอัตราสัมฤธิ์ผลที่ดีที่สุด จากรูปที่ 5.4 แสดงหลักการทำงานของเอฟทีดีเอมเอแบบต่าง ได้แก่ แบบอ่านครั้งเดียว, แบบไม่มีแถบป้ายหยุดชั่วคราว และ แบบอ่านแถบป้ายที่มีแถบป้ายหยุดทำงานชั่วคราว

ตารางที่ 5.4 อัตราสัมฤทธิ์ผลในไทม์สล็อทและจำนวนแถบป้ายต่างๆ

Tags	Timeslot					
	2	4	8	16	32	64
10	0.0735	0.3595	0.2808	0.182	0.1147	0.0671
20	0.01023	0.3005	0.3187	0.2383	0.151	0.0937
30	0.0005	0.1937	0.3132	0.2676	0.1856	0.1152
40	0	0.1048	0.2832	0.2852	0.2084	0.1383
50	0	0.0474	0.2417	0.2911	0.2305	0.1557
60	0	0.0193	0.1958	0.2922	0.2449	0.1683

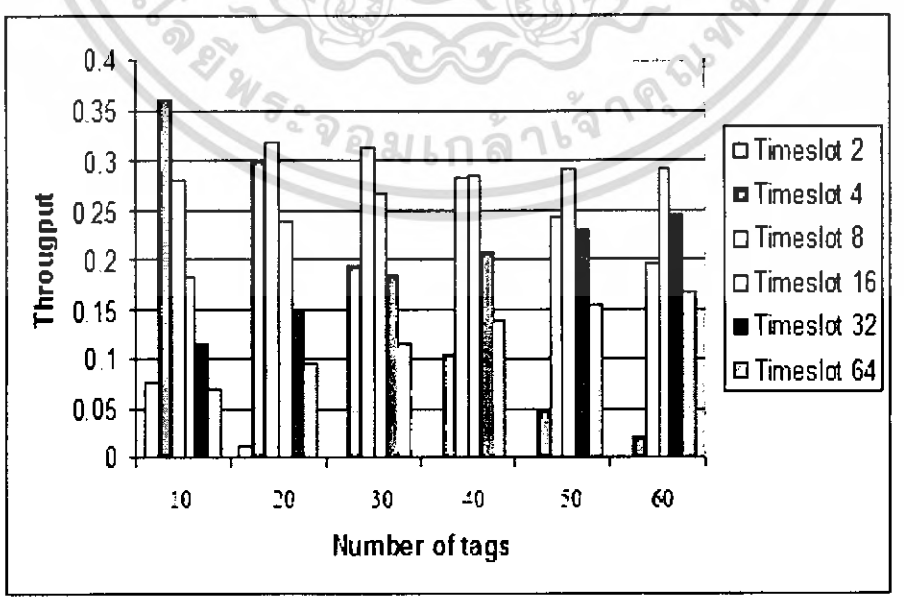
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่เหมาะสมในแต่ละระบบที่มีจำนวนแถบป้ายอยู่นั้นจะต้องมีค่าใกล้เคียงกับ 0.36 มากที่สุดซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดที่ได้จากจากทฤษฎี จากตารางที่ 5.4 จะพบว่าค่าไทม์สล็อทที่เหมาะสมนั้นจะแตกต่างกันไปตามจำนวนแถบป้ายที่มีในระบบ ถ้าจำนวนแถบป้ายในระบบมาก ค่าไทม์สล็อทก็มากตามไปด้วย

ตารางที่ 5.5 จำนวนรอบการร้องขอในขนาดไทม์สล็อทและจำนวนแถบป้ายต่างๆ

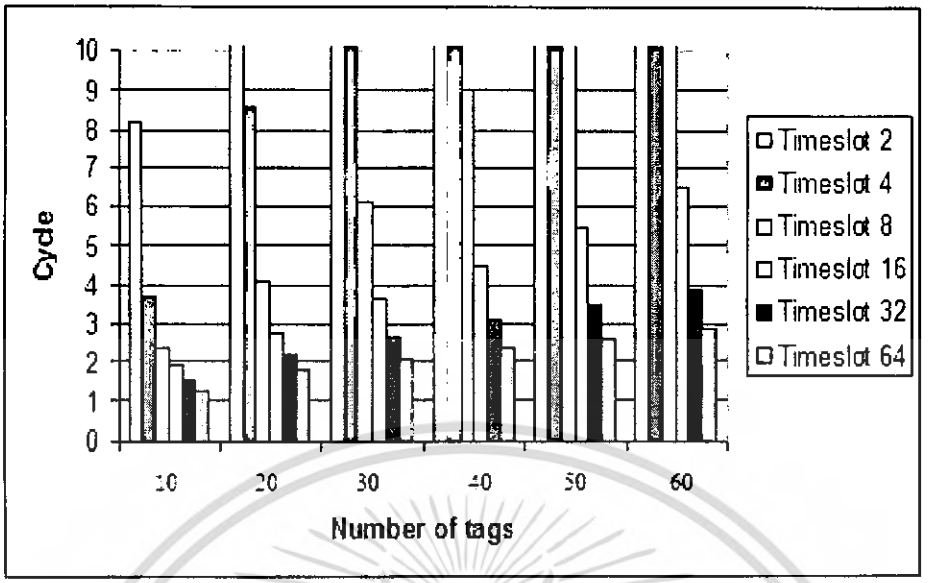
Tags	Timeslot					
	2	4	8	16	32	64
10	8.184	3.687	2.406	1.904	1.545	1.285
20	60.507	8.56	4.083	2.761	2.175	1.829
30	480.86	19.902	6.112	3.611	2.645	2.1
40	512	49.491	8.978	4.475	3.086	2.346
50	512	137.98	13.09	5.463	3.472	2.618
60	512	405.25	19.404	6.469	3.909	2.874

จำนวนรอบการร้องขอที่เหมาะสมนั้นควรจะมีค่าน้อยๆ จำนวนรอบการร้องขอที่น้อยนั้นหมายความว่าอุปกรณ์อาร์เอฟไอดีนั้นสามารถระบุแถบป้ายทั้งหมดที่มีในระบบได้อย่างรวดเร็ว แต่จำนวนรอบการร้องขอนั้นต้องเหมาะสมกับค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ได้ด้วย จากตารางที่ 5.5 แสดงจำนวนรอบการร้องขอที่ให้อัตราสัมฤทธิ์ผลมากที่สุด



รูปที่ 5.5 อัตราสัมฤทธิ์ผลในขนาดไทม์สล็อทและจำนวนแถบป้ายต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 จำนวนรอบร้องขอของแต่ละไทม์สล็อทในจำนวนแถบป้ายต่างๆ

รูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่มีต่อจำนวนแถบป้ายในระบบและไทม์สล็อทที่ใช้งาน รูปที่ 5.6 แสดงจำนวนรอบการร้องขอที่เกิดจากการใช้ค่าไทม์สล็อทต่างๆในจำนวนแถบป้ายที่มีในระบบต่างกัน

ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองค่าที่เหมาะสมกับจำนวนแถบป้ายขนาดต่างๆ

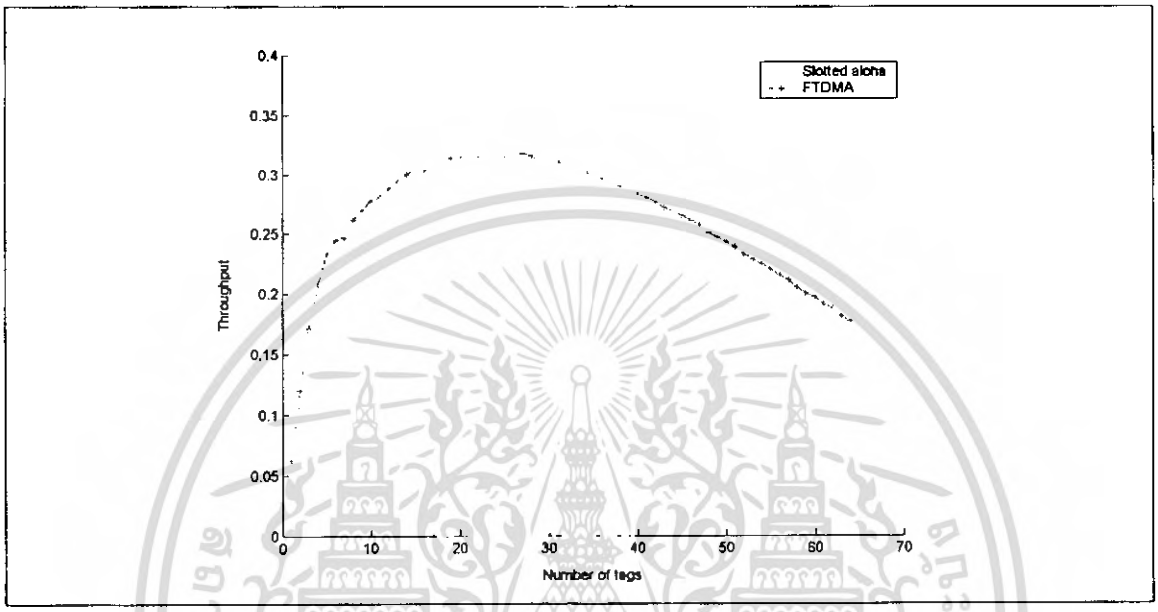
tags	Time slot	Throughput	Cycle
10	8	0.361	3.687
20	16	0.319	4.064
30	16	0.313	6.116
40	32	0.2851	4.475
50	32	0.293	5.419

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าไทม์สล็อทและจำนวนรอบการร้องขอที่ เหมาะสมจะทำให้ได้อัตราสัมฤทธิ์ผลที่สูง จากค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่สูงนั้นจะทำให้อุปกรณ์อาร์เอฟไอดีสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากตารางที่ 5.6 จะแสดงให้เห็นว่าแต่ละจำนวนแถบป้ายที่มีอยู่ในระบบจะมีไทม์สล็อทและจำนวนรอบการร้องขอที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้ค่าอัตราสัมฤทธิ์มากที่สุดและมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็วแม่นยำสูงที่สุด จำนวนรอบการร้องขอที่น้อยจะทำให้ไม่สามารถระบุแถบป้ายทั้งหมดได้ และจำนวนรอบการร้องขอที่มากเกินจะทำให้เกิดอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ไม่ดีได้

5.3 สรุปผลการทดลองหาโพรโตคอลที่เหมาะสม



รูปที่ 5.7 การเปรียบเทียบอัตราสัมฤทธิ์ผลของโพรโตคอลสล็อทอะโลฮ้ากับโพรโตคอลเอฟทีดีเอมเอที่ไทม์สล็อทที่ 8

จากรูปที่ 5.7 แสดงให้เห็นว่าโพรโตคอลแบบสล็อทอะโลฮ้าจะให้อัตราสัมฤทธิ์ผลที่ดีในช่วงจำนวนแถบป้ายที่ใกล้เคียงกับจำนวนไทส์สล็อท ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อมีจำนวนแถบป้ายเพิ่มขึ้น แต่วิธีการแบบเอฟทีดีเอมเอจะสามารถรองรับจำนวนแถบป้ายได้มากกว่าวิธีการแบบสล็อทอะโลฮ้า จากการทดลองที่ไทม์สล็อทเท่ากับ 8 และช่องความถี่เท่ากับ 2 แสดงให้เห็นว่าที่จำนวนแถบป้ายน้อยวิธีการแบบสล็อทอะโลฮาจะมีค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่สูง แต่เมื่อจำนวนแถบป้ายที่มีในระบบเพิ่มขึ้นจนมีจำนวนแถบป้ายมากกว่า 18 แถบป้าย วิธีการแบบเอฟทีดีเอมเอจะทำให้ได้ค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่ดีกว่าแบบสล็อทอะโลฮา และที่จำนวนแถบป้ายนี้วิธีการแบบสล็อทอะโลฮาจะมีอัตราค่าสัมฤทธิ์ผลที่ลดลงอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 สรุปปัญหาในการทำโครงงานและข้อเสนอแนะ

5.4.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน

- อุปกรณ์อาร์เอฟไอดีที่ใช้งานไม่สามารถแสดงผลของการอ่านแถบป้ายได้ ทำให้ไม่สามารถทราบค่าที่แท้จริงได้จำเป็นต้องทำการเขียนโปรแกรมจำลองขึ้นมาเองด้วยโปรแกรมแมทแลป
- ทฤษฎีเอฟทีดีเอมเอเป็นทฤษฎีที่ใช้มากในการสื่อสารผ่านดาวเทียม มักใช้ในการสื่อสารที่ต้องส่งข้อมูลเป็นจำนวนมาก จึงยังไม่มีข้อมูลในการนำมาใช้ในการสื่อสารขนาดเล็ก
- ในการหาค่าอัตราสัมฤทธิ์ผลที่จำนวนแถบป้ายน้อยๆอาจทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาดไปจากทฤษฎีบ้างเนื่องจากจำนวนแถบป้ายที่น้อยทำให้โอกาสสำเร็จมีสูงมาก

5.4.2 ข้อเสนอแนะ

- ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปใช้ในการตั้งค่ากับอุปกรณ์อาร์เอฟไอดีที่ใช้ในการระบุแถบป้ายจำนวนไม่เกิน 60 แถบป้าย ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ชิ้นนั้นมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สามารถระบุสิ่งของได้เพิ่มขึ้น
- โพรโตคอลที่ใช้ทดลองในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นเพียงโพรโตคอลที่นิยมใช้ในการสื่อสารโดยทั่วไปซึ่งยังมีโพรโตคอลชนิดอื่นอีกมากจึงอาจยังมีโพรโตคอลชนิดอื่นที่เหมาะสมกับการใช้งานในอุปกรณ์อาร์เอฟไอดีได้อีก
- ผลงานวิจัยชิ้นนี้สามารถทำให้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นและจะมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, **รู้จักกับเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี,** พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, พ.ศ.2549, กรุงเทพฯ

กฤดากร กล่อมการ, การสื่อสารข้อมูล (Data Communication), พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเหล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ.2545, กรุงเทพฯ

พ.ต.ดร.นที ศุกลรัตน์, ระบบการสื่อสารผ่านดาวเทียม (Satellite Communication System), www1.mod.go.th/opsd/dstcweb/ict/satellite.doc

K.finkenzeller, RFID Handbook, Second Edition, JOHN WILEY & SONS. , 2003

สัลยุทธ์ สว่างวรรณ, เครือข่ายคอมพิวเตอร์, พิมพ์ครั้งที่ 3 สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , พ.ศ.2548, กรุงเทพฯ

G. Murdoch, T. Frost ,A Comparison of the ISO15693 and ISO18000-3 MODE 5 Magellan Protocol; Magellan Technology 02 April 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้