

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นายสรายุทธ เมฆวิมานลอย

เรื่อง

การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอ่านป้ายอาร์เอฟไอดี
ย่านความถี่สูงยิ่งด้วยอัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูล

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2552

ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ณรงค์ บวบทอง)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.จตุรงค์ ตันติบัณฑิต)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ ไควรินทร์วิวัฒน์)

กรรมการวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์)

กรรมการวิทยานิพนธ์

(ดร.อุรัชฎา เกตุพรหม)

คณบดี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุรุยา วิสกุล)

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยได้นำเสนออัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูลแบบใหม่ในระบบอาร์เอฟไอดี (RFID: radio frequency identification) ซึ่งประกอบด้วยอัลกอริทึมที่ใช้ข่าวสารล่วงหน้า (a-priori information) และอัลกอริทึมที่ใช้งานซึ่งมีความหนาแน่น (high-density) ของป้ายอาร์เอฟไอดีเป็นจำนวนมาก อัลกอริทึมที่นำเสนอมีประสิทธิภาพสูงกว่าอัลกอริทึมต้นไม้แบบทวิภาค (Binary Tree) และอัลกอริทึม Dynamic Frame Slot Aloha ในแง่ของความเร็วในการทำงาน, จำนวนคำสั่งที่น้อยกว่าและจำนวนร้อยละที่มากกว่าของป้ายที่ทำการบ่งชี้ตัวตนได้อย่างถูกต้องในการจำลองการทำงานจริง และในแง่ของความเร็วในการทำงานและร้อยละที่มากกว่าของป้ายที่ทำการบ่งชี้ตัวตนได้อย่างถูกต้องในการใช้งานจริงกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่ง (ultra high frequency)

Abstract

We propose two new anti-collision algorithms developed further from the Binary Tree and the ALOAH algorithms. The first proposed algorithm is designed based on a priori-information. The second proposed algorithm is designed based on the application operated in a high-density of RFID tags. Both proposed algorithms provide better performances compared with the Binary Tree and the DFSA algorithms in terms of processing time and the numbers of operating commands via computer simulations and in terms of processing time and average percent correct identification of tags for real situations manipulating in ultra high frequency RFID readers.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีหากปราศจากคำแนะนำ องค์ความรู้ อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย และความเอาใจใส่ในงานวิจัยของ อ. ดร.จาดุรงค์ ตันติบัณฑิต และ ผศ. ดร. ปิยะ โควินท์ทวิวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้ง ดร.อุรัชฎา เกตุพรหม ผู้ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา และแนวทางในเรื่องของการทำงานวิจัย ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความครบถ้วนสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ผู้ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ณรงค์ บวบทอง ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์ และ ดร.อุรัชฎา เกตุพรหม ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทความรู้ให้ในทุกแขนง ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) และโปรแกรมระบุลักษณะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (RFID), ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ คุณบุญเรือน กล่ำสุขและคุณบุษราภรณ์ พูลภักดี สำหรับความช่วยเหลือและติดต่อประสานงานในด้านเอกสาร เพื่อนๆ พี่ๆ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้คำปรึกษาและเกื้อกูลในด้านการเรียนเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกในครอบครัวทุกคน ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมาเป็นอย่างดี

สรารุณี เมฆวิมานลอย
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พฤษภาคม พ.ศ. 2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพตาราง.....	(7)
สารบัญภาพประกอบ	(7)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาทางานวิจัย	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	2
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ส่วนประกอบของอาร์เอฟไอดี	7
2.1.1 ป้าย.....	7
2.1.2 เครื่องอ่าน	10
2.2 ความถี่ที่ใช้งานของอาร์เอฟไอดี.....	11

2.3 การป้องกันการชนกันของข้อมูล.....	13
2.3.1 การเข้าถึงหลากหลายแบบแบ่งช่องว่าง.....	13
2.3.2 การเข้าถึงหลากหลายแบบแบ่งความถี่.....	14
2.3.3 การเข้าถึงหลากหลายแบบแบ่งเวลา.....	15
2.3.4 การเข้าถึงหลากหลายแบบแบ่งการเข้ารหัส.....	16
2.4 วิธีการป้องกันการชนกันของข้อมูลที่ใช้ในปัจจุบัน.....	16
2.4.1 อัลกอริทึมต้นไม้แบบทวิภาค (Binary Tree).....	17
2.4.2 อัลกอริทึมต้นไม้แบบทวิภาคที่ใช้ในมาตรฐาน ISO 18000-6 ประเภท B.....	18
2.4.3 อัลกอริทึม Framed Slotted Aloha.....	19
2.4.4 อัลกอริทึม Dynamic Framed Slotted Aloha.....	20
3. การพัฒนาระบบป้องกันการชนกันของข้อมูลในระบบอาร์เอฟไอดี.....	22
3.1 มาตรฐานและเครื่องอ่านที่ใช้ทำวิจัย.....	22
3.1.1 โหมดการทำงานแบบเข้าถึงข้อมูลแบบปกติ (normal data mode).....	23
3.1.2 โหมดการทำงานแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรง (direct data mode).....	25
3.2 การจำลองการทำงานของอัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูล.....	25
3.2.1 อัลกอริทึมต้นไม้แบบทวิภาค.....	25
3.2.2 อัลกอริทึมต้นไม้แบบทวิภาคที่ใช้ใน ISO 18000 - 6 ประเภท B.....	27
3.2.3 อัลกอริทึม Frame Slotted Aloha.....	28
3.2.4 อัลกอริทึม Dynamic Frame Slotted Aloha.....	31
3.3 การพัฒนาการทำงานของอัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูล.....	32
3.3.1 A New Anti – Collision Base on A - Priori Information.....	32
3.3.2 A Novel Anti – collision Algorithm for High - Density RFID Tags..	35
3.4 การสร้างอัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูลในเครื่องอ่าน.....	37
3.4.1 มาตรฐาน ISO 18000 – 6 ประเภท A.....	37
3.4.2 มาตรฐาน ISO 18000 – 6 ประเภท B.....	37
3.4.3 มาตรฐาน ISO 18000 – 6 ประเภท C.....	41
3.5 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องอ่าน.....	45

4. ผลการวิจัย	49
4.1 ผลการจำลองการทำงานของอัลกอริทึม.....	49
4.1.1 การจำลองการทำงานโดยนับจำนวนช่องสื่อสาร.....	49
4.1.1.1 ผลการเปรียบเทียบการทำงานของ DFSA และ FSA.....	50
4.1.1.2 ผลการเปรียบเทียบการทำงานของ BT, BT 3 bits และ DFSA	50
4.1.1.3 ผลการเปรียบเทียบการทำงานของ BT และ BT 3 bits.....	52
4.1.1.4 ผลการเปรียบเทียบการทำงานของ BT, BT 3 bits Smart BT	
และ Smart BT 3 bits.....	53
4.1.1.5 ผลการเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมแบบประยุกต์....	56
4.1.2 การจำลองการทำงานโดยนับจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร.....	57
4.1.2.1 ผลการเปรียบเทียบจำนวนช่องสื่อสารที่ใช้ของ ISO 18000-6 B	
และ C.....	57
4.1.2.2 ผลการเปรียบเทียบจำนวนบิตที่ใช้รับส่งข้อมูลของ	
ISO 18000-6 B และ C.....	58
4.2 ผลการทดลองการนำอัลกอริทึมไปใช้กับเครื่องอ่าน.....	61
4.2.1 อัลกอริทึมที่ใช้ในมาตรฐาน ISO 18000-6 B.....	61
4.2.2 อัลกอริทึมที่ใช้ในมาตรฐาน ISO 18000-6 C.....	64
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	69
5.1 บทสรุป	68
5.2 ข้อเสนอแนะ	70
บรรณานุกรม	71
ภาคผนวก.....	73

ผนวก ก ผลการทดสอบระยะอ่านของเครื่องอ่าน.....	74
ผนวก ข สถาบันยอมรับของเครื่องอ่านป้ายอาร์เอฟไอดี	
ตามมาตรฐาน ISO 18000-6	81
ผนวก ค ผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการ.....	84
ประวัติการศึกษา.....	93

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของเทคโนโลยีในแต่ละระบบ	6
2.2	ระยะการทำงานของระบบ อาร์เอฟไอดี ในย่านความถี่ต่าง ๆ.....	12
2.3	มาตรฐาน ISO/IEC ใช้งานในความถี่ต่างๆ.....	12
4.1	การเปรียบเทียบข้อแตกต่างของอัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูล	60

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
2.1	ระบบ Auto-ID ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน	5
2.2	ตัวอย่างอุปกรณ์และระบบ Auto-ID ในแต่ละประเภท.....	5
2.3	ตัวอย่างการใช้งานระบบอาร์เอฟไอดี.....	7
2.4	ระบบ อาร์เอฟไอดี.....	7
2.5	องค์ประกอบทั่วไปของป้าย.....	8
2.6	สถาปัตยกรรมภายในไมโครชิปของป้ายแบบแพสซีฟ.....	9
2.7	ป้ายแบบแอกทีฟ	9
2.8	โครงสร้างภายในเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี	10
2.9	ย่านความถี่ที่ใช้ใน อาร์เอฟไอดี.....	12
2.10	เทคนิคที่ใช้ในการอ่านหลายป้ายพร้อมกัน.....	14
2.11	ลักษณะการทำงานของระบบ อาร์เอฟไอดี ที่ใช้กระบวนการเข้าถึง หลากหลายแบบแบ่งช่องว่าง.....	14
2.12	ลักษณะการทำงานของระบบ อาร์เอฟไอดี ที่ใช้กระบวนการเข้าถึง หลากหลายแบบแบ่งความถี่.....	15
2.13	การข้อมูลรหัสประจำตัวป้าย.....	17
2.14	ขั้นตอนการทำงานของ BT.....	17
2.15	ขั้นตอนการปรับค่า พารามิเตอร์ Q.....	21
3.1	การเชื่อมต่อของระบบเครื่องอ่าน	23
3.2	ประเภทการทำงานของเครื่องอ่าน.....	24
3.3	เครื่องอ่านบัตรอาร์เอฟไอดี.....	24
3.4	แผนผังการจำลองการทำงานของอัลกอริทึมต้นไม้แบบทวิภาค.....	26
3.5	แผนผังการจำลองการทำงานของ ISO 18000-6 ประเภท B.....	27
3.6	แผนผังการจำลองการทำงานของ FSA.....	29
3.7	แผนผังการจำลองการทำงานของ DFSA	30
3.8	แผนผังการจำลองการทำงานของพารามิเตอร์ Q.....	32
3.9	แผนผังการทำงานของอัลกอริทึมแบบใหม่ที่ใช้ข่าวสารล่วงหน้า	33

3.10	แผนผังการทำงานของโปรแกรม.....	35
3.11	แผนผังการทำงานของโปรแกรม.....	36
3.12	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอ่านในมาตรฐาน ISO 18000-6 B.....	38
3.13	แผนผังการทำงานของโปรแกรมป้องกันการชนกันของข้อมูลตาม มาตรฐาน ISO 18000-6 ประเภท B.....	39
3.14	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอ่านในมาตรฐาน ISO 18000-6 C.....	42
3.15	แผนผังการทำงานของโปรแกรมป้องกันการชนกันของข้อมูลตาม มาตรฐาน ISO 18000-6 ประเภท C หรือ อัลกอริทึมมาตรฐาน	43
3.16	แผนผังการทำงานของอัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูลแบบ วิเคราะห์ผลการชนกันของข้อมูล.....	44
3.17	แผนผังการทำงานของเครื่องอ่าน.....	45
3.18	ส่วนติดต่อผู้ใช้งานของโปรแกรมควบคุมเครื่องอ่าน.....	46
3.19	แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องอ่าน.....	47
4.1	ผลจำลองการทำงานของ FSA และ DFSA	49
4.2	ผลจำลองการทำงานของ BT, BT 3 bits และ DFSA.....	51
4.3	ผลจำลองการทำงานของ BT และ BT 3 bits	51
4.4	ผลจำลองการทำงานของ BT, BT 3 bits, Smart BT และ Smart BT 3 bits (บริษัทผู้ผลิต 1 บริษัท).....	53
4.5	ผลจำลองการทำงานของ BT, BT 3 bits, Smart BT และ Smart BT 3 bits (บริษัทผู้ผลิต 3 บริษัท).....	54
4.6	ผลจำลองจำนวนช่องสื่อสารที่ใช้งานเมื่อเลือกจำนวนกลุ่มและ จำนวนป้ายที่แตกต่างกัน.....	54
4.7	ผลจำลองร้อยละของความผิดพลาดในการประมาณจำนวนป้ายที่อยู่ ในระยะเวลาการทำงานเมื่อเลือกจำนวนกลุ่มและจำนวนป้ายที่แตกต่างกัน	55
4.8	ผลการเปรียบเทียบการทำงานของอัลกอริทึมแบบประยุกต์.....	55
4.9	ผลการเปรียบเทียบการทำงานของ ISO 18000-6 B และ ISO 18000-6 C โดยใช้จำนวนช่องสื่อสาร.....	56
4.10	ผลการเปรียบเทียบการทำงานของ ISO 18000-6 B และ ISO 18000-6 C โดยใช้จำนวนบิตที่รับส่งข้อมูล	57

4.11	ผลการเปรียบเทียบการทำงานของ ISO 18000-6 B และ ISO 18000-6 C โดยใช้จำนวนบิตที่เครื่องอ่านใช้ส่งข้อมูล	58
4.12	ผลการเปรียบเทียบการทำงานของ ISO 18000-6 B และ ISO 18000-6 C โดยใช้จำนวนบิตที่ป้ายใช้ส่งข้อมูล.....	58
4.13	วิธีการติดป้ายอาร์เอฟไอดีกับหนังสือ	62
4.14	วิธีการติดป้ายอาร์เอฟไอดีกับวัสดุที่เป็นเหล็ก	62
4.15	วิธีการจัดวางสายอากาศของเครื่องอ่านและป้าย	62
4.16	ผลการทดสอบร้อยละของจำนวนป้ายที่สามารถบ่งชี้ตัวตนได้ด้วย อัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูล	63
4.17	ผลการทดสอบจำนวนช่องสื่อสารที่ใช้ในการบ่งชี้ตัวตนด้วย อัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูลที่ใช้ในมาตรฐาน ISO 18000-6 B.....	63
4.18	ผลการทดสอบเวลาของเครื่องอ่านที่ใช้ในการบ่งชี้ตัวตนด้วย อัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูลที่ใช้ในมาตรฐาน ISO 18000-6 B.....	64
4.19	การติดป้ายบนวัตถุที่ทำการบ่งชี้ตัวตน	65
4.20	การบ่งชี้ตัวตนวัตถุด้วยป้ายอาร์เอฟไอดี	65
4.21	ผลการทดสอบร้อยละของจำนวนป้ายที่สามารถบ่งชี้ตัวตนได้ด้วย อัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูล	66
4.22	ผลการทดสอบจำนวนช่องสื่อสารที่ใช้ในการบ่งชี้ตัวตนด้วย อัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูลที่ใช้ในมาตรฐาน ISO 18000-6 C	66
4.23	การทดสอบเวลาของเครื่องอ่านที่ใช้ในการบ่งชี้ตัวตนด้วย อัลกอริทึมป้องกันการชนกันของข้อมูลที่ใช้ในมาตรฐาน ISO 18000-6 C	67