รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจโดยลายพิมพ์จมูก และอาร์เอฟไอดี

Identification System of Economy Animal by nose printing and RFID.

นายสรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย

จากเงินงบรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจโดยลายพิมพ์จมูก และอาร์เอฟไอดี

Identification System of Economy Animal by nose printing and RFID.

นายสรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย

จากเงินงบรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการวิจัย(ภาษาไทย) ระบบการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจโดยลายพิมพ์จมูก และอาร์เอฟไอดี
แหล่งเงินทุน โครงการวิจัยเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน -72,000.- บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2555
หัวหน้าโครงการ นายสรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล
หน่วยงานต้นสังกัด สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยในเรื่อง ระบบการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจโดยลายพิมพ์จมูก และอาร์เอฟไอดี(RFID) โดยเป็นการนำความรู้ทางด้านการประมวลผลและการจดจำภาพ ร่วมกับความรู้ทางด้านอาร์เอฟไอดี ในการช่วยระบุเอกลักษณ์และตัวตนของสัตว์เศรษฐกิจประเภท โค อันเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ

การทำงานของระบบในโครงการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการระบุเอกลักษณ์ของสัตว์จากภาพลายพิมพ์จมูก และส่วนของการยืนยันตัวตนของสัตว์ด้วยอาร์เอฟไอดีที่ฝังอยู่ในตัว ทำให้การระบุและยืนยันตัวตนของสัตว์มีความถูกต้องมากกว่าการยืนยันผ่านทางชิบไอซี (IC chip) ที่ติดอยู่ตรงใบหูของสัตว์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

Research Title: Identification System of Economy Animal by nose printing and RFID.

Researcher: Mr.Sorpoang Wachirarattanapornkul

Faculty: Engineering Department: Computer Engineering

ABSTRACT

This research to study the identification system of economy animal by nose printing and RFID. It is the knowledge applications between of image processing, recognition and RFID to help determine the identity and the identity of the animal economy of cattle. Issues which are important to the economy of the country.

System research project is divided into two parts: the identification of the animal from nose prints and the identification of animals with embedded RFID in the animal. To identify and verify the identity of the animal is more accurate verification through IC circuit chips that caught the ears of the animals used in the present.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน งบเงินรายได้ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จึงทำให้โครงการวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนช่วยให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีดังนี้

ขอขอบคุณ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรที่ให้ข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับเรื่องของสัตว์เศรษฐกิจ

ขอขอบคุณ บิดา มารดา พี่น้อง และภรรยา ที่คอยช่วยสนับสนุนและเป็นกำลังใจมาตลอด

นายสรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล

หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง IV

สารบัญภาพ VI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 เทคโนโลยี RFID (RFID: Radio Frequency Identification) 4

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลARM(Advanced RISC Machine) 18

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม 20

2.4 จอแสดงผลระบบสัมผัส 24

2.5 หน่วยความจำแบบเอสดีการ์ด(SD Card Memory) 30

2.6 การประมลผลภาพดิจิตอล(Digital Image Processin) 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบ 36

3.1 ภาพรวมของระบบ 36

3.2 ส่วนประกอบของระบบการระบุเอกลักษณ์โดยลายพิมพ์จมูก 36

3.3 ส่วนประกอบของระบบการระบุยืนยันตัวตนด้วย RFID 40

บทที่ 4 ผลการทดลองการวิจัย 52

4.1 ผลการทดลองการวิจัยการระบุเอกลักษณ์ด้วยลายพิมพ์จมูก 52

4.2 ผลการทดลองการวิจัยการระบุตัวตนของสัตว์ด้วย RFID 66

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 70

5.1 สรุปผลการวิจัย 70

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น 71

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 72

บรรณานุกรม 73

ประวัติผู้วิจัย 74

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ความถี่คลื่นวิทยุที่นิยมใช้งานทั่วไปสำหรับระบบ RFID 13
2.2 การจัดขาของสัญญาณพอร์ตอนุกรมในแบบต่างๆ และหน้าที่การทำงาน 23
2.3 อัตราเร็วของการทำงานในเอสดีการ์ดที่แทนด้วย "x" บ่งบอกถึงจำนวนเท่า 32
3.1 การเชื่อมต่อระหว่างขาของ IC เบอร์ ADS7843 กับ LCD ELT240320TP 43
3.2 การเชื่อมต่อระหว่างขาของ IC เบอร์ ADS7843 กับ ARM LP2378 43
3.3 การเชื่อมต่อระหว่างขาของ IC เบอร์ ARM LP2378 กับ ARM LP2378 43

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แผนผังการทำงานของระบบ RFID 4
2.2 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์รูปแบบต่างๆ 5
2.3 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบจานหรือเหรียญ (Disk and Coin) 6
2.4 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบกระเปาะแก้ว (Glass Housing) 6
2.5 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบกุญแจ (Key and Key Fob) 6
2.6 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบ Wristband 6
2.7 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบ Smart Label 6
2.8 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบมาตรฐาน ID-1 (Smart Card) 6
2.9 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบกระดุม (Ear Tag) 7
2.10 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดแอกทีฟที่มีแบตเตอรี่ชนิดลิเธี่ยม 2 ก้อนอยู่ภายนอก 7
2.11 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดพาสซีพ 8
2.12 บล็อกไดอะแกรมของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดพาสซีพ 8
2.13 เครื่องอ่าน RFID รูปแบบต่างๆ 9
2.14 เครื่องอ่าน RFID แบบประตู 10
2.15 เครื่องอ่าน RFID แบบประตูอุโมงค์ 10
2.16 เครื่องอ่าน RFID แบบพกพา 10
2.17 เครื่องอ่าน RFID แบบติดผนัง 10
2.18 โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน 10
2.19 ส่วนประกอบของเครื่องอ่าน RFID 11
2.20 การสื่อสารระหว่างป้ายกับเครื่องอ่านด้วยวิธีการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า 12
2.21 การสื่อสารระหว่างป้ายกับเครื่องอ่านด้วยวิธีการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 13
2.22 การฝังชิปในผู้ป่วยเพื่อช่วยในการติดตามการรักษาอย่างใกล้ชิด 14
2.23 การติดแท็กในสัตว์ตั้งแต่ระดับสัตว์เป็นใช้ประโยชน์ด้านการติดตามในสัตว์ 14
2.24 องค์ประกอบของการจัดการด้านลอจิสติกส์ 15
2.25 การใช้แท็กเพื่อประโยชน์ด้านการระบุตัวตนบุคคลและกุญแจอิเล็กทรอนิกส์ 16
2.26 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดกระดุม (Ear Tag) 16

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

2.27 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิด Rumen bolus 17
2.28 โครงสร้างการทำงาน ARM7TDMI-S 19
2.29 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส 20
2.30 รูปแบบของข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 21
2.31 ขั้วต่ออนุกรม 22
2.32 ความสัมพันธ์ของการออกแบบจอและการส่งค่ารีจิสเตอร์ไปยังวงจรพีแอลซี 26
2.33 จอระบบสัมผัสแบบรีซิสทีฟ 27
2.34 จอระบบสัมผัสแบบคาพาซิทีฟ 28
2.35 จอระบบสัมผัสแบบอินฟราเรด 29
2.36 จอระบบสัมผัสแบบอะคูสติคเวฟ 30
3.1 แสดงภาพรวมของระบบในโครงการวิจัย 36
3.2 ภาพรวมของระบบระบุเอกลักษณ์ในส่วนของภาพพิมพ์ลายจมูก 36
3.3 หลักการออกแบบของโปรแกรมแก้ไขภาพ 37
3.4 การประมวลผลภาพเพื่อหาและจดจำเอกลักษณ์ของภาพลายพิมพ์จมูก 38
3.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลสัตว์และเอกลักษณ์ของภาพลายพิมพ์จมูก 38
3.6 ยูสเคสไดอะแกรม 39
3.7 โฟลตชาร์ตไดอะแกรม 39
3.8 โครงสร้างของระบบการระบุตัวตนด้วย RFID 40
3.9 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 41
3.10 วงจรบอร์ด ID -20 ที่เชื่อมต่อกับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียง 42
3.11 วงจรจอแสดงผลระบบสัมผัส 44
3.12 วงจรบอร์ด ID-20 ที่เชื่อมต่อกับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายสัญญาณเสียง 45
3.13 วงจรเชื่อมต่อบอร์ด ID-20 ที่เชื่อมต่อกับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายสัญญาณเสียง 46
3.13 วงจรเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดแปลงสัญญาณ RS232 เป็น USB กับบอร์ดจอแสดงผลระบบ 47
3.14 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดแปลงสัญญาณ RS232 เป็น USB กับบอร์ดจอแสดงผลระบบ 47
3.15 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Real Time Clock กับบอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัสพิมพ์ลายจมูก 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

3.16 ยูสเคสไดอะแกรมในส่วนของผู้ใช้ระบบ 49
3.17 โฟล์วชาร์ตไดอะแกรมแสดงการอ่านค่าข้อมูลจากแท็ก 50
3.18 โฟล์วชาร์ตไดอะแกรมแสดงตั้งค่า Real Time Clock 51
4.1 หน้าแรกการใช้งานโปรแกรมแก้ไขรูปภาพ 52
4.2 การนำไฟล์ภาพเข้ามายังโปรแกรม 53
4.3 หน้าต่างการย่อ/ขยายรูปภาพ 53
4.4 ขั้นตอนการนำไฟล์เข้าโปรแกรมย่อ/ขยายภาพ 54
4.5 การใช้งานโปรแกรมย่อ/ขยายภาพ 54
4.6 การทำงานและการบันทึกข้อมูลโปรแกรมย่อย/ขยาย รูปภาพ 55
4.7 การนำรูปภาพเข้าโปรแกรมแก้ไขรูปภาพ 55
4.8 แก้ไขภาพเพื่อให้รูปภาพที่สมบูรณ์ 56
4.9 การจัดเก็บข้อมูลไฟล์ภาพ เป็น Text File 56
4.10 หน้าแรกโปรแกรมพิสูจน์เอกลักษณ์ของโค 57
4.11 การเปิดไฟล์รูปโคต้นแบบที่ต้องการค้นหาข้อมูล 57
4.12 ขั้นตอนการทำงานโปรแกรมพิสูจน์เอกลักษณ์ของโค 58
4.13 ขั้นตอนการประมวลผลโปรแกรมพิสูจน์เอกลักษณ์ของโค 58
4.14 ภาพลักษณ์ลายพิมพ์จมูกที่ผ่านกระบวนการแล้วของโคตัวที่ 1 59
4.15 ภาพลักษณ์ลายพิมพ์จมูกที่ผ่านกระบวนการแล้วของโคตัวที่ 2 59
4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างแบบยูคลิดของโคตัวที่ 1 60
4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างแบบยูคลิดของโคตัวที่ 2 60
4.18 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างแบบยูคลิดของโคทั้งสองตัว 61
4.19 ภาพต้นแบบโคตัวที่ 1 ก่อนผ่านกระบวนการ 61
4.20 ภาพหลังผ่านการ normalization ของโคตัวที่ 1 61
4.21 ภาพหลังผ่านกระบวนการ PCA ของโคตัวที่ 1 62
4.22 ภาพต้นแบบโคตัวที่ 2 ก่อนผ่านกระบวนการ 62
4.23 ภาพหลังผ่านการ normalization ของโคตัวที่ 2 62

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

4.25 แสดงหน้าต่างแรกของโปรแกรมเก็บฐานข้อมูลของสัตว์ 63
4.26 การกรอกข้อมูล 63
4.27 การกรอกข้อมูลเรียบร้อย 64
4.28 การกรอกรหัสประจำตัวโคซ้ำ 64
4.29 ผลของการแก้ไขข้อมูล 65
4.30 หน้าต่างโปรแกรมการค้นหาข้อมูล 65
4.31 ข้อมูลของการค้นหาข้อมูล 66
4.32 ข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล 66
4.33 จอแสดงเมนูหน้าหลักของแอพพลิเคชัน 67
4.34 จอแสดงเมนูการตั้งค่า วัน เวลา 67
4.35 ข้อมูลการเก็บรหัสประจำสัตว์ 68
4.36 การแก้ไขข้อมูลการเก็บรหัสประจำสัตว์ 68
4.37 การแสดงแฟ้มข้อที่มีในหน่วยความจำ 69

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงการวิจัยนี้เป็นการนำเทคโนโลยีทางด้านการประมวลผลภาพ และ RFID มาใช้ระบุเอกลักษณ์ของสัตว์เศรษฐกิจของประเทศ อันมีแนวคิดที่ว่าเทคโนโลยีในการระบุตัวตนที่มีอยู่ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็น บัตรสมาร์ตการ์ด การสแกนลายนิ้วมือ การตรวจจับใบหน้า และ RFID เป็นต้น ส่วนใหญ่นำไปใช้งานกับมนุษย์ หรือสิ่งของต่างๆ เพื่อการยืนยันตัวบุคคลหรือสิ่งของ เพื่อการป้องกันและความปลอดภัย แต่ยังไม่นิยมนำมาใช้กับการเกษตรกรรม ทั้งที่การเกษตรกรรมของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวกับการทำฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่เป็นสัตว์เศรษฐกิจของประเทศถือว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก อาทิ เช่น การเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจเพื่อการบริโภค และการส่งออกนั้น จำเป็นจะต้องมีการนำเทคโนโลยีทางด้านการระบุตัวตนของสัตว์เข้ามาใช้เป็นอย่างมาก เพื่อการขยายพันธุ์ที่มีคุณภาพ เพื่อการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคติดต่อ การป้องกันการหลอกลวงขายสัตว์ที่ไม่ได้คุณภาพหรือเป็นโรคให้แก่เกษตรกรที่ไม่รู้ และเป็นการยกระดับมาตรฐานของสัตว์เศรษฐกิจให้เทียบเท่านานาชาติ ดังเช่นประเทศญี่ปุ่นที่ขึ้นชื่อในเรื่องของโคเนื้อที่มีคุณภาพนั้น ญี่ปุ่นได้ใช้เทคโนโลยีการระบุเอกลักษณ์ของโคจากลายจมูกของโค เป็นต้น จึงได้เกิดแนวคิดในการทำโครงการวิจัยนี้ขึ้นมา โดยอาศัยเทคโนโลยี RFID เข้ามารวมกับเทคโนโลยีการประมวลผลภาพแบบญี่ปุ่น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาให้มีการระบุเอกลักษณ์ตัวตนของสัตว์เศรษฐกิจให้มีความถูกต้องมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างระบบต้นแบบของระบบการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจโดยลายพิมพ์จมูก และ RFID
2. สามารถดูข้อมูลของสัตว์เศรษฐกิจเบื้องต้นผ่านเครื่องระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจด้วย RFID
3. สามารถดูข้อมูลของสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญสำหรับการยืนยันตัวตนผ่านทางระบบสารสนเทศ
4. เป็นการประยุกต์นำเทคโนโลยีทางด้านการประมวลผลภาพ และ RFID มาใช้งานร่วมกัน
5. ต้องการให้เป็นแนวคิดในการพัฒนาเพื่อการนำไปใช้งานทางด้านอื่นต่อไปได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของโครงงานวิจัยนี้จะทำเป็นระบบต้นแบบสำหรับระบบการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจโดยลายพิมพ์จมูก และ RFID โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือ ส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ อันได้แก่ ชุดของการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจด้วย RFID แบบมือถือ เพื่อทำระบุตัวตนของสัตว์เศรษฐกิจเบื้องต้นก่อน ส่วนประกอบที่สองได้แก่ ส่วนซอฟท์แวร์ ที่ทำหน้าที่เป็นระบบสารสนเทศที่แบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ คือ ส่วนของการระบุเอกลักษณ์ด้วยภาพพิมพ์ลายจมูก ส่วนการเก็บฐานข้อมูลที่สำคัญของสัตว์เศรษฐกิจ

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาในการทำโครงงานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 1 ปี เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2554 ไปจนถึง 30 กันยายน 2555 โดยแบ่งช่วงระยะเวลาในการดำเนินงานตามการทำงานในแต่ละส่วน ดังนี้

1. ช่วงศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการออกแบบระบบขั้นพื้นฐานจะอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม'54 ถึงธันวาคม'54

2. ช่วงประกอบฮาร์ดแวร์ จะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงเดือนพฤศจิกายน'54 ถึงมกราคม'55 เพื่อทดลองกับโปรแกรมที่เขียนแล้วหาข้อผิดพลาดเพื่อทำการปรับปรุงและแก้ไขระบบ และช่วงเดือนเมษายน'55 ถึงมิถุนายน'55 ทำการประกอบฮาร์ดแวร์ที่ทำการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว

3. ช่วงการพัฒนาโปรแกรมของระบบงานวิจัยนี้จะใช้ระยะเวลาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน'54 ถึงกรกฎาคม'55

4. ช่วงการทดลองและปรับปรุงระบบของโครงงานวิจัยจะเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม'55 ถึงกรกฎาคม'55

5. ช่วงการทำเอกสารงานวิจัยและเอกสารเผยแพร่ จะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงการส่งความคืบหน้าของโครงงานวิจัยจะอยู่ในช่วงเดือนมกราคม'55 ถึงมีนาคม'55 และช่วงการส่งเอกสารงานวิจัยฉบับสมบรูณ์ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม'55 ถึงเดือนกันยายน'55

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

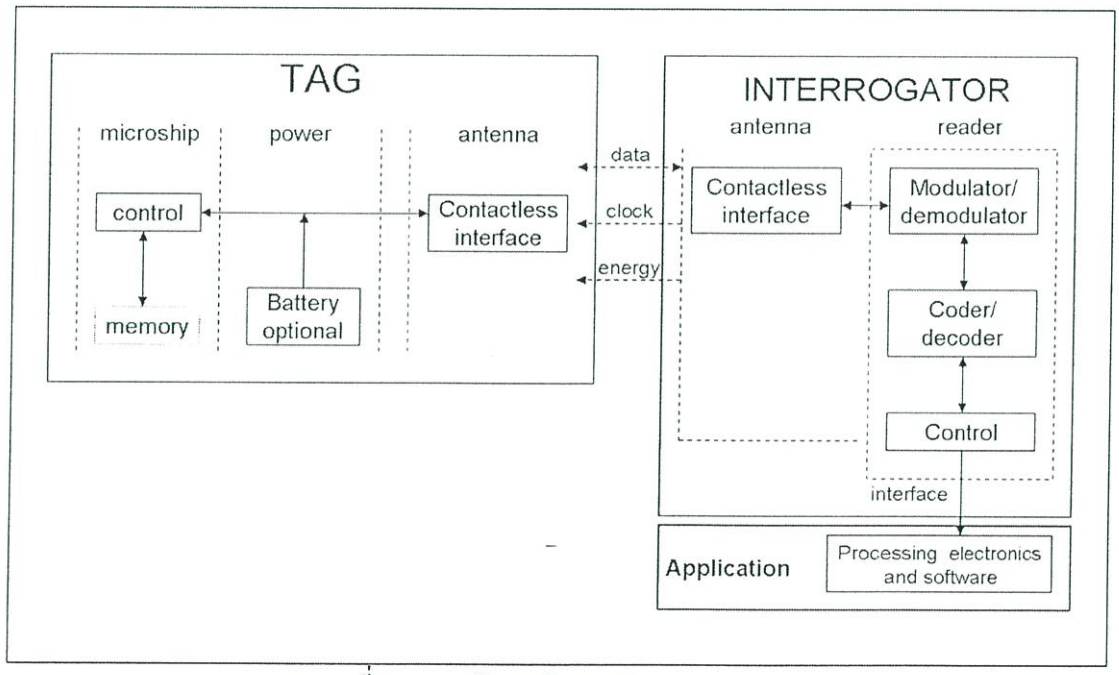
1. สามารถนำทฤษฎีการประมวลผลภาพ และ RFID มาประยุกต์ใช้ในการระบุเอกลักษณ์ของสัตว์เศรษฐกิจได้
2. สามารถเก็บและแก้ไขฐานข้อมูลของสัตว์เศรษฐกิจผ่านทางระบบสารสนเทศได้
3. ได้ระบบต้นแบบในการระบุเอกลักษณ์ของสัตว์เศรษฐกิจได้
4. สามารถสร้างเป็นองค์ความรู้และเผยแพร่ให้แก่ผู้ที่สนใจงานวิจัยทางด้านนี้ต่อไป
5. คาดว่าจะเป็นแนวคิดที่นำพัฒนาเพื่อการนำไปใช้งานทางด้านอื่นต่อไปได้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการวิจัยนี้ โดยจะแบ่งออกเป็น 6 หัวข้อ ได้แก่ ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวกับเทคโนโลยี RFID, ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์, ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม, ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวกับจอแสดงผลระบบสัมผัส, ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวกับหน่วยความจำ และการประมวลผลภาพดิจิตอล โครงการวิจัยนี้เป็นการนำความรู้และทฤษฎีในหลายๆ ด้านมาประยุกต์ใช้งานร่วมกัน ดังนั้นผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่จำเป็นต่อการทำวิจัยเท่านั้น เพื่อเป็นพื้นฐานให้กับผู้ที่สนใจ และง่ายต่อการศึกษาพัฒนาวิจัยต่อไป

2.1 เทคโนโลยี RFID (RFID: Radio Frequency Identification)

เทคโนโลยี RFID คือ ระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาหะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย (wireless) ระหว่างอุปกรณ์สองชนิดที่เรียกว่าป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์หรือแท็ก (Tag) และเครื่องอ่านข้อมูล (Reader) โดยการนำข้อมูลที่ต้องการจะส่ง มาทำการมอดูเลต (modulation) กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกผ่านทางสายอากาศที่อยู่ในตัวรับข้อมูล ดังแผนผังการทำงาน ในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แผนผังการทำงานของระบบ RFID

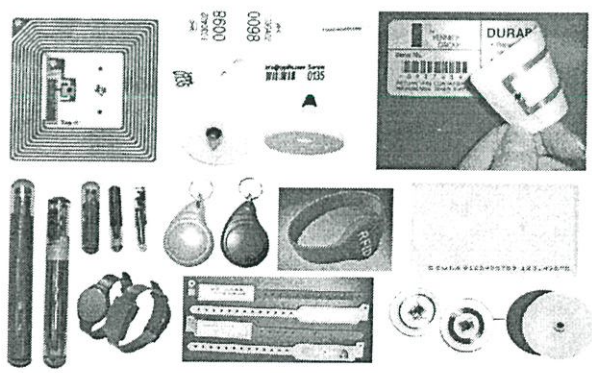
การประยุกต์การใช้งานเทคโนโลยี RFID มีลักษณะการใช้งานคล้ายคลึงกับระบบบาร์โค้ด แต่ยังสามารถรองรับความต้องการอีกหลายอย่างที่บาร์โค้ดไม่สามารถตอบสนองได้ เนื่องจากบาร์โค้ดเป็นระบบที่สามารถอ่านได้อย่างเดียว (read only) ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่บนบาร์โค้ดได้ แต่ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ระบบ RFID นั้น สามารถอ่านและบันทึกข้อมูลได้ ดังนั้นเราจึงสามารถเปลี่ยนแปลง หรือบันทึกข้อมูลลงในป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ได้ตามความต้องการ นอกจากนี้ระบบ RFID ยังสามารถใช้งานได้แม้ขณะวัตถุกำลังเคลื่อนที่ เช่น ในขณะสินค้ากำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานการผลิต (conveyor) หรือในบางประเทศได้มีการนำเอาระบบ RFID ไปใช้ในการเก็บค่าผ่านทางด่วน โดยที่ผู้ใช้บริการทางด่วนไม่ต้องหยุดรถเพื่อจ่ายค่าบริการ อีกทั้งเทคโนโลยี RFID สามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายชนิด เช่น น้ำ พลาสติก กระจก หรือวัสดุทึบแสงอื่นๆ ในขณะที่ระบบบาร์โค้ดทำไม่ได้

2.1.1 ส่วนประกอบของระบบ RFID

ระบบRFIDประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ

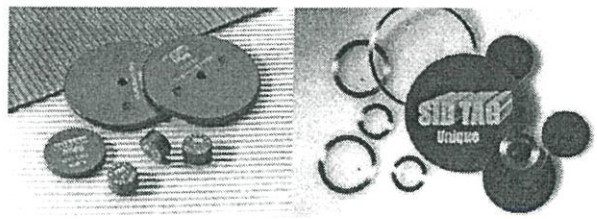
2.1.1.1 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์หรือแท็ก (Tag) เรียกอีกอย่างว่า ทรานสปอนเดอร์ (transponder) มาจากคำว่า ทรานสมิตเตอร์ (transmitter) ผสมกับคำว่า เรสปอนเดอร์ (responder) ซึ่งแปลตามความหมายจะได้ว่า อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณตอบสนอง ดังนั้นการสื่อสารระหว่างป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องอ่านข้อมูลจะทำแบบไร้สายผ่านอากาศ ภายในป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์จึงประกอบด้วย ชิปสารกึ่งตัวนำ (semiconductor chip) และสายอากาศ (antenna) ซึ่งเชื่อมต่อกันอยู่

โดยทั่วไปวัสดุต่างๆ ที่นำมาทำป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์หรือแท็กนี้ อาจเป็นกระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก ที่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำไปติด ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ที่พบได้บ่อย อาจมีรูปแบบดังนี้ เช่น บัตรเครดิต เหรียญ กระดุม ฉลากสินค้า กระเปาะแก้ว เป็นต้น ดังที่แสดงในภาพที่ 2.2

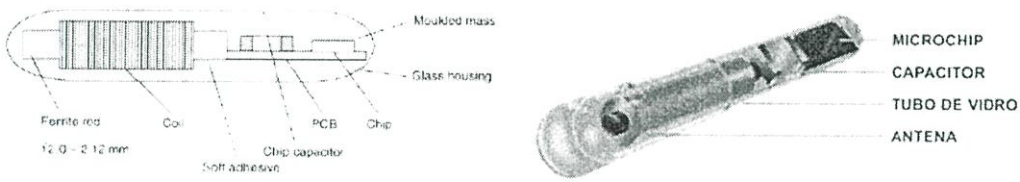


ภาพที่ 2.2 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์รูปแบบต่างๆ

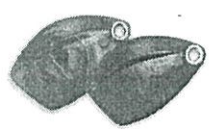
ตัวอย่างของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์หรือแท็กรูปแบบต่างๆ



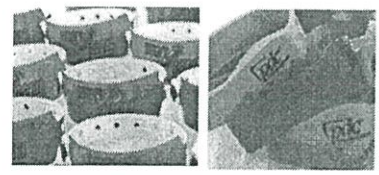
ภาพที่ 2.3 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบจานหรือเหรียญ (Disk and Coin)



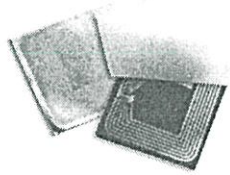
ภาพที่ 2.4 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบกระเปาะแก้ว (Glass Housing)



ภาพที่ 2.5 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์
แบบกุญแจ (Key and Key Fob)



ภาพที่ 2.6 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์
แบบ Wristband



ภาพที่ 2.7 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์
แบบ Smart Label

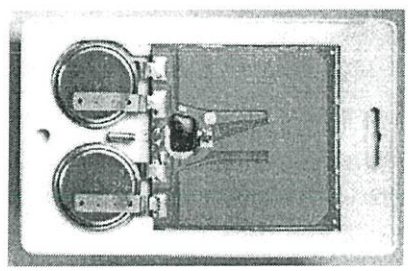
ภาพที่ 2.8 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์
แบบมาตรฐาน ID-1 (Smart Card)

ภาพที่ 2.9 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบกระดุม (Ear Tag)

ประเภทของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

1. Active Tag เป็นป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ที่มีแบตเตอรี่อยู่ภายใน เพื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้วงจรภายในทำงาน เราสามารถทั้งอ่านและเขียนข้อมูลลงในป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้ได้ และเนื่องจากมีแบตเตอรี่ภายในนี้เอง จึงทำให้ป้ายมีอายุการใช้งานจำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมด จะต้องนำป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ไปทิ้ง ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากมีการปิดผนึก (seal) ที่ตัวป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ จึงไม่สามารถเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้ แต่อย่างไรก็ตาม หากมีการออกแบบวงจรให้ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์กินกระแสไฟน้อย ก็อาจมีอายุการใช้งานนานนับสิบปีได้ ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดแอกทีฟนี้จะมีกำลังส่งสูงและมีระยะการรับส่งข้อมูลได้ไกลกว่าป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดพาสซีฟ นอกจากนี้ยังสามารถทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี

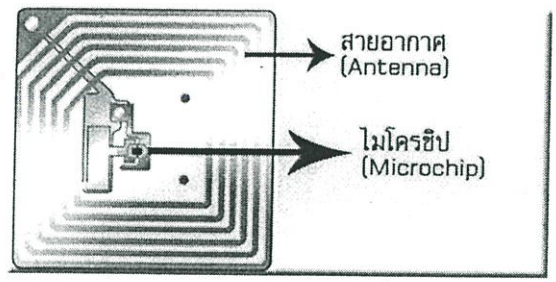
ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดแอกทีฟนี้ สามารถมีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ และสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 10 เมตร แต่มีข้อเสียคือ ขนาดค่อนข้างใหญ่และมีราคาต่อหน่วยสูงกว่า และมีอายุการใช้งานจำกัดตามที่ได้กล่าวไว้



ภาพที่ 2.10 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดแอกทีฟที่มีแบตเตอรี่ชนิดลิเธี่ยม 2 ก้อนอยู่ภายนอก

2. Passive Tag เป็นป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีแบตเตอรี่อยู่ภายใน ทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากเครื่องอ่าน จึงทำให้ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดพาสซีฟนี้ มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่าป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดแอกทีฟ อายุการใช้งานไม่ถูกจำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ แต่ข้อเสียคือ การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ในระยะใกล้ ตามคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ และมักเกิดปัญหาเมื่อนำไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่มีสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนสูง ป้ายระบุ

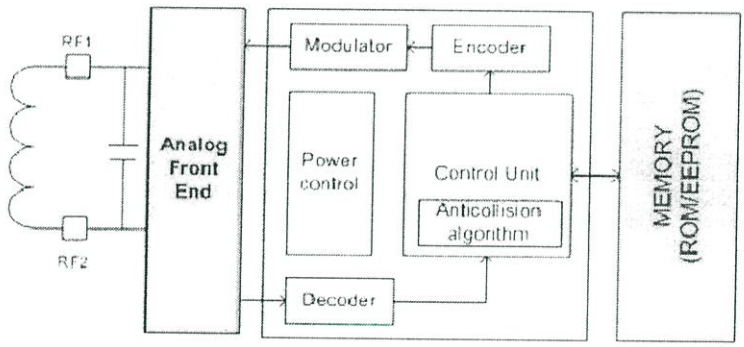
อิเล็กทรอนิกส์ชนิดพาสซีฟนี้มีหน่วยความจำขนาดเล็กประมาณ 16-1024 ไบต์ แต่ด้วยข้อได้เปรียบเรื่องราคาต่อหน่วยที่ต่ำกว่า อายุการใช้งานที่ไม่ถูกจำกัด ขนาดที่เล็กและเบา นี้เอง จึงทำให้ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดพาสซีฟนี้เป็นที่นิยมมากกกว่า



ภาพที่ 2.11 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดพาสซีฟ

โครงสร้างภายในของป้ายระบุอิเล็กทรอกนิกส์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

- ส่วนควบคุมการทำงานของภาครับส่งสัญญาณวิทยุ (analog front-end)
- ส่วนควบคุมภาคดิจิตอล (digital control unit)
- ส่วนหน่วยความจำ (memory) ซึ่งอาจเป็น ROM หรือ EEPROM



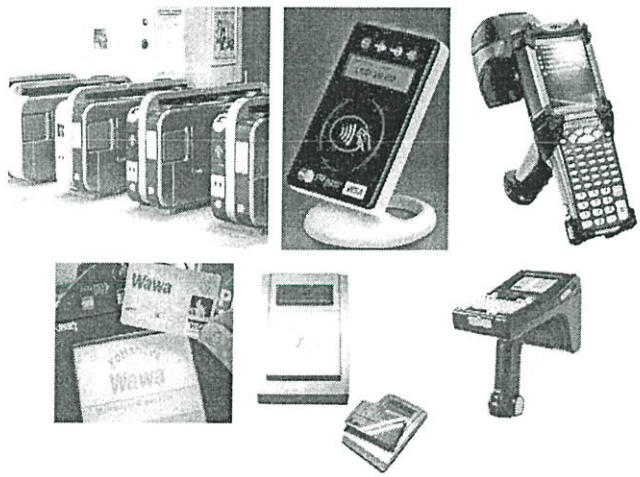
ภาพที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดพาสซีฟ

ไมโครชิปซึ่งอยู่ใน ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ จะมีหน่วยความจำซึ่งอาจเป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว (ROM) หรือทั้งอ่านทั้งเขียน (RAM) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน โดยปกติหน่วยความจำแบบ ROM จะใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัย เช่น ข้อมูลของบุคคลที่มีสิทธิผ่านเข้าออกในบริเวณที่มีการควบคุมหรือระบบปฏิบัติการ ในขณะที่ RAM จะใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างที่ป้ายและเครื่องอ่านทำการติดต่อสื่อสารกัน นอกจากนี้อาจมีการนำหน่วยความจำแบบ

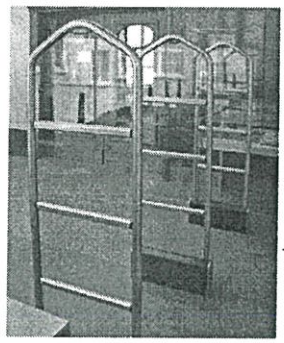
EEPROM มาใช้ ในกรณีต้องการเก็บข้อมูลในระหว่างที่ป้ายและเครื่องอ่านทำการสื่อสารกัน เนื่องจากข้อมูลจะยังคงอยู่ถึงแม้จะไม่มีพลังงานไฟฟ้าป้อนให้แก่ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ก็ตาม

ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์สามารถแบ่งตามรูปแบบการใช้งาน ได้ 3 แบบคือ ป้ายที่อ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read – Write), ป้ายที่เขียนได้ครั้งเดียวแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-Once, Read-Many หรือ WORM), และป้ายที่อ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-only)

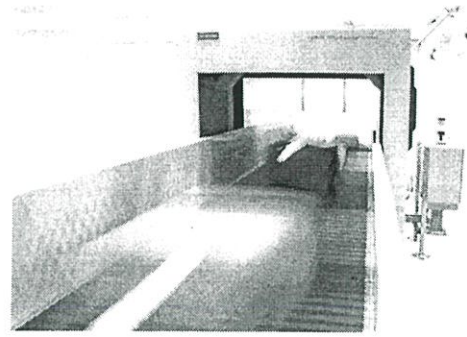
2.1.1.2 เครื่องอ่าน RFID (Reader) เรียกอีกอย่างว่า Interrogator มีหน้าที่รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ แล้วทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ถอดรหัสข้อมูล และนำข้อมูลผ่านเข้าสู่กระบวนการต่อไป เครื่องอ่านที่ดีจะต้องมีความสามารถในการป้องกันการอ่านข้อมูลซ้ำ เช่น ในกรณีที่ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ถูกวางทิ้งอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวอ่านข้อมูลสร้างขึ้น หรืออยู่ในระยะการรับส่ง ก็อาจทำให้ตัวอ่านข้อมูลทำการรับหรืออ่านข้อมูลจากป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ซ้ำอยู่เรื่อยๆ ไม่สิ้นสุด ดังนั้น เครื่องอ่านข้อมูลที่ดีจะต้องมีระบบป้องกันเหตุการณ์เช่นนี้ เราเรียกระบบนี้ว่า "Hands Down Polling" โดยตัวอ่านข้อมูลจะสั่งให้ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์หยุดการส่งข้อมูลในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ดังกล่าว หรือในกรณีที่ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์มากกว่าหนึ่งป้าย ถูกวางอยู่ ณ บริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเดียวกันและสะท้อนสัญญาณกลับมายังเครื่องอ่านเป็นเวลาพร้อมๆกัน ที่เรียกว่า "Batch Reading" ดังนั้นเครื่องอ่านข้อมูลควรมีความสามารถที่จะจัดลำดับการอ่านป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ได้



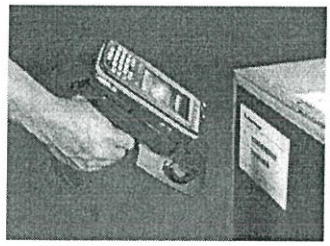
ภาพที่ 2.13 เครื่องอ่าน RFID รูปแบบต่างๆ



ภาพที่ 2.14 เครื่องอ่าน RFID แบบประตู



ภาพที่ 2.15 เครื่องอ่าน RFID แบบอุโมงค์

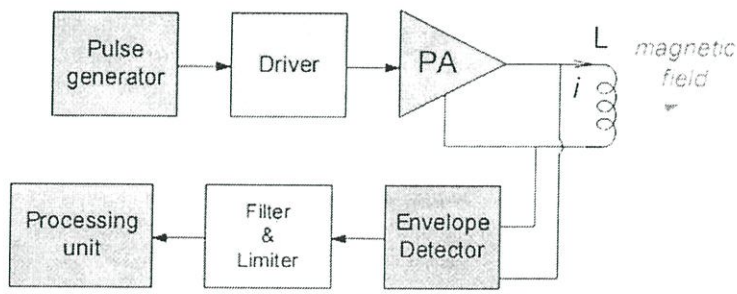


ภาพที่ 2.16 เครื่องอ่าน RFID แบบพกพา

ภาพที่ 2.17 เครื่องอ่าน RFID แบบติดผนัง

โครงสร้างภายในของเครื่องอ่านประกอบด้วยส่วนหลักๆ 6 ส่วน คือ

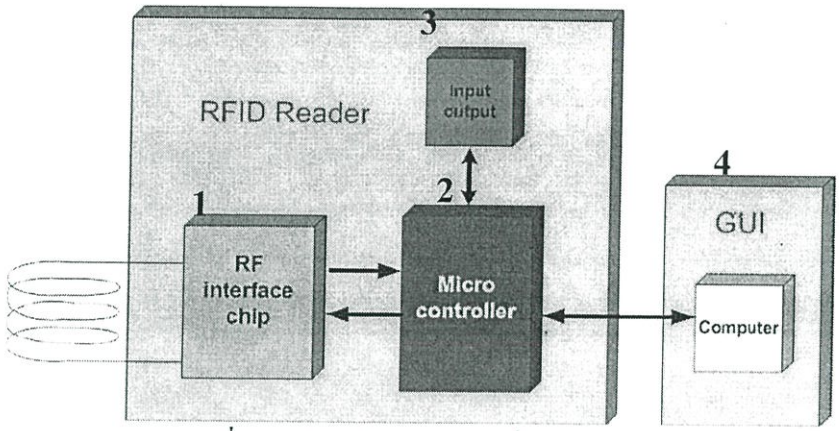
- ภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ
- ภาคสร้างสัญญาณพาหะ
- ขดลวดทำหน้าที่เป็นสายอากาศ
- วงจรจูนสัญญาณ
- หน่วยประมวลผลข้อมูล
- ภาคติดต่อกับคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 2.18 โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน

โดยทั่วไปหน่วยประมวลผลข้อมูลที่อยู่ภายในเครื่องอ่านมักใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอัลกอริทึมที่อยู่ภายในโปรแกรม จะทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูล (Decoding) ที่ได้รับและทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์

หน้าที่และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องอ่าน RFID



ภาพที่ 2.19 ส่วนประกอบของเครื่องอ่าน RFID

1. RF interface chip ทำหน้าที่

➢ แปลงสัญญาณอนาล็อกที่รับมาจากสายอากาศให้เป็นสัญญาณดิจิตอล และส่งไปยังหน่วยประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

➢ แปลงสัญญาณดิจิตอลที่รับมาจากหน่วยประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นสัญญาณอนาล็อก แล้วส่งไปยังสายอากาศ

2. Microcontroller ทำหน้าที่

➢ ควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านRFID

➢ ถอดรหัสสัญญาณตามรูปแบบที่เข้ารหัสมา เช่น Manchester หรือ Bi-phase

3. Input/Output ทำหน้าที่

➢ เป็นตัวรับข้อมูลจากภายนอก เช่น แป้นพิมพ์ เป็นต้น

➢ เป็นอุปกรณ์ที่แสดงหรือควบคุมอุปกรณ์ที่อยู่ภายนอก เช่น 7-Segment, หน้าจอแสดงผล เป็นต้น

4. Graphic User Interface ทำหน้าที่

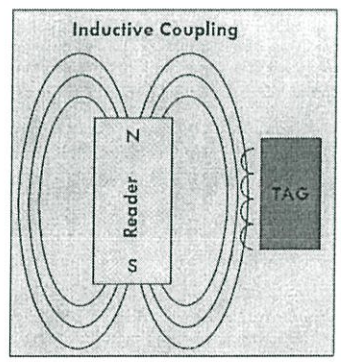
➢ แสดงผลของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย

➢ ควบคุมการทำงานของเครื่องอ่านRFID

2.1.2 วิธีการสื่อสารข้อมูลในระบบRFID ทำได้อย่างไร

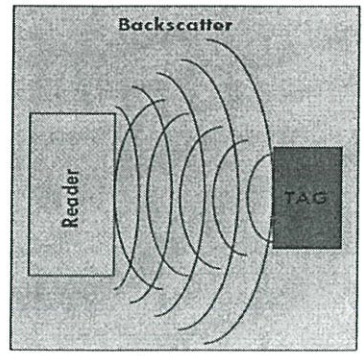
การสื่อสารข้อมูลของระบบRFID คือ การสื่อสารระหว่างป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์กับเครื่องอ่าน ทำได้โดยการสื่อสารแบบไร้สายผ่านอากาศ โดยไมโครชิปในเครื่องอ่านจะนำข้อมูลมาทำการมอดูเลต (modulation) กับคลื่นพาหะที่เป็นคลื่นความถี่วิทยุโดยมีสายอากาศ (antenna) ที่อยู่ในเครื่องอ่านข้อมูลทำหน้าที่เป็นตัวรับและส่งคลื่น สามารถแบ่งวิธีการรับส่งคลื่นนี้ได้เป็น 2 วิธี

2.1.2.1 วิธีเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Inductive Coupling) เรียกอีกอย่างว่า proximity electromagnetic เป็นการวิธีการทำงานของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบพาสซีฟ ใช้ในย่านความถี่ต่ำและสูง (LF: Low Frequency และ HF: High Frequency) การเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการอยู่ใกล้กันของขดลวดในเครื่องอ่านที่กำลังทำงานและสายอากาศของป้าย ทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานจากเครื่องอ่านไปยังไมโครชิปในป้าย ผ่านสนามแม่เหล็กฟ้าที่เกิดขึ้น เมื่อไมโครชิปได้รับพลังงานก็จะทำงานตามลักษณะเฉพาะของข้อมูลรหัสประจำตัว ปฏิกิริยาของไมโครชิปดังกล่าวเครื่องอ่านจะรับรู้ได้ผ่านสนามแม่เหล็กและจะทำการตีความเป็นข้อมูลดิจิตอลแสดงถึงรหัสประจำตัว ที่ส่งมาจากป้ายได้ ด้วยเงื่อนไขในการเหนี่ยวนำแบบชักพา (Inductive) ทำให้การรับส่งข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนัก ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบพาสซีฟโดยทั่วไประยะอ่านสูงสุดไม่เกิน 1 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังงานของเครื่องส่งและคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้



ภาพที่ 2.20 การสื่อสารระหว่างป้ายกับเครื่องอ่านด้วยวิธีการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.2.2 วิธีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Propagation Coupling) เรียกอีกอย่างว่า Backscattering เป็นการวิธีการทำงานของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบแอกทีฟ ใช้ในย่านความถี่สูงยิ่งและไมโครเวฟ (UHF: Ultra High Frequency และ microwave) การทำงานของป้ายจะอาศัยหลักการคู่ควบแบบแผ่กระจาย (Propagation coupling) โดยที่สายอากาศของเครื่องอ่านจะส่งพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปคลื่นวิทยุออกมา เมื่อป้ายได้รับสัญญาณผ่านสายอากาศ จะสะท้อนกลับ (backscattering) คลื่นซึ่งถูกปรับค่าตามรหัสประจำตัวไปยังเครื่องอ่าน



ภาพที่ 2.21 การสื่อสารระหว่างป้ายกับเครื่องอ่านด้วยวิธีการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.3 ย่านความถี่ที่ใช้งานในระบบRFID

ปัจจุบันย่านความถี่ ISM (Industrial-Scientific-Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่กำหนดในการใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ สามารถใช้งานได้โดยไม่ตรงกับย่านความถี่ที่ใช้งานในการสื่อสารโดยทั่วไป โดยมี 4 ย่านความถี่ใช้งาน คือ

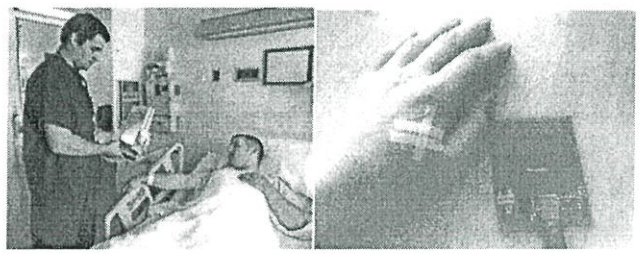
- ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency : LF) ต่ำกว่า 150 kHz
- ย่านความถี่สูง (High Frequency : HF) 13.56/27.125 MHz
- ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency : UHF) 433/868/915 MHz
- ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave Frequency) 2.45/5.8 GHz

ตารางที่ 2.1 ความถี่คลื่นวิทยุที่นิยมใช้งานทั่วไปสำหรับระบบRFID

ย่านความถี่	แท็กที่ใช้งาน	ระยะการอ่าน	การใช้งานเบื้องต้น
ย่านความถี่ต่ำ (125-150 KHz) ISO 18000-2	พาสซีฟแท็ก	< 1 เมตร (10 ซม.)	ระบบระบุรหัสประจำตัวสัตว์ บัตรผ่านเข้า-ออกประตู
ย่านความถี่สูง (13.56 MHz) ISO 18000-3	พาสซีฟแท็ก	< 1.5 เมตร (~1 เมตร)	สมาร์ทการ์ด, ตั๋วโดยสาร บัตรเติมเงิน, ห้องสมุด
ย่านความถี่สูงยิ่ง (433 MHz) ISO 18000, Part 7	แอกทีฟแท็ก	1-100 เมตร	ระบบคลังสินค้า ระบบลอจิสติกส์
ย่านความถี่สูงยิ่ง (860-960 MHz) ISO 18000, Part 6	พาสซีฟแท็ก	2-5 เมตร	ระบบ EPC, ระบบคลังสินค้า ระบบลอจิสติกส์
ย่านความถี่ไมโครเวฟ (2.45 GHz) ISO 18000, Part 4	พาสซีฟแท็ก	1-2 เมตร	ไวร์เลสแลน บลูทูธ

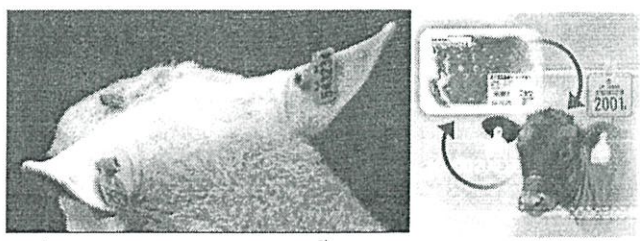
2.1.4 การนำเทคโนโลยีRFIDไปใช้งานในด้านต่างๆ

2.1.4.1 การแพทย์และการสาธารณสุข (Healthcare) ใช้เทคโนโลยีRFIDงานในด้าน Asset tracking ซึ่งหมายถึงการติดตามทำทะเบียน สำหรับเครื่องมือแพทย์ที่มีราคาแพง ทำให้สามารถตรวจสอบการเก็บรักษาเครื่องมือแพทย์ได้สะดวกรวดเร็ว นอกจากนี้ยังใช้เสริมการผลิตในการตรวจสอบยาปลอม เพื่อป้องกันความสูญเสียของผู้ผลิตจากสินค้าเลียนแบบ และป้องกันไม่ให้ผู้ป่วยได้รับยาที่ไม่มีคุณภาพหรือยาปลอมได้ หรือในกรณีฝังป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ไว้ใต้ผิวหนังของคนไข้ เพื่อความสะดวกในการรักษาและติดตามข้อมูลการรักษา เพื่อที่แพทย์ซึ่งไม่ใช่แพทย์ที่ดูแลผู้ป่วยตั้งแต่ต้น สามารถรับทราบประวัติการรักษาผู้ป่วยจากแพทย์คนก่อนหน้าได้อย่างถูกต้อง



ภาพที่ 2.22 การฝังชิปในผู้ป่วยเพื่อช่วยในการติดตามการรักษาอย่างใกล้ชิด

2.1.4.2 การระบุตัวตนในสัตว์และการตรวจสอบอาหารย้อนกลับ (Animal Identification and Food Traceability) เหมาะอย่างยิ่งสำหรับประเทศเกษตรกรรม เช่น ประเทศไทย เทคโนโลยีRFIDนี้ช่วยพัฒนางานด้านปศุสัตว์ให้เป็นระบบฟาร์มออโตเมชัน ด้วยการนำชิปRFIDติดที่ตัวสัตว์ การตรวจสอบข้อมูลด้านสายพันธุ์ ปริมาณการให้อาหาร ประวัติการฉีดวัคซีนและการควบคุมโรคติดต่อในสัตว์เหล่านี้ สามารถตรวจสอบได้ทั้งสิ้น รวมถึงการตรวจย้อนกลับถึงแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์อาหาร (Food Traceability) ว่ามีแหล่งที่มาจากประเทศที่มีการแพร่ระบาดของโรคติดต่อ, ประสบปัญหาด้านการปนเปื้อน หรือมีมาตรฐานด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหารที่เข้มงวดหรือไม่



ภาพที่ 2.23 การติดแท็กในสัตว์ตั้งแต่ระดับสัตว์เป็นใช้ประโยชน์ด้านการติดตามในสัตว์และการตรวจย้อนกลับในอาหาร

2.1.4.3 การจัดการห่วงโซ่อุปทานและลอจิสติกส์ (Supply Chain and Logistics)

ในสายการผลิต เทคโนโลยีRFIDเข้ามามีบทบาท ยกตัวอย่าง เช่น การใช้งานในโรงงานโดยการติดป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ไว้กับชิ้นงาน เมื่อชิ้นงานผ่านสายพานการผลิต แต่ละแผนกจะรู้ว่าต้องทำอย่างไร ประกอบชิ้นงานอะไรบ้าง และต้องส่งงานไปยังสถานีใดต่อไป ซึ่งส่งผลให้การควบคุมคุณภาพสินค้าสามารถทำได้ง่ายขึ้น

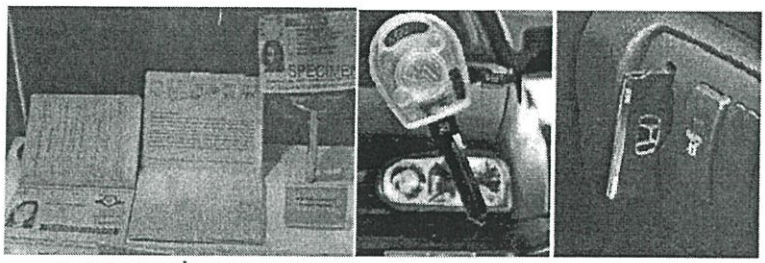
ในภาคการขนส่งและกระจายสินค้า เทคโนโลยีRFIDถูกใช้ในการตรวจสอบการเข้าออกของสินค้า ตลอดจนจำนวนสินค้าคงคลังที่เหลืออยู่ และสามารถเตือนภัยได้อัตโนมัติในกรณีที่สินค้าซึ่งเป็นวัตถุอันตราย 2 ชนิดถูกวางไว้ใกล้กัน

ในการค้าปลีก เทคโนโลยีRFIDช่วยให้การชำระเงินของลูกค้าสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น อีกทั้งผู้ค้ายังสามารถรู้อุปสงค์ของลูกค้าได้ละเอียดถึงสินค้าเป็นรายชนิด และรู้พฤติกรรมของผู้บริโภคด้วยการติดเครื่องอ่านป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ไว้ที่ชั้นวางสินค้าทุกชั้น ทำให้การบริหารสินค้าคงคลัง การวางแผนการขายและการจัดวางสินค้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาพที่ 2.24 องค์ประกอบของการจัดการด้านลอจิสติกส์

2.1.4.4 งานห้องสมุด (Library) เทคโนโลยีRFIDช่วยให้การยืมและคืนทรัพยากรสารนิเทศห้องสมุด เป็นไปอย่างอัตโนมัติ และมีการสำรวจทรัพยากรและการจัดชั้นหนังสือเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยรักษาความปลอดภัยหากเกิดการนำทรัพยากรสารนิเทศใดๆ ออกจากห้องสมุดโดยไม่ผ่านขั้นตอนการยืมและคืน

2.1.4.5 การตรวจสอบการเข้า-ออก (Access Control) เทคโนโลยีRFIDถูกนำไปใช้ในการควบคุมการเข้าออกอาคาร หรือ สถานที่ต่างๆ ของบุคคล และสิ่งของใดๆก็ตามที่มีป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ติดอยู่ โดยใช้ตรวจสอบเวลาเข้าออก และการเข้ารหัสเพื่อใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ได้ด้วย ป้ายระบุยังถูกนำไปใช้ระบุตัวบุคคลที่เชื่อมโยงกับหนังสือเดินทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-Passport) และบัตรประชาชนอิเล็กทรอนิกส์ (e-Citizen) ได้อีกด้วย การใช้ประโยชน์ในระบบยานยนต์ก็สามารถทำได้ โดยใช้กุญแจอิเล็กทรอนิกส์ (Immobilizer) ในรถยนต์ เพื่อป้องกันการโจรกรรมรถยนต์



ภาพที่ 2.25 การใช้แท็กเพื่อประโยชน์ด้านการระบุตัวตนบุคคลและ กุญแจอิเล็กทรอนิกส์

2.1.5 การใช้เทคโนโลยีRFIDในด้านการระบุตัวตนในสัตว์

การใช้เทคโนโลยีRFIDในด้านต่างๆ มีใช้แพร่หลายในประเทศที่มีภาคอุตสาหกรรมและบริการโดดเด่นในเวทีระดับโลก ประเทศไทยซึ่งมีธุรกิจภาคการเกษตรที่โดดเด่นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ก็มีผู้ประกอบการที่มีความตื่นตัวและให้ความสนใจในการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ เช่น บริษัทจันทบุรีโฟรเซ่นฟู้ด จำกัด และโรงงานในกลุ่มบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) เป็นต้น การนำเทคโนโลยีRFIDมาใช้ในการระบุตัวตนในสัตว์มีข้อที่ต้องคำนึงถึงหลายประการด้วยกัน

2.1.5.1 รูปแบบของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในสัตว์ ที่ใช้ในปัจจุบัน มี 2 รูปแบบ คือ

➢ **Ear Tag** หรือป้ายระบุอิเล็กทรอนิกชนิดกระดุม เป็นรูปแบบที่นิยมใช้ในสุกร หากต้องการใช้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องก็สามารถทำได้ แต่ไม่ค่อยนิยมเนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องหลายชนิดใช้หูในการกวัดแกว่งไล่แมลง จึงมีโอกาสที่หูของสัตว์จะฉีกขาดทำให้ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์สูญหายได้ การใช้งานทำโดยการติดลงที่หูของสัตว์

ภาพที่ 2.26 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดกระดุม (Ear Tag)

➢ **Rūmen bolus** คือรูปแบบของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ โค กระบือ แพะ แกะ การใช้งานทำโดยการป้อนให้เข้าไปอยู่ในกระเพาะพักของสัตว์ (Rumen) ที่มี 4 กระเพาะ โดยที่สามารถอ่านได้ด้วยเครื่องอ่านRFIDจากภายนอกตัวสัตว์ รูปแบบของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้ สามารถทำจากวัสดุได้หลายชนิด ตัวอย่างเช่น Ceramic bolus และ Alumina bolus

ข้อดีของป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์แบบ Rumen bolus คือ สามารถทนต่อการกัดกร่อนจากความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร, คลื่นวิทยุไม่ถูกขัดขวางการทำงาน, ไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ที่ใช้บริโภค เพราะไม่ได้อยู่ในเนื้อเยื่อของสัตว์ จึงจัดว่าเป็นการระบุตัวตนในสัตว์ได้แม่นยำมากกว่าป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นๆ เช่นถ้าเทียบกับป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิดกระดุม (Ear tag) แล้วป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิด Rumen bolus มีอัตราการสูญหายน้อยกว่า เนื่องจากการนำออกจากตัวสัตว์ทำได้ยากกว่า

ภาพที่ 2.27 ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ชนิด Rumen bolus

2.1.5.2 มาตรฐานที่ใช้ในการระบุตัวตนในสัตว์

องค์กรที่กำหนดมาตรฐานการใช้งานRFIDที่ใช้ในการระบุตัวตนในสัตว์นี้ คือ ISO (International Organization for Standardization) ซึ่งเป็นองค์ระหว่างประเทศที่ว่าด้วยการมาตรฐานเป็นองค์ชำนาญการพิเศษ ไม่ใช่หน่วยงานรัฐบาล เกิดจากการรวมตัวระหว่างองค์กรอุตสาหกรรมนานาชาติ มีพันธะสัญญาที่จะพัฒนามาตรฐานด้านอุตสาหกรรม ประกอบด้วย สมาชิก 110 ประเทศ แต่ละประเทศจะมีหน่วยงานทางด้านมาตรฐานของประเทศนั้นๆ เป็นตัวแทน โดย ISO มีการระบุมาตรฐานการใช้งานการระบุตัวตนในสัตว์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน

- **ISO/IEC 11784 Code Structure** มาตรฐานนี้ใช้ระบุโครงสร้างของข้อมูลในการระบุรหัสประจำตัวสัตว์ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 64 บิต โดยจะระบุถึงประเทศ ชนิดของสัตว์ รหัสสัตว์ เป็นต้น

- **ISO/IEC 11785 Technical Concept** มาตรฐานนี้ใช้ระบุวิธีการส่งข้อมูล (Transmission Method) ข้อมูลเชิงเทคนิคอื่นๆ ในการติดต่อระหว่างป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์กับเครื่องอ่าน โดยทั้งนี้ได้กำหนดคลื่นความถี่ในการรับส่งข้อมูลคือ 134.2 KHz ± 1.8 KHz และได้กำหนดวิธีการส่งไว้ 2 ลักษณะ คือแบบ Full-Duplex ซึ่งใช้การส่งข้อมูลแบบ AM และแบบ Half-Duplex ซึ่งใช้ในการส่งข้อมูลแบบ FM

➢ **ISO/IEC 14223 Advance Transponder** มาตรฐานนี้เป็นการปรับปรุงจากมาตรฐานเดิมเบื้องต้น (ISO 11784/85) โดยสามารถทำให้ป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติในการทำงานที่ดีขึ้น ในแง่ของการจัดการข้อมูลในหน่วยความจำขนาดใหญ่ได้ดีมากยิ่งขึ้น

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM (Advanced RISC Machine)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่มีโครงสร้างแบบวงจรรวมที่เรียกว่า ไอซี(IC: Integrate Chip) มีวงจรย่อยๆ อยู่ภายในไอซี โดยมีที่มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ ไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็ก และคำว่า คอนโทรลเลอร์ (controller) หมายถึงตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่มีความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central Processing Unit: CPU), หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (Arithmetic Logic Unit: ALU), วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) หน่วยความจำ (Memory : ROM, RAM) วงจรรับสัญญาณอินพุทและขับสัญญาณเอาท์พุท (I/O Port)

ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีหลายตระกูล หนึ่งในนั้นได้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจาก สถาปัตยกรรมของ ARM ถูกออกแบบโดยแนวความคิด RISC (Reduce Instruction Set Computer) ซึ่งหมายความว่า ออกแบบมาเพื่อลดจำนวนคำสั่งให้เหลือน้อยที่สุด ทำให้เกิดการประมวลที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ARM กำหนดให้ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) แต่ละตัวทำงานจำกัดเฉพาะงานบางอย่าง ซึ่งโดยทั่วไป ARM โปรเซสเซอร์มีคุณสมบัติดังนี้

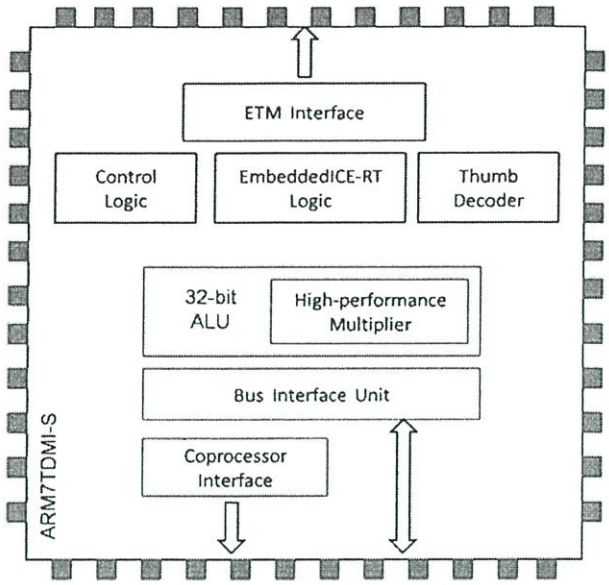
1. มีกลุ่มของรีจิสเตอร์จำนวนมาก เพื่อรองรับการทำงานที่หลากหลาย

2. ใช้สถาปัตยกรรมแบบ load and store กล่าวคือ เมื่อมีการกระทำคำสั่ง ข้อมูลของคำสั่งจะถูกคัดลอกจากหน่วยความจำไปยังรีจิสเตอร์ แล้วจึงประมวลผล ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้อาจเก็บในรีจิสเตอร์เพื่อประมวลผลต่อไป หรือคัดลอกจากรีดิสเตอร์กลับไปบันทึกลงหน่วยความจำ

3. สามารถกระทำคำสั่งเลื่อนข้อมูลและประมวลผลคณิตศาสตร์และลอจิกได้หนึ่งคำสั่งโดยใช้เวลาเพียง 1 ไซเคิลสัญญาณนาฬิกา

4. คำสั่งทั้งหมดต้องใช้รูปแบบประมวลผลข้อมูล 3 แอดเดรส ประกอบด้วย 2 แอดเดรสของรีจิสเตอร์ที่กระทำคำสั่ง และแอดเดรสของรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บผลลัพธ์

5. ชุดคำสั่งมีขนาดคงที่ (32 บิต)



ภาพที่ 2.28 โครงสร้างการทำงานของ ARM7TDMI-S

และเนื่องจาก ARM โปรเซสเซอร์ไม่รองรับการทำงานระหว่างหน่วยความจำต่อหน่วยความจำ (memory-to-memory operations) คำสั่งการทำงานของ ARM โปรเซสเซอร์จึงมีลักษณะการทำงานได้ 3 กรณีดังนี้

- คำสั่งประมวลผลข้อมูล (Data processing instructions) การทำงานลักษณะนี้จะมีการใช้และเปลี่ยนแปลงเฉพาะค่าของรีจิสเตอร์ ยกตัวอย่าง คำสั่งบวกค่าระหว่างรีจิสเตอร์ 2 ตัว เข้าด้วยกัน แล้วนำค่าผลลัพธ์เก็บลงในรีจิสเตอร์
- คำสั่งถ่ายทอดข้อมูล (Data transfer instructions) เป็นการคัดลอกข้อมูลจากหน่วยความจำลงในรีจิสเตอร์ (load) หรือคัดลอกค่าจากรีจิสเตอร์ลงในหน่วยความจำ (store) ในรูปแบบการทำงานแบบนี้ยังใช้ในการกำหนดค่าของระบบ และเปลี่ยนค่าของหน่วยความจำด้วยค่าของรีจิสเตอร์
- คำสั่งควบคุมการดำเนินไปของโปรแกรม (Control flow instructions) โดยปกติการเอ็กซิคิวต์คำสั่งจะกระทำเรียงตามลำดับแอดเดรสที่กำหนดในหน่วยความจำ คำสั่งควบคุมการดำเนินไปของโปรแกรมจะทำให้เกิดการเอ็กซิคิวต์สามารถเปลี่ยนตำแหน่งแอดเดรสได้ หรือบันทึกค่าแอดเดรสที่ต้องการกลับมาหลังจากกระโดดไปทำงานที่อื่น เพื่อให้สามารถทำงานตามลำดับของโปรแกรมหลักได้ โดยใช้ชุดคำสั่งกระโดดและเชื่อมโยง (branch and link instructions) รวมไปถึงการตรวจสอบรหัสโปรแกรมของระบบ (supervisor calls) ได้

หัวใจสำคัญของการทำงานของ ARM7 คือ กระบวนการไปป์ไลน์ (instruction pipeline) มีด้วยกัน 3 ระดับ นั่นคือในขณะที่โปรเซสเซอร์กำลังเอ็กซิคิวต์คำสั่งที่ 1 มันสามารถถอดรหัสคำสั่งที่ 2 ไปพร้อมกับการเฟตซ์คำสั่งที่ 3 ด้วย

จากความสามารถเพิ่มเติมนี้เองที่ทำให้ ARM ต่างจาก RSIC ทั่วไป มีประสิทธิภาพสูงกว่า กินพลังงานต่ำกว่า และ มีขนาดของ die เล็กมาก นิยมใช้ในระบบคอมพิวเตอร์ฝังตัว ปัจจุบันนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM ส่วนใหญ่จะถูกฝัง ISP (In System Programming) ไว้ ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรม ของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้กล่องสำหรับเขียน

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม

การรับส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกหรือการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกันมี 2 รูปแบบคือ รับส่งข้อมูลแบบขนานและรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

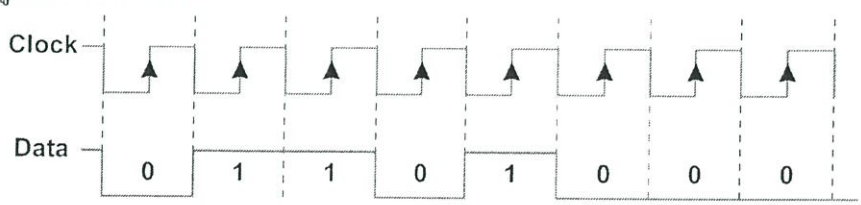
การรับส่งข้อมูลแบบขนานเป็นการรับและส่งข้อมูลคราวละ 4-8 บิตในเวลาเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลมีความเร็วสูง แต่จำนวนสายที่ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูลมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่จะทำการถ่ายทอด นอกจากนั้นยังมีสายที่ใช้สำหรับการควบคุมและตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจต้องใช้จำนวนสายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลก็ได้

ในขณะที่การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเป็นการรับและส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต โดยมีรูปแบบการรับส่งข้อมูลที่เป็นมาตรฐาน ต้องมีการตรวจสอบความพร้อมในการรับและส่งข้อมูลของตัวส่งและตัวรับ

การสื่อสารแบบอนุกรมแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การสื่อสารแบบอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

2.3.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมกันอยู่กับการรับและส่งสัญญาณ ตัวอย่างของการส่งแบบซิงโครนัส ได้แก่คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีสายเส้นหนึ่งเป็นสายของนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นหนึ่งจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูล และกราวด์ ภาพที่ 2.29 แสดงให้เห็นถึงการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส



ภาพที่ 2.29 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

2.3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

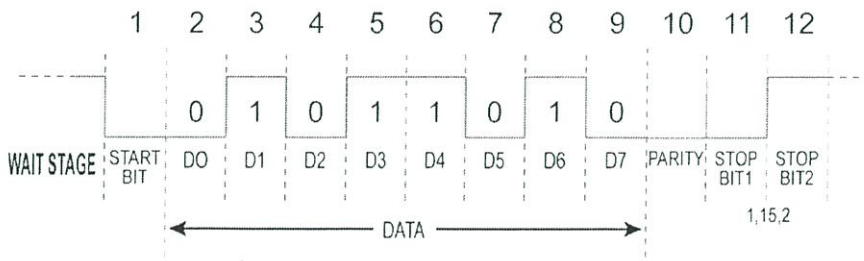
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือการรับและส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกามาร่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดอัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราความเร็วนี้ว่าอัตราบอด (Baud Rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit)
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มีบิต
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (Stop Bit) มีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต

ภาพที่ 2.30 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (Waiting State) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการที่ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit: LSB) ก่อน ข้อมูลที่ต้องการส่งอาจมีจำนวน 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นตามด้วยพาริตี้บิต เพื่อใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล และบิตสุดท้ายก่อนที่จะส่งก็คือ บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด โดยจะเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อัตราบอดที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ได้แก่ 110 150 300 600 1,200 2,400 4,800 9,600 และ 19,200 บิตต่อวินาที โดยมีค่ามากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอัตราบอดคือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์ จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้อัตราบอดในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 ต่อวินาที ก็จะสามารถส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที



ภาพที่ 2.30 รูปแบบของข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดเป็นแบบคี่ (Odd) หรือแบบคู่ (Even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ พาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่แสดงถึงจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์ที่มีจำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าของพาริตี้บิตจะต้องมีลอจิกเป็น "0" แต่ถ้ากำหนดพาริตี้เป็นคี่ ค่าของพาริตี้บิตจะต้องมีค่าลอจิกเป็น "1" เพื่อให้ข้อมูลไบต์รวมทั้งบิตเป็นพาริตี้คี่

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ทางภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ที่ตรงกันเอาไว้ว่า จะตรวจสอบพาริตี้คี่ หรือพาริตี้คู่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งพาริตี้บิตด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ส่วนทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้รับทราบ กระบวนการดังกล่าวเป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะสามารถตรวจสอบได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น NONE นั้น ทั้งภาครับและภาคส่งจะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

2.3.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยความสามารถของ RS-232 ในอดีตนั้นออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้ส่งผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกล โดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Industries Association: EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้ขั้วต่อเป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีค่าระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 โวลต์จนถึง -12 โวลต์ แสดงว่ามีข้อมูล (mark) และค่าระดับสัญญาณ +3 โวลต์จนถึง +12 โวลต์ แสดงว่าเป็นช่องว่าง (space)

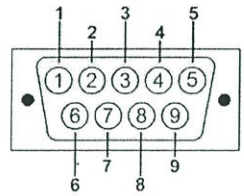
มาตรฐาน RS-232 ถูกใช้ในการกำหนดรูปแบบการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE ทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ ขั้วต่อของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนขั้วต่อของ DCE จะเป็นตัวเมีย โดยพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนขั้วต่อที่อยู่ในโมเด็มจะเป็นแบบ DCE

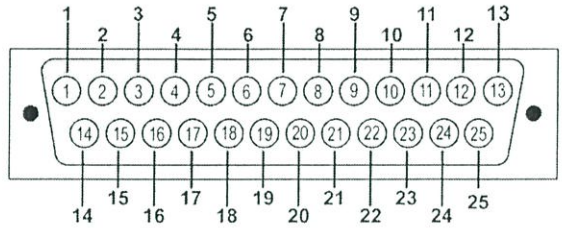
สำหรับการใช้งานคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 ถูกใช้เพื่อเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์กับโมเด็ม เมาส์ และเครื่องพิมพ์ที่สามารถใช้พอร์ตอนุกรมในการติดต่อได้

2.3.4 ขั้วต่อสำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้ขั้วต่อแบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งขั้วต่อแบบ DB-25 จะมีขาใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกับขั้วต่อแบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยมีการใช้งานมาในอดีต ในปัจจุบันไม่ค่อยมีความสำคัญมากนักจึงถูกยกเลิกไป ในภาพที่ 2.31 นั้นเป็นการแสดงตำแหน่งขาต่าง ๆ ของขั้วต่อทั้งสองแบบ โดยเป็นภาพที่มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์



(ก) ขั้วต่ออนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9



(ข) ขั้วต่ออนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25

ภาพที่ 2.31 ขั้วต่ออนุกรม

ตารางที่ 2.2 การจัดขาของสัญญาณพอร์ตอนุกรมในแบบต่าง ๆ และหน้าที่การทำงาน

ขั้วต่อ DB-9	ขั้วต่อ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RXD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TXD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Single Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

2.3.5 มาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (UART)

หน้าที่หลักของ UART คือแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากหน่วยประมวลผลกลางให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วทำการส่งข้อมูลออกไป และแปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่หน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังหน่วยประมวลผลกลางแล้ว ยังจะแจ้งรายละเอียดอื่น ๆ ของข้อมูลให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลหรืออัตราบอด รูปแบบการส่งข้อมูล ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งข้อมูล เช่น ความผิดพลาดจากพาริตี้ เฟรมข้อมูล โอเวอร์รัน (Overrun) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีวงจรสร้างโปรแกรมอัตราบอดได้ โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้จะมีขนาด 16 บิตดังนั้นจะสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1 ถึง 65,535

มาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสที่ใช้คอมพิวเตอร์โดยทั่วไปจะมี UART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์ คือ 8250 และ 16550 สำหรับ UART เบอร์ 8250 เป็น UART มาตรฐานที่ใช้กันมานาน UART เบอร์นี้มีบัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลและส่งข้อมูลเป็นตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาที สำหรับ UART เบอร์ 16550 จะเพิ่มส่วนของชิปรีจิสเตอร์แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์ ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ระดับ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้

2.4 จอแสดงผลระบบสัมผัส (Touch Screen Display)

จอแสดงผลระบบสัมผัสหรือทัชสกรีน เป็นจอแสดงผลชนิดพิเศษ สามารถรับคำสั่งงาน ได้ด้วยการใช้นิ้วกดสัมผัสที่ผิวของหน้าจอ โครงสร้างภายในของ จอแสดงผลระบบสัมผัสนี้ จะประกอบไปด้วย ชั้นบนซึ่งเป็นแผ่นพลาสติกใสฉาบตัวนำไฟฟ้าบางๆ จนแสงสามารถทะลุผ่านได้ ส่วนชั้นล่างเป็นแผ่นกระจกที่ฉาบตัวนำไฟฟ้าไว้เช่นเดียวกัน ทั้งสองชั้นจะถูกต่อวงจรไฟฟ้าทั้ง 4 ด้าน เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทุกด้าน เมื่อใช้นิ้วกดบนหน้าจอ ผิวพลาสติกชั้นบนก็จะโค้งลงไปกระทบกับแผ่นกระจกชั้นล่าง ทำให้ตัวนำไฟฟ้าที่ฉาบไว้แตะกัน เกิดเป็นกระแสแรงดันไหลผ่านเข้าไปในวงจร แล้วทำการคำนวณออกมาเป็นพิกัด X, Y ส่งให้กับตัวประมวลผลของอุปกรณ์ เพื่อที่จะแสดงผลคำสั่งออกมาบนหน้าจอ

จอทัชสกรีน (Touch Screen) หรือจอระบบสัมผัสเป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับควบคุมหรือแสดงผลสิ่งที่เป็นกราฟิกซึ่งโดยส่วนใหญ่ก็จะทำงานร่วมกับวงจรพีแอลซี (PLC: Programmable Logic Controller) เพื่อการควบคุมหรือการแสดงผลใดๆ การทำงานของวงจรพีแอลซี หากจะเปรียบเทียบกับระบบคอมพิวเตอร์อย่างง่าย ที่มีส่วนของประกอบหลัก 4 ส่วนคือ ส่วนอินพุต(Input), ส่วนประมวลผล

(Processing), ส่วนควบคุมดูแล (Monitoring) และส่วนเอาพุต(Output) แล้ว วงจรพีแอลซีจะทำหน้าที่คล้ายกับส่วนประมวลผลและส่วนที่เป็นวงจรจ่ายสัญญาณเอาพุตให้กับโหลด (Output Drive) จอระบบสัมผัสจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แทนในส่วนข้อมูลขาเข้า เช่น พวกสวิตช์ต่างๆ และส่วนที่เป็นการแสดงผลการทำงานต่างๆ

จอระบบสัมผัสประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่คือ ส่วนของหน่วยเซ็นเซอร์ (Sensor Unit), ส่วนควบคุมการรับรู้ (Controller sense) และส่วนของวงจรจ่ายสัญญาณให้อุปกรณ์ซอฟแวร์ (Software device Driver) รูปแบบหรือเทคนิคในการเซ็นซ์ซิ่งของจอระบบสัมผัสมีอยู่ 5 แบบ คือ Resistive, Capacitive, Infared, Acoustic Wave และ Near field Imaging Technic แต่ในที่นี้ขอกล่าวถึงเพียง 4 แบบที่พบบ่อยเท่านั้น

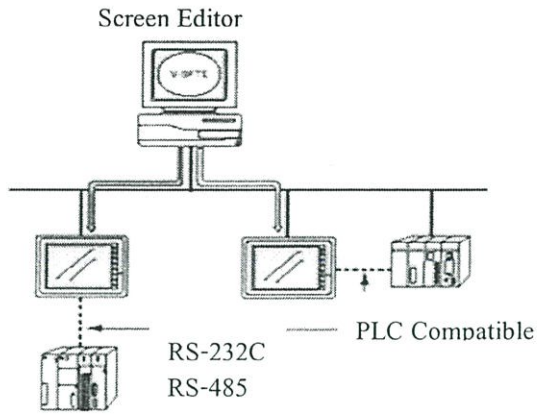
2.4.1 การใช้งานจอระบบสัมผัส

ในการใช้งานจอระบบสัมผัสร่วมกับวงจรพีแอลซีนั้น ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ จอระบบสัมผัส, สายเชื่อมต่อ (Cable links) และส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้เป็นโปรแกรมแก้ไขการสกรีนหรือสกรีนอีดิทเตอร์ (Screen Editor) ซึ่งการออกแบบกราฟิกหรือระบบแสดงผลต่างๆก็จะทำในสกรีนอีดิทเตอร์นี้ เมื่อออกแบบและตรวจสอบความถูกต้องแล้วก็โหลดข้อมูลเข้าสู่จอระบบสัมผัส หรืออาจแก้ไขแบบออนไลน์ก็ได้ (Online Edit)

การออกแบบจอระบบสัมผัสนั้นภายในซอฟต์แวร์จะมีส่วนประกอบของรูปสัญลักษณ์พื้นฐานต่างๆ มาให้เลือกใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นสวิตช์ หลอดไฟแสดงผลหรือรูปแบบสัญลักษณ์การทำงานอื่น ๆ เราเพียงเลือกสัญลักษณ์เหล่านั้นมาวางในพื้นที่แก้ไขของโปรแกรมและกำหนดค่ารีจิสเตอร์ต่างๆ ให้สัมพันธ์กับรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเขียนแลดเดอร์ (Ladder) ในวงจรพีแอลซี เราก็จะได้สัญลักษณ์บนจอระบบสัมผัสที่ใช้ควบคุมหรือแสดงผลการทำงานของวงจรพีแอลซีได้

2.4.2 การทำงานของจอระบบสัมผัส

การทำงานของจอระบบสัมผัส กล่าวอย่างคร่าวๆ คือการส่งและรับข้อมูลของรีจิสเตอร์ต่างๆ ในวงจรพีแอลซี ไม่ว่าจะเป็น อินพุต รีเรย์ หรือเอาพุต มาแสดงเป็นแบบกราฟิก รูปภาพ ค่าที่เป็นตัวเลขหรือข้อมูลอื่นๆ บนจอซึ่งรีจิสเตอร์เหล่านี้จะสัมพันธ์กับแลดเดอร์ไดอะแกรมที่เราได้ โปรแกรมไว้ในวงจรพีแอลซี เช่นเมื่อเราออกแบบสวิตช์ไว้ในจอระบบสัมผัสและกำหนดค่ารีจิสเตอร์ I000 เมื่อกดปุ่มดังกล่าวผ่านจอ จอก็จะส่งผลให้รีจิสเตอร์ I000 ในวงจรพีแอลซีทำงานด้วย หรือในส่วนของสัญลักษณ์ที่เป็นหลอดแสดงผลก็จะนำข้อมูลของรีจิสเตอร์ที่เรากำหนดไว้นั้นมาแสดง เช่นกำหนดรีจิสเตอร์ของสัญลักษณ์หลอดไฟไว้เป็น R000 จอระบบสัมผัสก็จะนำข้อมูลรีจิสเตอร์ R000 ในวงจรพีแอลซีมาแสดง โดยหากข้อมูลใน รีจิสเตอร์เป็น 1 หรือเป็นคอนแทคปิดหลอดไฟก็จะติด หากข้อมูลเป็น 0 หรือเป็นคอนแทคเปิดหลอดไฟแสดงผลก็จะดับ



ภาพที่ 2.32 ความสัมพันธ์ของการออกแบบจอและการส่งค่ารีจิสเตอร์ไปยังวงจรพีแอลซี

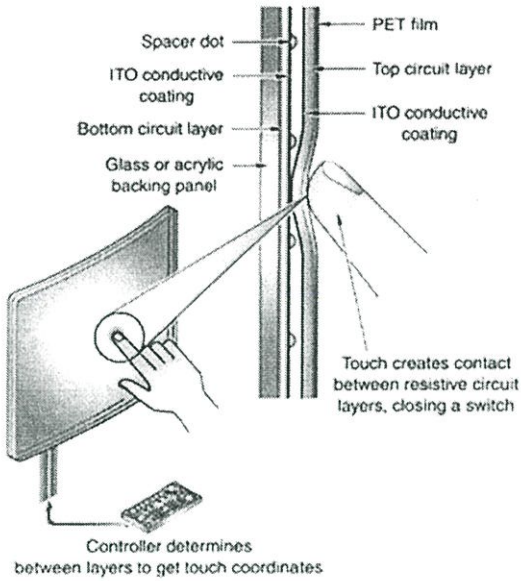
2.4.2 การนำจอระบบสัมผัสไปใช้งาน

จอระบบสัมผัสไม่ได้เพียงเฉพาะใช้งานร่วมกับวงจรพีแอลซีรอย่างเดียวเท่านั้น แต่สามารถใช้ในงานควบคุม และแสดงผลได้โดยไม่ต้องใช้งานร่วมกับวงจรพีแอลซี ทั้งนี้เพราะจอระบบสัมผัสเองก็จะมีหน่วยประมวลผล หน่วยความจำต่างๆ เหมือนกัน นอกจากนี้ในบางยี่ห้อยังมีอุปกรณ์เสริมต่างๆไม่ว่าจะเป็นโมดูลอินพุต หรือโมดูลเอาพุตที่สามารถใช้ทำงานแทนวงจรพีแอลซีได้ โดยอาจใช้การเขียนในลักษณะที่เป็นมาโครคอมแมนด์ (macro command) เพื่อประมวลผลอินพุต/เอาพุต และยังสามารถที่จะต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆได้ เช่นกล้องวิดีโอ บาร์โคด หรืออุปกรณ์อื่น

2.4.3 เทคนิคการเซ็นซิ่งข้อมูลของจอระบบสัมผัส

2.4.3.1 จอระบบสัมผัสแบบรีซิสทีฟ (Resistive)

จอระบบสัมผัสแบบรีซิสทีฟ เป็นจอที่ประหยัดและเหมาะกับการใช้งานประเภทต่างๆได้กว้างขวาง เช่น ร้านอาหาร ร้านค้าที่ใช้เครื่องพีโอเอส (POS: Point of Sale) งานควบคุมทางด้านอุตสาหกรรม และตู้ให้บริการที่แสดงข้อมูลแก่ผู้โดยสารผ่านอัตโนมัติ หรือคีออส (Kiosk) รวมทั้งใช้ในอุปกรณ์พกพาอย่างพีดีเอ (PDA: Personal Data Assistant) และโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น จอระบบสัมผัสแบบรีซิสทีฟประกอบด้วยเลเยอร์ด้านบนที่ยืดหยุ่นและเลเยอร์ด้านล่างที่อยู่บนพื้นแข็งคั่นระหว่าง 2 เลเยอร์ด้วยเม็ดฉนวนซึ่งทำ หน้าที่แยกไม่ให้ด้านในของ 2 เลเยอร์สัมผัสกันเพราะด้านในของ 2 เลเยอร์นี้จะเคลือบด้วยสารตัวนำไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติโปร่งแสงในเวลาจะมีการปล่อยกระแสที่เลเยอร์สารตัวนำและเมื่อผู้ใช้งานสัมผัสที่จอสัมผัสจะทำให้วงจร 2 เลเยอร์ต่อถึงกัน จากนั้นวงจรควบคุมก็จะคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งจะแตกต่างไปตามตำแหน่งที่สัมผัส เมื่อคำนวณค่ากระแสตามแนวตั้งและแนวนอนก็จะได้ตำแหน่งที่สัมผัสบนหน้าจอ



ภาพที่ 2.33 จอระบบสัมผัสแบบรีซิสทีฟ

ข้อดีของจอระบบสัมผัสแบบรีซิสทีฟ

- ราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับจอระบบสัมผัสแบบอื่น
- ทนต่อสภาพแวดล้อม เช่น น้ำ เมื่อใช้ในร้านอาหาร โรงงานและโรงพยาบาล
- ใช้อะไรสัมผัสก็ทำงานได้
- หาตำแหน่งที่สัมผัสได้ละเอียด
- ต้องการกำลังไฟต่ำ จึงประหยัดพลังงาน

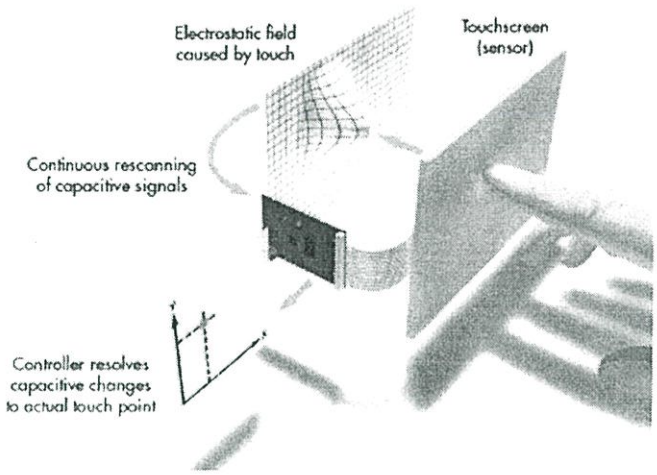
ข้อเสียของจอระบบสัมผัสแบบรีซิสทีฟ

- แสงจากจอภาพผ่านมาได้แค่ 75% เท่านั้น ทำให้ภาพที่ได้ไม่สว่างเท่าที่ควร ทำให้แม้ว่าจะต้องการกำลังไฟต่ำ แต่ก็เปลืองพลังงานมากกว่าที่ความสว่างเท่ากัน
- ต้องระวังในการสัมผัสจอ ไม่ควรใช้ของปลายแหลมสัมผัส
- ต้องใช้แรงกดมากในการสัมผัส ทำให้งานไม่สะดวก แต่ปัจจุบันบางบริษัทได้พัฒนาคุณสมบัติข้อนี้แล้ว

2.4.3.2 จอระบบสัมผัสแบบคาพาซิทีฟ (Capacitive)

จอระบบสัมผัสแบบคาพาซิทีฟมีคุณสมบัติที่โดดเด่นทั้งความทนทานความโปร่งแสง มักเป็นที่นิยมในแอพพลิเคชันทุกประเภท เช่น เกมส์ และโปรแกรมทางด้านความบันเทิง, ตู้เอทีเอ็ม, โครงสร้างของจอระบบสัมผัสแบบคาพาซิทีฟนั้นประกอบด้วยแผ่นแก้วเคลือบผิวด้วยอ็อกไซด์ของโลหะแบบโปร่งแสง เมื่อถึงเวลาการใช้งานก็จะมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าที่มุมทั้วสี่ของจอเพื่อสร้าง

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความเข้มสม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น ผู้ใช้จะต้องใช้นิ้วมือเปล่าๆสัมผัสที่จอเพื่อดึงกระแสจากแต่ละมุมที่ให้แรงดันตกลง จากนั้นแผงวงจรควบคุมก็จะคำนวณเป็นตำแหน่งที่สัมผัสได้



ภาพที่ 2.34 จอระบบสัมผัสแบบคาพาซิทีฟ

ข้อดีของจอระบบสัมผัสแบบคาพาซิทีฟ

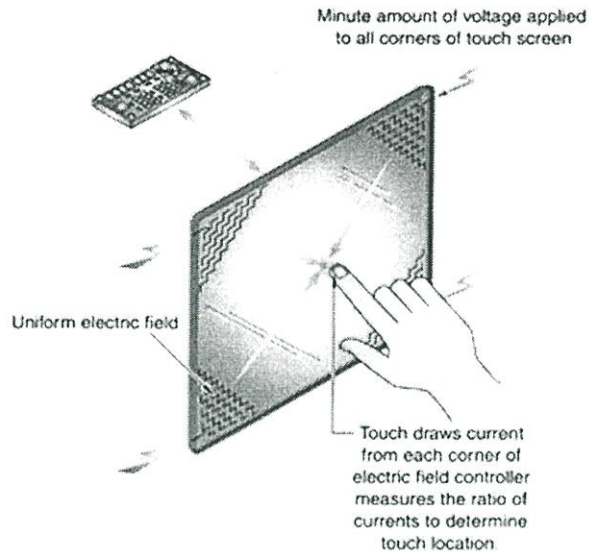
- มีความคมชัดกว่าจอแบบรีซิสทีฟ เนื่องจาก แสงผ่านจากจอได้ 90%

ข้อเสียของจอระบบสัมผัสแบบคาพาซิทีฟ

- Stylus[1] ที่ใช้สัมผัสต้องเป็นแบบนำไฟฟ้าได้เท่านั้น

2.4.3.3 จอระบบสัมผัสแบบอินฟราเรด (Infrared)

จอระบบสัมผัสแบบอินฟราเรด คือจอแสดงผลที่ถูกใช้งานในจอแสดงผลขนาดใหญ่ในสถาบันการเงินและทางการทหาร เทคโนโลยีนี้ทำงานโดยการตรวจจับแสง ดังนั้นแทนที่จะมีแผ่นแก้วอยู่หน้าจอเหมือนกับเทคโนโลยีอื่น แต่จะทำเป็นกรอบแทน ภายในกรอบจะมีแผงของแหล่งกำเหนิดแสงที่เรียกว่าแอลอีดี (LED: Light Emitting Diode) ที่ด้านหนึ่งพร้อมกับตัวตรวจจับแสงที่ด้านตรงข้ามกัน จึงเป็นเสมือนกริดของลำแสงทั้งจอ เมื่อมีวัตถุใดสัมผัสก็จะไปตัดลำแสงไม่ให้ผ่านไปถึงตัวตรวจจับแสง ทำให้แผงควบคุม สามารถทราบตำแหน่งพิกัดสัมผัสได้



ภาพที่ 2.35 จอระบบสัมผัสแบบอินฟราเรด

ข้อดีของจอระบบสัมผัสแบบอินฟราเรด

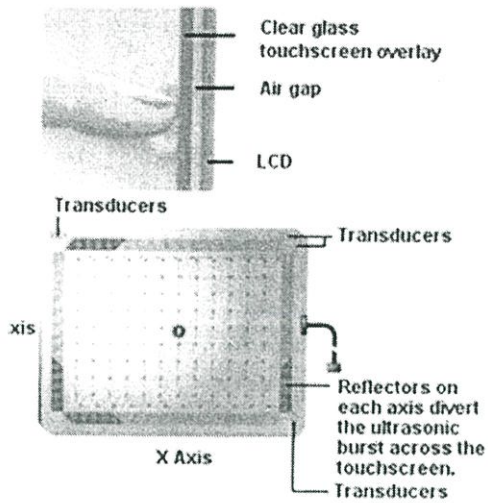
- มีความคมชัดกว่าจอแบบรีซิสทีฟ เนื่องจาก แสงผ่านจากจอได้ 90%
- แสงผ่านได้ 100% เนื่องจากไม่มีอะไรมาบังจอแสดงผล
- มีความแม่นยำสูงมาก

ข้อเสียของจอระบบสัมผัสแบบอินฟราเรด

- Stylus[2] ที่ใช้สัมผัสต้องเป็นแบบนำไฟฟ้าได้เท่านั้น
- มีราคาต่อหน่วยสูง

2.4.3.4 จอระบบสัมผัสแบบอะคูสติคเวฟ (Acoustic wave)

จอระบบสัมผัสแบบอะคูสติคเวฟ คือจอแสดงผลที่โดดเด่นในเรื่องความคมชัดสูงความแม่นยำทำให้มีการใช้งานเทคโนโลยีอะคูสติคเวฟในแอพพลิเคชั่นแบบคีออสทัชสกรีน ซึ่งจะมีตัวส่งสัญญาณยึดติดไว้ที่ขอบกระจกเพื่อส่งสัญญานอุลตร้าโซนิกส์ไปทั้งสองระนาบ คลื่นเสียงนี้จะสะท้อนผ่านไปทั้งพื้นผิวของกระจกมายังเซ็นเซอร์อีกด้านหนึ่ง เมื่อมีการสัมผัสด้วยนิ้วหรือที่มีปลายอ่อน จะมีการดูดซับพลังงานจากคลื่นเสียง ทำให้แผงควบคุมสามารถวัดตำแหน่งการสัมผัสได้จากการเปลี่ยนแปลงขนาดของคลื่นเสียง



ภาพที่ 2.36 จอระบบสัมผัสแบบอะคูสติคเวฟ

2.5 หน่วยความจำแบบเอสดีการ์ด (SD Card Memory)

เอสดีการ์ด (SD Card) ย่อมาจาก Secure Digital Card ซึ่งหมายถึง หน่วยความจำแบบเก็บข้อมูลที่มีความปลอดภัยสูง สามารถเขียนและลบใหม่ได้ ใช้เทคโนโลยีหน่วยความจำแบบแฟลช มีลักษณะการทำงานและการติดต่อคล้ายกับหน่วยความจำแบบเอ็มเอ็มซี (MMC : Multi Media Card) แต่ได้เพิ่มส่วนการรักษาข้อมูลเข้าไปด้วย การทำงานของหน่วยความจำแบบเอสดีการ์ดมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ โมดูลหน่วยความจำแบบแฟลชและตัวควบคุม การติดต่อกับหน่วยความจำแบบเอสดีการ์ดสามารถกระทำผ่าน ได้ทั้งบัสเอสดี และบัสเอสพีไอ (SD และ SPI BUS) หน่วยความจำแบบเอสดีการ์ดถูกออกแบบให้ใช้กับอุปกรณ์รุ่นใหม่จำนวนมาก เช่น คอมพิวเตอร์พกพา ปาล์ม เครื่องเล่นเพลง โทรศัพท์มือถือ กล้องวีดีโอดิจิตอล อุปกรณ์นำทาง ฯลฯ เนื่องจากคุณสมบัติของมันที่มีขนาดเล็ก เบา มีความจุสูง ใช้พลังงานน้อยมาก ทนทานต่อแรงกระแทก และอุณหภูมิ

เอสดีการ์ด เป็นหน่วยความจำแบบแฟลชที่มีต้นกำเนิดจากการ์ดความจำรุ่นก่อนหน้าคือ Multi Media Card หรือ MMC แต่มีขนาดที่หนากว่า มีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงกว่า มักมีปุ่มป้องกันการเขียนข้อมูลทับ และมีคุณสมบัติควบคุมสิทธิ์การใช้แบบดิจิตัล (Digital rights management) แต่ไม่มีการใช้คุณสมบัตินี้อย่างแพร่หลายมากนัก ขนาดมาตรฐานของเอสดีการ์ด คือ 32 มิลลิเมตร × 24 มิลลิเมตร × 2.1 มิลลิเมตร แต่สามารถลดความหนาให้เหลือ 1.4 มิลลิเมตร เท่ากับ MMC ได้

2.5.1 การทำงานของ SD Card

ภายในเอสดีการ์ดจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กคล้ายกับการทำงานของซีพียู ทำหน้าที่คอยดูแลและติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้เอสดีการ์ดในขณะนั้น เช่น พีดีเอโฟน (PDA Phone) หรือโทรศัพท์มือถือ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่จัดการเรื่องข้อมูลต่างๆที่ถูกอ่านและถูกเขียนของในแฟลชโดยซีพียูหรือไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานเฉพาะในช่วงที่มีการใช้งานข้อมูลในการ์ดเท่านั้น

การทำงานของเอสดีการ์ดจะเร็วหรือช้านั้นก็ขึ้นอยู่กับความเร็วของซีพียูในเครื่อง ด้วย เช่น เมื่อมีการใช้งานเอสดีการ์ดบนโทรศัพท์ ตัวโทรศัพท์จะส่งข้อมูลแจ้งไปยังเอสดีการ์ดว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถรองรับความเร็วสูงสุดที่เท่าไร การ์ดใช้ความเร็วนั้น เพราะฉะนั้นหากสัญญาณนาฬิกาของโทรศัพท์ยิ่งเร็ว การทำงานของการ์ดก็จะเร็วตามไปด้วย โดยข้อมูลจะถูกส่งในแต่ละวินาทีได้รวดเร็วขึ้น

2.5.2 อัตราการรับส่งข้อมูล

อัตราการรับส่งข้อมูลของเอสดีการ์ด ใช้หน่วยวัดเดียวกับอัตราการรับส่งข้อมูลของซีดีรอม (CD ROM) โดยความเร็ว 1 เท่า มีค่าเท่ากับ 150 กิโลไบต์ต่อหนึ่งวินาที เอสดีการ์ดจะมีความเร็วเริ่มต้นที่ 6 เท่า (900 กิโลไบต์ต่อหนึ่งวินาที) การ์ดความเร็วสูงจะมีอัตราการรับส่งข้อมูลที่ 66 เท่า (10 เมกะไบต์ต่อวินาที) และการ์ดระดับบนสุดจะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลอยู่ที่ 150 เท่าหรือสูงกว่า การที่กล้องถ่ายภาพดิจิตอลบางรุ่นต้องการการ์ดที่มีความเร็วสูงก็เพื่อให้สามารถรองรับการถ่ายภาพต่อเนื่องได้อย่างรวดเร็วและบันทึกภาพเคลื่อนไหวได้อย่างนุ่มนวล ในช่วงปลายปีคริสตศักราช 2005 (พ.ศ. 2548) อุปกรณ์ส่วนใหญ่รองรับมาตรฐานเอสดีการ์ดรุ่น 1.01 ซึ่งสามารถรับความเร็วสูงสุดได้ที่ 66 เท่า ส่วนมาตรฐาน 1.1 สามารถรับความเร็วสูงสุดได้ถึง 133 เท่า

2.5.3 อุปกรณ์ที่รองรับ

อุปกรณ์ที่สามารถอ่านเอสดีการ์ดได้จะสามารถอ่านเอ็มเอ็มซี ได้เช่นกัน แต่เอสดีการ์ดไม่สามารถใส่ในช่องใส่เอ็มเอ็มซีที่มีขนาดบางกว่าได้ เอสดีการ์ดสามารถใช่ในช่องใส่ CompactFlash หรือ PC Card-PCMCIA โดยการใช้ตัวแปลง ส่วนมินิเอสดีการ์ด (miniSD Card) และไมโครเอสดีการ์ด (microSD Card) สามารถใช้ตัวแปลงโดยตรงใส่ในช่องใส่เอสดีการ์ดได้ นอกจากนี้เอสดีการ์ดยังสามารถอ่านผ่านเครื่องอ่านที่จะใช้กับพอร์ตยูเอสบี (USB), ไฟร์ไวร์ (Firewire) รวมถึงพอร์ตแบบขนาน และยังสามารถใช้ผ่านฟลอปปีดิสก์ ผ่านตัวแปลงได้เช่นกัน

2.5.4 ระดับความเร็วของเอสดีการ์ด

ในระยะแรกที่เอสดีการ์ดถูกผลิตออกมาใช้งาน ผู้ผลิตแต่ละรายก็ผลิตเอสดีการ์ดออกมาโดยมีคุณสมบัติที่เหมือนกันแทบทุกประการ แต่ในเวลาต่อมาจนถึงปัจจุบัน ผู้ผลิตแต่ละรายนั้นเริ่มให้ความสำคัญกับระดับความเร็วในการทำงานมากขึ้น ซึ่งหน่วยวัดความเร็วในการทำงานของเอสดีการ์ดนั้น นิยมใช้กันอยู่ 2 แบบคือ กิโลไบต์ต่อวินาที (KByte/s) และ เมกกะไบต์ต่อวินาที (MByte/s) และตัวคูณความเร็ว มักจะแทนด้วยตัว "x" ซึ่งเป็นทำนองเดียวกันกับไดรฟ์ซีดีรอมนั่นเอง โดยที่ “x” แต่ละหน่วยนั้น จะใช้แทนอัตราความเร็ว 150KByte/s ตารางที่ 2.3 แสดงถึงอัตราเร็วในการทำงานของเอสดีการ์ด

ตารางที่ 2.3 อัตราเร็วของการทำงานในเอสดีการ์ดที่แทนด้วย "x" บ่งบอกถึงจำนวนเท่า

จำนวนเท่า	อัตราเร็ว (Kbyte/s)
1x	150
2x	300
4x	600
10x	1,500
16x	2,400
32x	4,800
66x	9,900
133x	19,950

2.6 การประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing)

ในปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ทั้งด้านความเร็วในการประมวลผลและความสามารถในการจัดเก็บข้อมูล การประมวลผลภาพดิจิตอล เกี่ยวข้องกับการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ของภาพ นั่นคือ ภาพที่ได้จะถูกเปลี่ยนเป็นระบบตัวเลข ภาพต่างๆ เหล่านี้มาจากหลายแหล่ง อาทิ กล้องดิจิตอล ซึ่งสามารถสร้างภาพเชิงเลขแทนที่จะเป็นภาพบนฟิล์มถ่ายรูปเหมือนกล้องธรรมดาทั่วไป อย่างไรก็ตาม ภาพที่ถ่ายจากกล้องทั่วไปนี้ สามารถแปลงเป็นเชิงเลข (Digitizer) ได้โดยใช้อุปกรณ์กวาดภาพ (Scanner) นอกจากนี้ยังสามารถค้นหาภาพดิจิตอลได้อีกจากหลายแหล่งที่มา เช่น กล้องดิจิตอล กล้องวีดีทัศน์ดิจิตอล และอินเทอร์เน็ต

2.6.1 ภาพดิจิตอล

ในการที่จะนำภาพภาพหนึ่งมาประมวลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น ภาพดังกล่าวจำเป็นจะต้องถูกนำเสนอหรือแทนด้วยตัวเลข แต่ภาพที่ได้มาโดยส่วนมากจะเป็นภาพที่ได้จากตัวรับสัญญาณซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชั่น $f(x,y)$ ที่ต่อเนื่องในระนาบสองมิติ โดยจะเป็นสัดส่วนกับความสว่างหรือความเข้มของภาพที่ตำแหน่ง (x,y) ซึ่งเรียกว่าระดับสีเทา(Gray Level) สำหรับภาพขาวดำและจะเป็นสัดส่วนกับระดับค่า RGB สำหรับภาพสี

ภาพดิจิตอล คือ กลุ่มของจุดสีสี่เหลี่ยมขนาดเล็กซึ่งเรียงตัวกันตามแนวตั้งและแนวนอนในลักษณะสี่เหลี่ยมมุมฉาก เป็นการแสดงผลภาพลักษณะสองมิติในหน่วยที่เรียกว่า "จุดภาพ" หรือ"พิกเซล" ภาพดิจิตอล สามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ $f(x,y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพและแอมพลิจูดของ f ที่พิกัด (x,y) ใด ๆ ภายในภาพ คือ ค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity) ที่ตำแหน่งนั้น ๆ และเมื่อ x,y และแอมพลิจูดของ f เป็นค่าจำกัด (Finite Value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่า เป็นภาพดิจิตอล และถ้า

เมื่อ b(x,y) คือ ข้อมูลภาพผลลัพธ์ภาพเป็นไบนารี

g(x,y) คือ ข้อมูลภาพอินพุตที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L ระดับ

Th คือ ค่าเทรชโฮลเป็นค่าคงที่ระหว่าง 0 ถึง L ระดับ

1 คือ จุดภาพที่เป็นสีดำ

0 คือ จุดภาพที่เป็นสีขาว

โดยที่ L คือระดับความเข้มของจุดภาพสูงสุด

ในการสร้างภาพไบนารีโดยใช้เทคนิคเทรชโฮล เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความคมชัดและเหมาะสม สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ค่าเทรชโฮล เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลที่ไม่เหมาะสม ภาพที่ได้จะไม่คมชัดและรายละเอียดบางส่วนอาจขาดหายไป ดังนั้นปัญหาการสร้างภาพไบนารีด้วยวิธีเทรช-โฮล คือทำอย่างไรจึงสามารถคำนวณหาค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมได้

2.6.1.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image)

เป็นภาพที่มีค่าความเข้มเป็นปริมาณสเกลาร์ บางครั้งอาจเรียกว่าภาพสีเดียว ภาพโทนสีเทาเกิดจากการกำหนดค่าให้กับความเข้มแสงของแต่ละจุดภาพ โดยสีขาวจะถูกแทนด้วยค่า 255 และสีดำจะถูกแทนด้วยค่า 0 ในขณะที่ระดับของโทนสีจะเข้มขึ้นเรื่อย ๆ จากสีขาวจนถึงสีดำ ในความเป็นจริงนั้นภาพระดับสีเทาก็คือ ภาพที่มีค่าความเข้มของแสงในแต่ละองค์ประกอบ(Component) ของสีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงินในปริมาณที่เท่ากันนั่นเองภาพระดับสีเทาจะถูกเก็บเป็นขนาด 8 บิต ซึ่งมีค่าความเข้มที่เป็นไปได้ของเฉดสีเทา 256 ค่าไล่ระดับจากสีดำไปยังสีขาว การประยุกต์ใช้ภาพประเภทนี้ สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป เช่น การแสดงผลทางหน้าจอที่รองรับการแสดงภาพแบบ 8 บิต นอกจากนี้ภาพระดับสีเทายังถูกนำไปใช้แทนการประมวลผลภาพสีโดยตรงสำหรับการใช้งานบางอย่าง เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณและลดขนาดของข้อมูลลง เป็นต้น

2.6.1.3 ภาพสี (Color Image)

โดยทั่วไปนั้น ภาพดิจิตอลสีจะถูกเก็บในลักษณะที่เป็นค่าเวกเตอร์ กล่าวคือ แต่ละจุดภาพจะถูกแทนค่าด้วยค่ามากกว่าหนึ่งค่า เช่น ในแบบจำลองสี RGB ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กับการแสดงผลทางจอภาพคอมพิวเตอร์ แต่ละจุดภาพจะถูกแทนค่าด้วยค่า 3 ค่า ซึ่งเป็นค่าความเข้มแสงของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินโดยที่ผลรวมของค่าทั้งสามใช้แทนสีผสมอื่นๆ การประมวลผลภาพสีจึงไม่แตกต่างจากการประมวลผลภาพระดับสีเทา(Gray-scale Image)มากนัก เพียงแต่ประยุกต์ใช้กระบวนการนี้บนแต่ละระนาบสี หรือทำการแปลงแบบจำลองสี RGBไปสู่แบบจำลองสีแบบอื่น ๆ เช่น HSV, CMYK, YCrCb, CIELUV และ CIELAB เป็นต้น จากนั้นจึงประมวลผลบนองค์ประกอบที่เหมาะสมของแบบจำลองสีระบบใหม่นั้น

2.6.2 การหาค่าฮิสโตแกรมของวัตถุภาพ (Edge Detection Histogram)

เทคนิคการหาขอบของวัตถุภาพเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่สามารถเป็นตัวแทนของวัตถุในภาพได้อย่างชัดเจน ด้วยคุณสมบัติของขอบที่ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนตำแหน่ง การหมุน และการเปลี่ยนขนาด เมื่อนำมาสร้างฮิสโตแกรมแล้วสามารถได้ลักษณะเด่นสำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลได้อย่างชัดเจน ซึ่งการหาค่าฮิสโตแกรมของขอบวัตถุภาพ นี้ ได้นำเอาเทคนิคการหาขอบภาพโดยวิธีการ Canny มาประยุกต์ใช้ โดยการดัดแปลงขั้นตอนจากวิธีการหาขอบของ Canny หลังจากการคำนวณค่า Gradient แล้วจึงคำนวณพิเซลภาพตามทิศทางค่ามุมของแต่ละกลุ่มทิศทาง ซึ่งสามารถแสดงทิศทางของจุดขอบบนพิกเซลภาพได้ ในงานวิจัยของ Wang และ Zhang ได้ใช้วิธีการหาหาฮิสโตแกรมของวัตถุภาพ จำนวนทั้งหมด 37 กลุ่มทิศทาง โดยกลุ่มทิศทางที่ 36 แรกมาจากการนับจำนวนของจุดขอบภาพที่สามารถเกิดทิศทางบนวัตถุภาพ เมื่อทำการควอนไทซ์ ครั้งละ 10 องศา และกลุ่มทิศทางสุดท้ายเป็นการนับจำนวนจุดขอบทั้งหมดที่ไม่มีทิศทางมุม คำนวณได้จากสมการที่ (2.3)

$$H(i)-h(i)/M \qquad (2.3)$$

เมื่อ $H(i)$ คือ จำนวนจุดขอบในแต่ละทิศทางที่เกิดขึ้น

M คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนวัตถุภาพ

2.6.3 การตัดภาพ (Crop)

การตัดภาพเพื่อให้ได้ตำแหน่งส่วนของภาพตามที่ต้องการ โดยการหาตำแหน่งกึ่งกลางของส่วนที่ต้องการ กำหนดขนาดตำแหน่ง X และ Y จากส่วนกึ่งกลาง แล้วทำการตัดภาพ

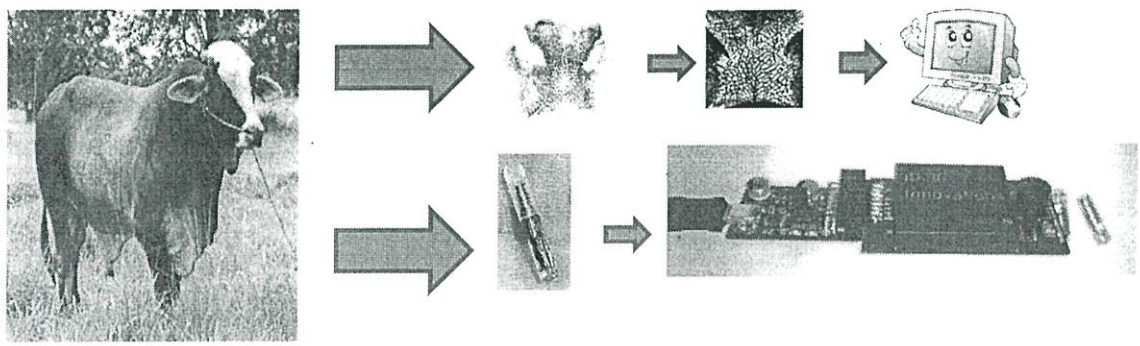
2.6.4 การย่อ-ขยายภาพ (Resize)

ข้อมูลภาพที่รับเข้ามานั้นอาจจะไม่อยู่ในระบบมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งหากนำภาพนั้นๆ ไปทำการจำแนกแล้วอาจจะมีผลถึงประสิทธิภาพของกระบวนการในขั้นตอนต่างๆ ได้ ดังนั้นข้อมูลภาพที่นำเข้ามาจึงต้องนำเข้ามาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นต้นเสียก่อนเพื่อปรับให้อยู่มาตรฐานเดียวกันก่อนนำไปเข้ากระบวนการอื่นๆ ต่อไป จึงต้องทำการปรับขนาดของข้อมูลภาพให้มีขนาดเดียวกัน โดยนำภาพมาปรับให้มีขนาดเหลือ 400x300 พิกเซล

บทที่ 3
การออกแบบ

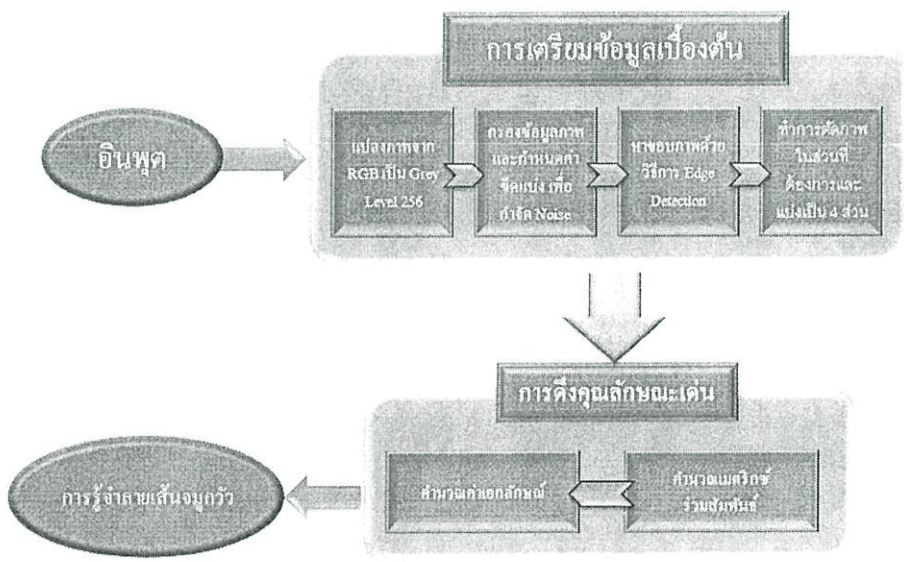
3.1 ภาพรวมของระบบ

การออกแบบระบบการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจโดยลายพิมพ์จมูก และ RFID มีองค์ประกอบโดยรวมของระบบดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนของการระบุเอกลักษณ์ด้วยภาพลายพิมพ์จมูก กับส่วนยืนยันตัวตนด้วย RFID



ภาพที่ 3.1 แสดงภาพรวมของระบบงานในโครงการวิจัย

3.2 ส่วนประกอบของระบบการระบุเอกลักษณ์โดยลายพิมพ์จมูก



ภาพที่ 3.2 ภาพรวมของระบบระบุเอกลักษณ์ในส่วนของภาพพิมพ์ลายจมูก

จากภาพที่ 3.2 จะแสดงให้เห็นถึงภาพรวมของระบบระบุเอกลักษณ์ในส่วนของภาพพิมพ์ลายจมูก โดยสามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้คือ

3.2.1 หลักการของโปรแกรมแก้ไขและปรับแต่งรูปภาพ

โดยโปรแกรมการแก้ไขและปรับแต่งรูปภาพลายพิมพ์จมูกมีขั้นตอนทำงานดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 หลักการออกแบบของโปรแกรมแก้ไขรูปภาพ

โดยภาพพิมพ์ลายจมูกของสัตว์เศรษฐกิจในโครงการวิจัยนี้ ใช้สัตว์ประเภท โค โดยได้รับความอนุเคราะห์จากกรมปศุสัตว์ในการให้ข้อมูล และภาพพิมพ์ลายจมูกของสัตว์ ผู้วิจัยจะนำภาพลายพิมพ์จมูกมาทำการแปลงเป็นภาพดิจิตอล แล้วทำการแก้ไขรูปภาพตามกระบวนการที่แสดงในภาพที่ 3.3 เพื่อทำให้ได้ภาพลายพิมพ์จมูกที่เป็นแบบดิจิตอลที่นำมาใช้ในการค้นหาเอกลักษณ์ด้วยระบบการประมวลผลภาพ และใช้ในการอ้างอิงกับการตรวจสอบเอกลักษณ์ในส่วนต่อไปของระบบ

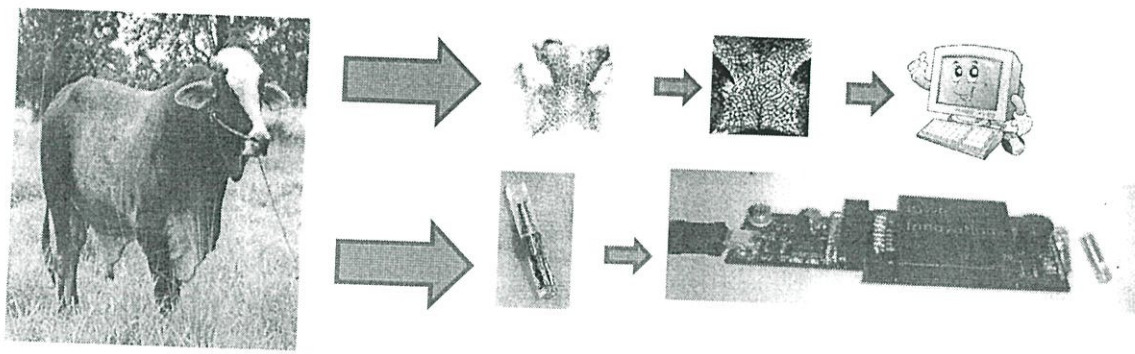
3.2.2 ส่วนการประมวลผลภาพเพื่อหาและจดจำเอกลักษณ์ของลายพิมพ์จมูก

ในส่วนนี้มีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 3.4 เมื่อได้ภาพลายพิมพ์จมูกดิจิตอลแล้ว จะนำภาพนี้มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำเพื่อทำการลดสัญญาณรบกวนของรูปภาพ และตัดเฉพาะส่วนตรงกลางของภาพเพื่อทำการหาเอกลักษณ์ของภาพ แล้วทำการจดจำเอกลักษณ์

บทที่ 3
การออกแบบ

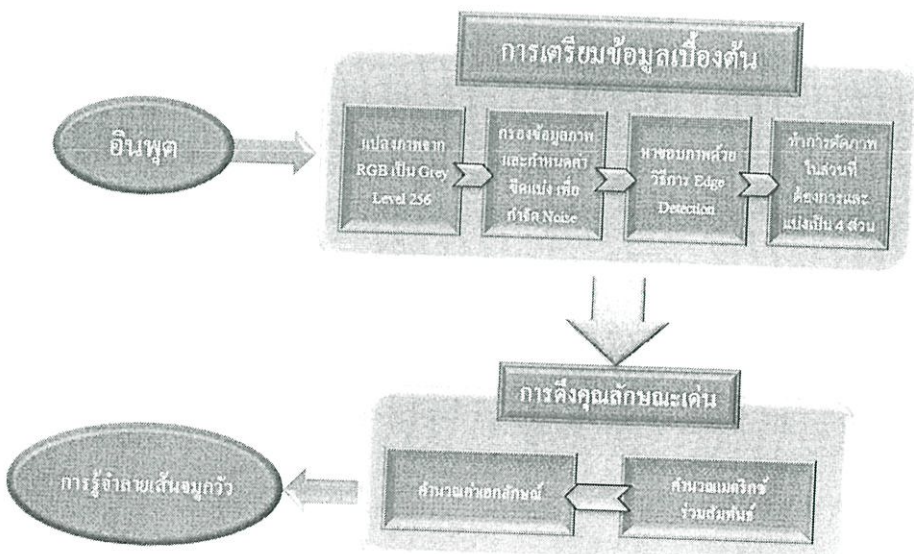
3.1 ภาพรวมของระบบ

การออกแบบระบบการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจโดยลายพิมพ์จมูก และ RFID มีองค์ประกอบโดยรวมของระบบดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนของการระบุเอกลักษณ์ด้วยภาพลายพิมพ์จมูก กับส่วนยืนยันตัวตนด้วย RFID



ภาพที่ 3.1 แสดงภาพรวมของระบบงานในโครงการวิจัย

3.2 ส่วนประกอบของระบบการระบุเอกลักษณ์โดยลายพิมพ์จมูก

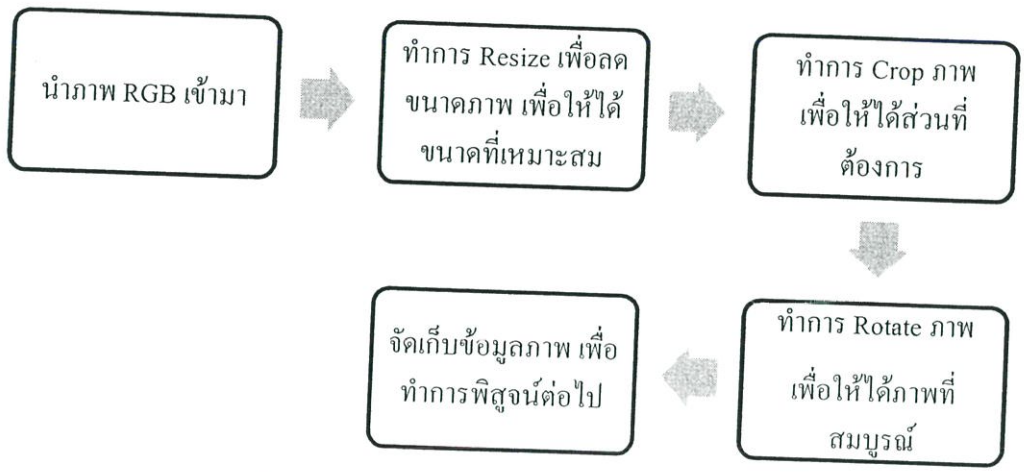


ภาพที่ 3.2 ภาพรวมของระบบระบุเอกลักษณ์ในส่วนของภาพพิมพ์ลายจมูก

จากภาพที่ 3.2 จะแสดงให้เห็นถึงภาพรวมของระบบระบุเอกลักษณ์ในส่วนของภาพพิมพ์ลายจมูก โดยสามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้คือ

3.2.1 หลักการของโปรแกรมแก้ไขและปรับแต่งรูปภาพ

โดยโปรแกรมการแก้ไขและปรับแต่งรูปภาพลายพิมพ์จมูกมีขั้นตอนทำงานดังภาพที่ 3.3

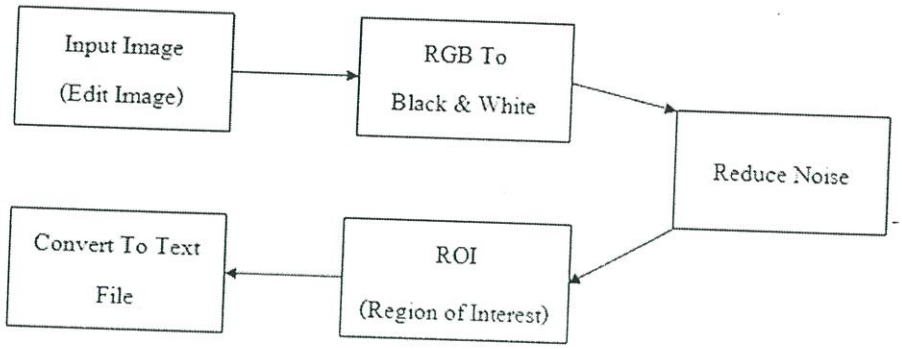


ภาพที่ 3.3 หลักการออกแบบของโปรแกรมแก้ไขรูปภาพ

โดยภาพพิมพ์ลายจมูกของสัตว์เศรษฐกิจในโครงการวิจัยนี้ ใช้สัตว์ประเภท โค โดยได้รับความอนุเคราะห์จากกรมปศุสัตว์ในการให้ข้อมูล และภาพพิมพ์ลายจมูกของสัตว์ ผู้วิจัยจะนำภาพลายพิมพ์จมูกมาทำการแปลงเป็นภาพดิจิตอล แล้วทำการแก้ไขรูปภาพตามกระบวนการที่แสดงในภาพที่ 3.3 เพื่อทำให้ได้ภาพลายพิมพ์จมูกที่เป็นแบบดิจิตอลที่นำมาใช้ในการค้นหาเอกลักษณ์ด้วยระบบการประมวลผลภาพ และใช้ในการอ้างอิงกับการตรวจสอบเอกลักษณ์ในส่วนต่อไปของระบบ

3.2.2 ส่วนการประมวลผลภาพเพื่อหาและจดจำเอกลักษณ์ของลายพิมพ์จมูก

ในส่วนนี้มีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 3.4 เมื่อได้ภาพลายพิมพ์จมูกดิจิตอลแล้ว จะนำภาพนี้มาทำการแปลงเป็นภาพขาวดำเพื่อทำการลดสัญญาณรบกวนของรูปภาพ และตัดเฉพาะส่วนตรงกลางของภาพเพื่อทำการหาเอกลักษณ์ของภาพ แล้วทำการจดจำเอกลักษณ์



ภาพที่ 3.4 กระบวนการประมวลผลภาพ เพื่อหาและจดจำเอกลักษณ์ของภาพลายพิมพ์จมูก

3.2.3 ส่วนการเก็บข้อมูลของสัตว์และเอกลักษณ์ของภาพลายพิมพ์จมูก

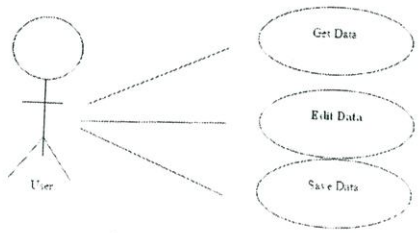
ในส่วนนี้เป็นส่วนการทำงานทางโปรแกรมที่มีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลของสัตว์และเอกลักษณ์ของภาพลายพิมพ์จมูก

จากภาพที่ 3.5 เมื่อได้เอกลักษณ์และภาพลายพิมพ์จมูกของสัตว์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ของสัตว์ไม่ว่าจะเป็น ชื่อ รหัสประจำตัวสัตว์ พันธุ์ อายุ เพศ การตรวจโรค ภาพตัวสัตว์ ภาพลายพิมพ์จมูก และเจ้าของ เป็นต้นลงในระบบเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตรวจรสอบและยืนยันตัวสัตว์ต่างๆ

- User ที่ต้องการใช้ระบบจะทำการนำข้อมูลของสัตว์มาใช้ใน Application เพื่อเก็บข้อมูล
- Application จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือที่คอยรับและแก้ไขข้อมูลจาก User
- Server จะทำหน้าที่นำข้อมูลจาก Application มาเก็บไว้ที่ Database

3.2.3.1 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram)

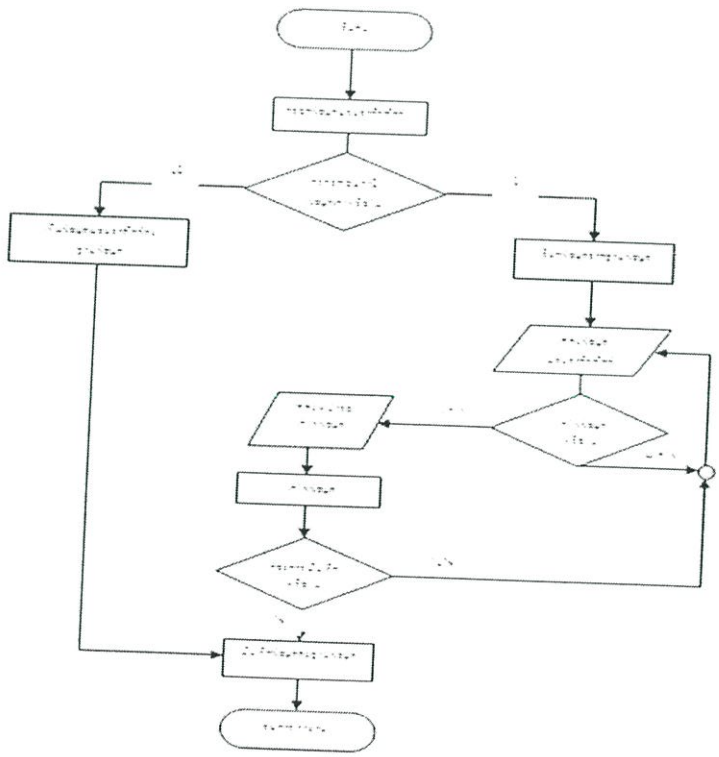


ภาพที่ 3.6 ยูสเคสไดอะแกรม

ในส่วนนี้เป็นส่วนการทำงานทางโปรแกรมที่มีขั้นตอนการทำงานดัง

- Get Data เป็นการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลผ่าน Application โดยจะแสดงข้อมูลทั้งหมดเมื่อผู้ใช้ได้ทำการเรียกข้อมูลขึ้นมาผ่านโปรแกรม
- Edit Data เป็นการแก้ไขข้อมูลที่อ่านได้ผ่านโปรแกรม การแก้ไขข้อมูลตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงจากเพศผู้ เป็นเพศเมีย เป็นต้น
- Save Data เป็นการบันทึกข้อมูลของสัตว์หลังจากเช็คข้อมูลว่าถูกต้องแล้ว ผู้ใช้สามารถจะบันทึกข้อมูลโดยนำข้อมูลไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล

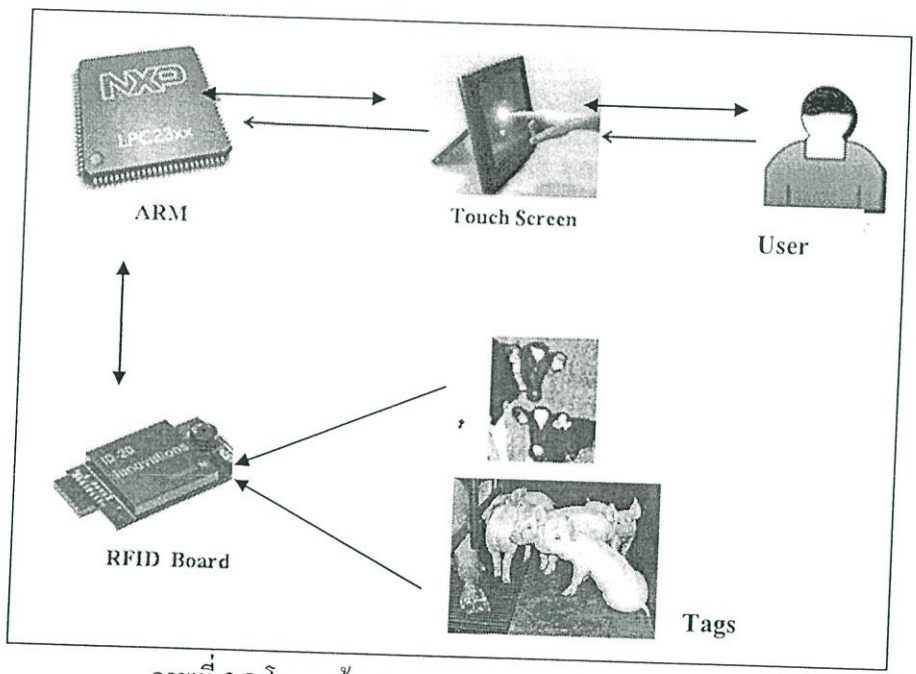
3.2.3.2 โฟล์วชาร์ตไดอะแกรมแสดงการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 3.7 โฟล์วชาร์ตไดอะแกรม

3.3 ส่วนประกอบของระบบการระบุยืนยันตัวตนด้วย RFID

ในส่วนของการยืนยันตัวตนของสัตว์จะมีองค์ประกอบโดยรวมของระบบดังที่แสดงในภาพที่3.8โดยจะแบ่งเป็นส่วนผู้ใช้งานระบบ, ส่วนประมวลผล และส่วนที่ใช้เทคโนโลยี RFID ทั้งหมด ส่วนแรกคือส่วนผู้ใช้งานระบบ ได้แก่ หน้าจอแสดงผลระบบสัมผัสและผู้ใช้งาน โดยแอพพลิชันที่ทำงานบนหน้าจอระบบสัมผัสนั้นจะนำข้อมูลที่ได้เรียกอ่านได้จากป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์มาแสดงผล จากนั้นจะมีปุ่มเมนูที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกเพื่อทำรายการอื่นต่อไปได้ ส่วนที่ถัดมาคือส่วนประมวลผล ซึ่งได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล ARM7TDMI-S Core ในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ MCU เบอร์ LPC2378 ของบริษัทเอ็นเอ็กซ์พี (NXP) ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของหน้าจอแสดงผลระบบสัมผัส และควบคุมการทำงานอาร์เอฟอินเทอร์เฟสชิปที่เชื่อมต่ออยู่กับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียง (Breadboard with Buzzer) ด้วย ส่วนสุดท้ายคือส่วนวงจรการสื่อสารข้อมูลระหว่างอาร์เอฟอินเทอร์เฟสชิป ในที่นี้ได้แก่ ไอซีเบอร์ ID-20 กับป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถทำงานที่ย่านความถี่ 125 KHz ได้

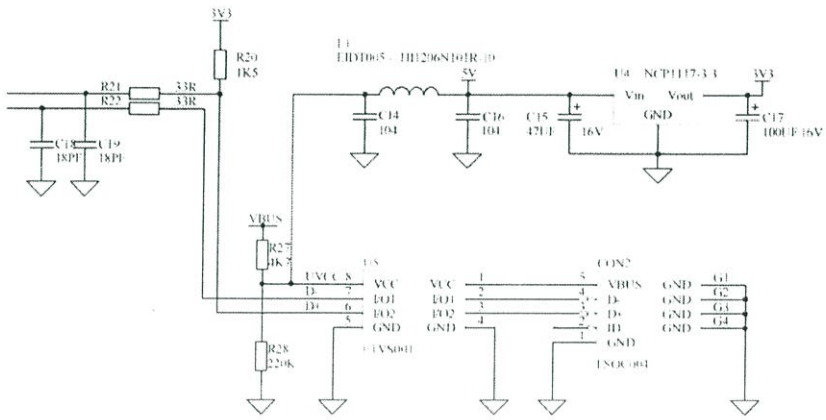


ภาพที่ 3.8 โครงสร้างของระบบการระบุตัวตนด้วย RFID

ในการออกแบบและพัฒนาได้แบ่งระบบออกเป็น ส่วนของแอพพลิเคชันบนจอแสดงผลระบบสัมผัส และการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการส่งผ่านข้อมูลระหว่างอาร์เอฟไอดีบอร์ดกับจอแสดงผลระบบสัมผัส รวมถึงการรับข้อมูลจากอาร์เอฟอินเทอร์เฟสชิป (ไอซีเบอร์ ID-20) ที่เชื่อมต่ออยู่กับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียง (Breadboard with Buzzer)

3.3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

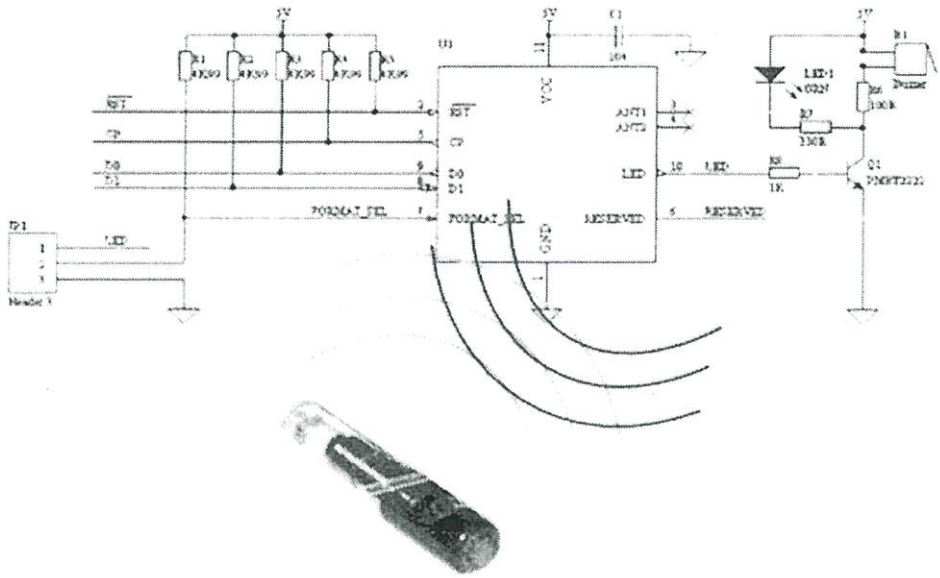
การควบคุมการทำงานของระบบ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM7TDMI-S Core เบอร์ LPC2378 ในการควบคุมการรับข้อมูลจากป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ มาแสดงผลผ่านจอระบบสัมผัส โดยจะเริ่มจากการจ่ายไฟกระแสสลับ 4.6 - 5.5 โวลต์ผ่านทางพอร์ต USB และเนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ LPC2378 ต้องการแรงดัน 3.3 โวลต์ ผู้ดำเนินโครงงานจึงออกแบบให้ส่วนนี้มีอุปกรณ์สำหรับลดระดับแรงดันไฟฟ้าก่อน โดยกระแสไฟจะเข้าสู่บริดจ์ไดโอดเพื่อทำการแปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรงผ่านไอซีเรกูเรเตอร์ (IC regulator) เบอร์ NCP1117



ภาพที่ 3.9 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3.2 วงจรบอร์ด ID-20 ที่เชื่อมต่อแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียง (Breadboard with Buzzer) กับป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์เข้าใกล้ภาครับส่งสัญญาณวิทยุของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีในระยะที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ ไอซีเบอร์ ID – 20 จะทำหน้าที่อาร์เอฟอินเทอร์เฟสชิป ทำให้วงจรวงจรขยายเสียงทำงานเกิดเสียงบีบดังขึ้นพร้อมกับแอลอีดีสีเขียวกระพริบขึ้นครั้งหนึ่ง เพื่อบอกสถานะว่าได้รับข้อมูลจากป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์เรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 3.10 วงจรบอร์ด ID -20 ที่เชื่อมต่อกับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียง
รับส่งสัญญาณวิทยุกับป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์

3.3.3 วงจรเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ LPC2378 กับจอแสดงผลระบบสัมผัส ELT240320ATP

ไมโครคอนโทรลเลอร์ LPC2378 จะทำหน้าที่ควบคุมจอแสดงผลระบบสัมผัส โดยจะควบคุมผ่านทางไอซีเบอร์ ADS7843 แล้วสั่งการลงไปควบคุมไอซีเบอร์ ELT240320TP ซึ่งเป็นไอซีสำหรับจอแสดงผลแอลซีดี โดยแต่ละขา ใช้งานร่วมกันดังนี้

ตารางที่ 3.1 การเชื่อมต่อระหว่างขาของ IC เบอร์ ADS7843 กับ LCD ELT240320TP

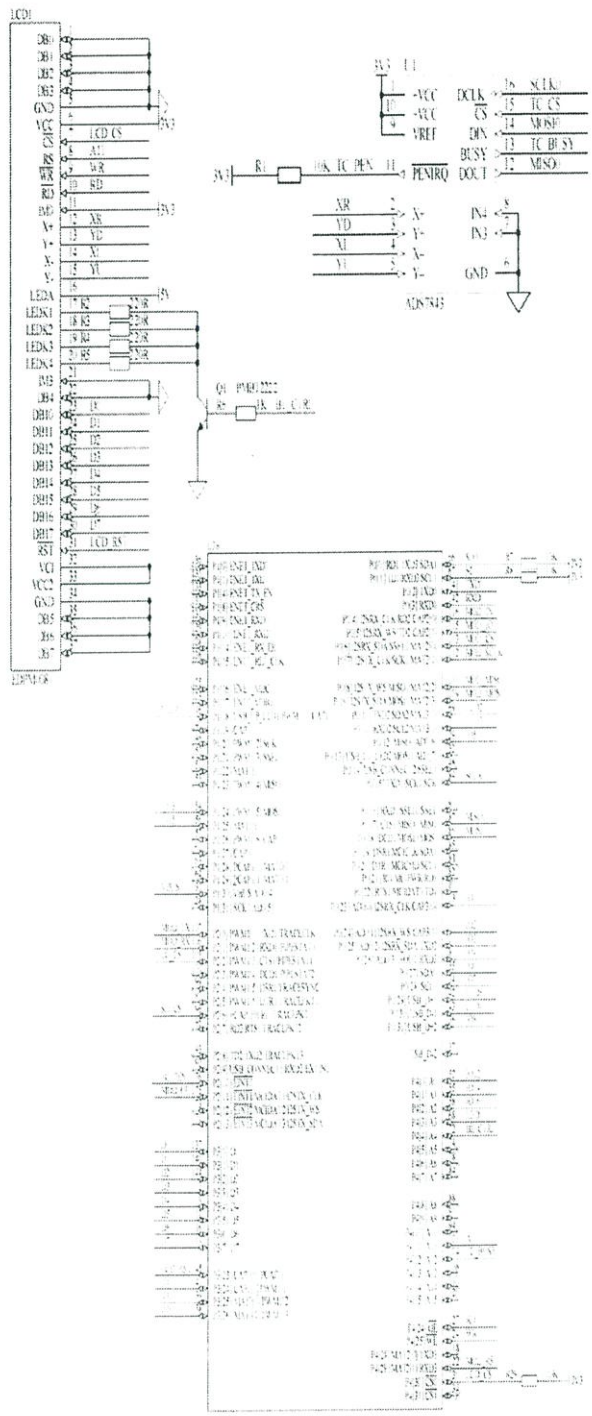
ไอซีเบอร์ ADS7843		แอลซีดีไอซีเบอร์ ELT240320TP	
NO.	Symbol	NO.	Symbol
12	X+	2	X+, Touch panel X+
13	Y+	3	Y+, Touch panel Y+
14	X-	4	X-, Touch panel X-
15	Y-	5	Y-, Touch panel Y-

ตารางที่ 3.2 การเชื่อมต่อระหว่างขาของไอซีเบอร์ ADS7843 กับ ARM LPC2378

ไอซีเบอร์ ADS7843		ARM LPC2378	
NO.	Symbol	NO.	Symbol
11	TC_PEN	76	TC_PEN, P2[10]/$\overline{\text{EINT0}}$
12	MISO0	87	MISO0, P0[17]/MISO0/MISO
13	TC BUSY	104	TC BUSY, P4[12]/A12
14	MISI0	86	MISI0, P0[18]/DCD1/MOSI0/MOSI
15	TC CS	105	TC CS, P2[2]/PWM1/[3]CTS1/PIPESTAT1
16	SCLK0	89	SCLK0,P0[15]/TXD1/ SCK0/SCK

ตารางที่ 3.3 การเชื่อมต่อระหว่างขาของแอลซีดีไอซีเบอร์ ELT240320TP กับ ARM LPC2378

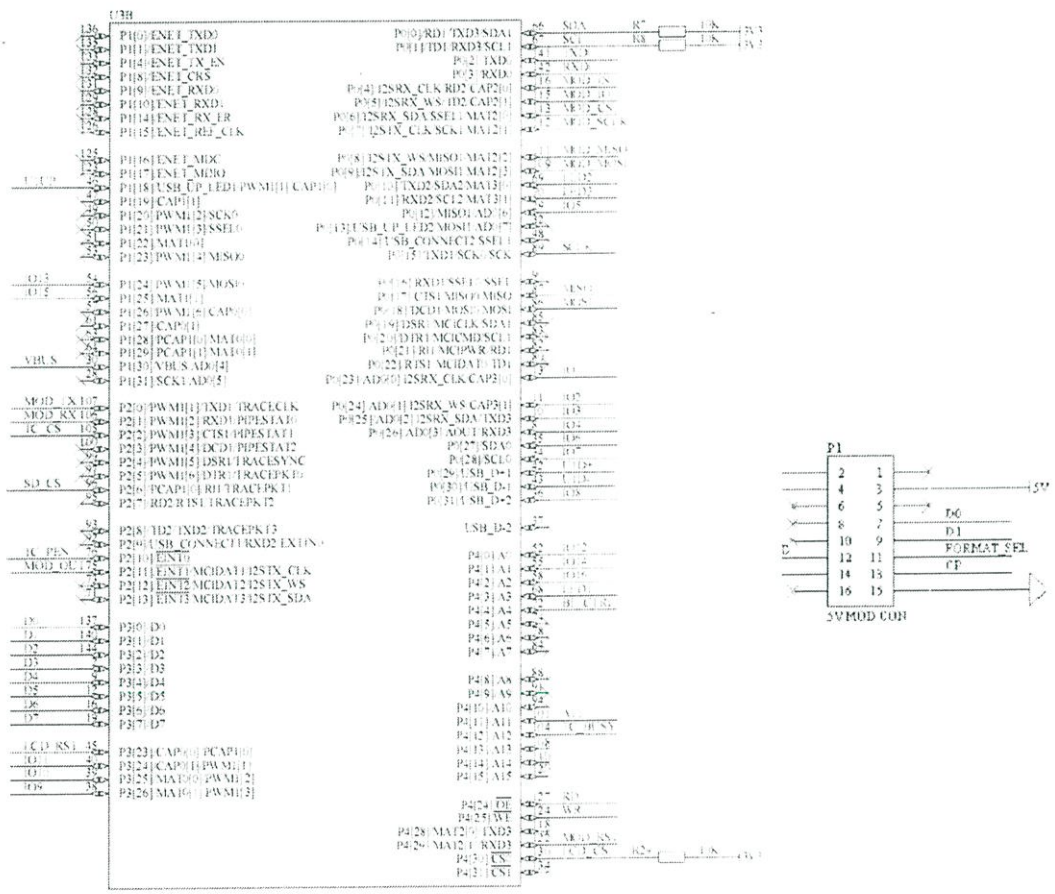
แอลซีดีไอซีเบอร์ ELT240320TP		ARM LPC2378	
NO.	Symbol	NO.	Symbol
7	CS	130	P4[30]/$\overline{\text{CS0}}$
8	A11	101	P4[11]/A11
9	WR	124	P4[25]/$\overline{\text{WE}}$
10	RD	127	P4[24]/$\overline{\text{OE}}$
17, 18, 19, 20	BL_CTRL	72	P4[4]/A4
23	D0	137	P3[0]/D0
24	D1	140	P3[1]/D1
25	D2	144	P3[2]/D2
26	D3	2	P3[3]/D3
27	D4	9	P3[4]/D4
28	D5	12	P3[5]/D5
29	D6	16	P3[6]/D6
30	D7	19	P3[7]/D7
31	LCD RST	45	P3[23]/CAP0/PCAP1[0]



ภาพที่ 3.11 วงจรจอแสดงผลระบบสัมผัส

3.3.4 วงจรเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ LPC2378 กับ บอร์ด ID -20 ที่เชื่อมต่ออยู่กับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียง

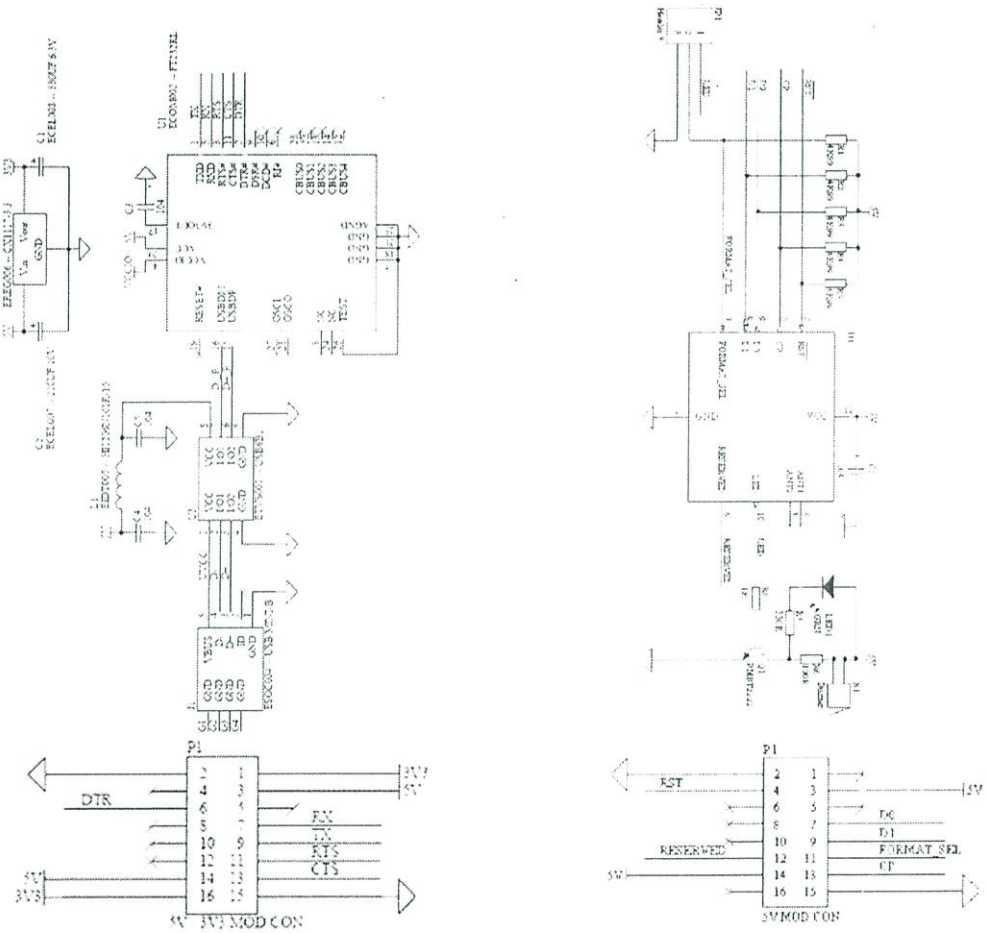
การส่งข้อมูลจากบอร์ด ID-20 ที่เชื่อมต่ออยู่กับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียงไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ LPC2378 นั้น จะทำการติดต่อสื่อสารกันผ่านทางตัวคอนเน็คเทอร์ 16 ขาซึ่งขาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารมี 3 ขา คือ ขา D1, ขา 5V, ขา GND ซึ่ง ขา D1 จะทำหน้าที่ในการดึงข้อมูลออกมาเป็นซีเรียล ส่วนขา 5V ทำหน้าที่รับไฟเลี้ยงและ ขา GND ทำหน้าที่เป็นสายดินของการเชื่อมต่อ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เชื่อมต่อกับบอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัสมีตัว ซีเรียล Rx อยู่แล้ว จึงสามารถรับข้อมูลจากบอร์ด ID-20 ที่เชื่อมต่ออยู่กับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียงด้วยและสัญญาณที่ออกมาจากตัวบอร์ด ID-20 นั้น จะเป็น TTL RS232



ภาพที่ 3.12 วงจรบอร์ด ID -20 ที่เชื่อมต่ออยู่กับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียง

3.3.5 วงจรเชื่อมต่อบอร์ด ID -20 ที่เชื่อมต่ออยู่กับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียงกับบอร์ดแปลงสัญญาณ RS232 เป็น USB ให้สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์

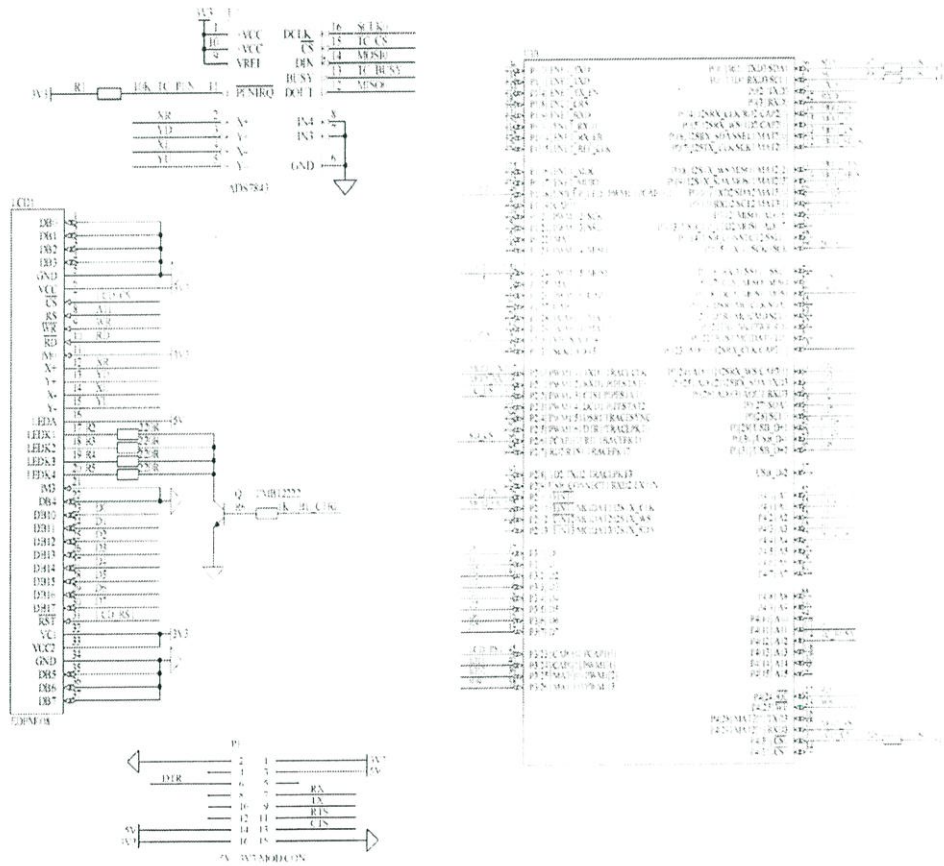
เพื่อให้ไปแสดงข้อมูลผ่านทางโปรแกรม Hyper Terminal นั้น จะทำการติดต่อสื่อสารกันผ่านทางบอร์ดแปลงสัญญา RS232 เป็น USB โดยใช้คอนเน็คเทอร์ 16 ขา ซึ่งขาที่ใช้ในการสื่อสารนั้นมีอยู่ 3 ขา คือขา D1, ขา 5V, ขา GND เมื่อข้อมูลที่ได้จากบอร์ด ID-20 ผ่านเข้าไปในตัวบอร์ดแปลงสัญญาณ RS232 เป็น USB แล้ว ตัวบอร์ดแปลงสัญญาณจะแปลงระดับสัญญาณจาก TTL RS232 เป็น USB เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้



ภาพที่ 3.13 วงจรเชื่อมต่อบอร์ด ID -20 ที่เชื่อมต่ออยู่กับแผงต่อวงจรที่มีวงจรขยายเสียงกับบอร์ดแปลงสัญญาณ RS232 เป็น USB

3.3.6 วงจรเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดแปลงสัญญา RS232 เป็น USB กับบอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัส

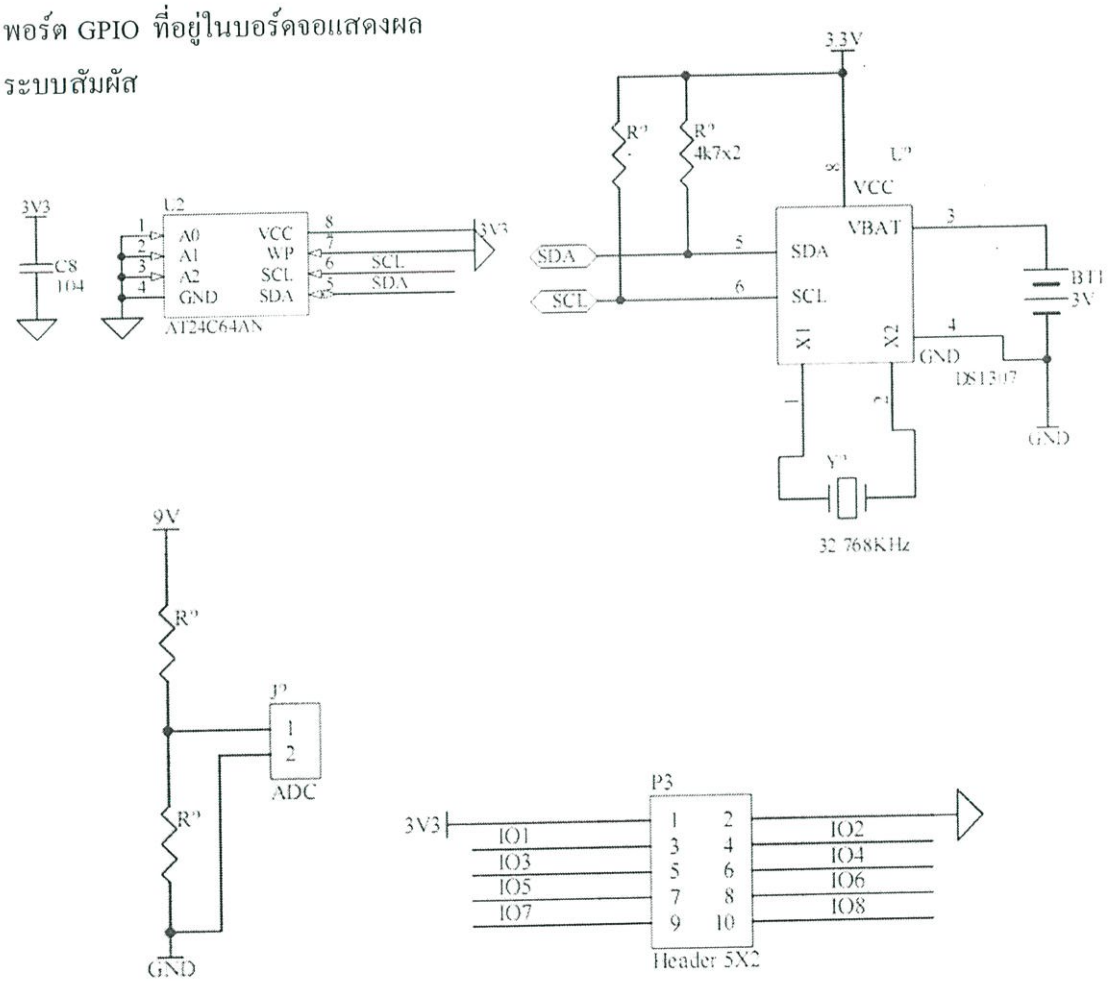
วงจรนี้ทำงานในหมวดของการโหลดชุดคำสั่งลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ LPC 2378 ที่เชื่อมต่อกับจอแสดงผลระบบสัมผัส โดยจะติดต่อถึงกันผ่านพอร์ตคอนโซลที่บอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัสและใช้ ขา 2 หรือ ขา 7 เป็น Ground และใช้ ขา 4 และขา 5 เป็น Tx และ Rx ตามลำดับ ไปเชื่อมต่อกับ บอร์ดแปลงสัญญาณ RS232 เป็น USB โดยใช้ขา 2 หรือขา 15 เป็น Ground และขา 7 และ ขา 9 ซึ่งเป็น Rx และ Tx ตามลำดับ โดยจะนำขา 4 ซึ่งเป็น Tx ที่อยู่ในบอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัสมาต่อเข้ากับขา 7 ซึ่งเป็น Rx ของบอร์ดแปลงสัญญาณ RS232 เป็น USB และนำขา 5 ซึ่งเป็น Rx ของจอแสดงผลระบบสัมผัสมาต่อเข้ากับ ขา 9 ซึ่งเป็น Tx ของบอร์ดแปลงสัญญาณRS232 เป็น USB



ภาพที่ 3.14 วงจรเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดแปลงสัญญาณ RS232 เป็น USB กับบอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัส

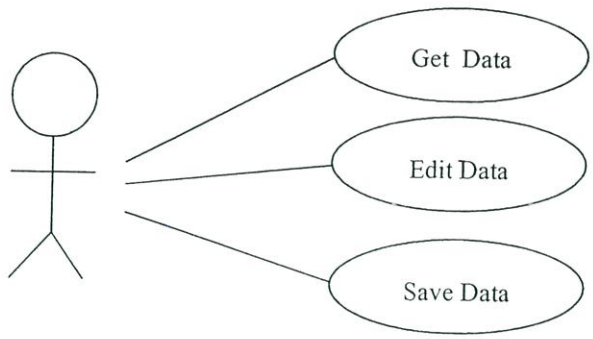
3.3.7 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Real Time Clock กับ บอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัส

ในการออกแบบจะทำการเชื่อมต่อขา 5 ซึ่งเป็น SDA และขา 6 ซึ่งเป็น SCL ของ IC เบอร์ DS1307 ที่อยู่ในบอร์ด Real Time Clock เชื่อมต่อกันแบบขนานกับขา 5 ซึ่งเป็น SDA และขา 6 ซึ่งเป็น SCL ของ IC เบอร์ AT24C64AN โดยเป็น EEPROM ของบอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัส เพื่อที่จะทำการส่งค่าที่ได้จากบอร์ด Real Time Clock ไปเก็บค่าไว้ที่ตัว EEPROM ของบอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัส จากนั้นทำการต่อขา Ground ขาไฟ 5V และขาไฟ 3.3V จากบอร์ด Real Time Clock เข้ากับบอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัส ที่เป็นขา Ground ขาไฟ 5V และขาไฟ 3.3V ตามลำดับ จากนั้นทำการต่อ ADC ซึ่งเป็นตัวแปลงสัญญาณจาก Analog เป็นสัญญาณ Digital จากบอร์ด Real Time Clock เชื่อมต่อกับพอร์ต GPIO ที่อยู่ในบอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัส



ภาพที่ 3.15 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Real Time Clock กับ บอร์ดจอแสดงผลระบบสัมผัส

3.3.8 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram)

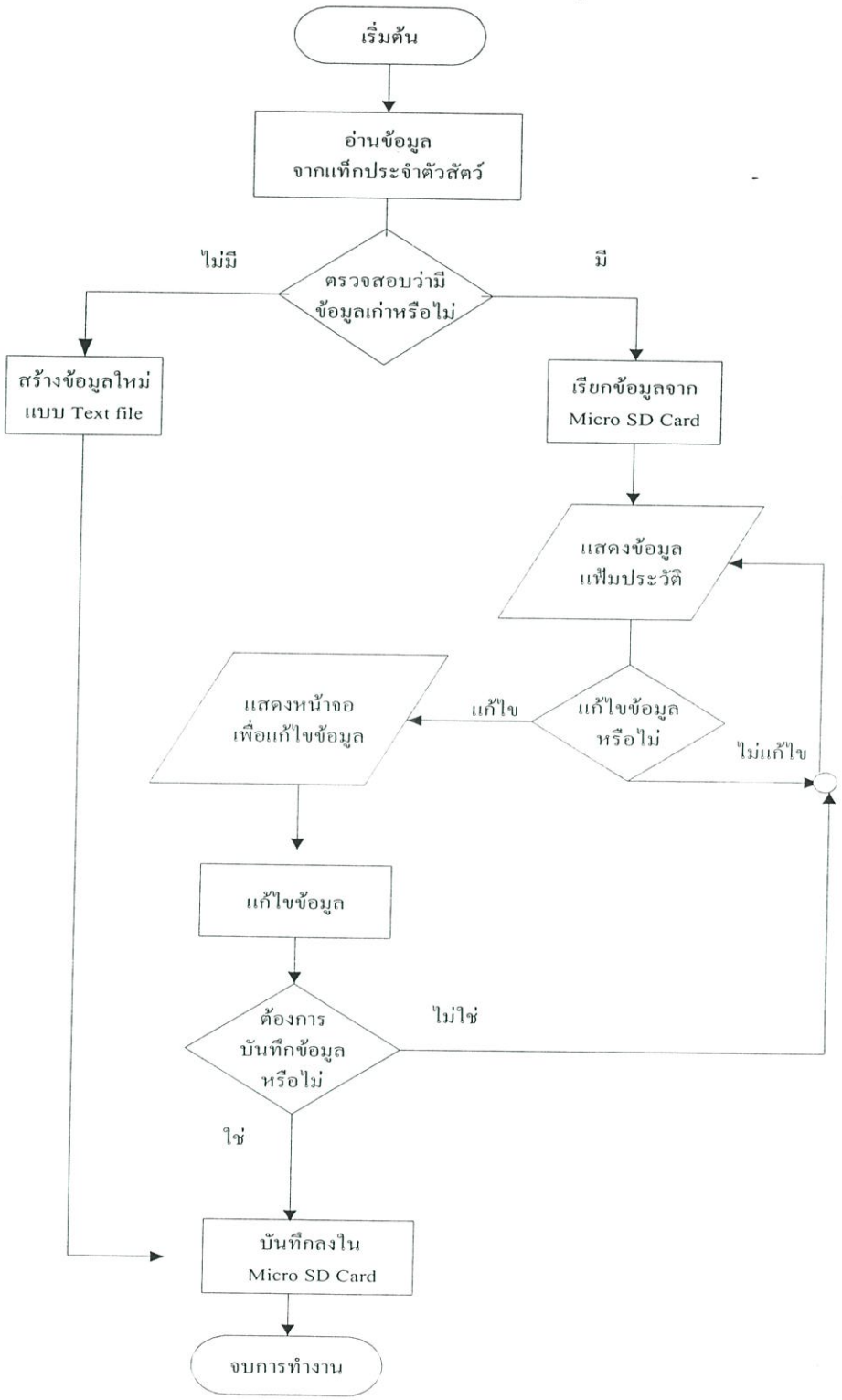


ภาพที่ 3.16 ยูสเคสไดอะแกรมในส่วนของผู้ใช้ระบบ

จากภาพที่ 3.16 เป็นการทำงานในส่วนการใช้งานของผู้ใช้ระบบ โดยสามารถเรียกใช้งานได้ผ่านจอแสดงผลระบบสัมผัส โดยประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

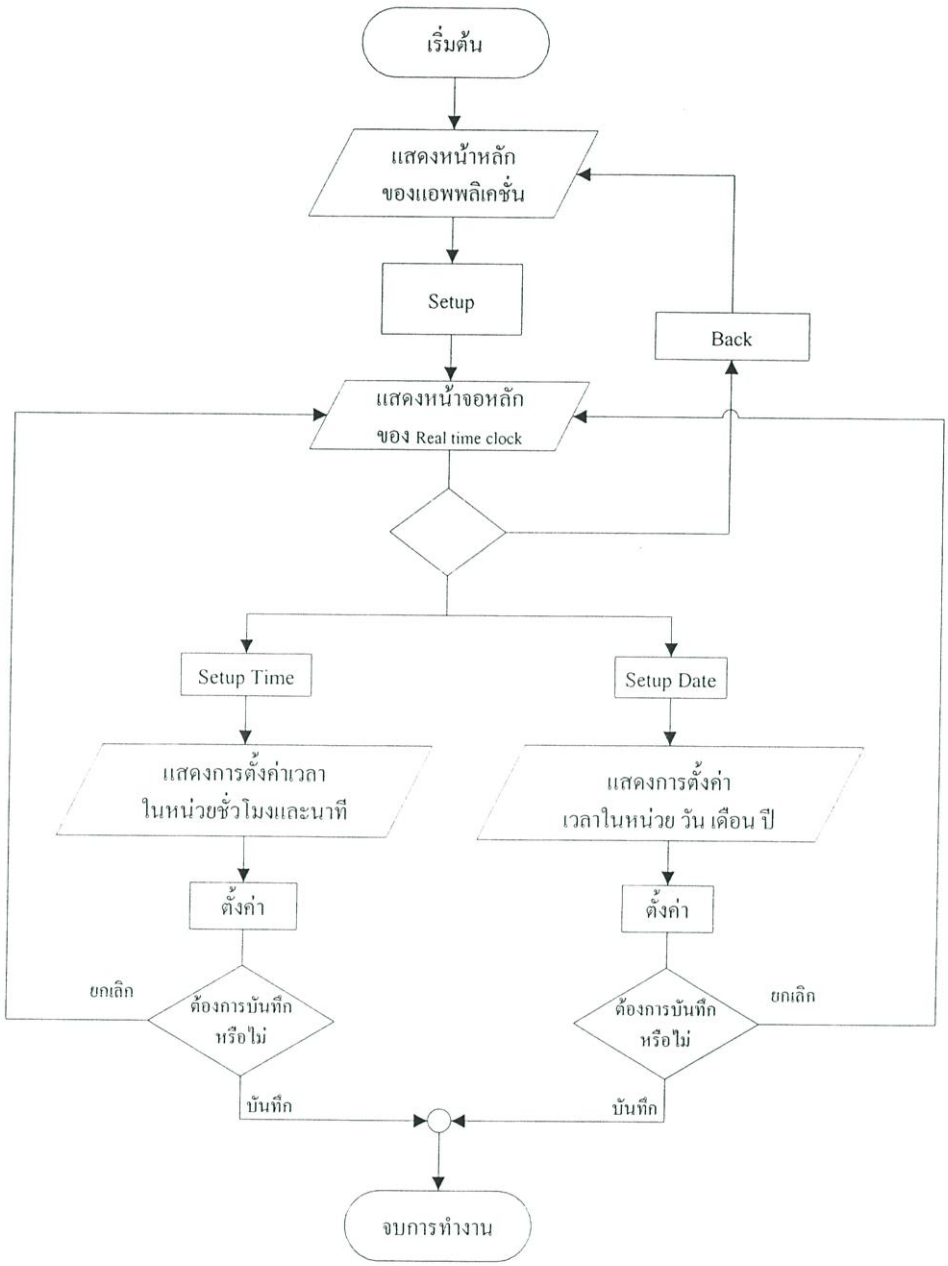
- Get Data เป็นการดึงข้อมูลจากอาร์เอฟอินเทอร์เฟสชิป (ไอซีเบอร์ ID-20) ผ่านแผงต่อวงจรที่ ARM โปรเซสเซอร์ประมวลผลอยู่ โดยจะเริ่มแสดงข้อมูลเมื่อป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ถูกวางอยู่ในระยะที่เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีสามารถเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวป้ายได้ข้อมูลที่อ่านสามารถแสดงได้ทั้งหมดผ่านภายหน้าจอเดียว
- Edit Data เป็นการเลือกเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อ่านได้จากป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์ โดยทำผ่านจอแสดงผลระบบสัมผัสได้โดยตรง การแก้ไขข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงประเภทของสัตว์ น้ำหนักของสัตว์ เป็นต้น
- Save Data เป็นการบันทึกข้อมูลของสัตว์หลังจากถูกเรียกอ่านและตรวจเช็คข้อมูลว่าถูกต้องแล้ว ผู้ใช้งานสามารถจะบันทึกข้อมูลโดยนำข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบไมโครเอสดีการ์ดที่ถูกเชื่อมต่ออยู่

3.3.9 โฟล์วชาร์ตไดอะแกรมแสดงการอ่านค่าข้อมูลจากแท็ก



ภาพที่ 3.17 โฟล์วชาร์ตไดอะแกรมแสดงการอ่านค่าข้อมูลจากแท็ก

3.3.10 โฟล์วชาร์ตไดอะแกรมแสดงตั้งค่าแบบ Real Time Clock



ภาพที่ 3.18 โฟล์วชาร์ตไดอะแกรมแสดงตั้งค่า Real Time Clock

บทที่ 4
ผลการทดลองการวิจัย

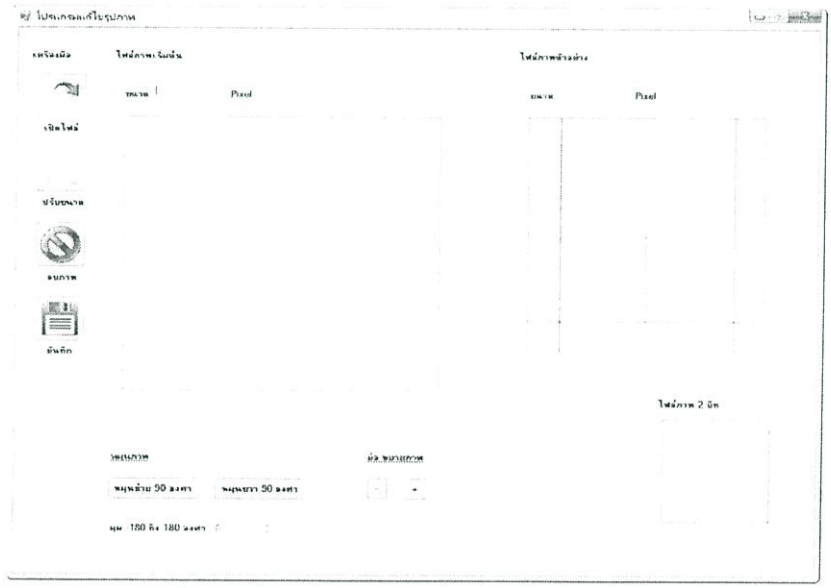
ผลการทดลองการวิจัยของโครงการวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ผลการทดลองในส่วนของการระบุเอกลักษณ์ด้วยลายพิมพ์จมูก และส่วนของการระบุตัวตนด้วย RFID

4.1 ผลการทดองการวิจัยการระบุเอกลักษณ์ด้วยลายพิมพ์จมูก

ผลการทดลองการวิจัยในส่วนนี้เป็นการออกแบบส่วนโปรแกรม และการใช้งานในส่วนย่อยต่างๆ ของระบบนี้ดังภาพที่ 4.1

4.1.1 โปรแกรมแก้ไขรูปภาพ

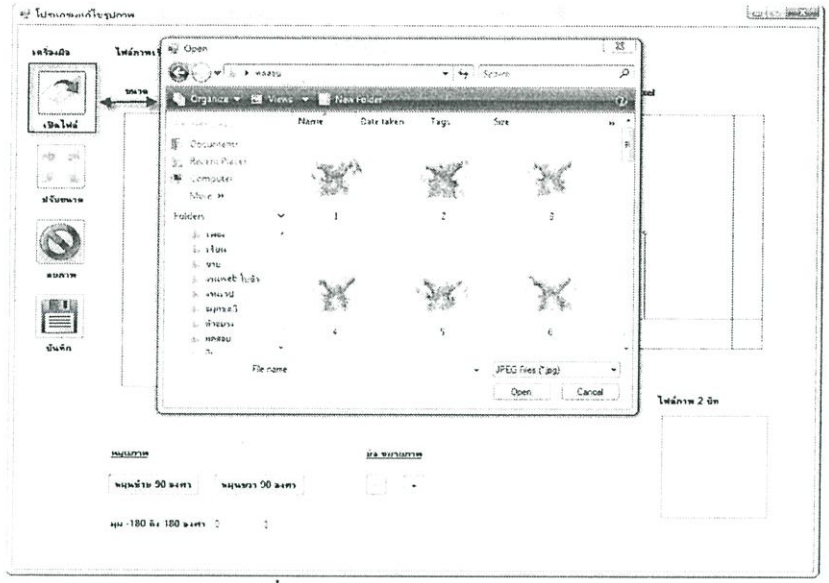
โปรแกรมแก้ไขรูปภาพมีผลการทดลองดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 หน้าแรกการใช้งานโปรแกรมแก้ไขรูปภาพ

- **การนำไฟล์ภาพเข้ามายังโปรแกรม**

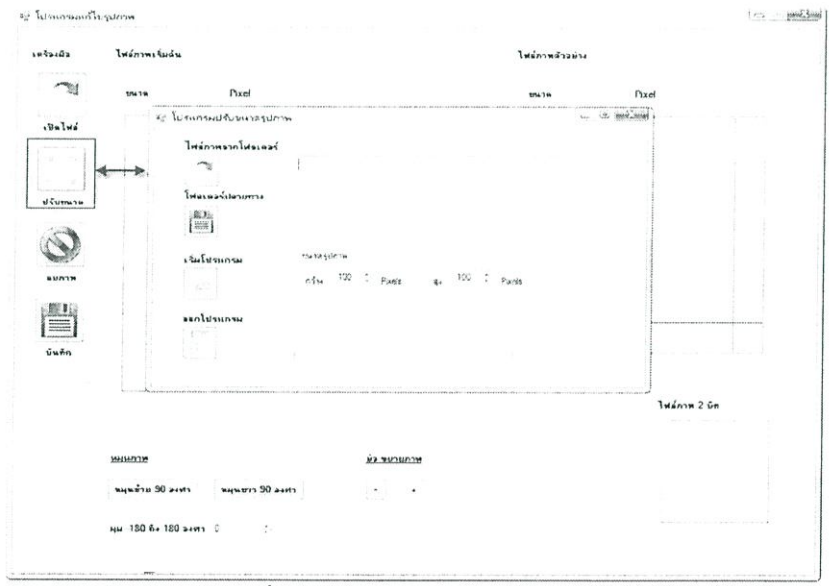
เมื่อผู้ใช้ต้องการนำไฟล์ข้อมูลภาพลงโปรแกรม ให้ กด <u>เปิดไฟล์</u> โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างให้เลือกไฟล์ภาพที่ต้องการดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การนำไฟล์ภาพเข้ามายังโปรแกรม

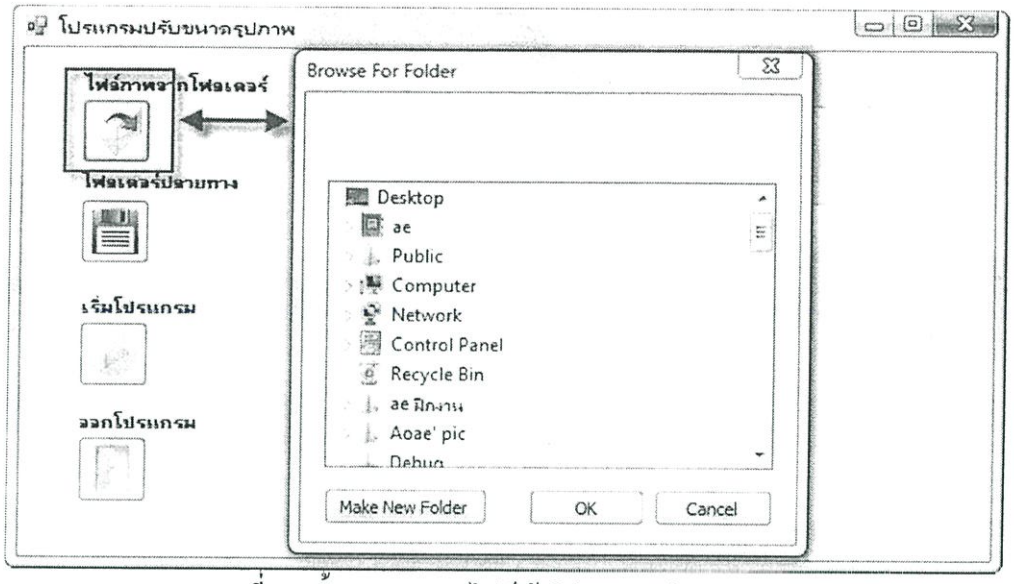
- **ส่วนของการย่อ/ขยายรูปภาพ**

เมื่อผู้ใช้ต้องการย่อ/ขยายภาพ ให้ กด ปรับขนาด โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างใหม่ขึ้นมา ให้ทำการ เลือกโฟลเดอร์ที่จะทำการย่อ/ขยายภาพ โดยตัวโปรแกรมสามารถ ย่อ/ขยาย ภาพได้ทั้งหมดในโฟลเดอร์



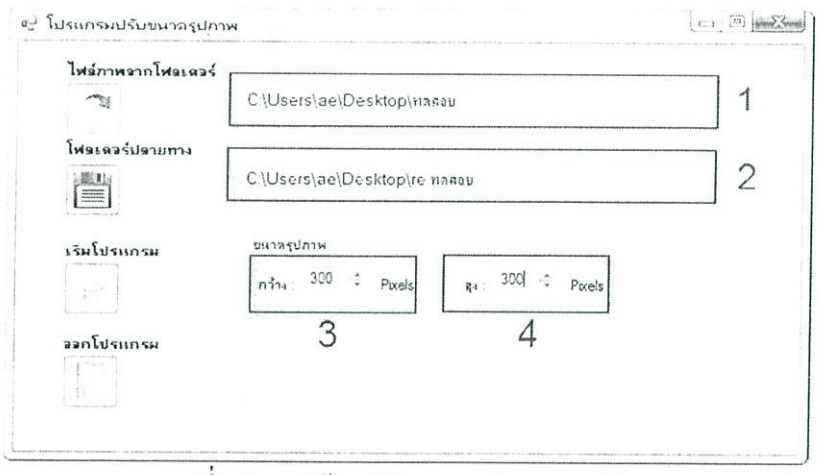
ภาพที่ 4.3 หน้าต่างการย่อ/ขยายรูปภาพ

เมื่อได้หน้าต่างโปรแกรมการใช้งาน ย่อ/ขยาย ภาพแล้ว ให้ทำการกดเลือกไอคอน รูปภาพจากโฟลเดอร์ดังภาพที่ 4.4



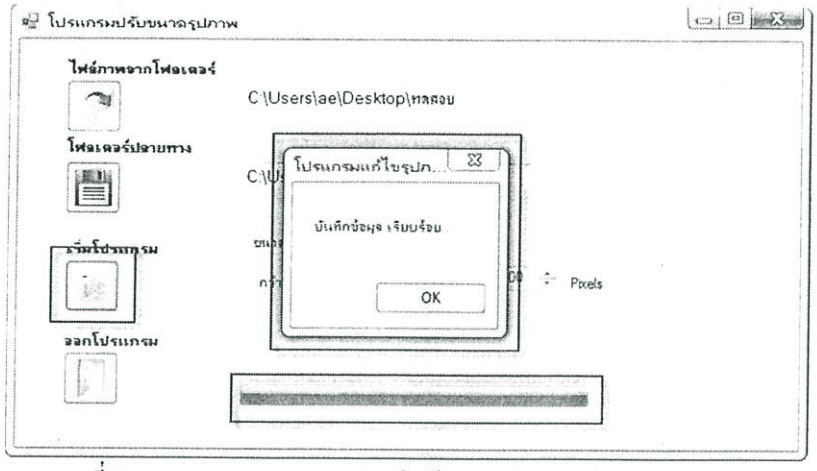
ภาพที่ 4.4 ขั้นตอนการนำไฟล์เข้าโปรแกรม ย่อ/ขยาย ภาพ

แสดงการใช้งาน



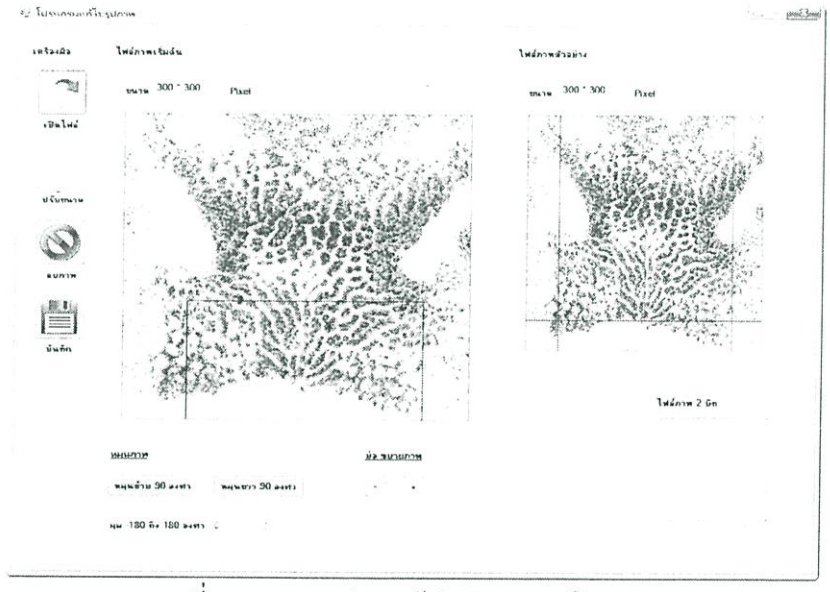
ภาพที่ 4.5 การใช้งานโปรแกรม ย่อ/ขยาย รูปภาพ

จากนั้นให้ทำการกดไอคอน เริ่มโปรแกรม โปรแกรมจะเริ่มทำการ ย่อ/ขยาย จนเสร็จสมบูรณ์จะปรากฏ แถบแสดงสถานะการทำงานเป็นสีเขียวและหน้าต่างแสดงผลการบันทึก ดังภาพที่ 4.6



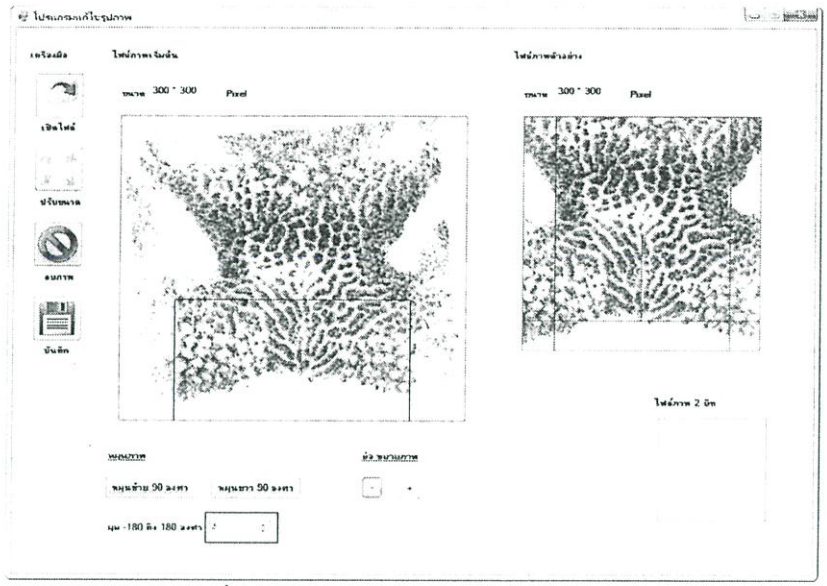
ภาพที่ 4.6 การทำงานและการบันทึกข้อมูลโปรแกรมย่อ/ขยาย รูปภาพ

➢ **ส่วนการตัดภาพและการหมุนภาพ**



ภาพที่ 4.7 การนำรูปภาพเข้าโปรแกรมแก้ไขรูปภาพ

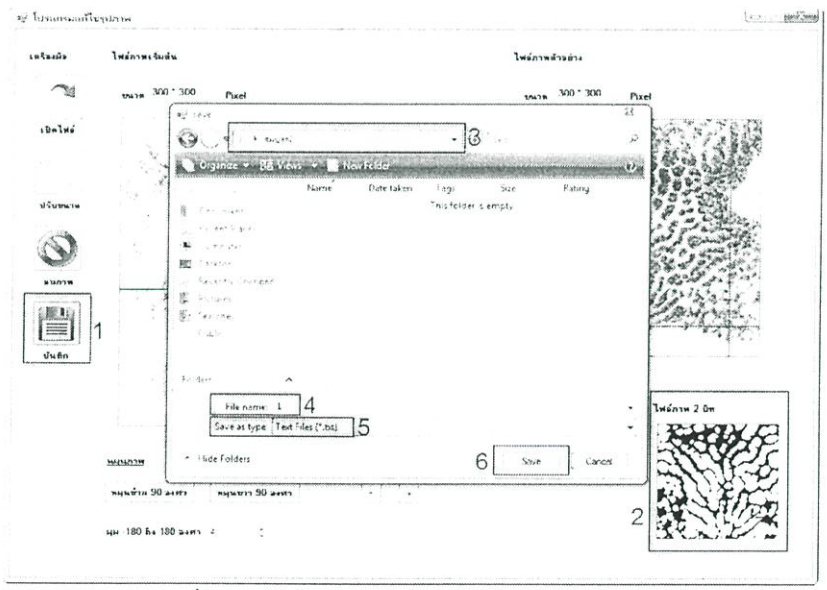
จากนั้นทำการปรับแต่งรูปภาพ โดยการหมุนให้ภาพอยู่สมดุลกึ่งกลาง โดยสามารถปรับขนาดมุมได้-180 ถึง 180 องศา และทำการตัดภาพให้ได้ส่วนที่ต้องการ โดยการเลื่อนเมาส์เลือกส่วนที่ต้องการ และทำการคลิกเมาส์เพื่อให้ไปแสดงผลในไฟล์ภาพตัวอย่าง โดยในบล็อคแสดงไฟล์ภาพตัวอย่าง จะมีเส้นไกด์ไลน์ เพื่อเป็นจุดกำหนดในการตัดภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่สมบูรณ์และได้ลักษณะภาพที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดในแต่ละภาพ เพื่อใช้ในการพิสูจน์ต่อไป ดังภาพที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แก้ไขภาพเพื่อให้รูปภาพที่สมบูรณ์

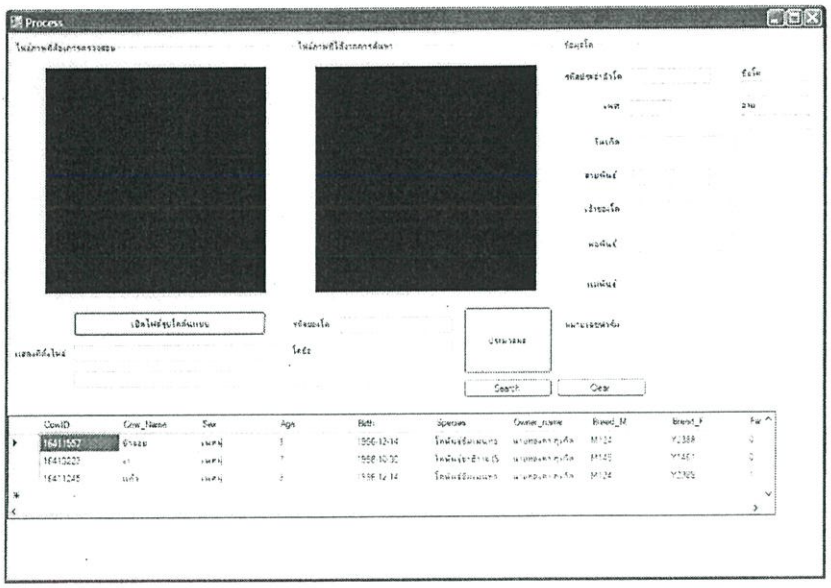
➢ **แสดงการบันทึกข้อมูลไฟล์ภาพและไฟล์ข้อความ (Text file)**

ทำการจัดเก็บไฟล์ภาพที่สมบูรณ์ โดยการเลือกที่ บันทึก เมื่อกดบันทึก โปรแกรมจะแสดงไฟล์ภาพ 2 บิต เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลเป็น Text file ดังภาพที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การจัดเก็บข้อมูลไฟล์ภาพ เป็น Text file

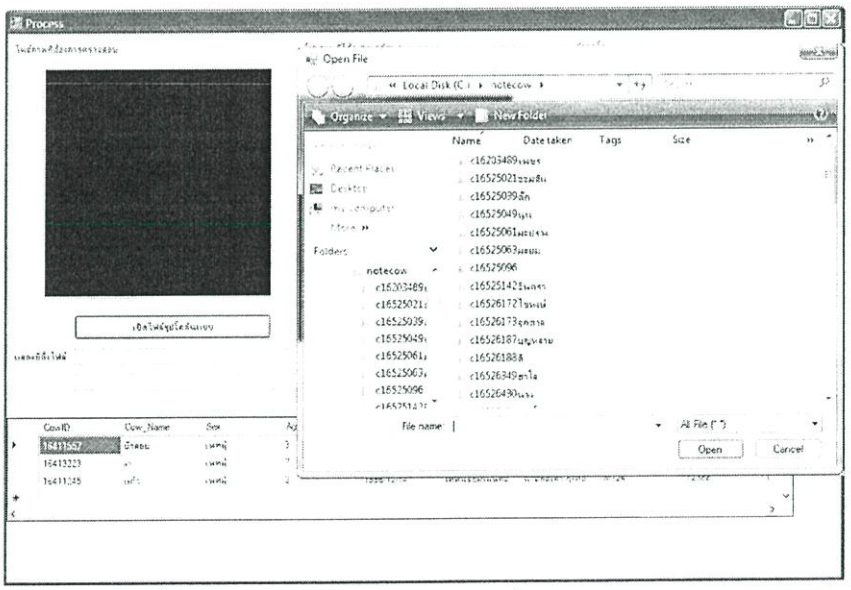
4.1.2 ส่วนการแสดงผลของโปรแกรมระบุเอกลักษณ์ของภาพลายพิมพ์จมูก



ภาพที่ 4.10 หน้าแรกโปรแกรมพิสูจน์เอกลักษณ์ของโค

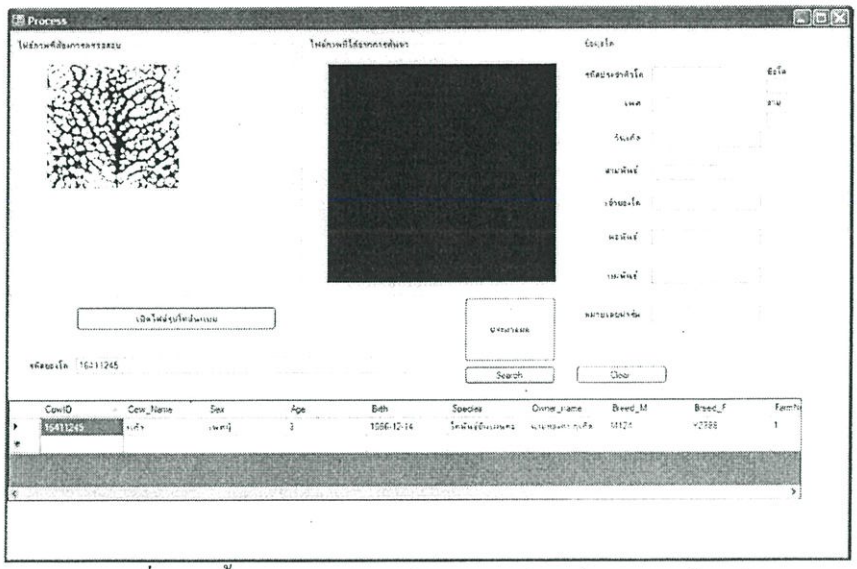
ขั้นตอนที่ 1

ทำการเปิดไฟล์รูปโคต้นแบบที่ต้องการค้นหาข้อมูล



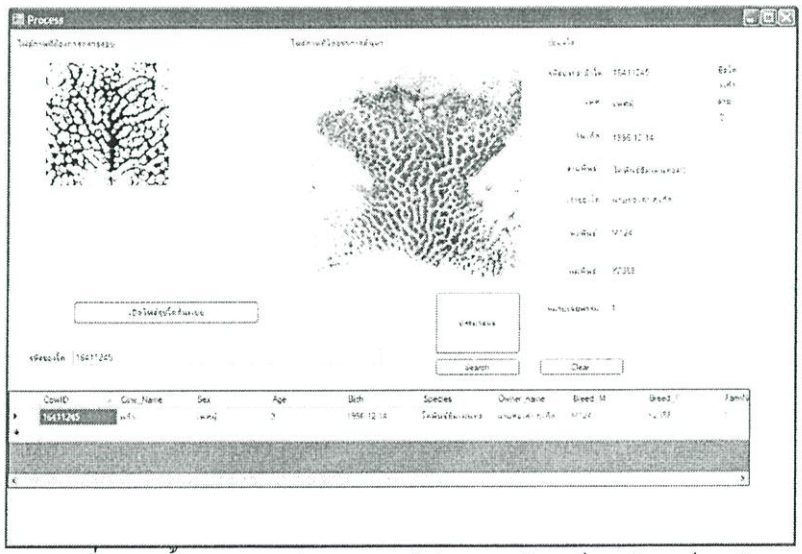
ภาพที่ 4.11 การเปิดไฟล์รูปโคต้นแบบที่ต้องการค้นหาข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 คลิกที่ปุ่มประมวลผล จะขึ้นรหัสโค เพื่อทำการยืนยันต่อ



ภาพที่ 4.12 ขั้นตอนการทำงานโปรแกรมพิสูจน์เอกลักษณ์ของโค

ขั้นตอนที่ 3 คลิกที่ปุ่มค้นหาโค เพื่อทำการเช็คข้อมูลรูปภาพที่มีคุณลักษณ์ใกล้เคียงกับข้อมูลต้นแบบ ผลลัพธ์ที่ได้จะได้รูปไฟล์ภาพที่ต้องการค้นหา พร้อมทั้งข้อมูลของตัวโคนั้นๆ



ภาพที่ 4.13 ขั้นตอนการประมวลผลโปรแกรมพิสูจน์เอกลักษณ์ของโค

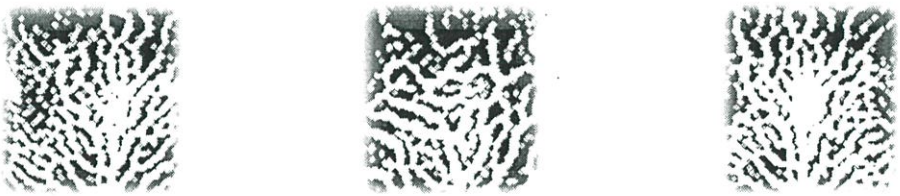
4.1.3 ผลการทดลองการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสัตว์

➢ **ผลการหาลักษณะเด่นของลายพิมพ์จมูกโคของแต่ละตัว**

จากการทดลองการหาลักษณะเด่นของลายพิมพ์จมูกวัวของโคแต่ละตัว ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4.14

ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3

ภาพที่ 4.14 ภาพลักษณ์ลายพิมพ์จมูกที่ผ่านกระบวนการแล้วของโคตัวที่ 1

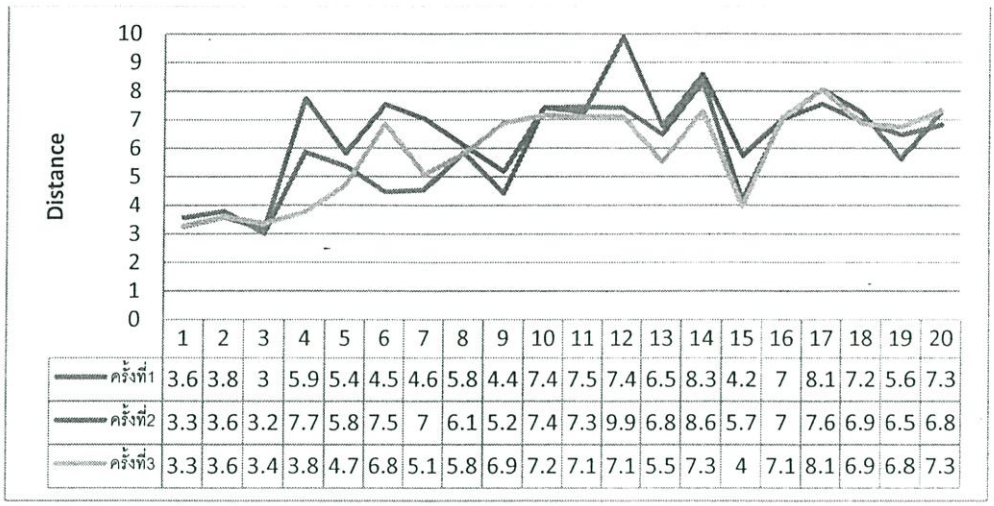


ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3

ภาพที่ 4.15 ภาพลักษณ์ลายพิมพ์จมูกที่ผ่านกระบวนการแล้วของโคตัวที่ 2

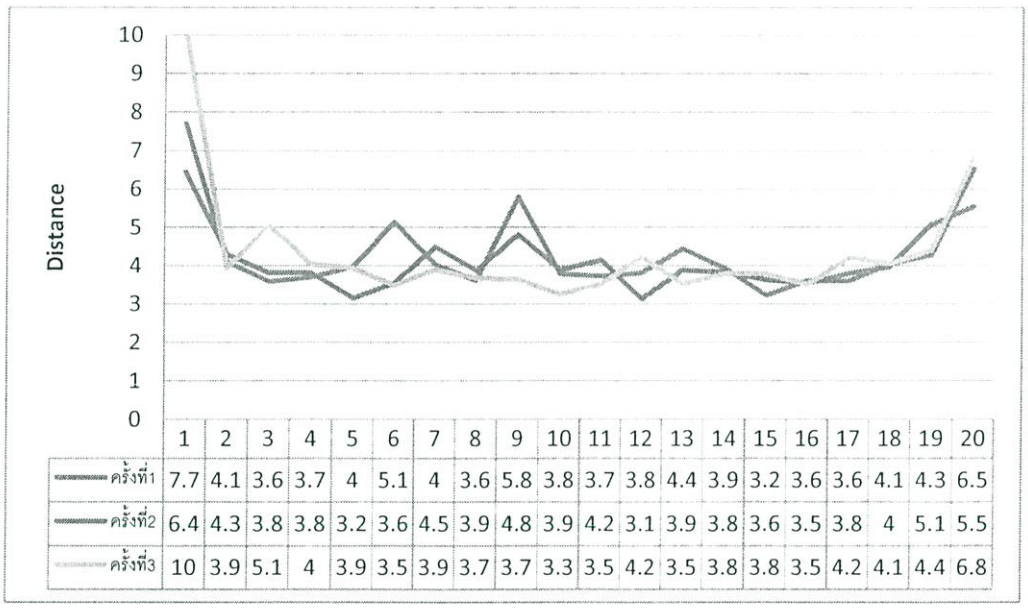
➢ **ผลการพิสูจน์เอกลักษณ์บนจมูกโค กับภาพอ้างอิง**

จากการทดลองถ้าต้องการทราบว่าข้อมูลที่นำมาทดสอบนั้นเป็นโคตัวเดียวกันกับโคที่มีอยู่ในฐานมูลนั้นเป็นตัวเดียวกันหรือไม่นั้น จะต้องดูจากจุดที่กราฟมีระยะน้อยที่สุดหรือจุดที่กราฟต่ำสุดนั่นเอง โดยจะแสดงกราฟผลการทดลองการพิสูจน์เอกลักษณ์ตัวโค 2 ตัว ๆ ละ3 ครั้ง โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงของโคทั้งหมด 20 ตัว ซึ่งในฐานข้อมูลของเรามีทั้งหมด 100 ตัว ดังแสดงในภาพที่ 4.16



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ครั้งที่1	3.6	3.8	3	5.9	5.4	4.5	4.6	5.8	4.4	7.4	7.5	7.4	6.5	8.3	4.2	7	8.1	7.2	5.6	7.3
ครั้งที่2	3.3	3.6	3.2	7.7	5.8	7.5	7	6.1	5.2	7.4	7.3	9.9	6.8	8.6	5.7	7	7.6	6.9	6.5	6.8
ครั้งที่3	3.3	3.6	3.4	3.8	4.7	6.8	5.1	5.8	6.9	7.2	7.1	7.1	5.5	7.3	4	7.1	8.1	6.9	6.8	7.3

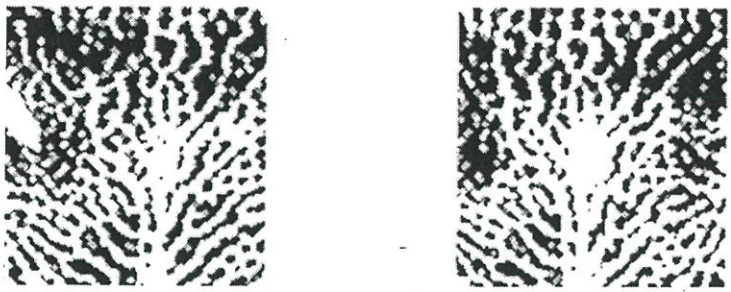
ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างแบบยูคลิดของโคตัวที่ 1



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ครั้งที่1	7.7	4.1	3.6	3.7	4	5.1	4	3.6	5.8	3.8	3.7	3.8	4.4	3.9	3.2	3.6	3.6	4.1	4.3	6.5
ครั้งที่2	6.4	4.3	3.8	3.8	3.2	3.6	4.5	3.9	4.8	3.9	4.2	3.1	3.9	3.8	3.6	3.5	3.8	4	5.1	5.5
ครั้งที่3	10	3.9	5.1	4	3.9	3.5	3.9	3.7	3.7	3.3	3.5	4.2	3.5	3.8	3.8	3.5	4.2	4.1	4.4	6.8

ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างแบบยูคลิดของโคตัวที่ 2

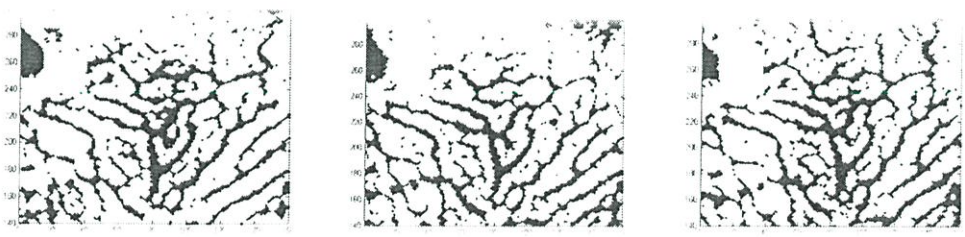
จากผลการทดลองเปรียบเทียบระยะห่างแบบยูคลิดของโคทั้งสองตัวจะพบขอผิดพลาด ทั้งสองตัวเลยอันน่าจะมีผลเนื่องมาจากไม่สามารถกำหนดให้ภาพอยู่ในลักษณ์มาตรฐานเดียวกันได้ ทำให้ภาพอยู่ที่ตำแหน่งเพี้ยนไปดังภาพที่ 4.18



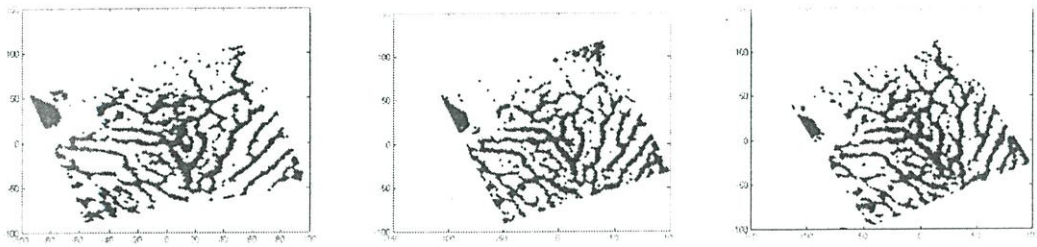
ภาพที่ 4.18 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างแบบยูคลิดของโคทั้งสองตัว

และจากรูปนี้จะพบว่าภาพที่ได้หลังจากการทดลองนี้ ภาพมีการเรียงตัวที่ผิดออกจากกันทำให้เมื่อทำการเปรียบเทียบระยะห่างยูคลิดจึงมีความเพี้ยนสูงแต่สามารถแก้ไขเพื่อเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลได้โดยโปรแกรมแต่งภาพที่จะมีการเพิ่มเส้นไกด์เปรียบเทียบเพื่อเพิ่มความถูกต้องให้ข้อมูล

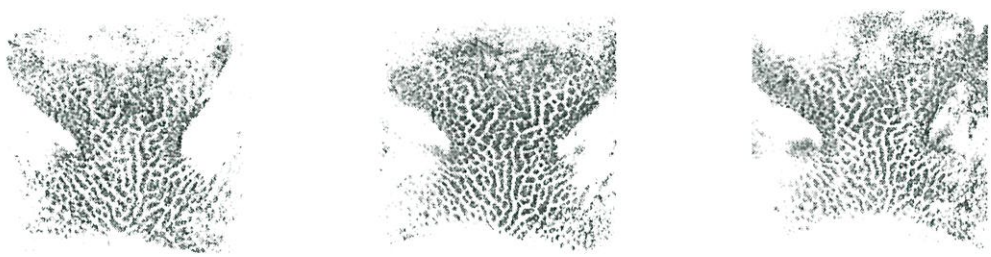
ภาพที่ 4.19 ภาพต้นแบบโคตัวที่ 1 ก่อนผ่านกระบวนการ



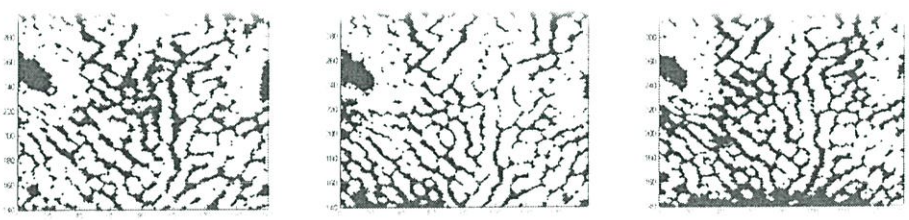
ภาพที่ 4.20 ภาพหลังผ่านการ normalization ของโคตัวที่ 1



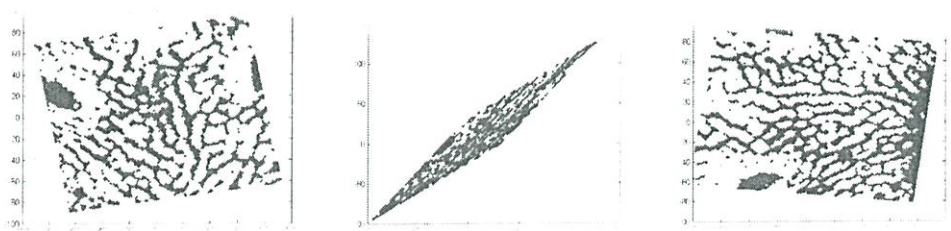
ภาพที่ 4.21 ภาพหลังผ่านกระบวนการ PCA ของโคตัวที่ 1



ภาพที่ 4.22 ภาพต้นแบบโคตัวที่ 2 ก่อนผ่านกระบวนการ



ภาพที่ 4.23 ภาพหลังผ่านการ normalization ของโคตัวที่ 2

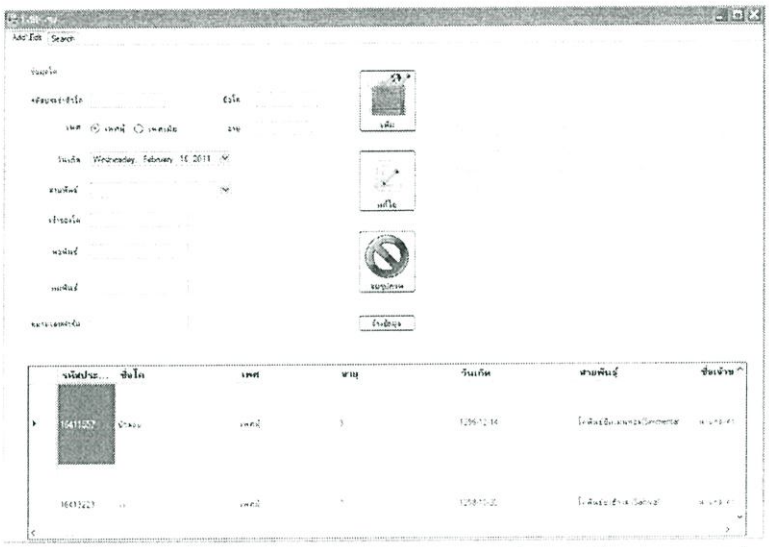


ภาพที่ 4.24 ภาพหลังผ่านกระบวนการ PCA ของโคตัวที่ 2

4.1.4 ผลการทดลองการเก็บข้อมูลประจำตัวสัตว์

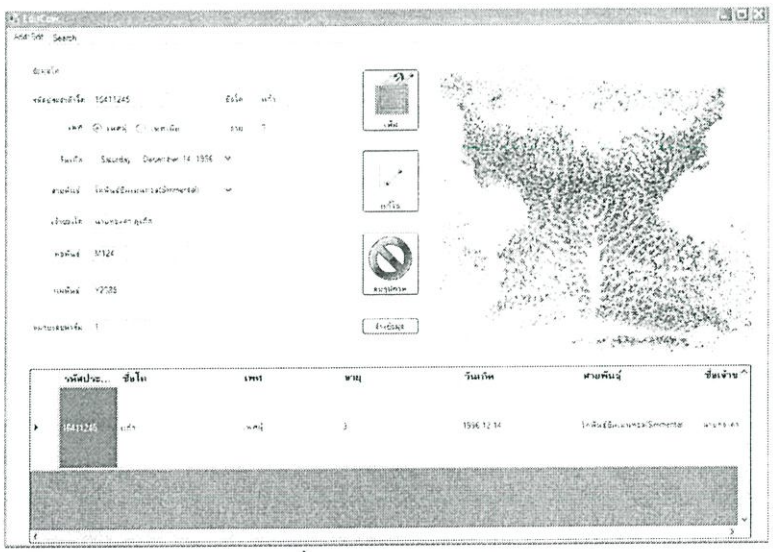
โดยมีวิธีการทดลองดังนี้ขั้นตอนแรกทำการเปิดโปรแกรมในหน้าของแอพลิเคชันจะประกอบแท็บ 2 แท็บ คือ Add\Edit และ Search

Add\Edit จะช่องให้กรอกรายละเอียดข้อมูลต่างๆ รูปประจำตัวสัตว์ มีปุ่มเพิ่ม แก้ไข ลบรูป ล้างข้อมูล



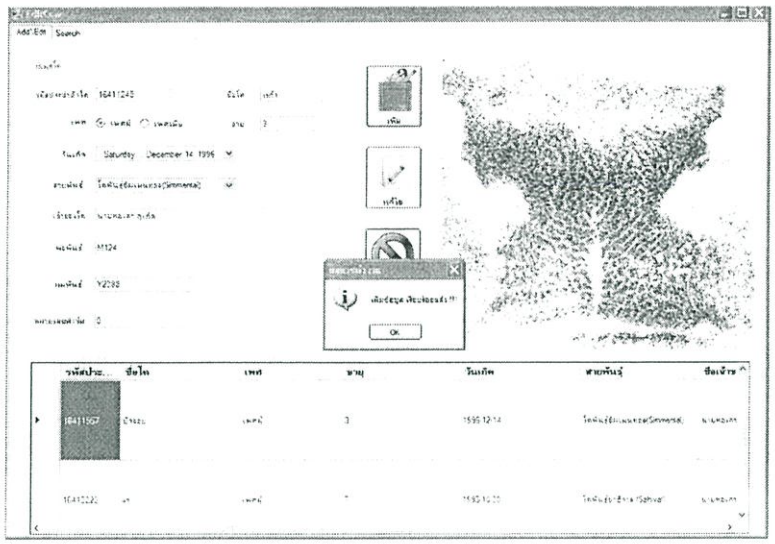
ภาพที่ 4.25 แสดงหน้าต่างแรกของโปรแกรมเก็บฐานข้อมูลของสัตว์

เริ่มการใช้งานโปรแกรมเก็บข้อมูลสัตว์ จากรูปเราจะเห็นว่าช่องให้กรอกข้อมูลต่างๆ และเพิ่มรูปภาพทางขวา และในส่วนตารางด้านล่างจะเป็นส่วนของข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลเมื่อเราเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว การกรอกข้อมูลจะแสดงดังภาพที่ 4.26



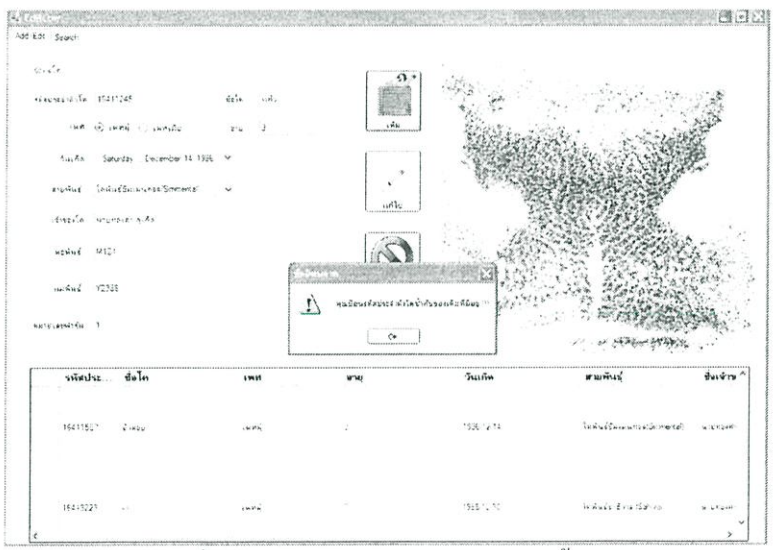
ภาพที่ 4.26 การกรอกข้อมูล

เมื่อเราได้กรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้วเราสามารถบันทึกได้โดยการกดที่เพิ่ม ดังภาพที่ 4.27



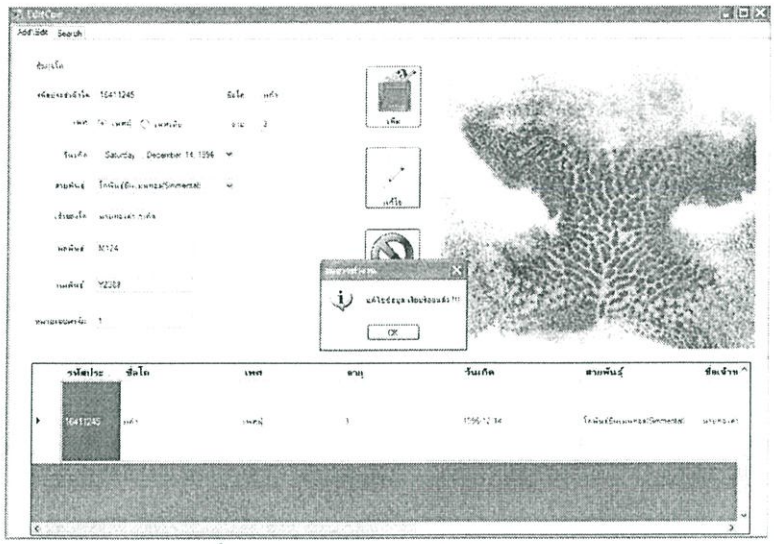
รูป 4.27 การกรอกข้อมูลเรียบร้อย

และในขั้นตอนการแก้ไขข้อมูล เมื่อมีกรณีที่กรอกรหัสซ้ำโปรแกรมจะขึ้นเตือนให้กรอกรหัสใหม่ดังภาพที่ 4.28



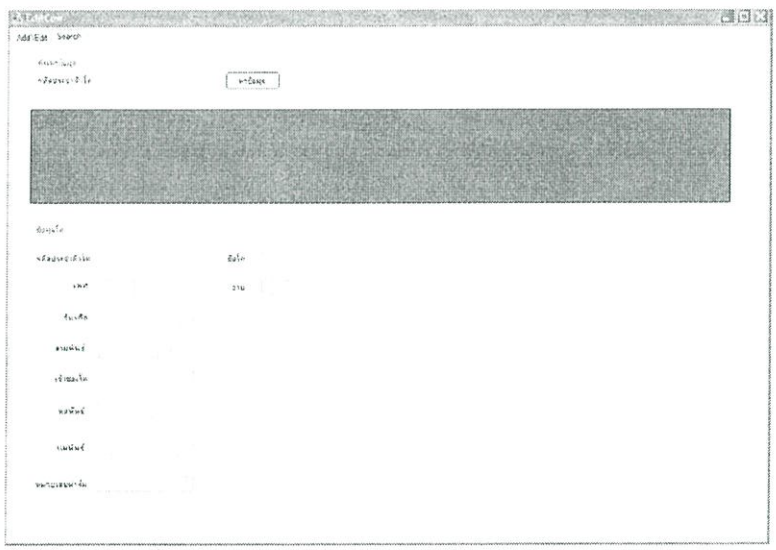
รูปที่ 4.28 การกรอกรหัสประจำตัวโคซ้ำ

เมื่อเราจะทำการแก้ไขข้อมูลของสัตว์ และแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะแสดงดังภาพที่ 4.29



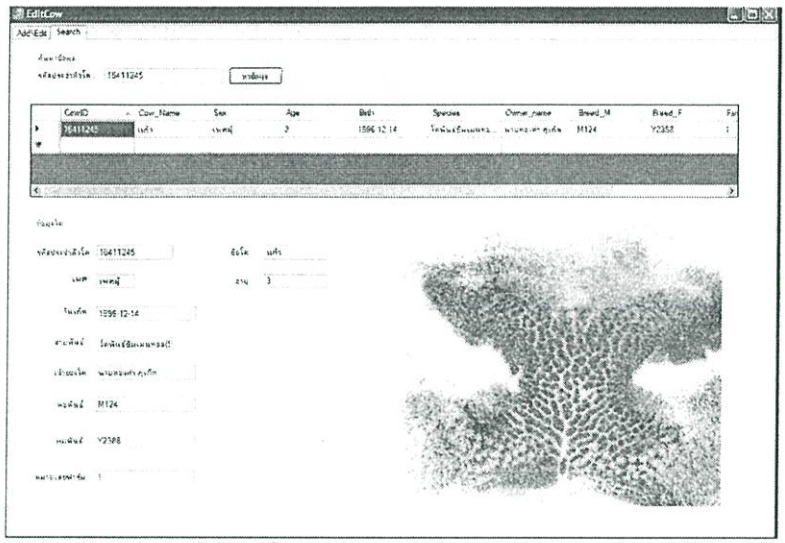
ภาพที่ 4.29 ผลของการแก้ไขข้อมูล

ในส่วนของการค้นหาข้อมูลหน้าของโปรแกรมจะเป็นลักษณะนี้ประกอบไปด้วย ตารางข้อมูล ปุ่มค้นหา และส่วนของการโชว์ของการโชว์ข้อมูล



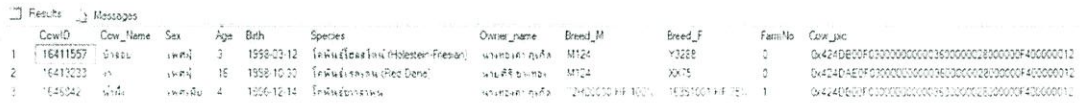
ภาพที่ 4.30 หน้าต่างโปรแกรมการค้นหาข้อมูล

เมื่อเราทำการพิมรหัสประจำตัวสัตว์ แล้วกดหาข้อมูล ข้อมูลในฐานข้อมูลจะโชว์ข้อมูลขึ้นมา



ภาพที่ 4.31 ข้อมูลการค้นหาข้อมูล

ในส่วนของข้อมูลที่ถูกเก็บจะอยู่ในส่วนนี้ดังรูป



ภาพที่ 4.32 ข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล

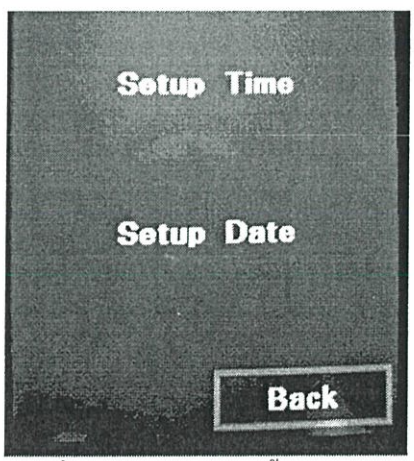
4.2 ผลการทดองการวิจัยการระบุตัวตนของสัตว์ด้วย RFID

ผลการทดลองการวิจัยในส่วนนี้จะเป็นการนำวอุปกรณ์ทางด้านฮาร์แวร์มาต่อเป็น เครื่องระบุตัวตนของสัตว์ด้วย RFID แบบพกพา มีวิธีการทดลองดังนี้

- ขั้นตอนแรกทำการจ่ายไฟให้กับตัวอุปกรณ์ หน้าแรกของแอพลิเคชันจะเป็นเมนูหลัก ประกอบด้วยบล็อกแสดงสถานะวันที่ เวลา และเปอร์เซ็นต์ของแบตเตอรี่ บล็อกแสดงรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ประจำตัวสัตว์ ปุ่มบันทึกและยกเลิก

ภาพที่ 4.33 จอแสดงเมนูหน้าหลักของแอพพลิเคชัน

➢ เริ่มการใช้งานเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีโดยเก็บรหัสประจำตัวสัตว์ไปใช้งาน เราจะตั้งค่าวันเวลาให้เป็นปัจจุบันก่อนโดยแอพพลิเคชันจะมีเมนู 2 เมนูคือ Setup Time และ Setup Date โดย Setup Time จะเป็นเมนูการตั้งเวลาของเครื่อง และ Setup Date จะเป็นเมนูการตั้งวัน เดือน ปี ของเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 4.34



ภาพที่ 4.34 จอแสดงเมนูตั้งค่า วัน เวลา

➢ เริ่มการเก็บรหัสประจำตัวสัตว์ โดยเมื่อนำป้ายระบุอิเล็กทรอนิกส์มาวางในระยะที่เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีสามารถเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวป้ายได้ เราจะได้ยินเสียง

สัญญาณบีบดังขึ้น นั้นแสดงถึงว่าเครื่องอุปการณ์ได้ทำการจัดการข้อมูลลงหน่วยความจำเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะปรากฏหน้าจอดังภาพที่ 4.35

ภาพที่ 4.35 ข้อมูลการเก็บรหัสประจำสัตว์

➢ จากนั้นหากต้องการแก้ไขข้อมูล ก็สามารถเลือกเข้าไปแก้ไขข้อมูลได้โดยไปที่บล็อกแก้ไข เมื่อเราคลิกที่บล็อกแก้ไข จะเห็นว่าผู้ใช้งานสามารถเลือกประเภทของสัตว์ได้จากตัวเลือกที่มีให้ และมีแถบสีแดงปรากฏขึ้นให้สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลเพศ วันเกิด และน้ำหนักได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.36

ภาพที่ 4.36 การแก้ไขข้อมูลการเก็บรหัสประจำสัตว์

➢ ทั้งนี้ ขั้นตอนการทำงานของแอพพลิเคชันจะเริ่มจาก เมื่อเครื่องอ่านเรียกอ่านข้อมูลจากแท็กเข้ามาใหม่ ตัวเครื่องจะเช็คสถานะกับแฟ้มประวัติที่ถูกบันทึกอยู่ในหน่วยความจำประเภทไมโครเอสดีการ์ด ว่าในฐานข้อมูลเคยบันทึกข้อมูลป้ายนี้หรือยัง หากยังจะทำการสร้าง text file ใหม่และบันทึกลงในหน่วยความจำโดยอัตโนมัติ ดังนั้น ถ้ามีข้อมูลอยู่แล้วในแฟ้มประวัติเก่า หน้าจอจะแสดงผลดังภาพที่ 4.35 แต่ถ้าตรวจสอบแล้วไม่มี จะแสดงหน้าจอดังภาพที่ 4.37

ภาพที่ 4.37 การแสดงแฟ้มข้อมูลที่มีในหน่วยความจำแล้ว

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่องระบบการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจโดยลายพิมพ์จมูก และ RFID เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านการประมวลผลภาพในการหาเอกลักษณ์ของภาพ และเทคโนโลยีการระบุตัวตนด้วย RFID เพื่อช่วยในการระบุตัวตนและเอกลักษณ์ของสัตว์เศรษฐกิจนั้น จากการวิจัยสามารถสรุปแยกเป็น 3 กรณีคือ

5.1.1 สรุปผลการวิจัยในส่วนของการระบุยืนยันตัวสัตว์ด้วย RFID

ในการระบุยืนยันตัวสัตว์ด้วย RFID นั้นจากการวิจัย สามารถสรุปได้ว่าปัญหาที่มีอยู่ในปัจจุบันของการระบุตัวตนของสัตว์เศรษฐกิจในหลายประเทศ จำเป็นจะต้องมีการติดชิบ IC หรือ RFID ที่มีรหัสประจำตัวของสัตว์แต่ละตัวไว้ที่ใบหูของสัตว์อยู่แล้วเพื่อเป็นการระบุตัวตนของสัตว์ แต่มักเกิดปัญหาใหญ่ อยู่ 2 กรณี คือ กรณีที่สามารถถอดเปลี่ยนชิบ IC หรือ RFID ได้เองทำให้การระบุตัวตนของสัตว์ไม่มีความน่าเชื่อถือ และกรณีการตรวจสอบระบุตัวตนของสัตว์ที่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ต้องสร้างไว้ในโรงเลี้ยงสัตว์ ทำให้ไม่คล่องตัวในการตรวจเช็คระบุตัวตนของสัตว์นั้น

โครงการวิจัยนี้สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ด้วย การสร้างเครื่องระบุตัวตนของสัตว์เศรษฐกิจให้มีขนาดเล็กแบบพกพาได้จริง สามารถถือเครื่องเข้าไปใกล้ตัวสัตว์เพื่อทำการตรวจสอบและระบุตัวตนของสัตว์ขั้นพื้นฐานได้ ซึ่งไม่ต้องบังคับให้สัตว์เข้าไปในโรงเลี้ยงสัตว์ที่มีเครื่องตรวจสอบขนาดใหญ่เหมือนในอดีต โดยเครื่องระบุตัวตนของสัตว์เศรษฐกิจแบบพกพาของโครงการวิจัยนี้สามารถบอกข้อมูลของสัตว์ที่ต้องการระบุตัวตนได้ในระดับเบื้องต้นได้ คือ ชื่อสัตว์ รหัสประจำตัวสัตว์ พันธุ์ เพศ อายุ น้ำหนัก

5.1.2 สรุปผลการวิจัยในส่วนของการระบุเอกลักษณ์สัตว์เศรษฐกิจด้วยลายพิมพ์จมูก

ในการระบุเอกลักษณ์ของสัตว์เศรษฐกิจด้วยภาพลายพิมพ์จมูกนั้น เนื่องจากสัตว์เศรษฐกิจประเภท วัว โค และกระบือ จะมีลักษณะของลายบนจมูกในแต่ละตัวที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งเหมือนกับลายนิ้วมือของมนุษย์ ทำให้การระบุตัวตนของสัตว์มีความถูกต้องมากขึ้น และช่วยลดปัญหาการหลอกหลวงจากการขายสัตว์ที่ไม่ได้คุณภาพแล้วแอบอ้างด้วยการติดตั้งชิบบนใบหูของสัตว์ หรือเพื่อช่วยยืนยันคุณภาพของสัตว์ให้กับผู้บริโภค หรือผู้ตรวจสอบ

จากการวิจัยในส่วนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบโปรแกรมให้มีความสามารถ ในการปรับแต่งรูปภาพ การหาและจดจำเอกลักษณ์ของสัตว์ และการจัดเก็บฐานข้อมูลของสัตว์นั้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าสามารถออกแบบโปรแกรมให้ปรับแต่งรูปภาพได้ ให้มีการหาและจดจำเอกลักษณ์ของสัตว์ และมีการจัดเก็บฐานข้อมูลของสัตว์ได้จริง โดยโปรแกรมการปรับแต่งรูปภาพสามารถทำการหมุนภาพ ลดสัญญาณรบกวนที่เกิดบนภาพลายพิมพ์จมูกแบบดิจิตอลได้ แต่ในโปรแกรมส่วนของการค้นหาและระบุเอกลักษณ์ของสัตว์ด้วยภาพพิมพ์ลายจมูกสามารถเป็นต้นภาพในการพัฒนาต่อไป แต่ไม่สามารถใช้งานได้จริงอันเนื่องมาจากปัญหาการทำภาพพิมพ์ลายจมูกที่มีปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้การพิสูจน์และระบุเอกลักษณ์มีความถูกต้องน้อย และในส่วนโปรแกรมของการเก็บฐานข้อมูล สามารถนำไปเป็นตัวอย่างหรือต้นแบบเพื่อการพัฒนาต่อไป

5.1.3 สรุปผลการวิจัยของทั้งระบบ

จากการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัยของทั้งระบบได้ว่า ระบบที่คิดทำวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นต้นแบบทางความคิดและการนำพัฒนาต่อไป เพื่อการนำไปใช้งานจริงในเชิงธุรกิจได้ เป็นระบบที่มีความสามารถในการระบุตัวตนของสัตว์ด้วย RFID ที่มีขนาดพกพาได้จริง สามารถเก็บฐานข้อมูลของตัวสัตว์ผ่านทางโปรแกรมที่ออกแบบ ทำให้ง่ายต่อการสืบค้นหาและเก็บข้อมูลต่างๆ ของสัตว์ได้ แต่ในส่วนของโปรแกรมการระบุเอกลักษณ์ด้วยภาพพิมพ์ลายจมูก ความถูกต้องที่ได้มีเพียง 30-50% อันมาจากปัญหาภายนอกที่เกิดขึ้น

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปัญหาสำคัญที่มีผลต่อการทำวิจัยนี้ คือ

1. อุปกรณ์ต่างๆ โดยเฉพาะ RFID ขาดตลาด เนื่องจากภาวะน้ำท่วม ทำให้อุปกรณ์ RFID มีราคาที่สูงขึ้น หาซื้อได้ยาก

2. ภาพพิมพ์ลายจมูกต้นฉบับ ที่ได้มาจากกรมปศุสัตว์มีสิ่งรบกวนในภาพมาก เนื่องจากขบวนการทำภาพพิมพ์ลายจมูกมีความซับซ้อนและยุ่งยากเป็นอย่างมาก ทำให้การหาเอกลักษณ์และระบุเอกลักษณ์มีความถูกต้องน้อย ไม่เหมาะต่อการใช้ในฟาร์มที่มีการเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจเป็นจำนวนมาก

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ผู้วิจัยของเสนอแนวทางในการพัฒนาต่อไป ดังนี้

1. ทำให้ส่วนของโปรแกรม และ RFID เชื่อมต่อถึงกันผ่านทางระบบการสื่อสารแบบไร้สายจะช่วยทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. การทำภาพพิมพ์ลายจมูกของสัตว์ ควรใช้กล้องที่สามารถทำการถ่ายภาพจมูกของสัตว์ในระยะใกล้ แต่มีความคมชัดสูง เพื่อทำให้ระบบการหาและระบุเอกลักษณ์ของสัตว์มีความถูกต้องมากขึ้น

3. หาอัลกอริทึมใหม่ๆ ที่มีความสามารถในการแยกและจดจำเอกลักษณ์ของสัตว์ได้ เพื่อทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม

[1] Hirsch, M., Graham, E.F., and Dracy, A.E. "A Classification for the Identification of Bovine Noseprints." Journal of Dairy Science 35: 314-319. 1952

[2] Peterson, W.E., "The Identification of Bovine by Means of Nose-prints," Journal of Dairy Science 5: 249-258. 1992

[3] สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, เอกสารประกอบงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2547

[4] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, รายงานการศึกษา "แนวทางการพัฒนา RF-ID สำหรับภาคอุตสาหกรรมและบริการ", สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนามแห่งชาติ, สิงหาคม 2549

[5] วิชราภร หนูทองและ อนุกูล น้อยไม้, RFID หนึ่งในเทคโนโลยีที่น่าจับตามอง, สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ตุลาคม 2549

[6] วิวัฒน์ ชวนะนิกุล, เทคโนโลยี RFID ในสัตว์, ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กันยายน 2550

[7] ธาริน สิทธิธรรมชารี และ ประชา พฤกษ์ประเสริฐ, SQL Server 2005, บ.ซัคเซส มีเดีย จำกัด, 2551

[8] ศุภชัย สมพานิช, Database Programming ด้วย VB 2008 & VC 2008, DEV BOOK, 2551

[9] สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, Visual C# 2008 ฉบับสมบูรณ์, DEV BOOK, 2552

[10] การสร้าง Template Dreamweaver, http://www.thailandroad.com/chaninat/unit8.htm

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายสรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.ม. ไฟฟ้า	**วิศวกรรมไฟฟ้า**	**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**	**2545**
อส.บ อิเล็กทรอนิกส์	**เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์**	**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**	**2542**

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

1. Broadcasting System

2. RFID and Microcontroller Applications

3. Filter Theory and Applications

4. Information Engineering

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2552	โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการระบุเอกลักษณ์ประจำตัวพ่อพันธุ์โคโดยลายพิมพ์จมูก	สภาวิจัยแห่งชาติ
2551	โครงการวิจัยเรื่อง เครื่องตรวจสอบเอกลักษณ์แบบเส้นเลือดบนฝ่ามือ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

[1] **Sorapong Wachirarattanapornkul**, "On The Realization of Active MURC Filter with a Single Pole Amplifier," *2006 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems*, Singapore,pp. 1738-1741, December 2006.

[2] **Sorapong Wachirarattanapornkul**, "On Design Active MURC Low Pass Filter with Transmission Zero and A Single Pole Amplifier," *Proc. of International Symposium on Communications and Information Technologies 200*6, Thailand, pp. F3C-4, October 2006.

[3] **Sorapong Wachirarattanapornkul** and Kanok Janchitrapongvej, "Novel Active Multilayer URC Low Pass Filter with Notch Circuit and Single Pole Amplifier," *21st International Technical Conference on Circuit/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2006)*, Thailand, pp.III-401 – III-404, July 2006.