

บทที่ 2

ระเบียบวิธีการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินการที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน คือ กำหนดคุณสมบัติของระบบ ออกแบบฮาร์ดแวร์ ออกแบบซอฟต์แวร์ และทดสอบระบบ ในบทนี้จะอธิบายถึงการกำหนดคุณสมบัติของระบบ การออกแบบฮาร์ดแวร์ และการออกแบบซอฟต์แวร์

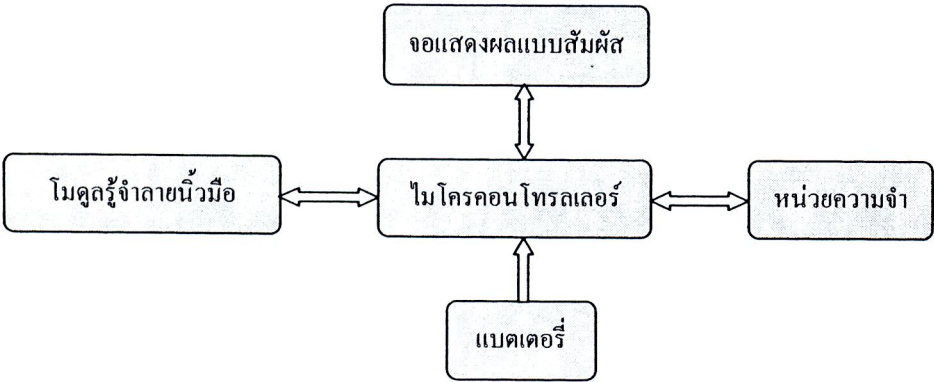
2.1. คุณสมบัติของระบบ

คุณสมบัติของเครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือแบบพกพาที่ต้องการพัฒนามีดังนี้

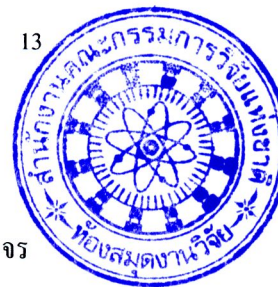
- สามารถบันทึกและจำแนกลายนิ้วมือได้ไม่ต่ำกว่า 500 ลายนิ้วมือ
- มีหน่วยความจำภายในที่สามารถบันทึกข้อมูลการเข้าชั้นเรียนได้ทั้งภาคการศึกษา และข้อมูลไม่สูญหายเมื่อปิดเครื่อง
- มีระบบป้องกันไม่ให้ผู้ไม่มีสิทธิ์เข้าใช้ระบบ
- ในกรณีที่ลายนิ้วมือมีปัญหา สามารถบันทึกข้อมูลการเข้าชั้นเรียนได้ภายใต้การควบคุมของอาจารย์ผู้สอน
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าในตัว สามารถทำงานแบบพกพาได้
- สามารถถ่ายโอนข้อมูลที่บันทึกไว้ในเครื่องเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป

2.2. การออกแบบฮาร์ดแวร์

จากคุณสมบัติของระบบที่ต้องการ ผู้วิจัยได้ออกแบบออกแบบฮาร์ดแวร์ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ฮาร์ดแวร์ของเครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือแบบพกพา



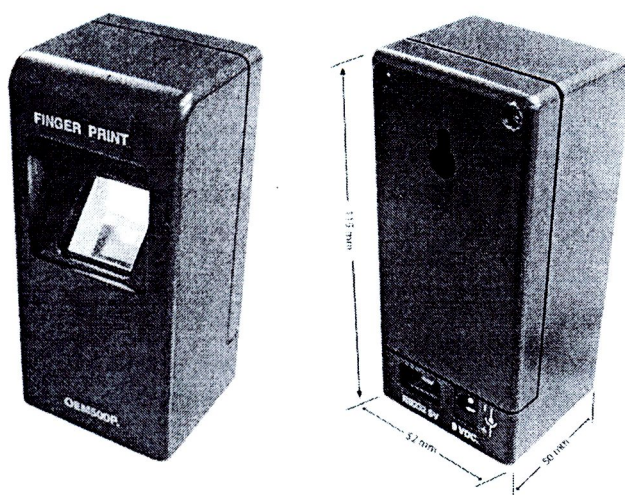
ฮาร์ดแวร์ที่แสดงในรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยโมดูลรู้จำลายนิ้วมือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หน่วยความจำ จอแสดงผลแบบสัมผัส และแบตเตอรี่ ในส่วนต่อไปจะอธิบายถึงการออกแบบวงจร แต่ละส่วนโดยละเอียด

2.2.1. โมดูลตรวจสอบลายนิ้วมือ

โมดูลตรวจสอบลายนิ้วมือที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้คือรุ่น OEM2000P ซึ่งเป็นโมดูลที่สำเร็จ ในตัวเอง คือมีเซ็นเซอร์สแกนลายนิ้วมือ มีไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับประมวลผลและระบุ ลายนิ้วมือ และมีหน่วยความจำภายในที่สามารถบันทึกลายนิ้วมือได้ คุณสมบัติสำคัญของโมดูล OEM2000P มีดังนี้

1. สื่อสารกับไมโครโปรเซสเซอร์ทาง RS-232C
2. บันทึกลายนิ้วมือได้ 2000 ลายนิ้วมือ
3. สามารถตรวจสอบลายนิ้วมือได้ทั้งแบบ 1:N (Identification) และ 1:1 (Verification)
4. False Acceptance Rate (FAR) < 0.0001%
5. False Rejection Rate (FRR) < 0.01%
6. เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบลายนิ้วมือ < 1 วินาที (500 ลายนิ้วมือ)
7. แรงดันใช้งาน 5 โวลต์

รูปที่ 2.2 แสดงภาพโมดูล OEM2000P ที่ใช้ในงานวิจัยนี้



รูปที่ 2.2 โมดูล OEM2000P

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	
ห้องสมุดงานวิจัย	
วันที่ 30	ก.ค. 2555
เลขทะเบียน	250432
เลขเรียกหนังสือ	

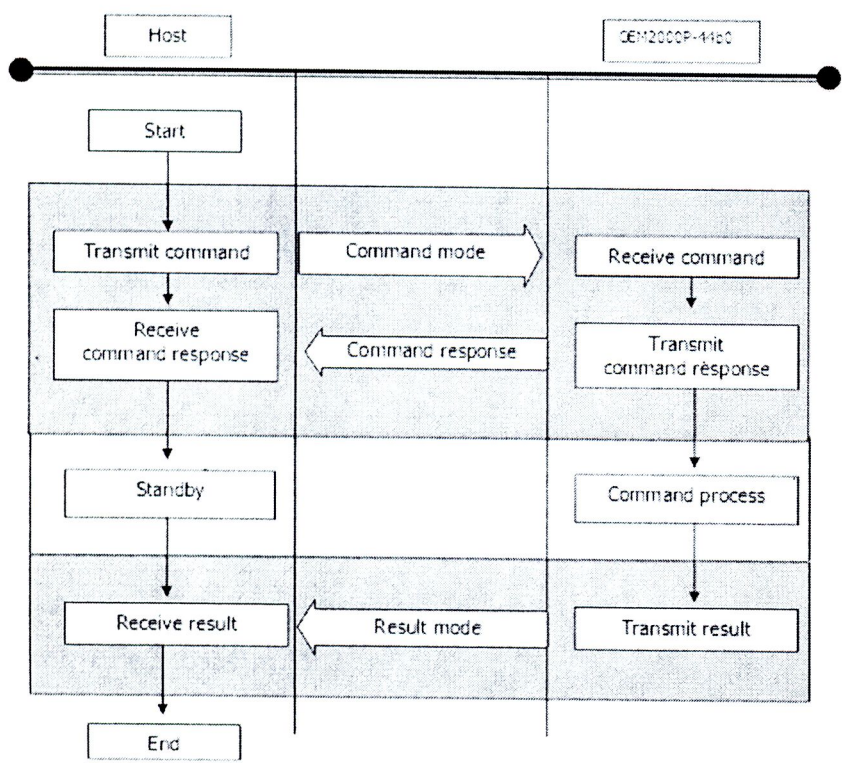
2.2.2. การสื่อสารกับโมดูลตรวจสอบลายนิ้วมือ

การสื่อสารกับโมดูลตรวจสอบลายนิ้วมือสามารถทำได้ผ่านทางพอร์ต RS-232C ผ่านโปรโตคอลเฉพาะสำหรับโมดูล ซึ่งมีอยู่ 3 โหมดด้วยกันคือ

- 1. โหมดคำสั่ง (Command Mode)
- 2. โหมดรับข้อมูล (Receive Mode)
- 3. โหมดส่งข้อมูล (Send Mode)

2.2.2.1. โหมดคำสั่ง

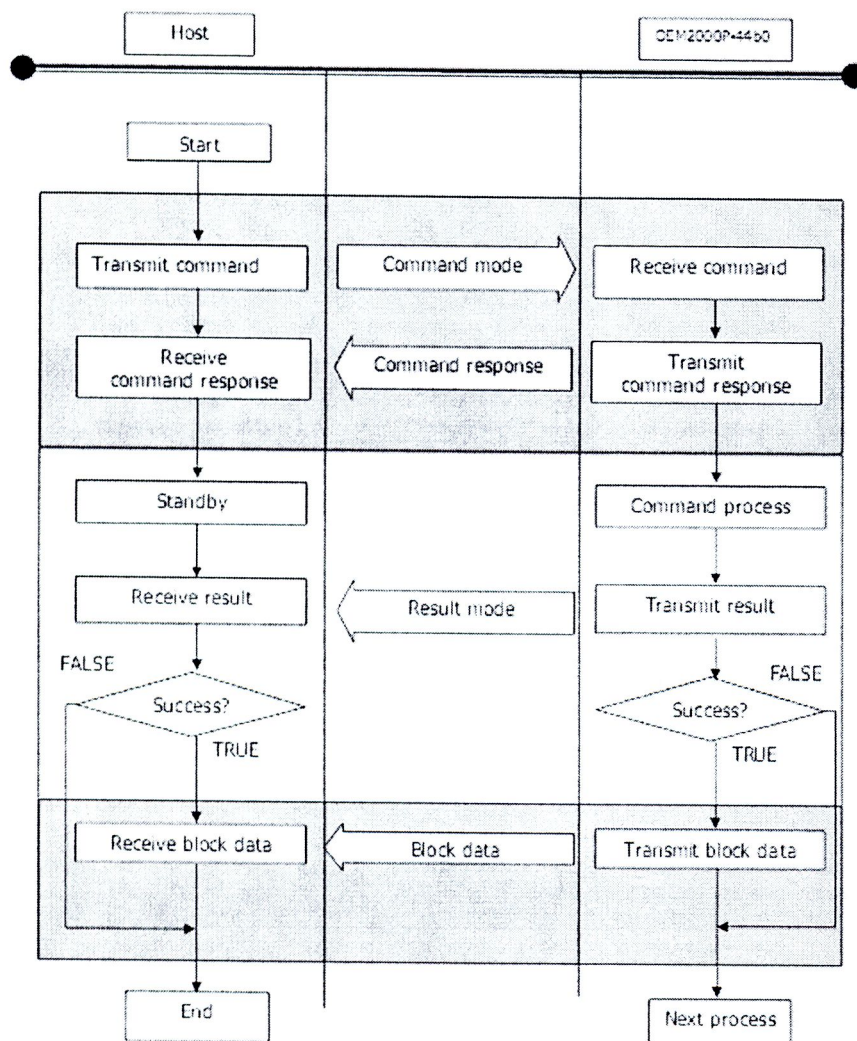
ในโหมดนี้จะเป็นการรับส่งคำสั่งเท่านั้น จะไม่มีการรับหรือส่งข้อมูลใดๆ รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการรับส่งข้อมูลในโหมดคำสั่ง ซึ่งเมื่อเริ่มต้น โฮสต์จะส่งคำสั่งออกไปให้โมดูล OEM2000P เมื่อโมดูลได้รับคำสั่งแล้วก็จะตอบกลับไปว่าได้รับคำสั่งแล้ว หลังจากนั้นโมดูลก็จะทำงานตามคำสั่งที่ได้รับ ในขณะที่โฮสต์ก็จะรอผลลัพธ์ของคำสั่งจากโมดูล เมื่อโมดูลปฏิบัติงานตามคำสั่งเสร็จแล้วก็จะส่งผลลัพธ์กลับไปที่โฮสต์ จึงจะเสร็จสิ้นกระบวนการ



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการทำงานในโหมดคำสั่ง

2.2.2.2. โหมดรับข้อมูล

ในโหมดรับข้อมูลจะเป็นการส่งข้อมูลจากโมดูล OEM2000P ไปยังโฮสต์ซึ่งเป็นผลจากการปฏิบัติตามคำสั่งที่โมดูลได้รับ รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนการทำงานในโหมดรับข้อมูล

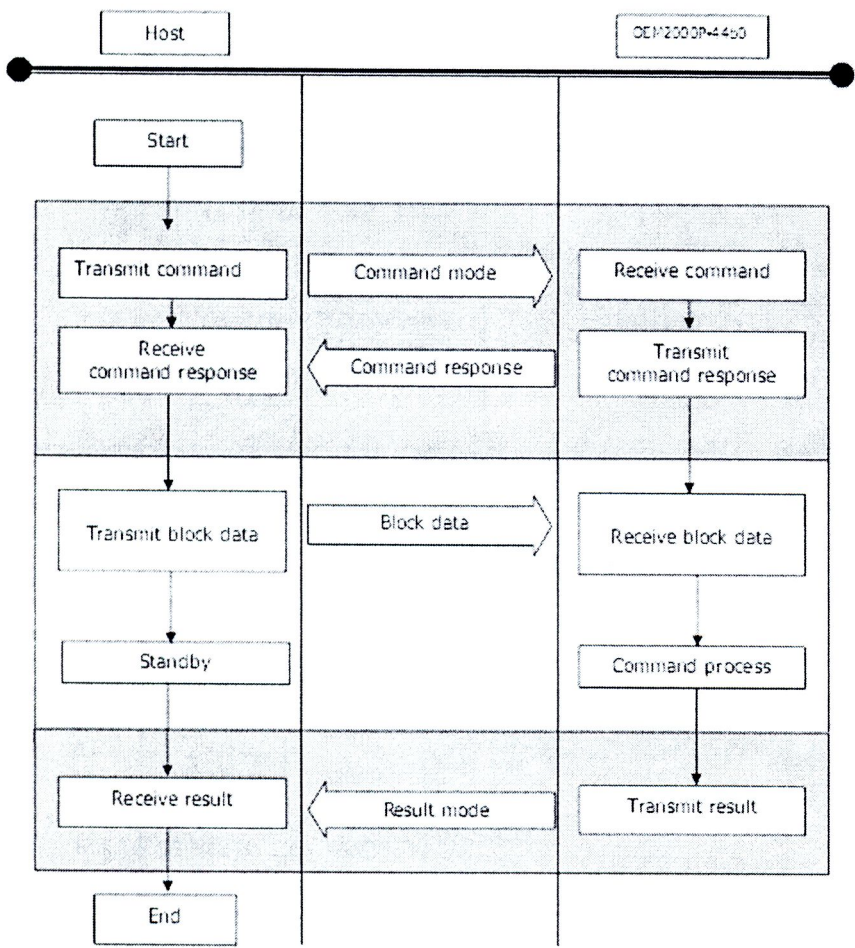


รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการทำงานในโหมดรับข้อมูล

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าขั้นตอนการทำงานในช่วงเริ่มต้นจะเหมือนกับโหมดคำสั่ง สิ่งที่เพิ่มเติมคือเมื่อโมดูลได้รับคำสั่งแล้วและเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดใดๆ โมดูลก็จะส่งข้อมูลไปให้โฮสต์ หากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นก็จะจบการทำงานทันที

2.2.2.3 โหมดส่งข้อมูล

ในโหมดนี้จะเป็นการส่งข้อมูลจากโฮสต์ไปยังโมดูล ภาพที่ 2.5 แสดงขั้นตอนการทำงานในโหมดนี้



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการทำงานในโหมดส่งข้อมูล

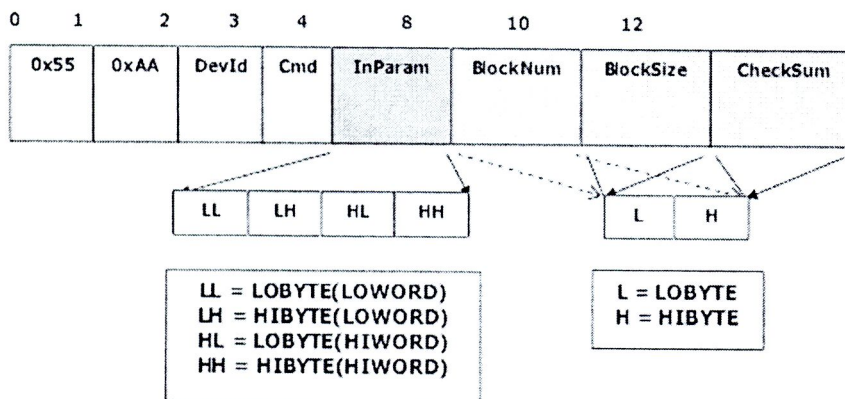
ในโหมดนี้ เมื่อโฮสต์ได้รับการรับรู้คำสั่งที่ส่งไป โฮสต์จะส่งข้อมูลที่ต้องการส่งไปยังโมดูลทันที เมื่อส่งข้อมูลจนครบแล้ว โมดูลจะส่งผลลัพธ์ในการปฏิบัติคำสั่งไปยังโฮสต์

2.2.3. โครงสร้างแพ็กเก็ต (Packet Structure)

ในการสื่อสารระหว่างโฮสต์กับโมดูลโดยใช้โปรโตคอลที่กล่าวไว้ข้างต้น ข้อมูลในการสื่อสารไม่ว่าจะเป็นคำสั่ง ผลลัพธ์ หรือข้อมูล จะอยู่ในรูปของแพ็กเก็ต ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ แพ็กเก็ตคำสั่ง (Command Packet) แพ็กเก็ตตอบสนองต่อคำสั่ง (Command Response Packet) แพ็กเก็ตผลลัพธ์ (Result Packet) และแพ็กเก็ตข้อมูล (Data Packet)

2.2.3.1. แพ็กเก็ตคำสั่ง

แพ็กเก็ตคำสั่งมีขนาด 14 ไบต์ มีรายละเอียดของไบต์ต่างๆ ตามรูปที่ 2.6



OFFSET	ITEM	TYPE	DESCRIPTION
0	0x55	BYTE	Command start code 1
1	0xAA	BYTE	Command start code 2
2	DevId	BYTE	Device number (0x01-0xFF). Usually, set as 0x01.
3	Cmd	BYTE	Command code
4	InParam	DWORD	Input parameter
8	BlockNum	WORD	Block number used at the time of transmission of block data. ReceiveMode and SendMode use this command.
10	BlockSize	WORD	Block size used at the time of transmission of block data. ReceiveMode and SendMode use this command.
12	Checksum	WORD	Check Sum $OFFSET[0] + \dots + OFFSET[11] = CheckSum$

รูปที่ 2.6 รายละเอียดของแพ็กเก็ตคำสั่ง

จากรูปที่ 2.6 ออฟเซต 0 และ 1 จะต้องเป็น 0x55 0xAA เพื่อแสดงว่าเป็นส่วนเริ่มต้นของแพ็กเก็ต

ออฟเซต 2 เป็นหมายเลขของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0x01-0xFF ปกติจะกำหนดเป็น 0x01

ออฟเซต 3 เป็นรหัสคำสั่ง ในตอนต่อไปจะอธิบายความหมายของรหัสคำสั่งต่างๆ

จากออฟเซต 4 ไปจำนวน 4 ไบต์เป็นพารามิเตอร์อินพุต

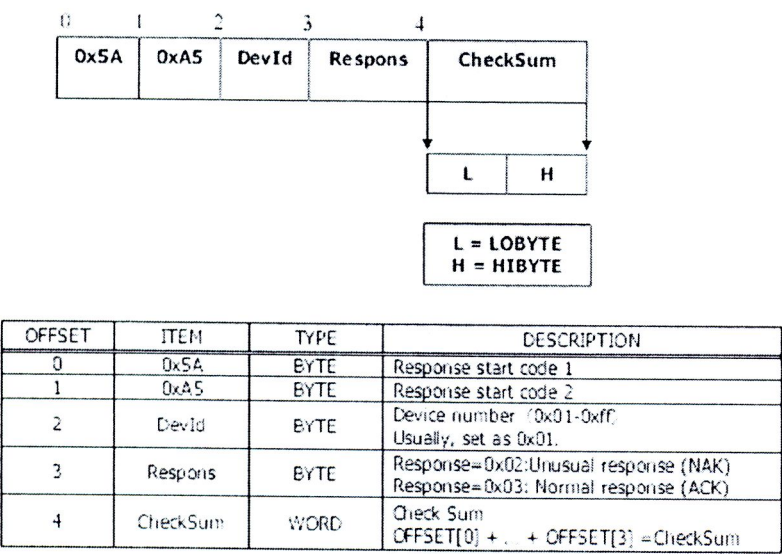
จากออฟเซต 8 ไปจำนวน 2 ไบต์เป็นหมายเลขบล็อกข้อมูล ใช้ในโหมดรับข้อมูลและโหมดส่งข้อมูล

จากออฟเซต 10 ไปจำนวน 2 ไบต์เป็นขนาดบล็อกข้อมูลว่ามีจำนวนกี่ไบต์ ใช้ในโหมดรับข้อมูลและโหมดส่งข้อมูล

จากออฟเซตที่ 12 ไปจำนวน 2 ไบต์เป็นค่าผลรวม ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องในการรับส่งข้อมูล

2.2.3.2 แพ็กเก็ตตอบสนองต่อคำสั่ง

แพ็กเก็ตตอบสนองต่อคำสั่งมีขนาด 6 ไบต์ มีรายละเอียดของไบต์ต่างๆ ตามรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 รายละเอียดของแพ็กเก็ตตอบสนองต่อคำสั่ง

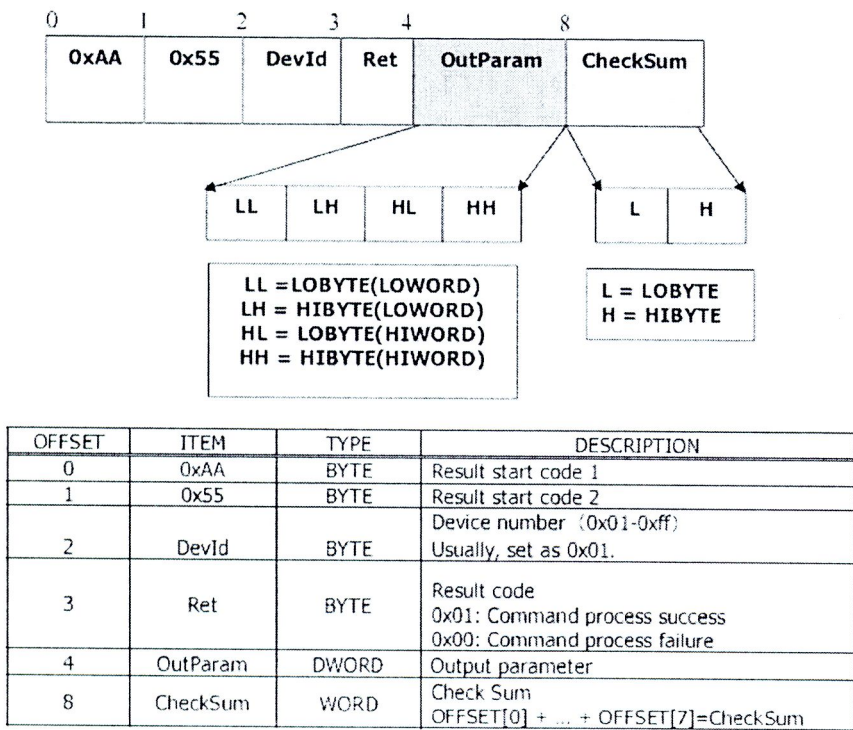
จากรูปที่ 2.7 ออฟเซต 0 และ 1 จะต้องเป็น 0x5A 0xA5 เพื่อแสดงว่าเป็นส่วนเริ่มต้นของแพ็กเก็ต

ออฟเซต 2 เป็นหมายเลขของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0x01-0xFF ปกติจะกำหนดเป็น 0x01
ออฟเซต 3 เป็นการตอบสนองต่อคำสั่งที่ได้รับ ถ้ามีค่าเท่ากับ 0x2 หมายถึงไม่รับรู้คำสั่ง ถ้ามีค่าเป็น 0x3 หมายถึงรับรู้คำสั่ง

จากออฟเซตที่ 4 ไปจำนวน 2 ไบต์เป็นค่าผลรวม ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องในการรับส่งข้อมูล

2.2.3.3. แพ็กเก็ตผลลัพธ์

แพ็กเก็ตผลลัพธ์มีขนาด 10 ไบต์ มีรายละเอียดของไบต์ต่างๆ ตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 รายละเอียดของแพ็กเก็ตผลลัพธ์

จากรูปที่ 2.8 ออฟเซต 0 และ 1 จะต้องเป็น 0xAA 0x55 เพื่อแสดงว่าเป็นส่วนเริ่มต้นของแพ็กเก็ต

ออฟเซต 2 เป็นหมายเลขของอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0x01-0xFF ปกติจะกำหนดเป็น 0x01

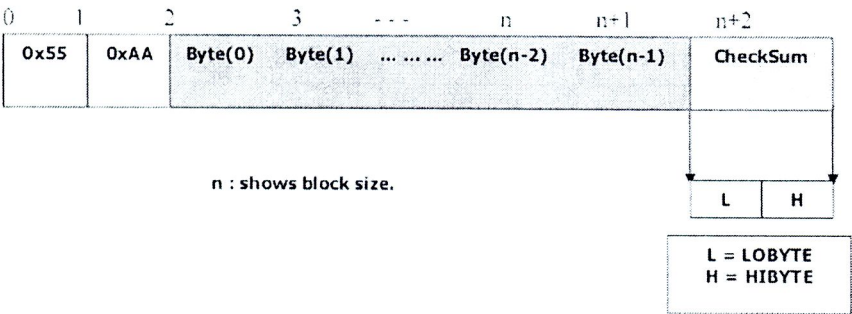
ออฟเซต 3 เป็นการแสดงความสำเร็จของการปฏิบัติตามคำสั่ง ถ้ามีค่าเท่ากับ 0x00 หมายถึงไม่สำเร็จ ถ้ามีค่าเป็น 0x01 หมายถึงสำเร็จ

จากออฟเซตที่ 4 ไปจำนวน 4 ไบต์เป็นค่าผลลัพธ์ที่ส่งกลับ

จากออฟเซตที่ 8 ไปจำนวน 2 ไบต์เป็นค่าผลรวม ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องในการรับส่งข้อมูล

2.2.3.4. แพ็กเก็ตข้อมูล

แพ็กเก็ตข้อมูลมีขนาด n+4 ไบต์ โดยที่ n หมายถึงขนาดของบล็อกข้อมูล (Block size) มีรายละเอียดของไบต์ต่างๆ ตามรูปที่ 2.9



OFFSET	ITEM	TYPE	DESCRIPTION
0	0x55	BYTE	Block data start code 1
1	0xAA	BYTE	Block data start code 2
2	BYTE[0]	BYTE	The 1st data (Byte)
3	BYTE[1]	BYTE	The 2nd data (Byte)
⋮	⋮	⋮	⋮
n+1	BYTE[n-1]	BYTE	n(BlockSize)th byte data
n+2	Checksum	WORD	Check Sum OFFSET[0] + ... + OFFSET[n+1] =Checksum

รูปที่ 2.9 รายละเอียดของแพ็กเก็ตข้อมูล

จากรูปที่ 2.9 ออฟเซต 0 และ 1 จะต้องเป็น 0x55 0xAA เพื่อแสดงว่าเป็นส่วนเริ่มต้นของแพ็กเก็ต

ถัดจากนั้นไปเป็นจำนวน n ไบต์ จะเป็นข้อมูล และ 2 ไบต์สุดท้ายเป็นค่าผลรวม ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องในการรับส่งข้อมูล

2.2.4. ชุดคำสั่งสำหรับโมดูล OEM2000P

โมดูล OEM2000P มีคำสั่งให้ใช้งานทั้งสิ้น 32 คำสั่ง ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะคำสั่งที่จำเป็นสำหรับงานวิจัยนี้ สำหรับคำสั่งอื่นๆ สามารถศึกษาได้จากเอกสารอ้างอิง [4]

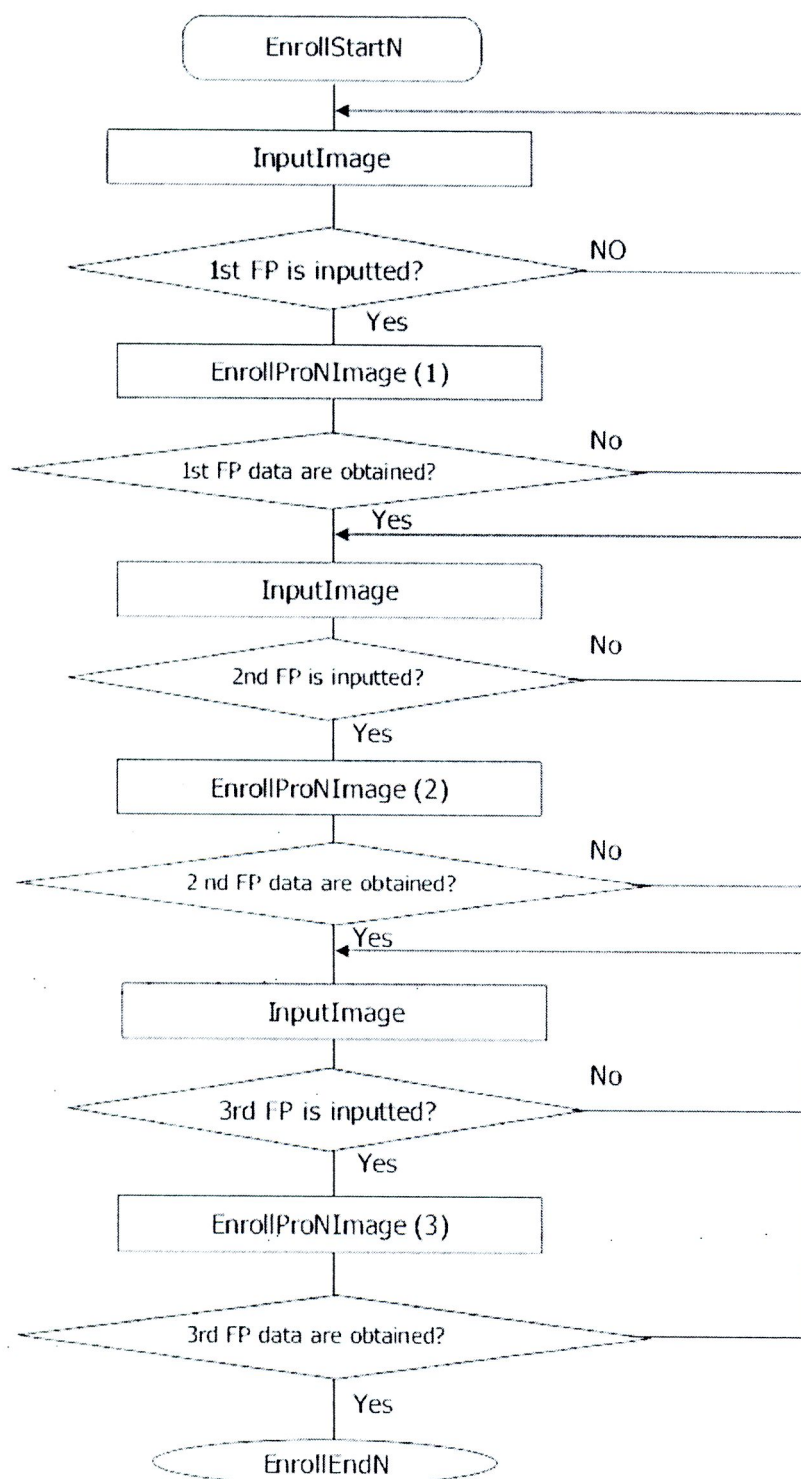
ตารางที่ 2.1 แสดงคำสั่ง รหัสคำสั่ง และคำอธิบายคำสั่งต่างๆ ของโมดูล OEM2000P

ตารางที่ 2.1 คำสั่ง รหัสคำสั่ง และคำอธิบายคำสั่งต่างๆ ของโมดูล OEM2000P

ชื่อคำสั่ง	รหัสคำสั่ง	คำอธิบาย
Open	0x64	เริ่มใช้งาน โมดูล และกำหนดค่าเริ่มต้นในการทำงาน
Close	0x65	เลิกการใช้งาน โมดูล
IsPressFinger	0x6F	ตรวจสอบคว่านิ้ววางอยู่บนเซ็นเซอร์หรือไม่
CaptureImage	0x70	จับภาพลายนิ้วมือจากเซ็นเซอร์
EnrollStartN	0x7A	เริ่มลงทะเบียนลายนิ้วมือ
EnrollEndN	0x7C	เสร็จสิ้นการลงทะเบียนลายนิ้วมือ
IdentifyImage	0x89	ระบุลายนิ้วมือ
GetEnrollCount	0x9B	นับจำนวนลายนิ้วมือที่ลงทะเบียนไว้แล้ว
DeleteID	0xA3	ลบลายนิ้วมือที่กำหนดออกจากฐานข้อมูลลายนิ้วมือ

2.2.5. การใช้งานคำสั่ง

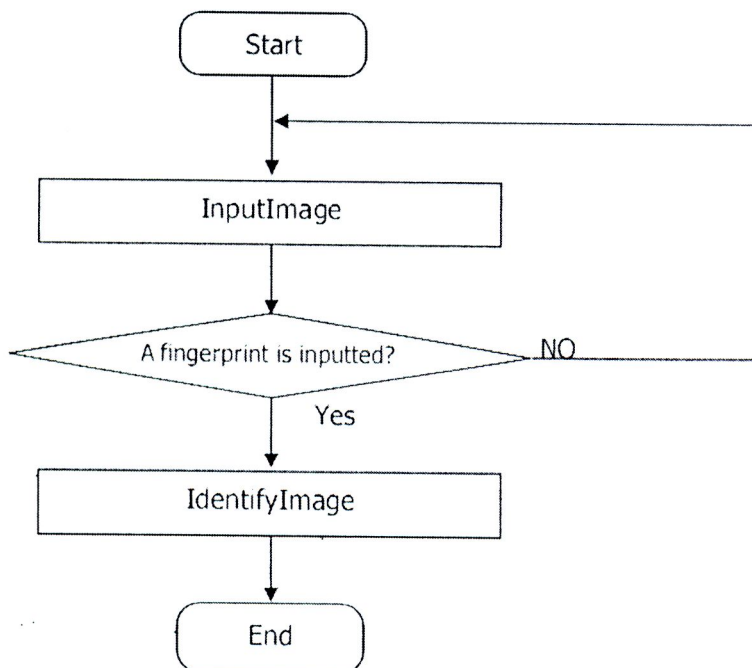
การสั่งงานโมดูล OEM2000P นั้น ขั้นตอนแรกที่สุด โฮสต์จะต้องส่งคำสั่ง Open ไปให้โมดูล เพื่อโมดูลจะได้ตั้งค่าเริ่มต้นและอยู่ในสภาวะพร้อมทำงาน หลังจากนั้น โฮสต์จึงจะสามารถส่งคำสั่งอื่นๆ ได้ และหากไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น โมดูลก็จะปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ เมื่อต้องการหยุดการทำงานก็ต้องส่งคำสั่ง Close ไปให้โมดูล รูปที่ 10 แสดงขั้นตอนการส่งคำสั่งให้โมดูล



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการลงทะเบียนลายนิ้วมือ

2.2.7. การระบุลายนิ้วมือ

การระบุลายนิ้วมือเป็นการตรวจสอบลายนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบกับลายนิ้วมือทั้งหมดในฐานข้อมูลว่าเหมือนกับลายนิ้วมือใด ผู้ใช้จะต้องวางนิ้วมือที่ต้องการตรวจสอบลงบนเซ็นเซอร์ โมดูลจะสแกนลายนิ้วมือแล้วทำการตรวจสอบลายนิ้วมือ จากนั้นจะแสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นหมายเลขประจำลายนิ้วมือ หากตรวจไม่พบลายนิ้วมือในฐานข้อมูลก็จะแสดงเป็นรหัสความผิดพลาด ขั้นตอนการระบุลายนิ้วมือเป็นไปตามรูปที่ 2.12



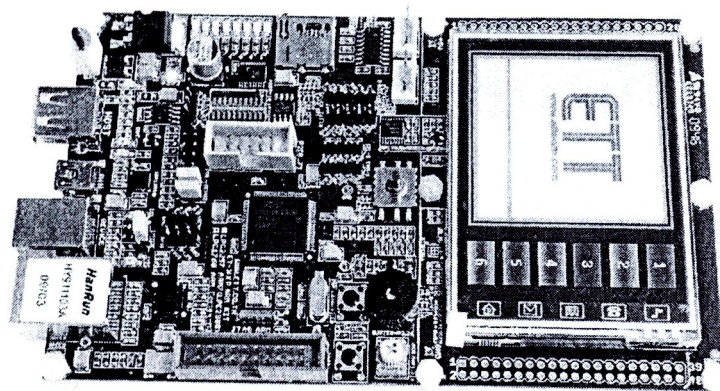
รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการระบุลายนิ้วมือ

2.2.8. ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบตรวจสอบลายนิ้วมือแบบพกพา ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เลือกใช้มากมาย แต่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ

1. มีความเร็วในการทำงานสูง
2. มีหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลภายในที่เพียงพอสำหรับการใช้งาน
3. พัฒนาซอฟต์แวร์ได้ง่าย
4. ประหยัดพลังงานไฟฟ้า จึงเหมาะสมกับการใช้งานแบบพกพา ซึ่งต้องใช้พลังงานจากแบตเตอรี่
5. มีบอร์ดทดลองที่ใช้โปรเซสเซอร์ตระกูลนี้ให้เลือกใช้มากมาย

งานวิจัยนี้ใช้บอร์ด ET-NXP ARM KIT (LPC1768) ของบริษัท ETT (รูปที่ 14) บอร์ดนี้มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการใช้งานในงานวิจัยนี้ดังนี้

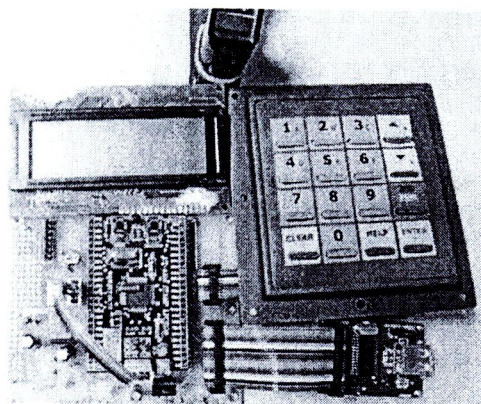


รูปที่ 2.13 บอร์ด ET-NXP ARM KIT (LPC1768)

บอร์ด ET-NXP ARM KIT (LPC1768) นี้มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการใช้งานในงานวิจัยนี้ดังนี้

1. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ตระกูล ARM Cortex M3 เบอร์ LPC1768 ของบริษัท NXP
2. มีหน่วยความจำภายในแบบ Flash 512 KB และ Static RAM 64 KB
3. ประมวลผลที่ความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด 100 MHz
4. มีวงจร Real Time Clock
5. มีวงจร USB Device 2.0
6. มีวงจร USB Host
7. มีวงจรเชื่อมต่อ Ethernet 10/100 Mb
8. มีวงจรสื่อสาร RS-232C จำนวน 2 ช่อง
9. มีจอแสดงผล LCD สีแบบสัมผัส ความละเอียด 320x240 จุด
10. มีช่องเก็บสำหรับหน่วยความจำ Micro SD Card

ในช่วงแรกของงานวิจัย ผู้วิจัยได้เลือกใช้บอร์ด ET-ARM STAMP LPC2138 เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดของวงจร เนื่องจากบอร์ดดังกล่าวยังไม่มีคุณสมบัติในตัวเองจึงต้องต่อวงจรเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถใช้งานได้ วงจรเพิ่มเติมที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นคือ วงจรเชื่อมต่อกับจอ LCD วงจรเชื่อมต่อกับแป้นพิมพ์ และวงจรเชื่อมต่อกับหน่วยความจำ SD Card รูปที่ 2.14 แสดงต้นแบบเครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือรุ่นแรก



รูปที่ 2.14 เครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือรุ่นแรก

การเปลี่ยนมาใช้บอร์ด ET-NXP ARM KIT ในรุ่นใหม่มีข้อดีกว่ารุ่นแรกคือ ต้นทุนต่ำกว่า และไม่จำเป็นต้องมีแป้นพิมพ์ เพราะจอแสดงผลแบบ LCD ที่ใช้เป็นแบบที่มีเซ็นเซอร์สัมผัสในตัว ทำให้สามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ให้ทำหน้าที่เป็นแป้นพิมพ์สำหรับป้อนข้อมูลได้อีกด้วย การที่บอร์ดรุ่นใหม่รวมทุกวงจรที่ต้องการไว้บนบอร์ดเดียวกันทำให้ระบบมีขนาดเล็ก ซึ่งเหมาะแก่การใช้งานแบบพกพา

รายละเอียดการทำงานของบอร์ด ET-NXP ARM KIT สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากคู่มือใช้งานของบอร์ดนี้ [5]

2.3. การออกแบบซอฟต์แวร์

หน้าที่หลักของเครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือแบบพกพาสำหรับบันทึกการเข้าชั้นเรียนคือการระบุลายนิ้วมือ และบันทึกข้อมูลการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาแต่ละคนเพื่อให้ผู้สอนสามารถสรุปสถิติการเข้าเรียนได้เมื่อต้องการ แต่ก่อนที่ระบบจะสามารถระบุลายนิ้วมือได้นั้น จะต้องมีการลงทะเบียนลายนิ้วมือก่อน นอกจากนี้ในทางซอฟต์แวร์ยังต้องมีฟังก์ชันพื้นฐานต่างๆ ที่จำเป็น เช่น ฟังก์ชันรับข้อมูลเข้า และแสดงผลข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย และยังต้องมีฟังก์ชันสนับสนุนต่างๆ เพื่อการจัดการระบบ เช่น ฟังก์ชันการตั้งวันที่และเวลา ฟังก์ชันการเพิ่มและลบผู้ใช้ ออกจากระบบ รวมทั้งฟังก์ชันการถ่ายโอนข้อมูลอีกด้วย

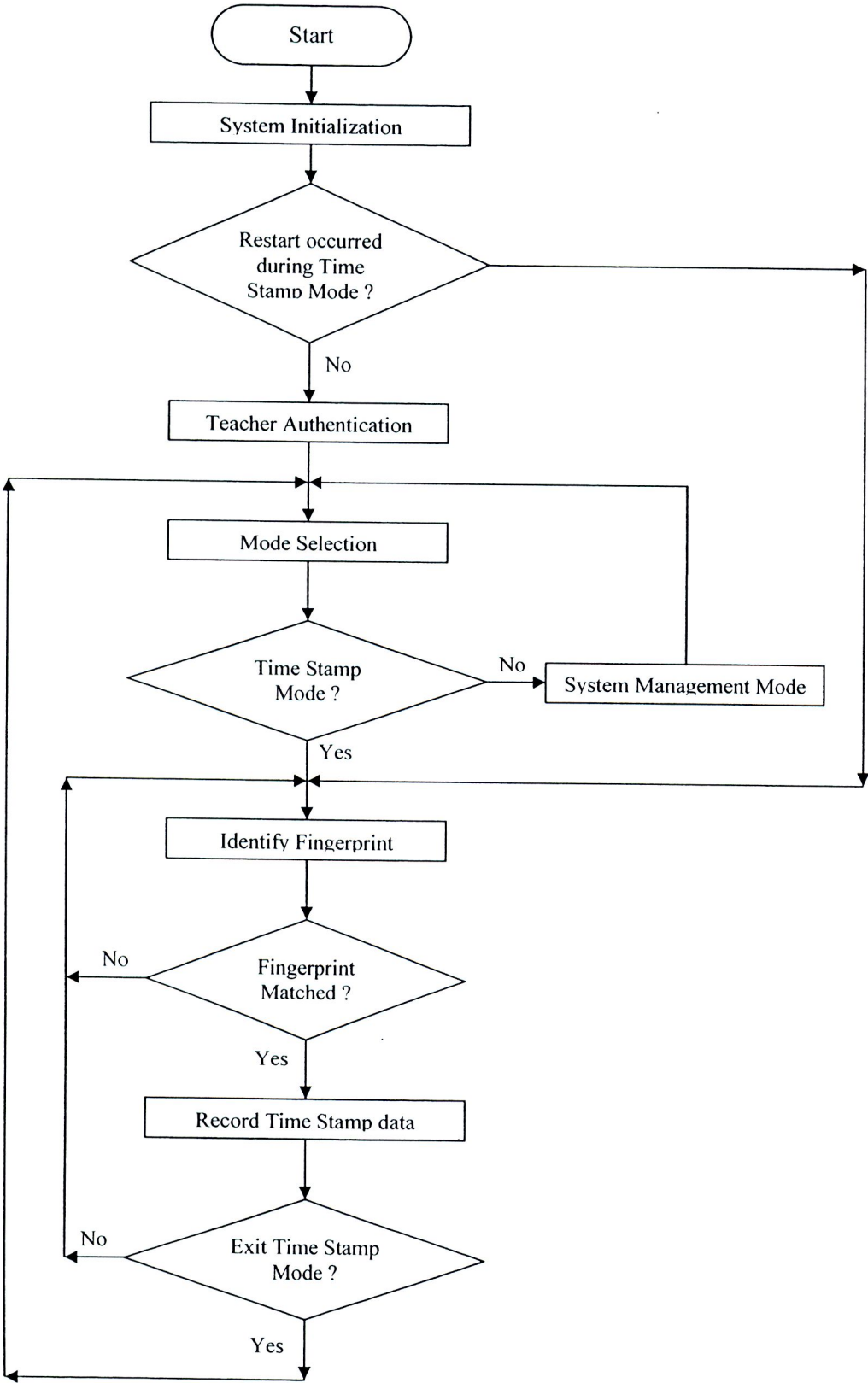
รูปที่ 2.15 เป็นโฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของเครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือแบบพกพาสำหรับบันทึกการเข้าชั้นเรียน

จากรูปที่ 2.15 เมื่อเริ่มต้นทำงาน ระบบจะตั้งค่าเริ่มต้น (System Initialization) เพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปร และโปรแกรมอุปกรณ์ต่างๆ บนบอร์ด เช่น วงจรนาฬิกา วงจรควบคุมจอแสดงผล LCD วงจรเชื่อมต่อ SD-Card เปิดไฟล์เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการบันทึกประวัติการลงเวลา และอื่นๆ จากนั้นจะตรวจสอบว่าระบบเริ่มต้นทำงาน (จากการรีเซ็ต) ขณะอยู่ใน “โหมดลง

เวลา” (Time Stamp Mode) หรือไม่ ถ้าระบบมีการเริ่มต้นทำงานใหม่ขณะอยู่ในโหมดลงเวลา ระบบจะเข้าสู่โหมดลงเวลาทันที ถ้าระบบเริ่มต้นทำงานตามปกติ ระบบจะตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้ก่อนว่ามีสิทธิ์เข้าใช้ระบบหรือไม่ ดังนั้นผู้ใช้งานแรกจะต้องเป็นอาจารย์ผู้สอน หรือผู้ดูแลระบบ ถ้าเป็นนักศึกษาจะไม่สามารถหรือผู้ที่ไม่มีสิทธิ์จะไม่สามารถทำงานต่อได้ การตรวจสอบสิทธิ์นี้อาจใช้การสแกนลายนิ้วมือ หรือจะใช้วิธีการป้อนรหัสผ่านก็ได้ ถ้าการตรวจสอบสิทธิ์สำเร็จ ระบบก็จะเข้าสู่เมนูหลักซึ่งจะให้ผู้ใช้เลือกที่จะเข้าสู่โหมดลงเวลา หรือ “โหมดจัดการระบบ” (System Management Mode)

ฟังก์ชันต่างๆ ในโหมดจัดการระบบมีดังนี้

1. เปลี่ยนแปลงวันที่ และเวลา
2. เพิ่มผู้ใช้ (ลงทะเบียนลายนิ้วมือ)
3. ลบผู้ใช้ (ลบลายนิ้วมือ)
4. ตรวจสอบลายนิ้วมือ (ตรวจสอบว่าลายสามารถรู้จำลายนิ้วมือผู้ใช้ได้ถูกต้องหรือไม่)
5. ลงเวลาโดยการป้อนรหัสนักศึกษา (กรณีที่เกิดการสแกนลายนิ้วมือมีปัญหา)
6. โอนถ่ายข้อมูลประวัติการเข้าชั้นเรียนไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.15 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของเครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือแบบพกพา

เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานในโหมดจัดการระบบแล้วก็จะกลับสู่เมนูหลักเพื่อรอคำสั่งจากผู้ใช้ต่อไป

หากผู้ใช้เลือกโหมดลงเวลา ระบบจะเริ่มตรวจสอบลายนิ้วมือ ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจารย์จะส่งเครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือให้นักศึกษาในห้องเรียนเพื่อสแกนลายนิ้วมือ หากสำเร็จก็จะบันทึกชื่อรหัสนักศึกษา วันที่ และเวลาปัจจุบันลงไฟล์ จากนั้นก็จะส่งเครื่องไปให้นักศึกษาคนอื่นสแกนลายนิ้วมือจนครบทั้งห้องเรียน จากไฟล์ชาร์ตจะเห็นว่า เมื่อสิ้นสุดการบันทึกการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษา 1 คน จะมีการตรวจสอบว่ามีคำสั่งให้ออกจากโหมดลงเวลาหรือไม่ ถ้าไม่ โปรแกรมก็จะวนไปตรวจสอบลายนิ้วมือนักศึกษาคนอื่นต่อไป ถ้าต้องการให้ออกจากโหมดการลงเวลา ระบบจะทำการตรวจสอบสิทธิ์ ซึ่งผู้มีสิทธิ์จะต้องเป็นอาจารย์หรือผู้ดูแลระบบเท่านั้น (กลุ่มเดียวกับผู้มีสิทธิ์เปิดเครื่องใช้งาน) นักศึกษาจะไม่สามารถออกจากโหมดลงเวลาได้

ในกรณีที่นักศึกษาปิดสวิตซ์เครื่องขณะอยู่ในโหมดลงเวลา จะด้วยความบังเอิญ หรือด้วยความตั้งใจก็แล้วแต่ เมื่อเปิดสวิตซ์เครื่องอีกครั้ง เครื่องก็จะกลับเข้าสู่โหมดลงเวลาทันที ดังที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ การเขียนโปรแกรมไว้ลักษณะนี้มีข้อดี 2 ประการคือ ประการแรก นักศึกษาไม่สามารถออกจากโหมดลงเวลาโดยการปิดสวิตซ์เครื่อง และประการที่สองอาจารย์ไม่จำเป็นต้องทำการตรวจสอบสิทธิ์เพื่อเข้าสู่โหมดลงเวลาอีกครั้ง

จากขั้นตอนการทำงานจะเห็นว่าเครื่องวนอยู่ในโหมดลงเวลาจนกว่าอาจารย์หรือผู้ดูแลระบบจะสั่งให้หยุด

ในการใช้งานจริง จะมีกรณีที่เครื่องไม่สามารถตรวจสอบลายนิ้วมือของนักศึกษาได้อย่างถูกต้อง อาจเนื่องมาจากลายนิ้วมือไม่ชัด ได้รับอุบัติเหตุ หรือมีเหตุขัดข้องต่างๆ อาจารย์สามารถเข้าสู่โหมดจัดการระบบเพื่อลงเวลาให้นักศึกษาโดยการป้อนรหัสนักศึกษา ซึ่งมีผลเทียบเท่ากับการสแกนลายนิ้วมือ ทั้งนี้จะกระทำได้ภายใต้การอนุญาตและการควบคุมโดยอาจารย์เท่านั้น

สำหรับนักศึกษาแต่ละคนที่เข้าชั้นเรียน เมื่อสแกนลายนิ้วมือกับเครื่อง และเครื่องสามารถตรวจสอบลายนิ้วมือได้ถูกต้อง เครื่องจะบันทึกข้อมูลที่จำเป็นลงไฟล์ ซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำแบบ SD-Card ที่ข้อมูลจะไม่สูญหายแม้จะไม่มีไฟเลี้ยง

การบันทึกข้อมูลลงไฟล์จะต้องกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อจะได้นำข้อมูลไปประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้สะดวก ในงานวิจัยนี้จะบันทึกข้อมูลในรูปแบบ Comma-Separated Values (CSV)

CSV เป็นการบันทึกข้อมูลลงตารางฐานข้อมูล (Database Table) อย่างง่ายโดยใช้ข้อมูลในรูปแบบข้อความ (Text) ข้อมูล 1 เรคคอร์ด (Record) คือข้อความ 1 บรรทัด โดยข้อมูลในแต่ละฟิลด์ (Field) จะถูกคั่นด้วยจุลภาค (,)

ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลเข้าชั้นเรียน

1234,5310110001,Somsak,Deejai,12/04/53,12:32:45

1112,5310110045,Meechai,Jaidee,12/04/53,12:33:04

ฟิลด์ที่ 1: ตัวเลข 4 หลัก คือหมายเลขประจำลายนิ้วมือ (Fingerprint ID) เป็นตัวเลขที่โมดูลตรวจสอบลายนิ้วมือใช้งาน

ฟิลด์ที่ 2: ตัวเลข 10 หลัก คือรหัสนักศึกษาที่มหาวิทยาลัยกำหนด

ฟิลด์ที่ 3: อักขระ ความยาว 15 ตัวอักษร คือชื่อของนักศึกษา

ฟิลด์ที่ 4: อักขระ ความยาว 15 ตัวอักษร คือชื่อนามสกุลของนักศึกษา

ฟิลด์ที่ 5: คือวันที่ปัจจุบัน อยู่ในรูปแบบ วันที่/เดือน/ปี

ฟิลด์ที่ 6: คือเวลาปัจจุบัน อยู่ในรูปแบบ ชั่วโมง:นาที:วินาที

การบันทึกข้อมูลเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาแต่ละคนจะอยู่คนละบรรทัด ข้อมูลทั้งหมด (ทั้งภาคการศึกษา) จะเก็บอยู่ในไฟล์เดียวเพื่อให้สะดวกในการบันทึกและการนำไปใช้งาน

การบันทึกข้อมูลในรูปแบบ CSV ในงานวิจัยนี้จะบันทึกลงไฟล์ที่มีนามสกุล .csv ซึ่งไฟล์นี้สามารถอ่านได้โดยโปรแกรม Microsoft Excel ได้ทันที จึงสามารถนำไปประมวลผล เช่น นับจำนวนครั้งในการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาแต่ละคน ได้โดยง่าย