สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โทรศัพท์แบบใช้ลายนิ้วมือตรวจสอบก่อนโทร

FINGERPRINT TELEPHONE

โดย

นาย ชาญชัย อุทาหรณ์

นาย สามารถ วาฑิตศุภผล

นาย อรชุน ข่ายแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50123
วัน,เดือน,ปี 21 เม.ย. 2547

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์แบบใช้ลายนิ้วมือตรวจสอบก่อนโทร

FINGERPRINT TELEPHONE

โดย

นาย ชาญชัย อุทาหรณ์ 43015009

นาย สามารถ วาฑิตศุภผล 43015042

นาย อรชุน ข่ายแก้ว 43015049

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **โทรศัพท์แบบใช้ลายนิ้วมือตรวจสอบก่อนโทร**

FINGERPRINT TELEPHONE

ผู้จัดทำ

1.นายชาญชัย	**อุทาหรณ์**	**43015009**
2.นายสามารถ	**วาฑิตศุภผล**	**43015042**
3.นายอรชุน	**ข่ายแก้ว**	**43015049**

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์แบบใช้ลายนิ้วมือตรวจสอบก่อนโทร

FINGERPRINT TELEPHONE

โดย	นาย ชาญชัย	อุทาหรณ์	43015009
	นาย สามารถ	วาฑิตศุภผล	43015042
	นาย อรชุน	ข่ายแก้ว	43015049

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

บทคัดย่อ

รายละเอียดของโครงงานนี้นำเสนอการศึกษาเครื่องโทรศัพท์แบบใหม่ เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในองค์กรในส่วนค่าใช้จ่ายการใช้โทรศัพท์โทรออกไปภายนอกองค์กรโดยใช้หลักการตรวจสอบจากลายนิ้วมือของแต่ละบุคคลที่มีสิทธิได้รับอนุญาตให้สามารถโทรออกไปยังหน่วยงานอื่น โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นศูนย์กลางในการควบคุม และตรวจสอบฐานข้อมูลของผู้ที่มีสิทธิใช้

ABSTRACT

This thesis presents for new version of telephone. It's make for economizing telephone cost in organization. By checking fingerprint of each personal, it is privileged for calling to another organization. This fingerprint telephone is controlled by computer centre and check Database of each personal is privileged.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 พื้นฐานการประมวลข้อมูลภาพ	3
2.1.1 การแทนภาพในระบบดิจิตอล	3
2.1.2 องค์ประกอบของระบบประมวลข้อมูลภาพดิจิตอล	4
2.1.2.1 ส่วนเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล	4
2.1.2.2 เครื่องประมวลข้อมูลภาพ	4
2.1.2.3 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบดิจิตอล	4
2.1.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลและบันทึกผล	5
2.1.2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาข้อมูล	5
2.1.3 การเพิ่มความชัดเจนของภาพ	5
2.1.3.1 โมเดลของข้อมูลภาพ	6
2.1.3.2 ฟิลเตอร์	6
2.1.2.3 การตัดระดับเทรสโฮลด์	9
2.2 ลักษณะลายนิ้วมือ	15
2.2.1 เส้นขอบ	15
2.2.2 เส้นดอน	15
2.2.3 จุดใจกลาง	16
2.2.4 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน	16
2.3 ชนิดและรูปแบบของลายนิ้วมือ	16
2.3.1 กลุ่มเส้นโค้ง	16
2.3.1.1 โค้งราบ	17
2.3.1.2 โค้งกระโจม	17
2.3.2 กลุ่มมัดหวาย	17
2.3.2.1 มัดหวายปัดขวา	17
2.3.2.2 มัดหวายปัดซ้าย	18
2.3.2.3 มัดหวายคู่	18
2.3.3 กลุ่มก้นหอย	18
2.3.3.1 ก้นหอยธรรมดา	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.3.3.2 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา 19
2.3.3.3 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย 19
2.3.3.4 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา 20
2.3.3.5 ก้นหอยประเป๋าข้างปัดซ้าย 20
2.3.4 กลุ่มซับซ้อน 20
2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์ 21
2.4.1. หน้าที่ของโทรศัพท์ 21
2.4.2 กลไกการเชื่อมต่อวงจร 21
2.4.3 การสนทนา 23
2.4.4 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง 23
2.4.5 สัญญาณเสียงพูด 24
2.4.6 สัญญาณรบกวน 24
2.4.7 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณ 25
2.4.8 พื้นฐานโทรศัพท์ 25
2.4.9 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ 26
2.4.10 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบ DTMF กับระบบ พัลส์ 27
2.5 เครื่องสแกนลายนิ้วมือ U.are.U2000 28
2.5.1 คุณสมบัติพิเศษของ U.are.U2000 28
2.5.2 เทคนิคการเปรียบเทียบแบบไฮบริดจ์ 29
2.5.2.1 การจัดภาพ 30
2.5.2.2 ภาพที่จัดเป็นตารางเล็กๆ 31
2.5.2.3 การดึงเอาลักษณะพิเศษ 31
2.5.2.4 การเปรียบเทียบภาพ 32
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง 33
3.1 ระบบการลงทะเบียน 33
3.2 การตรวจสอบผู้ใช้งาน 35
3.3 ระบบโทรศัพท์ 36
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 37
4.1 การทดลองของโปรแกรมโทรศัพท์ตรวจสอบลายนิ้วมือ 37
4.1.1 ส่วนในการลงทะเบียน 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.1.2 ส่วนการตรวจสอบ 41

4.2 ผลการทดลอง 46

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป 47

5.1 สรุปผลการทดลอง 47

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 47

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ค่าของฟังก์ชั่น $f(x,y)$ ในระบบภาพดิจิตอล	3
รูปที่ 2.2 แสดงฮีสโตรแกรมระดับสีเทา	9
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนของฮีสโตรแกรม	14
รูปที่ 2.4 เส้นขอบ	15
รูปที่ 2.5 เส้นคอน	15
รูปที่ 2.6 จุดใจกลาง	16
รูปที่ 2.7 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน	16
รูปที่ 2.8 โค้งราบ	17
รูปที่ 2.9 โค้งกระโจม	17
รูปที่ 2.10 มัดหวายปัดขวา	17
รูปที่ 2.11 มัดหวายปัดซ้าย	18
รูปที่ 2.12 มัดหวายคู่	18
รูปที่ 2.13 ก้นหอยธรรมดา	19
รูปที่ 2.14 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา	19
รูปที่2.15 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย	19
รูปที่ 2.16 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา	20
รูปที่ 2.17 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย	20
รูปที่ 2.18 กลุ่มซับซ้อน	20
รูปที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น	22
รูปที่ 2.20 แสดง Block diagram ของโทรศัพท์	26
รูปที่ 2.21 แสดงความถี่ของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม	27
รูปที่ 2.22 เครื่องสแกนลายนิ้วมือ U.are.U2000	28
รูปที่ 2.23 ตำแหน่งที่สำคัญของลายนิ้วมือที่สำคัญ	29
รูปที่ 2.24 การจัดตำแหน่งของภาพอินพุท	30
รูปที่ 2.25(a) การจัดตำแหน่งรายนิ้วมือทั้งสองที่เหมือนกัน (b) การจัดตำแหน่งรายนิ้วมือทั้งสองที่ไม่เหมือนกัน	30
รูปที่ 2.26(a)วิธีการแบ่งภาพลายนิ้วมือออกเป็นตารางวงกลมรอบจุดใจกลาง 80 ส่วน (b) วิธีการแบ่งภาพลายนิ้วมือเป็นตาราง 81 ส่วน ของภาพจริง(Veridical image)	31
รูปที่ 2.27ผลที่ได้จากการใช้ Gable filter กับรูปที่ 25(d) รูปที่ถูก filter สำหรับการหมุนที่มุม $0^0, 22^0, 45^0$และ 67.5^0 ได้แสดงไว้	31
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์ลายนิ้วมือ	33
รูปที่ 3.2 โฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานของการลงทะเบียนผู้ใช้	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.3 โฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานของระบบการตรวจสอบผู้ใช้งาน 35
รูปที่ 3.4 โฟล์ชาต์แสดงการทำงานของระบบโทรศัพท์ 36
รูปที่ 4.1 หน้าจอโปรแกรมโทรศัพท์ตรวจสอบลายนิ้วมือ 37
รูปที่ 4.2 หน้าจอลงทะเบียน 37
รูปที่ 4.3 เครื่องสแกนลายนิ้วมือพร้อมทำงาน 38
รูปที่ 4.4 เริ่มต้นการลงทะเบียนโดยการสแกนลายนิ้วมือ 38
รูปที่ 4.5 ทำการสแกนลายนิ้วมือ 39
รูปที่ 4.6 ภาพที่ได้จากการสแกนลายนิ้วมือ 39
รูปที่ 4.7 ทำการสะแกนลายนิ้วมือ 4 ครั้ง 40
รูปที่ 4.8 กรอกรายละเอียดข้อมูลของเจ้าของลายนิ้วมือ 40
รูปที่ 4.9 บันทึกข้อมูล 41
รูปที่ 4.10 ทำการตรวจสอบ 41
รูที่ 4.11 หน้าจอตรวจสอบรหัสและลายนิ้วมือ 42
รูปที่ 4.12 กรณีที่ใส่รหัสที่ไม่มีอยู่ในฐานข้อมูล 42
รูปที่ 4.13 กรณีที่รหัสมีอยู่ในฐานข้อมูล 43
รูปที่ 4.14 กรณีนิ้วมือไม่ถูกต้อง 43
รูปที่ 4.15 กรณีที่นิ้วมือถูกต้องจะขึ้นหน้าจอโทรศัพท์ให้ 44
รูปที่ 4.16 กดหมายเลยปลายทางเพื่อทำการโทรออก 44
รูปที่ 4.17 ทำการโทรออกและบันทึกเวลาโทรออก 45
รูปที่ 4.18 ยกเลิกการโทรทำการบันทึกเวลา 45
รูปที่ 4.19 รายชื่อผู้ลงทะเบียนใช้โทรศัพท์ 46
รูปที่ 4.20 ข้อมูลของผู้ใช้โทรศัพท์ 46
รูปที่ 5.1 หลักการเก็บลายนิ้วมือของ MBF2000 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่ที่ผสมกันออกไป 2 ความถี่ เมื่อกดปุ่ม	23
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของ U.are.U2000	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการสร้างระบบเพื่อจำแนกบุคคลเพื่อใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ ระบบความปลอดภัยภายในอาคาร หรือ หน่วยงานต่างๆ โดยได้มีการคิดค้นรหัสผ่านเพื่อเป็นตัวยืนยันถึงตัวบุคคลที่ต้องการเข้าถึงข้อมูลที่ทางหน่วยงาน หรือ บุคคลใดบุคคลหนึ่งกำหนดไว้ รหัสผ่านต่างๆ ที่เราเคยเห็น และ เคยใช้มี รหัสผ่านแบบตัวเลข บาร์โค๊ด บัตรแถบแม่เหล็ก ซิมการ์ด ลายนิ้วมือ ลายม่านตา และอื่นๆอีกมากมาย ในประเทศไทยขณะนี้ระบบการตรวจสอบลายนิ้วมือได้เข้ามามีบทบาทเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งระบบตรวจสอบลายนิ้วมือที่รัฐสภา เพื่อตรวจสอบเวลาเข้าออก และการลงคะแนนเสียง เนื่องจากระบบการตรวจสอบลายนิ้วมือนั้นมีความปลอดภัยจากการลอกเลียนแบบสูง ในโครงงานนี้จะมุ่งเน้นที่จะประยุกต์ใช้งานระหว่างเครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือกับโทรศัพท์ เพื่อนำไปใช้กับองค์กรหรือหน่วยงานขนาดเล็กที่ต้องการความปลอดภัยในการใช้โทรศัพท์สูง เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการใช้งานโทรศัพท์ของหน่วยงานต่างๆนั้นค่อนข้างสูงโดยไม่มีการควบคุม ทำให้ทางหน่วยงานหรือองค์กรต่างๆสูญเสียงบประมาณในส่วนนี้มาก

ส่วนของการตรวจสอบลายนิ้วมือนี้นั้นในอดีตเราจะใช้การตรวจสอบจากภาพถ่าย โดยการพิมพ์ลายนิ้วมือด้วยน้ำหมึกลงบนกระดาษ แล้วทำการบันทึกภาพลายนิ้วมือไว้ ในการบันทึกภาพเพื่อนำไปตรวจสอบครั้งต่อไปต้องพิมพ์ภาพให้องค์ประกอบของภาพเหมือนเดิมทั้งน้ำหนักในการพิมพ์แลตำแหน่งในการพิมพ์ มิฉะนั้นจะเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบได้ซึ่งจะเป็นช่องโหว่ของความปลอดภัยเมื่อเรานำสแกนลายนิ้วมือนั้นมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวจึงมีการสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบแบบสารกึ่งตัวนำ(solid-state sensors) ขึ้น จะใช้กับพื้นที่ขนาดเล็ก ดังนั้นลักษณะของเครื่องตรวจสอบลายนิ้วมือจึงมีหน้าจอเซนเซอร์ขนาดเล็กใช้พื้นที่สแกนประมาณ 0.6×0.6นิ้ว รูปภาพลายนิ้วมือจะมีขนาด 300×300 พิเซล ที่ 500 จุดต่อ 1นิ้ว (300×300 pixels at 500dpi) ซึ่งถ้าเราใช้การตรวจสอบด้วยภาพแบบเก่าต้องใช้พื้นที่ในการสัมผัสลายนิ้วมือประมาณ 1 ×1 นิ้ว ขนาดของภาพ 480×508 พิเซล ที่500 จุดต่อ 1 นิ้ว จำนวนจุดที่สามารถระบุได้จากลายนิ้วมือที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจสอบลายนิ้วมือแบบสารกึ่งตัวนำจะมีความละเอียดกว่า การสแกนโดยใช้ภาพถ่ายจากน้ำหมึก และ การตรวจสอบลายนิ้วมือที่ได้จาก

โครงงานนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษารหัสผ่านแบบการตรวจสอบลายนิ้วมือแบบสารกึ่งตัวนำ เพื่อประยุกต์ใช้งานกับโทรศัพท์ โดยมีหลักการทำงานที่สำคัญดังนี้คือ ขั้นตอนแรกเราจะทำการเก็บลายนิ้วมือโดยสแกนลายนิ้วมือผ่านเครื่องสแกนลายนิ้วมือ ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปเวกเตอร์ของภาพ(Image vector) หรือเก็บข้อมูลในส่วนที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของภาพเนื่องจากการเปรียบเทียบลายนิ้วมือด้วยภาพนั้นจะมีข้อผิดพลาดค่อนข้างสูง ไม่สามารถใช้กับการทำงานจริงได้ เราจึงใช้การเปรียบเทียบทางเวกเตอร์ของภาพแทนซึ่งผลที่ได้นั้นมีค่าความผิดพลาดต่ำมาก หรือแทบจะไม่มีความผิดพลาดเลย ขั้นตอนต่อไป คือ การเก็บข้อมูลของผู้ที่ได้รับอนุญาตในการใช้โทรศัพท์ไว้ในฐานข้อมูลที่เราได้สร้างขึ้น ซึ่งมีข้อมูลที่สำคัญเพื่อยืนยันถึงตัวบุคคลที่เป็นเจ้าของลายนิ้วมือ ข้อมูลที่เราทำการเก็บไว้ในฐานข้อมูลจะมี ชื่อ นามสกุล และรหัสประจำตัว หลังจากเราใช้โทรศัพท์ข้อมูลเบอร์โทรศัพท์ที่เราโทรออกจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นกัน ทำให้สามารถตรวจสอบการใช้โทรศัพท์ได้ รวมถึงสามารถลดปัญหาการใช้งานโทรศัพท์จากบุคคลนอก เนื่องจากไม่สามารถลอกเลียนแบบลายนิ้วมือได้ จึงทำให้หน่วยงานนั้นๆสามารถใช้ทรัพยากรโทรศัพท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นฐานการประมวลข้อมูลภาพ (Introduction Image Processing)

ในบทนี้จะกล่าวถึง องค์ประกอบพื้นฐานในการประมวลภาพข้อมูล และการเพิ่มความชัดเจนของภาพ ซึ่งจะพูดถึง รูปแบบของอิมเมจ การฟิลเตอร์ การตัดระดับเทรสโฮลด์ และวิธีฮิสโตรแกรม ซึ่งล้วนแต่เป็นพื้นฐานของ Image processing

2.1.1การแทนภาพในระบบดิจิตอล (Digital Image Representation)

ในระบบภาพโดยทั่วไป สามารถแทนด้วยฟังก์ชั่นของความเข้มแสงในระนาบสองมิติ $f(x,y)$ โดยที่ x และ y แทนตำแหน่งคู่อันดับที่เกิดขึ้นในภาพจริง และค่าฟังก์ชั่น f ณ จุด (x,y) ใด ๆ จะเป็นสัดส่วนโดยตรง กับความสว่างหรือระดับภาพสีเทา (Gray Level) ของภาพที่จุดนั้น ๆ แสดงได้ดังรูป 2.1

รูปที่ 2.1 ค่าของฟังก์ชั่น $f(x,y)$ ในระบบภาพดิจิตอล

สำหรับข้อมูลของภาพแบบดิจิตอล $f(x,y)$ ที่ลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องทั้งในระนาบสเปเชียล (Spatial) ดังนั้นจึงพิจารณาให้ข้อมูลภาพแบบดิจิตอล แทนอยู่ในรูปของเมตริกซ์ ซึ่งเมตริกซ์จะมีแถวและหลักที่มีลักษณะเป็นเอกลักษณ์ และมีความสัมพันธ์กับค่าสมาชิกในแถว และหลัก ที่แทนด้วยระดับสีเทาของภาพที่จุดนั้น ๆ

ถึงแม้ว่าขนาดของข้อมูลภาพแบบดิจิตอลนั้นจะแปรเปลี่ยนไปตามการประยุกต์ใช้งาน แต่ข้อดีที่ได้เปรียบนั้น ถ้ากำหนดให้มีลักษณะเฉพาะเป็นอะเรย์แบบสมมาตร (Square array) และจำนวนของระดับสีเทาเป็นเลขจำนวนเต็มจำนวนสอง เช่นภาพที่ได้จาก โทรทัศน์โมโนโครม มีขนาด 512*512 และมีจำนวน 126 ระดับสีเทาเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 องค์ประกอบของระบบประมวลข้อมูลภาพดิจิตอล (Elements of a digital image processing system)

องค์ประกอบพื้นฐานที่จำเป็นโดยทั่วไปในระบบการประมวลข้อมูลภาพประกอบด้วย 5 ส่วน ๆ คือ

2.1.2.1 ส่วนเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (Digitizer)

ส่วนของดิจิไตเซอร์นั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณภาพให้อยู่ในรูปของตัวเลข เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าดิจิตอลคอมพิวเตอร์ ส่วนนี้ได้แก่ กล้องโทรทัศน์ดิจิไตเซอร์ภายในประกอบด้วยหลอดวิดิคอน ทำหน้าที่ เป็นสื่อนำไฟฟ้าทางแสง ภาพจะถูกโฟกัสลงบนหลอดของภาพซึ่งถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งได้จากการควอนไทซิ่งสัญญาณนี้จะได้ภาพดิจิตอลเกิดขึ้น

2.1.2.2 เครื่องประมวลข้อมูลภาพ (Image Processing)

เครื่องประมวลข้อมูลภาพ แบบดิจิตอล เป็นหัวใจของระบบการประมวลข้อมูลภาประกอบด้วยชุด ฮาร์ดแวร์ที่มี 4 ฟังก์ชั่นพื้นฐานคือ การหยุดภาพนิ่ง (Image acquisition) การเก็บข้อมูลภาพ (Storage) การประมวลภาพในระดับต่ำ แต่รวดเร็ว (Low-Level (fast) processing) และการแสดงผล (Display) โดยทั่วไปโมดูลของการหยุดภาพนิ่งจะมีสัญญาณโทรทัศน์เป็นหน่วยอินพุท และการเปลี่ยนสัญญาณนี้ให้เป็นข้อมูลแบบดิจิตอล เครื่องประมวลข้อมูลภาพสมัยใหม่ ส่วนมาจะใช้การดิจิไตซ์ภาพโทรทัศน์ ในเวลา 1 เฟรม (One frame-time) เช่นในเวลา 1/30 วินาที จึงมักเรียกว่า เครื่องจับภาพนิ่ง (Frame grabber)

โมดูลของการเก็บภาพแบบที่เรียกว่า เฟรมบัฟเฟอร์ (frame buffer) ซึ่งจะทำหน้าที่เก็บรักษาหน่วยความจำ ของภาพแบบดิจิตอล โดยทั่วไปจะมีเครื่องมือ 2-3 ชุด ที่รวมเข้าไว้ในเครื่องประมวลข้อมูลภาพ คุณสมบัติการหยุดภาพของโมดูลการเก็บภาพประกอบด้วยหน่วยความจำที่สามารถอ่านข้อมูลจากอัตราของโทรทัศน์ปกติ มีอัตรา 30 ภาพต่อวินาที ลักษณะนี้เป็นไปตามการทำงานของโมดูลการหยุดภาพนิ่งที่ประกอบไปด้วยภาพที่สมบูรณ์ ในการเก็บภาพที่เร็วเท่าที่ภาพถูกจับให้นิ่งหน่วยความจำสามารถเปลี่ยนให้เป็นแอดเดรสของโทรทัศน์ได้โดยชุดแสดงผลของภาพที่จอมอนิเตอร์

เครื่องประมวลข้อมูลภาพ ยังมีหน้าที่ในฟังก์ชั่นระดับต่ำอีกด้วย (Low-level function) เช่น การประมวลผลทางคณิตศาสตร์ และทางตรรกศาสตร์หรือเรียกว่าหน่วยตรรกะเลขคณิต (Arithmetic-Logic Unit :ALU) โดยถูกออกแบบพิเศษที่จะเพิ่มความเร็วในการประมวลผลแบบขนาน ส่วนโมดูลแสดงผล (Display module) ทำหน้าที่อ่านหน่วยความจำของภาพ แล้วทำการเปลี่ยนข้อมูลของภาพที่เป็นแบบดิจิตอลให้เป็นสัญญาณวีดีโอแบบอนาล็อก แสดงผลสัญญาณที่แปลงได้นั้นให้ออกทางมอนิเตอร์โทรทัศน์หรืออุปกรณ์วิดีโอ ชนิดอื่น

2.1.2.3 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบดิจิตอล (Digital computer)

ถึงแม้ว่าเครื่องประมวลข้อมูล อาจเปรียบได้กับความสามารถในการประมวลผลภายใน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.1.2.2 แต่ว่าระดับการประมวลผลยังอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับความทันสมัยซึ่งโดยทั่วไปพบว่า เครื่องประมวลข้อมูลภาพนี้จะถูกเชื่อมต่อ (Interface) กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการประมวลผลของข้อมูลภาพมีตั้งแต่อุปกรณ์จำพวกไมโครโปรเซสเซอร์ จนถึงระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ที่มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลภาพ ซึ่งจะต้องมีอะเรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่ๆด้วย ส่วนพารามิเตอร์ที่สำคัญนั้นคือ การเพิ่มการประยุกต์ใช้งานและ ความต้องการของขนาดข้อมูลในการประมวลผล สำหรับการประยุกต์ใช้ที่พบเห็นได้โดยทั่วไปจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือมินิคอมพิวเตอร์ แต่ถ้าต้องการใช้ในส่วนเกี่ยวข้องโปรแกรมขนาดใหญ่ที่มีข้อมูลมากก็สามารถใช้คอมพิวเตอร์ระดับเมนเฟรมได้ ในกรณีนี้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำของแอสเดรสจำนวนมากและมีความเร็วสูง ก็จะเป็นข้อได้เปรียบ

2.1.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลและบันทึกผล (Display and Recording Device)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลที่สำคัญ และนิยมใช้กันมากในระบบการประมวลข้อมูลภาพ ได้แก่ จอโมโนโครม หรือ จอโทรทัศน์สี มอนิเตอร์จะถูกขับโดยเอาท์พุทของชุดแสดงผล ภาพในเครื่องประมวลข้อมูลภาพ สัญญาณที่ได้รับนี้ สามารถเข้าสู่ระบบการบันทึกภาพที่อาจใช้ ฮาร์ดก๊อปปี้ได้ (Hard copy) เช่น สไลด์สี รูปภาพ และแผ่นใส หรือ ในขณะที่กำลังดูภาพจากมอนิเตอร์ก็ได้ ส่วนสื่อที่ใช้ในการแสดงผลและบันทึกผลที่พบกันโดยทั่วไปคือ จอภาพแบบหลอดภาพหลอดภาพรังสีคาโธด ตำแหน่งของภาพทั้งในแนวนอน (Horizontal) และแนวตั้ง (Vertical) ของแต่ละสมาชิก ในอะเรย์ของภาพจะถูกเปลี่ยนให้เป็นโวลเตจ ซึ่งถูกยิงจากลำแสงอิเลคตรอนของหลอดภาพรังสีคาโธด โดยหารขับลำแสงใน 2 มิติ ที่จำเป็นต่อการผลิตภาพเอาท์พุทในแต่ละจุดจะมีการยิงลำแสงอิเลคตรอน ความเข้มของแสงจะถูกเปลี่ยนโดยการใช้โวลเตจ ที่เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อค่าของจุด ที่มีความสัมพันธ์กับในอะเรย์เชิงเลข (Numerical array) โดนการเปลี่ยนความเข้มน้อยสุดให้เป็นสีดำ และความเข้มมากที่สุดให้เป็นสีขาว ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงจะถูกบันทึกด้วยกล้องถ่ายภาพแบบกราฟฟิก (Photographic camera) ที่โฟกัสของจอภาพแบบหลอดภาพรังสีคาโธด

ส่วนอุปกรณ์แสดงผลภาพพิมพ์ที่ใช้ในขั้นต้น จะมีความละเอียดต่ำ ซึ่งสามารถแสดงระดับสีเทาได้ด้วยการพิมพ์จำนวนและความเข้มของอักขระที่พิมพ์ในตำแหน่งนั้นๆ ในการเลือกอักขระที่เหมาะสมกับการกระจายในแบบระดับสีเทาที่ดี ก็จะทำให้เครื่องพิมพ์สามารถแสดงภาพระดับสีเทาได้

2.1.2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาข้อมูล (Storage Devices)

ข้อมูลภาพดิจิตอลที่มีขนาด 512*512 พิเซล แต่ละควอนไตซ์มีข้อมูลขนาด 8 บิท โดยมีสื่อที่ใช้ในการเก็บรักษาข้อมูลที่สำคัญ คือ แผ่นจานแม่เหล็ก (Magnetic disks) เทปแม่เหล็ก (Magnetic types) และแผ่นจานนำแสง (Optical disks) แต่สื่อที่นิยมใช้ในการเก็บข้อมูลในระดับทั่วไป และที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ แผ่นจานแม่เหล็ก

2.1.3 การเพิ่มความชัดเจนของภาพ (Image Enhancement)

จุดประสงค์ของเทคนิคการเพิ่มความชัดเจนของภาพนั้นคือ ต้องทำภาพให้มีผลลัพธ์ที่เหมาะสมเฉพาะงานที่จะนำไปประยุกต์ใช้มากกว่าภาพต้นแบบเดิม ซึ่งมีความสำคัญมาก เพราะว่าการใช้เทคนิคเดียวกันนี้มาใช้ร่วมกันได้หมด ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรูปแบบ อิมเมจ วิธีการฟิลเตอร์ การตัดค่าเทรสโฮลด์ และวิธีการเลือกค่าฮิสโตรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.1 โมเดลของข้อมูลภาพ (an Image Model)

ในที่นี้คำว่าข้อมูลภาพ หมายถึง ฟังก์ชั่นของความเข้มแสง 2 มิติโดยมีรูปแบบ $f(x,y)$ ซึ่งขนาดหรือ แอมปลิจูด (Amplitute) ของฟังก์ชั่น ที่พิกัดสเปเชียล (Spatial coordinates) ที่จุด (x,y) ที่จะแสดงค่าความสว่าง (Brightness) ของข้อมูลภาพที่จุดนั้น ๆ เมื่อแสงเป็นรูปแบบพลังงานแบบหนึ่ง ดังนั้น $f(x,y)$ จึงต้องมีขนาดไม่เท่ากับศูนย์ และจะต้องมีขนาดไม่เท่ากับอนันต์ (finite) ดังนั้น จะได้ว่า

$$0 < f(x,y) < \alpha \qquad (1)$$

พื้นฐานโดยธรรมชาติของ $f(x,y)$ อาจจะได้รับการพิจารณาเกี่ยวกับคุณสมบัติ 2 ประการดังต่อไปนี้ คือ ประการแรก จะพิจารณาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแสงทั้งหมด ที่เกิดขึ้นเองบนฉาก ประการที่สอง จะพิจารณาเกี่ยวกับแสงสะท้อนทั้งหมด ที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนของวัตถุในฉากเอง คุณสมบัติทั้งสองประการนี้จะถูกเรียกว่า การส่องสว่าง (Illumination) และการสะท้อน (reflectance) ซึ่งมีรูปแบบฟังก์ชั่นดังนี้คือ $i(x,y)$ และ $r(x,y)$ ตามลำดับ ทั้งสองฟังก์ชั่นนี้เมื่อนำมารวมกันจะกลายเป็นรูปแบบของ $f(x,y)$

จะได้ว่า

$$f(x,y) = i(x,y) \bullet r(x,y) \qquad (2)$$

เมื่อ

$$0 < i(x,y) < \alpha \qquad (3)$$

และ

$$0 < r(x,y) < \alpha \qquad (4)$$

จากสมการที่ (4) ชี้ให้เห็นถึงข้อเท็จจริงว่า ขอบล่างที่มีค่าเป็น " ศูนย์ " คือการดูดกลืนแสงทั้งหมด (Total absorption) ขอบบนที่มีค่าเป็น " หนึ่ง " คือ การสะท้อนของแสงทั้งหมด (Total reflectance) ที่เกิดขึ้น ดังนั้นธรรมชาติของฟังก์ชั่น $f(x,y)$ จะถูกกำหนดโดยแหล่งกำเนิดของแสง ขณะที่ฟังก์ชั่น $r(x,y)$ จะถูกกำหนดโดยคุณสมบัติของ ตัววัตถุในฉากนั้นเอง ที่ความเข้มของฟังก์ชั่นข้อมูลภาพสีเดียว (Monochrome image) ที่จุด (x,y) จะถูกเรียกว่า ระดับสีเทา (Gray level) หรือ (I) ของอิมเมจ ที่จุด ๆ นั้น

2.1.3.2 ฟิลเตอร์ (Filter)

ฟิลเตอร์เป็นตัวกรองสัญญาณภาพเบื้องต้น ให้ได้ภาพที่มีความคมชัดมากยิ่งขึ้น เพื่อที่จะนำภาพไปประยุกต์ใช้ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งมีมากหลายชนิด แต่ในที่จะกล่าวเฉพาะที่นิยมใช้กันมากเท่านั้น

การเฉลี่ยค่ารอบย่าน (Neighborhood Average)

การเฉลี่ยค่ารอบย่านเป็นเทคนิคที่ใช้กันในสเปเชียลโดเมนตรงสำหรับการทำภาพให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ให้ภาพอินพุท $f(x,y)$ มีขนาด $n*n$ และ $g(x,y)$ เป็นผลของภาพที่ได้จากการปฏิบัติของระดับสีเทาทุก ๆ จุด (x,y) ได้จากการเฉลี่ยค่าระดับสีเทาของพิเซลในภาพ $f(x,y)$ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$g(x,y) = \frac{1}{M} \sum_{(n,M)} f(x,y) \qquad (5)$$

สำหรับ $x, y = 0,1,\ldots..,N-1$ และ M คือ ผลรวมของจำนวนจุดในย่านนั้น ๆ

ฟิลเตอร์แบบมัธยฐาน (Median Filter)

สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งจากการเฉลี่ยค่ารอบย่านคือ การเกิดความเบลอร์ที่ขอบของภาพ และมีรายละเอียดสัญญาณรบกวนที่ชัดเจน อาจแก้ไขได้โดยการใช้เทรสโฮลด์ (Threshold) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่าเทรสโฮลด์จะได้จากการลองผิดลองถูกแต่ถ้าใช้การฟิลเตอร์แบบมัธยฐาน แทนระดับสีเทาของแต่ละพิเซล โดยการใช้ค่าเฉลี่ยมัธยฐานของระดับสีเทา ในรอบย่านนั้น ๆ ของพิเซล จะทำให้ภาพที่ได้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

การหาค่ามัธยฐาน (M) คือเซ็ตที่มีค่าในเซ็ตครึ่งหนึ่งมากกว่า M และอีกครึ่งหนึ่งน้อยกว่า M การหาค่ามัธยฐาน สามารถหาโดยทำการเรียงข้อมูลจากน้อยไปหามาก แล้วนำค่าที่อยู่ตรงกลางนั้น มาใช้แทนค่า M

ตัวอย่าง

สมมติว่า มีย่านขนาด 3*3 มีข้อมูล

(10, 20, 20, 20, 15, 20, 20, 25, 100)

สามารถเรียงข้อมูลใหม่ได้เป็น

(10, 15, 20, 20, 20, 20, 20, 25, 100)

ดังนั้น ค่าที่อยู่ตรงกลางเป็นค่ามัธยฐานมีค่าเท่ากับ 20 นั่นเอง ความคิดที่มีอิทธิพลต่อฟังก์ชั่นฟิลเตอร์แบบมัธยฐาน คือ จะทำให้จุดที่มีความเข้มที่แตกต่างมากกว่าย่านรอบ ๆ ของมัน

ฟิลเตอร์แบบความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass filter)

สัญญาณรบกวนในระดับสีเทาของภาพมักจะมีส่วนของสัญญาณความถี่สูงของการแปลงฟูเรียร์อย่างมากซึ่งทำให้เกิดการเบลอร์ของภาพ ดังนั้นจึงต้องทำการหาวิธีการกำจัดเฉพาะช่วงที่มีความถี่ที่ไม่ต้องการออกไป จากทฤษฎีการทำคอนโวลูชั่นจะได้ว่า

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) \qquad (6)$$

เมื่อ $F(u,v)$ คือ การแปลงฟูเรียร์ของภาพที่ต้องการให้เรียบ ปัญหาก็คือ การเลือกทรานส์เฟอร์ฟังชั่น $H(u,v)$ ที่ให้ได้ผลลัพธ์ $G(u,v)$ โดยที่สามารถกำหนดจุดที่ความถี่สูงของ $F(u,v)$ ออกไปได้ การแปลงอินเวอร์สลาปาส (Inverse Lap lace) ของ $G(u,v)$

$$g(u,v) = L^{-1}\left[H(u,v)F(u,v\right] \qquad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า $g(u,v)$ เรียบขึ้น เพราะว่า ส่วนประกอบความถี่สูงไม่สามารถผ่านออกไปได้ แต่ช่วงความถี่ต่ำจะสามารถผ่านไปได้ โดยปราศจากการลดทอนของสัญญาณซึ่งวิธีนี้เรียกว่า ฟิลเตอร์แบบความถี่ต่ำผ่าน ฟังก์ชั่น $H(u,v)$ ถูกเรียกว่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชั่นของฟิลเตอร์ (Filter Transfer Function) ซึ่งในการคำนวณจะพิจารณาเฉพาะ $H(u,v)$ เท่านั้น ฟิลเตอร์แบบความถี่ต่ำผ่านนี้ มีอยู่หลายชนิดด้วยกันโดยที่แต่ละฟิลเตอร์ จะทำหน้าที่กรองความถี่สูงออกไป ให้เหลือเฉพาะความถี่ต่ำเท่านั้น

เช่น

– ฟิลเตอร์แบบอุดมคติ (Ideal Filter) จะมี

$$H(u,v)=1 \text{ ถ้า } D(u,v)\le D_0$$
$$H(u,v)=0 \text{ ถ้า } D(u,v)> D_0 \qquad (8)$$

เมื่อ D_0 คือค่าจำเพาะที่ไม่เป็น 0 และ

$D(u,v)$ คือ ระยะทางจาก (u,v) ถึงจุดกำเนิดในระนาบความถี่นั้นคือ

$$D(u,v)=(u^2+v^2)^{0.5}$$

– ฟิลเตอร์แบบบัตเตอร์เวิทซ์ (Butterworth Filter)

ฟังก์ชั่นการแปลงของบัตเตอร์เวิทซ์ฟิลเตอร์ ของลำดับที่ n และมีความถี่ตัดออก (Out-off Frequency Locus) ที่ระยะทาง D_0 จากจุดกำเนิด กำหนดโดยความสัมพันธ์

$$H(u,v)=\frac{1}{(1+\left[d(u,v)/D_0\right]^{2n})} \qquad (9)$$

ความแตกต่างระหว่างฟิลเตอร์แบบให้ความถี่ต่ำผ่านในอุดมคติและ ฟิลเตอร์แบบให้ความถี่ต่ำผ่านแบบบัตเตอร์เวิทซ์ คือไม่มีความต่อเนื่องที่ชัดเจนว่า ตำแหน่งที่กำจัดความถี่ตัดออก ระหว่างความถี่ที่ยอมให้ผ่านความถี่ที่กรอง โดยทั่วไปมักกำหนดความถี่ตัดออกที่จุด $H(u,v)$ ซึ่งค่าที่ได้ลดลงจากค่าที่มากที่สุด ในสมการ 9 จะพบว่า $H(u,v)=0.5$ (ลดลง 50% จากค่าที่มากที่สุด) เมื่อ $D(u,v)=D_0$ แต่ค่าอื่น ๆ โดยทั่วไปนิยมใช้ที่ $2^{-0.5}$ ของค่าที่มากที่สุด ของ $H(u,v)$ ดังสมการ (9) จะได้ค่าที่ต้องการเมื่อ คือ $D(u,v)=D_0$

$$H(u,v)=1\Big/\left\{1+\left[\sqrt{2}-1\right]\left[D(u,v)/D_0\right]^{2n}\right\}$$

$$=1\Big/\left\{1+0.414\left[D(u,v)/D_0\right]^{2n}\right\}$$

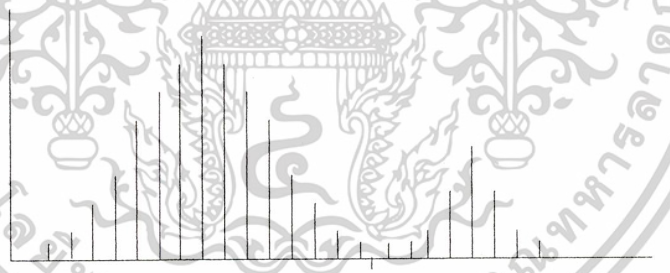
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 การตัดระดับเทรสโฮลด์ (Thresholding)

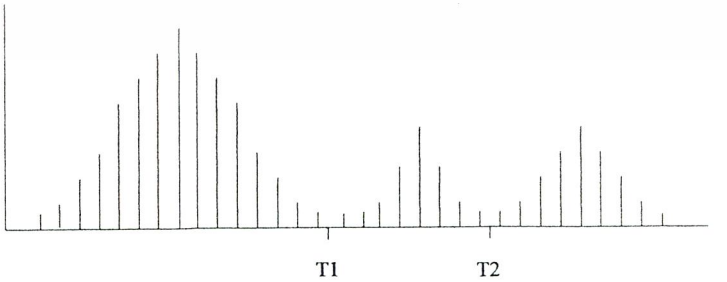
เทรสโฮลด์ เป็นวิธีหนึ่งที่มีความสำคัญในการลดทอนจุดที่เราไม่สนใจออกจากภาพ เพื่อที่จะทำให้มีความชัดเจนมากขึ้น ในส่วนนี้จะกล่าวถึง เทคนิคสำหรับการตัดระดับเทรสโฮลด์ ซึ่งจะสร้างส่วนของภาพที่เป็นจุดขาว หรือ ดำ จุดที่เราสนใจอาจจะเป็นจุดขาว หรือ โดยการกระทำดังกล่าวจะทำอยู่ในรูปของ Binary Image ซึ่งมีค่าของ Gray Value อยู่ 2 ค่า คือ " 0 " กับ " 1 "

- พื้นฐาน

เนื่องจากภาพ ฮีสโตรแกรม ระดับสีเทาที่แสดงดังรูป 2.2(a) ตำแหน่งของภาพ $r(x,y)$ ซึ่งประกอบด้วยความสว่างของสัตถุที่ถูกมอง บนความมืดของฉากดังนั้น พิเซลของวัตถุที่ถูกมอง และพิเซลของพื้นวัตถุที่อยู่ในกลุ่มของระดับสีเทา จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ระดับ โดยการแยกวัตถุที่มองออกจากพื้นของวัตถุ ด้วยการเลือกตัดระดับเทรสโฮลด์ (T) ที่จุดใด ๆ ของ (x,y) ซึ่งถ้า $f(x,y) > T$ เรียกว่า " จุดของวัตถุ " นอกนั้นเรียกว่า " จุดพื้นของวัตถุ " รูป 2.2(b) ในกรณีนี้ ฮีสโตรแกรมของภาพจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง โดยเราสามารถใช้พื้นฐานการจำแนกที่จุด (x,y) ซึ่งจะเป็นส่วนที่จัดอยู่ในประเภทของ " วัตถุที่ถูกมอง (Object) " ถ้า $T_1 < f(x,y) \le T_2$ และจะเป็นพื้นของวัตถุถ้า $f(x,y) \le T_1$ ลักษณะแบบนี้ เป็นการตัดระดับเทรสโฮลด์หลายระดับ ซึ่งจะทำให้เกิดความเชื่อมั่นน้อยกว่าแบบตัดระดับเทรสโฮลด์ระดับเดียว (Single threshold) เพราะว่ามันเป็นการยากในการสร้างระดับเทรสโฮลด์หลายระดับ ที่จะให้ได้ผลในการแยกขอบเขตของสิ่งที่น่าสนใจออกจากพื้นหลังวัตถุ โดยเฉพาะตัวเลขของฮีสโตรแกรมที่มีลักษณะกว้าง



(a). การตัดระดับเทรสโฮลด์ระดับเดียว



(b). การตัดระดับเทรสโฮลด์หลายระดับ

รูปที่ 2.2 แสดงฮีสโตรแกรมระดับสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บทบาทของแสงสว่าง (The Role of Illumination)

ระบบภาพโดยทั่วไป อยู่ในรูปของ $f(x,y)$ เช่น เดียวกัน ผลของแสงสะท้อนอยู่ในรูปของ $r(x,y)$ และการส่องสว่างอยู่ในรูปของ $i(x,y)$ เนื้อหาที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นการสรุป การส่องสว่างที่มีผลต่ออิมเมจ

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับปัญหานี้ พิจารณาจากคอมพิวเตอร์ จะสร้างฟังก์ชั่นการสะท้อนของแสง (Reflectance function) ภาพต้นฉบับบางส่วนจะถูกกำจัดออก โดยการตัดระดับเทรสโฮลด์นี้เป็นเพียงตัวอย่างการส่องสว่าง ที่แสดงถึงธรรมชาติของวัตถุ และพื้นของวัตถุที่สามารถจะแยกออกจากกันได้ ส่วนภาพที่มีความสว่างไม่เพียงพอ จะเป็นการยากในการแบ่งระดับของภาพ

ผลที่ได้สำหรับฮีสโตรแกรมจากฟังก์ชั่นการส่องสว่างโดยการนำเอา ลอกอะริทึม (Logarithm) ของ $f(x,y)=i(x,y)r(x,y)$ ผลรวม $Z(x,y)=In\ f(x,y)+In\quad r(x,y)=i'(x,y)$ $r'(x,y)$ จากทฤษฎีความน่าจะเป็น ถ้า $i'(x,y)$ และ $r'(x,y)$ เป็นตัวแปรสุ่มอิสระ ฮีสโตรแกรมของ $Z(x,y)$ จะให้คอนโวลูชั่น (Convolution) ของฮีสโตรแกรมของ $i'(x,y)$ และ $r'(x,y)$ ถ้า $i(x,y)$ เป็นค่าคงที่ $i'(x,y)$ ก็เป็นค่าคงที่ด้วย ส่วนฮีสโตรแกรมของ $r'(x,y)$ ยังใช้พื้นฐานรูปร่างของฮีสโตรแกรมที่กว้าง (ผลจากการส่องสว่างไม่เหมือนกัน) องศาของมุมที่บิดเบือน ขึ้นอยู่กับความกว้างของฮีสโตรแกรมของ $i'(x,y)$ ซึ่งในการบิดเบือนขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นของการส่องสว่างที่ไม่เหมือนกันด้วย

ก่อนที่จะทำหารพิจารณา จะต้องนำลอกอะริทึม (Logarithm) ของ $f(x,y)$ ที่ถูกแทนด้วยฟังก์ชั่นอิมเมจ (Image Function) โดยตรงแต่ว่าจุดสำคัญของปัญหานี้จะถูกอธิบายอย่างชัดเจน โดยการใช้ลอกอะริทึมในการแยกส่วนประกอบของการส่องสว่างและการสะท้อนของแสง

เมื่อได้แหล่งกำเนิดการส่องสว่าง ในการแก้ปัญหานี้ ความถี่จะถูกใช้ในทางปฏิบัติ เป็นการชดเชยสำหรับการส่องสว่างที่ไม่สม่ำเสมอความสว่างที่เกิดจากการสะท้อนของพื้นผิวที่ปรากฏบนอิมเมจจะได้สมการ $g(x,y)=ki(x,y)$ เมื่อ k เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับพื้นผิว และ $i(x,y)$ เป็นฟังก์ชั่นการส่องสว่างสำหรับอิมเมจ $f(x,y)=i(x,y)r(x,y)$ หาได้จากฟังก์ชั่นการส่องสว่าง การหารของ $f(x,y)$ ด้วย $g(x,y)$ ให้ฟังก์ชั่นเป็นปกติ (Normalizes function) $h(x,y)=f(x,y)/\,g(x,y)=r(x,y)/k$ ดังนั้นถ้า $r(x,y)$ สามารถที่จะถูกแบ่งออกโดยการตัดระดับเทรสโฮลด์ (T) เมื่อ $h(x,y)$ สามารถที่จะถูกแบ่งออกโดยการตัดระดับเทรสโฮลด์ ด้วยค่าของ T/k ที่แสดงนี้เป็นวิธีหนึ่งถ้าความส่องสว่างให้ผลโดย $i(x,y)$ ที่ไม่มีการเปลี่ยนจากอิมเมจหนึ่งไปยังอิมเมจหนึ่ง

- การเลือกเทรสโฮลด์ที่ดีที่สุด (Optimal Threshold)

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ก่อนภาพที่เหลือ 2 ระดับ ความสว่างฮีสโตรแกรมของภาพ อาจจะถูกพิจารณา ความน่าจะเป็นของฟังก์ชั่นของความเข้ม P(x) นี้เป็นการรวมเอาฟังก์ชั่นความเข้มทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยขอบเขตความสว่าง และขอบเขตความมืดของภาพ พารามิเตอร์ทั้งหมดจะเป็นไปตามพื้นที่ของภาพ ของแต่ละระดับความสว่าง ถ้าเรารู้ระดับความเข้มของภาพ ก็สามารถที่จะกำหนดค่าเทรสโฮลด์ที่ดีที่สุด (ความผิดพลาดน้อยสุด) สำหรับการแบ่งระดับความสว่างของภาพออกเป็น 2 ระดับ

สมมติว่า ภาพมีการรวมค่าอยู่ 2 ค่า ซึ่งได้จาก เกาส์เซียน (Gaussian)

ความน่าจะเป็นรวมของฟังก์ชั่น ความเข้มกำหนดโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P(x) = P_1 P_1(x) + P_2 P_2(x) \qquad (10)$$

สำหรับกรณีของเกาส์เซียนเป็น

$$P(x) = \frac{P_1}{\sqrt{2\pi\sigma_1}} \exp \frac{\left[-(x-\mu_1)^2\right]}{2\sigma_1^2} + \frac{P_2}{\sqrt{2\pi\sigma_2}} \exp \frac{\left[-(x-\mu_2)^2\right]}{2\sigma_2^2} \qquad (11)$$

เมื่อ μ_1 และ μ_2 เป็นค่าเฉลี่ยของ 2 ระดับความสว่าง O_1 และ O_2 เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย และ P_1, P_2 เป็นความน่าจะเป็นของทั้งสองระดับ

โดยเหตุที่

$$P_1 + P_2 = 1 \qquad (12)$$

สิ่งที่ต้องปฏิบัติ ความเข้มทั้งหมด มี 5 พารามิเตอร์ ที่ไม่ทราบค่า แต่ถ้ารู้ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด การกำหนดค่าเทรสโฮลด์ที่ดีที่สุดจะทำให้ได้ง่าย

สมมติว่า ขอบเขตของความมืด ตรงกับลักษณะของพื้นภาพ และขอบเขตของความสว่างตรงกับวัตถุที่มอง (Object) ในกรณีนี้ $\mu_1 < \mu_2$ และ เราอาจกำหนดค่าเทรสโฮลด์ได้ โดยที่พิเซลทั้งหมด ของระดับสีเทาที่อยู่ด้านล่างของ T จะถูกพิจารณาเป็นจุดของวัตถุ ความน่าจะเป็นในการจำแนกจุดวัตถุและจุดของพื้นวัตถุเป็น

$$E_1(T) = \int_{-\infty}^{T} P_2(x)dx \qquad (13)$$

ทำนองเดียวกัน ความน่าจะเป็นของการจำแนกจุดพื้นของวัตถุ ก็เช่นเดียวกัน

$$E_2(T) = \int_{T}^{\infty} P_1(x)dx \qquad (14)$$

เนื่องจากความน่าจะเป็นทั้งหมดของความผิดพลาด กำหนดโดย

$$E(T) = P_2 E_1(T) + P_1 E_2(T) \qquad (15)$$

จะพบว่า ค่าเทรสโฮลด์ นี้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด ส่วนความแตกต่างของ $E(T)$ ตาม T และผลที่ได้เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_1 p_1(T) = P_2 p_2(T) \qquad (16)$$

ผลที่ได้จากความเข้มของเกาส์เซียน (Gaussian density) หลังจากการใช้ลอกอะริทึม (Taking Logarithm) และเพื่อให้ง่ายขึ้น จะได้สมการกำลังสองเป็น

$$AT^2 + BT + C = 0 \qquad (17)$$

เมื่อ

$$A = \sigma_1^2 - \sigma_2^2$$
$$B = 2(\mu_1\sigma_2^2 - \mu_2\sigma_1^2)$$
$$C = \sigma_1^2\mu_2^2 - \sigma_2^2\mu_1^2 + 2\sigma_1^2\sigma_2^2 In\left[\sigma_2 P_1 / \sigma_1 P_2\right]$$

บางครั้งอาจมีคำตอบอยู่ 2 ค่า แสดงว่ามีค่าเทรสโฮลด์ที่ต้องการอยู่ 2 ค่า ที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ถ้าความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ใช้ในการตัดระดับเทรสโฮลด์ ระดับเดียวก็พอเพียงแล้ว

$$T = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\sigma^2}{\mu_1 + \mu_2} In(P_1 / P_2) \qquad (18)$$

ถ้าความน่าจะเป็นของทั้งสอง เท่ากัน $P_1 = P_2$ ค่าเทรสโฮลด์ที่ดีที่สุด ควรจะเป็นค่าเฉลี่ยของค่าทั้งสองในความเป็นจริง บางครั้ง $\sigma = 0$ การกำหนดค่าเทรสโฮลด์จะทำให้ง่าย

การวิเคราะห์ พารามิเตอร์จากฮีสโตรแกรม ของภาพ อาจจะใช้ภาพที่เหมือนภาพจริงมากที่สุด หรือ มีความผิดพราดที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด สำหรับตัวอย่าง ความผิดพลาดระหว่าง ความเข้มทั้งหมด $P(x)$ และ ฮีสโตรแกรมที่ทดลอง $k(x_1)$ เป็น

$$M = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[P(x_1) - h(x_1)\right]_1^2 \qquad (19)$$

เมื่อสมมติให้ฮีสโตรแกรมมี N จุด

ซึ่งในการสร้าง มันไม่ง่ายที่กำหนด พารามิเตอร์ให้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งอาจจะใช้วิธีของเกาส์เซียน (Gaussian) หรือวิธีของนิวตัน (Newton's method) ช่วยก็ได้

- การจัดแบ่งฮีสโตรแกรมให้เท่ากัน (Histogram Equalization)

เป็นวิธีหนึ่งในการเพิ่มความชัดเจนของภาพ ขาวดำ ที่มีการกระจายในช่วงกว้างของระดับสีเทา ในแต่ละพิเซลนี้จะมีค่าที่ไม่แน่นอน การประมาณค่า โดยใช้ฟังก์ชั่นที่สามารถแสดงการตรวจสอบของฮีสโตรแกรมเป็นการวิเคราะห์ในลักษณะใกล้เคียง นี้เรียกว่า Histogram Equalization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการ ให้ตัวเลขของแต่ละพิเซลในภาพทั้งหมด เป็น rowmax * colmax และตัวเลขของระดับสีเทา ซึ่งมากกว่าช่วงกว้างที่ต้องการ เป็น g *level* เมื่อฮีสโตรแกรม

ในอุดมคติของพิเซล ที่แต่ละระดับสีเทา $= row\max * col\max / g$ *levels* (20)

แต่ละต้องการ กำหนดพิเซลด้วย ค่าต่ำสุดของระดับสีเทาในภาพเก่าไปยังระดับสีเทา " 0 " ในภาพใหม่

$$F(o) = 0$$

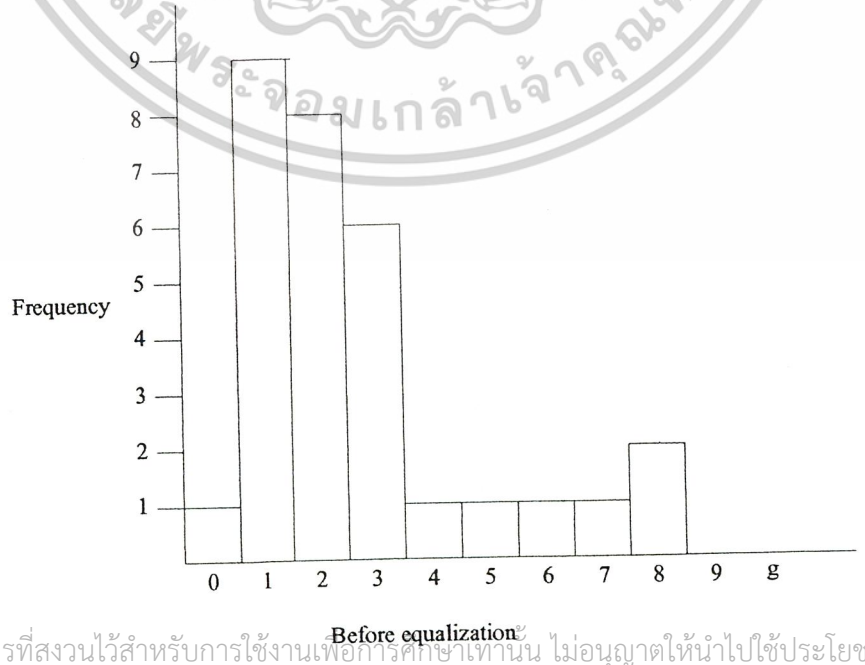
เมื่อ F(old gray level) = New gray level

ถ้าผลของการกำหนด ในระดับสีเทาใหม่ เป็น " 0 " มีค่าน้อยกว่าค่าเดิมการแบ่งพิเซลที่ถูกต้อง เราจะกำหนดพิเซลที่ถัดจากค่าต่ำสุด ของระดับสีเทา ในภาพเก่าด้วยระดับสีเทา " 0 " ในภาพใหม่ เมื่อระดับ " 0 " ในภาพใหม่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพเดิม การแบ่งพิเซลที่ถูกต้อง เราจะเลื่อนขึ้นไปยังระดับสีเทา " 1 " และการทำงานของอัลกอระทึม (Alorithm) จะเริ่มด้วย การที่ไม่กำหนด (Unallocated) พิเซลที่มีระดับสีเทาต่ำสุด ในภาพเดิม

อาจจะเร็วกว่าที่จะกำหนด พิเซลให้กับระดับสีเทาเป็น " 0 " ในภาพใหม่สองครั้ง การแบ่งของพิเซลอาจจะถูกต้องก็ได้ ในกรณีผลที่ปรากฏ จะมีการกำหนดระดับสีเทา ให้เห็น " 1 " ถ้าเราละเลยค่าในระดับสีเทา " 1 " ในภาพใหม่และ ย้ายเข้าไปยังระดับสีเทา " 2 "

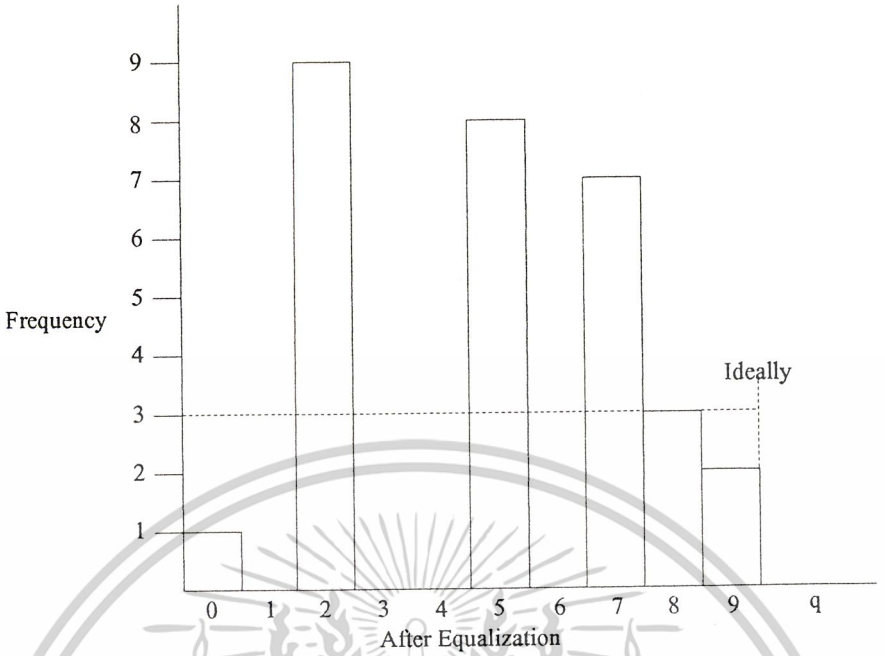
การใช้อัลกอระทึม (Algorithm) ในส่วนของระดับสีเทาของพิเซล (Old gray levels) เก่าทั้งหมดจะถูกกำหนดไปยัง ระดับสีเทาใหม่ (New gray levels)

วิธีใช้ในการ mapping ของระดับสีเทาเก่า ไปยังระดับสีเทาใหม่ เป็นผลต่อเนื่อง การทำงาน ถ้า $t(g)$ เป็น ตัวเลขจริง (Actual number) ของพิเซลที่ old gray levels g หรือ น้อยกว่า



Before equalization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



g	Frequency	Cumulative Frequency	F(g)
0	1	1	0
1	9	10	2
2	8	18	5
3	6	24	7
4	1	25	7
5	1	26	8
6	1	27	8
7	1	28	8
8	2	30	9
9	0	30	9

รูปที่ 2.3 ขั้นตอนของฮีสโตรแกรม

$$F(x) = -\max\left\{0, round\left(\frac{g \quad level * t(g)}{row\max * col\max}\right) - 1\right\} \qquad (21)$$

ในรูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างของเทคนิคนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลักษณะลายนิ้วมือ

ผิวหนังบริเวณปลายนิ้วมือ ประกอบด้วยลายเส้นสองชนิด ชนิดหนึ่งเราเรียกว่าเส้นนูน (Ridges) อีกชนิดหนึ่งเรียกว่า รอยร่อง หรือ เส้นร่อง (Furrow) จะอยู่สลับกันตลอดไป โดยถ้าเราใช้หมึกสีดำทาบนนิ้วมือ และกดนิ้วมือลงบนกระดาษขาวจะได้ลายเส้นลายสีดำและสีขาวสลับกัน เราเรียกเส้นสีดำว่าเส้นนูน เราเรียกเส้นสีขาวว่า เส้นร่อง เราสามารถแยกลักษณะของลายนิ้วมือที่เป็นจุดสำคัญต่าง ๆ ดังนี้

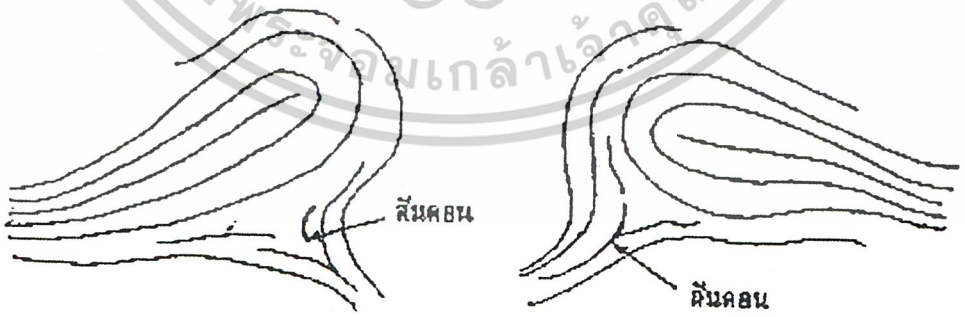
2.2.1 เส้นขอบ (Type Line)

หมายถึง เส้นคู่ขนานคู่ในสุดซึ่งได้เดินขบวนกันมาพอสมควรแล้วแยกตัวออกจากกัน เพื่อโอบล้อมหรือพยายามโอบล้อมบริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน และ เส้นขอบไม่จำเป็นจะต้องเป็นเส้นยาว และราบเรียบติดต่อกันตลอด อาจจะเป็นเส้นที่ขาดกลางเส้น แต่เราก็ยังจัดเป็นเส้นขอบด้วย

รูปที่ 2.4 เส้นขอบ

2.2.2 เส้นดอน (Delta)

หมายถึง ลายเส้นในนิ้วมือ ซึ่งอยู่ตรงหน้าและใกล้ที่สุดกับกึ่งกลางปากทางแยกเส้นขอบ

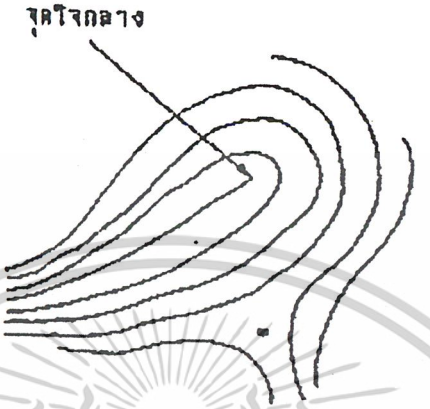


รูปที่ 2.5 เส้นดอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 จุดใจกลาง (Core)

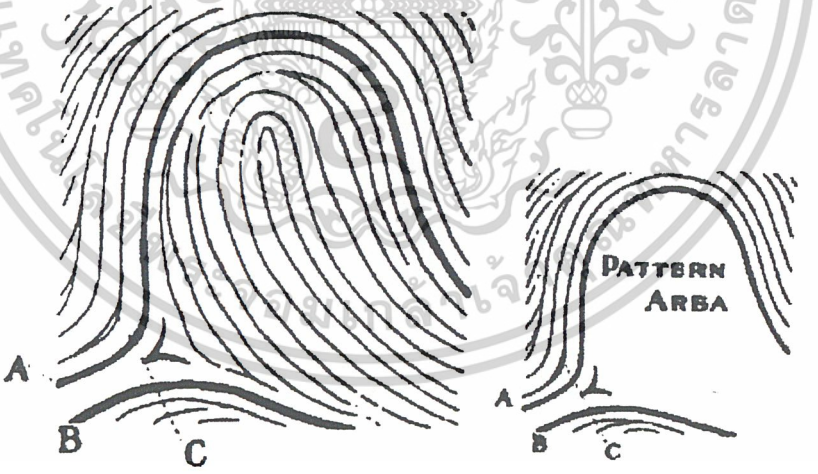
หมายถึง จุดใดจุดหนึ่งบนปลายเส้น หรือไหล่ของเส้นวกกลับที่อยู่บนสุด



รูปที่ 2.6 จุดใจกลาง

2.2.4 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน (Pattern Area)

หมายถึง พื้นที่บริเวณภายในของลายนิ้วมือที่ถูกเส้นขอบโอบล้อมไว้



รูปที่ 2.7 บริเวณลายนิ้วมือที่อยู่ภายใน

2.3 ชนิดและรูปแบบของลายนิ้วมือ

เราสามารถจัดรูปแบบลายนิ้วมือออกเป็น 4 กลุ่มคือ

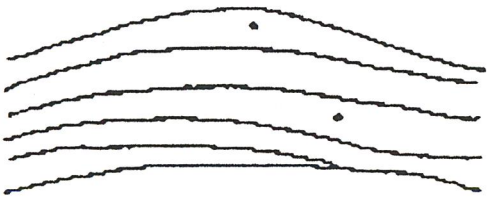
2.3.1 กลุ่มเส้นโค้ง (Arch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.1.1 โค้งราบ (Plain Arch =PA)

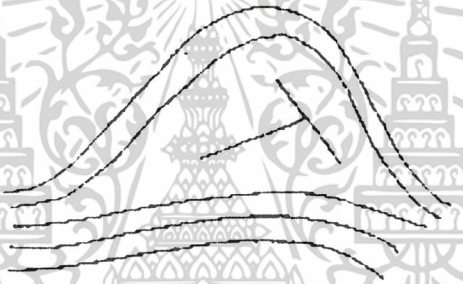
ลายเส้นวิ่งหรือไหลออกไปข้างหน้า ไม่เกิดมุมแหลมหรือเส้นพุ่งสูงขึ้นตรงกลาง



รูปที่ 2.8 โค้งราบ

2.3.1.2 โค้งกระโจม (Tented Arch=TA)

ลายเส้นตรงกลางเกิดเป็นเส้นพุ่งขึ้นจากแนวนอนเป็นมุมแหลมหรือมุมฉาก

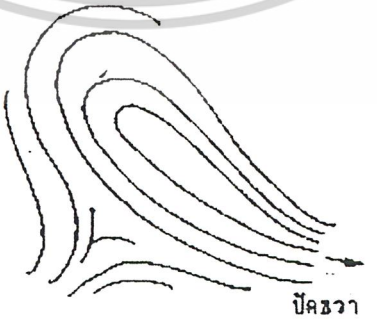


รูปที่ 2.9 โค้งกระโจม

2.3.2 กลุ่มมัดหวาย (Loop)

2.3.2.1 มัดหวายปัดขวา (Right Slant Loop =RSL)

มีสันดอนเพียงจุดเดียว มีเส้นวกหลักที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้นมีทิศทางไปด้านขวา

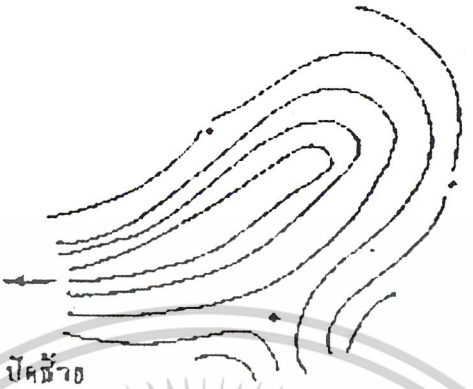


รูปที่ 2.10 มัดหวายปัดขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
50123

2.3.2.2 มัดหวายปัดซ้าย (Left Slant Loop =LSL)

มีสันดอนเพียงจุด มีเส้นวกหลักที่สมบูรณ์อย่างน้อย 1 เส้นมีทิศทางไปด้านซ้าย



รูปที่ 2.11 มัดหวายปัดซ้าย

2.3.2.3 มัดหวายคู่ (Double =D)

มีลักษณะคล้ายกับลายนิ้วมือแบบมัดหวายข้างบนแต่มากอดหรือกล้ำกันจนเกิดสันดอน2 จุด โดยไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน ประกอบด้วย

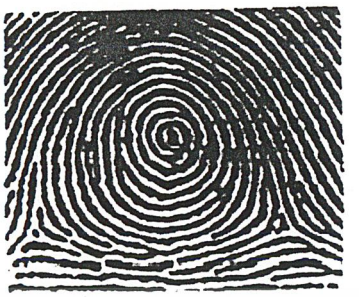
รูปที่ 2.12 มัดหวายคู่

2.3.3 กลุ่มก้นหอย (Whorl =W)

ลายนิ้วมือที่มีเส้นเวียนรอบเป็นวงจรลักษณะคล้ายรูปไข่วงกลมหรือมีลักษณะอื่นๆ ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 ก้นหอยธรรมดา (Plain Whorl =W)

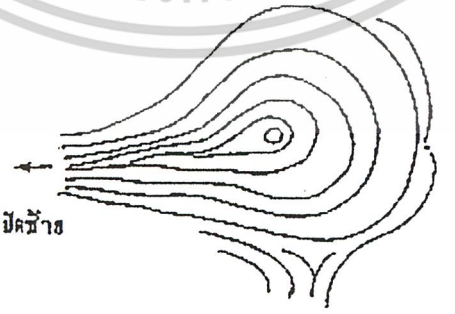


รูปที่ 2.13 ก้นหอยธรรมดา

2.3.3.2 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา (Right Central Pocket =RCP)

รูปที่ 2.14 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดขวา

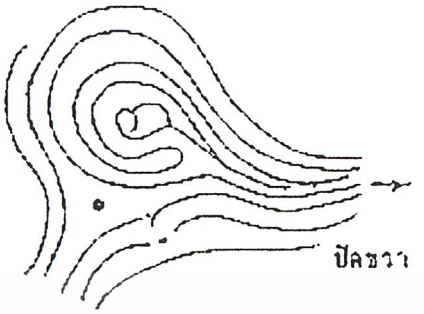
2.3.3.3 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย (Left Central Pocket =LCP)



รูปที่2.15 ก้นหอยกระเป๋ากลางปัดซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.4 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา (Right Lateral Pocket =RLP)



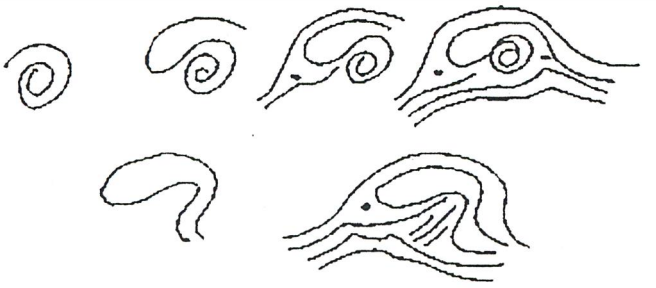
รูปที่ 2.16 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดขวา

2.3.3.5 ก้นหอยประเป๋าข้างปัดซ้าย (Left Lateral Pocket =LLP)

รูปที่ 2.17 ก้นหอยกระเป๋าข้างปัดซ้าย

2.3.4 กลุ่มซับซ้อน (Accidental Whorl =AW)

ลายนิ้วมือที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่สามารถจัดเข้ากับกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้มักประกอบจากลายนิ้วมือ 2 กลุ่มมาผสมกัน



รูปที่ 2.18 กลุ่มซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

2.4.1. หน้าที่ของโทรศัพท์

โทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีอยู่ 2 แบบคือ แบบกดปุ่มและแบบหมุน แต่หน้าที่ของทั้ง 2 ระบบเหมือนๆกัน แต่จะต่างกันที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกไปเป็นความถี่ที่แตกต่างกัน 2 ความถี่ ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์ หน้าที่หลักๆของทั้ง 2 แบบ สามารถสรุปได้ดังนี้

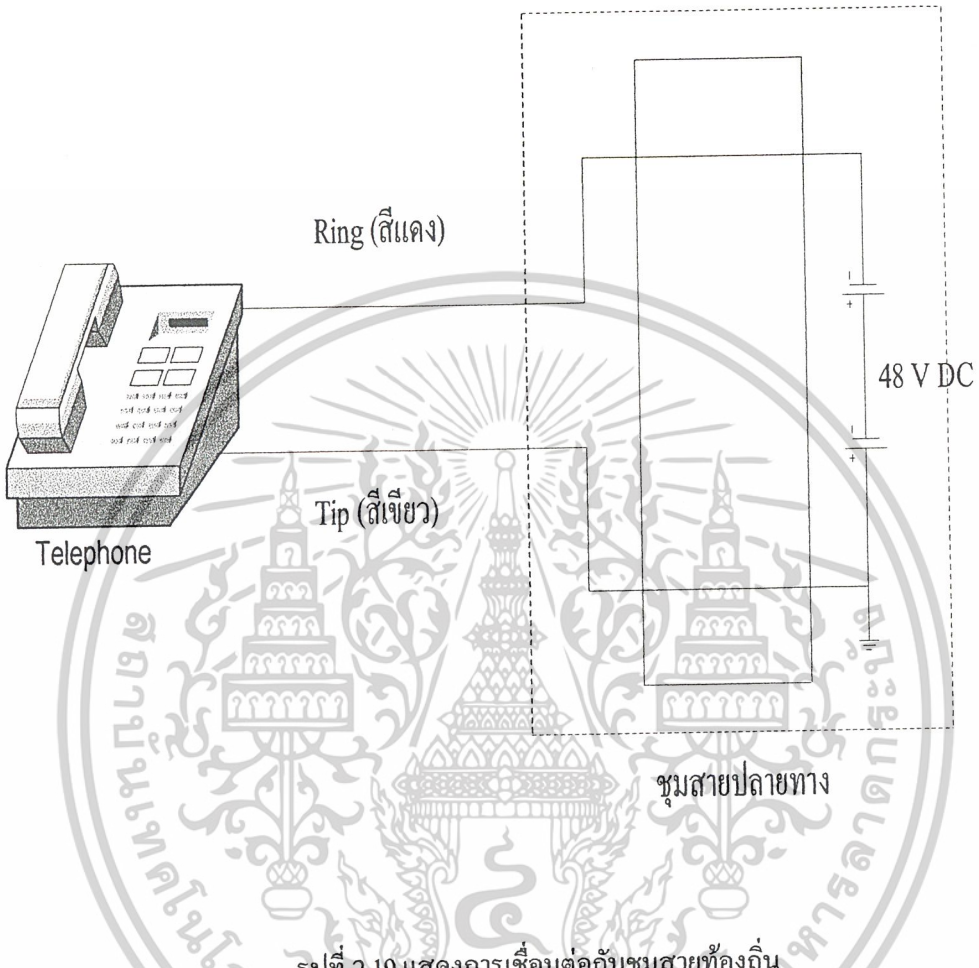
- เครื่องโทรศัพท์จะทำให้ชุมสายรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์เมื่อมีการยกหูขึ้น
- เครื่องโทรศัพท์จะให้สัญญาณหมุน (dial tone) ที่ส่งออกจากชุมสายเพื่อบอกให้ผู้ใช้โทรศัพท์รู้ว่าพร้อมที่จะให้ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ ซึ่งก็คือเสียงที่ได้ยินเมื่อเวลายกหูโทรศัพท์ เป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 425 – 440 เฮิรตซ์ มอดูเลตด้วยความถี่ 50 เฮิรตซ์
- เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณรหัสหมายเลข ที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วยไปยังชุมสายโทรศัพท์ ด้วยการกดปุ่มหมายเลขที่เราต้องการจะติดต่อ
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณบอกผู้เรียกว่า หมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยว่าว่างหรือไม่ ถ้าว่างจะส่งสัญญาณกลับ (ring back) ที่ความถี่ 425 เฮิรตซ์ โดยจะดัง 1 วินาที แล้วหยุด 4 วินาที สลับกันไป แต่ถ้าไม่ว่าง จะส่งสัญญาณกลับ (busy) ที่ความถี่ 425 เฮิรตซ์ โดยจะดังเป็นช่วงๆ 0.5 วิทาที หยุด 0.5 วินาที
- เครื่องโทรศัพท์ทางด้านส่งจะเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงให้เป็นรูปสัญญาณไฟฟ้า และทางด้านรับจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า ให้กลับมาเป็นสัญญาณเสียงอีกครั้งหนึ่ง
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณเสียงเรียก (ringing tone) เมื่อผู้เรียกทำการเรียกเข้ามายังเครื่องโทรศัพท์ จะส่งเสียงเรียกเป็นสัญญาณกระดิ่ง หรือสัญญาณลักษณะอื่นขึ้นอยู่กับเครื่องโทรศัพท์นั้นๆ จะออกแบบมาเป็นอย่างไร
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสายโทรศัพท์เมื่อเราวางหูโทรศัพท์เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุดการใช้งานแล้ว และให้ชุมสายเลิกทำการติดต่ออีกฝ่ายหนึ่งได้

2.4.2 กลไกการเชื่อมต่อวงจร

วงจรพื้นฐานข้างในเครื่องโทรศัพท์รวมทั้งการเชื่อมต่อกับชุมสายเบื้องต้นดังแสดงตามรูปที่ 2.19 จะเห็นว่าจะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย 2 เส้น คือ T(TIP) และ R(RING) เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ขึ้น แหล่งจ่ายไฟตรงของชุมสาย (48 โวลต์) ก็จะถูกต่อเข้ากับวงจรของโทรศัพท์โดยฮุกสวิตช์ (hook-switch) ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟัง (ซึ่งรวมทั้งไมโครโฟนด้วย) กับสายโทรศัพท์ก็ต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติ (auto transformer) ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกัน เพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพสูงสุด รวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไป (side tone) ในระดับที่เหมาะสม

เมื่อมีการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายแล้ว ก็จะมีการส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์สวิตชิ่งเพื่อบอกให้รู้ขณะนี้คู่สายนี้ไม่ว่างแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็คือ การส่งสัญญาณพัลส์ (pulse train) ตั้งแต่ 1 ถึง 10 พัลส์ เช่น ถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ ก็หมายถึงการหมุนหมายเลข “0” ส่ง 2 พัลส์ ก็คือส่งหมายเลข “1” ดังนั้นถ้าหมุนหมายเลข “9” ก็จะมีการส่งพัลส์จำนวน 10 พัลส์นั่นเอง และความเร็วในการส่งคือ 10 พัลส์ต่อวินาที

สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้ในการกดปุ่มนั้นก็จะเป็นการส่งสัญญาณที่มีค่าความถี่ที่แตกต่างกันออกไปสำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 10 ตัว และรวมทั้งเครื่องหมาย “*” และ “#” ซึ่งมีความถี่ย่านความถี่เสียงเพียงแต่ว่าในการกดครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณถูกส่งไป 2 ความถี่พร้อมกัน ตามตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่	รหัสหรือหมายเลข		
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#
ความถี่	1209	1336	1447

ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่ที่ผสมกันออกไป 2 ความถี่ เมื่อกดปุ่ม

ทางชุมสายเมื่อได้รับข้อมูลจากผู้เรียกมาแล้วก็จะทำการแปลงสัญญาณที่ได้รับมา สั่งให้อุปกรณ์สวิตชิ่งทำงานเพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียก ถ้าทางด้านปลายทางที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่างชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (busy tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าไม่สามารถต่อวงจรให้ได้ แต่ถ้าปลายทางสายว่างชุมสายก็จะส่งสัญญาณเรียก (ringing signal) ไปยังปลายสาย และ ส่งสัญญาณเรียกกลับ (ring back tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถต่อวงจรให้ได้ตามต้องการแล้ว

2.4.3 การสนทนา

เมื่อปลายทางหรือผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้นการทำงานในส่วนควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการหยุดเพื่อที่จะรอการทำงานให้กับผู้อื่นที่เรียกเข้ามาต่อไป แต่หน้าที่ของชุมสายสำหรับตอนนี้ก็คือการทำงานของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการภายหลัง

ในระหว่างที่ทำการสนทนากันอยู่เครื่องโทรศัพท์ก็จะทำงาน 2 โหมดไปพร้อมๆกันคือ แปลงจากสัญญาณไฟฟ้าให้เป็น สัญญาณเสียง (acoustic energy) ซึ่งจะเรียกว่า โหมดรับสัญญาณ (receiver mode) และ ในทางกลับกันโหมดที่ทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้านั้นจะเรียกว่าโหมดส่งสัญญาณ (transmitter mode) ในโหมดนี้นี่เองที่มีเรื่องของการป้อนกลับของสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้อง นั่นก็คือ การที่ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วยเรียกเสียงนี้ว่า side tone ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าควรพูดให้มีเสียงดับระดับใดจึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาได้เสียงพูดของผู้เรียกอย่างชัดเจน

เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่าย วางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจากสุกสวิตซ์ก็จะบอกให้ชุมสายทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออก อุปกรณ์ต่างๆ ก็จะว่างและพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

2.4.4 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง

ในสายส่งโทรศัพท์นั้นมีสัญญาณที่เกี่ยวข้อง ทำให้เราสามารถพูดคุยกันในระยะทางไกล ๆ ได้ แยกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ก็คือ สัญญาณเสียงที่พูดคุยกัน และอีกสัญญาณก็คือ การสัญญาณที่ใช้ในควบคุมระบบสวิตช์ซิ่ง ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อวงจรระหว่างผู้เรียก รวมทั้งสัญญาณเรียกกลับ (ring back tone) สัญญาณบอกไม่ว่าง (busy tone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณควบคุมนี้อาจจะเป็นได้ทั้งสัญญาณอนาลอกหรือสัญญาณดิจิตอลก็ได้ ซึ่งโทรศัพท์แบบหมุนกับแบบกดปุ่ม มีการส่งรหัสหมายเลขโทรศัพท์คนละแบบกัน

ดังนั้นในการส่งสัญญาณออกไปในสายส่งในบางครั้งอาจจะมีการส่งสัญญาณทั้งสัญญาณดิจิตอลและสัญญาณอนาลอกไปพร้อมๆกันก็ได้

2.4.5 สัญญาณเสียงพูด

สัญญาณเสียงพูดจัดเป็นสัญญาณอนาลอก เสียงพูดมีแบนด์วิดธ์ตั้งแต่ 100 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 6 กิโลเฮิรตซ์ แต่จริงๆแล้วเสียงพูดที่ทำให้คนสามารถฟังแล้วจับใจความได้ จะอยู่ในช่วง 200 - 4000 เฮิรตซ์เท่านั้น วงจรกรองความถี่จึงได้นำมาใช้เพื่อป้องกันสัญญาณที่ไม่ต้องการเข้ามาภายในระบบ โดยจะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 - 4000 เฮิรตซ์ สามารถผ่านเข้าไปในระบบได้และ ความถี่ย่านนี้ก็มีชื่อเรียกว่าช่องสัญญาณเสียงพูด (voice channel) แต่อย่างไรก็ตาม แบนด์วิดธ์ของเสียงพูดในการส่งจริงจะอยู่ในช่วง 300 - 3000 เฮิรตซ์ เท่านั้น ไม่ได้มีการใช้ช่องสัญญาณในการส่งเต็มย่านความถี่

ในช่วงความถี่ 300-3000 เฮิรตซ์ ประกอบไปด้วยสัญญาณต่างๆ หลายสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณหมุน (dial tone) หรือสัญญาณควบคุมต่างๆ ก็จะถูกส่งไปในช่วงความถี่นี้ทั้งสิ้น

เมื่อกล่าวถึงระดับความดังของเสียงที่ได้ยินนั่นก็คือขนาดแอมปลิจูลของสัญญาณซึ่งจะสามารถอธิบายให้เห็นภาพพจน์ได้ดียิ่งขึ้นโดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์โดยอธิบายในรูปของพลังงานที่ปรากฏที่โหลด เช่น สายโทรศัพท์คู่หนึ่งมีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม พลังงานที่ปรากฏที่โหลดก็คือ

$$P_{load} = e_s^2/600$$

โดย P_{load} คือ กำลังที่ตกคร่อมโหลด (วัตต์)

e_s คือ ระดับแรงดันของสัญญาณที่ส่งไป (โวลต์)

แต่ในระบบโทรศัพท์และวงจรอิเลคทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเสียงแล้วมักจะใช้การเปรียบเทียบกับกำลังขนาดมิลลิวัตต์อยู่เสมอ โดยอยู่ในรูปของเดซิเบล ซึ่งมีสมการดังนี้

2.4.6 สัญญาณรบกวน

ในระบบใดๆของวงจรอิเล็กทรอนิกส์นั้นย่อมจะต้องมีสัญญาณรบกวนเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ อาจจะทำให้เกิด ความผิดเพี้ยน (distort) ของสัญญาณเสียงพูดได้และสิ่งที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นก็เป็นสิ่งแวดล้อมรอบๆ ข้างนี้เอง เช่น ความร้อน การสวิตซ์ของอุปกรณ์ไทริสเตอร์ สายไฟฟ้ากำลังสูงที่อยู่ใกล้ๆกับสายส่งสัญญาณหรือแม้แต่ข้อต่อของสายที่บกพร่อง สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีผลให้ประสิทธิภาพของสัญญาณโทรศัพท์ด้วยลงทั้งสิ้น สัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งคือ เสียงสะท้อน (echo) ในสายโทรศัพท์ สาเหตุของการเกิดเสียงสะท้อนก็คือ เกิดการไม่สมดุลกัน (mismatching) ระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายส่งกับอุปกรณ์ทางด้านเอาท์พุต โดยมากแล้วมักจะพบในการเชื่อมต่อกันระหว่างระบบโทรศัพท์ที่มี 2 สายกับระบบที่มี 4 สาย และปัญหาเรื่องของเสียงสะท้อนจะมากยิ่งขึ้น ถ้าหากระยะทางระหว่างจุดที่ทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงสะท้อนไกลกันมากๆแต่โดยปกติแล้วมักจะไม่รู้สึกถึงการสะท้อนกลับของเสียงจนถึงขั้นที่ทำให้รู้สึกรำคาญ

2.4.7 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณ

ถ้าหากทำให้สายส่งสัญญาณโทรศัพท์เส้นหนึ่งๆ สามารถใช้ส่งสัญญาณโทรศัพท์หลายๆเครื่องได้ภายในเส้นเดียวกันก็จะทำให้สะดวกและประหยัดในการเดินสายสัญญาณ ดังนั้นในระบบส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่บริการ (service area) กับชุมสายท้องถิ่นนั้น จึงได้มีการนำวิธีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณมาใช้ ซึ่งเป็นระบบที่เรียกว่า frequency division multiplexing (FDM) ซึ่งระบบนี้จะทำให้สามารถส่งสัญญาณที่มีความถี่ต่างกันไปในสายส่งเดียวกันได้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าความถี่ของสัญญาณเสียงที่เหมาะสม ที่ใช้ในการส่งนั้นจะอยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 0 - 4 กิโลเฮิรตซ์ ถ้าหากต้องการจะส่งสัญญาณเสียงจากหลายๆ แหล่งไปพร้อมกัน จะต้องทำการมอดูเลตสัญญาณเหล่านั้นด้วยคลื่นพาห์ที่มีความถี่สูงกว่าสัญญาณเสียงมากๆสำหรับวิธีการมอดูเลตที่ใช้จะเป็นแบบ AM เป็นการมอดูเลตความถี่พาห์ขนาด 8140 กิโลเฮิรตซ์ เข้าไปกับสัญญาณเสียง

สำหรับสัญญาณเสียงที่มาจากแหล่งอื่นก็ต้องนำมามอดูเลตกับคลื่นพาห์ที่มีความถี่ต่างกันออกไปจาก 8140 กิโลเฮิรตซ์ สมมติว่าในสายส่งเส้นหนึ่งต้องการจะส่งสัญญาณเสียงพูดจากโทรศัพท์ 10 เครื่องภายในสายส่งเส้นเดียวกันก็สามารถทำได้ ก่อนอื่นต้องพิจารณาก่อนว่าแบนด์วิดธ์ของสัญญาณเสียงมีค่าเท่ากับ 4 กิโลเฮิรตซ์ แต่มีสัญญาณที่ที่ต้องทั้งหมด 12 สัญญาณ เพราะฉะนั้นแบนด์วิดธ์ใหม่จึงเท่ากับ 84 กิโลเฮิรตซ์ (12×4 กิโลเฮิรตซ์)

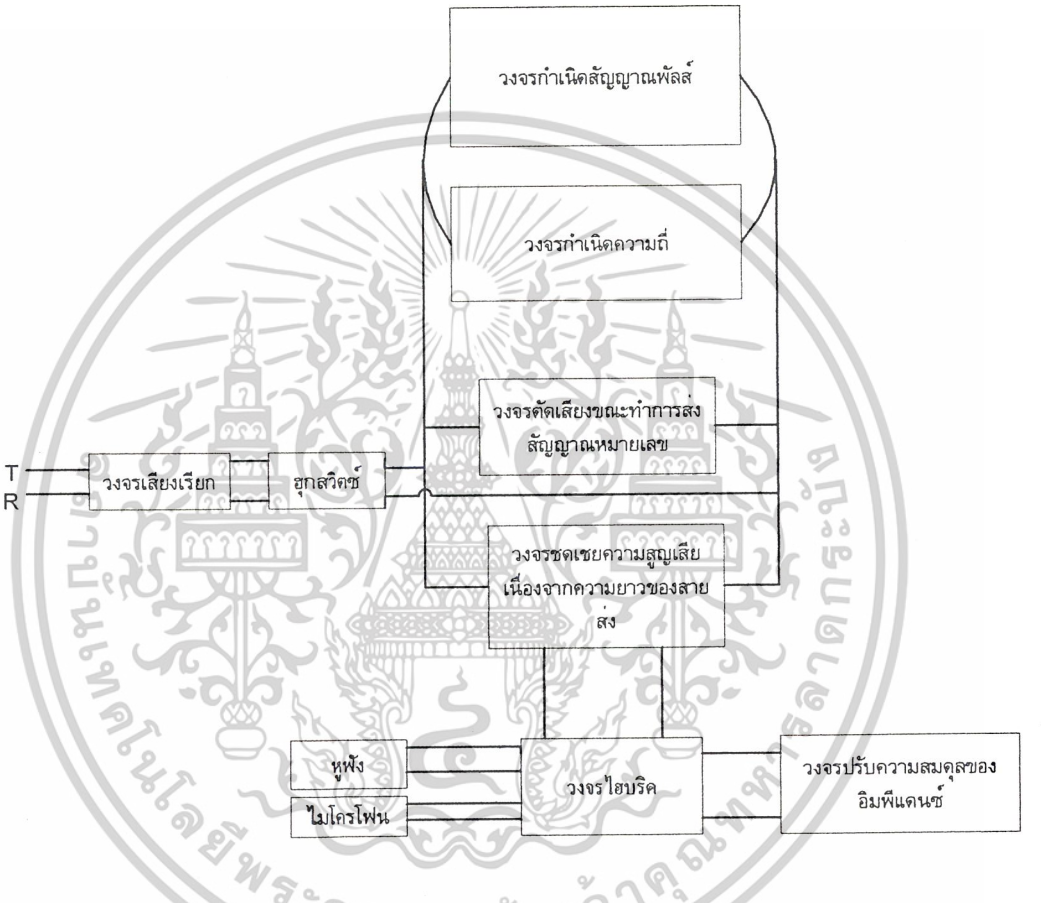
ในตัวอย่างที่ยกมาความถี่ของคลื่นพาห์ที่ต่ำสุดคือ 8140 กิโลเฮิรตซ์ เพราะฉะนั้นความถี่ของคลื่นพาห์สำหรับที่จะมอดูเลตกับสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์ เครื่องที่ 12 ก็คือ 8184 กิโลเฮิรตซ์ (8140 กิโลเฮิรตซ์ + 44 กิโลเฮิรตซ์) จะเห็นได้ว่าวิธีการนี้จะทำให้ส่งสัญญาณได้มากช่องขึ้นโดยสัญญาณไม่เกี่ยวข้องกันเลย สำหรับทางฝ่ายรับก็จะต้องมี การดีมอดูเลต (demodulate) จะได้สัญญาณเสียงพูดเท่านั้นผ่านเข้าไปยังหูของผู้ฟังของผู้รับ โดยการใช้วงจรกรองความถี่เข้ามาช่วยในการดีมอดูเลต เท่านี้ก็สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและความยุ่งยากในเรื่องของสายสัญญาณลงไปได้

2.4.8 พื้นฐานโทรศัพท์

ในรูปที่ 2.20 เป็นบล็อกไดอะแกรมของส่วนต่างๆ ที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์โดยจะเชื่อมต่อกับชุมสาย T (tip) และชุมสาย R (ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ของชุมสายก็คือ วงจรกำเนิดเสียงเรียก (ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ของชุมสายก็คือ วงจรกำเนิดเสียงเรียก (ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก (ringing signal) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรงก็คือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางตามปกติ สุกสวิตซ์ (switch hook) จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังสุกสวิตซ์ได้ ดังนั้นถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกอยู่หลังจากสุกสวิตซ์ก็จะไม่สามารถสร้างสัญญาณได้ในเวลาที่มีผู้ติดต่อเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นฮุกสวิตช์ก็จะทำการปิดวงจร ทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะเดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้จะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ที่ชุมสายด้วย ก็จะทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆ ในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ได้ จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุน (dial tone) ไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสาย หลังจากที่ชุมสายได้รับหมายเลขแรกที่ถูกส่งมาแล้ว ชุมสายก็จะเลิกส่งสัญญาณหมุน ซึ่งกระบวนการตอนนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

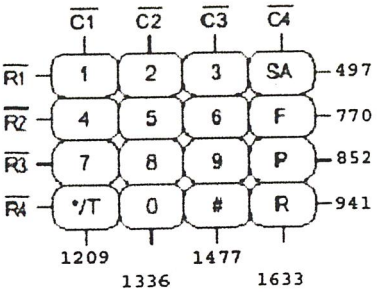


รูปที่ 2.20 แสดง Block diagram ของโทรศัพท์

2.4.9 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (Dual tone multi-frequency type)

เป็นระบบการส่งสัญญาณซึ่งจะพบได้มากกว่าในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลส์ ระบบนี้หรือเรียกชื่อย่อว่า DTMF มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่พร้อมกันออกไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ซึ่งความถี่ที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด (0 - 4 กิโลเฮิรตซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอนและอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้งซึ่งค่าต่างๆ จะแสดงไว้ในรูปที่ 3 ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงความถี่ของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม

ข้อควรคำนึงในการเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ

1.ระดับแรงดันและกระแสลูปจะต้องรักษาให้คงที่ตลอดระยะทางของสายส่งสัญญาณ

2.ความถี่ที่ถูกผลิตขึ้นจะต้องไม่มีความผิดเพี้ยนทั้งคาบและขนาดของสัญญาณ

3.วงจรออสซิเลเตอร์จะต้องมีอิมพีแดนซ์ที่สมดุล (matching) กับสายส่งสัญญาณข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปข้อดีของระบบ DTMF ได้คือ

1.ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย

2.สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิดสเตตได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัด และสะดวก

3.ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำเป็นที่ใช้ภายในชุมสาย

4.สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.10 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบ DTMF กับระบบ พัลส์

ลองเปรียบเทียบระหว่างระบบโทรศัพท์ทั้ง 2 ระบบว่าแบบไหนจะมีประสิทธิภาพมากกว่า ในการส่งสัญญาณแบบพัลส์ 1 ลูก ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 100 มิลลิวินาที (60 มิลลิวินาที สำหรับช่วงการเปิดวงจรและ 40 มิลลิวินาที สำหรับช่วงการปิดวงจร) และยังต้องมีช่วงเวลาที่แยกสัญญาณแต่ละกลุ่มออกอีกอย่างน้อย 700 มิลลิวินาที และถ้าหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยมีค่ามากและยาวมากขึ้นเท่าใด ย่อมต้องทำให้เสียเวลาในการส่งสัญญาณมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น หมายเลข 555-5555 จะใช้เวลาในการส่งสัญญาณพัลส์ = 5 (พัลส์/มิลลิวินาที) * 1000 (มิลลิวินาที/พัลส์) * 7 (หมายเลข) = 3.5 วินาที และระยะเวลาของช่องว่างระหว่างกลุ่มสัญญาณ = 700 (มิลลิวินาที) * 6 = 4.2 วินาที จะใช้เวลาในการส่งทั้งหมด = 3.5 + 4.2 = 7.7 วินาที

แต่ถ้าเป็นโทรศัพท์ที่ใช้การส่งระบบ DTMF จะใช้เวลาเท่ากับ 7 x 100 มิลลิวินาทีเท่ากับ 0.7 วินาทีเท่านั้น

ดังนั้นจะเห็นได้ชัดเจนอีกประการหนึ่งแล้วว่าระบบ DTMF จะสามารถประหยัดเวลาในการส่งหมายเลขไปยังชุมสายได้มากกว่าระบบที่ใช้การส่งสัญญาณพัลส์ ซึ่งเป็นผลให้ชุมสายสามารถใช้อุปกรณ์ประเภทหน่วยความจำได้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เครื่องสแกนลายนิ้วมือ U.are.U2000

เป็นเครื่องสแกนลายนิ้วมือแบบสารกึ่งตัวนำซึ่งใช้หลักการทางชีววิทยา (Biometrics) เพื่อทำการวิเคราะห์ ลายนิ้วมือจึงทำให้ยากต่อการลอกเลียนแบบ U.are.U2000 เป็นอุปกรณ์จับภาพลายนิ้วมือที่มีการติดต่อผ่านพอร์ต USB เครื่องสแกนลายนิ้วมือจะมีการจับภาพลายนิ้วมือได้ถูกต้องแม่นยำโดยอัตโนมัติ และ ควบคุมการตรวจสอบลักษณะของลายนิ้วมือ ซึ่งภาพลายนิ้วมือที่ได้จะเป็นการเข้ารหัสภายในตัว U.are.u2000 ก่อนที่จะส่งไปยังฐานข้อมูล Challenge-response link นี้จะเป็นกระบวนการเพิ่มความปลอดภัยในระบบของตัวU.are.U2000 ในขณะที่สแกนลายนิ้วมือจะไม่มีการปล่อยกระแสไฟฟ้าออกจากหน้าจอสแกนทำให้ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ในการทำการสแกนลายนิ้วมือจะทำได้ดีนั้นควรใช้นิ้วมือที่แห้งหรือหมาด ๆ กดที่หน้าจอสแกนลายนิ้วมือจึงจะได้ภาพลายนิ้วมือที่ดี

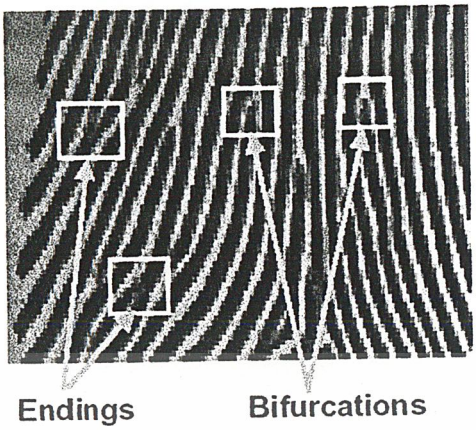
รูปที่ 2.22 เครื่องสแกนลายนิ้วมือ U.are.U2000

2.5.1 คุณสมบัติพิเศษของ U.are.U2000

- จำนวนพิเซล 440 dpi
- ขนาดความกว้าง 41 มิลลิเมตร ยาว 56 มิลลิเมตร สูง 22 มิลลิเมตร
- ขนาดพื้นที่จับภาพ 12 มิลลิเมตร x 17 มิลลิเมตร
- อัตราความผิดพลาดน้อยสุดที่ยอมรับได้คือ 0.01% อัตราความผิดพลาดที่ไม่สามารถยอมรับคือ 1.4%
- มีการติดต่อผ่าน USB

U.are.U2000 ใช้เทคนิคไฮบริดจ์(hybrid)ในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ โดยจะทำการตรวจสอบลักษณะเด่นของลายนิ้วมือรอบๆจุดใจกลางออกไป ลักษณะเด่นดังกล่าวนี้มีอยู่หลายรูปแบบ ที่พบเห็นส่วนมากได้แก่ Ending, Bifurcation, Island, Lake และ Dot สำหรับลายนิ้วมือที่เราให้ความสำคัญนั้นมีอยู่ 2 ลายเท่านั้น คือ Bifurcation กับ Ending เนื่องจากการเกิดตำแหน่งลายนิ้วมือที่สำคัญของแต่ละบุคคลนั้นจะไม่เกิดที่ตำแหน่งเดียวกันจึงได้ทำการหาตำแหน่งที่สำคัญของลายนิ้วมือนี้แล้วนำไปเก็บไว้เป็นตำแหน่งอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 ตำแหน่งที่สำคัญของลายนิ้วมือที่สำคัญ

แรงดันไฟฟ้า	5 โวลต์(±0.25 โวลต์) แรงดันไฟฟ้าผ่านพอร์ต USB
กระแสไฟฟ้า	100 mA (ขณะทำการสแกนลายนิ้วมือ) 60 mA (ขณะ ไม่ได้ทำการสแกน) 2.5 mA (ขณะพักการทำงาน)
ความไวต่อ ESD	มากกว่า 8 KV
อุณหภูมิการทำงาน	5 -35 c
ความชื้นการทำงาน	20% - 80%
อุณหภูมิการเก็บรักษา	-10 +60 c
ความชื้นการเก็บรักษา	20% - 90%
คุณสมบัติ USB	USB 1.1 : ความเร็วสูง ,ส่งผ่านได้มาก
การติดตั้งสาย	USB 0.8 m (31")
มาตรฐานที่ยอมรับ	FCC Class B, CE, VCCI

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของ U.are.U2000

2.5.2 เทคนิคการเปรียบเทียบแบบไฮบริดจ์ (THE HYBRID MATCHING APPROACH)

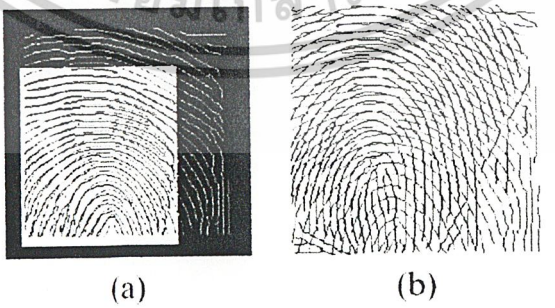
เทคนิคการเปรียบเทียบแบบไฮบริดจ์เป็นการรวมเอารายละเอียดปลีกย่อยของลายนิ้วมือมาทำการเปรียบเทียบ โดยมีหลักการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.1 การจัดภาพ (Image Alignment)

จากภาพที่จะทำการอ้างอิงและภาพที่รับมาเพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยจะหารายละเอียดปลีกย่อยของลายนิ้วมือทั้งสองเพื่อใช้ในการอธิบายอัลกอริทึม โดยในรูป 2.24 (a) เป็นรูปรายนิ้วมือที่ใช้อ้างอิง (b) เป็นลายนิ้วมือที่รับมาได้ ซึ่งมีรายละเอียดใกล้เคียงกันของแต่ละจุดปลีกย่อย การจัดภาพขั้นตอนแรกต้องหารายละเอียดปลีกย่อยของจุดที่ตรงกันระหว่างรูปทั้ง2โดยใช้วิธีคำนวณจากพารามิเตอร์การหมุนใช้จุดใจกลางเป็นจุดอ้างอิง พารามิเตอร์การหมุนหาจากค่าเฉลี่ยของการหมุนในแต่ละครั้ง พารามิเตอร์จะคำนวณพิกัดของรายละเอียดอ้างอิงของเส้นตรง ในรูป (c) เป็นภาพที่ทำการหมุนแล้วรายละเอียดที่ได้ใกล้เคียงกับภาพ (a) รูป (d) เป็นการตัดบางส่วนของภาพออกเพื่อให้องค์ประกอบของภาพใกล้เคียงกับภาพอ้างอิงมากที่สุด

รูปที่ 2.24 การจัดตำแหน่งของภาพอินพุท



รูปที่2.25(a) การจัดตำแหน่งลายนิ้วมือทั้งสองที่เหมือนกัน
(b) การจัดตำแหน่งลายนิ้วมือทั้งสองที่ไม่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

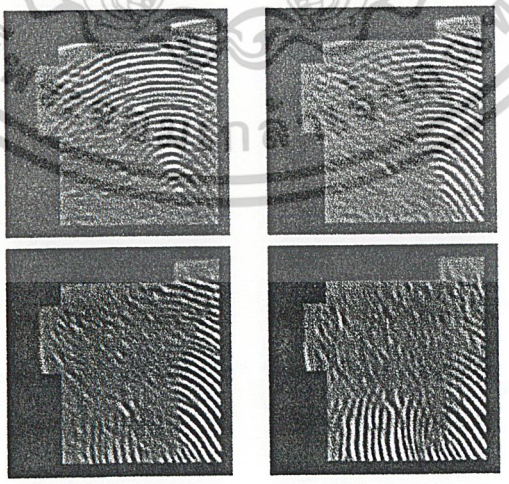
2.5.2.2 ภาพที่จัดเป็นตารางเล็กๆ (Image Tessellation)

ขั้นตอนนี้จะทำการแบ่งภาพลายนิ้วมือ ออกเป็นภาพย่อย ๆ จำนวนทั้งหมด 81 ส่วน เพื่อเป็นการลดความยุ่งยากในการแปลงโค๊ดต่าง ๆ โดยการแบ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด 9×9 โดยแต่ละส่วนจะมีขนาด 300×300 พิเซล การจำแนกลายนิ้วมือจะจำแนกแต่ละหน้าต่าง โดยไม่เกี่ยวกับหน้าต่างอื่น ๆ ดังรูป

รูปที่2.26(a)วิธีการแบ่งภาพลายนิ้วมือออกเป็นตารางวงกลมรอบจุดใจกลาง 80 ส่วน
(b) วิธีการแบ่งภาพลายนิ้วมือเป็นตาราง 81 ส่วน ของภาพจริง(Veridical image)

เทคนิคการเปรียบเทียบแบบไฮบริดจ์จะใช้หลักการ การแบ่งภาพแบบตารางสี่เหลี่ยม 81 ส่วนดังรูปที่ 2.26 (b) โดยใช้จุดใจกลางลายนิ้วมืออ้างอิง

2.5.2.3 การดึงเอาลักษณะพิเศษ (Feature Extraction)



รูปที่2.27 ผลที่ได้จากการใช้ Gable filter กับรูปที่ 2.24(d) รูปที่ถูก filter
สำหรับการหมุนที่มุม 0^0, 22^0, 45^0, และ 67.5^0 ได้แสดงไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบของ Gabar filter สามารถประยุกต์ใช้ได้กับตารางเล็กๆแต่ละหน่วยได้โดย 8 Gabar filter จะถูกใช้สำหรับการถอดรหัสลักษณะพิเศษที่มีความถี่เหมือนกัน คือ 0.1 pix^{-1} แต่จะมีความแตกต่างในการกำหนดทิศทาง (0^0 ถึง 157.5^0 ในระยะของมุม 22.5^0) ความถี่นี้เป็นการเลือกค่าพื้นฐานเฉลี่ยอยู่ระหว่างระยะทางในลายนิ้วมือ (ซึ่งประมาณ 10 pixel) ซึ่งจะเฉพาะเจาะจงสำหรับผลของการ filter ทั้ง 8 กลุ่มสำหรับแต่ละเซลล์ รูปของการ filter ทั้ง 4 รูปที่แสดงในรูปที่ 27 ค่าเฉลี่ยที่สมบูรณ์เกี่ยวกับความผิดปกติของความเข้มข้นในแต่ละส่วนของเซลที่ทำการ filter เป็นการรักษาค่าของข้อมูลในลักษณะพิเศษจากเซลทั้งหมดจะถูกนำมารวมกันจนมีขนาด 648 (81×8) เวกเตอร์ในรูปแบบที่มีมิติ ข้อมูลในลักษณะพิเศษนั้นจะเก็บไว้ถาวร และจะทำการซ้อนบริเวณของรูปที่นำเข้ามาที่ไม่ได้ถูกใช้ในกระบวนการเปรียบเทียบ และจะทำเครื่องหมายไว้ในส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปในเวคเตอร์

2.5.2.4 การเปรียบเทียบภาพ (Matching)

การเปรียบเทียบระหว่างภาพอินพุทกับภาพที่ถูกเก็บเอาไว้เพื่อนำมาใช้คำนวณผลรวมของระดับที่มีแตกต่างกันระหว่าง2 เวคเตอร์จุดเด่นหลังจากตัดค่าที่ขาดหายไปซึ่งระยะห่างเป็นการ Normalized ตัวเลขของค่าจุดเดิมใช้คำนวณหาค่าระยะห่าง การเปรียบเทียบเส้นบอกขอบเขตเป็นการรวมค่าที่ได้รับมาจากวิธี minutiae-base โดยใช้การบอก rule ผลรวม ถ้าการเปรียบเทียบเส้นบอกขอบเขตน้อยกว่า threshold ภาพอินพุทจะเปรียบเทียบสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

หลักการเบื้องต้นของโทรศัพท์ตรวจสอบลายนิ้วมือแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆคือ ส่วนของการเก็บฐานข้อมูล ส่วนของการตรวจสอบลายนิ้วมือ และ ส่วนของโทรศัพท์ ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้จะนำมาประยุกต์ใช้งานเข้าด้วยกันโดยมีตัวศูนย์กลางการสั่งงานและการประมวลผลอยู่ที่คอมพิวเตอร์ ซึ่งเราจะใช้คอมพิวเตอร์เพื่อทำการเก็บฐานข้อมูล และเขียนคำสั่งใช้งานต่างๆ โดยเราจะอธิบายส่วนต่างๆที่กล่าวมาดังนี้

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์ลายนิ้วมือ

3.1 ระบบการลงทะเบียน

สิ่งสำคัญที่เราต้องการจะแสดงเพื่อเป็นการยืนยันถึงตัวผู้ใช้นั้นมี ชื่อ นามสกุล และรหัสประจำตัว ข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลโดยการสร้างโปรแกรมเพื่อเก็บฐานข้อมูลตามรูปที่ 3.2

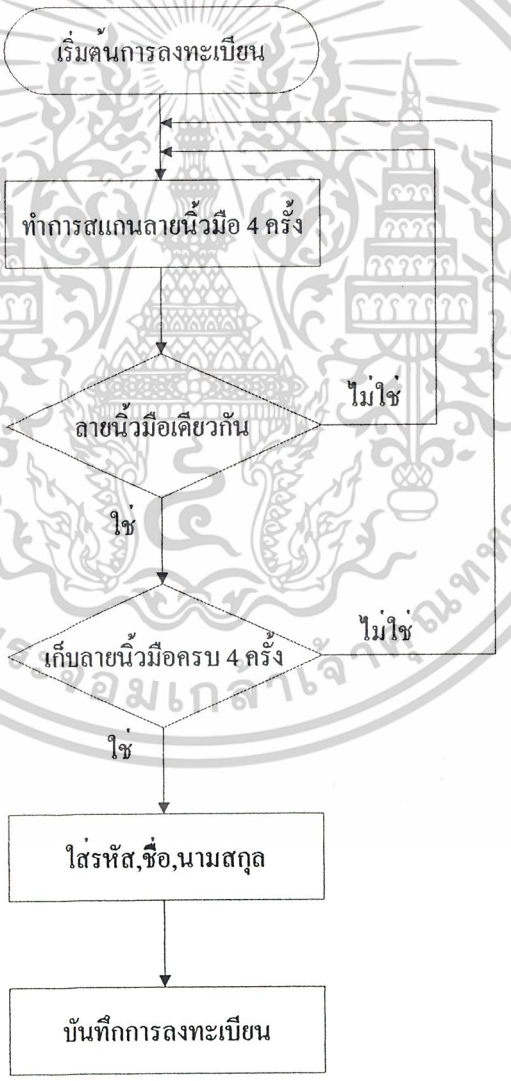
ขั้นแรกเราจะทำการบันทึกลายนิ้วมือโดยผ่านเครื่องสแกนลายนิ้วมือของ U.are.U 2000 เพื่อเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยจะทำการสแกนลายนิ้วมือทั้งหมด 4 ครั้ง เป็นการยืนยันลายนิ้วมือเดิม ถ้าในขณะทำการสแกนลายนิ้วมือนิ้วใดนิ้วหนึ่งอยู่ แล้วทำการเปลี่ยนเป็นนิ้วมืออื่น โปรแกรมจะไม่ทำการบันทึกข้อมูลส่วนนั้นแล้วจะให้ทำการสแกนลายนิ้วมือใหม่ เนื่องจากโปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือที่รับมาใหม่กับลายนิ้วมือแรกที่ทำการสแกนก่อนหน้านี้เสมอ เพื่อเป็นการยืนยันถึงลายนิ้วมือเดิม และลดความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการสแกนครั้งแรก เมื่อทำการสแกนลายนิ้วมือครบทั้ง 4 ครั้ง แล้ว ลายนิ้วมือทั้ง 4 จะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล เมื่อจบการสแกนลายนิ้วมือเพื่อเก็บลายนิ้วมือไว้ในฐานข้อมูลแล้ว โปรแกรมก็จะขึ้นหน้าจอให้กรอกข้อมูลชื่อ นามสกุล และรหัสประจำตัว เพื่อเป็นการยืนยันถึงเจ้าของลายนิ้วมือ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอกข้อมูลเสร็จแล้วก็ทำการบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล ถ้าต้องการจะเพิ่มจำนวนผู้ใช้อีกก็ทำการลงทะเบียนตามเดิม

ในการสแกนลายนิ้วมือทุกครั้งเครื่องสแกนลายนิ้วมือ U.are.U2000 จะพิจารณาจุดใจกลางของลายนิ้วมือเป็นหลักถ้าวางนิ้วมือที่หน้าจอสแกนลายนิ้วมือแล้วจุดใจกลางไม่อยู่ในหน้าจอสแกนโปรแกรมจะไม่ทำงานจะรอจนกว่าจะวางนิ้วถูกตำแหน่ง

โปรแกรมที่ใช้ในการเปรียบเทียบลายนิ้วมือของ U.are.U2000 นั้นจะมี component ให้ในส่วนนี้มาให้ แล้วนำ component นี้มาประยุกต์ใช้งานต่อไป ซึ่งในส่วน component นี้ไม่สามารถเขียนขึ้นเองได้ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับติดต่อควบคุมการทำงานของตัวสแกนลายนิ้วมือโดยตรง ซึ่งโปรแกรมนี้จะควบคุมตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องสแกนลายนิ้วมือของบริษัทผู้ผลิต เพื่อสั่งให้ตัวสแกนลายนิ้วมือทำงาน



รูปที่ 3.2 โฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานของการลงทะเบียนผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การตรวจสอบผู้ใช้งาน

ส่วนนี้จะเป็นการตรวจสอบลายนิ้วมือเพื่อแสดงสถานะของผู้ที่จะใช้งานโทรศัพท์ ถ้าผู้ที่สแกนลายนิ้วมือใส่รหัสผ่านผิด หรือ รหัสถูกแต่นิ้วที่ทำการสแกนเพื่อทำการเปรียบเทียบผิดนิ้ว ก็จะไม่สามารถโทรศัพท์ได้เช่นกัน หลักการทำงานจะแสดงในภาพที่ 3.3

ขั้นตอนในการทำงาน ที่หน้าจอโปรแกรมจะมีช่องให้เราใส่รหัสประจำตัวก่อนเพื่อยืนยันถึงตัวบุคคลที่ใช้ว่ามีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลหรือไม่ ถ้าไม่มีหน้าจอจะแสดงว่าไม่พบข้อมูล แต่ถ้ามีโปรแกรมจะให้ทำการสแกนลายนิ้วมืออีกทีเพื่อเป็นการยืนยันว่าเป็นเจ้าของรหัสประจำตัวจริง ถ้าสแกนลายนิ้วมือแล้วไม่ผ่านโปรแกรมจะฟ้องว่าลายนิ้วมือผิดให้เริ่มต้นทำการใส่รหัสประจำตัวใหม่ แต่ถ้าหากเราทำการสแกนลายนิ้วมือผ่าน ก็จะขึ้นหน้าจอโทรศัพท์ให้ สำหรับทำการโทรศัพท์ออกไป

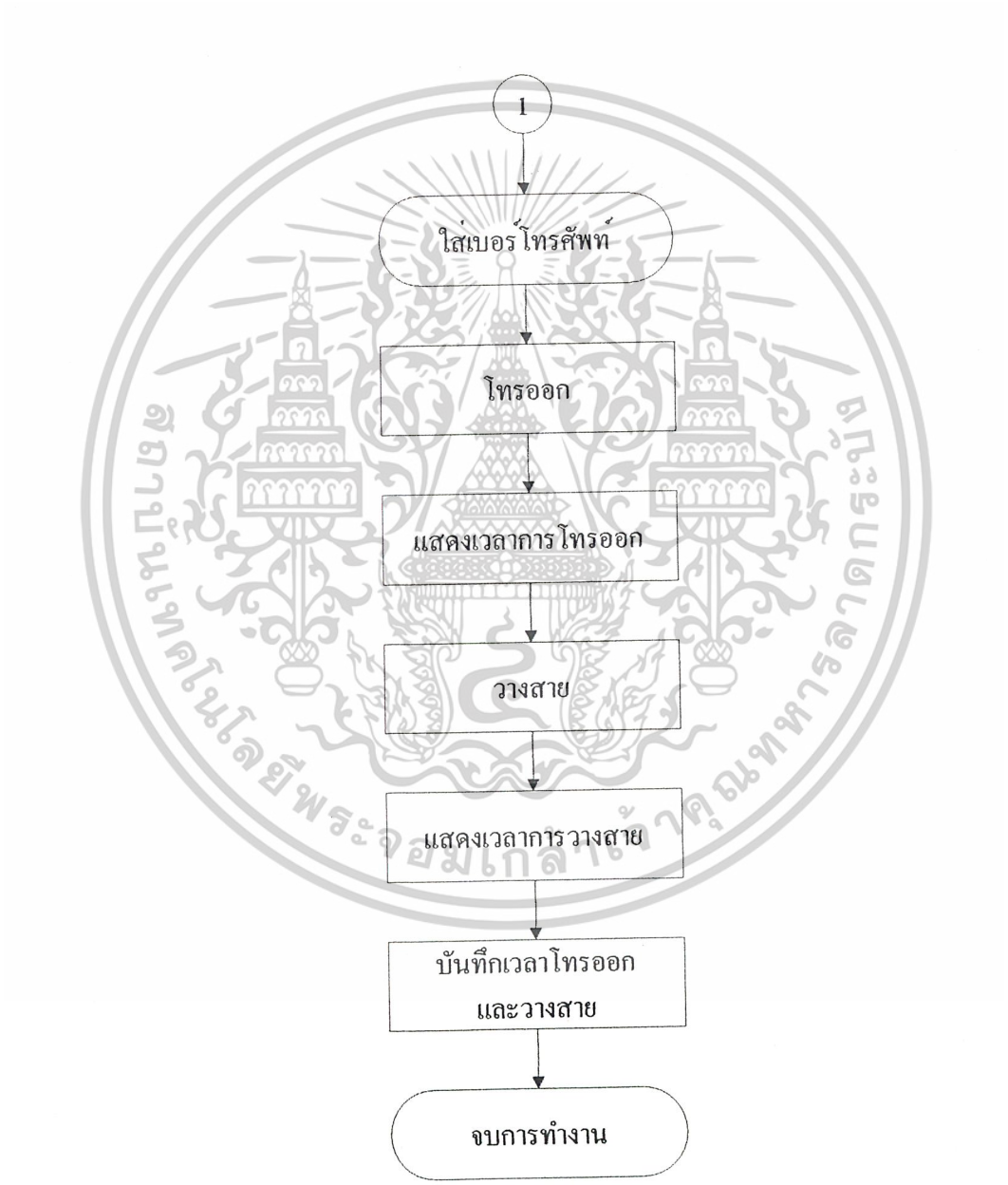
รูปที่ 3.3 โฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานของระบบการตรวจสอบผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ระบบโทรศัพท์

ส่วนของระบบโทรศัพท์นี้จะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับโทรออกไปยังเลขหมายปลายทางที่เราต้องการแล้วทำการบันทึกเวลาในการโทร ซึ่งหลักการทำงานได้แสดงในรูปที่ 3.4

เมื่อเราทำการสแกนลายนิ้วมือผ่านแล้ว หน้าจอจะขึ้นเป็นโปรแกรมโทรศัพท์เพื่อให้เรากดโทรออกไปยังเลขหมายปลายทางโดยเลขหมายที่เราได้ทำการกดโทรออกจะถูกบันทึกเก็บไว้ในฐานข้อมูลของเจ้าของรหัสประจำตัว ในฐานข้อมูลจะบันทึกเวลาโทรออกตลอดจนเวลาวางสาย เพื่อเช็คระยะเวลาการใช้โทรศัพท์



รูปที่ 3.4 โฟล์ชาร์ตแสดงการทำงานของระบบโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองของโปรแกรมโทรศัพท์ตรวจสอบลายนิ้วมือ

หลักการทำงานของโปรแกรมมี 2 ส่วนใหญ่ๆด้วยกัน คือ

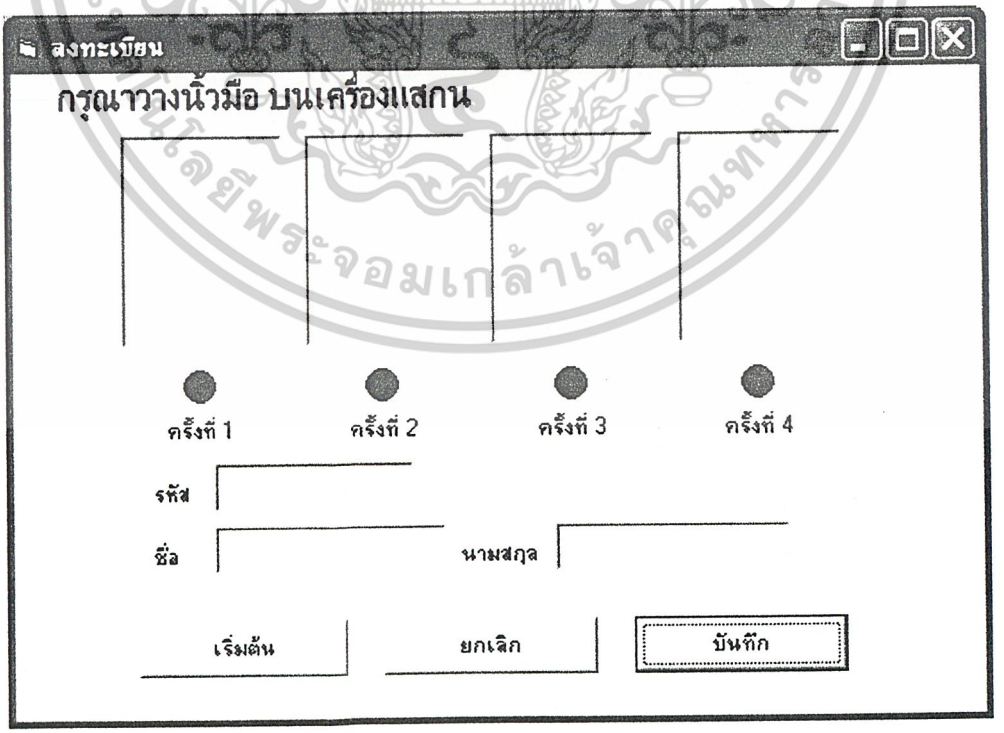
1.ส่วนในการลงทะเบียน

2. ส่วนการตรวจสอบ

4.1.1 ส่วนในการลงทะเบียน

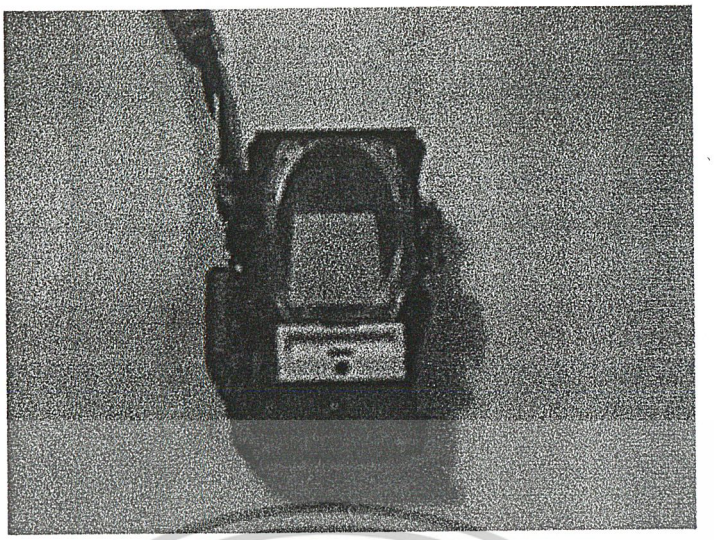
ในการใช้งานโทรศัพท์ตรวจสอบลายนิ้วมือขั้นแรกเราต้องทำการลงทะเบียนก่อนเพื่อกำหนดรหัสผ่านเพื่อใช้งานโทรศัพท์ตรวจสอบลายนิ้วมือ โดยมีขั้นตอนในการลงทะเบียนตามรูปดังนี้

รูปที่ 4.1 หน้าจอโปรแกรมโทรศัพท์ตรวจสอบลายนิ้วมือ

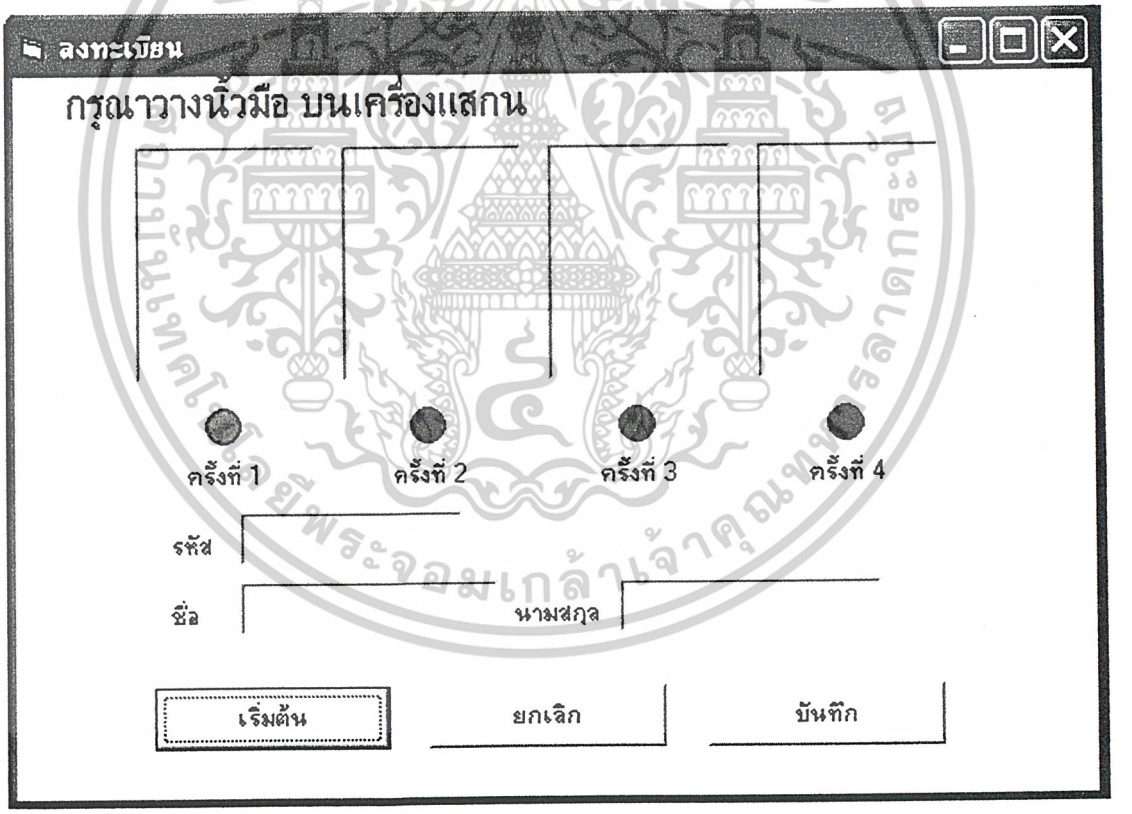


รูปที่ 4.2 หน้าจอลงทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

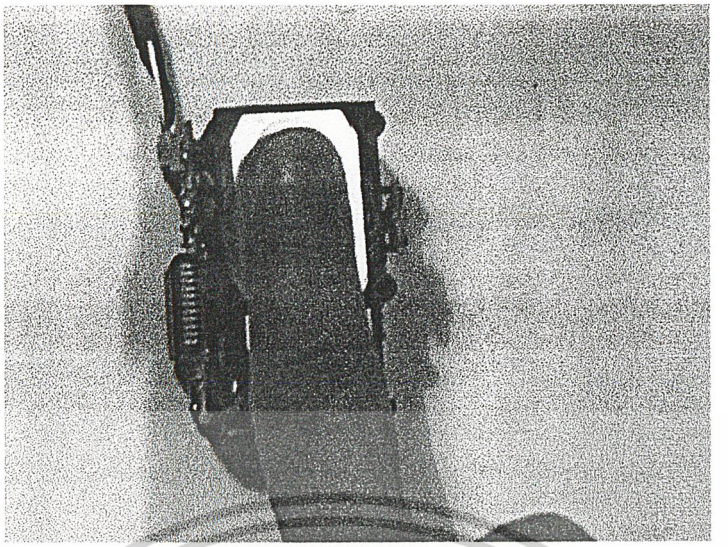


รูปที่ 4.3 เครื่องสแกนลายนิ้วมือพร้อมทำงาน

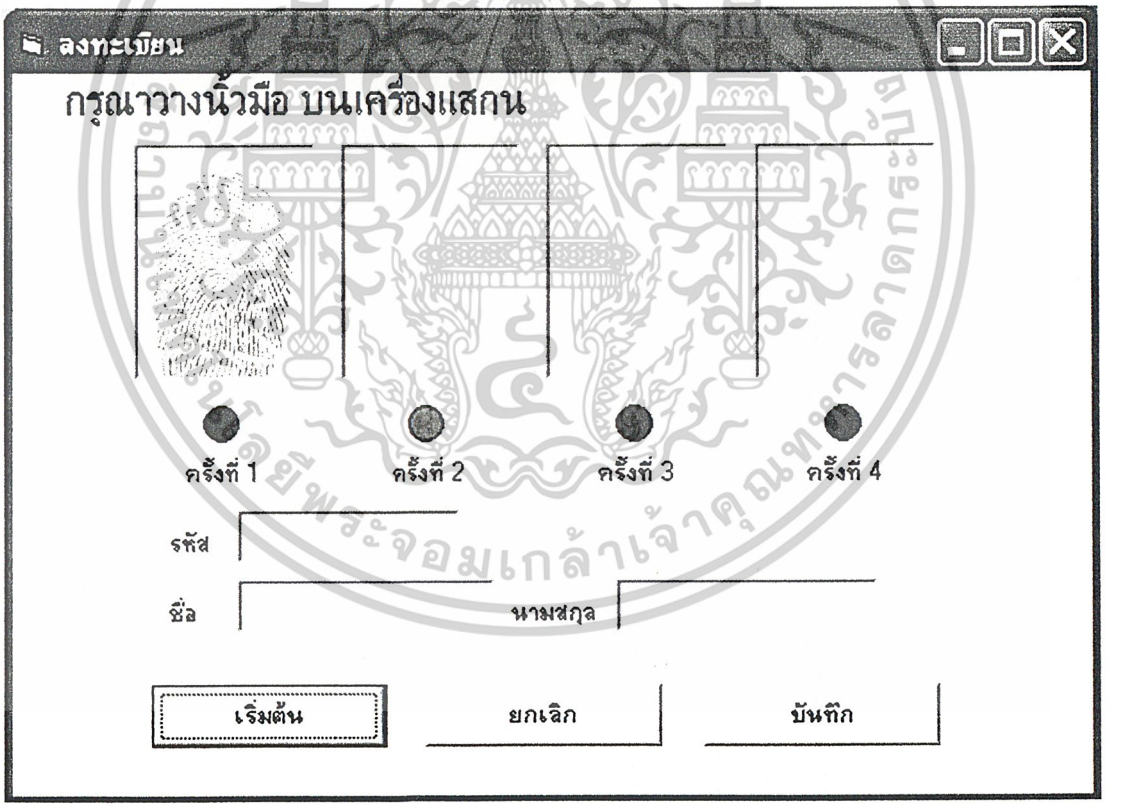


รูปที่ 4.4 เริ่มต้นการลงทะเบียนโดยการสแกนลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

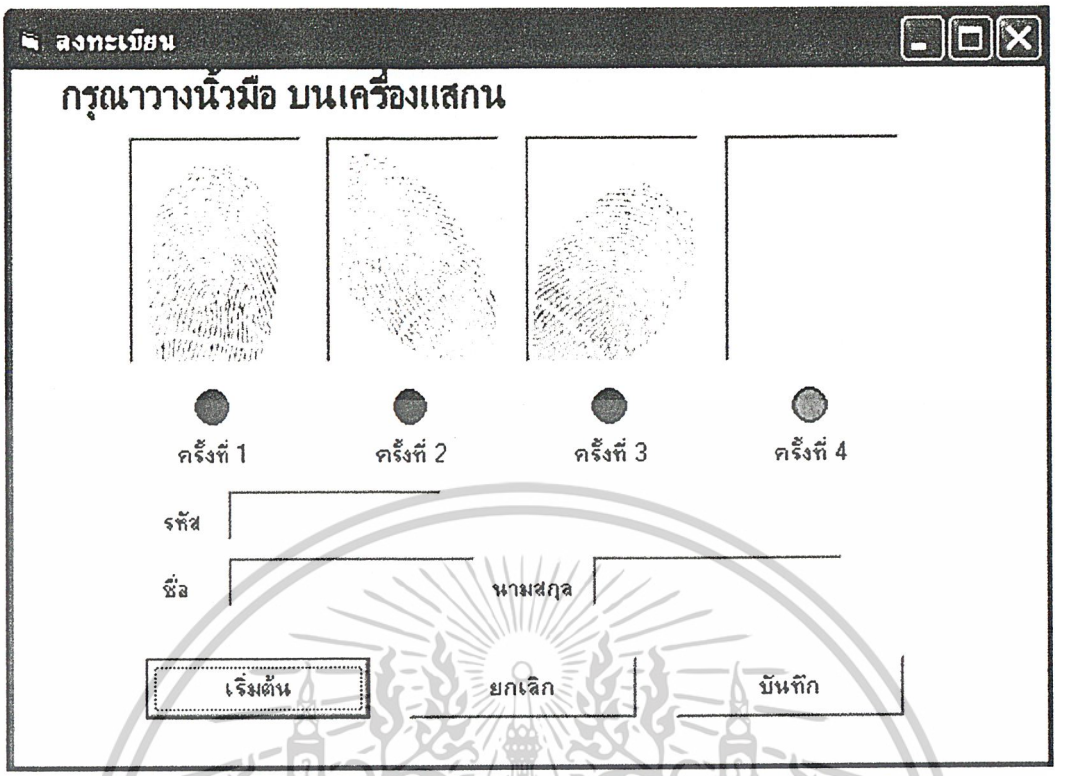


รูปที่ 4.5 ทำการสแกนลายนิ้วมือ

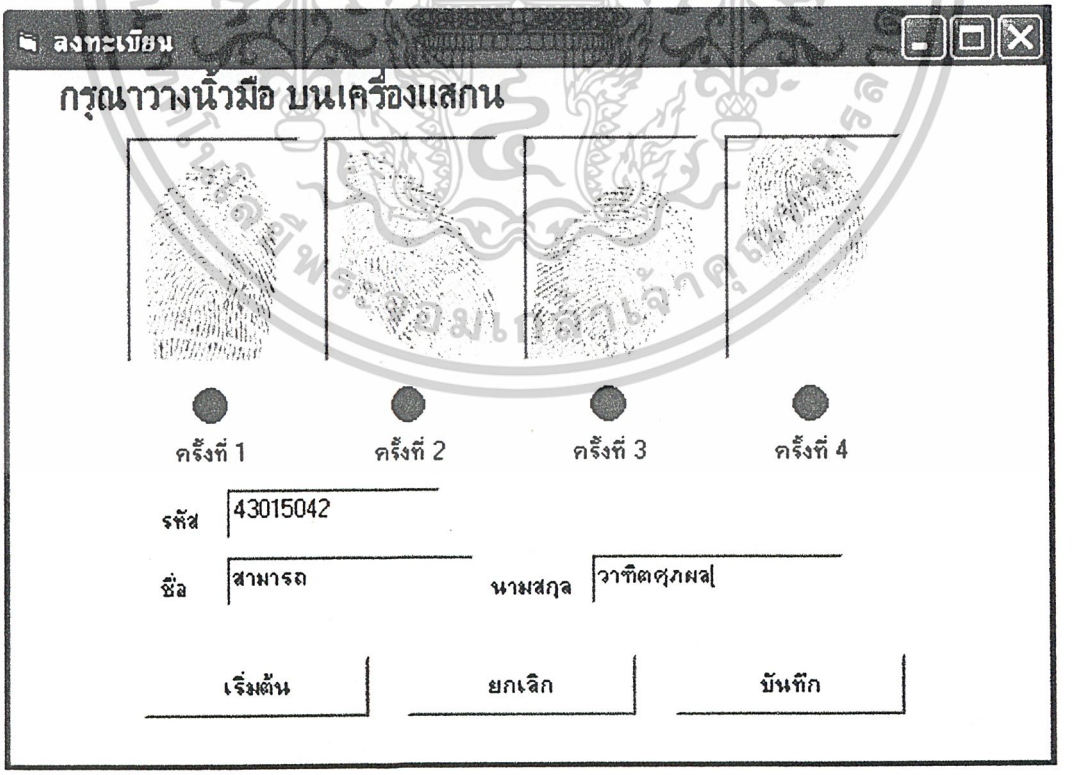


รูปที่ 4.6 ภาพที่ได้จากการสแกนลายนิ้วมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

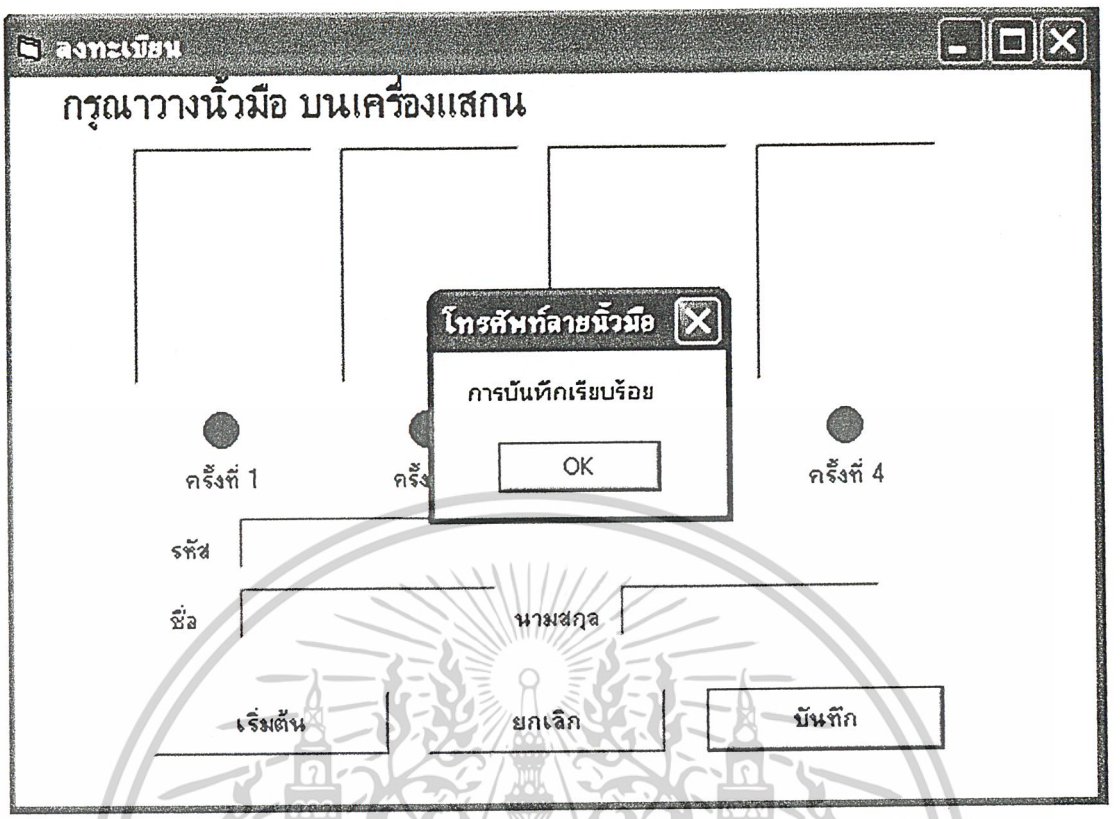


รูปที่ 4.7 ทำการสแกนลายนิ้วมือ 4 ครั้ง



รูปที่ 4.8 กรอกรายละเอียดข้อมูลของเจ้าของลายนิ้วมือ

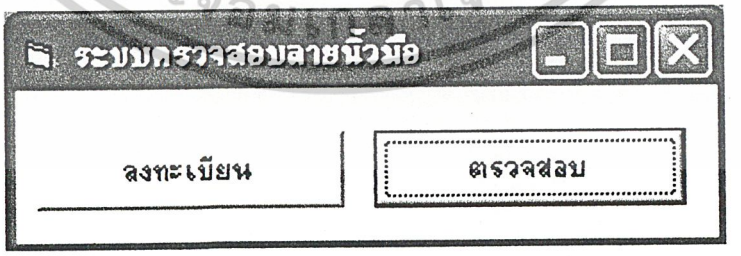
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 บันทึกข้อมูล

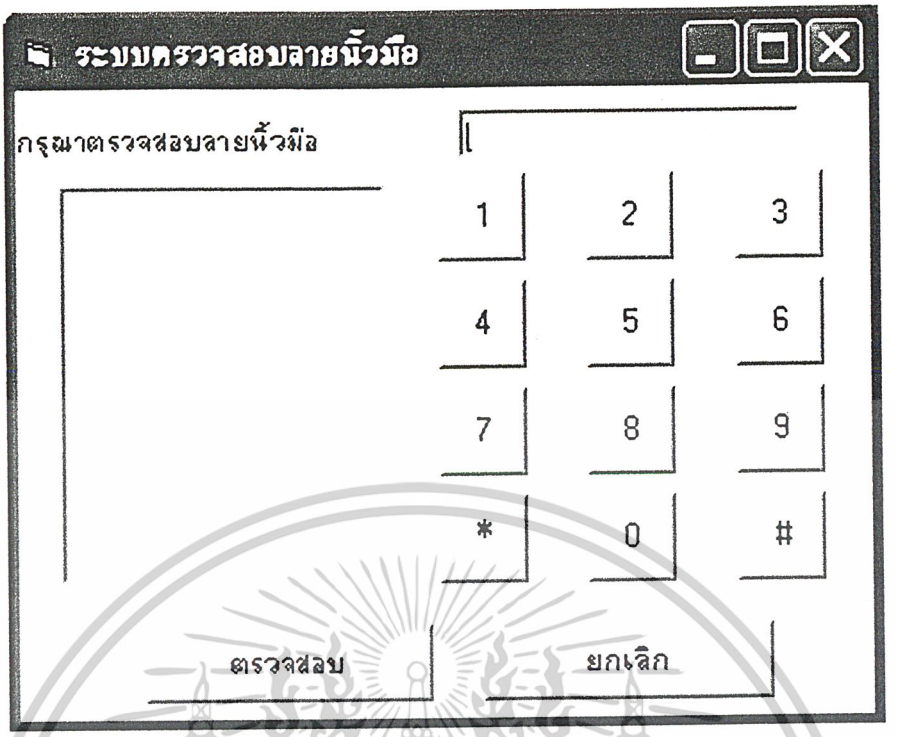
4.1.2 ส่วนการตรวจสอบ

ส่วนตรวจสอบเป็นส่วนที่ใช้ในการใช้งานโทรศัพท์โดยผู้ที่จะใช้โทรศัพท์ได้ ต้องมีรหัส และลายนิ้วมือตรงกับฐานข้อมูลที่บันทึกไว้ โดยขั้นตอนการตรวจสอบมีดังนี้

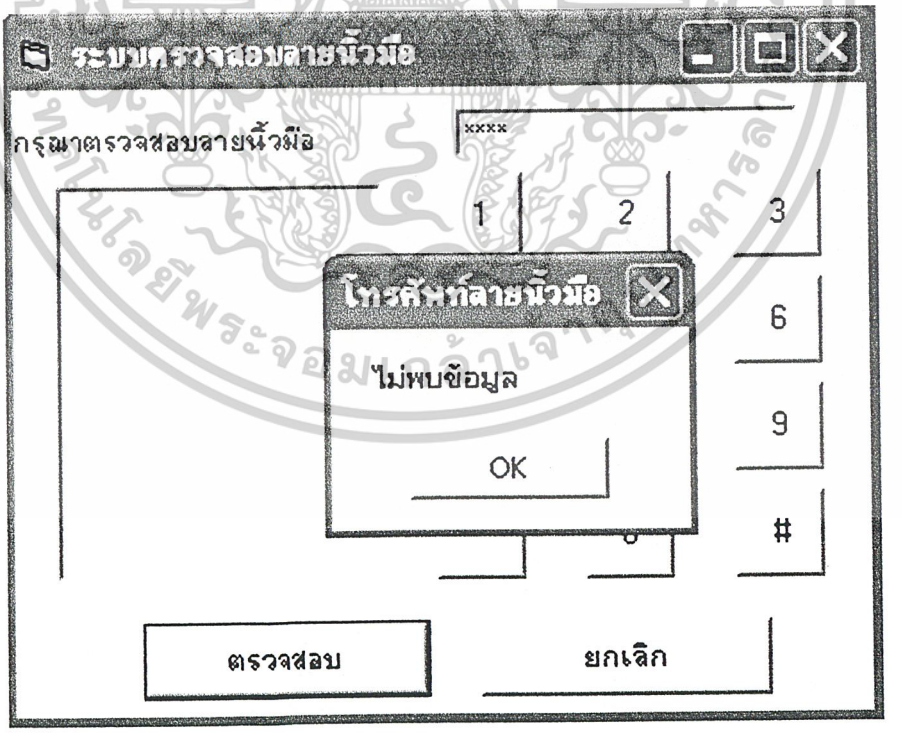


รูปที่ 4.10 ทำการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

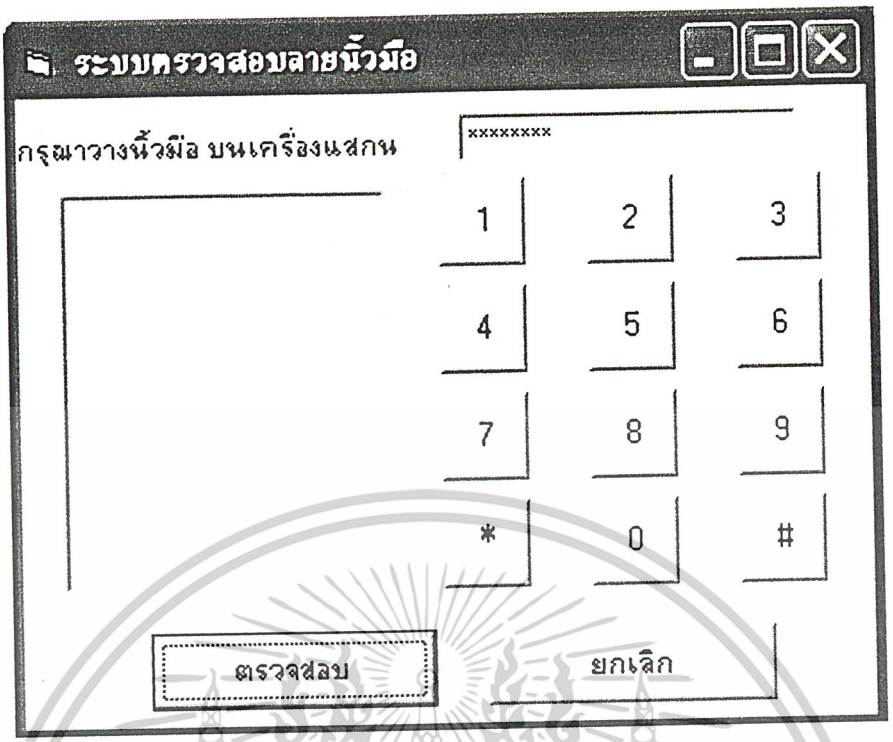


รูที่ 4.11 หน้าจอตรวจสอบรหัสและลายนิ้วมือ

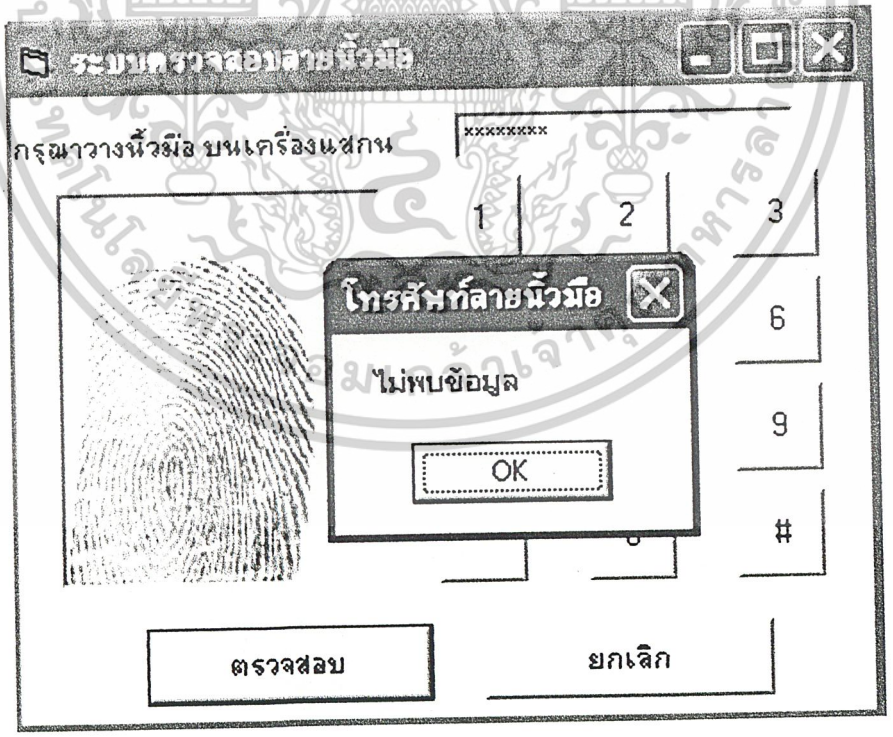


รูปที่ 4.12 กรณีที่ใส่รหัสที่ไม่มีอยู่ในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

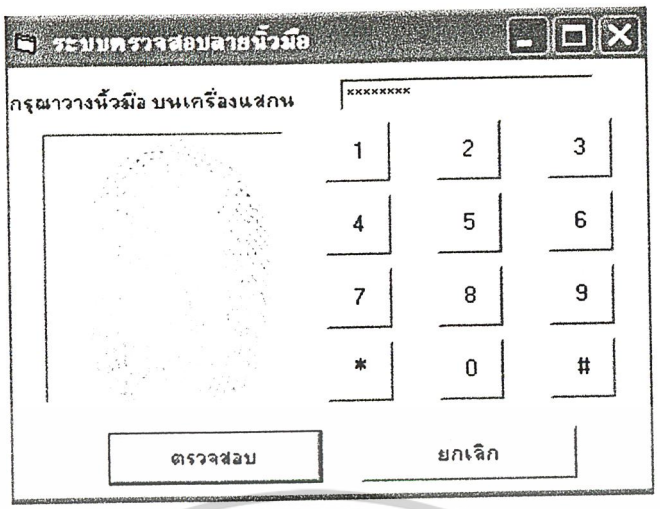


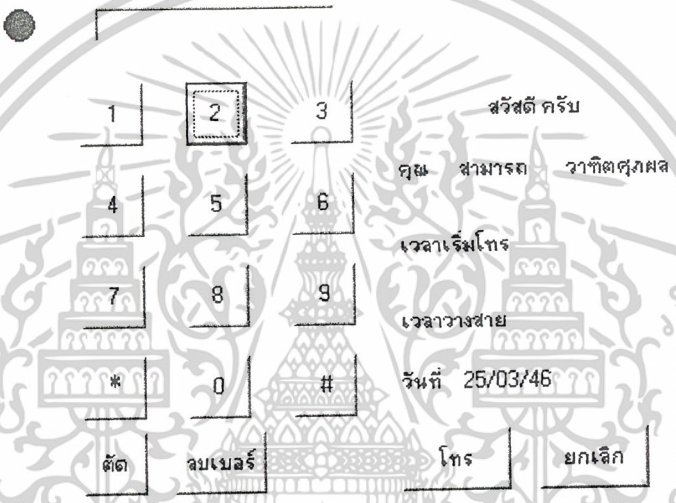
รูปที่ 4.13 กรณีที่รหัสมีอยู่ในฐานข้อมูล



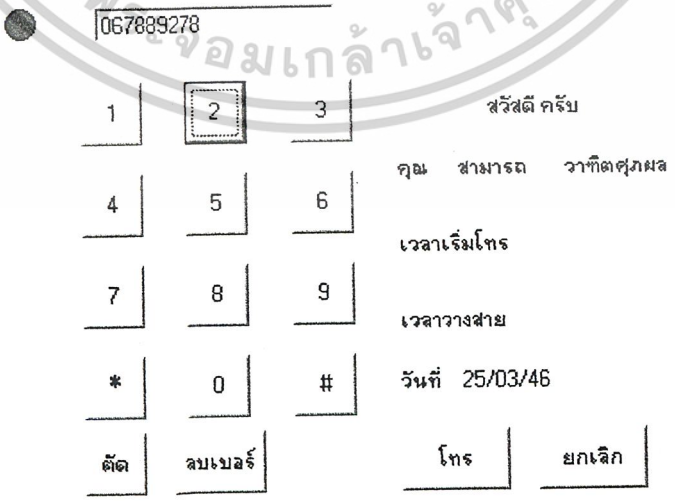
รูปที่ 4.14 กรณีนิ้วมือไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



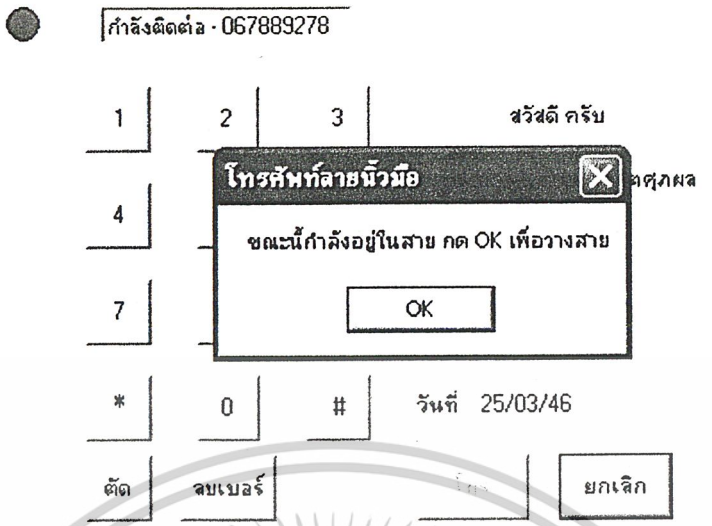


รูปที่ 4.15 กรณีที่นิ้วมือถูกต้องจะขึ้นหน้าจอโทรศัพท์ให้

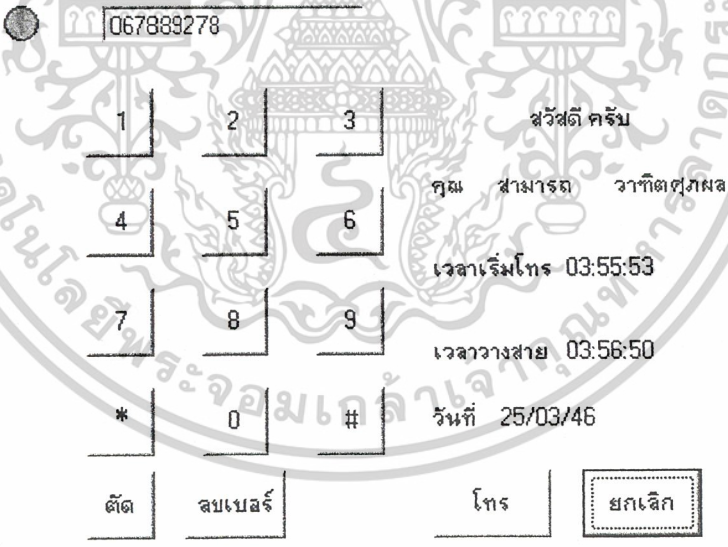


รูปที่ 4.16 กดหมายเลขปลายทางเพื่อทำการโทรออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ทำการโทรออกและบันทึกเวลาโทรออก



รูปที่ 4.18 ยกเลิกการโทรทำการบันทึกเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองโปรแกรมโทรศัพท์แบบใช้ลายนิ้วมือเปรียบเทียบค่าที่ทำการลงทะเบียนจะถูกเก็บในฐานข้อมูล ซึ่งจะเก็บลายละเอียด รหัส ชื่อ และนามสกุลดังภาพที่ 4.19

Data in Table 'data'

ID	FNAME	SURNAME
43015344	อภิชา	พจน์ธนชัย
0099	ป๋าเอก	เซ็กส์จัด
43015009	โก้จิ๋ว	เล็กมาก
4301549	อรชุน	ข่ายแกว
440231	เม	การิฯ
007	เผิง	เท่
43015322	ภาณุพงษ์	นาคประทุม
43015341	องอาจ	ศิริเงินยวง
123456	สุดหล่อ	สุดเท่
123	นที	อุ่นทอง
43015042	สามารถ	วาทิตศุภผล
43015304	ธีรวัฒน์	คุ้มทรัพย์

รูปที่ 4.19 รายชื่อผู้ลงทะเบียนใช้โทรศัพท์

ในส่วนของการโทรออกจะมีการบันทึกเวลาขณะโทรออกจนถึงการวางสาย โดยเวลาทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลดังภาพที่ 4.20

Data in Table 'dataphone'

ID	FNAME	SURNAME	time_call	time_end	dat_on	numb_tel
4301549	อรชุน	ข่ายแกว	22:14:27	22:15:40	21/03/46	018325460
4301549	อรชุน	ข่ายแกว	22:17:41	22:18:05	21/03/46	018325460
43015042	สามารถ	วาทิตศุภผล	21:44:37	21:44:51	23/03/46	067889278
43015009	โก้จิ๋ว	เล็กมาก	21:55:51	21:55:59	23/03/46	067889278
43015042	สามารถ	วาทิตศุภผล	03:55:53	03:56:50	25/03/46	067889278

รูปที่ 4.20 ข้อมูลของผู้ใช้โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองโทรศัพท์แบบใช้ลายนิ้วมือตรวจสอบซึ่งมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้คือ

ขั้นแรกต้องทำการลงทะเบียนเพื่อเก็บข้อมูล ชื่อ นามสกุล และ รหัสประจำตัว เพื่อเป็นตัวยืนยันถึงตัวบุคคล โดยจะทำการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือผ่านเครื่องสแกนลายนิ้วมือ U.are.U2000 ทั้งหมด 4 ครั้ง ข้อมูลของลายนิ้วมือจะถูกเก็บไปไว้ในไฟล์เพื่อทำการดึงออกไปเปรียบเทียบในครั้งต่อไป ซึ่งขั้นตอนการเปรียบเทียบลายนิ้วมือเพื่อใช้งานโทรศัพท์ จะทำการเปรียบเทียบรหัสผ่านก่อนเพื่อตรวจสอบว่ามีรหัสของบุคคลนั้นอยู่ในฐานข้อมูลหรือไม่ ก่อนที่จะทำการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ เพื่อใช้งานโทรศัพท์

การเก็บลายนิ้วมือ เครื่องสแกนลายนิ้วมือ U.are.U2000 ใช้เวลาในการสแกนภาพลายนิ้วมือทั้งหมด 4 ภาพ 5 วินาที ในการสแกนลายนิ้วมือ 1 ลายนิ้วมือใช้เวลา 1 วินาที

เวลาในการตรวจสอบรหัสประจำตัว ใช้เวลา 1 วินาทีในการหา การตรวจสอบลายนิ้วมือใช้เวลา 1 วินาทีในการตรวจสอบ โดยในการตรวจสอบทั้งหมด จะมีการเก็บฐานข้อมูลทั้งหมด 20 คน จะเห็นได้ว่าในการตรวจสอบหารหัสประจำตัวและ การตรวจสอบลายนิ้วมือจะใช้เวลารวดเร็วมากในการตรวจสอบความผิดพลาดในการตรวจสอบลายนิ้วมือมีค่าน้อยมาก จากการทดลองสแกนลายนิ้วมือ 30 ลายนิ้วมือ มีผิดพลาด 1 ลายนิ้วมือ อาการผิดพลาดคือ สามารถตรวจสอบลายนิ้วมือนั้นได้ทั้งนิ้วชี้ข้างซ้าย และ นิ้วชี้ข้างขวา ส่วนนิ้วอื่นเปรียบเทียบไม่ผ่าน ส่วนความผิดพลาดเนื่องจากการเปรียบเทียบลายนิ้วมือเดิมไม่มี

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาระบบการตรวจสอบลายนิ้วมือซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ระบบตรวจสอบลายนิ้วมือแบบเปรียบเทียบด้วยภาพ และ ระบบตรวจสอบลายนิ้วมือแบบใช้การเปรียบเทียบด้วยเวคเตอร์ของภาพ โดยระบบตรวจสอบลายนิ้วมือด้วยแบบเปรียบเทียบด้วยภาพจะใช้การถ่ายภาพ หรือ สแกนภาพเพื่อนำภาพมาเปรียบเทียบ ส่วนระบบตรวจสอบลายนิ้วมือแบบเปรียบเทียบด้วยเวคเตอร์ของภาพ จะใช้เครื่องสแกนลายนิ้วมือที่ทำจากสารกึ่งตัวนำในรูปแบบชิบไอซี จะเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่กว่าซึ่งปัจจุบันนิยมนำมาประยุกต์ใช้งานเนื่องจากสามารถตรวจสอบลายนิ้วมือได้ถูกต้องแม่นยำกว่า และ มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต่ำ เมื่อเปรียงเทียบกับแบบแรก

ระบบการตรวจสอบลายนิ้วมือแบบเปรียบเทียบด้วยภาพจากการทดลองเราจะพบว่าภาพที่ทำการสแกนแต่ละครั้งนั้นตำแหน่งลายนิ้วมือ มุมในการวางนิ้วมือ และ ความเข้มของลายนิ้วมือขณะทำการสแกนจะไม่เท่าเดิมทำให้เกิดค่าความผิดพลาดขึ้น เป็นผลให้การตรวจสอบลายนิ้มมือมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูง จึงไม่เหมาะแก่การประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์ที่ต้องการความถูกต้องสูง

ระบบตรวจสอบลายนิ้วมือแบบเปรียบเทียบด้วยเวคเตอร์ของภาพที่ได้ทำการศึกษานั้นมี 2 ตัวด้วยกันคือ ตัวสแกนลายนิ้วมือMBF200 ของบริษัท Fujitsu และ ตัวสแกนลายนิ้วมือ U.are.U2000 ของบริษัท Digital Persona

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

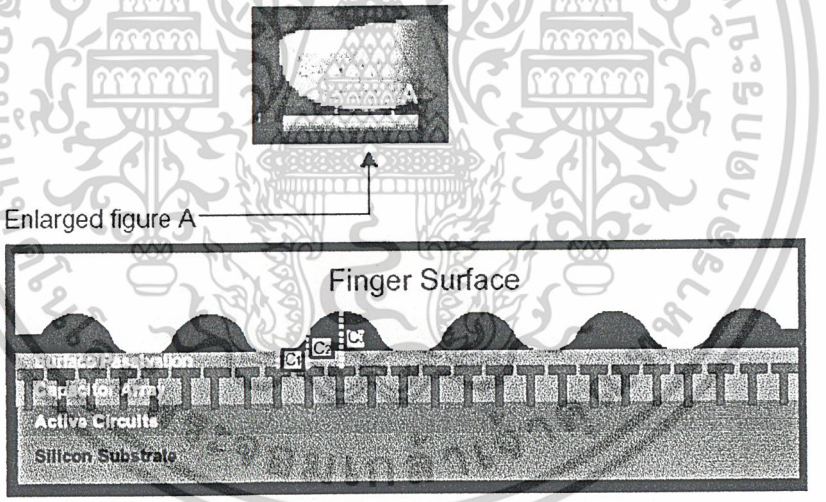
MBF200 เป็นชิบไอซีสารกึ่งตัวนำชนิด CMOS ใช้หลักการของประจุไฟฟ้าเมื่อนิ้วมือกดที่หน้าจอเซนเซอร์ ค่าที่อ่านออกมาจะเปลี่ยนแปลงตามความลึกของผิวหน้าสัมผัสของลายนิ้วมือ แปลงออกมาเป็นเวคเตอร์ของภาพ แต่เนื่องข้อมูลที่หามาได้ไม่เพียงพอที่จะสร้างวงจรควบคุมการทำงานของตัว MBF200 จึงต้องหยุดทำการทดลองไป สาเหตุที่หยุดทำการทดลองเนื่องมาจาก

1.ข้อมูล (Data sheet) ที่หาในอินเตอร์เน็ตนั้นไม่ละเอียดพอ

2.ไม่สามารถปรึกษาใครได้เนื่องจากอุปกรณ์ค่อนข้างใหม่ ยังไม่ค่อยมีคนนำมาใช้งานในประเทศไทย เนื่องจากมี 10 ตัวในประเทศไทย

3.ในการใช้คอนโทรลเลอร์ควบคุมนั้นไม่สามารถใช้คอนโทรลเลอร์ทั่วไปควบคุมได้เนื่องจากความถี่ที่ใช้กับ MBF200 ในการควบคุมคำสั่งที่มีระยะห่างของเวลา (Timing diagram) สูงสุด 35 นาโนวินาที(ns) ต้องใช้คริสตอลความถี่ที่สูงกว่า 28.57MHz ซึ่งคอนโทรลเลอร์ทั่วไปสามารถสร้างความถี่ได้สูงสุดแค่ 20MHz จึงไม่สามารถเขียนคำสั่งควบคุมได้

4.วงจรใช้งาน และ โปรแกรมควบคุม ไม่มีให้ เนื่องจากเป็นความลับของบริษัทถ้าจะซื้อต้องใช้เงินจำนวนมาก



รูปที่ 5.1 หลักการเก็บลายนิ้วมือของ MBF200

U.are.U2000 เป็นสแกนลายนิ้วมือแบบสารกึ่งตัวนำ ซึ่งข้อมูลที่ได้มาพอเพียงต่อการประยุกต์ใช้งานซึ่งจากการทดลอง U.are.U2000 จะมีปัญหาตรงที่ถ้านิ้วมือเปียกแล้วทำการสแกนลายนิ้วมือ หน้าจอรับภาพจะดำเป็นผลให้ได้ภาพที่ไม่สมบูรณ์ และ คำสั่งใช้งานของตัวU.are.U2000 บางคำสั่งไม่สามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากโปรแกรมบางโปรแกรม component เป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปพัฒนาใช้ในอนาคตได้ทางผู้ผลิตจึงไม่สามารถให้โปรแกรมนั้นได้เนื่องจากเป็นความลับของบริษัท จึงทำให้ใช้งาน U.are.U2000 มีขอบเขตค่อนข้างจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประยุกต์ใช้งานระหว่าง U.are.U2000 กับโทรศัพท์โดยต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยตรงจะมีปัญหาตรงการโทรออกไม่สามารถตรวจสอบการยกสายของผู้รับ ทำให้ต้องคิดเวลาขณะโทรออกถึงแม้ว่าผู้รับจะยังไม่ได้รับสาย เนื่องจากเราทำการต่อโทรศัพท์กับโมเดมผ่านคอมพิวเตอร์โดยตรงโดยใช้โมเดมเป็นตัวกำเนิดสัญญาณ DTMF เพื่อโทรออก โดยสัญญาณตอบกลับไม่สามารถแปลงเป็นสัญญาณเพื่อใช้ในการควบคุมโปรแกรมได้ ในส่วนการตรวจสอบลายนิ้วมือไม่สามารถนำลายนิ้วมือไปเปรียบเทียบกับลายนิ้วมือหลายๆลายนิ้วมือได้ เนื่องจากทางบริษัทผู้ผลิตต้องการเก็บส่วนนี้ไว้เป็นความรับเพื่อป้องกันการการนำอุปกรณ์ U.are.U2000 ไปพัฒนาโดยไม่ได้รับอนุญาต ในส่วนของความผิดพลาดในการตรวจสอบลายนิ้วมือจะเกิดขึ้นในช่วงเริ่มทำงานครั้งแรก สาเหตุอาจเกิดจากโปรแกรมอาจจะรวนในชั่วขณะหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนโปรแกรมการลงทะเบียน

```
Dim WithEvents op As FPRegisterTemplate
Attribute op.VB_VarHelpID = -1
Dim cursample As Integer
Dim regtemplate As FPTemplate
Dim CnADO As ADODB.Connection
Dim RsADO As ADODB.Recordset

Private Sub cmdCancel_Click()
        Dim i As Integer

        op.Cancel
        lblMessages.Caption = "ระบบถูกยกเลิก"
        lblQuality.Caption = ""
        cursample = 0
        For i = 0 To 3
                picSample(i).Picture = Nothing
                dot(i).Visible = False
        Next i
             fname.Text = ""
        surname.Text = ""
        ID.Text = ""
End Sub

Private Sub cmdRun_Click()
        Dim i As Integer

        cursample = 0
        For i = 0 To 3
                picSample(i).Picture = Nothing
                dot(i).Visible = False
        Next i
        dot(cursample).Visible = True
        op.Run
        lblMessages.Caption = "กรุณาวางนิ้วมือ บนเครื่องแสกน"
        lblQuality.Caption = ""
        lblTemplateID.Caption = ""
        lblEvents.Caption = ""

End Sub

Private Sub cmdSave_Click()
        On Error Resume Next
         Dim i As Integer
        Dim blob() As Byte
        Dim bvariant As Variant
        Dim id_n As String
        Dim xxx As String
        Set CnADO = New ADODB.Connection
        Set RsADO = New ADODB.Recordset
        CnADO.ConnectionString = "Provider=SQLOLEDB;Data
Source=OEMPROJECT;User ID=sa;Password=;Initial Catalog=finger"
        CnADO.Open
        If regtemplate Is Nothing Then
                Exit Sub
        End If

        regtemplate.Export bvariant
        blob = bvariant
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        id_n = "c:\dataphone\" & ID.Text & ".ftp"
        xxx = id_n
        Kill xxx
        Open xxx For Binary As #1
        Put #1, , blob
        RsADO.Open "select * from data", CnADO
        CnADO.Execute "insert into data(ID,FNAME,SURNAME) values ('"
& ID & "','" & fname & "','" & surname & "')"
        Close #1
        fname.Text = ""
        surname.Text = ""
        ID.Text = ""
        CnADO.Close
        RsADO.Close
        cursample = 0
         For i = 0 To 3
        picSample(i).Picture = Nothing
         Next i
        MsgBox "การบันทึกเรียบร้อย"
End Sub

Private Sub Form_Load()
        cursample = 0
        Set op = New FPRegisterTemplate
        lblMessages.Caption = "ระบบลงทะเบียน ลายนิ้วมือ"

End Sub

Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As
Integer)
        Set op = Nothing
End Sub

Private Sub Label2_Click()

End Sub

Private Sub op_DevConnected()
        lblEvents.Caption = "Device connected"
End Sub

Private Sub op_DevDisconnected()
        lblEvents.Caption = "Device disconnected"
End Sub

Private Sub op_Done(ByVal pTemplate As Object)
        lblEvents.Caption = "Done"
        lblTemplateID.Caption = pTemplate.InstanceID
        Set regtemplate = pTemplate

End Sub

Private Sub op_Error(ByVal errcode As DpSdkEngLib.AIErrors)
        lblEvents.Caption = "Registration failed"
End Sub

Private Sub op_SampleQuality(ByVal Quality As
DpSdkEngLib.AISampleQuality)
        Select Case Quality
                Case AISampleQuality.Sq_Good
                        lblQuality.Caption = "Good"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        cursample = cursample + 1
                        dot(cursample - 1).Visible = False
                        If cursample <> 4 Then
                                dot(cursample).Visible = True
                        End If
                Case AISampleQuality.Sq_LowContrast
                        lblQuality.Caption = "Low contrast"
                Case AISampleQuality.Sq_NoCentralRegion
                        lblQuality.Caption = "No central region"
                Case AISampleQuality.Sq_None
                        lblQuality.Caption = "No quality info"
                Case AISampleQuality.Sq_NotEnoughFtr
                        lblQuality.Caption = "Not enough features"
                Case AISampleQuality.Sq_TooDark
                        lblQuality.Caption = "Too dark"
                Case AISampleQuality.Sq_TooLight
                        lblQuality.Caption = "Too light"
                Case AISampleQuality.Sq_TooNoisy
                        lblQuality.Caption = "Too noisy"
        End Select
        lblEvents.Caption = "Sample quality"
End Sub

Private Sub op_SampleReady(ByVal pSample As Object)
        pSample.PictureOrientation = Or_Portrait
        pSample.PictureWidth = picSample(cursample).Width /
Screen.TwipsPerPixelX
        pSample.PictureHeight = picSample(cursample).Height /
Screen.TwipsPerPixelY
        picSample(cursample).Picture = pSample.Picture
        lblEvents.Caption = "Sample ready"
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนโปรแกรมการตรวจสอบรหัสประจำตัวและลายนิ้วมือ

```
Dim WithEvents op As FPVerifyTemplate
Attribute op.VB_VarHelpID = -1
Dim regtemplate As FPTemplate
Dim RsADO As ADODB.Recordset
Dim CnADO As ADODB.Connection

Private Sub cmdCancel_Click()
        op.Cancel
        lblMessages.Caption = "กรุณาใส่รหัสประจำตัว"
         picSample.Picture = Nothing
 Numb.Text = ""
End Sub

Private Sub cmdRun_Click()
        Dim res As AIErrors
        Dim blob() As Byte
        Dim id_n As String
        Dim xxx As String
        Set regtemplate = New FPTemplate
        Set CnADO = New ADODB.Connection
        Set RsADO = New ADODB.Recordset '"
        CnADO.ConnectionString = "Provider=SQLOLEDB;Data
Source=OEMPROJECT;User ID=sa;Password=;Initial Catalog=finger"
        CnADO.Open
        RsADO.Open "select * from data where ID = '" & Numb & "'",
CnADO
        If RsADO.EOF = False Then
        Call showdata
        Else
        MsgBox "ไม่พบข้อมูล"
        lblMessages.Caption = "กรุณาใส่รหัสประจำตัว"
        picSample.Picture = Nothing
        op.Cancel
    GoTo L1
        End If
        CnADO.Close



        id_n = "c:\dataphone\" & Numb & ".ftp"

        Open id_n For Binary As #1
        ReDim blob(LOF(1))
        Get #1, , blob()
        Close #1

        res = regtemplate.Import(blob)
        If res = Er_OK Then
                lblEvents.Caption = "Template imported"
                lblTemplateID.Caption = regtemplate.InstanceID

        Else
                lblRegTemplID.Caption = "Import failed"

        End If
        op.Run regtemplate
        lblMessages.Caption = "กรุณาวางนิ้วมือบนเครื่องสแกน"
        GoTo L2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
L1:
        lblMessages.Caption = "กรุณาใส่รหัสประจำตัว"
L2:
        picSample.Picture = Nothing
        lblQuality.Caption = ""
        lblTemplateID.Caption = ""
        lblEvents.Caption = ""

End Sub

Private Sub Form_Load()
        Set op = New FPVerifyTemplate
  Unload โทรศัพท์ลายนิ้วมือ
End Sub

Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As
Integer)
        Set op = Nothing
End Sub

Private Sub op_DevConnected()
        lblEvents.Caption = "Device connected"
End Sub

Private Sub op_DevDisconnected()
        lblEvents.Caption = "Device disconnected"
End Sub

Private Sub op_Done(ByVal VerifyOk As Boolean, pInfo() As Variant,
ByVal Val As DpSdkEngLib.AISecureModeMask)
        lblEvents.Caption = "Done"
        lblResult.Caption = Format(VerifyOk)
        lblScore.Caption = CStr(pInfo(0))
        lblThreshold.Caption = CStr(pInfo(1))
        lblLearning.Caption = Format(CBool(pInfo(2)))
        If lblResult = "False" Then
         MsgBox "ไม่พบข้อมูล"
        op.Cancel
        lblMessages.Caption = "กรุณาใส่รหัสประจำตัว"
        picSample.Picture = Nothing
        Numb.Text = ""
        Else
         If lblResult = "True" Then
         lblMessages.Caption = "กรุณาใส่รหัสประจำตัว"
         Load โทรศัพท์ลายนิ้วมือ
  โทรศัพท์ลายนิ้วมือ.Show 1
        End If
    End If
End Sub

Private Sub op_SampleQuality(ByVal Quality As
DpSdkEngLib.AISampleQuality)
        Select Case Quality
                Case AISampleQuality.Sq_Good
                        lblQuality.Caption = "Good"
                Case AISampleQuality.Sq_LowContrast
                        lblQuality.Caption = "Low contrast"
                Case AISampleQuality.Sq_NoCentralRegion
                        lblQuality.Caption = "No central region"
                Case AISampleQuality.Sq_None
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lblQuality.Caption = "No quality info"
            Case AISampleQuality.Sq_NotEnoughFtr
                lblQuality.Caption = "Not enough features"
            Case AISampleQuality.Sq_TooDark
                lblQuality.Caption = "Too dark"
            Case AISampleQuality.Sq_TooLight
                lblQuality.Caption = "Too light"
            Case AISampleQuality.Sq_TooNoisy
                lblQuality.Caption = "Too noisy"
        End Select
        lblEvents.Caption = "Sample quality"
End Sub

Private Sub op_SampleReady(ByVal pSample As Object)
        pSample.PictureOrientation = Or_Portrait
        pSample.PictureWidth = picSample.Width /
Screen.TwipsPerPixelX
        pSample.PictureHeight = picSample.Height /
Screen.TwipsPerPixelY
        picSample.Picture = pSample.Picture
        lblEvents.Caption = "Sample ready"
End Sub

Private Sub num0_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 0
End Sub
Private Sub num1_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 1
End Sub
Private Sub num2_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 2
End Sub

Private Sub num3_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 3
End Sub

Private Sub num4_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 4
End Sub

Private Sub num5_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 5
End Sub

Private Sub num6_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 6
End Sub

Private Sub num7_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 7
End Sub

Private Sub num8_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 8
End Sub

Private Sub num9_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 9
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub numdao_Click()
Numb.Text = Numb.Text & "*"
End Sub

Private Sub numshap_Click()
Numb.Text = Numb.Text & "#"
End Sub
Sub showdata()
fname.Caption = RsADO("FNAME")
surname.Caption = RsADO("SURNAME")
id_data.Caption = RsADO("ID")
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนโปรแกรมโทรศัพท์

```
Option Explicit
Dim CancelFlag
Dim RsADO As ADODB.Recordset
Dim CnADO As ADODB.Connection

Private Sub cmdCancel_Click()
    CancelFlag = True
    verify.picSample.Picture = Nothing
    verify.Numb.Text = ""

    Numb.Text = ""
    Load verify
    Unload Me


End Sub

Private Sub Command1_Click()

End Sub

Private Sub del_num_Click()
Numb.Text = ""
End Sub

Private Sub Form_Load()

MSComm1.InputLen = 0
โทรศัพท์ลายนิ้วมือ.fname.Caption = verify.fname.Caption
โทรศัพท์ลายนิ้วมือ.surname.Caption = verify.surname.Caption
Call date_onn
End Sub

Private Sub Image1_Click()

End Sub

Private Sub new_call_Click()
Numb.Text = ""
time_call.Caption = ""
time_end.Caption = ""
End Sub

Private Sub num0_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 0
End Sub
Private Sub num1_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 1
End Sub
Private Sub num2_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 2
End Sub

Private Sub num3_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 3
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub num4_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 4
End Sub

Private Sub num5_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 5
End Sub

Private Sub num6_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 6
End Sub

Private Sub num7_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 7
End Sub

Private Sub num8_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 8
End Sub

Private Sub num9_Click()
Numb.Text = Numb.Text & 9
End Sub

Private Sub numdao_Click()
Numb.Text = Numb.Text & "*"
End Sub

Private Sub numshap_Click()
Numb.Text = Numb.Text & "#"
End Sub

Private Sub numtor_Click()
Numb.Text = Numb.Text & ","
End Sub
Private Sub cmdDial_Click()
    Dim Number As String, Temp As String
    Call Time_On
    dot(0).Visible = True
    numb_tel.Caption = Numb.Text
    cmdDial.Enabled = False
    cmdCancel.Enabled = True
    Number = Numb
    If Number = "" Then Exit Sub
    Temp = Numb
    Numb = "กำลังติดต่อ-" + Number
    Dial Number

    cmdDial.Enabled = True


    Numb = Temp
End Sub
Private Sub Dial(Number As String)

    Dim DialString As String, FromModem As String, dummy As String

    DialString = "ATDT" + Number + ";" + vbCr

    MSComm1.CommPort = 1
    MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    On Error Resume Next
    MSComm1.PortOpen = True
    If Err Then
       MsgBox "COM" & MSComm1.CommPort & ": not available. Change the
CommPort property to another port."
       Exit Sub
    End If


    MSComm1.InBufferCount = 0


    MSComm1.Output = DialString


    Do
       dummy = DoEvents()

  If MSComm1.InBufferCount Then
          FromModem = FromModem + MSComm1.Input

          If InStr(FromModem, "OK") Then

             Beep
             MsgBox "ขณะนี้กำลังอยู่ในสาย กด OK เพื่อวางสาย"
             Call Time_Off
             Set CnADO = New ADODB.Connection
            CnADO.ConnectionString = "Provider=SQLOLEDB;Data
Source=OEMPROJECT;User ID=sa;Password=;Initial Catalog=finger"
            CnADO.Open
             Set RsADO = New ADODB.Recordset '"
            RsADO.Open "select * from dataphone", CnADO
            CnADO.Execute "insert into dataphone
(ID,FNAME,SURNAME,time_call,time_end,dat_on,numb_tel) values ('" &
verify.Numb.Text & "','" & fname.Caption & "','" & surname.Caption &
"','" & time_call.Caption & "','" & time_end.Caption & "','" &
date_on.Caption & "','" & numb_tel.Caption & "')"
            RsADO.Close
            CnADO.Close
            MSComm1.InputLen = 0
           dot(0).Visible = False
             Exit Do
          End If

       End If


  Loop


    MSComm1.Output = "ATH" + vbCr


    MSComm1.PortOpen = False

End Sub
Sub Time_On()
time_call.Caption = Format(Time, "HH:mm:ss")
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Time_Off()
time_end.Caption = Format(Time, "HH:mm:ss")
End Sub
Sub date_onn()
date_on.Caption = Format(Date, "dd/mm/yy")
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร สุทธิชัย นพนาคีพงษ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ พร้อมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้แก่ผู้จัดทำ

ขอขอบคุณ คุณนที อุ่นทอง คุณภานุพงศ์ นาคประทุม ตลอดจนเพื่อนๆ ภาคโทรคมนาคม ที่ให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขทฤษฎีในส่วนที่ผิดพลาดตลอดจนให้กำลังใจจนปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านบ้างไม่มากก็น้อย

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ดร.โกสินทร์ จำนงไทย และชัยชาญ,"วิธีการรู้จำลายนิ้วมือโดยใช้ตำแหน่งแยก",คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,หน้าที่ 641 - 645
2. W.J. Hankley and J.T. Tou,"Automatic fingerprint interpretation and classification via Ledley,D.K., Pollack and A.Rosenfeld,Eds.Washington,DC:Thompson,1968.pp. 411 – 456
3. B. Moayer and K.S Fu,"A syntactic approach to fingerprint pattern recognition,"Pattern Recognition, vol. 7 ,1975,pp. 1 -23
4. B. Kruse,"A parallel picture processing machine,"IEE Trans.Comput,vol.C-22,Dec.1973, pp. 1075 - 1087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้