

วิธีการรู้จำลายนิ้วมือโดยใช้ตำแหน่งจุดแยก
A METHOD OF FINGER-PRINT RECOGNITION
BY USING JUNCTION POSITION

ชัยชาญ มัคคุ่น

บริษัท เทเลคอมเอเชีย คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)

กรุงเทพฯ

โกสินทร์ จำนงไทย

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ

CHAICHAN MUKKUN

Telecomasia Corporation Public Co., Ltd.
Bangkok

KOSIN CHAMNONGTHAI

Electronics and Telecommunication
Engineering Department, KMIT Thonburi, Bangkok

บทคัดย่อ

ลายนิ้วมือเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล การรู้จำลายนิ้วมือเป็นวิธีการที่มีความน่าจะเป็นสูงในการพิสูจน์ว่าเป็นบุคคลใดได้ แต่ข้อมูลของลายนิ้วมือมีขนาดใหญ่มาก จำเป็นต้องมีการลดขนาดข้อมูลลายนิ้วมือเพื่อการรู้จำที่ถูกต้องและรวดเร็ว ในบทความนี้ขอเสนอวิธีการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือขนาดกะทัดรัดและวิธีการรู้จำลายนิ้วมือโดยใช้ระยะระหว่างตำแหน่งของจุดแยกต่าง ๆ บนลายนิ้วมือกับจุดต้นกำเนิดลายนิ้วมือ ซึ่งจากการสร้างระบบเก็บข้อมูลลายนิ้วมือและรู้จำลายนิ้วมือตามวิธีดังกล่าวและทดลองกับลายนิ้วมือ 50 คน ปรากฏว่ารู้จำถูกต้องร้อยละ 87.21 นับว่าเป็นผลการทดลองกับลายนิ้วมือจริงที่น่าพอใจ

SUMMARY

Finger-print is individual character of each person. The recognition of finger-print is a high possibility method for recognizing the person. But the information of finger-print is very large. So it needs to be compressed to make data-storing and recognition easy. This paper presented a method to compress finger-print data into compact size and a method to recognize the finger-print. This method was confirmed experimentally by 50 people, with the results showing accuracy rate of 87.21%.

บทนำ

ลายนิ้วมือเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละบุคคล การรู้จำลายนิ้วมือถูกนำไปใช้ในการทำแฟ้มประวัติอาชญากรรม การรับรองลายนิ้วมือซึ่งพิมพ์ในเอกสารสำคัญ เป็นต้น โดยในอดีต การรู้จักนิ้วมือจะใช้พนักงานตรวจสอบลายนิ้วมือเฉพาะ ซึ่งมีความชำนาญในการมองรูปแบบลายนิ้วมือ ทำการนำเอาลายนิ้วมือที่ต้องรู้ว่าเป็นของบุคคลใดมาเทียบกับลายนิ้วมือที่มีอยู่ในแฟ้มประวัติหรือฐานข้อมูล ซึ่งต้องใช้เวลาและทักษะของผู้ตรวจสอบมาก นอกจากนั้นการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือจะเก็บในลักษณะภาพ โดยมีได้มีการแปลงเป็นรหัสหรือดึงเอาเฉพาะคุณสมบัติพิเศษออกมา ทำให้มีขนาดฐานข้อมูลที่ใหญ่มาก

ในอดีต การรู้จำลายนิ้วมือต้องใช้คนที่มีความชำนาญพิเศษในการตรวจสอบและเก็บข้อมูล ความพยายามในการสร้างระบบรู้จำลายนิ้วมืออัตโนมัติได้เริ่มขึ้นในต่างประเทศ โดยจะมีลักษณะที่เมื่อระบบทำงานและตัดสินใจผลการรู้จำแล้ว จำเป็นต้องใช้คนตรวจเช็คขั้นสุดท้ายอีก แต่ปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะแปลงลายนิ้วมือให้เป็นรหัสที่มีขนาดของข่าวสารเล็ก และเมื่อต้องการใช้งานก็จะแปลงกลับให้เป็นลายนิ้วมืออีกครั้ง [1,2] ในประเทศไทยมีการพยายามนำเอาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาประยุกต์ในการสร้างระบบรู้จำลายนิ้วมืออัตโนมัติ [3,4] แต่ยังไม่มีการรู้จำลายนิ้วมือที่มีประสิทธิภาพเท่าเทียมผู้เชี่ยวชาญสามารถใช้งานได้จริง

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยพยายามดึงเอาคุณสมบัติพิเศษจริง ๆ ของแต่ละลายนิ้วมือออกมาแล้วแปลงเป็นรหัสเก็บไว้ในฐานข้อมูล เพื่อทำให้ขนาดของฐานข้อมูลเล็กลง และเมื่อต้องการรู้จำว่าเป็นลายนิ้วมือของบุคคล

ใดก็จะใช้ข้อมูลในการเปรียบเทียบน้อย ทำให้ใช้เวลาในการรู้จำที่สั้นขึ้น โดยบทความนี้จะเสนอวิธีการรู้จำลายนิ้วมือโดยใช้ระยะระหว่างจุดแยกต่าง ๆ กับจุดศูนย์กลาง ในวิธีการนี้ขั้นแรกจะกำหนดจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ แล้ววัดระยะจากจุดศูนย์กลางไปยังจุดแยกต่าง ๆ ตามลำดับ เพื่อแปลงเป็นรหัสแสดงคุณสมบัติของลายนิ้วมือนั้น และทำการรู้จำโดยเปรียบเทียบรหัสที่ได้กับรหัสที่ถูกบันทึกในฐานข้อมูล ก็จะได้ผลการรู้จำเป็นชื่อของเจ้าของลายนิ้วมือ ในโครงการนี้ได้มีการสร้างระบบสำหรับทดลองเพื่อพิสูจน์ประสิทธิภาพของวิธีการดังกล่าว และจากผลการทดลองกับลายนิ้วมือคนไทย 50 คน ปรากฏว่ารู้จำได้ถูกต้องร้อยละ 87.21 นับเป็นผลการทดลองกับลายนิ้วมือจริงที่น่าพอใจ

1. แนวความคิดของวิธีการรู้จำลายนิ้วมือ

แต่เดิมในการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือจะเก็บทั้งภาพหรือในลักษณะข้อมูลภาพซึ่งมีขนาดของข้อมูลที่ใหญ่มาก แนวความคิดของวิธีการในบทความนี้เกิดจากจุดประสงค์ที่จะทำให้ข้อมูลลายนิ้วมือที่เก็บมีขนาดเล็กลง โดยเลิกการเก็บข้อมูลทั้งภาพ แต่ทำการประมวลผลภาพของลายนิ้วมือก่อน แล้วหาคุณสมบัติเฉพาะตัวของลายนิ้วมือ คุณสมบัติดังกล่าวที่ถูกนำมาใช้ในบทความนี้คือ ระยะและมุมระหว่างจุดศูนย์กลางกับจุดแยกต่าง ๆ และจุดปลาย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ตำแหน่งและทิศทางของจุดแยกและจุดปลายโดยอ้างอิงจากจุดศูนย์กลางดังแสดงในรูปที่ 1

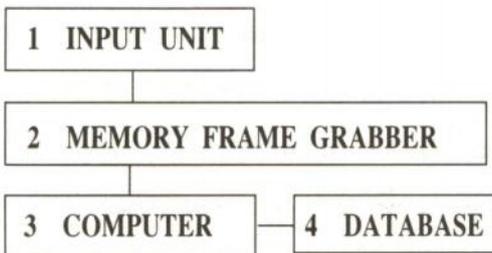
ดังนั้น ในบทความนี้กำหนดให้คุณสมบัติพิเศษดังกล่าวข้างต้นเป็นข้อมูลตัวแทนของลายนิ้วมือแล้วแปลงเป็นรหัสเพื่อการเก็บข้อมูลลายนิ้วมือและเพื่อการรู้จำลายนิ้วมือ



รูปที่ 1 ตัวอย่างลายนิ้วมือและคุณสมบัติพิเศษของลายนิ้วมือ

2. โครงสร้างระบบรู้จำลายนิ้วมือ

ระบบอ่านรู้จำลายนิ้วมือมีโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ดังแสดงในภาพข้างล่างดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 โครงสร้างระบบรู้จำลายนิ้วมือ

1. หน่วยป้อนข้อมูลภาพ โดยอาจจะเป็นสแกนเนอร์หรือเซ็นเซอร์อื่นๆ ซึ่งแปลงสัญญาณภาพให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อทำการประมวลผลต่อไป

2. หน่วยความจำข้อมูลภาพแบบดิจิทัล เป็นหน่วยที่จะรับข้อมูลภาพจากหน่วยป้อนข้อมูล และทำการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อเก็บไว้ในหน่วยความจำส่วนหนึ่ง และมีพื้นที่ความจำอีกส่วนหนึ่งเป็นพื้นที่สำหรับการประมวลผลภาพ

3. หน่วยประมวลผลภาพเป็นระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งจะทำหน้าที่ประมวลผลภาพที่ถูกป้อนเข้ามาเพื่อหารหัสแสดงคุณสมบัติพิเศษของลายนิ้วมือและทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลลายนิ้วมือซึ่งถูกเก็บไว้ในหน่วยฐานข้อมูลเพื่อทำการรู้จำลายนิ้วมือ

4. หน่วยฐานข้อมูล เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บรหัสของลายนิ้วมือและรายชื่อของเจ้าของลายนิ้วมือโดยตรงกับคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถเข้าไปหาชื่อเจ้าของลายนิ้วมือหรือเก็บข้อมูลลายนิ้วมือใหม่ทุกเมื่อ

3. ลำดับขั้นตอนของการรู้จำลายนิ้วมือ

ลำดับขั้นตอนของการรู้จำลายนิ้วมือ ดังแสดงในรูปที่ 3 มีลำดับดังนี้คือ

INPUT

Input image data

PRE PROCESS

A/D converting

Low pass filtering

Binarization

Thinning

RECOGNITION

Determining center

Comparison database

รูปที่ 3 ขั้นตอนการรู้จำลายนิ้วมือ

ขั้นตอน 1 การป้อนข้อมูลภาพ

เริ่มจากการป้อนภาพที่ถูกพิมพ์ด้วยหมึกโรเนียวลงบนกระดาษเข้าไปสู่ระบบการรู้จำลายนิ้วมือ โดยการใช้สแกนเนอร์ ข้อมูลภาพจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งแสดงความสว่างในแต่ละจุด ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำข้อมูลภาพแบบดิจิทัล

ขั้นตอน 2 การประมวลผลขั้นต้น (Pre-process)

ในขั้นตอนนี้ จะมีการประมวลผลเพื่อเป็นการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปที่พร้อมที่จะทำการรู้จำโดยมีการนำข้อมูลไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วข้อมูลนี้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการแปลงให้เป็น 2 ระดับหรือกำหนดให้ชัดเจนว่าเป็นสีขาวหรือสีดำ หลังจากนั้น ข้อมูลจะผ่านกระบวนการทำให้เส้นบาง (Thinning) เพื่อหาตำแหน่งที่แท้จริงของเส้น และเส้นที่มีความหนามากกว่า 1 พิกเซลก็จะถูกกำหนดตำแหน่งที่ควรจะเป็นด้วยพิกเซลใดพิกเซลหนึ่ง

ขั้นตอน 3 การรู้จำลายนิ้วมือ

การรู้จำลายนิ้วมือ เริ่มจากการกำหนดจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือและหาตำแหน่งจุดแยกของลายนิ้วมือ เมื่อได้ตำแหน่งของจุดทั้ง 2 ประเภทแล้ว จะทำการหาระยะห่างและมุมของแต่ละจุดแยกกับจุดศูนย์กลาง แล้วนำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบขึ้นเป็นรหัสเก็บลงในฐานข้อมูลโดยเก็บเรียงตามชื่อเจ้าของลายนิ้วมือ เมื่อมีลายนิ้วมือที่ต้องการจะรู้จำก็ใช้ลำดับขั้นตอนเดียวกันในการหารหัสและนำเอาไปเปรียบเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อหารหัสที่ตรงกัน

4. วิธีการรู้จำลายนิ้วมือ

วิธีการรู้จำลายนิ้วมือมีรายละเอียดโดยแบ่งเป็นหัวข้อตามขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

4.1 การผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ

กระบวนการนี้เป็นการกำจัดสัญญาณรบกวน ซึ่งเป็นตัวการทำให้ภาพมีความไม่เรียบ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงมากของสัญญาณแสดงแสงสว่าง จะทำให้สัญญาณภาพที่ผ่านกระบวนการต่อไปไม่มีลักษณะไม่ต่อเนื่องกัน และมีสภาพเป็นจุดต่างเป็นจำนวนมากซึ่งท้ายสุดจะก่อให้เกิดจุดปลายเส้นและจุดแยกเพิ่มขึ้น

โดยที่ความจริงไม่มีจุดเหล่านั้น

วิธีการของกระบวนการนี้ได้ปรับปรุงจากวิธีการผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ [5] โดยปรับปรุงให้สมการมีรูปร่างที่ง่ายขึ้นดังนี้

$$F_{x,y} = (1/9)(F_{x-1,y-1} + F_{x,y-1} + F_{x+1,y-1} + F_{x-1,y} + F_{x,y} + F_{x+1,y} + F_{x-1,y+1} + F_{x,y+1} + F_{x+1,y+1})$$

X \ Y		X		
		0	1	2
Y	0	1/9	1/9	1/9
	1	1/9	1/9	1/9
	2	1/9	1/9	1/9

รูปที่ 4 รูปแบบพิกเซล 3x3 สำหรับการกรองความถี่ต่ำจากการกรองความถี่ต่ำด้วยวิธีการดังกล่าว จะทำให้กำจัดสัญญาณรบกวนเลขฐาน 2 (Binary noise) ได้ด้วย ซึ่งสัญญาณรบกวนนี้จะปรากฏเป็นจุดขาวกระจายทั่วไปในภาพ

4.2 การแปลงข้อมูลให้เป็น 2 ระดับ

ในกระบวนการนี้จะกำหนดค่าเปลี่ยน (Threshold value) ที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ (3) แล้วใช้ค่าดังกล่าวในการกำหนดความสว่างของแต่ละพิกเซลให้เป็นขาวหรือดำ 2 ค่าเท่านั้น ทำให้เกิดความแน่ชัดของค่าความสว่างในแต่ละพิกเซลและสะดวกในการประมวลผลในกระบวนการต่อไป

4.3 การทำให้เส้นบาง

กระบวนการนี้เป็นการทำให้เส้นที่มีความหนาตั้งแต่ 2 พิกเซลขึ้นไปมีความหนาเหลือเพียง 1 พิกเซลโดยกำหนดพิกเซลที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของเส้นนั้นแล้วกำจัดพิกเซลอื่นออกไป

ในระบบของโครงการนี้ ได้ประยุกต์วิธีการทำให้เส้นบาง (6) โดยการจับคู่ (Template matching) กับรูปแบบดังแสดงในรูปข้างล่าง ถ้าตรงกับรูปแบบดังกล่าวก็จะกำจัดจุดนั้นออกไป แต่เนื่องจากวิธีเดิม(6) ต้องใช้หน่วยความจำข้อมูลภาพถึง 3 เฟรมทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลนาน ในวิธีการนี้จึงปรับปรุงโดยเรียงรูปแบบใหม่ทำให้ใช้กับหน่วยความจำข้อมูลภาพเพียง 1 เฟรมได้ รูปแบบที่ใช้ในวิธีการนี้มี 8 แบบดังแสดงในรูปที่ 5

การจับคู่จะใช้รูปแบบแต่ละรูปในการสแกนแต่ละแนวทางดังนี้

d1, e1 : สแกนซ้ายไปขวาโดยเริ่มจากบนลงล่าง

d2, e2 : สแกนจากขวาไปซ้ายโดยเริ่มจากบนลงล่าง

0	0	x
0	1	1
x	1	x

d1

x	0	0
1	1	0
x	1	x

d2

x	1	x
1	1	0
x	0	0

d3

x	1	x
0	1	1
0	0	x

d4

x	0	x
1	1	1
0	1	0

e1

x	1	x
1	1	0
x	1	x

e2

x	1	x
1	1	1
x	0	x

e3

x	1	x
0	1	1
x	1	x

e4

รูปที่ 5 รูปแบบสำหรับการจับคู่เพื่อให้เส้นบาง

0	0	0
1	1	1
0	0	0

0	0	0
0	1	0
1	0	1

0	0	0
1	1	0
0	0	1

0	0	0
0	1	1
1	0	0

0	0	0
1	1	0
0	1	0

0	0	0
0	1	1
0	1	0

รูปที่ 6 รูปแบบในการจับคู่หาจุดศูนย์กลาง

d3,3e: สแกนขวาไปซ้ายโดยเริ่มจากล่างขึ้นบน

d4, e4: สแกนจากซ้ายไปขวาโดยเริ่มจากล่างขึ้นบน โดยจะใช้รูปแบบ d ทั้ง 4 แบบก่อน แล้วจึงใช้รูปแบบ e ทั้ง 4 แบบ

4.4 การกำหนดจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ

ในบทความนี้กำหนดจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือเป็นจุดยอดหรือจุดวกกลับที่อยู่วงในที่สุด ในการกำหนดจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมือ ในบทความนี้ ในขั้นแรกจะทำการจับคู่หาจุดที่น่าสงสัยว่าจะเป็นจุดศูนย์กลางโดยใช้รูปแบบดังแสดงในรูปที่ 6

เมื่อได้จุดที่น่าสงสัยว่าจะเป็นจุดศูนย์กลางแล้ว จะตรวจเช็คดูว่าน่าจะเป็นจุดที่อยู่ในสุดและต่ำสุดหรือไม่โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับตำแหน่งของจุดรอบข้าง เมื่อกำหนดจุดดังกล่าวแล้วก็จะตรวจเช็คความเป็นจุดศูนย์กลางในขั้นสุดท้ายอีกครั้ง เนื่องจากมีจุดแยกบางจุดที่เมื่อถูกประมวลผลแล้ว เส้นบางส่วนขาดทำให้มีรูปร่างเหมือนจุดวงกลับดังในรูปข้างล่าง



รูปที่ 7 ตัวอย่างจุดแยกที่มีรูปร่างเหมือนจุดวงกลับ

ดังนั้นจึงทำให้การตรวจเช็คเส้นโค้งบนจุดที่สงสัยว่าจะเป็นจุดศูนย์กลาง ถ้ามีคุณสมบัติดังกล่าว และมีเส้นโค้งรอบด้านบนด้วย ก็จะกำหนดได้ว่าจุดนั้นเป็นจุดศูนย์กลางของลายนิ้วมืองแสดงในรูปข้างล่าง



รูปที่ 8 ตัวอย่างจุดวงกลับที่ถูกกำหนดให้เป็นจุดศูนย์กลาง

4.5 การหาจุดแยกและจุดปลาย

ในการหาจุดแยกและจุดปลาย(หลังจากผ่านกระบวนการทำให้เส้นบางแล้ว) กระทำโดยใช้รูปแบบดังแสดงในรูปข้างล่างในการจับคู่

1	0	1
0	1	0
0	1	0

s1

0	1	0
0	1	1
0	1	0

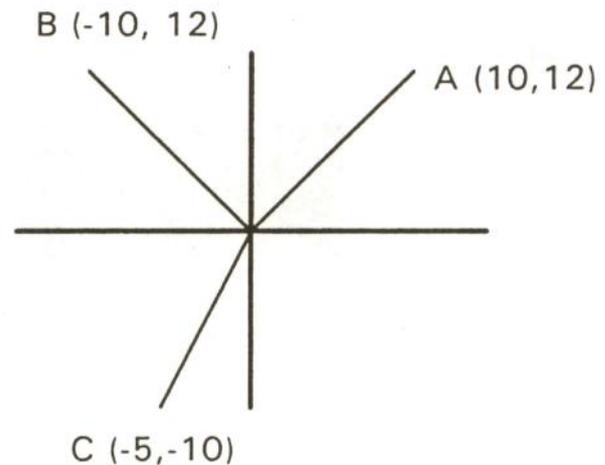
s2

รูปที่ 9 รูปแบบสำหรับการจับคู่หาจุดแยก

จากการหมุนรูปแบบ S1, S2 ทีละ 45 องศา จะได้รูปแบบทุกทิศทางรวมทั้งหมด 16 รูปแบบ เมื่อใช้ 16 รูปแบบดังกล่าวจับคู่กับพิกเซลต่าง ๆ ในภาพก็จะได้ตำแหน่งของจุดแยก

4.6 รูปแบบของฐานข้อมูล

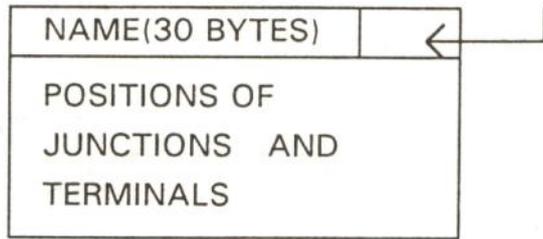
รหัสของลายนิ้วมืองถูกกำหนดโดยระยะห่างจากจุดศูนย์กลางถึงจุดแยก โดยเรียงจากทางขวามาซ้าย (A,C,B) ดังแสดงในรูปข้างล่าง



รูปที่ 10 การกำหนดรหัสของลายนิ้วมือง

ส่วนฐานข้อมูลจะประกอบด้วยข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลของลายนิ้วมืองแสดงในรูปที่ 11

LENGTH OF RECORD(2 BYTES)



รูปที่ 11 ฐานข้อมูลของลายนิ้วมือ

กล่าวคือจะประกอบด้วยชื่อของเจ้าของลายนิ้วมือ โดยในที่นี้กำหนดให้มีความยาวสูงสุด 30 ตัวอักษร(30 ไบต์) ความยาวของข้อมูลแสดงตำแหน่งจุดแยกและจุดปลาย(2 ไบต์) และตำแหน่งของจุดแยกโดยเก็บเป็นค่าตำแหน่งบนแกน x และ y รวมตำแหน่งละ 4 ไบต์โดยเรียงจากจุดแยกทางขวามือสุดไปยังซ้ายมือสุด

5. การทดลอง

เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการรู้จำลายนิ้วมือนี้ โดยโครงการนี้ได้สร้างระบบรู้จำลายนิ้วมือขึ้น โดยทำการสร้างฐานข้อมูลลายนิ้วมือของคนไทย 50 คน แล้วทำการทดลองดังแสดงในรูป 11 โดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1

ทำการทดสอบกับลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกัน แต่พิมพ์ลายนิ้วมือคนละครั้ง 10 ภาพ

ผลการทดลองปรากฏว่า ระบบรู้จำได้ถูกต้อง 9 ภาพ

การทดลองที่ 2

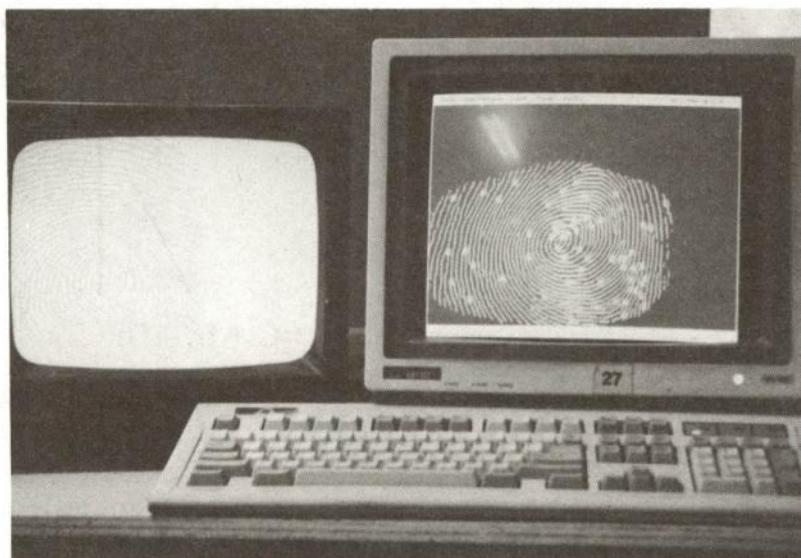
ใช้ลายนิ้วมือของบุคคลที่มีรายชื่ออยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด 50 คน เป็นจำนวนภาพลายนิ้วมือ 86 ภาพ ทำการทดสอบการรู้จำ

ผลการทดลองปรากฏว่า ระบบรู้จำได้ถูกต้อง 75 ภาพ คิดเป็นร้อยละ 87.21

การทดลองที่ 3

ใช้ลายนิ้วมือของบุคคลที่ไม่มีรายชื่ออยู่ในฐานข้อมูล รวมภาพลายนิ้วมือ 30 ภาพ ทำการทดสอบการรู้จำ

ผลการทดลองปรากฏว่า ระบบรู้จำว่าไม่ใช่บุคคลในฐานข้อมูลได้ถูกต้อง 20 ภาพ คิดเป็นความถูกต้องร้อยละ 66.67



รูปที่ 12 ระบบสำหรับการทดลอง

6. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่กล่าวในบทที่ 5 สามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการผิดพลาดได้ตามหัวข้อการทดลองดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1

ในการทดลองกับบุคคลเดียวกันแต่พิมพ์ลายนิ้วมือ 10 ครั้ง แต่ระบบทำการรู้จำได้ถูกต้อง 9 ภาพ สำหรับ 1 ภาพที่ระบบทำการรู้จำผิด สันนิษฐานได้ว่าเกิดจากการกดพิมพ์ลายนิ้วมือที่ไม่แรงพอ ทำให้เส้นของลายนิ้วมือบางส่วนขาดหายไป เป็นผลให้ได้จุดแยกน้อยเกินไป เมื่อทดลองใช้เอดิเตอร์(editor)เขียนเส้นที่ขาดหายไป แล้วให้ระบบทำการรู้จำอีกครั้ง ปรากฏว่ารู้จำได้ถูกต้อง จึงสามารถกล่าวได้ว่า ถ้ามีการพิมพ์ลายนิ้วมืออย่างถูกต้องแล้ว ระบบสามารถรู้จำได้

การทดลองที่ 2

ข้อผิดพลาดของการทดลองที่ 2 เกิดจากการพิมพ์ลายนิ้วมือที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดผลเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1 และเมื่อใช้เอดิเตอร์ต่อเส้นที่หายไป ระบบก็สามารถรู้จำได้อย่างถูกต้อง

นอกจากนี้ยังมีบางส่วนที่รู้จำผิดพลาดเพราะกำหนดจุดศูนย์กลางได้ไม่ถูกต้อง สันนิษฐานได้ว่าเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. การกำหนดค่าเปลี่ยน(threshold) ที่ไม่เหมาะสม ทำให้ลายเส้นบริเวณที่น่าจะเป็นจุดศูนย์กลางซึ่งมีความเข้มของเส้นไม่มากนัก ถูกกำหนดให้เป็นสีขาวทำให้การกำหนดจุดศูนย์กลางกระทำอย่างไม่ถูกต้อง

2. การพิมพ์ลายนิ้วมือที่ไม่เหมาะสม ทำให้หมึกและบริเวณที่น่าจะเป็นจุดศูนย์กลาง บางครั้งทำให้ระบบหาจุดแยกได้มากกว่าจำนวนจริง (ผลการทดลองที่เกิดจากสาเหตุนี้มี 6 ภาพ) และบางครั้งเมื่อกดด้วยน้ำหนักที่ไม่เหมาะสม ก็จะทำให้เส้นลายนิ้วมือไม่ชัดเท่าที่ควร

จากสาเหตุดังกล่าว 2 ข้อ สามารถทำการแก้ไขได้โดยการใช้เอดิเตอร์ช่วยต่อเส้นที่ไม่สมบูรณ์ แต่ในขั้นตอนต่อไป สมควรมีการพิจารณาวิธีการต่อเส้นลายนิ้วมือที่ขาดและการกำจัดจุดแยกที่ไม่ถูกต้องโดยระบบอัตโนมัติ

การทดลองที่ 3

ผลการทดลองกับบุคคลที่ไม่มีลายนิ้วมืออยู่ในฐานข้อมูล มีอัตราความถูกต้องในการรู้จำที่ค่อนข้างต่ำ เมื่อตรวจสอบลายนิ้วมือที่รู้จำผิดพลาดแล้ว บางส่วนเกิดจากสาเหตุเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1 และ 2 แต่การทดลองที่ 3 นี้มีความสำคัญสำหรับการนำไปใช้งานจริง เพราะการรู้จำที่ผิดพลาดอาจก่อให้เกิดปัญหาลังคมได้ ดังนั้นในการวิจัยขั้นต่อไป นอกจากจะต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลขั้นต้นให้ดีขึ้นแล้ว จำเป็นที่จะต้องมีการเพิ่มฟังก์ชันในการตรวจเช็คขั้นสุดท้ายอีกก่อนที่จะสรุปเป็นผลการรู้จำของระบบ หรืออาจจำเป็นต้องประเมินค่าผิดพลาดที่แน่นอนของระบบนี้ เพื่อให้ผู้ใช้ไม่เชื่อถือระบบเกินความสามารถจริง

7. สรุป

บทความนี้ได้เสนอวิธีการรู้จำลายนิ้วมือโดยใช้ตำแหน่งจุดแยกและจุดปลาย ซึ่งจากผลการทดลองกับระบบที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้ ระบบสามารถทำการรู้จำได้ถูกต้องร้อยละ 90 ของลายนิ้วมือคนเดียวกันแต่พิมพ์คนละครั้ง และร้อยละ 87.21 สำหรับการรู้จำลายนิ้วมือของบุคคลที่มีการบันทึกลายนิ้วมืออยู่ในฐานข้อมูล ส่วนการรู้จำกับบุคคลที่ไม่มีการบันทึกลายนิ้วมือไว้ก่อนรู้จำได้ถูกต้องร้อยละ 66.67 นับว่าเป็นผลการทดลองกับลายนิ้วมือจริงที่น่าพอใจ

8. บรรณานุกรม

1. Michio Yamada, Norio Itoh and Hideyoshi Tominaga, *On a High*

- Efficient Data Compression for Fingerprint Image File by Extracting Significant Point in the Image*, The Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Vol. J76, D-II No.3 pp.547-556. (March 1993)
2. Michio Yamada, Norio Itoh and Hideyoshi Tominaga, *A Study on Pseudo Coding of Thinned Fingerprint Image Using Fractal Curve*, The Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Vol. J76, D-II No.3 pp.807-811 (March 1993)
 3. ครรชิต ไมตรี, อัศวิน วัฒนะทรัพย์, สุขสฤติ สุขใจ, การหาฮิสโตแกรมค่านวนทิศทางของลายพิมพ์นิ้วมือการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 15 , D-11, 3-4 ธันวาคม 2535.
 4. มัชวาน จันทรกอสอ, เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์, การจดจำรูปแบบลายนิ้วมือ, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15, D-13, 3-4 ธันวาคม 2535
 5. Anil K. Jain, *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice Hall International, 1989.
 6. Ben-Kwei Jan, Roland T Chin, Analysis of Thinning Algorithms Using Mathematical Morphology, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol. 12. No 6, June 1990.