การประมวลผลภาพตำแหน่งนิ้วมือสัมผัสสำหรับการพัฒนาระบบมัลติทัช

ธีรวิทย์ อัศวศิลปกุล[*] กัลยา ธนาสินธ์[*]
ธีรถวัลย์ ปานกลาง[**] อมรรัตน์ คำบุญ[**]

[*]สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ
[**]สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ
Corresponding author e-mail : teerawit131@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบมัลติทัช โดยอาศัยหลักการประมวลผลภาพทำการวิเคราะห์ภาพที่เกิดจากเทคนิคส่องสว่างแบบ Diffused Illumination (DI) เพื่อให้ได้ตำแหน่งนิ้วมือสัมผัส ในการทดลองประสิทธิภาพของระบบต้นแบบที่มีขนาดพื้นที่สัมผัส 30 นิ้ว (ตามขนาดเส้นทแยงมุม) พบว่าระบบสามารถระบุตำแหน่งนิ้วมือสัมผัสได้พร้อมกัน 30 จุดสัมผัส และสามารถตรวจจับความเร็วของนิ้วมือที่เคลื่อนที่ได้ด้วยอัตราเร็วภาพเท่ากับ 120 ภาพต่อวินาที

คำสำคัญ : การประมวลผลภาพ/ มัลติทัช/ ระบบการมองเห็นของกล้อง/ วิธีการส่องสว่างของแสงอินฟราเรด

Finger Touch Position Image Processing for Multi-touch System

Teerawit Assawasillapakul[*] Kanlaya Thanasin[*]
Theerathawan Panklang[**] Amonrat Khambun[**]

[*]Computer Electronics Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok
[**]Apply Physics Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok
Corresponding author e-mail : teerawit131@hotmail.com

Abstract

This research presents the development of multi-touch system. The image processing procedure is used to analyze images from Diffused Illumination lighting technique for finger touch detection. The experiments showed that, the finger touch can be simultaneously tracked down up to 30 touch-points with the speed at 120 frame/sec for an interactive screen of 30-inch diagonal working area.

Keywords : image processing/ lighting techniques/ multi-touch/ vision

บทนำ

ปัจจุบันการนำเทคโนโลยีมัลติทัช (Multi-touch technology) มาประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์รับสัมผัสนั้น ทำให้ผู้ใช้งานสามารถทำงานได้หลากหลายรูปแบบมากยิ่งขึ้น เป็นผลให้เกิดแนวคิดในการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีระบบรับสัมผัสแบบมัลติทัช กับจอภาพขนาดใหญ่เพื่อเพิ่มศักยภาพการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ใช้งาน แต่ในขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์ที่มีหน้าจอสัมผัสขนาดใหญ่นั้นจำเป็นต้องใช้ต้นทุนในการผลิตสูงและไม่สามารถผลิตในอุตสาหกรรมขนาดย่อมได้ ทำให้เกิดการคิดค้นวิธีการที่จะทำให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับการสร้างอุปกรณ์ด้วยวิธีการสร้างจอสัมผัสแบบธรรมดา ดังเช่นงานวิจัยของ Han ซึ่งใช้การประมวลผลภาพการสัมผัสบนพื้นผิวระนาบของวัตถุโปร่งใสแบบ Frustrated total internal reflection (Han, 2005) ทำให้สามารถสร้างระบบรับสัมผัสแบบมัลติทัชขนาดใหญ่รูปร่างโต๊ะด้วยต้นทุนต่ำ อีกทั้งระบบรับสัมผัสแบบมัลติทัชขนาดใหญ่ดังกล่าวยังสามารถพัฒนาได้โดยการใช้วิธีการส่องสว่างของแสงแบบ Diffused illumination (NUI group, 2012) หรือวิธีการส่องสว่างแบบ Diffused surface illumination (Roth, 2012) ซึ่งเป็นเทคนิคที่อาศัยการสะท้อนการส่องสว่างของแสงมาช่วยในการตรวจจับการสัมผัสของนิ้วมือและวัตถุให้ได้ประสิทธิผลที่ดียิ่งขึ้นได้

ด้วยเทคโนโลยีที่กล่าวมา ทำให้เกิดการวิจัยในสถาบันวิจัย สถาบันการศึกษา และบริษัทชั้นนำทางด้านอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างงานวิจัยและผลิตภัณฑ์ที่มีระบบมัลติทัชขนาดใหญ่ในการใช้งาน อาทิ งานวิจัย Fully liberating user experience: FLUX (Leitner, 2009) งานวิจัยโต๊ะประชุมคอมพิวเตอร์ Microsoft surface ของบริษัทไมโครซอฟท์ (Microsoft corporation, 2011) และงานวิจัยระบบการเชื่อมต่อแบบเน้นการสัมผัสพร้อมตอบกลับแบบสั่นสำหรับเรียนรู้ (นวคุณ ศรีบาง, 2553) เป็นต้น

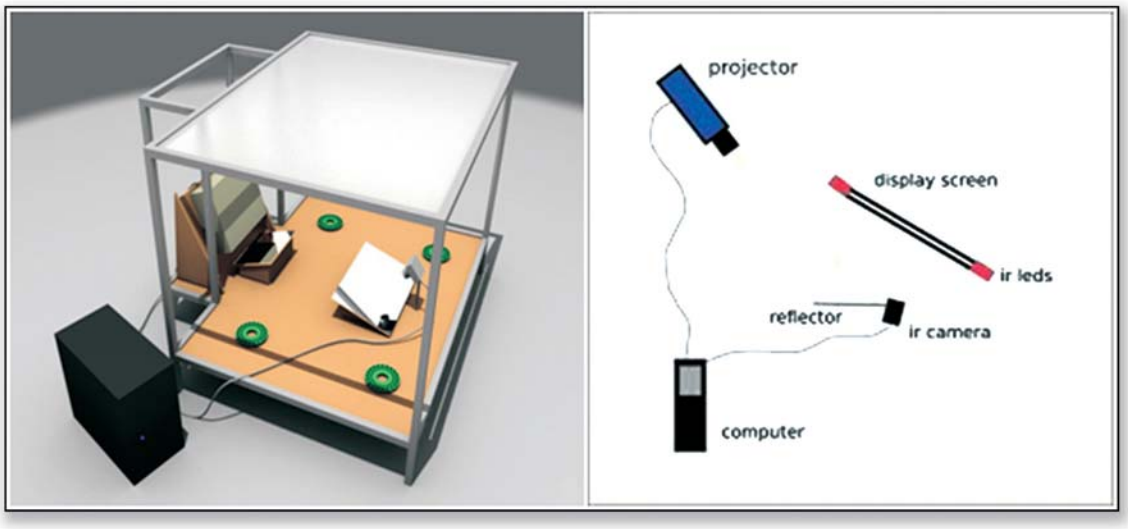
จากงานวิจัยดังกล่าว ทำให้เกิดแนวคิดในการสร้างระบบจำลองจอสัมผัส โดยการประยุกต์ใช้หลักการสะท้อนกลับของแสงเพื่อให้กล้องรับภาพของนิ้วมือสัมผัสบนหน้าจอ ซึ่งระบบดังกล่าวจะใช้ต้นทุนในการสร้างต่ำมากเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์จริง ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ระบบดังกล่าวมาพัฒนาเป็นอุปกรณ์ทางด้านสื่อประชาสัมพันธ์องค์กร หรือสื่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระบบจำลองจอสัมผัสขนาดใหญ่
2. เพื่อออกแบบระบบจำลองจอสัมผัสที่สามารถใช้งานได้เทียบเท่ากับจอสัมผัสจริงได้
3. เพื่อนำแบบจำลองระบบการรับสัมผัสมาใช้ในการพัฒนาระบบมัลติทัชให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

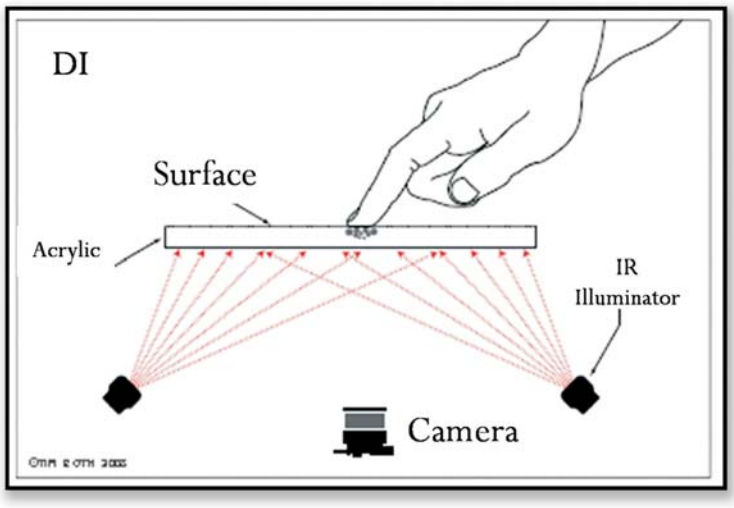
อันเนื่องมาจากงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาระบบรับสัมผัสแบบหลายจุด เพื่อใช้เป็นระบบพื้นฐานในการสร้างระบบจอสัมผัสขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบระบบจำลองที่สามารถรับการสัมผัสของนิ้วมือได้หลายจุดและมีระบบของการส่องสว่างของแสงอินฟราเรด รวมไปถึงอุปกรณ์ในส่วนของการรับ - ฉายภาพเพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยทั้งหมดต้องติดตั้งอยู่ภายในระบบจำลองดังกล่าวทั้งสิ้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายโต๊ะเพื่อให้สามารถรองรับกับจุดมุ่งหมายและการทดลองในงานวิจัยนี้ได้ ซึ่งระบบจำลองดังกล่าวแสดงได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบจำลองการรับภาพสัมผัสของนิ้วมือ

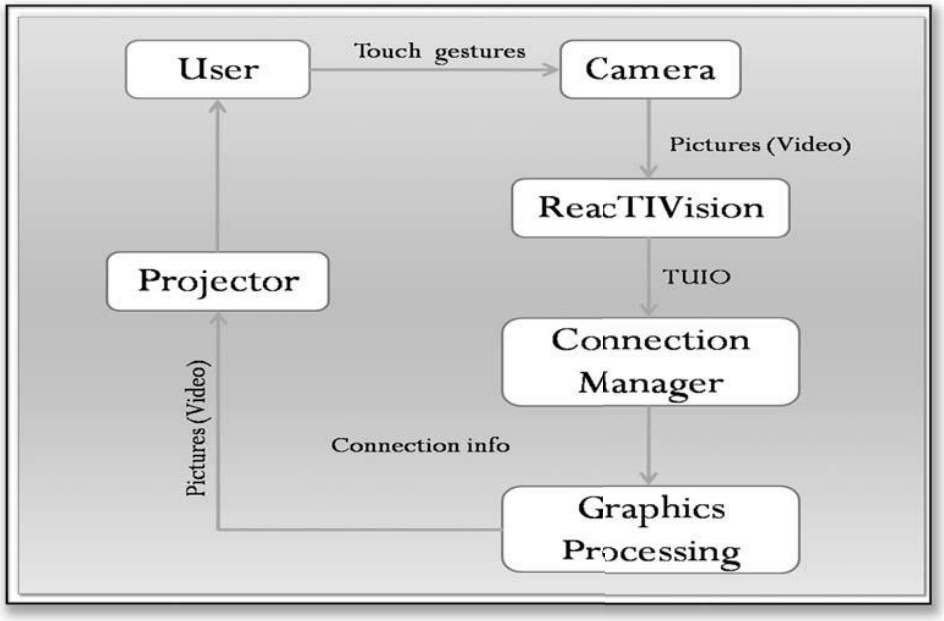
ทั้งนี้ในส่วนของการส่องสว่างของแสงในระบบ จำเป็นต้องใช้วิธีการที่แสงจะสะท้อนกับผิวสัมผัสของหน้าจอได้ครอบคลุมพื้นที่หน้าจอเท่านั้น เพราะแสงอาจจะสะท้อนกับวัตถุอื่นนอกเหนือจากบนหน้าจอได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือให้แสงสะท้อนกับวัตถุที่สัมผัสอยู่บนหน้าจอเพียงเท่านั้น

ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการส่องสว่างของแสง แบบ Diffused illumination (NUI group, 2012) เพราะสามารถควบคุมพื้นที่การส่องสว่างของแสงได้จากการติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงให้มีทิศทางการส่องสว่างแสงได้ตามต้องการ โดยหลักการทำงานเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการส่องสว่างของแสงแบบ DI สามารถแสดงได้ ดังภาพที่ 2

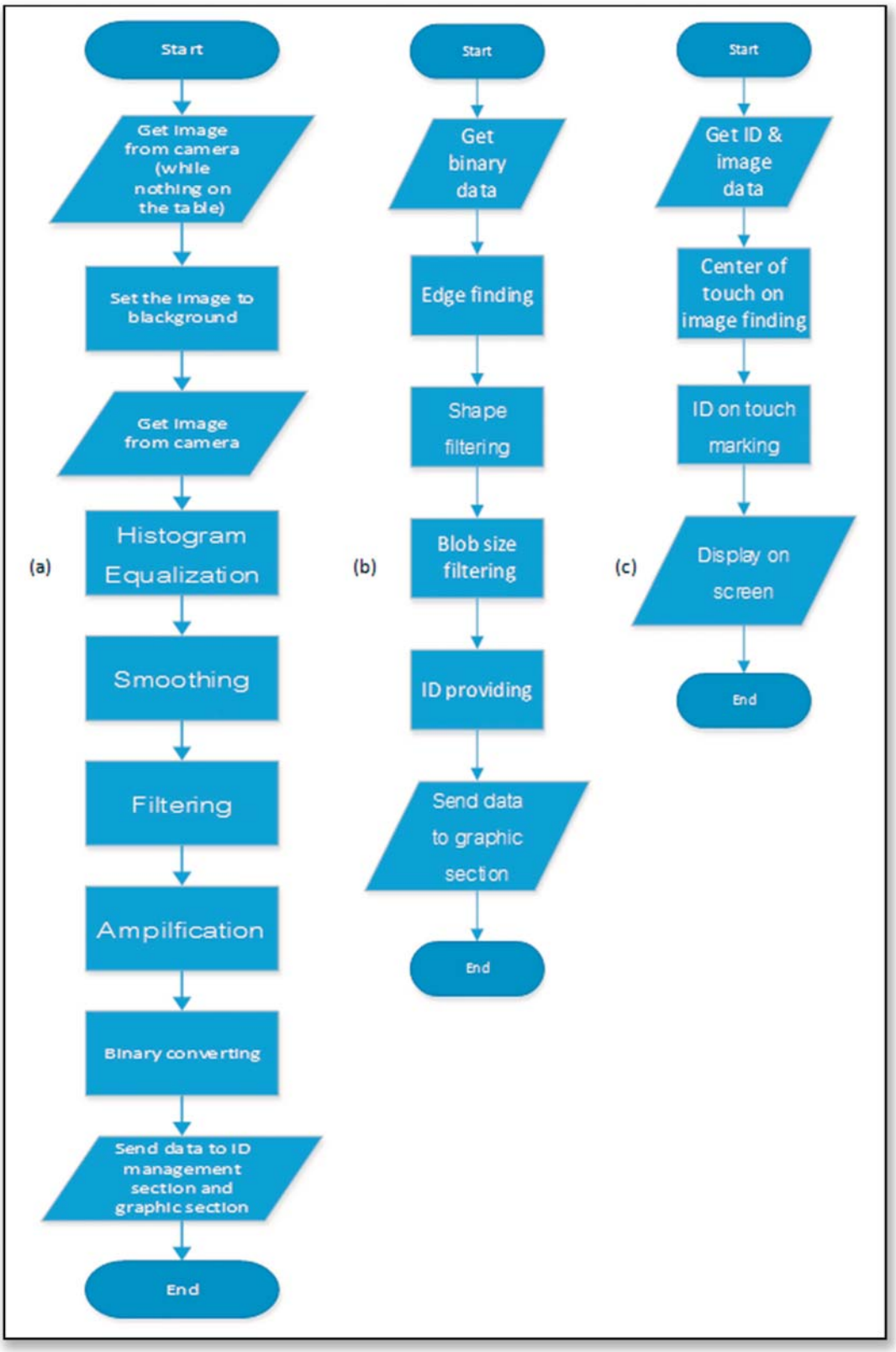


ภาพที่ 2 แสดงหลักการทำงานวิธีการส่องสว่างของแสงแบบ DI (Diffused illumination)

ในส่วนที่เหลือของระบบจะเป็นการรับภาพและฉายภาพ โดยอาศัยกล้องในการรับภาพ และโปรเจคเตอร์ในการฉายภาพบนหน้าจอ อีกทั้งต้องมีการเขียนชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผลภาพ ซึ่งอาศัยหลักการของการกรองภาพอันมีอยู่หลายวิธีการ วิธีการต่างๆ ที่ใช้จะต้องทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้เหลือแค่เพียงภาพสีขาวดำของนิ้วมือสัมผัสกับหน้าจอเท่านั้น จากนั้นระบบจะวิเคราะห์ว่าขนาดจุดสีขาวที่เป็นตำแหน่งของการสัมผัสนั้น มีขนาดเท่ารอยสัมผัสของนิ้วมือหรือไม่ แล้วจึงส่งข้อมูลให้โปรเจคเตอร์ฉายภาพกราฟิก แสดงภาพให้ผู้ใช้งานได้ ผังการทำงานดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3 และแผนผังการทำงานโปรแกรมในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ผังการทำงานของระบบการรับภาพและฉายภาพ

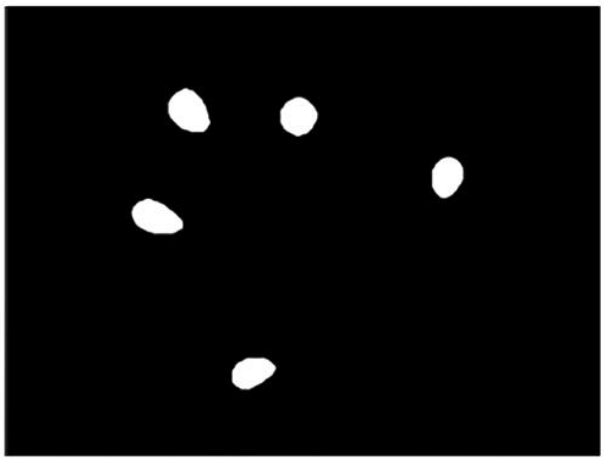


ภาพที่ 4 แผนผังการทำงานของโปรแกรม
(a) ส่วนการรับภาพ (b) ส่วนการประมวลผลภาพ (c) ส่วนของการสร้างกราฟิก

หลังจากได้ภาพของรอยสัมผัสนิ้วมือบนหน้าจอจากกระบวนการกรองภาพมาแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าภาพของรอยนิ้วมือสัมผัสจะมีลักษณะใกล้เคียงกับภาพวงกลมหรือวงรี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเปรียบเทียบลักษณะของภาพวัตถุที่ต้องการ แล้วจึงมากำหนดขนาดของวัตถุอีกทีหนึ่งในภายหลัง เพื่อให้ได้ข้อมูลของวัตถุที่ต้องการจากภาพไปใช้งานได้ โดยวิธีการดำเนินการดังกล่าวสามารถแบ่งเป็นกระบวนการต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

วิธีการแปลงภาพให้เป็นภาพไบนารี

เป็นการแปลงภาพให้เป็นไบนารีเพื่อแปลงค่าภาพก่อนนำไปสู่กระบวนการประมวลผลภาพแบบดิจิตอล (Digital image processing) ที่ใช้ในงานวิจัยคือการใช้ค่าขีดเริ่ม (Threshold) การที่ภาพมีทั้งสีและลำดับชั้นของสี (Shade) ทำให้เกิดลวดลาย ซึ่งระดับความเข้มที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดลวดลายได้คือความเข้มสองระดับหรือที่เรียกว่า ไบนารี (Binary) ซึ่งส่วนใหญ่คือสีขาวดำและระดับความเข้มของสีขาวดำที่สามารถเก็บรายละเอียดของภาพได้หมด คือ ระดับ 256 ดังนั้นจึงต้องสร้างอัลกอริธึมเพื่อแปลงภาพให้มีระดับความเข้มสองระดับ ให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลภาพได้ โดยภาพที่ได้จะแบ่งแยกพื้นหลังกับวัตถุอย่างชัดเจน ทำให้สามารถนำภาพเฉพาะส่วนของวัตถุไปวิเคราะห์ประมวลผลภาพได้ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาพหลังจากผ่านกระบวนการแปลงเป็นภาพไบนารี

การหาขอบภาพ

เป็นการนำข้อมูลของตัวเลข 0 และ 1 จากภาพไบนารี ไปดำเนินการวิธีประมวลผลภาพเพื่อหาขอบภาพ ซึ่งการหาขอบภาพเป็นการหาขอบเขตของวัตถุภายในภาพ โดยขอบเขตของวัตถุจะมีความสำคัญมากที่สุด เพราะจะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถใช้ขอบภาพเป็นการหาจุดเด่นของวัตถุ ลักษณะที่โดดเด่นของวัตถุที่เรามองเห็นโดยทั่วไปก็คือ ส่วนที่เป็นสันหรือส่วนที่เป็นขอบของวัตถุ เมื่อมีแสงมากระทบก็จะมีความสว่างมากกว่าส่วนอื่น ดังนั้นลักษณะของขอบภาพที่ดีจะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

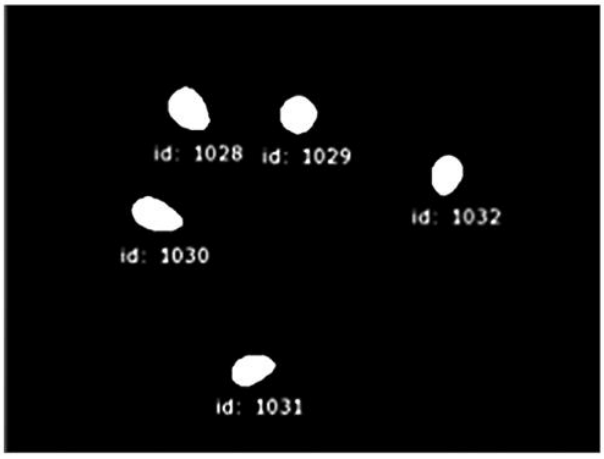
1. มีความบาง คือจุดที่เป็นขอบภาพจะต้องมีความกว้างเพียงจุดเดียวเท่านั้น

2. มีความต่อเนื่อง โดยจุดของขอบภาพในวัตถุเดียวกันมีความต่อเนื่องกัน ถ้าจุดที่เป็นขอบภาพมีอยู่เพียงจุดเดียวโดยไม่ต่อเนื่องกับจุดใดในย่านใกล้เคียงเลย อาจจะเป็นขอบภาพที่ไม่สมบูรณ์หรืออาจจะเป็นสัญญาณรบกวนได้

3. ตำแหน่งของจุดที่เป็นขอบภาพ ควรมีความเข้มของจุดภาพที่สูงกว่าจุดใกล้เคียง เมื่อได้ขอบของภาพมาแล้ว จะทำให้เราสามารถกำหนดตัวเปรียบเทียบของภาพ หรือได้อัลกอริธึมที่จะนำไปคัดกรองภาพในส่วนที่เราสนใจมาใช้งานต่อไปได้

วิธีการเปรียบเทียบรูปร่าง ขนาด และการกำหนดหมายเลขประจำภาพ

เป็นกระบวนการวิเคราะห์รูปร่างและขนาดของภาพที่ต้องการ เพื่อที่จะนำไปกำหนดหมายเลขประจำภาพนั้นๆ ต่อไป ในที่นี้จะใช้อัลกอริธึมในการเปรียบเทียบรูปร่างที่เป็นวงกลม และมีขนาดของภาพที่ต้องการประมาณเหรียญหนึ่งบาทไทยถึงขนาดประมาณเหรียญสิบบาทไทย (รัศมีวงกลม ประมาณ 1.00 - 1.30 เซนติเมตร) กับภาพนำเข้าที่มี จากนั้นในขั้นตอนสุดท้ายโปรแกรมจะกำหนดหมายเลขประจำภาพให้กับภาพแต่ละภาพ เพื่อใช้เป็นตัวแทนภาพในการนำไปใช้งานต่อไปได้ ดังภาพที่ 6

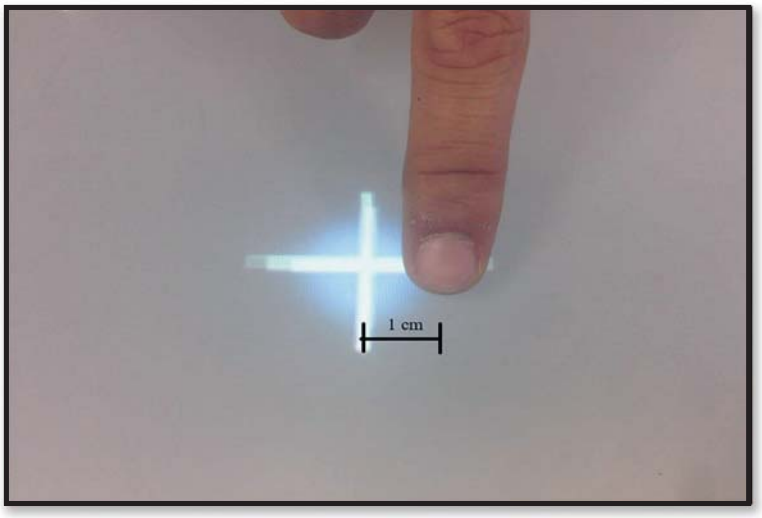


ภาพที่ 6 ผลลัพธ์สุดท้ายหลังจากการผ่านกระบวนการกำหนดหมายเลขประจำภาพ

จากภาพจะเห็นได้ว่ารอยสัมผัสนิ้วมือทั้งห้านิ้วถูกกำกับเลขประจำภาพไว้ โดยเลขประจำภาพดังกล่าวจะถูกสุ่มขึ้นมากำกับไว้จนกว่าภาพวัตถุนั้นๆ จะหายไปจากการรับภาพภายในช่วงเวลาที่กำหนด เมื่อมีภาพวัตถุนั้นๆ ปรากฏขึ้นมาใหม่ ก็จะมีหมายเลขประจำภาพกำหนดให้กับวัตถุนั้นๆ อีกครั้งเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ต่อไปจนกระทั่งปิดโปรแกรม ซึ่งเลขประจำภาพเหล่านี้จะถูกใช้เป็นตัวแทนในการดำเนินการสั่งงานการใช้งานโปรแกรมที่อ้างอิงกับระบบหน้าจอสัมผัสต่อไป

ผลการวิจัย

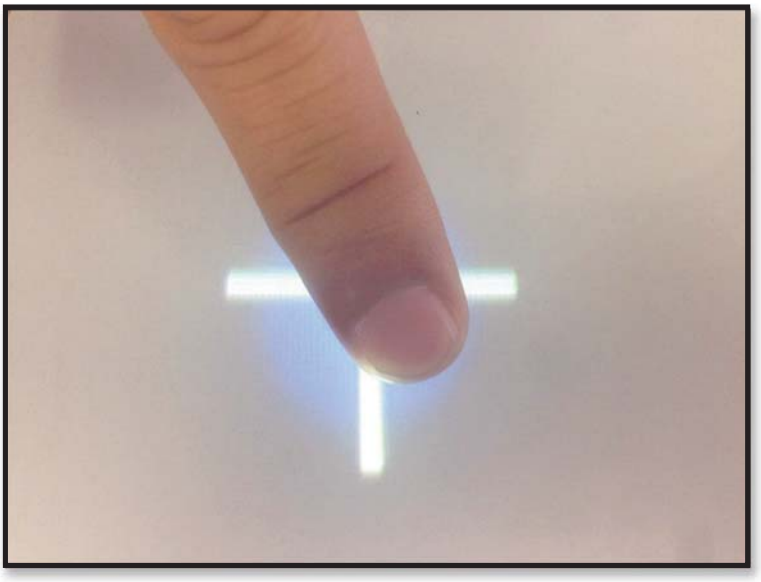
ในการทดลองผู้วิจัยได้สร้างภาพกราฟิกเป็นรูปเครื่องหมาย + เพื่อให้สามารถทราบตำแหน่งการสัมผัสที่ระบบรับรู้ ว่าตรงกับการสัมผัสของผู้ใช้งานได้อย่างชัดเจน และทำการทดลองใช้นิ้วมือสัมผัสที่ตำแหน่งต่างๆ บนระบบ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การทดลองวัดประสิทธิภาพความแม่นยำในการตอบสนองการสัมผัสของระบบ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ระบบรับรู้การสัมผัสคลาดเคลื่อนไปประมาณ 1 เซนติเมตร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับเทียบค่าในระบบใหม่ เพื่อแก้ไขความคลาดเคลื่อนดังกล่าว ทำให้ได้ผลการทดลองใหม่ ดังแสดงได้ในภาพที่ 8

ประสิทธิภาพของระบบจำลองที่ได้นั้นทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดหรือแนวทางในการประยุกต์ระบบในการสร้างสื่อที่ใช้ประชาสัมพันธ์ขนาดใหญ่ เช่น โต๊ะประชุม หรือบอร์ดโฆษณา เป็นต้น โดยทำการสร้างโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้งานระบบตามการใช้งานของผู้ใช้งานนั้นต่อไป



ภาพที่ 8 การทดลองวัดประสิทธิภาพความแม่นยำในการตอบสนอง
การสัมผัสของระบบ หลังจากการปรับเทียบค่าของระบบ

สรุปและอภิปรายผล

ระบบมัลติทัชจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น สามารถรับสัมผัสนิ้วมือผู้ใช้งานได้มากกว่า 30 ตำแหน่งพร้อมกัน บนพื้นที่การทำงานขนาด 80 x 60 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในด้านความถูกต้องในการแยกแยะการสัมผัสนิ้วมือออกจากวัตถุที่มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันบนพื้นที่ทำงานได้ โดยมีความแม่นยำในการตอบสนองทั่วบริเวณพื้นที่การทำงานของหน้าจอสัมผัส แต่ใช้การออกแบบแหล่งกำเนิดแสงที่ง่ายกว่าการสร้างระบบมัลติทัช ด้วยเทคนิคการส่องสว่างแบบ Frustrated total internal reflection (Han, 2005) อีกทั้งมีประสิทธิภาพความถูกต้องการตรวจจับวัตถุใกล้เคียงกับการสร้างระบบมัลติทัช ด้วยเทคนิควิธีการส่องสว่างแบบ Diffused surface illumination (Roth, 2012) ซึ่งระบบจะต้องทำการปรับเทียบตำแหน่งการสัมผัสก่อนเริ่มการใช้งานทุกครั้ง

เอกสารอ้างอิง

นวคุณ ศรีบาง. (2553). **ระบบการเชื่อมต่อแบบเน้นการสัมผัสพร้อมตอบกลับแบบสั่นสำหรับเรียนรู้.** สถาบันหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

Han, J. Y. (2005). **Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection.** UIST'05: Proceedings of the 18th annual ACM symposium onUser interface software and technology. New York, NY, USA: ACM Press.

Leitner, J., Powell, J., Brandl, P., Seifried, T., Haller, M., Doray, B., & To, P. (2009). **Flux: a tilting multi-touch and pen based surface.** ACM CHI EA 09.

Microsoft Corporation. (2011). **Microsoft Surface.** Retrieved June 16, 2012, from Microsoft.com® web site: http://www.microsoft.com/surface

NUI Group. (2016). **Diffused Illumination.** Retrieved February 11, 2016, from web site: http://wiki.nuigroup.com/Diffused_Illumination

Roth, T. (2012). **Dsi - diffused surface illumination.** Retrieved June 16, 2012, from web site: http://iad.projects.zhdk.ch/multitouch