การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา สำหรับผู้พิการทางแขน

The Development of Eyes Tracking System in Smartphone for Disabled Arm Person

ธิดารัตน์ ปิ่นทอง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปี พ.ศ. 2561

หัวข้อวิจัย การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา สำหรับผู้พิการทางแขน
ผู้วิจัย ธิดารัตน์ ปิ่นทอง
หน่วยงาน คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
ปี พ.ศ. 2562
แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1)เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบช่วยเหลือคนพิการทางแขน ในการใช้เครื่องทางอิเล็กทรอนิกส์สมาร์ทโฟน 2) เพื่อออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีในการตรวจจับและติดตามการเคลื่อนที่ของดวงตามนุษย์ ที่จะใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สมาร์ทโฟน กระบวนการวิจัยได้ใช้การประมวลผลภาพดิจิตอล ได้แก่ ตัวจำแนกของฮาร์ และ การหาบริเวณที่สนใจร่วมกับไลบรารี OpenCV มาช่วยในการคำนวนหาตำแหน่งและตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตา ในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์และดำเนินการจำลองเม้าด้วยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการวิจัยพบว่าการทำงานของระบบสามารถทำงานตรวจจับส่วนที่เป็นใบหน้าและค้นหาตำแหน่งที่เป็นดวงตาได้ถูกต้อง แม่นยำ และสามารถควบคุมการทำงานสมาร์ทโฟนผ่านดวงตาได้โช้เคอร์เซอร์ได้ตามต้องการ โดยในการทดสอบระบบครั้งนี้มีความถูกต้องของระบบอยู่ที่ร้อยละ 78

คำสำคัญ : สมาร์ทโฟน เทคนิคการประมวลผลภาพ ตัวจำแนกของฮาร์

Research Title : The Development of Eyes Tracking System in Smartphone for Disabled Arm Person
Researcher : Thidarat Pinthong
University : Faculty Management Science, Phetchaburi Rajahat University
Year : 2019
Source of Fund : NRCT, 2018

Abstract

This research objectives were to: 1) to analyze and design the system for assisting the disabled through the arms in using electronic devices and smart phones, and 2) to design and develop algorithms for detecting and tracking human eye movements. The Researchers use image processing techniques combined with Haar Classifier and Region of interest for control eye. The system designed to control the operation of the eyes to perform the functions of controlling the smart phone. The researcher simulating cursor with microcontroller. The result is showed that system can detect face and eye precisely. The accuracy of this test is 78%

Keyword : smartphone, image processing techniques, Haar Classifier

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยสำเร็จได้ด้วยความร่วมมือและการสนับสนุนอย่างดี และได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในด้านข้อมูล และข้อเสนอแนะ ทั้งผู้บริหาร คณาจารย์คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้คำปรึกษาและข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการทำการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนสำหรับการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีคุณประโยชน์ต่อเกษตรที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพของข้าวต่อไป

คณะผู้วิจัย
ธิดารัตน์ ปิ่นทอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (ข)
กิตติกรรมประกาศ ..... (ค)
สารบัญ ..... (ง)
สารบัญตาราง ..... (ฉ)
สารบัญภาพ ..... (ช)
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
ขอบเขตของการวิจัย 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
แนวคิดเกี่ยวกับหลักการประมวลผลภาพดิจิตอล 4
แนวคิดเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 6
แนวคิดเกี่ยวกับประมวลผลภาพเชิงดิจิทัล 7
แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีตัวจำแนกของฮาร์ 8
การหาบริเวณที่สนใจ 9
ไมโครคอนโทรลเลอร์ 10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 15
วิธีการดำเนินงานวิจัย 15
ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 17
เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา 17
กรอบแนวคิดของโครงการงานวิจัย 20
การพัฒนาระบบ 25
การทดสอบระบบและการประเมินประสิทธิภาพระบบ 26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 27
ผลการพัฒนาระบบ 27
ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบ 28
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 32
สรุปผลการวิจัย 32
ปัญหาและอุปสรรคที่พบ 33
ข้อเสนอแนะสำหรับพัฒนาต่อไป 33
บรรณานุกรม 34

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

3.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตาสำหรับผู้พิการทางแขน 18
4.1 แสดงผลทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับดวงตา 32
4.2 แสดงผลทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมเคอร์เซอร์ 32

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

2.1 OpenCV Overview..... 5
2.2 Android Application Framework 6
2.3 แสดงตัวอย่างการแปลงภาพอนาล็อกให้เป็นภาพดิจิทัล..... 8
2.4 แสดงลักษณะเด่นรูปแบบต่างๆ 9
2.5 ตัวอย่างการใช้ Feature ตรวจจับลักษณะต่างๆ..... 9
2.6 ตัวอย่างการระบุบริเวณที่สนใจด้วยเทคนิค ROI 10
2.7 Microcontroller Framework..... 10
3.1 Arduino Pro Micro..... 18
3.2 Wireless Serial 4 Pin Bluetooth..... 19
3.3 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์จำลองเคอร์เซอร์..... 19
3.4 แสดงกระบวนการทำงานโดยรวมของระบบ..... 20
3.5 แสดงกระบวนการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาในการควบคุมเคอร์เซอร์ 21
3.6 แสดงตัวอย่างการตรวจจับตำแหน่งของดวงตาโดยใช้ ClassifierCascade ของ openCV..... 23
3.7 แสดงตัวอย่างการระบุตำแหน่งของลูกตาดำโดยใช้เทคนิค Region of interest (ROI)..... 23
3.8 แสดงตัวอย่างการหาพิกัดเริ่มต้นที่ใช้อ้างอิงในการเคลื่อนที่ 25
4.1 หน้าจอเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ (User)..... 27
4.2 แสดงผลการรับภาพและการตรวจจับตำแหน่งดวงตา..... 28
4.3 แสดงการทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่ไปทางซ้าย..... 28
4.4 แสดงการทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่ไปทางขวา..... 29
4.5 แสดงการทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่ขึ้นบน..... 29
4.6 แสดงการทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่ลงล่าง..... 30
4.7 แสดงการทดสอบคลิก..... 30

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสารมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเรียนรู้และพัฒนาศักยภาพในด้านต่างๆ แต่ก็ยังมีกลุ่มคนบางประเภท อย่างเช่น คนพิการ ผู้ป่วย หรือคนที่มีสภาพร่างกายบกพร่อง มีปัญหาทั้งทางด้านบุคลิกภาพและการแสดงออก ซึ่งเป็นกลุ่มคนในสังคมที่ได้รับผลกระทบจากความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศ [1] ไม่ว่าจะเป็น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต อุปกรณ์เหล่านี้ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน จะเห็นได้จากข้อมูลแนวโน้มการใช้คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ตและโทรศัพท์มือถือ ในประชากรอายุที่มีตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไปในช่วงระยะเวลา 5 ปี ระหว่างปี 2552-2556 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พบว่าผู้ใช้คอมพิวเตอร์มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 35.0 (จำนวน 22.2 ล้านคน) ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.9 (จำนวน 18.3 ล้านคน) ผู้ใช้โทรศัพท์มือถือเพิ่มขึ้นร้อยละ 73.3 (จำนวน 46.4 ล้านคน) [2] จะเห็นได้ว่าตัวเลขของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือมีแนวโน้มสูงมากเนื่องจากโทรศัพท์ในปัจจุบัน นั้นถูกพัฒนาออกมาในรูปแบบของสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต ให้สามารถใช้งานได้หลากหลายเทียบเท่ากับคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นการสืบค้นข้อมูล การติดต่อสื่อสาร การทำธุรกรรมต่างๆหรือแม้กระทั่งการศึกษา อีกทั้งยังมีขนาดเล็กและสามารถพกพาได้สะดวก แต่เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้โดยทั่วไปนั้น ได้ถูกออกแบบ มาให้ควบคุมการทำงานด้วยมือ และนิ้วมือเป็นหลักเป็นซึ่งเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งกับ ผู้ที่มีความผิดปกติทางร่างกาย ผู้พิการ หรือเป็นอัมพาตที่ไม่ สามารถขยับแขน มือ หรือนิ้วมือ ทำให้บุคคลเหล่านี้ไม่สามารถใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศรวมถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกอื่นๆได้ดังเช่นคนปกติทั่วๆไป ทำให้สูญเสียโอกาสในหลายๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการศึกษา การทำงาน หรือแม้กระทั่งการใช้ชีวิตประจำวัน จากข้อมูลการจดทะเบียนคนพิการสะสมตั้งแต่วันที่ ณ วันที่ 1 กรกฎาคม 2556 ของสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ (ข้อมูลประมวลผลจากฐานข้อมูลกลางคนพิการ) พบว่าจำนวนคนพิการในทุกประเภทมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และในปี 2556 คนพิการที่อยู่ในระเภทความพิการทางการ เคลื่อนไหวหรือร่างกาย มีการจดทะเบียนคนพิการสูงสุด 639,303 ราย คิดเป็นร้อยละ 46.35 ของจำนวนคนพิการที่จดทะเบียนทั้งหมด[3] ผู้วิจัยจึงได้เกิดแนวคิดในการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยหรือผู้พิการเหล่านี้ ให้สามารถใช้งานสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตได้

เช่นเดียวกับคนปกติ โดยจะใช้ หลักการในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตา(Eye detection) ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เป็นหลักทดแทนการใช้มือ หรือนิ้วมือ
โครงการวิจัยนี้เสนอที่ทำการออกแบบและพัฒนาระบบช่วยเหลือคนพิการทางแขน เพื่อให้ผู้พิการทางแขน สามารถใช้เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต หรือแม้แต่เครื่องคอมพิวเตอร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบช่วยเหลือคนพิการทางแขน ในการใช้เครื่องทางอิเล็กทรอนิกส์สมาร์ทโฟน
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีในการตรวจจับและติดตามการเคลื่อนที่ของดวงตามนุษย์ที่จะใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์สมาร์ทโฟน

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา สำหรับผู้พิการทางแขน มีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1.ขอบเขตการทำงาน

1.1 สามารถค้นหาตำแหน่งของดวงตาจากลูกตาดำจากดวงตาและติดตามทิศทาง การเคลื่อนที่ของดวงตาได้แบบเรียลไทม์

1.2 สามารถควบคุมการทำงานของเคอร์เซอร์บนสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตได้ตามทิศทางการ เคลื่อนที่ของดวงตา ผู้ใช้งานบนแอพพลิเคชั่นทดสอบที่พัฒนาขึ้น

2.ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์

2.1 สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ตที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอย

2.2 จำลองอุปกรณ์เม้าโดยใช้บอร์ด Arduino และWireless , Bluetooth

3.ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์

3.1 ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอย

3.2 เครื่องมือสำหรับพัฒนาแอพพลิเคชั่นทดสอบ คือ Android Studio

3.3 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม คือ OpenCV และ Java

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาคำสั่งในการควบคุมเคอร์เซอร์ คือ Arduino

4. ขอบเขตด้านระยะเวลาในการศึกษา ระยะเวลาในการดำเนินการ 1 ปี ระหว่าง 1 ตุลาคม 2561 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2562

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้เทคนิคและขั้นตอนวิธีในการตรวจจับและติดตามการเคลื่อนที่ของดวงตามนุษย์
2. ได้เรียนรู้เทคนิคในการประยุกต์ใช้ชุดคำสั่งต่างๆที่มีอยู่ มาใช้ร่วมกับอัลกอลิทึ่มในการตรวจจับและติดตาม การเคลื่อนที่ของดวงตามนุษย์ให้สามารถนำมาใช้งานได้จริง
3. สามารถช่วยให้ผู้พิการทางแขนหรือมือ ให้สามารถใช้สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตได้อย่างสะดวกสบาย เช่นเดียวกับคนทั่วไป
4. สามารถนำไปต่อยอดในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยเหลืออื่นๆสำหรับผู้พิการหรือผู้ป่วยที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่ายกายในส่วนต่างๆ ได้ในอนาคต

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

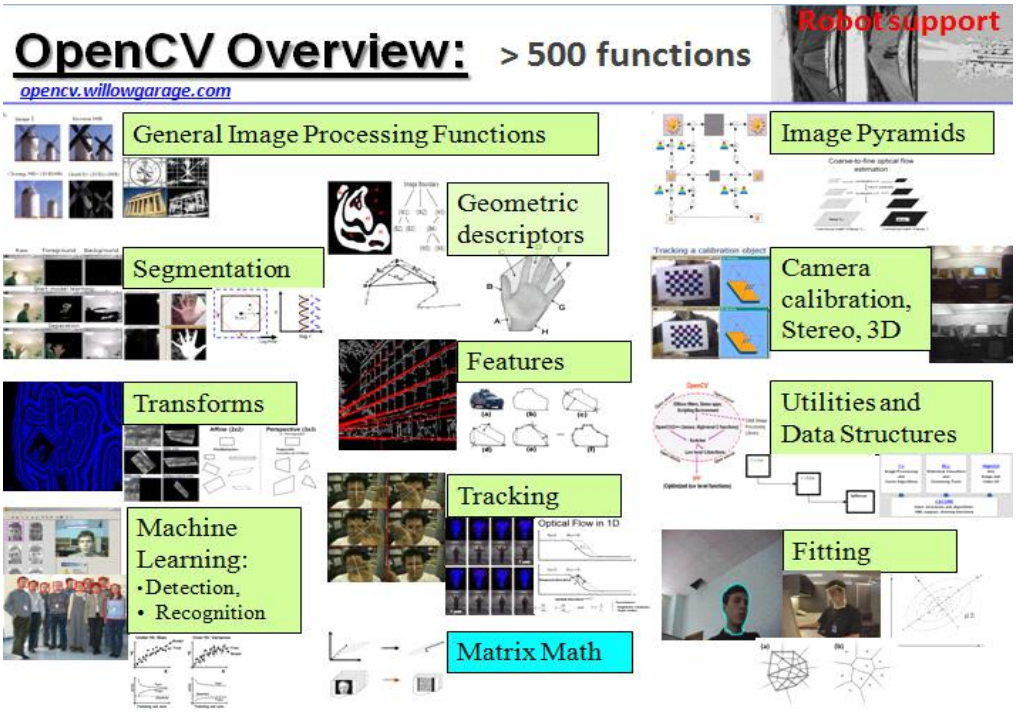
การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา สำหรับผู้พิการทางแขน ใช้แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับหลักการประมวลผลภาพดิจิตอล
2. แนวคิดเกี่ยวกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
3. แนวคิดเกี่ยวกับประมวลผลภาพเชิงดิจิทัล (Digital Image Processing)
4. แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีตัวจำแนกของฮาร์ (Haar-like feature)
5. การหาบริเวณที่สนใจ (Region of interest)
6. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับหลักการประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing)

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับ OpenCV (Open source Computer Vision)

OpenCV คือ ไลบารี่ที่เป็น open source ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมภาษา C, C++ และ Phyton ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ (Image Processing) และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) สามารถประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital) ได้ทั้งภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว มีฟังก์ชั่นสำเร็จรูปสำหรับจัดการข้อมูลภาพ และการประมวลผลภาพพื้นฐาน เช่น การหาขอบภาพ การกรองข้อมูลภาพ การตรวจจับลักษณะเด่นบนใบหน้า โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการทำงานได้แบบทันกาล (real time)



ภาพที่ 2.1 OpenCV Overview (ที่มา : opencv.willowgarage.com)

ประกอบด้วยไลบารี่ทั้งหมด 4 ประเภทดังนี้

CV : ใช้ในการประมวลผลและการวิเคราะห์รูปภาพ ฟังก์ชั่นส่วนใหญ่จะทำงานกับจุดภาพที่เป็นอาร์เรย์สองมิติ เช่น การหาขอบหรือมุม การทำฮิสโทแกรม (Histogram) เป็นต้น

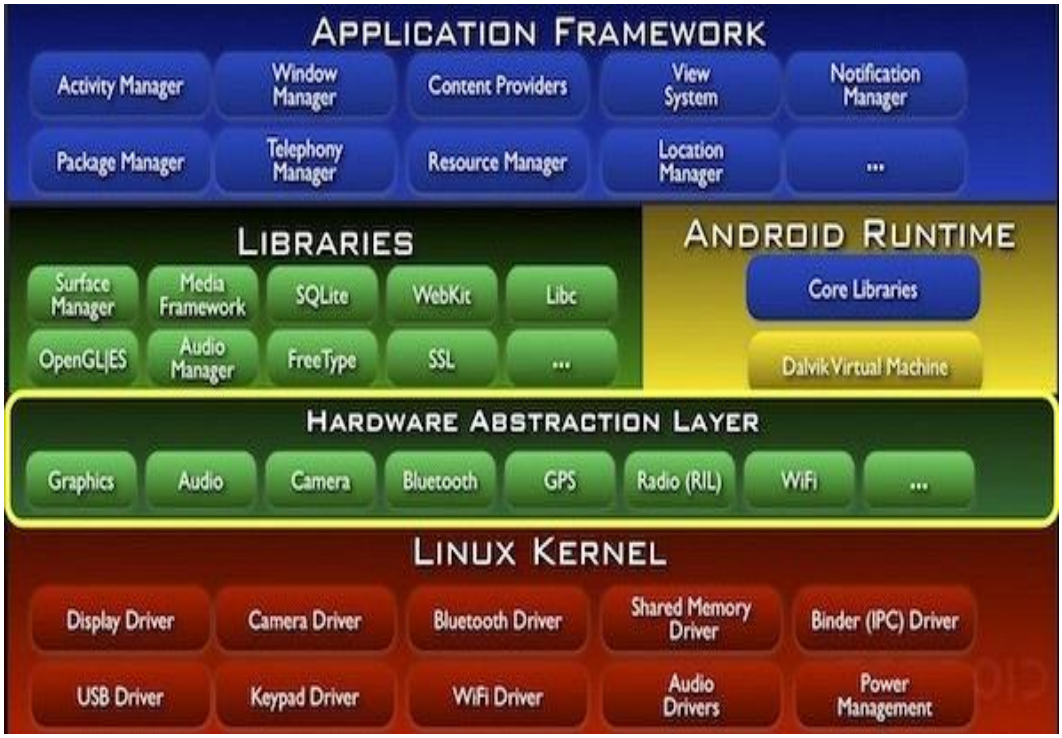
CXCORE : เป็นฟังก์ชั่นเบื้องต้นที่ใช้จัดการเกี่ยวกับจุด ขนาด อาร์เรย์ หน่วยความจำ คำสั่งในการวาดภาพ การประกาศตัวแปรภาพ เป็นต้น ตัวอย่างคำสั่งในการประกาศรูปภาพ คือ IplImage, CvMat, CvMatND

HighGUI : เป็นไลบรารีที่ใช้ในการดึงภาพ การบันทึกภาพ การติดต่อกับกล้องวีดีโอ (VDO) การสร้างหน้าต่างเพื่อแสดงภาพและทำลายภาพ การเปลี่ยนขนาดและเคลื่อนย้ายหน้าต่าง รวมไปถึงการ ตรวจสอบเมาส์ (Mouse) และแป้นพิมพ์

ML (Machine learning) : เป็นไลบรารีที่รวมคลาสและฟังก์ชั่นทางสถิติ (Statistics) การแยกคลาสและการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering)

2.2 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนามาจากการนำเอา แกนกลางของระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Kernel) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ออกแบบมาเพื่อทำงานเป็นเครื่องให้บริการ (Server) มาพัฒนาต่อ เพื่อให้กลายเป็นระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์พกพา (Mobile Operating System) ยกตัวอย่างเช่น สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต มีโครงสร้างการทำงานดังนี้



ภาพที่ 2.2 Android Application Framework (ที่มา: http://galleryandroid.com/android- development-framework/)

Application Framework เป็นส่วนที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมได้สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยนักพัฒนาไม่จำเป็นต้องพัฒนาในส่วนที่มีความยุ่งยากมากๆ เพียงแค่ทำการศึกษาถึงวิธีการเรียกใช้งาน Application Framework ในส่วนที่ต้องการใช้งาน แล้วนำมาใช้งาน ซึ่งมีหลายกลุ่มด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

- Activities Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จัดการเกี่ยวกับวงจรการทำงานของหน้าต่างโปรแกรม(Activity)
- Content Providers เป็นกลุ่มของชุดคำสั่ง ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของโปรแกรมอื่น และสามารถแบ่งปันข้อมูลให้โปรแกรมอื่นเข้าถึงได้

- View System เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการโครงสร้างของหน้าจอที่แสดงผลในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)

- Telephony Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลด้านโทรศัพท์ เช่น หมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น

- Resource Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็น ข้อความ, รูปภาพ

- Location Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ที่ระบบปฏิบัติการได้รับค่าจากอุปกรณ์

- Notification Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จะถูกเรียกใช้เมื่อโปรแกรม ต้องการแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน ผ่านทางแถบสถานะ(Status Bar) ของหน้าจอ

Libraries เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C/C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น Surface Manage จัดการเกี่ยวกับการแสดงผล, Media Framework จัดการเกี่ยวกับการการแสดงภาพและเสียง, Open GL | ES และ SGL จัดการเกี่ยวกับภาพ 3มิติ และ 2มิติ, SQLlite จัดการเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล เป็นต้น

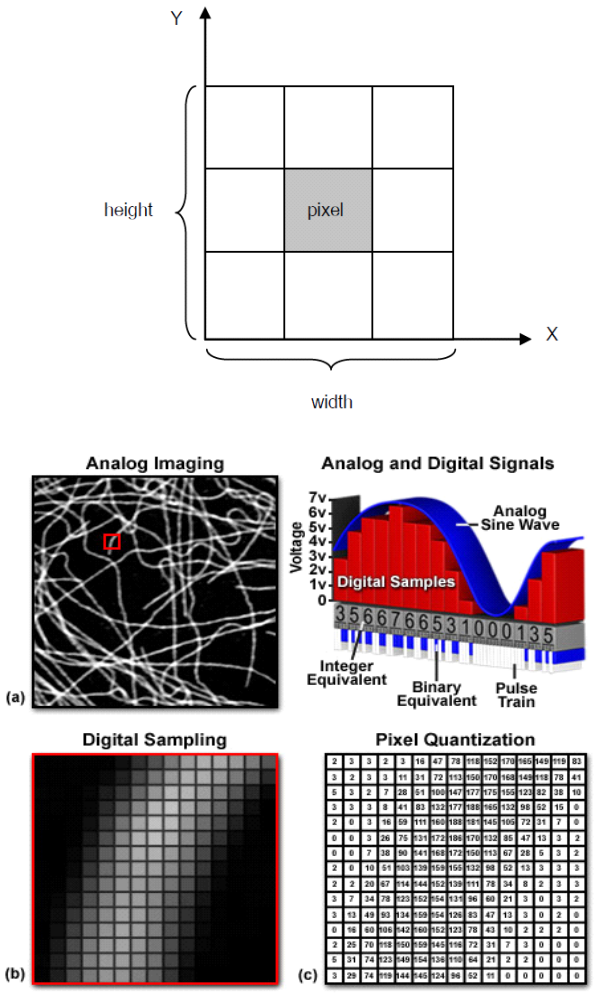
Android Runtime จะมี Darvik Virtual Machine ที่ถูกออกแบบมา เพื่อให้ทำงานบนอุปกรณ์ที่มี หน่วยความจำ(Memmory), หน่วยประมวลผลกลาง(CPU) และพลังงาน(Battery)ที่จำกัด ซึ่งการทำงานของ Darvik Virtual Machine จะทำการแปลงไฟล์ที่ต้องการทำงาน ไปเป็นไฟล์ .DEX ก่อนการทำงาน เหตุผลก็เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้งานกับ หน่วยประมวลผลกลางที่มีความเร็วไม่มาก ส่วนต่อมาคือ Core Libraries ที่เป็นส่วนรวบรวมคำสั่งและชุดคำสั่งสำคัญ โดยถูกเขียนด้วยภาษาจาวา (Java Language)

Hardware Abstraction Layer เป็นส่วนที่เชื่อมระบบปฏิบัติการเข้ากับฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกอีกทีหนึ่ง ทำให้สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆได้

Linux Kernel เป็นส่วนที่ทำหน้าที่หัวใจสำคัญ ในจัดการกับบริการหลักของระบบปฏิบัติการ เช่น เรื่องหน่วยความจำ พลังงาน ติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ความปลอดภัย เครือข่าย

2.3 ประมวลผลภาพเชิงดิจิทัล (Digital Image Processing)

ประมวลผลภาพดิจิทัล หมายถึง การแปลงข้อมูลรูปที่เป็นสัญญาณแอนะล็อกให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล เพื่อใช้ในการประมวลผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ และ ยังนำมาใช้ในการลดปัญหาของภาพเช่น ลดสัญญาณรบกวนภายในภาพเป็นต้น การแสดงภาพดิจิทัลในคอมพิวเตอร์นั้นใช้ระบบพิกัดเชิงพื้นที่ (Spatial coordinate) บนระนาบ 2 มิติ โดยใช้แกน X และแกน Y บ่งบอกถึงความกว้างและความยาวของภาพ ส่วนจุดใดๆ ที่อยู่บนระนาบ XY จะเรียกแทนพิกัดนั้นๆ ว่าจุดภาพ (pixel)

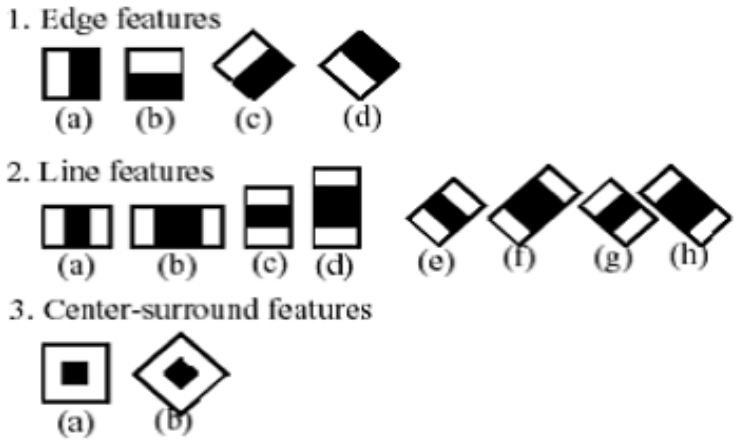


ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการแปลงภาพอนาล็อกให้เป็นภาพดิจิทัล

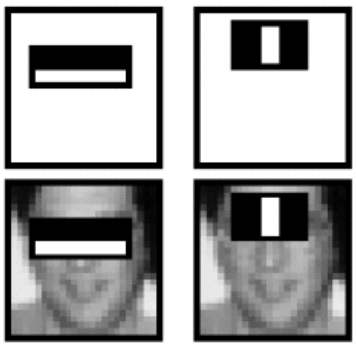
(ที่มา : http://learn.hamamatsu.com/articles/microscopyimaging.html)

2.4 ทฤษฎีตัวจำแนกของฮาร์ (Haar-like feature)

ตัวจำแนกของฮาร์ คือ ลักษณะบ่งชี้ที่นำไปใช้จำแนกและตรวจจับวัตถุภายในภาพ โดยจะสร้างพื้นที่รูปเหลี่ยม (Rectangle regions) ที่แสดงถึงผลต่างระหว่างพื้นที่ส่วนสีขาว และส่วนที่เป็นสีดำ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงขนาด และตำแหน่งได้ โดยลักษณะการทำงานคือ พื้นที่รูปเหลี่ยมจะเคลื่อนที่ไปบริเวณส่วนต่างๆ ของภาพ เพื่อคำนวณหาค่าที่อยู่ในกรอบบริเวณนั้นออกมาและนำค่าลักษณะบ่งชี้นั้นไปใช้คำนวณต่อไป



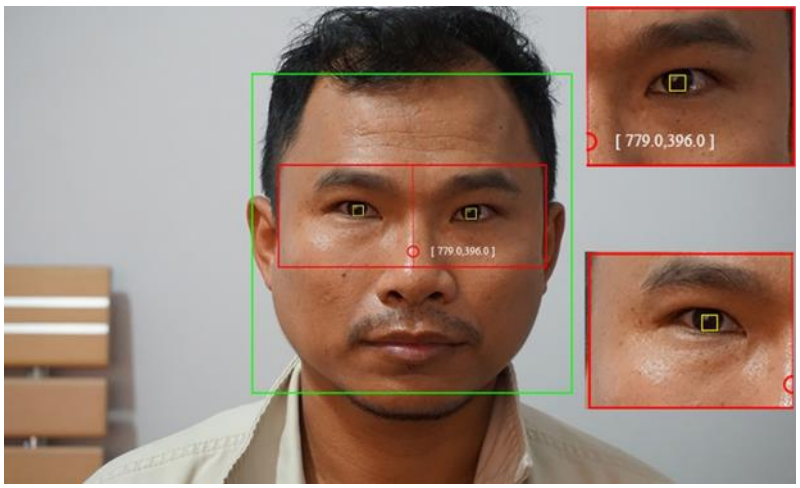
ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะเด่นรูปแบบต่างๆ (ที่มา : http://www.ijser.org/paper/Design-and-Implementation-of-Real-Time-Facial-Emotion-Recognition-System.html)



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างการใช้ Feature ตรวจจับลักษณะต่างๆ (ที่มา : http://startrinity.com/VideoRecognition/FaceDetection/FaceDetectionAlgorithm.asp)

2.5 การหาบริเวณที่สนใจ (Region of interest)

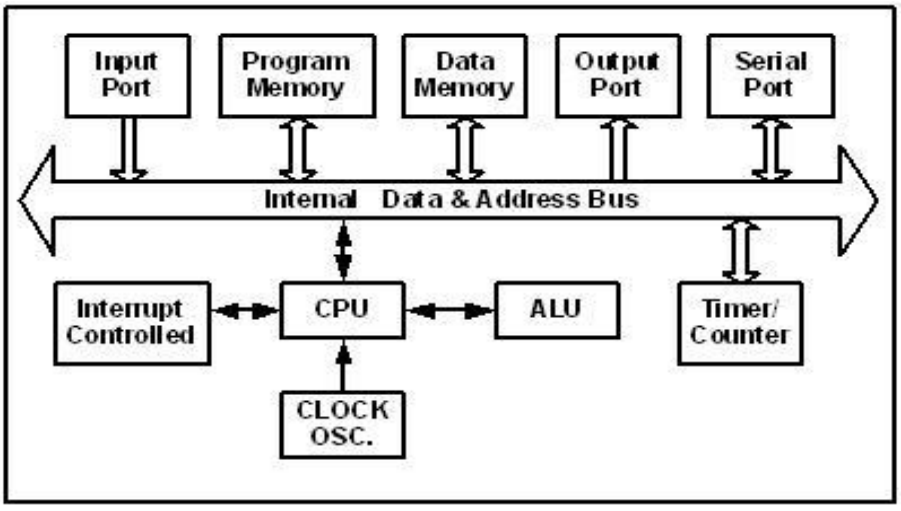
Region of interest คือบริเวณที่สนใจ อาจจะเป็นบริเวณใดภายในภาพก็ได้ โดยการตีกรอบล้อมรอบบริเวณที่สนใจ ด้วยวงกลม กรอบสี่เหลี่ยม หรือกรอบรูปเหลี่ยมใดๆ เพื่อนำภาพเฉพาะส่วนดังกล่าวมาประมวลผล หรือเปลี่ยนแปลงภาพตามต้องการ โดยไม่มีผลกระทบกับส่วนอื่นๆ



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างการระบุบริเวณที่สนใจด้วยเทคนิค ROI

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน โดยในงานวิจัยนี้ได้นำไมโครคอนโทลเลอร์มาใช้จำลองคำสั่งในการควบคุมการทำงานของเคอร์เซอร์บนอุปกรณ์



ภาพที่ 2.7 Microcontroller Framework (ที่มา: http://www.vcharkarn.com/blog/35955)

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

2.6.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์รับข้อมูลมาทำงาน ประมวลผลข้อมูลตามคำสั่งของโปรแกรม และส่งผลลัพธ์ออกไปหน่วยแสดงผล

2.6.2 หน่วยความจำ (Memory)

สามารถแบ่งออกเป็น ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของ เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Mempry) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

2.6.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port)

มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

2.6.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS)

คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

2.6.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ อาคม [4] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาอัลกอลิทึ่มเพื่อนำมาใช้ตรวจจับดวงตา ซึ่งจะใช้การตรวจจับภาพม่านตา โดยเน้นที่ การแบ่งสัดส่วนของดวงตากับม่านตาคือ เมื่อเราตรวจจับตำแหน่งของดวงตาได้แล้วส่วนของภาพในดวงตาที่มีความเข้มสีมากกว่า จะให้เป็นส่วนของม่านตา แต่การที่จะรู้ขนาดที่แน่นอนของม่านตาและดวงตาได้นั้น เป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากมีปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นระยะห่างระหว่างดวงตาและกล้อง ขนาดของดวงตา รวมถึงความเข้มแสงต่างๆ จึงได้มีการนำอัลกอลิทึ่ม Discrete Wavelet Transform เข้ามาคำนวณในการค้นหาตำแหน่งดวงตาที่ถูกต้องบนภาพ เพื่อนำมาใช้งานในโปรแกรมช่วยเหลือและป้องกันการหลับในของผู้ขับขี่ยานพาหนะ ซึ่งอัลกอลิทึ่มที่ใช้สามารถตรวจจับดวงตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ภาพที่จะทำการตรวจจับได้นั้นจะต้องเป็นภาพในช่วงเวลากลางวัน และไม่มีการสวมแว่นตาดำ

งานวิจัยของ Hoang Le, Thanh Dang และ Feng Liu [5] ได้เสนอเกี่ยวกับวิธีการตรวจจับการกระพริบตาด้วยแว่นตาอัจฉริยะ เพื่อแยกแยะว่าลักษณะอย่างไรบ้างจึงจะถือว่าเป็นการกระพริบตา ลืมตา หรือหลับตา โดยใช้เทคนิค Gradient Boosting (GB) ในการเทรนนิ่งข้อมูล หลังจากนั้นก็ทำการเปรียบเทียบกับชุดภาพถ่ายที่ได้จากแว่นตาอัจฉริยะ แต่ก็ยังพบปัญหาอยู่เนื่องจากบางครั้งภาพที่ได้เป็นภาพที่มืดทำให้ระบบไม่สามารถแยกแยะได้ ผู้วิจัยจึงเพิ่มเทคนิคในการค้นหาตำแหน่งของดวงตาโดยใช้เครื่องมือ Haar Cascade จาก OpenCV เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการประมวลผล โดยผลที่ได้ออกมามีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ

งานวิจัยของ YenWei Chen และ Kenji Kubo [6] ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนาระบบการตรวจจับใบหน้ารวมไปถึงตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตาที่มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วผ่านกล้อง webcam โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Gabor filter ซึ่งจะทำงานโดยเริ่มจากใช้ filter ผนวกกับข้อมูลสีในการตรวจจับพื้นที่ที่เป็นใบหน้า โดยจะเป็นรูปทรงเรขาคณิต จากโครงสร้างหน้าของมนุษย์ แล้วจึงตรวจจับต่อด้วยกระบวนการ Gabor filter จนครบทุกท่าทางการขยับใบหน้าที่ระบบได้ทำการจับภาพ จากนั้นระบบก็จะทำงานต่อเนื่องและแสดงผลการตรวจจับพื้นที่ที่เป็นใบหน้าออกมาทางหน้าจอมอนิเตอร์ที่ใช้งาน ผลการทดลองปรากฏว่าระบบสามารถตรวจจับใบหน้าได้อย่างแม่นยำ

งานวิจัยของ Sung-Uk Jung และ Jang-Hee Yoo[7] ได้นำเสนอวิธีเพิ่มคุณภาพในการตรวจจับดวงตา ด้วยการตัดสิ่งรบกวนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปโดยใช้วิธี SQI นอกจากนั้นการแปลงภาพให้อยู่ในรูปทรงสามมิตินั้นสามารถช่วยในการหาพิกัดของตำแหน่งดวงตาได้แม่นยำ รวมทั้งการนำ AdaBoostมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นสามารถช่วยระบุตำแหน่งของดวงตาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยของ Ziad O [9] ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยผู้ป่วยหรือผู้พิการที่ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ ซึ่งจะพัฒนาระบบการสื่อสารผ่านการควบคุมด้วยดวงตา โดยใช้ Matlab version 6.5 มาทำการคำนวณจุดที่คาดว่าจะเป็นดวงตา โดยมีการเทียบจากภาพในฐานข้อมูลของโปรแกรมเพื่อการตรวจสอบจับภาพ โดยใช้อัลกอริทึ่มเฉพาะในตัวของโปรแกรม Matlab หลังจากที่สามารถจับการเคลื่อนไหวของดวงตาได้แล้ว ในโปรแกรมบนจอมอนิเตอร์จะมีภาพ โดยที่อาจจะเป็นการ์ตูนหรืออิริยาบทต่างๆ มาแสดงให้เห็นบนจอ แล้วจะให้ทดลองเคลื่อนดวงตาไปมองยังภาพที่มีอิริยาบทที่ต้องการ ระบบจะจับจุดที่ดวงตาเคลื่อนที่ไปมองเทียบกับตำแหน่งในภาพบนมอนิเตอร์ แล้วจะมีเสียง หรือข้อความที่แสดงถึงความหมายของภาพออกมา จากการทดสอบผู้วิจัย ได้ผลการทดลองที่มีความแม่นยำในการแสดงผลอยู่ที่ 96.11 % และความแม่นยำในการทำงานซ้ำหลังจากการทำงานครั้งแรกอยู่ที่ 94.44% แต่ในการพัฒนาระบบจริงพบว่ามีหลายปัจจัย ที่มีผลต่อการทำงานของระบบ ตัวอย่างเช่น มุมกล้องในการจับภาพ ต้องให้ได้ระยะโฟกัสของกล้อง หรือต้องลดการเคลื่อนที่อื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับการขยับดวงตา เช่น การขยับหัว ของผู้ทดสอบ

งานวิจัยของ Vidas Raudonis, Rimvydas Simutis และ Gintautas Narvydas [10] ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาอุปกรณ์ในการทดลองโดยใช้แว่นตามาต่อเข้ากับกล้องเว็บแคมเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกขึ้น และลดระยะห่างเพื่อให้สามารถตรวจจับตำแหน่งของดวงตาได้ดีขึ้น โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Network) และเครื่องมือ MATLAB ในการแยกแยะลักษณะของดวงตาในแต่ละกลุ่มเพื่อใช้ตรวจจับตำแหน่งดวงตา และจากการทดสอบการใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตา พบว่าเครื่องมือสามารถทำงานได้ดี รวมถึงสามารถแยกแยะองค์ประกอบที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบติดตามดวงตา แต่ก็ยังพบข้อจำกัดบางประการเช่น ระบบยังตอบสนองได้ช้า กรณีถ้าผู้ใช้เปลี่ยนทิศทางสายตาเร็วเกินไประบบจะตอบสนองไม่ทัน รวมทั้งปัจจัยจากภายนอกเช่นแสงก็มีผลต่อการวิเคราะห์ผลข้อมูล

งานวิจัยของ Gerald Fritz และ Lucas Paletta[11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีระบบตรวจจับดวงตา(Eye Tracking) มาใช้วิเคราะห์งานวิจัยทางการตลาดเกี่ยวกับการสร้างสื่อโฆษณา หรือวีดีโอที่จะทำให้มีคนสนใจติดตาม โดยศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมในการมองและให้ความสนใจบนป้ายโฆษณาต่างๆบริเวณ ขน-ส่งสาธาณะ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมในการดวงจับความเคลื่อนไหวของดวงตาว่ามีการจับจ้องไปที่จุดใดบ่อยที่สุด เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยจะเป็นการเก็บข้อมูล จากขนส่งสาธารณะ ที่ กราซ ประเทศออสเตรีย มีผลการทดลองที่ทำให้รู้ถึงพฤติกรรมความสนใจในการมอง ว่าจะจับจ้องไปที่จุดใดเมื่อใช้บริการขน-ส่งสาธารณะ โดยส่วนมากจับจ้องไปที่โทรทัศน์ จุดที่มีการเคลื่อนไหวหรือภาพโฆษณา อยู่ที่ 77%

งานวิจัยของ N.M.Mohd Hassan และ W.Mansor[12] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตา เพื่อใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิด โทรทัศน์ ในระยะไกล ด้วยการวิเคราะห์

สัญญาณ EOG (Electro Oculography) ซึ่งเป็นเทคนิคในการวัดศักย์ไฟฟ้าของจอแก้วตา retina สัญญาณที่ได้จากการวัดจะเรียกว่า Electro Oculogram ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับอาสาสมัครที่มีสายตาปกติจำนวน 9 คน โดยต่อขั้วไฟฟ้าบริเวณรอบดวงตาทั้งหมด 5 จุด (ข้างขวา 4 จุด , ข้างซ้าย 1 จุด) และปลายข้างที่เหลือต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการบันทึกสัญญาณ และประมวลผล โดยผลที่ได้จากการทดลองพบว่าได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 90.44% แต่วิธีการนี้จำเป็นต้องใช้ฮาร์ดแวร์ที่มีระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อกับ โทรทัศน์ได้ก่อนจึงจะสามารถใช้งานได้จริง

งานวิจัยของ Mehrube[13] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาอัลกอลิทึ่มในการเพิ่มประสิทธิภาพของการติดตามดวงตา เพื่อใช้ในการควบคุมระบบต่างๆของโปรแกรมรักษาความปลอดภัยภายในบ้านสำหรับผู้ป่วย โดยพัฒนาโปรแกรมบนกล้อง smart camera ด้วยภาษา OpenCV ซึ่งเป็น Open source และ Visual C ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าสามารถทำงานได้ดี สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของดวงตาได้อย่างถูกต้อง แต่หากภาพเกิดการเคลื่อนไหวหรือมีสิ่งกีดขวางเช่นแว่นตา รวมทั้งภาพใบหน้ามาไม่ครบหรือมาแค่บางส่วน หรือระยะห่างระหว่างดวงตากับกล้อง จะมีผลทำให้การประมวลผลลดลง

งานวิจัยของจิรนันท์ และลลิต [14] ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมในการควบคุมเม้าส์บนเครื่องคอมพิวเตอร์บนระบบปฏิบัติการ Windows โดยใช้เครื่องมือของ OpenCV ในการตรวจจับทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงตา จากการทดสอบ พบว่าโปรแกรมสามารถทางานได้ตรงตามที่ตั้งเป้าหมาย โดยโปรแกรมสามารถควบคุมเมาส์ผ่านกล้องเว็บแคมได้ ใกล้เคียงกับการใช้เมาส์จริง แต่ก็พบปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของบริเวณที่ใช้งาน โดยมีบางอย่างที่อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ เช่น สว่างมากเกินไป มืดเกินไป ทำให้ไม่สามารถแยกแยะการเปิดปิดของตาได้ รวมถึงปัญหาด้านความละเอียดของภาพที่นำเข้า หรือความละเอียดของกล้องหากมีความละเอียดที่ไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดผลการทำงานที่มีข้อผิดพลาดและคลาดเคลื่อนได้

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัย การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา สำหรับผู้พิการทางแขน เป็นการศึกษาวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied research) โดยมีกรอบแนวคิดและวิธีการวิจัยตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับขั้นตอนดำเนินงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคพิการ การพัฒนาระบบตรวจจับดวงตา การประมวลผลภาพ และการรู้จำภาพ โดยจะทำการสืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ต่างๆ ห้องสมุด และ วารสารงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 เก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะของดวงตา หลังจากศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องแล้ว จะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะดวงตา และรูปแบบการทำงานของดวงตา ข้อจำกัด และรายละเอียดอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยจะรวบรวมจากแหล่งข้อมูลทั้งแบบปฐมภูมิ และ ทุติยภูมิ นั่นคือ ข้อมูลบางส่วนจะรวบรวมมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆที่มีผู้เก็บรวบรวมไว้ โดยขอความร่วมมือจากเจ้าของข้อมูลเหล่านั้น หลังจากรวบรวมข้อมูลแล้วจะต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และจัดให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์และออกแบบระบบ ในขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ ออกแบบฐานข้อมูล ออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้งาน (User Interface) และออกแบบระบบการทำงานในภาพรวมในการค้นหาตำแหน่งของตา และดวงตา เพื่อให้รองรับกับการควบคุมการทำงานกับอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต โดยพิจารณาจากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ทำการรวบรวม และความต้องการของระบบที่มี

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการติดตามดวงตาและรู้จำลักษณะของตา สำหรับขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาและออกแบบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการรู้จำดวงดาและติดตามการเคลื่อนไหวดวงตา โดยใช้ภาพตัวอย่างจำนวนหนึ่งในการศึกษา และแบ่งการออกแบบออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขั้นตอนวิธีในการปรับปรุงภาพ ขั้นตอนวิธีสำหรับการสกัดคุณลักษณะจากภาพ และ ขั้นตอนวิธีสำหรับการรู้จำภาพ โดยแต่ละส่วนจะได้รับการทดสอบเพื่อดู

ประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ ก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในระบบควบคุมการทำงานบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ สำหรับการทดสอบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการรู้ดวงตาและการเคลื่อนไหวดวงตา จะทำควบคู่ไปกับการออกแบบ คือหลังจากได้ขั้นตอนวิธีที่คิดว่าเหมาะสม ก็จะดำเนินการพัฒนาโปรแกรมตามขั้นตอนวิธีที่ได้ออกแบบไว้ และทำการทดสอบเพื่อดูผลการทำงาน หากผลการทดสอบไม่เป็นที่พึงพอใจก็จะหาสาเหตุและแก้ไขปรับปรุงขั้นตอนวิธีให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 พัฒนาระบบการควบคุมการทำงานอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต หลังจากวิเคราะห์และออกแบบระบบในขั้นตอนที่ 3 แล้ว จะดำเนินการพัฒนาระบบตามที่ได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบไว้ โดยแบ่งออกเป็นส่วนๆ ได้แก่ การพัฒนาระบบฐานข้อมูล การพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูล และการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตจากภาพดวงตาจะดำเนินการหลังจากได้ทำการออกแบบและทดสอบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการรู้จำและติดตามการทำงานดวงตาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ขั้นตอนที่ 7 ทดสอบระบบและติดตั้งระบบ สำหรับการทดสอบระบบ จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 แบบ คือ (1) การทดสอบการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน เพื่อดูความถูกต้องในการทำงานของแต่ละส่วนย่อยๆ (2) ทดสอบการทำงานร่วมกันของระบบ เพื่อให้แต่ละส่วนของระบบสามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน และ (3) ทดสอบความพึงพอใจในการใช้งานระบบ ซึ่งจะทำการติดตั้งระบบ ทดสอบให้แน่ใจว่าระบบทำงานได้ถูกต้องจริง และเป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้งานระบบมากน้อยเพียงใด

ขั้นตอนที่ 8 จัดทำเอกสารและถ่ายทอดองค์ความรู้ ในขั้นตอนนี้ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย จะจัดทำคู่มือการใช้งานระบบ และ เผยแพร่องค์ความรู้ให้แก่หน่วยงานที่ต้องการใช้ระบบและผู้สนใจ รวมถึงรวบรวมผลการศึกษา ออกแบบ และ วิเคราะห์ เพื่อจัดทำรายงานการวิจัย และรายงานสรุป

ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา สำหรับผู้พิการทางแขน

กิจกรรม	2561			2562								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	X											
2.เก็บรวบรวมข้อมูลภาพลักษณะดวงตา		X	X	X	X	X	X					
3.วิเคราะห์และออกแบบระบบ			X	X								
4. ออกแบบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการรู้จำดวงตาและติดตามดวงตา				X	X	X	X					
5. ทดสอบขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ					X	X	X	X	X			
6. พัฒนาระบบควบคุมการทำงานสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต						X	X	X	X	X		
7. ทดสอบระบบและติดตั้งระบบ									X	X	X	
8. จัดทำเอกสารและถ่ายทอดองค์ความรู้											X	X

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

1. ซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนา

1.1 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นเครื่องมือที่ใช้พัฒนาโปรแกรมหรือแอพพลิเคชั่นบนแอนดรอยด์ ร่วมกับภาษา Java

1.2 ไลบราลีของ OpenCV (Intel Open Source Computer Vision Library) OpenCV ย่อมาจาก Open Source Computer Vision เป็น library สำหรับใช้ในการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งเป็น Open Source Library สามารถดาวน์โหลดใช้งานได้ฟรี จุดเด่น คือสามารถประมวลผลภาพดิจิตอลได้ทั้งภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว เช่น ไฟล์ภาพนิ่ง หรือไฟล์วีดีโอ เป็นต้น ภาษาที่นิยมใช้ในการพัฒนา ได้แก่ ภาษา C และ C++ ซึ่งในโครงงานนี้ได้นำ OPenCV มาใช้ใน Visual Studio และใช้ภาษา C++ ใช้ในการเขียนโปรแกรมประมวลผลภาพต่อไป

1.3โปรแกรม Arduino : เป็นเครื่องมือในการจำลองคำสั่งในการควบคุมเคอร์เซอร์บนอุปกรณ์ที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2. ฮาร์ดแวร์ที่ใช้พัฒนา

2.1 คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค -Windows7, Intel(R) Core(TM) i5 CPU M460 @ 2.53GHz, RAM 4.00 GB, 32-bit

2.2 - สมาร์ทโฟน (Samsung Note 10.1)

2.3 - บอร์ด Arduino Pro Micro

2.4 - Wireless Serial 4 Pin Bluetooth

2.5 - USB On-The-Go (OTG)

3. รายละเอียดโปรแกรมที่ได้พัฒนาในเชิงเทคนิค (Software Specification)

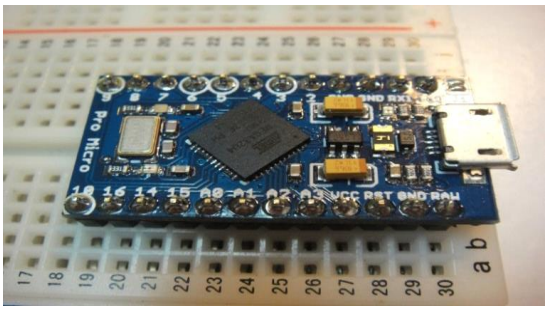
3.1 **การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา**

3.1.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์จำลองเคอร์เซอร์

การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา ในการออกแบบส่วนที่ใช้ในการจำลองเคอร์เซอร์เพื่อใช้ในการตรวจจับดวงตาเพื่อควบคุมการทำงาน โดยมีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้

1. Arduino Pro Micro

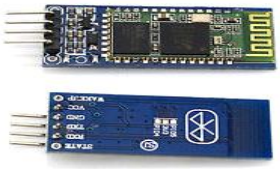
Arduino Pro Micro ชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega32U4 เชื่อมต่อผ่านพอร์ต USB โดยใช้คอนเนกเตอร์แบบ micro-USB มีขนาดเล็ก มีขาแบบ Male Pin-Headers แบ่งเป็นสองแถว ระยะห่างของขา 2.54mm สามารถเสียบลงบนแผงวงจรหลักได้ใช้สำหรับบันทึกคำสั่งในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์ด้วยคำสั่งในการควบคุมการทำงานใช้หลักการเขียนโดยภาษา C+



ภาพที่ 3.1 Arduino Pro Micro (ที่มา : http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=pro-micro)

2. Wireless Serial 4 Pin Bluetooth

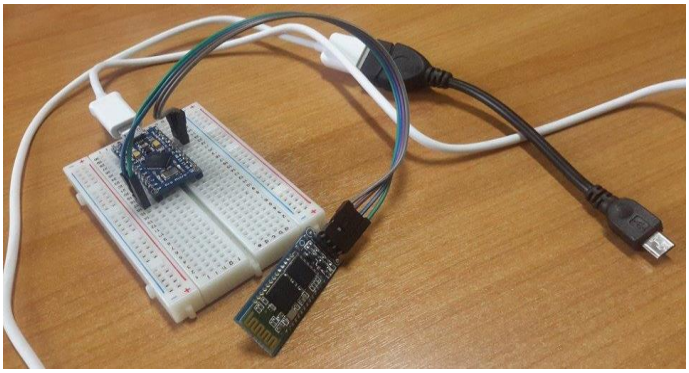
Wireless Serial 4 Pin Bluetooth เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์ระหว่างสมาร์ทโฟนกับส่วน Arduino โดยหลักการทำงานของ Bluetooth คือต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าหากัน เมื่อต่อเรียบร้อย ก็สามารถสั่งงานหรือคำสั่งอื่นๆ ผ่านแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนได้



ภาพที่ 3.2 Wireless Serial 4 Pin Bluetooth (ที่มา : http://www.ebay.com.au/bhp/rs232-bluetooth)

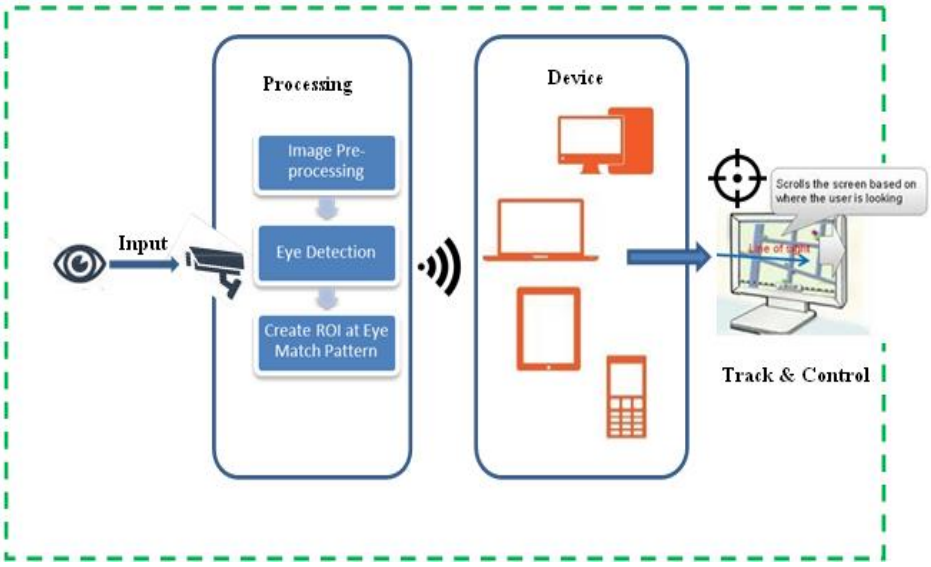
3. USB On-The-Go (OTG)

โดยปกติแล้วการจะเชื่อมต่ออุปกรณ์ USB ใดๆเข้าไปเป็นครั้งแรก สิ่งที่จะต้องทำอย่างแรกก็คือ การติดตั้ง Driver แต่เนื่องจากบนแอนดรอยด์นั้นไม่ได้ทำให้ผู้ใช้สามารถติดตั้งไดรเวอร์ ได้ เราจึงจำเป็นต้องใช้สาย OTG มาใช้ในการเชื่อมต่อ เพื่อแสดงเคอร์เซอร์บนอุปกรณ์ โดย OTG เป็นสายที่ทำให้สามารถใช้งาน USB storage ร่วมกับอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้ เพื่อเรียกใช้งานข้อมูลต่างๆที่เก็บไว้ใน USB storage ประกอบด้วย 2 port คือ USB Port : ทำหน้าที่เป็นเต้ารับเพื่อให้อุปกรณ์อื่นๆ มาเชื่อมต่อ เช่น เคอร์เซอร์ หรือ คีย์บอร์ด และ MicroUSB Port : เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับ สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต



ภาพที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์จำลองเคอร์เซอร์

3.1.2 กรอบแนวคิดของโครงงานวิจัย(Framework)



ภาพที่ 3.4 แสดงกระบวนการทำงานโดยรวมของระบบ

จากภาพที่ 3-4 เป็นกระบวนการทำงานภาพรวมของระบบ โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

1. การแปลงข้อมูลภาพ (Image Pre-Processing)

เมื่อระบบรับภาพดวงตาจากกล้องที่อยู่บนอุปกรณ์จะเข้าสู่กระบวนการแปลงภาพในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล

2. การค้นหาตำแหน่งดวงตา (Eye Detection)

ระบบจะทำการค้นหาตำแหน่งของดวงตาด้วยไลบรารีของ OpenCV ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นตำแหน่งของดวงตาออกมา

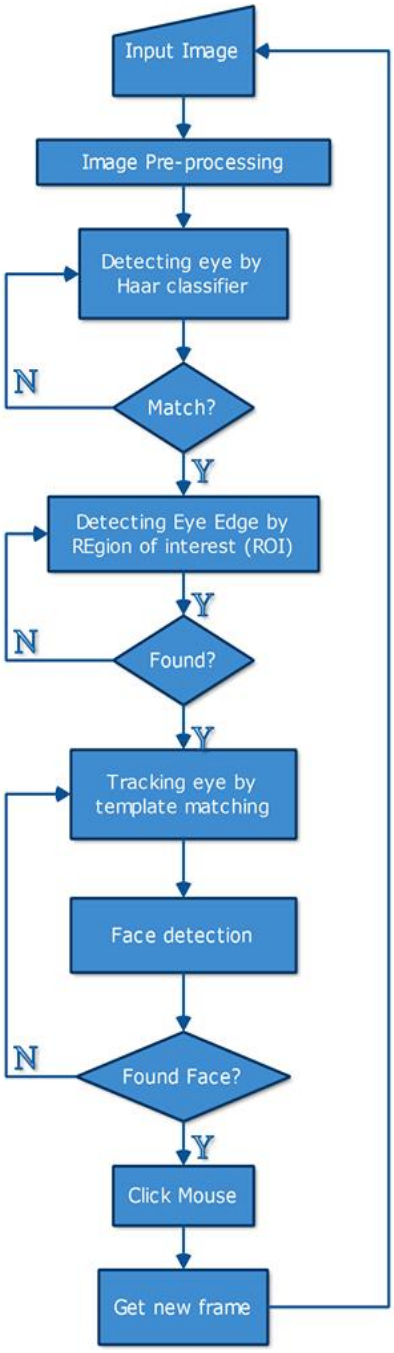
3. การเปรียบเทียบข้อมูล (Eye Math Pattern)

ทำการส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทลเลอร์เพื่อประมวลผลคำสั่งในการควบคุมการทำงานของเม้าส์ เช่น เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ขวา บน ล่าง และการคลิกเม้าส์ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงตา

4. การควบคุมการทำงานของเม้าส์ (Control Device)

สุดท้ายจะแสดงผลไปยังอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตเพื่อทำการควบคุมการทำงาน

3.1.3 กระบวนการทำงานของระบบตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตามีดังนี้



ภาพที่ 3.5 แสดงกระบวนการตรวจจับการเคลื่อนที่ของดวงตาในการควบคุมเคอร์เซอร์

1. รับอินพุตจากกล้องเว็บแคม (Input Image)

เมื่อผู้ใช้สวมแว่นตา กล้องจะทำการจับภาพดวงตาของผู้ใช้งานโดยใช้ชุดคำสั่งจาก HighGUI

2. เข้าสู่กระบวนการแปลงภาพให้อยู่ในรูปของ Gray-scale (Image Pre-processing)

ทำแปลงภาพสี RGB เป็นภาพ Gray-scale คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Gray = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$$

โดยที่

Gray = ค่าความเข้มของสีเทาโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

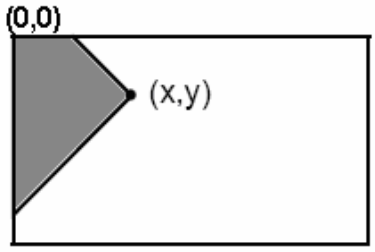
R = ค่าความเข้มของสีแดงโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

G = ค่าความเข้มของสีเขียวโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

B = ค่าความเข้มของสีน้ำเงินโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

3. หาบริเวณของตำแหน่งดวงตา โดยใช้ตัวจำแนกของฮาร์(Detecting eye by Haar Classifier)

คำนวณหาผลรวม ณ ตำแหน่งพิกเซล(X,Y)ที่มีสีเทาภายในสี่เหลี่ยมแต่ละพิกเซล เพื่อหาคุณลักษณะที่จะบ่งชี้ว่าเป็นดวงตา ดังภาพ



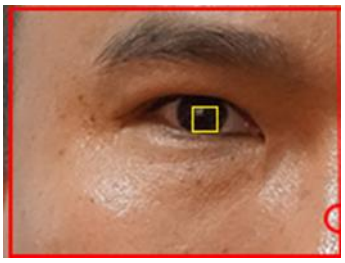
คำนวณได้จากสมการ

$$AR[x,y] = \sum_{x' \le x, x' \le x - |y - y'|} A(x', y')$$

โดยที่

$$A[x, y] = \text{ภาพต้นฉบับ}$$
$$AR[x, y] = \text{ภาพที่เป็นคุณลักษณะที่สนใจ}$$

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ฟังก์ชั่นที่ชื่อว่า ClassifierCascade ของ openCV ในการคำนวณ



ภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการตรวจจับตำแหน่งของดวงตาโดยใช้ ClassifierCascade ของ openCV

4. ค้นหาขอบของลูกตาดำ (Detecting Eye Eage by ROI)

การจดจำลูกตาดำเป็นการนำไปใช้ในการควบคุมตัวเคอร์เซอร์ในการเคลื่อนที่ของเมาส์ จะใช้เทคนิค Region of interest (ROI) คลุมเฉพาะส่วนที่สนใจ แล้วสร้างวงกลม ณ ตำแหน่งที่เป็นลูกตาดำ ด้วยฟังก์ชั่น circle ของ OpenCV ซึ่งจะรับค่า จุดกึ่งกลางของลูกตาดำ (x,y) แล้วกำหนดรัศมี (r) ในการวาดโดยอ้างอิงจากสมการในการคำนวณพื้นที่วงกลมดังนี้

$$\text{รัศมีวงกลม}(r) = \sqrt{(x - Center_x)^2 + (y - Center_y)^2}$$

ภาพที่ 3.7 แสดงตัวอย่างการระบุตำแหน่งของลูกตาดำโดยใช้เทคนิค Region of interest (ROI)

5. ติดตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงตาด้วยวิธีการเทียบแผ่นแบบ (Tracking eye by template matching)

เป็นขั้นตอนในการติดตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงตาเพื่อควบคุมการทำงานของเคอร์เซอร์ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าดวงตาเคลื่อนที่ไปทางซ้าย เคอร์เซอร์จะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายตาม ซึ่งจะแสดงผลบนมอนิเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณหาพิกัดเริ่มต้นในการเคลื่อนที่ได้จากสมการดังนี้

$$(x_c, y_c) = \left(\frac{x_r + x_l}{2}\right), \left(\frac{y_r + y_l}{2}\right)$$

โดยที่

$(x_c, y_c) =$ พิกัดกึ่งกลางระหว่างดวงตาสองข้าง

$(x_r, y_r) =$ พิกัดดวงตาข้างขวา

$(x_l, y_l) =$ พิกัดดวงตาข้างซ้าย

เมื่อได้พิกัดเริ่มต้นแล้ว เมื่อผู้ใช้งานเปลี่ยนตำแหน่งของจุดนี้ไปยังที่ใดๆก็จะเกิดระยะห่างซึ่งจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของเคอร์เซอร์ โดยคำนวณระยะห่างได้จากจากสมการดังนี้

$$distance = \sqrt{(x_c - x'_c)^2 + (y_c - y'_c)^2}$$

โดยที่

$x_c, y_c =$ แทนพิกัดกึ่งกลางระหว่างดวงตาดำปัจจุบัน

การหาพิกัดใหม่ที่เม้าส์เคลื่อนที่ไป คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

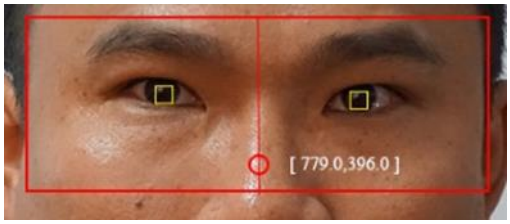
$$\theta = \arctan\left(\frac{y_c - y'_c}{x_c - x'_c}\right)$$

$$x_{c_update} = x_c + \frac{distance}{3} cos\theta$$

$$y_{c_update} = y_c + \frac{distance}{3} sin\theta$$

$(x_{c_update}, y_{c_update}) =$ พิกัดของเม้าส์

โดยในการทำวิจัยครั้งนี้จะใช้ฟังก์ชัน matchTemplate ของ OpenCV ร่วมกับคำสั่ง MotionEvent บนแอนดรอยด์ เพื่อใช้ในการสร้าง TemplateMatching ในการสร้างกรอบหรือพื้นที่ในการหาพิกัดของดวงตา



ภาพที่ 3.8 แสดงตัวอย่างการหาพิกัดเริ่มต้นที่ใช้อ้างอิงในการเคลื่อนที่

6. ตรวจจับใบหน้าเพื่อส่งข้อมูลไปประมวลผลคำสั่งเพื่อคลิก (Click mouse)

ตรวจสอบว่าภาพที่รับมาในขณะนั้นมีตำแหน่งที่เป็นใบหน้าหรือไม่ โดยใช้ไลบลารี CascadeClassifier ของ OpenCV ในการตรวจจับ ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบฮิสโทรแกรมจากตำแหน่งของดวงตาซ้ายและขวาของภาพ หากสามารถตรวจจับได้จะทำการตีกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบส่วนที่เป็นใบหน้า แต่หากไม่สามารถตรวจจับใบหน้าในระยะเวลาที่กำหนด ระบบจะส่งคำสั่งเพื่อคลิก 1 ครั้ง

3.2.3.7 รับเฟรมภาพถัดไป (Get new frame)

3.2 การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา สำหรับผู้พิการทางแขน ผู้วิจัยได้แบ่งส่วนในการพัฒนาดังนี้

1. ส่วนของแอพพลิเคชั่นทดสอบ

ในการพัฒนาระบบได้ใช้ Library ของ OpenCV มาดัดแปลงเพื่อช่วยในส่วนของการคำนวณหาใบหน้าและตำแหน่งของดวงตา รวมถึงติดตามการเคลื่อนที่ ส่วนการพัฒนาสร้างแอพพลิเคชั่น โดยได้เลือกใช้โปรแกรม Android Studio ด้วยภาษา JAVA ในการพัฒนาระบบตามขั้นตอนต่อไปนี้

2. การออกแบบหน้าจอของแอพพลิเคชั่นทดสอบ ได้แก่ ส่วนการนำข้อมูลเข้า-ออก ปุ่มควบคุม , เมนูต่าง ๆ รวมทั้งส่วนแสดงผล

3. เขียนอัลกอลิทึ่มในการค้นหาตำแหน่งและติดตามการเคลื่อนที่ดวงตา รวมทั้งฟังก์ชั่นของแอพพลิเคชั่นที่จะใช้ทดสอ

4. ส่วนของคำสั่งควบคุมเคอร์เซอร์

ใช้โปรแกรม Arduino ซึ่งเป็นเครื่องมือในการเขียนคำสั่งลงบนอุปกรณ์ไมโครคอนโทลเลอร์ต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงานของเคอร์เซอร์

5. เชื่อมต่ออุปกรณ์ไมโครคอนโทลเลอร์เพื่อใช้จำลองเป็นเม้าส์
6. พัฒนาคำสั่งที่จะใช้ในการส่งค่าเพื่อควบคุมการทำงานของเคอร์เซอร์บนสมาร์ทโฟน

3.3 การทดสอบระบบและการประเมินประสิทธิภาพระบบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบจำนวนทั้งหมด100 ครั้ง โดยมีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

3.3.1 ทดสอบการตรวจจับดวงตา : ทดสอบการรับภาพและการตรวจจับตำแหน่งดวงตาขณะที่โปรแกรมเริ่มทำงาน

3.3.2 ทดสอบการควบคุมทิศทางเคอร์เซอร์ : ทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่เลียนแบบทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงตา ดังนี้

- เมื่อเคลื่อนตาไปด้านซ้าย เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปด้านซ้าย
- เมื่อเคลื่อนตาไปด้านขวา เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปด้านขวา
- เมื่อเคลื่อนตาไปด้านบน เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปด้านบน
- เมื่อเคลื่อนตาไปด้านล่าง เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปด้านล่าง

3.3.3 ทดสอบการคลิก : เมื่อมีการขยับหัว ระบบจะสั่งให้คลิก 1 ครั้ง

ผู้วิจัยได้ใช้สถิตในการวิเคราะห์ค่าความถูกต้องในการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

$$A = \frac{Nc}{N} \times 100$$

A คือ ร้อยละค่าความถูกต้อง

Nc คือ จำนวนครั้งที่ประมวลผลถูกต้อง

N คือจำนวนครั้งที่ทำการทดสอบทั้งหมด

โดยได้กำหนดค่าความถูกต้องของระบบอยู่ที่ร้อยละ 70

บทที่ 4

ผลการวิจัย

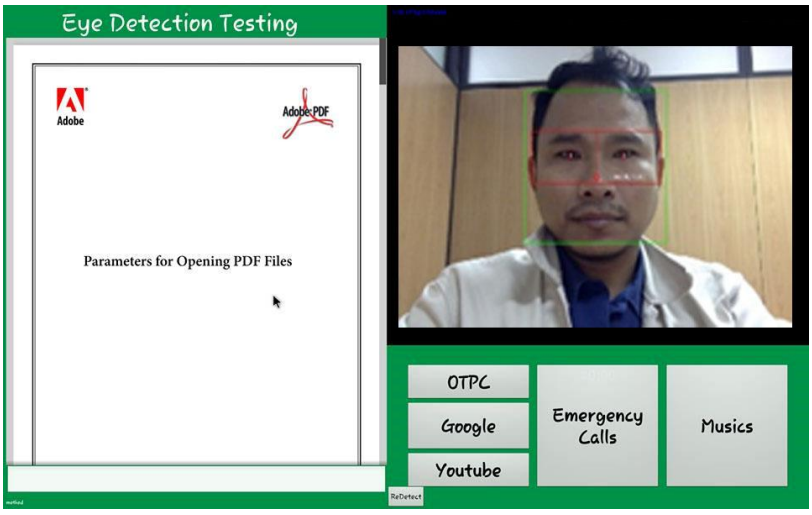
การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา สำหรับผู้พิการทางแขน ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบให้สามารถควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา บนปฏิบัติการแอนดรอย์ โดยได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบเพื่อหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับระบบ หลังจากนั้นทำการวัดประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งสามารถอธิบายผลของการดำเนินงานในแต่ละส่วนได้ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาระบบ

ผลการดำเนินงานในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นทดสอบการควบคุมเคอร์เซอร์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีดังนี้

4.1.1 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)

แอพพลิเคชั่นสำหรับทดสอบการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นหน้าจอสำหรับแสดงผลการตรวจจับใบหน้าและดวงตา โดยด้านล่างของหน้าจอประกอบด้วยเมนูเว็บไซต์ต่างๆให้ทดลองใช้งาน และอีกส่วนจะเป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลของเว็บไซต์ที่ผู้ใช้งานเลือก ดังภาพที่ 4.1

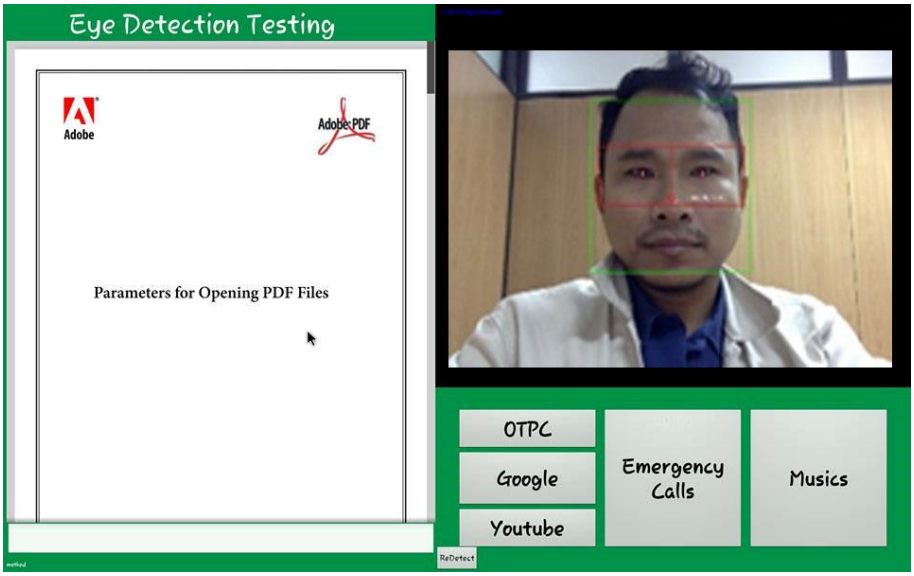


ภาพที่ 4.1 หน้าจอเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ (User)

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบ

ในการทดสอบการทำงานของระบบจำนวนทั้งหมด 100 ครั้ง โดยมีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

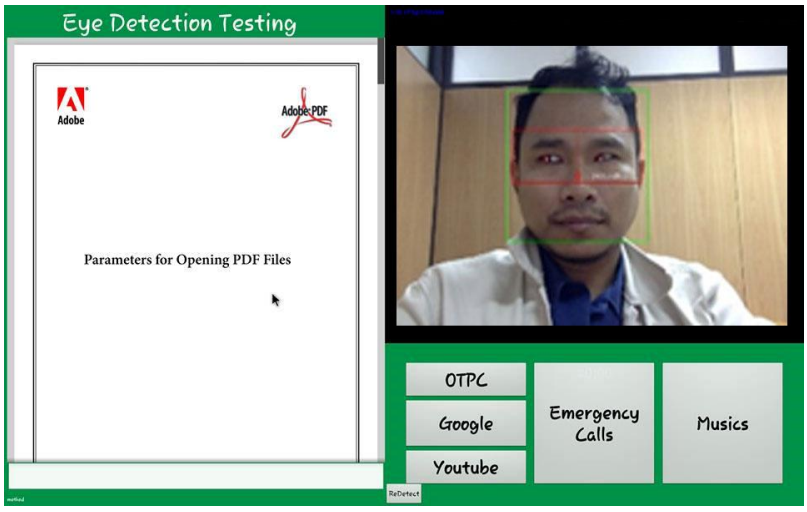
4.4.1 ทดสอบการตรวจจับดวงตา : ทดสอบการรับภาพและการตรวจจับตำแหน่งดวงตาขณะที่โปรแกรมเริ่มทำงาน



ภาพที่ 4.2 แสดงผลการรับภาพและการตรวจจับตำแหน่งดวงตา

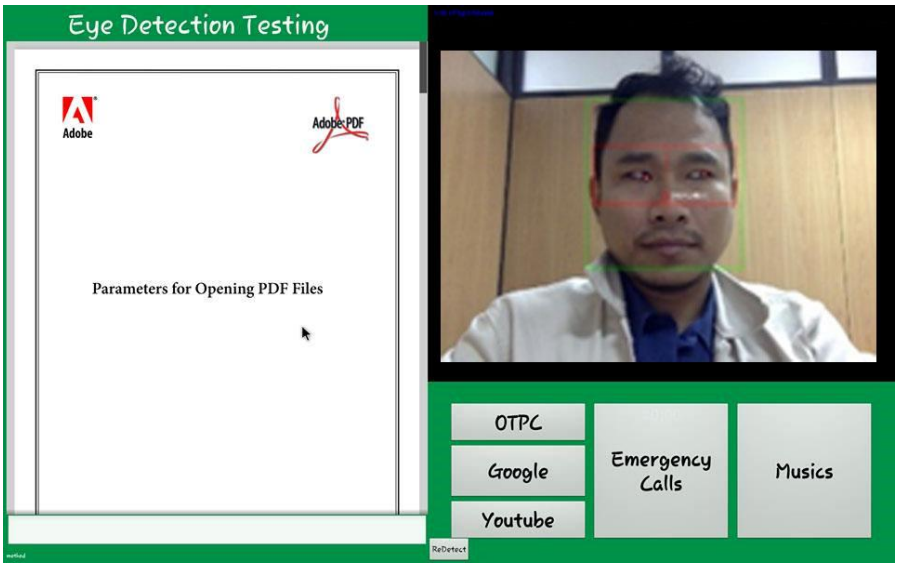
4.4.2 ทดสอบการควบคุมทิศทางเคอร์เซอร์ : ทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่เลียนแบบทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงตา ดังนี้

- เมื่อเคลื่อนตาไปด้านซ้าย เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปด้านซ้าย



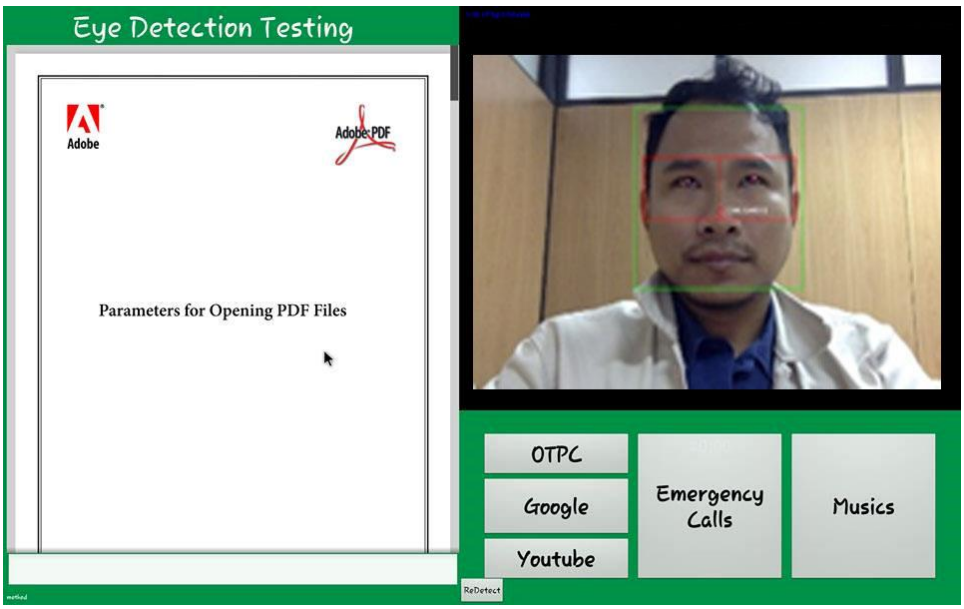
ภาพที่ 4.3 แสดงการทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่ไปทางซ้าย

- เมื่อเคลื่อนตาไปด้านขวา เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปด้านขวา



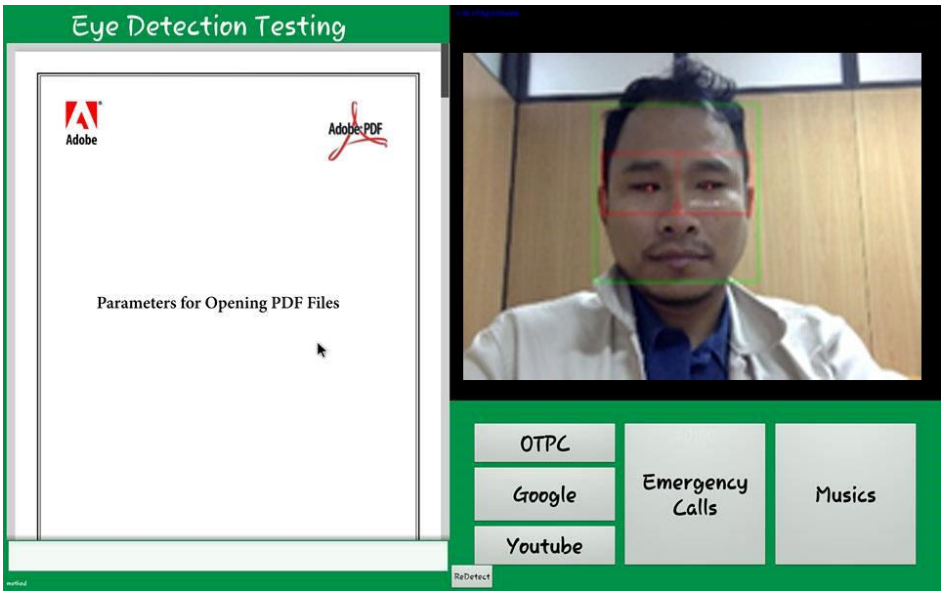
ภาพที่ 4.4 แสดงการทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่ไปทางขวา

- เมื่อเคลื่อนตาไปด้านบน เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปด้านบน



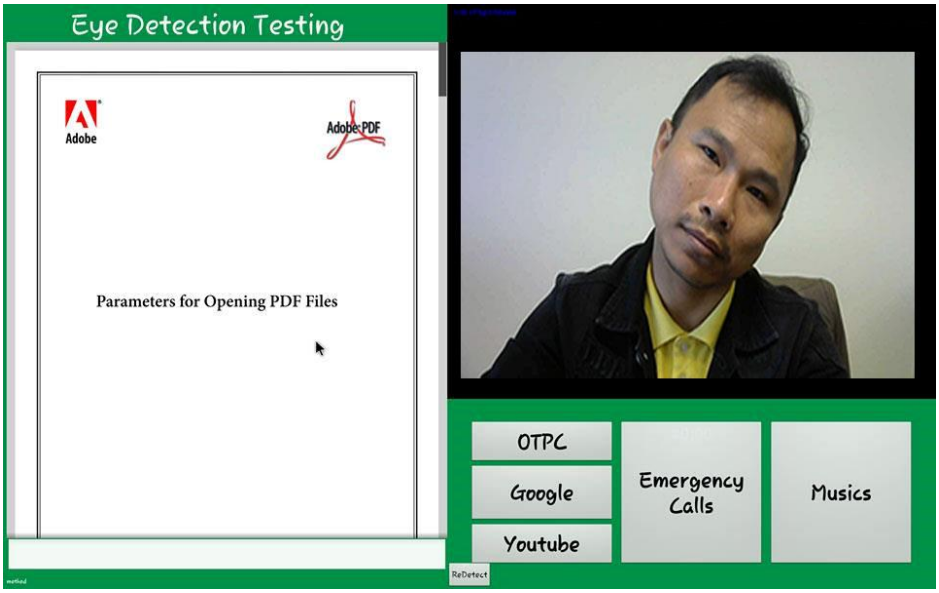
ภาพที่ 4.5 แสดงการทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่ขึ้นบน

- เมื่อเคลื่อนตาไปด้านล่าง เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปด้านล่าง



ภาพที่ 4.6 แสดงการทดสอบสั่งการเคอร์เซอร์ให้เคลื่อนที่ลงล่าง

4.4.3 ทดสอบการคลิก : เมื่อมีการขยับหัว ระบบจะสั่งให้คลิก 1 ครั้ง



ภาพที่ 4.7 แสดงการทดสอบคลิก

การทดสอบเป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจจับดวงตาและประสิทธิภาพในการควบคุมเคอร์เซอร์ ซึ่งได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับดวงตา

	การตรวจจับดวงตา ณ ตำแหน่งต่างๆ					ค่าเฉลี่ย
	กลาง	บน	ล่าง	ซ้าย	ขวา	
ค่าความถูกต้อง	0.96	0.87	0.89	0.96	0.95	0.93

ตารางที่ 4.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมเคอร์เซอร์

	การควบคุมเคอร์เซอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆ					ค่าเฉลี่ย
	บน	ล่าง	ซ้าย	ขวา	คลิก	
ค่าความถูกต้อง	0.73	0.76	0.69	0.75	0.98	0.78

จากตารางผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบจำนวนทั้งหมด 100 ครั้ง พบว่าระบบมีประสิทธิภาพของการตรวจจับดวงตาและผลการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมเคอร์เซอร์มีค่าความถูกต้องดังนี้

ประสิทธิภาพการตรวจจับดวงตาเมื่อมองตรงมีค่าความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 96 , การตรวจจับดวงตาเมื่อมองไปด้านบนมีค่าความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 87 ,การตรวจจับดวงตาเมื่อไปด้านล่างมีค่าความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 89 , การตรวจจับดวงตาเมื่อมองไปด้านซ้ายมีค่าความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 96 , การตรวจจับดวงตาเมื่อมองไปด้านขวามีค่าความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 95 , โดยค่าความถูกต้องโดยเฉลี่ยรวมทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 93

และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมเคอร์เซอร์ไปยังตำแหน่งต่างๆ พบว่า การทดสอบควบคุมเคอร์เซอร์ไปด้านบนมีค่าความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 73, การทดสอบควบคุมเคอร์เซอร์ไปด้านล่างมีค่าความถูกต้อง ร้อยละ 76, การทดสอบควบคุมเคอร์เซอร์ไปด้านซ้ายมีค่าความถูกต้อง ร้อยละ 69, การทดสอบควบคุมเคอร์เซอร์ไปด้านขวามีค่าความถูกต้อง ร้อยละ 75 , การทดสอบการคลิกมีค่าความถูกต้อง ร้อยละ 98 ซึ่งค่าความถูกต้องโดยเฉลี่ยในการทดสอบการควบคุมเคอร์เซอร์ทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 78

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา สำหรับผู้พิการทางแขน ซึ่งผู้วิจัยสามารถนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของสมาร์ทโฟนผ่านดวงตา ได้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยเหลือผู้พิการ หรือผู้ป่วยที่ที่มีความบกพร่องทางการขยับแขน มือ และนิ้วมือ ให้สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบันซึ่งมีงานวิจัยมากมายที่มีการใช้งานอุปกรณ์อุปกรณ์สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ตได้เช่นเดียวกับคนทั่วไป ด้วยการนำทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิตอล อันได้แก่ ตัวจำแนกของฮาร์ และการหาบริเวณที่สนใจ มาประยุกต์ใช้กับ OpenCV ไลบรารี และภาษาจาวา โดยพัฒนาออกมาในรูปของแอพพลิเคชั่นต้นแบบเพื่อทดสอบการใช้งานเบื้องต้น นอกจากนั้นยังนำอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้พัฒนาคำสั่งควบคุมเคอร์เซอร์บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยผลการทดสอบพบว่า การทำงานของโปรแกรมนั้นสามารถทำงานตรวจจับส่วนที่เป็นใบหน้าและค้นหาตำแหน่งที่เป็นดวงตาได้ถูกต้อง แม่นยำ โดยค่าความถูกต้องโดยเฉลี่ยอยู่ที่ ร้อยละ 93 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมเคอร์เซอร์ได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยประสิทธิภาพในการควบคุมเคอร์เซอร์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 78 ซึ่งเป็นผลมาจากความเร็วที่ใช้รับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและอุปกรณ์จำลองเคอร์เซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งต้องรับ-ส่งข้อมูลจำนวน 2 ครั้งโดยครั้งแรกจะรับภาพจากกล้องไปยังไมโครคอนโทลเลอร์เพื่อประมวลคำสั่งเคอร์เซอร์ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งคำสั่งมาควบคุมเคอร์เซอร์บนแอพพลิเคชั่นทดสอบ ทำให้การประมวลผลทำได้ช้า นอกจากนั้นยังพบอีกว่าแสงสว่าง และระยะห่างของกล้อง มีผลต่อคุณภาพการประมวลผลข้อมูล แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพึงพอใจ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

5.2.1 ข้อจำกัดของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่ไม่สามารถใช้งานร่วมกับกล้องบางรุ่นได้ จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสม

5.2.2 ปัญหาด้านความละเอียดของภาพที่นำเข้า หรือความละเอียดของกล้องนั้นเอง หากมีความละเอียดที่ไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดผลการทางานที่มีข้อผิดพลาดและคลาดเคลื่อนได้

5.2.3 การประมวลผลยังทำได้ช้า และมีความคลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากกล้องจะจับภาพการเคลื่อนไหวแบบเรียลไทม์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้บางครั้งโปรแกรมไม่สามารถประมวลผลได้ทัน

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับพัฒนาต่อไป

5.3.1 ทดลองใช้กล้องรุ่นอื่นๆ ที่มีความละเอียดสูง เพื่อการประมวลผลที่ดีขึ้น

5.3.2 ในการใช้งานจริงจำเป็นต้องฝึกฝนใช้งานบ่อยๆ เพื่อให้เกิดความเคยชิน จะช่วยให้โปรแกรมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3.3 ควรปรับปรุงอัลกอลิทึ่มในการคำนวณพิกัดของดวงตา ให้มีความลื่นไหลและเสถียรมากยิ่งขึ้น

5.3.4 สามารถนำเทคนิคในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตาไปใช้เพื่อพัฒนาโปรแกรม, แอพลิเคชัน หรือเกมอื่นๆ สำหรับผู้ป่วย หรือผู้พิการบนระบบปฏิบัติการที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น IOS

5.3.5 นำไปต่อยอดในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ช่วยเหลืออื่นๆ สำหรับผู้พิการหรือผู้ป่วยที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่ายกายในส่วนต่างๆได้ในอนาคต

บรรณานุกรม

1. บุญชัย กัณตวิสิฐ. วารสารสถาบันมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. GotoKnow, 2551.
2. สำนักสถิติเศรษฐกิจและสังคมสานักงานสถิติแห่งชาติ. สำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2556. สำนักงานสถิติแห่งชาติกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2556.
3. สำนักสถิติเศรษฐกิจและสังคมสานักงานสถิติแห่งชาติ, สถิติการจดทะเบียนคนพิการในประเทศไทย ปี 2553-2556. สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ, 2556.
4. อาคม ม่วงเขาแดง. การค้นหาใบหน้าและดวงตาเพื่อตรวจจับอาการง่วงโดยวิธีประมวลผลภาพ (Face and Eye Tracking for Drowsiness Detection using Image Processing Method). กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.
5. Hoang Le, Thanh Dang, Feng Liu. “EYE BLINK DETECTION FOR SMART GLASSES”. IEEE International Symposium on Multimedia. (December 2013) : 305 – 308.
6. YenWei Chen, Kenji Kubo. “A Robust Eye Detection and Tracking Technique using Gabor Filters.” IEEE Third International Conference on. 1 (2007) : 109 – 112.
7. Sung-Uk Jung, Jang-Hee Yoo. “Robust Eye Detection Using Self Quotient image.” ISPACS : Totori Japan. (2006) : 263 – 266.
8. Naotoshi Seo. Tutorial:OpenCV haartraining. สืบค้นวันที่ 6 มิถุนายน 2557 จาก http://note.sonots.com
9. Ziad O. Abu-Faraj, Ph.D., Maya J. Mashaalany, Habib C.Bou Sleiman, Jean-Louis D.Heneine, Waleed M. Al Katergi. “Design and Development of a Low-Cost Eye Tracking System for the Rehabilitation of the Completely Locked-In Patient.” IEEE EMBS Annual International Conference : New York City USA. (August -September 2006) : 4905 – 4908.

10. Vidas Raudonis, Rimvydas Simutis, Gintautas Narvydas. "Discrete Eye Tracking for Medical Applications." IEEE2nd International Symposium (ISABEL). (2009) : 1 – 6.
11. Gerald Fritz, Lucas Paletta, "SEMANTIC ANALYSIS OF HUMAN VISUAL ATTENTION IN MOBILE EYE TRACKING APPLICATIONS." IEEE 17th International Conference on Image Processing: Hong Kong. (September 2010) : 4565 – 4568.
12. N.M.Mohd Hassan, W.Mansor. "Detection of Eye Movements for Controlling a Television". IEEE10th International Colloquium on Signal Processing & its Applications (CSPA2014). (2014) : 257 – 260.
13. Mehrube Mehrubeoglu, Linh Manh Pham, HungThieu Le, Ramchander Muddu, Dongseok Ryu. "Real-Time Eye Tracking Using a Smart Camera." IEEE. (2011) : 1 – 7.
14. จิรนันท์ จิระตระการวงศ์, ลลิต เดชธารงวัฒน์. การบอกตำแหน่งของตัวชี้ โดยใช้เวกเตอร์การเคลื่อนไหวของตา (Locating pointer using eye motion vector). กรุงเทพมหานคร : สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553