

ระบบรักษาความปลอดภัยบนพื้นฐานระบบสมาร์ตโฮม: กรณีศึกษาการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบวัตถุเคลื่อนไหวที่เป็นมนุษย์

ประเสริฐศักดิ์ อู่อรุณ*, ไชยพงศ์ จันธราภักญญาบุญ และ สุพัตรา ผลภาค

สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

prasertsak.u@ku.th, krencyp@gmail.com

บทคัดย่อ

ระบบสมาร์ตโฮมได้เข้ามามีบทบาทในที่พักอาศัยสมัยใหม่เพิ่มมากขึ้น ทั้งบ้านและสำนักงาน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกสบายในการควบคุมอุปกรณ์ และเพื่อดูแลด้านความปลอดภัย องค์ประกอบที่สำคัญของระบบสมาร์ตโฮม ได้แก่ เซนเซอร์ประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว มักถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งในระบบรักษาความปลอดภัยซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบสมาร์ตโฮม การแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้เมื่อตรวจพบความเคลื่อนไหวเป็นความสามารถพื้นฐานของระบบโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม หากผู้ใช้ต้องการแจ้งเตือนเมื่อพบบุคคลเคลื่อนไหวภายในบริเวณที่กำหนด แต่เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวจะทำการตรวจจับทุกสิ่งที่เคลื่อนไหว ทั้งคน สัตว์ หรือใบไม้ไหว ทำให้การแจ้งเตือนอาจไม่ตรงกับความต้องการที่แท้จริง (False Alarm) ด้วยพื้นฐานการทำงานของระบบสมาร์ตโฮม ส่วนใหญ่ยังขาดความสามารถดังกล่าว ดังนั้นเพื่อให้ระบบการแจ้งเตือนมีความสามารถเพิ่มขึ้นจึงต้องอาศัยการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ผู้วิจัยจึงได้จำลองระบบสมาร์ตโฮมต้นแบบเพื่อการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบบุคคลเคลื่อนไหว โดยระบบประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนควบคุมอุปกรณ์กล้องและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเชื่อมต่อกับราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) ส่วนบันทึกข้อมูลภาพและการแจ้งเตือน ทำงานบนระบบคลาวด์ (Google Cloud Services) และส่วนแสดงผลการแจ้งเตือนทำงานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เมื่อตรวจพบความเคลื่อนไหวกล้องจะเริ่มทำงานและนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบของภาพเพื่อตรวจหาบุคคลโดยอาศัยขั้นตอนวิธีพื้นฐาน ได้แก่ การตรวจจับใบหน้า การตรวจจับลำตัวและอวัยวะต่าง ๆ จากนั้นจะส่งภาพที่ตรวจพบพร้อมการแจ้งเตือนผ่านระบบคลาวด์ไปยังอุปกรณ์เคลื่อนที่ จากการทดสอบพบว่าระบบการตรวจจับความเคลื่อนไหวสามารถแจ้งเตือนเฉพาะกรณีตรวจพบบุคคลได้อย่างถูกต้องมากขึ้น และการแจ้งเตือนในกรณีไม่พบบุคคลมีปริมาณลดลง

คำสำคัญ: ระบบสมาร์ตโฮม, ระบบรักษาความปลอดภัย, สมาร์ตทีวี, ระบบบริการคลาวด์

บทนำ

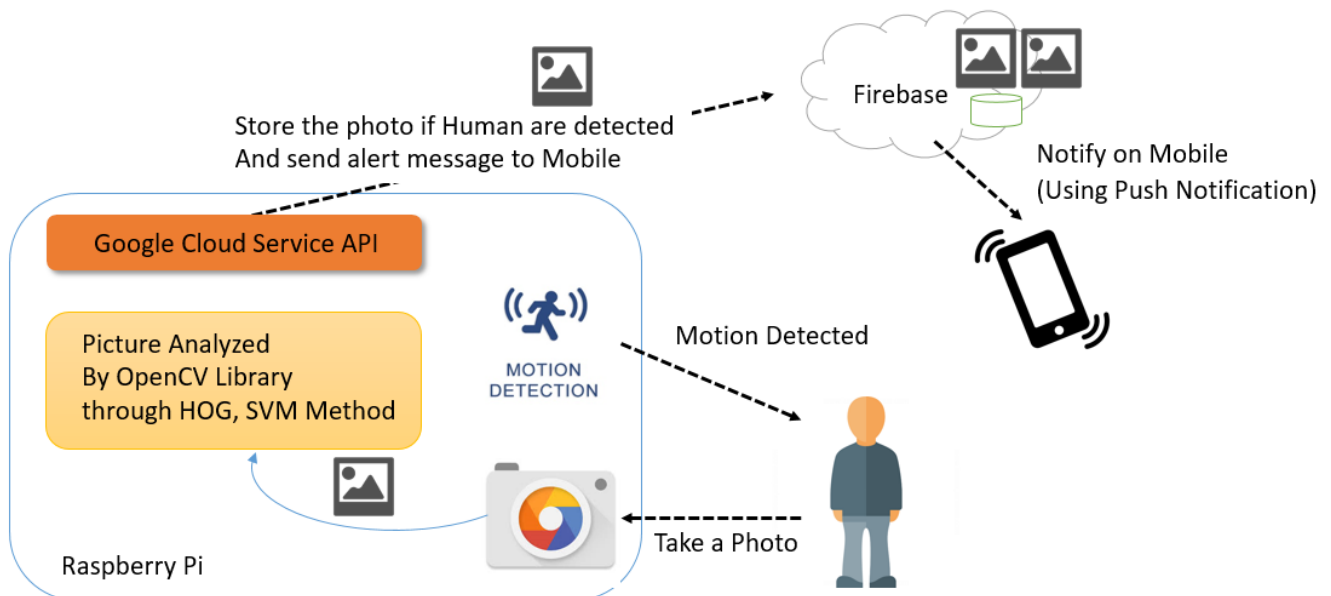
การใช้กล้องวงจรปิดเป็นส่วนหนึ่งของระบบรักษาความปลอดภัยในปัจจุบัน เปรียบเสมือนเป็นตาที่สามเพื่อเฝ้าดูเหตุการณ์ต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำสำรอง (Hard Disk) สามารถนำมาใช้เพื่อดูย้อนหลังได้ นอกจากนี้ยังมีความสามารถเพิ่มเติมอีกมากมาย เช่น ตั้งค่าการติดตามความเคลื่อนไหว การบันทึกภาพเมื่อตรวจพบการเคลื่อนที่ การเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการเรียกดูแบบเวลาจริงผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Real-time Monitoring) เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูง จึงทำให้ผู้ใช้เลือกที่จะใช้กับหน่วยงานที่มีความสำคัญ หรือใช้ในจุดที่จำเป็นเท่านั้น อย่างไรก็ตามระบบรักษาความปลอดภัยที่ผนวกเข้ากับระบบสมาร์ตโฮม [1] ได้ถูกนำมาใช้ที่พักอาศัยสมัยใหม่อย่างแพร่หลายและเพิ่มมากขึ้น ด้วยราคาอุปกรณ์ที่ไม่สูงมากนัก และความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยอัตโนมัติ สามารถโปรแกรมเพิ่มเติมได้ รวมถึงระบบรักษาความปลอดภัยที่มีความหลากหลายซึ่งผนวกเข้ามารวมอยู่ด้วยนั้น ทำให้ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น โดยระบบรักษาความปลอดภัยที่เพิ่มเข้ามา เช่น ระบบการตรวจจับเปลวไฟ ระบบตรวจจับควัน ระบบตรวจจับก๊าซ ระบบตรวจจับอุณหภูมิ และอื่น ๆ อีกมากขึ้นอยู่กับอุปกรณ์เซนเซอร์ที่นำมาใช้งาน เป็นต้น ความสามารถหนึ่งที่น่าสนใจได้แก่ ระบบการแจ้งเตือนเมื่อพบการเคลื่อนไหว ระบบดังกล่าวนี้จะทำงานโดยอาศัย เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เมื่อตรวจจับได้ว่ามีการเคลื่อนไหวผ่านเซนเซอร์ ระบบจะทำการแจ้งเตือนตามวิธีการที่อุปกรณ์นั้น ๆ ได้กำหนดไว้ เช่น ส่งเสียงร้องเป็นเวลานาน ส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือส่งข้อความพร้อมภาพไปยังอุปกรณ์เคลื่อนที่ เป็นต้น

แม้ว่ารูปแบบการทำงานของระบบสมาร์ทโฮมข้างต้นจะเป็นวิธีการที่ดี และใช้อย่างแพร่หลาย แต่วิธีดังกล่าวยังก่อให้เกิดการแจ้งเตือนที่ไม่จำเป็น เช่น ได้รับการแจ้งเตือนในขณะที่มีกระดาดปลิวผ่านเซนเซอร์ หรือเกิดลมพัดทำให้ใบไม้ไหวจนทำให้เซนเซอร์ตรวจจับได้ เป็นต้น ลักษณะเช่นนี้ถือได้ว่าเป็นการแจ้งเตือนที่ไม่ตรงกับความต้องการที่แท้จริง (False Alarm) ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการปรับปรุงการแจ้งเตือนให้มีความผิดพลาดลดลง ซึ่งจะเป็นสิ่งที่ช่วยให้ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัยที่ผนวกไว้กับระบบสมาร์ทโฮมดียิ่งขึ้น ผู้ใช้ทั่วไปมักต้องการ การแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบผู้บุกรุกซึ่งหมายถึงมนุษย์ ฉะนั้นการตรวจจับจึงต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว และกล้องจับภาพเพื่อหาองค์ประกอบที่เป็นมนุษย์ การวิเคราะห์ภาพเพื่อหาองค์ประกอบที่เป็นมนุษย์นั้นโดยทั่วไปสามารถทำได้ด้วยแนวทางการประมวลผลภาพ (Image Processing) ภายใต้อัลกอริทึมพื้นฐาน เช่น HOG และ SVM [2,3] เป็นต้น แนวทางดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการตรวจจับใบหน้าโดยอาศัยการทำงานร่วมกับระบบคลาวด์ [4]

งานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอรูปแบบการทำงานในการแจ้งเตือนของระบบรักษาความปลอดภัยบนพื้นฐานของระบบสมาร์ทโฮม เมื่อระบบตรวจพบความเคลื่อนไหวและวิเคราะห์ได้ว่าสิ่งที่เคลื่อนไหวนั้นเป็นมนุษย์ ด้วยการจำลองระบบโดยใช้อุปกรณ์ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry PI) ทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว และกล้องถ่ายภาพ ทำงานแบบออฟไลน์ด้วยไลบรารี OpenCV พร้อมทั้งแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านบริการกูเกิลคลาวด์ (Google Cloud Services)

วิธีดำเนินการวิจัย

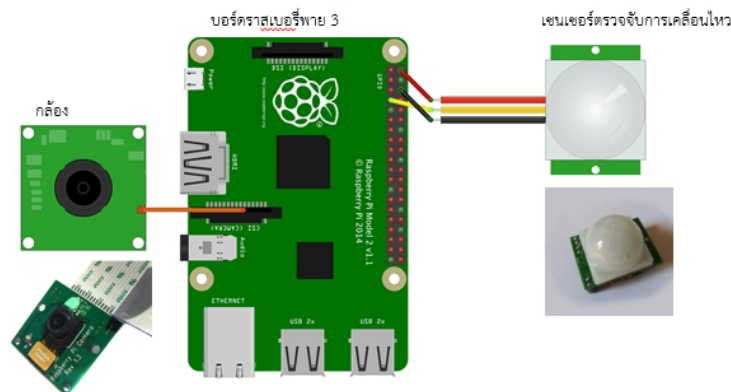
งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทำงานของระบบการแจ้งเตือน ทำงานบนพื้นฐานของระบบสมาร์ทโฮม แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก (แสดงดังรูปที่ 1)



รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานของระบบโดยภาพรวม

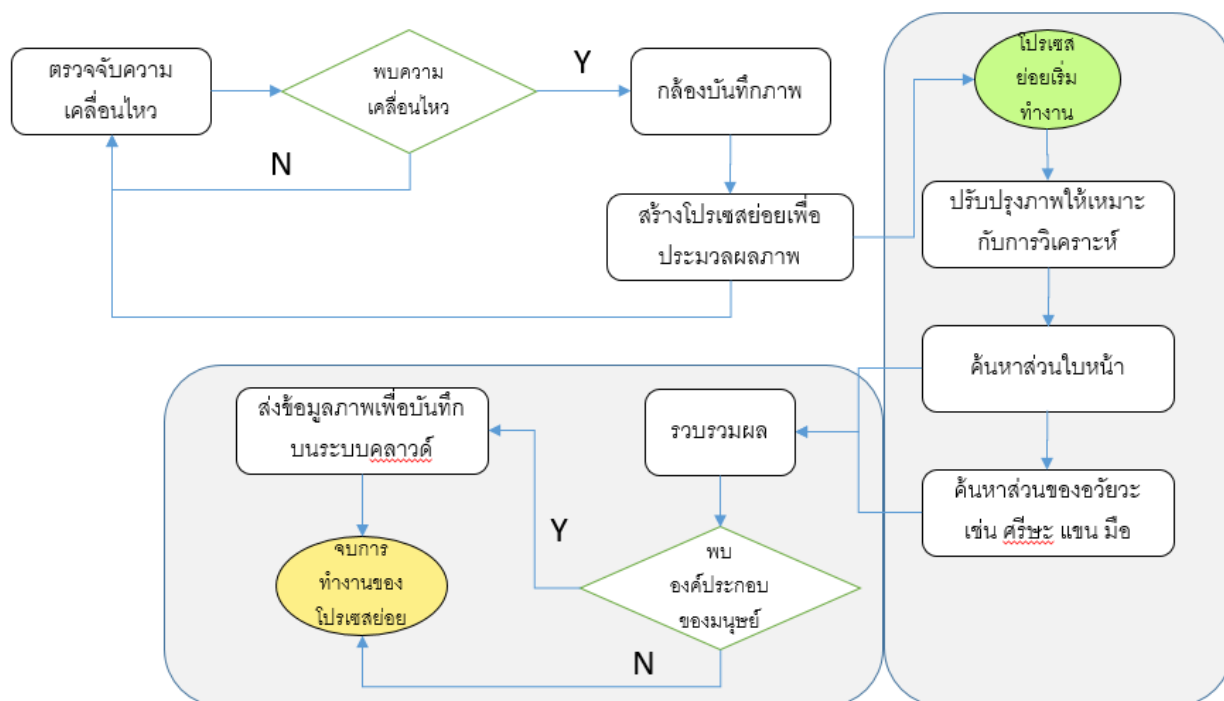
จากรูปที่ 1 องค์ประกอบทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนบันทึกข้อมูลส่วนกลาง ซึ่งจะทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลรูปภาพที่ถูกจับได้จากกล้องถ่ายภาพที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พาย รวมทั้งข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ใช้ที่ได้จากการลงทะเบียนใช้งาน ข้อมูลทั้งหมดในส่วนนี้จะถูกรวบรวมไว้ใน Firebase ซึ่งเป็นบริการกูเกิลคลาวด์ (Google Cloud Services) เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูล ในส่วนที่สองเป็นส่วนของการทำงานบนอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry PI) ประกอบด้วย 2 ส่วนย่อยคือ ส่วนประมวลผลภาพที่พัฒนาโดยใช้ภาษาไพธอน (Python Language) ทำงานร่วมกับไลบรารี OpenCV [5] เพื่อทำการประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องและวิเคราะห์โอกาสที่จะตรวจพบส่วนของร่างกายมนุษย์ [2,6] และส่วนการแจ้งเตือนที่เชื่อมต่อกับระบบคลาวด์เพื่อส่งภาพและข้อความไปยังผู้ใช้ในกรณีตรวจพบสิ่ง

ผิดปกติ ส่วนสุดท้ายได้แก่ส่วนแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ จะทำหน้าที่ในการรับการแจ้งเตือน โดยโทรศัพท์เครื่องนั้น ๆ จะต้องได้รับการลงทะเบียน และกรอกรหัสผ่านให้ถูกต้องจึงจะสามารถใช้งานได้ ซึ่งโทรศัพท์ 1 เครื่องสามารถผูกติดไว้กับอุปกรณ์ได้หลายตัว และในขณะเดียวกัน อุปกรณ์ 1 ตัวก็สามารถผูกไว้กับโทรศัพท์ได้หลายเครื่อง เช่นกัน



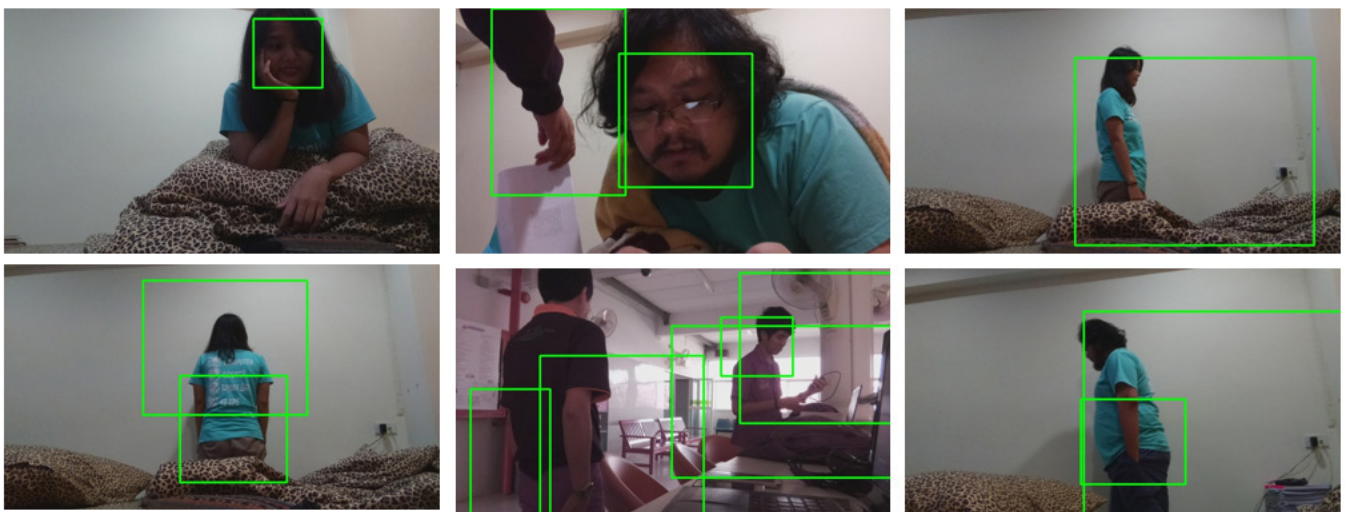
รูปที่ 2 แสดงรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่างบอร์ดราสเบอร์รี่พาย กล้องและเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

ในรูปที่ 2 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว และกล้องถ่ายภาพ โดยมีบอร์ดราสเบอร์รี่พายเป็นสื่อกลาง ซึ่งกล้องถ่ายภาพจะเชื่อมต่อกับพอร์ตเฉพาะที่ใช้ร่วมกับ Pi-Camera [7] โดยไม่ได้ใช้พอร์ต USB ทั่วไป ส่วนเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (PIR: Passive Infrared) นั้นจะเชื่อมต่อผ่านพอร์ต GPIO ตามข้อกำหนดของอุปกรณ์ [8] ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมบนอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พาย มีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างการทำงานของระบบโดยภาพรวม

ในรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พาย ซึ่งใช้เป็นแบบจำลองของระบบ โดยหลังจากที่ระบบเริ่มทำงาน เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวจะเริ่มตรวจจับสิ่งที่เคลื่อนไหวในทันที และเมื่อตรวจพบ โปรแกรมหลักจะสั่งให้กล้องทำงานพร้อมจับภาพในขณะนั้น บันทึกลงหน่วยความจำสำรองชั่วคราว จากนั้นจะทำการสร้างโปรแกรมย่อยเพื่อนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่เป็นมนุษย์ ในขั้นตอนนี้จะกระทำภายในโปรเซสย่อยที่แตกตัวออกมาทำงาน เมื่อโปรแกรมหลักสร้างโปรเซสย่อยสำเร็จ จะวนกลับไปทำงานในส่วนของการตรวจจับความเคลื่อนไหวต่อไป ซึ่งโปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อยจะทำงานไปพร้อมกัน เมื่อตรวจพบร่างกายมนุษย์ระบบจะส่งภาพที่บันทึกได้เก็บไว้ในระบบคลาวด์ พร้อมส่งการแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ทันที ผ่าน Firebase Cloud Messaging (FCM) สำหรับวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เป็นมนุษย์นั้น จะอาศัยวิธีการที่เรียกว่า HOG (Histograms of Oriented Gradients) และ SVM (Support Vector Machine) [3] ภายใต้ไลบรารี OpenCV เวอร์ชัน 2 พัฒนาโดยใช้ภาษา Python ตัวอย่างผลการค้นหาร่างกายมนุษย์โดยใช้วิธีการดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างการตรวจพบส่วนที่เป็นร่างกายมนุษย์ด้วยวิธีการใช้งาน OpenCV Library

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เป็นมนุษย์จะถูกเก็บไว้ในส่วนของโปรแกรมย่อย และนำมาใช้ตัดสินใจเพื่อทำการแจ้งเตือนในภายหลัง โดยภาพที่ได้จะถูกส่งไปบันทึกไว้บน Firebase เพื่อนำไปใช้กับแอปพลิเคชันที่อยู่บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่อไป

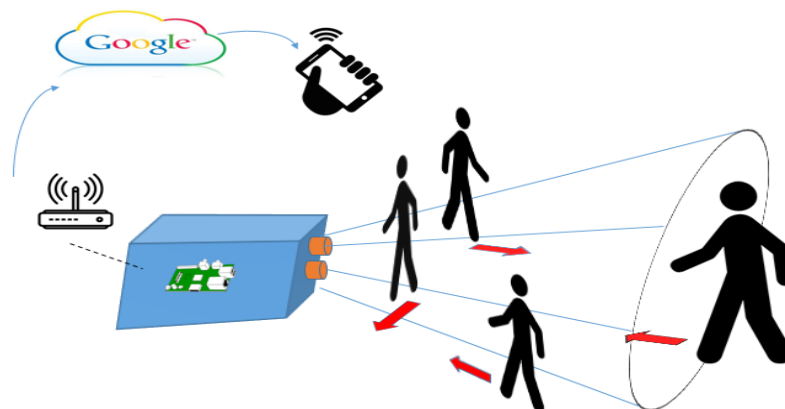
ขั้นตอนท้ายสุด ได้แก่ ขั้นตอนการทดสอบระบบ ได้กำหนดเงื่อนไขในการทดสอบเพื่อประเมินผลการทำงานของระบบด้วยการวัดผลการแจ้งเตือนที่ถูกต้อง และระดับในการทำงานของ CPU บนอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พายที่ใช้ทดสอบ โดยกำหนดให้การเคลื่อนไหวเกิดจากวัตถุที่ไม่ใช่มนุษย์ และวัตถุที่เป็นมนุษย์เคลื่อนที่เข้าหาอุปกรณ์ในรูปแบบต่าง ๆ ด้วยเหตุการณ์ดังต่อไปนี้

1. กล้องตรวจพบความเคลื่อนไหวด้วยวัตถุที่ไม่ใช่มนุษย์ ในที่นี้ได้ใช้ ตุ๊กตาหมี ดินสอ กิ่งไม้ และกระดาษ
2. กล้องตรวจพบความเคลื่อนไหวด้วยบุคคลที่หันหน้าเข้าหากกล้อง
3. กล้องตรวจพบความเคลื่อนไหวด้วยบุคคลที่หันหลังเข้าหากกล้อง
4. กล้องตรวจพบความเคลื่อนไหวด้วยบุคคลที่หันข้างเข้าหากกล้อง
5. กล้องตรวจพบความเคลื่อนไหวด้วยอวัยวะบางส่วนที่ผ่านเข้าหากกล้อง เช่น แขน มือ และเท้า
6. กล้องตรวจพบความเคลื่อนไหวกรณีมีบุคคลมากกว่า 1 บุคคลในอริยาบถต่าง ๆ ปรากฏหน้ากล้อง

คุณสมบัติของอุปกรณ์ราสเบอร์รี่พาย มีดังนี้ คือ Raspberry Pi 3 ใช้ CPU รุ่น Quad Cortex A53 1.2 GHz, RAM 1 GB มีชิป WiFi 802.11n บนบอร์ด พร้อม GPU 400 MHz VideoCore IV ความเร็วอินเทอร์เน็ต 10 Mbps ความละเอียดของกล้องขนาด 8 ล้านพิกเซล ใช้ SD-Card ขนาดความจุ 16 GB

การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

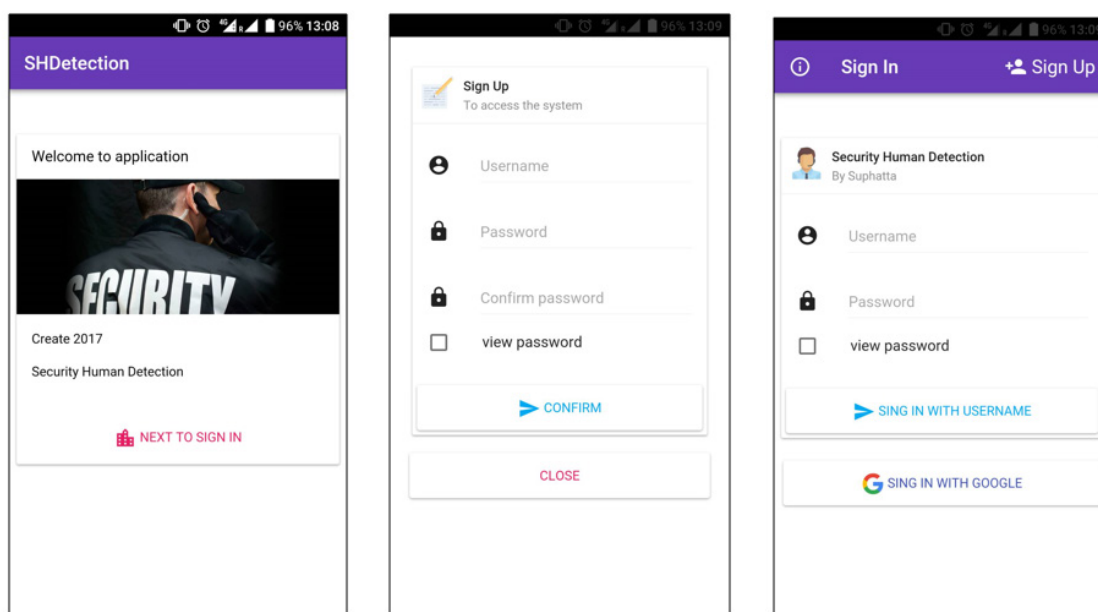
จากรูปแบบการทดสอบที่อธิบายข้างต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงในกล่องที่ได้จัดทำขึ้น วางในแนวระนาบ สูงจากพื้นในระดับประมาณ 120-150 ซม. โดยทำช่องสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและกล้อง วางไว้ในตำแหน่ง ใกล้เคียงกันตามแนวแกน Y การตรวจสอบความเคลื่อนไหว จะครอบคลุมเฉพาะพื้นที่ด้านหน้าอุปกรณ์ โดยองศาของกล้องจะ ครอบคลุมได้เพียงบางส่วนเนื่องจากเป็นข้อจำกัดของเลนส์กล้องที่ใช้ (PI-Camera, 5-megapixel - ครอบคลุมประมาณ 60 องศาใน แนวนอน) ภาพจำลองแสดงการเคลื่อนไหวของวัตถุที่ใช้ในการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 5



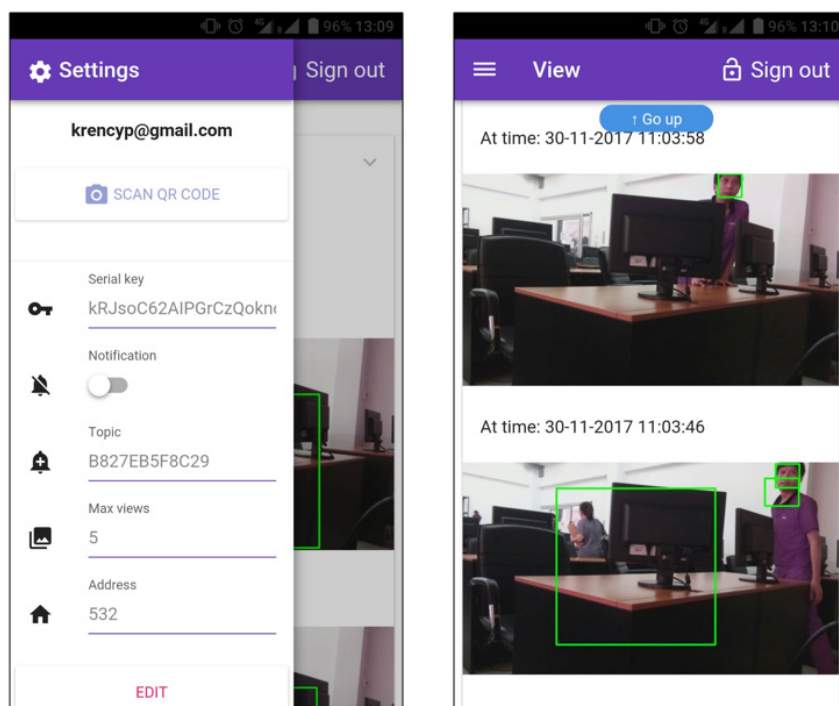
รูปที่ 5 ตัวอย่างภาพจำลองการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบและการเคลื่อนไหวของวัตถุ

ผลและอภิปรายผล

ผลการแจ้งเตือนที่ได้รับ จะปรากฏบนแอปพลิเคชันที่ทำงานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (ณ ปัจจุบันทำงานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เท่านั้น) ทั้งนี้ผู้ใช้จะต้องทำการลงทะเบียนผ่านขั้นตอนของ App บนโทรศัพท์ให้เรียบร้อย จึงจะสามารถรับการแจ้งเตือนได้ โดยจะต้องระบุหมายเลข Serial Number ของอุปกรณ์ รหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านให้ครบถ้วน เมื่อทำการลงทะเบียนเรียบร้อยแล้ว โทรศัพท์เคลื่อนที่นั้น ๆ จะสามารถรับการแจ้งเตือนได้ทันทีโดยไม่ต้องเปิดแอปพลิเคชัน



รูปที่ 6 ตัวอย่างภาพแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการลงทะเบียน



รูปที่ 7 ตัวอย่างภาพแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ในส่วนของการตั้งค่าและการรับการแจ้งเตือน

ขั้นตอนการลงทะเบียนใช้งาน ผู้ใช้สามารถกรอกรายละเอียดเพียงรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านเท่านั้น รายละเอียดจอภาพลงทะเบียนแสดงดังรูปที่ 6 จากนั้นจะต้อง Login เข้าสู่ระบบเพื่อใส่ข้อมูล Serial Number ของอุปกรณ์ที่ต้องการรับการแจ้งเตือน ในส่วนของเลข Serial Number สามารถใช้การ Scan จาก QR-Code หรือ Barcode ได้ เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการตั้งค่า ทั้งนี้จะต้องสร้างเลข Serial ให้อยู่ในรูปของ QR-Code หรือ Barcode ไว้ก่อนด้วยโปรแกรมอื่น เนื่องจากระบบที่พัฒนาเป็นต้นแบบนี้ไม่ครอบคลุมความสามารถดังกล่าว นอกจากนี้ผู้ใช้อย่างยังสามารถกำหนดได้ว่าจะให้แสดงการแจ้งเตือนด้วยจำนวนรายการสูงสุดเท่าไร ซึ่งสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 1-30 ภาพ โดยภาพที่ปรากฏจะเรียงลำดับจากปัจจุบันไปหาอดีต ตัวอย่างจอภาพการตั้งค่า และผลการแจ้งเตือนแสดงดังรูปที่ 7

ผลการทดลองพบว่า การแจ้งเตือนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดตามลักษณะต่าง ๆ ภาพรวมของผลการทดสอบแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความถูกต้องของการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบร่างกายมนุษย์

ลักษณะวัตถุหลัก	ผลที่คาดหวัง	ผลการทำงานจริง
วัตถุที่ไม่ใช่มนุษย์	ไม่มีการแจ้งเตือน	พบการแจ้งเตือน ~10%
บุคคลหันหน้าเข้าหากล้อง	แจ้งเตือนเสมอ	แจ้งเตือนถูกต้อง 100%
บุคคลหันด้านข้างเข้าหากล้อง	แจ้งเตือนเสมอ	แจ้งเตือนถูกต้อง 100%
บุคคลหันด้านหลังเข้าหากล้อง	แจ้งเตือนเสมอ	แจ้งเตือนถูกต้อง ~60%
บุคคลในอิริยาบถต่าง ๆ มากกว่า 1 คน	แจ้งเตือนเสมอ	แจ้งเตือนถูกต้อง 100%
อวัยวะบางส่วน	แจ้งเตือนเสมอ	แจ้งเตือนถูกต้อง >80%

ผลการทดลองในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า การแจ้งเตือนจะกระทำเมื่อพบส่วนของร่างกายมนุษย์ปรากฏเป็นองค์ประกอบภายในภาพซึ่งทำงานได้อย่างถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ดี (มากกว่า 80%) แต่ยังมีส่วนที่ผิดพลาดค่อนข้างมากเมื่อเป็นภาพด้านหลัง รวมทั้งพบอุปสรรคเกี่ยวกับปริมาณแสงในขณะจับภาพ ซึ่งถ้าแสงไม่เพียงพอจะทำให้ภาพที่ได้ มัวและมีด ทำให้การประมวลผลภาพมีความผิดพลาดค่อนข้างสูง

ตารางที่ 2 การทำงานของ CPU บนบอร์ดราสเบอรี่พาย

ลักษณะเหตุการณ์	ผลการทำงานของ CPU
ระบบปฏิบัติการทำงานเพียงตัวเดียว	CPU ประมาณ 10%
เปิดแอปพลิเคชันให้ตรวจจับความเคลื่อนไหว	CPU ประมาณ 30%
พบวัตถุเคลื่อนไหวก่อนหน้าเป็นมนุษย์แล้วผ่านไป	CPU ประมาณ 30-50% และกลับลงมาสู่สภาวะปกติ
พบวัตถุเคลื่อนไหวก่อนหน้าเป็นมนุษย์ และปรากฏต่อเนื่อง	CPU ขยับขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 100%

จากผลการทำงานของ CPU ที่ปรากฏในตารางที่ 2 พบว่าการประมวลผลภาพบนอุปกรณ์ราสเบอรี่พายทำให้ CPU ทำงานค่อนข้างหนัก จนถึงหนักมาก ขึ้นอยู่กับสภาพของวัตถุที่ปรากฏเบื้องหน้าอุปกรณ์ จะเห็นได้ว่าเมื่อวัตถุปรากฏวนเวียนหน้าอุปกรณ์เป็นเวลานาน จะทำให้เกิดการตรวจจับซ้ำ ๆ และเนื่องจากการทำงานของโปรแกรมใช้วิธีการสร้างโปรเซสย่อยให้ทำงานไปพร้อมกัน จึงทำให้เกิดการทำงานในเวลาเดียวกันจำนวนมาก เป็นผลให้ CPU ทำงานหนัก และไม่สามารถทำงานต่อไปได้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบต้นแบบของระบบรักษาความปลอดภัยบนพื้นฐานของระบบสมาร์โทมเพื่อการแจ้งเตือนในกรณีตรวจพบบุคคล ด้วยวิธีการประมวลผลภาพบนบอร์ดราสเบอรี่พาย สามารถช่วยให้การแจ้งเตือนในกรณีที่ไม่วางกล้องอื่น ๆ ลดน้อยลง การวิเคราะห์ภาพบุคคลสามารถทำงานได้อย่างเห็นผล ทั้งภาพด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลัง รวมทั้งยังสามารถวิเคราะห์ได้มากกว่า 1 จุดในภาพเดียวกัน ทำให้การแจ้งเตือนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม การจับภาพยังคงต้องอาศัย จุดติดตั้งที่ครอบคลุม และมีปริมาณแสงอย่างเพียงพอเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจน และครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการ รวมทั้งการประมวลผลภาพยังใช้กำลัง CPU ค่อนข้างมากจึงอาจส่งผลให้การทำงานเกิดความล่าช้า และเกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ได้ในระยะยาว

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบพบว่าการทำงานประสานกันระหว่างเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว และกล้องถ่ายภาพยังพบปัญหาการจับภาพไม่ทันเนื่องจากวัตถุเคลื่อนที่ผ่านไปจากระยะของกล้อง ทำให้ผลการแจ้งเตือนจากการวิเคราะห์ภาพผิดพลาด ดังนั้นควรเพิ่มจำนวนกล้อง และเลือกมุมให้กล้องครอบคลุมบริเวณพื้นที่ให้มากที่สุด เพื่อให้สิ่งที่เคลื่อนไหวนั้นถูกจับภาพไว้ได้ นอกจากนี้ยังพบว่า การประมวลผลภาพบนอุปกรณ์ราสเบอรี่พาย ซึ่งเป็นบอร์ดขนาดเล็กมีกำลังประมวลผลไม่มาก จะทำให้อุปกรณ์ทำงานหนักมากเกินไป อาจส่งผลให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลง รวมทั้งทำให้การประมวลผลไม่เร็วเท่าที่ควร ดังนั้นแนวทางในอนาคตควรแยกส่วนการประมวลผลภาพออกจากอุปกรณ์ นำไปไว้ในส่วนที่มีกำลังประมวลผลสูงกว่า เช่น เครื่องบริการคลาวด์ [9] หรือเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ติดตั้งเป็นการเฉพาะ เป็นต้น นอกจากนี้ควรเพิ่มอุปกรณ์ให้แสงสว่างในบริเวณที่ต้องการจับภาพ เมื่อตรวจพบความเคลื่อนไหวอุปกรณ์ให้แสงสว่างจะต้องทำงานทันทีเพื่อให้การจับภาพมีปริมาณแสงมากเพียงพอ

บรรณานุกรม

- [1] ไวยพจน์ ศุภวรรณเสถียร และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์. ระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้านพักอาศัยแบบไร้สายที่ใช้โมดูลสื่อสารชิปควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 6-7 ธันวาคม 2555. หน้า 200-205.
- [2] I. Gupta, V. Patil, C. Kadam and S. Dumbre. Face detection and recognition using Raspberry Pi, 2016 IEEE International WIE Conference on Electrical and Computer Engineering (WIECON-ECE), Pune, 2016, pp. 83-86.
- [3] N. Dalal, B. Triggs, Histograms of oriented gradients for human detection, in: Computer Vision and Pattern Recognition, San Diego, CA, June 20-25, 2005.
- [4] A. A. Pawle and V. P. Pawar. Face Recognition System (FRS) on Cloud Computing for User Authentication, no. 4, pp. 189-192, 2013.
- [5] Face Detection on Python Using a Webcam, Retrieved at 15 Nov, 2017. From <https://realpython.com/blog/python/face-detection-in-python-using-a-webcam>.
- [6] W. F. Abaya, J. Basa, M. Sy, A. C. Abad and E. P. Dadios, Low cost smart security camera with night vision capability using Raspberry Pi and OpenCV, 2014 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), Palawan, 2014, p. 1-6.
- [7] Getting Start with Pi Camera. Retrieved at 15 Nov, 2017. From <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/getting-started-with-picamera>.
- [8] PIR Sensor Interfacing with Raspberry Pi. Retrieved at 15 Nov, 2017. From <http://www.instructables.com/id/PIR-Sensor-Interfacing-With-Raspberry-Pi>.
- [9] Google Cloud Vision API (Image Analysis). Retrieved at 6 Dec, 2017. From <https://cloud.google.com/vision>.