

ระบบแจ้งเตือนและติดตามการบุกรุกที่พิกอาศัยด้วยการประมวลผลภาพ

An Intelligent Intrusion Detection System and Tracking with Image Processing

ทรงพล นามคุณ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเกิดอาชญากรรมและโจรกรรมตามที่พักอาศัยเกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งบางครั้งเกิดจากการรักษาความปลอดภัยไม่ดีพอ ทำให้เกิดการสูญเสียทรัพย์สินจำนวนมาก เมื่อเกิดการโจรกรรมขึ้นแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการติดตามผู้กระทำความผิดเนื่องจากไม่มีข้อมูลหลักฐานที่เพียงพอต่อการดำเนินการ การใช้ระบบกล้องวงจรปิดตามที่พักอาศัยในปัจจุบันอาจไม่เพียงพอต่อการรักษาความปลอดภัยในที่พักอาศัยเพราะระบบกล้องวงจรปิดไม่สามารถป้องกันผู้บุกรุกได้ทำได้เพียงแค่บันทึกข้อมูลไว้เท่านั้น งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อการสร้างระบบรักษาความปลอดภัยที่พิกอาศัย โดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพจากระบบกล้องวงจรปิดในที่พักอาศัย โดยประยุกต์ใช้งานร่วมกับหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยที่สามารถติดตามการเคลื่อนที่และบันทึกภาพผู้บุกรุกได้ ระบบเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและระบบโทรศัพท์เพื่อแจ้งเตือนการบุกรุกไปยังเจ้าของหรือหน่วยงานรักษาความปลอดภัย ซึ่งจะทำให้ระบบรักษาความปลอดภัยในที่พักอาศัยและการติดตามผู้ทำผิดมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบสมองกลฝังตัว การประมวลผลภาพ อากาศยานไร้คนขับ

ABSTRACT

Current crimes and residential burglary occurred frequently which some of them are often caused by inadequate security causing the loss of a large number of assets. When the theft occurred, it takes a long time to track the criminals due to a lack of sufficient evidence for operation. Residential uses of CCTV systems may not be sufficient to maintain the current security in shelters because a CCTV system cannot prevent the attacker. It can only record the data. This research aims to create a residential security system using image processing technology from CCTV camera in combination with a security robot that can track movement and record intruders. The system is connected to the internet and phone system to alert the intruder to the owner or agency security. This will cause the system to maintain the safety of the residential area and track the offender more effectively.

Keywords: MCU, Embedded System, Image Processing, Unmanned Aerial Vehicle

บทนำ

ในการรักษาความปลอดภัยที่พ้องยุคในปัจจุบัน มีระบบรักษาความปลอดภัยหลายรูปแบบ ดังเช่นระบบที่ใช้พนักงานรักษาความปลอดภัยไปจนถึงระบบกล้องวงจรปิด แต่ระบบรักษาความปลอดภัยเหล่านี้ยังไม่สามารถดูแลได้ทั่วถึง จึงมีช่องโหว่ให้เกิดการโจรกรรมได้ง่ายขึ้น เมื่อเกิดการโจรกรรมแล้วในบางกรณีก็ใช้เวลาในการติดตามผู้กระทำความผิดและบางกรณีก็ไม่สามารถตรวจสอบผู้กระทำความผิดได้ จากปัญหาเหล่านี้จึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้พัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยที่พ้องยุค โดยระบบสามารถเชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายและการควบคุมระยะไกลด้วยระบบคอมพิวเตอร์หรือระบบโทรศัพท์ ทำให้ระบบรักษาความปลอดภัยมีความหลากหลายและได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในที่พ้องยุค โดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพดิจิทัล มาใช้กับระบบกล้องวงจรปิดในบ้าน เพื่อตรวจสอบการบุกรุก โดยระบบสามารถจดจำพฤติกรรมของสมาชิกภายในบ้านและสามารถวิเคราะห์แยกแยะบุคคลภายนอกได้ ในกรณีที่มีเหตุผิดปกติเกิดขึ้นระบบสามารถส่งงานให้หุ่นยนต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยรักษาความปลอดภัยภายในบ้านเคลื่อนที่ไปยังจุดเกิดเหตุ เพื่อบันทึกข้อมูลและติดตามผู้บุกรุก พร้อมทั้งมีระบบแจ้งเตือนไปยังเจ้าของบ้านและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการรักษาความปลอดภัยจากภายนอกได้

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภายในบ้าน

ระบบบ้านอัจฉริยะ (smart home) เป็นระบบที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้ โดยผู้ใช้สามารถตั้งค่าให้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทำงานตามต้องการ ระบบบ้านอัจฉริยะในบางระบบมีการติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน โดยระบบสามารถสื่อสารกับเจ้าของบ้านผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือระบบโทรศัพท์ได้ ภาพที่ 1 แสดงระบบบ้านอัจฉริยะของ Nokia



ภาพที่ 1 ระบบบ้านอัจฉริยะของ Nokia (Adobe Systems Inc)

การประมวลผลภาพดิจิทัล

1. Motion Detection

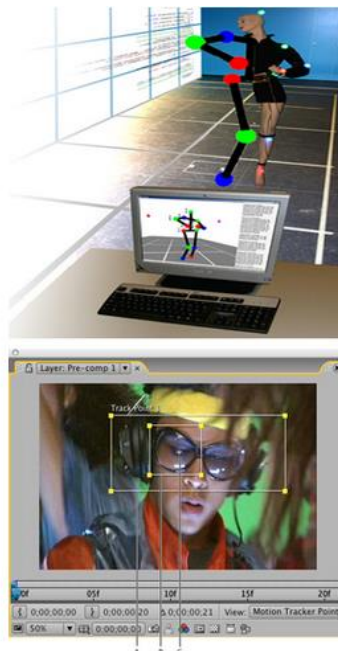
Background Subtraction คือ การแยกวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ออกจากฉากหลัง โดยการลบฉากหลังด้วยการนำภาพสองเฟรม ณ บริเวณเดียวกันเวลาที่ต่างกัน มาทำการลบกัน หากมีการเคลื่อนที่เข้ามาของวัตถุในภาพเฟรมที่สอง เมื่อนำภาพทั้งสองเฟรมมาลบกัน ฉากหลังจะลบหักล้างกันระหว่างภาพสองเฟรม และมีส่วนผลต่างระหว่างภาพทั้งสองเฟรม ซึ่งผลต่างนี้เองคือการเคลื่อนไหของวัตถุที่เข้ามายังภาพเฟรมที่สอง เป็นไปดังสมการต่อไปนี้

$$O = I - B$$

เมื่อ O คือ Object
I คือ ภาพของเฟรมหนึ่งๆ
B คือ ภาพพื้นหลัง

2. ระบบตรวจสอบความปลอดภัยและตรวจจับการเคลื่อนที่ (Security and tracking)

ระบบตรวจสอบความปลอดภัยและตรวจจับการเคลื่อนที่ (Security and tracking) ตัวอย่างของเทคโนโลยีที่สามารถนำมาประยุกต์ทางด้านนี้ได้ ได้แก่ ระบบกล้องวงจรปิด ที่มีขั้นตอนวิธีตรวจจับการเคลื่อนที่จากลักษณะท่าทางของบุคคลที่อยู่ในกล้องอย่างอัตโนมัติเช่น วิธีตรวจจับการเคลื่อนที่วัตถุหลากหลายชั้น อันมีพื้นฐานจากการตรวจจับ การเคลื่อนที่วัตถุบนภาพเคลื่อนไหวด้วยวิธี Hidden Markov [1] และได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง [2] จนเป็นเทคนิคที่ชื่อว่า Approximate Bayesian [3] โดยมีการปรับกลไกให้ ทำงานได้เร็วขึ้นด้วยวิธี Matching Key Points [4] เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณและ ทำให้ระบบเรียนรู้เกี่ยวกับวัตถุที่ตรวจจับ หรือ Strong Prior Knowledge เพื่อจับลักษณะการก้าวเดินของมนุษย์เป็นต้น [5] ซึ่งขณะนี้ได้มีการจดสิทธิบัตรวิธี ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยจับการเคลื่อนไหวพร้อมทิศทางและการพูด ด้วยวิธี Bayesian เมื่อเดือนเมษายน 2008 [6]



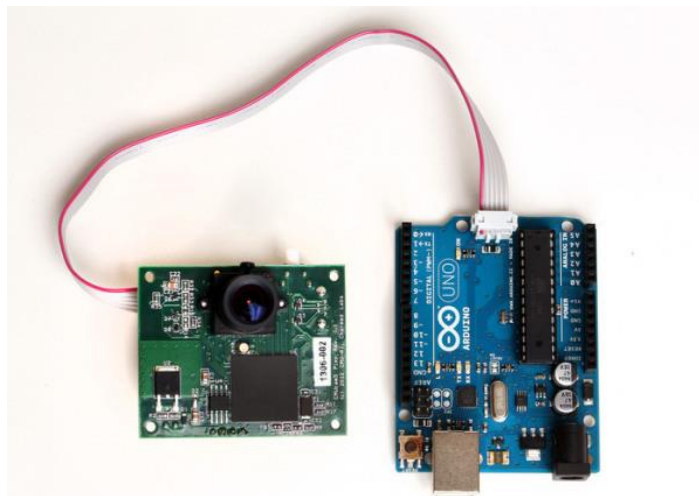
ภาพที่ 2 เทคโนโลยีตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture System) [7],[8]

3. โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม หรือ ข่ายงานประสาทเทียม (artificial neural network) คือ โมเดลทางคณิตศาสตร์หรือโมเดลทางคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนชันนิสต์ (connectionist) แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (bioelectric network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท (neurons) และ จุดประสานประสาท (synapses) ตามโมเดลนี้ ข่ายงานประสาทเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน

4. Pixy (CMUcam5) โมดูลประมวลผลภาพสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

Pixy (CMUcam5) เป็นโมดูลประมวลผลภาพสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยภายในโมดูลมีหน่วยประมวลผลที่สามารถประมวลผลข้อมูลจากภาพได้ สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง ภาพที่ 3 แสดงการเชื่อมต่อโมดูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 3 การเชื่อมต่อโมดูล Pixy (CMUcam5) กับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Ziheng Zhou et. Al,2006)

สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ต่าง ๆ ผ่านทาง UART serial, SPI, I2C, USB, digital, analog

- ติดตาม (track) วัตถุสีต่าง ๆ เช่น ลูกบอล ลูกปิงปอง หรือตุ๊กตาสีสด ๆ
- สามารถ track ของได้พร้อมกันหลายร้อยชิ้น
- ทำงานที่ความเร็ว 50 Hz ซึ่งเร็วมากสำหรับสิ่งที่ทำได้และราคาที่ตั้งไว้
- กำหนดสีที่ต้องการให้ track ได้ง่ายมากด้วยการเอาไปไว้หน้ากล้องแล้วกดปุ่มให้จดจำ!
- ต่อ USB เพื่อแสดงผลในคอมพิวเตอร์หรือแม้แต่เอาข้อมูลดิบ (raw data) จาก sensor มาประมวลผล

เองบน PC

- จดจำรหัสสี (color code) เพื่อระบุตำแหน่งหรือชนิดของสิ่งของด้วยการแปะธงสีที่แตกต่างกันไปยังสิ่งของต่าง ๆ

เทคโนโลยีควบคุม

1. ระบบสมองกลฝังตัว

ระบบสมองกลฝังตัว (embedded system) คือระบบประมวลผลที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความฉลาด ความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ซึ่งต่างจากระบบประมวลผล

ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ก เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกลและของเล่นต่าง ๆ คำว่าระบบฝังตัวเกิดจากการ ที่ระบบนี้เป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ว่าระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวอาจจะประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เห็นได้ชัดเช่นโทรศัพท์มือถือ และในระบบสมองกลฝังตัวยังมีการใส่ระบบปฏิบัติการต่างๆแตกต่างกันไปอีกด้วย ดังนั้น ระบบสมองกลฝังตัวอาจจะทำงานได้ตั้งแต่ควบคุมหลอดไฟจนไปถึงใช้ในยานอวกาศ

2. ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ที่สามารถสร้างระบบควบคุมได้ โดยอุปกรณ์นี้มีขนาดเล็ก และเป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่มีการรวมเอาฟังก์ชันการทำงานต่างๆไว้ในตัวมันเอง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งในที่นี้หมายถึงอุปกรณ์ภายในที่ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง, พอร์ตในการเชื่อมต่อแบบต่าง ๆ

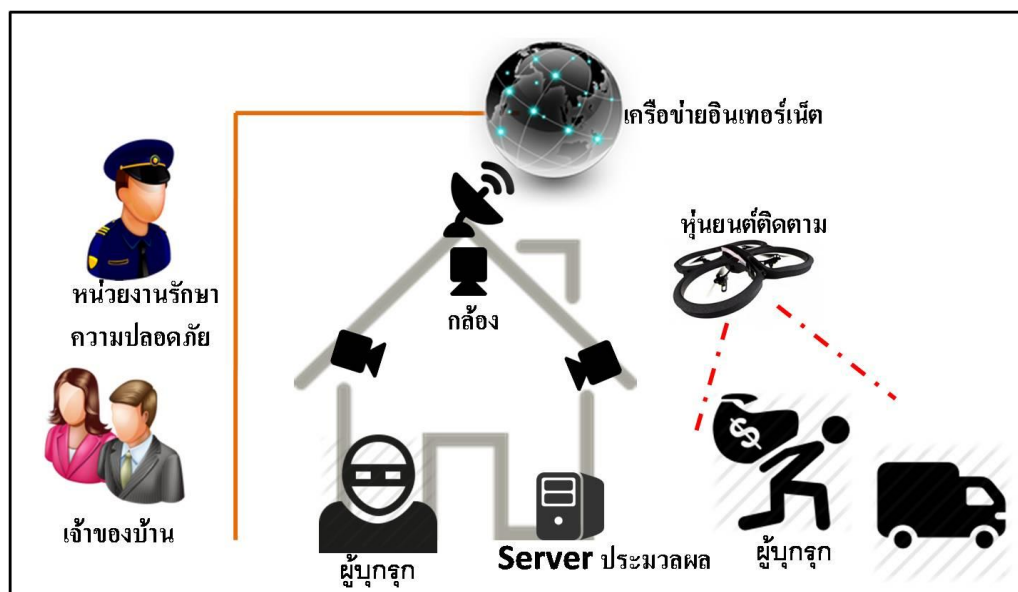
ส่วนประกอบทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

1. หน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit)
2. หน่วยความจำซึ่งประกอบด้วย RAM (Random Access Memory) และ EEPROM / EPROM / PROM / ROM (Eraseable Programmable Read Only Memory)
3. หน่วยรับ และแสดงผลข้อมูล (Input / Output) ซึ่งมีพอร์ตขยายแบบขนานและอนุกรม
4. ตัวนับเวลา (Timer)
5. หน่วยควบคุมการอินเทอร์รัปต์ (Interrupt Controller)

ส่วนประกอบเหล่านี้เป็นเพียงส่วนประกอบพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นยังมีส่วนประกอบอย่างอื่นอีกเพื่อเพิ่มเติมความสารถขึ้นอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ด้วย เช่น A/D (Analog to Digital), PWM (Pulse Width Modulator) เป็นต้น

การพัฒนาระบบแจ้งเตือนและติดตามผู้บุกรุกภายในที่พักอาศัย

การพัฒนาระบบแจ้งเตือนและติดตามผู้บุกรุกภายในที่พักอาศัย จะใช้การประมวลผลข้อมูลภาพจากกล้องวงจรปิดเพื่อวิเคราะห์และตรวจสอบผู้บุกรุก ในการพัฒนาระบบจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ระบบแจ้งเตือนการบุกรุกโดยใช้การประมวลผลข้อมูลจากกล้องที่สามารถตรวจสอบการเคลื่อนไหวและสามารถวิเคราะห์ได้ว่าวัตถุที่เคลื่อนไหวจากภาพเป็นผู้บุกรุกหรือไม่ ส่วนที่ 2 คือระบบติดตามผู้บุกรุกโดยใช้หุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดที่เกิดเหตุเพื่อบันทึกข้อมูลที่จำเป็น และส่วนสุดท้ายเป็นระบบแจ้งเตือนความผิดปกติไปยังเจ้าของบ้านหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการรักษาความปลอดภัยดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพรวมของระบบแจ้งเตือนและติดตามการบุกรุก

จากภาพที่ 4 แสดงภาพรวมของระบบ โดยระบบจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ระบบประมวลผลจากภาพดิจิทัล

เป็นระบบที่รับข้อมูลจากกล้องวงจรปิดทุกตัวในบ้านเพื่อเรียนรู้และจดจำ ใบหน้า ท่าทาง และลักษณะนิสัยในการเคลื่อนที่ของสมาชิกในบ้านโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ระบบจะทำการเรียนรู้จดจำพฤติกรรมของสมาชิกทุกคนภายในบ้าน เมื่อระบบตรวจสอบว่าบุคคลที่เข้ามาในบ้านมีลักษณะใบหน้าที่แตกต่างจากข้อมูลที่บ้านที่เก็บไว้ ระบบจะแจ้งเตือนไปที่เจ้าของบ้านให้ทราบในกรณีที่เจ้าของอยู่ที่บ้าน แต่ในกรณีที่เจ้าของไม่อยู่ที่บ้านระบบจะเปิดการรักษาความปลอดภัยเพิ่มขึ้น โดยสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเช่นหลอดไฟ หรือลำโพงขับสัญญาณเสียงได้อัตโนมัติ และสามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังเจ้าของบ้านและหน่วยงานรักษาความปลอดภัยที่ตั้งค่าไว้ได้ พร้อมทั้งเปิดระบบให้หุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยภายในบ้านทำงาน

2. ระบบหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยในบ้าน

หุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยภายในบ้านเป็นต้นแบบในการพัฒนาหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆภายในบ้านและสามารถเคลื่อนที่ติดตามผู้บุกรุกได้โดยใช้การ Tracking ได้ หุ่นยนต์สามารถบันทึกข้อมูลที่เป็นภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวและสามารถเคลื่อนที่ติดตามการหลบหนีของผู้บุกรุกได้ โดยระยะการติดตามจะขึ้นอยู่กับค่าที่ตั้งค่าของระบบ การใช้หุ่นยนต์ติดตามการเคลื่อนที่ของผู้บุกรุกเพื่อบันทึกภาพข้อมูลเพิ่มเติมของผู้บุกรุกที่นอกเหนือจากที่กล้องวงจรปิดจะบันทึกได้ และในบางกรณีอาจจะได้ข้อมูลการหลบหนีและยานพาหนะที่ใช้ก่อเหตุได้ด้วย

3. ระบบแจ้งเตือนการบุกรุก

เป็นระบบที่สามารถแจ้งเตือนข้อมูลหรือสถานการณ์ภายในที่พักอาศัยไปยังเจ้าของบ้านหรือหน่วยงานในการรักษาความปลอดภัยที่ตั้งค่าไว้ โดยการส่งข้อมูลสามารถส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือระบบโทรศัพท์ เพื่อให้เจ้าของบ้านทราบและสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านหรือส่งข้อความเสียงกลับมาที่บ้านเพื่อขับไล่ผู้บุกรุกได้

สรุป

ระบบแจ้งเตือนและติดตามการบุกรุกที่พิกอาศัยเป็นระบบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาความปลอดภัยภายในบ้านและเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามผู้ทำผิด โดยระบบสามารถตรวจสอบบุคคลที่เข้ามาในที่พิกอาศัยว่าเป็นเจ้าของบ้านหรือไม่ โดยเรียนรู้จดจำจากใบหน้า ท่าทาง และลักษณะนิสัยในการเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ ภายในบ้าน อีกทั้งระบบยังมีการแจ้งเตือนไปยังเจ้าของบ้านและหน่วยงานด้านการรักษาความปลอดภัยดังเช่น งานรักษาความปลอดภัยภายในหมู่บ้านหรือสถานตำรวจที่อยู่ใกล้ โดยจะส่งข้อมูลที่เป็นพิกัดแผนที่แนบไปด้วย ในกรณีที่เกิดเหตุผิดปกติ เจ้าของบ้านสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านและส่งสัญญาณเสียงเพื่อแจ้งเตือนได้ด้วย

อย่างไรก็ตามการพัฒนาระบบในส่วนของหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยในเบื้องต้นจะใช้ หุ่นยนต์เครื่องบิน 4 ใบพัดที่มีกล้องเพื่อบันทึกข้อมูลการติดตามผู้บุกรุก โดยในการใช้งานต้องมีการตั้งค่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตามรูปแบบโครงสร้างของสถานที่ต่างๆโดยเฉพาะ และเป็นเพียงแค่ต้นแบบของหุ่นยนต์รักษาความปลอดภัยเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Brand, M. and Kettner. (2005). **V.Discovery and segmentation of activities in video**, IEEE Trans. PAMI, Vol. 22, No.8, Aug. 2000 Page(s): 844 - 851, DOI:10.1109/34.868685
- [2] Stenger, B. et. al. (2006). **Model-based hand tracking using a hierarchical Bayesian filter**, IEEE Trans. PAMI, Vol. 28, No.9, Sept. 2006 Page(s): 1372 - 1384, DOI: 10.1109/TPAMI.2006.189
- [3] Lanz, O. (2006). **Approximate Bayesian multibody tracking**, IEEE Trans. PAMI, Vol. 28, No.9, Sept. 2006 Page(s): 1436 - 1449, DOI: 10.1109/TPAMI.2006.177
- [4] Lepetit, V. and Fua, P.(2006). **Keypoint recognition using randomized trees**, IEEE Trans. PAMI, Vol. 28, No.9, Sept. 2006 Page(s):1465 - 1479, DOI: 10.1109/TPAMI.2006.188
- [5] Ziheng Zhou et. al.(2006). **A Bayesian Framework for Extracting Human Gait Using Strong Prior Knowledge**, IEEE Trans. PAMI, Vol. 28, No. 11, Nov. 2006 Page(s): 1738 - 1752, DOI: 10.1109/TPAMI.2006.214
- [6] Ben-arie, Jezekiel. (2008). **Method of recognition of human motion**, vector sequences and speech, United States Patent No. 7366645, 29 Apr 2008.
- [7] Motion Tracking. (2007). **Sci-Fi Meets Real World Technology**, The Daily Galaxy, March 26, 2007, available online at www.dailygalaxy.com/my_weblog/2007/03/motion_tracking.html
- [8] Adobe Systems Inc., Motion tracking / Motion tracking overview: About motion tracking, available online at livedocs.adobe.com/en_US/AfterEffects/8.0/WS3878526689cb91655866c_1103906c6dea-7c5d.html