

การพัฒนาระบบตรวจจับสิ่งมีชีวิตในพื้นที่จำกัดโดยใช้เซ็นเซอร์คลื่นมิลลิเมตร

Millimeter-Wave Sensor-Based Detection of Living Organisms in Confined Spaces

โชคมงคล นาดี¹ ปุณยสิริ บุญเป็ง² มานัส สุนันท์³ อนุสรณ์ เราเท่า⁴ เอกทัศน์ พงกชวรรณ⁵ และ กฤษดา ยิ่งขยัน^{6*}

^{1,2,5,6}สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

eleccmk@rmutl.ac.th, p_boonpeng@rmutl.ac.th, eakrmutl@rmutl.ac.th, krisda@rmutl.ac.th*

^{3,4}สาขาศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

elecmns@rmutl.ac.th, elecans@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับสิ่งมีชีวิตในพื้นที่จำกัด โดยมุ่งลดความเสี่ยงจากการติดอยู่ในสถานที่ปิด เช่น ภายในรถยนต์หรือห้องที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ ระบบที่พัฒนาขึ้นอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและเซ็นเซอร์ตรวจจับการหายใจโดยใช้หลักการของคลื่นมิลลิเมตร เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการยืนยันการมีอยู่ของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่เป้าหมายขนาด 3 ตารางเมตร ระบบรองรับการตรวจจับในมุม 0°, 90° และ 180° เพื่อให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้อย่างทั่วถึงระบบใช้หลักการตรวจสอบเงื่อนไขร่วม โดยจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน 텔레แกรม ก็ต่อเมื่อเซ็นเซอร์ทั้งสองตรวจพบทั้งการเคลื่อนไหวและการหายใจพร้อมกัน เพื่อลดข้อผิดพลาดจากการเคลื่อนไหวของวัตถุที่ไม่มีชีวิต พร้อมทั้งสามารถแสดงข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชันบลิงค์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดตามสถานะได้ตลอดเวลา ผลการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงพบว่าระบบมีความแม่นยำและเสถียร โดยสามารถตรวจจับสิ่งมีชีวิตได้อย่างถูกต้องในระยะ 50–300 เซนติเมตร ครอบคลุมทุกทิศทาง และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน 텔레แกรม ภายในเวลา 5 วินาที อีกทั้งยังสามารถแสดงผลผ่านบลิงค์ได้อย่างต่อเนื่องและถูกต้อง ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพและความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานจริงในการเพิ่มความปลอดภัยในพื้นที่จำกัด

คำสำคัญ: เซ็นเซอร์คลื่นมิลลิเมตร, การตรวจจับการหายใจ, การตรวจจับสิ่งมีชีวิต, บลิงค์, เทเลแกรม

Abstract

This research aims to study and develop a prototype system for detecting living organisms in confined spaces, with the goal of reducing the risk of entrapment in enclosed environments such as inside vehicles or rooms with insufficient ventilation. The proposed system combines a motion detection sensor and a respiration detection sensor based on millimeter-wave technology to enhance the accuracy of verifying the presence of living beings within a target area of 3 square meters. The

system supports detection at angles of 0°, 90°, and 180° to ensure full spatial coverage. The detection process is based on a conditional approach in which an alert is sent via the Telegram application only when both sensors simultaneously detect motion and respiration. This helps minimize false alarms caused by non-living moving objects. Real-time data is also displayed through the Blynk application, allowing users to continuously monitor the system status. Experimental results in real-world conditions show that the system is accurate and stable, capable of reliably detecting living organisms within a range of 50–300 centimeters in all directions. Alerts are delivered via Telegram within 5 seconds, and data is accurately and consistently displayed through Blynk. These findings demonstrate that the developed system is suitable for practical use and can effectively enhance safety in confined spaces.

Keywords: Millimeter-wave sensor, Respiration detection, Living organism detection, Blynk, Telegram

1. บทนำ

การเสียชีวิตของเด็กเล็กจากการถูกลืมไว้ในรถยนต์ (Forgotten Baby Syndrome) ถือเป็นปัญหาที่สร้างความเสี่ยงแก่สังคมอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในบริบทของสภาพอากาศร้อนจัด การปล่อยให้เด็กอยู่ภายในรถยนต์ที่ปิดสนิทสามารถทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดภาวะฮีตสโตรก (Heatstroke) ซึ่งอาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง ผลกระทบจากเหตุการณ์ดังกล่าว ไม่เพียงแต่ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งทางร่างกายและจิตใจต่อครอบครัวของผู้เสียชีวิต แต่ยังสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาในระดับสังคม เพื่อยกระดับความปลอดภัยสำหรับเด็กเล็กอย่างเป็นระบบ ข้อมูลจากกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ระหว่างปี พ.ศ. 2557–2563 ระบุว่า มีกรณีเด็กถูกลืมไว้ในรถยนต์ลำพังจำนวนทั้งสิ้น 129 เหตุการณ์ โดยในจำนวนนี้ พบว่าเด็กอายุ 2 ปีเป็นกลุ่มที่เกิดเหตุสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 38.0 รองลงมาคือเด็กอายุ 1 ปี และ 3 ปี คิดเป็นร้อยละ 20.9 และ 19.4 ตามลำดับ ตามลำดับ [1] ยิ่งไปกว่านั้น ในปี

พ.ศ. 2565 ยังมีรายงานกรณีเด็กหญิงอายุ 7 ปีเสียชีวิตจากเหตุการณ์ลักษณะเดียวกันในจังหวัดบุรีรัมย์ เมื่อวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2565 [2] โดยการวิเคราะห์สาเหตุพบว่า ส่วนใหญ่เกิดจากการหลั่งลื่นของผู้ปกครอง หรือผู้ที่รับผิดชอบในการดูแลเด็ก จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาแนวทางการตรวจสอบการมีอยู่ของสิ่งมีชีวิตภายในพื้นที่ปิด โดยเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการตรวจจับการหายใจ ซึ่งเป็นสัญญาณชีพพื้นฐานที่สามารถใช้ยืนยันการมีอยู่ของมนุษย์ได้ เทคโนโลยีการตรวจจับการหายใจสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ 1. กลุ่มที่ใช้อัลกอริธึมประมวลผลจากภาพ เช่น กล้อง RGB หรือกล้องถ่ายภาพความร้อน และ 2. กลุ่มที่ใช้เซ็นเซอร์โดยตรงในการวัด เช่น เซ็นเซอร์ความดันหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม ระบบที่ใช้กล้องอาจมีข้อจำกัดเมื่อมีสิ่งกีดขวาง หรือเมื่อมุมมองของกล้องไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยฉบับนี้จึงเสนอการออกแบบระบบตรวจจับการมีอยู่ของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่จำกัด โดยเลือกใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์คลื่นมิลลิเมตร (Millimeter-wave sensor) ในย่านความถี่ V-Band (60 GHz) ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นด้านการตรวจวัดแบบไร้สัมผัส และสามารถตรวจจับผ่านสิ่งกีดขวางบางชนิดได้ ทั้งยังสามารถตรวจวัดสัญญาณชีพ เช่น การหายใจและการเต้นของหัวใจ ได้อย่างแม่นยำจากระยะไกล [3][4] ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในรถยนต์หรือพื้นที่จำกัดอื่น ๆ เพื่อยกระดับความปลอดภัยสำหรับเด็กเล็ก

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การออกแบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวและการหายใจ

องค์ประกอบแรกของระบบตรวจจับต้องกำหนดความครอบคลุมของพื้นที่โดยดูจากคุณสมบัติโดยรวมของเซ็นเซอร์ในส่วนองศาความสูงและองศา โดยจะต้องหาระยะทางโดยหาความกว้าง L จากสูตรของตรีโกณตามสมการที่ 1 แสดงในรูปที่ 1 และ สมการที่ 2 หางศาในมุมเอียง และสมการที่ 3 หาระยะทาง ในกรณีนี้ที่วางในส่วนองศาเอียงของตัวเซ็นเซอร์ แสดงในรูปที่ 2

$$L = H \tan \theta^\circ \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{H}{L} \quad (2)$$

เมื่อ

θ = องศาแนวเอียง

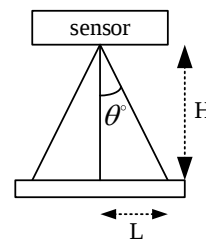
H = ความสูงหรือระยะทางแนวตั้ง

L = ระยะทางแนวนอน

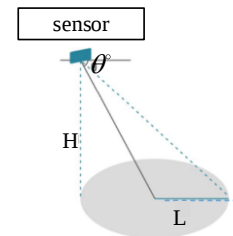
$$\text{ระยะทาง} = 2 \tan(\theta) \quad (3)$$

การออกแบบระบบเซ็นเซอร์แผ่รังสีที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยการคำนวณพื้นที่ครอบคลุมที่แม่นยำ โดยใช้หลักการตรีโกณมิติเป็นฐานใน

การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งการติดตั้ง มุมการตรวจจับ และพื้นที่ครอบคลุมสมการที่ 1 $L = H \tan \theta^\circ$ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางแนวนอน (L) ความสูงจุดติดตั้ง (H) และมุมแผ่กระจาย (θ) ช่วยคำนวณระยะครอบคลุมเมื่อทราบความสูงและมุมของเซ็นเซอร์ สมการที่ 2 $\theta = \tan^{-1}(H/L)$ เป็นการหาค่าผกผัน ใช้คำนวณมุมที่เหมาะสมเมื่อทราบความสูงและระยะที่ต้องการครอบคลุม มีประโยชน์ในการวางแผนระบบที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ สมการที่ 3 คือ ระยะทาง $= 2 \tan(\theta)$ คำนวณความกว้างรวมของพื้นที่ครอบคลุมในแนวขวาง สำคัญเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับได้สองด้านหรือมีการติดตั้งหลายตัว การประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ เช่น การติดตั้งในห้อง 6×4 เมตร ที่เพดานสูง 3 เมตร สามารถคำนวณมุมที่จำเป็นหรือจำนวนเซ็นเซอร์ที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตาม ต้องพิจารณาข้อจำกัดของเซ็นเซอร์จริง เช่น การกระจายสัญญาณที่ไม่สม่ำเสมอ และอาจต้องเพิ่ม safety factor สำหรับความน่าเชื่อถือ การเข้าใจสมการทั้งสามจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการออกแบบระบบเซ็นเซอร์ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยวางแผนการติดตั้งที่เหมาะสม และเป็นการประยุกต์หลักการคณิตศาสตร์เข้ากับเทคโนโลยีเซ็นเซอร์อย่างมีประสิทธิภาพ

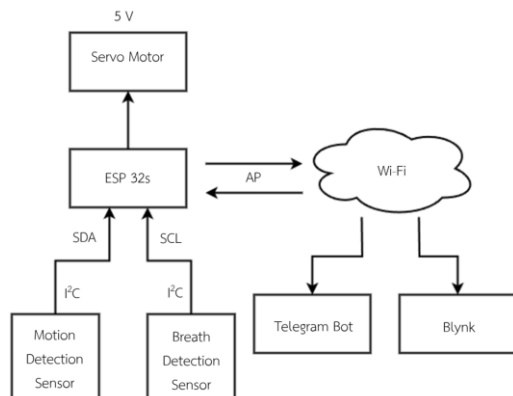


รูปที่ 1 การหาระยะทางโดยใช้วิธีของตรีโกณ

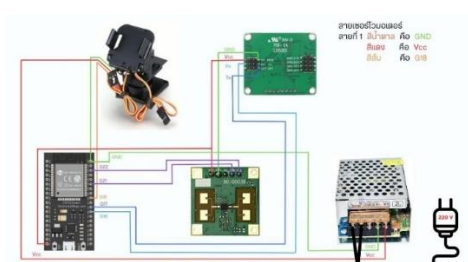


รูปที่ 2 การหาระยะทางโดยใช้วิธีของตรีโกณในองศาที่เอียง

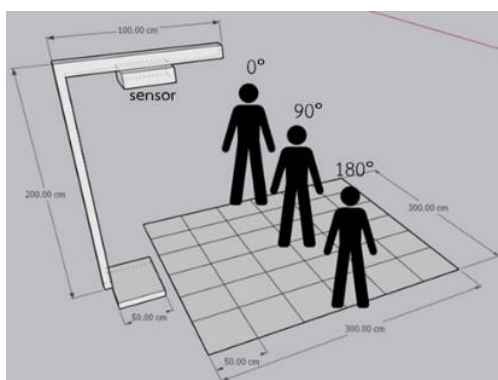
การออกแบบในส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์ของระบบตรวจจับสิ่งมีชีวิตในพื้นที่จำกัด เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการพัฒนาระบบที่ทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ ซึ่งจะช่วยให้การทำงานของเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ส่วนฮาร์ดแวร์จะรับผิดชอบในการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากซอฟต์แวร์และควบคุมการทำงานของระบบเพื่อประมวลผลและแจ้งเตือนโดยแสดงผลในรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 แสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมของฮาร์ดแวร์

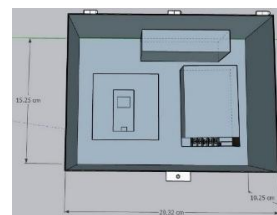


รูปที่ 4 ไดอะแกรมแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

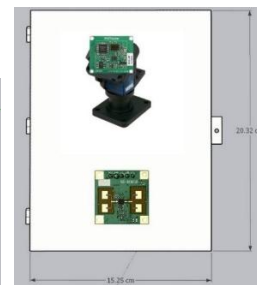


รูปที่ 5 การติดตั้งเซ็นเซอร์และตำแหน่งการเคลื่อนไหว

โครงสร้างของระบบตรวจจับสิ่งมีชีวิตในพื้นที่จำกัด จะมีบอร์ด ESP32 เซ็นเซอร์การตรวจจับการเคลื่อนไหว (LD115H) เซ็นเซอร์ตรวจจับการหายใจ (60RABD1) แหล่งจ่ายไฟ และ เซอร์โวมอเตอร์ แสดงดังรูปที่ 6



(ก)

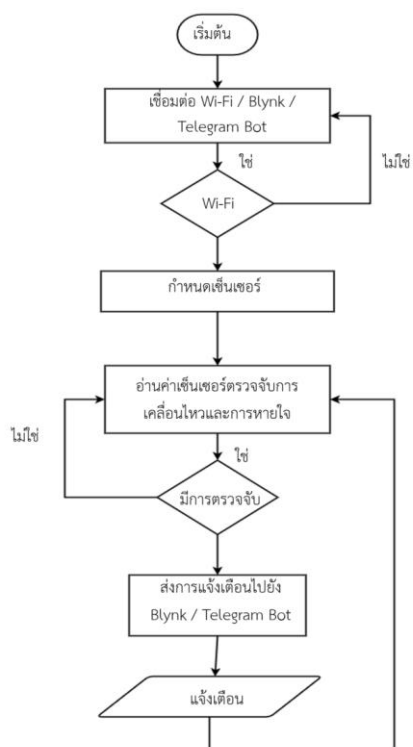


(ข)

รูปที่ 6 (ก) โครงสร้างภายในกล่องระบบตรวจจับและ (ข) การวางตำแหน่งของเซ็นเซอร์ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว และการหายใจ

2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

ในการออกแบบระบบซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจจับสิ่งมีชีวิตในพื้นที่จำกัด ผู้วิจัยได้กำหนดความต้องการของซอฟต์แวร์เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้านหลัก ดังนี้ 1. ฟังก์ชันหลักของระบบ ระบบซอฟต์แวร์ต้องสามารถรองรับการตรวจจับสิ่งมีชีวิตภายในพื้นที่ที่กำหนดและความสามารถในการแจ้งเตือนผู้ใช้งานทันทีเมื่อมีการตรวจพบการปรากฏของสิ่งมีชีวิต ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่อาจเกิดความเสี่ยง เช่น การลื่นล้มในโถงทางเดิน 2. ประเภทของข้อมูลที่จัดการ ระบบต้องสามารถจัดการข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์หลายประเภท ได้แก่ ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Sensor) และเซ็นเซอร์ตรวจจับการหายใจ (Breath Sensor) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ต้องได้รับการประมวลผลและตีความอย่างแม่นยำ เพื่อให้ระบบสามารถตัดสินใจแจ้งเตือนได้อย่างถูกต้อง 3. รูปแบบของการแจ้งเตือน ระบบต้องสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่านช่องทางต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะช่องทางที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายและตอบสนองได้รวดเร็ว เช่น แอปพลิเคชัน Blynk และ Telegram ซึ่งเป็นช่องทางที่สามารถแสดงสถานะของระบบแบบเรียลไทม์ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนผังการทำงานของซอฟต์แวร์

3. ผลทดลองและการอภิปราย

จากตารางที่ 1 ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนอัตโนมัติถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มความปลอดภัยด้วยเทคโนโลยี IoT โดยใช้ ESP32 เป็นหัวใจหลักในการควบคุมและเชื่อมต่อ Wi-Fi/Bluetooth เพื่อประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์และส่งการแจ้งเตือนผ่าน Blynk และ Telegram

ระบบประกอบด้วยเซ็นเซอร์สองชนิดหลัก ได้แก่ Motion Detection Sensor (LD115H) ที่ใช้เรดาร์ความถี่ 24-24.25 GHz ตรวจจับการเคลื่อนไหวภายใน 1-2 วินาที และ Respiration Detection Sensor (60RABD1) ที่ใช้คลื่น 60 GHz ตรวจจับการหายใจในมุม 60 องศา การทำงานร่วมกันของเซ็นเซอร์ทั้งสองช่วยยืนยันการมีอยู่ของสิ่งมีชีวิตและลดการเตือนผิดพลาด

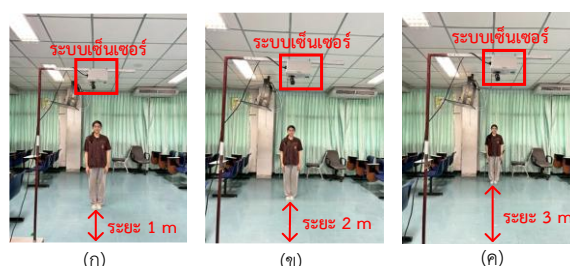
Servo Motor ทำหน้าที่ปรับมุมเซ็นเซอร์ได้ 0°, 90°, 180° เพื่อเพิ่มพื้นที่การตรวจจับ ขณะที่แหล่งจ่ายไฟ 5V-3A รองรับการทำงานของระบบทั้งหมด การแสดงผลใช้แอป Blynk สำหรับติดตามสถานะแบบเรียลไทม์ และ Telegram สำหรับการแจ้งเตือนทันที ส่วนสภาพแวดล้อมในการทดสอบ

ระบบนี้เหมาะสำหรับการรักษาความปลอดภัยในบ้าน สำนักงาน การตรวจจับการบุกรุก และการเฝ้าระวังผู้สูงอายุ ด้วยการผสมผสานเทคโนโลยีเซ็นเซอร์และ IoT ทำให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย และสามารถปรับปรุงได้ตามความต้องการจากการดำเนินการทดลอง ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ การตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับการหายใจ การแสดงผลผ่าน การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน

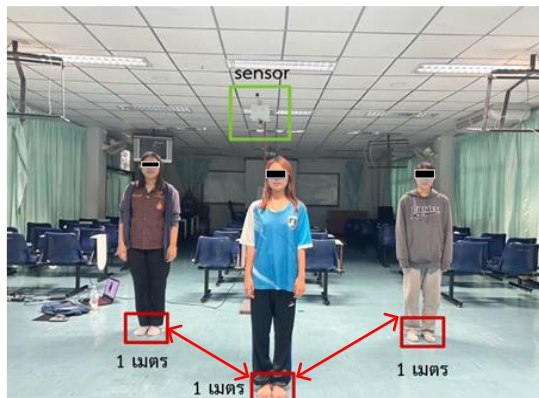
Telegram ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบแต่ละส่วนได้แสดงในรูปที่ 8 – 10

ตารางที่ 1 รายละเอียดอุปกรณ์ในการทดสอบ

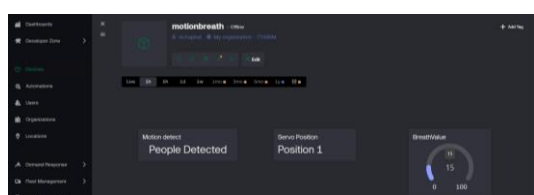
อุปกรณ์	รายละเอียด	การใช้งาน
ESP32	ไมโครคอนโทรลเลอร์ Wi-Fi/BT	ประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์, ควบคุมการทำงานของระบบ, ส่งข้อมูลไปยัง Blynk และ Telegram
Motion Detection Sensor (LD115H)	เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ย่านความถี่ 24-24.25GHz ตรวจจับได้ภายในเวลา 1-2 วินาที	ใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต เพื่อยืนยันการมีอยู่เบื้องต้น
Respiration Detection Sensor (60RABD1)	เซ็นเซอร์คลื่นมิลลิเมตร ตรวจจับการหายใจ ย่านความถี่ 60 GHz ระยะในการตรวจจับ มุมแนวอน 60° และ มุมแย 60°	ใช้วัดสัญญาณการหายใจ เพื่อยืนยันการมีอยู่ของสิ่งมีชีวิตอย่างแม่นยำ
Servo Motor	มอเตอร์ปรับหมุนของเซ็นเซอร์	ขยายมุมตรวจจับให้ครอบคลุม 0°, 90°, 180° ลดจุดบอดการตรวจจับ
Power Supply 5V- 3A	แหล่งจ่ายไฟ DC	สำหรับจ่ายพลังงานให้ ESP32 และ เซ็นเซอร์ทั้งหมด
Blynk Application	แอปพลิเคชันสำหรับ IoT	แสดงผลสถานะของระบบแบบเรียลไทม์
Telegram Application	แอปพลิเคชันสำหรับการสื่อสาร	ใช้แจ้งเตือนผู้ใช้งานทันทีเมื่อระบบตรวจพบสิ่งมีชีวิต



รูปที่ 8 การทดสอบของระยะ (ก) 1 เมตร (ข) 2 เมตร และ (ค) 3 เมตร



รูปที่ 9 การทดสอบตำแหน่งของบุคคลในการตรวจจับในแต่ละมุม



(ก)

Breathing detected at position 1	5:41 PM
Breathing detected at position 1	5:41 PM
Breathing detected at position 1	5:41 PM
Breathing detected at position 1	5:41 PM
Breathing detected at position 2	5:41 PM
Breathing detected at position 2	5:41 PM
Breathing detected at position 2	5:41 PM
Breathing detected at position 2	5:41 PM
Breathing detected at position 2	5:41 PM
Breathing detected at position 2	5:41 PM
Breathing detected at position 2	5:41 PM
Breathing detected at position 2	5:41 PM
Breathing detected at position 2	5:41 PM
Breathing detected at position 3	5:41 PM
Breathing detected at position 3	5:41 PM
Breathing detected at position 3	5:41 PM
Breathing detected at position 3	5:41 PM
Breathing detected at position 3	5:41 PM
Breathing detected at position 3	5:41 PM
Breathing detected at position 3	5:41 PM

ที่มุม 0 องศา

ที่มุม 90 องศา

ที่มุม 180 องศา

(ข)

รูปที่ 10 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน (ก) Blynk และ (ข) แอปพลิเคชัน Telegram

4. สรุป

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอการพัฒนาระบบตรวจจับสิ่งมีชีวิตในพื้นที่จำกัด โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวร่วมกับเซ็นเซอร์ตรวจจับการหายใจ ซึ่งเชื่อมต่อและควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 สำหรับ

การรับ-ส่งข้อมูล และแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และ Telegram ผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถตรวจจับสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ขนาด 3 ตารางเมตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการเพิ่มขอบเขตการตรวจจับด้วยกลไกการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ในมุม 0°, 90° และ 180° ช่วยลดจุดบอดของการตรวจจับในพื้นที่ ระบบสามารถแจ้งเตือนได้ภายในเวลาเฉลี่ย 5 วินาที และมีความแม่นยำสูงในการตรวจจับสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ปิด ทั้งนี้ งานวิจัยในอนาคตมีแผนนำระบบดังกล่าวไปทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง เช่น ภายในยานพาหนะ เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการใช้งานภาคสนามต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะทำงานวิจัยขอขอบคุณ ผู้ร่วมวิจัย นางสาวนางสาวณิชา ณ พัทลุง และนางสาวนางสาวณิชาภัทร เทียบวงศ์เหล่า ที่ร่วมงานสำหรับการเก็บข้อมูลงานวิจัย และ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ในการสนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

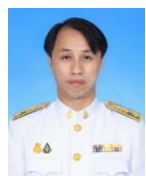
- [1] กลุ่มยุทธศาสตร์ แผนและประเมินผล กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2564). ข้อมูลโรคไม่ติดต่อ. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข.
- [2] หนังสือพิมพ์ผู้จัดการ. (2559). 5 ปี เด็กถูกลืมทิ้งในรถตาย 6 ราย แฉ 3 ข้อป้องกัน. ออนไลน์. สืบค้น 7 มิถุนายน 2559. <http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9590000050540>
- [3] H. -R. Chuang, H. -C. Kuo, F. -L. Lin, T. -H. Huang, C. -S. Kuo and Y. -W. Ou, "60-GHz Millimeter-Wave Life Detection System (MLDS) for Noncontact Human Vital-Signal Monitoring," in IEEE Sensors Journal, vol. 12, no. 3, pp. 602-609, March 2012.
- [4] A. Lazaro, M. Lazaro, R. Villarino and D. Girbau, "Seat-Occupancy Detection System and Breathing Rate Monitoring Based on a Low-Cost mm-Wave Radar at 60 GHz," in IEEE Access, vol. 9, pp. 115403-115414, 2021.



โชคมงคล นาทิ สำเร็จปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วศ.ด. เทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้าและสารสนเทศ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปัจจุบันเป็นอาจารย์ ประจำหลักสูตร ปวส. อิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และ ระบบการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล



ปณยสิริ บุญเป็ง สำเร็จปริญญาตรีบัณฑิต
(วิศวกรรมไฟฟ้า) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำ ในสาขาวิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา มีความสนใจทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์



อนสุรณ์ เราทำ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตร ครุศาสตร์
อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ มีความสนใจ สนใจด้านการ
ประยุกต์ใช้อิเล็กทรอนิกส์ในงานเกษตรกรรม



มานัส สุนันท์ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตร ครุศาสตร์
อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ มีความสนใจ สนใจด้านการ
ประยุกต์ใช้อิเล็กทรอนิกส์ในงานเกษตรกรรม

เอกทัศน์ พงษ์วรรณ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปัจจุบันเป็น
อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัย



เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ มีความสนใจ
ทางด้านวิศวกรรมวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร วิศวกรรม ไมโครเวฟ การ
ออกแบบวงจรความถี่สูง



กฤษฎดา ยิ่งขยัน สำเร็จปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎี
บัณฑิต (วศ.ด.วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปัจจุบันเป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ มีความสนใจทางด้าน
อิเล็กทรอนิกส์ ระบบสมองกลฝังตัว และ IoT