

ไอมี โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ

Development of Imi Robot: A Wireless Remote-Controlled Pet Companion with IoT Integration

พรทิศา รูปจันทร์ ผกามาศ มุ่งเป้า สาธิต กระเวนกิจ และ จักรชัย โสอินทร์*

Pontita Roobjan Pakamas Mungpao Satit Kravenkit and Chakchai So-Ino*

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

Program of Computer Science, College of Computing, Khon Kaen University,

Khon Kaen Province, 400000

*Corresponding author E-mail: chakso@kku.ac.th

Received 3 April 2025, Accepted 28 October 2025, Published 10 February 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ไอมี โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ แบบการควบคุมระยะไกลแบบไร้สาย โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 10 คน ซึ่งถูกคัดเลือกแบบเจาะจงและเป็นผู้ที่สมัครใจที่จะใช้งาน ไอมี โรบอท โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ ไอมี โรบอท และการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละฟังก์ชัน รวมถึงแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นแบบสอบถามเชิงปริมาณ ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผลการวิจัย พบว่า 1) ไอมี โรบอท ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบหลักสำคัญคือ (1) กล้องควบคุมระบบ ไอมี โรบอท ทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการอุปกรณ์ภายในหุ่นยนต์ (2) แอปพลิเคชันที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านสมาร์ตโฟนไร้สาย ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับความนิยมในการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อความสะดวกในการควบคุมและการเข้าถึงของผู้ใช้งาน (3) การทำงานของหุ่นยนต์มีการประยุกต์ใช้ร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ของหุ่นยนต์ โดยการประเมินรายฟังก์ชัน ได้แก่ การควบคุมการทำงาน การใช้งานไลฟ์สตรีม การตรวจจับสัตว์เลี้ยง พบว่ามีความถูกต้อง 98.75% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่า การใช้เทคโนโลยี AI และการประมวลผลภาพสามารถเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพและ 3) ผลการสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้หุ่นยนต์ที่อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ การควบคุมระยะไกลแบบไร้สาย แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

ABSTRACT

This research aimed to develop Imi Robot, an intelligent pet-companion robot equipped with wireless remote-controlled functionality. The sample group consisted of 10 undergraduate students from the Information Technology program at the College of Computing, Khon Kaen University. Participants were purposively selected and voluntarily agreed to use Imi Robot during the study. The research instruments included the Imi Robot prototype, performance tests for each of its functions, and a quantitative user satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean and standard deviation. The research findings

revealed the following: 1) The Imi Robot comprises three key components: (1) a central control unit responsible for managing and operating the robot's internal mechanisms; (2) a smartphone application that enables wireless control of the robot's movement, which is an approach commonly adopted to enhance control and accessibility; and (3) the robot's operations integrated with the Internet of Things (IoT), which enhances connectivity and system functionality. 2) The performance evaluation of the robot, based on its core functionalities including operational control, live streaming, and pet detection, showed a high accuracy rate of 98.75%. This result aligns with existing research, indicating that the artificial intelligence (AI) and image-processing technologies significantly enhance object-detection accuracy. 3) The user satisfaction survey indicated that participants reported a high level of satisfaction with both the functionality and usability of Imi Robot.

Keywords: Smart Pet Companion, Wireless Remote Control, Smartphone Application, Internet of Things (IoT)

บทนำ

ในปัจจุบันผู้คนหันมาเลี้ยงสัตว์เลี้ยงมากขึ้น (วศิกา, 2563) เนื่องจากสัตว์เลี้ยงมีหน้าตาน่ารัก นิสัยเป็นมิตร สามารถช่วยให้เจ้าของผ่อนคลายจากปัญหาต่าง ๆ รอบตัว อีกทั้งยังสร้างความสุขเมื่อได้อยู่ใกล้ สัตว์เลี้ยงยังเปรียบเสมือนเพื่อนคู่ใจที่ช่วยคลายเหงา เยียวยาจิตใจ ทำให้เจ้าของรู้สึกสดชื่น คลายเครียดจากปัญหาชีวิต และบำบัดจิตใจให้ดีขึ้น (พนิดา, 2564) อย่างไรก็ตามการเลี้ยงสัตว์เลี้ยงต้องอาศัยความใส่ใจและเวลาเป็นอย่างมาก ซึ่งอาจเป็นปัญหาสำหรับผู้ต้องการเลี้ยงแต่ต้องทำงานหรือเรียนไปด้วย โดยเฉพาะคนที่มีกิจวัตรประจำวันที่แน่นหนา หากต้องคอยดูแลสัตว์เลี้ยงตลอด 24 ชั่วโมง อาจทำให้ไม่มีเวลาหรือมีเวลาส่วนตัวลดลง ซึ่งสัตว์เลี้ยงยังต้องการความรักและการดูแลใส่ใจเป็นพิเศษ ดังนั้นการหาอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สามารถช่วยดูแลสัตว์เลี้ยงจึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้น

ในอดีตกล้องวงจรปิด (CCTV) ได้ถูกนำมาใช้ในการรักษาความปลอดภัย การเฝ้าระวัง และป้องกันเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (ศิริวิทย์ และชาญคณิตกฤตยา, 2562) รวมไปถึงการตรวจสอบพฤติกรรมของสัตว์เลี้ยง พบว่าอุปกรณ์เหล่านี้มีประโยชน์ในการเฝ้าระวังและช่วยให้เจ้าของสัตว์เลี้ยงสามารถตรวจสอบพฤติกรรมของสัตว์เลี้ยงได้ เมื่อเกิดสิ่งผิดปกติขึ้น อย่างไรก็ตาม กล้องวงจรปิดทั่วไปนั้น มักถูกออกแบบให้ติดตั้งในพื้นที่ ๆ มีการใช้งานเฉพาะ เช่น อาคาร บ้านเรือน ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการติดตามสัตว์เลี้ยงในบางจุด เช่น ใต้เตียง มุมห้อง หรือบริเวณที่กล้องไม่สามารถหมุนไปถึง ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์ที่สามารถติดตามสัตว์เลี้ยงได้อย่างใกล้ชิดมากยิ่งขึ้น หรือที่เรียกว่า หุ่นยนต์สัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ (Bestiebrand, 2566; Bennett et al., 2022)

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาและนำเสนอหุ่นยนต์สัตว์เลี้ยงอัจฉริยะหลากหลายรูปแบบ เช่น EBO X (RealTummie, 2566) ซึ่งพัฒนาโดย Enabot บริษัทเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นการวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับใช้ภายในบ้าน Enabot ก่อตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 2018 ที่เมืองเซินเจิ้น ประเทศจีน โดยสร้างความโดดเด่นด้วยการออกที่กะทัดรัดและน่ารัก รูปทรงมนคล้ายลูกบอลหรือโดม สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ บางรุ่นมาพร้อมหน้าจอแสดงอารมณ์และโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ โดยมีจุดเด่นสำคัญของหุ่นยนต์รุ่นนี้คือ การผสมผสานเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ Alexa AI เพื่อรองรับคำสั่งเสียงและการโต้ตอบอัจฉริยะ พร้อมด้วยกล้องมองเห็นกลางคืนความละเอียด 8MP 4K UHD และลำโพง Harman AudioEFX ซึ่งช่วยให้การสื่อสารและการใช้งานภายในบ้านเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เป็นหุ่นยนต์ที่ล้ำสมัยแต่จะมีราคาค่อนข้างสูง

นอกจากนี้ BellaBot เป็นหุ่นยนต์บริการ (ฟอร์จูนเมคคานิคแอนด์ซัพพลาย จำกัด, 2563) ที่พัฒนาโดยบริษัท Pudu Robotics ประเทศจีน ซึ่งได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมการให้บริการ เช่น ร้านอาหาร โรงแรม และสถานพยาบาล ภายนอกมีลักษณะโค้งมนและไม่แหลมคม มีขนาดกะทัดรัดและสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกในทางเดินแคบ ๆ เมื่อมีลูกค้าเข้ามา

ในร้าน BellaBot จะเคลื่อนที่เข้าไปหา โดยแสดงใบหน้ายิ้มแย้มและส่งเสียงร้อง “เมี้ยว” โดยมีการทำงานโดยใช้ระบบ PUDU SLAM ซึ่งเป็นการผสมผสานเทคโนโลยี AI กับเซ็นเซอร์อัจฉริยะ เช่น LiDAR เซ็นเซอร์ 3D กล้อง RGB-D และ Ultrasonic Radar ที่ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถนำทางได้อย่างแม่นยำและหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมี AI Voice Interaction ที่ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถโต้ตอบกับลูกค้าได้อย่างเป็นธรรมชาติ ผ่านการจดจำเสียงและการประมวลผลภาษาธรรมชาติ โดยมีจุดเด่นสำคัญคือ การโต้ตอบผ่านเสียงและการแสดงสีหน้าบนหน้าจอ ซึ่งช่วยเพิ่มประสบการณ์ที่น่าประทับใจให้กับลูกค้า (Huang, 2023) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาษาธรรมชาติและ การรู้จำเสียงพูด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความเป็นส่วนตัวในการโต้ตอบของหุ่นยนต์บริการกับลูกค้า

เมื่อไม่นานมานี้ยังมี Petoneer Smart Pet Cam PC001 (Aquapro, 2568) ที่เป็นกล้องวงจรปิดสำหรับสัตว์เลี้ยง โดยออกแบบมาให้เจ้าของสามารถดูและสื่อสารกับสัตว์เลี้ยงจากระยะไกลผ่านแอปพลิเคชัน Petoneer โดยผลิตจากประเทศจีน ซึ่งมีกล้องทรงกลมที่มีขนาดกะทัดรัดและฐานรองที่มั่นคง โดยมีจุดเด่นของกล้องคือ ความสะดวกในการดูแลสัตว์เลี้ยงจากระยะไกล และมีฟังก์ชันหลากหลาย เช่น การบันทึกวิดีโอความละเอียด 1080p รองรับโหมด Night Vision สำหรับการมองเห็นในที่มืด ฟังก์ชัน 2-way audio ที่ช่วยให้เจ้าของสามารถพูดคุยกับสัตว์เลี้ยงผ่านไมโครโฟนและลำโพงของกล้อง และฟังก์ชัน Motion Detection ที่สามารถกำหนด Activity zone เพื่อการแจ้งเตือนหรือบันทึกภาพเมื่อมีการเคลื่อนไหวในพื้นที่ ๆ กำหนด นอกจากนี้ยังรองรับการใส่ micro SD card ขนาดสูงสุด 256GB และสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ของ Petoneer เพื่อดูภาพจากกล้องในขณะที่มีการใช้งานอุปกรณ์อื่น ๆ ร่วมด้วยได้

นอกจากนี้ ในประเทศไทย ยังมีการวิจัยและพัฒนา หุ่นยนต์เพื่อการศึกษา โดยเฉพาะในด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์ เช่น งานวิจัยของ (ธีรพงษ์ และสมคิด, 2564) ซึ่งได้พัฒนาชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบ SCARA ที่สามารถเคลื่อนที่อิสระได้ 4 ทิศทาง เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์ โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมความเข้าใจด้านกลไก การควบคุม และการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาหุ่นยนต์ในภาคส่วนต่าง ๆ รวมถึงการประยุกต์ในชีวิตประจำวัน เช่น หุ่นยนต์สัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ ในปัจจุบันมีการพัฒนาหุ่นยนต์ AMR (Autonomous Mobile Robots) ที่ใช้เทคโนโลยีการนำทางด้วยเลเซอร์ ซึ่งมีลักษณะทรงกลมหรือสี่เหลี่ยมขนาดกะทัดรัด ออกแบบมาให้สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกในพื้นที่แคบ ตัวหุ่นยนต์ใช้ล้อหรือมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่กำหนดตามแผนที่เสมือน (Virtual Map) สำหรับการทำงานอัตโนมัติ หรือสามารถควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลในระยะสายตา โดยมีจุดเด่นสำคัญของหุ่นยนต์คือ ฟังก์ชันการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ซึ่งช่วยให้หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกอุปสรรคได้อย่างปลอดภัย พร้อมความสามารถในการปรับเส้นทางได้ตามความต้องการ นอกจากนี้ยังสามารถปรับโครงสร้างด้านบนของหุ่นยนต์ให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ เช่น การติดตั้งสายพาน ตะกร้า หรือชั้นวาง เพื่อรองรับการขนส่งสินค้าได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ง่ายผ่านแอปพลิเคชันหรือปุ่มคลิกเรียก ผู้ใช้งานยังสามารถติดตามสถานะต่าง ๆ เช่น ระดับแบตเตอรี่และผลการทำงานผ่านแอปพลิเคชัน รวมถึงสามารถตั้งตารางเวลาทำงานล่วงหน้า และเชื่อมต่อกับระบบอื่น ๆ เช่น สายพานหรือประตูอัตโนมัติ ได้อีกด้วย

นอกจากนี้ ยังมีกล้องวงจรปิด Outdoor Wi-Fi Camera (THAI SECOM SECURITY, 2567) จากบริษัท THAI SECOM SECURITY CO., LTD. ถูกออกแบบให้มีลักษณะทนทานและเหมาะสำหรับการใช้งานภายนอกอาคาร ตัวกล้องมีการออกแบบที่กะทัดรัดและแข็งแรงเป็นกล้องวงจรปิดที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานภายนอกอาคาร โดยมาพร้อมฟังก์ชัน VIDEO ANALYTICS ซึ่งสามารถวิเคราะห์และแยกแยะเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นบุคคล ยานพาหนะ หรือสัตว์ เพื่อการตรวจจับเหตุการณ์ที่มีความแม่นยำสูง กล้องนี้สามารถตั้งค่าการตรวจจับการบุกรุกได้ทั้งแบบขีดเส้น (Tripwire) หรือพื้นที่ (Zone) เพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับ ฟังก์ชัน HDR ช่วยให้กล้องสามารถบันทึกภาพได้แม้ในสภาพแสงที่มีความแตกต่างระหว่างที่มืดและสว่าง (Dong et al., 2025) อีกทั้งยังรองรับการบันทึกภาพในความละเอียดสูงและแสดงภาพในมุมมองกว้าง รวมถึงการบันทึกในช่วงกลางคืน ระบบสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้ผ่านอีเมล หรือข้อความทันทีเมื่อมีการตรวจพบการเคลื่อนไหวในพื้นที่ ๆ กำหนด เช่น การบุกรุกในพื้นที่ต้องห้าม หรือเมื่อมีบุคคลอยู่ใกล้เคียงพื้นที่สำคัญ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถจัดการกับเหตุการณ์ได้อย่างทันที

ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยที่ใกล้เคียงที่มีการนำเสนอและพัฒนาหุ่นยนต์สัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ PANDO PET COMPANION CAMERA หรือที่เรียกว่า PECO ซึ่งเป็นกล้องวงจรปิดสำหรับสัตว์เลี้ยงที่มีลักษณะดังนี้คือ มีกล้องที่ด้านหน้า มีล้อทรงแมคคานัม 4 ล้อ โดยมีจุดเด่นด้านการสื่อสารแบบสองทาง การติดตามสัตว์เลี้ยงแบบตามเวลาจริง และฟังก์ชันแจกขนมผ่านแอปพลิเคชัน ซึ่งเหมาะสำหรับเจ้าของสัตว์เลี้ยงที่ต้องการเชื่อมต่อกับการดูแลสัตว์เลี้ยงเมื่ออยู่นอกบ้าน โดยมีจุดเด่นสำคัญคือ ความสะดวกสบายและการควบคุมผ่านอุปกรณ์พกพา ทำให้เจ้าของสะดวกในการใช้งานที่อยู่ในระยะไกลจากสัตว์เลี้ยงการปฏิสัมพันธ์กับหุ่นยนต์สัตว์เลี้ยงโดยใช้ AI ในการโต้ตอบกับเจ้าของ นอกจากนี้เจ้าของยังสามารถพูดคุยกับสัตว์เลี้ยงผ่านไมโครโฟนและลำโพงของ PECO ได้แบบตามเวลาจริง ผ่านแอปพลิเคชัน หุ่นยนต์ยังสามารถตอบสนองต่อเสียงของเจ้าของได้ เช่น เมื่อมีการเรียกชื่อสัตว์เลี้ยงหรือใช้คำสั่งเสียงเพื่อให้สัตว์เลี้ยงเข้ามาหา อีกทั้งมีระบบแจกขนม (PANDO PECO) เหมาะสำหรับเจ้าของที่ต้องการเล่นกับสัตว์เลี้ยงในระยะไกลอีกด้วย (Bestiebrand, 2566)

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าหุ่นยนต์สัตว์เลี้ยงและกล้องวงจรปิดได้ถูกนำมาใช้ในการดูแลและเล่นกับสัตว์เลี้ยงในหลากหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตามอุปสรรคเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดสำคัญคือ ไม่สามารถจำแนกประเภทของสัตว์เลี้ยงได้อย่างชัดเจนระหว่างสุนัขและแมว ส่งผลให้ฟังก์ชันการเล่นของหุ่นยนต์อาจไม่เหมาะสมกับพฤติกรรมของสัตว์เลี้ยงในแต่ละประเภท นอกจากนี้ฟังก์ชันการเรียกหาสัตว์เลี้ยงผ่านเสียงจากอุปกรณ์ที่ช่วยให้สัตว์เลี้ยงได้ยินเสียงเจ้าของ แต่ก็ยังไม่สามารถระบุตำแหน่งของเจ้าของได้อย่างแม่นยำ ทำให้การโต้ตอบระหว่างสัตว์เลี้ยงและอุปกรณ์ไม่สมบูรณ์ในบางสถานการณ์ เช่น เมื่อมีเสียงดังออกจากหุ่นยนต์ แต่สัตว์เลี้ยงก็ไม่สามารถมองเห็นเจ้าของได้และไม่ทราบแหล่งที่มาของเสียง

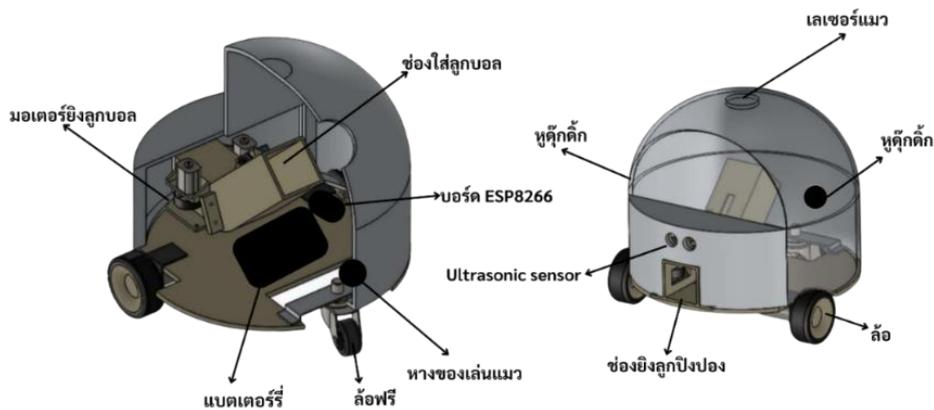
จากประเด็นปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนา โอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ หุ่นยนต์เพื่อนสัตว์เลี้ยงที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการเล่นของสัตว์เลี้ยง มีฟังก์ชันการเล่นที่สนับสนุนต่อพฤติกรรมการเล่นของสัตว์เลี้ยงที่แยกตามประเภทของสัตว์เลี้ยง เช่น สุนัขและแมว โดยมีฟังก์ชันหลักของสุนัขคือ 1) การยิงลูกปิงปอง และ 2) หูตุ๊กตัก ในขณะที่แมวจะมีฟังก์ชันการเล่นคือ 1) เลเซอร์แมว และ 2) ทางสายไปมา ซึ่งฟังก์ชันการเล่นดังกล่าวได้อ้างอิงมาจากของเล่นปกติที่แมวและสุนัขชอบเล่นมาประกอบเข้าในหุ่นยนต์ และได้มีการเพิ่มจอเพื่อให้สัตว์เลี้ยงสามารถมองเห็นผู้ใช้งานจากอีกฝั่งจากระยะไกลได้ และควบคุมง่ายผ่านเครือข่ายไร้สายและแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (กิตติศักดิ์ และมัชฌมกานต์, 2567) โดยสรุปมีวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมหุ่นยนต์เพื่อนสัตว์เลี้ยง และเพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์โดยสั่งการผ่านแอปพลิเคชัน ที่สามารถติดตามพฤติกรรมสัตว์เลี้ยงแบบตามเวลาจริง โดยทำงานได้ทั้งในโหมดควบคุมด้วยมือ (Manual) ที่ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเคลื่อนที่และการเล่นของหุ่นยนต์ได้ด้วยตัวเอง และโหมดอัตโนมัติ (Automatic) ที่หุ่นยนต์สัตว์เลี้ยงสามารถทำงานเล่นได้ตามเวลาที่ผู้ใช้ตั้งค่าไว้ได้

วิธีการวิจัย

1. การออกแบบ Hardware และ Software

1.1 การออกแบบ Hardware ของโอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ

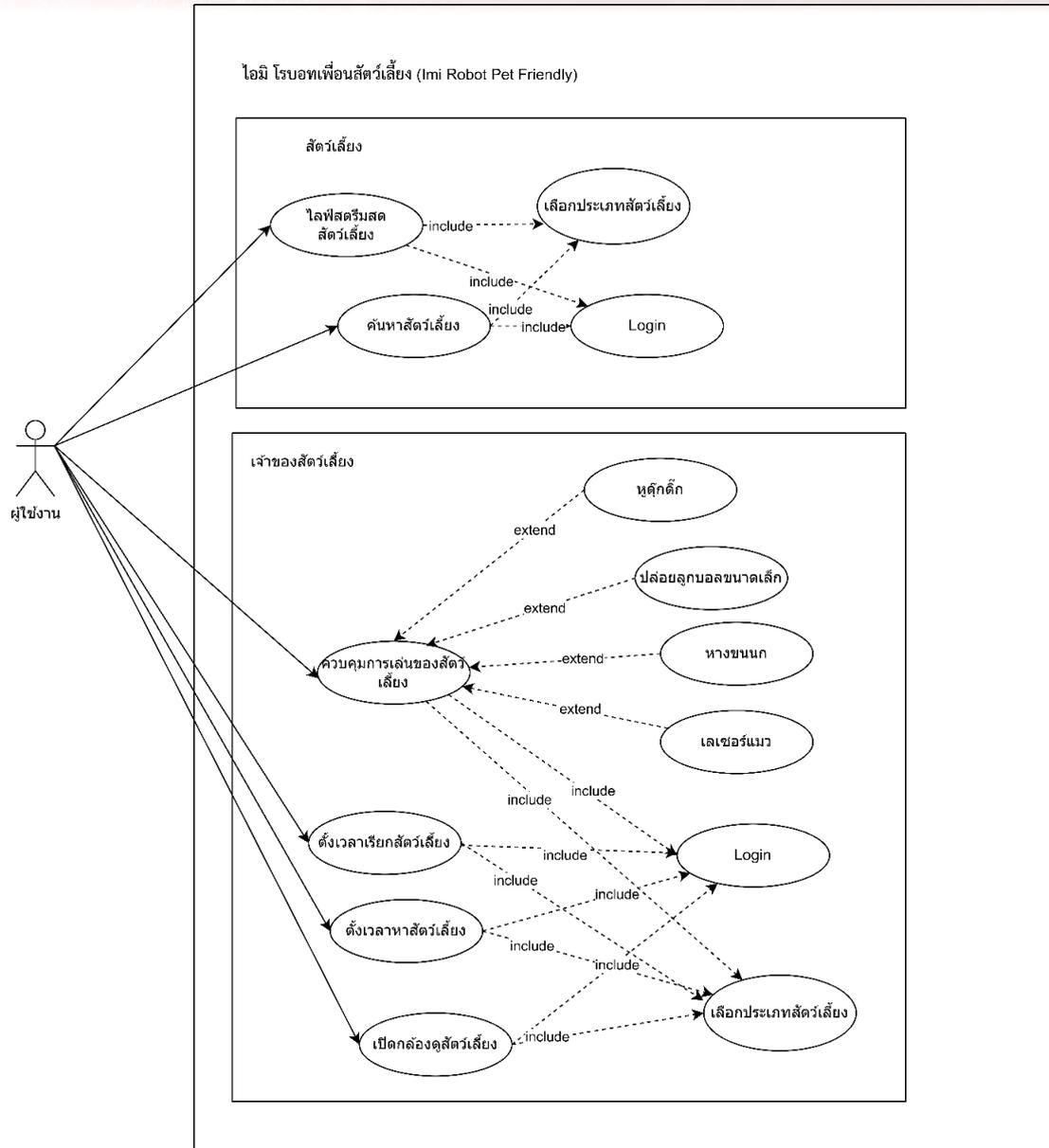
โอมิ โรบอท ถูกออกแบบมาด้วยขนาดความสูง 272.5 มิลลิเมตร และความกว้าง 280 มิลลิเมตร ตัวหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ด้วยล้อจำนวน 3 ล้อ โดยจะมีแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ซึ่งแบตเตอรี่เหล่านี้เป็นแหล่งจ่ายไฟหลักให้กับบอร์ดควบคุมมอเตอร์ โดยทำงานที่แรงดัน 12 โวลต์ ในการควบคุมล้อในการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ ผู้ใช้งานสามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ควบคุมทิศทางหุ่นยนต์ในโหมด Manual ผ่านเครือข่ายไร้สาย ด้วยเทคโนโลยีสั่งการผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งผ่านข้อมูลไปยัง Firebase Realtime Database โดยจะใช้บอร์ด ESP8266 เพื่อรับคำสั่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อควบคุมมอเตอร์และบังคับทิศทางของหุ่นยนต์ได้ตามต้องการ นอกจากนี้ในโหมดนี้ยังสามารถบังคับการเล่น ฟังก์ชันของสัตว์เลี้ยงได้อีกด้วย เช่น การยิงเลเซอร์และการยิงลูกปิงปอง และในส่วนของโหมด Automatic บอร์ดจะทำการรับคำสั่งจากไฟล์เบส เพื่อประมวลผลเวลาตามที่ผู้ใช้งานตั้งค่าไว้ และสามารถเคลื่อนที่ร่วมกับการทำงานของ Ultrasonic sensor ซึ่งจะทำหน้าที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางเมื่อถึงระยะที่กำหนด (Akter et al., 2022) แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การจำลองโครงสร้าง ภูมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ

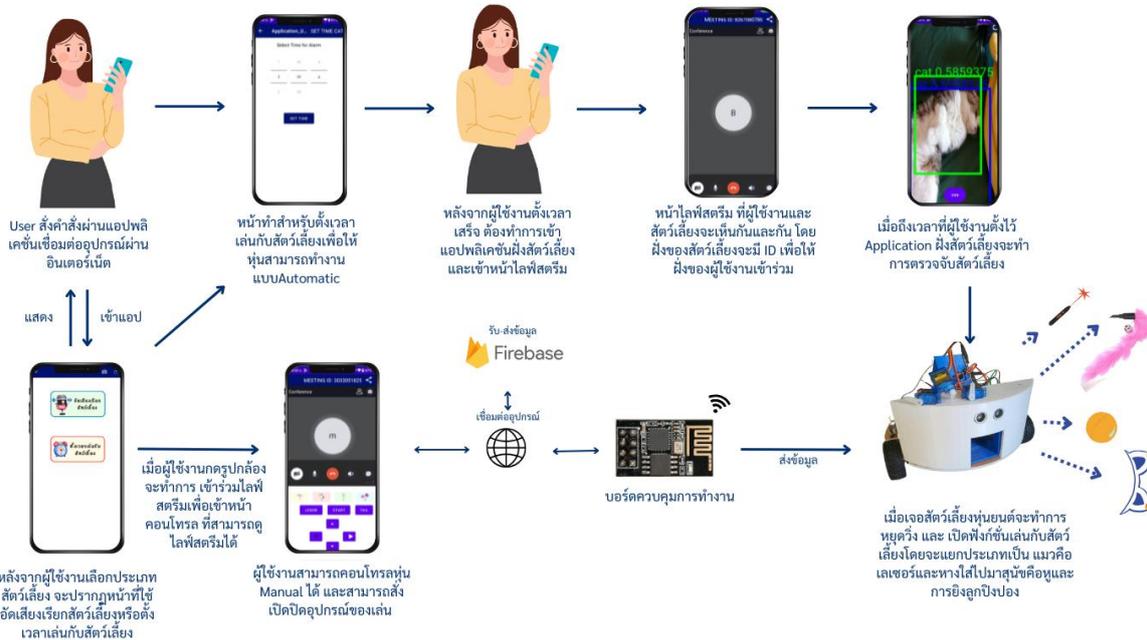
1.2 การออกแบบ Software ของภูมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ

สำหรับในส่วนของ Software ภาพที่ 2 แสดงถึง Use case การใช้งานแอปพลิเคชัน โดยแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ เจ้าของสัตว์เลี้ยงและผู้ใช้งานฝั่งสัตว์เลี้ยง โดยมีการใช้งาน 2 ส่วนได้แก่ แอปพลิเคชันฝั่งสัตว์เลี้ยงที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถไลฟ์สตรีมสดเพื่อดูสัตว์เลี้ยงได้ตามเวลาที่ตั้งค่าไว้ในฝั่งเจ้าของสัตว์เลี้ยง ซึ่งเมื่อถึงเวลาที่กำหนด ผู้ใช้งานสัตว์เลี้ยงจะเล่นเสียงเรียกหาสัตว์เลี้ยงและทำการค้นหาสัตว์เลี้ยง หากเมื่อพบสัตว์เลี้ยง หุ่นยนต์จะทำการเล่นฟังก์ชันของเล่นที่เหมาะสมกับประเภทของสัตว์เลี้ยง เช่น หากเลือกเป็นสุนัข จะทำงานส่วนหูคู้คักและการปล่อย (หรือยิง) ลูกปิงปอง หรือหากเลือกเป็นแมว จะทำงานส่วนเลเซอร์และทางขนนก สำหรับในส่วนแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้งานเจ้าของสัตว์เลี้ยง จะทำหน้าที่เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตั้งเวลาเพื่อค้นหาสัตว์เลี้ยง และเรียกหาสัตว์เลี้ยงตามเวลาที่กำหนด รวมถึงสามารถเปิดดูสัตว์เลี้ยงได้จากระยะไกล อีกทั้งยังสามารถควบคุมการเล่นและทิศทางการเดินของหุ่นยนต์ได้แบบควบคุมด้วยมืออีกด้วย ทั้งนี้การใช้งานทั้งสองจะช่วยให้เจ้าของสัตว์เลี้ยงสามารถดูแลและเล่นกับสัตว์เลี้ยงได้อย่างสะดวกสบายแม้จะอยู่ห่างไกลกันก็ตาม



ภาพที่ 2 แผนภาพกรณีการใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน

2. ภาพรวมของระบบ



ภาพที่ 3 ภาพรวมของระบบ

ภาพที่ 3 แสดงถึงการใช้งาน โอมิโรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยง โดยแบ่งผู้ใช้งานเป็น 2 กลุ่มหลักคือ เจ้าของสัตว์เลี้ยงและฝั่สัตว์เลี้ยง โดยผู้ใช้งานฝั่สัตว์เลี้ยงสามารถใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อทำการถ่ายทอดสด (Live Streaming) ซึ่งช่วยให้เจ้าของสามารถเฝ้าดูสัตว์เลี้ยงของตนเองได้แบบตามเวลาจริง นอกจากนี้เมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้า แอปพลิเคชันฝั่สัตว์เลี้ยงจะทำการค้นหาสัตว์เลี้ยงโดยอัตโนมัติ และเมื่อตรวจพบสัตว์เลี้ยงได้สำเร็จจะส่งค่าประเภทของสัตว์เลี้ยง (เช่น "Cat" หรือ "Dog") ไปยัง Firebase Realtime Database (Li et al., 2018) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูล เมื่อข้อมูลประเภทสัตว์เลี้ยงถูกส่งไปยังบอร์ด ESP8266 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการประมวลผล ระบบจะสั่งการไปยังหุ่นยนต์ให้ทำงานตามฟังก์ชันที่กำหนดไว้ โดยฟังก์ชันของหุ่นยนต์จะมีการปรับให้เหมาะสมกับลักษณะของสัตว์เลี้ยงแต่ละประเภท เช่น ในกรณีสุนัข หุ่นยนต์จะทำงานในโหมดที่เหมาะสมกับสุนัข เช่น สามารถขยับส่วนหัวให้ดุกดิกและปล่อยลูกปิงปองขนาดเล็ก หรือในกรณีแมว หุ่นยนต์จะทำงานในโหมดที่เหมาะสมกับแมว เช่น ปล่อยแสงเลเซอร์และขยับหางขนนก ทั้งนี้การเล่นของหุ่นยนต์จะดำเนินการเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 3 นาที เพื่อเป้าหมายในการประหยัดพลังงาน หลังจากนั้นหุ่นยนต์จะหยุดทำงานในระบบ Automatic นอกจากนี้ในส่วนของฟังก์ชันอัตโนมัติเล่นกับสัตว์เลี้ยง โดยเสียงจะถูกเล่นเมื่อถึงเวลาที่ผู้ใช้งานฝั่เจ้าของสัตว์เลี้ยงกำหนดไว้ ดังออกผ่านแอปพลิเคชันฝั่สัตว์เลี้ยงอีกด้วย

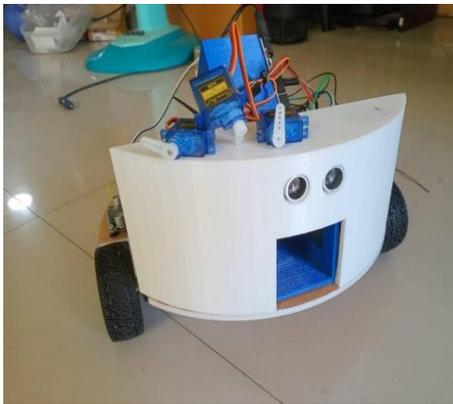
3. การพัฒนาหุ่นยนต์และแอปพลิเคชันควบคุม

3.1 การพัฒนาหุ่นยนต์ โอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ

หุ่นยนต์ โอมิ โรบอท ได้รับการพัฒนาให้มีโครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนภายนอกตัวหุ่นยนต์และส่วนภายในตัวหุ่นยนต์ โดยแต่ละส่วนได้รับการออกแบบให้ทำงานร่วมประสานกันเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน โดยที่ในส่วนของโครงสร้างภายนอก ได้รับการออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks (อภิชาติ, 2567) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนและโครงสร้าง 3 มิติ จากนั้นนำแบบไปผลิตด้วยเทคโนโลยี การพิมพ์สามมิติ (3D Printing) เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักเบา ความแม่นยำสูง และสามารถปรับแต่งได้ตามต้องการ ในส่วนของโครงสร้างภายในได้ติดตั้งระบบ

ขับเคลื่อนซึ่งประกอบด้วยล้อทั้งหมด 3 ล้อ โดยมีลักษณะการทำงานสำคัญดังนี้คือ ล้อขับเคลื่อนหลัก จำนวน 2 ล้อ ที่ติดตั้งมอเตอร์เพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และ ล้ออิสระจำนวน 1 ล้อ ทำหน้าที่ช่วยหุ่นยนต์ให้สามารถหมุนและเปลี่ยนทิศทางได้อย่างคล่องตัว เช่น เซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) ติดตั้งบริเวณด้านหน้าของหุ่นยนต์ ดังภาพที่ 4(ก) ทำหน้าที่ตรวจจับสิ่งกีดขวางและสามารถทำงานในโหมด Automatic โดยเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าใกล้สิ่งกีดขวาง ระบบจะสั่งให้หุ่นยนต์หยุดชั่วขณะ และทำการหักเลี้ยวไปทางขวาเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้หุ่นยนต์ยังมีฟังก์ชันการเล่นของสัตว์เลี้ยงโดยจะแยกเป็น 2 ประเภท คือ หากเป็นแมว จะมีหางของหุ่นยนต์ที่สามารถแกว่งไปมาได้ ดังภาพที่ 4(ข) ซึ่งมีการควบคุมการเคลื่อนไหวผ่าน เซอร์โวมอเตอร์ และเลเซอร์ ซึ่งจะมีการยิงแสงลงบนพื้นเพื่อสร้างจุดสีแดง และในกรณีที่หุ่นยนต์ประสบปัญหาการยิงลูกปืนป้องกันที่เซอร์ขับเคลื่อนล้อจำนวน 2 ล้อ เพื่อส่งแรงยิงลูกปืนป้องกันออกจากตัวหุ่นยนต์ แสดงได้ดังภาพที่ 5 นอกจากนี้หูของหุ่นยนต์ติดตั้งกระดิ่งและเซอร์โวมอเตอร์ (MG90S Servo) สามารถหมุนได้ 90 องศา เพื่อสร้างเสียงกระดิ่ง เพื่อเพิ่มการดึงดูดความสนใจ

ส่วนของระบบภายในตัวหุ่นยนต์ ประกอบด้วยวงจรควบคุมและกลไกต่าง ๆ ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยใช้ Arduino IDE (ณัฐพล และคณะ, 2563) เป็นเครื่องมือหลักในการเขียนโปรแกรม และใช้ ภาษา C/C++ สำหรับ Arduino โดยมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้: บอร์ดควบคุม Arduino Mega 2560 ทำหน้าที่รับและประมวลผลข้อมูล รวมถึงสั่งการไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในหุ่นยนต์ บอร์ด ESP8266 ทำหน้าที่เชื่อมต่อและรับส่งข้อมูลจาก Firebase Realtime Database ซึ่งเป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์และแอปพลิเคชัน แบตเตอรี่ขนาด 12V/1.5Ah ที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักสำหรับการทำงานของหุ่นยนต์ โดยสามารถใช้งานต่อเนื่องได้ประมาณ 60-90 นาที ต่อการชาร์จเต็มหนึ่งครั้ง (ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและจำนวนการเชื่อมต่อพร้อมกัน) โดยระบบได้รับการออกแบบให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการแบ่งการทำงานเป็นโหมด Active และ Standby เมื่อไม่มีการเคลื่อนไหวหรือการโต้ตอบ ระบบจะเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานโดยอัตโนมัติ โดยสามารถชาร์จแบตเตอรี่ใหม่ได้ภายในเวลา 2-3 ชั่วโมง ในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ภายในหุ่นยนต์ DC Motor 3-6 Volts ใช้เป็นมอเตอร์ขับเคลื่อนล้อ จำนวน 2 ล้อ เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



(ก) ด้านหน้า : Ultrasonic Sensor และเซอร์โวมอเตอร์



(ข) ด้านหลัง : สวิตช์เปิด-ปิด และ หาง

ภาพที่ 4 โครงสร้างภายนอกของอิมิโรบอท: (ก) ด้านหน้า และ (ข) ด้านหลัง

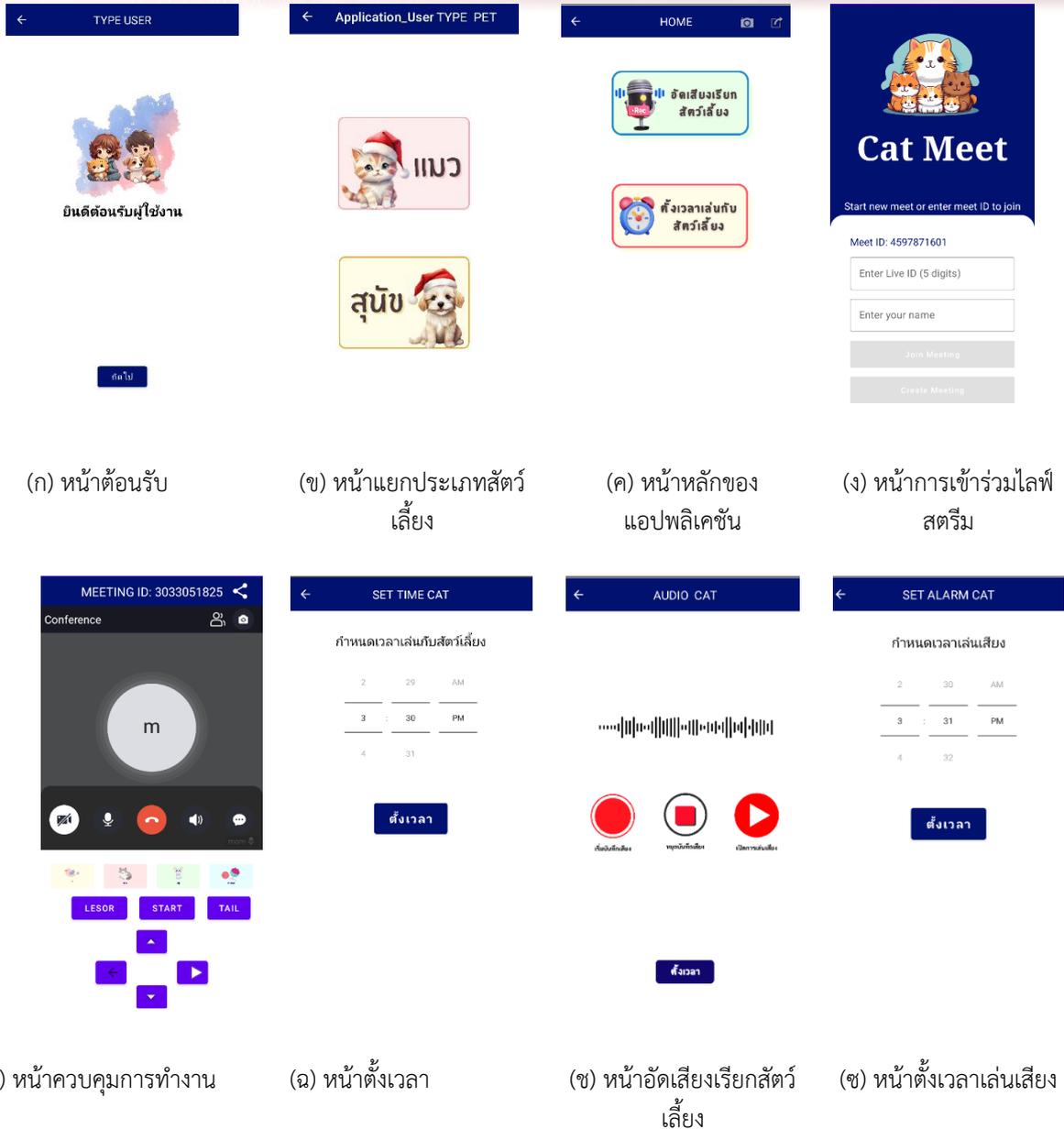


ภาพที่ 5 โครงสร้างภายในของอิมิโรบอทและระบบยิงลูกปิงปอง

3.2 การพัฒนาแอปพลิเคชัน

3.2.1 แอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้งาน

แอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้งาน ได้รับการออกแบบและพัฒนาเพื่อให้เจ้าของสัตว์เลี้ยงสามารถควบคุมหุ่นยนต์และโต้ตอบกับสัตว์เลี้ยงได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ โดยแอปพลิเคชันนี้ถูกพัฒนาด้วย ภาษา Kotlin บนระบบปฏิบัติการ Android (นฤพนธ์ และคณะ, 2567) และใช้ Android Studio เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนา พร้อมทั้งใช้ Firebase Realtime Database เป็นแพลตฟอร์มสำหรับจัดเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์และเชื่อมต่อระหว่างฝั่งผู้ใช้งานกับฝั่งของหุ่นยนต์ เมื่อผู้ใช้งาน (ฝั่งเจ้าของสัตว์เลี้ยง) เข้าสู่แอปพลิเคชันจะปรากฏหน้าแรก แสดงดังภาพที่ 6(ก) โดยจะแสดงข้อความสวัสดีผู้ใช้งาน เมื่อผู้ใช้งานคลิกปุ่มถัดไป จะนำไปยังหน้าสำหรับเลือกประเภทของสัตว์เลี้ยง แสดงดังภาพที่ 6(ข) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ระหว่าง สุนัขหรือแมว เมื่อทำการเลือกประเภทสัตว์เลี้ยงเสร็จสิ้น จะนำไปสู่หน้าเมนูหลัก แสดงดังภาพที่ 6(ค) ซึ่งมีฟังก์ชันหลัก 3 ส่วน ที่สามารถใช้งานได้เหมือนกันทั้ง 2 ประเภทของสัตว์เลี้ยง โดยมีปุ่มที่ 1 ผู้ใช้งานสามารถเข้าสู่หน้าการถ่ายทอดสด ได้โดยการคลิกที่ปุ่มรูปกล้อง ซึ่งจะนำไปยังหน้าการเข้าร่วมไลฟ์สตรีม แสดงดังภาพที่ 6(ง) เมื่อคลิกเข้าร่วมสำเร็จ จะทำการเชื่อมต่อกับกล้องของฝั่งสัตว์เลี้ยง และจะแสดงภาพถ่ายทอดสดของสัตว์เลี้ยงแบบตามเวลาจริงในหน้าการไลฟ์สตรีมนี้



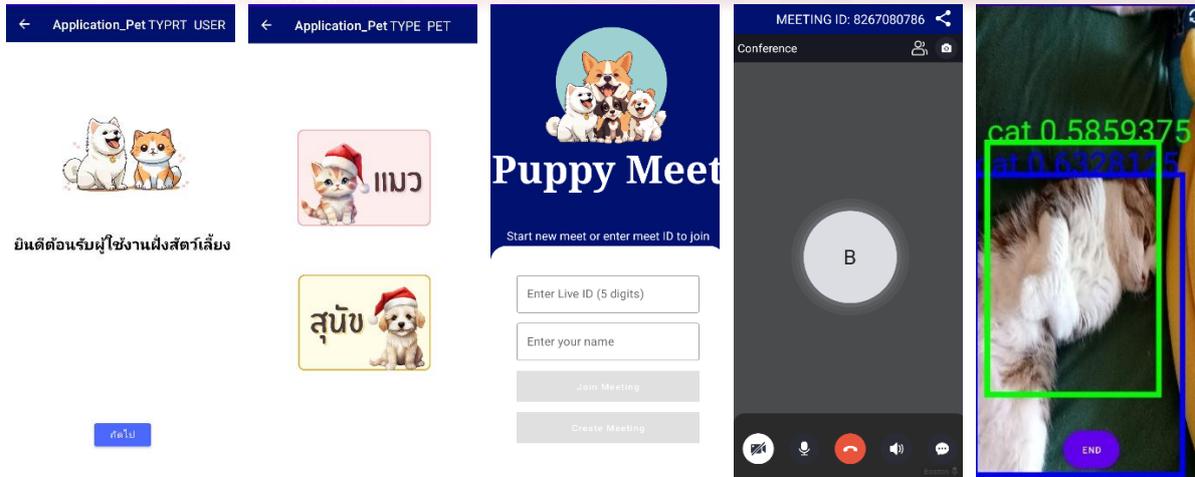
ภาพที่ 6 หน้าจอของแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้งาน (ก) หน้าต้อนรับ (ข) หน้าแยกประเภทสัตว์เลี้ยง (ค) หน้าหลักของแอปพลิเคชัน (ง) หน้าการเข้าร่วมไลฟ์สตรีม (จ) หน้าควบคุมการทำงาน (ฉ) หน้าตั้งเวลา (ช) หน้าแจ้งเตือนเรียกสัตว์เลี้ยง และ (ซ) หน้าตั้งเวลาเล่นเสียง

นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ผ่านปุ่มควบคุม ซึ่งอยู่บริเวณด้านล่างของหน้าจอ ซึ่งหน้าจอนี้จะมีส่วนที่แตกต่างกันอยู่คือ หากเลือกเป็นประเภทแมว จะมีปุ่มควบคุม ที่ชื่อว่า LASER (เลเซอร์) และ TAIL (หาง) แต่หากเลือกเป็นประเภทสุนัข จะมีปุ่มควบคุม คือ BOLL (บอล/ปิงปอง) และ EAR (หู) แสดงได้ดังภาพที่ 6(จ) ปุ่มที่ 2 จากหน้าเมนูหลักจะเป็นปุ่มตั้งค่าเวลาเล่นกับสัตว์เลี้ยง เมื่อผู้ใช้งานตั้งเวลาสำเร็จเวลาจะถูกบันทึกลงใน Firebase Realtime Database เพื่อตรวจหาสัตว์เลี้ยง แสดงได้ดังภาพที่ 6(ฉ) ปุ่มที่ 3 แจ้งเตือนเรียกสัตว์เลี้ยงซึ่งหน้าจอนี้จะมี 3 ปุ่มด้วยกันคือ

1) ปุ่มเริ่มบันทึกเสียง ใช้สำหรับเริ่มต้นการบันทึกเสียงของผู้ใช้งาน 2) ปุ่มหยุดบันทึกเสียง เมื่อคลิกปุ่มหยุดบันทึกเสียง เสียงของผู้ใช้งานจะถูกบันทึกลงใน Firebase Realtime Database 3) ปุ่มเปิดการเล่นเสียง ใช้สำหรับตรวจสอบเสียงที่ผู้ใช้งานได้บันทึกไว้ก่อนหน้านี้ แสดงได้ดังภาพที่ 6(ข) เมื่ออัดเสียงเสร็จจะมีปุ่มด้านล่างคือ ปุ่มตั้งเวลา ใช้เพื่อเล่นเรียกสัตว์เลี้ยงเมื่อถึงเวลาเสียงที่ผู้ใช้งานได้บันทึกจะออกจากแอปพลิเคชันฝั่งของสัตว์เลี้ยง เมื่อคลิกเข้าไปจะ แสดงได้ดังภาพที่ 6(ข)

3.2.2 แอปพลิเคชันฝั่งสัตว์เลี้ยง

แอปพลิเคชันฝั่งสัตว์เลี้ยง ได้รับการออกแบบและพัฒนาเพื่อให้เจ้าของสัตว์เลี้ยงสามารถควบคุมหุ่นยนต์และโต้ตอบกับสัตว์เลี้ยงได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ โดยแอปพลิเคชันนี้ถูกพัฒนาด้วย ภาษา Kotlin บนระบบปฏิบัติการ Android (นฤพนธ์ และคณะ, 2567) และใช้ Android Studio เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนา พร้อมทั้งใช้ Firebase Realtime Database เป็นแพลตฟอร์มสำหรับจัดเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์และเชื่อมต่อระหว่างฝั่งผู้ใช้งานกับฝั่งของหุ่นยนต์ เมื่อผู้ใช้งาน (ฝั่งสัตว์เลี้ยง) เข้าสู่แอปพลิเคชัน จะปรากฏหน้าแรก แสดงได้ดังภาพที่ 7(ก) โดยจะแสดงข้อความสวัสดีผู้ใช้งาน เมื่อคลิกถัดไปจะปรากฏหน้าประเภทสัตว์เลี้ยง ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ระหว่าง สุนัขหรือแมว แสดงได้ดังภาพที่ 7(ข) และเมื่อทำการเลือกประเภทสัตว์เลี้ยงเสร็จสิ้น จะปรากฏหน้าสร้างไลฟ์สตรีม แสดงได้ดังภาพที่ 7(ค) ในหน้าสร้างไลฟ์สตรีมนี้ ผู้ใช้งานสามารถคลิกปุ่มสร้าง เพื่อเริ่มต้นการถ่ายทอดสดจากฝั่งสัตว์เลี้ยง และเมื่อการเชื่อมต่อสำเร็จจะแสดงผลหน้าจอไลฟ์สตรีม ซึ่งสามารถใช้งานได้เหมือนกันทั้งสองประเภทของสัตว์เลี้ยง แสดงได้ดังภาพที่ 7(ง) โดยภาพจากกล้องฝั่งสัตว์เลี้ยงจะถูกถ่ายทอดไปยังแอปพลิเคชันฝั่งเจ้าของสัตว์เลี้ยงแบบตามเวลาจริง และเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้โดยผู้ใช้งานฝั่งเจ้าของสัตว์เลี้ยงสามารถค้นหาสัตว์เลี้ยง ระบบจะทำการตรวจจับสัตว์เลี้ยงโดยอัตโนมัติเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้า โดยใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องที่พัฒนาบนแพลตฟอร์ม TensorFlow ซึ่งเป็นไลบรารีโอเพนซอร์สสำหรับการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยโมเดลนี้ได้รับการฝึกฝนด้วยชุดข้อมูลภาพของสุนัขและแมวจำนวนหลายพันภาพ ซึ่งแบ่งเป็น 2 หมวดหลัก ได้แก่ “สุนัข” และ “แมว” โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบจำแนกภาพ (Image Classification) ร่วมกับการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) การฝึกสอนโมเดลดำเนินการโดยใช้โมเดลต้นแบบ (Pre-Trained Model) เช่น MobileNetV2 SSD บน TensorFlow Lite เพื่อลดขนาดโมเดลและเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลบนอุปกรณ์พกพา หลังจากการฝึกแล้ว โมเดลสามารถตรวจจับสัตว์เลี้ยงได้ด้วยความแม่นยำเฉลี่ยประมาณ 92% และทำงานได้แบบเรียลไทม์ โดยเมื่อมีการตรวจจับสำเร็จ จะมีการแสดงกรอบสี่เหลี่ยมสีเขียวสำหรับสุนัข และสีน้ำเงินสำหรับแมว เพื่อแสดงผลการจำแนกประเภท จากนั้นหุ่นยนต์จะหยุดเคลื่อนที่และเริ่มต้นฟังก์ชันการเล่นแบบอัตโนมัติตามประเภทของสัตว์เลี้ยงที่ตรวจพบ ดังแสดงในภาพที่ 7(จ) และเมื่อเล่นจนครบเวลาก็จะวนกลับมาแสดงหน้าจอไลฟ์สตรีม จนกว่าผู้ใช้งานจะคลิกปิดไลฟ์สตรีม ตามลำดับ



(ก) หน้าต้อนรับ (ข) หน้าแยกประเภท สัตว์เลี้ยง (ค) หน้าเข้าร่วมไลฟ์ สตรีม (ง) หน้าไลฟ์สตรีม (จ) หน้าตรวจจับสัตว์ เลี้ยง

ภาพที่ 7 หน้าจอของแอปพลิเคชันฝั่งสัตว์เลี้ยง (ก) หน้าต้อนรับ (ข) หน้าแยกประเภทสัตว์เลี้ยง (ค) หน้าสร้างไลฟ์สตรีม (ง) หน้าไลฟ์สตรีม และ (จ) หน้าตรวจจับสัตว์เลี้ยง

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้สถิติที่สำคัญได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน (ลัดดา, 2562) ปรากฏดังนี้คือ

- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการวิจัย

1) ผลลัพธ์ในการพัฒนาหุ่นยนต์ ไอมี โรบอท ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักคือ (1) ตัวหุ่นยนต์ ทำหน้าที่ควบคุม และสั่งการอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ (2) แอปพลิเคชันที่ติดตั้งกับตัวหุ่นยนต์เพื่อใช้งานในฝั่งสัตว์เลี้ยง โดยมีการทำงานหลักคือ การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ การตั้งค่าเวลาสำหรับการทำงานในโหมดอัตโนมัติและการใช้งานไลฟ์สตรีม และ (3) แอปพลิเคชันให้บริการผู้ใช้งานฝั่งสัตว์เลี้ยงที่จะติดกับตัวหุ่นยนต์ เพื่อใช้ในการไลฟ์สตรีมกับผู้ใช้งาน และตรวจจับสัตว์เลี้ยงตามเวลาที่ผู้ใช้งานได้ตั้งค่าไว้เพื่อให้ทำงานแบบอัตโนมัติ โดยเฉพาะเมื่อตรวจจับเจอสุนัขหรือแมว ฟังก์ชันการเล่นกับสัตว์เลี้ยงของหุ่นยนต์จะทำงานทันที โดยมีจุดเด่นสำคัญคือผู้ใช้งานสามารถวิดีโอสัตว์เลี้ยงได้ตลอด 24 ชั่วโมง ตามเวลาจริง

2) ผลลัพธ์ในการทดสอบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ โอมิ โรบอท โดยประเมินจากความถูกต้องของการทำงาน โดยพิจารณา 4 ฟังก์ชันหลัก คือ (1) การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ (2) การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (3) การใช้งานไลฟ์สตรีม และ (4) การตรวจหาสัตว์เลี้ยง แสดงได้ดังตารางที่ 1 โดยจากการทดสอบฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ โดยที่จะเป็นการควบคุมฟังก์ชันการเล่นที่จะแยกประเภทตามสัตว์เลี้ยง โดยดำเนินการใช้แอปพลิเคชันในการควบคุมการทำงานเป็นจำนวน 10 ครั้ง แล้วจากนั้นจึงบันทึกข้อมูลการควบคุมจากผู้ใช้งาน พบว่ามีความถูกต้อง 98% เนื่องจากเมื่อผู้ใช้งานสั่งการผ่านแอปพลิเคชัน บอร์ดประมวลผลต้องรอรับค่าที่ส่งมาจาก Firebase Realtime Database ส่งผลให้การตอบสนองของหุ่นยนต์ที่อาจจะก่อให้เกิดความล่าช้า

นอกจากนี้ยังมีส่วนของฟังก์ชันควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และการใช้งานไลฟ์สตรีม ที่สามารถเปิดกล้องเปิดไมโครโฟน เปิดลำโพง และยังสามารถพิมพ์ข้อความได้อีกด้วย โดยมีการทดสอบจากผู้ใช้งานทั้ง 2 ฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายผู้ใช้งาน (ควบคุมทางไกล) และฝั่งที่อยู่กับหุ่นยนต์ โดยดำเนินการใช้แอปพลิเคชันในการไลฟ์สตรีม เป็นจำนวน 10 ครั้ง จากนั้นได้ทำการบันทึกข้อมูลการใช้งานไลฟ์สตรีมของผู้ใช้งาน พบว่ามีความถูกต้อง 100% สำหรับในส่วนที่ 3 การประเมินฟังก์ชันการตรวจจับสัตว์เลี้ยง ซึ่งทดสอบโดยการที่หุ่นยนต์จะทำการเดินอัตโนมัติเพื่อตรวจหาสัตว์เลี้ยง เมื่อตรวจเจอสัตว์เลี้ยงหุ่นยนต์จะหยุดเดินในทันที โดยจากผลการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง แล้วจึงบันทึกข้อมูลการตรวจจับสัตว์เลี้ยงจากผู้ใช้งาน พบว่ามีความถูกต้อง 97% เนื่องจากหน้าจอของแอปพลิเคชันในฟังก์ชันนี้มีความล่าช้าในการตรวจจับสัตว์เลี้ยงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้โดยเฉลี่ยจากทั้ง 4 เกณฑ์การประเมิน มีประสิทธิภาพ 98.75%

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพโอมิ โรบอทเพื่อนสัตว์เลี้ยง

ลำดับ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการทดสอบ (ครั้งที่)										สรุป (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%	100%	98%
2	ควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	การใช้งานไลฟ์สตรีม	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4	การตรวจหาสัตว์เลี้ยง	100%	100%	100%	90%	100%	100%	90%	90%	100%	100%	100%	97%

3) ผลลัพธ์จากการสอบถามความพึงพอใจจากประชากรที่ทดลองใช้หุ่นยนต์ โอมิ โรบอท จำนวน 10 คน แสดงได้ดังตารางที่ 2 พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมากที่สุด ในด้านภาษาที่เข้าใจง่าย และยังมีความพึงพอใจระดับมาก ในหลายด้าน ได้แก่ ความสะดวกและความง่ายในการใช้งาน และสามารถใช้งานบนแอปพลิเคชันด้วยอุปกรณ์พกพา/เคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามพบว่ามีความพึงพอใจในระดับปานกลาง คือ ระบบสามารถใช้งานบนแพลตฟอร์มโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ อย่างสิ้นไหล โดยในหัวข้อประเมินนี้พบว่าเมื่อถึงหน้าตรวจจับสัตว์เลี้ยง จะมีความหวังของแอปพลิเคชันในการตรวจจับอยู่เล็กน้อย และความเสถียรในการทำงานแอปพลิเคชันก็เช่นกัน จากการวิเคราะห์เบื้องต้นแล้วพบว่า ควรจะพัฒนาระบบให้ลดความหวังโดยเก็บข้อมูลในแคช (Cache) และควรพัฒนาฟังก์ชันของการตรวจจับสัตว์เลี้ยงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 2 คะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

หัวข้อประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ความสะดวกและง่ายในการใช้งานของระบบ	4.45	0.76	มาก
2. ระบบสามารถใช้งานบนแพลตฟอร์มโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้อย่างลื่นไหล	3.48	0.95	ปานกลาง
3. ความเสถียรในการทำงานแอปพลิเคชัน	3.48	0.95	ปานกลาง
4. ภาษาที่เข้าใจง่าย	4.65	0.49	มากที่สุด
5. การควบคุมหุ่นยนต์	4.00	0.85	มาก
6. การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์	4.45	0.69	มาก
คะแนนเฉลี่ยโดยรวม	4.05	0.82	มาก

2. การวิจารณ์ผลการวิจัย

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้เลือกองค์ประกอบหลักที่สำคัญในการพัฒนาหุ่นยนต์ โอมิ โรบอท มาอภิปรายผล เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ผ่านมา โดยพิจารณาถึง ข้อดี ข้อเสีย และข้อแตกต่าง ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 องค์ประกอบดังนี้คือ 1) การทำงานของตัวหุ่นยนต์ และ 2) การทำงานของแอปพลิเคชันควบคุมหุ่นยนต์

ในการพัฒนาหุ่นยนต์ โอมิ โรบอท ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการทำงานของ กล้องวงจรปิด TECHPRO Smart Baby Monitor (Apichat Noiprachar, 2566) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อเฝ้าดูเด็กทารกแบบตามเวลาจริง ผ่านจอแสดงผล โดยใช้ระบบสื่อสารแบบสองทิศทางที่สามารถพูดคุยโต้ตอบได้ จากการศึกษาพบว่า กล้องวงจรปิด TECHPRO มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นเด็กได้โดยตรง แต่ไม่สามารถปรับหรือหมุนกล้องผ่านแอปพลิเคชันได้นอกจากนี้ อุปกรณ์ดังกล่าวยังไม่รองรับระบบการตรวจจับอัจฉริยะ และไม่มีโหมดอัตโนมัติ ในขณะที่ โอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ ได้รับการออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ได้ทั่วทั้งบริเวณ และมีฟังก์ชันตรวจจับสัตว์เลี้ยงแบบอัตโนมัติ โดยอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ควบคู่กับโมเดลปัญญาประดิษฐ์ TensorFlow เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น การตรวจจับสัตว์เลี้ยงในโหมดอัตโนมัติ ซึ่งเมื่อพบสัตว์เลี้ยงแล้ว ระบบจะเปิดใช้งานฟังก์ชันการเล่น โดยสามารถจำแนกประเภทของสัตว์เลี้ยงเป็นสุนัขและแมว เพื่อให้สามารถโต้ตอบได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิดอย่างไรก็ตาม แม้ว่าทั้ง โอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะและกล้องวงจรปิด TECHPRO Smart Baby Monitor จะมีคุณลักษณะและวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน แต่ล้วนมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างความสัมพันธ์และเพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับผู้ใช้งานในรูปแบบที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้อีกองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของหุ่นยนต์ โอมิ โรบอท คือ แอปพลิเคชันที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการควบคุมและสั่งการการทำงานของหุ่นยนต์ผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟน ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแอปพลิเคชัน Manything (Siamphone, 2568) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการใช้สมาร์ตโฟนเครื่องเก่าที่ไม่ได้ใช้งาน โดยการติดตั้งแอปพลิเคชันลงไป สมาร์ตโฟนเดิมจะสามารถทำงานเป็นกล้องวงจรปิดที่คอยสอดส่องดูแลแบบตามเวลาจริง สามารถควบคุมผ่านสมาร์ตโฟนได้ ซึ่งมีข้อดีสำคัญคือ การใช้เทคโนโลยีไร้สายในการควบคุมทำให้การติดตามดูแลบ้านได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการติดตามดูแลและเฝ้าบ้านเป็นสำคัญ ในขณะที่ โอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ ได้รับการออกแบบให้สามารถทำงานได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น โดยไม่เพียงแต่การติดตามดูแลสัตว์เลี้ยงผ่านฟังก์ชันไลฟ์สตรีม ซึ่งช่วยให้เจ้าของสามารถเห็นสัตว์เลี้ยงของตัวเองได้ตามเวลาจริง แต่ก็ยังทำให้สัตว์เลี้ยงสามารถมองเห็นเจ้าของได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันเสริมเน้นที่การมีปฏิสัมพันธ์กับสัตว์เลี้ยง เช่น การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และการควบคุมฟังก์ชันการเล่นจากกระยะไกล ที่สามารถตั้งเวลาเพื่อให้แอปพลิเคชันตรวจจับหาสัตว์เลี้ยง เพื่อให้สัตว์เลี้ยงเล่น ซึ่งเป็นข้อแตกต่างที่สำคัญจากงานวิจัยอื่น ๆ

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้พัฒนา โอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาหุ่นยนต์ที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ (1) กล้องควบคุมระบบทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการอุปกรณ์ภายในตัวหุ่นยนต์ (2) แอปพลิเคชันที่ใช้ในการควบคุมทิศทางและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยแอปพลิเคชันนี้สามารถดูการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านกล้องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ด้วยระบบไลฟ์สตรีมในฝั่งแอปพลิเคชันของผู้ใช้งาน โดยภายในหน้าเดียวกันนี้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และสามารถสั่งการทำงานของอุปกรณ์ของเล่นได้ (3) ตัวหุ่นยนต์ มีการประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีการนำเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor) เซอร์โวมอเตอร์ (mg90s servo) และมอเตอร์ (DC Motor 3-6 Volts) มาใช้โดยมีบอร์ด ESP8266 เป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูลร่วมกับบอร์ดควบคุม Arduino Mega 2560 และใช้ Android Studio ในการพัฒนาส่วนของแอปพลิเคชัน ซึ่งทำงานร่วมกับ Firebase เพื่อเป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูล ทั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ โอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ พบว่ามีความถูกต้อง 98.75% และยังได้ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งพบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก (มีคะแนนเฉลี่ย 4.05) อย่างไรก็ตาม โอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ ยังคงมีข้อจำกัดในด้านความเสถียรของอุปกรณ์ (เนื่องจากข้อจำกัดในด้านงบประมาณ) ซึ่งสามารถพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นได้ในอนาคต โดยทางผู้วิจัยจะยังคงพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการดำเนินธุรกิจได้ต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย พบว่า โอมิ โรบอท: เพื่อนสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ มีศักยภาพในการทำงานที่เหมาะสมกับสุนัขและแมว อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานให้ดียิ่งขึ้น ควรมีการพัฒนาต่อยอดในหลายด้าน ทั้งในแง่ของโครงสร้างและฟังก์ชันการทำงาน เช่น การเสริมความแข็งแรงของชิ้นส่วนหุ่นยนต์ให้ทนทานต่อการใช้งานในระยะยาว การพัฒนาระบบแบตเตอรี่ให้มีความสามารถในการใช้งานที่ยาวนานขึ้น รวมทั้งการพัฒนาให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น พื้นผิวที่ลื่น หรือการทำงานในพื้นที่แคบที่กล้องวงจรปิดไม่สามารถเข้าถึงได้ นอกจากนี้ยังควรมีการพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถบันทึกประวัติการใช้งานของสัตว์เลี้ยง รวมถึงการโต้ตอบระหว่างสัตว์เลี้ยงกับหุ่นยนต์ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์หรือนำเสนอคำแนะนำในการดูแลสัตว์เลี้ยงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น สำหรับกลุ่มตัวอย่างในการทดลองประกอบด้วยนักศึกษาจำนวน 10 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่อยู่ในสาขาเดียวกันและมีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม การขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมผู้ใช้ที่มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งในด้านช่วงอายุและพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและความครอบคลุมของผลการทดสอบ ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษารังต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ สิ่งสูงเนิน, และมัชฌมกานต์ เผ่าสวัสดิ์. (2567). การพัฒนาต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการเรียนอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่งสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี. วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต, 27(1), 91-101.
- ณัฐพล เจริญศิริ, ประชาสันต์ แวนไธสง และกฤษณพล เกิดทองคำ. (2563). ระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและความชื้นสำหรับห้องควบคุมไฟฟ้า สำหรับบริษัทสงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์, 2(3), 119-132.
- ธีรพงษ์ นิยมเพชร, และ สมคิด สุทธิศักดิ์. (2564). การพัฒนาชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสควาร์เคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางสำหรับการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์. ค้นจาก https://riss.rmuts.ac.th/upload/doc/202207/vVYgqp4WW_cpG0EFAywhd/vVYgqp4WWcpG0EFAywhd.pdf
- ฟอร์จูนเมคคานิคแอนด์ซัพพลาย จำกัด. (2563). BellaBot หุ่นยนต์บริการ (Service Robot) จาก PUDUTECH หุ่นยนต์แมวเสิร์ฟอาหารสุด CUTE. ค้นจาก <https://fortunesupply.co.th/th/articles/206762-bellabot>

- พนิดา จุลมณฑล. (2564). ความสัมพันธ์ระหว่างความผูกพันกับสัตว์เลี้ยงและความเหงาในวัยรุ่น โดยมีการสนับสนุนทางสังคมด้านอารมณ์เป็นตัวแปรส่งผ่าน. ค้นจาก [https:// digital.car.chula.ac.th/chulaetd/9144/](https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/9144/)
- ลัดดา ภูเกษม. (2562). สถิติสำหรับการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นฤพนธ์ พนาวงศ์, เอกสิทธิ์ สิทธิสมาน และ ภักจิรา ศิริโสม. (2567). การศึกษาเปรียบเทียบวิธีที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ ด้วยแพลตฟอร์ม Arduino. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 16(23), 1–15.
- วศิกา กระเทศ. (2563). พฤติกรรมการใช้บริการร้านสัตว์เลี้ยงของกลุ่มคนโสดที่นิยมเลี้ยงสัตว์เลี้ยง. ค้นจาก <https://archive.cm.mahidol.ac.th/handle/123456789/3587>
- ศิริวิทย์ ตาดพริ้ง และ ชาญคณิตกฤตยา สุริยะมณี. (2562). การใช้กล้องโทรทัศน์วงจรปิดเพื่อป้องกันอาชญากรรมในที่พักอาศัย: ศึกษาเฉพาะกรณีเฮาส์ในพื้นที่เขตพระนคร กรุงเทพฯ. ค้นจาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/forensic/article/download/240067/166625>
- อภิชาติ เสมศรี. (2567). การออกแบบการทดลองปัจจัยรูปทรงหลายเหลี่ยมของระบบจัดเก็บสะสมพลังงานหลายวีล. วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 34(1), 4–11.
- Akter, J., Nusrat, M., Hossain, M. R., Sakib, M. H., and Rajee, A. (2022). Distance measurement using ultrasonic sensor & Arduino Microprocessor & Microcontroller. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/367162982_DISTANCE_MEASUREMENT_USING_ULTRASONIC_SENSOR_ARDUINO
- Apichat Noiprachar. (2566). TechPro Smart Baby Monitor กล้องเด็กสามารถตรวจจับเสียง อุณหภูมิมีเพลงกล่อมด้วยวิดีโอ. ค้นจาก <https://www.youtube.com/watch?v=eLBVrFR18IA>
- Aquapro. (2568). Petoneer Smart Pet Cam PC001 กล้องวงจรปิดสำหรับสัตว์เลี้ยง ความละเอียดระดับ 1080P รองรับการสื่อสาร 2 ทาง ประกันศูนย์ไทย 1 ปี. ค้นจาก <https://www.aquapro.co.th/product/petoneer-smart-pet-cam-pc001/>
- Bennett, C. C., Smith, A., and Lee, J. (2022). Comparison of in-home robotic companion pet use in South Korea and the United States: A case study. Retrieved from https://www.caseybennett.com/uploads/Bennett_Comparison_RobotPetUse_USvsKOR%20_Ver2%20_Final%20_preprint.pdf
- Bestiebrand. (2566). ทดสอบและรีวิวแพนโดพีทคอมแพเนียน. ค้นจาก <https://bestiebrand.com/2023/03/16/review-pando-pet-companion-camera/>
- Dong, X., Zhang, Y., and Li, H. (2025). Dynamic weighting and pyramid fusion for HDR image enhancement in low-light industrial cameras. *Journal of Industrial Imaging*, 45(3), 123–135.
- Huang, Y. (2023). Research on the development of voice assistants in the era of artificial intelligence. Retrieved from <https://doi.org/10.1051/shsconf/202315503019>
- Li, W.-J., Yen, C., Lin, Y.-S., Tung, S.-C., and Huang, S. (2018). Just IoT Internet of Things based on the Firebase Real-time Database. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/323342152_JustIoT_Internet_of_Things_based_on_the_Firebase_Real-time_Database
- RealTummie. (2566). ENABOT EBO X หุ่นยนต์กล้องวงจรปิดอัจฉริยะ ดีไซน์สุดคิวท์ พร้อมกล้อง 4K วิ่งตรวจจับได้รอบบ้าน. ค้นจาก <https://droidsans.com/enabot-ebo-x-home-robot-4k-camera-launched-kicks-tarter/>
- Siamphone. (2568). Manything เปลี่ยนสมาร์ตโฟนรุ่นเก่า มาเป็นยามเฝ้าบ้านได้. ค้นจาก [https:// www.siamphone.com/contents/news-20555.html#google_vignette](https://www.siamphone.com/contents/news-20555.html#google_vignette)
- THAI SECOM SECURITY. (2567). Indoor Wi-Fi Camera. ค้นจาก https://www.secom.co.th/business/additional_functions/cctv/

