

หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล

ศศิภาส อริสริยวงศ์¹ ธัญวรัตน์ กำซ้อน² อัจฉรา อยู่ผาสุข² วัชรพล กิ่งชา² และ
ธนายศ อริสริยวงศ์^{2*}

¹ ส่วนงานวิจัยและพัฒนา, โรงพยาบาลธัญบุรี

² ห้องปฏิบัติการวิจัยเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: Tanayos.Swu@gmail.com

วันที่รับบทความ: 27 ตุลาคม 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 23 กรกฎาคม 2569; วันที่ตอบรับบทความ: 31 กรกฎาคม 2569

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 21 สิงหาคม 2569

บทคัดย่อ: ปัจจุบันโรงพยาบาลส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้เป็นอาคารปิด จึงต้องตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมเป็นประจำเพื่อป้องกันปัญหาด้านมลพิษและสุขภาพของผู้ที่อยู่ในโรงพยาบาล งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติเพื่อตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารของโรงพยาบาล เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดและลดการใช้แรงงานคนในการตรวจวัด โดยติดตั้งเซ็นเซอร์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมพร้อมจอแสดงผลแบบสัมผัสไว้บนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ซึ่งพัฒนาโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส ROS 2 ทำให้หุ่นยนต์สามารถสร้างแผนที่ นำทาง และหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ด้วยตนเอง จากผลการทดลองพบว่าเซ็นเซอร์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมสามารถทำงานร่วมกับจอแสดงผลแบบสัมผัสได้เป็นอย่างดี ค่าตัวแปรที่วัดได้อยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ผลิตกำหนด เมื่อนำไปทดสอบการทำงานที่โรงพยาบาลพบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดวัดและกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นได้ด้วยตัวเองพร้อมแสดงผลการวัดได้อย่างถูกต้อง โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดของตำแหน่งตามแนวแกน x และ y เท่ากับ 0.16 m. และ 0.18 m. ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลการวัดเหล่านี้ทางโรงพยาบาลจะได้นำไปใช้ทำแผนการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคารต่อไป

คำสำคัญ: คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร; หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ; ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์

Autonomous Mobile Robot for Environmental Quality Monitoring in Hospital

Sasipa Arisariyawong¹, Thanwarat Kason², Achara Yoophasuk², Watcharapon Gingcha²
and Tanayos Arisariyawong^{2*}

¹ Research and Development Division, Thanyaburi Hospital

² Mechatronics and Robotics Research Laboratory, Mechanical Engineering Department,
Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

* Corresponding author, E-mail: Tanayos.Swu@gmail.com

Received: 27 October 2025; Revised 23 July 2026; Accepted: 31 July 2026

Online Published: 21 August 2026

Abstract: Most hospitals are currently designed as enclosed buildings. Therefore, it is necessary to regularly monitor environmental quality to prevent pollution and health risks. This research presents the development of an autonomous mobile robot for monitoring indoor environmental quality in hospitals, to reduce the cost of installing numerous environmental quality monitoring devices to cover the entire area and to reduce human labor. The robot is equipped with environmental quality sensor and a touchscreen display and utilizes the open-source software ROS 2 for autonomous mapping, navigation, and obstacle avoidance. The experimental results showed that the environmental quality sensor worked well with the touchscreen display, and the measured parameters were within the manufacturer's specified range. Field testing in the hospital, the robot's capability to autonomously navigate to measurement points, return to its origin and display the measurement results accurately. The maximum average positional error was 0.16 m on the x-axis and 0.18 m on the y-axis. The acquired data can support hospital decisions for improving indoor environmental quality.

Keywords: Indoor environmental quality; Autonomous mobile robot; Robot operating system



1. บทนำ

ปัจจุบันโรงพยาบาลส่วนใหญ่จะถูกออกแบบให้เป็นอาคารปิด เพื่อต้องการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้มีความปลอดภัยจากมลพิษภายนอก และเพิ่มความสะอาดสบายให้กับผู้ป่วย และบุคลากรทางการแพทย์ [1] อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาขององค์การอนามัยโลก (WHO) เผยว่า ร้อยละ 30 ของอาคารทั่วโลกอาจมีปัญหาด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคาร และอาจมีปริมาณสารมลพิษสูงกว่าภายนอกอาคารถึง 100 เท่า [2] มลพิษดังกล่าวอาจเกิดได้จากหลากหลายแหล่งกำเนิดด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นจากอากาศภายนอกที่มีการรั่วไหลเข้าสู่อาคารหรือเกิดจากกิจกรรมของผู้ใช้อาคารเอง ในประเทศไทยได้มีผลการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารของโรงพยาบาล 9 แห่ง พบว่าแบคทีเรียและเชื้อรา รวมถึงดัชนีอื่นๆมีปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากไม่ได้ตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารเป็นประจำ [3] ซึ่งผู้ที่อาศัยและทำงานในอาคารของโรงพยาบาลดังกล่าวเป็นเวลานาน มีโอกาสเป็นโรคที่เกิดจากการทำงานภายในอาคาร (Sick Building Syndrome: SBS) [4] ดังนั้นคุณภาพของสิ่งแวดล้อมภายในอาคารจึงเป็นเรื่องที่สำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อป้องกันปัญหาทางคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารทางโรงพยาบาลส่วนใหญ่มักจะติดตั้งอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมไว้ในตัวอาคารเพื่อคอยตรวจวัดและแจ้งเตือนเมื่อพบปัญหาด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของชั้นต่างๆภายในอาคารของโรงพยาบาลมักจะแบ่งเป็นหลายส่วน มีการกันแต่ละส่วนอย่างชัดเจน ทำให้ต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมจำนวนมาก เพื่อที่จะทราบถึง

คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในชั้นนั้นๆทั้งหมด ซึ่งถือว่าเป็นต้นทุนที่สูงมาก อีกทั้งถ้าอุปกรณ์ดังกล่าวต้องใช้คนในการจดบันทึกจะยิ่งทำให้เสียเวลาและผลที่ได้ยังไม่เป็นเวลาจริง [5-7] ในอนาคตหากมีการปรับเปลี่ยนส่วนต่างๆภายในอาคารก็จะต้องมีการย้ายและติดตั้งอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมใหม่ จะพบว่าการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมแบบนี้ขาดประสิทธิภาพ และไม่มีประสิทธิภาพในการทำงาน ต่อมามีการพัฒนาหุ่นยนต์ตรวจวัดคุณภาพอากาศ ขึ้นมาเพื่อทดแทนแรงงานคนและลดจำนวนอุปกรณ์วัดคุณภาพอากาศ [8-9] แต่หุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นจะทำงานตามเส้นทางที่ได้กำหนดไว้แล้วเท่านั้น จึงเป็นข้อจำกัดเมื่อมีสิ่งกีดขวางเส้นทางเดินหรือมีการเปลี่ยนสถานที่ตรวจวัด เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการนำหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติในอุตสาหกรรมมาใช้ตรวจวัดคุณภาพอากาศ [10] ทำให้หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ด้วยตัวเอง แต่จะพบว่าระบบนี้มีต้นทุนทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่สูงมาก ปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานได้ยาก มีต้นทุนด้านการบำรุงรักษาที่สูง อีกทั้งหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมก็มีขนาดใหญ่ทำให้ไม่สะดวกในการนำมาใช้ในโรงพยาบาล

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานและต้นทุนที่ต่ำ โดยใช้เป็นหุ่นยนต์เคลื่อนที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมซึ่งหุ่นยนต์สามารถสร้างแผนที่และนำทางไปยังจุดที่ต้องการตรวจวัดได้โดยอัตโนมัติ เมื่อเจอสิ่งกีดขวางสามารถหลบหลีกได้ด้วยตัวเอง เมื่อตรวจวัดเรียบร้อยแล้วก็จะรายงานผลการตรวจวัดทันทีแบบเวลาจริง



และยังสามารถเก็บข้อมูลต่างๆไว้วิเคราะห์ภายหลังได้ สามารถปรับเปลี่ยนจุดวัดได้ตลอดเวลา ใช้อุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพียงชุดเดียวสำหรับตรวจวัดทั้งชั้นภายในอาคาร การพัฒนาโปรแกรมสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติจะใช้เป็นโอเพนซอร์สทั้งหมดจึงไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ รวมถึงช่วยลดแรงงานคนในการจดบันทึกข้อมูล

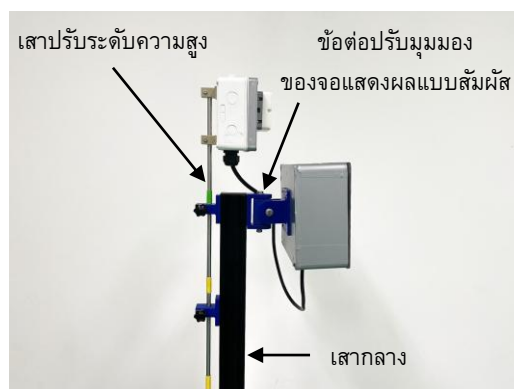
2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล

หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาลที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 โดยแบ่งออกได้เป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนการวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมและหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ โดยส่วนการวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมและจอแสดงผลแบบสัมผัส ทั้งสองส่วนหลักจะยึดติดกันด้วยเสากลาง ฐานของหุ่นยนต์มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 60 cm. สามารถปรับความสูงของอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้ตั้งแต่ 75 - 120 cm นับจากพื้นดิน ซึ่งเป็นระยะตามมาตรฐานการตรวจวัด [1] รวมถึงสามารถปรับมุมมองของจอแสดงผลแบบสัมผัสได้จากข้อต่อปรับมุมมองดังรูปที่ 2 โครงสร้างทั้งหมดทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ร่วมกับแผ่นสแตนเลส เพื่อป้องกันการเกิดสนิมและทำความสะอาดได้ง่าย น้ำหนักรวมของหุ่นยนต์เท่ากับ 24.56 kg มีการติดตั้งมอเตอร์วัดปริมาณแบตเตอรี่เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่าควรชาร์จแบตเตอรี่แล้วหรือยัง



รูปที่ 1 หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล



รูปที่ 2 ลักษณะของเสาปรับระดับความสูงและข้อต่อปรับมุมมองของจอแสดงผลแบบสัมผัส



2.2 การออกแบบส่วนการวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม

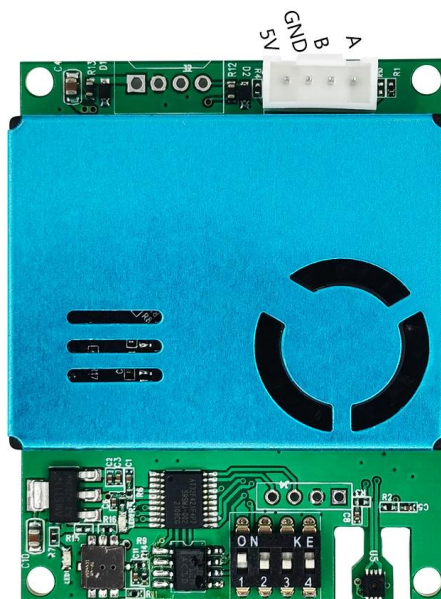
ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมและจอแสดงผลแบบสัมผัส ซึ่งจะทำงานร่วมกันตลอดเวลา เพื่อแสดงผลข้อมูลของคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่วัดได้และรับคำสั่งจากผู้ใช้งานผ่านการสัมผัสที่หน้าจอ ซึ่งมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

2.2.1 อุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม

คุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารสามารถประเมินได้จากคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) และภาวะความสบายของผู้ที่อยู่ในอาคาร [1] โดยคุณภาพอากาศภายในอาคาร สามารถพิจารณาได้จากหลายตัวแปร โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวแปร อนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และอนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) เป็นตัวพิจารณาถึงมลภาวะอากาศที่อยู่ในอาคาร เนื่องจากสามารถหาเซ็นเซอร์ได้ง่าย ราคาไม่สูง เครื่องมือสอบเทียบสามารถจัดหาได้ และเมื่อสอบถามจากผู้เกี่ยวข้องของโรงพยาบาลที่จะนำไปทดสอบก็ให้ความเห็นว่าพอเพียงสำหรับการประเมินในทางปฏิบัติ ส่วนภาวะความสบายของผู้ที่อยู่ในอาคารสามารถพิจารณาได้จากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยค่ามาตรฐานของคุณภาพอากาศและภาวะความสบายภายในอาคารสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 จากเงื่อนไขในตารางที่ 1 จึงเลือกใช้เซ็นเซอร์วัดคุณภาพอากาศจากบริษัท Shenzhen Shenchen Technology Co., Ltd. รุ่น M702 [11] ซึ่งมีขนาดเล็ก ใช้พลังงานต่ำ โดยใช้ไฟเลี้ยงวงจรเพียง 5 VDC สื่อสารด้วยโปรโตคอล Modbus RTU ผ่านพอร์ต RS485 ในรูปแบบ 9600,8,N,1 สามารถวัดตัวแปรได้ครบตามตารางที่ 1 โดยรูปของเซ็นเซอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 ส่วนคุณสมบัติของเซ็นเซอร์

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานค่าคุณภาพอากาศและภาวะความสบาย [1]

ตัวแปร	ค่าที่ยอมรับได้	หน่วย
อุณหภูมิ (Ta)	24 ถึง 26	°C
ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)	50 ถึง 65	%
อนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)	ไม่เกิน 35	µg/m ³
อนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10)	ไม่เกิน 50	µg/m ³



รูปที่ 3 เซ็นเซอร์วัดคุณภาพอากาศ M702

สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2 และตำแหน่งหน่วยความจำของตัวแปรต่างๆในโปรโตคอล Modbus แสดงได้ดังตารางที่ 3



ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเซ็นเซอร์ M702 [11]

ตัวแปร	ความละเอียด	ช่วงการวัด	ความแม่นยำ
อุณหภูมิ	0.1 °C	0-100 °C	±1 °C
ความชื้นสัมพัทธ์	0.4%	0-100%	±3%RH
PM2.5	1 µg/m ³	0-999 µg/m ³	±10%
PM10	1 µg/m ³	0-1000 µg/m ³	±10%

ตารางที่ 3 ตำแหน่งหน่วยความจำของตัวแปรในโปรโตคอล Modbus

ตำแหน่งเริ่มต้น	จำนวนข้อมูล (Byte)	ตัวแปร
0x30008	2	PM2.5
0x3000A	2	PM10
0x3000C	2	อุณหภูมิ
0x3000E	2	ความชื้นสัมพัทธ์

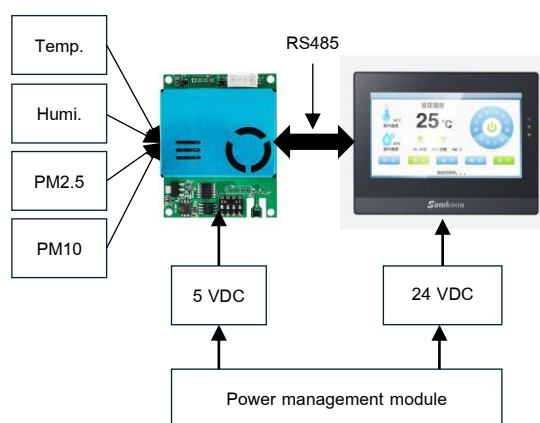
2.2.2 จอแสดงผลแบบสัมผัส

ในส่วนของจอแสดงผลแบบสัมผัสเลือกใช้ยี่ห้อ Samkoon รุ่น SK-070QEV3 [12] ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งมีขนาด 7 นิ้ว พร้อมช่องสื่อสารแบบ RS485 ที่รองรับโปรโตคอล Modbus RTU สามารถบันทึกข้อมูลด้วยแฟลชไดรฟ์ผ่านช่อง USB ใช้ไฟเลี้ยงขนาด 24 VDC มีโปรแกรมออกแบบหน้าจอ SKTOOL ซึ่งสามารถโหลดมาใช้งานได้แบบไม่มีค่าใช้จ่าย และรองรับภาษาไทย

ไดอะแกรมการทำงานส่วนการวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 จอแสดงผลแบบสัมผัสยี่ห้อ Samkoon รุ่น SK-070QEV3



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการทำงานส่วนการวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม

จากรูปที่ 5 ตัวแปรของคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามตารางที่ 1 จะถูกตรวจวัดโดยเซ็นเซอร์ M702 แล้วส่งข้อมูลที่วัดได้ไปที่จอแสดงผลแบบสัมผัสผ่านทางพอร์ต RS485 ด้วยโปรโตคอล Modbus RTU ส่วนไฟเลี้ยงอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกจัดการด้วยโมดูลบริหารกำลังไฟ (Power management module) ซึ่งสามารถเลือกกรับแหล่งพลังงานได้ทั้งจากแบตเตอรี่ภายในหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติหรือจากไฟฟ้าในอาคารขนาด 220 VAC ตัวอย่างการทำงานของหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัสขณะทำการวัดสามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 6

2.3 การออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ

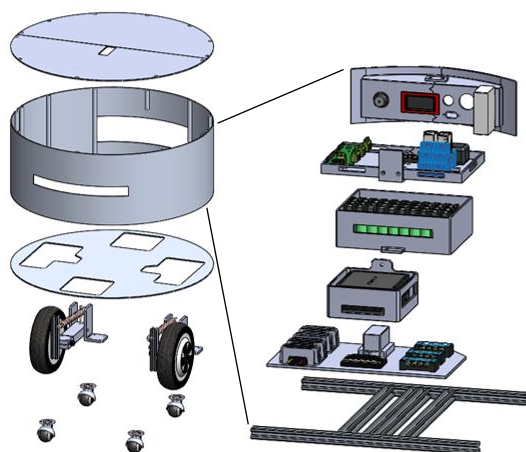
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบและโครงสร้างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ รวมถึงการพัฒนาโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ

2.3.1 ส่วนประกอบและโครงสร้างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ

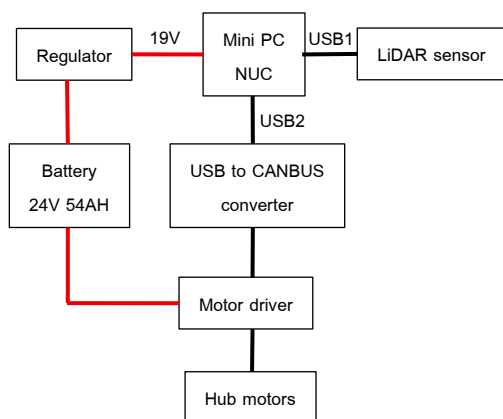
โครงสร้างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 โดยมีลักษณะเป็นทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 60 cm. สูงเท่ากับ 22.6 cm. ทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์และแผ่นสแตนเลส ใช้การขับเคลื่อนแบบดิฟเฟอเรนเชียลไดรฟ์ (Differential drive) ด้วยล้อขับเคลื่อน 2 ล้อ ที่เป็นอิสระต่อกัน โดยใช้มอเตอร์ฮับ (Hub motor) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว เป็นต้นกำลัง ติดตั้งที่กลางตัวหุ่นยนต์ มีลูกล้อ (Caster wheels) ด้านหน้าและด้านหลังอย่างละ 2 ล้อ สำหรับรักษาสถิตของตัวหุ่นยนต์ มีการออกแบบกลไกให้ล้อขับเคลื่อนสามารถขึ้นลงได้ตามระดับพื้นที่ไม่เท่ากัน เพื่อช่วยให้ล้อขับเคลื่อนติดพื้นตลอดเวลา ติดตั้งเซ็นเซอร์ไลดาร์ (LiDAR sensor) เพื่อทำหน้าที่ตรวจจับสิ่งกีดขวางและสร้างแผนที่ ใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ยี่ห้อ Intel รุ่น NUC5i5RYH เป็นตัวควบคุมหลัก ขับเคลื่อนมอเตอร์ฮับด้วยบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Motor driver) ใช้แบตเตอรี่ชนิด LiFePO4 ขนาด 24V 54AH เป็นแหล่งพลังงาน และไดอะแกรมการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 6 การทำงานของหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส



รูปที่ 7 โครงสร้างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ



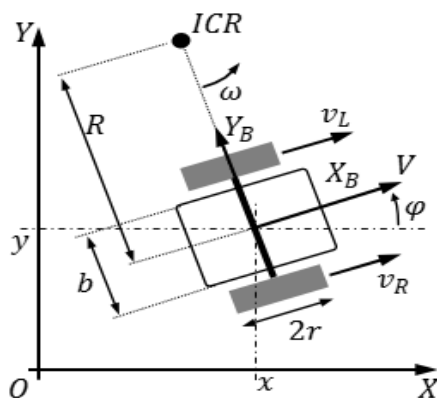
รูปที่ 8 โดอะแกรมการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ

จากรูปที่ 8 แบตเตอรี่ขนาด 24V 54AH จะจ่ายไฟให้กับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Motor driver) เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ และจ่ายไฟให้กับวงจรเรกกูเลเตอร์เพื่อปรับแรงดันไฟฟ้าและรักษาแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ที่ 19V เพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก NUC ส่วนเซ็นเซอร์ไลดาร์ต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB1 และเนื่องจากบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์รับคำสั่งควบคุมผ่านทางพอร์ต CANBUS แต่คอมพิวเตอร์ NUC ไม่มีพอร์ต CANBUS ดังนั้นจึงต้องใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณจาก USB ไปเป็นสัญญาณ CANBUS เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถสื่อสารกับบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ได้โดยต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB2

2.3.2 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ

เพื่อความยืดหยุ่นและต้นทุนที่ต่ำในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ จึงเลือกใช้ชุดซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สสำหรับพัฒนาหุ่นยนต์

ROS 2 (Robot Operating System 2) [13] เป็นหลักในการพัฒนาโปรแกรม เนื่องจากมีไลบรารี เครื่องมือ และเฟรมเวิร์คต่างๆ ที่ช่วยให้สามารถสร้างโมดูลการทำงานของหุ่นยนต์เป็นส่วนๆ และสามารถสื่อสารกันได้ รวมถึงเข้ากันได้กับมาตรฐานอุตสาหกรรม การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติทำได้โดยการควบคุมความเร็วเชิงมุมของล้อขับทั้งสองข้างเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังทิศทางต่างๆตามที่ต้องการ แต่คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในซอฟต์แวร์ ROS 2 จะอยู่ในรูปความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมของตัวหุ่นยนต์ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมของตัวหุ่นยนต์กับความเร็วเชิงมุมของล้อขับทั้งสองข้างสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 9 และจลนศาสตร์ของหุ่นยนต์แบบดิฟเฟอเรนเชียลไดรฟ์สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 1



รูปที่ 9 จลนศาสตร์ของหุ่นยนต์แบบดิฟเฟอเรนเชียลไดรฟ์ [14]

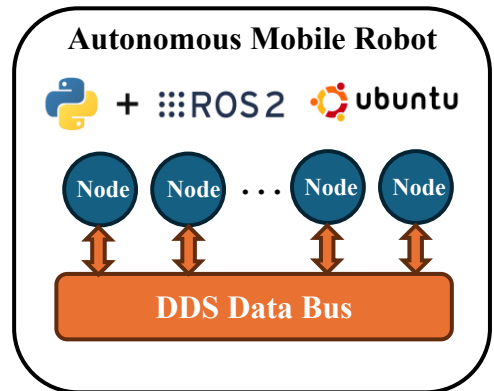
$$\omega_L = \frac{V - \omega \times \frac{b}{2}}{r} \quad (1)$$

$$\omega_R = \frac{V + \omega \times \frac{b}{2}}{r}$$

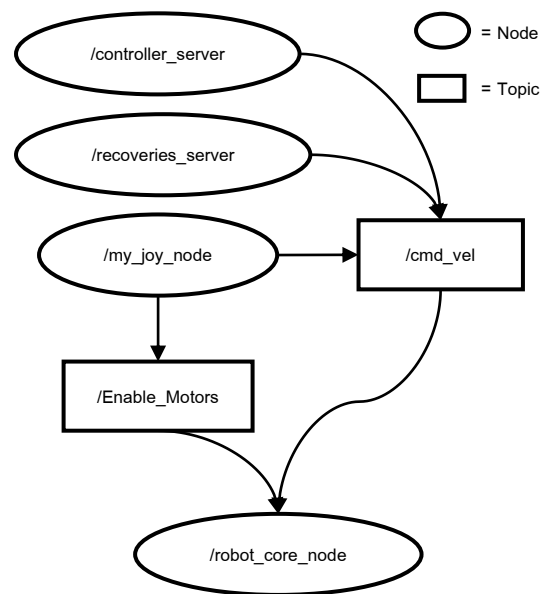
โดย ω_L, ω_R คือ ความเร็วเชิงมุมของล้อขับ
ด้านซ้ายและขวาของหุ่นยนต์
 V คือ ความเร็วเชิงเส้นของหุ่นยนต์
 ω คือ ความเร็วเชิงมุมของหุ่นยนต์
 b คือ ความกว้างของตัวหุ่นยนต์
 r คือ รัศมีของล้อขับ

หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติจะใช้ซอฟต์แวร์ ROS 2 เวอร์ชัน Galactic ในการพัฒนาระบบควบคุมและนำทาง โดยทำงานบนระบบปฏิบัติการ Ubuntu เวอร์ชัน 20.04 ซึ่งในซอฟต์แวร์ ROS 2 จะประกอบไปด้วย โหนด (Node) ทำหน้าที่เหมือนโปรแกรมย่อย แต่ละโหนดจะทำหน้าที่แตกต่างกัน และสามารถสื่อสารกันได้ทั้งภายในระบบ ROS 2 เองหรือกับโปรแกรมภายนอกผ่านบัสข้อมูล DDS ด้วยสิ่งที่เรียกว่า หัวข้อ (Topic) ดังแสดงในรูปที่ 10

การพัฒนาโปรแกรมจะใช้ภาษา Python และใช้เฟรมเวิร์กชื่อว่า Nav2 [15] ในการนำทางและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง เลือกใช้วิธีการกำหนดตำแหน่งของหุ่นยนต์ในแผนที่ด้วยวิธี AMCL (Adaptive Monte Carlo Localization) การสร้างเส้นทางเดินแบบ Global Path Planner ด้วยวิธี A* Algorithm และการสร้างเส้นทางเดินแบบ Local Path Planner ด้วยวิธี DWA (Dynamic Window Approach) ตัวอย่างแผนภาพของโหนดและหัวข้อในโปรแกรม ROS 2 ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 ระบบการทำงานของ ROS 2



รูปที่ 11 ตัวอย่างแผนภาพของโหนดและหัวข้อในโปรแกรม ROS 2 ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ



3. ผลการวิจัย

3.1 การทดสอบความถูกต้องของส่วนการวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบความถูกต้องของอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมและจะแสดงผลแบบสัมผัสเมื่อทำงานร่วมกัน ซึ่งจะเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับอุปกรณ์วัดมาตรฐาน โดยตัวแปรอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะใช้อุปกรณ์วัดมาตรฐานยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT333S [16] ส่วนตัวแปร PM2.5 และ PM10 จะใช้อุปกรณ์วัดมาตรฐานยี่ห้อ TEMTOP รุ่น P600 [17] ในการทดสอบจะนำชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่พัฒนาขึ้นไปไว้ในห้องปรับอากาศเป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง แล้วทำการบันทึกผลการทดลองวัดค่าตัวแปรต่างๆ เทียบกับอุปกรณ์วัดมาตรฐานทุกหนึ่งชั่วโมง ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4-7 จากผลการทดลองจะพบว่าค่าตัวแปรทุกตัวที่วัดได้จากชุดอุปกรณ์วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่พัฒนาขึ้นมีค่าความผิดพลาดเป็นไปตามคุณสมบัติของเซ็นเซอร์ในตารางที่ 2 และจะแสดงผล

ตารางที่ 4 ผลการทดลองกรณีตัวแปรอุณหภูมิ

ชั่วโมงที่	ค่าที่ได้จากชุดอุปกรณ์วัด (°C)	ค่าที่ได้จากอุปกรณ์วัดมาตรฐาน (°C)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
1	26.1	25.5	2.4
2	25.8	25.1	2.8
3	25.5	25.5	0.0
4	25.3	25.1	0.8
5	24.7	24.5	0.8
6	23.9	24.1	0.8
7	23.5	23.6	0.4
8	23.4	23.1	1.3
เฉลี่ย	24.8	24.6	1.2

แบบสัมผัสก็สามารถแสดงค่าตัวแปรต่างๆ ได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการสูญหายของข้อมูล

3.2 การทดสอบระบบควบคุมและนำทางของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ

หัวข้อนี้จะเป็นการทดสอบการทำแผนที่ การนำทางและหลบหลีกสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ โดยทำการทดสอบ ณ บริเวณคลินิกพิเศษโรงพยาบาลรัฐบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี ซึ่งมีขนาดพื้นที่ กว้างxยาว เท่ากับ 6.0x11.34 m. ดังแสดงในรูปที่ 12 ในการทดสอบสร้างแผนที่จะใช้เทคนิค Cartographer [18] กำหนดให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงเส้นเท่ากับ 0.2 m/s และความเร็วเชิงมุมเท่ากับ 0.5 rad/s ซึ่งเป็นความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรายละเอียดของแผนที่ รูปแผนที่บริเวณทดสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 13 จะพบว่าแผนที่มีความชัดเจนพอสมควร มีบริเวณที่ภาพไม่ชัดบ้างเนื่องจากการสะท้อนแสงของกระจก มีคนเดินผ่านไปมาหรือสิ่งของเคลื่อนที่ ขณะทำการเก็บแผนที่



ตารางที่ 5 ผลการทดลองกรณีตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์

ชั่วโมงที่	ค่าที่ได้จากชุดอุปกรณ์วัด (%RH)	ค่าที่ได้จากอุปกรณ์วัด มาตรฐาน (%RH)	เปอร์เซ็นต์ความ ผิดพลาด (%)
1	62.1	62.8	1.1
2	61.2	58.5	4.6
3	61.3	62.1	1.3
4	62.2	61.9	0.5
5	59.4	57.0	4.2
6	59.0	59.5	0.8
7	59.6	59.6	0.0
8	59.6	59.9	0.5
เฉลี่ย	60.6	60.2	1.6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองกรณีตัวแปร PM2.5

ชั่วโมงที่	ค่าที่ได้จากชุดอุปกรณ์วัด ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่าที่ได้จากอุปกรณ์วัด มาตรฐาน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	เปอร์เซ็นต์ความ ผิดพลาด (%)
1	4.7	5.0	6.0
2	5.0	5.4	7.4
3	5.1	5.6	8.9
4	4.9	5.3	7.5
5	4.8	5.0	4.0
6	3.0	2.8	7.1
7	2.9	2.7	7.4
8	4.1	4.5	8.9
เฉลี่ย	4.3	4.5	7.2

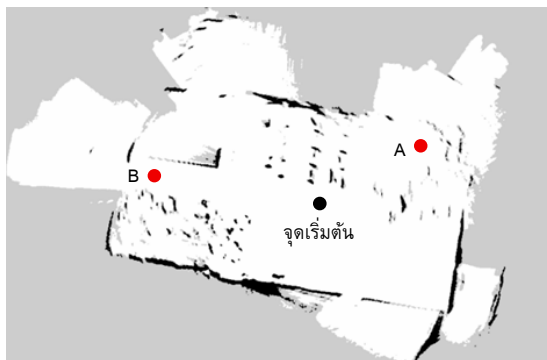


ตารางที่ 7 ผลการทดลองกรณีตัวแปร PM10

ชั่วโมงที่	ค่าที่ได้จากชุดอุปกรณ์วัด ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่าที่ได้จากอุปกรณ์วัด มาตรฐาน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	เปอร์เซ็นต์ความ ผิดพลาด (%)
1	8.2	8.9	7.9
2	8.5	9.2	7.6
3	8.7	9.5	8.4
4	8.8	9.6	8.3
5	7.8	8.2	4.9
6	10.5	9.9	6.1
7	5.2	4.8	8.3
8	8.2	7.6	7.9
เฉลี่ย	8.2	8.5	7.4



รูปที่ 12 บริเวณคลินิกพิเศษ โรงพยาบาลรัฐบุรี



รูปที่ 13 แผนที่บริเวณทดสอบที่เก็บได้จากหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ

การทดสอบระบบนำทางและหลบหลีกสิ่งกีดขวางจะทำโดยนำหุ่นยนต์ไปไว้บริเวณกลางพื้นที่คลินิกพิเศษแล้วให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังจุดหมายที่บริเวณมุมห้อง (จุด A) และที่ทางเข้า (จุด B) ดังรูปที่ 13 ตั้งค่าตัวแปรที่สำคัญในเพจเพจ Nav2 ได้แก่ ความเร็ว



สูงสุดในการเคลื่อนที่เชิงเส้นและเชิงมุมเท่ากับ 0.4 m/s และ 0.5 rad/s ตามลำดับ พื้นที่สำหรับทำ Local cost map เท่ากับ 3x3 m. โดยจะทำการทดลอง จำนวน 3 รอบ บันทึกผลค่าความผิดพลาดของ ตำแหน่งตามแนวแกน x, y รวมถึงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ผลการทดลองสามารถแสดงดังตารางที่ 8-9 เส้นแนวทางการเดินที่สร้างจาก Nav2 และการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จริง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 14-17

จากตารางที่ 8 และ 9 จะพบว่าค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดในแนวแกน x และ y เท่ากับ 0.16 m. และ 0.18 m. ตามลำดับ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของ จุด B จะมากกว่าจุด A เนื่องจากระยะทางเคลื่อนที่ไกลกว่า ส่วนค่าความผิดพลาดของตำแหน่งในการเคลื่อนที่ส่วนหนึ่งมาจากมอเตอร์ขับเคลื่อนที่ใช้เป็นหุ่นราคา ถูกที่ใช้เซ็นเซอร์ฮอลล์ (Hall sensor) ในการวัดมุมของล้อทำให้ความละเอียดของมุมที่วัดได้ต่ำ หากต้องการลดค่าความผิดพลาดของตำแหน่งต้องมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดมุมที่มีความละเอียดมากขึ้นเพิ่มเติม

3.3 การทดสอบวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล

หัวข้อนี้จะเป็นการนำหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ สำหรับการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่พัฒนาขึ้นไป ทดสอบการใช้งาน โดยจะใช้พื้นที่ของคลินิกพิเศษ โรงพยาบาลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี เป็นสถานที่ทดสอบ ในขณะที่มีผู้ใช้บริการตามปกติ โดยเริ่มต้นจะให้หุ่นยนต์อยู่ตรงตำแหน่งเริ่มต้นดังรูปที่ 13 จากนั้นให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังจุดวัดจำนวน 2 จุด คือ จุด A และ B โดยแต่ละจุดใช้ระยะเวลาในการวัด 5 นาที แล้วบันทึกผล จากการทดลองพบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดวัดและกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นได้

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบนำทางไปที่จุด A

ลำดับ	ค่าความผิดพลาด		เวลา (s)
	x(m)	y(m)	
1	0.16	0.17	58
2	0.17	0.18	55
3	0.16	0.19	60
เฉลี่ย	0.16	0.18	57.67

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบนำทางไปที่จุด B

ลำดับ	ค่าความผิดพลาด		เวลา (s)
	x(m)	y(m)	
1	0.15	0.18	72
2	0.16	0.19	76
3	0.15	0.16	74
เฉลี่ย	0.15	0.18	74

ตารางที่ 10 ผลตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่จุด A

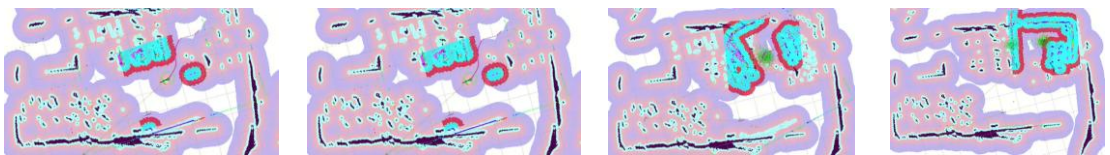
ครั้งที่	Ta (°C)	RH (%)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	30.6	72.8	11	13
2	31.0	70.6	11	13
3	31.1	70.6	12	14
เฉลี่ย	30.9	71.3	11.3	13.3

อย่างถูกต้อง ผลการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 10-11 ซึ่งพบว่าค่าตัวแปรอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เกินเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนตัวแปร PM2.5 และ PM10 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ทางโรงพยาบาลจะได้นำไปทำแผนการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคารต่อไป



ตารางที่ 11 ผลตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่จุด B

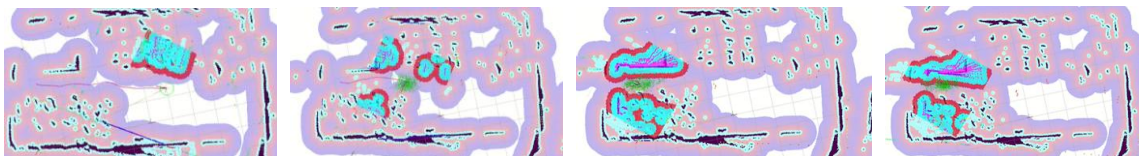
ครั้งที่	Ta (°C)	RH (%)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	31.4	65.6	10	17.5
2	30.6	67.1	11	17.2
3	30.9	67.7	12	18.1
เฉลี่ย	30.9	66.8	11	17.6



รูปที่ 14 เส้นทางทางเดินของหุ่นยนต์จากจุดเริ่มต้นไปยังจุด A



รูปที่ 15 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จริงจากจุดเริ่มต้นไปยังจุด A



รูปที่ 16 เส้นทางทางเดินของหุ่นยนต์จากจุดเริ่มต้นไปยังจุด B



รูปที่ 17 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จริงจากจุดเริ่มต้นไปยังจุด B



4. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติสำหรับการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล โดยหุ่นยนต์จะทำการวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ อนุภาค PM2.5 และอนุภาค PM10 แล้วแสดงผลผ่านหน้าจอสัมผัส สามารถสร้างแผนที่และนำทางไปยังจุดที่ต้องการตรวจวัดได้โดยอัตโนมัติ จากผลการทดลองพบว่า การวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมสามารถตรวจวัดและแสดงผลของการวัดได้อย่างถูกต้องและค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของเซ็นเซอร์ก็เป็นไปตามเกณฑ์ที่ผู้ผลิตกำหนด ส่วนหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติที่พัฒนาโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์ ROS 2 ก็สามารถสร้างแผนที่และนำทางได้อย่างถูกต้อง โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงสุดในแนวแกน x และ y เท่ากับ 0.16 m. และ 0.18 m. ตามลำดับ เมื่อนำไปทดสอบใช้งานในโรงพยาบาลพบว่า หุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด สามารถรายงานผลการตรวจวัดเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคารต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีตที่ใช้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เฉพาะตามเส้นทางที่กำหนดไว้แล้ว [8-9] จะพบว่ามีความยืดหยุ่นและสะดวกกว่ามากเมื่อนำไปใช้งานจริง เพราะหุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ด้วยตัวเอง รวมถึงความสามารถในการสร้างแผนที่ขึ้นมาได้ใหม่ได้ตลอดเวลา และเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่นำหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติในอุตสาหกรรมมาใช้ตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม [10] จะพบว่าหุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นมานี้มีต้นทุนทางด้านซอฟต์แวร์ที่

ต่ำกว่าเพราะพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาด้วยซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สจึงไม่มีค่าใช้จ่ายส่วนนี้ อีกทั้งชิ้นส่วนของหุ่นยนต์สามารถหาได้ภายในประเทศจึงมีความสะดวกและค่าใช้จ่ายต่ำเมื่อมีการซ่อมบำรุง

งานวิจัยในอนาคตจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์เพิ่มเติมเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่และหยุดได้อย่างแม่นยำ รวมถึงการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ร่วมกับข้อมูลที่เก็บได้เพื่อใช้ในการทำนายคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2567 สัญญาเลขที่ 488/2567

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Bureau of environmental health under Department of health, Handbook of indoor air quality assessment for the authorities, Bureau of environmental health, Nonthaburi, Thailand, 2016. (in Thai)
- [2] Working group on indoor air quality--biological contaminants under World Health Organization (WHO), Report on a meeting of the Working Group on Indoor Air Quality--Biological Contaminants, Rautavaara, Finland, 1988.
- [3] C. Priyada, P. Chamaiphon and P. Wantana, Study of indoor air quality in hospitals and hotels in Thailand, Environmental Health Journal, 2014, 16(2), 51 - 66. (in Thai)

- [4] V.V. Tran, D. Park and Y.-C Lee, Indoor air pollution, related human diseases, and recent trends in the control and improvement of indoor air quality, International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17, 1 - 27.
- [5] T.-W Tsang, K.-W Mui, L.-T Wong, A. C.-Y Chan and R. C.-W Chan, Real-time indoor environmental quality (IEQ) monitoring using an IoT-based wireless sensing network, Sensors, 2024, 24(21), 1 - 20.
- [6] Z. Liu, G. Wang, L. Zhao and G. Yang, Multi-points indoor air quality monitoring based on internet of things, IEEE Access, 2021, 9, 70479 - 70492.
- [7] G. Yang, Z. Zhang, J. Yu, H. Chen, H. Zhou, B. Lin and W. Zhuang, An intelligent IEQ monitoring and feedback system: Development and applications, Engineering, 2022, 18, 218 - 231.
- [8] Y. Sriladda, N. Woranuwatkul, K. Thararam, P. Desyoo, T. Wangkham and S. Chanket, Air quality monitoring robot with automatic air filter, Journal of Health Technology, 2024, 5(1), 26 - 29. (in Thai)
- [9] B. Dyer, M. Biglarbegan, and A. A. Aliabadi, The autonomous robotic environmental sensor (ARES), Science and Technology for the Built Environment, 2021, 27(10), 1461 - 1472.
- [10] V. Jan, R. Hercik, and P. Bilik, Using interoperability between mobile robot and KNX technology for occupancy monitoring in smart home care, Sensors, 2023, 23(21), 1 - 19.
- [11] [https:// www.iot-sc.com/product_details_3053439.html](https://www.iot-sc.com/product_details_3053439.html). (Accessed on 19 October 2025)
- [12] <https://www.factionation.com/products/hmi/SK-070QEV3>. (Accessed on 19 October 2025)
- [13] <https://docs.ros.org/en/galactic/index.html>. (Accessed on 22 October 2025)
- [14] https://wiki.ros.org/diff_drive_controller. (Accessed on 22 October 2025)
- [15] <https://docs.nav2.org/>. (Accessed on 22 October 2025)
- [16] <https://emin.com.mm/uni-tut333s-uni-tut333s-digital-temperature-humidity-meter-10-60degc-0-100-rh-68387/pr.html>. (Accessed on 23 October 2025)
- [17] <https://temtopus.com/products/temtop-p600-air-quality-laser-particle-detector-professional-meter-for-pm2-5-pm10-tft-color-lcd-display?variant=41039511879728>. (Accessed on 23 October 2025)
- [18] X. Zhang, J. Lai, D. Xu, H. Li, and M. Fu, 2D lidar-based SLAM and path planning for Indoor rescue using mobile robots, Journal of Advanced Transportation, 2020, 8867937, 1 - 14.