

การออกแบบและจัดทำระบบพาสานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ กล้องสามมิติ และ
หุ่นยนต์ที่ทำงานร่วมกับมนุษย์ ในการจัดส่งสินค้าระหว่างตู้เก็บสินค้าแนวตั้งและจุดรับ/
ส่งของ

Designing and Developing the Integrated System of AMR, 3D Camera and
Cobot in the Delivery of Goods between Vertical Storage and Pick and
Deposit Station

นายกิตตินันท์ ศรีธนานุวัฒน์, นายณัฐพล ต้นสำโรง, นายวรินทร์ นิลดำ และ รศ.ดร.ธีรวัฒน์ เทพมณี
หลักสูตรวิศวกรรมเมคาทรอนิกส์และออโตเมชัน (แขนงวิชาออโตเมชัน)
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
Kittinan Srithanuwat, Nattapon Tansamrong, Warinthorn Nildam
and Assoc.Prof.Dr. Teerawat Thepmanee
Mechatronics and Automation Engineering Program (Major of Automation)
Department of Instrumentation and Control Engineering, School of Engineering, KMITL

บทคัดย่อ

การพัฒนากระบวนการขนส่งสินค้าภายในโกดังเก็บสินค้าหรือโรงงานให้มีความเป็นอัตโนมัติโดยนำหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ (Autonomous Mobile Robot: AMR) ด้วยเทคโนโลยี Lidar มารับสินค้าจากตู้เก็บสินค้าแบบแนวตั้งไปส่งยังพื้นที่จุดส่งสินค้าที่ติดตั้งแขนกลที่ทำงานร่วมกับมนุษย์ (Collaborative robot: Cobot) และกล้อง 3 มิติ (3D camera) สำหรับการหยิบและจัดเรียงใหม่ การออกแบบระบบแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกตัว AMR สแกนสภาพแวดล้อมเส้นทางการเคลื่อนที่ระหว่างจุดรับส่งสินค้าเพื่อนำมาสร้างเป็นแผนที่ จากนั้นกำหนดพิกัดเส้นทางและโปรแกรมการเคลื่อนที่ของ AMR โดยใช้ซอฟต์แวร์ Carly และเมื่อ AMR มาถึงจุดส่งสินค้า ซอฟต์แวร์ Cloudia จะส่งข้อมูลผ่านโมดูลสื่อสารไร้สายระยะไกลไปที่กล้อง 3 มิติ ในขั้นตอนที่ 2 กล้อง 3 มิติจะทำการถ่ายภาพและประมวลผลหาตำแหน่งของสินค้าโดยใช้ซอฟต์แวร์ Mech-Vision และส่งข้อมูลไปยังโคบอทเพื่อหยิบสินค้าผ่านการสื่อสารแบบ Ethernet ซึ่งโคบอทสามารถหยิบสินค้าที่วางอยู่บนถาดที่มีรูปแบบการวางสินค้าทับซ้อนกันแบบเป็นระเบียบและการวางสินค้าทับซ้อนกันแบบไม่เป็นระเบียบโดยใช้ซอฟต์แวร์ Mech-Viz เพื่อนำมาจัดเรียงในพื้นที่ที่กำหนด เมื่อจัดเรียงสินค้าเสร็จสิ้น AMR จะเคลื่อนที่กลับไปยังพื้นที่ตู้เก็บสินค้าเพื่อรอคำสั่งการทำงานในรอบต่อไป จากการทดสอบ AMR สามารถยกถาดสินค้าจากตู้เก็บและเคลื่อนที่มาถึงจุดส่งสินค้า โดยโคบอทสามารถหยิบสินค้าที่วางอยู่บนถาดได้ทั้ง 2 รูปแบบและทำการจัดเรียงสินค้าบนพื้นที่ที่กำหนดโดยไม่เกิดความเสียหายได้อย่างถูกต้องตามระบบที่ได้ออกแบบไว้

คำสำคัญ: หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ, แขนกลที่ทำงานร่วมกับมนุษย์, กล้อง 3 มิติ

Abstract

The development of an automated goods transportation system within a warehouse or manufacturing facility involves utilizing Autonomous Mobile Robot (AMR) equipped with Lidar technology to pick up goods from vertical storage units and deliver them to designated delivery points, where collaborative robot (Cobot)

and 3D camera assist in sorting and rearranging items. The system design consists of two main steps: In the first step, the AMR scans the environment and determines the optimal path between pickup and delivery points to create a map. Subsequently, it defines the coordinates and motion program of the AMR using Carly software. When the AMR reaches the delivery point, Cloudia software sends data wirelessly to the 3D camera module. In the second step, the 3D camera captures images and processes them to identify the position of goods using Mech-Vision software. This data is then transmitted to the Cobots for picking via Ethernet communication. The Cobots can pick items from trays with orderly and disorderly arrangements, using Mech-Viz software to arrange them in the specified area. Upon completing the sorting process, the AMR returns to the storage area to await further instructions for subsequent rounds. Through testing, the AMR has demonstrated its ability to lift trays from storage units and transport them to delivery points. The Cobots can accurately pick items from trays in structured and unstructured layouts, arranging them in the designated area without causing damage, following the designed system.

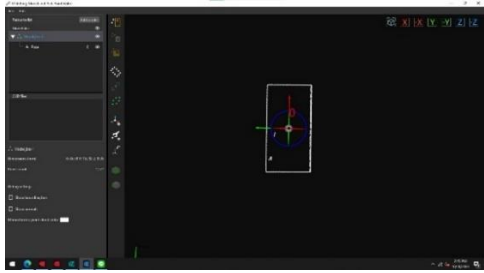
Keywords : Autonomous Mobile Robot, Collaborative Robot, 3D Camera

1. บทนำ

ในทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีในการจัดการวัสดุได้ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การพัฒนาที่สำคัญประการหนึ่งคือ วิวัฒนาการของยานยนต์นำทางอัตโนมัติ (Automatic Guided Vehicle : AGV) สู่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ (Autonomous Mobile Robot : AMR) ตั้งแต่ปี 1955 เมื่อ AGV ตัวแรกเปิดตัว ระบบนำทางที่เป็นส่วนสำคัญของระบบขนส่งวัสดุและผลิตภัณฑ์ของ AGV ได้พัฒนาไปตามขั้นตอนต่างๆ จนถึงในปัจจุบัน ตั้งแต่ นำทางด้วยกลไก (Mechanical guidance) นำทางด้วยเซ็นเซอร์แสง (Optical guidance) นำทางด้วยเซ็นเซอร์เหนี่ยวนำ (Inductive guidance) นำทางด้วยคาร์ทีเซียนอ้างอิง (Cartesian reference) นำทางด้วยพิสัยเฉื่อย (Inertial guidance) และ นำทางด้วยเลเซอร์ (Laser guidance) จนกระทั่งได้พัฒนามาถึงระบบที่ใช้การมองเห็น (Vision-based system) ระบบที่ใช้การมองเห็นนี้จะใช้เซ็นเซอร์ที่มีอยู่ทั่วไป ร่วมกับคอมพิวเตอร์ออนบอร์ดอันทรงพลัง ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีจำลองตำแหน่งและแผนที่พร้อมกัน (Simultaneous Location And Mapping : SLAM) ช่วยให้อุปกรณ์เข้าใจสภาพแวดล้อม

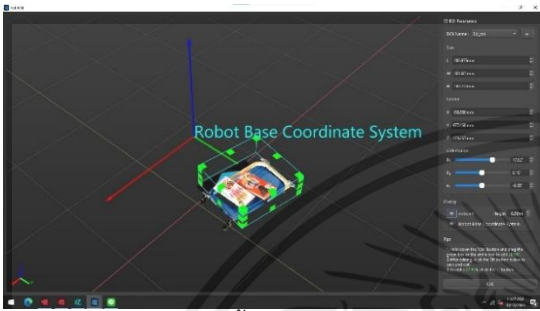
การทำงานเพื่อที่จะนำทางหุ่นยนต์ได้โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งของหุ่นยนต์ก่อนล่วงหน้า สิ่งเหล่านี้นำมาซึ่งมิติใหม่ในการเพิ่มความยืดหยุ่นในการนำทางของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ (Autonomous Mobile Robot)

โดยในปัจจุบันโรงงานหลายแห่งเริ่มมีการปรับเปลี่ยนและพัฒนาให้มีความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น รวมถึงโกดังสินค้าที่ใช้เก็บวัสดุหรือสินค้าที่สมบูรณ์แล้ว ทำให้มีการเพิ่มหุ่นยนต์เข้ามาแทนที่มนุษย์ โดยนำหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ (Autonomous Mobile Robot: AMR) มาช่วยในการขนส่งสิ่งของระหว่างตู้เก็บสินค้าแนวตั้งและจัดรับ/ส่งสินค้าแทนที่รถโฟล์คลิฟท์ (Forklift) โดยที่จัดรับ/ส่งมีการนำแขนกลที่ทำงานร่วมกับมนุษย์ (Collaborative Robot: Cobot) มาใช้สำหรับหยิบจับสิ่งของระหว่างจัดรับ/ส่งของและหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติแทนที่มีคนมาลำเลียงออกจากรถหรือพาเลทสินค้า และเพื่อความแม่นยำและยืดหยุ่นที่มากขึ้นจึงนำกล้อง 3 มิติ (3D Camera) เข้ามาช่วยระบุตำแหน่งการหยิบจับสิ่งของให้กับโคบอท



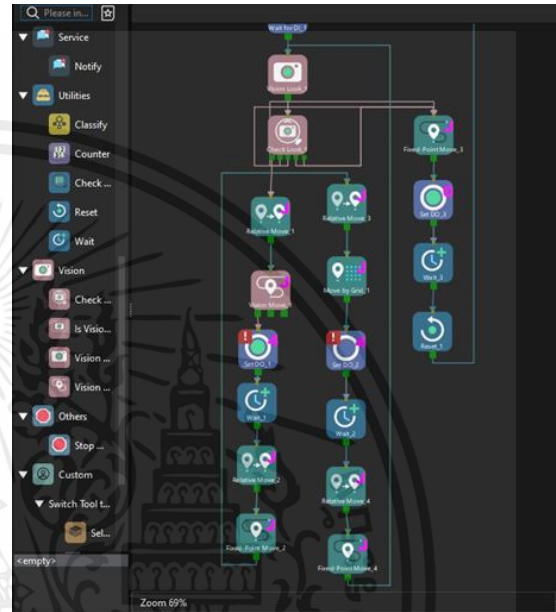
รูปที่ 7 การสร้างโมเดลสำหรับการกำหนดจุดหยิบ

เมื่อได้ตัวโคบอทที่ติดกริปเปอร์แล้วให้ทำการสร้างโปรแกรมสำหรับการเคลื่อนที่เพื่อไปหยิบสินค้าโปรแกรมนี้จะสร้างจากแท็บที่มีชื่อว่า Workflow โดยในส่วนของโปรแกรมนี้อจะเป็นการกำหนดจุดให้โคบอทเคลื่อนที่ไปตามจุดที่เราตั้งเอาไว้ การควบคุมเครื่องมือ การกำหนดจุดวางของวัตถุ โดยโปรแกรมนี้อจะเป็นแบบบล็อก

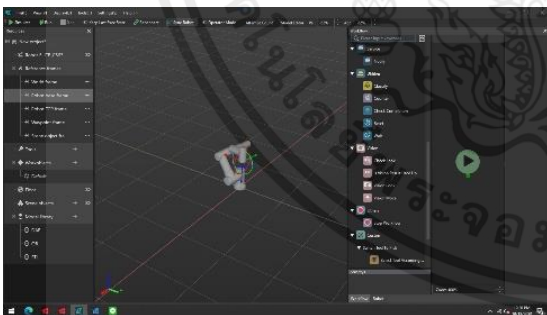


รูปที่ 8 การกำหนดพื้นที่สำหรับการสแกนวัตถุ

สร้างโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของโคบอทด้วยซอฟต์แวร์ของกล้อง 3 มิติที่มีชื่อว่า Mech-Viz โดยให้ทำการสร้างโปรเจกขึ้นมาใหม่แล้วจากนั้นเลือกโมเดลของโคบอทที่นำมาใช้งาน จากนั้นให้ทำการเลือกโมเดลของกริปเปอร์ เพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณระยะต่างๆ ของโคบอทและกริปเปอร์ได้



รูปที่ 11 โปรแกรมสำหรับควบคุมโคบอท



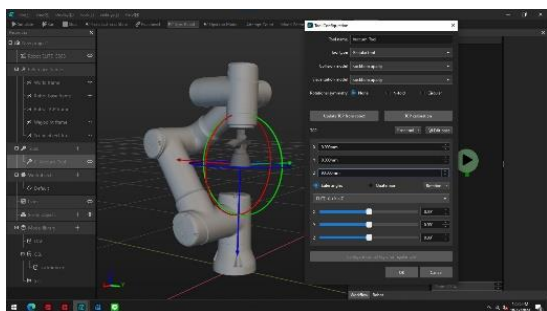
รูปที่ 9 การนำโมเดลโคบอทมาใช้งาน

3. ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

วิธีการทดสอบแบ่งออกเป็น 5 หัวข้อ โดยหัวข้อแรกเป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นทางของ AMR ในหัวข้อที่ 2 เป็นการทดสอบการใช้งาน Top module ที่ติดไว้บน AMR ส่วนหัวข้อที่ 3 เป็นการทดสอบการมองเห็นจุดหยิบสินค้าของกล้อง 3 มิติ ต่อมาหัวข้อที่ 4 เป็นการทดสอบโคบอทให้ทำการหยิบและจัดเรียงสินค้าลงบนพื้นที่ที่กำหนด และในหัวข้อสุดท้ายเป็นการทดสอบการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ทั้งหมด ในการทดสอบนี้ได้มีการทำการทดลองซ้ำหลายรอบ โดยมีเงื่อนไขสำหรับการผ่านการทดสอบเป็นไปตามข้อกำหนดที่บริษัทได้ตั้งเอาไว้

3.1 ผลการทดสอบของ AMR

ทดสอบเส้นการเดินทางของ AMR โดยการทดสอบว่า AMR สามารถเดินทางได้ตามเส้นทางที่กำหนดหรือไม่ มีการออกนอกเส้นทางหรือเคลื่อนที่ถึงจุดที่กำหนดหรือไม่



รูปที่ 10 การนำโมเดลกริปเปอร์มาติดที่โคบอท

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบของ AMR

การทดสอบ	ผลลัพธ์
ทดสอบการสแกนแผนที่	ผ่าน
ทดสอบการป้องกันการชนสิ่งกีดขวาง	ผ่าน
ทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นทาง	ผ่าน



รูปที่ 12 แผนที่และเส้นทางของ AMR

3.2 ผลการทดสอบของ Top module

ทดสอบการขนย้ายสินค้าด้วย top module ของ AMR โดยการทดสอบว่าสามารถขนส่งสินค้าที่ต้องการไปยังจุดต่างๆ ด้วย top module ที่สร้างขึ้นมาได้หรือไม่

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบของ Top module

การทดสอบ	ผลลัพธ์
ทดสอบความแข็งแรง	ผ่าน
ทดสอบการยกภาดใส่สินค้า	ผ่าน
ทดสอบการขนย้ายสินค้า	ผ่าน



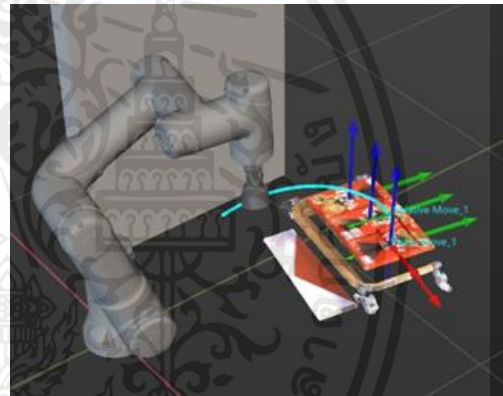
รูปที่ 13 การขนย้ายสินค้าบน Top module

3.3 ผลการทดสอบของกล้อง 3 มิติ

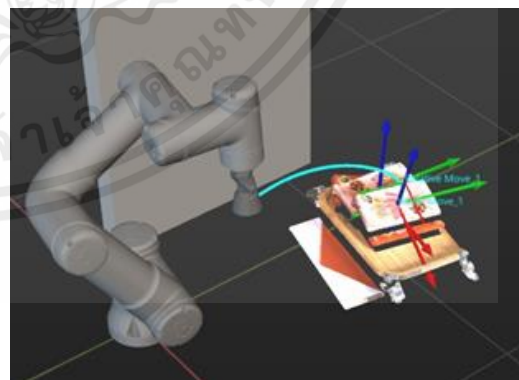
ทดสอบการตรวจจับภาพสินค้าของกล้อง 3 มิติ โดยการทดสอบว่าโปรแกรมการตรวจจับภาพของกล้อง 3 มิติ นั้นสามารถทำได้ตามประสิทธิภาพและสามารถส่งตำแหน่งไปให้โคบอลท์สำหรับหยิบจับสินค้าได้อย่างแม่นยำหรือไม่

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบของกล้อง 3 มิติ

การทดสอบ	ผลลัพธ์
ทดสอบการมองเห็นจุดหยิบของสินค้า	ผ่าน
ทับซ้อนกันแบบเป็นระเบียบ	ผ่าน
ทดสอบการมองเห็นจุดหยิบของสินค้า	ผ่าน
ทับซ้อนกันแบบไม่เป็นระเบียบ	ผ่าน



รูปที่ 14 จุดหยิบของสินค้าทับซ้อนกันแบบเป็นระเบียบ



รูปที่ 15 จุดหยิบของสินค้าทับซ้อนกันแบบไม่เป็นระเบียบ

3.4 ผลการทดสอบของโคบอท

ทดสอบการทำงานระหว่างโคบอทกับกล่อง 3 มิติ โดย การทดสอบว่าโคบอทสามารถหยิบจับสินค้าได้ตาม ตำแหน่งที่ได้จากกล่อง 3 มิติหรือไม่

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบของโคบอท

การทดสอบ	ผลลัพธ์
ทดสอบการหยิบและวางสินค้าที่ทับซ้อนกันแบบเป็นระเบียบ	ผ่าน
ทดสอบการหยิบและวางสินค้าที่ทับซ้อนกันแบบไม่เป็นระเบียบ	ผ่าน



รูปที่ 16 สินค้าทับซ้อนกันแบบเป็นระเบียบ



รูปที่ 17 สินค้าทับซ้อนกันแบบไม่เป็นระเบียบ



รูปที่ 18 การจัดเรียงสินค้าลงบนพื้นที่ที่กำหนด

3.5 ผลการทดสอบการทำงานร่วมกัน

ทดสอบการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ทั้งหมด โดย การทดสอบว่าเมื่อรันโปรแกรมแล้ว AMR สามารถส่งสัญญาณเมื่อมาถึงจุดรับส่งสินค้าหรือไม่ กล่อง 3 มิติ สามารถรับสัญญาณเพื่อไปสั่งการโคบอทได้หรือไม่ และ การทำงานร่วมกันมีความต่อเนื่องหรือไม่

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการทำงานร่วมกัน

การทดสอบ	ผลลัพธ์
ทดสอบการส่งสัญญาณของ AMR	ผ่าน
ทดสอบการรับสัญญาณของกล่อง 3 มิติ	ผ่าน
ทดสอบความต่อเนื่องของการทำงาน	ผ่าน

4. อภิปรายและสรุปผล

จากการดำเนินงานการนำ AMR, กล่อง 3 มิติ และโคบอท มาทำงานร่วมกันกับอุปกรณ์ต่างๆ ผลปรากฏว่า อุปกรณ์ทั้งหมดสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำให้การปรับเปลี่ยนและพัฒนาโกดังเก็บสินค้าให้เป็นระบบอัตโนมัติมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่นกัน เนื่องจากการนำ AMR มาใช้สามารถลดจำนวนคนในการขนส่งที่อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดจากการสื่อสารที่ไม่เข้าใจกันได้ นอกจากนี้ระบบนี้มาใช้ในการเก็บสินค้ายังสามารถนำไปใช้ในการทำงานอื่นๆ ได้อีก เช่น การนำสินค้าจากคลังมาประกอบรวมกัน การนำสินค้าจากคลังมาตรวจสอบความผิดพลาด เป็นต้น และในส่วนของ การเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับโครงสร้างระบบนี้สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ได้ทุกอย่างไม่จำเป็นต้องใช้ของผู้ผลิตเดิม เนื่องจากโครงสร้างระบบนี้สามารถรองรับการทำงานร่วมกันได้จากหลากหลายอุปกรณ์

5. ข้อเสนอแนะ

สำหรับการเคลื่อนที่ของ AMR ไม่ควรมีสิ่งกีดขวางหรือโล่งมากเกินไปเนื่องจากจะทำให้การเคลื่อนที่ที่เกิดข้อผิดพลาด ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาระตำแหน่งของ AMR ในโปรแกรม

สำหรับการตรวจจับวัตถุของกล้อง 3 มิติ วัตถุที่นำมา
ไม่ควรมีลักษณะที่ใสและมันวาวเกินไปเนื่องจากกล้อง 3
มิติ จะไม่สามารถตรวจจับวัตถุได้

สำหรับเส้นทางการเคลื่อนที่ของโคบอท ไม่ควรมีสิ่ง
กีดขวางในการเคลื่อนที่เนื่องจากเมื่อมีการชนกันเกิดขึ้น
จะก่อความเสียหายให้กับตัวโคบอทและสิ่งของ

เอกสารอ้างอิง

[1] Fragapane, G., De Koster, R., Sgarbossa, F., & Strandhagen, J. O. (2021). "Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda". *European Journal of Operational Research*, vol. 294(2), pp. 405–426, Oct. 16, 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221721000217>. [Accessed: March 20, 2024].

[2] เอกสาร EMMA400L 用户手册(海外版)
EN-V2.2.W. [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. Hangzhou
IPLUSMOBOT Technology Co., Ltd. /
IPLUSMOBOT. [27 กุมภาพันธ์ 2567].

[3] เอกสาร Datasheet_PRO_S [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์].
Mech-Mind Robotics Technologies Ltd. /
Mech-Mind. [27 กุมภาพันธ์ 2567].

[4] Mech-Vision — Software Suite
documentation, 2023. [Online]. Available:
<https://docs.mech-mind.net/latest/en-GB/SoftwareSuite/MechVision/MechVision.html>. [Accessed: Feb. 27, 2024].

[5] Mech-Vision — Software Suite
documentation, 2023. [Online]. Available:
<https://docs.mech-mind.net/latest/en-GB/SoftwareSuite/MechViz/MechViz.html>.
[Accessed: Feb. 27, 2024].