

ณัฐวุฒิ พิเดช: การสร้างระบบ SLAM ภายในอาคารโดยใช้การระบุตำแหน่งด้วย LiDAR และ
การสร้างแผนที่ด้วยกล้อง RGB-D บนแพลตฟอร์ม F1TENTH

อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.อัฐพล อริยฤทธิ์, 73 หน้า

คำสำคัญ: ระบบระบุตำแหน่งและสร้างแผนที่ SLAM/ หุ่นยนต์เคลื่อนที่/ 2D LiDAR

Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) เป็นเทคนิคพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญในงานด้านหุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยช่วยให้หุ่นยนต์สามารถประมาณตำแหน่งของตนเองไปพร้อมกับการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมรอบตัว ระบบ SLAM ที่อาศัยการมองเห็น เช่น Visual SLAM และ RGB-D SLAM ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลเชิงโครงสร้างของสภาพแวดล้อมได้อย่างละเอียด อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพแสงเป็นอย่างมาก ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อย แสงสะท้อนสูง หรือคุณภาพการมองเห็นต่ำ ระบบ SLAM ที่ใช้กล้องมักไม่สามารถดึงคุณลักษณะภาพที่เชื่อถือได้ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่ง หรืออาจไม่สามารถทำการระบุตำแหน่งได้อย่างต่อเนื่อง ข้อจำกัดดังกล่าวส่งผลต่อความสามารถในการใช้งานหุ่นยนต์ในระยะยาวภายใต้สภาพแวดล้อมจริง วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือการศึกษาระบบที่ใช้ SLAM ที่อาศัย LiDAR เป็นแกนหลักในการระบุตำแหน่งที่มีความทนทานต่อสภาพแสงที่ไม่เหมาะสม ขณะเดียวกันยังคงใช้กล้อง RGB-D สำหรับการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อแสดงให้เห็นว่าสามารถรักษาความแม่นยำในการระบุตำแหน่งได้ด้วย LiDAR ในกรณีที่ระบบ SLAM ที่ใช้กล้องมีประสิทธิภาพลดลง ซึ่งช่วยให้การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถดำเนินต่อไปได้อย่างสม่ำเสมอ แม้ในสถานะที่ข้อมูลภาพมีข้อจำกัด แนวทางที่นำเสนอถูกพัฒนาและทดสอบบนแพลตฟอร์มหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ F1TENTH โดยใช้เซนเซอร์ LiDAR แบบสองมิติในการดำเนินการ SLAM เพื่อการระบุตำแหน่งอย่างต่อเนื่องและมีเสถียรภาพ พร้อมทั้งติดตั้งกล้อง RGB-D เพื่อเก็บข้อมูลความลึกและสี แทนที่จะใช้ข้อมูลจากกล้องเพื่อการระบุตำแหน่งโดยตรง ข้อมูลความลึกจะถูกแปลงไปยังกรอบพิกัดอ้างอิงระดับโลกโดยอาศัยตำแหน่งที่ได้จาก LiDAR SLAM ระบบทั้งหมดถูกพัฒนาภายใต้สภาพแวดล้อมของ ROS 2 ซึ่งทำหน้าที่จัดการการประสานข้อมูลจากเซนเซอร์ การแปลงกรอบพิกัด และกระบวนการประมวลผลข้อมูล การทดลองถูกดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านแสงเพื่อประเมินพฤติกรรมและประสิทธิภาพของระบบ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า SLAM ที่ใช้ LiDAR สามารถรักษาความแม่นยำในการระบุตำแหน่งได้อย่างต่อเนื่องในสภาพแวดล้อมที่การรับรู้ด้วยภาพมีข้อจำกัด ภายใต้สถานะแสงที่ไม่เพียงพอหรือไม่เสถียร ระบบ SLAM ที่อาศัยกล้องมีแนวโน้มเกิดความคลาดเคลื่อนของเส้นทางการเคลื่อนที่ และในบางกรณีไม่สามารถดำเนินการระบุตำแหน่งต่อไปได้ เนื่องจากไม่สามารถดึงคุณลักษณะภาพที่เชื่อถือได้ ในทางตรงกันข้าม ระบบที่นำเสนอสามารถคงความแม่นยำในการ

ประมาณตำแหน่งได้โดยอาศัยข้อมูลจาก LiDAR ทำให้การระบุตำแหน่งดำเนินต่อไปได้โดยไม่สะดุด นอกจากนี้ การใช้ตำแหน่งที่ได้จาก LiDAR เพื่อแปลงข้อมูลจากกล้อง RGB-D ไปยังกรอบพิกัดระดับโลก ช่วยให้การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง แม้ข้อมูลภาพจะถูกจำกัด เมื่อสภาพแสงกลับสู่ภาวะปกติ ระบบสามารถกลับมาสร้างข้อมูล point cloud แบบหนาแน่นได้โดยไม่ต้องเริ่มต้นระบบใหม่ ผลลัพธ์ดังกล่าวยืนยันว่า การแยกกระบวนการระบุตำแหน่งออกจากการรับรู้ด้วยภาพช่วยเพิ่มความทนทานของระบบ และสนับสนุนการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติในระยะยาวภายในสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่มีความท้าทายด้านสภาพแสง

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2568

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

NATTHAWUT PIDECH: INDOOR SLAM USING LiDAR-BASED LOCALIZATION AND
RGB-D MAPPING ON THE F1TENTH PLATFORM

ADVISOR: ASSOC. PROF. ATTHAPHON ARIYARIT, Ph.D., 73 PP.

Keyword: Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)/ Mobile robotics/ 2D LiDAR

Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) is a fundamental technique in mobile robotics, enabling a robot to estimate its position while understanding the surrounding environment. Vision-based and RGB-D camera-based SLAM systems are widely used due to their ability to provide rich environmental information. However, their performance strongly depends on lighting conditions. Under low-light, high-glare, or visually degraded environments, camera-based SLAM often fails to extract reliable features, leading to localization drift or complete localization failure. This limitation restricts the long-term operation of robots in real-world environments. The objective of this thesis is to investigate the use of LiDAR-based SLAM as a robust localization backbone under poor lighting conditions, while still utilizing an RGB-D camera for point cloud generation. The study aims to demonstrate that reliable localization can be maintained using LiDAR when camera-based SLAM becomes unreliable, allowing consistent spatial data generation despite degraded visual conditions. The proposed approach is implemented on an F1TENTH autonomous ground vehicle platform, A 2D LiDAR sensor is used to perform LiDAR-based SLAM for continuous and robust localization. An RGB-D camera is mounted on the robot to capture depth and color data. Instead of relying on the camera for localization, the depth data is transformed into a global reference frame using the pose estimated from LiDAR-based SLAM. The system is developed using ROS 2, where sensor synchronization, coordinate transformations, and data processing are managed within a unified framework. Experiments are conducted in environments with degraded lighting to evaluate system behavior. The experimental findings demonstrate that LiDAR-based SLAM maintains consistent localization performance in environments where visual sensing is degraded. During conditions of insufficient or unstable lighting, the camera-based SLAM approach exhibited increased trajectory drift and, in some cases, failed to continue localization

due to the inability to extract reliable visual features. In contrast, the proposed system sustained accurate pose estimation by relying on LiDAR data, enabling uninterrupted localization throughout the experiment. By using the LiDAR-derived pose to project RGB-D measurements into the global coordinate frame, spatial data generation remained continuous even when visual information was compromised. Once normal lighting conditions were restored, dense point cloud acquisition resumed without system reinitialization. These results confirm that separating localization from vision-based perception improves robustness and supports long-term autonomous operation in challenging indoor environments.

School of Mechanical Engineering

Academic Year 2025

Student's Signature 

Advisor's Signature 