

ชอ ยี ไว ยัน : ระบบระบุตำแหน่งนอกอาคาร โดยใช้ระบบกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม
และกล้อง (GNSS AND CAMERA BASED OUTDOOR POSE ESTIMATION SYSTEM)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์, 96 หน้า

คำสำคัญ: ORB-SLAM/ตัวกรองคาลมานแบบขยาย/ODOMETRY/GNSS

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายนอกอาคารให้มีความแม่นยำ
สำหรับใช้ในการนำทางของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ เนื่องจากปัจจุบันการระบุตำแหน่งหุ่นยนต์ใน
สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารนั้น การใช้เซนเซอร์วัดระยะทางจากแสงประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อ
เทียบกับการใช้งานภายในอาคาร แต่ในกรณีที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุตำแหน่งสูงขึ้น มัก
จำเป็นต้องใช้เซนเซอร์ที่มีราคาสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาวิธีการระบุตำแหน่งภายนอก
อาคารที่สามารถเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพของระบบระบุตำแหน่ง โดยใช้อุปกรณ์ที่มีต้นทุน
ไม่สูงจนเกินไป โดยผู้วิจัยได้นำอัลกอริทึม ORB-SLAM ที่สามารถหาและระบุตำแหน่งของวัตถุได้จาก
กล้องมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบ GPS และใช้ Extended Kalman Filter (EKF) ที่สามารถประมาณ
สถานะของหุ่นยนต์ (State Estimation) เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดข้อผิดพลาดในการระบุตำแหน่ง

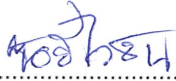
อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจะประกอบไปด้วย กล้อง Intel Realsense D435 เป็น
กล้องที่สามารถวัดความลึกของภาพได้และมีเซนเซอร์วัดความเฉื่อยผู้วิจัยเลือกใช้เป็นเซนเซอร์
MPU9250 สำหรับตรวจวัดการเคลื่อนที่เชิงมุมและเชิงเส้น และเซนเซอร์ WTGPS 300P สำหรับให้
ข้อมูลตำแหน่งเชิงภูมิศาสตร์ (Geographical Coordinates) ในขั้นตอนแรกของการวิจัย ผู้วิจัยได้
ดำเนินการทดสอบอัลกอริทึม ORB-SLAM กับกล้อง เพื่อทำการปรับเทียบกล้องและประเมินความ
แม่นยำในการระบุตำแหน่งและท่าทางของหุ่นยนต์ จากนั้นทำการประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์วัด
ความเฉื่อยเพื่อคำนวณท่าทางของหุ่นยนต์และดำเนินการรวมข้อมูลจากทั้งสองแหล่งด้วยวิธี
Extended Kalman Filter โดยใช้ Robot Localization Package หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการ
ประมวลผลข้อมูลจาก GPS ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อแปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์
(Geographical Coordinate System) ให้เป็นระบบพิกัดการนำทาง (Navigation Coordinate
System) และนำข้อมูลดังกล่าวมาผสานเข้ากับข้อมูลที่ได้จากการรวมและประมวลผลก่อนหน้านี้

ในการทดสอบระบบระบุตำแหน่งภายนอกอาคารที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยนำเซนเซอร์และกล้อง
ติดตั้งกับรถไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยทำการทดสอบในสองสถานะความเร็ว ได้แก่ ความเร็วไม่เกิน 1 m/s
และ ความเร็วไม่เกิน 2 m/s โดยเส้นทางทดสอบได้กำหนดจุดพิกัดอ้างอิงไว้ล่วงหน้า ผลการทดสอบ
พบว่า เมื่อความเร็วไม่เกิน 2 m/s ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงรากกำลังสองเฉลี่ย (RMS Error) ในแกน
x เท่ากับ 1.56 เมตร และในแกน y เท่ากับ 0.36 เมตร ขณะที่เมื่อความเร็วไม่เกิน 1 m/s

ค่าความคลาดเคลื่อนเชิง RMS ในแกน x เท่ากับ 0.43 เมตร และในแกน y เท่ากับ 0.32 เมตร จากผลการทดสอบดังกล่าว ผู้วิจัยคาดว่าระบบระบุตำแหน่งภายนอกอาคารที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้งานได้จริงในระบบยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Autonomous Vehicles) หรือหุ่นยนต์เคลื่อนที่ในอนาคต

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

ปีการศึกษา 2568

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

SAW YI WAI YAN : GNSS AND CAMERA BASED OUTDOOR POSE ESTIMATION
SYSTEM.

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. FLT. LT. KONTORN CHAMNIPRASART, Ph.D., 96 PP.

Keywords: ORB-SLAM/Extended Kalman Filter/Odometry/GNSS

This research aims to develop a high-precision outdoor localization system for autonomous mobile robot navigation. Currently, the use of light-based distance measurement sensors for outdoor localization tends to suffer from reduced performance compared to indoor environments. Furthermore, achieving higher localization accuracy often requires the use of expensive sensors, which may not be cost-effective for practical deployment. Therefore, this study focuses on developing an outdoor localization approach that enhances both the accuracy and performance of the localization system while maintaining a relatively low hardware cost. In this research, the ORB-SLAM algorithm, which is capable of detecting and estimating object positions from camera images, is integrated with a Global Positioning System (GPS) to provide global position references. Additionally, an Extended Kalman Filter (EKF) is employed for state estimation of the robot, thereby improving localization accuracy and reducing estimation errors.

The experimental setup consists of an Intel RealSense D435 depth camera, an MPU9250 inertial measurement unit (IMU) for measuring angular and linear motion, and a WTGPS 300P GPS sensor for providing geographical coordinates. In the initial stage of the study, the ORB-SLAM algorithm was tested with the camera, followed by camera calibration and evaluation of localization and pose estimation accuracy. Subsequently, IMU data was processed to estimate the robot's pose, and sensor fusion between camera and IMU data was performed using the Extended Kalman Filter through the Robot Localization Package.

After that, GPS data was processed using mathematical transformations to convert geographical coordinates (Geographical Coordinate System) into navigation coordinates (Navigation Coordinate System). The transformed data was then fused with the previously integrated data to obtain a comprehensive and precise localization

result. To evaluate the performance of the developed outdoor localization system, the sensors and camera were mounted on a small electric vehicle. Experiments were conducted under two velocity conditions: below 1 m/s and below 2 m/s, with predefined reference points along the test path. The results showed that at a velocity below 2 m/s, the root mean square (RMS) error was 1.56 m along the x-axis and 0.36 m along the y-axis. At a velocity below 1 m/s, the RMS error was 0.43 m along the x-axis and 0.32 m along the y-axis.

Based on these results, the developed outdoor localization system demonstrates high potential for practical implementation in autonomous vehicle navigation systems and future mobile robot applications.

School of Mechatronics Engineering
Academic Year 2025

Student's Signature.....SAWYIWAIIYAN
Advisor's Signature.....Korl chyt