ปวรุตม์ การะเกตุ : โดรนตรวจการภายในอาคารพร้อมระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางและสร้างแผนที่ (DRONE FOR INSPECTING INSIDE BUILDING WITH OBJECT AVOIDANCE AND MAPPING SYSTEM) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเดช ตัญตรัยรัตน์, 88 หน้า.

คำสำคัญ: ระบบหลีกสิ่งกีดขวาง/ระบบระบุตำแหน่งและสร้างแผนที่/อากาศยานไร้นักบิน

ปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาอากาศยานไร้นักบินหรือโดรนอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการพัฒนาโดรนอัตโนมัติในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งในงานวิจัยและพัฒนาเหล่านี้มีหนึ่งหัวข้อที่เป็นที่น่าสนใจ คือ การพัฒนาโดรนอัตโนมัติสำหรับใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากจำเป็นที่จะต้องศึกษาหาวิธีที่จะทำให้โดรนสามารถระบุตำแหน่งตนเอง โดยที่ไม่สามารถใช้ระบบการนำทางด้วยดาวเทียม (GNSS) เช่นเดียวกับโดรนอัตโนมัติที่ใช้งานภายนอกอาคารได้ นอกจากนี้ แล้วด้วยความซับซ้อนภายในอาคารทำให้ต้องศึกษาหาวิธีการซึ่งจะทำให้โดรนสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย ด้วยเหตุนี้เองงานวิจัยนี้จึงเลือกที่จะศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับโดรนอัตโนมัติภายในอาคาร โดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อพัฒนาระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารที่ทำงานร่วมกับระบบตรวจจับและหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อใช้สำหรับโดรน

จากวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษางานวิจัยที่มีความใกล้เคียง เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งจากการศึกษาทำให้ได้พบกับวิธีการ การระบุตำแหน่งและสร้างแผนที่ (SLAM) ซึ่งจะทำงานร่วมกับระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางซึ่งใช้อัลกอริทึม Dijkstra โดยในการทำงานระบบการระบุตำแหน่งและสร้างแผนที่จะเป็นส่วนที่ทำการประมวลผลตำแหน่งของโดรน เพื่อใช้ในระบบอัตโนมัติของโดรน และจะประมวลผลสร้างแผนที่หรือข้อมูลสิ่งแวดล้อมรอบโดรน เพื่อใช้กับระบบหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่จะนำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผลเพื่อสร้างเส้นทางการบินที่ปลอดภัยให้กับโดรน จากส่วนนี้จะเห็นได้ว่าระบบการระบุตำแหน่งและสร้างแผนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุนี้เองงานวิจัยนี้จึงใช้ระบบการระบุตำแหน่งและสร้างแผนที่ 2 รูปแบบซึ่งประกอบไปด้วย Visual SLAM และ LIDAR SLAM ซึ่งข้อมูลจากทั้ง 2 รูปแบบจะถูกนำไปประมวลผลร่วมด้วยวิธี Extended Kalman Filter เพื่อให้ข้อมูลที่มีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนของระบบระบุตำแหน่งจะทำการทดสอบทำการทดสอบโดยใช้ระบบกึ่งอัตโนมัติ ในการทดสอบจะทำการทดสอบในกรณีที่ระบบการระบุตำแหน่งและสร้างแผนที่ 2 รูปแบบทำงานได้อย่างปกติเพื่อตรวจสอบความแม่นยำ และในกรณีที่ระบบการระบุตำแหน่งและสร้างแผนที่รูปแบบใดรูปแบบหนึ่งไม่สามารถทำงานได้เพื่อตรวจสอบว่า Extended Kalman Filter สามารถคัดกรองข้อมูลที่ผิดปกติออก และสามารถทำให้ระบบทำงานต่อไปได้หรือไม่ ส่วนของการสร้างแผนที่จะเป็นการทดสอบสร้างแผนที่จริงในบริเวณซึ่งมี

จุดอ้างอิงที่สังเกตุได้ง่าย และจะทำการวัดขนาดของแผนที่ที่ถูกสร้างกับพื้นที่จริงโดยวัดที่จุดอ้างอิง และในส่วนสุดท้ายการทดสอบระบบการบินอัตโนมัติและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง จะเป็นการทดสอบในระบบอัตโนมัติเพื่อทดสอบหาความแม่นยำในการเข้าตำแหน่งเป้าหมาย การรักษาเส้นทางการบิน และตรวจสอบลักษณะการคำนวณและสร้างเส้นทางการบิน

ซึ่งผลที่ได้คือระบบระบุตำแหน่งภายในอาคารที่ใช้งานร่วมกับโดรนนี้สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในรูปแบบ RMSE 3.877 เซนติเมตร และสามารถทำงานต่อไปได้แม้ว่า Visual SLAM หรือ LIDAR SLAM จะเกิดปัญหาขึ้น ระบบการสร้างแผนที่สามารถสร้างแผนที่ได้อย่างรวดเร็ว ทันต่อการเคลื่อนที่ของโดรน โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 10 เซนติเมตร และในระบบการบินอัตโนมัติ โดรนสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้อย่างแม่นยำและปลอดภัย โดยมีความคลาดเคลื่อนในการเข้าตำแหน่งเป้าหมายเฉลี่ยเพียง 9.559 เซนติเมตร และโดรนสามารถสร้างเส้นทางการบินหลบเลี่ยงสิ่งกีดขวางที่ตรวจพบได้จากการสร้างแผนที่ได้ โดยไม่ว่าจะเป็นสิ่งกีดขวางที่โดรนตรวจพบตั้งแต่แรกเริ่ม หรือเป็นสิ่งกีดขวางที่ถูกเพิ่มมาในภายหลัง ผลลัพธ์เหล่านี้บ่งชี้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสำหรับการใช้งานโดรนภายในอาคารมีความแม่นยำสูงและเชื่อถือได้ทั้งในการระบุตำแหน่ง การทำแผนที่ และการบินอัตโนมัติ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้งานจริง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ปีการศึกษา 2566 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....สุวเดช ตัญตรัยยัง

PAWARUT KARAKED : DRONE FOR INSPECTING INSIDE BUILDING WITH OBJECT AVOIDANCE AND MAPPING SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SURADET TANTRAIRATN, Ph.D., 88 PP.

Keywords: Simultaneous Localization and Mapping system/Obstacle avoidance/ Unmanned Aerial Vehicles

At present, there is extensive research and development on Unmanned Aerial Vehicles or drones, especially in the development of various forms of autonomous drones. Within this field of research and development, one interesting topic is the development of autonomous drones for indoor environment. This is because it requires finding methods for drones to determine their own position without relying on Global Navigation Satellite Systems (GNSS), which are used by autonomous drones for outdoor environment. Additionally, the complexity of indoor environments necessitates the study of methods that allow drones to work safely. Hence, this research aims to study and develop autonomous drones specifically for indoor environment, with the objective of developing a positioning system within buildings that works in conjunction with object detection and avoidance systems to be used for drones.

Based on the objectives of this research, a study was conducted to find suitable methods to achieve the research goals. Through this study, a method called Simultaneous Localization and Mapping system (SLAM) was discovered, which works in conjunction with an Obstacle Avoidance system that utilizes the Dijkstra algorithm. In the SLAM system, the positioning of the drone is processed to be used in the drone's autonomous system. Furthermore, the generates maps or environmental data around the drone to be used in the Obstacle Avoidance system. And the Obstacle Avoidance system use all this data to processed and create a safe flight path for the drone. From this point, it is evident that the SLAM system for positioning and mapping is of great importance. Therefore, this research employs two types of positioning and mapping systems: Visual SLAM and LIDAR SLAM. The data from both types is processed using the Extended Kalman Filter method to enhance the stability of the data.

This research divided the testing into three parts. Firstly, the positioning system was tested using a semi-autonomous system. The testing was conducted in two scenarios: one where both types of SLAM work normally to assess accuracy, and another where one of the types fails to function to evaluate whether the Extended Kalman Filter can filter out abnormal data and allow the system to continue functioning. Secondly, the mapping system was tested by creating actual maps in an easily observable area with reference points. The size of the generated map was measured and compared to the actual area, using the reference points for accuracy assessment. Lastly, the autonomous flight and obstacle avoidance system were tested to evaluate accuracy in reaching the destination, maintaining the flight path, and verifying the calculation and generation of the flight path. By conducting these tests, the research aimed to assess the performance and accuracy of the developed system for autonomous indoor drone operations.

The results obtained from the testing showed that the indoor positioning system used in conjunction with the drone was able to work with high accuracy, with average RMSE 3.877 centimeters. The system was also able to continue functioning even if either the Visual SLAM or LIDAR SLAM had failed to function. The mapping system demonstrated the capability to rapidly generate maps with an average error of about 10 centimeters. In the autonomous flight system, the drone was able to navigate to the target position accurately and safely, with an average error 9.559 centimeters. The drone successfully created flight paths to avoid obstacles that were detected whether they were initially present or added later. These results indicate that the developed system for indoor drone operations achieved high precision and reliability in positioning, mapping, and autonomous flight, showcasing its potential for practical applications.

School of Mechanical Engineering
Academic Year 2023

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....