

การควบคุมตำแหน่งอากาศยาน 4 ใบพัด โดยใช้ระบบการเห็นภาพ

Position Control of a Quadrotor Using a Vision System

จิรศักดิ์ หมวดโพธิ์กลาง

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหกรรม กองการศึกษา

โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

Email: moudpoklang@windowslive.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็น การนำเสนอวิธีการควบคุมตำแหน่ง (Position Control) ของอากาศยาน 4 ใบพัด (Quadrotor) โดยใช้ระบบการเห็นภาพ (Vision System) โดยบทความนี้จะกล่าวถึงการออกแบบแผ่นเป้าหมาย (Landing Target) ที่ใช้สำหรับการควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยใช้ระบบการเห็นภาพ จากนั้นนำเสนอลำดับขั้นตอนการตรวจจับภาพแผ่นเป้าหมาย เพื่อนำภาพที่ได้มาทำการประมาณค่าตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด เทียบกับแผ่นเป้าหมาย ค่าที่ได้จากการประมาณค่าตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด จะถูกนำมาใช้ในการควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด ในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบโดยให้อากาศยาน 4 ใบพัด ทำการบินรักษาค่าตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแผ่นเป้าหมายตลอดเวลาและทำการบันทึกผล โดยผลที่ได้จากการทดสอบแสดงถึงประสิทธิภาพของลำดับขั้นตอนการจับภาพแผ่นเป้าหมาย และประสิทธิภาพของการควบคุมตำแหน่ง (Position Control) ของอากาศยาน 4 ใบพัด ซึ่งผลที่ได้จากการควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด มีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ ± 2 cm และผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการลงจอดอัตโนมัติของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยใช้ระบบการเห็นภาพต่อไป

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ, การควบคุมตำแหน่ง, การประมวลผลภาพ

Abstract

This paper presented the method to control the position of quadrotor by using the vision system. This paper described the design of landing target using for position control. The target detection algorithm was used for estimating the position of quadrotor. The flight tested of quadrotor was maintained its position at the center of the target plate at all time. The results showed the effectiveness of the target detection algorithm and the control position of quadrotor, which the results from the position control had an error ± 2 cm. These results could be applied to be used for further autonomous landing of a quadrotor by using a vision system.

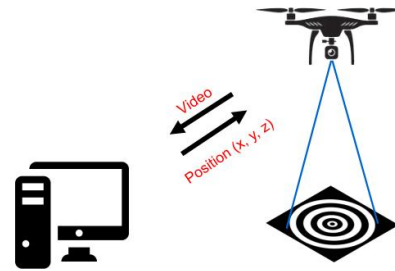
Keywords: Quadrotor, Position Control, Image Processing

1. บทนำ

ปัจจุบันอุปกรณ์ตรวจจับ (sensor) ที่ถูกนำมาใช้ในการวัดตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด คือ GPS ซึ่งมีความแม่นยำ (Accuracy) อยู่ที่ ± 2.5 เมตร ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาด ในการควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด จากปัญหาดังกล่าว นักวิจัยจึงมีความสนใจในการเพิ่มความแม่นยำของการควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยการนำระบบการเห็นภาพ (Vision Systems) เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวัดตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำภาพที่ได้จากกล้องที่ติดอยู่กับอากาศยาน มาทำการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพ (Image Processing) แล้วนำค่าพิกัด ที่ได้จากการประมวลผลภาพมาใช้ในการวัดตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัดต่อไป

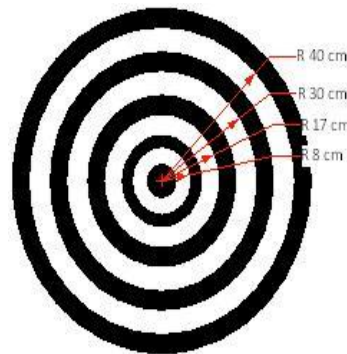
2. การทำงานของระบบควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยระบบการเห็นภาพ

การควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัดโดยใช้ระบบการเห็นภาพ สามารถทำได้โดย การนำภาพถ่ายที่ได้จากกล้องที่ติดตั้งอยู่บนอากาศยาน 4 ใบพัด ส่งสัญญาณภาพแบบ Real time ผ่านอุปกรณ์ส่งภาพ(Video Downlink) ที่ความถี่ 5.8 GHz มายังคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการประมวลค่าตำแหน่งของตัวอากาศยานเทียบกับแผ่นเป้าหมาย จากนั้นทำการส่งสัญญาณควบคุมตำแหน่ง กลับไปยังอากาศยาน 4 ใบพัด ผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม Serial RS232) ด้วย Xbee Pro ที่ความถี่ 900 MHz ดังแสดงในรูปที่ 1



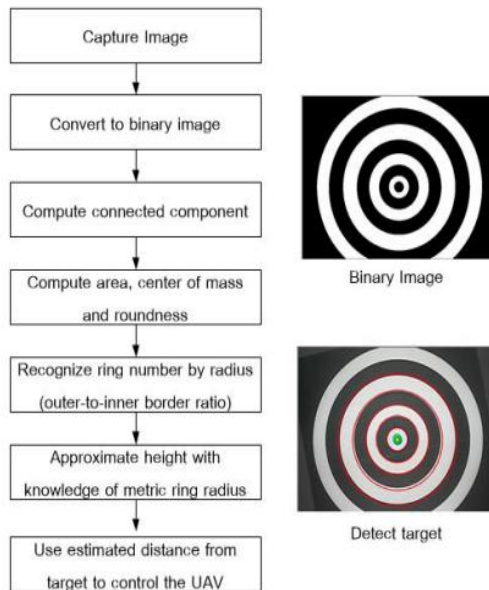
รูปที่ 1 การทำงานของระบบควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยระบบการเห็นภาพ

3. การออกแบบแผ่นเป้าหมาย[1] และขั้นตอนการตรวจจับแผ่นเป้าหมาย



รูปที่ 2 แผ่นเป้าหมาย

ในงานวิจัยนี้ นักวิจัยได้ทำการออกแบบแผ่นเป้าหมาย ที่ประกอบไปด้วยวงแหวนสีขาว จำนวน 4 วงบนพื้นหลังสีดำ โดยเริ่มจากรัศมีวงนอกสุดมีค่าเท่ากับ 40 cm โดยมีอัตราส่วนระหว่าง รัศมีภายในต่อรัศมีภายนอกเป็น 85%, 75%, 65% และ 50% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยจำนวน และขนาดของวงแหวนนั้นสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยขึ้นอยู่กับช่วงความสูงที่ใช้งาน ส่วนลำดับขั้นตอนของการตรวจจับแผ่นเป้าหมายแสดงในรูปที่ 3



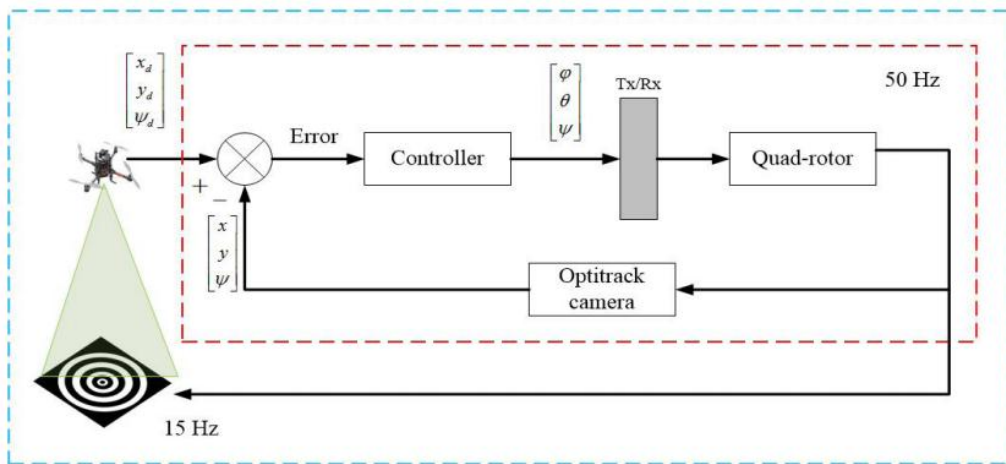
รูปที่ 3 ลำดับขั้นตอนการตรวจจับแผ่นเป้าหมาย และการประมาณค่าตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด

ในงานวิจัยนี้ทำการเขียนโปรแกรมประมวลผลภาพ (image processing) ด้วยภาษา C/C++ และนำไลบรารีของ OpenCV [2] เข้ามาช่วยในการตรวจจับแผ่นเป้าหมาย โดยมีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 640x480 พิกเซล จากนั้นทำการประมาณค่าตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยเริ่มจากนำภาพแผ่นเป้าหมายที่ได้จากกล้องที่ติดตั้งอยู่บนอากาศยาน มาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพ (image processing) โดยเริ่มจากการนำภาพสีมาแปลงให้เป็นภาพระดับสีเทา (Gray scale image) จากนั้นทำการแปลงภาพจาก Gray scale image เป็นภาพไบนารี (Binary image)

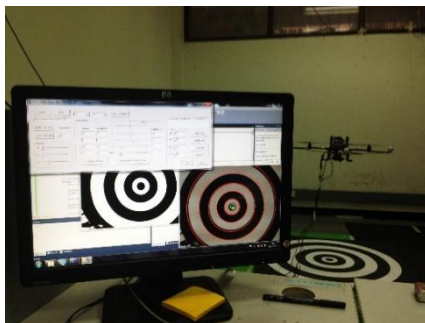
โดยนำเทคนิคของ Threshold เข้ามาช่วยในการแปลงภาพให้เป็น Binary image จากนั้นนำเทคนิค Contours algorithm[3] มาทำการจับขอบของวงแหวนบนแผ่นเป้าหมาย และทำการคำนวณหาค่าจุดศูนย์กลางของวงแหวน จากนั้นนำค่าจุดศูนย์กลางที่ได้นำมากรองข้อมูลด้วยตัวกรองคาลมาด (Kalman filter) แล้วนำค่าที่ผ่านตัวกรองคาลมาดมาใช้ในการควบคุมตำแหน่งอากาศยาน 4 ใบพัดต่อไป

4. การควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด

ระบบควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ นักวิจัยได้ใช้ตัวควบคุมแบบ PID โดยนำค่าตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด เทียบกับแผ่นเป้าหมายมาใช้เป็นสัญญาณอ้างอิง (reference input) ของตัวควบคุมแบบ PID และสัญญาณควบคุมที่ได้จากตัวควบคุมแบบ PID จะถูกส่งไปควบคุมอากาศยาน 4 ใบพัดผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial RS232) โดยมีอัตราการป้อนกลับสูงสุดอยู่ที่ 50 Hz ซึ่งการควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด สามารถเขียนแผนภาพบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบป้อนกลับได้ดังรูปที่ 4 จากนั้นทำการทดสอบระบบควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด ร่วมกับระบบการเห็นภาพโดยให้อากาศยาน 4 ใบพัด บินเหนือแผ่นเป้าหมายที่ระดับความสูง 100 cm. อากาศยาน 4 ใบพัด จะทำการบินรักษาความสูง และจุดศูนย์กลางของแผ่นเป้าหมายอยู่ตลอดเวลา[4] ดังแสดงในรูปที่ 5

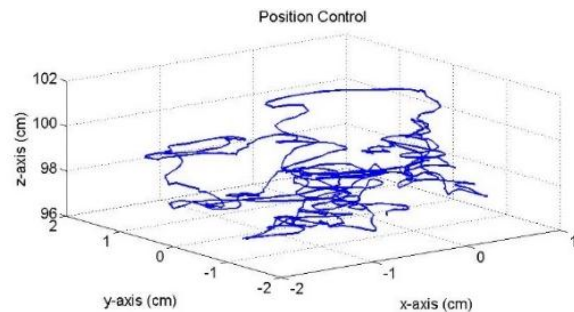


รูปที่ 4 แผนภาพบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยใช้ระบบการเห็นภาพ



รูปที่ 5 แสดงการทดสอบการบินรักษาตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด เหนือแผ่นเป้าหมายที่ระดับความสูง 100 cm.

ผลที่ได้จากการทดสอบการบินรักษาตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด แสดงถึงประสิทธิภาพของการออกแบบแผ่นเป้าหมาย ขั้นตอนการตรวจจับแผ่นเป้าหมาย และระบบควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด ซึ่งในการทดสอบการบินของอากาศยาน 4 ใบพัด ในครั้งนี้มีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ ± 2 cm. ดังแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลการทดสอบการบินของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยใช้ระบบการเห็นภาพที่ระดับความสูง 100 cm.

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการทำงานของระบบควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยใช้ระบบการเห็นภาพ กล่าวถึงวิธีการออกแบบแผ่นเป้าหมาย (landing target) ลำดับขั้นตอนการตรวจจับแผ่นเป้าหมาย และระบบควบคุมตำแหน่ง (position control system) ของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยใช้ระบบการเห็นภาพ ผลที่ได้จากการทดลองพิสูจน์ให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความแม่นยำของขั้นตอนการตรวจจับแผ่นเป้าหมาย และระบบควบคุมตำแหน่งของอากาศยาน 4 ใบพัด ซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้จริง และสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในทางวิศวกรรม อาทิเช่น นำไปใช้ในการทำระบบลงจอดอัตโนมัติของอากาศยาน 4 ใบพัด โดยใช้ระบบการเห็นภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลงจอดของอากาศยาน 4 ใบพัด ได้อีกต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] จีระศักดิ์ หมวดโพธิ์กลาง และวิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ. การประมาณค่าความสูงสำหรับการลงจอดอัตโนมัติของอากาศยาน 4 ใบพัดโดยใช้ระบบการเห็นภาพ. Me-Nett 2013. 16 – 18 ตุลาคม 2556 . พัทยา ชลบุรี, 2556.
- [2] Gary Bradski and Adrian Kaehler. **Learning OpenCv**. 1005 Gravestain , Highway North, Sebastopol, CA 95472: O'Reilly Media, Inc., 2008.
- [3] Robert Laganier. **OpenCV 2 computer vision application programming cookbook**. 32 Lincoln Road Olton Birmingham, B27 6PA, UK: Packt Publishing Ltd.
- [4] วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ. การควบคุมระบบพลศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.