ระบบติดตามเป้าหมายเคลื่อนที่สำหรับอากาศยานไร้คนขับ

Moving Target Tracking System for UAV

ชาติ ฤทธิ์หิรัญ[1] อนุชิต เจริญ[1] วิญญู แสวงสินกสิกิจ[1] และ ประภาส ผ่องสนาม[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต winyu.saw@kbu.ac.th

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาเพิ่มขีดความสามารถในการบินปฏิบัติภารกิจของอากาศยานไร้คนขับในการติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่ ซึ่งเป็นงานสำคัญสำหรับระบบยูเอวีเพื่อให้ทำภารกิจได้อย่างแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ โดยที่ระบบควบคุมกล้องอัตโนมัติ จะสั่งการไปยังชุดกิมบอลของกล้องเพื่อให้ตัวกล้องสามารถส่าย และก้มเงย ได้ตามการเคลื่อนที่ของเป้าหมาย โดยที่ภาพที่ได้จะต้องจับภาพเป้าหมายที่กำลังเคลื่อนที่อยู่นั้นไม่ให้หลุดจากจอมอนิเตอร์ ซึ่งการควบคุมอัตโนมัติจะพยายามควบคุมให้ภาพที่ปรากฏอยู่กลางจอมอนิเตอร์ให้ได้ตลอดเวลา และผลการทดสอบการบินเพื่อให้ยูเอวีติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่นั้น ระบบสามารถควบคุมกล้องให้จับภาพได้ตลอด ไม่หลุดออกนอกจอมอนิเตอร์ และติดตามเป้าหมายที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ยูเอวี, อากาศยานไร้คนขับ, ระบบติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่

Abstract

This paper presents the development of the flight capability of unmanned aerial vehicles (UAVs) to track moving targets. Tracking moving targets is a crucial task that requires precision and efficiency to ensure the success of UAV missions. To achieve this, an automatic camera control system is implemented to command the camera's gimbal unit, enabling it to pan and tilt in response to the target's movement. The objective is to capture the moving target within the camera's view, ensuring it remains within the monitor's frame. The camera control system is purposed to keep the image centered on the monitor at all times. The system's effectiveness is evaluated through flight tests, where UAVs track moving targets. The results demonstrate the system's ability to effectively control the camera, preventing the image from going off the monitor and ensuring consistent performance tracking of the target and highlighting its ability to keep the target within the monitor's view throughout the mission.

Keywords: UAV, Unmanned Aerial Vehicle, Moving Target Tracking System

1. บทนำ

ในการพัฒนาระบบควบคุมกล้องอัตโนมัติขึ้นนี้ สิ่งที่สำคัญ คือ ระบบต้องมีการประมวลผลภาพจากกล้องได้อย่างรวดเร็ว การคำนวณต้องไม่ซับซ้อน ใช้ทรัพยากรในการประมวลผลน้อยแต่ให้ประสิทธิภาพสูง

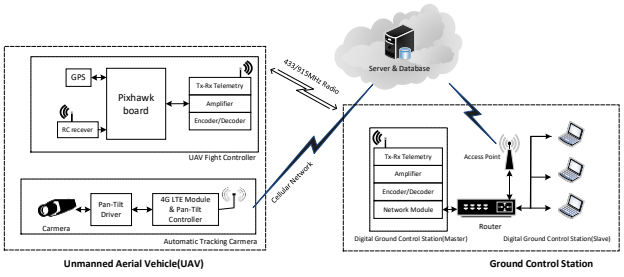
สำหรับในบทความนี้ทางทีมวิจัยได้ใช้อัลกอริทึมของ Mosse [1][2] ที่มีจุดเด่นที่สามารถติดตามวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงมุมการเคลื่อนที่ รวมทั้งรูปร่างและขนาดของวัตถุได้ ซึ่งจะเป็นข้อดีในการค้นหาเป้าหมาย หากถูกบดบังจากสิ่งกีดขวาง และอัลกอริทึมของ Mosse ก็ยังคงมีแนวโน้มในการติดตามเป้าหมายจากข้อมูลของภาพที่ยังเหลืออยู่ภายในหน้าต่างการค้นหา ซึ่งการค้นหาและติดตามเป้าหมายนี้จะสามารถติดตามได้อย่างต่อเนื่องทั้งที่มีการบดบังจากสิ่งกีดขวางรอบ ๆ วัตถุอยู่บ้าง การเริ่มต้นการติดตามเป้าหมายที่ปรากฏบนจอมอนิเตอร์ จำเป็นต้องมีพิกัดการกำหนดจุดเริ่มต้นหรือกำหนดพื้นที่เริ่มต้นก่อน ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้เมาส์กดวางครอบเป้าหมายที่ต้องการก่อน ซึ่งจะเรียกว่า การตรวจจับวัตถุ (Object detection) อัลกอริทึมของ Mosse จะใช้การหาความแตกต่างของภาพทางเวลา (Time frame different) ของภาพที่อยู่ติดกัน โดยใช้วิธีการกรองภาพ แล้วทำการประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งถัดไปของภาพที่จะปรากฏบนจอมอนิเตอร์ ซึ่งค่า output ที่ได้จะอยู่กึ่งกลางของกรอบหน้าต่างค้นหาตลอดเวลา ดังนั้นในการนำเอาอัลกอริทึมของ Mosse มาใช้ในการปรับทิศทางการหมุนของกล้องที่ติดตั้งอยู่บนกิมบอลที่มีระบบรักษาสมดุล และสามารถปรับมุมเอียงโดยใช้การขับเคลื่อนการหมุนด้วยมอเตอร์บลัสเลส 3 ตัว เพื่อปรับมุมหมุน 3 แกน คือการปรับแกนมุมเอียง (Roll) แกนมุมส่าย (Pan) และแกนมุมก้มเงย (Tilt) โดยที่เราจะต้องทำการเชื่อมต่อชุดกิมบอลนี้กับฮาร์ดแวร์ที่ได้ทำการออกแบบไว้ ที่ตำแหน่งขาของ Servo1 และ Servo2 เพื่อที่ใช้ในการควบคุมมุมส่ายและมุมก้มเงยของกิมบอล ซึ่งกิมบอลที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้ของ Tarot model T-3DIII ดังในรูปที่ 1

available online December 1, 2023.
*Corresponding author: วิญญู แสวงสินกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต (E-mail: winyu.saw@kbu.ac.th)

รูปที่ 1 กิมบอล Tarot model T-3DIII

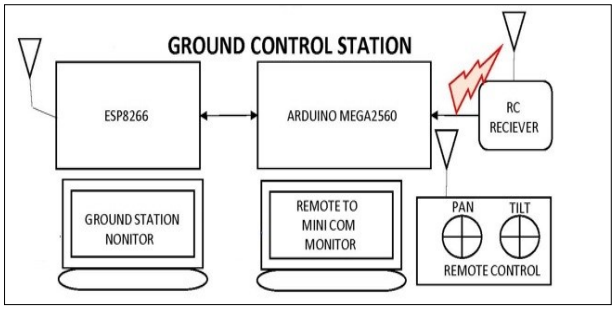
2. การออกแบบระบบควบคุมมุมส่าย มุมก้มเงยของกล้องและมอนิเตอร์ผ่านระบบสื่อสารไร้สาย 4G LTE

ระบบควบคุมมุมส่าย และมุมก้มเงยของกล้องเพื่อให้ภาพของเป้าหมายที่เคลื่อนที่ให้อยู่กลางจอมอนิเตอร์นั้น โดยเป้าหมายที่ถูกเม้าท์ครอบแล้วจะอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางจอมอนิเตอร์เป็นระยะ $(X\text{-}X_0, Y\text{-}Y_0)$ โดย (X_0, Y_0) คือ จุดกึ่งกลางของภาพบนจอมอนิเตอร์ ค่าความแตกต่างของ (d_x, d_y) จะถูกนำไปป้อนให้กับระบบควบคุมอัตโนมัติแบบพีไอดี โดยจะแยกการควบคุมไปยังมอเตอร์ควบคุมแกนส่าย และมอเตอร์ควบคุมแกนก้มเงยของชุดกิมบอล ซึ่งตัวควบคุมที่ใช้จะเป็นตัวควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งถ้าจูนค่าเกนการควบคุมที่เหมาะสม ระบบก็จะสามารถควบคุมกล้องให้จับภาพให้อยู่กลางจอมอนิเตอร์ตลอดเวลาได้ แต่ถ้าระบบควบคุมตอบสนองต่อการเคลื่อนที่ของเป้าหมายช้าไป อาจทำให้เป้าหมายเคลื่อนที่ออกนอกจอมอนิเตอร์ ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องทำการค้นหาเป้าหมายและทำการเอาเมาส์มาครอบเป้าหมายใหม่ ซึ่งการปรับจูนค่าเกนการควบคุมจึงจำเป็นจะต้องปรับจูนให้เหมาะสม พร้อมทั้งทดสอบระบบกับเสถียรภาพของระบบกับการเคลื่อนที่จริงของวัตถุ ซึ่งบล็อกไดอะแกรมของระบบกล้องติดตามวัตถุติดตั้งบนยูเอวี ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของระบบกล้องติดตามเป้าหมายติดตั้งบนยูเอวี

และบล็อกไดอะแกรมของระบบมอนิเตอร์ภาพ และควบคุมกล้องผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารไร้สาย 4G LTE ของสถานีควบคุมภาคพื้นดินดังรูปที่ 3

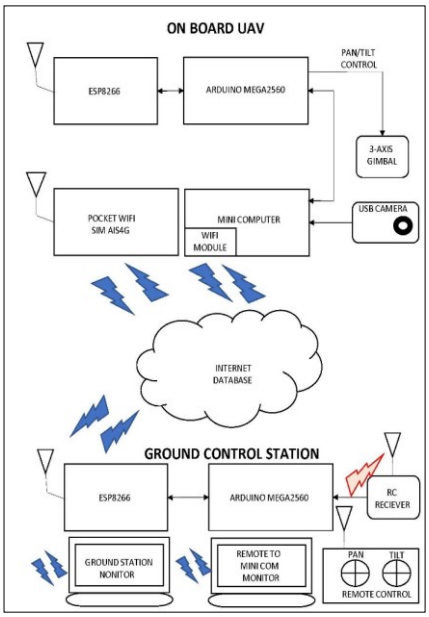


รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมของระบบมอนิเตอร์ภาพ และควบคุมกล้องผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารไร้สาย 4G LTE ของสถานีควบคุมภาคพื้นดิน

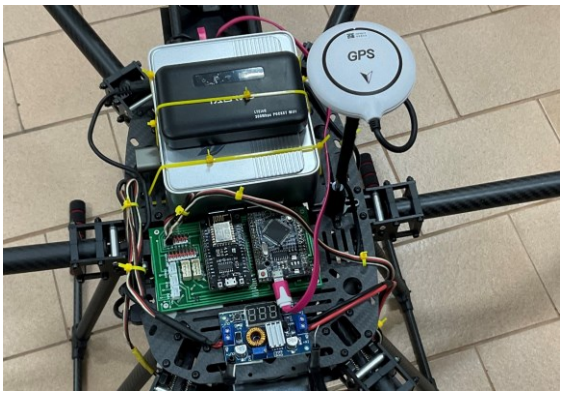
ในการประมวลผลภาพจากกล้องดิจิตอลเว็บแคมนั้น จำเป็นต้องใช้ชุดประมวลผลที่มีความเร็วสูง เพื่อให้การประมวลผลนั้นได้ผลลัพธ์ของคำตอบจากอัลกอริทึมของ Mosse ได้อย่างรวดเร็วทันต่อการเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนที่ของเป้าหมายด้วย

ในตอนเริ่มต้นของการทดสอบงานวิจัยนี้ ทีมวิจัยได้ทำการทดสอบระบบด้วยการประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องดิจิตอลเว็บแคม และส่งค่าการควบคุมไปยังกิมบอลด้วยคอมพิวเตอร์ที่อยู่ที่สถานีควบคุมภาคพื้นดิน และใช้การรับส่งข้อมูลภาพและการคำสั่งการควบคุมกิมบอลผ่านระบบสื่อสารไร้สาย 4G LTE ซึ่งจากการทดสอบพบว่า เกิดความล่าช้าของภาพที่ได้รับ และความล่าช้าของคำสั่งการควบคุมที่ส่งไปยังยูเอวีเพื่อควบคุมกิมบอล ซึ่งความล่าช้าที่เกิดขึ้นมีอย่างน้อย 5 วินาทีขึ้นไป การทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบหลายช่วงเวลาเพื่อจะประมวลผลเกี่ยวกับความแออัดของสัญญาณสื่อสารไร้สาย 4G LTE ก็ยังคงพบว่า ยังมีความล่าช้าของการรับภาพ และควบคุมกิมบอลตลอดเวลา ทำให้คำสั่งที่ส่งไปควบคุมกล้องไม่สามารถติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่ได้เลย ดังนั้นทีมวิจัยจึงต้องทำการเปลี่ยนแปลงการออกแบบระบบติดตามเป้าหมายใหม่ ซึ่งระบบใหม่ที่ออกแบบนี้จะทำการประมวลผลภาพ และควบคุมกล้องบนยูเอวีเลย โดยใช้มินิคอมพิวเตอร์ที่มี CPU เป็นแบบ Intel Core i5 และให้ผู้ใช้งานระบบที่อยู่ที่สถานีควบคุมภาคพื้นดินเป็นผู้ค้นหาเป้าหมายที่ต้องการติดตาม แล้วจึงใช้เมาส์คลิ๊กเลือกเป้าหมายดังกล่าว เพื่อส่งเป้าหมายไปยังระบบมินิคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บนยูเอวีให้ทำหน้าที่ควบคุมกล้องให้ติดตามเป้าหมายตลอดเวลา และไดอะแกรมของระบบที่ออกแบบใหม่นี้ ดังรูปที่ 4 และในการทดสอบระบบที่ออกแบบใหม่นี้จะไม่มีความล่าช้าของการส่งภาพไปประมวลผลเลย เพราะกล้องดิจิตอลเว็บแคม จะต่อตรงผ่าน USB Port ของมินิคอมพิวเตอร์ และการควบคุมกล้องก็สามารถควบคุมกล้องเพื่อติดตามเป้าหมายได้เป็นแบบเรียลไทม์ (Real time) และไม่เกิดความล่าช้าของการควบคุมอีก โดยที่ผู้ใช้งานที่อยู่ที่สถานีควบคุมภาคพื้นดินจะเป็นผู้ปฏิบัติการใช้เมาส์ครอบเป้าหมายที่ต้องการติดตาม ก็สามารถทำได้ทันทีเช่นเดียวกัน โดยจะใช้วิธีการรีโมท

การควบคุมมินิคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนยูเอวีนั้นลงมามอนิเตอร์ดูที่จอมอนิเตอร์ที่อยู่ที่สถานีควบคุมภาคพื้นดิน ซึ่งเปรียบเสมือนผู้ใช้งานนั้นนั่งดูมอนิเตอร์กล้องที่อยู่บนยูเอวีแบบเรียลไทม์ โดยใช้แอพพลิเคชั่น Team viewer ในการรีโมทการควบคุมดังกล่าวผ่านระบบการสื่อสารไร้สาย 4G LTE และการติดตั้งระบบติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่บนยูเอวีที่ใช้ในการทดสอบ ดังรูปที่ 5



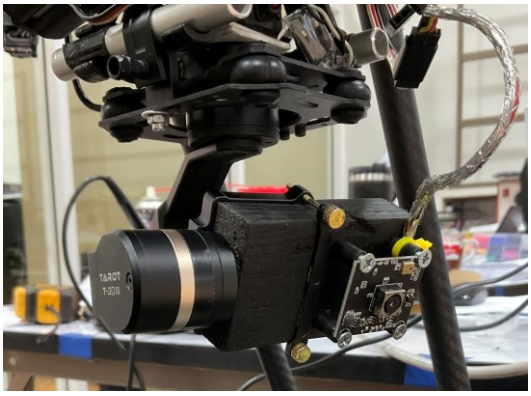
รูปที่ 4 ไดอะแกรมของระบบมอนิเตอร์ภาพและควบคุมกล้องผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารไร้สาย 4G LTE ที่ได้ออกแบบใหม่



รูปที่ 5 การติดตั้งบอร์ดควบคุมการสื่อสารไร้สาย 4G LTE และมินิคอมพิวเตอร์ของระบบติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่บนยูเอวี

หลังจากการทดสอบเบื้องต้นในภาคพื้นดินได้แล้ว จึงทำการทดสอบการบินยูเอวีที่ติดตั้งระบบติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่ อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งลงบนยูเอวีชนิดโดรน ขนาด 6 ใบพัด size 850 ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานเป็นแบตเตอรี่ Lipo 6 Cell ขนาด 16000 mAH จำนวน 1 ก้อน และแบตเตอรี่ Lipo ขนาด 4 Cell ขนาด 5000 mAH จำนวน 1 ก้อน และบอร์ดควบคุมการบินของ Jiyi รุ่น K++V2 ซึ่งมีน้ำหนักรวมพร้อมขึ้นบิน 7.3 กิโลกรัม และยูเอวีที่ใช้ทดสอบนี้ ดังรูปที่ 6 และกล้องดิจิตอลเว็บแคมความละเอียดที่ 2K กับชุดควบคุมกิมบอล ดังรูปที่ 7

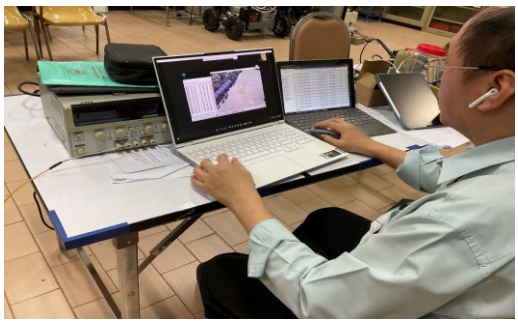
รูปที่ 6 ยูเอวีที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 7 กล้องดิจิตอลเวปแคมกับชุดควบคุมกิมบอล

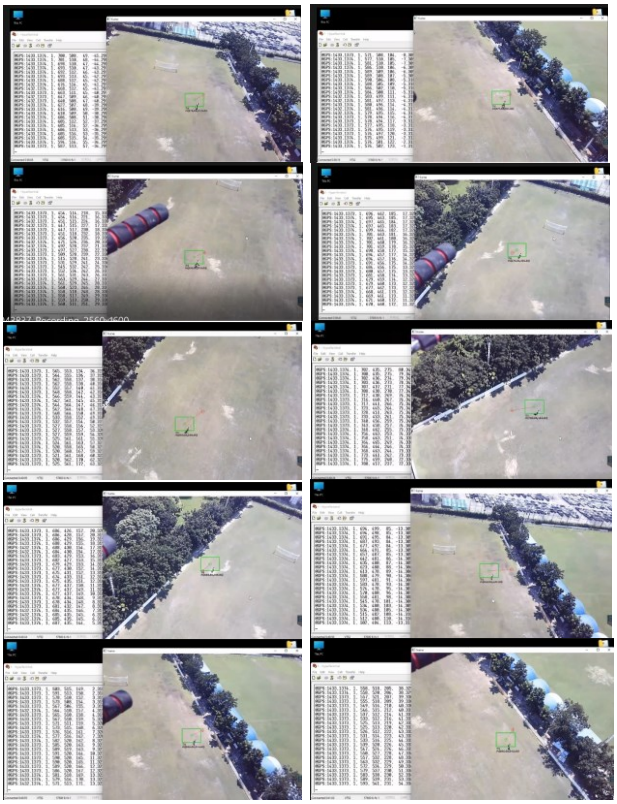
3. การทดสอบระบบ

การทดสอบการบิน โดยให้สถานีควบคุมภาคพื้นดินอยู่ในห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตร่มเกล้า และผู้ใช้งานติดต่อสื่อสารกับชุดควบคุมกล้องติดตามเป้าหมายที่ติดตั้งบนยูเอวี และดูภาพจากกล้องเวปแคมพร้อมทั้งใช้เมาส์ครอบเป้าหมายที่ต้องการติดตาม ผ่านระบบการสื่อสารไร้สาย 4G LTE ดังรูปที่ 8



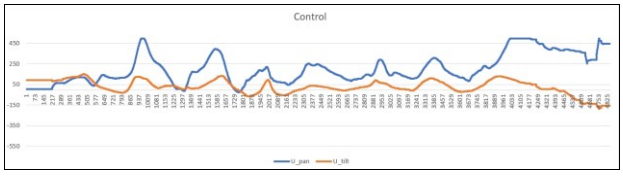
รูปที่ 8 สถานีควบคุมภาคพื้นดินและผู้ปฏิบัติงานควบคุมกล้องบนยูเอวี

ในการทดสอบการทำงานนั้น จะให้ยูเอวีบินขึ้นที่ความสูงประมาณ 40 - 50 เมตร แล้วให้ผู้ใช้งานในสถานีควบคุมภาคพื้นดินทำการใช้เมาท์คลิ๊กเลือกเป้าหมายเพื่อให้กล้องติดตามเป้าหมาย และในการทดสอบมีการให้เป้าหมายเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยการวิ่งด้วยความเร็ว กล้องก็ยังคงติดตามเป้าหมายได้ และระบบควบคุมอัตโนมัติพยายามหมุนกล้องให้เป้าหมายมาอยู่กลางมอนิเตอร์ตลอด และการทดสอบการติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่ของยูเอวี แสดงเป็นภาพชุดดังรูปที่ 9



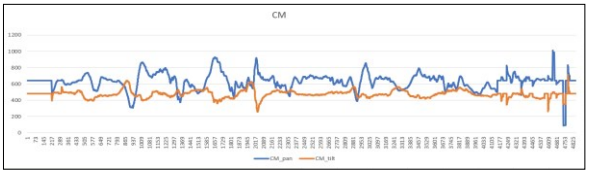
รูปที่ 9 ภาพจอมอนิเตอร์จากกล้องดิจิตอลเวปแคมบนยูเอวีในการติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่

ในขณะที่ทำการบินทดสอบนั้นได้มีการบันทึกข้อมูลของระบบการควบคุมกล้องอัตโนมัติไว้ด้วย เพื่อนำมาประมวลผลและเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบต่อไป ซึ่งข้อมูลที่บันทึกได้นั้นได้ทำการเก็บบันทึกผลที่สถานีควบคุมภาคพื้นดินผ่านระบบการสื่อสารไร้สาย 4G LTE และข้อมูลดังกล่าวจะนำมาพล็อตกราฟแสดงค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 10 ถึงรูปที่ 12



รูปที่ 10 ค่าการควบคุมมุมส่าย และการควบคุมมุมก้มเงยของกิมบอล

รูปที่ 11 ค่าความผิดพลาดของเป้าหมายที่ไม่ได้อยู่กลางจอมอนิเตอร์



รูปที่ 12 ค่ามุมกล้องที่หันไปยังเป้าหมายโดยอ้างอิงบนระนาบของจอมอนิเตอร์ที่เป็นพิกเซลของมุมส่ายกับมุมก้มเงยในแกน x และแกน y

จากกราฟทั้ง 3 รูป พบว่าค่าผิดพลาดที่ไม่สามารถควบคุมภาพให้ปรากฏกลางจอมอนิเตอร์นั้นมีสาเหตุจากเป้าหมายที่เคลื่อนที่เร็ว และยูเอวีบินไม่สูงมาก ทำให้ภาพที่ปรากฏบนจอมอนิเตอร์มีขนาดใหญ่และเคลื่อนที่เร็ว ถ้ายูเอวีบินสูงขึ้นภาพที่ปรากฏก็จะเล็กลง การเคลื่อนที่บนจอมอนิเตอร์ก็จะช้าลงด้วย การควบคุมกิมบอลก็จะควบคุมได้ง่ายขึ้น

4. สรุป

ระบบติดตามเป้าหมายที่เคลื่อนที่ที่ติดตั้งบนยูเอวี สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยขณะที่เป้าหมายเดิน (เคลื่อนที่ช้า) ตัวควบคุมมุมส่าย และมุมก้มเงยอัตโนมัติของกิมบอลจะทำงานได้ดี โดยจะสังเกตเส้นสีแดงตรงกลางจอที่ลากไปตรงกลางเป้าหมายจะมีความยาวที่สั้นกว่าในตอนที่เป้าหมายวิ่ง (เคลื่อนที่เร็ว) ซึ่งการตอบสนองการควบคุมที่เร็ว หรือช้านั้นขึ้นอยู่กับการปรับจูนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดี

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริม และสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปี พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

[1] David S .Bolme., J.R. Beveridge., Bruce A. Draper and Y. M. Lui. “Visual Object Tracking using Adaptive Correlation Filters” Computer Vision and Pattern Recognition, 2010 IEEE Conference.

[2] David S. Bolme, Bruce A. Draper and J.R. Beveridge. “Average of synthetic exact filters” Computer Vision and Pattern Recognition, 2009 IEEE Conference.

[3] อนุชิต เจริญ และคณะ “การพัฒนาระบบควบคุมและการมอนิเตอร์อากาศยานไร้คนขับหลายลำผ่านการสื่อสารไร้สาย 4G LTE,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45, จ.นครนายก, 16-18 พฤศจิกายน 2565, หน้า 372-375.