

ระบบควบคุมดิจิทัลสำหรับเรือไร้คนขับระยะไกล

Digital Control System for Long-Range Unmanned Boat

ชาติ ฤทธิธีร¹ อนุชิต เจริญ^{1*} วิญญู แสงวลินกลกิจ¹ ณธรรม เกิดสำอางค์¹ และ ประภาส ผ่องสนาม²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต anuchit.cha@kbu.ac.th^{*}

² สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกล (Digital Control System for Long-Range Unmanned Boat) เพื่อตอบสนองภารกิจทางทะเลที่ต้องการควบคุมเรือในระยะไกล ทั้งในด้านความมั่นคง การสำรวจ และการช่วยเหลือผู้ประสบภัย โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่สามารถสื่อสารผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ ระบบควบคุมแบบเดิมที่ใช้คลื่นวิทยุในลักษณะ Line of Sight มีข้อจำกัดด้านระยะทางและความเสถียรของสัญญาณ ทีมวิจัยจึงประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) โดยพัฒนาอากาศยานแบบเครื่องร่อนให้ทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอดสัญญาณลอยฟ้า (Airborne Relay Station) ที่ระดับความสูง 260 เมตร พร้อมใช้การสื่อสารผ่านระบบ Data Telemetry ความถี่ 915 MHz ร่วมกับสถานีควบคุมภาคพื้นดินดิจิทัล เพื่อเชื่อมต่อกับเรือไร้คนขับอย่างต่อเนื่อง ผลการพัฒนาระบบต้นแบบและการทดสอบภาคสนามบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี พบว่าสามารถควบคุมเรือจากระยะไกลได้ถึง 13 กิโลเมตรอย่างมีเสถียรภาพ โดยสามารถแสดงค่าตำแหน่งเรือและสถานะระบบแบบเรียลไทม์ โครงการสามารถบรรลุวัตถุประสงค์หลักได้เป็นอย่างดี ทั้งในด้านการควบคุมระยะไกล การส่งสัญญาณแบบทวน และการพัฒนาระบบต้นแบบที่นำไปใช้จริงได้ อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบในอนาคต ควรศึกษาการเพิ่มระยะการควบคุม ความมั่นคงของสัญญาณ และการเพิ่มฟังก์ชันอัตโนมัติในกรณีฉุกเฉินอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ, เรือไร้คนขับระยะไกล, อากาศยานไร้คนขับถ่ายทอดสัญญาณ

Abstract

This research presents the development of a Digital Control System for Long-Range Unmanned Boats, designed to support maritime missions that require extended-range remote operation. These include surveillance, reconnaissance, and disaster response tasks in areas where cellular communication is unavailable. Traditional control systems that rely on line-of-sight radio frequencies face limitations in range and signal stability, particularly for small unmanned surface vessels. To overcome these constraints, the proposed system integrates technologies from unmanned aerial vehicles (UAVs), employing a glider-type UAV as an airborne relay station positioned at an altitude of 260 meters. The UAV serves as a signal bridge between the digital ground control station and the unmanned boat, using a 915 MHz data telemetry system to enable real-time communication and control. The prototype was successfully tested in real-world coastal conditions in Chonburi

Thailand, achieving a stable control range of up to 13 kilometers. The system also provided real-time GPS tracking and boat status monitoring. The project met its core objectives, particularly in demonstrating the feasibility of long-range control in the field. Future improvements are recommended, including extended communication range, enhanced signal redundancy, and integration of autonomous emergency functions, to ensure higher reliability and broader mission adaptability.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Long-Range Unmanned Boat, Relaying UAV, Unmanned Surface Vehicle, USV

1. บทนำ

การควบคุมเรือไร้คนขับ (Unmanned Surface Vehicle: USV) ได้กลายเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อภารกิจทางทะเลสมัยใหม่ ทั้งในภาคพลเรือนและภาคความมั่นคง โดยเฉพาะภารกิจลาดตระเวนตรวจการณ์ และค้นหา-ช่วยเหลือผู้ประสบภัย ซึ่งล้วนต้องอาศัยระบบควบคุมที่มีความแม่นยำ เสถียร และครอบคลุมพื้นที่ปฏิบัติการขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม ระบบควบคุมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังคงอาศัยคลื่นวิทยุในลักษณะ Line of Sight (LOS) ซึ่งมีข้อจำกัดด้านระยะทางและอาจเกิดการสูญเสียการควบคุมได้ง่ายหากมีสิ่งกีดขวางทางสัญญาณ โดยเฉพาะในเรือไร้คนขับขนาดเล็กที่ไม่สามารถติดตั้งระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมได้

ปัญหาหลักที่พบ ได้แก่ ความไม่เสถียรของสัญญาณ การสูญเสียการควบคุมเมื่อออกนอกระยะการรับ-ส่ง และผลกระทบจากคลื่นสะท้อนผิวน้ำ ซึ่งลดทอนประสิทธิภาพของระบบควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าในบางกรณีอาจมีการติดตั้งระบบ Failsafe เพื่อให้เรือกลับสู่จุดเริ่มต้นอัตโนมัติ แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการใช้งานจริงในภารกิจสำคัญของกองทัพเรือหรือหน่วยงานความมั่นคงทางทะเลของประเทศ จากข้อจำกัดดังกล่าว ทีมวิจัยได้พัฒนาแนวทางใหม่โดยประยุกต์องค์ความรู้จากระบบควบคุมอากาศยานไร้คนขับ (UAV Control System) มาปรับใช้กับเรือไร้คนขับ ด้วยการออกแบบระบบสื่อสารที่สามารถเพิ่มระยะการควบคุมได้จริง โดยใช้อากาศยานไร้คนขับแบบเครื่องร่อนลอยนิ่งในอากาศระดับความสูงประมาณ 200–300 เมตร ทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอดสัญญาณลอยฟ้า (Airborne Relay Station) เชื่อมโยงระหว่างสถานีควบคุมภาคพื้นดินกับเรือไร้คนขับในทะเล ซึ่งระบบนี้ใช้การส่งข้อมูลผ่าน Data Telemetry ความถี่ 915 MHz ที่ได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมกับภารกิจระยะไกลในพื้นที่ห่างไกลและสภาวะคลื่นลมทะเล ในงานวิจัยที่ผ่านมา มีความพยายามแก้ไขข้อจำกัดของระบบ LOS ด้วยแนวทางที่หลากหลาย เช่น การใช้ระบบ Failsafe เพื่อให้เรือกลับสู่จุดเริ่มต้นอัตโนมัติ แต่ยังไม่เพียงพอต่อการใช้งานจริงในภารกิจที่ต้องการความต่อเนื่อง [3] อีกแนวทางหนึ่งคือการพัฒนาแบบนำร่องอัตโนมัติของ UAV โดยใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบ

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

Fuzzy PD+I เพื่อเพิ่มความเสถียรในการบิน [4] ซึ่งชี้ให้เห็นศักยภาพของการใช้ UAV ในการสนับสนุนการควบคุมอัตโนมัติ แต่ยังไม่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับ USV อย่างเต็มรูปแบบ งานวิจัยล่าสุดยังนำเสนอการพัฒนา ระบบสื่อสาร UAV หลายลำผ่านโครงข่าย 4G LTE [2] ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการมอนิเตอร์และควบคุมได้แบบเรียลไทม์ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวยังคงพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานโทรคมนาคม และอาจไม่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติการในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีสัญญาณโทรศัพท์มือถือ อีกหนึ่งแนวทางที่ได้รับการศึกษา คือการใช้ UAV แบบเครื่องบิน (Glider UAV) ทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอดสัญญาณ (Airborne Relay Station) ซึ่งมีข้อดีคือสามารถเพิ่มระยะการควบคุม USV ได้จริงโดยการส่งผ่านข้อมูล Telemetry ที่ความถี่ 915 MHz [1] แต่ข้อจำกัดคือระยะเวลาบินที่จำกัดและความจำเป็นในการจัดการพลังงานของ UAV จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว จะเห็นได้ว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่พัฒนาระบบต้นแบบ การควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกลโดยใช้อากาศยานไร้คนขับเป็นสถานีทวนสัญญาณแบบบูรณาการ ร่วมกับระบบ 4G LTE และ Cloud Server เพื่อการแสดงผลและติดตามเรือแบบเรียลไทม์ ทินวิทย์จึงได้พัฒนาระบบควบคุมร่วมกับ ระบบ 4G LTE และ Cloud Server เพื่อรองรับการบันทึกและแสดงผลข้อมูลในรูปแบบเรียลไทม์ ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการติดตามและวิเคราะห์สถานะเรือจากระยะไกลได้อย่างต่อเนื่อง

โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ:

1. พัฒนาระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกล โดยประยุกต์องค์ความรู้จากระบบควบคุม UAV ที่มีอยู่เดิม
2. สร้างต้นแบบระบบสื่อสารและควบคุมที่สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับหน่วยงานในประเทศ โดยไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างชาติ
3. ถ่ายทอดองค์ความรู้เชิงปฏิบัติแก่กองทัพเรือไทยและหน่วยงานด้านความมั่นคงทางทะเล เช่น ศรชล. เพื่อรองรับภารกิจในสถานการณ์จริง

จากแนวทางดังกล่าว ระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกลที่พัฒนาขึ้นจึงถือเป็นก้าวสำคัญในการยกระดับความสามารถทางเทคโนโลยีของประเทศไทยสู่การพึ่งพาตนเอง และเสริมสร้างความมั่นคงทางทะเลอย่างยั่งยืนในอนาคต

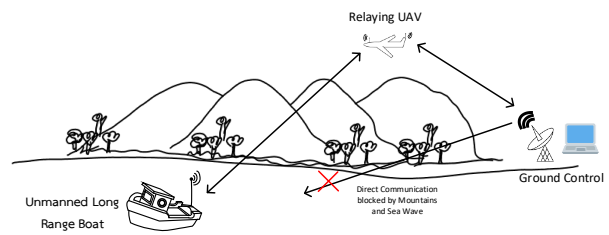
2. การออกแบบระบบควบคุม

การออกแบบระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกลในงานวิจัยนี้ [1] มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มระยะทางการควบคุม และความเสถียรของการรับ-ส่งสัญญาณระหว่างสถานีควบคุมภาคพื้นดินกับเรือไร้คนขับ โดยใช้แนวคิดการถ่ายทอดสัญญาณผ่านอากาศยานไร้คนขับ (Relaying UAV) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณลอยฟ้า (Airborne Relay Station) ที่สามารถลอยนิ่งอยู่ในอากาศที่ระดับความสูงประมาณ 200-300 เมตร บริเวณกึ่งกลางระหว่างจุดควบคุมกับพื้นที่ปฏิบัติการของเรือ

ระบบควบคุมทั้งหมดประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่:

1. ระบบสถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Digital Ground Control Station)
2. ระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับถ่ายทอดสัญญาณ (Relaying UAV)
3. ระบบควบคุมบนเรือไร้คนขับระยะไกล (Unmanned Boat Control Unit)

ภาพรวมการเชื่อมโยงระหว่างระบบแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมระบบเรือไร้คนขับระยะไกล (Long-range Unmanned Boat)

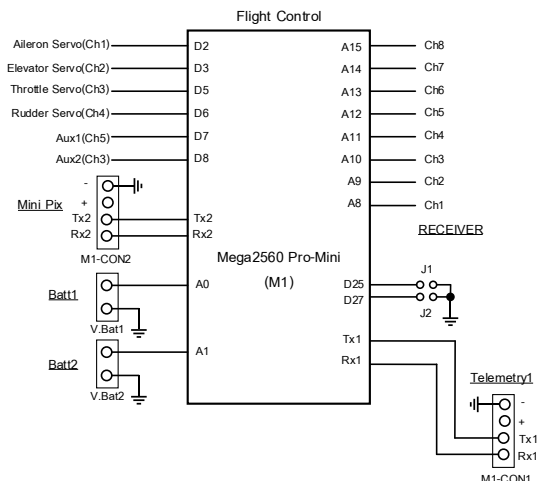
จากรูปที่ 1 แสดงภาพรวมระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกล (Long-range Unmanned Boat) ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1. สถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Digital Ground Control Station) ทำหน้าที่สั่งการและรับข้อมูลสถานะของเรือแบบเรียลไทม์ผ่านการเชื่อมต่อกับระบบสื่อสารหลัก
2. อากาศยานไร้คนขับสำหรับถ่ายทอดสัญญาณ (Relaying UAV) ทำหน้าที่เป็นสถานีทวนสัญญาณลอยฟ้า (Airborne Relay Station) ที่ระดับความสูง 200-300 เมตร เพื่อเพิ่มระยะการควบคุมและลดผลกระทบจากสิ่งกีดขวาง
3. ระบบควบคุมบนเรือไร้คนขับ (Unmanned Boat Control Unit) ประกอบด้วยวงจรควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนและทางเลี้ยวพร้อมตัวรับสัญญาณ Telemetry ที่ทำงานประสานกับ UAV เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่และส่งข้อมูลกลับสู่สถานีควบคุมภาคพื้นดิน

จากภาพรวมนี้ แสดงให้เห็นการบูรณาการระบบสื่อสารแบบสองทิศทางที่มีเสถียรภาพ โดย UAV ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างสถานีควบคุมภาคพื้นดินและเรือไร้คนขับ ช่วยให้สามารถควบคุมเรือได้จากระยะไกลและติดตามสถานะการปฏิบัติการในสภาพแวดล้อมทางทะเลจริง

2.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

1) ระบบควบคุมอากาศยานไร้คนขับ (Relaying UAV)



รูปที่ 2 วงจรด้านฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมการบิน

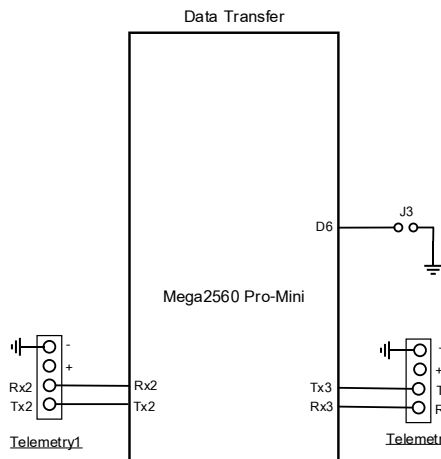
จากรูปที่ 2 แสดงวงจรด้านฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมการบินสำหรับอากาศยานไร้คนขับ (Relaying UAV) โดยมี บอร์ด Arduino Mega Pro 2560 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ

ระบบการบินอัตโนมัติ (Autopilot) [3] วงจรเชื่อมต่อกับ โมดูลเซ็นเซอร์ IMU (Inertial Measurement Unit) เพื่อรับค่ามุม Pitch, Roll และ Yaw สำหรับรักษาสมดุลและควบคุมทิศทางการบิน นอกจากนี้ยังติดตั้ง โมดูลรับ-ส่งสัญญาณ Data Telemetry ความถี่ 915 MHz เพื่อสื่อสารข้อมูลการควบคุมระหว่างสถานีควบคุมภาคพื้นดินกับ UAV และถ่ายทอดข้อมูลต่อไปยังเรือไร้คนขับได้แบบสองทิศทาง

นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งโมดูลรับ-ส่งสัญญาณ Data Telemetry ความถี่ 915 MHz (กำลังส่ง 1 วัตต์) เพื่อถ่ายทอดข้อมูลระหว่างสถานีควบคุมภาคพื้นดินไปยังชุด Data Transfer ส่งต่อไปยังเรือไร้คนขับระยะไกล และถ่ายทอดข้อมูลในทางกลับกันจากเรือไร้คนขับระยะไกลไปยัง Data Transfer กลับมายังสถานีควบคุมภาคพื้นดิน

2) ระบบถ่ายทอดสัญญาณ (Relay Board)

มีการออกแบบวงจรควบคุมพิเศษสำหรับการจัดการกับข้อมูลขาเข้าและขาออกที่เชื่อมโยงกับทั้ง UAV และเรือไร้คนขับในลักษณะ bidirectional (2 ทิศทาง) [2]



รูปที่ 3 วงจรด้านฮาร์ดแวร์ของระบบทวนสัญญาณการควบคุมการบิน

3) ระบบควบคุมเรือไร้คนขับ

บนเรือไร้คนขับติดตั้งวงจรควบคุมที่ประกอบด้วย:

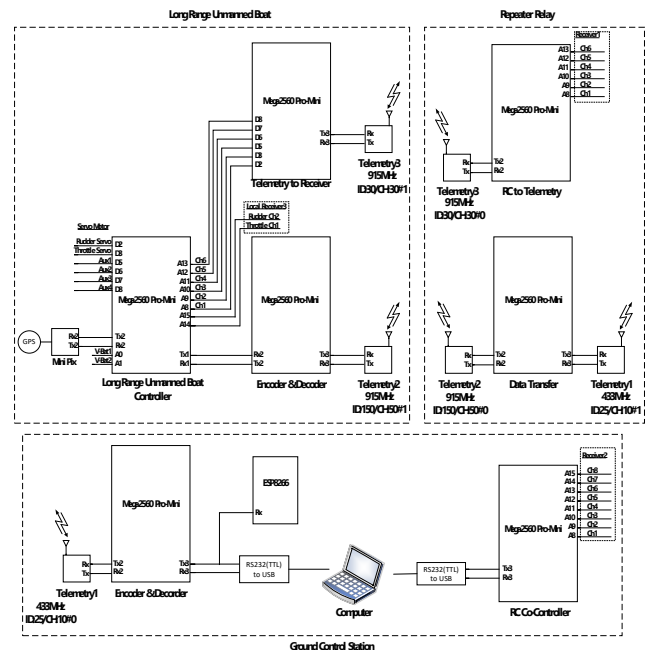
1. Arduino Mega Pro 2560
2. ดิซีมอเตอร์ควบคุมพวงมาลัยบังคับทางเสือ
3. ดิซีมอเตอร์ควบคุมคันเร่งความเร็ว
4. ตัวรับสัญญาณ Telemetry 915 MHz
5. โมดูลรับสัญญาณสำรองจากรีโมทคอนโทรล (Manual override)

การควบคุมนี้จะมีการติดตั้งดิซีมอเตอร์สำหรับการควบคุมพวงมาลัยบังคับทางเสือเรือและดิซีมอเตอร์ควบคุมคันเร่งความเร็ว แสดงดังรูปที่ 4 นอกจากนี้ยังมีระบบควบคุมสำรองบนเรือไร้คนขับด้วยการเพิ่มวงจรควบคุมและเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมให้สามารถบังคับเรือด้วยรีโมทคอนโทรลอีกชุดหนึ่งที่อยู่บนเรือได้ ซึ่งในการพัฒนาระบบควบคุมเพิ่มขึ้นนี้จะทำให้พลขับประจำเรือสามารถควบคุมเรือได้ด้วยตัวเองได้ตลอดเวลา เพื่อการควบคุมเรือในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น เช่น UAV สูญเสียพลังงานหรือสัญญาณขาดหาย พลประจำเรือก็จะยังสามารถควบคุมเรืออยู่ได้ โดยวงจรด้านฮาร์ดแวร์ของระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกลเขียนเป็นวงจรรวมระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นแสดงดังรูปที่ 5

และกล่องควบคุมต้นแบบที่ติดตั้งบนเรือไร้คนขับประกอบขึ้นจากวงจรควบคุมแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 4 การติดตั้งดิซีมอเตอร์สำหรับการควบคุมพวงมาลัยบังคับทางเสือเรือ และดิซีมอเตอร์ควบคุมคันเร่งความเร็ว



รูปที่ 5 วงจรรวมระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกล

จากรูปที่ 5 แสดงวงจรรวมของระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกล (Long-range Unmanned Boat Control System) โดยใช้ บอร์ด Arduino Mega Pro 2560 เป็นแกนหลักในการประมวลผลและควบคุมการทำงาน ร่วมกับวงจรควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) สำหรับการบังคับพวงมาลัยทางเสือและคันเร่งความเร็วของเรือ ภายในวงจรยังประกอบด้วย ตัวรับสัญญาณ Telemetry ความถี่ 915 MHz ที่เชื่อมโยงกับ UAV เพื่อรับ-ส่งข้อมูลแบบสองทิศทาง และ โมดูลควบคุมสำรอง (Manual Override) ที่ช่วยให้สามารถบังคับเรือด้วยรีโมทคอนโทรลในกรณีฉุกเฉิน วงจรทั้งหมดถูกออกแบบให้ทำงานประสานกันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้การควบคุมเรือมีประสิทธิภาพและรองรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมทางทะเลจริง



รูปที่ 6 กล่องควบคุมต้นแบบที่ติดตั้งบนเรือไร้คนขับระยะไกล

2.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมพัฒนาด้วยภาษาซี (C/C++) บนแพลตฟอร์ม Arduino IDE โดยใช้ อัลกอริทึมควบคุมแบบ Fuzzy-PD+I (Fuzzy Proportional-Derivative with Integral) [4] ซึ่งให้ความยืดหยุ่นในการควบคุมทิศทางและความเร็วของเรือในสภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอน เช่น คลื่นลมทะเล และมีการพัฒนาและทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ในห้องปฏิบัติการร่วมกับระบบทวนสัญญาณ (Relay Station) ซึ่งสามารถรับ-ส่งข้อมูลควบคุมได้แบบสองทิศทางโดยมี latency ต่ำ โดยการทดสอบโปรแกรมการควบคุมการบิน ข้อมูลการบิน และการรับ-ส่งข้อมูล กับเรือไร้คนขับ ทำการทดสอบระบบในห้องปฏิบัติการ แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การทดสอบการทดสอบสัญญาณของระบบควบคุมที่มีระบบทวนสัญญาณในห้องปฏิบัติการ

ผลจากการทดสอบขั้นต้นของระบบที่ออกแบบขึ้น สามารถควบคุมเรือไร้คนขับได้อย่างมีประสิทธิภาพ รองรับทั้งโหมดอัตโนมัติและการควบคุมด้วยรีโมท อีกทั้งยังสามารถปรับขยายได้ในอนาคต เช่น การเชื่อมต่อกับระบบ AI สำหรับวิเคราะห์ภาพ การวางแผนเส้นทางอัตโนมัติ

3. การทดสอบเรือไร้คนขับระยะไกล

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกลที่พัฒนาขึ้น ทีมวิจัยได้ดำเนินการทดสอบภาคสนาม ณ พื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณโรงเรียนชุมพลทหารเรือ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อทดสอบความสามารถของระบบควบคุมในการส่งสัญญาณผ่าน UAV แบบทวนสัญญาณ (Relaying UAV) ในสภาพแวดล้อมจริง

ก่อนการเริ่มทดสอบทีมวิจัยได้ดำเนินการติดตั้งระบบควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Station) ระบบสื่อสารบน Relaying UAV และระบบควบคุมบนเรือไร้คนขับ รวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลผ่านคลื่นความถี่ 915 MHz ให้สมบูรณ์ พร้อมทั้งตรวจสอบการทำงานตาม Pre-Flight Checklist ของอากาศยานไร้คนขับ (Relaying UAV) และรูปที่ 8 แสดงเรือไร้คนขับลงน้ำพร้อมทดสอบ และรูปที่ 9 อากาศยานไร้คนขับ (Relaying UAV) พร้อมขึ้นบินทดสอบ



รูปที่ 8 เรือไร้คนขับลงน้ำพร้อมทดสอบ



รูปที่ 9 อากาศยานไร้คนขับ (Relaying UAV) ที่ใช้บินถ่ายทอดสัญญาณ

3.1 การเริ่มการทดสอบ

การทดสอบเริ่มต้นด้วยการนำอากาศยานไร้คนขับขึ้นบินจากพื้นที่ชายหาด โดยนักบินบังคับให้ Relaying UAV ไต่ระดับจนถึงความสูงประมาณ 260 เมตร จากระดับน้ำทะเล จากนั้นเปลี่ยนโหมดการบินเป็น

อัตโนมัติ(Auto) เพื่อให้อากาศยานบินวนรอบจุดที่กำหนดไว้เหนือน้ำทะเล และถ่ายทอดสัญญาณควบคุมจากฝั่งไปยังเรือไร้คนขับ

บนชายฝั่งที่ควบคุมทำการสั่งการ เพื่อบังคับเรือไร้คนขับให้แล่นออกสู่ทะเล โดยควบคุมทิศทางผ่านรีโมทคอนโทรล พร้อมทั้งให้พลประจำเรือ (จำนวน 3 คน) สังเกตการทำงานของระบบควบคุม ได้แก่

1. ความแม่นยำของทิศทางการเล่นเรือ
2. การตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ในกล่องควบคุมต้นแบบ
3. ความต่อเนื่องของสัญญาณควบคุม

ในกรณีที่สายตามองเรือจากชายฝั่งไม่สามารถติดตามเรือได้แล้ว การควบคุมจะเปลี่ยนไปใช้รีโมทคอนโทรลจากบนเรือโดยตรง พร้อมการสื่อสารด้วยวิทยุระหว่างพลประจำเรือและทีมควบคุมภาคพื้นดิน เพื่อดูการตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ในกล่องควบคุม ที่ต้องทำงานตลอดเวลาที่มีการควบคุมเรือจากชายฝั่ง เพื่อดูว่าเรือสูญเสียการสั่งการควบคุมจากชายฝั่งหรือไม่ ภาพรวมการทดสอบระบบในทะเลด้วยเรือไร้คนขับที่มีพลประจำเรือ 3 นาย อยู่บนเรือด้วย ดังรูปที่ 10

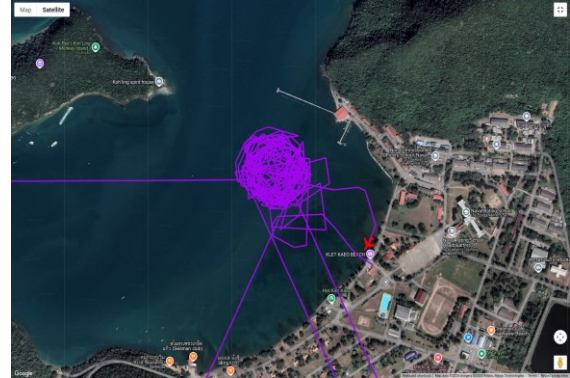


รูปที่ 10 ภาพรวมการทดสอบระบบควบคุมเรือไร้คนขับในทะเล

3.2 ผลการทดสอบและการบันทึกข้อมูล

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ระบบควบคุมสามารถส่งสัญญาณได้อย่างต่อเนื่องผ่าน Relay UAV ที่บินอยู่ ณ ความสูง 260 เมตร โดยควบคุม

เรือแล่นออกไปได้ไกลถึง 13 กิโลเมตร จากจุดปล่อยเรือโดยไม่มีการสูญเสียสัญญาณควบคุมใด ๆ ระบบสามารถติดตามตำแหน่งเรือแบบเรียลไทม์ผ่าน GPS และข้อมูลการบินของ Relaying UAV รหัสเครื่อง KBU-004 ถูกบันทึกบน Cloud Server และสามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ผ่านระบบมอนิเตอร์ออนไลน์วันที่ 22 พฤษภาคม 2568 เวลา 15.57 ถึง 16.27 น. ที่ <http://www.smartbot-ai.com/uav/monitor/monitor2.php> ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาดูย้อนหลังสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 11 และข้อมูลการเล่นเรือที่บันทึกได้จาก SD แสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 11 เส้นทางการบินของ Relaying UAV (KBU-004) ที่ดูย้อนหลังบน Cloud Server



รูปที่ 12 ข้อมูลการเล่นเรือไร้คนขับ ที่บันทึกได้จาก SD Card

เมื่อตรวจสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์และพวงมาลัยเรือระหว่างการแล่น พบว่าการตอบสนองของระบบควบคุมเป็นไปอย่างแม่นยำ ไม่มีอาการล่าช้า (lag) แม้ในระยะไกล การควบคุมยังคงมีเสถียรภาพ จนกระทั่ง Relaying UAV เริ่มลดระดับความสูงส่งผลให้การเชื่อมต่อเริ่มลดประสิทธิภาพ จึงสั่งให้เรือเดินทางกลับฝั่งทันที จากการทดสอบภาคสนาม ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์การวิจัยได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะความสามารถในการควบคุมเรือไร้คนขับจากระยะไกลด้วยสัญญาณที่มีเสถียรภาพ ผ่านเทคโนโลยี UAV Relay ซึ่งถือเป็นก้าวสำคัญต่อการประยุกต์ใช้ในการภารกิจที่ต้องการการควบคุมระยะไกล เช่น งานกู้ภัย งานลาดตระเวน และการสำรวจนอกชายฝั่ง

4. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปการทดสอบ

จากการทดสอบระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกลที่พัฒนาขึ้น พบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อการบังคับควบคุมทางไกลได้เป็นอย่างดี โดยสามารถสื่อสารผ่านอากาศยานไร้คนขับ (Relaying UAV) ได้ในระยะทางไกลถึง 13 กิโลเมตร จากชายฝั่ง โดยยังสามารถควบคุมทิศทาง การเคลื่อนที่ และสถานะเรือได้แบบเรียลไทม์

ระบบทั้งหมดทำงานประสานกันได้ดีระหว่าง:

1. สถานีควบคุมภาคพื้นดิน
2. อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ที่บินในระดับความสูง 260 เมตร
3. ระบบควบคุมบนเรือไร้คนขับ

การออกแบบระบบทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สามารถใช้งานจริงภายใต้สภาพแวดล้อมในทะเล ซึ่งมีความไม่แน่นอนจากคลื่นลมและการรบกวนของสัญญาณ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีโครงข่ายโทรศัพท์มือถือ

นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกข้อมูลการบินของ Relay UAV และข้อมูลการเดินทางเรือเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ย้อนหลังและวางแผนภารกิจในอนาคต

4.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อยอด

แม้ว่าระบบควบคุมเรือไร้คนขับระยะไกลที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้จะสามารถบรรลุวัตถุประสงค์หลักได้เป็นส่วนใหญ่ แต่ยังมีแนวทางการพัฒนาต่อยอดที่สำคัญ ดังนี้

1. เพิ่มระยะทางการควบคุมให้ไกลยิ่งขึ้น โดยพิจารณาใช้ Relaying UAV แบบ Fixed-Wing ที่สามารถบินอยู่ได้นานขึ้น หรือการใช้ Relaying UAV หลายลำเป็นเครือข่ายทวนสัญญาณต่อเนื่อง (Multi Relaying UAV)
2. พัฒนาโหมดควบคุมอัตโนมัติ (Autonomous Mission) เพื่อให้เรือสามารถเดินทางไปยังพิกัดที่กำหนดโดยอัตโนมัติ หรือกลับสู่ฐานได้เองในกรณีฉุกเฉิน และสามารถตัดสินใจหลบหลีกสิ่งกีดขวางด้วยการติดตั้งกล้องตรวจจับวัตถุ ระบบเรดาร์ขนาดเล็ก

โดยสรุปแล้ว โครงการวิจัยนี้ถือเป็นก้าวสำคัญในการยกระดับศักยภาพของระบบควบคุมเรือไร้คนขับในประเทศไทย โดยการพัฒนาแบบต้นแบบที่ใช้งานได้จริงภายใต้เงื่อนไขปฏิบัติการทางทะเล และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถด้านความมั่นคงทางทะเล และการพึ่งพาตนเองทางเทคโนโลยีได้อย่างยั่งยืน

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2567

เอกสารอ้างอิง

- [1] Rithirun. C., Charaen. A., Sawaengsinkasikit. W., and Phongsanam. P., “Development of Signal Transmission System for Long-Range Unmanned Aerial Vehicle” 2024 International Conference on Power, Energy and Innovation (ICPEI 2024)
- [2] อนุชิต เจริญชาติ ฤทธิธีรวิทย์ วิญญู แสงสินกลกิจ และ ประภาส ผ่องสนาม, “การพัฒนาแบบควบคุมและการมอดูเรออากาศยานไร้คนขับหลายลำผ่านการสื่อสารไร้สาย 4G LTE,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45, จ.นครนายก, 16-18 พฤศจิกายน 2565, หน้า 372-375.
- [3] Rithirun. C., Charaen. A., and Sawaengsinkasikit. W., “Autopilot Flight Testing of Unmanned Aerial Vehicle” 2021 International Conference on Power, Energy and Innovation (ICPEI 2021)

- [4] Rithirun. C., Charaen. A., and Sawaengsinkasikit. W. and Lokaphan. S., “Development of Waypoint Navigation Control System of Unmanned Aerial Vehicle by Fuzzy PD+I Controller” The 37th Electrical Engineering Conference (EECON-37), Thailand, 2015.
- [5] ชาติ ฤทธิธีรวิทย์, “การพัฒนาแบบควบคุมวิชันนารีสำหรับการบินอัตโนมัติของอากาศยานไร้คนขับ,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.