เอกสารแนบ 2

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45
The 45th Electrical Engineering Conference (EECON-45)
วันที่ 16-18 พฤศจิกายน 2565 ณ ภูสักธาร รีสอร์ท อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

การพัฒนาระบบควบคุมและการมอนิเตอร์อากาศยานไร้คนขับหลายลำผ่านการสื่อสารไร้สาย 4G LTE

The Development of Multi-UAV Control and Monitoring Systems via 4G LTE Wireless Communication

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

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

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาเพิ่มขีดความสามารถในการบินปฏิบัติภารกิจของอากาศยานไร้คนขับให้ได้ไกลขึ้น และเพิ่มขีดความสามารถของการสื่อสารในการควบคุมอากาศยาน และการ Monitor อากาศยานไร้คนขับให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ตลอดเวลาที่บินปฏิบัติหน้าที่อยู่ เทคโนโลยีการสื่อสารที่นำมาใช้ในโครงการนี้เป็นแบบเครือข่ายไร้สาย 4G LTE ซึ่งเป็นเทคโนโลยีปัจจุบันของผู้ให้บริการภายในประเทศ ซึ่งการพัฒนาจะใช้สัญญาณเครือข่ายโทรศัพท์มือถือของผู้ให้บริการ ที่ครอบคลุมพื้นที่ที่อากาศยานไร้คนขับบินไปปฏิบัติหน้าที่ ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะเพิ่มขีดความสามารถในการติดตามเฝ้าดูอากาศยานไร้คนขับ ที่กำลังบินปฏิบัติงานรวมถึงการสร้างเน็ตเวิร์คสถานีควบคุมภาคพื้นดินของระบบควบคุมอากาศยานไร้คนขับให้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ให้สามารถใช้งานทุกที่ที่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต นอกเหนือจากเดิมที่ใช้การควบคุมด้วยระบบสื่อสารทางคลื่นวิทยุที่มีการติดต่อกันโดยตรงระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับสถานีควบคุมภาคพื้นดิน

คำสำคัญ: UAV, Unmanned Aerial Vehicle, 4G LTE wireless network

Abstract

This paper presents The Development of Multi-UAV Control and Monitoring Systems via 4G LTE Wireless Communication, that increase the capability of UAV's communication for control and monitoring systems while it's flying in the air. The communication technology used in this project is 4G LTE wireless network, which is the current technology for mobile phone network which the signal that covers the flying areas. The developed system will increase the capability to monitor UAV in flight and can be able to use anywhere that has an internet signal, instead of the RF communication direct between the UAV and Ground Control Station.

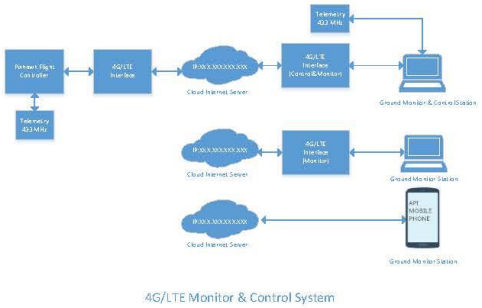
Keywords: UAV, Unmanned Aerial Vehicle, 4G LTE wireless network

1. บทนำ

ระบบสื่อสารการบินที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้ จะทำหน้าที่เชื่อมโยงกับระบบควบคุมการบินอัตโนมัติของอากาศยานไร้คนขับ เพื่อส่งข้อมูลการบินมายังสถานีควบคุมภาคพื้นดิน ผ่านระบบการสื่อสาร ไร้สาย 4G LTE ซึ่งระบบสื่อสารที่ออกแบบนี้จะใช้สัญญาณอินเทอร์เน็ตที่ได้จากหมายเลขโทรศัพท์มือถือที่ลงทะเบียน Sim Card กับผู้ให้บริการ และติดตั้ง Sim Card ดังกล่าวลงบนอุปกรณ์ Pocket Wi-Fi เพื่อเป็นพาหะในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับสถานีควบคุมภาคพื้นดิน โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งไปยัง Server ที่เป็นศูนย์กลางเน็ตเวิร์คของระบบทั้งหมดที่เป็นตัวกำหนด User ที่ต้องการเข้ามาดูข้อมูลการบินของอากาศยานไร้คนขับที่กำลังบินปฏิบัติภารกิจอยู่ และจะต้องเป็น User ที่ได้รับอนุญาตให้เข้าถึงข้อมูลดังกล่าวด้วย

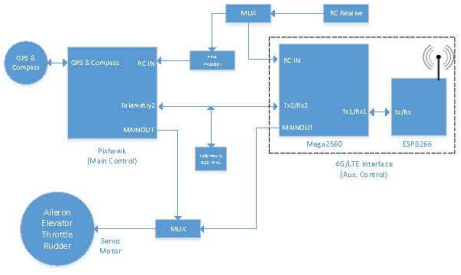
2. การออกแบบระบบควบคุมและมอนิเตอร์ผ่านระบบสื่อสารไร้สาย 4G LTE

ภาพรวมของการเชื่อมโยงเครือข่ายของระบบเครือข่ายไร้สาย 4G LTE ในรูปที่ 1 และการออกแบบระบบฮาร์ดแวร์การเชื่อมโยงระบบรับ-ส่งข้อมูลการบิน และระบบเครือข่ายไร้สาย 4G LTE ดังรูปที่ 2



4G/LTE Monitor & Control System

รูปที่ 1 ไดอะแกรมระบบเชื่อมโยงเครือข่ายไร้สาย 4G LTE



UAV Control System with Aux. Control

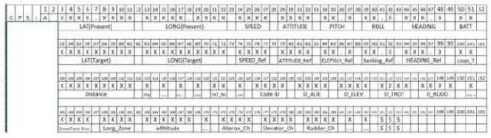
รูปที่ 2 ระบบฮาร์ดแวร์การเชื่อมโยงระบบรับ-ส่งข้อมูลการบิน และระบบเครือข่ายไร้สาย 4G LTE

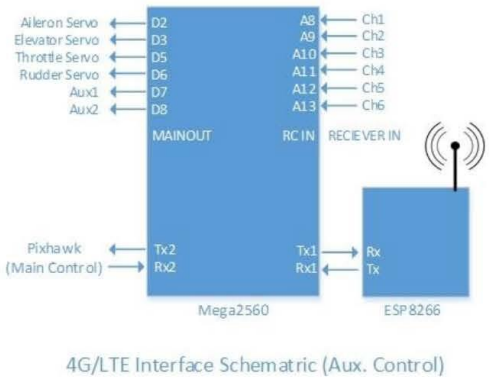
งานวิจัยนี้จะแบ่งส่วนงานออกเป็น 3 ส่วนคือ 1. ส่วนงานทางด้านอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ 2. ส่วนงานทางด้านซอฟต์แวร์ของระบบรับ-ส่งข้อมูล และ 3. ส่วนงานซอฟต์แวร์การจัดการข้อมูลของ Server ซึ่งจะอธิบายแต่ละส่วนงานดังนี้

2.1 ส่วนงานทางด้านอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

ส่วนงานนี้จะทำการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่จะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ซึ่งทางทีมวิจัยเลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Arduino Mega Pro 2560 และบอร์ดการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตด้วยสัญญาณ Wi-Fi จะใช้บอร์ด NodeMcu ESP8266 เป็นบอร์ดสื่อสารด้วยสัญญาณ Wi-Fi มาจาก Pocket Wi-Fi แบบใส่ซิมการ์ดของโทรศัพท์มือถือที่ปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ตบนอากาศยานไร้คนขับที่กำลังบินปฏิบัติภารกิจ ซึ่งบอร์ดควบคุมนี้จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Flight Controller ของ MiniPix ซึ่งเป็นบอร์ดควบคุมการบินในตระกูลของ PixHawk ผ่านพอร์ตการสื่อสารข้อมูลแบบ Serial ที่ พอร์ต Telemetry 2 ซึ่งบอร์ดควบคุมที่ออกแบบมานี้ทีมวิจัยทำการเขียนโปรแกรมเพื่อสื่อสารข้อมูลกับบอร์ด MiniPix ซึ่งเราจะได้ข้อมูลการบินที่จำเป็น และส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านระบบสื่อสารไร้สาย 4G LTE เพื่อเก็บไว้บน Server ที่ถูก Setup ไว้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะประกอบด้วย Package ของ Data ดังในตารางข้อมูลในตารางที่ 1 และการออกแบบวงจรสาร์ดแวร์ของบอร์ดควบคุมแสดงได้ดังรูปที่ 3

ตารางที่ 1 Package Data of UAV System ที่ส่งไป Server

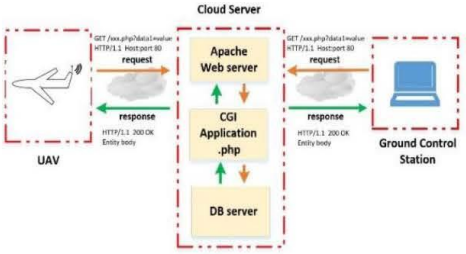




รูปที่ 3 วงจรของบอร์ดควบคุม

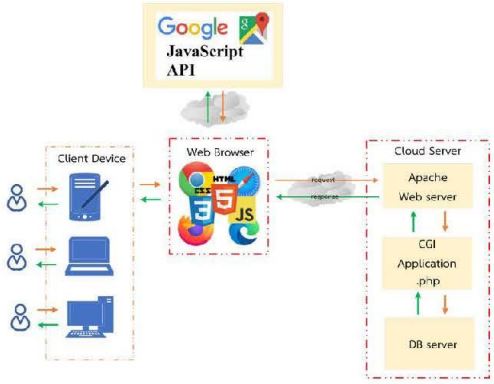
2.2 ส่วนงานด้านซอฟต์แวร์ของระบบรับ-ส่งข้อมูล

ซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมนี้จะมีการพัฒนาโปรแกรม 2 ส่วนคือ โปรแกรมส่วนของบอร์ด Mega Pro 2560 และโปรแกรมส่วนของบอร์ด NodeMcu ESP8266 ซึ่งในส่วนของโปรแกรมของบอร์ด Mega Pro 2560 จะเป็นโปรแกรมที่จะทำงานอินเตอร์เฟสกับบอร์ด MiniPix และนำข้อมูลที่ได้มานั้นอินเตอร์เฟสกับบอร์ด NodeMcu ESP8266 และโปรแกรมในส่วนของบอร์ด NodeMcu ESP8266 จะทำการรับ-ส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านระบบ Wi-Fi อินเตอร์เน็ตไปยัง Server เพื่อให้ User เข้ามาดึงข้อมูลดังกล่าวไปใช้งาน ซึ่งซอฟต์แวร์การรับ-ส่งข้อมูลในงานวิจัยนี้จะไม่เข้าไปยุ่งเกี่ยวกับการควบคุมการบินที่ถูกสั่งการด้วยบอร์ดควบคุมการบิน MiniPix แต่จะทำการ Monitor การบินและข้อมูลการบินเท่านั้น และซอฟต์แวร์จะทำการบันทึกข้อมูลจาก UAV ที่เป็นเครื่อง Client ซึ่งจะทำการ Request เพื่อส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ ด้วยวิธี GET ไปยัง Web Server ผ่าน HTTP โปรโตคอลไปยัง Cloud Web Server เมื่อ HTTP Server ได้รับข้อมูลจะส่งต่อไปยัง CGI โปรแกรมที่พัฒนาโดยภาษา PHP เพื่อทำการประมวลผลและบันทึกข้อมูลเก็บลงในฐานข้อมูล แล้วจะทำการส่งสถานะและผลลัพธ์การทำงานกลับไปยังเครื่อง Client และสถานีควบคุมภาคพื้นดินก็สามารถควบคุมโดยสั่งการไปยัง UAV ได้ในทำนองเดียวกัน โดยการติดต่อกับ UAV ผ่านทาง Server และแสดงไดอะแกรมดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ไดอะแกรมการบันทึกข้อมูลจาก Client และการควบคุมจาก Ground Control Station

การแสดงผลข้อมูลผู้ใช้งานจะสามารถดูข้อมูล UAV ผ่านทาง Web Browser โดยเครื่อง Client จะทำการส่ง Request ข้อมูล UAV ที่ต้องการไปยัง Web Server และเมื่อ Server ได้รับข้อมูลจะทำการประมวลผลและส่งข้อมูล UAV กลับไปยัง Web Browser ในรูปแบบ JSON ซึ่งเมื่อ Web Browser ได้รับข้อมูลจะนำข้อมูลที่ได้ส่งต่อไปยัง Google Map API เพื่อเลือกพิกัดแผนที่และตำแหน่งการแสดงผลของ UAV ที่จะแสดงผลทางหน้า Web Browser ไปยังผู้ใช้งาน และไดอะแกรมการเชื่อมโยงของข้อมูล แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการเชื่อมโยงของข้อมูลเพื่อแสดงผล

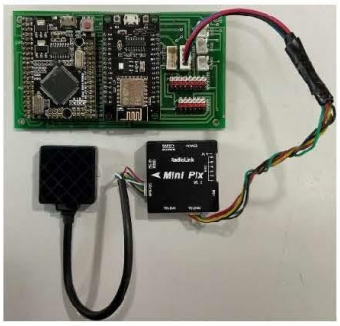
2.3 ส่วนงานด้านซอฟต์แวร์และการจัดการข้อมูลของ Server

ข้อมูลการบินของอากาศยานไร้คนขับที่ถูกส่งมาเก็บบน Server จะถูกเก็บข้อมูลเป็นประวัติการบินของอากาศยานไร้คนขับ ที่ได้บินปฏิบัติภารกิจมาแล้วทุกเที่ยวบิน ซึ่งสามารถเข้ามา Monitor ได้เป็นแบบ Real Time ขณะที่กำลังบินปฏิบัติหน้าที่อยู่ หรืออาจจะเข้ามาดูย้อนหลังก็ได้ และข้อมูลดังกล่าวสามารถดาวน์โหลดออกมาเป็นไฟล์ Excel เพื่อนำมาวิเคราะห์ภายหลังก็ได้ หลังจากที่ได้ทำการวิจัยทางด้านฮาร์ดแวร์แล้ว จึงได้ทำการสร้างแผ่นวงจรรวมต้นแบบเพื่อนำมาทดสอบการใช้งาน และทดสอบซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งแผ่นวงจรรวมดังกล่าวที่ติดตั้งอุปกรณ์แล้วแสดงได้ดังรูปที่ 6

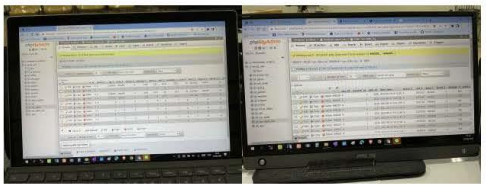
รูปที่ 6 แผ่นวงจรรวมที่ติดตั้งอุปกรณ์แล้ว

3. การทดสอบระบบ

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการ Interface Hardware เข้าด้วยกันระหว่างบอร์ดควบคุมการบิน MiniPix กับบอร์ดควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลที่ทางทีมวิจัยได้พัฒนาขึ้นมา ซึ่งการเชื่อมต่ออุปกรณ์จะแสดงได้ดังรูปที่ 7 และเมื่อทำการเชื่อมต่อแล้วจึงทำการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสารไร้สาย 4G LTE ซึ่งการทดสอบก็สามารถรับ-ส่งข้อมูลขึ้นไปเก็บบน Server ได้และข้อมูลมีความถูกต้องร้อยเปอร์เซ็นต์ และการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลแสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 การเชื่อมต่อบอร์ดควบคุมการบิน MiniPix กับบอร์ดควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล

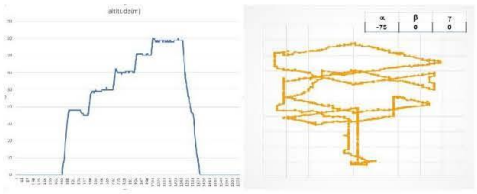


รูปที่ 8 การทดสอบการรับ-ส่งข้อมูล

หลังจากที่ทำการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลได้แล้วจะเป็นการทดสอบภาคสนาม โดยจะนำบอร์ดควบคุมการบิน MiniPix และชุดบอร์ดควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล ติดตั้งลงบนอากาศยานชนิดโดรน 4 ใบพัด แล้วจะนำขึ้นไปบินเก็บข้อมูลบนอากาศ เพื่อทดสอบระบบ Monitor การบินของชุดควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Real Time และการเก็บข้อมูลการบินลงบน Server แสดงดังรูปที่ 9

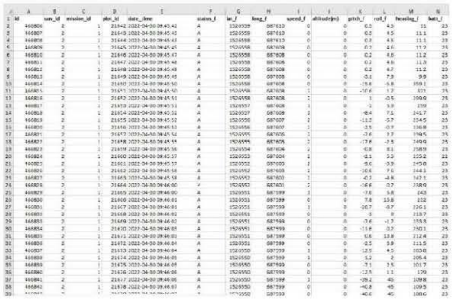
รูปที่ 9 ชุดควบคุมการบิน MiniPix และชุดควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลการบินที่ถูกหิ้วขึ้นไปกับโดรน

การทดสอบจะทำการบินโดรนที่ความสูงต่าง ๆ เพื่อดูข้อมูลการบินที่ส่งขึ้น Server นั้นสมบูรณ์หรือไม่ ซึ่งความสูงของชุด Pocket Wi-Fi ที่อยู่บนอากาศยานนั้นที่ความสูงมาก ๆ เป็น 100 เมตรขึ้นไปจะไม่มีสัญญาณโทรศัพท์มือถือ ดังนั้นการทดสอบจึงจะอยู่ที่ความสูงไม่เกิน 90 เมตร สำหรับการบินโดรนที่ติดกล้อง และก็จะสอดคล้องกับข้อมูลของเครือข่ายโทรศัพท์มือถือจะมีสัญญาณที่เสถียรประมาณ 70 เมตร ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับบริเวณติดตั้งเสาส่งสัญญาณของผู้ให้บริการแต่ละเครือข่าย ทางทีมวิจัยจึงได้ทำการทดสอบการบินที่ความสูงต่าง ๆแล้วสรุปผลออกมาเป็นกราฟดังแสดงในรูปที่ 10 ถึงรูปที่ 12



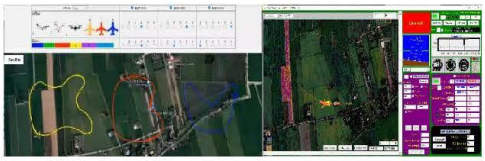
รูปที่ 10 ระดับความสูงของการบิน

รูปที่ 11 ข้อมูลการ Monitor แบบ Real time



รูปที่ 12 ข้อมูลบน Server แบบ log Data

นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบการจำลองการบิน และการควบคุมอากาศยานไร้คนขับ 3 ลำพร้อมกัน โดยมีการแสดงผลบน Notebook Computer ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 การจำลองการบิน และการควบคุมอากาศยานไร้คนขับ 3 ลำพร้อมกัน

4. สรุป

จากข้อมูลการบินที่ Monitor แบบ Real Time นั้น สามารถ Monitor ได้พร้อมกันหลายเครื่อง และจากที่ทดสอบดูพบปัญหาของความล่าช้าของข้อมูลที่ได้รับอยู่บ้าง ซึ่งการ Monitor แบบ Real Time อาจมีปัญหาของการแออัดของสัญญาณ Wi-Fi ของ User ในบางพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณอินเตอร์เน็ตหรือสัญญาณอินเตอร์เน็ตอ่อน ก็จะทำให้การ Monitor แบบ Real Time เห็นเป็นภาพกระตุกบนจอแสดงผลได้ และการดาวน์โหลดข้อมูลจาก Server มาดูนั้นพบว่า ข้อมูลที่ชุดควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลจากโดรนที่ส่งขึ้นไปนั้นมีข้อมูลครบถ้วน แต่ต้องบินที่ความสูงโดยประมาณไม่เกิน 70 เมตร ดังนั้นการรับ-ส่งข้อมูลนี้จึงมีขีดจำกัดเรื่องความสูงของอากาศยานที่บินต้องไม่บินสูงมาก และความแออัดของสัญญาณในแต่ละพื้นที่ที่อากาศยานกำลังบินอยู่ ก็จะเป็นปัจจัยหลักของความสมบูรณ์ของข้อมูลการบินด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรม จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

[1] Willink, T.J.; Squires, C.C.; Colman, G.W.K.; Muccio, M.T. Measurement and characterization of low-altitude air-to-ground mimo channels. IEEE Trans. Veh. Technol. 2016, 65, 2637–2648.

[2] Guo,W.; Devine, C.;Wang, S. Performance Analysis of Micro Unmanned Airborne Communication Relays for Cellular Networks. In Proceedings of the 9th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), Manchester, UK, 23–25 July 2014; pp. 658–663.

[3] Jimenez-Pacheco, A.; Bouhired, D.; Gasser, Y.; Zufferey, J.C.; Floreano, D.; Rimoldi, B. Implementation of a Wireless Mesh Network of Ultra Light MAVs with Dynamic Routing. In Proceedings of the IEEE Globe Work, Anaheim, CA, USA, 3–7 December 2012; pp. 1591–1596.