

การศึกษาและออกแบบสร้างหุ่นยนต์กระพือปีกควบคุมด้วยวิทยุบังคับ

Study and design of radio-control flapping-wing robot

วสันต์ ลิละธนาภักษ์¹, ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์²¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ที่อยู่ 39 หมู่ที่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12110² อาจารย์ที่ปรึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ที่อยู่ 39 หมู่ที่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12110

*wasan_phae@hotmail.co.th, 08-77692262

บทคัดย่อ

นับจากอดีตจนถึงปัจจุบันมีการพัฒนาอากาศยานขนาดเล็กไร้คนบิน (UAV) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการบินสำรวจพื้นที่ การถ่ายภาพทางอากาศ หรือการลาดตระเวนตรวจการณ์ทางอากาศ อีกทั้งยังมีผลงานวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์จำลองคล้ายนกหรือแมลง สามารถเคลื่อนที่บินได้ด้วยการกระพือปีกอีกด้วย

ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์กระพือปีกควบคุมด้วยวิทยุบังคับ โดยจะเน้นศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของปีกกระพือที่คล้ายกับนก ขั้นแรกได้ออกแบบและสร้างกลไกของการปีกกระพือเพื่อให้ได้แรงยกและแรงผลัก พร้อมทั้งกลไกของการแพนหางหุ่นยนต์เพื่อใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ ขั้นที่สองได้พัฒนาระบบควบคุมสั่งการบังคับด้วยคลื่นวิทยุ หุ่นยนต์กระพือปีกนั้นจะประกอบด้วยกลไกกระพือปีกด้วยดีซีมอเตอร์ โครงปีกทำจากแผ่นปริ้นต์ไวต์ติดตั้งชุดเกียร์ที่ขับเคลื่อนคาร์บอนไฟเบอร์ที่ติดกับปีกพลาสติก ขนาดของปีกกว้าง 1,300 มิลลิเมตร ความยาวจากหัวถึงปลายหาง 570 mm อีกทั้งกลไกการแพนหางด้วยเซอร์โวมอเตอร์จำนวน 2 ตัว แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ชนิด LiPo ในขั้นที่สามได้ทำการทดสอบพลศาสตร์การบิน โดยวัดแรงยกและแรงผลัก จากการกระพือปีกของหุ่นยนต์

คำหลัก: หุ่นยนต์กระพือปีก, วิทยุบังคับ, พลศาสตร์การบิน, อากาศยานไร้คนบิน

Abstract

From the past to present, numerous small Unmanned Aircrafts Vehicles (UAV) have been developed for various applications; such as, aerial survey, aerial photography or aerial reconnaissance patrol. Furthermore, several researches on flapping-wing robots that imitate bird or insect were developed and able to fly with flapping motion.

This research project is focus on designing and constructing a radio-control flapping-wing robot, which has similar flapping movement as birds. First, we design and build a flapping-wing mechanism for producing lift and thrust forces and a rotating-tail mechanism for controlling robot heading. Second, a robot control system is implemented with the radio control. This flapping-wing robot consists of flapping mechanism using a DC motor. Main structure of wing mechanism is made of printed-circuit board for installing gear, which connected with two carbon fiber rods and plastic wing. This robot has a wing span

DRC-58

of 1,300 mm and its length from head to tail is 570 mm. The rotating-tail mechanism employs 2 servo motors. The power source is from LiPo batteries. Third, a flight dynamics is tested by measuring wind producing lift and thrust forces the flapping wing.

Keywords: flapping-wing robot, radio control, flight dynamics, UAV

1. บทนำ

นับจากอดีตจนถึงปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์ที่มีการลอกเลียนแบบลักษณะการเคลื่อนไหวหรือการเคลื่อนที่คล้ายกับพฤติกรรมของสัตว์ เช่น หุ่นยนต์นก หุ่นยนต์ปลา หุ่นยนต์งู เป็นต้น ซึ่งสามารถควบคุมหุ่นยนต์ให้เคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติหรือควบคุมด้วยสัญญาณวิทยุบังคับแบบระยะไกล อีกทั้งขนาดน้ำหนัก และรูปร่างหุ่นยนต์ มีลักษณะที่คล้ายกับสัตว์ จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านการสำรวจ การตรวจการณ์ หรือการลาดตระเวนสอดแนมในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงอันตรายสูง หรือพื้นที่ที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปได้ถึง ไม่ว่าจะเป็นในน้ำ บนพื้นดิน หรือทางอากาศ ทั้ง 3 ส่วนนี้ จะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการบินเคลื่อนที่แบบหลักการกระพือปีก (Ornithopter) จะสามารถเข้าสำรวจพื้นที่ได้สะดวก

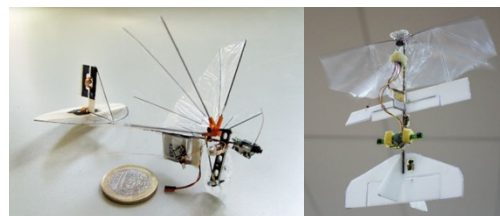
ผู้วิจัยได้ศึกษาและหาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวด้วยการกระพือปีก เช่น พลากร ดันตระกูล และ ดร.เอกชัย เปิงว้าง (2557) [1] การออกแบบและวิเคราะห์ระบบกระพือปีกแบบปรับเปลี่ยนระยะได้สำหรับเคลื่อนบินขนาดเล็กในการบินแบบลอยตัว โดยเน้นศึกษาเคลื่อนบินขนาดเล็กที่มีความยาวปีกไม่เกิน 15 เซนติเมตร บินลอยนิ่งได้นานประมาณ 10 นาที ใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) สร้างโครง วัสดุเลือกใช้พลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบา แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับ โดยได้ศึกษาออกแบบสร้างกลไกทางกลมา 3 รูป ทดสอบหามุมองศาการกระพือปีกในการคำนวณเทียบกับการวัดจริง โดยองศาอยู่ในช่วง 35 องศา ถึง 40 องศา

และความยาวของแท่งคาร์บอนไฟเบอร์ อยู่ในช่วง 18 ถึง 28 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ลักษณะกลไกการกระพือปีกแบบปรับระยะได้ (พลากร และ ดร.เอกชัย ,2557)

DelFly Explore [6,7] เป็นเครื่องบินที่มีหลักการบินแบบกระพือปีกมีรูปร่างคล้ายแมลงปอ โดยบินแบบไร้คนขับ น้ำหนักเบา เป็นอากาศยานขนาดเล็ก หรือ MAV (Micro Air Vehicle) มีระบบการมองเห็นแบบสเตอริโอ สามารถตรวจจับสิ่งกีดขวาง บินหลบหลีกและบินนำทางได้ด้วยตัวเองมีน้ำหนักเพียง 20 กรัม สามารถบินขึ้นและรักษาระดับการบินได้เองนานถึง 9 นาที ขยับปีกบินได้เองโดยไม่ต้องอาศัยการควบคุมจากภายนอก โดย กุยโด เดอ ครูน (Guido de Croon) นักวิทยาศาสตร์ชาวเนเธอร์แลนด์ โครงการเดลฟลาย ของมหาวิทยาลัยเทคนิคเดลฟท์ (Delft Technical University) ประเทศเนเธอร์แลนด์

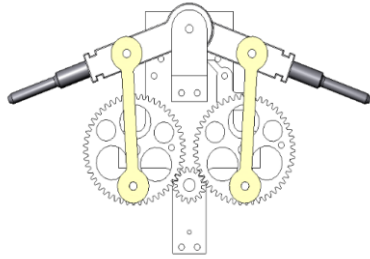


รูปที่ 2 หุ่นยนต์กระพือปีก DelFly Explorer

ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอัม (2548) [2] ได้ศึกษาและออกแบบระบบควบคุมของหุ่นยนต์กระพือปีกเหมือนนก คำนวณหาต้นกำลังขับเคลื่อนที่เหมาะสมด้วยวิธีการออปติไมซ์เซชัน การควบคุมทิศทางโดยใช้หางเป็นตัว

DRC-01

บังคับ และควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ด้วยการ
ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ขับ



รูปที่ 3 กลไกของปีกหุ่นยนต์ (ณัฐสิทธิ์, 2548)



รูปที่ 4 หุ่นยนต์กระพือปีกเหมือนนก (ณัฐสิทธิ์, 2548)

อุทัย นวลทิม (2547) [3] ได้ศึกษาการเคลื่อนที่
ของหุ่นยนต์กระพือปีก โดยประยุกต์สร้างหุ่นต้นแบบ
ที่เคลื่อนที่ในน้ำด้วยการกระพือปีกแทนการเคลื่อนที่
ในอากาศ เพื่อศึกษาความสามารถพื้นฐานในการ
เคลื่อนที่ โดยหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมี 4 ปีก โดย
ทดสอบการเคลื่อนที่ด้วยลักษณะการกระพือปีกสอง
รูปแบบ คือแบบที่ 1 กระพือคู่หน้าและคู่หลังสลับกัน
แบบที่ 2 กระพือทั้ง 4 ปีกพร้อมกัน รวมทั้ง
ทดสอบผลความถี่ในการกระพือปีกและผลของการ
โบกปีก สุวิทย์ ธรรมมาวุฒิกุล (2546) [4] ได้ทำ
วิเคราะห์แรงทางอากาศพลศาสตร์ของหุ่นยนต์กระพือ
ปีก โดยใช้โปรแกรม CFX ในการคำนวณแรงที่เกิด
จากการกระพือ และวิเคราะห์ผลของมุมบิดของปีก
และความเร็วลมที่มีผลต่อแรงที่เกิดขึ้น

จากข้อมูลงานวิจัยต่างๆ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะ
ศึกษาและออกแบบกลไกที่จะใช้ในการกระพือปีก การ
ออกแบบปีก และการสร้างหุ่นยนต์ที่มีลักษณะกระพือ
ปีกคล้ายนกที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา โดยใช้วิทยุ
บังคับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์กระพือปีก และ

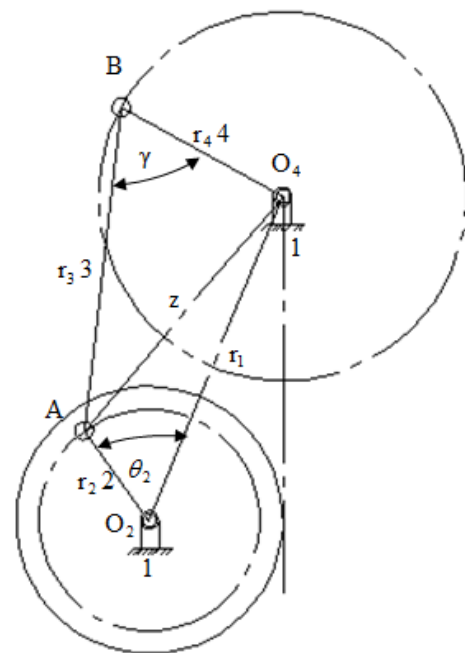
ทดสอบพลศาสตร์การบินโดยจะวัดแรงผลักจากการ
กระพือปีก เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์กระพือ
ปีกระบบอัตโนมัติต่อไป

2. ออกแบบสร้างหุ่นยนต์กระพือปีก

2.1 ศึกษาแนวคิดระบบและกลไกการกระพือปีก

[5] ศึกษากลไกการเคลื่อนไหว ลักษณะขั้นตอน
โยง 4 ชั้น (Four-Bar Linkage) เพื่อช่วยในการ
ออกแบบกลไกการกระพือปีก และลดการเกิดติดขัด
ของกลไก (Dead Points) ช่วงมุมในการส่งถ่ายแรง
การเคลื่อนที่ ระหว่างมุมของขั้นตอนโยง 3 ไปยังตัว
ตามขั้นตอนโยง 4 ควรมีค่ามุมอยู่ระหว่าง 40 องศา-
140 องศา

ในการคำนวณหาค่ามุมของปีกในการกระพือ
ขึ้นลง โดยใช้กฎของ Grashoff (Grashoff's Law)
เพื่อเลือกลักษณะของกลไกแบบ Crank Rocker
และกฎของ Cosines (Law of Cosines) มาช่วยใน
การคำนวณ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ช่วงมุมมองในการส่งถ่ายแรง γ

จากรูปสามเหลี่ยม AO_2O_4 และ ABO_4 จะได้

$$z^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos \theta_2 \quad (1)$$

$$z^2 = r_3^2 + r_4^2 - 2r_3r_4 \cos \gamma \quad (2)$$

$$(1) = (2)$$

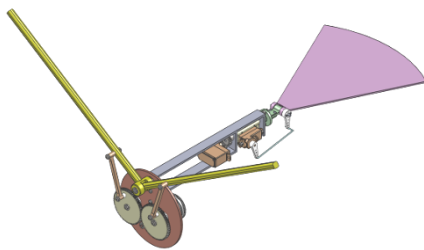
DRC-01

$$r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos \theta_2 = r_3^2 + r_4^2 - 2r_3r_4 \cos \gamma$$

$$\cos \gamma = \frac{r_1^2 + r_2^2 - r_3^2 - r_4^2 - 2r_1r_2 \cos \theta_2}{-2r_3r_4} \quad (3)$$

2.2 การออกแบบระบบกลไกและโครงสร้างหุ่นยนต์กระพือปีก

ผู้วิจัยออกแบบระบบกลไกชุดเกียร์สำหรับการกระพือปีก โครงสร้างหุ่นยนต์กระพือปีก และชุดกลไกควบคุมแผนทางของหุ่นยนต์ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks ช่วยในการออกแบบกลไกและโครงสร้าง ทำให้สามารถศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของกลไกการทำงานของหุ่นยนต์กระพือปีกได้ ดังรูปที่ 6



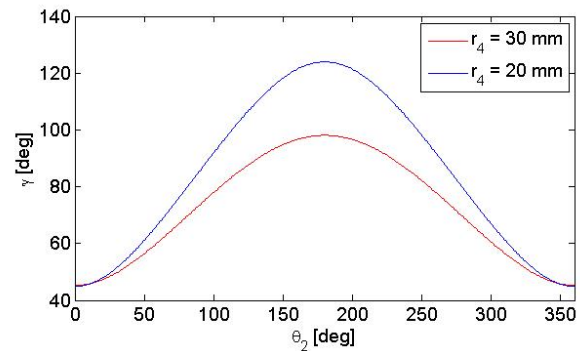
รูปที่ 6 ออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์กระพือปีก

2.3 การคำนวณหามุมองศาการกระพือปีกของหุ่นยนต์

โดยใช้โปรแกรมช่วยคำนวณหามุมองศาการส่งถ่ายแรงการเคลื่อนที่ของปีกหุ่นยนต์ ของชุดกลไกกระพือปีก จากสมการที่ (3) โดยออกแบบกำหนดให้ (จากรูปที่ 5)

- r_1 เป็นช่วง O_2O_4 ความยาว 38 มิลลิเมตร
- r_2 เป็นช่วง O_2A ความยาว 12 มิลลิเมตร
- r_3 เป็นช่วง AB ความยาว 36 มิลลิเมตร
- r_4 เป็นช่วง O_4B ความยาว 20 มิลลิเมตร

อีกทั้งทำการทดลองปรับเปลี่ยนค่าความยาว ของกลไกชิ้นต่อโยง r_4 (O_4B) ให้มีความยาวเพิ่มขึ้นเป็น 30 มิลลิเมตร ซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการทดลองหามุมองศาการส่งถ่ายแรงของการกระพือปีกของหุ่นยนต์

จากรูปที่ 7 พบว่ากลไกชิ้นต่อโยง r_4 (O_4B) ความยาว 20 มิลลิเมตร จะมีมุมองศาการกระพือปีกอยู่ในช่วงประมาณ 45 องศา ถึง 125 องศา แต่ถ้าปรับความยาวของกลไกชิ้นต่อโยง r_4 (O_4B) เป็น 30 มิลลิเมตร พบว่าจะมีมุมองศาการกระพือปีกลดลง อยู่ในช่วงประมาณ 45 องศา ถึง 95 องศา ซึ่งได้ระยการกระพือปีกที่สั้นลง จึงเลือกใช้ค่าเงินที่กำหนดไว้

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้และการสร้างหุ่นยนต์กระพือปีก

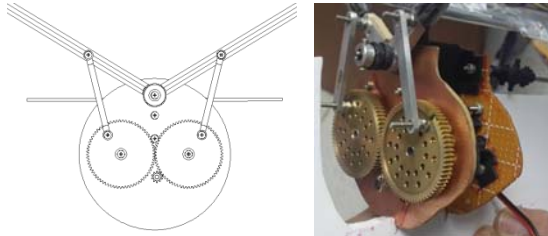
ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ที่นำมาสร้างหุ่นยนต์กระพือปีกโดยเน้นอุปกรณ์และวัสดุที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด คำนึงถึงขนาดและน้ำหนักของอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้ง

วัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาสร้างหุ่นยนต์กระพือปีก

- มอเตอร์บัสเลส 760 kV
 - แบตเตอรี่แบบ Li-Po 11.1 V 900 mAh
 - วิทยุบังคับพร้อมรีซีฟเวอร์ (Transmitter Receiver) แบบ 6 ช่องสัญญาณคลื่นความถี่ 2.4 GHZ
 - อาซีเซอร์ไวมอเตอร์ (RC Servo Motor) จำนวน 2 ตัว
 - ชุดสปีดคอนโทรลมอเตอร์บัสเลส BEC-5V/2A DC 7.4 – 14.8 V 35 A
 - โครงสร้างประกอบด้วย แผ่นปริ้น แผ่นและแท่งคาร์บอนไฟเบอร์ แผ่นพลาสติก และแผ่นฟิล์มติดปีก
- ระบบกลไกชุดเกียร์กระพือปีก

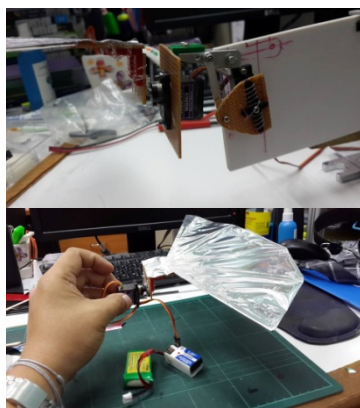
DRC-01

จากการทดสอบโดยใช้ชุดเฟืองพลาสติกขับกลไก กระพ้อปีกพบว่าพื้นเฟืองไม่สามารถทนแรงต้านจากการกระพ้อปีกของหุ่นยนต์ได้ พื้นเฟืองล้มสีกหรือจึงออกแบบและเปลี่ยนมาใช้ ชุดเฟืองทองเหลืองแทน ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ระบบกลไกชุดเกียร์กระพ้อปีกหุ่นยนต์

ออกแบบและสร้างชุดกลไกแพนหางควบคุมทิศทางของหุ่นยนต์และชิ้นโครงปีกหุ่นยนต์ด้วยแท่งคาร์บอนไฟเบอร์ แผ่นฟิล์มและเส้นเอ็นสำหรับตกปลา ขนาด 0.5 มิลลิเมตร รีดปีกเข้ารูปด้วยความร้อนตามลักษณะของโครงปีกทั้งสองข้าง ใช้กาวทาบริเวณปีกเพื่อติดแผ่นฟิล์มเข้ากับโครงปีกพร้อมติดเทปใส ตามรูปที่ 9 - 10



รูปที่ 9 ชุดกลไกควบคุมทิศทางแพนหางหุ่นยนต์

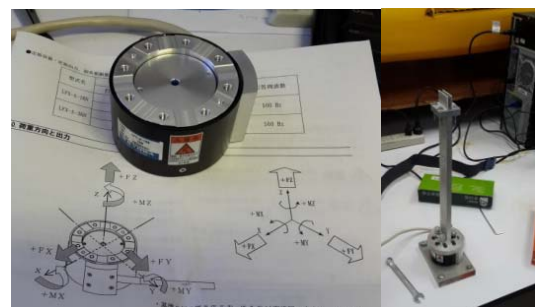


รูปที่ 10 หุ่นยนต์กระพ้อปีกควบคุมด้วยวิทยุบังคับ

ซึ่งความยาวของปีกรวมกันทั้ง 2 ข้าง มีความยาว 1300 มิลลิเมตร และความยาวลำตัวจากหัวถึงปลายหาง 570 มิลลิเมตร

2.5 ติดตั้งชุดทดสอบแรงและโมเมนต์จากการกระพ้อปีกของหุ่นยนต์

ผู้วิจัยทำการประกอบและติดตั้งชุดทดสอบวัดแรงและโมเมนต์ในแนวแกน X,Y,Z ดังรูปที่ 11 โดยใช้เครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์ 3 แกน ยี่ห้อ Kyowa รุ่น LFM-A-1KN (Force Transducers) เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกค่าและเก็บข้อมูลการทดลองวัดค่าของแรงและโมเมนต์จากแรงกระพ้อปีกของหุ่นยนต์ จำนวนแรงทั้งหมด 6 ชนิด คือ F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z โดยหัวหุ่นยนต์กระพ้อปีกอยู่ในแนวทิศทางของแกน X



รูปที่ 11 เครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์ 3 แกน (Force Transducers)



รูปที่ 12 ประกอบชุดหุ่นยนต์กระพ้อปีกเข้ากับชุดทดสอบแรงและโมเมนต์

DRC-01



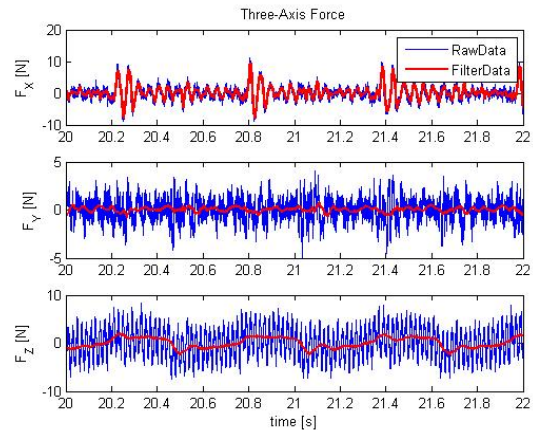
รูปที่ 13 เชื่อมต่อเครื่องมือวัดเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บบันทึกข้อมูล

3. การทดลอง

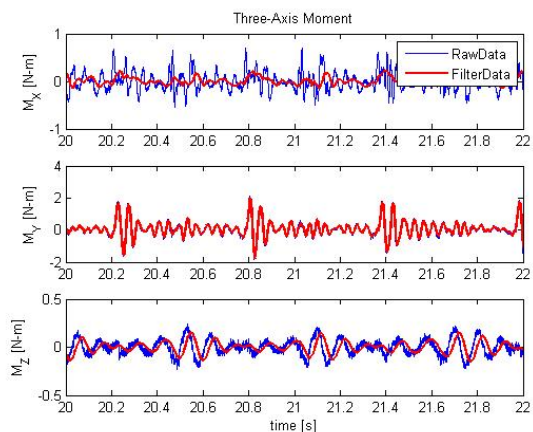
หลังจากผู้วิจัยทำการติดตั้งตัวหุ่นยนต์กระพือปีกเข้ากับเครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์ ติดตั้งชุดเชื่อมต่อสายสัญญาณ เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ จากทำการปรับตั้งค่าตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด แล้วทำการทดลองเก็บบันทึกค่า โดยข้อมูลในการเก็บบันทึกค่าประกอบจะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ 1) แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น ขณะกระพือปีก 2) แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นขณะกระพือปีก โดยมีลมกระทำด้านหน้า จากนั้นทำการวัดแรงที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักหุ่นยนต์ ขณะอยู่นิ่งไม่กระพือปีก เพื่อนำไปใช้ในการหักลบจากการทดลองแบบที่ 1 และ 2 ซึ่งจะได้แรงที่เกิดจากการกระพือปีกจริง

3.1 การทดลอง แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นขณะกระพือปีก

ผู้วิจัยได้ทดลองให้หุ่นยนต์กระพือปีก กระพือปีกเป็นเวลา 60 วินาที จำนวน 3 ครั้ง โดยควบคุมความเร็วในการกระพือปีกให้คงที่ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและกรองข้อมูล เพื่อให้สามารถมองเห็นแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน โดยยกตัวอย่างผลการทดลองครั้งที่ 1 แสดงดังรูปที่ 14 และ 15



รูปที่ 14 ผลทดลองครั้งที่ 1 แรงที่เกิดขึ้นใน 3 แกน

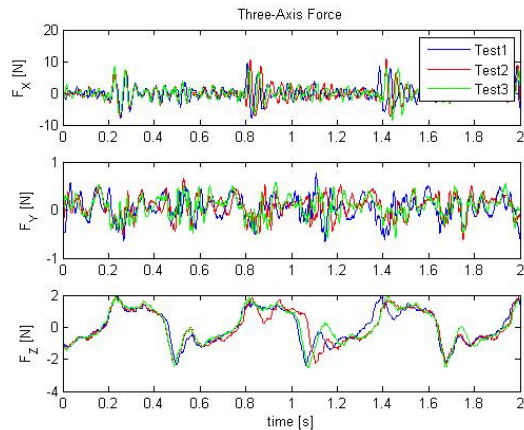


รูปที่ 15 ผลทดลองครั้งที่ 1 โมเมนต์ที่เกิดขึ้นใน 3 แกน

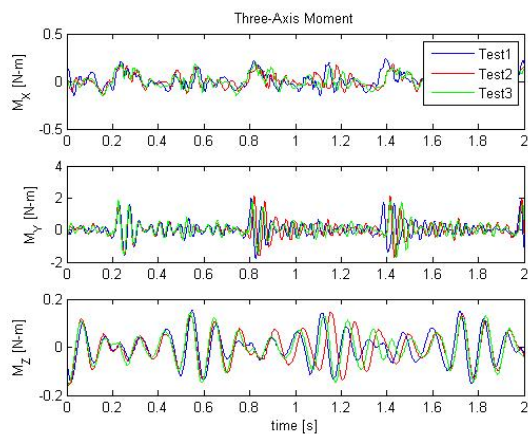
โดยจะพบว่าในรูปที่ 14 จะมีแรงเกิดขึ้นมากในแนวแกน F_x และ F_z ในช่วงประมาณ 2 นิวตัน ส่วนแรง F_y จะไม่มีแรงเกิดขึ้น ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นในแนวแกน F_x จะมีผลทำให้หุ่นยนต์กระพือปีกเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ส่วนแรงที่เกิดขึ้นในแนวแกน F_z จะมีผลทำให้เกิดแรงยกตัว จากการกระพือปีก

ในรูปที่ 15 จะมีโมเมนต์เกิดขึ้นมากในแนวแกน M_y อยู่ช่วงประมาณ 2 นิวตันเมตร (Pitch หมุนรอบแกน Y) เป็นแรงโมเมนต์ที่ทำให้หุ่นยนต์กระพือปีกมีลักษณะการเคลื่อนที่หมุนรอบแกน Y

DRC-01



รูปที่ 16 ผลทดลองรวมทั้ง 3 ครั้ง แรงที่เกิดขึ้นใน 3 แกน



รูปที่ 17 ผลทดลองรวมทั้ง 3 ครั้ง โมเมนต์ที่เกิดขึ้นใน 3 แกน

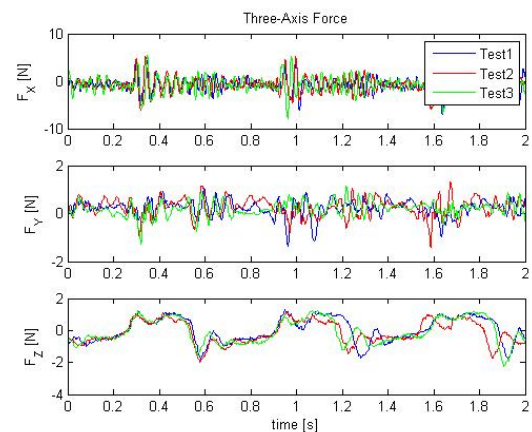
จากรูปที่ 16 และ 17 เป็นผลทดลองของแรงและโมเมนต์ ทั้ง 3 ครั้งและ 3 แกน นำมารวมเข้าด้วยกันเพื่อสังเกตความแตกต่าง ซึ่งพบว่า จากการทดลองทั้ง 3 ครั้งได้ผลการทดลองที่เหมือนกัน

3.2 การทดลอง แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นขณะกระพือปีกโดยมีลมกระทำด้านหน้า

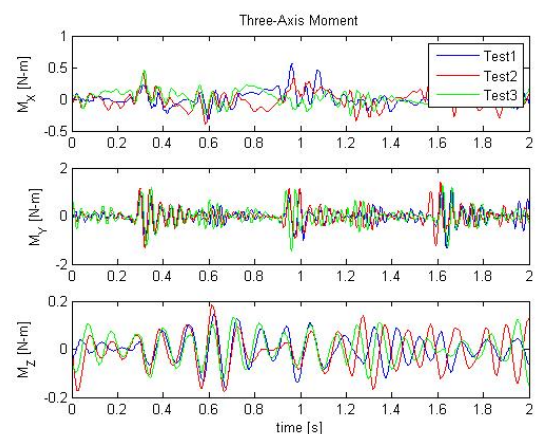
ผู้วิจัยทดลองผลของแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นขณะกระพือปีก โดยมีลมกระทำด้านหน้าหุ่นยนต์กระพือปีก โดยใช้พัดลมตั้งห่างจากด้านหน้าหุ่นยนต์กระพือปีก ประมาณ 2.60 เมตร และเปิดพัดลมที่เบอร์ 1 และวัดความเร็วลมเฉลี่ยที่ด้านหน้าหุ่นยนต์ ประมาณ 1.66 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 18 พัดลมและเครื่องมือวัดความเร็วลม



รูปที่ 19 ผลทดลองรวมทั้ง 3 ครั้ง แรงที่เกิดขึ้นใน 3 แกนขณะมีลมกระทำด้านหน้า



รูปที่ 20 ผลทดลองรวมทั้ง 3 ครั้ง โมเมนต์ที่เกิดขึ้นใน 3 แกนขณะมีลมกระทำด้านหน้า

จากผลการทดลอง จากรูปที่ 19 และ 20 พบว่า ความเร็วลมมีผลต่อแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น

DRC-01

ขณะกระพือปีก โดยจะเห็นแรงโมเมนต์ที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน ทั้ง 3 แนวแกน ซึ่งลักษณะของกราฟรูปคลื่นแกว่งมากกว่า รูปที่ 16 กับ 17 แต่แรงที่เกิดจากการกระพือปีกก็ยังคงมีแรงและโมเมนต์กระทำใกล้เคียงกับการทดลองแบบที่มี แบบกระพือปีกที่ไม่มีลมมากระทำด้านหน้าหุ่นยนต์

4. สรุป

จากผลการทดลอง เพื่อหาแรงยกและแรงผลักดันจากกระพือปีกของหุ่นยนต์กระพือปีกควบคุมด้วยวิทยุบังคับที่ได้ออกแบบและสร้าง และทดลองการวัดด้วยเครื่องมือวัดแรงและโมเมนต์ 3 แกน (Force Transducers) สรุปได้ว่า

4.1 มีแรงกระทำเกิดขึ้นในแนวแกน F_x และ F_z ค่าเฉลี่ยประมาณ 2 นิวตัน ส่วนแรงในแนวแกน F_y ไม่มีแรงเกิดขึ้น ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นในแนวแกน F_x จะมีผลทำให้หุ่นยนต์กระพือปีก เคลื่อนที่ไปข้างหน้า และแรงในแนวแกน F_z จะมีผลทำให้เกิดแรงยกตัวจากการกระพือปีกของหุ่นยนต์

4.2 มีแรงโมเมนต์กระทำเกิดขึ้นในแนวแกน M_y ค่าเฉลี่ยประมาณ 2 นิวตันเมตร หมุนในแนว Pitch รอบแกน Y เป็นแรงโมเมนต์ที่ทำให้หุ่นยนต์กระพือปีกมีลักษณะการเคลื่อนที่หมุนรอบแกน Y

ผลการทดลองครั้งนี้ จะนำไปพัฒนาปรับปรุงและจำลองการกระพือปีกของหุ่นยนต์ในคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาแรงที่จะทำให้เกิดการลอยตัวของหุ่นยนต์กระพือปีกในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

- ควรออกแบบและสร้างระบบชุดกลไกเฟืองเกียร์ขยับปีกให้อยู่ในแนวเดียวกับลำตัวหุ่นยนต์
- โครงสร้างและอุปกรณ์ควรจัดยึดให้แน่น เนื่องจากการทดสอบหุ่นยนต์จะมีการสั่นพอสสมควร นอตยึดอาจคลายตัวได้
- เลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา
- ควรพัฒนาขนาดของหุ่นยนต์กระพือปีกความกว้างปีกอยู่ระหว่าง 150 -300 มิลลิเมตร

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้จะสำเร็จลงไปได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดีจาก ดร.ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำข้อมูลทางวิชาการข้อเสนอแนะต่างๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งแนะนำไขงานวิจัยฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณท่านอธิการบดีมหาวิทยาลัยธนบุรีที่ให้ทุนในการศึกษาระดับปริญญาโทในครั้งนี้ อีกทั้งขอบคุณน้องๆ นักวิจัยประจำห้องปฏิบัติการระบบควบคุมและแมคคาทรอนิกส์ (CMLAB) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และศิษย์เก่าศิษย์ปัจจุบันของมหาวิทยาลัยธนบุรีที่ช่วยเหลือในการจัดทำงานชิ้นส่วนและให้กำลังใจอยู่เสมอ สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอมอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่ทุกท่านที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] พลากร ตันตระกูล และ ดร.เอกชัย เป็งวัง (2557). การออกแบบและวิเคราะห์ระบบกระพือปีกแบบปรับเปลี่ยนระยะได้สำหรับเครื่องบินขนาดเล็กในการบินแบบลอยตัว,การประชุมวิชาการทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและหุ่นยนต์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพฯ
- [2] ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอ้อม (2548). การศึกษาและออกแบบระบบควบคุมของหุ่นยนต์กระพือปีกเหมือนนก,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,
- [3] อุทัย นวลทิม (2547). การศึกษาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์กระพือปีก,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,

DRC-01

[4] สุวิทย์ ธรรมาวุฒิกุล (2546).การวิเคราะห์แรงทางอากาศพลศาสตร์ของหุ่นยนต์กระพือปีก, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,

[5] Hamilton H. Mabie and Charles F. Reinholtz(1987), *Mechanisms and Dynamics of Machinery*, 4nd edition, ISBN: 13978-0-471-80237-2, John Wiley & Sons, Inc.

[6] สถานีข่าว TNN24.บริษัท ไอทีวี จำกัด (มหาชน) (2557). ข่าว วิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี, [ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา

http://www.tnnthailand.com/news_detail.php?id=21630&t=news, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/02/2557.

[7] "Autonomous Flight of a 20-gram Flapping Wing MAV with a 4-gram Onboard Stereo Vision System", by C. De Wagter, S. Tijmons, B.D.W. Remes, and G.C.H.E. de Croon, Accepted at ICRA2014,URL: <http://www.delfly.nl/explorer.html>, access on 26/06/2014.