

บทที่ 3 โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์สี่ใบพัด

ในบทที่ผ่านมาเป็นทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน เพื่อทราบถึงหลักการต่างๆ ที่จำเป็นซึ่งสำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์สี่ใบพัดรวมทั้งข้อมูลเฉพาะของฮาร์ดแวร์ที่เลือกใช้ และเหตุผลที่เลือกใช้ฮาร์ดแวร์ชิ้นนั้นๆ อีกทั้งยังจะกล่าวถึงการออกแบบโปรแกรมควบคุมของหุ่นยนต์สี่ใบพัดที่ได้อาศัยหลักการต่างๆ ในบทที่ผ่านมาเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบในครั้งนี้

3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์สี่ใบพัด

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการสร้างหุ่นยนต์สี่ใบพัด ซึ่งต้องมีอุปกรณ์หลายๆ ส่วนอาทิเช่นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์, เซ็นเซอร์, มอเตอร์, ใบพัด เป็นต้น โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งลงบนโครงของหุ่นยนต์สี่ใบพัด ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เลือกใช้ดังนี้

3.1.1 โครงสร้างของหุ่นยนต์สี่ใบพัด

โครงหุ่นยนต์สี่ใบพัดผู้วิจัยเลือกใช้โครงยี่ห้อ Tarot รุ่น F-450 ดังในรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นที่นิยมใช้และหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ตัวโครงสร้างสามารถติดตั้งบอร์ดควบคุม, มอเตอร์, อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว และเซ็นเซอร์ได้ทันที อีกทั้งโครงสร้างในรูปที่ 3.1 ยังสามารถสร้างหุ่นยนต์สี่ใบพัดได้ทั้งแบบบวก (+) และแบบกากบาท (×) โดยคุณสมบัติต่างๆ ของโครงสร้างที่เลือกใช้นี้แสดงดังในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงหุ่นยนต์สี่ใบพัดยี่ห้อ Tarot รุ่น F450

ที่มา <http://cdn3.volusion.com/>

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติต่างๆ ของโครงสร้างหุ่นยนต์สี่ใบพัด

(ที่มา : <http://www.hobby-wing.com/>, 2557)

| Specification | Tarot รุ่น F450 |
|---------------------|--|
| Aircraft Model | FY450 |
| Weight | 282 g |
| Motor wheelbase | 450 mm |
| Take-off weight | 800 g ~ 1200 g |
| Propeller | 10 inch |
| Recommended Battery | Lithium Polymer 3 Sell (1500 mAh ~ 2600 mAh) |
| Recommended motor | 2212 ~ 2216 |
| Recommended ESC | 20 A ~ 30 A |

3.1.2 คุณสมบัติของใบพัด

การเลือกใช้ใบพัดเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการสร้างและพัฒนาหุ่นยนต์สี่ใบพัด เนื่องจากใบพัดจะเป็นอุปกรณ์ที่สร้างแรงยกโดยจะสัมผัสกับอากาศโดยตรง จะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สี่ใบพัดในเรื่องจากความเร็วรอบ, ความคงทน, ความคล่องตัว และประสิทธิภาพได้ โดยในท้องตลาดมีใบพัดให้เลือกใช้อยู่หลากหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นชนิดที่ผลิตจากพลาสติกในรูปที่ 3.2 (ก) และผลิตจากคาร์บอนไฟเบอร์ในรูปที่ 3.2 (ข) และสำหรับใบพัดแบบที่ผลิตจากไม้ในรูปที่ 3.2 (ค) ซึ่งใบพัดแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันและราคาสูงมากขึ้นไปตามลำดับ



(ก) ใบพัดแบบพลาสติก



(ข) ใบพัดแบบคาร์บอนไฟเบอร์

รูปที่ 3.2 ใบพัดแบบต่าง ๆ (ต่อ)

ที่มา <http://www.abcflying.com/store/>



(ค) ใบพัดแบบไม้



(ง) ใบพัดแบบสามใบ

รูปที่ 3.2 ใบพัดแบบต่าง ๆ (ต่อ)

ที่มา <http://www.abcflying.com/store/>

อีกทั้งใบพัดยังมีแบบสามใบดังในรูปที่ 3.2 (ง) ซึ่งให้ประสิทธิภาพที่แตกต่างกันโดยถ้าจำนวนใบพัดยิ่งมากจะมีประสิทธิภาพที่น้อยกว่า แต่สามารถสร้างกำลังสูงๆ ตามที่ต้องการได้ อีกทั้งการแกว่งหรือการรบกวนของใบพัดจะน้อยกว่าในแบบที่มีจำนวนใบน้อย ขนาดของใบพัดมีให้เลือกกันอยู่หลายขนาดด้วยกันต้องเลือกให้เหมาะสมกับขนาดของมอเตอร์ด้วย โดยผู้ผลิตมอเตอร์จะบอกขนาดของใบพัดที่เหมาะสมกับมอเตอร์นั้นๆ มาให้ ซึ่งสามารถศึกษาได้จากเว็บไซต์ของผู้ผลิตมอเตอร์โดยตรง และถ้าดูไปที่ขนาดของใบพัดจะเห็นว่าบนใบพัดจะมีขนาดกำกับไว้ อย่างเช่น 10×4.5 ซึ่งมีความหมายว่าเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความยาวของใบพัดมีค่าเท่ากับ 10 นิ้ว โดยเมื่อหมุนครบหนึ่งรอบใบพัดจะเคลื่อนที่ไปได้ 4.5 นิ้ว สำหรับในการหุ้ยนตส์ใบพัดนั้นจะต้องใช้ใบพัดทั้งมุมทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกา ซึ่งจะมีมุม Pitch ของใบพัดที่กลับทิศทางการหมุน

3.1.3 หลักการทำงานของมอเตอร์ไร้แปรงถ่านและการควบคุม

มอเตอร์ไฟฟ้าที่นำมาสร้างเป็นหุ่นยนต์สี่ใบพัดนั้นมีอยู่ด้วยกันหลักๆ สองชนิดคือ ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) และดีซีมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC Motor) โดยขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบว่าต้องการให้เครื่องบินรับน้ำหนักได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งมอเตอร์ดีซีไร้แปรงถ่านจะสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าแบบมอเตอร์ดีซีธรรมดา ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเน้นอธิบายในรายละเอียดของมอเตอร์ไร้แปรงถ่านที่นิยมใช้กันในกลุ่มของผู้ใช้มือสมัครเล่น (Hobby) เนื่องจากมีขนาดและยี่ห้อให้เลือกใช้มากมายพร้อมนำมาพัฒนาเพื่อติดใบพัดได้โดยไม่ต้องตัดแปลงเพิ่ม โดยทั่วไปแล้วมอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่านที่ประกอบไปด้วยแกนหมุนแม่เหล็กถาวร จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่หรือหมุนเมื่อมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นบริเวณรอบแกนและขดลวดที่พันอยู่ที่ขั้วของสเตเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมอเตอร์แบบนี้จะมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 9 โวลต์ขึ้นไป โดยมอเตอร์ที่เลือกใช้ในการ

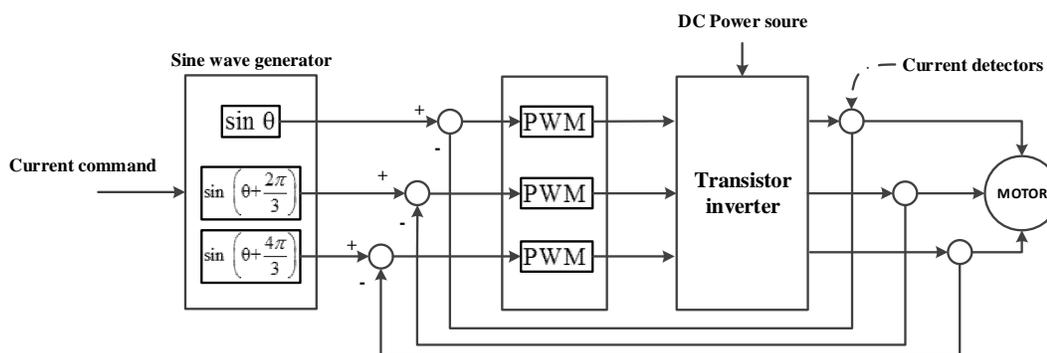
ออกแบบครั้งนี้มีแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ มอเตอร์ไร้แปรงถ่านจะมีคุณสมบัติที่มีแรงบิดและความเร็วสูง ซึ่งเหมาะสำหรับนำมาสร้างหุ่นยนต์สี่ขาบังคับโดยลักษณะของมอเตอร์ไร้แปรงถ่านแสดงดังในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน

ที่มา : <http://www.emaxmodel.com/>

สำหรับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่านนั้นจะเหมือนกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ซึ่งทำได้โดยปรับเปลี่ยนมอดูเลตความกว้างพัลส์ (PWM) ผ่านอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วยส่วนสร้างสัญญาณไซน์ ความกว้างพัลส์โดยผ่านวงจรทรานซิสเตอร์อินเวอร์เตอร์ ซึ่งวงจรนี้ได้รับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่



รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน

แล้วตรวจสอบความผิดพลาดผ่านด้วยตัวตรวจจับกระแส (Current detectors) เพื่อตรวจสอบสัญญาณ ไซน์ที่สร้างขึ้น จากนั้นป้อนกลับไปยังเอาต์พุตของส่วนสร้างสัญญาณ ไซน์เพื่อปรับปรุงระบบ โดย ส่วนสร้างสัญญาณ ไซน์ทำได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งบล็อกไดอะแกรมการทำงานของ อุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ไร้แปรงถ่านแสดงดังในรูปที่ 3.4 ทั้งนี้การเลือกใช้มอเตอร์, ตัว ควบคุมความเร็ว และใบพัดต้องให้เหมาะสมกัน ไม่เช่นนั้นอาจทำความเสียหายต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ โดยหลักเบื้องต้นสำหรับการเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วนั้นให้ดูที่ขนาดความยาวของใบพัด ถ้า หากใบพัดมีขนาดใหญ่จะกินกระแสมากให้เลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วที่มีกระแสสูง ๆ ซึ่งโดย ปกติจะเลือกไซน์ที่มีขนาดตั้งแต่ 20 A ขึ้นไปถึงประมาณ 40 A เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ควบคุม ความเร็วหรือมอเตอร์เสียหาย แต่ถ้าใบพัดมีขนาดเล็กให้เลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วที่มีขนาด ตั้งแต่ 10 A ไปจนถึง 20 A เพื่อลดค่าใช้จ่าย ซึ่งสำหรับการเลือกไซน์ทั้งตัวควบคุมความเร็วและมอเตอร์ ตามที่ผู้ผลิตโครงแนะนำนั้น ดังนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกใช้มอเตอร์ยี่ห้อ EMAX รุ่น GT2215 ดัง ในรูปที่ 3.5 และตัวควบคุมความเร็วยี่ห้อ Hobby Wing รุ่น Fly Fun 30 A ดังในรูปที่ 3.6 โดยมี คุณสมบัติต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ



รูปที่ 3.5 มอเตอร์ไร้แปรงถ่านยี่ห้อ EMAX รุ่น GT2215

ที่มา <http://www.emaxmodel.com/>

ตารางที่ 3.2 มอเตอร์ไร้แปรงถ่านยี่ห้อ EMAX รุ่น GT2215

(ที่มา: <http://www.emaxmodel.com/>, 2557)

| Specification | EMAX รุ่น GT2215 |
|-------------------|--------------------|
| Weight | 70 g |
| Stator dimensions | 22 mm × 15 mm |
| Stator diameter | 4 mm |
| Propeller | 10 inch × 4.7 inch |



รูปที่ 3.6 ตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์ยี่ห้อ Hobby Wing รุ่น Fly Fun 30 A
ที่มา <http://www.hobbywing.com/>

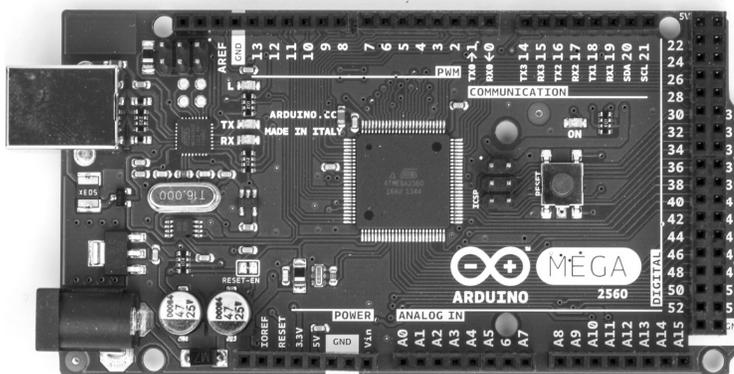
ตารางที่ 3.3 ตัวควบคุมความเร็วยี่ห้อ Hobby Wing รุ่น Fly Fun 30 A
(ที่มา: <http://www.hobbywing.com/>, 2557)

| Specification | Hobby Wing รุ่น Fly Fun 30 A |
|---------------|---|
| Output | Continuous 30 A, Burst 40 A up to 10 seconds |
| Input Voltage | 2-4 Cells Lithium Polymer or 5-12 Cells NiCd / NiMh Battery |
| BEC | 2 A / 5V Linear Mode BEC |
| PWM | 50 Hz – 432 Hz |
| Max Speed | 210000 Rpm for 2 Poles BLM, 70000 Rpm for 6 poles BLM, 35000 Rpm for 12 poles BLM (BLM = Brush Less Motor) |
| Size | 55 mm × 25 mm × 9 mm |
| Weight | 25.8 g |

3.1.4 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3

บอร์ด Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open source ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์โดยในตระกูลของบอร์ด Arduino ก็มีให้เลือกใช้อยู่หลายรุ่นจะแตกต่างกันไปตามจำนวนพอร์ตที่มีให้ใช้งาน หรือความจุของหน่วยความจำภายใน สำหรับในงานวิจัยชิ้นนี้เลือกใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 ดังในรูปที่ 3.7 เป็นบอร์ดขนาดกลางในตระกูล Arduino ที่ใช้ชิพ ATmega2560 มีความเร็ว 16 MHz และมีหน่วยความจำแฟลช 256 KB แรม 8 KB ใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V แรงดันไฟฟ้าของบอร์ดอยู่ที่ 5 V มีขาดิจิตอลอินพุตและเอาต์พุต 54 ขา เป็นสัญญาณ PWM 14 ขา มีขาแอนะล็อก 16 ขา ขาอนุกรม UART 4 ชุด และมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกด้วยโปรโตคอล I²C 1 ชุด และ SPI 1 ชุด โดยคุณสมบัติของบอร์ดแสดงในตารางที่

3.4 ซึ่งบอร์ดจัดหามาได้เป็นบอร์ดในเวอร์ชันที่ได้รับการปรับปรุงในรุ่นที่ 3 ได้เพิ่มขา SDA และ SCL ซึ่งอยู่ใกล้ขา AREF และอีกสองขาอยู่ใกล้กับขา Reset สำหรับขา IOREF จะช่วยปรับระดับแรงดันไฟฟ้าจากบอร์ดได้ และในอนาคตจะสามารถใช้ Shiled ของบอร์ดที่ใช้ AVR ที่มีแรงดันไฟฟ้า 5 V กับตระกูล Arduino Due ที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3 V ได้ และได้ปรับใช้วงจร Reset มีความทนทานมากขึ้น อีกทั้งภายในบอร์ดใช้ชิพ ATmega8U2 สำหรับอัปโหลดโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์เข้าบอร์ด ซึ่งชิพชนิดนี้เป็นชิพที่ทำหน้าที่แปลงจาก USB เป็น Serial



รูปที่ 3.7 บอร์ด Arduino Mega 2560

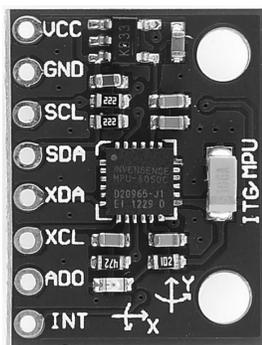
ที่มา www.arduino.cc

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของบอร์ด Arduino Mega 2560

| Specification | Arduino Mega 2560 R3 |
|-----------------------------|----------------------|
| Microcontroller | ATmega 2560 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7 – 12V |
| Input Voltage (limits) | 6 – 20V |
| Digital I/O Pins | 54 |
| Analog Input Pins | 16 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 256 KB |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |

3.1.5 ตัวตรวจวัดความความเร่งและความเร็วเชิงมุม เบอร์ MPU 6050

เซ็นเซอร์ (Sensor) ที่เลือกใช้ในงานวิจัยประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์วัดความเร่งและเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม ซึ่งในท้องตลาดก็มีให้เลือกใช้ด้วยกันหลายเบอร์ ผู้วิจัยเลือกใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งและความเร็วเชิงมุมเบอร์ MPU 6050 ของบริษัท InvenSense ดังในรูปที่ 3.8 ซึ่งเป็นบอร์ดสำเร็จพร้อมต่อขาออกมาใช้งานได้ทันที จะเห็นว่าเป็นชิปตัวเดียว ซึ่งภายในประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวในชิปตัวเดียว โดยเป็นเซ็นเซอร์วัดได้แบบ 3 แกน มีเอาต์พุตเป็นดิจิตอล ซึ่งเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรโตคอลแบบ I²C โดยเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม สามารถวัดความเร็วเชิงมุมได้ตั้งแต่ ± 250 , ± 500 , ± 1000 และ ± 2000 %/s ซึ่งสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้เลือกความเร็วเชิงมุมสูงสุดที่วัดได้ที่ ± 2000 %/s เพราะหุ่นยนต์สี่ใบพัดมีแรงเหวี่ยงสูง หากใช้ค่าความเร็วเชิงมุมสูงเกินไปจะทำให้การวัดความเร็วเชิงมุมไม่เพียงพอ ส่งผลให้เมื่อแปลงมุมจะมีความผิดพลาดได้ และสำหรับเซ็นเซอร์วัดความเร่ง สามารถวัดความเร่งได้ตั้งแต่ $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ และ $\pm 16g$ ซึ่งงานวิจัยนี้ก็เลือกใช้งานการวัดความเร่งที่ $\pm 4g$ เพราะเพียงพอต่อการวัดมุมที่เปลี่ยนไปในขณะหุ่นยนต์ทำการบินทั้งสองอ่านค่าทั้งหมด 3 แกนนำมาวัดมุม Roll, Pitch และ Yaw แต่สำหรับมุม Yaw นั้นใช้การวัดด้วยเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมเพียงอย่างเดียว โดยผ่านวิธีการแปลงค่ามุมด้วยการปริพันธ์



รูปที่ 3.8 เซ็นเซอร์วัด IMU เบอร์ MPU 6050

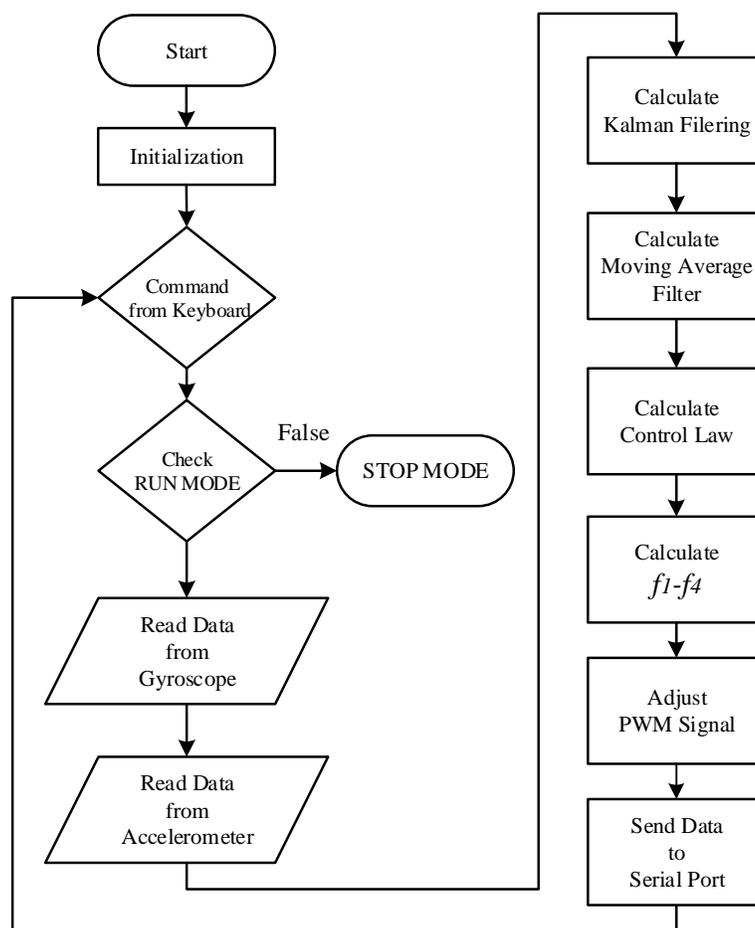
ที่มา blog.bitify.co.uk

3.2 การออกแบบและทดสอบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สี่ใบพัด

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการออกแบบโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สี่ใบพัดทั้งระบบควบคุมพีไอดีและระบบควบคุมแอลคิวอาร์ โดยใช้ตัวกรองสัญญาณเซ็นเซอร์วัด Kalman โดยเอาต์พุตจากตัวกรอง Kalman ผ่านตัวกรองสัญญาณ Moving Average อีกครั้งหนึ่งเพื่อลดสัญญาณรบกวน โดยเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 ซึ่งศึกษาและใช้ไลบรารีบางส่วนจาก Open source ของค่าย Aeroquad [14]

3.2.1 การทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สี่ใบพัด

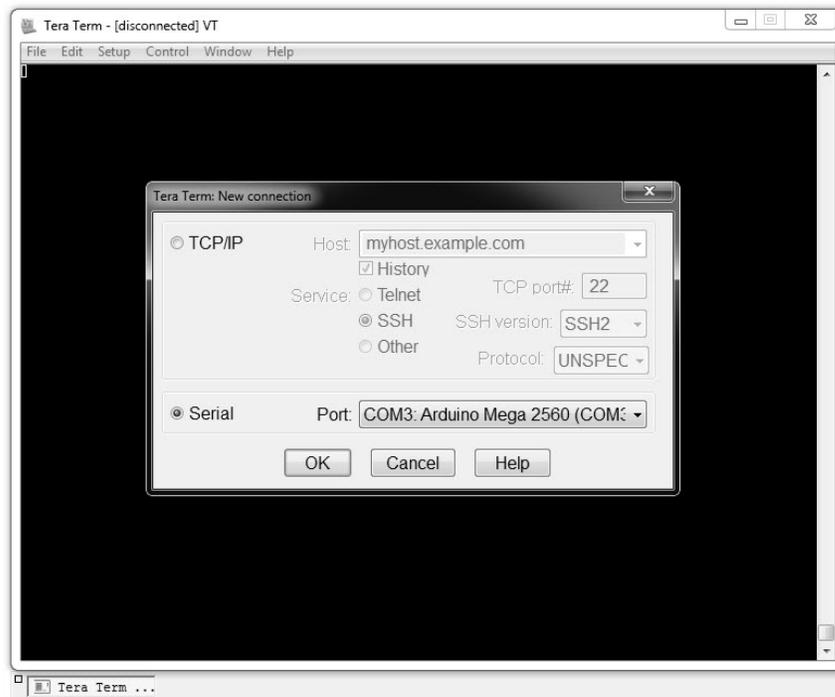
การทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สี่ใบพัดตาม Flow Chart ของโปรแกรมดังในรูปที่ 3.9 โดยเริ่มต้นด้วยกำหนดค่าเริ่มต้นอาทิเช่น ค่าอัตราบอด (Baud Rate) ชดเชยค่าความผิดพลาดของเซ็นเซอร์วัด , อ่านค่าเริ่มต้นให้กับตัวกรอง Kalman และกำหนดค่าอัตราขยายตัวควบคุม จากนั้นจะโปรแกรมจะเข้าสู่การวนรอบไม่รู้จบโดยเริ่มจากอ่านค่าคำสั่งจากคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์และจะทำการตรวจสอบโหมดทำงาน (RUN MODE) หากเป็นไม่เป็นจริงจะเข้าสู่โหมดหยุด (STOP MODE) แต่หากโหมดทำงานเป็นจริง โปรแกรมจะเริ่มอ่านค่าและแปลงค่าเซ็นเซอร์จากเซ็นเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมและเซ็นเซอร์วัดความเร่งตามลำดับ เมื่อได้ค่ามุมจากเซ็นเซอร์วัดทั้งสองแล้ว ค่ามุมทั้งสองจะถูกส่งไปคำนวณตัวกรอง Kalman ต่อไป แต่อย่างไรก็ตามค่าเอาต์พุตที่ได้ยังมีค่าความผิดพลาดในค่าที่สูงอยู่มาก ดังนั้นค่าเอาต์พุตที่ได้จากตัวกรอง Kalman จะถูกกรองอีกครั้งด้วยตัวกรอง Moving Average โดยกำหนดจำนวนของข้อมูลเท่ากับ 10 ซึ่งจะทำได้ค่ามุมที่เป็นเอาต์พุตมีความถูกต้องมากขึ้น จากนั้นโปรแกรมจะเริ่มส่งค่ามุมที่วัดได้ไปคำนวณตามกฎของการควบคุม ซึ่งในที่นี้ใช้การควบคุมแบบพีไอดีและแอดคิวนาร์ โดยคำนวณเทียบกับค่ามุมที่ต้องการที่อ่านค่าได้จากคีย์บอร์ด ทั้งนี้เมื่อคำนวณค่าสัญญาณควบคุมได้แล้ว แต่ยังไม่สามารถนำไปสั่งควบคุมมอเตอร์ได้เนื่องจากตัวควบคุมหนึ่งตัวต้องควบคุมมอเตอร์สองตัวด้วยกัน ดังนั้นต้องมีสมการที่ 4.7 ทำการแปลงสัญญาณควบคุมจากตัวควบคุมให้เป็นแรงยกของมอเตอร์แต่ละตัวและนำค่าที่ได้ไปปรับระดับของความกว้างพัลส์ เพื่อให้หุ่นยนต์สี่ใบพัดเคลื่อนที่ไปตามความต้องการ แต่ในการทดลองจำเป็นต้องนำค่าที่ถูกประมวลผลในโปรแกรมไปใช้เพื่อวิเคราะห์ผล ฉะนั้นต้องส่งค่าต่างๆ ออกไปทางพอร์ตอนุกรมเข้าคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บค่าและนำไปพล็อตกราฟ และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบควบคุมที่ออกแบบขึ้นต่อไป



รูปที่ 3.9 Flow Chart ของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สี่ล้อ

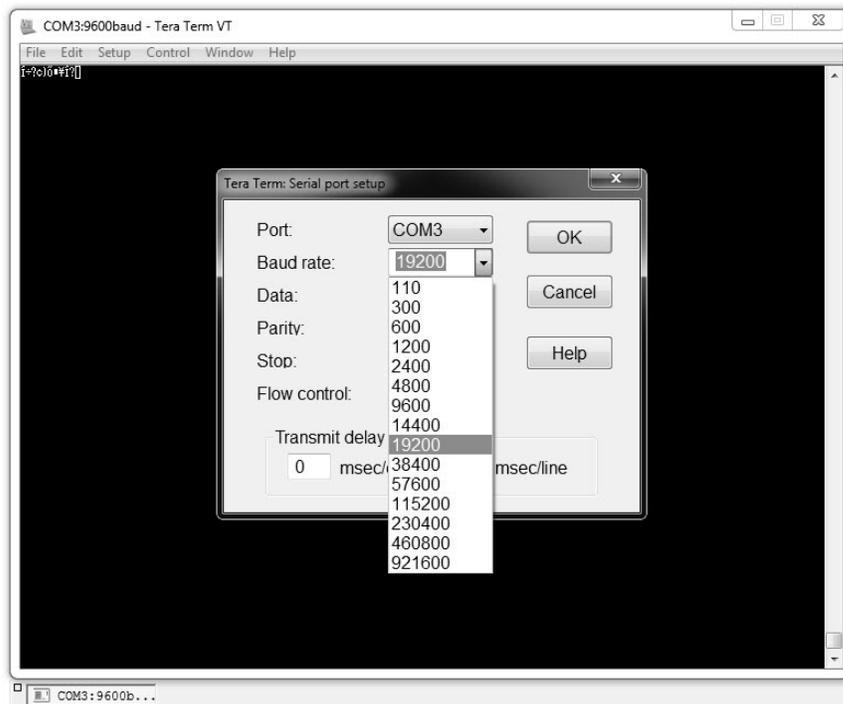
3.2.2 วิธีการทดลองระบบควบคุมหุ่นยนต์สี่ล้อ

วิธีการทดลองระบบควบคุมหุ่นยนต์สี่ล้อต้องเก็บค่าเอาต์พุตไปวิเคราะห์ผล ดังนั้นผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Tera Term ดังในรูปที่ 3.10 เป็นโปรแกรมสั่งงานจะเก็บค่าเอาต์พุตต่างๆ โดยจะเก็บเป็นไฟล์นามสกุล .txt และนำไปพล็อตกราฟในโปรแกรม MATLAB ต่อไป



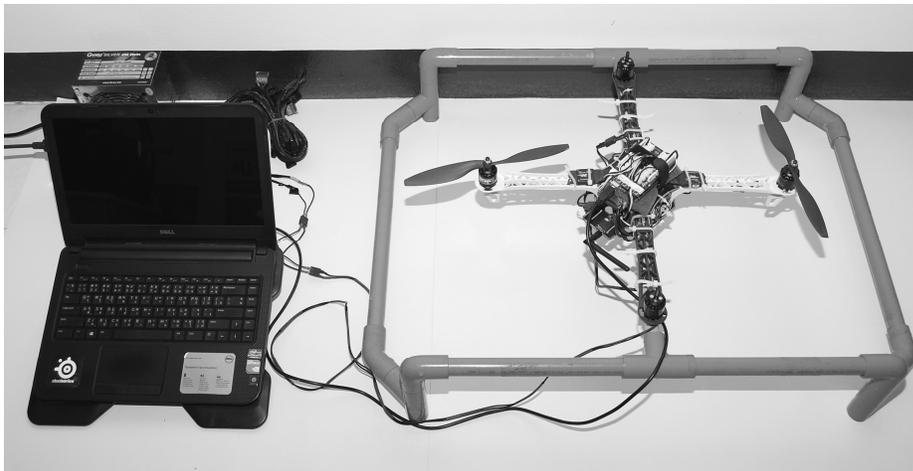
รูปที่ 3.10 โปรแกรม Tera Term

โดยก่อนเริ่มต้อนใช้งานต้องกำหนดค่าเชื่อมต่อแบบ Serial กำหนดค่าบอดเรตให้มิกำลังตรงกับโปรแกรมในหุ่นยนต์สี่ไบพัด ซึ่งในที่นี้กำหนดไว้ที่ 19200 bps ดังในรูปที่ 3.11

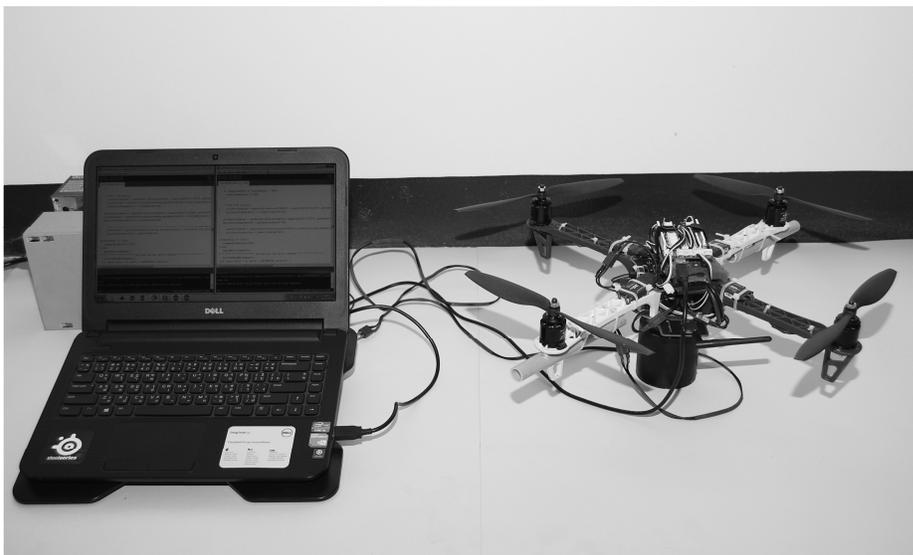


รูปที่ 3.11 การกำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อและอัตราบอดเรต

สำหรับการทดลองจะประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปที่ 3.12 และ 3.13 โดยกำหนดสัญญาณอินพุตในแต่ละมุมให้หุ่นยนต์เปลี่ยนทิศทางต่างๆ ตามสัญญาณอินพุต



รูปที่ 3.12 การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองพร้อมเก็บผลการทดลองสำหรับการควบคุมมุม Roll และ Pitch



รูปที่ 3.13 การติดตั้งอุปกรณ์ทดลองพร้อมเก็บผลการทดลองสำหรับการควบคุม Yaw