โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง

ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติ

Automatic Drone Wireless Mesh Network

โดย

นายปริญญา เปียพนม

5510500361

พ.ศ. 2558

ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติ

Automatic Drone Wireless Mesh Network

โดย

นายปริญญา เปียพนม 5510500361

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา .... วันที่ ...... เดือน .... พ.ศ. ....

(รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)

... วันที่ ...... เดือน .... พ.ศ. ....

(ผศ.ดร.ชัยพร ใจแก้ว)

... วันที่ ...... เดือน .... พ.ศ. ....

(ผศ.ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง)

หัวหน้าภาควิชา **... วันที่ ...... เดือน .... พ.ศ. ....**

(รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)

นายปริญญา เปียพนม ปีการศึกษา 2558
ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติ
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์) ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

จากปัญหาการรับส่งข้อมูลในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก และไม่มีสัญญาณอินเตอร์เน็ตทำให้ต้องใช้สถานีตัวกลางในการรับส่งข้อมูลเป็นช่วงต่อกัน แต่สถานีตัวกลางนี้อาจเกิดปัญหาขึ้นได้ และการที่จะเข้าไปแก้ไขปัญหาอาจทำได้ยากหรือเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมาก อีกปัญหาที่สำคัญคือสถานีตัวกลางไม่มีความยืดหยุ่นในการรับส่งข้อมูล โครงงานนี้จึงได้พัฒนาระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติ ซึ่งโดรนเป็นตัวกลางเชื่อมต่อรับส่งข้อมูลแทนที่สถานี โดรนสามารถสร้างเครือข่ายได้อย่างอัตโนมัติเพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทางได้ โดยแบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนโปรแกรมควบคุมภาคพื้นดิน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโดรนเบื้องต้น และส่วนโปรแกรมบนอุปกรณ์โดรน ทำหน้าที่คิดและสั่งการบินไปยังจุดที่เหมาะสม ส่งผลให้หากมีโดรนตัวหนึ่งขาดจากสัญญาณ ระบบยังคงสามารถรับส่งข้อมูลได้

คำสำคัญ Quadrotor, Wireless Mesh Network, Ad hoc, OLSR, Routing Protocol, GPS

Parinya Peapanom Academic Year 2015

Automatic Drone Wireless Mesh Network

Bachelor Degree in Computer Engineering. Department of Computer Engineering.

Faculty of Engineering, Kasetsart University.

Abstract

Data communication over remote areas that lack signal coverage requires intermediary stations to communicate hop by hop. These intermediary stations may still fail to operate, which can be difficult and/or expensive to repair. Another problem is that the intermediary stations are fixed, so they are not suitable for temporary connectivity. This project has developed a wireless network using automated drones as intermediaries to communicate instead of fixed stations. These drones establish a mesh network automatically in order to transfer data from source to destination. We divide the developing process into two main parts. The first is developing software for ground control, which controls the basic operation of the drones. The second is the preliminary program on the drones. It calculates and distributes commands to other drones so that they will move to designated waypoints. As a result, connectivity is still available even when one drone's signal is lost.

Keywords: Quadrotor, Wireless Mesh Network, Ad hoc, OLSR, Routing Protocol, GPS

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม ผศ.ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และ ผศ.ดร.ชัยพร ใจแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานทั้งสามท่านได้ให้คำแนะนำ แนวคิด และข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดจนช่วยแนะแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องและปัญหาที่พบเจอในระหว่างทำโครงงาน ทางผู้พัฒนาจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยในเรื่องของการจัดหาอุปกรณ์และห้องสำหรับการพัฒนาโครงงาน รวมถึงทุนสนับสนุนในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณ ดร.ไชยวัฒน์ กล่ำพล อาจารย์ประจำห้องปฏิบัติการวิจัย ISAAC ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ สมาชิกห้องปฏิบัติการทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำโครงงาน รวมถึงคำแนะนำในการพัฒนาโครงงาน

ขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้มอบทุนอุดหนุนโครงงานการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 ในบางส่วน ให้แก่ผู้พัฒนาโครงงานระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติ

ขอขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือท่านอื่นๆ สมาชิกห้องปฏิบัติการเครือข่ายไร้สาย (IWING) ทุกท่าน รวมไปถึงเพื่อนนิสิตและอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายปริญญา เปียพนม

ผู้จัดทำ

สารบัญ

บทคัดย่อ iii
Abstract iv
กิตติกรรมประกาศ v
สารบัญภาพ ix
สารบัญตาราง x

1. บทนำ 1
1.1. วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.2. ขอบเขตของโครงงาน 3
1.3. ประโยชน์ที่ได้รับ 3
2. ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง 4
2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.2. งานที่เกี่ยวข้อง 7
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน 8
3.1. ระบบปฏิบัติการ 8
3.2. ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา 8
3.3. ซอฟต์แวร์และไลบรารี 8
3.4. ฮาร์ดแวร์ 9
4. วิธีการดำเนินโครงงาน 12
4.1. ภาพรวมของระบบ 12
4.2. รายละเอียดของระบบที่พัฒนา 14
4.3. องค์ประกอบโดยรวมของระบบ 15
4.4. ขั้นตอนการพัฒนา 18
5. ผลการดำเนินโครงงานและวิจารณ์ 19
5.1. สภาพแวดล้อมในการทดสอบ 19
5.2. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล 20
6. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอ 22

6.1. ข้อสรุป 22
6.2. ปัญหาและอุปสรรค 22
6.3. แนวทางการพัฒนาต่อ 23
6.4. ข้อเสนอแนะ 23
7. บรรณานุกรม 25
8. ภาคผนวก 27
8.1. คู่มือการติดตั้ง 27
8.2. คู่มือการใช้งาน 32
9. ประวัตินิสิต 35

สารบัญภาพ

รูปที่ 1.1 เครือข่ายไร้สายแบบสถานีตายตัว 2
รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อแบบ Ad-hoc 4
รูปที่ 2.2 เทคโนโลยี OLSR 5
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างอากาศยาน UAV 6
รูปที่ 3.1 หน้าจอของโปรแกรม Mission Planner 9
รูปที่ 3.2 Banana Pi M1+ 10
รูปที่ 3.3 Quad Rotor Drone 11
รูปที่ 3.4 รีโมทบังคับ Futaba F8J 11
รูปที่ 4.1 ภาพรวมของระบบ 12
รูปที่ 4.2 Command Line Interface ที่ใช้สั่งงานของผู้ใช้ 13
รูปที่ 4.3 โครงสร้างการเชื่อมต่อของโดรน 13
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างเซ็นเซอร์ 14
รูปที่ 4.5 องค์ประกอบโดยรวมของระบบ 15
รูปที่ 4.6 โดรนขนาด 4 ใบพัด 16
รูปที่ 5.1 (ก) การทดสอบการบินอัตโนมัติ 19
รูปที่ 5.1 (ข) การแทนตำแหน่งของโดรน เมื่อขาดจากสัญญาณ 19
รูปที่ 5.2 การจำลองสร้างเครือข่าย 20
รูปที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการส่งข้อมูลกับเวลา 21
รูปที่ 8.1 Create new Wi-Fi Network 26
รูปที่ 8.2 การตั้งชื่อเครือข่าย 27
รูปที่ 8.3 การแก้ไขเครือข่าย 27
รูปที่ 8.4 การตั้งค่า IP 28
รูปที่ 8.5 การเขียน image file ลง SD Card 28

สารบัญตาราง

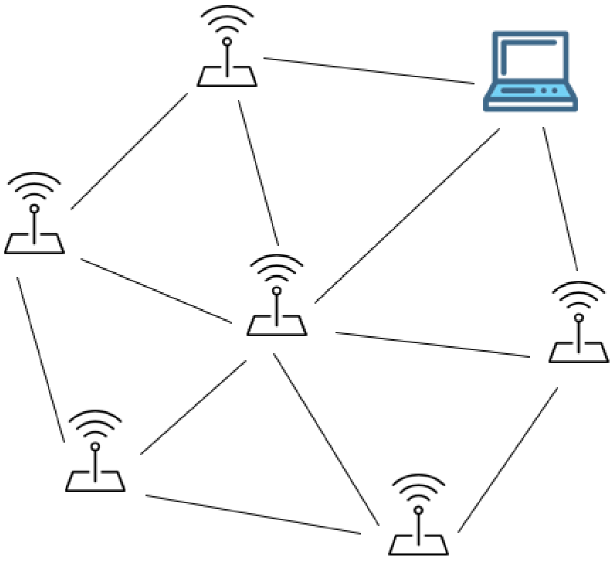
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของ Banana Pi M1+..10

1 บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการส่งข้อมูลไร้สายเป็นที่แพร่หลายมาก ซึ่งการส่งข้อมูลแบบไร้สายต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ตัวกลางไว้ล่วงหน้า มักจะมีตำแหน่งที่ตั้งตายตัวไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ในการส่งข้อมูลแบบนี้มีข้อจำกัดว่าตัวรับส่งสัญญาณจะอยู่กับที่ตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 1.1 หากเกิดเหตุขัดข้องกับอุปกรณ์ต้องการแก้ไขก็จะต้องใช้คนลงพื้นที่ไปแก้ไข บางครั้งพื้นที่เหล่านั้นอาจเป็นป่าไม้ ภูเขา หรือบริเวณที่ยากต่อการเข้าถึง หากตัวกลางในการรับส่งข้อมูลนั้นสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งให้เหมาะสมได้ น่าจะมีความยืดหยุ่นในการรับส่งข้อมูลมากขึ้น จึงได้มีการใช้เทคโนโลยีการบินไร้คนขับขนาดเล็กหรือโดรนเข้ามาประยุกต์เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูล ซึ่งโดรนสามารถเคลื่อนที่และเปลี่ยนตำแหน่งได้อย่างเหมาะสมทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการรับส่งข้อมูล

โครงงานนี้เป็นโครงงานต่อเนื่องของโครงงานระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรน ซึ่งพัฒนาโดยนายณัฐวุฒิ เอื้อศักดิ์สุภา [8] นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยส่วนที่ได้พัฒนาไปแล้วได้แก่ ส่วนของการรับส่งข้อมูลบนตัวโดรนสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายได้ และการควบคุมโดรนผ่านตัวคอนโทรนเลอร์ แต่โครงงานดังกล่าวต้องใช้การบังคับควบคุมโดรนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ จึงจะสามารถรับส่งข้อมูลได้ ไม่สามารถทำได้อย่างอัตโนมัติ จึงได้คิดพัฒนาโครงงานให้โดรนสามารถบินไปถึงเป้าหมายและสร้างเป็นเครือข่ายได้อย่างอัตโนมัติ หากมีโดรนตัวใดตัวหนึ่งหายไปหรือหลุดการเชื่อมต่อ โดรนที่เหลือก็จะตรวจจับตำแหน่งของโดรน เพื่อดูระยะทางจากโดรนตัวอื่น เปลี่ยนรูปแบบใหม่อัตโนมัติและค้นหาเส้นทางใหม่ เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลถึงกันได้อีกครั้งหนึ่ง

การจัดทำระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติจะช่วยให้ผู้ที่ใช้งานการรับส่งข้อมูลในระยะไกลและเป็นพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก มีความสะดวกสบายมากขึ้น



รูปที่ 1.1 เครือข่ายไร้สายแบบสถานีตายตัว

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อสร้างเมชเน็ตเวิร์คของโดรนเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการส่งข้อมูลในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก
2. เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการบำรุงรักษาสถานีตัวกลาง และอุปกรณ์ตัวกลางในการรับส่งข้อมูลที่มีราคาแพง
3. เพื่อแก้ไขปัญหาการเชื่อมต่อแบบสถานีตายตัว ไม่ยืดหยุ่นต่อการรับส่งข้อมูล
4. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีในการรับส่งข้อมูลโดยใช้โดรนในการบินอัตโนมัติ
5. เพื่อเป็นพื้นฐานของแนวคิดการต่อยอดพัฒนาการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายบนอุปกรณ์ที่ยืดหยุ่นต่อการรับส่งข้อมูล
6. เพื่อเป็นพื้นฐานของแนวคิดในการพัฒนาโพรโทคอลค้นหาเส้นทางเมื่อมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้อง

1.2 ขอบเขตของโครงงาน

การพัฒนาระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติมีขอบเขตและข้อจำกัดในการพัฒนา ดังต่อไปนี้

1.2.1 ขอบเขตของโครงงาน

- โดรนสามารถบินไปยังเป้าหมายในพื้นที่ที่ต้องการ และสร้างเครือข่ายได้อย่างอัตโนมัติ
- โดรนสามารถวิเคราะห์ตำแหน่งของโดรนแต่ละตัว และปรับเปลี่ยนรูปแบบใหม่เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ เมื่อมีโดรนตัวอื่นขาดจากการเชื่อมต่อ
- โดรนสามารถรับส่งข้อมูลจากต้นทางไปถึงปลายทางได้อย่างถูกต้อง

1.2.2 ข้อจำกัดของโครงงาน

- โปรแกรมที่พัฒนาใช้ได้ในระบบปฏิบัติการ Linux
- ระยะการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้งาน สภาพแวดล้อม และสัญญาณรบกวนขณะนั้น
- การรับส่งข้อมูล และการประมวลผลการสร้างเครือข่ายบนตัวโดรน ทำให้มีการใช้พลังงานจากตัวโดรนมากขึ้น อาจทำให้โดรนบินได้ระยะเวลาน้อยลง
- การนำโดรนขึ้นบินแต่ละครั้งต้องมีระบบรักษาความปลอดภัยคือต้องใช้รีโมทในการนำขึ้นบินก่อนเสมอ เพื่อให้สลับมาเป็นรีโมทได้เวลาฉุกเฉิน

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ผู้ใช้งานสามารถติดต่อรับส่งข้อมูลในพื้นที่ที่ต้องการได้
2. ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก
3. มีความสะดวกในการรับส่งข้อมูล
4. ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์

2 ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

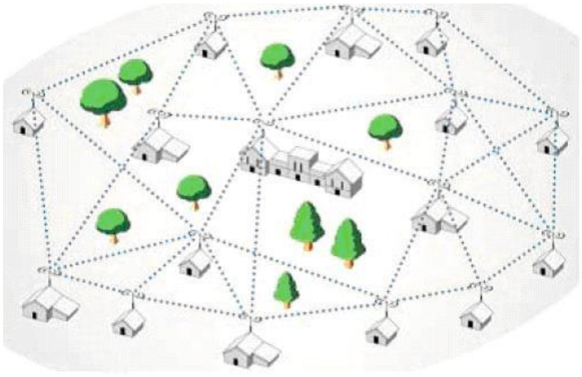
2.1.1 เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย

เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายทำให้อุปกรณ์ในระบบเครือข่ายสามารถติดต่อสื่อสารถึงกันได้ ผ่านสัญญาณวิทยุย่านความถี่ 2.4 ถึง 5 GHz ซึ่งเป็นมาตรฐานการสื่อสารไร้สาย IEEE 802.11 และแบ่งเป็นมาตรฐานย่อยคือ IEEE 802.11 a, b, g, n และ ac

- IEEE 802.11a เครือข่ายไร้สายย่านความถี่ 5 GHz ความเร็วในการรับส่งข้อมูล 54 Mbps สามารถปรับความเร็วให้ช้า เพื่อได้ระยะทางในการเชื่อมต่อเพิ่มมากขึ้นได้ แต่ในบางประเทศไม่อนุญาตให้ใช้งานย่านความถี่ 5 GHz ต่างจากคลื่นย่านความถี่ 2.4 GHz
- IEEE 802.11b เป็นมาตรฐานที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากอุปกรณ์แต่ละยี่ห้อ ต้องได้รับการตรวจสอบว่าสามารถทำงานร่วมกันได้ โดย IEEE 802.11b จะมีคลื่นในย่านความถี่ 2.4 GHz มีความสามารถในการรับส่งข้อมูล 11 Mbps
- IEEE 802.11g เป็นเครือข่ายไร้สายในย่าน 2.4 GHz มีความสามารถในการรับส่งข้อมูล 36 – 54 Mbps ซึ่งเร็วกว่า IEEE 802.11b
- IEEE 802.11n เป็นเครือข่ายไร้สายในย่าน 2.4 และ 5 GHz รองรับความเร็ว 300 – 450 Mbps โดยมาตรฐาน 802.11n สามารถทำงานร่วมกับ b และ g ได้ โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพลดลง
- IEEE 802.11ac เป็นเครือข่ายไร้สายในย่าน 5 GHz ให้ประสิทธิภาพแบบหลายช่องสถานี รองรับความเร็ว 433.3 Mbps

2.1.2 เครือข่ายแบบ Ad hoc

เป็นเครือข่ายแบบชั่วคราวและไม่มีจุดศูนย์กลาง [1] ดังรูปที่ 2.1 เหมาะสำหรับใช้กับอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการติดคงที่ตายตัว โดยตัว Ad hoc จะไม่มีตัวกลางคอยควบคุม ทุกตัวเป็นอิสระต่อกันและสามารถสื่อสารกันได้ทันที Ad hoc เป็นเน็ตเวิร์คที่ไม่มีโครงสร้างพื้นฐานใช้ในงานฉุกเฉินต่างๆ ที่ต้องการเน็ตเวิร์คในขณะนั้น Ad hoc สามารถสร้างขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และทันที ช่วยให้ประหยัดงบประมาณในการสร้างเครือข่าย

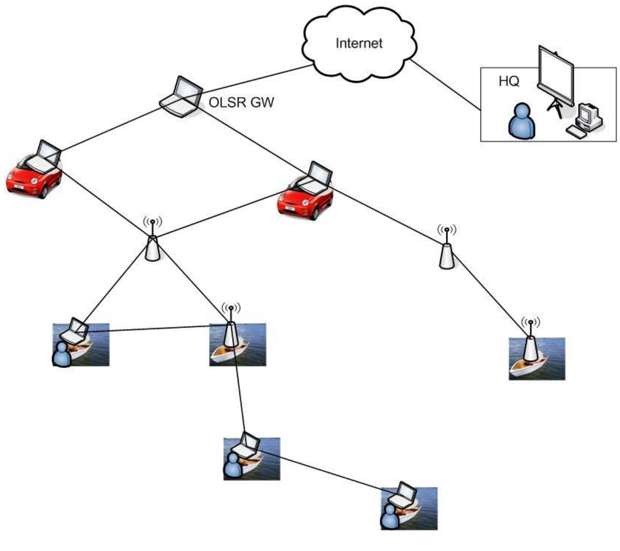


รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อแบบ Ad-hoc

[ที่มา: https://suntos.files.wordpress.com/2009/12/roof_top1.jpg]

2.1.3 โพรโทคอลค้นหาเส้นทาง OLSR

OLSR (Optimized Link State Routing Protocol) เป็นโพรโทคอลค้นหาเส้นทางในการส่งข้อมูลของการเชื่อมต่อแบบไร้สาย [2] ดังรูปที่ 2.2 โดยจะแลกเปลี่ยน Routing Table ระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่าย และมีการหาเส้นทางแบบจำนวนฮอบที่สั้นที่สุด ลักษณะจะคล้ายกับ Spanning Tree Protocol ของอุปกรณ์ สวิตซ์ ถ้ามีเส้นทางหนึ่งขาดหายไปก็จะค้นหาเส้นทางใหม่ในการเชื่อมต่อได้ OLSR สามารถประยุกต์ใช้ได้ในเครือข่ายหลายแบบ เช่น การใช้งานกับ Ad hoc Network จะช่วยให้สามารถค้นหาเส้นทางและส่งข้อมูลแบบไร้สายได้



รูปที่ 2.2 เทคโนโลยี OLSR

[ที่มา: http://dumbo2.interlab.ait.asia/fck-files/image/Activity%20Plan%20OLSR.jpg]

2.1.4 เทคโนโลยี UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

UAV หรือ อากาศยานไร้คนขับ [5] ตัวอย่างดังรูปที่ 2.3 โดยสามารถควบคุมได้จากอุปกรณ์ภายในที่สั่งการบินอัตโนมัติ หรือจากรีโมทควบคุม โดยทั่วไปแล้ว UAV จะหมายถึงโดรน ซึ่งในปัจจุบันมีการนำ UAV มาประยุกต์เข้าใช้กับงานที่หลากหลาย เช่น งานด้านการทหาร งานด้านภูมิศาสตร์ งานสำรวจพื้นที่ต่างๆ และการขนส่งพัสดุ เนื่องจากสามารถบินได้ในสามมิติ และมีความคล่องตัวในการบินสูง โดยลักษณะการใช้งานต่างๆ สามารถติดตั้งโปรแกรมเพื่อให้บินไปยังเส้นทางที่กำหนดได้ หรือวางแผนการบินเพื่อทำภารกิจบางอย่าง หรือใช้วิธีการบังคับจากอุปกรณ์สมาร์ทโฟน ซึ่ง UAV ก็มีหลากหลายประเภท ขึ้นอยู่กับการใช้งานและวัตถุประสงค์ โดยหลักๆอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ แบบปีกคงที่ เช่น เครื่องบิน และแบบปีกหมุน เช่น เฮลิคอปเตอร์ หรือโดรน

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างอากาศยาน UAV

[ที่มา: http://rdcnewscdn.realtor.com/wp-content/uploads/2015/09/drone.jpg]

2.1.5 ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)

ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก หรือ GPS (Global Positioning System) คือ ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลก [6] โดยคำนวณจากความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ถูกส่งมาจากดาวเทียม ทำให้สามารถระบุตำแหน่งได้ทั่วโลก โดยดาวเทียมประเภทนี้โคจรอยู่ในระดับกลาง ความแม่นยำของ จีพีเอสควรใช้ดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงขึ้นไป แต่ก็มีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อความถูกต้องของการระบุตำแหน่งจีพีเอส เช่น การเรียงตัวของดาวเทียม วิธีการวิเคราะห์ตำแหน่ง ชั้นบรรยากาศ คุณภาพข้อมูลจากดาวเทียม ผลกระทบการสะท้อนของสัญญาณ สัญญาณรบกวน และความสามารถในการกรองข้อมูล เป็นต้น

2.2 งานที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การประยุกต์ใช้ UAV ในงานต่างๆ

ในปัจจุบัน UAV มีความสำคัญมากในการประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ อาทิเช่น การนำกล้องมาติดที่ตัว โดรนเพื่อถ่ายภาพหรือวีดีโอทางอากาศ การประยุกต์ใช้ในงานด้านเกษตร การนับจำนวนต้นไม้โดยใช้หลักการวิเคราะห์รูปภาพ การออกสำรวจพื้นที่ทางอากาศ การช่วยเหลือกู้ภัยในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้โดรนในงานต่างๆ ได้แก่ ตำรวจภูธรจังหวัดระยองใช้โดรนบินสำรวจพื้นที่ [10] โดยเริ่มทดลองใช้โดรนตรวจสอบสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่ถูกบุกรุก มลพิษต่างๆที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งโดรนที่ใช้จะมีเซนเซอร์ต่างๆ คอยตรวจจับมลพิษ การถ่ายภาพสามมิติของภูเขาไฟจากโดรน [11] ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึงเพราะมีถ่านลาวาร้อนอยู่ภายในปล่องภูเขาไฟ อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ในพื้นที่รอบๆ โดยนำกล้องที่มีคุณภาพลักษณะเฉพาะติดที่ตัวโดรนและทำแผนที่อย่างละเอียด

2.2.2 ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรน

โครงงานประยุกต์ใช้โดนเพื่อสร้างเครือข่าย ซึ่งพัฒนาโดย นาย ณัฐวุฒิ เอื้อศักดิ์สุภา [8] นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยเนื้อหาของโครงงานจะเกี่ยวข้องกับ โดรนจะรับคำสั่งจากสถานีต้นทางและทำการบินไปยังจุดที่กำหนด ทำการสร้างเครือข่ายและรับส่งข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทางได้

3 เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน

3.1 ระบบปฏิบัติการ

3.1.1 Ubuntu 14.04

เป็นระบบปฏิบัติการลินุกซ์ที่ใช้พัฒนาโปรแกรมภาษา Python และใช้ในการติดต่อสื่อสารและรับส่งข้อมูลกับตัวโดรน

3.1.2 Bananian Linux

เป็นระบบปฏิบัติการลินุกซ์ที่ติดตั้งบนตัว Banana Pi M1 + ใช้ในการสื่อสารข้อมูล สั่งการตัวควบคุมโดรน ใช้งานโปรแกรมติดต่อกับตัวโดรน และไลบรารี OLSR

3.1.3 Windows 10

เป็นระบบปฏิบัติการใช้ในการตั้งค่าพื้นฐานของตัวโดรนในโปรแกรม Mission Planner เช่น ความเร็วรอบมอเตอร์ การปรับค่าความเอียง และตำแหน่งของโดรน

3.2 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา

3.2.1 ภาษาไพธอน (Python)

ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมที่โดรนแต่ละตัวใช้สื่อสารและสั่งงานโดรนตัวอื่น รวมทั้งการค้นหารูปแบบการสร้างเครือข่ายใหม่ที่เหมาะสม

3.3 ซอฟต์แวร์และไลบรารี

3.3.1 ไลบรารี OLSR (Optimized Link State Routing Protocol)

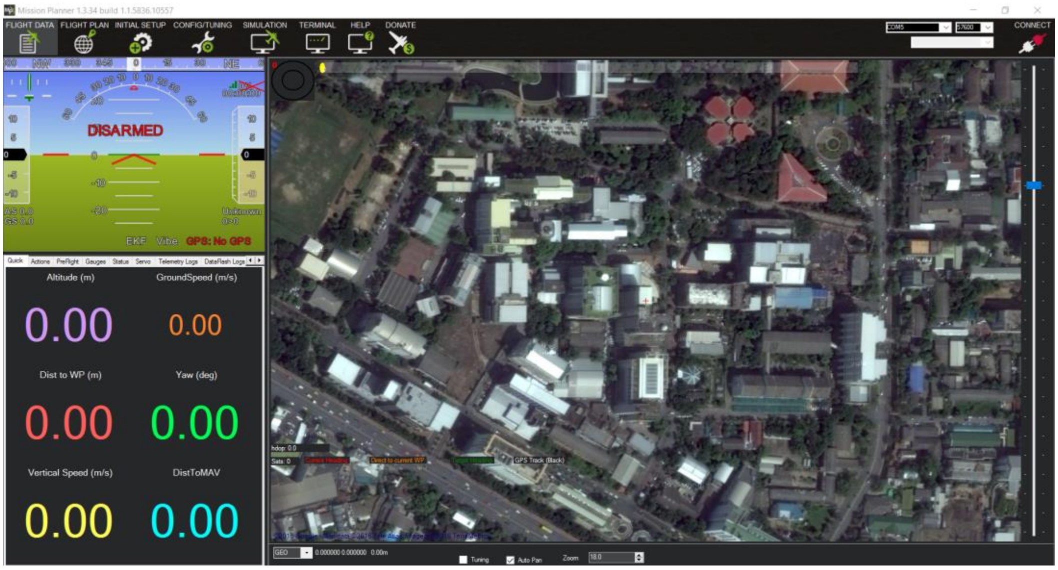
ไลบรารีที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางการส่งข้อมูลแบบ Mesh Network

3.3.2 Mavproxy

โปรแกรมที่ใช้เพื่อติดต่อกับระบบ Auto Pilot ของตัวโดรน [13] เพื่อสั่งการบินไปยังตำแหน่งที่ต้องการ หรือการสอบถามค่าสถานะต่างๆของตัวโดรน

3.3.3 Mission Planner

โปรแกรมที่ใช้ในการตั้งค่าพื้นฐาน และตรวจสอบค่าสถานะต่างๆของตัวโดรน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 หน้าจอของโปรแกรม Mission Planner

3.3.4 ไลบรารี GPS Distance

ไลบรารี่ GPS Distance [14] เป็นไลบรารีของภาษาไพธอน เพื่อใช้คำนวณระยะที่ห่างกันของตำแหน่ง GPS 2 จุดออกมาในหน่วยเมตร

3.4 ฮาร์ดแวร์

3.4.1 Banana Pi M1+

ในการพัฒนาโครงงานนี้ ใช้บอร์ด Banana Pi M1+ [3] เป็นบอร์ดคอนโทรลเลอร์หลักที่ใช้บนตัวโดรนเพื่อทำหน้าที่คำนวณ และรับส่งข้อมูลระหว่างโดรนกับสถานีต้นทางหรือโดรนตัวอื่นๆ ดังรูปที่ 3.2 และตารางที่ 3.2

รูปที่ 3.2 Banana Pi M1+

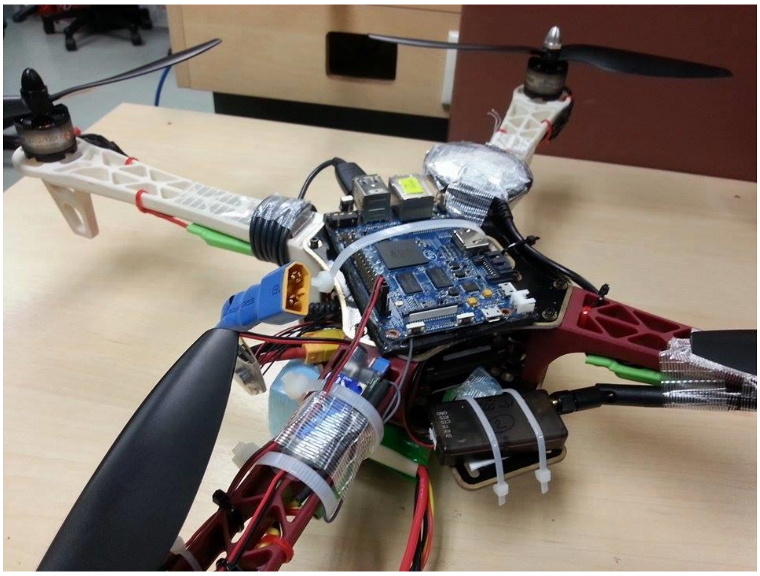
[ที่มา: http://www.banana-pi.com/tp/2015032004422841623.JPG]

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของ Banana Pi M1+

Banana Pi M1+	
CPU	A20 ARM Cortex -A7 Dual-Core
RAM	ARM Mali400MP2Complies
Network	10/100/1000 Ethernet RJ45
Video	HDMI
Power Source	5 volt via Micro USB
GPIO	GPIO, UART, I2C BUS, SPI BUS
OS	Android, Bananian

3.4.2 Quad Rotor Drone

เป็นอุปกรณ์การบินแบบ 4 ใบพัด ดังรูปที่ 3.3 เหมาะสำหรับงานสำรวจ การบินถ่ายรูปทางอากาศ Quad Rotor Drone ที่ใช้งาน จะมีระบบ Auto Pilot สามารถบินไปยังจุดที่ต้องการและรักษาระดับให้คงที่ได้ มีโมดูล GPS และ บารอมิเตอร์ เพื่อวัดระดับความสูง และใช้ในการลงจอดที่พื้น



รูปที่ 3.3 Quad Rotor Drone

3.4.3 รีโมทบังคับโดรน Futaba T8J

เป็นอุปกรณ์รีโมทใช้บังคับโดรน ดังรูปที่ 3.4 โดยจะมีตัวรับสัญญาณรีโมทติดที่ตัวโดรน และรีโมทจะส่งคำสั่งไป เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ หรือเหตุการณ์ฉุกเฉินที่เกิดขึ้นในเวลาทดสอบโปรแกรมบนตัวโดรน รีโมทสามารถสลับกลับมาควบคุมด้วยมือได้

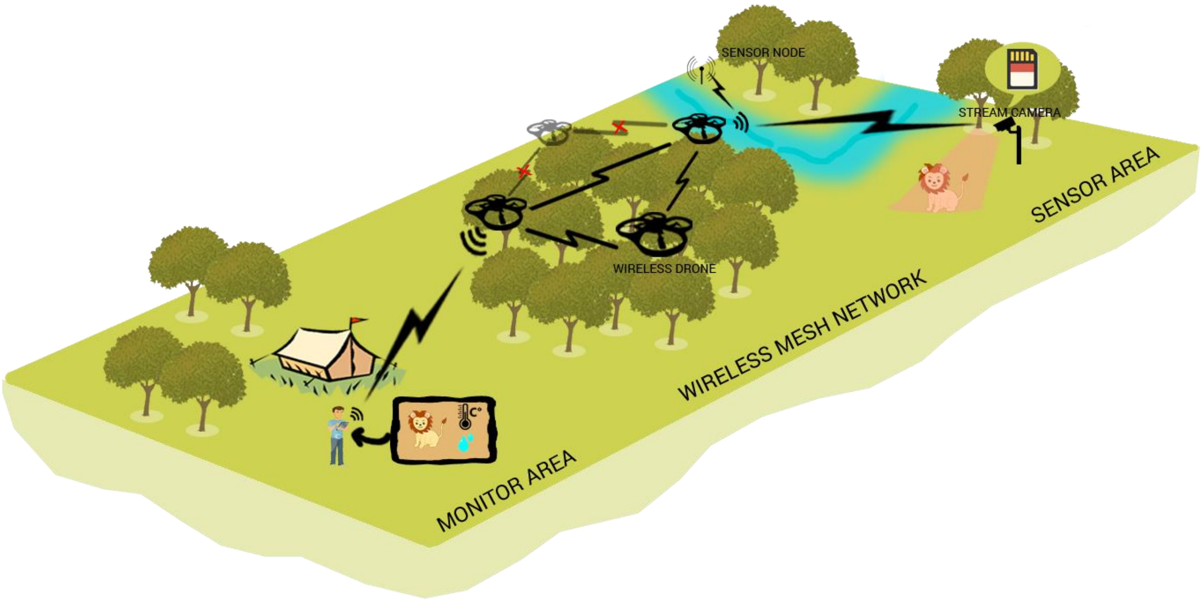
รูปที่ 3.4 รีโมทบังคับ Futaba F8J

[ที่มา: http://rcheliguru.co.uk/image/cache/data/Futaba/futaba-8j-500x500.jpg]

4 วิธีการดำเนินโครงงาน

4.1 ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมของระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. Monitor Area

เป็นส่วนของการควบคุมโดรนเพื่อให้สร้างเครือข่ายในตอนต้น และเป็นส่วนของผู้ใช้งานในการรับส่งข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทาง โดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งหน้าจอ User Interface เป็นดังรูปที่ 4.2 โดยที่หน้าจอเป็น Command Line Interface บนระบบปฏิบัติการ Linux สามารถพิมพ์คำสั่งเพื่อควบคุมและตั้งค่าพื้นฐานได้

รูปที่ 4.2 Command Line Interface ที่ใช้สั่งงานของผู้ใช้

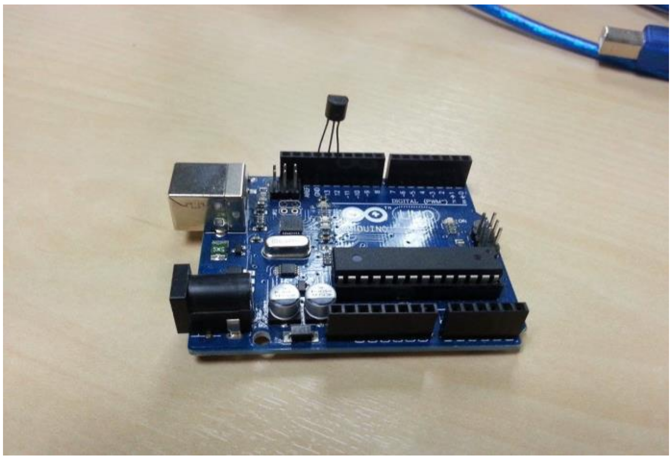
2. Wireless Mesh Network

เป็นส่วนของการสร้างเครือข่ายตัวกลางในการรับส่งข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทางสามารถที่จะปรับเปลี่ยนโครงสร้างได้ใหม่ ดังรูปที่ 4.3 เพื่อให้ยังคงสามารถรับส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ส่วนนี้จะเป็นฝูง โดรนบินอยู่ในอากาศ และจะมีตัวหัวหน้าคอยสั่งการควบคุมโดรนตัวอื่น ถ้าตัวหัวหน้าขาดการเชื่อมต่อ จะมีตัวรองหัวหน้าเข้ามาทำหน้าที่แทน หัวหน้าโดรนจะรับคำสั่งจาก User ใน Monitor Area เพื่อทำงานและติดต่อกับโดรนตัวอื่นๆในการส่งข้อมูลเป็นฮอบ

รูปที่ 4.3 โครงสร้างการเชื่อมต่อของโดรน

3. Sensor Area

เป็นส่วนของอุปกรณ์ปลายทางที่จะส่งข้อมูลมา ดังรูปที่ 4.4 อาจเป็นเซ็นเซอร์วัดความชื้น ปริมาณน้ำฝน การถ่ายภาพวีดีโอ หรือการถ่ายรูปสัตว์ป่า ซึ่งเซ็นเซอร์เหล่านี้จะอยู่บริเวณกลางป่า หรือบริเวณที่ยากต่อการเข้าถึง



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างเซ็นเซอร์

4.2 รายละเอียดของระบบที่พัฒนา

4.2.1 Input / Output Specification

Input Specification

- โปรแกรมจะรับข้อมูลจากผู้ใช้ว่าต้องการรับส่งข้อมูลจากต้นทางและปลายทาง
- ผู้ใช้สั่งการโดรนด้วยคำสั่งพื้นฐาน จากโปรแกรมสั่งการบนหน้าจอของสถานีต้นทาง
- โดรนตรวจสอบได้ว่าขาดจากสัญญาณระยะเวลาหนึ่ง จะทำการบินกลับมาที่จุดเริ่มต้น

Output Specification

- โดรนจะบินไปเพื่อเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อสัญญาณจากต้นทางไปถึงปลายทางอัตโนมัติ และปรับเปลี่ยนโครงสร้างตามความเหมาะสมของสัญญาณ
- โดรนรับคำสั่งพื้นฐาน และทำตามคำสั่ง
- โดรนบินกลับมาที่จุดเริ่มต้นเมื่อพบว่าขาดจากสัญญาณระยะเวลาหนึ่ง

4.2.2 Function Specification

- โดรนสามารถรับข้อมูลและส่งต่อข้อมูลได้อย่างถูกต้อง
- โดรนสามารถเคลื่อนที่จากตำแหน่งโดรน เพื่อปรับเปลี่ยนโครงสร้างการเชื่อมต่อให้สัญญาณดีขึ้น
- โดรนสามารถค้นหาเส้นทางการส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้อง
- โดรนสามารถติดต่อสื่อสารกัน และส่งคำสั่งเพื่อให้โดรนตัวอื่นบินไปยังจุดที่ต้องการได้
- โดรนมีความสามารถในการแทนที่โดรนตัวอื่นที่ขาดจากสัญญาณได้

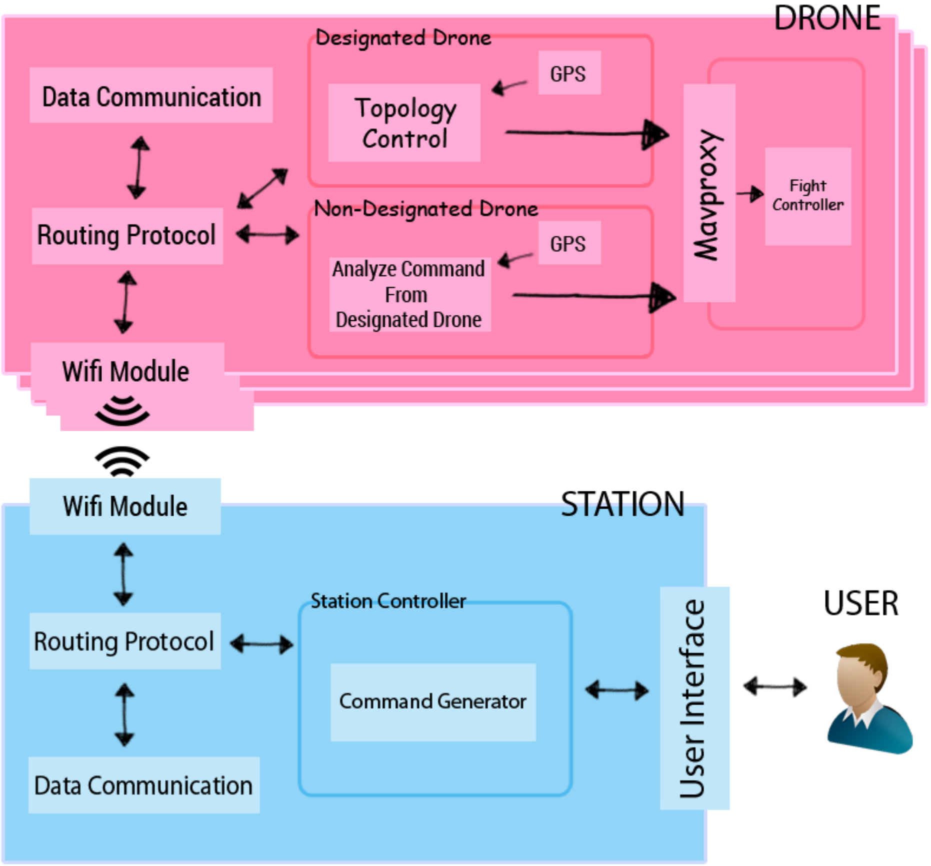
- ผู้ใช้งานสามารถรับส่งข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทางได้อย่างถูกต้อง
- ผู้ใช้สามารถสั่งงานพื้นฐานไปยังตัวโดรนได้

4.2.3 กลุ่มผู้ใช้งาน

กลุ่มผู้ใช้งานโปรแกรมเป็นบุคคลทั่วไปที่ต้องการข้อมูลในบริเวณที่เข้าถึงได้ยากหรือบริเวณในป่า ส่วนใหญ่ใช้กับเจ้าหน้าที่ในป่าที่คอยสอดส่องดูแลอุทยานต่างๆ ที่ต้องการนำข้อมูลมาตรวจสอบ

4.3 องค์ประกอบโดยรวมของระบบ

องค์ประกอบโดยรวมของระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 4.5 ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ



รูปที่ 4.5 องค์ประกอบโดยรวมของระบบ

4.3.1 ส่วนอุปกรณ์โดรนที่ใช้งาน (Drone)

โดรนที่ใช้งานเป็นแบบ ปีกคงที่ มีขนาด 4 ใบพัดดังรูปที่ 4.6 พัฒนาโดย ภาควิชาการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ความเร็วประมาณ 1 เมตรต่อวินาที โดรนจะเป็นการประยุกต์ตัวคอนโทรลเลอร์ Banana Pi M1+ [3] ติดเข้ากับโดรน

รูปที่ 4.6 โดรนขนาด 4 ใบพัด

4.3.2 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Station)

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ประกอบด้วย 2 ระบบย่อย

1. ระบบหน้าต่างผู้ใช้ในการรับส่งข้อมูลจากผู้ใช้ เช่น สถานที่ที่ต้องการส่ง หรือคำสั่งให้โดรนสร้างเครือข่ายพื้นฐาน
2. ระบบการส่งข้อมูล มีหน้าที่รับข้อมูลจากส่วนต่างๆ และส่งไปยังเป้าหมายผ่าน Routing Protocol เพื่อค้นหาเส้นทางการส่งและ Wi-Fi Module

4.3.3 ส่วนโดรนตัวหัวหน้า (Designated Drone)

ส่วนหัวหน้าโดรนแบ่งได้ 3 ระบบย่อย

1. ระบบการสร้างเครือข่าย จะมีหน้าที่รับข้อมูลต่างๆมาพิจารณา เช่น ข้อมูล GPS ของโดรนตัวอื่นๆ ข้อมูลความแรงของสัญญาณ และนำมาประมวลผลเพื่อให้ได้รูปแบบเครือข่าย และส่วนไปยังส่วนการส่งข้อมูล เพื่อบอกโดรนตัวอื่นๆให้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

2. ระบบการส่งข้อมูล มีหน้าที่รับข้อมูลจากส่วนต่างๆ และส่งไปยังเป้าหมายผ่าน Routing Protocol เพื่อค้นหาเส้นทางการส่ง และ Wi-Fi Module
3. ระบบบินอัตโนมัติ มีหน้าที่รับคำสั่งจาก ระบบการสร้างเครือข่าย และทำการบินไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

ในส่วนของอัลกอริทึมการสร้างเครือข่าย ได้ปรับปรุงการทำงานจากพื้นฐานของ Maximum Matching in Bipartite Graph [6] ดังนี้

```
D = set of position of drone
T = set of position of target
W = set of matching between D and T (All
subset)
W_D = []
For w in W
     Calculate all distance in w and reverse
sort
     Append set of distance to W_D
Sort W_D if first value is equal then
consider next value
W that generate W_D[0] is answer
```

4.3.4 ส่วนโดรนตัวอื่นๆ (Non-Designated Drone)

ส่วนโดรนตัวอื่นแบ่งได้ 3 ระบบย่อย

1. ระบบส่งข้อมูล GPS ทำหน้าที่รับค่าจาก GPS และส่งไปยังโดรนตัวหัวหน้าผ่านระบบการส่งข้อมูล
2. ระบบการส่งข้อมูล มีหน้าที่รับข้อมูลจากส่วนต่างๆ และส่งไปยังเป้าหมายผ่าน Routing Protocol เพื่อค้นหาเส้นทางการส่งและ Wi-Fi Module
3. ระบบบินอัตโนมัติ มีหน้าที่รับคำสั่งจาก ตัวหัวหน้าที่สั่ง และทำการบินไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

4.4 ขั้นตอนการพัฒนา

1. ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบ
    - ศึกษาหลักการทำงานและควบคุมโดรนพื้นฐาน
    - ศึกษาการส่งข้อมูลแบบไร้สาย
    - ศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมโดรนและการรับส่งข้อมูล

2. ออกแบบระบบที่จะทำการพัฒนา
    - ออกแบบอัลกอริทึมในการสร้างเครือข่ายของโดรน
    - ออกแบบอัลกอริทึมในการปรับเปลี่ยนรูปแบบของโดรน
    - ออกแบบโปรแกรมที่ใช้ติดต่อสั่งการโดรนจากสถานีต้นทาง

3. พัฒนาระบบ
    - ติดตั้งระบบปฏิบัติการและไลบรารีที่จำเป็นในการพัฒนา
    - พัฒนาโปรแกรมสร้างเครือข่ายของโดรน
    - พัฒนาโปรแกรมในการปรับเปลี่ยนรูปแบบของโดรน
    - พัฒนาโปรแกรมในการติดต่อสื่อสารของโดรน
    - พัฒนาโปรแกรมในการสั่งการโดรนจากสถานีต้นทาง

4. ทดสอบการใช้งานระบบ
    - ทดสอบการสร้างเครือข่ายของโดรน
    - ทดสอบการปรับเปลี่ยนรูปแบบของโดรน
    - ทดสอบการขาดหายไปของสัญญาณ วัดอัตราการส่งข้อมูล และเวลาที่หายไป

5. จัดทำเอกสารโครงงาน
    - จัดทำรูปเล่มรายงาน
    - จัดทำเอกสารคู่มือการใช้งานระบบ

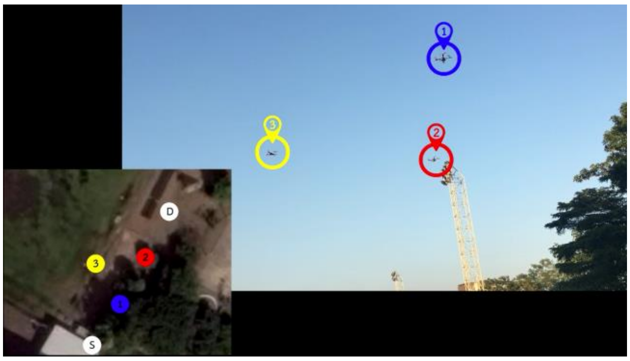
5 ผลการดำเนินโครงงานและวิจารณ์

การทดสอบการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติ จะทำการทดสอบโดยนำโดรนขึ้นบินและทำการสร้างเครือข่าย กำหนดให้โดรนตัวหนึ่งขาดหายไปจากสัญญาณ ดูผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสร้างเครือข่าย วัดอัตราการส่งข้อมูล และช่วงเวลาที่ขาดหายไปของสัญญาณ จนกระทั่งสามารถรับส่งข้อมูลได้อีกครั้ง

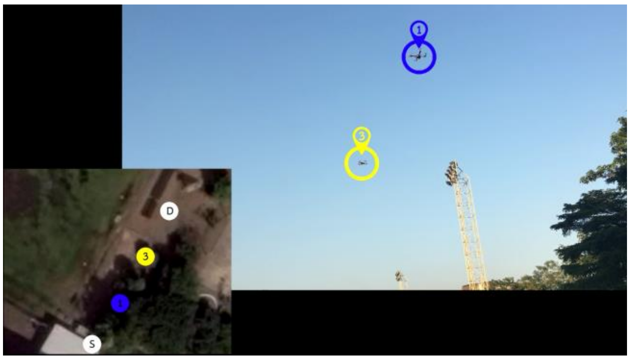
5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

5.1.1 การทดสอบการสร้างเครือข่าย และการแทนตำแหน่งของโดรนเมื่อขาดจากสัญญาณ

ทำการทดสอบสร้างเครือข่ายโดยใช้โดรนขนาด 4 ใบพัดจำนวน 3 ตัวโดยใช้คอนโทรลเลอร์เป็น Banana Pi M1+ ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายแบบ Ad hoc IEEE 802.11bgn ทดสอบบริเวณสนามกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรซึ่งเป็นพื้นที่โล่ง ระยะทางจากต้นทางถึงปลายทาง 100 เมตร ในการทดสอบ กำหนดให้บินอัตโนมัติในตำแหน่งที่หัวหน้าโดรนคำนวณได้ และสั่งการโดรนตัวอื่นๆ ดังรูปที่ 5.1



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.1 (ก) การทดสอบการบินอัตโนมัติและ (ข) การแทนตำแหน่งของโดรน เมื่อขาดจากสัญญาณ

5.1.2 การทดสอบระยะเวลาขาดหายไป และการกลับมาของสัญญาณ

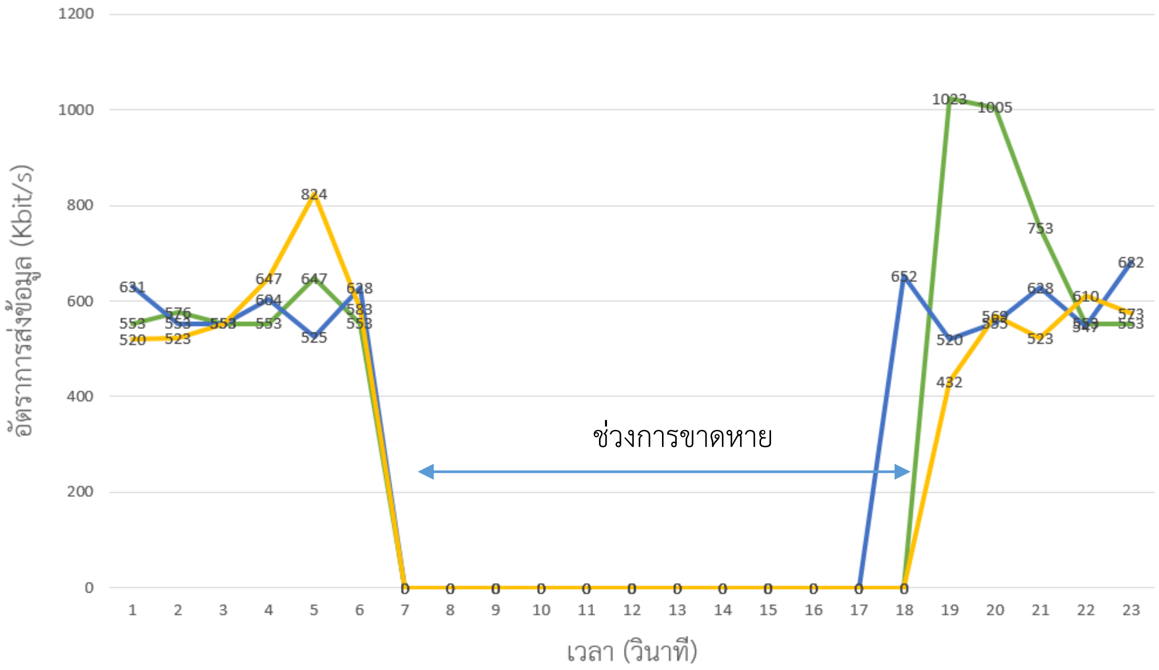
ทำการทดสอบโดยนำบอร์ด Banana Pi M1+ จำนวน 3 ตัว จำลองเครือข่ายบนพื้นดังรูปที่ 5.2 ทดสอบบริเวณสนามกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระยะห่างแต่ละจุด 50 เมตรใช้การสื่อสารไร้สายแบบAd hoc IEEE 802.11bgn ทดสอบสัญญาณโดยใช้โปรแกรม iperf [9] และกำหนดเป็นการส่งข้อมูลแบบ UDP แบบค่าเริ่มต้นของโปรแกรม ให้บอร์ดตัวที่สองขาดหายไปจากสัญญาณ และมีตัวที่สามเข้ามาแทนที่ จับเวลาที่ขาดหายไปและอัตราการส่งข้อมูลขณะนั้น

รูปที่ 5.2 การจำลองสร้างเครือข่าย

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากการทดสอบการสร้างเครือข่าย และการแทนตำแหน่งของโดรนพบว่าโดรนสามารถแทนที่ตำแหน่งของโดรนตัวที่ขาดจากสัญญาณ เพื่อให้สามารถยังคงรับส่งข้อมูลเหมือนเดิมได้ แต่จะมีระยะเวลาหนึ่งที่ต้องใช้ในการเคลื่อนที่ของโดรน ช่วงเวลานั้นอาจส่งผลให้ไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้ขณะหนึ่ง

จากการทดสอบระยะเวลาขาดหายไป และการกลับมาของสัญญาณ พบว่าอัตราการส่งข้อมูลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 432 – 1023 kbit/s ซึ่งระยะเวลาเฉลี่ยจะขาดหายไปประมาณ 10.67 วินาที เริ่มตั้งแต่วินาทีที่ 7 ถึงวินาทีที่ 17 และ 18 ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการส่งข้อมูลกับเวลา

6 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อสรุป

ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติสามารถนำไปใช้งานได้ในการรับส่งข้อมูลในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก และลดความยุ่งยากในการโยงสัญญาณ ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์แบบตายตัว ซึ่งอุปกรณ์โดรนถือเป็นทางเลือกที่ดี ที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านระบบเครือข่ายในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก

ผู้จัดทำได้พัฒนาในส่วนของซอฟต์แวร์ ที่สำหรับใช้ควบคุมการสั่งการของโดรนแต่ละตัว เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และได้พัฒนาในส่วนตัวโดรนในการเชื่อมต่อต่างๆให้สามารถใช้งานได้

ผลจากการดำเนินงาน พบว่าการสร้างเครือข่ายสามารถทำได้ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือเรื่องของสัญญาณที่ค่อนข้างต่ำ และสภาพแวดล้อมขณะนั้นที่อาจส่งผลต่อระบบการรักษาตำแหน่งของโดรน เมื่อทำการทดสอบบนอากาศ

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการพัฒนาโครงงานระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติมีดังนี้

1. โดรนเป็นอุปกรณ์การบินที่บินได้ระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 10 นาที แต่ต้องใช้เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่เป็นเวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ทำให้ยากต่อการทดสอบ
2. โดรนเป็นอุปกรณ์เคลื่อนที่บนอากาศทั้งหมด 3 แกน ทำให้ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งรอบข้างในการทดสอบ
3. สภาพอากาศมีผลต่อการทดสอบ ลมจะทำให้ระบบรักษาตำแหน่งไม่คงที่
4. การทดสอบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และแก้ไขข้อผิดพลาดทำได้ยากกว่าซอฟต์แวร์
5. ไม่สามารถโยงสาย Tx Rx จาก GPS ที่ต่อกับตัว Auto Pilot มาเพิ่มเข้าที่ Banana Pi M1+ ได้ จะทำให้สัญญาณซ้อนทับกัน จึงต้องใช้วิธีร้องขอค่าจาก Mavproxy
6. อุปกรณ์โดรนมีราคาค่อนข้างสูง
7. การบินแต่ละครั้งจำเป็นต้องใช้รีโมทในการควบคุมขั้นแรก เพื่อความปลอดภัย เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ก็จะสามารถสลับมาควบคุมด้วยรีโมทได้

8. เซ็นเซอร์ GPS บนตัวโดรนไม่แม่นยำ เมื่อกำหนดจุดที่ต้องการให้บินไป อาจคลาดเคลื่อน
9. แบตเตอร์รี่ที่ใช้ในตัวโดรนมีความต่างศักย์ไม่เท่ากับตัวบอร์ด Banana Pi M1 จึงต้องใช้ UBEC แปลงไฟเข้ามาใช้ในบอร์ด

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

แนวทางในการพัฒนาโครงงานระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติในขั้นต่อไปมีดังนี้

1. พัฒนาส่วนสร้างเครือข่ายโดยใช้หลักการจาก Routing Protocol เพื่อให้ได้รูปร่างที่ดีที่สุด
2. พัฒนาส่วนสร้างเครือข่ายจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น แบตเตอรี่ที่เหลือของโดรน สภาพแวดล้อมขณะนั้น เพราะอาจมีผลต่อการสร้างเครือข่าย และสัญญาณในการส่งข้อมูล
3. อาจปรับเปลี่ยนในตัวอุปกรณ์โดรน กล่าวคือปัญหาที่พบในเรื่องแบตเตอรี่ทำให้ไม่สามารถบินได้นาน อาจจะใช้เป็นบอลลูนลอยขึ้นแทนเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ
4. พัฒนาในด้านความปลอดภัยของการขึ้นบิน อาจจะให้สามารถขึ้นบินได้จากตัวบอร์ดไม่ใช่รีโมท แต่จะมีสัญญาณบางอย่างจากรีโมทโยงไปเพื่อบังคับบอร์ด Banana Pi M1 ให้ควบคุมโดรนได้
5. พัฒนาในด้านน้ำหนักของตัวโดรน เช่น การใช้บอร์ดคอนโทรลเลอร์ตัวใหม่ๆ ที่มีน้ำหนักเบา และมีการส่งสัญญาณไร้สายได้ดียิ่งขึ้น
6. พัฒนาในด้านการสื่อสารข้อมูล คือการนำ IPv6 หรือเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายตัวใหม่มาร่วมใช้กับตัวโดรน
7. พัฒนาหน้าจอ User Interface ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นและเป็นมิตรต่อผู้ใช้

6.4 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงงานระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติมีดังนี้

1. ศึกษาและฝึกพัฒนาโปรแกรมภาษาไพธอน และเข้าใจการทำงานของระบบบินอัตโนมัติของโดรน เพื่อให้สามารถพัฒนาโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว

2. กำหนดโครงสร้างของระบบให้มีความชัดเจน และขั้นตอนการทำงานของระบบก่อนลงมือพัฒนา
3. ทำให้รีโมทสามารถกลับมาควบคุมโดรนได้จากการสั่งโดรนขึ้นบินด้วยโปรแกรม
4. เพิ่มจำนวนครั้งในการทดสอบการทำงาน เพื่อให้ค่าเฉลี่ยมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น
5. ควบคุมสภาพแวดล้อมในการทดสอบให้คงที่ ไม่ให้มีผลกระทบต่อการทดสอบ
6. ระยะทางในการรับส่งข้อมูลสั้นเกินไป ควรเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น
7. อัตราการส่งข้อมูลน้อยเกินไป ควรเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น
8. เพิ่มโมดูลเครือข่ายไร้สายกับตัวโดรน เพื่อให้สถานีต้นทางไม่ต้องใช้โปรแกรมค้นหาเส้นทาง

7 บรรณานุกรม

[1] “Ad hoc” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 22 พฤศจิกายน 2558: https://en.wikipedia.org/wiki/Ad_hoc

[2] “Optimized Link State Routing” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 22 พฤศจิกายน 2558: https://en.wikipedia.org/wiki/Optimized_Link_State_Routing_Protocol

[3] “Banana Pi” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 22 พฤศจิกายน 2558: https://en.wikipedia.org/wiki/Banana_Pi

[4] “IEEE 802.11” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 6 ธันวาคม 2558: https://th.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

[5] “UAV” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2559: https://th.wikipedia.org/wiki/อากาศยานไร้คนขับ

[6] “จีพีเอส” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2559: https://th.wikipedia.org/wiki/จีพีเอส

[7] “Matching (graph theory)” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 17 เมษายน 2559: https://en.wikipedia.org/wiki/

[8] “ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรน” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 17 เมษายน 2559: http://manage.nstru.ac.th/pinsorn/paper/ECTI_CARD_2015_opf_files/1171-bosssadd-camera_ready-2.pdf

[9] “iperf” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 17 เมษายน 2559: https://en.wikipedia.org/wiki/Iperf

[10] “ตำรวจภูธรระยองใช้โดรนบินสำรวจพื้นที่” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 17 เมษายน 2559: http://www.dailynews.co.th/it/249399

[11] “ภาพถ่ายสามมิติภูเขาไฟขนาดใหญ่จากโดรน” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 17 เมษายน 2559: http://pantip.com/topic/33299734

[12] “Ardupilot” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 25 พฤษภาคม 2559: http://ardupilot.org/dev/index.html

[13] “Mavproxy” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 25 พฤษภาคม 2559: http://dronecode.github.io/MAVProxy/html/index.html

[13] “GPS Distance” [ออนไลน์] เข้าถึงได้ ณ วันที่ 27 พฤษภาคม 2559: https://github.com/janantala/GPS-distance/blob/master/python/distance.py

8 ภาคผนวก

8.1 คู่มือการติดตั้ง

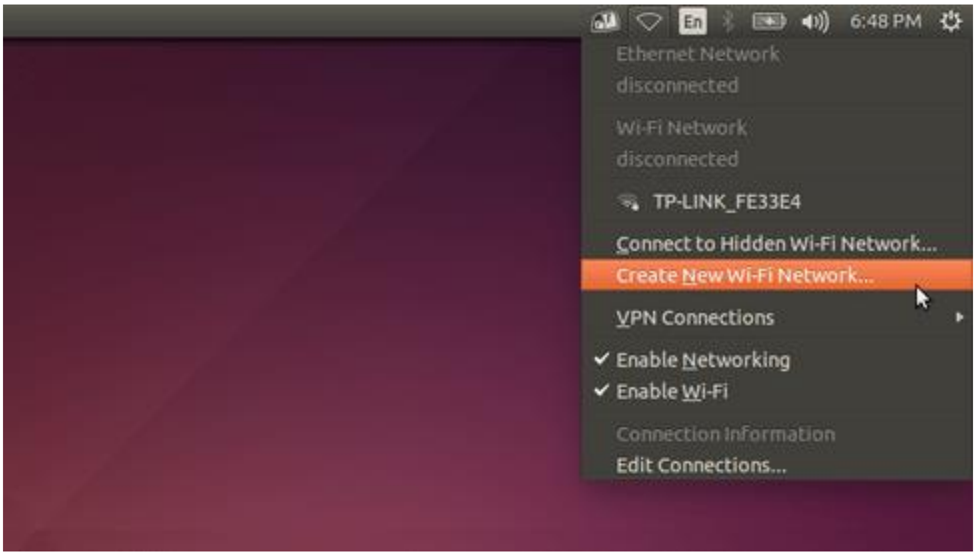
ในการติดตั้งซอฟต์แวร์เพื่อใช้งานระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนอัตโนมัติ แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนระบบติดต่อกับผู้ใช้ และส่วนระบบฝังตัวในโดรน

8.1.1 ส่วนระบบติดต่อกับผู้ใช้

- ทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ Stationcontrol.py ในระบบปฏิบัติการ Ubuntu 14.04 LTS
- ทำการติดตั้งไลบรารี olsrd ในเครื่องต้นทางโดยใช้คำสั่ง

```
sudo apt-get install olsrd
```

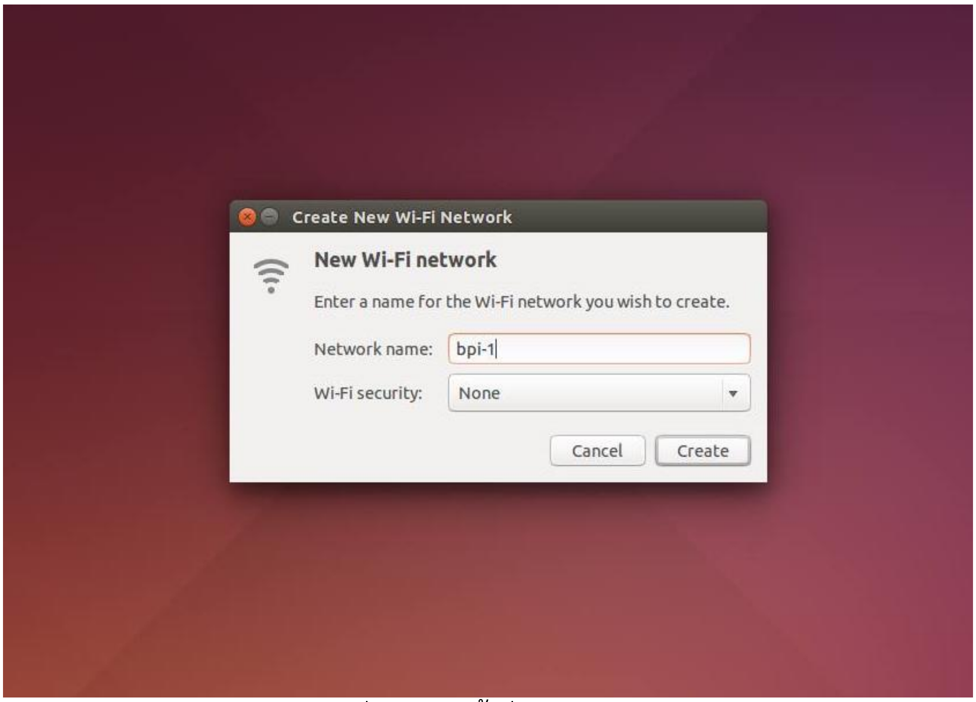
- ทำการสร้างเครือข่าย Ad hoc ดังนี้
    1. คลิกที่ไอคอน Wi-fi เลือก “Create new Wi-Fi Network” ดังรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 Create new Wi-Fi Network

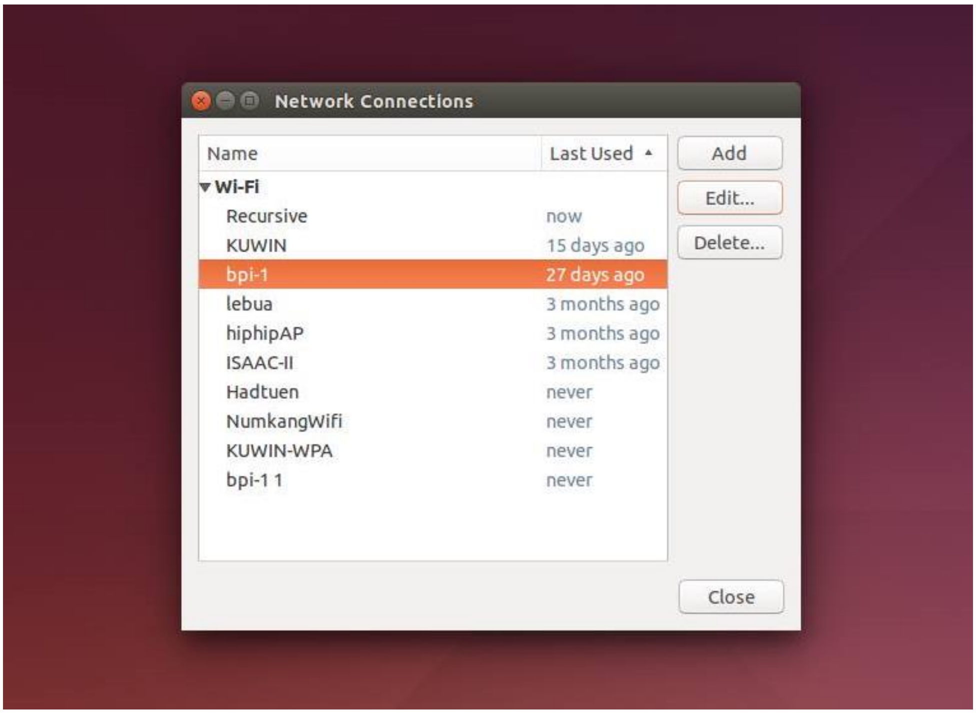
[ที่มา: https://qph.is.quoracdn.net/main-qimg-9d7c3827d444122b301667ac94f6f9ff]

2. เปลี่ยนชื่อเป็น “bpi-1” และ Wi-Fi security เป็น “None” และกดปุ่ม Create ดังรูปที่ 8.2



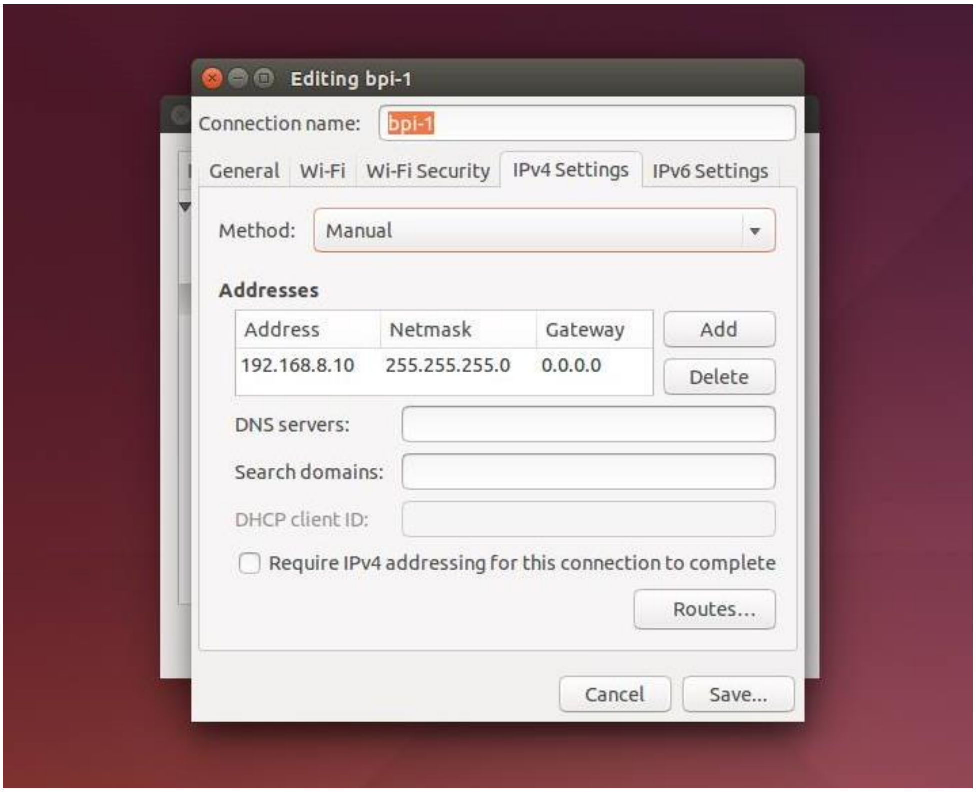
รูปที่ 8.2 การตั้งชื่อเครือข่าย

3. เลือก Edit Connections และเลือกที่ “bpi-1” กดปุ่ม edit ดังรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3 การแก้ไขเครือข่าย

4. ไปที่แถบ IPv4 Settings และตั้งค่าดังรูปที่ 8.4 และกด Save

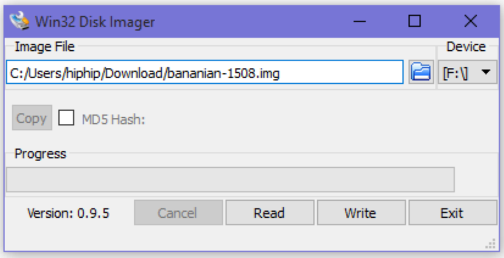


รูปที่ 8.4 การตั้งค่า IP

8.1.2 ส่วนระบบฝังตัวในโดรน

การติดตั้ง Bananian สำหรับ Banana Pi M1+

1. ดาวน์โหลดไฟล์ disk image ที่ https://www.bananian.org/download ทำการแตกไฟล์
2. เสียบ SD Card เข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยต้องมีขนาดความจุมากกว่า 4 GB
3. ดาวโหลดโปรแกรม Win32 Disk Imager ที่ http://sourceforge.net/projects/win32diskimager/
4. เลือก Drive เป็น SD Card และเลือก image file ดังรูปที่ 8.5



รูปที่ 8.5 การเขียน image file ลง SD Card

5. กดปุ่ม write

หลังจากนั้นสามารถนำ SD Card ไปเสียบเข้ากับตัว Banana Pi M1+ เพื่อบูทเข้าสู่หน้าจอ Command line โดยการต่อหน้าจอ หรือนำ SD Card ไปเสียบเข้ากับคอมที่ลงระบบปฏิบัติการลินุกซ์ไว้ เพื่อตั้งค่าต่อไป

การติดตั้งซอฟต์แวร์และแพ็กเกจที่จำเป็น

ติดตั้ง Mavproxy

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install screen python-wxgtk3.1 python-
matplotlib
       python-opencv python-pip python-numpy
sudo import serial python
sudo pip install pyserial
sudo apt-get install ptthon-dev
sudo pip install mavproxy
```

ติดตั้ง OLSR

```
sudo apt-get install olsrd
```

ติดตั้ง SSH-Server

```
sudo apt-get install openssh-server
```

การติดตั้งโปรแกรม DroneController บนตัวโดรน ทำการคัดลอกไฟล์ DroneControllerClient.py และ DroneControllerServer.py รวมทั้งไลบรารี GPSDistance มาไว้ใน Banana Pi M1+

การตั้งค่า IP ใน Interface Wlan0 เพื่อใช้งาน Ad hoc network

1. ทำการเปิดไฟล์ interfaces ด้วยคำสั่ง

```
nano /etc/network/interfaces
```

2. แก้ไขไฟล์ดังนี้

```
auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet dhcp

auto wlan0
allow-hotplug wlan0
iface wlan0 inet static
   address 192.168.8.x
   network 255.255.255.0
   wireless-channel 1
   wireless-essid bpi-1
   wireless-mode ad-hoc
```

โดย x แทนเลข IP ใดก็ได้ตั้งแต่ 1 - 254 แต่ต้องไม่ซ้ำกัน

การตั้งค่าให้เริ่มทำงานอัตโนมัติ เข้าไปแก้ไขในไฟล์ /etc/rc.local โดยเพิ่มคำสั่งดังนี้

```
screen python-mavproxy-readfile.py –
master=/dev/ttyACM0 –baudrate 115200 –aircraft
MyCopter
screen python DroneControllerClient.py
screen python DroneControllerServer.py
olsrd –i wlan0
```

8.2 คู่มือการใช้งาน

เริ่มใช้งานหน้าจอติดต่อกับผู้ใช้ โดยการรันคำสั่ง

```
python StationControl.py
```

รันโปรแกรม OLSR ด้วยคำสั่ง

```
sudo olsrd -i wlan0
```

การใช้งานโปรแกรม StationControl สามารถใช้คำสั่ง help เพื่อดูคำสั่งทั้งหมดได้ โดยคำสั่งทั้งหมดมีดังนี้

```
คำสั่ง set d <ip>
        - ใช้สำหรับตั้งค่าเริ่มต้นกำหนดว่าให้โดรนตัวไหนเป็นหัวหน้า

คำสั่ง set home <ip> <latitude> <longitude>
        - ใช้สำหรับตั้งค่าจุดกลับบ้านของโดรน

คำสั่ง set station <latitude> <longitude>
        - ใช้สำหรับตั้งค่าจุดพิกัดของสถานี

คำสั่ง set node <latitude> <longitude>
        - ใช้สำหรับการตั้งค่าจุดพิกัดของปลายทาง

คำสั่ง comeback <ip>
        - ใช้สำหรับเรียกโดรนกลับมายังจุดเริ่มต้น

คำสั่ง help
        - แสดงรายชื่อคำสั่งทั้งหมด
```

เมื่อทำการเปิดใช้งานโดรน และสั่งด้วยคำสั่ง “set d <ip>” โดรนจะทำการบินเพื่อสร้างเครือข่ายอัตโนมัติทันที

การใช้งานโปรแกรม Mavproxy เพื่อการทดสอบและตรวจสอบค่าสถานะต่างๆ โดยมีคำสั่งพื้นฐานดังนี้

คำสั่ง `arm throttle`

ใช้สำหรับเข้าโหมดเตรียมหมุนมอเตอร์

คำสั่ง `rc 3 1500`

ใช้สำหรับหมุนมอเตอร์ หลังจาก arm throttle

คำสั่ง `rc 3 0`

ใช้สำหรับหยุดมอเตอร์

คำสั่ง `disarm`

ใช้สำหรับยกเลิกการเตรียมหมุนมอเตอร์

คำสั่ง `mode loiter`

ใช้สำหรับการรักษาตำแหน่งและความสูง

คำสั่ง `mode landing`

ใช้สำหรับการลงจอด

คำสั่ง `mode auto`

ใช้สำหรับการเข้าสู่โหมดอัตโนมัติและบินไปยังจุดที่กำหนดจุดแรก

คำสั่ง `wp load <file>`

ใช้สำหรับโหลดไฟล์ waypoint เข้าสู่โดรน

คำสั่ง `wp set 1`

ใช้สำหรับสั่งการให้บินไปยังจุดที่กำหนดจุดแรก
คำสั่ง `show status` ใช้สำหรับดูค่าสถานะปัจจุบันรวมถึงค่า GPS

9 ประวัตินิสิต

นายปริญญา เปียพนม เลขประจำตัวนิสิต 5510500361

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่อยู่ปัจจุบัน 17/187 ซ.7 หมู่บ้านซื่อตรง ถนนปทุมกรุงเทพ ต.บางปรอก อ.เมือง

จ.ปทุมธานี 12000

โทรศัพท์บ้าน 02-975-9400

โทรศัพท์มือถือ 08-1414-2866

Email parinya.peapanom@gmail.com

ระดับการศึกษา ปริญญาตรี

คุณวุฒิการศึกษา	**สถาบัน**	**ปีการศึกษาที่จบ**
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี	2554
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี	2551