โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง

ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรน
Drone Wireless Mesh Network

โดย

นาย ณัฐวุฒิ เอื้อศักดิ์สุภา 5410500539

พ.ศ. 2557

ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรน

Drone Wireless Mesh Network

โดย

นายณัฐวุฒิ เอื้อศักดิ์สุภา 5410500539

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา .....วันที่.....เดือน ..... พ.ศ. .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)

.....วันที่.....เดือน ..... พ.ศ. .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ใจแก้ว)

.....วันที่.....เดือน ..... พ.ศ. .....
(อาจารย์ ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง)

หัวหน้าภาควิชา .....วันที่.....เดือน ..... พ.ศ. .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)

ณัฐวุฒิ เอื้อศักดิ์สุภา ปีการศึกษา 2557
ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรน
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์)
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายเพื่อส่งข้อมูลกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการส่งข้อมูลดังกล่าวนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อการส่งไว้ล่วงหน้า หรือถ้าเกิดเหตุขัดข้องบางอย่างขึ้นกับอุปกรณ์เหล่านั้นจำเป็นที่จะต้องใช้คนในการเข้าถึงพื้นที่เพื่อที่จะทำให้การเชื่อมต่อนั้นกลับมาเป็นปกติได้ ซึ่งในบางครั้งพื้นที่เหล่านั้นยากต่อการเข้าถึง และเนื่องจากปัจจุบันมีเทคโนโลยีการบินไร้คนขับขนาดเล็กมากมาย ซึ่งหนึ่งในนั้นคือโดรน โดยมีผู้นำโดรนมาประยุกต์เข้ากับงานต่างๆมากมายตัวอย่างเช่นการถ่ายภาพทางอากาศ หรือการขนส่งสินค้า ผู้พัฒนาจึงมีความคิดที่จะนำเอาตัวโดรนมาประยุกต์เข้ากับการสื่อสารข้อมูล โดยจะทำการสร้างซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่จัดการการส่งข้อมูลหรือการสื่อสารติดตั้งลงไปในตัวโดรน เพื่อให้โดรนแต่ละตัวนั้นสามารถส่งข้อมูลระหว่างกัน และสามารถสร้างเป็นระบบเครือข่ายขนาดเล็กขึ้นได้ไม่เว้นแม้แต่ในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก ผลการทดสอบระบบสามารถส่งข้อมูลจากต้นทางไปสู่ปลายทางได้ และยังสามารถส่งคำสั่งควบคุมโดรนให้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ : โดรน, โครงสร้างเครือข่ายแบบเมช

Nuttawut Ueasaksupa

Academic Year 2014

Drone Wireless Mesh Network

Bachelor's Degree in Computer Engineering, Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering, Kasetsart University

Project Advisers: Associate Professor Anan Phonphoem, Ph.D.

Assistant Professor Chaiporn Jaikaeo, Ph.D.

Aphirak Jansang, Ph.D.

Abstract

Wireless communication is widely used all over the world. Wireless infrastructures are typically required to be set up in advance. However, sometimes these infrastructures are no longer available due to equipment malfunction or disasters. Nowadays, unmanned aerial vehicle technologies such as drones become more accessible. This article presents a communication system that applies the drone technology with wireless communication to form a small network for connecting hard-to-reach or unreachable areas. This is done by developing and installing software into the drones to manage group communication. Experimental results show that data can be sent from source to destination correctly.

Keywords: Drone, Mesh Network

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาโครงงานในครั้งนี้ผู้พัฒนาต้องพบอุปสรรค์มากมายในการทำงานทั้งในด้านของฮาร์ทแวร์และซอฟท์แวร์ต่างอันเนื่องมาจากผู้พัฒนาไม่มีความรู้และประสบการณ์ที่เพียงพอซึ่งผู้พัฒนาจำเป็นต้องศึกษาและค้นหาข้อมูลต่างๆมากมาย ทั้งนี้ก็ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆมากมาย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อนันต์ ผลเพิ่ม อาจารย์ชัยพร ใจแก้ว และ อาจารย์อภิรักษ์ จันทร์สร้างเป็นอย่างยิ่งที่ช่วยให้คำแนะนำต่างๆทั้งในเรื่องการเลือกใช้อุปกรณ์และไลบรารี่ที่เกี่ยวข้องและเหมาะสมกับงานอีกทั้ง แนวคิดในการทำโครงงาน และ ความรู้รวมถึงวิธีการทำงานต่างๆ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับอุปกรณ์โดรนที่ใช้ในการพัฒนาครั้งนี้ รวมถึงความรู้ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบการบินแบบอัตโนมัติ

ขอบขอบคุณ พ่อ แม่ ครอบครัว และ เพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจคอยเป็นคนพูดคุยเวลาท้อใจและให้การสนับสนุนมาโดยตลอด

นายณัฐวุฒิ เอื้อศักดิ์สุภา

ผู้จัดทำ

สารบัญ

บทคัดย่อ i

Abstract ii

กิตติกรรมประกาศ iii

1. บทนำ 1

1.1. วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.2. ขอบเขตของโครงงาน 2

1.3. ประโยชน์ที่ได้รับ 2

1.4. ปัญหา/อุปสรรค/โอกาส 2

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1. เทคโนโลยีแลนไร้สาย (Wireless LAN) 3

2.2. UAV (Unmanned aerial vehicle) 4

2.3. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก 4

2.4. โพรโทคอลหาเส้นทาง 5

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน 6

3.1. ฮาร์ดแวร์ 6

3.1.1. Android Mini PC MK802 6

3.1.2. Drone 7

3.2. ซอฟต์แวร์และไลบรารี 7

3.2.1. ภาษา C++, Python 7

3.2.2. ไลบรารี่ OLSR 7

3.2.3. Mission Planner 7

4. ขั้นตอนการดำเนินงาน 8
4.1. ภาพรวมของระบบ 8
4.2. รายละเอียดของระบบ 9
4.3. โครงสร้างซอฟต์แวร์ 10
5. ผลการดำเนินโครงงานและวิจารณ์ 11
5.1. สภาพแวดล้อมและวิธีในการทดสอบ 11
5.2. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล 13
6. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 14
6.1. ปัญหาและอุปสรรค 14
6.2. ข้อเสนอแนะ 14
7. บรรณานุกรม 15
8. ภาคผนวก 16
8.1. คู่มือการติดตั้ง 16
8.1.1. ส่วนระบบควบคุมบนโดรน 16
8.1.2. ส่วนระบบฝั่งผู้ใช้ (สถานีฐาน) 19
8.1.3. การประกอบชุดอุปกรณ์ 19
8.2. คู่มือการใช้งาน 20

สารบัญรูปภาพ

1.1 เครือข่ายไร้สายแบบใช้เสาสัญญาณ 1
2.1 โดรนแบบ Quad rotor 4
2.2 โดรนแบบเครื่องบินขนาดใหญ่ 4
2.3 การโคจรรอบโลกของดาวเทียม จีพีเอส 5
3.1 Android Mini PC MK802 6
3.2 โดรนที่ใช้ในโครงงาน 7

3.3 โปรแกรม Mission Planer 7

4.1 ภาพรวมของระบบ 8

4.2 แผนผังโครงสร้างของระบบ 10

5.1 ชุดอุปกรณ์ส่งสัญญาณและบอร์ดควบคุม 11

5.2 การจัดสภาพแวดล้อมในการทดสอบ 12

5.3 กราฟความสัมพันธ์ของครั้งที่ส่งข้อมูลกับระยะเวลา 13

5.4 กราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่อระยะทาง 13

8.1 การเขียน image file ลงไปยัง SD card 16

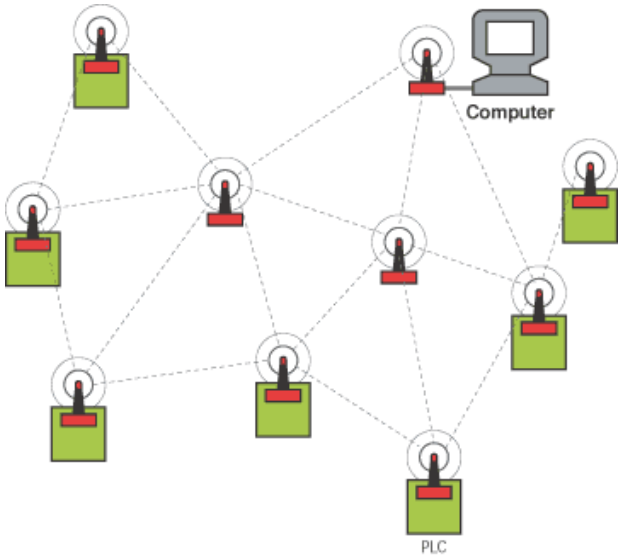
8.2 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บนโดรน 19

สารบัญตาราง

3.1. คุณสมบัติ Android Mini PC MK802 6

1. บทนำ

ที่ผ่านมานั้นมีการใช้เทคโนโลยีการสื่อการไร้สายเพื่อส่งข้อมูลกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการส่งข้อมูลดังกล่าวนั้นจำเป็นที่จะต้องติดตั้งอุปกรณ์เพื่อการส่งไว้ล่วงหน้า โดยทั่วไปมักจะเป็นในรูปแบบของการติดต่อระหว่างอุปกรณ์หนึ่งที่มีตำแหน่งหรือสถานีตายตัว ดังแสดงในรูปที่ 1.1 โดยจะสามารถติดต่อสื่อสารกับอีกสถานีหนึ่งได้โดยการส่งผ่านข้อมูลจากสถานีหนึ่งสู่อีกสถานีหนึ่ง การส่งข้อมูลในรูปแบบที่กล่าวมานั้น มีข้อจำกัดในเรื่องของเสาสัญญาณที่อยู่กับที่ตลอดเวลา อีกทั้งถ้าเกิดเหตุขัดข้องบางอย่างขึ้นกับอุปกรณ์เหล่านั้นจำเป็นที่จะต้องใช้คนเข้าถึงพื้นที่เพื่อที่จะทำให้การเชื่อมต่อกลับมาเป็นปกติ



รูปที่ 1.1 เครือข่ายไร้สายแบบใช้เสาสัญญาณ

ภาพจาก http://www.sensorsmag.com/networking-communications/standards-protocols/wireless-mesh-networks-968

แต่ในบางครั้งพื้นที่เหล่านั้นยากต่อการเข้าถึง ความคิดหนึ่งที่ว่าถ้าหากเสาสัญญาณเหล่านั้นสามารถปรับตัวหรือเปลี่ยนตำแหน่งไปตามความเหมาะสมของพื้นที่ต่าง ๆ ได้ น่าจะก่อให้เกิดความยืดหยุ่นที่มากขึ้น ในปัจจุบันเทคโนโลยีการบินไร้คนขับขนาดเล็ก (unmanned aerial vehicle) หรือโดรน (drone) มีราคาถูกลงและเข้าถึงได้ง่าย จึงมีคนนำมาประยุกต์เข้ากับงานต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น การนำไปใช้สำรวจพฤติกรรมการดำเนินชีวิตของฝูงสัตว์ป่า หรือการเฝ้าระวังการรุกล้ำและการอนุรักษ์สัตว์ป่า [1][2][3][4] ผู้พัฒนาจึงมีความคิดที่จะนำเอาฝูงโดรนมาประยุกต์เข้ากับการสื่อสารข้อมูล เพื่อให้โดรนแต่ละตัวนั้นสามารถส่งข้อมูลระหว่างกัน และสามารถสร้างเป็นระบบเครือข่ายขนาดเล็กขึ้นได้ไม่เว้นแม้แต่ในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก ผลการทดสอบระบบสามารถส่งข้อมูลจากต้นทางไปสู่ปลายทางได้ และยังสามารถส่งคำสั่งควบคุมโดรนให้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

1.1. วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดหาการเชื่อมต่อในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก
2) เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการเก็บข้อมูลจากจุดส่งข้อมูลในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก
3) เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาการเชื่อมต่อชั่วคราว

1.2. ขอบเขตของโครงงาน

1) โปรแกรมสามารถสั่งการควบคุมโดรนให้ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้
2) โปรแกรมสามารถหาเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลไปสู่จุดหมายได้อย่างถูกต้อง

1.3. ประโยชน์ที่ได้รับ

1) ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงหรือติดต่อกับเครือข่ายภายนอกได้ในบริเวณที่ต้องการ
2) ทำให้ง่ายต่อการเข้าไปเก็บข้อมูลในบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก

1.4. ปัญหา/อุปสรรค/โอกาส

1) อุปกรณ์บางอย่างมีราคาค่อนข้างสูง
2) เนื่องจากอุปกรณ์โดรนเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้พลังงานขณะบินจึงทำให้ระยะเวลาทดสอบมีข้อจำกัดอยู่ที่ระยะเวลาของพลังงาน
3) การแก้ปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ประเภทฮาร์ตแวร์นั้นทำได้ค่อยข้างยากเมื่อเทียบกับการทำงานกับซอฟต์แวร์

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. เทคโนโลยีแลนไร้สาย (Wireless LAN)

เทคโนโลยีแลนไร้สาย เป็นเทคโนโลยีทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ทำให้คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ในระบบเครือข่ายตั้งแต่สองชิ้นขึ้นไปนั้นสามารถติดต่อสื่อสาร หรือส่งข้อมูลหากันได้ผ่านการกระจายสัญญาณไร้สายผ่านคลื่นวิทยุ โดยมีมาตรฐานกลางคือ IEEE 802.11 [5] ซึ่งเทคโนโลยีแลนไร้สายหรือ IEEE802.11 นี้นั้นได้มีการแบ่งออกเป็นมาตรฐานย่อยด้วยกัน ประกอบไปด้วย IEEE 802.11 a, b, g, n, ac โดยแต่ละใช้ช่วงความถี่แตกต่างกันไปแต่จะอยู่ในช่วง 2.4 GHz ถึง 5 GHz โดยรายละเอียดของมาตรฐานแต่ละตัวมีดังนี้

- IEEE 802.11a : เป็นมาตรฐานที่ถูกเผยแพร่ออกมาในปี ค.ศ. 1999 ใช้ช่องความถี่ที่ 5 GHz ด้วยความถี่ที่สูงทำให้มีคลื่นรบกวนน้อยกว่าใช้ความถี่ที่ 2.4 GHz และสามารถรองรับการส่งข้อมูลได้สูงถึง 54Mbps ซึ่งนับว่าสูงเลยทีเดียวในสมัยนั้น และยังสามารถส่งข้อมูลได้ไกลสุดถึงประมาณ 120 เมตร ในที่โล่ง และประมาณ 35 เมตรภายในโครงสร้างปิดเช่นภายในอาคาร
- IEEE 802.11b : เป็นมาตรฐานที่ถูกเผยแพร่ออกมาในปี ค.ศ. 1999 เช่นเดียวกับ IEEE802.11a ใช้ช่องความถี่ 2.4 GHz เนื่องจากใช้ช่องความถี่ที่ต่ำกว่าทำให้สามารถส่งข้อมูลไปได้ไกลกว่า โดยสามารถส่งได้ไกลประมาณ 140 เมตรในที่โล่ง และประมาณ 38 เมตรภายในโครงสร้างปิด ซึ่งสามารถทำความเร็วในการส่งข้อมูลในถึง 11Mbps
- IEEE 802.11g : เป็นมาตรฐานที่ถูกเผยแพร่ออกมาในปี ค.ศ. 2003 ซึ่งถูกพัฒนาต่อยอดมาจาก 802.11b โดยใช้ความถี่ 2.4 GHz ในการส่งข้อมูล แต่สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วถึง 54Mbps ซึ่งจะเห็นได้ว่ามากกว่ามาตรฐาน 802.11b และระยะการส่งข้อมูลจะได้เท่ากับ IEEE 802.11b
- IEEE 802.11n : เป็นมาตรฐานที่ถูกเผยแพร่ออกมาในปี ค.ศ. 2009 สามารถทำงานได้ทั้งบนช่วงความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz โดยให้ความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดถึง 600Mbps และยังสามารถทำงานร่วมกับมาตรฐานอื่นๆก่อนหน้าได้อีกด้วย ในส่วนของระยะการส่งข้อมูลก็ถูกพัฒนาขึ้น โดยสามารถส่งข้อมูลได้ไกลสูงสุดถึงประมาณ 70 เมตร ในโครงสร้างปิดและได้ไกลถึง 250 เมตรในที่โล่ง
- IEEE 802.11ac [6] : เป็นมาตรฐานใหม่ที่ถูกพัฒนาในช่วงปี ค.ศ. 2011 ถึง 2013 และได้รับการยอมรับเมื่อปี 2014 โดยใช้ช่องความถี่ 5 GHz เท่านั้น และสามารถให้ความเร็วในการส่งข้อมูลที่สูงมากโดยความเร็วอยู่ที่ระดับ 1Gbps เนื่องจากมีการใช้หลายเสาสัญญาณในการรับส่งข้อมูลจึงทำให้ได้ความเร็วที่สูงขึ้น

2.2. UAV (Unmanned aerial vehicle)

UAV หรือที่เรียกว่า อากาศยานไร้คนขับ หรือในอีกชื่อคือ โดรน (Drone) [7] คืออากาศยานแบบหนึ่งที่ไม่จำเป็นต้องให้มนุษย์เข้าไปดำเนินการขับขี่ โดยการควบคุมสามารถทำได้ทั้งจากอุปกรณ์ควบคุมภายในตัวโดยการบินจะเป็นแบบอัตโนมัติ หรือ สามารถควบคุมได้จากการส่งสัญญาณไม่ว่าจะเป็นจากรีโมตคอนโทรลจากศูนย์บังคับการหรือไม่ว่าจะเป็นจากอากาศยานตัวอื่นก็เป็นไปได้ ในปัจจุบันมีการนำ UAV มาประยุกต์เข้ากับงานหลากหลานด้านด้วยกันไม่ว่าจะเป็นการ ทหาร จนไปถึงธุรกิจการขนส่งพัสดุ ด้วยความสามารถในการบินที่สามารถบินได้ในสามมิติ ทำให้มีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่สูง และด้วยโดรนที่มีหลากหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กมากเช่น Multi rotor drone ดังรูปที่ 2.1 ไปจนถึงขนาดใหญ่มาก ดังรูปที่ 2.2 ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ได้ในหลายด้าน

รูปที่ 2.1 *โดรนแบบ Quad rotor*

รูปที่ 2.2 *โดรนแบบเครื่องบินขนาดใหญ่*

ภาพจาก http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle

2.3. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก

ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก หรือ จีพีเอส (GPS : Global Positioning System) [8] คือระบบบอกตำแหน่งบนพื้นผิวโลกของทางฝั่งสหรัฐอเมริกา โดยอาศัยการคำนวณจากสัญญาณที่ส่งมาจากดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลก ทำให้ระบบนี้สามารถบอกตำแหน่ง ณ จุดที่สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลก โดยดาวเทียมจีพีเอสนี้ เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรอยู่ในระดับกลางโคจรอยู่ที่ความสูงประมาณ 20,200 กิโลเมตร จากพื้นโลก การที่จะทำให้ จีพีเอส สามารถระบุตำแหน่งได้อย่างแม่นยำนั้นควรใช้ดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงขึ้นไป โดยการโคจรของดาวเทียมนั้น 1 รอบใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมงและเราจะแบ่งการโคจรออกเป็น 6 ระนาบดังรูปที่ 2.3 โดยในแต่ละระนาบใช้ดาวเทียมถึง 4 ดวง ฉะนั้นจะต้องมีดาวเทียมอย่าง 24 ดวงโคจรอยู่ในระบบ

ไม่ใช่ว่าระบบจีพีเอสนั้นจะสามารถใช้ได้ไม่ว่าเราจะอยู่ที่ไหน บริเวณไหนก็ได้บนโลกเสมอไป แน่นอนว่าย่อมมีปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลถึงความถูกต้องของตำแหน่งที่คำนวณได้ ยกตัวอย่างเช่น

- จำนวนดาวเทียม ยิ่งจำนวนดาวเทียมมากเท่าไรความแม่นยำก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย
- ตำแหน่งและการเรียงตัวของดาวเทียม

- จำนวนสัญญาณคลื่นความถี่ ความถี่เดี่ยว หรือ ความถี่คู่ หรือ มากกว่า
- วิธีการวิเคราะห์ตำแหน่ง
- เทคนิคการขจัดผลกระทบเนื่องจากชั้นไอโอโนสเฟียร์ หรือคือชั้นอากาศเบาบาง ที่ประกอบด้วยแก๊สที่แตกตัวเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบ
- เทคนิคการประมาณผลกระทบจากชั้นบรรยากาศที่เราอาศัยอยู่
- คุณภาพของข้อมูลตำแหน่งของดาวเทียมว่าใช้จากแหล่งใด
- ผลกระทบซึ่งเป็นผลจาการสะท้อนของสัญญาณ
- สัญญาณรบกวน
- ความสามารถในการกรองข้อมูล

รูปที่ 2.3 การโคจรรอบโลกของดาวเทียม จีพีเอส

ภาพจาก http://www8.garmin.com/aboutGPS/

2.4. โพรโทคอลหาเส้นทาง

ในการสื่อสารข้อมูลนั้นแน่นอนว่าข้อมูลไม่จำเป็นต้องถูกส่งจากผู้ส่งถึงผู้รับปลายทางได้ในทันที การสื่อสารข้อมูลนั้นบางที่จะต้องมีตัวกลางเพื่อส่งต่อข้อมูลไปให้ถึงปลายทางได้ การส่งต่อข้อมูลนั้นบางทีจำเป็นต้องมีการหาเส้นทางที่ใช้ในการส่ง และนี้เป็นเหตุให้มีการคิดกระบวนการวิธีในการหาเส้นทางในการส่งข้อมูลขึ้นซึ่งมีอยู่ด้วยกันมากมายเช่น OLSR[9], BMX6, B.A.T.M.A.N. ซึ่งแต่ละตัวมีคุณสมบัติหลักๆ ดังนี้

- รองรับการหาเส้นทางแบบหลายฮ๊อพ
- สามารถหาอินเทอร์เน็ตเกตเวย์ที่ใกล้ที่สุดได้มีการป้องกันปัญหาการส่งข้อมูลซ้ำไปซ้ำมา
- สามารถจำและส่ง ตาราง ARP ได้
- รองรับการทำงานแบบ Multicast

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน

3.1. ฮาร์ดแวร์

3.1.1. Android Mini PC MK802

เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ภายในทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ 4.0 โดยมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1

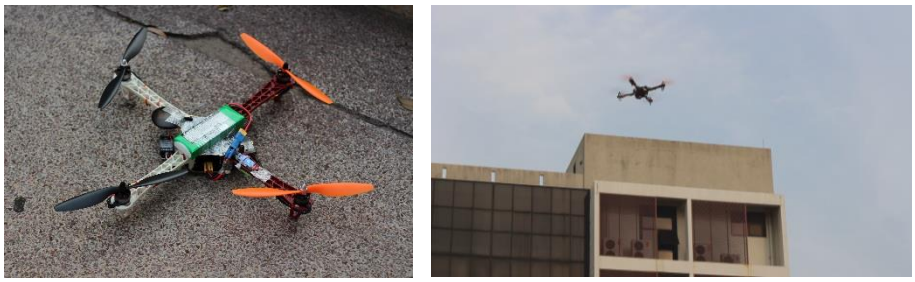
ตารางที่ 3.1 *คุณสมบัติ Android Mini PC MK802*

คุณสมบัติ	Android Mini PC MK802
CPU	Allwinner A10 1.0GHz Cortex-A8 + 500Hz GPU
DDR RAM	512MB / 1GB DDR3
Nand Flash	4GB (1GB used by system)
Network	Wireless 802.11b/g, WAPI (Ralink8188)
USB Interface	USB 2.0 host x 2, USB storage device
Power adapter	External adapter 5V/2A output, 110-240V input

รูปที่ 3.1 *Android Mini PC MK802*

3.1.2. Drone

ในโครงงานนี้จะใช้ โดรนขนาด 4 ใบพัด หรือ Quad rotor drone ดังรูปที่ 3.2 ที่ได้รับการพัฒนาโดย ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



รูปที่ 3.2 *โดรนที่ใช้ในโครงงาน*

3.2. ซอฟต์แวร์และไลบรารี

3.2.1. ภาษา C++, Python

สำหรับใช้พัฒนาในส่วนของเฟิร์มแวร์ที่ใช้ติดต่อกับตัว Drone ด้วย C++ และการจัดการติดต่อสื่อสารด้วยภาษา Python

3.2.2. ไลบรารี่ OLSR [9]

เป็นไลบรารี่สำหรับโพรโทคอลหาเส้นทาง สำหรับระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมชที่จะทำให้โดรนแต่ละตัวสามารถหาเส้นทางการส่งข้อมูลหากันได้

3.2.3. Mission Planner

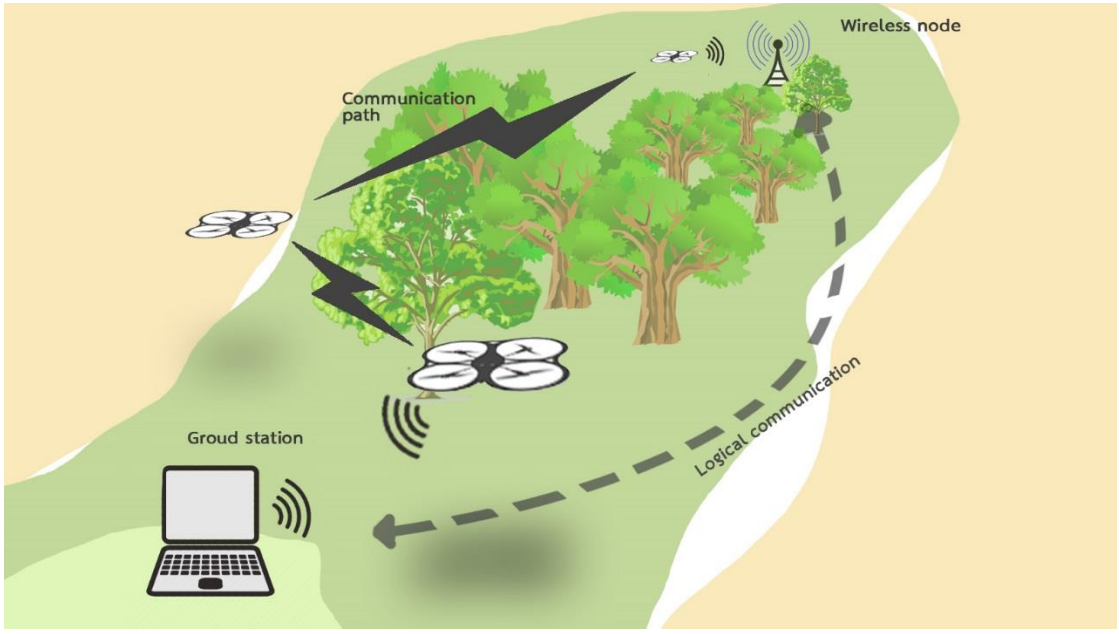
การที่โดรนจะบินได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น เราต้องทำการปรับแต่งค่าภายในต่าง ๆ เช่น ความไวของมอเตอร์ขณะบิน เพื่อไม่ให้ขณะที่โดรนเคลื่อนที่ไปข้างหน้านั้นเกิดการพลิกคว่ำ หรือจะเป็นการปรับค่าเริ่มต้นของเข็มทิศภายใน ทำให้วัดทิศทางได้แม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งการปรับแต่งเหล่านั้นทำได้โดยผ่านโปรแกรม Mission Planner นอกจากนั้นยังสามารถกำหมดระยะบิน หรือ พิกัด GPS ต่าง ๆ ได้ด้วย ภายในตัวโปรแกรมยังสามารถบอกสถานะต่างๆของตัวโดรนได้ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 *โปรแกรม Mission Planer*

4. ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.1. ภาพรวมของระบบ

ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนได้นำเสนอรูปแบบระบบการให้บริการเครือข่ายไร้สายชั่วคราวโดยใช้โดรนเป็นผู้ให้บริการ โดยมีภาพรวมของระบบดังรูปที่ 4.1 ผู้ใช้สามารถควบคุมโดรนไปยังจุดตำแหน่งต่าง ๆ ได้ผ่านคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสถานีควบคุมจากพื้นดิน โดยคำสั่งอาจจะถูกส่งต่อผ่านโดรนตัวอื่นไปจนถึงผู้รับปลายทาง



รูปที่ 4.1 *ภาพรวมของระบบ*

ภายในระบบประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนของการควบคุมโดรนจากพื้นดิน (Ground Station)
   เป็นส่วนหลักในการใช้สั่งงานโดรนในระบบโดยจะรับคำสั่ง หรือพิกัดจุดต่างๆมาจากผู้ใช้และทำหน้าที่แปลงคำสั่งดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบอื่นละส่งออกไปติดต่อกับโดรน

2. โดรน
   โดยภายในโดรนนั้นจะเป็นฮาร์ดแวร์ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณ Wifi สำหรับบริการการเชื่อมต่อและยังใช้สำหรับส่งคำสั่งควบคุมตัวโดรน นอกจากนั้นส่วนนี้ยังเป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงคำสั่งที่ได้รับมาจากสถานีควบคุม ให้เป็นคำสั่งที่โดรนสามารถทำงานได้และส่งไปสั่งการโดรนจริงๆ ภายใยยังประกอบไปด้วยการหาเส้นทางการส่งข้อมูลว่าข้อมูลที่ได้รับมานั้นควรจะเก็บไว้หรือส่งต่อให้ตัวไหนต่อไป

3. โหนดส่งข้อมูลไร้สาย (Wireless node)
โดยจะทำหน้าที่เสมือเป็นผู้ใช้งานเครือข่าย ที่จะต้องการส่งข้อมูลมายัง Ground Station โดยข้อมูลดังกล่าวนั้นจะถูกส่งต่อกันผ่านโดรนแต่ละตัวจนถึงที่หมาย

4.2. รายละเอียดของระบบ

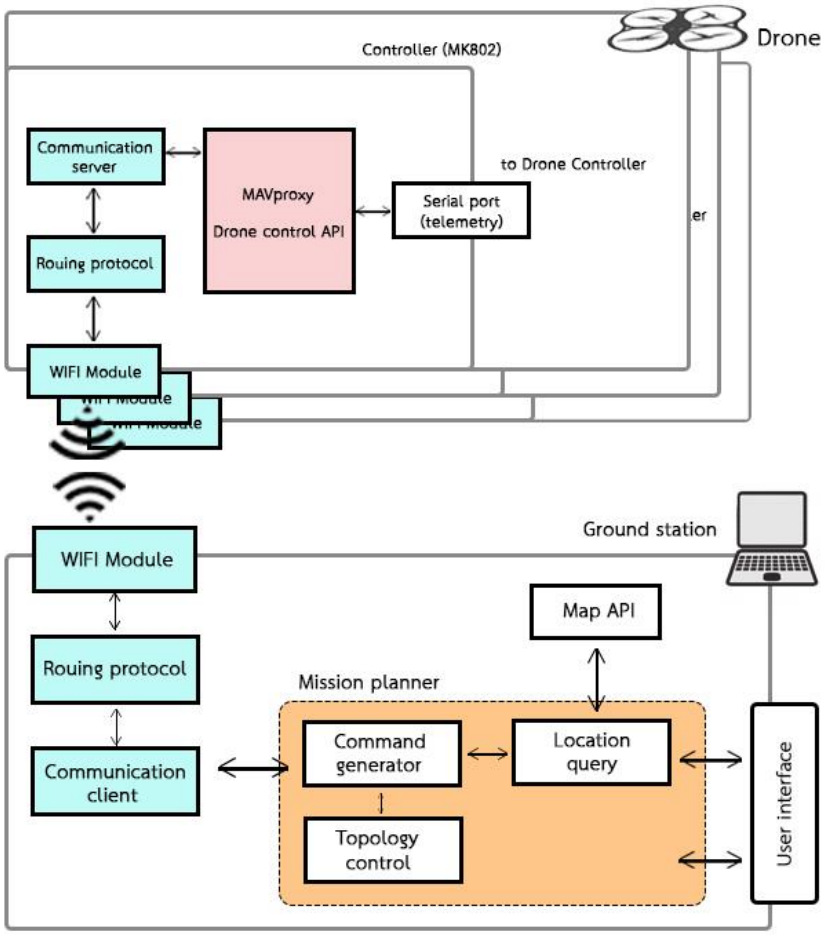
Input / Output Specification

Input : ระบุตำแหน่งของโดรนตัวที่ต้องการ
Output : โดรนสามารถไปยังตำแหน่งที่ระบุได้

Functional Specification

- โดรนแต่ละตัวสามารถส่งข้อมูลหากันได้
- โปรแกรมสามารถคำนวณระยะที่เหมาะสมในการส่งข้อมูลของโดรนแต่ละตัวได้
- โปรแกรมสามารถหาเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลไปสู่จุดหมายได้อย่างถูกต้อง
- โปรแกรมสามารถแสดงตำแหน่งปัจจุบันและควบคุมโดรนให้ไปยังตำแหน่งต่างๆได้

4.3. โครงสร้างซอฟต์แวร์



รูปที่ 4.2 *แผนผังโครงสร้างของระบบ*

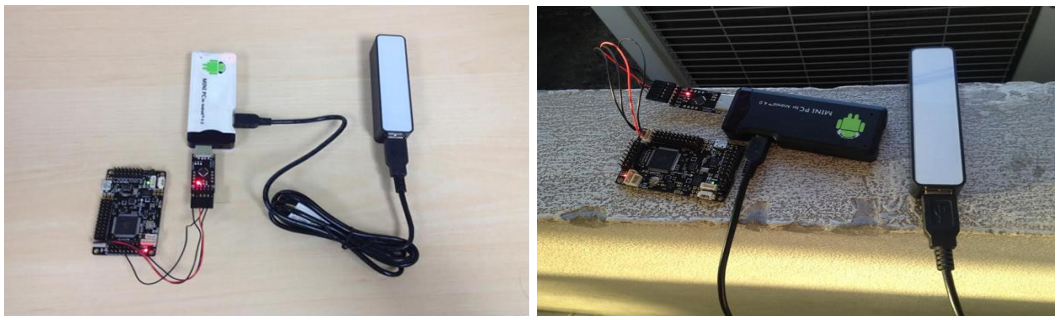
สำหรับส่วนควบคุมการทำงานของโดรน (Controller) นั้นจะมี server (Communication server) รอรับคำสั่งที่มาจากการส่งมาของเครื่องจากพื้นดิน และทำหน้าที่ส่งคำสั่งดังกล่าวนั้นไปให้กับโปรแกรม MAVproxy [10] เพื่อทำงานตามคำสั่ง ซึ่ง MAVproxy เป็นโปรแกรมที่ติดต่อกับโดรนโดยตรง สำหรับส่วนควบคุมบนพื้นดิน (Ground station) นั้นจะมี Client ที่คอยส่งข้อมูลหรือคำสั่งไปยังโดรน ซึ่งคำสั่งที่มาจากผู้ใช้นั้นจะผ่านเข้าโปรแกรมที่จะทำหน้าที่แปลงรูปแบบคำสั่งให้เป็นคำสั่งที่ตัวโดรนเข้าใจได้ จากนั้นส่งออกไป โดยระบบจะมีการติดตั้งโพรโทคอลหาเส้นทาง OLSR ในระบบเครือข่ายแบบเมชเอาไว้ทั้งในส่วน Controller และส่วน Ground station

5. ผลการดำเนินโครงงานและวิจารณ์

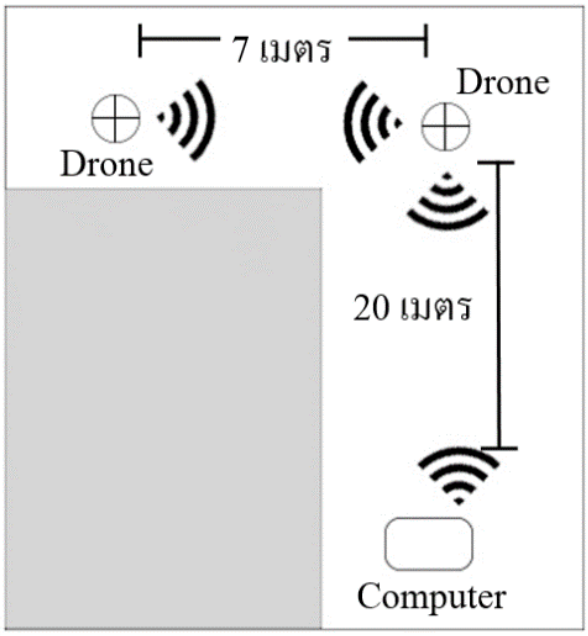
การวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบผู้พัฒนาได้ทำการแบ่งการทดสอบระบบออกเป็น 2 ส่วน คือการควบคุมสภาพแวดล้อมในการทดสอบ และ ผลการทดสอบ

5.1. สภาพแวดล้อมและวิธีในการทดสอบ

แบ่งการทดสอบออกเป็นสองประเภทการทดสอบคือ การส่งข้อมูลในสภาพแวดล้อมที่เต็มไปด้วยสัญญาณรบกวน เทียบกับการส่งข้อมูลในสภาพแวดล้อมที่ปลอดจากสัญญาณรบกวน และ ความสามารถในการส่งข้อมูลในระยะการส่งแต่แตกต่างกัน โดยการทดสอบสัญญาณรบกวนจะทดสอบโดยทำการสุ่มส่งข้อมูลในช่วงเวลาที่ต่างกัน การทดสอบทั้งหมดจะใช้วิธีวางอุปกรณ์ส่งสัญญาณติดกับอุปกรณ์ควบคุมโดรนวางอยู่กับที่ดังรูปที่ 5.1 และนำชุดอุปกรณ์นั้นไปวางในระยะที่ห่างกันดังรูปที่ 5.2 เนื่องจากในการทำการบินต้องควบคุมความปลอดภัยอย่างมาก



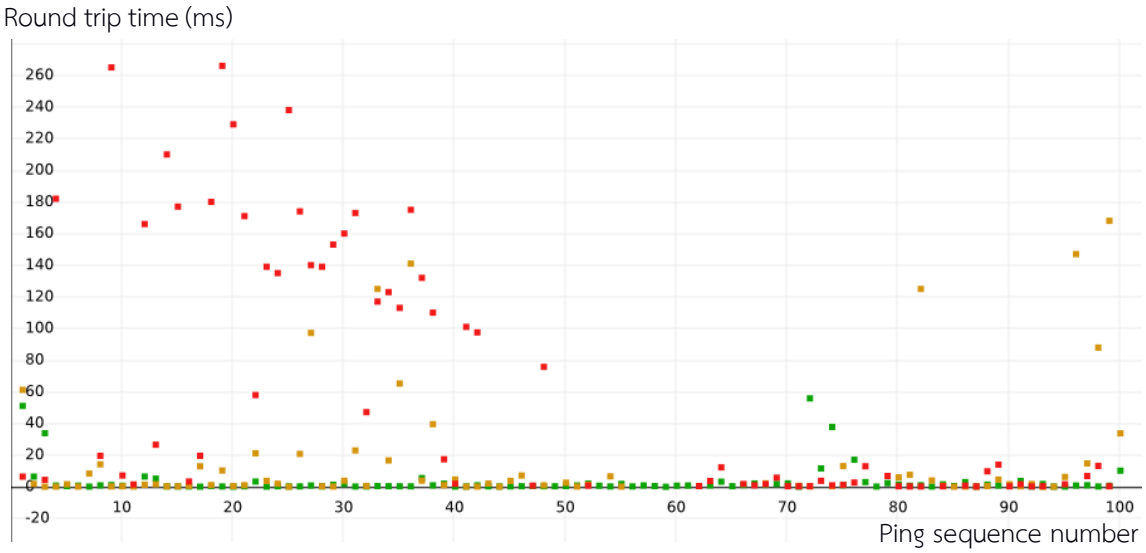
รูปที่ 5.1 *ชุดอุปกรณ์ส่งสัญญาณและบอร์ดควบคุม*



รูปที่ 5.2 *การจัดสภาพแวดล้อมในการทดสอบ*

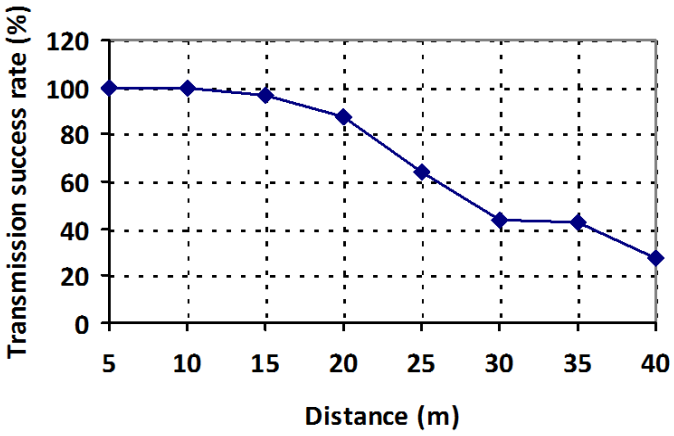
5.2. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

จากการทดสอบการส่งสัญญาณในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนต่างๆกันได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.3 จุดสีเขียวคือสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนน้อย และสามารถส่งข้อมูลได้ประสิทธิภาพดีที่สุด จุดสีส้มและสีแดงคือการส่งข้อมูลในสภาพที่มีสัญญาณรบกวนมากขึ้นมาตามลำดับ จะเห็นว่าสัญญาณรบกวนค่อนข้างมีผลกระทบมากต่อประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณอันอาจจะเนื่องมาจากอุปกรณ์ซึ่งมีความสามารถในการส่งที่ไม่มากนัก



รูปที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ของครั้งที่ส่งข้อมูลกับระยะเวลา

จากการทดสอบการส่งข้อมูลจากระยะทางที่ต่างกัน พบว่าอัตราการสำเร็จในการส่งข้อมูลต่อระยะทางเป็นไปดังรูปที่ 5.4 โดยระสังเกตว่าที่ระยะไม่เกิน 15 เมตรนั้นมีอัตราความสำเร็จมากกว่า 90 %



รูปที่ 5.4 กราฟอัตราความสำเร็จในการส่งข้อมูลต่อระยะทาง

6. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้จัดทำขึ้นสร้างเครือข่ายไร้สายขึ้นให้ครอบคลุมในพื้นที่เข้าถึงได้ยากแบบชั่วคราว และลดความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณ นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแบบถาวรในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยากที่มีความจำเป็นที่จะใช้งานเครือข่าย แต่ไม่บ่อยครั้งนัก ซึ่งโดรนหรืออากาศยานไร้คนขับนับว่าเป็นเทคโนโลยีหนึ่ง ที่สามารถนำมาผสมผสานกับระบบเครือข่ายได้อย่างดีเนื่องจากที่มันสามารถบินเข้าถึงพื้นที่ต่างๆที่ยากต่อการเข้าถึงได้เป็นอย่างดี

ผู้พัฒนาได้จัดทำในส่วนของการติดตั้งและพัฒนาซอฟต์แวร์ ที่สำหรับใช้กับเครื่องควบคุมโดรนจากพื้นดินและอุปกรณ์ที่ติดลงไปบนตัวโดรน ทำให้ระบบสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่วางไว้โดยผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อและส่งข้อมูลหากันได้ภายใต้เครือข่ายที่สร้างขึ้น และยังสามารถควบคุมตำแหน่งของโดรนให้ไปตำแหน่งต่างๆได้

จากผลการดาเนินงาน พบว่าอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่ทางผู้พัฒนาได้นำมาใช้นั้นมีความสามารถในการส่งที่ค่อนข้างต่ำโดยได้ระยะการส่งที่ใกล้ และระยะห่างระหว่างตัวโดรนมีผลต่อความสามารถในการส่งข้อมูลและคำสั่ง นอกจากนั้นยังพบว่าสัญญาณรบกวนมีผลกระทบมากในการส่งข้อมูลแต่เนื่องจากระบบมีจุดประสงค์เพื่อสร้างการเชื่อมต่อในบริเวณที่ยังไม่มีการเชื่อมต่อเกิดขึ้น ทางผู้พัฒนาจึงคิดว่าไม่เป็นปัญหาสำหรับโครงงานนี้

6.1. ปัญหาและอุปสรรค

- อุปกรณ์บางอย่างมีราคาค่อนข้างสูง
- เนื่องจากอุปกรณ์โดรนเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้พลังงานขณะบินจึงทำให้ระยะเวลาทดสอบมีข้อจำกัดอยู่ที่ระยะเวลาของพลังงาน ซึ่งระยะเวลาบินในแต่ละรอบอยู่ได้ประมาน 10 นาที
- การแก้ปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ประเภทฮาร์ตแวร์นั้นทำได้ค่อยข้างยากเมื่อเทียบกับการทำงานกับซอฟต์แวร์
- ผู้พัฒนาไม่มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับโดรนมาก่อนทำให้ในการทำงานนั้นต้องใช้เวลาศึกษาที่นานมาก

6.2. ข้อเสนอแนะ

ระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้โดรนนั้นยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการเฝ้าดูค่าสถานะของตัวโดรนแบบเวลาจริงซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยเปลี่ยนชุดควบคุมโดรนให้มีช่องติดต่อเพิ่มขึ้นเพื่อใช้สำหรับดูค่าสถานะได้ นอกจากนั้นยังมีปัญหาในส่วนของระยะการส่งข้อมูลที่ได้สั้นมากเนื่องมาจากอุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดเล็กและไม่มีเสาส่งภายนอก

7. บรรณานุกรม

[1] Richard Schiffman. "Drones Flying High as New Tool for Field Biologists." Science 2, Vol. 344 no. 6183 p. 459, May 2014

[2] Dominique Chabot and David M. Bird. "Evaluation of an off-the-shelf Unmanned Aircraft System for Surveying Flocks of Geese." Waterbirds 35.1 (2012): 170-174.

[3] Lian Pin Koh and Serge A. Wich. "Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation." Tropical Conservation Science 5.2 (2012): 121-132.

[4] Margarita Mulero-Pázmány , Roel Stolper, L. D. van Essen, Juan J. Negro, and Tyrell Sassen. "Remotely Piloted Aircraft Systems as a Rhinoceros Anti-Poaching Tool in Africa." PLoS ONE 9(1): e83873.

[5] IEEE802.11 (1 มกราคม 2558) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://th.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

[6] IEEE802.11ac (1 มกราคม 2558) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ac

[7] UAV (2 มกราคม 2558) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle

[8] GPS (2 มกราคม 2558) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://th.wikipedia.org/wiki/จีพีเอส

[9] T. Clausen and P. Jacquet. "Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)" RFC 3626, October 2003

[10] MAVproxy (5 มกราคม 2558) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://tridge.github.io/MAVProxy/flightModes.html

8. ภาคผนวก

8.1. คู่มือการติดตั้ง

โครงสร้างระบบจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนผู้ใช้ที่เป็นส่วนควบคุมจากสถานีฐาน และส่วนระบบที่ฝังติดอยู่ในตัวโดรน

8.1.1. ส่วนระบบควบคุมบนโดรน

การติดตั้งระบบปฏิบัติการ lubuntu สำหรับ Andriod miniPC

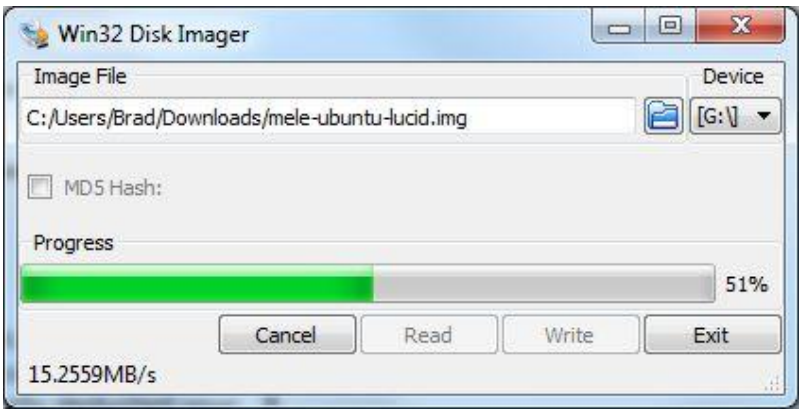
1. ดาวน์โหลดไฟล์ disk image lubuntu และทำการแยกไฟล์

2. เสียบ SD card เข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยขนาดความจุต้องมีขนาดมากกว่า 4GB

3. ดาวน์โหลดโปรแกรม Win32 Disk Imager

4. เปิดโปรแกรม Win32 Disk Imager

5. เลือก drive ที่เป็น SD card ในแถบ device จากนั้นเลือก image file ที่ทำการโหลดมาตอนแรก ดังรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 การเขียน image file ลงไปยัง SD card

6. คลิก Write

จากนั้นนำ SD card ไปเสียบกับ Andriod mini PC เมื่อระบบเปิดขึ้นมาจะสามารถใช้ได้ทันที

เมื่อระบบเปิดขึ้นมาแล้วต้องทำการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมในการใช้งานและติดตั้งโปรแกรมดังต่อไปนี้

ติดตั้ง MAVproxy

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install screen python-wxgtk2.8 python-matplotlib
     python-opencv python-  pip python-numpy
sudo pip install mavproxy
```

ติดตั้ง OLSR

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

ติดตั้ง SSH-Server

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

ติดตั้ง Command Server

ในส่วนนี้ให้ทำการคัดลอกไฟล์ CmdGenerator.py , mavproxy.py และ ไดเรกทอรี่ waypoints มาวางไว้ในที่เดียวกัน

การจัดเตรียมสภาพแวดล้อมในการใช้งาน

ภายในคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวจะต้องทำการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมสำหรับการใช้งานระบบประกอบไปด้วย การตั้งค่า IP Address ประจำตัว และ การตั้งค่าโปรแกรมที่จะให้เริ่มทำงานในขณะที่ระบบเปิดขึ้นมา

การตั้งค่า IP Address[1]

ทำการเข้าไปแก้ไขไฟล์ /etc/network/interfaces โดยแก้ไขเป็นดังนี้

```
auto lo 0
iface lo inet loopback

Auto wlan0
iface wlan0 inet static
wireless-mode ad-hoc
wireless-channel 1
wireless-essid ADHOC
address 192.168.1.11
netmask 255.255.255.0
```

หลังจากการตั้งค่าดังกล่าวเมื่อระบบถูกเปิดขึ้นมาจะมีค่า IP Address ค่าที่ตั้งไว้ แต่จะทำการเปิดใช้ AD-HOC mode โดยอัตโนมัติ

การสร้างตัวเริ่มทำงานอัตโนมัติขณะเปิดระบบ[1]

ทำการเข้าไปแก้ไขไฟล์ /etc/rc.local โดยเพิ่มข้อความลงไปดังนี้

```
(
date
echo $PATH
PATH=$PATH:/bin:/sbin:/usr/bin:/usr/
local/bin
export PATH
cd /home/pi
screen -d -m -s /bin/bash
/MAVPROXY_PATH**/mavproxy.py --
baudrate 115200 --aircraft MyCopter
) > /tmp/rc.log 2>&1

olsrd –i wlan0

exit 0
```

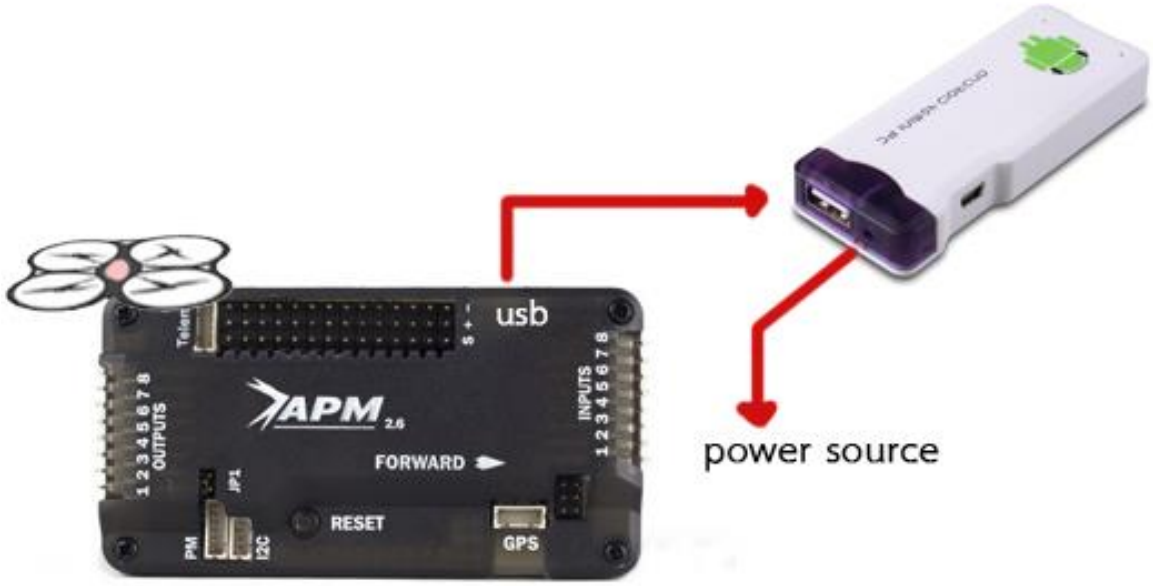
[1] คำสั่งบางส่วนต้องปรับแก้ให้เหมาะสมกับเครื่อง เช่น MAVPROXY_PATH หมายถึงตำแหน่งที่อยู่ของไฟล์ mavproxy.py ที่ได้ทำการดัดลองมาไว้

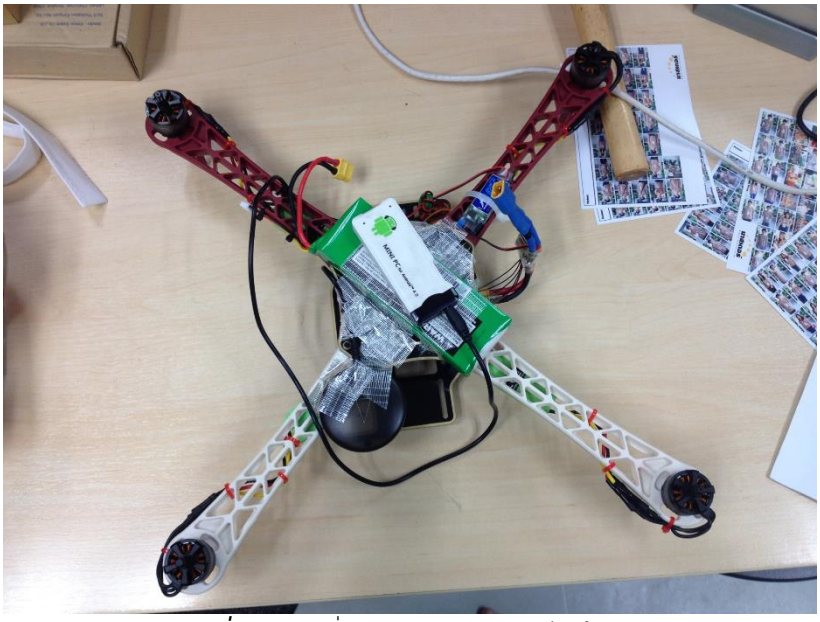
8.1.2. ส่วนระบบฝั่งผู้ใช้ (สถานีฐาน)

สำหรับการติดตั้ง Client ที่ใช้ติดต่อกับโดรนนั้นสามารถทำได้โดยการคัดลอกไฟล์ droneConnect.py มาติดตั้งไว้ในเครื่องที่จะใช้เป็นฐานควบคุม

8.1.3. การประกอบชุดอุปกรณ์

การเชื่อมต่อระหว่างคอลโทรลเลอร์บนโดรนเป็นไปตามรูปที่ 8.2





รูปที่ 8.2 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บนโดรน

8.2. คู่มือการใช้งาน

การเริ่มใช้งานระบบนั้นสามารถทำได้โดยเข้าไปที่อุปกรณ์ Controller บนโดรน จากนั้นสั่งรันไฟล์ mavproxy.py และ cmdGenerator.py

```
./project_path/mavproxy.py&
./project_path/cmdGenerator.py&
```

หลักจากนั้น ให้เปิดโปรแกรม droneConnect.py ขึ้นมา จากเครื่องที่ทำหน้าที่เป็น GroundStation และทำการใส่ค่า IP Address ของโดรนตัวที่ต้องการจะควบคุม

สำหรับคำสั่งที่ใช้นั้นมีอยู่ 3 คำสั่งหลักด้วยกัน

คำสั่ง cmd เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับปรับเข้าสู้โหมดการส่งคำสั่งไปยังโดรนผ่านโพรโทคอล MAVproxy

คำสั่งใน MAVproxy

Flight modes control

`mode auto`
เข้าสู่โหมด auto โดยโดรนจะบินไปยัง waypoint แรก

`mode loiter`
เข้าสู่โหมด loiter โดยโดรนจะรักษา

`mode rtl`
โดนจะกลับไปที่ตำแหน่ง home

`mode manual`
เข้าสู่โหมด manual

Arming/Disarming

`arm throttle`
ใช้สำหรับเริ่มต้นการอาร์มโดรน

`disarm`
ใช้สำหรับยกเลิกการอาร์มโดรน

`arm check`
ใช้สำหรับให้โดรนตรวจสอบค่าความพร้อมต่างๆ ทั้งหมดก่อนจะอาร์ม

`arm check n`
ใช้สำหรับให้โดรนตรวจสอบค่าความพร้อมตามที่ระบุ ก่อนจะอาร์ม

`arm uncheck n`
ใช้สำหรับให้โดรนยกเลิกการตรวจสอบค่าความพร้อมต่างๆ

คำสั่ง goto ไว้สำหรับสั่งโดรนให้ไปยังทำไปตำแหน่งต่างๆ โดยต้องทำการตั้งพิกัดที่เป็น HOME ก่อน

โดยมีรูปแบบคำสั่งดังนี้

goto LATITUDE LONGTITUDE ALTITUDE(m)

example: goto 123.12323 78.32134 30

คำสั่ง home set เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับกำหนดพิกัด HOME ให้แก่โดรน

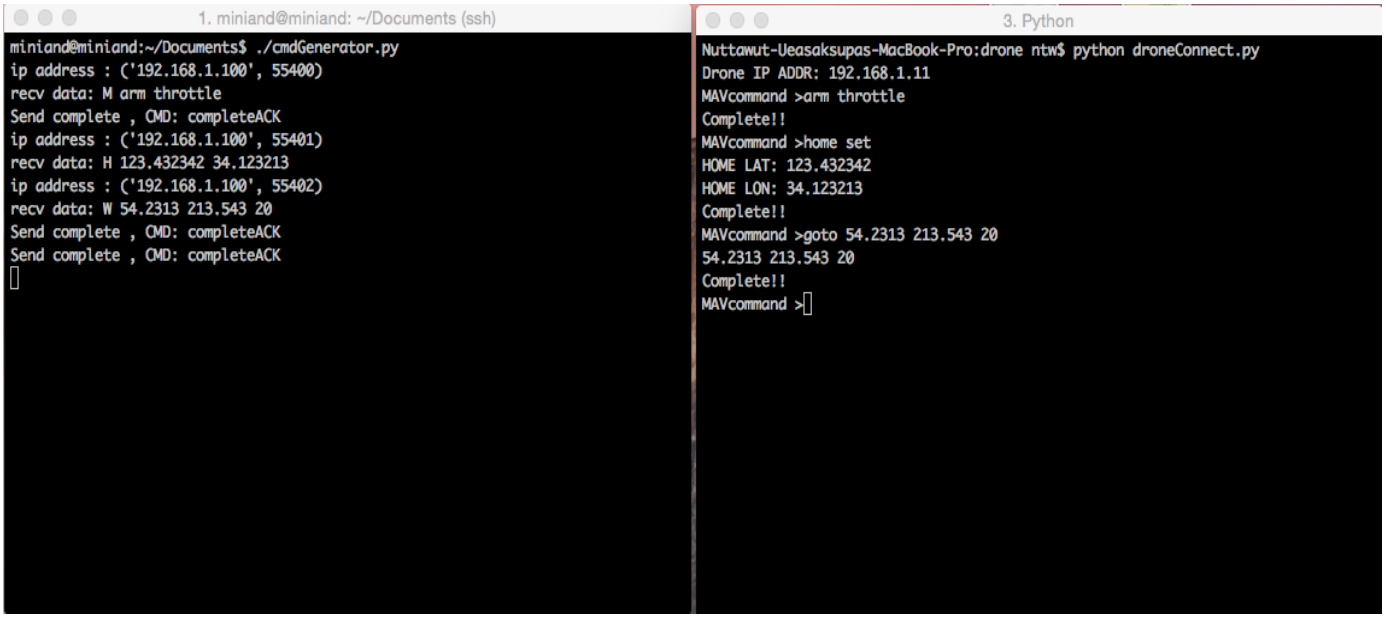
โดยมีรูปแบบคำสั่งดังนี้

home set

HOME LAT: 132.32133

HOME LON: 43.32142

ตัวอย่างการใช้งาน



ประวัตินิสิต

ชื่อ-นามสกุล นายณัฐวุฒิ เอื้อศักดิ์สุภา เลขประจำตัวนิสิต 5410500539
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน 410/165 คอนโดริชพาร์ค ถนน ประชาราษฎร์สาย 2 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ
กรุงเทพมหานคร 10800
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 081-267-7939
E-mail: bossid1999@gmail.com

ระดับการศึกษา :

คุณวุฒิการศึกษา	จากโรงเรียน	ปีการศึกษาที่จบ
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสาธิตเกษตร	2553
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสาธิตเกษตร	2550