

ส่วนวางแผนและสั่งการระบบตรวจการณ์จากที่สูง
PLANNING AND COMMAND
FOR PERSISTENT SURVEILLANCE SYSTEM

สรวิษฐ์ พุ่มวารี
วรรณกาญจน์ บุญยก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

ส่วนวางแผนและสั่งการระบบตรวจการณ์จากที่สูง
PLANNING AND COMMAND
FOR PERSISTENT SURVEILLANCE SYSTEM

สรวิษฐ์ พุ่มวาริ
วรรณกาญจน์ บุญยก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

ปริญญาโทปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ส่วนวางแผนและสั่งการระบบตรวจการณ์จากที่สูง

PLANNING AND COMMAND FOR PERSISTENT SURVEILLANCE SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นางสาววรรณกาญจน์ บุญยก รหัสนักศึกษา 54011129
2. นายสรวิชัย พุ่มวาริ รหัสนักศึกษา 54011331



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์วัชระ นัตริวิริยะ)

ส่วนวางแผนและสั่งการระบบตรวจการณ์จากที่สูง

นางสาววรรณกาญจน์	บุญยก	54011129
นายสรวิษฐ์	พุ่มวารี	54011331
อาจารย์วัชร	นัฏวิริยะ	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2557		

บทคัดย่อ

ระบบตรวจการณ์จากที่สูง(Persistent Surveillance System) เป็นการติดกล้องหรือเซ็นเซอร์กับอากาศยานที่อยู่กับที่หรือบอลลูน โครงการนี้เป็นการพัฒนาส่วนของการวางแผนตำแหน่งที่ต้องการเฝ้าระวังหรือตรวจการณ์ โดยใช้ข้อมูลแผนที่จากกูเกิ้ล และการกำหนดตำแหน่งแบบกราฟฟิก ภาพที่ถ่ายได้จะถูกส่งแบบไร้สายลงมายังสถานีพื้นดิน ประมวลผลด้วยอัลกอริทึมการประมวลผลภาพเพื่อลดการเคลื่อนไหวและความสั่นไหวของกล้องอันเนื่องมาจากลมและการเคลื่อนที่ของบอลลูน ภาพที่ผ่านการประมวลผลจะถูกแสดงให้กับผู้ใช้งาน ข้อมูลต่างๆ จากเซ็นเซอร์จะถูกนำมาประมวลผลเพื่อแสดงพิกัดตำแหน่งและขอบเขตภาพถ่ายลงบนแผนที่ ภาพและข้อมูลจะถูกบันทึกลงบนคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการหมุนกล้องและการซูมได้ผ่านจอยสติ๊ก

Planning and Command for Persistent Surveillance System

Ms. Wannakarn Boonyok 54011129

Mr. Sorawit Phumwaree 54011331

Dr. Watchara Chatwiriya Advisor

Academic Year 2013

ABSTRACT

Persistent Surveillance System is a remote camera or sensors observation system from high altitude via a fixed position aerial vehicle or balloon. This project is to develop the planning and command subsystem. Map from Google Map is integrated in our designed system. Surveillance areas can be located using the graphic tools. The taken pictures from remote camera are stream wirelessly to the ground station. Then several image processing algorithms are applied to these raw images to reduce the camera transition effects and also the vibration from winds. The processed images are shown to the user. Data from the sensors are processed to calculate position and image area, plot to the map and then display to the user. The image and logs are saved to a computer. The user can control camera angle via a joystick.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์วัชระ ฉัตรวิริยะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาตลอดการปฏิบัติงานในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งที่ท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการปฏิบัติงานจนสามารถสำเร็จลงได้ด้วยดี ตลอดจนห้องปฏิบัติการสมองกลฝั่งตัว (ESL) ที่เอื้อเพื่อสถานที่สำหรับการปฏิบัติงานในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

วรรณกาญจน์ บุญยก
สรวิชญ์ พุ่มวารี

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	34
2.1 บทสรุป.....	34
2.2 ข้อเสนอแนะ.....	35

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 ตัวอย่างข้อมูลคำสั่ง.....	20
4.2 รูปแบบเฟรมของโปรโตคอลที่ออกแบบขึ้น.....	21
4.3 Address ของข้อมูลแต่ละชนิด.....	22

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 Thales Aerostat.....	3
2.2 RAVEN Tactical Aerostat System.....	4
2.3 บอลลูนอัดแก๊ส.....	4
2.4 ตัวอย่างภาพจากกล้องบนบอลลูนที่เกิดการสั่นไหว.....	7
2.5 ตัวอย่างลำดับภาพจากกล้องบนบอลลูน.....	7
2.6 ตัวอย่างภาพถ่ายที่ระยะความสูง 100 200 300 และ 400 เมตรตามลำดับ.....	8
3.1 ภาพรวมของระบบ.....	11
3.2 Thales Aerostat.....	12
3.3 ภาพร่างของโครงสร้างปีกและบอลลูนที่ต้องการพัฒนา.....	12
3.4 แสดงปุ่มที่ใช้ในการควบคุมแผนที่และมุมมอง.....	14
4.1 อุปกรณ์ภายใน Balloon Mapping Kit.....	15
4.2 ปีกบอลลูน.....	15
4.3 Block diagram การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ.....	16
4.4 Schematic diagram การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ.....	17
4.5 ลายวงจร.....	17
4.6 โพลวชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์.....	19
4.7 โครงสร้างโปรโตคอล VISCA.....	20
4.8 ตัวอย่างสัญญาณ PWM.....	23
4.9 หน้าจอแอปพลิเคชัน.....	24
4.10 โพลวชาร์ตแสดงภาพรวมของการประมวลผลภาพเพื่อลดการสั่นไหว.....	26
4.11 ภาพที่ระยะ 400 เมตรเมื่อไม่มีการชুমและมีการชুম 10 เท่า ตามลำดับ.....	31
4.12 ทดสอบการสื่อสารข้อมูลที่ระยะ 400 เมตร.....	31
4.13 ภาพที่ถูกบันทึกจากกล้องที่ระยะ 400 เมตร.....	32
4.14 ตัวอย่างเฟรมภาพ 2 เฟรม ที่ผ่านและไม่ผ่านการประมวลผล.....	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

การตรวจการณ์พื้นที่นิคมตรวจการณ์จากที่สูงโดยให้มนุษย์เป็นผู้ตรวจการณ์จากตำแหน่งที่อยู่สูงจากพื้นดิน เช่น ต้นไม้ ภูเขา หรือหอคอย เป็นต้น ซึ่งการตรวจการณ์ในลักษณะนี้มีจุดเด่นหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจการณ์จากพื้นดิน ตัวอย่างเช่น สามารถมองเห็นได้ไกลกว่าและมีมุมมองที่กว้างกว่า เป็นต้น จากข้อได้เปรียบดังกล่าว จึงทำให้มีการคิดค้นและพัฒนา รูปแบบของระบบการตรวจการณ์จากที่สูงอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน หนึ่งในระบบที่กำลังได้รับความสนใจ คือ ระบบตรวจการณ์จากที่สูงโดยใช้บอลลูน ระบบนี้จะปล่อยบอลลูนให้ลอยสูงจากพื้นดิน จากนั้นกล้องที่ติดอยู่กับบอลลูนจะถ่ายภาพและส่งภาพนั้นลงมาแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ที่สถานีภาคพื้น

เนื่องจากระบบตรวจการณ์จากที่สูงโดยใช้บอลลูนยังคงมีปัญหาท้าทายหลายประการ เช่น การที่ผู้ใช้ไม่สามารถดูรายละเอียดจุดที่สนใจในภาพได้เนื่องจากการถ่ายภาพจากที่สูง หรือภาพที่ถูกส่งลงมายังสถานีภาคพื้นไม่เหมาะสมแก่การเฝ้าดูจากการสั่นไหวของกล้อง เป็นต้น ดังนั้นโครงการนี้จึงเป็นการพัฒนาระบบตรวจการณ์จากที่สูงโดยใช้บอลลูนที่ ผู้ใช้สามารถควบคุมกล้องได้จากสถานีภาคพื้น และมีการแก้ไขปัญหาการสั่นไหวของกล้องที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของบอลลูนเพื่อให้ได้ภาพที่เหมาะสมแก่การเฝ้าดู

ระบบตรวจการณ์จากที่สูงโดยใช้บอลลูน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย ตัวอย่างเช่น การตรวจการณ์เพื่อวางแผนจราจร การตรวจการณ์พื้นที่เสี่ยงภัย หรือการตรวจการณ์หมู่บ้าน เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาและพัฒนาระบบตรวจการณ์จากที่สูงต้นแบบ เพื่อทดสอบการทำงานและสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้งานจริงได้ต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) การพัฒนาอุปกรณ์เซ็นเซอร์ติดบอลลูนและหางเสือเพื่อทดสอบการทำงานและรอกการพัฒนาต่อเพื่อใช้งานจริงต่อไป

- 2) การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อแสดงผลและติดต่อผู้ใช้งาน
- 3) การทดสอบการทำงานของระบบ

1.4 วิธีการดำเนินงาน

- 1) ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบตรวจการณ์จากที่สูง
- 2) ระบุความต้องการและปัญหาโครงการ
- 3) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีที่จำเป็นในการทำโครงการ
- 4) ออกแบบการทำงานของระบบ
- 5) พัฒนาระบบและทดสอบการทำงาน
- 6) สรุปผลที่ได้รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่พบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้รับความรู้และความเข้าใจในการพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อติดต่อและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ
- 2) ได้รับความรู้และความเข้าใจในการพัฒนาซอฟต์แวร์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์
- 3) เกิดระบบต้นแบบที่สามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ในการตรวจการณ์จากที่สูงได้

บทที่ 2

แนะนำความรู้ทั่วไป

2.1 ความรู้ทั่วไป

2.1.1 นิยามของระบบตรวจการณ์จากที่สูง

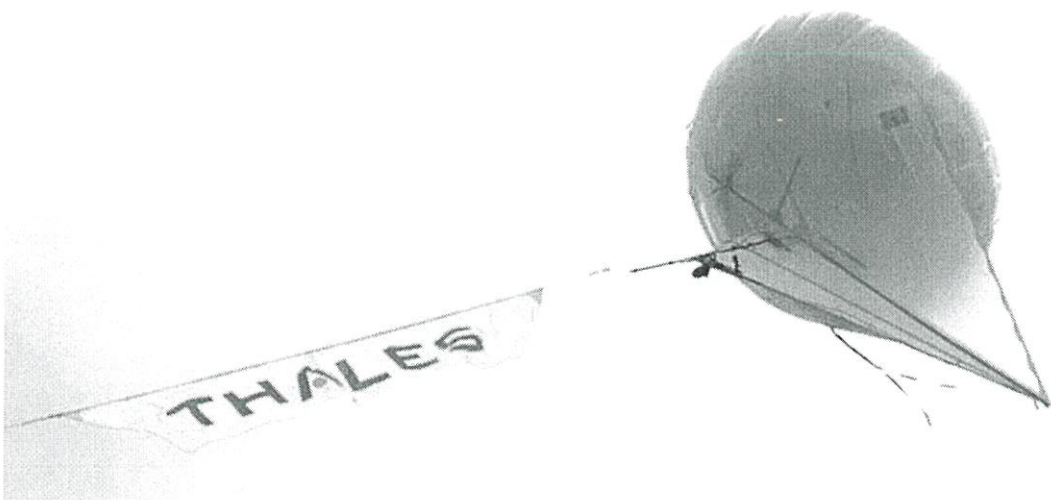
ระบบตรวจการณ์จากที่สูง (Persistent Surveillance System) เป็นระบบการตรวจจับความเคลื่อนไหวจากที่สูง โดยการติดเซนเซอร์หรือกล้องถ่ายภาพกับอากาศยานที่อยู่กับที่ ภาพที่ได้จะถูกส่งลงมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการเฝ้าดู แสดงต่อผู้ใช้ในลักษณะ near real time ผู้ใช้สามารถปรับมุมมองของกล้องและปรับระดับการซูมเข้า ออก เพื่อให้ได้มุมมองที่เหมาะสม

2.1.2 การประยุกต์ใช้และประโยชน์

ระบบตรวจการณ์จากที่สูง (Persistent Surveillance System) สามารถประยุกต์ใช้ในงานที่ต้องการเฝ้าระวังจากที่สูง เช่น พื้นที่โดยรอบค่ายทหาร บริเวณชายแดนประเทศ หรือพื้นที่การชุมนุม เป็นต้น ประยุกต์ใช้ในงานตรวจการณ์หรือเฝ้าดู เช่น การเฝ้าดูการเจริญเติบโตของพืช การเฝ้าดูความเป็นอยู่ของสัตว์ เป็นต้น ประยุกต์ใช้ในการเฝ้าดูพื้นที่จราจรเพื่อการบริหารจัดการที่ดีขึ้น

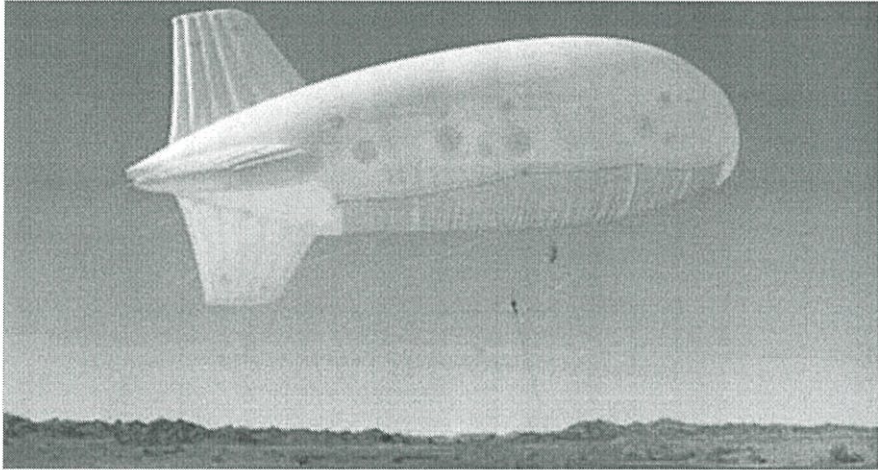
2.1.3 ตัวอย่างระบบตรวจการณ์จากที่สูง

Thales Aerostat เป็นระบบที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานเฝ้าระวังและตรวจการณ์พื้นที่เสี่ยงภัย พื้นที่ภัยพิบัติ และงานชุมนุมขนาดใหญ่



รูป 2.1 Thales Aerostat

RAVEN Tactical Aerostat System ถูกออกแบบมาเพื่อการปล่อยบอลลูนให้ลอยได้อย่างรวดเร็ว สามารถติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ กล้อง เรดาร์ และเซ็นเซอร์ มีอุปกรณ์รับส่งข้อมูลที่เสถียร เหมาะสำหรับการติดตั้งอยู่กับที่ และติดตั้งกับยานพาหนะเคลื่อนที่ เช่น เรือ เป็นต้น



รูป 2.2 RAVEN Tactical Aerostat System

2.1.4 องค์ประกอบของระบบตรวจการณ์แบบบอลลูน

2.1.4.1 บอลลูนอัดแก๊ส



รูป 2.3 บอลลูนอัดแก๊ส

เป็นการใช้แก๊สต่างๆที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศบรรจุในบอลูนแทนอากาศร้อน ระยะเวลาที่บอลูนสามารถลอยตัวบนอากาศขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำบอลูน ซึ่งจะส่งผลกับการรั่วซึมของแก๊ส โดยแก๊สที่สามารถใช้ในการบรรจุได้จะต้องมีคุณสมบัติที่เบากว่าอากาศ ดังนั้น ไฮโดรเจนซึ่งเป็นแก๊สที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดจึงเป็นแก๊สชนิดแรกที่ถูกนำมาใช้ในการบรรจุบอลูน แต่เนื่องจากคุณสมบัติที่สามารถเกิดการลุกไหม้และระเบิดได้ง่าย ทำให้เสียซึ่งเป็นแก๊สที่มีความหนาแน่นน้อยเป็นอันดับสองรองจากไฮโดรเจนแต่ไม่เกิดการติดไฟหรือระเบิดได้ง่าย จึงเป็นที่นิยมใช้ในการบรรจุบอลูนในปัจจุบัน

การคำนวณแรงยกของบอลูนอัดแก๊ส หากเป็นแก๊สฮีเลียมจะมีแรงยกเท่ากับ 1 กรัม ต่อ ปริมาตรแก๊สฮีเลียม 1 ลิตร ดังนั้นหากต้องการคำนวณแรงยกของบอลูนอัดแก๊สฮีเลียมจะสามารถคำนวณได้จาก ปริมาตรของแก๊สฮีเลียมบนบอลูนนำมาคูณด้วยแรงยก ตัวอย่างเช่น บอลูนทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.2 เมตร จะมีแรงยกเท่ากับ $\frac{4}{3} * \pi * 2.1^3 = 38.808$ กิโลกรัม

2.1.4.2 กล้อง และ Gimbal

กล้อง คือ อุปกรณ์ที่ใช้แสงในการบันทึกภาพ สามารถเก็บภาพโดยตรงหรือส่งต่อภาพนั้นไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ภาพที่ได้เป็นได้ทั้งภาพนิ่งและวิดีโอ กล้องทำงานกับแสงในสเปกตรัมที่มองเห็นได้โดยมนุษย์ หรือช่วงความถี่อื่นในสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถสร้างภาพนิ่งหรือภาพต่อเนื่องได้ และบันทึกภาพเหล่านั้นด้วยเซ็นเซอร์หรือฟิล์ม กล้องทุกตัวมีพื้นฐานการออกแบบคล้ายกัน คือ แสงจะผ่านเลนส์เข้ามายังเซ็นเซอร์ที่ไวต่อแสง ชัตเตอร์จะทำหน้าที่ในการควบคุมระยะเวลาที่แสงจะสามารถผ่านเข้ามายังกล้อง กล้องส่วนมากมักจะมีฟังก์ชันที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถที่จะมองเห็นภาพก่อนที่จะถ่ายได้ โดยสามารถมองเห็นจุดโฟกัส และสามารถควบคุมรูรับแสงเพื่อให้แสงไม่สว่างหรือมืดจนเกินไป จอแสดงผลส่วนมากจะใช้จอแบบแอลซีดี ซึ่งจะแสดงผลทั้งภาพและข้อมูลการตั้งค่าต่างๆ อย่างเช่น ค่าความไวแสง ค่ารูรับแสง และความเร็วชัตเตอร์ กล้องวิดีโอมีการทำงานคล้ายการทำงานที่กล่าวไปข้างต้น แต่จะมีการบันทึกภาพที่ความเร็วมากกว่า 24 ภาพต่อวินาที เพื่อที่จะนำภาพนั้นมาฉายต่อกันแล้วทำให้เกิดภาพลวงตาของการเคลื่อนไหว

กล้องที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้กล้องแบบ Block Camera ซึ่งเป็นกล้องที่ถูกออกแบบมาเพื่อการติดตั้งใน โคมของกล้องวงจรปิด โดยฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานจะคล้ายคลึงกับกล้องทั่วไปซึ่งได้กล่าวไปแล้ว แต่จะมีฟังก์ชันเพิ่มเติมในส่วนของการควบคุม และสัญญาณภาพขาออก การควบคุมกล้อง เช่น การซูม โฟกัสแบบอัตโนมัติ สมดุลแสงขาว เป็นต้น จะสามารถควบคุมได้ผ่านทางโปรโตคอล VISCA ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ถูกออกแบบโดย Sony เพื่อใช้ในกล้อง

แบบ Block Camera โปรโตคอล VISCA ใช้การส่งสัญญาณผ่านโปรโตคอล RS232 สัญญาณภาพขาออกของกล้อง คือ สัญญาณ PAL ความละเอียด 530 TV Lines โดยที่จะ output ออกมาเป็น S-Video

Camera gimbal เป็น Mechanical Image Stabilization ชนิดหนึ่ง ทำงานเป็นตัวช่วยแก้ความเอียงของกล้อง ประกอบไปด้วย 3 ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ 1.Inertial Measurement Unit 2.Controller 3.Motor การทำงานเริ่มจาก Controller อ่านค่า Gyrosensor, Accelerometer และ Magnetometer จาก IMU แล้วนำมาคำนวณเพื่อหาความเอียงและทิศทางของ IMU จากนั้นจะส่งคำสั่งไปยัง Motor ให้หมุนไปยังองศาที่ต้องการเพื่อแก้ไขความเอียงที่เกิดขึ้นกับทั้ง 3 แกน

2.1.4.3 Communication

อุปกรณ์ที่ใช้ส่งสัญญาณภาพที่นิยมใช้ เรียกว่า Video Transmitter เป็นตัวส่งสัญญาณภาพและเสียงแบบไร้สายด้วยคลื่นความถี่วิทยุ มีหลายความถี่ให้เลือกใช้ ตัวอย่างเช่น 900MHz, 2.4GHz และ 5.8GHz

ZigBee คือ โปรโตคอลมาตรฐานสำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบ High-level ใช้ในการสร้าง Personal Area Networks ขนาดเล็ก ใช้พลังงานต่ำ มาตรฐาน ZigBee คือ IEEE 802.15.4

2.1.4.4 Sensor

2.1.4.4.1 Inertial Measurement Units (IMU)

เซนเซอร์หรืออุปกรณ์ที่ใช้ใน INS (Inertial Navigation System) ถูกเรียกว่า Inertial Measurement Units (IMU) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของ INSs ที่ใช้ในเครื่องบิน อวกาศ และเรือ IMU ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ Accelerometers 3 ทิศทาง และ Gyroscopes 3 ทิศทาง ซึ่งรับความเร่งยานพาหนะและความเร็วเชิงมุมตามลำดับ

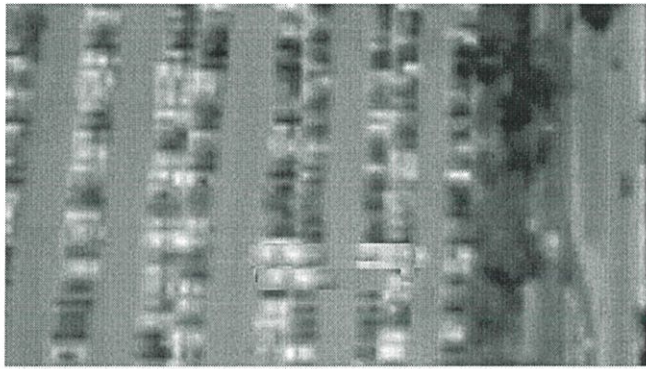
2.1.4.4.2 Global Positioning System (GPS)

GPS เป็นระบบนำทางผ่านดาวเทียมที่ ให้ข้อมูลสถานที่และเวลา ดำเนินการโดยสหรัฐอเมริกา สามารถใช้ได้กับทุกคนที่มีอุปกรณ์รับสัญญาณ GPS ข้อมูลตำแหน่งที่ถูกคำนวณโดยข้อมูลที่ได้รับจากดาวเทียมมีข้อผิดพลาดบางอย่างเนื่องจากข้อจำกัดโดยธรรมชาติ

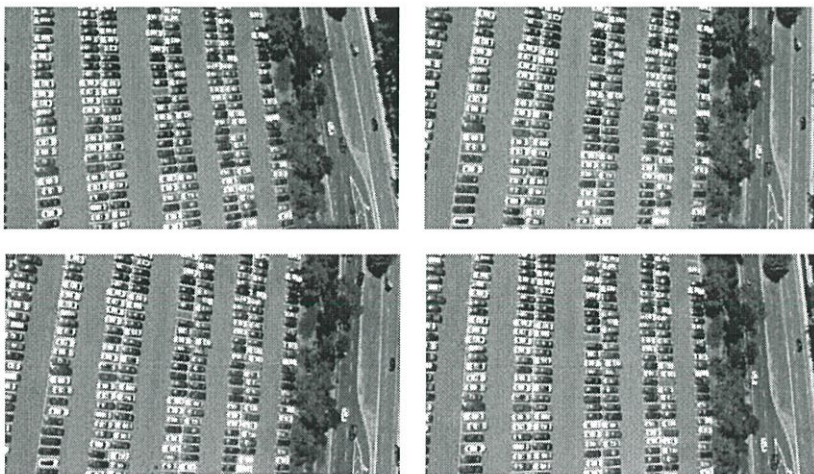
GPS สามารถให้ข้อมูลตำแหน่งที่แน่นอนได้ในสภาพแวดล้อมกลางแจ้ง และยากที่จะได้รับข้อมูลที่แน่นอนในสภาพแวดล้อมในร่ม GPS แม้จะมีประโยชน์มากมายแต่การใช้งานค่อนข้างจำกัด ปัญหาที่รุนแรงที่สุดคือการสะท้อนของสัญญาณกับวัตถุขนาดใหญ่ เช่น ต้นไม้ หรืออาคาร ซึ่งจะทำให้เกิดการหยุดชะงักของสัญญาณ GPS ได้

2.2 ปัญหาและความน่าสนใจ

ปัญหาประการแรกของระบบตรวจการณ์จากที่สูงที่โครงการนี้มุ่งเน้นเพื่อพัฒนาแก้ปัญหาคือการสั่นไหวของกล้องที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของบอลูน การปล่อยบอลูนขึ้นไปลอยตัวอยู่กลางอากาศจะพบว่ามีลมปะทะบอลูนตลอดเวลา ทำให้บอลูนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ นอกจากนั้นเมื่อลมปะทะบอลูนที่เป็นวัตถุทรงกลมจะทำให้บอลูนเกิดการหมุนขึ้นอีกด้วย ดังนั้นภาพที่ได้จากกล้องบนบอลูนบางภาพจะมีลักษณะดังรูป 2.4 ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้งานได้ และนอกจากการสั่นไหวลักษณะดังรูป 2.4 แล้ว หากทำการส่งภาพจากกล้องบนบอลูนลงมายังสถานีภาคพื้นอย่างต่อเนื่องดังรูป 2.5 จะพบว่าภาพแต่ละภาพนั้นถูกถ่ายจากตำแหน่งที่แตกต่างกันทั้งนี้มิใช่สาเหตุมาจากบอลูนซึ่งสามารถหมุนและเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นการปรับปรุงภาพเหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

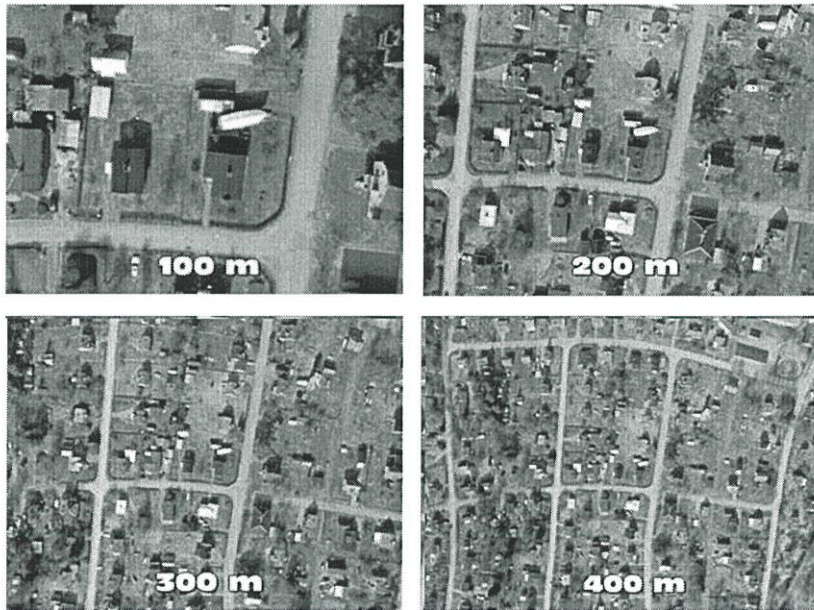


รูป 2.4 ตัวอย่างภาพจากกล้องบนบอลูนที่เกิดการสั่นไหว



รูป 2.5 ตัวอย่างลำดับภาพจากกล้องบนบอลูน

ปัญหาอีกประการที่โครงการนี้ต้องการแก้ไขคือการที่ผู้ใช้ไม่สามารถดูรายละเอียดจุดที่สนใจในภาพได้เนื่องจากการถ่ายภาพจากที่สูง จากรูป 2.6 ซึ่งเป็นตัวอย่างภาพถ่ายที่ระยะความสูง 100 200 300 และ 400 เมตรตามลำดับ พบว่าผู้ใช้สามารถเห็นภาพรวมของสถานที่ที่สนใจได้เป็นบริเวณกว้าง แต่หากผู้ใช้ต้องการดูรายละเอียดเฉพาะจุดที่สนใจก็จำเป็นต้องลดระดับความสูงของบอลลูนลงซึ่งทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งาน อีกทั้งขอบเขตของพื้นที่ที่กล้องสามารถจับภาพได้ยังถูกจำกัดด้วยความสูงที่บอลลูนสามารถลอยตัวได้อีกด้วย



รูป 2.6 ตัวอย่างภาพถ่ายที่ระยะความสูง 100 200 300 และ 400 เมตรตามลำดับ

2.3 การประยุกต์ใช้หลักการมาแก้ไขปัญหา

จากปัญหาทั้ง 2 ประการ โครงการนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาระบบที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.3.1 ผู้ใช้สามารถควบคุมกล้องได้จากสถานีภาคพื้น

โครงการนี้จะมีการพัฒนาระบบให้ผู้ใช้สามารถควบคุมทั้งมุมกล้องและการซูมเข้าออกกล้องได้จากสถานีภาคพื้น โดยจะใช้ Gimbal เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมมุมกล้องใน 2 แนวแกน คือ แกน pitch และ yaw หลักการทำงานคือผู้ใช้จะสามารถสั่งการจากอุปกรณ์ที่สถานีภาคพื้นเพื่อส่งสัญญาณไปยัง Processor ซึ่งถูกติดตั้งอยู่บนบอลลูน และให้ Processor นั้นสร้างสัญญาณเพื่อไปสั่งการกล้องและ Gimbal ต่อไป

5.3.2 การลดการสั่นไหวของกล้องที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของบอลลูน

วิธีการที่ได้นำมาใช้เพื่อลดการสั่นไหวของกล้องอันเกิดจากการเคลื่อนที่ของบอลลูนแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- 1) การใช้ Gimbal ซึ่งเป็น Mechanical Image Stabilization ชนิดหนึ่ง เพื่อลดการสั่นไหวของตัวกล้อง
- 2) นำการประมวลผลภาพมาใช้เพื่อแก้ไขการสั่นไหวในแนวแกนที่ gimbal ไม่สามารถแก้ไขได้
- 3) การใช้อุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายหางเสือเพื่อป้องกันการหมุนของบอลลูนอันเนื่องมาจากลม โดยหางเสือนี้จะควบคุมทิศทางให้ลู่อลมเสมอ

บทที่ 3

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 การวิเคราะห์ความต้องการ

3.1.1 Software

3.1.1.1 functional

- 1) การแสดงผลภาพจากกล้อง
- 2) การประมวลผลภาพเพื่อให้เหมาะสมกับการการเฝ้าดู
- 3) การบันทึกภาพที่ได้จากกล้องในรูปแบบวิดีโอ
- 4) Interface ที่สามารถบังคับทิศทางและการซูม

3.1.1.2 non-functional

- 1) มี Interface ที่ง่ายต่อการใช้งาน
- 2) การแสดงสถานะของระบบ
- 3) การเก็บบันทึกสถานะต่างๆของระบบ
- 4) การแสดงขอบเขตของภาพลงบนแผนที่

3.1.2 Hardware

3.1.2.1 functional

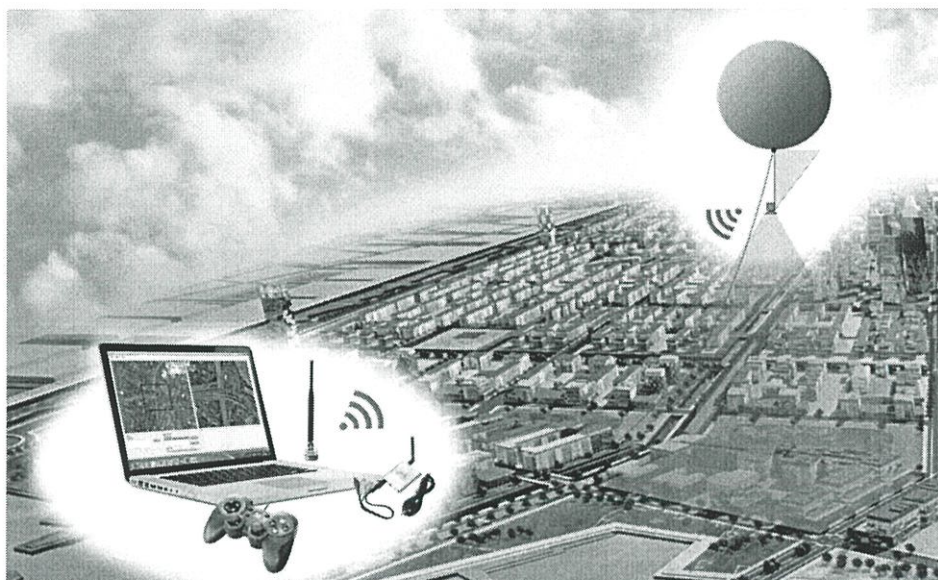
- 1) ส่วนควบคุมรวมที่อยู่กับบอลูน
- 2) Protocol ในการสื่อสาร
- 3) การควบคุม gimbal
- 4) การควบคุมกล้อง
- 5) อ่านค่าตำแหน่งกับความเอียง
- 6) ติดต่อกับ PC

3.1.2.2 non-functional

- 1) รองรับการทำงานที่ระยะ 400 เมตร

- 2) อุปกรณ์สื่อสารสามารถส่งข้อมูลได้ในลักษณะ real-time หรือ near real-time
- 4) Protocol รองรับการทำงานกรณีเกิดความผิดพลาดในการรับ-ส่งข้อมูล

3.2 การออกแบบระบบ



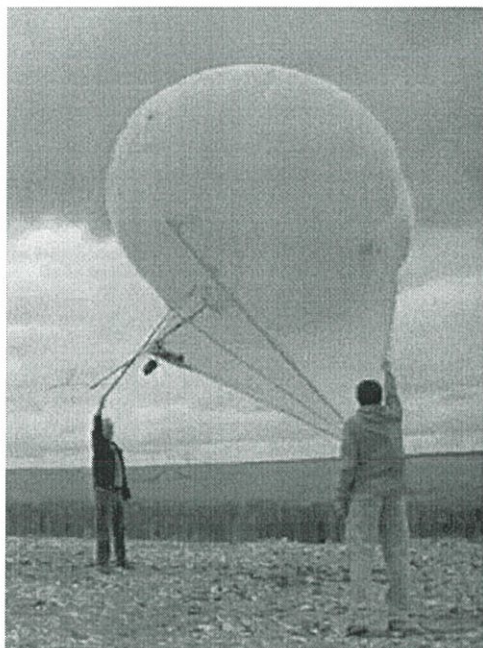
รูป 3.1 ภาพรวมของระบบ

จากรูป 3.1 แสดงถึงภาพรวมของระบบตรวจการณ์จากที่สูงที่ต้องการพัฒนาในโครงการฉบับนี้ ซึ่งสามารถแบ่งระบบออกเป็น 4 ส่วน คือ โครงสร้างปีกและบอลูน ส่วนควบคุมกล้องและอุปกรณ์ต่างๆ ส่วนติดต่อสื่อสาร และส่วนติดต่อผู้ใช้งาน โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดแตกต่างกันดังต่อไปนี้

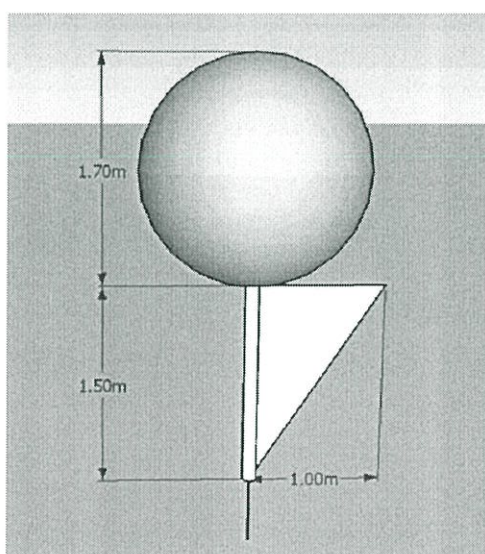
3.2.1 โครงสร้างปีกและบอลูน

การออกแบบโครงสร้างปีกและบอลูนในโครงการนี้ได้อ้างอิงจากระบบตรวจการณ์จากที่สูงของโครงการ Thales Aerostat โครงสร้างปีกและบอลูนของระบบดังกล่าวมีการใช้บอลูนซึ่งทำมาจากพีวีซีและมีส่วนที่มีลักษณะคล้ายปีกยื่นออกมาจากตัวบอลูนดังรูป 3.2 เพื่อลดการหมุนของบอลูนอันเนื่องมาจากลมที่ปะทะบอลูนซึ่งเป็นวัตถุทรงกลม แต่บอลูนลักษณะดังกล่าวจะต้องสั่งทำพิเศษและใช้งบประมาณค่อนข้างสูง ดังนั้นโครงการนี้จึงได้นำโครงสร้างดังกล่าวมาประยุกต์เพื่อลดต้นทุนและให้เหมาะสมแก่การใช้งาน โดยส่วนบอลูนได้นำบอลูน

ทรงกลมสำเร็จรูปมาใช้ ในขณะที่ส่วนปีกได้ตัดส่วนที่ต้องยึดติดกับบอลูนทิ้งเหลือเพียงส่วนปลายของปีกและใช้ผ้าไนลอนยึดติดกับแท่งคาร์บอนไฟเบอร์ลักษณะดังรูป 3.3



รูป 3.2 Thales Aerostat



รูป 3.3 ภาพร่างของโครงสร้างปีกและบอลูนที่ต้องการพัฒนา

3.2.2 ส่วนควบคุมกล้องและอุปกรณ์ต่างๆ

เป็นส่วนที่ถูกติดตั้งอยู่กับปีกบอลลูน ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 6 อย่าง คือ Processor, IMU, GPS Module, Flight Controller, กล้อง และ Gimbal โดย Processor จะเป็นตัวกลางในการติดต่อรับข้อมูลภาพจากกล้อง รับข้อมูล pitch, roll, yaw จาก IMU และรับข้อมูล GPS Coordinate จาก GPS Module จากนั้น Processor จะทำการส่งข้อมูลไปยังส่วนติดต่อสื่อสารต่อไป นอกจากนี้ Processor ยังทำหน้าที่รับคำสั่งการปรับตำแหน่งบอลลูนและมุมกล้องจากสถานีภาคพื้น และสร้างสัญญาณเพื่อไปสั่งการ Flight Controller และ Gimbal ตามลำดับ

3.2.3 ส่วนติดต่อสื่อสาร

ในส่วนติดต่อสื่อสารมีหน้าที่ในการรับส่งภาพและข้อมูลต่างๆ ไปยังส่วนติดต่อผู้ใช้งาน โดยจะแบ่งการรับส่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนตามรูปแบบของข้อมูลที่ต้องส่ง คือ ส่วนการส่งภาพ และส่วนการรับส่งข้อมูลต่างๆ ในการส่งภาพจะเป็นลักษณะของการส่งภาพที่ถ่ายได้จากกล้องลงไปยังสถานีภาคพื้น โดยตรงแบบไร้สายผ่านทาง Video Transmitter ในขณะที่ส่วนรับส่งข้อมูลอื่นๆจะถูกแยกออกมาเป็นการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย ระหว่าง Processor ที่ติดอยู่บนบอลลูนกับคอมพิวเตอร์บนสถานีภาคพื้น

3.2.4 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

ส่วนติดต่อผู้ใช้งานมีหน้าที่ในการส่วนที่รับภาพและข้อมูลต่างๆ เช่น ตำแหน่งบอลลูน และมุมของกล้อง จากส่วนติดต่อสื่อสารและนำมาประมวลผลหรือจัดรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมแก่การนำเสนอผู้ใช้งาน นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ในการรับข้อมูลการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆจากผู้ใช้งาน และเตรียมส่งไปยังส่วนติดต่อสื่อสารต่อไป ภาพรวมของส่วนติดต่อผู้ใช้งานสามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วน คือ ส่วนแสดงข้อมูลทั่วไป ส่วนแสดงตำแหน่งบอลลูนและขอบเขตภาพบนแผนที่ ส่วนแสดงภาพจากกล้อง และส่วนควบคุมแผนที่และมุมกล้อง

3.2.4.1 ส่วนแสดงข้อมูลทั่วไป

เป็นส่วนที่แสดงสถานะต่างๆของระบบแก่ผู้ใช้งานในด้วยตัวเลขประกอบด้วย ตำแหน่ง Latitude Longitude Altitude ของบอลลูน และมุม pitch roll yaw ของกล้อง

3.2.4.2 ส่วนแสดงตำแหน่งบอลลูนและขอบเขตภาพบนแผนที่

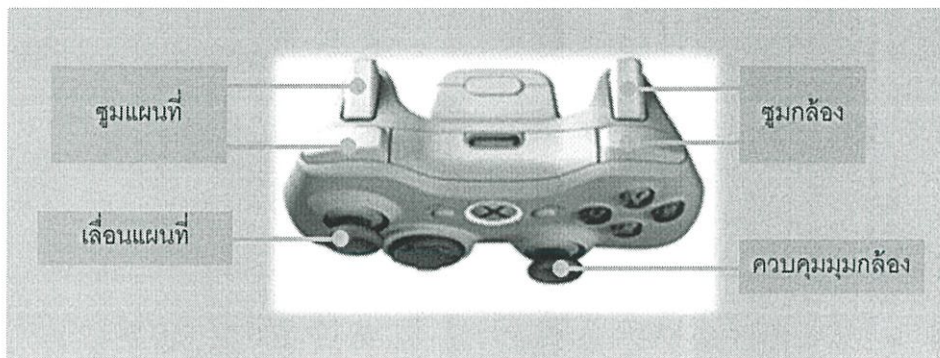
ส่วนแสดงตำแหน่งบอลลูนและขอบเขตภาพบนแผนที่จะอยู่ทางด้านซ้ายมือของผู้ใช้งาน มีหน้าที่ในการแสดงตำแหน่งปัจจุบันของบอลลูนและขอบเขตของภาพที่ถ่ายได้แก่ผู้ใช้งานในลักษณะกราฟฟิกเพื่อความสะดวกในการเฝ้าดู โดยการนำข้อมูลต่างๆของระบบ เช่น ตำแหน่ง Latitude Longitude Altitude ของบอลลูน และมุม pitch roll yaw ของกล้อง มาทำการประมวลผลและแสดงลงบนแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม

3.2.4.3 ส่วนแสดงภาพจากกล้อง

ส่วนแสดงภาพจากกล้องนั้นจะอยู่ทางด้านขวามือของผู้ใช้งาน โดยจะทำหน้าที่ในการนำภาพจากกล้องบนบอลลูนที่ถูกส่งผ่านมาจากส่วนติดต่อผู้ใช้งาน มาแสดงในลักษณะ near real-time โดยภาพที่นำมาแสดงนั้นจะต้องผ่านการประมวลผลภาพเพื่อลดการสั่นไหว เพื่อให้ได้ภาพที่เหมาะสมแก่การเฝ้าดู

3.2.4.4 ส่วนควบคุมแผนที่และมุมมอง

ในส่วนนี้จะมีนำจอยสติ๊กเข้ามาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมมุมมองได้ง่ายขึ้น โดยการควบคุมจะมีลักษณะ คือ ปุ่มควบคุมทางด้านซ้ายของผู้ใช้งานจะใช้ในการเลื่อนและซูมเข้าออกแผนที่ ในขณะที่ปุ่มควบคุมทางด้านขวาจะใช้ในการซูมและปรับมุมมอง



รูป 3.4 แสดงปุ่มที่ใช้ในการควบคุมแผนที่และมุมมอง

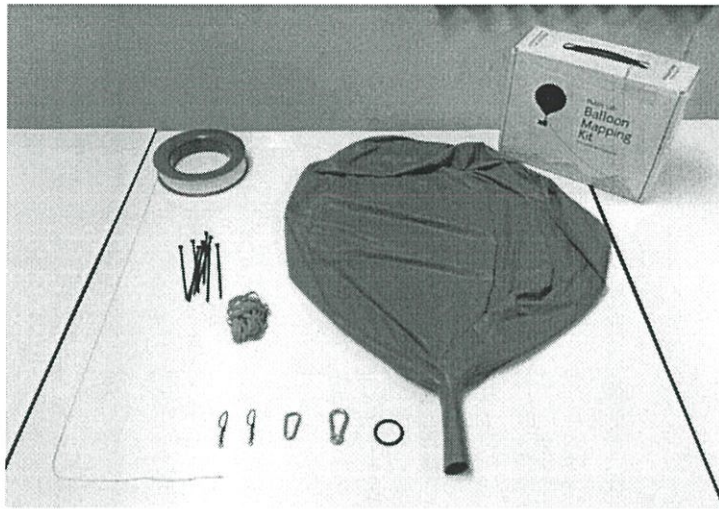
บทที่ 4

การพัฒนาและทดสอบระบบ

4.1 การพัฒนาระบบ

4.1.1 บอลลูนและปีก

บอลลูนที่นำมาใช้ในโครงการนี้เป็นอุปกรณ์จากชุด Balloon Mapping Kit ดังรูป 4.1 ซึ่งเป็นบอลลูนที่ทำมาจากวัสดุที่มีความยืดหยุ่นคล้ายยาง สามารถสูบลมได้มากที่สุดประมาณ 4 ลิวบิกเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด 2 เมตร และสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 2 กิโลกรัม



รูป 4.1 อุปกรณ์ภายใน Balloon Mapping Kit

ปีกบอลลูนมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก ทำจากผ้าไนลอนขนาด 1x1.5 เมตร เย็บติดกับส่วนแกนซึ่งทำจากแท่งคาร์บอนไฟเบอร์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ลักษณะดังรูป 4.2



รูป 4.2 ปีกบอลลูน

4.1.2 ส่วนควบคุมกล้องและอุปกรณ์ต่างๆ

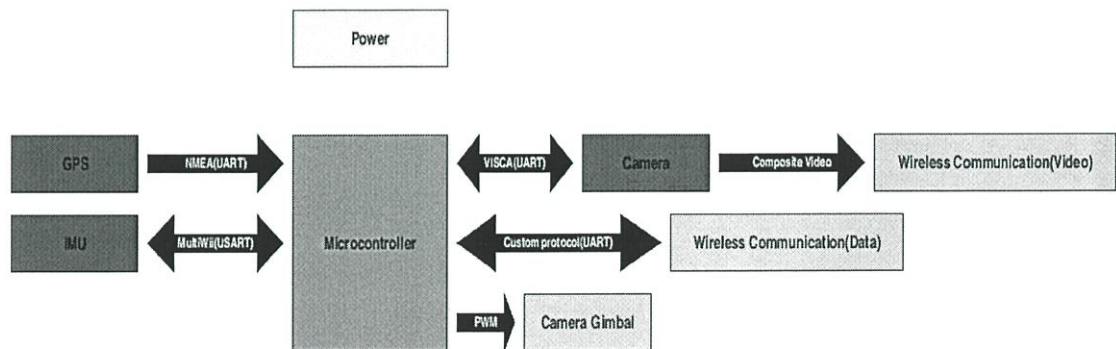
การพัฒนาในส่วนนี้จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การพัฒนาบอร์ดสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ และการพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.2.1 การพัฒนาบอร์ดสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์

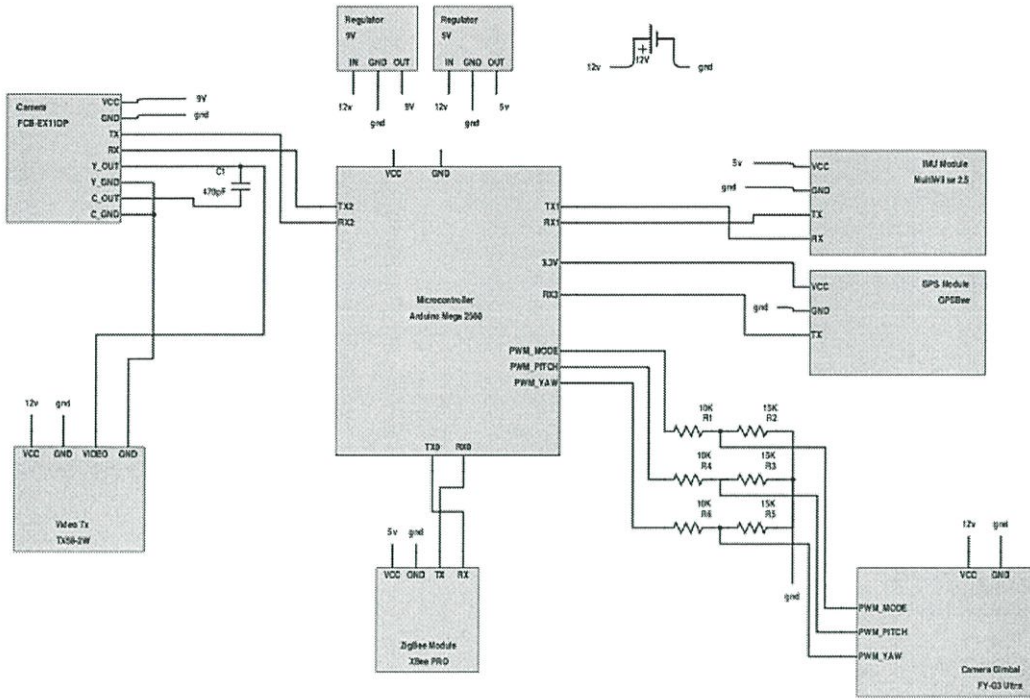
บอร์ดสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ มีหน้าที่ดังนี้

- 1) แปลง Connector สำหรับอุปกรณ์ที่มี Connector ต่างกัน ให้สามารถเชื่อมต่อกันได้
- 2) แปลงแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าต่างกัน
- 3) ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณที่ใช้สื่อสารกันของอุปกรณ์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่างกัน
- 4) เป็น Connector สำหรับเสียบอุปกรณ์

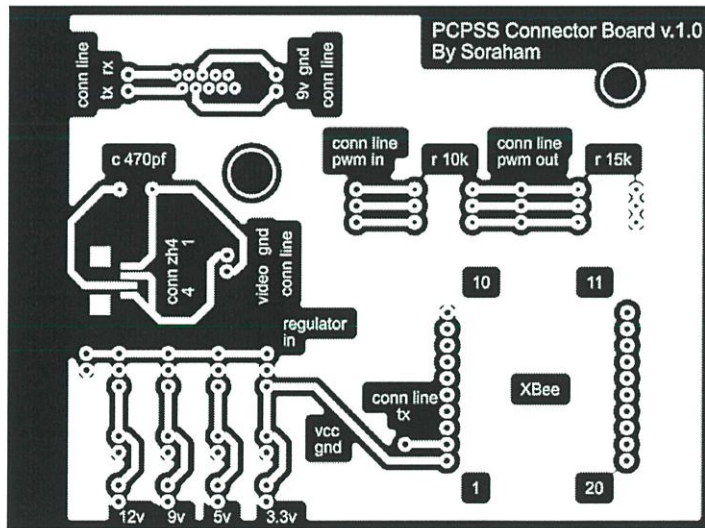
บอร์ดสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์นี้ต้องใช้ออกแบบเป็น PCB (Printed Circuit Board) เนื่องจาก Connector สำหรับอุปกรณ์บางตัวมีขนาดเล็ก และเป็นแบบ SMD (surface-mount device) โปรแกรมสำหรับออกแบบ PCB เลือกใช้โปรแกรม Eagle เนื่องจากเป็น Freeware และสามารถค้นหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้ง่าย



รูป 4.3 Block diagram การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ



รูป 4.4 Schematic diagram การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ



รูป 4.5 ดายวงจร

อุปกรณ์ที่ใช้ในแผงวงจรมีดังนี้

- 1) Regulator: L7805CV
- 2) Regulator: L7809CV

- 3) Camera video connector: ZH 1.5MM SMT HEADER SIDE ENTRY
04WAY
- 4) Camera signal connector: 10 way vertical through hole FFC 1.0
- 5) Resistor 1W: 15 kOhm x3
- 6) Resistor 1W: 10 kOhm x3
- 7) Capacitor: 470 pF
- 8) Connector: 2.54mm Male Single Row Pin Header Connectors
- 9) Connector: 1x10 Pin 2.54mm Pin Square Female Pin Header Connector x2

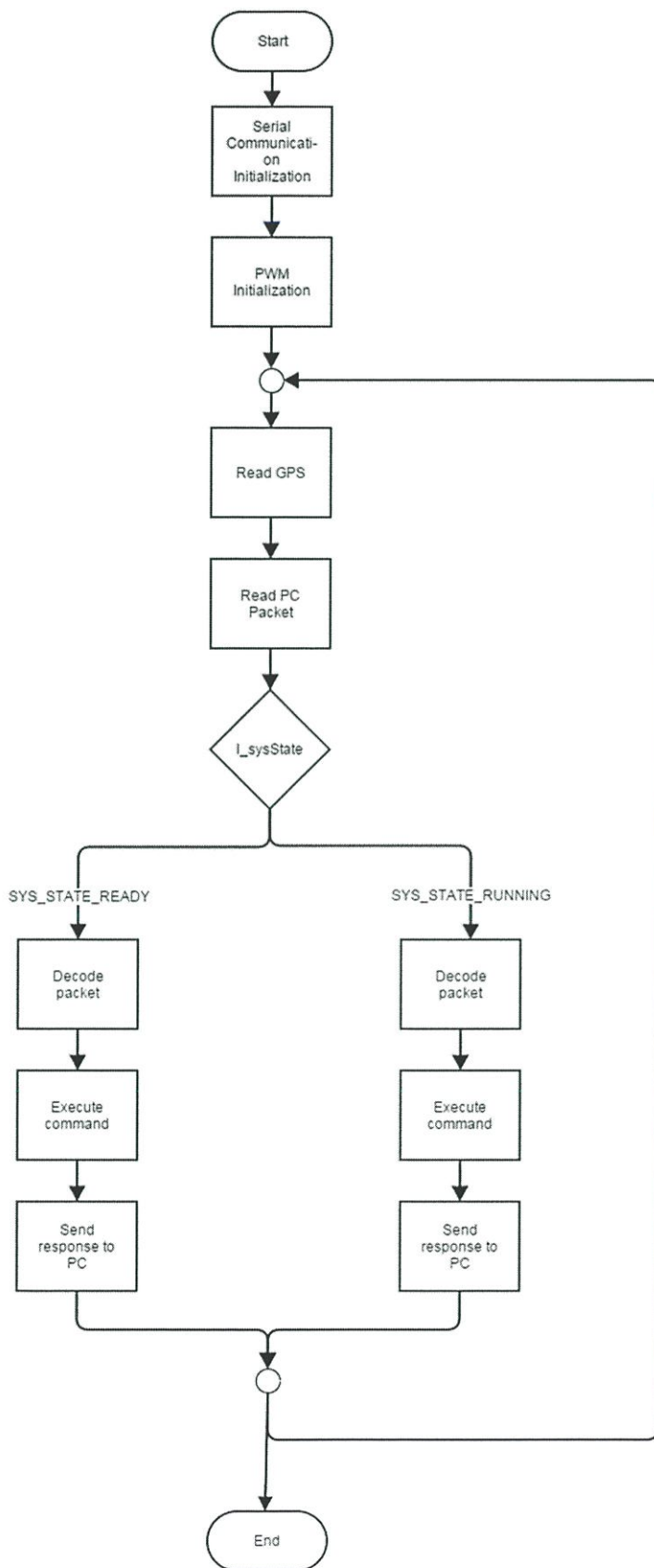
4.1.2.2 การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนของโปรแกรมที่ต้องพัฒนา มีดังนี้

- 1) ควบคุมการซูมของกล้องด้วย VISCA Protocol
- 2) อ่านค่าจาก IMU ด้วย MultiWii Protocol
- 3) อ่านค่าจาก GPS ด้วย NMEA Protocol
- 4) สื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรโตคอลที่ออกแบบขึ้นเองผ่าน ZigBee Module
- 5) ควบคุม Gimbal ด้วย PWM

การเขียนโปรแกรมบน Arduino เพื่อสื่อสารกับ UART Serial Communication (ในหัวข้อ 1 ถึง 4) จะใช้ library ที่มีชื่อว่า Serial

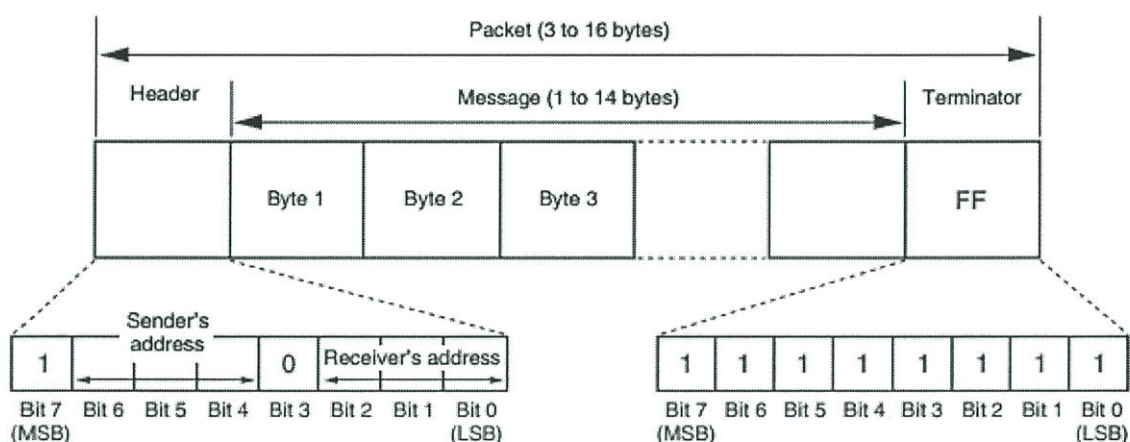
การเขียนโปรแกรมบน Arduino เพื่อควบคุม gimbal ด้วย PWM ใช้ library พื้นฐานของ Arduino โดยใช้ฟังก์ชันชื่อ “analogWrite()” ซึ่งความถี่ของสัญญาณ PWM จะเท่ากับ 490 Hz สำหรับค่ามาตรฐาน



รูป 4.6 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.2.2.1 ควบคุมการชุมของกล้องด้วย VISCA Protocol

VISCA Protocol คือ โพรโทคอลที่ใช้สำหรับควบคุมโมดูลกล้องจาก SONY ถูกออกแบบโดย SONY เอง การสื่อสารข้อมูลจะส่งผ่าน RS232 โดยค่าเริ่มต้นจะเป็น baud rate: 9600, 8N1 และไม่มี flow control



รูป 4.7 โครงสร้างโปรโตคอล VISCA

จากรูป 4.7 จะเห็นว่าใน Byte แรก จะประกอบไปด้วย Sender address และ Receiver address ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-7 และส่วนของ Field Byte 1 ถึง Byte n คือ ส่วนของข้อมูลที่ต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์

ตาราง 4.1 ตัวอย่างข้อมูลคำสั่ง

Command Set	Command	Command Packet	Comments
AddressSet	Broadcast	88 30 01 FF	Address setting
CAM_Power	On	8x 01 04 00 02 FF	Power ON/OFF
	Off	8x 01 04 00 03 FF	
CAM_Zoom	Stop	8x 01 04 07 00 FF	
	Tele(Standard)	8x 01 04 07 02 FF	
	Wide(Standard)	8x 01 04 07 03 FF	

ในช่องของ Command Packet ตัวอักษร x หมายถึง Address ของ Sender และ Receiver ซึ่งสามารถกำหนดได้ตาม Field Header รูปที่ 4.7

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ถูกออกแบบให้สามารถส่งคำสั่งไปควบคุมเฉพาะ การชุมเข้า-ออกของกล่องเท่านั้น ส่วนอื่นๆ จะใช้งานเป็นค่าเริ่มต้นของตัวกล่อง

4.1.2.2.2 อ่านค่าจาก IMU ด้วย MultiWii Protocol

MultiWii Protocol คือ โพรโตคอลที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่าง MultiWii Flight Controller กับ คอมพิวเตอร์ การสื่อสารข้อมูลจะส่งผ่าน USART

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ถูกออกแบบให้สามารถส่งคำสั่งไปอ่านค่า pitch และ ทิศทางจาก IMU และสามารถส่งคำสั่งไป Calibrate Accelerometer และ Magnetometer

4.1.2.2.3 อ่านค่าจาก GPS ด้วย NMEA protocol

การอ่านค่าตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดจาก GPS Module ใช้การสื่อสาร ข้อมูลแบบ NMEA protocol โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะสามารถอ่านค่าจาก GPS Module ทุกๆ 1 วินาที และเก็บค่าที่อ่านได้ไว้ เพื่อส่งต่อไปให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลต่อไป

4.1.2.2.4 สื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรโตคอลที่ออกแบบ ผ่าน ZigBee Module

โปรโตคอลที่ออกแบบขึ้น เป็นโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์ ซึ่งตัวโปรโตคอลจะต้องรองรับการทำงานดังนี้

- 1) สื่อสารข้อมูลได้
- 2) สามารถทำงานต่อได้หากมีการ lost ของข้อมูลหรือส่งข้อมูลผิดพลาด
- 3) บอกชนิดของข้อมูลได้

ตาราง 4.2 รูปแบบเฟรมของโปรโตคอลที่ออกแบบขึ้น

Field number	Field	Bytes	Value	Description
1	Start	1	0x53	Start byte
2	Number of bytes	1		Number of bytes from filed 3 to 7
3	Address	1		Address of operation
4	Mode	1		Read = 0x02 Write = 0x24
5	Data	0 to (2 ⁸)-4		Data field
6	Checksum	1		Checksum from field 1 to 5
7	End of frame	1	0x45	End byte

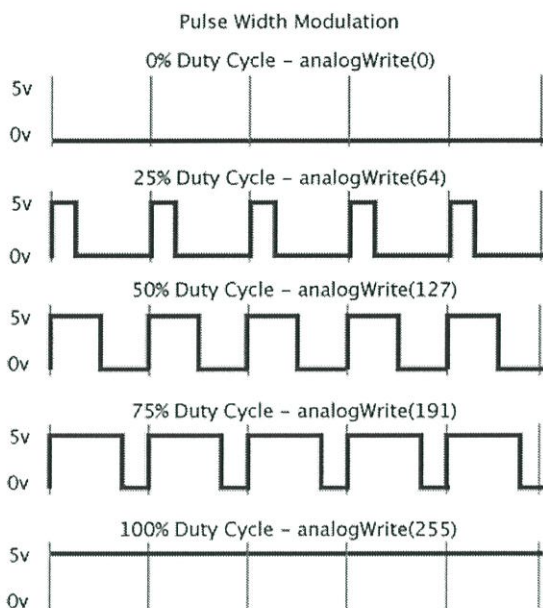
ตาราง 4.3 Address ของข้อมูลแต่ละชนิด

Address	Operation	Data request		Data return		State
		Bytes	Description	Bytes	Description	
0x00	Read	0	no data	1	Status - 0x00 Ready - 0x01 Started - 0x02 Lost - 0x03 Fail safe	- 0x00 Ready - 0x01 Started - 0x02 Lost - 0x03 Fail safe
0x00	Write	1	Status - 0x00 Ready - 0x01 Started - 0x02 Lost - 0x03 Fail safe	1	0x04 ACK	- 0x00 Ready - 0x01 Started - 0x02 Lost - 0x03 Fail safe
0x10	Read	0	no data	2 2 6 X	Status - Pitch - Yaw - Altitude(4) + vario(2) - GPS coordinate	- 0x01 Started
0x11	Write	0	calibrate accelerometer	1	0x04 ACK	- 0x00 Ready
0x12	Write	0	calibrate magnetometer	1	0x04 ACK	- 0x00 Ready - 0x01 Started
0x20	Write	1	camera pitch control 1 byte position min = 0xB9 max = 0xC3 mid = 0xBE	1	0x04 ACK	- 0x01 Started
0x21	Write	1	camera yaw control - 0x01 clockwise - 0x02 counter-clockwise - 0x04 stop	1	0x04 ACK	- 0x01 Started
0x22	Write	1	camera zoom control 1 byte command - 0x01 Zoom in - 0x02 Zoom out - 0x04 Stop	1	0x04 ACK	- 0x01 Started
0xFF	Read	0	no data	1	0x16 NAK	Packet error

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น จะต้องทำงานได้ตามโปรโตคอลที่ออกแบบขึ้น และสามารถทำงานได้โดยไม่มีอาการค้างของตัวโปรแกรมหากการส่งข้อมูลมีการขัดข้อง สูญหาย หรือผิดพลาด

4.1.2.2.5 ควควบคุม Gimbal ด้วย PWM

สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) คือ เทคนิคที่ใช้ในการสร้างผลลัพธ์ให้เป็นอนาล็อกจากสัญญาณดิจิทัล สัญญาณ PWM แบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ 1.ความถี่ 2.duty cycle แสดงดังรูป 4.8 ความถี่ของสัญญาณจะหาได้จาก หนึ่งหารด้วยคาบของสัญญาณ ส่วน duty cycle จะหาได้จากสูตร $100 \times \frac{\text{ช่วงเวลา ON}}{\text{คาบ}}$



รูป 4.8 ตัวอย่างสัญญาณ PWM

4.1.3 ส่วนติดต่อสื่อสาร

ส่วนติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์บนสถานีภาคพื้นกับอุปกรณ์บนบอลูน แบ่งเป็น 2 ส่วนการสื่อสาร ได้แก่ การสื่อสารข้อมูล และการสื่อสารสัญญาณภาพ

4.1.3.1 การสื่อสารข้อมูล

ส่วนของการสื่อสารข้อมูล ใช้อุปกรณ์ที่ Implement มาตรฐาน ZigBee (IEEE 802.15.4) อุปกรณ์ดังกล่าว คือ XBee PRO 50mW และ Protocol ที่ใช้สื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ โปรโตคอลที่คิดขึ้นเองตามหัวข้อ 4.1.2.2.4

4.2.3.2 การสื่อสารสัญญาณภาพ

ส่วนของการสื่อสารสัญญาณภาพ ใช้อุปกรณ์การส่งสัญญาณภาพแบบ Analog ผ่าน RF ที่ความถี่ 5.8 GHz อุปกรณ์ที่เลือกใช้มีชื่อว่า BOSCAM TX58-2W มีกำลังในการส่งที่ 2 Watts สามารถส่งได้ไกลประมาณ 1 กิโลเมตร โดยสัญญาณอินพุต คือ สัญญาณ Composite - Video

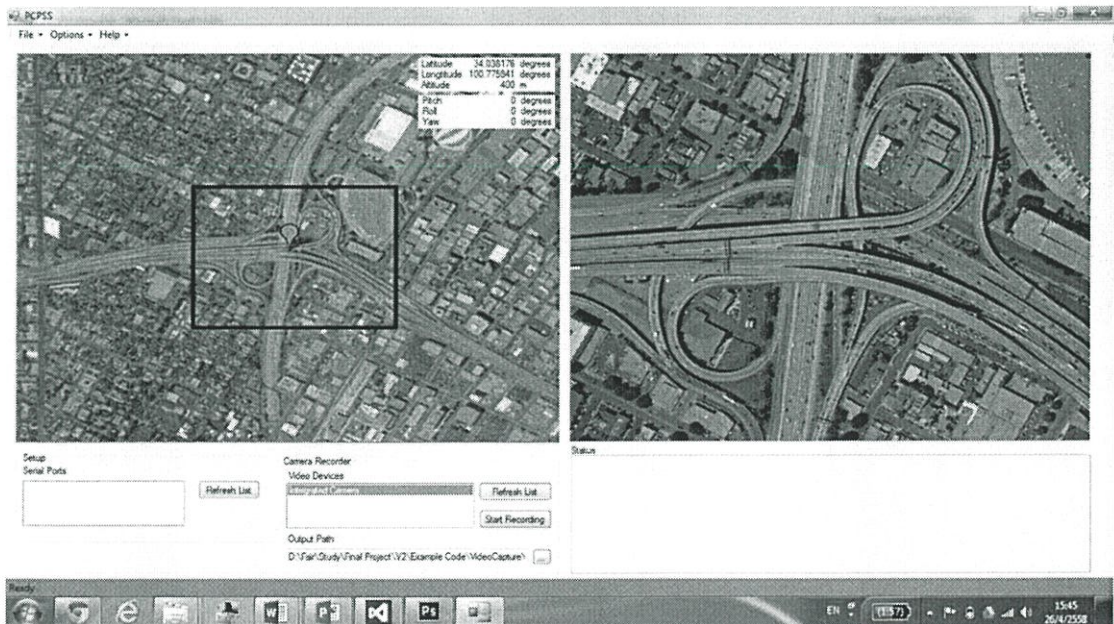
ส่วนอุปกรณ์รับสัญญาณภาพ ใช้อุปกรณ์ที่ชื่อว่า BOSCAM RC305 สัญญาณเอาพุด คือ สัญญาณ Composite Video ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณภาพจาก Composite Video เป็น USB เพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ คือ EasyCAP USB 2.0

4.1.4 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

เครื่องมือที่ใช้พัฒนา Desktop Application ของส่วนติดต่อผู้ใช้งานคือ Microsoft Visual Studio 2012 ภาษา C# บน .NET Framework 4.5 ร่วมกับไลบรารีดังนี้

- 1) Emgu CV 2.4.0 นำมาใช้ในการดึงภาพจากกล้อง
- 2) Microsoft Expression Encoder 4.0 ใช้ในการตั้งค่าต่างๆของกล้อง
- 3) SlimDX ใช้ในการติดต่อกับจอystick
- 4) GMap.NET 1.7 ใช้ในการแสดงแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม

หน้าจอแอปพลิเคชันของส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่ได้พัฒนาขึ้นมีลักษณะดังรูป 4.9 โดยการทำงานของโปรแกรมประกอบด้วยการทำงาน 4 ส่วนหลัก ซึ่งต้องทำงานไปพร้อมกัน คือ การแสดงสถานะต่างๆของระบบ การตรวจสอบการกดปุ่มในจอystick การควบคุมการติดต่อสื่อสาร และการประมวลผลภาพที่ได้จากกล้อง



รูป 4.9 หน้าจอแอปพลิเคชัน

4.2.4.1 การแสดงสถานะต่างๆของระบบ

ทำหน้าที่ในการตรวจสอบค่า latitude, longitude, altitude ของบอลลูน และ มุม pitch, roll, yaw ของกล้องว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หากมีการเปลี่ยนแปลงจะนำค่าเหล่านี้มาคำนวณหาพื้นที่ที่กล้องสามารถจับภาพได้และอัปเดตข้อมูลทั้งหมดแก่ผู้ใช้

การคำนวณพื้นที่ที่กล้องสามารถจับภาพได้ สามารถคำนวณได้จากสูตร 4.1 และ 4.2 ซึ่งจะได้อัตราส่วนพื้นที่ที่กล้องสามารถถ่ายได้เป็น ความกว้าง(เมตร) x ความสูง(เมตร) โดยที่ Angle of View นั้นสามารถดูได้จากสเปคของกล้องที่ใช้งาน

$$\text{ความกว้าง} = 2 \times \tan\left(\frac{a}{2}\right) \times h \quad (4.1)$$

$$\text{ความสูง} = 2 \times \tan\left(\frac{b}{2}\right) \times h \quad (4.2)$$

โดยที่ a คือ Angle of View ของกล้องในแนวกว้าง

b คือ Angle of View ของกล้องในแนวสูง

h คือ ความสูงจากพื้นดินหน่วยเป็นเมตร

4.2.4.2 การตรวจสอบการกดปุ่มในจอยสติ๊กส์

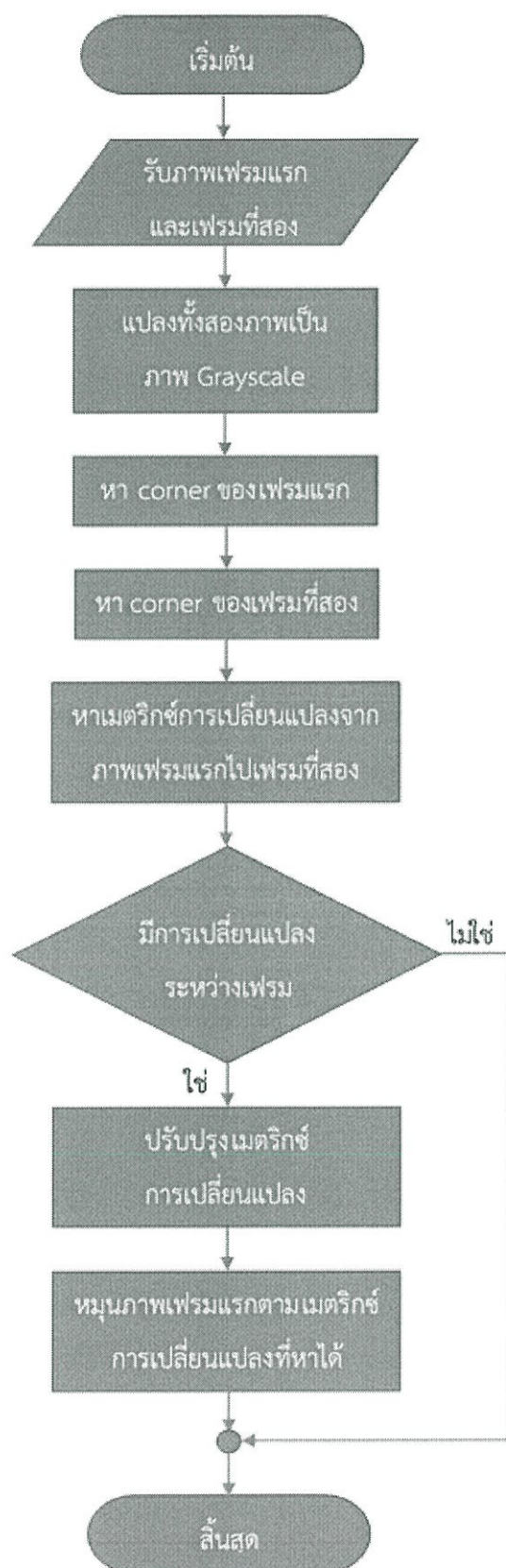
ทำหน้าที่ในการตรวจสอบจอยสติ๊กส์ว่ามีการกดปุ่มใดบ้าง และส่งปุ่มที่มีการกดเหล่านั้นไปยังส่วนการติดต่อสื่อสาร เพื่อให้ส่วนติดต่อสื่อสารส่งคำสั่งไปยังกล่องอุปกรณ์บนบอลลูนต่อไป

4.2.4.3 การควบคุมการติดต่อสื่อสาร

ทำหน้าที่ในการควบคุมการรับส่งข้อมูลว่าจะต้องรับหรือส่งแพ็คเกจลักษณะใด

4.2.4.4 การประมวลผลภาพที่ได้จากกล้อง

ทำหน้าที่ในการสั่ง Capture ภาพจากกล้องเพื่อนำภาพนั้นมาประมวลผลเพื่อลดการสั่นไหว และแสดงผลแก่ผู้ใช้งาน ในส่วนนี้จะเป็นการใช้ภาษา C++ ร่วมกับไลบรารี OpenCV เข้ามาช่วยในการประมวลผล โดยอัลกอริทึมที่ใช้มีลักษณะดังรูป 4.10



รูป 4.10 โฟลวชาร์ตแสดงภาพรวมของการประมวลผลภาพเพื่อลดการสั่นไหว

คำอธิบายแต่ละแอกทิวิตี้ของโพลีชาร์ตแสดงขั้นตอนลดการสั่นไหวของภาพระหว่างเฟรม 2 เฟรม^[1] ดังนี้

- 1) รับภาพเฟรมแรกและเฟรมที่สองที่ต้องการลดการสั่นไหว เข้ามาเก็บในตัวแปร prevImage และ curImage ในสตรัคเจอร์ Image ตามลำดับ

โปรแกรม 4.1 สตรัคเจอร์ Image

```
struct Image {
    //image information
    Size sz;
    Mat prevImage;
    Mat curImage;
    Mat result;
    int stride;

    //position information
    double posX;
    double posY;
    double posA;
    Trajectory kalmanX;//posteriori state estimate
    Trajectory kalmanP;//posteriori estimate error
                        covariance
    Mat T;              //last transformation metric
};
```

- 2) แปลงทั้งสองภาพเป็นภาพ Grayscale เก็บในตัวแปร prev_grey และ cur_grey ตามลำดับ

โปรแกรม 4.2 ฟังก์ชัน stabilization (ส่วนการแปลงภาพเป็น Grayscale)

```
Mat cur_grey;           //Current Image
Mat prev_grey;         //Previous Image

cvtColor(image->prevImage,prev_grey,COLOR_BGR2GRAY);
cvtColor(image->curImage ,cur_grey ,COLOR_BGR2GRAY);
```

- 3) หา Corner ของเฟรมแรกด้วยอัลกอริทึมของแฮริส (The Harris Corner Detector) โดยการผ่านภาพ Grayscale ของเฟรมแรก (prev_grey) เข้าไปในฟังก์ชัน goodFeaturesToTrack() และผลลัพธ์ Corner ที่ได้จะถูกเก็บไว้ในตัวแปร prev_corner1

โปรแกรม 4.3 ฟังก์ชัน stabilization (ส่วนการหา Corner ของภาพเฟรมแรก)

```
vector <Point2f> prev_corner1;
goodFeaturesToTrack(prev_grey, prev_corner1, 200,
0.01, 30);
```

- 4) หา Corner เฟรมที่สองด้วยอัลกอริทึม Optical flow ด้วยฟังก์ชัน calcOpticalFlowPyrLK() ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการหา Corner เฟรมที่สอง (cur_corner1) โดยพิจารณาจากภาพเฟรมแรก (prev_grey) ภาพเฟรมที่สอง (cur_grey) และ Corner ของเฟรมแรก (prev_corner1)

โปรแกรม 4.4 ฟังก์ชัน stabilization (ส่วนการหา Corner ของภาพเฟรมที่สอง)

```
vector <Point2f> cur_corner1;

calcOpticalFlowPyrLK(prev_grey, cur_grey,
prev_corner1, cur_corner1, status, err);
```

- 5) หามatricซ์การเปลี่ยนแปลง (Transformation Matrix) จากภาพเฟรมที่แรกไปเฟรมที่สอง ด้วยฟังก์ชัน estimateRigidTransform()

โปรแกรม 4.5 ฟังก์ชัน stabilization (ส่วนหามatricซ์การเปลี่ยนแปลง)

```
Mat T(2, 3, CV_64F);
T = estimateRigidTransform(prev_corner1, cur_corner1,
false);
```

- 6) ตรวจสอบว่ามีการเปลี่ยนแปลงระหว่างเฟรมแรกกับเฟรมสองเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าไม่มีสามารถนำภาพเฟรมแรกไปใช้ได้เลย แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ให้ไปขั้นตอนต่อไป

โปรแกรม 4.6 ฟังก์ชัน stabilization (ส่วนตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างเฟรม)

```
if(T.data == NULL) {
    return 0;
}
```

- 7) ทำการปรับปรุง Transformation Matrix ด้วยอัลกอริทึม Kalman Filter เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงระหว่างภาพ smooth ขึ้น

โปรแกรม 4.7 ฟังก์ชัน stabilization (ส่วนตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างเฟรม)

```
//decompose T
double dx = T.at<double>(0,2);
double dy = T.at<double>(1,2);
double da = atan2(T.at<double>(1,0),
T.at<double>(0,0));

//Accumulated frame to frame transform
image->posX += dx;
image->posY += dy;
image->posA += da;

//Kalman filter's variables
Trajectory kalmanX_;//priori estimate
Trajectory kalmanP_;//priori estimate error covariance
Trajectory kalmanK; //gain
Trajectory kalmanZ; //actual measurement
double pstd = 4e-3;
double cstd = 2;
Trajectory kalmanQ(pstd,pstd,pstd); //process noise
                                covariance
Trajectory kalmanR(cstd,cstd,cstd); //measurement
                                noise covariance

kalmanZ = Trajectory(image->posX,image->posY,
image->posA);
```

บรรณานุกรม

- [1] Nghia Ho. Simple Video Stabilization using OpenCV. [Online].
Available: <http://nghiaho.com/?p=2093>
- [2] วิกีพีเดีย. Visca Protocol. [Online].
Available: http://en.wikipedia.org/wiki/VISCA_Protocol
- [3] วิกีพีเดีย. S-Video. [Online].
Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/S-Video>
- [4] วิกีพีเดีย. ZigBee. [Online].
Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
- [5] Multiwii. Multiwii Serial Protocol. [Online].
Available: http://www.multiwii.com/wiki/index.php?title=Multiwii_Serial_Protocol
- [6] Katherine Neer. How many regular-sized helium-filled balloons would it take to lift someone?. [Online]. Available: <http://science.howstuffworks.com/science-vs-myth/everyday-myths/question185.htm>