ระบบติดตามสัตว์ป่าแบบประหยัด

Low-cost Wildlife Tracking System

โดย

นายรัชชานนท์ รัตนธรรม 5410501411

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

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

(อาจารย์ ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง)

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

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)

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

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ใจแก้ว)

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

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม)

รัชชานนท์ รัตนธรรม ปีการศึกษา 2557
ระบบติดตามสัตว์ป่าแบบประหยัด
ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์) ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การติดตามสัตว์ป่าจากระยะไกลโดยระบุพิกัดของสัตว์ป่า เป็นวิธีหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์สัตว์ป่าในปัจจุบัน ระบบติดตามสัตว์ป่าที่ใช้งานอยู่ จะใช้อุปกรณ์ติดตามไปติดที่ตัวของสัตว์ป่าโดยอุปกรณ์จะมีลักษณะเป็นปลอกคอหรือกระเป๋าหลัง ปัญหาสำคัญของระบบติดตามสัตว์ป่าที่ใช้งานในปัจจุบันคือ ราคาต่อหน่วยของอุปกรณ์ติดตามมีราคาสูง ทำให้ด้วยงบประมาณที่จำกัดสามารถผลิตอุปกรณ์ได้จำนวนน้อย บทความนี้นำเสนอระบบติดตามสัตว์ป่าแบบประหยัด โดยที่ตัวอุปกรณ์มีราคาต่อหน่วยถูกลงมาก อีกทั้งยังคำนึง ถึงข้อจำกัดอื่น ๆ ของอุปกรณ์ติดตามที่ต้องคำนึกถึงอีก คือ น้ำหนัก ขนาดของอุปกรณ์ที่เหมาะสมพอที่สัตว์ป่าจะรับไหว และแหล่งพลังงานของอุปกรณ์ที่ต้องเพียงพอต่อระยะเวลาการใช้งาน โดยตัวอุปกรณ์ที่ถูกนำไปติดที่สัตว์ป่าจะระบุพิกัดของสัตว์ป่าโดยใช้จีพีเอสแล้วส่งพิกัดของสัตว์ป่ากลับมาที่ผู้ติดตามจากระยะไกลโดยใช้จีพีอาร์เอส ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งมาที่เซิร์ฟเวอร์แล้วบันทึกลงฐานข้อมูล ผู้ติดตามจะสามารถเข้าไปดูพิกัดของสัตว์ป่าได้ที่เว็บไซต์ ซึ่งจะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ อย่างไรก็ตามพิกัดของสัตว์ป่าจะไม่ถูกส่งมาตลอดเวลา แต่จะถูกส่งมาเป็นระยะเพื่อประหยัดพลังงาน จากผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า อุปกรณ์ต้นแบบสามารถส่งพิกัดกลับมาที่เซิร์ฟเวอร์ได้ถูกต้อง ในขั้นต่อไปจะปรับปรุงและพัฒนาระบบเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานกับสภาพแวดล้อมจริงได้

คำสำคัญ:

ระบบติดตามที่ใช้จีพีเอสระบุตำแหน่ง, ระบบติดตามที่ใช้จีพีอาร์เอสในการส่งข้อมูลกลับ, ระบบติดตามสัตว์ป่า

Ratchanon Rattanatam Academic Year 2014

Low-cost Wildlife Tracking System

Bachelor Degree in Computer Engineering. Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering, Kasetsart University

Abstract

Wildlife tracking is essential for the wildlife conservation. In current tracking systems, tracking devices, also known as collars or backpacks, are attached to wild animals. Due to the high cost per unit and budget limitation, an alternative system design to reduce the cost of tracking devices is presented where the additional constraints have been considered. The weight and size must be appropriate for the animal. The power supply must be sufficient for long term use. The tracking devices use GPS to get their current locations and report to the remote server by GPRS. The server is used to store the locations in the database. Subscribers can then visit the website to see locations of wild animals in the form of Google Maps. However, the locations of wild animals are not sent to the server in real-time but intermittently so that the energy consumption is reduced. Preliminary experiments show that the prototype sent locations to the remote server correctly. The next step is to improve the system for deployment in the real scenario.

Keyword:

GPS-based tracking system, GPRS tracking system, Wildlife tracking system

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาโครงงานในครั้งนี้ ผู้พัฒนาต้องพบอุปสรรคและปัญหามากมายในการทำงาน ผู้พัฒนาจำเป็นต้องศึกษาและค้นหาข้อมูลต่างๆมากมาย ทั้งนี้ก็ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆมากมาย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อนันต์ ผลเพิ่ม อาจารย์ชัยพร ใจแก้ว และ อาจารย์อภิรักษ์ จันทร์สร้าง เป็นอย่างยิ่งที่ช่วยให้คำแนะนำต่างๆทั้งในเรื่องแนวคิดในการทำโครงงาน การตัดสินใจเลือกซื้ออุปกรณ์ และความรู้ต่างๆอีกมากมาย

ขอขอบพระคุณ นายภาสกร ทิวัฑฒานนท์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในด้านฮาร์ดแวร์

ขอขอบพระคุณ นายนนท์ เขียวหวาน ที่ได้ให้ความรู้เกี่ยวกับระบบติดตามสัตว์ป่าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

รัชชานนท์ รัตนธรรม

ผู้พัฒนา

สารบัญ

บทคัดย่อ i
Abstract ii
กิตติกรรมประกาศ iii
สารบัญรูป vi
สารบัญตาราง vii
1. บทนำ **1**
1.1. ที่มาและความสำคัญ 1
1.2. วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3. ขอบเขตของโครงงาน 3
1.3.1. ขอบเขตของโครงงาน 3
1.3.2. ข้อจำกัดของโครงงาน 3
1.4. ประโยชน์ที่ได้รับ 4
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง **5**
2.1. Global Positioning System (GPS) 5
2.2. General Packet Radio Service (GPRS) 6
2.3. Global System for Mobile Communication (GSM) 7
2.4. ปลอกคอติดตามสัตว์ป่าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน 8
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน **9**
3.1. ฮาร์ดแวร์ 9
3.3.1. Arduino Pro Mini 9
3.3.2. Adafruit Ultimate GPS Breakout 10
3.3.3. SIM800L GSM Module 11
3.3.4. USB to UART Bridge 12
3.2. ซอฟท์แวร์ 13
3.3. ภาษาโปรแกรม 14
4. วิธีการดำเนินโครงงาน **15**
4.1. ภาพรวมของระบบ 15
4.2. รายละเอียดของระบบที่พัฒนา 15
4.2.1. ข้อกำหนดการนำเข้าและส่งออกข้อมูล 15
4.2.2. ข้อกำหนดหน้าที่ของระบบ 16

4.2.3. อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น 16
4.3. องค์ประกอบของระบบ 17

5. ผลการดำเนินโครงงานและวิจารณ์ 19
5.1. วิธีการทดสอบ 19
5.2. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล 19

6. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 22
6.1. ปัญหาและอุปสรรค 22
6.2. สรุปผลการดำเนินการ 22
6.3. แนวทางในการพัฒนาต่อ 22
6.4. ข้อเสนอแนะ 22

บรรณานุกรม 23

7. ภาคผนวก 25
7.1. คู่มือการติดตั้ง 25
7.1.1. ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ 25
7.1.2. ส่วนเซิร์ฟเวอร์รับข้อมูลและเว็บเซิร์ฟเวอร์ 27
7.2. คู่มือการใช้งาน 28
7.2.1. การประกอบอุปกรณ์ 28
7.2.2. การใช้งานระบบ 28

สารบัญรูป

รูปที่ 1.2. ปลอกคอที่ใช้งานจริงสำหรับหมาป่า [1] 1
รูปที่ 1.1. ปลอกคอที่มีขายในปัจจุบัน [1] 1
รูปที่ 1.3. ภาพรวมของระบบ 3
รูปที่ 2.1. แสดงการแก้สมการหาจุดตัดของดาวเทียม 4 ดวงในการหาพิกัดบนพื้นโลก [5] 5
รูปที่ 2.2. ภาพรวมการใช้งานระบบจีพีอาร์เอส [8] 6
รูปที่ 2.3. เทคนิคการส่งข้อมูลแบบ TDMA [10] 7
รูปที่ 2.4. โครงสร้างของเครือข่ายจีเอสเอ็ม [11] 7
รูปที่ 3.1. Arduino Pro Mini [12] 9
รูปที่ 3.2. Adafruit Ultimate GPS Breakout [13] 10
รูปที่ 3.3. SIM800L GSM Module [14] 11
รูปที่ 3.4. USB to UART Bridge [15] 12
รูปที่ 4.1. ภาพรวมของระบบ 15
รูปที่ 4.2. อุปกรณ์ติดตาม 16
รูปที่ 4.3. ต้นแบบอุปกรณ์ติดตามทดลองติดกับตุ๊กตานกอีมู 16
รูปที่ 4.4. องค์ประกอบของระบบ 17
รูปที่ 4.5. Relational Database ที่ใช้เก็บค่าพิกัดตำแหน่งของสัตว์ป่า 17
รูปที่ 7.1. หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE ที่มีโค้ดพร้อมอัพโหลดลงไมโครคอนโทรลเลอร์ 21
รูปที่ 7.2. วิธีการเลือกชนิดของไมโครคอนโทรลเลอร์ในโปรแกรม Arduino IDE 21
รูปที่ 7.3. วิธีการเลือกพอร์ตที่จะใช้อัพโหลดโค้ดลงไมโครคอนโทรลเลอร์ 21
รูปที่ 7.4. รูปแสดงความหมายของแต่ละปุ่มบนเมนูด้านบนของโปรแกรม Arduino IDE 21
รูปที่ 7.5. การประกอบอุปกรณ์ติดตามสัตว์ป่า(ด้านบน) 21
รูปที่ 7.6. การประกอบอุปกรณ์ติดตามสัตว์ป่า(ด้านข้าง) 21

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1. ตารางสรุปเปรียบเทียบปลอกคอแต่ละประเภท [1] 8
ตารางที่ 3.1. คุณสมบัติของ Arduino Pro Mini 9
ตารางที่ 3.2. คุณสมบัติของ Adafruit Ultimate GPS Breakout 10
ตารางที่ 3.3. คุณสมบัติของ SIM800L GSM Module 11
ตารางที่ 3.4. คุณสมบัติของ USB to UART Bridge 12
ตารางที่ 5.1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพในแง่ของความถูกต้องของพิกัด 20
ตารางที่ 5.2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพในแง่ของระยะเวลาระหว่างพิกัด 20

1. บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญ

สัตว์ป่าถือว่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์ จึงได้เกิดแนวความคิดที่ว่าถ้าเราสามารถติดตามสัตว์ป่าได้จากระยะไกล ก็อาจจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ต่อยอดได้ความรู้ใหม่ๆ เช่น เส้นทางการอพยพของสัตว์ป่า พฤติกรรมของสัตว์ป่าในแต่ละฤดูกาล การระบาดของโรคที่มาจากสัตว์ป่า การเฝ้าระวังอันตรายที่มาจากสัตว์ป่า และจำนวนประชากรของสัตว์ป่า เป็นต้น โดยที่ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในงานวิจัยเพื่อการอนุรักษ์สัตว์ป่าหรือเพื่อช่วยเหลือตัวมนุษย์เอง

ระบบติดตามสัตว์ป่าในปัจจุบันก็มีการใช้งานกันอยู่แล้ว ซึ่งส่วนใหญ่ใช้วิธีการโดยการนำเอาวัตถุไปติดที่ตัวสัตว์ป่า ซึ่งตัววัตถุนี้มีหลายรูปแบบแต่ที่ใช้กันมากมีลักษณะเป็นปลอกคอ (collar) ดังรูปที่ 1.1. และ 1.2. โดยที่ตัวปลอกคอนี้จะมีหน้าที่หลักคือคอยรายงานตำแหน่งที่อยู่ของสัตว์ป่ากลับมาที่ผู้ติดตาม ซึ่งระบบติดตามสัตว์ป่ามีอยู่หลายระบบ มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไปโดยปัญหาหลัก ๆ ที่พบได้ทั่วไปในปัจจุบัน ได้แก่

- ปลอกคอมีราคาแพงมาก ทำให้ด้วยงบประมาณที่จำกัดจึงนำมาใช้งานได้จำนวนน้อย
- การรายงานตำแหน่งไม่แม่นยำ ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การระบุตำแหน่งมีความคลาดเคลื่อน หรือ การส่งข้อมูลกลับมาที่ผู้ติดตามผิดพลาดซึ่งอาจเกิดจากบางตำแหน่งมีสัญญาณขาดหายเพราะเป็นพื้นที่นอกเขตสัญญาณหรือมีสิ่งรบกวนสัญญาณ
- ปลอกคอมีน้ำหนักที่ไม่เหมาะสม ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ป่า
- แบตเตอรี่ไม่สามารถใช้งานได้ตามสภาพการใช้งานจริง เช่น มีขนาดของแบตเตอรี่ใหญ่เกินไปหรือปริมาณความจุแบตเตอรี่น้อยเกินไป

รูปที่ 1.2. ปลอกคอที่มีขายในปัจจุบัน [1]

รูปที่ 1.1. ปลอกคอที่ใช้งานจริงสำหรับหมาป่า [1]

เนื่องจากมีปัญหามากมายหลายด้าน ซึ่งการแก้ไขปัญหาอย่างหนึ่งอาจส่งผลให้มีปัญหาอื่นๆ เพิ่มขึ้นก็ได้ จึงจำเป็นต้องเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยนำปัญหามาพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด ได้ข้อสรุปว่าจะใช้วิธีการระบุตำแหน่งของสัตว์ป่าโดยใช้ จีพีเอส (Global Positioning System) และใช้วิธีการส่งข้อมูลกลับมาที่ผู้ติดตามแบบ ระบบจีพีอาร์เอส (General Packet Radio Service) ซึ่งทั้งหมดถูกบรรจุไว้ที่ปลอกคอแล้วนำไปติดกับตัวสัตว์ป่า โดยเหตุผลที่เลือกใช้วิธีนี้ มีดังนี้

- จีพีเอสถึงแม้จะสิ้นเปลืองพลังงาน แต่สามารถใช้งานได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน และจีพีเอสยังใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ทำให้สามารถนำค่าตำแหน่งที่หามาได้ไปประมวลผลแล้วระบุลงในแผนที่ได้ง่ายกว่า
- จีพีอาร์เอสถึงแม้จะมีปัญหาที่สัญญาณอาจขาดหายเนื่องจากอยู่ภายนอกเขตสัญญาณแต่ค่าใช้จ่ายนั้นถูกกว่าการส่งข้อมูลแบบดาวเทียมซึ่งมักใช้กันในปลอกคอทั่วไป และมีแบนด์วิธที่พอเพียงเหมาะสมกับข้อมูลที่ส่ง
- ทั้งสองเทคโนโลยีมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทำให้สามารถหาซื้ออุปกรณ์ได้ง่าย และมีราคาไม่สูงมาก ทำให้สามารถนำมาใช้งานกับการอนุรักษ์สัตว์ป่าได้ในจำนวนมาก

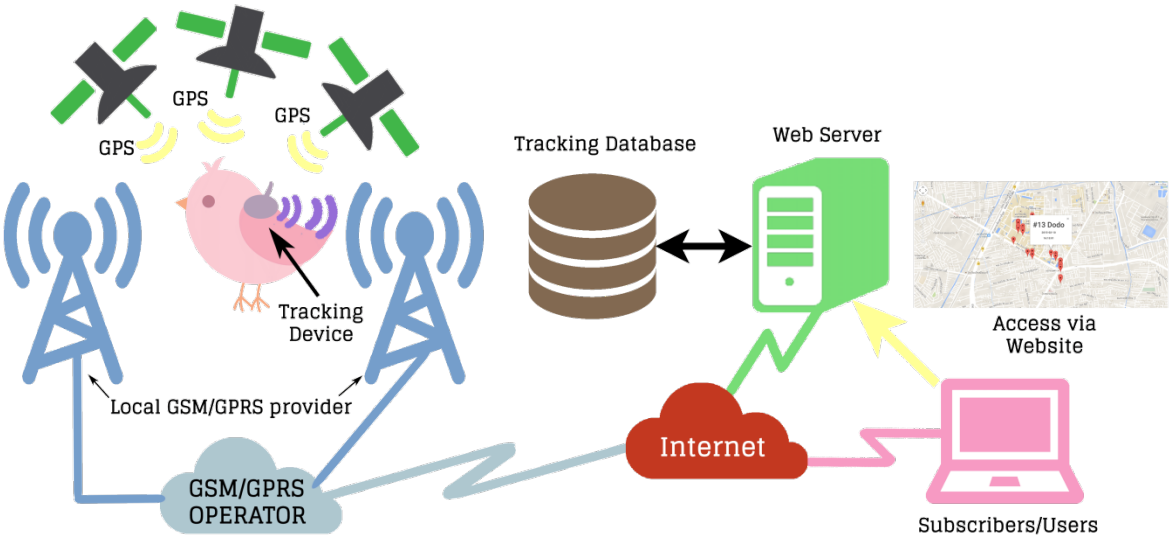
1.2. วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. ลดค่าใช้จ่ายต่อหน่วยที่ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ติดตาม ทำให้ด้วยงบประมาณจำกัดสามารถผลิตอุปกรณ์ติดตาม ได้จำนวนมากขึ้น
2. ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ติดตามที่ใช้งานระบบติดตามสัตว์ป่านี้ โดยมีการแสดงผลในรูปแบบของแผนที่

1.3. ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1. ขอบเขตของโครงงาน

ขอบเขตของโครงงานตามภาพรวมของระบบดังรูปที่ 1.3.



รูปที่ 1.3. ภาพรวมของระบบ

ออกแบบและพัฒนาในส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ติดตามซึ่งมีวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมโมดูลจีพีเอส โมดูลจีพีอาร์เอส และส่วนที่ใช้บันทึกข้อมูลไว้ชั่วคราวก่อนจะส่งข้อมูลออกไปเมื่อพร้อม รวมถึงในส่วนของแหล่งพลังงานของอุปกรณ์ติดตาม แต่ไม่รวมในส่วนที่ใช้ในการติดตั้งเข้ากับสัตว์ป่า
2. ระบบฐานข้อมูลที่ใช้เก็บค่าตำแหน่งของสัตว์ป่า เพื่อนำมาแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ให้ผู้ติดตามได้ใช้งาน
3. เว็บไซต์ที่ใช้แสดงผลแผนที่เพื่อให้ผู้ติดตามเข้ามาใช้งานได้

1.3.2. ข้อจำกัดของโครงงาน

1. สามารถใช้ติดตามได้แค่ภายในประเทศไทยเท่านั้น ถ้าเกิดสัตว์ป่าเคลื่อนที่ออกไปนอกนอกประเทศก็จะไม่สามารถติดตามได้
2. ไม่สามารถส่งค่าพิกัดตำแหน่งของสัตว์ป่าได้บ่อยนัก เนื่องจากต้องประหยัดพลังงานไว้ใช้ในการติดตามระยะยาว
3. การติดตามสัตว์ป่าอาจจะทำได้ไม่ต่อเนื่อง สาเหตุเกิดจากถ้าสัตว์ป่าออกไปนอกเขตสัญญาณโทรศัพท์ ก็จะไม่สามารถส่งค่าพิกัดตำแหน่งกลับมาได้

1.4. ประโยชน์ที่ได้รับ

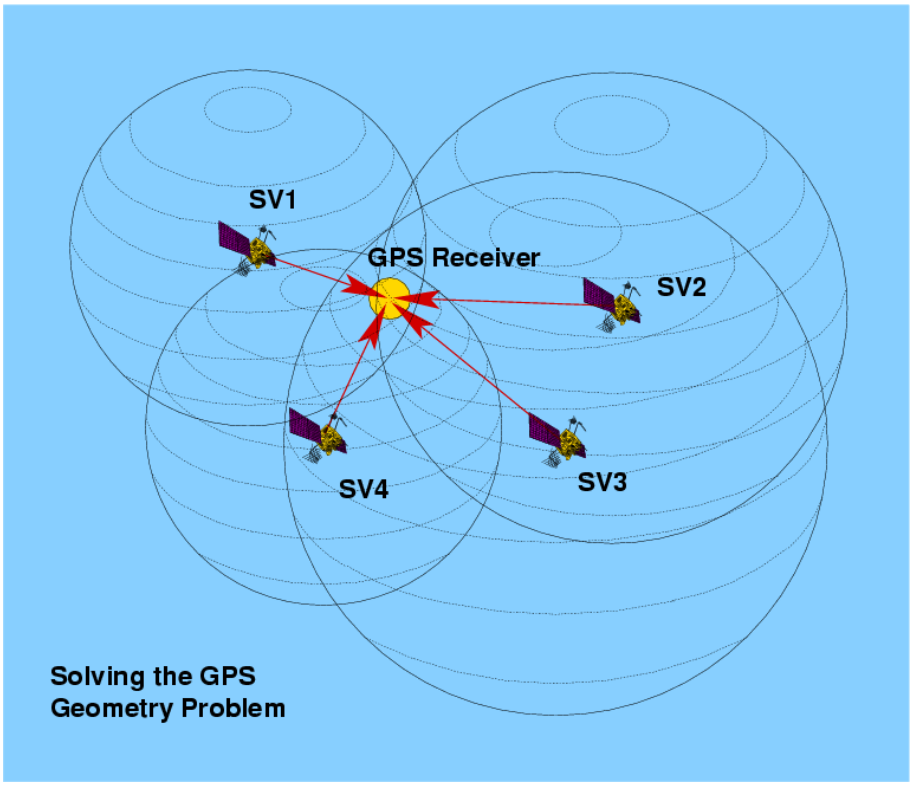
1. ผู้ติดตามได้รับความสะดวกในการติดตามสัตว์ป่าโดยใช้งานผ่านเว็บไซต์
2. ด้วยงบประมาณที่จำกัดจะสามารถผลิตอุปกรณ์ติดตามได้มากขึ้น ทำให้การอนุรักษ์จะทำได้กว้างกว่าเดิม

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. Global Positioning System (GPS)

Global Position System หรือ ระบบจีพีเอส[5] คือระบบใช้ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก โดยใช้ดาวเทียมเข้าช่วย โดยอาศัยการคำนวณพิกัดจากดาวเทียมหลาย ๆ ดวงที่โคจรอยู่รอบโลก โดยจะใช้ดาวเทียมขั้นต่ำ 4 ดวงเพื่อจะนำมาแก้สมการหาค่าพิกัดตำแหน่งได้ถูกต้อง ภาพแสดงการแก้สมการหาค่าพิกัดตำแหน่งจากจุดตัดดังรูปที่ 2.1. ซึ่งสามารถชี้ตำแหน่งได้ทุกแห่งบนโลกตลอด 24 ชั่วโมง ระบบจีพีเอสจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

1. ส่วนอวกาศ ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียมหลัก 3 ค่าย คือ อเมริกา รัสเซีย และยุโรป เครือข่ายดาวเทียมของอเมริกาจะใช้ชื่อว่า NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging GPS) เครือข่ายดาวเทียมของรัสเซียจะใช้ชื่อว่า GLONASS (Global Navigation Satellite) และเครือข่ายดาวเทียมของยุโรปจะใช้ชื่อว่า Gallileo
2. ส่วนควบคุม ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดินหลายสถานี ซึ่งกระจายอยู่ตามจุดต่าง ๆ ทั่วโลก
3. ส่วนผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรับสัญญาณจากดาวเทียม ซึ่งสัญญาณที่ได้รับจะถูกอุปกรณ์นำไปประมวลผลเพื่อนำผลลัพธ์ไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 2.1. แสดงการแก้สมการหาจุดตัดของดาวเทียม 4 ดวงในการหาพิกัดบนพื้นโลก [5]

2.2. General Packet Radio Service (GPRS)

General Packet Radio Service หรือ ระบบจีพีอาร์เอส[8] คือระบบที่ให้บริการการสื่อสารไร้สายแบบ Packet-Switching เพื่อเพิ่มขีดความสามารถจากที่แต่เดิมระบบเครือข่ายจีเอสเอ็ม จะใช้การสื่อสารแบบ Circuit-Switching โดยระบบจีพีอาร์เอสมีความสามารถที่เพิ่มเติมขึ้นมาคือ การให้บริการที่ไม่เกี่ยวข้องกับเสียงการสนทนา (Non Voice Value Added Services) และประโยชน์ที่เด่นชัดที่สุด คือ ความเร็วในของรับส่งข้อมูลของระบบจีพีอาร์เอส โดยในทางทฤษฎีความเร็วสูงสุดของการรับส่งข้อมูลของระบบจีพีอาร์เอส คือ 171.2 Kbps ซึ่งจำเป็นต้องใช้งาน Timeslot ของระบบเครือข่ายจีเอสเอ็ม ครบทั้ง 8 Timeslots แต่ในทางปฏิบัติแล้วความเร็วจะอยู่ที่ประมาณ 40 Kbps โดยความเร็วนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณผู้ใช้งานในพื้นที่นั้น ภาพรวมของระบบจีพีอาร์เอสดังรูปที่ 2.2.

ปัจจัยการใช้บริการระบบจีพีอาร์เอส มี 3 ข้อหลัก ๆ คือ

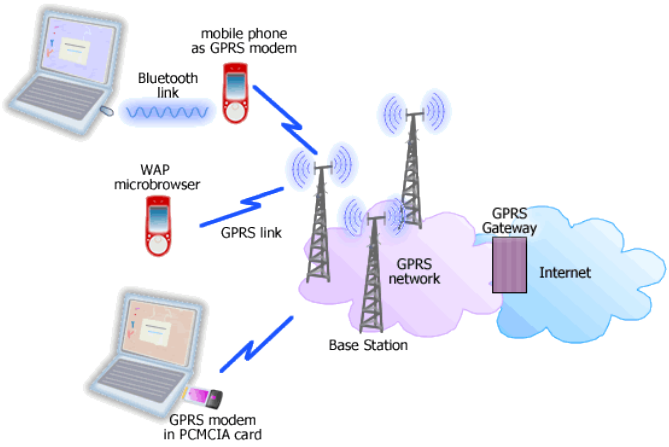
1. ต้องเป็นผู้ใช้บริการในเครือข่ายที่รองรับระบบจีพีอาร์เอส
2. เครื่องโทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานต้องรองรับระบบจีพีอาร์เอสด้วย
3. จะต้องมีการตั้งค่าต่าง ๆ ในโทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์เพื่อให้พร้อมใช้งานระบบจีพีอาร์เอส

ตัวอย่างการให้บริการที่ระบบจีพีอาร์เอสมีเพิ่มเติมจากระบบเครือข่ายจีเอสเอ็ม

1. Short Message Service (SMS) เป็นการส่งข้อความสั้น ๆ ผ่านระบบเครือข่ายจีเอสเอ็ม ซึ่งในระบบจีพีอาร์เอสจะสามารถส่งข้อความได้ถึง 30 ข้อความต่อนาที ต่างจากระบบเครือข่ายจีเอสเอ็มที่ส่งข้อความได้แค่ 6 ถึง 10 ข้อความต่อนาทีเท่านั้น
2. “Always On” internet access การเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตหรือการถ่ายโอนข้อมูลจะสามารถดำเนินต่อไปได้ แม้จะมีสายติดต่อเข้ามา ทำให้การถ่ายโอนข้อมูลไม่ขาดตอน
3. Multimedia Messaging Service เป็นการส่งข้อความที่มีการแนบเนื้อหามัลติมีเดียไปด้วย

ตัวอย่างโพรโทคอลที่ระบบจีพีอาร์เอสให้บริการ

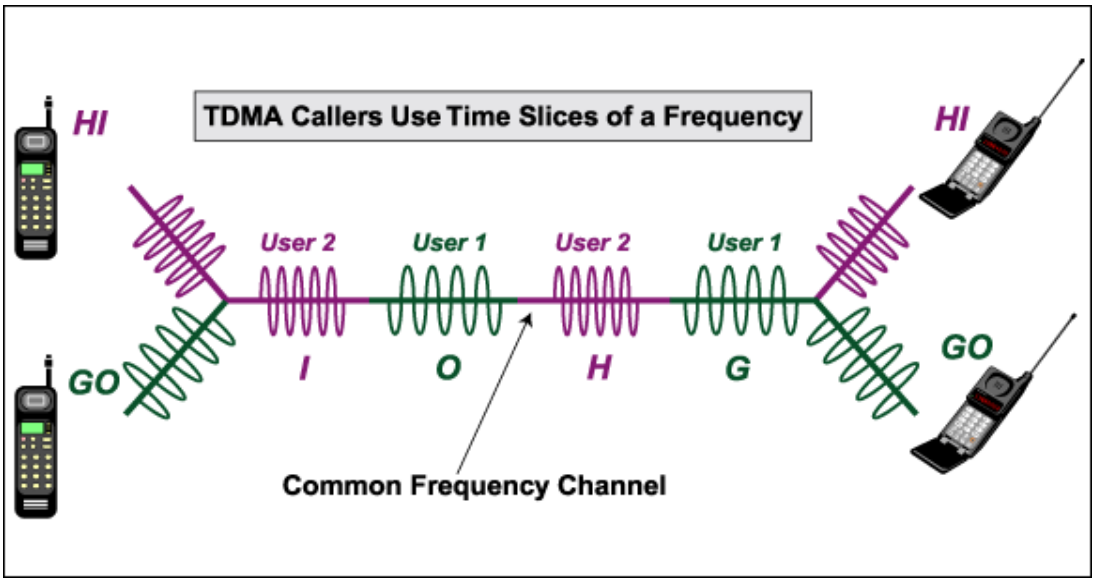
1. Internet Protocol (IP) ส่วนใหญ่ใช้ IPv4 เนื่องจาก IPv6 ไม่เป็นที่นิยม
2. Point-to-Point Protocol (PPP)
3. X.25



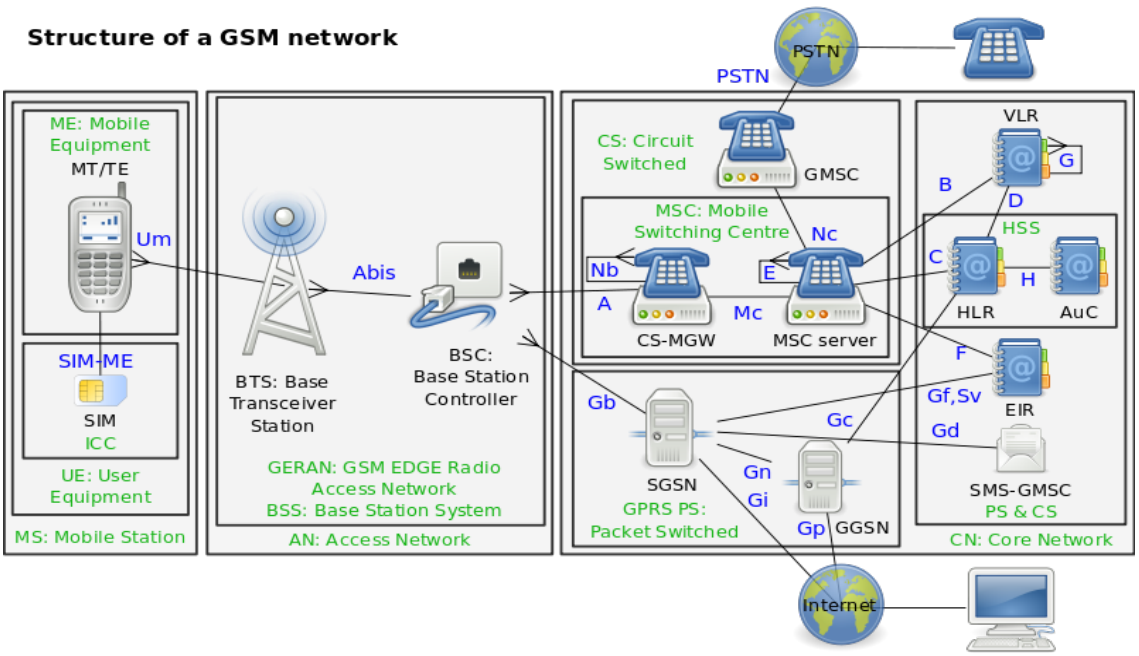
รูปที่ 2.2. ภาพรวมการใช้งานระบบจีพีอาร์เอส [8]

2.3. Global System for Mobile Communication (GSM)

Global System for Mobile Communication หรือ ระบบจีเอสเอ็ม[10] คือระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบดิจิตอลระบบหนึ่ง ซึ่งใช้งานกันกว้างขวางทั่วโลก โดยใช้วิธีการส่งข้อมูลแบบ Circuit-Switching โดยใช้เทคนิคการส่งข้อมูลแบบ TDMA (Time Division Multiple Access) ดังรูปที่ 2.3.หรือการแบ่งการเข้าถึงข้อมูลหลาย ๆ ชุดตามช่วงเวลา โดยกระบวนการคือการแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณดิจิตอลและบีบอัดข้อมูลนั้นจากนั้นจึงส่งไป โดยจะทำการจอง Timeslot นั้นไว้เพื่อใช้ส่งข้อมูลซึ่งจะมีทั้งสิ้น 8 Timeslots ทำให้รองรับการใช้งานได้ 8 ผู้ใช้งานพร้อมกัน โครงสร้างของระบบจีเอสเอ็มดังรูปที่ 2.4.



รูปที่ 2.3. เทคนิคการส่งข้อมูลแบบ TDMA [10]



รูปที่ 2.4. โครงสร้างของเครือข่ายจีเอสเอ็ม [11]

2.4. ปลอกคอติดตามสัตว์ป่าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

อุปกรณ์ติดตามสัตว์ป่ามีอยู่ 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่

1. VHF Collars
2. GPS / GSM Collars
3. GPS Satellite Collars

โดยแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันแสดงดังตาราง 2.1.

ตารางที่ 2.1 ตารางสรุปเปรียบเทียบปลอกคอแต่ละประเภท [1]

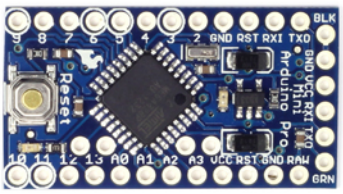
	VHF Collars	GPS / GSM Collars	GPS Satellite Collars
วิธีที่ใช้ในการระบุตำแหน่ง	ค้นหาสัญญาณวิทยุที่ออกมาจากปลอกคอ แล้วบันทึกลงในอุปกรณ์ GPS แบบพกพา (Handheld GPS) ซึ่งจะใช้เวลาในการลงพื้นที่มาก	ปลอกคอจะส่งพิกัดจีพีเอสผ่านทางระบบจีเอสเอ็มหรือทำการดาวน์โหลดผ่านทางอุปกรณ์ UHF แบบพกพา (Handheld GPS) โดยนำพิกัดไปแสดงผลผ่านทาง Google Earth	ปลอกคอจะส่งพิกัดจีพีเอสผ่านทางอีเมล โดยนำพิกัดไปแสดงผลผ่านทาง Google Earth โดยจะเปลืองเวลาในการลงพื้นที่น้อยมาก
ลักษณะของข้อมูลที่ได้มา	เนื่องจากต้องลงพื้นที่ ทำให้ได้ข้อมูลจากที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าจริงๆ ได้ข้อมูลอาณาเขต พฤติกรรม อาหาร และประชากรของสัตว์ป่า	ได้ข้อมูลที่อยู่อาศัยและอาณาเขตของสัตว์ป่า แต่จะไม่ได้ข้อมูลพวกพฤติกรรมและอาหารของสัตว์ป่า	ได้ข้อมูลที่อยู่อาศัยและอาณาเขตของสัตว์ป่า และสามารถใช้งานได้แม้ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้ เช่น บนภูเขาสูง แต่จะไม่ได้ข้อมูลพวกพฤติกรรมและอาหารของสัตว์ป่า
อายุของแบตเตอรี่	3 ปี	2 ปี	2 ปี
อายุของเทคโนโลยีที่ใช้งาน	มากกว่า 20 ปี	มากกว่า 10 ปี	น้อยกว่า 3 ปี
ราคา	14,000 บาท	28,000 ถึง 98,000 บาท	126,000 บาท

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน

3.1. ฮาร์ดแวร์

3.1.1. Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini เป็นอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Arduino ในโครงงานนี้ใช้ Arduino Pro Mini เป็นคอนโทรลเลอร์โมดูลซึ่งอยู่ในอุปกรณ์ติดตามมีหน้าที่ควบคุมโมดูลจีพี-เอส และโมดูลจีพีอาร์เอส Arduino Pro Mini มีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1. มีลักษณะดังรูปที่ 3.1.



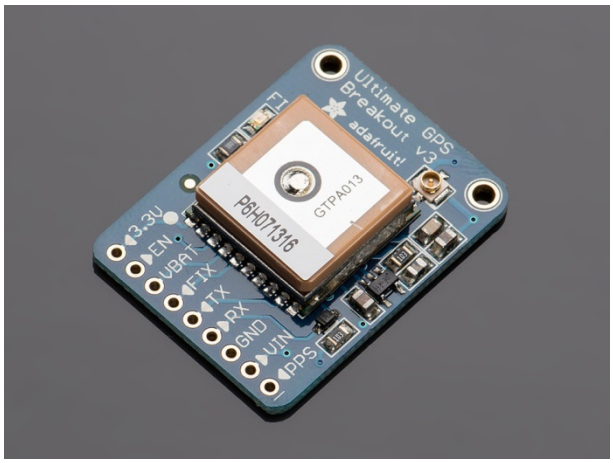
รูปที่ 3.1. Arduino Pro Mini [12]

ตารางที่ 3.1. คุณสมบัติของ Arduino Pro Mini

คุณสมบัติ	Arduino Pro Mini
Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	3.3V
Clock Speed	8 MHz
SRAM	1 KB
EEPROM	512 bytes
Flash Memory	16 KB (2 KB used by bootloader)
UART	1
DC Current per I/O Pin	40 mA
Digital I/O Pins	14
Analog Input Pins	8
Dimensions	0.7’’ x 1.3’’

3.1.2. Adafruit Ultimate GPS Breakout

Adafruit Ultimate GPS Breakout เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอส ซึ่งมีขนาดเล็ก ใช้พลังงานน้อย และมีเสาอากาศแบบ patch antenna ติดมาในตัว ซึ่งสามารถต่อเสาอากาศภายนอกเพิ่มได้ด้วย และมีหน่วยความจำติดมาในตัว (built-in logging) เพื่อใช้เก็บค่าพิกัดไว้ได้ด้วย สำหรับในโครงงานนี้ใช้สำหรับเป็นโมดูลจีพีเอสซึ่งอยู่ในอุปกรณ์ติดตามทำหน้าที่หาค่าพิกัดตำแหน่งของสัตว์ป่าเพื่อส่งให้คอนโทรลเลอร์โมดูลต่อไป มีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.2. มีลักษณะดังรูปที่ 3.2.



รูปที่ 3.2. Adafruit Ultimate GPS Breakout [13]

ตารางที่ 3.2. คุณสมบัติของ Adafruit Ultimate GPS Breakout

คุณสมบัติ	**Adafruit Ultimate GPS Breakout**
Chipset	MTK3339
Vin range	3.0 – 5.5 VDC
Satellites	22 Tracking , 66 Searching
Patch Antenna Size	15 mm x 15 mm x 4 mm
Update Rate	1 to 10 Hz
Position Accuracy	< 3 meters
Acquisition Sensitivity	-145 dBm
Tracking Sensitivity	-165 dBm
Maximum Velocity	515 m/s
Warm/Cold Start	34 seconds
Operating Current	25 mA Tracking 20 mA draw during navigation
Output	NMEA 0183 , 9600 Baud Rates
Dimensions	1.35’’ x 0.25’’
Weight	8.5 g

3.1.3. SIM800L GSM Module

SIM800L GSM Module เป็นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณกับระบบเครือข่ายจีเอสเอ็มแบบ Quad-Band ซึ่งรองรับระบบจีพีอาร์เอสด้วย โดยตัวอุปกรณ์จำเป็นต้องต่อเสาอากาศเพิ่มเติม รวมทั้งต้องต่อกับซิมการ์ดเพิ่มเติม การควบคุมใช้การส่ง AT Commands เข้าไป ในโครงงานนี้ใช้สำหรับเป็นโมดูลจีพีอาร์เอสซึ่งอยู่ในปลอกคอทำหน้าที่ส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งกลับไปที่ผู้ติดตาม มีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.3. และมีลักษณะดังรูปที่ 3.8.

รูปที่ 3.3. SIM800L GSM Module [14]

ตารางที่ 3.3. คุณสมบัติของ SIM800L GSM Module

คุณสมบัติ	**M10 GSM Module**
Quad-Band	850/900/1800/1900 MHz
GPRS multi-slot class	12/10
GPRS data transfer rate	Downlink max 85.6 kbps Uplink max 85.6 kbps
GPRS mobile station	Class B
Supply Voltage	3.4 – 4.4 V
Power Consumption	1.1 mA at DRX=5 0.7 mA at DRX=9
External SIM	3V/1.8 V
AT Commands	GSM 07.07 ,07.05 and other enhanced AT Commands
Operating Temperature	-40 °C to +85 °C
Antenna	Need external antenna
Dimensions	22 mm x 18 mm

3.1.4. USB to UART Bridge

USB to UART Bridge เป็นอุปกรณ์แปลงการเชื่อมต่อระหว่าง USB กับ UART ใช้สำหรับการดาวน์โหลดโปรแกรมลงบน Arduino Pro Mini มีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.4. มีลักษณะดังรูปที่ 3.4.

รูปที่ 3.4. USB to UART Bridge [15]

ตารางที่ 3.4. คุณสมบัติของ USB to UART Bridge

คุณสมบัติ	**M10 GSM Module**
Baud Rates	300 bps to 1 Mbits
Receive Buffer	576 Bytes
Transmit Buffer	640 Bytes
Self-powered	3.0 to 3.6 V
USB Bus Powered	4.0 to 5.25 V

3.2. ซอฟท์แวร์

3.2.1. Arduino IDE

Arduino IDE เป็นชุดของโปรแกรมที่ประกอบด้วย Compiler, Linker, Library, Debugger สำหรับเขียนโปรแกรมบน Arduino และดาวน์โหลดลงบน Arduino

3.2.2. Adafruit GPS Library

Adafruit GPS Library เป็น Library ที่ใช้เพื่อสั่งงาน Adafruit Ultimate GPS หรือแปลงค่า output ที่ได้มาจาก Adafruit Ultimate GPS ในรูปแบบของ NMEA format ให้เป็นค่า Latitude และ Longtitude หรือค่าอื่น ๆ ที่อ่านได้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น เช่น NMEA format ต่อไปนี้

```
$GPRMC,194509.000,A,4042.6142,N,07400.4168,W,2.03,221.11,160412,,,A*77
```

สามารถแปลงเป็น เวลา 7:45 pm 9 วินาที และคู่พิกัด Latitude Longitude คือ +40 42.6142' และ -74 00.4168' ตามลำดับ

3.2.3. MySQL

MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) โดยใช้ภาษา SQL ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ที่เป็นโอเพ่นซอร์ส ใช้เพื่อการทำ Tracking Database เพื่อใช้เก็บค่าพิกัดตำแหน่งที่ส่งมาจากอุปกรณ์ติดตาม

3.2.4. Laravel

Laravel เป็น PHP framework ที่ใช้สำหรับเขียนเว็บไซต์แสดงผลให้ผู้ติดตามสัตว์ป่าเข้ามาดูตำแหน่งของสัตว์ป่าที่แสดงผลในรูปแบบของแผนที่ซึ่งในที่นี้ใช้ Google Maps

3.2.5. Google Maps

Google Maps เป็นบริการแผนที่ของ Google ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ในการแสดงผลตำแหน่งของสัตว์ป่าในแผนที่บนเว็บไซต์ โดยทางเว็บไซต์จะดึงแผนที่จาก Google Maps มาแสดงผลโดยใช้ Google API ในการดึงแผนที่มา

3.2.6. ATCommand

เป็นชุดคำสั่งที่เป็นมาตรฐาน ใช้ในการควบคุม modem ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ในการควบคุม GSM/GPRS Module เพื่อส่งพิกัดของสัตว์ป่ากลับมาที่เซิร์ฟเวอร์ ตัวอย่างคำสั่ง เช่น

```
AT+CIPSTART="TCP",”158.108.99.99”,9999
```

ตัวอย่างคำสั่งข้างต้นใช้เพื่อสถาปนาการเชื่อมต่อแบบ TCP ไปที่ไอพี 158.108.99.99 พอร์ท 9999

3.3. ภาษาโปรแกรม

3.3.1. ภาษา C และ C++ ใช้เขียนโปรแกรมบน Arduino

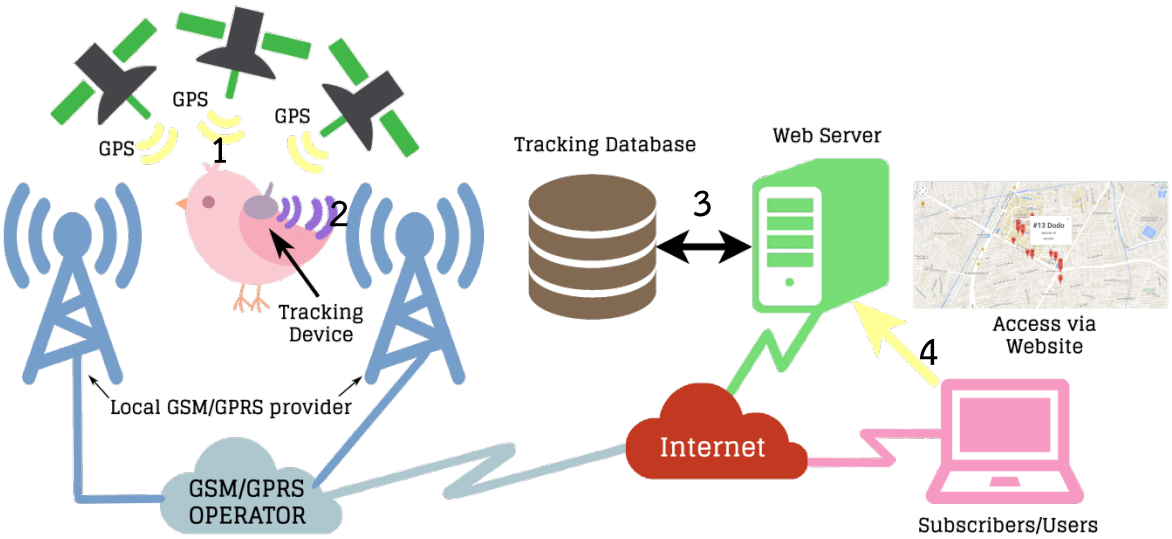
3.3.2. PHP ใช้สำหรับเขียนเว็บไซต์แสดงผล

3.3.3. SQL ใช้สำหรับการคิวรีฐานข้อมูล

4. วิธีการดำเนินโครงงาน

4.1. ภาพรวมของระบบ

อุปกรณ์ติดตามจะถูกนำไปติดไว้ที่ตัวสัตว์ป่า เมื่ออุปกรณ์สามารถระบุตำแหน่งของตัวเองผ่านจีพีเอสได้ ก็จะทำการส่งค่าพิกัดตำแหน่งของตัวเองกลับไปที่เซิร์ฟเวอร์ผ่านจีพีอาร์เอส จากนั้นเพื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับค่าพิกัดตำแหน่งกลับมาแล้วก็จะทำการบันทึกค่าพิกัดตำแหน่งนั้นลงฐานข้อมูล โดยที่ผู้ติดตามสามารถเข้าไปติดตามดูตำแหน่งของสัตว์ป่าได้ผ่านทางเว็บไซต์ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1. ภาพรวมของระบบ

ขั้นตอนการทำงาน:

หมายเลข 1 อุปกรณ์ติดตามทำการประมวลผลค่าพิกัดตำแหน่งของตนเองโดยใช้จีพีเอส

หมายเลข 2 อุปกรณ์ติดตามส่งพิกัดตำแหน่งที่ประมวลผลมาได้ไปเว็บเซิร์ฟเวอร์โดยใช้จีพีอาร์เอส

หมายเลข 3 เว็บเซิร์ฟเวอร์บันทึกพิกัดของสัตว์ป่าลงฐานข้อมูล

หมายเลข 4 ผู้ติดตามสามารถเข้าไปดูพิกัดของสัตว์ป่าได้ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางเว็บไซต์

4.2. รายละเอียดของระบบที่พัฒนา

4.2.1. ข้อกำหนดการนำเข้าและส่งออกข้อมูล

- ข้อมูลนำเข้า คือ พิกัดตำแหน่งและไอดีของสัตว์ป่าที่ส่งมาจากอุปกรณ์ติดตาม
- ข้อมูลส่งออก คือ แผนที่แสดงผลพิกัดตำแหน่งของสัตว์ป่า

4.2.2. ข้อกำหนดหน้าที่ของระบบ

- ระบบสามารถส่งพิกัดตำแหน่งของสัตว์ป่ากลับมาที่เซิร์ฟเวอร์
- ระบบสามารถแสดงผลพิกัดตำแหน่งของสัตว์ป่าในรูปแบบของแผนที่ให้ผู้ใช้งานได้ผ่านทางเว็บไซต์แสดงผล

4.2.3. อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

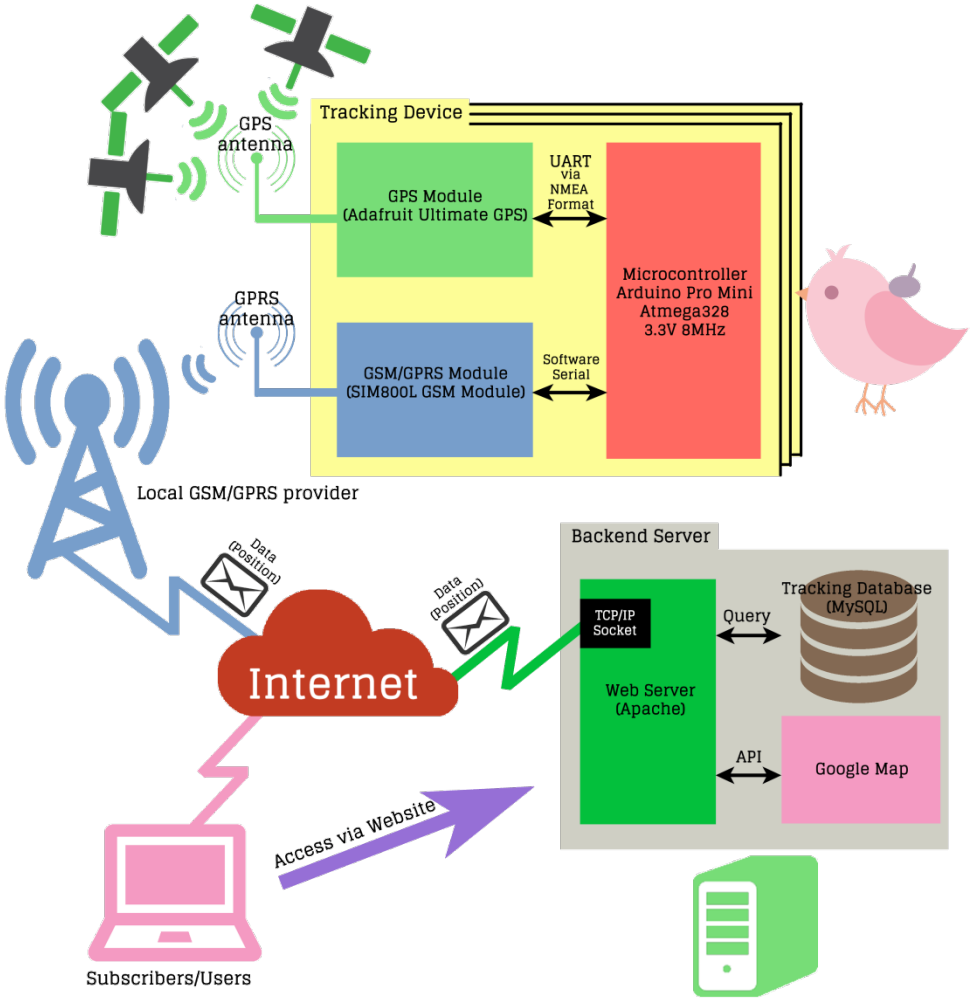
อุปกรณ์ติดตามดังรูปที่ 4.2. และ ลักษณะการติดตั้งเข้ากับสัตว์ป่าดังรูปที่ 4.3.

รูปที่ 4.2. อุปกรณ์ติดตาม

รูปที่ 4.3. ต้นแบบอุปกรณ์ติดตามทดลองติดกับตุ๊กตานกอีมู

4.3. องค์ประกอบของระบบ

จีพีเอสโมดูลจะประมวลผลและส่งค่าพิกัดตำแหน่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ในมาตราฐานของ NMEA จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งพิกัดตำแหน่งนั้นไปที่จีเอสเอ็มโมดูล จีเอสเอ็มโมดูลก็จะส่งพิกัดตำแหน่งไปที่เซิร์ฟเวอร์โดยใช้จีพีอาร์เอส โดยที่เซิร์ฟเวอร์จะมีโปรแกรมรอรับพิกัดที่ส่งมาและทำการบันทึกลงฐานข้อมูล เมื่อผู้ติดตามต้องการดูค่าพิกัดตำแหน่งของสัตว์ป่าสามารถเข้าไปดูได้ที่เว็บไซต์แสดงผลแผนที่ เซิร์ฟเวอร์จะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลและใช้เอพีไอในการแสดงผลค่าพิกัดนั้นในรูปแบบของแผนที่ของกูเกิ้ล ดังรูปที่ 4.4.



รูปที่ 4.4. องค์ประกอบของระบบ

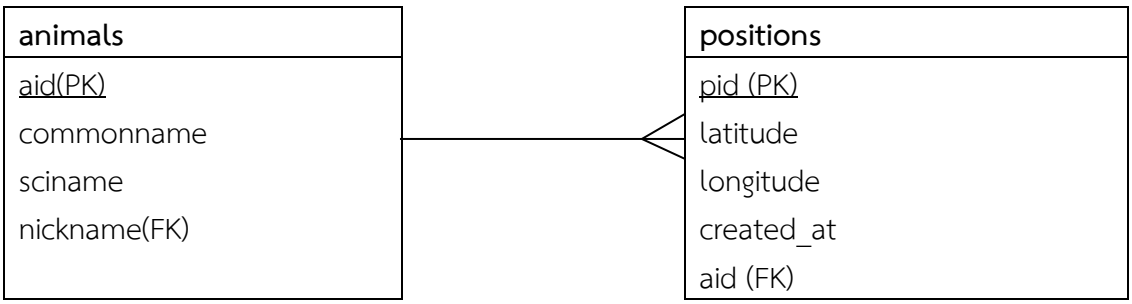
ระบบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

4.3.1. อุปกรณ์ติดตาม

อุปกรณ์ติดตามจะประกอบด้วย 3 โมดูลคือ จีพีเอสโมดูล จีพีอาร์เอสโมดูล และไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเมื่อจีพีเอสโมดูลจะรับสัญญาณจีพีเอสผ่านทางเสาอากาศ แล้วทำการประมวลผลส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งไปที่จีพีอาร์เอสโมดูล เพื่อให้จีพีอาร์เอสโมดูลส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งผ่านทางเสาอากาศกลับมาที่เซิร์ฟเวอร์

4.3.2 เซิร์ฟเวอร์รับข้อมูลและแสดงผล

เซิร์ฟเวอร์รับข้อมูลและแสดงผลจะประกอบด้วยส่วนที่ใช้รับข้อมูลซึ่งทำหน้าที่เป็นทีซีพีเซิร์ฟเวอร์คอยรอรับค่าพิกัดตำแหน่งที่ส่งมา เมื่อได้รับค่าพิกัดตำแหน่งก็จะทำการบันทึกลงฐานข้อมูลมายเอสคิวแอลดังรูปที่ 4.5. อีกส่วนหนึ่งคือ ส่วนเซิร์ฟเวอร์แสดงผลใช้อะแพชี เว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยเว็บไซต์จะแสดงผลผ่านทางแผนที่ของกูเกิ้ล



รูปที่ 4.5. Relational Database ที่ใช้เก็บค่าพิกัดตำแหน่งของสัตว์ป่า

5. ผลการดำเนินโครงงานและวิจารณ์

เพื่อวัดประสิทธิภาพของระบบแบ่งออกเป็นวิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

5.1. วิธีการทดสอบ

5.1.1 ทดสอบประสิทธิภาพในการส่งพิกัดตำแหน่งกลับมาที่เซิร์ฟเวอร์ในแง่ของความถูกต้องของพิกัดตำแหน่งโดยทำการทดสอบโดยนำอุปกรณ์ติดตามใส่ไว้ในกระเป๋าสะพายแล้วผู้พัฒนาสะพายไว้บนหลัง แล้วทดสอบในหลายสถานการณ์ดังต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 นั่งรถโดยสารประจำทางจากด้านหน้าเซียร์รังสิตไปที่สี่แยกเกษตร แล้วเดินเข้าซอยพหลโยธิน 34 ไปที่พลอยจีนอพาร์ทเม้นท์
สถานการณ์ที่ 2 เดินออกจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ไปขึ้นรถแท็กซี่ที่บริเวณประตูงามวงศ์วาน 3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากนั้นนั่งรถแท็กซี่ไปออกที่ประตูวิภาวดี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ไปที่เมเจอร์รัช-โยธิน จากนั้นเดินมาขึ้นรถโดยสารประจำทางหน้าเมเจอร์รัชโยธินเพื่อกลับไปที่แยกเกษตร
สถานการณ์ที่ 3 เดินจากซอยพหลโยธิน 34 ไปที่ประตูพหลโยธิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากนั้นนั่งรถมอเตอร์ไซค์รับจ้างไปที่ตึกภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถานการณ์ที่ 4 นั่งรถโดยสารประจำทางจากแยกเกษตรไปที่รถไฟฟ้าบีทีเอสสถานีหมอชิต จากนั้นนั่งรถไฟฟ้าบีทีเอสจากสถานีหมอชิตไปที่สถานีอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ แล้วนั่งรถตู้ประจำทางไปที่มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

5.1.2 ทดสอบประสิทธิภาพในการส่งพิกัดตำแหน่งกลับมาที่เซิร์ฟเวอร์ในแง่ของระยะเวลาระหว่างการส่งพิกัดตำแหน่งแต่ละพิกัด โดยในซอฟแวร์ที่อุปกรณ์ติดตามตั้งค่าไว้ที่ 20 วินาที

5.1.3 จากสถานการณ์ที่ 4 จะเอาผลลัพธ์ค่าพิกัดตำแหน่งไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก Asus Fonepad 7

5.2. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

5.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการส่งพิกัดตำแหน่งกลับมาที่เซิร์ฟเวอร์ในแง่ของความถูกต้องของพิกัดตำแหน่ง ดังตารางที่ 5.1.

ตารางที่ 5.1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพในแง่ของความถูกต้องของพิกัด

สถานการณ์	จำนวนพิกัด	%ความถูกต้อง
1	102	59.80%
2	411	62.53%
3	116	69.82%
4	681	66.03%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 5.1. พบว่า ระบบยังมีความผิดพลาดค่อนข้างมาก ซึ่งสาเหตุน่าจะเกิดจากการโมดูลจีพีเอสที่ประมวลผลค่าพิกัดตำแหน่งมาผิดพลาดหรือรับสัญญาณได้ไม่ดีพอซึ่งการรับสัญญาณได้ไม่ดีน่าจะเกิดจากการเข้าไปในที่ที่มีตัวกั้นสัญญาณ เช่น หลังคา

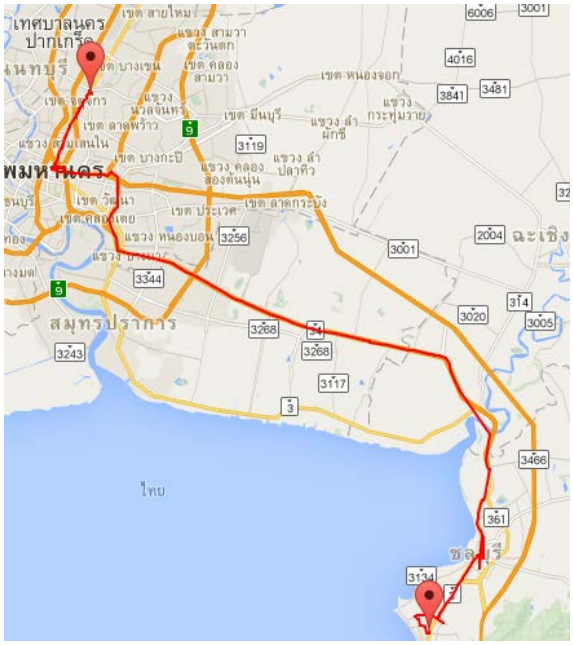
5.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพในการส่งพิกัดตำแหน่งกลับมาที่เซิร์ฟเวอร์ในแง่ของระยะเวลาระหว่างการส่งพิกัดตำแหน่งแต่ละพิกัด ดังตารางที่ 5.2.

ตารางที่ 5.2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพในแง่ของระยะเวลาระหว่างพิกัด

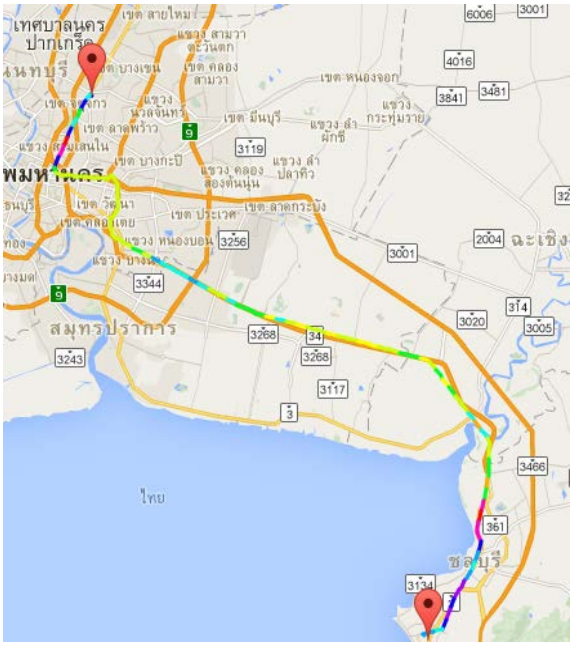
สถานการณ์	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาระหว่างพิกัด (วินาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะเวลาระหว่างพิกัด
1	49	29.22	16.95
2	196	28.68	15.77
3	69	36.14	37.88
4	287	25.32	18.30

จากผลการทดสอบในตารางที่ 5.2. พบว่า ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาระหว่างพิกัดได้ค่าออกมาค่อนข้างใกล้เคียงกับที่ได้ตั้งค่าไว้ในซอฟแวร์ (20 วินาที) ระยะเวลาที่เกินมาน่าจะมีสาเหตุมาจากบางจุดที่รับสัญญาณจีพีเอสได้ช้าหรือรับไม่ได้ หรืออาจเกิดจากจีพี-อาร์เอสที่ส่งพิกัดกลับไปไม่สำเร็จหรือล่าช้า

.2.3 ผลการทดสอบโดยใช้ค่าพิกัดตำแหน่งที่ได้จาก Asus Fonepad 7 โดยใช้แอพพลิเคชั่น GeoTracker เปรียบเทียบกับระบบที่ได้พัฒนาขึ้น ในสถานการณ์ที่ 4 ดังรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 5.1. เว็บไซต์แสดงผลพิกัดที่ได้จากระบบที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 5.2. เว็บไซต์แสดงผลพิกัดที่ได้จาก Asus Fonepad 7

จากภาพด้านบนพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้และได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับการใช้งานจีพีเอสที่ได้จากแท็บเล็ต(Asus Fonepad 7)

5.2.4 น้ำหนักของปลอกคอ พบว่าน้ำหนักของปลอกคอไม่ควรจะมีค่าเกิน 5% ของน้ำหนักตัวสัตว์ [17] จึงจะไม่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของสัตว์ป่า โดยน้ำหนักของอุปกรณ์ติดตามของระบบที่พัฒนาขึ้นที่อยู่ที่ประมาณ 52 กรัม โดยถ้าปลอกคอมีน้ำหนัก 500 กรัม(มีหลายแบบ น้ำหนักก็แตกต่างกัน) เมื่อนำมารวมกับอุปกรณ์ติดตามจะได้น้ำหนักสุทธิ 552 กรัม ดังนั้นจึงสามารถนำไปทดลองติดกับสัตว์ที่น้ำหนักตัวไม่น้อยกว่า 11.04 กิโลกรัม เช่น ม้า

5.2.5 ราคาของปลอกคอแบบจีพีเอส/จีเอสเอ็ม ข้อมูลจากเว็บไซต์ [1][16] และจากการสอบถามผู้รู้ พบว่าปลอกคอ(ทั้งตัวปลอกคอที่ติดกับตัวสัตว์ป่าและอุปกรณ์ติดตามรวมกัน) มีราคาตั้งแต่ 160,000 ถึง 530,000 บาทต่อชิ้น แต่ราคาของอุปกรณ์ติดตามของระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีราคาอยู่ที่ 2,890 บาทต่อชิ้น ทั้งนี้ราคานี้เป็นราคารวมของโมดูลจีพีเอส โมดูลจีพีอาร์เอส ไมโครคอนโทรลเลอร์ และแบตเตอรี่ แต่ไม่รวมราคาของปลอกคอที่ใช้ติดกับตัวสัตว์ป่า

6. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

6.1. ปัญหาและอุปสรรค

- โครงงานจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์หลายชนิดมาใช้งานร่วมกันประกอบกับข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงอีกหลายๆอย่างทำให้ใช้เวลาในการพิจารณาเลือกซื้ออุปกรณ์มาก
- การทดสอบอุปกรณ์ต้องไปทดลองใช้งานกลางแจ้งเท่านั้น ทำให้มีเวลาทดสอบจำกัด

6.2. สรุปผลการดำเนินการ

โครงงานระบบติดตามสัตว์ป่าแบบประหยัดสามารถทำงานได้จริง โดยสามารถส่งพิกัดตำแหน่งที่ใช้จีพีเอสระบุตำแหน่งกลับมาที่เซิร์ฟเวอร์โดยใช้จีพีอาร์เอส และมีการแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ แต่อาจจะยังไม่สามารถนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมจริงได้ เนื่องจากยังมีข้อจำกัดอีกหลายอย่าง เช่น ความทนทานของอุปกรณ์ ขนาดของอุปกรณ์ที่ใหญ่เกินไป

6.3. แนวทางในการพัฒนาต่อ

โครงงานนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อให้ให้อุปกรณ์ติดตามมีราคาต่อหน่วยถูกลง ส่งค่าพิกัดตำแหน่งกลับมาได้ถูกต้องมากขึ้น มีน้ำหนักเบาขึ้น และประหยัดพลังงานมากขึ้นทำให้สามารถใช้งานได้นานขึ้น และมีความทนทานสามารถนำไปใช้งานจริงได้

6.4. ข้อเสนอแนะ

- หมั่นตรวจสอบสคริปต์รับข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์ว่ามีอะไรแปลกปลอมเข้ามาหรือไม่ เพราะระบบยังไม่ได้มีการระบุตัวตนข้อมูลที่ส่งเข้ามา
- ตรวจสอบซิมการ์ดและเสาอากาศของโมดูลจีพีอาร์เอสว่าเสียบแน่นแล้วหรือยัง ก่อนนำไปใช้งาน
- หมั่นตรวจสอบยอดเงินและจำนวนวันที่คงเหลือในซิมการ์ดว่ายังใช้งานได้หรือไม่ ก่อนนำไปใช้งาน

บรรณานุกรม

[1] Michelle Swemmer. 2557. GPS and VHF tracking Collars used for Wildlife Monitoring. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ : http://wildlifeact.com/blog/gps-and-vhf-tracking-collars-used-for-wildlife-monitoring/ (วันที่สืบค้น 10 กันยายน 2557)

[2] Research Institute Aberdeen. 2544. Tracking Animal with GPS. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://nrac.wvu.edu/classes/resm575/readings/gps_abstract_2001.pdf (วันที่สืบค้น 10 กันยายน 2557)

[3] Andrew Markham. 2551. On a Wildlife Tracking and Telemetry System:A Wireless Network Approach. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ https://www.cs.ox.ac.uk/files/2112/ThesisSubmitv2.pdf (วันที่สืบค้น 10 กันยายน 2557)

[4] ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ GPS [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://www.global5thailand.com/thai/gps.htm (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)

[5] Dr. Carlo Kopp. 2551. GPS Aided Guided Munitions – Part I-V. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://www.ausairpower.net/TE-GPS-Guided-Weps.html (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)

[6] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 2550. GPS&GPRS. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://www.cs.ssru.ac.th/s51122201196/clubpc.com.html (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)

[7] Wikipedia. 2557. General Packet Radio Service. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)

[8] Internet Access Guide : GPRS. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://www.conniq.com/InternetAccess_GPRS.htm (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)

[9] ดร.เอกรินทร์ วาสนาส่ง. 2552. ระบบ GSM คืออะไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://ekarinv.wordpress.com/2009/02/12/ระบบ-gsm-คืออะไร/ (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)

[10] Wikipedia. 2557. GSM. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://en.wikipedia.org/wiki/GSM (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)

[11] Electronics Lovers. 2557. What is difference between CDMA, TDMA, FDMA ?. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://electronicxlovers.blogspot.com/2014/10/what-is-difference-between-cdmatdmacdma.html (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)

[12] Arduino Pro Mini [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardProMini (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)

[13] Adafruit Ultimate GPS Breakout – 66 Channel W/ 10 Hz Updates – Version 3. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://www.adafruit.com/product/746 (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)
[14] GSM Module SIM800L. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ http://www.arduinoall.com/product/561/sim800l-module-sim800l-gprs-module-%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%B2-680-%E0%B8%9A%E0%B8%B2%E0%B8%97
(วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)
[15] USB to UART Bridge. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ที่ https://www.sparkfun.com/datasheets/IC/cp2102.pdf (วันที่สืบค้น 23 พฤศจิกายน 2557)
[16] The Africat Foundation. Radio Collars For Lions.[ออนไลน์].เข้าถึงได้ที่ http://www.africat.org/projects/radio-collars-for-lions (วันที่สืบค้น17 เมษายน 2558)
[17] Richard A. Holland , Martin Wikelski.Studying the Migratory Behavior of Individual Bats:Current Techniques and Future Directions.
[ออนไลน์].เข้าถึงได้ที่ http://jmammal.oxfordjournals.org/content/90/6/1324 (วันที่สืบค้น 17 เมษายน 2558)

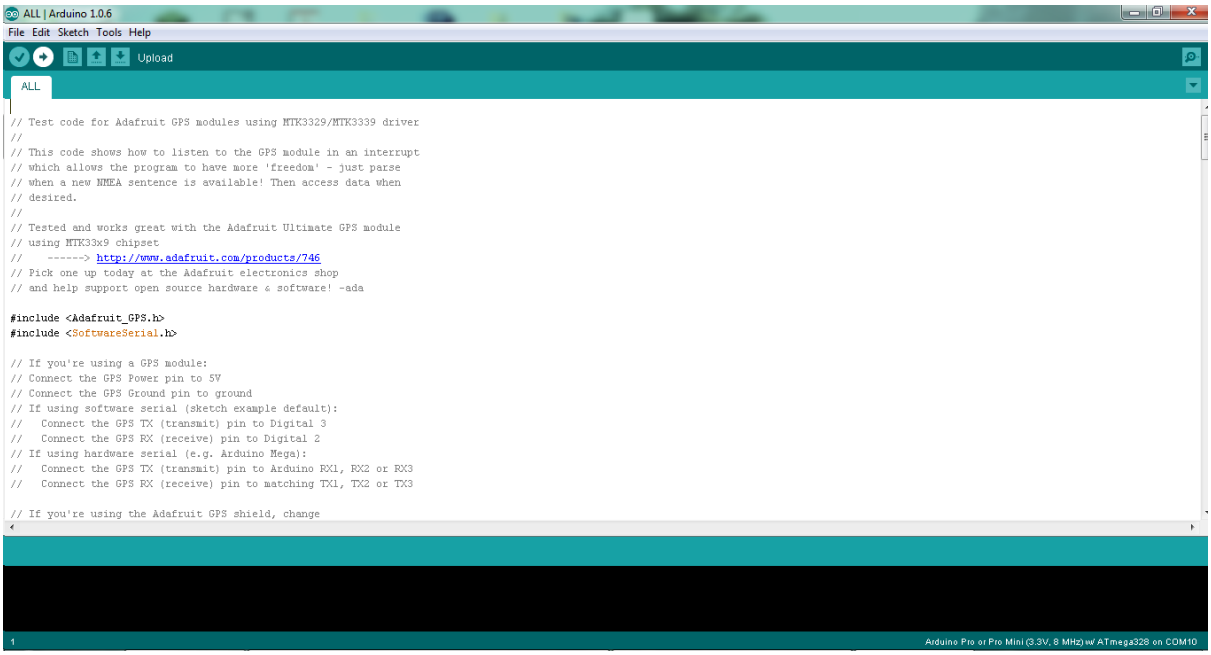
7. ภาคผนวก

7.1. คู่มือการติดตั้ง

7.1.1. ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows และมีโปรแกรม Arduino IDE อยู่ในคอมพิวเตอร์แล้ว

1. เข้าโปรแกรม Arduino IDE และทำการคัดลอกโค้ดมาใส่ดังรูปที่ 7.1.

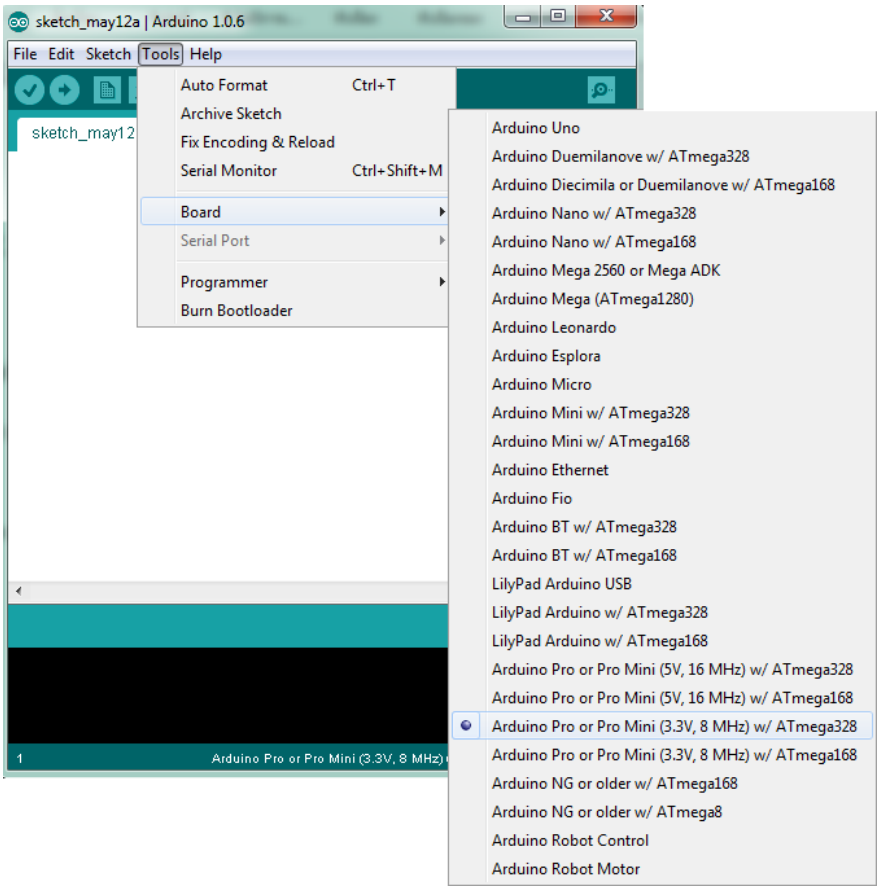


รูปที่ 7.1. หน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE ที่มีโค้ดพร้อมอัพโหลดลงไมโครคอนโทรลเลอร์

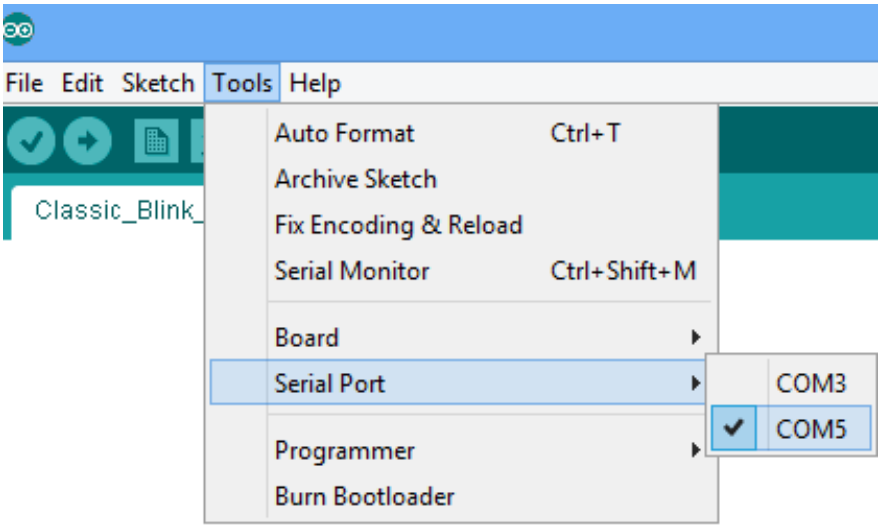
2. บริเวณแถบซ้ายบนจะเห็นเมนู Tools

- เลือกชนิดของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเข้าไปที่
  Tools-> Board-> Arduino Pro or Pro Mini (3.3 V, 8MHz) with ATmega328 ดังรูปที่ 7.2.
- เลือกพอร์ตที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่ออยู่โดยเข้าไปที่
  Tools-> Serial Port-> COMX โดยที่ X คือ COM port ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ (ดูได้ที่ Device Manager) ดังรูปที่ 7.3.

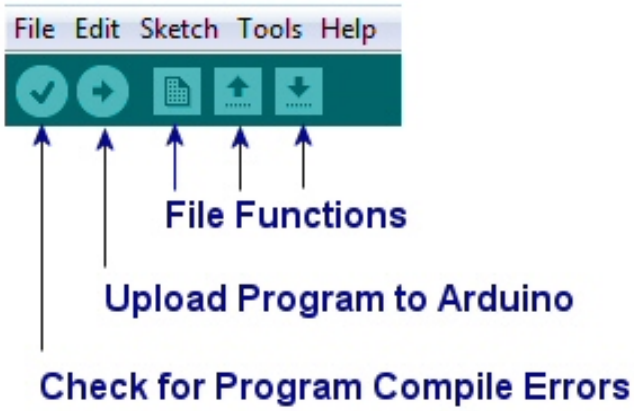
3. อัพโหลดโปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยการกดปุ่มอัพโหลด(ปุ่มที่สองจากทางซ้าย) ดังรูปที่ 7.4.



รูปที่ 7.2. วิธีการเลือกชนิดของไมโครคอนโทรลเลอร์ในโปรแกรม Arduino IDE



รูปที่ 7.3. วิธีการเลือกพอร์ตที่จะใช้อัพโหลดโค้ดลงไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 7.4. รูปแสดงความหมายของแต่ละปุ่มบนเมนูด้านบน
ของโปรแกรม Arduino IDE

7.1.2. ส่วนเซิร์ฟเวอร์รับข้อมูลและเว็บเซิร์ฟเวอร์

ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Ubuntu (Linux) ต้องทำการติดตั้ง Apache Webserver MySQL และ Python (ต้องติดตั้ง Library MySQLdb ด้วย)

ทำการเตรียมสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับการใช้งาน

1. ทำการติดตั้ง Apache Webserver

```
sudo apt-get install apache
```

2. ทำการติดตั้ง MySQL

```
sudo apt-get install MySQL
```

3. ทำการติดตั้ง Python

```
sudo apt-get install Python
```

4. ทำการติดตั้ง Library MySQLdb ของ Python

```
sudo apt-get install Python-MySQLdb
```

หลังจากเตรียมสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว ต้องทำการรันสคริปต์ภาษา Python เพื่อรอรับพิกัดตำแหน่งของสัตว์ป่าที่จะส่งเข้ามาที่เซิร์ฟเวอร์

1. รันสคริปต์ภาษา Python โดยสคริปต์ชื่อ server.py

```
python server.py
```

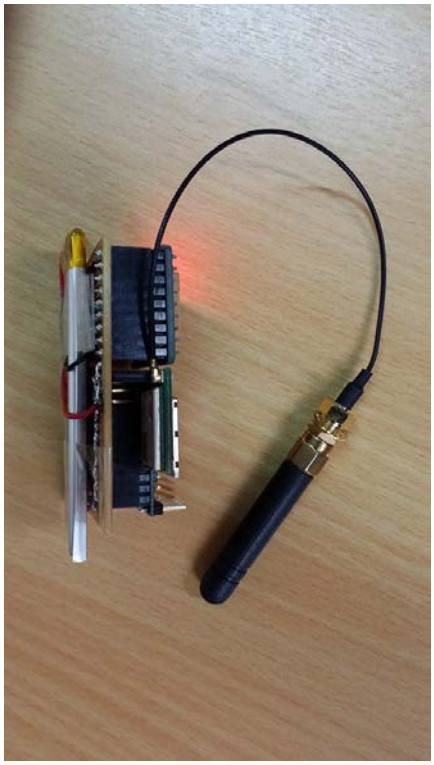
ในส่วนของเว็บไซต์ ให้ทำการคัดลอกไดเรคทอรี่ของเว็บไซต์ซึ่งอยู่ในแผ่นซีดีหรือสามารถดาวน์โหลดได้ที่เว็บไซต์โครงงานภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ไปไว้ที่ไดเรคทอรี่ /var/www/html เป็นอันใช้งานเว็บไซต์ได้

7.2. คู่มือการใช้งาน

7.2.1. การประกอบอุปกรณ์

ประกอบอุปกรณ์ติดตามสัตว์ป่าดังรูปที่ 7.5. และ 7.6.

รูปที่ 7.5. การประกอบอุปกรณ์ติดตามสัตว์ป่า(ด้านบน)



รูปที่ 7.6. การประกอบอุปกรณ์ติดตามสัตว์ป่า(ด้านข้าง)

7.2.2. การใช้งานระบบ

1. หลังจากประกอบอุปกรณ์เสร็จและทำการอัพโหลดโค้ดลงไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วให้ทำการเสียบอุปกรณ์เข้ากับแบตเตอรี่เป็นอันใช้งานได้
2. รันสคริปต์ภาษา Python ที่เซิร์ฟเวอร์เพื่อรอรับพิกัดตำแหน่ง
3. นำไปใช้ติดตามสิ่งที่ต้องการ
4. อุปกรณ์ติดตามจะส่งพิกัดตำแหน่งกลับมาที่เซิร์ฟเวอร์เองโดยอัตโนมัติ โดยสามารถเข้าไปดูพิกัดตำแหน่งได้ที่เว็บไซต์

ประวัตินิสิต

ชื่อ-นามสกุล รัชชานนท์ รัตนธรรม เลขประจำตัวนิสิต 5410501411
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน 146/2 ถนนสันติเกษม ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี 20130
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 081-576-3876
E-mail : ratchanon.rattanatam@gmail.com

ระดับการศึกษา :

คุณวุฒิการศึกษา	จากโรงเรียน	ปีการศึกษาที่จบ
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนชลราษฎรอำรุง	2553
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนชลราษฎรอำรุง	2550