บทความวิจัย (Research Article)

ระบบติดตามตำแหน่งที่อยู่เสือปลาผ่านระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

Fishing Cat Tracking System via Mobile Network

พรรษชล เผ่าทิตธรรม[1], รุจิระ มหาพรหม[2], สุชัยศรี ไลออน[1], อนันต์ ผลเพิ่ม[1], อภิรักษ์ จันทร์สร้าง[1] และ ชัยพร ใจแก้ว[1]*

[1] ห้องปฏิบัติการเครือข่ายไร้สาย (IWING)
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2] Conservation Ecology Program, King Mongkut's University of Technology Thonburi
* ผู้รับผิดชอบบทความ
chaiporn.j@ku.ac.th

Received: 16 Jan 2021
Revised: 26 May 2021
Accepted: 19 May 2021

บทคัดย่อ

ระบบติดตามเสือปลาที่มีอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดมีราคาสูง และอุปกรณ์ติดตามมีขนาดไม่เหมาะสมกับน้ำหนักตัวของเสือปลา งานวิจัยนี้นำเสนอระบบติดตามตำแหน่งที่อยู่เสือปลาผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เริ่มจากอุปกรณ์ติดตามที่ติดอยู่ที่ตัวเสือปลารับค่าพิกัดที่อยู่มาจากดาวเทียม แล้วส่งข้อมูลที่ได้รับมาผ่านผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังเซิร์ฟเวอร์แล้วนำไปบันทึกลงบนฐานข้อมูล โดยออกแบบให้การรับและส่งค่าพิกัดจะเป็นการรายงานผลตามเวลาจริง หรือขณะที่ดำเนินการแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน จากนั้นนำข้อมูลมาแสดงผลผ่านทางเว็บแอปพลิเคชั่นในรูปแบบแผนที่กูเกิลแมพส์ การทดสอบระบบที่ได้พัฒนาขึ้นพบว่าอุปกรณ์ติดตามสามารถระบุพิกัดตำแหน่งได้ แม้จะมีความคลาดเคลื่อนของพิกัดอยู่บ้าง สามารถส่งข้อมูลพิกัดไปที่เซิร์ฟเวอร์ได้อย่างถูกต้อง และจากการทดสอบวัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้พบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้นานประมาณ 48 วันหากต้องการรับ-ส่งข้อมูลชั่วโมงละ 1 ครั้ง หรือหากต้องการใช้งานอุปกรณ์นาน 4 เดือนจะสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ประมาณ 9 ครั้งต่อวัน ด้วยแบตเตอรี่แบตเตอรี่ลิเธียมโพลิเมอร์ 3.7V ที่มีความจุ 3000 mAh โดยไม่ต้องชาร์จเมื่อตั้งค่าให้อุปกรณ์หยุดการทำงานโดยใช้โหมดหยุด ระบบติดตามที่พัฒนาขึ้นมีราคาต่ำกว่าระบบติดตามที่มีอยู่ในท้องตลาด และมีขนาดเหมาะสมกับน้ำหนักตัวของเสือปลา

คำสำคัญ: ไอโอที การติดตามสัตว์ป่า เสือปลา จีพีเอส จีเอสเอ็ม

Abstract

Existing tracking systems specifically designed for fishing cats are quite expensive, while typical tracking devices designed for other types of animals may not be suitable for fishing cats due to size and weight. This research proposes Fishing Cat Tracking System via Mobile Network. First, a tracking device attached to the fishing cat receives location coordinates from GPS satellites, then sends the location data through a mobile network operator and into a database. In order to save energy, location data will be reported in a discrete real-time manner. The location reports are then visualized via a web application employing Google Maps. Experimenting with a device prototype shows that the device can geolocate and report the locations to the server correctly with some errors in the location measurement. The developed tracking system costs less than the existing tracking systems while the size and weight are still suitable for fishing cats. Current measurement shows that the device can last approximately 48 days if location data is recorded and reported once per hour, or up to

4 months if the record frequency is 9 times per day, on a 3000 mAh 3.7V battery without recharging using the stop mode to configure the device.

Keywords: IoT, Wildlife Tracking System, Fishing Cat, GPS, GSM

1. บทนำ

สัตว์ป่าคุ้มครอง เป็นสัตว์ป่าที่มีชื่ออยู่ในบัญชีแนบท้ายกฎกระทรวง ซึ่งได้กำหนดให้สัตว์ป่าบางชนิดเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง พ.ศ. 2546 ตามพระราชบัญญัติสงวน และคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 เนื่องจากสัตว์ป่าคุ้มครองมีจำนวนน้อย ใกล้สูญพันธุ์ และควรอนุรักษ์ จึงมีการติดตามสัตว์ป่าคุ้มครอง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการจัดการเพื่อการอนุรักษ์สัตว์ป่าคุ้มครองอย่างเป็นระบบ โดยข้อมูลที่ได้จากการติดตาม เช่น สถานภาพการกระจายในปัจจุบัน นิเวศวิทยา และพฤติกรรมต่าง ๆ รวมทั้งการใช้พื้นที่อยู่อาศัยอีกด้วย

ระบบติดตามสัตว์ป่าทั่วไปนั้นมีการใช้งานกันอยู่แล้ว อีกทั้งรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ติดตามที่ตัวสัตว์ป่านั้นมีอยู่หลากหลาย โดยอุปกรณ์ที่ติดตั้งนั้นจะทำหน้าที่ในการรายงานตำแหน่งที่อยู่ของสัตว์ป่ากลับมาที่ผู้ติดตาม แต่อุปกรณ์ติดตามที่มีอยู่ทั่วไปนั้นมีข้อเสียคือมีราคาสูง ซึ่งจะทำให้นำมาใช้งานได้ในจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับงบประมาณที่จำกัด แบตเตอรี่ของปลอกคอนั้นมีปริมาณจำกัด อาจไม่เพียงพอต่อการติดตามในระยะเวลาที่นาน และอุปกรณ์ที่ติดอยู่ที่ตัวสัตว์ป่านั้นมีขนาดไม่เหมาะสมกับขนาดตัวของสัตว์ป่า ซึ่งขนาดของอุปกรณ์ที่เหมาะสมควรมีขนาดไม่เกิน 5% ของน้ำหนักตัวสัตว์ป่าที่ต้องการจะติดตาม เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจะต้องเลือกอุปกรณ์ติดตามให้เหมาะสมกับสถานการณ์ และสถานที่ที่ใช้งาน

เสือปลาเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง ที่เลี้ยงลูกด้วยนมประเภทเสือขนาดเล็ก มีรูปร่างอ้วนป้อม ลักษณะคล้ายแมวดาว ตัวเมียมีน้ำหนักประมาณ 6-7 กิโลกรัม ตัวผู้หนักมีน้ำหนักประมาณ 11-12 กิโลกรัม มีลักษณะที่เหมาะกับการหากินกับน้ำ และจับปลาเป็นอาหาร อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตามเสือปลาจึงจำเป็นที่จะต้องกันน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เสียหาย และป้องกันไม่ให้เสือปลาเกิดอันตรายที่มาจากความเสียหายของอุปกรณ์ ภัยที่คุกคามเสือปลาที่ร้ายแรงที่สุดคือการทำลายพื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งเป็นพื้นที่อาศัยของเสือปลา โดยการรุกล้ำเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยและขยายพื้นที่ทางเกษตรกรรมของชาวบ้าน หรือเกษตรกร

จากปัญหาหลากหลายด้านที่กล่าวมาทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ไขปัญหาโดยการพัฒนาอุปกรณ์ติดตามที่นำเอาปัญหามาพิจารณา และหาวิธีแก้ไขอย่างเหมาะสม ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งานอย่างสูงสุด โดยการติดตั้งอุปกรณ์ติดตามในลักษณะเป็นปลอกคอ มีการใช้จีพีเอส (Global Positioning System: GPS) ในการระบุตำแหน่งที่เสือปลาอยู่ ใช้ระบบเครือข่ายเคลื่อนที่จีเอสเอ็ม/สามจี (GSM/3G Mobile System) ในการส่งข้อมูลตำแหน่งที่อยู่กลับมาที่ผู้ติดตาม ซึ่งทั้ง จีพีเอส และจีเอสเอ็ม จะมีการบรรจุติดไว้กับปลอกคอที่จะสามารถหลุดออกจากตัวเสือปลาได้เมื่อถึงเวลาที่ทำการตั้งค่าไว้ และมีการแสดงสถานะผ่านทางกูเกิลแมพส์ (Google Maps) ทั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าการพัฒนาระบบติดตามตำแหน่งที่อยู่เสือปลาจะสามารถติดตามตำแหน่งเสือปลาได้อย่างแม่นยำ มีขนาดของอุปกรณ์ติดตามที่เหมาะสม และสามารถทดแทนการจัดซื้ออุปกรณ์ติดตามที่มีราคาแพงได้

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีที่นำมาใช้

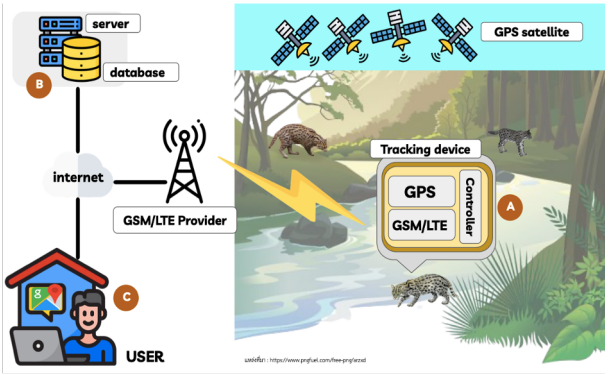
จีพีเอสเป็นระบบที่ใช้ในการระบุพิกัดตำแหน่งต่าง ๆ ได้ทั่วโลก ทำงานโดยการรับสัญญาณจากดาวเทียมแต่ละดวง ซึ่งสัญญาณดาวเทียมนี้ประกอบไปด้วยข้อมูลที่ระบุตำแหน่ง และเวลาขณะส่งสัญญาณ อุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณจีพีเอส จะประมวลผลความแตกต่างของเวลาในการรับสัญญาณเทียบกับเวลาจริง ณ ปัจจุบันเพื่อคำนวณเป็นระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณกับดาวเทียมแต่ละดวง เพื่อความแม่นยำในการค้นหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม จึงต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อบอกตำแหน่งและความสูงบนผิวโลก ปัจจุบันอุปกรณ์สามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียมของทางอเมริกา (NAVSTAR) ซึ่งมีอยู่ 28 ดวง ใช้งานจริง 24 ดวง อีก 4 ดวงจะใช้เป็นตัวสำรอง ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย [1]

จีเอสเอ็มเป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบดิจิตอลที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลก ใช้เทคนิคการส่งข้อมูลแบบทีดีเอ็มเอ (Time Division Multiple Access: TDMA) แบ่งการเข้าถึงข้อมูลหลาย ๆ ชุดตามช่วงเวลา โดยเริ่มจากการเปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นดิจิตอล และ บีบอัดข้อมูลเพื่อลดจำนวนข้อมูลที่ต้องส่ง จากนั้นก็ส่งสัญญาณที่บีบอัดไปพร้อมข้อมูลของผู้ใช้งาน โดยปกติจะใช้ช่องสัญญาณในย่านความถี่ 900 MHz และ 1800 MHz ในการส่งข้อมูล ซึ่งใช้ความกว้างช่องสัญญาณรวมประมาณ 25 MHz จากนั้นทำการแบ่งช่องสัญญาณส่งออกเป็นช่องย่อย ๆ โดยมีความกว้างช่องสัญญาณต่อ 1 ช่องสัญญาณประมาณ 200 kHz ดังนั้นจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดจะมีประมาณ 124 ช่อง โดยใน 1 ช่องจะแบ่งเป็น 8 ช่วงเวลา (Timeslot) ซึ่งจะสามารถรองรับผู้ใช้งานได้ 8 คน พร้อมกัน [2]

งานวิจัยนี้อาศัยระบบจีพีเอสในการติดตามเสือปลา และเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายจีเอสเอ็ม/สามจีเพื่อรายงานผลตำแหน่ง รวมถึงใช้ในการสั่งการอุปกรณ์ให้เข้าสู่โหมดการประหยัดพลังงาน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้งานเทคโนโลยีจีพีเอสเพื่อติดตาม และระบุพิกัดตำแหน่งที่อยู่ถูกใช้งานอย่างแพร่หลายเนื่องจากเทคโนโลยีจีพีเอสมีการปรับปรุงประสิทธิภาพ และเพิ่มความแม่นยำในการระบุพิกัด ทำให้สุ่มตัวอย่างได้อย่างยืดหยุ่นมากขึ้น และมักจะคุ้มทุนมากกว่าในการเก็บรวบรวมข้อมูลเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีคลื่นวิทยุย่านความถี่สูงมาก (Very-High Frequency : VHF) ซึ่งเป็นการติดตามแบบดั้งเดิม [3] ผลการศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในความแม่นยำของจีพีเอสพบว่า อัตราความแม่นยำในสถานที่ระหว่างการทดสอบแบบวัตถุอยู่กับที่สูงถึง 63.2% โดยมีข้อผิดพลาดของตำแหน่งเฉลี่ยอยู่ที่ 8.94 เมตร (SD = 8.55) ในการทดสอบในพื้นที่ติดแม่น้ำประสิทธิภาพของจีพีเอสจะได้รับผลกระทบเมื่ออุปกรณ์จมอยู่ใต้น้ำ และเมื่อนำไปติดตั้งกับสัตว์จริงค่าผิดปกติของตำแหน่งที่ได้รับคิดเป็น 12% จากค่าในแต่ละสถานที่ ตำแหน่งข้อมูลจีพีเอสขาดหายหรือไม่สามารถบันทึกข้อมูลได้คิดเป็น 22% จากข้อมูลในการทดสอบระยะเวลา 30 วัน ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัญหาเรื่องแบตเตอรี่ ข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรม หรือไม่ทราบสาเหตุ [4] นอกจากนี้ยังพบว่าโมดูลจีพีเอสจะสามารถจับสัญญาณได้ดี และใช้พลังงานน้อยเมื่ออยู่ในพื้นที่โล่งแจ้ง แต่ในบางกรณีที่อุปกรณ์อยู่ในพื้นที่ปิดทำให้โมดูลจีพีเอสไม่สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ส่งผลให้ไม่สามารถแสดงตำแหน่งของพื้นที่ดังกล่าวได้ [5] การควบคุมอุปกรณ์ติดตามให้สามารถรับและส่งข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อประหยัดพลังงานสามารถทำได้โดยการใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ [6]



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

นอกจากอุปกรณ์สามารถระบุตำแหน่งได้ การส่งข้อมูลระยะไกลมาที่เก็บข้อมูลได้เป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นเทคโนโลยีโทรศัพท์สมัยใหม่ เช่น จีเอสเอ็ม สามจี เป็นเทคโนโลยีที่เพิ่มความสามารถโครงสร้างพื้นฐานในการสื่อสาร [7] ให้มีความสะดวก และรวดเร็วมากขึ้น ดังนั้นอุปกรณ์สามารถใช้งานจีเอสเอ็ม/จีพีอาร์เอส (General Packet Radio Services: GPRS) ในการส่งข้อมูลพิกัดตำแหน่งมาที่เซิร์ฟเวอร์แล้วบันทึกลงในฐานข้อมูล โดยข้อมูลจะถูกส่งมาเป็นระยะ ไม่ส่งตลอดเวลา แล้วคำนวณพิกัดของแต่ละตำแหน่งที่ครอบคลุมในภายหลัง ผลการทดสอบพบว่า อุปกรณ์ต้นแบบสามารถส่งข้อมูลตำแหน่งที่อยู่กลับมาที่เซิร์ฟเวอร์ได้อย่างถูกต้อง [8] แต่ความถี่ในการส่งข้อมูลมีผลต่อระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์

3. รายละเอียดการพัฒนา

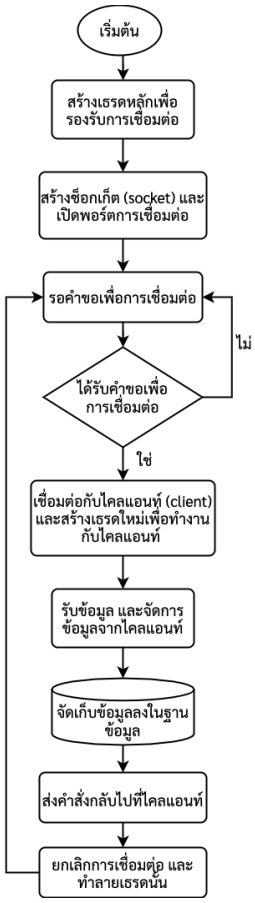
ระบบติดตามตำแหน่งที่อยู่เสือปลาแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ (A) อุปกรณ์ติดตามที่ติดอยู่กับตัวเสือปลา (B) เซิร์ฟเวอร์ และฐานข้อมูล (C) การแสดงผลให้ผู้ใช้/ผู้ติดตาม

3.1 ภาพรวมของระบบ

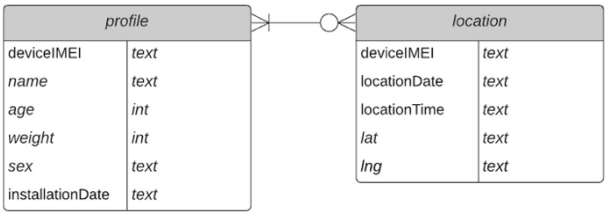
ภาพรวมของระบบแสดงดังรูปที่ 1 อุปกรณ์ติดตาม (A) ที่อยู่ติดกับตัวสัตว์จะรับพิกัดตำแหน่งจากดาวเทียมจีพีเอส แล้วทำการส่งข้อมูลพิกัดที่ได้รับมาไปยังเซิร์ฟเวอร์ (B) ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูล โดยออกแบบให้การรับข้อมูลจากดาวเทียมจีพีเอสและการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ของอุปกรณ์ติดตามนั้นจะไม่ส่งตลอดเวลา แต่จะส่งเป็นบางช่วงอย่างน้อยชั่วโมงละหนึ่งครั้งเพื่อให้เหมาะสมกับแบตเตอรี่ และเป็นการประหยัดพลังงาน โดยความถี่นี้สามารถปรับเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับจำนวนวันที่ต้องการให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ ผู้ติดตาม (C) สามารถเข้าถึงข้อมูลพิกัดได้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันโดยจะแสดงผลออกมาในรูปแผนที่

3.2 ออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบติดตามตำแหน่งที่อยู่เสือปลามีโครงสร้างระบบประกอบด้วย ส่วน (A) อุปกรณ์ติดตาม (โมดูล OriginIoT รุ่น ORG2101-3GEU-T [9]) ที่ติดอยู่กับตัวเสือปลามีตัวติดตามจีเอ็นเอสเอส (Global Navigation Satellite System : GNSS) ซึ่งทำหน้าที่รับค่าพิกัดจีพีเอสจากดาวเทียมจีพีเอส โดยข้อมูลพิกัดที่ได้รับมาจะถูกถ่ายโอนผ่านการสื่อสารแบบเซลลูลาร์ เช่น จีเอสเอ็มหรือแอลทีอี (Long Term Evolution : LTE) ไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่พัฒนาขึ้นมาเองโดยใช้โพรโทคอลตามข้อกำหนดที่ออกแบบโดย OriginSmart ซึ่งเป็นเซิร์ฟเวอร์ที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท OriginGPS ส่วน (B) เซิร์ฟเวอร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นส่วนที่รับข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากอุปกรณ์ติดตามโดยใช้การรับข้อมูลแบบมัลติเธรดดิง (Multithreading) แล้วนำข้อมูลที่ได้รับมาคำนวณหาละติจูดและลองจิจูดจากข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ได้รับ จากนั้นนำไปบันทึกไว้ในฐานข้อมูล SQLite โดยขั้นตอนการทำงานของเซิร์ฟเวอร์และฐานข้อมูลเป็นไปตามผังงาน ดังรูปที่ 2 โดยส่วนของการส่งคำสั่งกลับไปที่ไคลแอนท์คือการสั่งให้อุปกรณ์หลับ หรือหยุดทำงานเพื่อประหยัดพลังงาน โดยคำสั่งที่ส่งไปยังอุปกรณ์ติดตามนั้นจะเป็นคำสั่งแบบไบต์ (Byte Command) เมื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลแล้ว จากนั้นจะนำไปแปลงให้เป็นกูเกิลแมพส์เอพีไอ (Google Maps API) เพื่อใช้ในการแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ 2 ผังงานการทำงานของเซิร์ฟเวอร์ และฐานข้อมูล

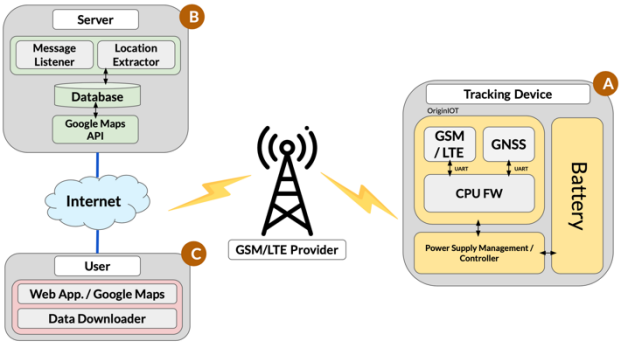


รูปที่ 3 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มข้อมูล (E-R Diagram)

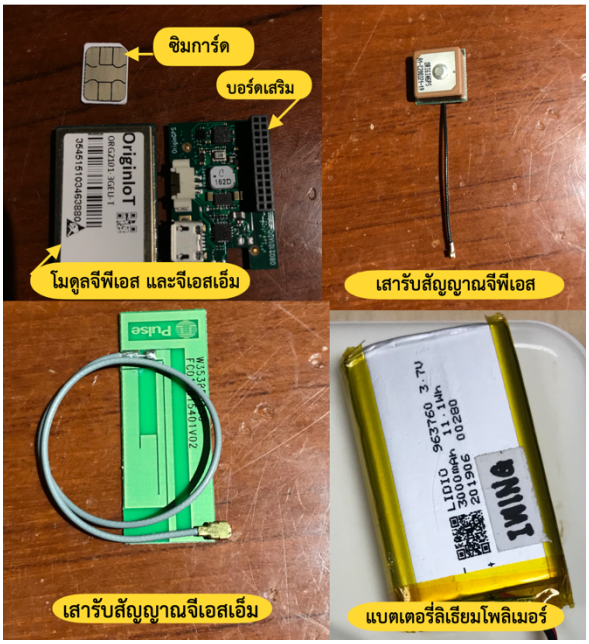
ฐานข้อมูลประกอบด้วยตารางข้อมูล 2 ตาราง ได้แก่ ตารางประวัติของเสือปลาที่ติดตั้งอุปกรณ์ติดตามแล้ว (Profile table) และตารางพิกัดที่ได้รับจากอุปกรณ์ติดตาม (Location table) โดยตารางข้อมูลมีความสัมพันธ์กันแบบกลุ่มต่อกลุ่ม (Many-to-many Relationships) ดังรูปที่ 3

ส่วน (C) เป็นเว็บแอปพลิเคชันแสดงผลพิกัดที่ได้รับในรูปแบบแผนที่กูเกิลแมพส์ โดยพิกัดที่แสดงในกูเกิลแมพส์นั้นจะ

เป็นตำแหน่งล่าสุดที่ได้รับจากอุปกรณ์ติดตาม และสามารถดาวน์โหลดไฟล์พิกัดตำแหน่งที่ได้รับจากฐานข้อมูล SQLite ได้ รูปที่ 4 แสดงรายละเอียดโครงสร้างและการเชื่อมโยงกันขององค์ประกอบแต่ละส่วนของระบบ



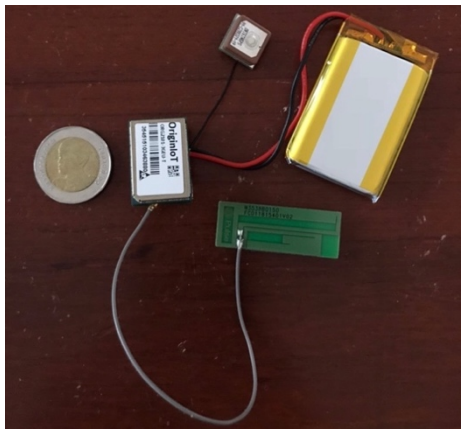
รูปที่ 4 โครงสร้างระบบ



รูปที่ 5 อุปกรณ์ทั้งหมดไม่รวมกล่องและปลอกคอ

3.3 อุปกรณ์ติดตามตำแหน่ง

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ติดตามได้แก่ โมดูลจีพีเอส และจีเอสเอ็ม บอร์ดเสริม ซิมการ์ด เสารับสัญญาณจีพีเอส เสารับสัญญาณจีเอสเอ็ม และแบตเตอรี่ลิเธียมโพลิเมอร์ 3.7V ที่มีความจุ 3000 mAh ดังรูปที่ 5 เมื่อนำส่วนประกอบทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันจะเป็นดังรูปที่ 6 การตั้งค่าอุปกรณ์สามารถทำได้ผ่านโปรแกรมคูลเทิร์ม (CoolTerm) ซึ่งสามารถตั้งค่าไอพีแอดเดรสของเซิร์ฟเวอร์ที่ต้องการจะส่งข้อมูลพิกัดไปได้



รูปที่ 6 วงจรภายในของอุปกรณ์ติดตาม

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

งานวิจัยนี้จะประเมินผลทั้งหมด 7 ส่วน ได้แก่ (1) น้ำหนักของอุปกรณ์ติดตาม (2) ราคาของอุปกรณ์ติดตาม (3) ระยะเวลาทั้งหมดที่อุปกรณ์ติดตามสามารถระบุค่าพิกัดจากดาวเทียมจีพีเอสได้ นับตั้งแต่เปิดอุปกรณ์ (4) ความแม่นยำในการรับค่าพิกัด (5) กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในโหมดการทำงานต่าง ๆ (6) ระยะเวลาที่ใช้งานอุปกรณ์ติดตามได้เมื่อรับ - ส่งข้อมูลชั่วโมงละ 1 ครั้ง และจำนวนครั้งเฉลี่ยที่ส่งได้ต่อวันหากต้องการใช้งานเป็นระยะเวลา 4 เดือน และ (7) การแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชัน

4.1 น้ำหนักของอุปกรณ์ติดตาม

น้ำหนักของอุปกรณ์ติดตาม ซึ่งประกอบไปด้วย โมดูล OriginIoT เสารับสัญญาณจีพีเอส เสารับสัญญาณโทรศัพท์ แบตเตอรี่ลิเธียมโพลิเมอร์ 3.7 V กล่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กันน้ำ และปลอกคอ รวมแล้วมีน้ำหนัก 127.4 กรัม ดังรูปที่ 7 ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เหมาะสม โดยอุปกรณ์ติดตามควรมีน้ำหนักไม่เกิน 500 กรัม สำหรับการติดตามเสือปลาที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม

4.2 ราคาของอุปกรณ์ติดตาม

รายการอุปกรณ์ในการจัดซื้อเพื่อพัฒนาอุปกรณ์ติดตาม ประกอบไปด้วย ชุดโมดูล OriginIoT™ บอร์ดเสริม (Add-on board), แบตเตอรี่ลิเธียมโพลิเมอร์ 3.7V 3000 mAh และกล่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กันน้ำ

รูปที่ 7 น้ำหนักของอุปกรณ์ติดตาม

ตารางที่ 1 ราคาของอุปกรณ์ติดตาม

อุปกรณ์	ราคาต่อชิ้น (ดอลลาร์สหรัฐ)	ราคาต่อชิ้น (บาท)
OriginIoT™ Application Kit 3G EMEA/APAC	179	5592.30
OriginIoT™ Add-on - pwr management, bat charging (บอร์ดเสริม)	17.56	548.61
แบตเตอรี่ลิเธียมโพลิเมอร์ 3.7V 3000 mAh	-	150
กล่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กันน้ำ	-	23
	รวม	6313.91

หมายเหตุ: ยังไม่รวมราคาปลอกคอที่ควรเป็นปลอกคอประเภทหลุดออกได้เอง (Drop Collar)

ชุดโมดูล OriginIoT™ และบอร์ดเสริมมีราคา 179 และ 17.56 ดอลลาร์สหรัฐ ตามลำดับ แปลงเป็นสกุลเงินบาทไทยโดยการนำราคาของอุปกรณ์ในสกุลเงินดอลลาร์สหรัฐไปคูณกับอัตราแลกเปลี่ยนค่าเงินจากดอลลาร์สหรัฐเป็นบาทไทยในวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2563 ซึ่งเป็นวันที่ทำการจัดซื้อโดยอัตราแลกเปลี่ยนค่าเงินคือ 1 ดอลลาร์สหรัฐ = 31.2419 บาทไทย [10] ดังนั้นชุดโมดูล OriginIoT™ และบอร์ดเสริมจึงมีราคา 5,592.30 และ 548.61 ตามลำดับ เมื่อนำมารวมกับราคาของแบตเตอรี่ลิเธียมโพลิเมอร์ และกล่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กันน้ำ อุปกรณ์ติดตามจะมีราคารวมเท่ากับ 6,313.91 บาท ดังตารางที่ 1 ไม่รวมราคาปลอกคอ

4.3 ระยะเวลาทั้งหมดที่อุปกรณ์ติดตามสามารถระบุค่าพิกัดจากดาวเทียมจีพีเอสได้นับตั้งแต่เปิดอุปกรณ์

ทดสอบโดยใช้อุปกรณ์ติดตามรับพิกัดจีพีเอสที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูปที่ 8 โดยที่ตำแหน่ง A, B และ C เป็นการทดสอบใต้ต้นไม้เพื่อวัดระยะเวลาในการรับพิกัดจีพีเอสเมื่อมีสิ่งกีดขวาง ส่วนตำแหน่ง D, E และ F เป็นการทดสอบในที่โล่ง ดังรูปที่ 9 แต่ละตำแหน่งจะทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย โดยอุปกรณ์ติดตามใช้เวลาประมาณ 35 วินาทีนับตั้งแต่เปิดเครื่องจึงจะพร้อมใช้งาน

รูปที่ 8 ลักษณะพื้นที่และตำแหน่งที่ทำการทดสอบ

ก) พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง ข) พื้นที่โล่งแจ้ง

รูปที่ 9 ตัวอย่างสถานที่ในการทดสอบ

จากผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2 จะสามารถสังเกตได้ว่าที่ตำแหน่ง A, B และ C ซึ่งเป็นการทดสอบใต้ต้นไม้จะได้ระยะเวลาเฉลี่ย 260.25, 278.75 และ 270.75 วินาที ตามลำดับ

มีระยะเวลาเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และมีระยะเวลาเฉลี่ยมากกว่าการรับสัญญาณจีพีเอสในที่โล่งที่ทำการทดสอบในตำแหน่ง D, E และ F ประมาณสองเท่า ซึ่งหากวัตถุมีการเคลื่อนที่เวลาที่ใช้ในการหาตำแหน่งจะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ระยะเวลาทั้งหมดที่อุปกรณ์ติดตามสามารถระบุค่าพิกัดจากดาวเทียมจีพีเอสได้นับตั้งแต่เปิดอุปกรณ์

		เวลาที่ได้ (วินาที)				
	สถานที่ทดลอง	1	2	3	4	เฉลี่ย
มีสิ่งกีดขวาง	ตำแหน่ง A	270	265	248	258	260.25 ± 9.535
	ตำแหน่ง B	284	274	280	277	278.75 ± 4.272
	ตำแหน่ง C	275	283	258	267	270.75 ± 10.720
ไม่มีสิ่งกีดขวาง	ตำแหน่ง D	135	128	150	138	137.75 ± 9.179
	ตำแหน่ง E	138	132	129	127	131.5 ± 4.796
	ตำแหน่ง F	140	142	137	129	137 ± 5.715

4.4 ความแม่นยำในการรับค่าพิกัด

ทดสอบโดยการใช้อุปกรณ์ติดตามรับพิกัดจีพีเอสในตำแหน่งที่รู้พิกัดที่แน่ชัดอยู่แล้วจากกูเกิลแมพส์ โดยใช้พิกัดในรูปแบบค่าตัวเลขทศนิยม นำพิกัดที่รู้แน่ชัดอยู่แล้วมาเปรียบเทียบหาระยะห่างกับพิกัดที่อุปกรณ์ติดตามรับได้ คำนวณโดยใช้สูตร Haversine [11] ดังนี้ โดยการทดสอบแต่ละตำแหน่งจะทำการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

$$d = 2rarcsin(\sqrt{sin^2(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2}) + cos(\phi_1)cos(\phi_2)sin^2(\frac{\psi_2 - \psi_1}{2})}) \quad (1)$$

โดยที่ d คือระยะห่างระหว่างพิกัดสองจุด ψ คือลองจิจูด ϕ คือละติจูด และ r คือรัศมีของโลกซึ่งเท่ากับ 6,371 กิโลเมตร

จากการทดสอบพบว่าในตำแหน่งการทดลองที่ 1 - 4 จะได้ความคลาดเคลื่อนของพิกัดที่รู้แน่ชัดอยู่แล้วจากกูเกิลแมพส์และพิกัดจากอุปกรณ์ติดตามเป็น 3.862, 6.666, 4.002 และ 7.003 เมตร ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของพิกัดอยู่ที่ 5.383 เมตร ดังตารางที่ 3

4.5 กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในโหมดการทำงานต่าง ๆ

ทดสอบโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายแรงดัน 3.7 V ไปที่อุปกรณ์ติดตาม แล้วนำมัลติมิเตอร์ปรับให้อยู่ในโหมดการทำงานแบบวัดโวลต์วัดค่าความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทาน 1 โอห์มที่ต่ออนุกรมกับอุปกรณ์ติดตาม แต่ละโหมดจะทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง ทำการแปลงค่าความต่างศักย์ที่วัดได้เป็นค่ากระแสไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม (Ohm's Law)

$$I = \frac{V}{R} \quad (2)$$

แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย จากการทดสอบพบว่าในขณะที่อุปกรณ์ติดตามไม่ได้รับสัญญาณจีพีเอสมีการใช้พลังงานเฉลี่ยมากกว่าขณะที่ได้รับสัญญาณประมาณ 10.4 มิลลิแอมแปร์ ดังตารางที่ 4 เมื่อนำมาใช้กับแบตเตอรี่ขนาด 3000 mAh แล้วจะทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้นานประมาณ 1 วัน โดยความถี่ในการส่งข้อมูลของอุปกรณ์อยู่ที่ 15 วินาที/ครั้ง จึงจำเป็นต้องปรับการตั้งค่าเพิ่มเติม เพื่อให้อุปกรณ์ติดตามสามารถทำงานได้นานขึ้น

ตารางที่ 3 ความแม่นยำในการรับค่าพิกัด

การทดลอง	พิกัดจากกูเกิลแมพ (DD)	พิกัดจากอุปกรณ์ติดตาม (DD)	ระยะห่างระหว่างพิกัด (เมตร)
1	ละติจูด : 13.704858455267686	ละติจูด : 13.704828	3.862
	ลองจิจูด : 100.66020917803678	ลองจิจูด : 100.660192	
2	ละติจูด : 13.70476253924232	ละติจูด : 13.704746	6.666
	ลองจิจูด : 100.66217853311895	ลองจิจูด : 100.662119	
3	ละติจูด : 13.708782197943696	ละติจูด : 13.708760	4.002
	ลองจิจูด : 100.66282479302546	ลองจิจูด : 100.662854	
4	ละติจูด : 13.704334956516186	ละติจูด : 13.704314	7.003
	ลองจิจูด : 100.66117878637205	ลองจิจูด : 100.661117	
		ค่าเฉลี่ย	5.38325 ± 1.682

ตารางที่ 4 กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในโหมดการทำงานต่าง ๆ

	กระแสไฟฟ้า (มิลลิแอมแปร์)					
โหมดการทำงาน	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ไม่ได้รับสัญญาณ	127	130	132	125	135	129.8 ± 3.962
ได้รับสัญญาณ	117	114	120	121	125	119.4 ± 4.159

4.6 ระยะเวลาที่อุปกรณ์ทำงานได้

ทดสอบโดยการตั้งค่าให้อุปกรณ์ติดตามรับ และส่งข้อมูลพิกัดชั่วโมงละ 1 ครั้ง จากนั้นให้อุปกรณ์หยุดทำงานโดยใช้โหมดหลับ (Sleep Mode) หรือโหมดหยุด (Stop Mode) วัดกระแสไฟฟ้าที่อุปกรณ์ใช้เมื่อทำงานในโหมดต่าง ๆ แล้ววัดระยะเวลาที่อุปกรณ์ติดตามสามารถรับ และส่งข้อมูลได้หลังจากอุปกรณ์กลับมาทำงานอีกครั้ง แต่ละโหมดจะทำการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปคำนวณระยะเวลาที่ใช้งานอุปกรณ์

ติดตามได้ และจำนวนครั้งเฉลี่ยที่ส่งได้ต่อวันเมื่อใช้แบตเตอรี่ที่มีความจุ 500, 2000, 3000 และ 4800 mAh

จากการทดสอบพบว่าเมื่ออุปกรณ์อยู่ในโหมดหยุดจะไม่ใช้กระแสไฟฟ้าเลย และเมื่ออยู่ในโหมดหลับจะใช้กระแสไฟฟ้า 1.5 มิลลิแอมแปร์ ระยะเวลาที่อุปกรณ์ติดตามสามารถรับ และส่งข้อมูลได้หลังจากปิดโหมดหยุดอยู่ที่ประมาณ 72 วินาที เมื่อนำไปคำนวณกับความจุแบตเตอรี่ขนาด 500, 2000, 3000 และ 4800 mAh จะสามารถใช้งานได้ 7.92, 32, 48.04 และ 76.96 วัน ตามลำดับ หากต้องการส่งข้อมูลชั่วโมงละ 1 ครั้ง หรือจะสามารถส่งได้เฉลี่ย 1.61, 6.42, 9.63 และ 15.41 ครั้งต่อวัน ตามลำดับ หากต้องการใช้งานอุปกรณ์ติดตามเป็นระยะเวลา 4 เดือน ระยะเวลาที่อุปกรณ์ติดตามสามารถรับและส่งข้อมูลได้หลังจากออกจากโหมดหลับอยู่ที่ประมาณ 200.5 วินาที เมื่อนำไปคำนวณกับความจุแบตเตอรี่ขนาด 500, 2000, 3000 และ 4800 mAh จะสามารถใช้งานได้ 2.33, 9.5, 14.29 และ 22.88 วัน ตามลำดับ หากต้องการส่งข้อมูลชั่วโมงละ 1 ครั้ง หรือจะสามารถส่งได้เฉลี่ย 0.48, 1.91, 2.86 และ 4.58 ครั้งต่อวัน ตามลำดับ หากต้องการใช้งานอุปกรณ์ติดตามเป็นระยะเวลา 4 เดือน ดังตารางที่ 5 การใช้งานโหมดหยุดเพื่อให้อุปกรณ์หยุดทำงานจึงเป็นวิธีที่สามารถใช้งานอุปกรณ์ติดตามได้นานกว่าเมื่อต้องการส่งข้อมูลชั่วโมงละ 1 ครั้ง และสามารถส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนครั้งต่อวันที่มากกว่าเมื่อต้องการใช้งานอุปกรณ์ติดตามเป็นระยะเวลา 4 เดือน

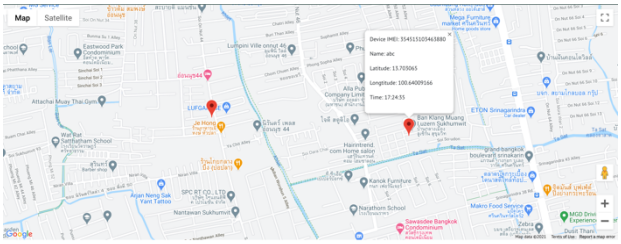
4.7 การแสดงผลของเว็บแอปพลิเคชัน

4.7.1 หน้าหลัก

หน้าหลักของเว็บแอปพลิเคชันแบ่งการแสดงผลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) กูเกิลแมพส์แสดงผลพิกัดล่าสุดของเสือปลาทุกตัว (2) ส่วนแสดงข้อมูลของเสือปลาที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ติดตาม

4.7.1.1 กูเกิลแมพส์แสดงผลพิกัดล่าสุดของเสือปลา

มีการปักหมุด (Marker) ที่ตำแหน่งพิกัดล่าสุดที่ได้รับจากอุปกรณ์ติดตาม เมื่อกดที่ปักหมุดแต่ละตำแหน่งจะมีหน้าต่างแสดงข้อมูล (Info Window) ปรากฏขึ้นมา โดยหน้าต่างแสดงข้อมูลจะแสดงรหัสสากลประจำอุปกรณ์เคลื่อนที่ (International Mobile Equipment Identity : IMEI) ชื่อของเสือปลา ละติจูด ลองจิจูด และเวลาที่อุปกรณ์ติดตามได้รับพิกัด แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 กูเกิลแมพส์ที่หน้าหลักของเว็บแอปพลิเคชัน

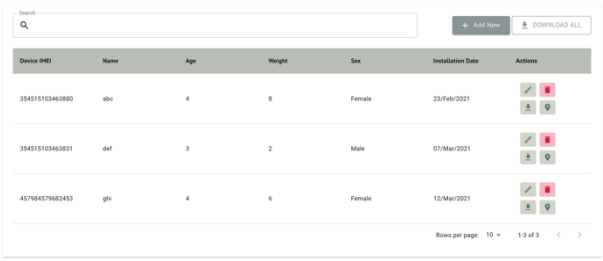
4.7.1.2 ส่วนแสดงข้อมูลของเสือปลา

ข้อมูลที่แสดงในส่วนแสดงข้อมูลของเสือปลาได้แก่ รหัสสากล

ตารางที่ 5 ระยะเวลาที่ใช้งานอุปกรณ์ติดตามได้เมื่อ ส่งข้อมูลชั่วโมงละ 1 ครั้ง และจำนวนครั้งเฉลี่ยที่ส่งได้ต่อวันหากต้องการใช้งานเป็นระยะเวลา 4 เดือน

โหมดการทำงาน	ระยะเวลาเฉลี่ย (วินาที)	ความจุแบตเตอรี่ (มิลลิแอมป์-ชั่วโมง)	ระยะเวลาที่ใช้งานได้เมื่อรับ - ส่งข้อมูลชั่วโมงละ 1 ครั้ง (วัน)	จำนวนครั้งเฉลี่ยที่รับ - ส่งได้ต่อวันหากใช้งานเป็นระยะเวลา 4 เดือน (ครั้ง/วัน)	น้ำหนักโมดูลรวม แบบไม่รวมกล่อง (กรัม)
Stop Mode	72 (SD = 7.53)	500	7.92	1.61	28
		2000	32.00	6.42	40
		3000	48.04	9.63	58
		4800	76.96	15.41	83
Sleep Mode	200.5 (SD = 23.53)	500	2.33	0.48	28
		2000	9.50	1.91	40
		3000	14.29	2.86	58
		4800	22.88	4.58	83

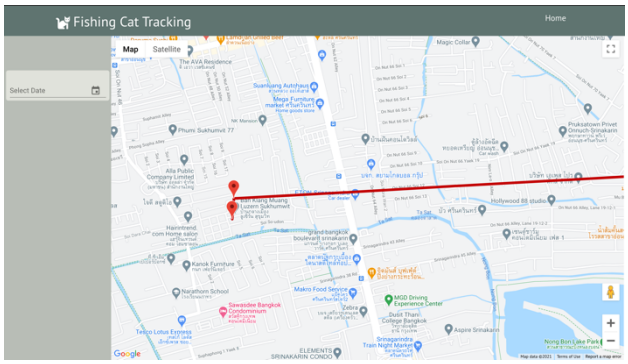
ประจำอุปกรณ์เคลื่อนที่ ชื่อของเสือปลา อายุของเสือปลา น้ำหนักของเสือปลา เพศของเสือปลา วันที่ติดตั้งอุปกรณ์ติดตาม และปุ่มเครื่องมือต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ปุ่มเครื่องมือ ได้แก่ 1) ปุ่มแก้ไขข้อมูล 2) ปุ่มลบข้อมูล 3) ปุ่มดาวน์โหลด และ 4) ปุ่มแสดงแผนที่รายตัว โดยจะสามารถค้นหาเสือปลาที่ได้ลงทะเบียนแล้วได้จากช่องค้นหาที่อยู่ด้านบนของตาราง แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ส่วนแสดงข้อมูลของเสือปลาที่หน้าหลักของเว็บแอปพลิเคชัน

4.7.2 หน้าแผนที่เสือปลารายตัว

หน้าแผนที่ที่แสดงพิกัดของเสือปลาตัวที่เลือก แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) แถบข้างสำหรับเลือกวันเพื่อคัดกรองข้อมูลพิกัด (2) แผนที่แสดงตำแหน่งพิกัด แสดงดังรูปที่ 12



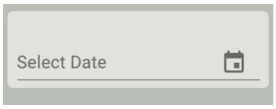
รูปที่ 12 หน้าแผนที่เสือปลารายตัว

4.7.2.1 แถบข้างสำหรับเลือกวันเพื่อคัดกรองข้อมูลพิกัด

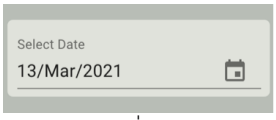
ภายในแถบข้างประกอบไปด้วยช่องเลือกวัน (Date picker) เมื่อเข้ามายังหน้าแผนที่เสือปลารายตัวและยังไม่ได้เลือกวันที่ต้องการจะให้แสดงข้อมูล ค่าเริ่มต้นที่แสดงในช่องเลือกวันคือไม่ปรากฏวันเลย และเมื่อเลือกวันแล้วจะแสดงวันที่ต้องการในช่องเลือกวัน แสดงดังรูปที่ 13

4.7.2.2 แผนที่แสดงตำแหน่งพิกัด

เมื่อเข้ามายังหน้าแผนที่เสือปลารายตัว และยังไม่ได้เลือกวันที่ต้องการจะให้แสดงข้อมูล ค่าเริ่มต้นที่แสดงในแผนที่คือปักหมุดพิกัดทุกพิกัดที่ได้รับจากอุปกรณ์ติดตามของเสือปลาตัวที่เลือก โดยมี เส้นลากเชื่อมจุด (Polyline) เพื่อแสดงประวัติการเดินทางของเสือปลา และเมื่อได้เลือกวันที่ต้องการให้แสดงข้อมูลแล้ว แผนที่จะแสดงการปักหมุดเฉพาะพิกัดที่อุปกรณ์ติดตามส่งในวันที่เลือกเท่านั้น หน้าต่างแสดงข้อมูลที่ปรากฏเมื่อกดที่ปักหมุดจะแสดงวันที่อุปกรณ์ติดตามได้รับพิกัด เวลาอุปกรณ์ที่ติดตามได้รับพิกัด ละติจูด และลองจิจูด แสดงดังรูปที่ 14

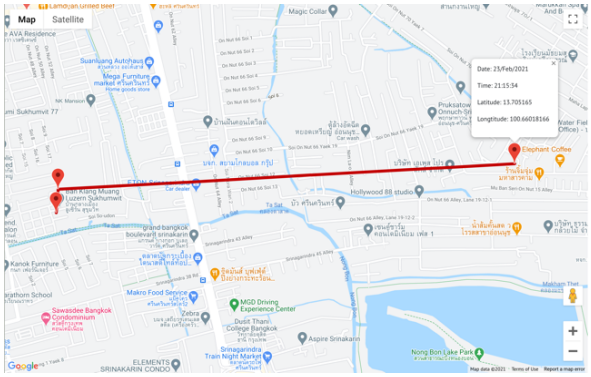


ก) ยังไม่ได้เลือกวัน

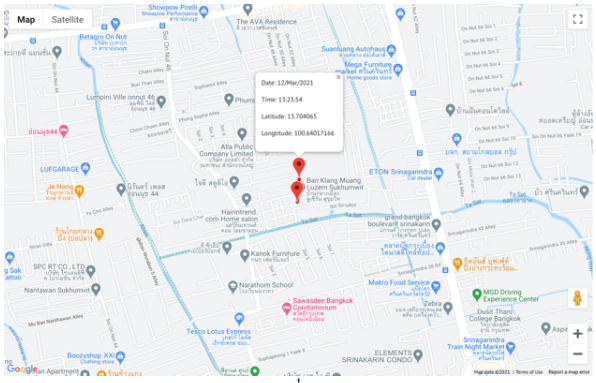


ข) เลือกวันที่ต้องการแล้ว

รูปที่ 13 แถบข้างสำหรับเลือกวันเพื่อคัดกรองข้อมูลพิกัดในหน้าแผนที่เสือปลารายตัว



ก) ยังไม่ได้เลือกวัน



ข) เลือกวันที่ต้องการแล้ว

รูปที่ 14 แผนที่แสดงพิกัดในหน้าแผนที่เสือปลารายตัว

จากการทดสอบพบว่าเว็บแอปพลิเคชันสามารถปักหมุดพิกัด ตำแหน่งที่ได้รับจากอุปกรณ์ติดตามได้อย่างถูกต้อง และสามารถลงทะเบียนเสือปลาที่ติดตั้งอุปกรณ์ติดตามแล้วได้ มีการใช้งานหมายเลขซิมการ์ดประจำอุปกรณ์เคลื่อนที่ในการเชื่อมข้อมูลระหว่างข้อมูลการลงทะเบียนเสือปลา และข้อมูลพิกัดจากอุปกรณ์ติดตามเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อให้สามารถแสดงหมุดพิกัด และข้อมูลพิกัดของเสือปลาแบบรายตัวได้

5. การวิเคราะห์ผล

ระบบติดตามตำแหน่งเสือปลาผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่นี้ได้นำเทคโนโลยีจีพีเอสมาใช้ในการระบุพิกัดตำแหน่งของเสือปลา และใช้เทคโนโลยีจีเอสเอ็มในการส่งข้อมูลเพื่อบันทึกไว้ในฐานข้อมูล จากการทดสอบพบว่า อุปกรณ์ติดตามที่พัฒนาขึ้นมีน้ำหนักเหมาะสมกับเสือปลา อุปกรณ์ติดตามสามารถส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ได้อย่างถูกต้อง โดยอุปกรณ์ติดตามจะใช้ระยะเวลาระบุพิกัดจีพีเอสในที่โล่งได้เร็วกว่าการระบุพิกัดในตำแหน่งที่มีการกีดขวางสัญญาณซึ่งจะทำให้ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่น้อยกว่าด้วยเช่นกัน และอุปกรณ์ติดตามมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของพิกัดอยู่ที่ 5.38 เมตร ดังนั้นตำแหน่งที่อยู่ของเสือปลาที่ผู้ใช้ได้รับอาจไม่ใช่ตำแหน่งที่แม่นยำเนื่องจากพิกัดมีความคลาดเคลื่อน การใช้งานโหมดหยุดเพื่อให้อุปกรณ์หยุดทำงานเป็นวิธีที่สามารถใช้งานอุปกรณ์ติดตามได้นานกว่าโหมดหลับเมื่อต้องการส่งข้อมูลชั่วโมงละ 1 ครั้ง และสามารถส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนครั้งต่อวันมากกว่าเมื่อต้องการใช้งานอุปกรณ์ติดตามเป็นระยะเวลา 4 เดือน

6. สรุป

ระบบติดตามตำแหน่งที่อยู่เสือปลา ผ่านระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นการอาศัยการทำงานของโมดูล OriginIoT เพื่อทำการรับข้อมูลพิกัดตำแหน่งของเสือปลาที่ติดอุปกรณ์ติดตาม แล้วทำการส่งข้อมูลพิกัดที่ได้รับมาไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูลแล้วนำมาแสดงผลบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งพัฒนาระบบดังกล่าวขึ้นเพื่อทดแทนระบบและอุปกรณ์ติดตามตามท้องตลอดที่มีราคาสูง ผลการทดสอบพบว่า น้ำหนักของอุปกรณ์ติดตามมีน้ำหนัก 127.4 กรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เหมาะสม เนื่องจากโมดูล OriginIoT เป็นโมดูลที่มีการรวมโมดูลจีพีเอส และโมดูลจีเอสเอ็มเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้มีน้ำหนักเบากว่า และมีขนาดเล็กกว่า เมื่อนำไปเทียบกับโมดูลแบบอื่นที่ต้องใช้งานทั้ง 2 โมดูลร่วมกันจึงจะสามารถรับและส่งข้อมูลพิกัดได้ โดยอุปกรณ์ติดตามควรมีน้ำหนักไม่เกิน 500 กรัมสำหรับการติดตามเสือปลาที่มีน้ำหนักตัว 10 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังพบว่าโมดูล OriginIoT มีโหมดการทำงานที่สามารถทำให้อุปกรณ์หยุดทำงานได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ โดยที่ผู้ใช้งานไม่ต้องออกแบบวงจรไฟฟ้าขึ้นมาเพื่อควบคุมการจ่ายไฟเอง ด้านการแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลพิกัดที่ได้รับจากอุปกรณ์ติดตามบนหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้ และสามารถดาวน์โหลดข้อมูลเป็นไฟล์ซีเอสวี แสดงผลในรูปไมโครซอฟต์ เอกซ์เซล (Microsoft Excel) ซึ่งผู้ใช้งาน/ผู้ติดตามสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการศึกษาต่อได้

แนวทางการพัฒนาขั้นต่อไปเป็นการหาวิธีประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่เมื่ออุปกรณ์ติดตามยังติดอยู่ที่ตัวเสือปลาเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานแก่อุปกรณ์ติดตาม โดยอาจพิจารณาใช้โซลาร์เซลล์เป็นแนวทางต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

[1] (14 สิงหาคม 2563). GPS คืออะไร?, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www/forthtrack.co.th/2019/08

[2] (14 สิงหาคม 2563). ระบบ GSM คืออะไร, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://ekarinv.wordpress.com/2009/02/12/ระบบ-gsm-คืออะไร/

[3] Lorenzo Quaglietta, Bruno Herlander Martins, Addy de Jongh, António Mira and Luigi Boitani. A Low-Cost GPS GSM/GPRS Telemetry System: Performance in Stationary, 2012.

[4] Madaline M. Cochrane, Donald J. Brown and Ron A. Moen. GPS Technology for Semi-Aquatic Turtle Research. Natural Resources Research Institute, Department of Biology, University of Minnesota-Duluth, 2019.

[5] จรัญชัยรัตน์ วอสันเทียะ และคณะ. “ระบบติดตามนกแบบประหยัด,” การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 (ECTI- CARD 2020). 26-27 พฤษภาคม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ ประเทศไทย : 304-308, 2563

[6] วรชัย วุฒิวรชัยรุ่ง และคณะ, “ระบบติดตามสัตว์แบบเวลาจริง และวิเคราะห์ความเสี่ยงในการติดเชื้อ,” การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 (ECTI-CARD 2020). 26-27 พฤษภาคม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ ประเทศไทย : 286-289, 2563.

[7] Keerthika C., Mallika Singh and Tamizharasi T. Tracking system for vehicles using GPS, GSM and GPRS. B.Tech. Students, School of Computer Science and Engineering, VIT University, 2017.

[8] รัชชานนท์ รัตนธรรม และคณะ "ระบบติดตามสัตว์ป่าแบบประหยัด", การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 7 (ECTI-CARD 2015). 8 - 10 กรกฎาคม. ตรัง ประเทศไทย : 45-48, 2558

[9] OriginGPS. OriginIoT(TM) Application Kit User Guide, Revision 1.3. June 16, 2021.

[10] (12 เมษายน 2564). อัตราแลกเปลี่ยน ดอลลาร์สหรัฐ (USD) เป็น บาทไทย (THB) สำหรับ 13 ตุลาคม 2563, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://th.exchange-rates.org/Rate/USD/THB/2020-10-13

[11] (12 เมษายน 2564). Haversine formula, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://wordpress.mrreid.org/2011/12/20/haversine-formula/