

# ระบบติดตามรถรับส่งนักเรียนโดยการกำหนดตำแหน่งบนโลกผ่านสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชัน School Bus Tracking System by Using GPS via Smart Phone Application

ฐะปะนีย์ ตรีรัตนกรณีย์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร

E-mail: ttapanee@hotmail.com

## บทคัดย่อ

ระบบติดตามรถรับส่งนักเรียนเป็นการแสดงตำแหน่งรถรับส่งนักเรียน ณ เวลาปัจจุบันบนสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันโดยใช้เทคโนโลยีการกำหนดตำแหน่งพิกัดโลก การทำงานของระบบเริ่มจากพัฒนาฮาร์ดแวร์ที่ใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งพิกัดโลกโดยมีอุปกรณ์หลัก คือ จีพีเอสโมดูล (GPS Module), อาร์ดูอโน (Arduino) และ สามจีโมดูล (3G Module) จากนั้นพัฒนาซอฟต์แวร์โดยใช้ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML) ภาษาพีเอชพี (PHP) ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL), กูเกิล แมปส์ เอพีไอ (Google Maps API) และ ภาษาจาวา (Java) ท้ายสุดเป็นการประเมินการทำงานของระบบในส่วนต่อประสานงานกับผู้ใช้โดยใช้หลักการของยูสบิลิตี้ (Usability) เลือกรีวิวประเมินแบบฮิวริสติก (Heuristic Evaluation) ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าการทำงานของระบบอยู่ในระดับที่น่าพอใจมาก

คำสำคัญ: การติดตาม, การกำหนดตำแหน่งบนโลก, สมาร์ทโฟน, แอปพลิเคชัน, การออกแบบหน้าจอ, ยูสบิลิตี้

## Abstract

A school bus tracking system adopts GPS technology for displaying a bus location on a smart phone application in real time. In the first step of this research, we established hardware (GPS). The component of GPS consists of GPS module, Arduino, and 3G module. Then we developed system by using HTML, PHP, MySQL, Google Maps API and Java. Finally, we evaluated the user interface design by using the principle of usability under Nielsen's heuristic evaluation. The results show that the cost of this system under our developing is extremely cheaper than the system in the commercial world. The users were strongly satisfied.

Keywords: tracking, GPS, smart phone, application, user interface design, usability

## 1. บทนำ

การมีระบบติดตามรถโรงเรียนสามารถบอกตำแหน่ง ณ ช่วงเวลานั้นๆ วารรถวิ่งอยู่ที่ใดจะช่วยลดความกังวลใจของผู้ปกครองและเพิ่มความเชื่อมั่นในรถโรงเรียนอาจทำให้ผู้ปกครองหันมาใช้บริการรถโรงเรียนมากขึ้นส่งผลตามมาคือช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัด การสิ้นเปลืองพลังงาน และ มลพิษทางอากาศและเสียงได้

อย่างไรก็ตามราคาของระบบติดตามรถหรือตัวอุปกรณ์ GPS ในปัจจุบันยังมีราคาที่สูง ราคาโดยเฉลี่ยเป็นหลักหมื่น กรอบแนวคิดของการวิจัยในครั้งนี้คือ ต้องการพัฒนาฮาร์ดแวร์ในส่วนของการกำหนดตำแหน่งบนโลกขึ้นเองจากนั้นจึง

พัฒนาโปรแกรมระบบติดตาม รวมถึงท้ายสุดประเมินผลการทำงานของระบบเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาต่อไป

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกำหนดตำแหน่งบนโลก หรือ จีพีเอส (GPS: Global Positioning System) เป็นการบอกตำแหน่งหรือพิกัดบนโลกโดยอาศัยตำแหน่งของดาวเทียมเป็นพิกัดอ้างอิง โดยจะคำนวณตำแหน่งบนพื้นโลกได้จากการวัดระยะทางระหว่างเครื่องรับสัญญาณและดาวเทียมซึ่งต้องมีอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อที่จะได้มีความแม่นยำและนำเอาความสัมพัทธ์นี้ไปสร้างเป็นสมการเพื่อคำนวณหาตัวค่าตัวแปร

การประมวลสัญญาณและการคำนวณทั้งหมดจะเกิดขึ้นใน GPS Module (GPS Antenna และ GPS Shield) ข้อมูลสำคัญต่างๆหรือตัวแปรที่คำนวณได้ ตัวอย่างเช่น ละติจูด (Latitude), ลองจิจูด (Longitude) เวลา และ จำนวนดาวเทียมที่เครื่องรับมองเห็น เป็นต้น

ปัจจุบันเรานำ GPS มาประยุกต์กับงานที่หลากหลาย เช่น การติดตาม การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การกำหนดจุดเพื่อบรรเทาสาธารณภัย การนำไปใช้ประโยชน์ทางการ การนำไปใช้กับการกีฬาเพื่อวัดความเร็วระยะทาง การป้องกันการโจรกรรมและติดตามทรัพย์สินคืน รวมถึงการสันถนาการ เป็นต้น

2.2 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) เป็นระบบปฏิบัติการแบบเปิดเริ่มต้นฉบับหรือโอเพนซอร์ส (Open Source) พัฒนาโดยบริษัทกูเกิล (Google Inc.) เนื่องจากปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีจำนวนมากและมีความหลากหลายขึ้น การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จะมี SDK (Software Development Kit) เตรียมไว้ให้ซึ่งโครงสร้างภาษาของ SDK จะยึดโครงสร้างของภาษาจาวา (Java language) ในการเขียนโปรแกรม

2.3 ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ หรือ เอพีไอ (API: Application Programming Interface) คือ การเชื่อมต่อการทำงานระหว่างโปรแกรมประยุกต์กับระบบปฏิบัติการซึ่งหากไม่มีการเปิดเผยเอพีไอของระบบปฏิบัติการ ผู้ที่พัฒนาโปรแกรมประยุกต์จะมีความลำบากเมื่อต้องการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่มีความเข้ากันได้กับระบบปฏิบัติการอย่างมีประสิทธิภาพ ช่องทางการติดต่อระหว่างระบบปฏิบัติการกับซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันคือไลบรารี (library) ที่รวบรวมกระบวนการและฟังก์ชันย่อยที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้นักพัฒนาสามารถเรียกใช้งานได้

สำหรับเอพีไอที่นำมาใช้ในงานนี้ คือ กูเกิล แมปส์ เอพีไอ (Google Maps API) ซึ่งเป็นชุดคำสั่ง JavaScript ที่พัฒนาขึ้นจากบริษัทกูเกิล เพื่อให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถแทรก กูเกิล แมปส์ เข้าไปเป็นองค์ประกอบหนึ่งของหน้าเว็บเพจด้วยการเขียนรหัส HTML และ JavaScript โดยมีความสามารถในการแสดงแผนที่โลกและความสามารถอื่นๆ เช่น การปักหมุด การขีดเส้น การแสดงข้อความบนแผนที่ เป็นต้น

2.4 โปรแกรมแอปเซิร์ฟ (AppServ) เป็นชุดโปรแกรมที่รวบรวมตัวติดตั้งโปรแกรมต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์สำเร็จรูปแบบซอฟต์แวร์เปิดเผยแพร่

ต้นฉบับ ข้อดีของโปรแกรม AppServ คือ ไม่ยุ่งยากซับซ้อนในการติดตั้งโดยมีโปรแกรมโอเพนซอร์สซอฟต์แวร์ที่บรรจุอยู่เป็นแพคเกจ (Package) ดังนี้

1) โปรแกรมอะพาเช่ เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Apache Web Server) โปรแกรมนี้ทำงานร่วมกับภาษาอื่นๆได้หลากหลาย มีความสามารถในการยืนยันตัวตนบุคคล จึงเพิ่มความสามารถในด้านความปลอดภัยและสามารถสร้างโฮสต์ (host) เสมือนเพื่อให้ URL นั้นสั้นและอ่านได้ง่ายขึ้น

2) ภาษาพีเอชพี (PHP Script Language) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ในที่ทำงานบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ โครงสร้างของภาษาพีเอชพีมีรากฐานมาจากภาษาซี จาวา และเพิร์ล ซึ่งเป้าหมายของการพัฒนาภาษาพีเอชพีเพื่อให้นักพัฒนาสามารถสร้างเว็บเพจที่โต้ตอบได้อย่างรวดเร็ว

3) ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) เป็นดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์ (Database Server) เหมาะกับองค์กรขนาดกลางที่มีข้อมูลไม่มากนัก และเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) โดยใช้ภาษาเอสคิวแอลซึ่งสนับสนุนการทำงานได้หลายระบบปฏิบัติการ และสามารถใช้นำมาพัฒนาร่วมกับภาษาคอมพิวเตอร์อื่นๆ เช่น ภาษาซี พีเอชพี เอเอสพีตอดเน็ต และเพิร์ล ได้

4) โปรแกรมพีเอชพี มาย แอดมิน (PHP MyAdmin) เป็นโปรแกรมติดต่อกับฐานข้อมูลโดยใช้ภาษาพีเอชพี ช่วยจัดการฐานข้อมูลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยสามารถสร้างฐานข้อมูล การสร้างตาราง และยังมีฟังก์ชันในการทดสอบการคิวรี (Query) ข้อมูล นอกจากนั้นยังสามารถ เพิ่ม ลบ หรือ แก้ไข โดยผู้ใช้ส่งเข้าเองได้

### 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบติดตามสถานการณศึกษาที่ประสบอุทกภัยโดยใช้สมาร์ตโฟนแอนดรอยด์ [1] เป็นระบบที่รายงานข้อมูลอุทกภัยแบบเรียลไทม์ โดยการพัฒนาระบบมีด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 สมาร์ตโฟนแอนดรอยด์ ใช้ในการรายงานพิกัดจีพีเอส (GPS) ของสถานศึกษา และ ส่วนที่ 2 คือ เว็บแอปพลิเคชัน (Web-Based Application) ที่นำเข้าข้อมูล เช่น ชื่อสถานศึกษา พิกัดจีพีเอส และรายงานการทำงานของแอปพลิเคชันที่ติดตั้งบนสมาร์ตโฟนโดยผู้ใช้งานสามารถยืนยันตำแหน่งที่ถูกต้อง หรือค้นหาชื่อสถานศึกษาที่ต้องการและรายงานได้

โปรแกรมประยุกต์แผนที่นำทาง 3 มิติ สำหรับใช้นำทางภายในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม [2] เป็นโปรแกรมที่สามารถค้นหาเส้นทางที่ใกล้ที่สุดระหว่างจุดปัจจุบันของผู้ใช้ไปยังจุดหมายที่ผู้ใช้ต้องการได้โดยใช้โทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี GPS Vehicle Tracking System ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งและการกระจายสินค้า [3] เป็นการนำอุปกรณ์ติดตามติดตั้งในรถบรรทุกและติดตามประมวผลการทำงานในการขนส่งและกระจายสินค้าโดยนำทฤษฎีการจัดเส้นทางของยานยนต์ขนส่งมาประยุกต์ผลที่ได้พบว่าช่วยลดค่าใช้จ่ายได้

สำหรับการประเมินผลความสามารถในการทำงานของโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ผู้วิจัยอ้างอิงกรอบการทำงานในการประเมินความสามารถด้านการใช้งานของโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ของผู้วิจัย [4] ซึ่งเป็นการนำเสนอวิธีการประเมินจากส่วนต่อประสานกับผู้ใช้โดยใช้วิธีการประเมินแบบฮิวริสติก (Heuristic Evaluation) เนื่องจากมีหลักการประเมินที่ทำได้ง่าย และมีหลักการประเมินที่ชัดเจน

### 3. วิธีวิจัย

ระบบติดตามที่ใช้งานในปัจจุบันจะใช้ GPS Tracker/Tracking ซึ่งเป็นชื่อเรียกของอุปกรณ์ติดตามตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียมเป็นอุปกรณ์ที่สามารถคำนวณตำแหน่งและส่งพิกัดไปยังอุปกรณ์อื่นได้โดยผ่านระบบสื่อสารต่างๆ เช่น

ระบบวิทยุสื่อสาร (HAM Radio) ระบบโทรศัพท์มือถือ (GSM, CDMA, WCDMA, และอื่นๆ) และ ปัจจุบันสามารถเชื่อมต่อเข้ากับอินเทอร์เน็ต (Internet) ได้ โดยส่งพิกัดตำแหน่ง เป็นข้อความ หรือข้อมูล แล้วแต่ความสามารถของ GPS Tracker/Tracking รุ่นนั้นๆ เมื่อเราทราบตำแหน่งพิกัดที่อุปกรณ์ GPS Tracker/Tracking ติดตั้งอยู่เราก็สามารถติดตามความเคลื่อนไหวได้ แต่ ณ ขณะนี้เครื่องยังมีราคาแพงมีตั้งแต่หลักพันถึงหลายหมื่นบาท

เนื่องจากต้องการลดค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของระบบติดตาม ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงพัฒนา GPS Tracker/Tracking ที่สามารถประกอบขึ้นมาได้เองโดยใช้ฮาร์ดแวร์ดังนี้ คือ GPS Shield, Aduino และ 3G Module ดังแสดงในรูปที่ 1



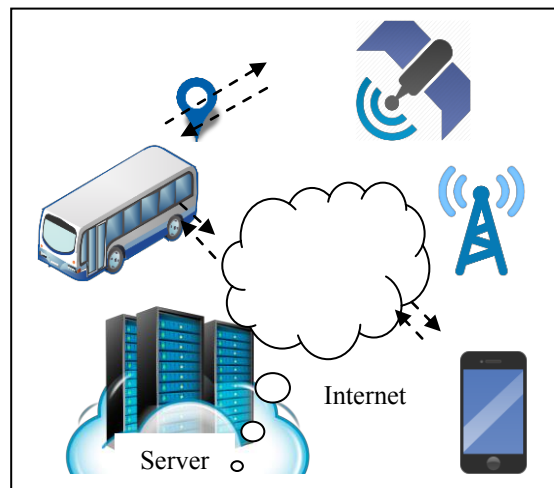
รูปที่ 1 ฮาร์ดแวร์ (GPS Shield, Aduino และ 3G Module) เพื่อการกำหนดตำแหน่งโลก

ฮาร์ดแวร์ตัวแรก คือ GPS SHIELD/ MODULE สามารถเลือกใช้เบอร์ VK16U6 เพราะมีน้ำหนักเพียง 14 กรัม มีขนาดเล็ก มีแบตเตอรี่สำรองในตัว มีการแผ่รังสีของสัญญาณ GPS ที่ดีและมีความเสถียร ราคาในท้องตลาด ณ ขณะนี้ประมาณ 500-800 บาท

ฮาร์ดแวร์ตัวที่สอง คือ Arduino อาจเลือก Arduino UNO R3 ซึ่งเป็นรุ่นที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ตัวไลบรารี (Library) และบอร์ดชีลด์ (Shield) ส่วนใหญ่จะรองรับกับบอร์ดรุ่นนี้ บอร์ด Arduino มีหลายรุ่นมาก ราคา ณ ขณะนี้มีตั้งแต่ประมาณ 300-1,500 บาท

ฮาร์ดแวร์ตัวที่สาม สามารถเลือกรุ่นได้ตามต้องการซึ่งความสามารถก็สัมพันธ์กับราคา เช่น 3G Module ราคาประมาณ 1,850 บาท แต่ถ้าเป็น GPRS/GSM Module ราคาประมาณ 800-1,500 บาท

เมื่อเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการได้แล้วให้เชื่อมต่อและโปรแกรมอุปกรณ์ทั้งสามตัวเข้าด้วยกัน โดยได้เชื่อมต่อสัญญาณเพื่อส่งข้อมูลเป็น Private Network ไปที่เซิร์ฟเวอร์ โดยหลักการการทำงานของระบบติดตามรถรับส่งนักเรียนแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หลักการทำงานของระบบ

ส่วนต่อมาเป็นส่วนของซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาระบบนี้ใช้ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML) ทีเอชพี(PHP) มายเอสคิวแอล (MySQL) เจควีรี่(Jquery) , Google Map API และ ภาษาจาวา (Java) เลือกใช้โปรแกรมแอปเซิร์ฟ (AppServ ) ทำหน้าที่จำลองเป็นตัวเซิร์ฟเวอร์ ส่วนการส่งข้อมูลแบบระหว่างเซิร์ฟเวอร์และสมาร์ตโฟนเชื่อมต่อโดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

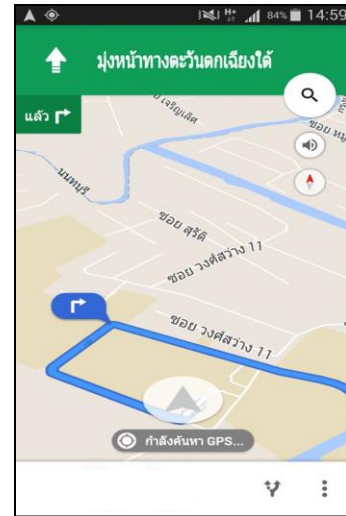
เมื่อได้ฮาร์ดแวร์ในส่วนของการกำหนดตำแหน่งบนโลกและพัฒนาซอฟต์แวร์ในส่วนระบบรวมถึงการออกแบบหน้าจอการใช้งานแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการประเมินผลระบบ ในงานนี้ผู้วิจัยประเมินผลในด้านราคา ความเหมาะสมของระบบที่พัฒนาขึ้นกับระบบเดิมที่มีอยู่ การออกแบบหน้าจอและความเหมาะสมในการใช้งาน โดยผู้วิจัยเลือกใช้การประเมินแบบฮิวริสติก (Heuristic Evaluation) [4] การประเมินแบบฮิวริสติกเป็นหนึ่งในวิธีการตรวจสอบความสามารถในการใช้งานของส่วนต่อประสานงานกับผู้ใช้ (User Interface) เพื่อค้นหาปัญหาในการใช้งานส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ โดยกำหนดให้มีผู้ประเมินจำนวนหนึ่งทำการตรวจสอบและตัดสินส่วนต่อประสานกับผู้ใช้โดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ประเมินว่าการออกแบบมีความเหมาะสม มีการใช้งานที่ง่ายสะดวก (Usability) หรือ มีปัญหาอะไรหรือไม่ สำหรับงานนี้เลือกใช้การประเมินแบบฮิวริสติก (Heuristic Evaluation) 10 ข้อของ Nielson เป็นหลักในการประเมิน

#### 4. ผลการทดลอง

ผลการเปรียบเทียบราคากระหว่างระบบติดตามที่มีอยู่ตามท้องตลาดในขณะนี้และต้นทุนจากงานวิจัยเมื่อพิจารณาภายใต้ข้อกำหนดเดียวกัน คือ ผู้ใช้ต้องจ่ายค่าบริการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเอง ผู้ใช้ต้องการติดตามตำแหน่งเท่านั้น ไม่รวมคุณลักษณะเพิ่มเติมอื่นๆใด จากการสำรวจและสอบถาม 5 บริษัท พบว่าระบบติดตามที่จำหน่ายตามท้องตลาดมีราคาค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 25,000 บาท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการวิจัยครั้งนี้ใช้ต้นทุนเพียง 3,000 บาทเท่านั้น จะเห็นว่าระบบติดตามในงานวิจัยครั้งนี้สามารถลดต้นทุนหรือประหยัดเงินได้ถึง 8 เท่า

ส่วนการประเมินผลการใช้งานของระบบผู้วิจัยเลือกใช้หลักการประเมินแบบฮิวริสติก (Heuristic Evaluation) ทั้ง 10 ประเด็นของเนลสัน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านซึ่งมีประสบการณ์ในการทดสอบยูสบิลิตี้ (Usability) มานานมากกว่า 3 ปี และผู้ใช้จำนวน 15 คน ทำการประเมินซึ่งประเด็นในการประเมินมีดังนี้ 1.Visibility of system status: ระบบมีการให้ข้อมูลที่เกิดขึ้นหรือส่งข้อความเตือนในเวลาที่เหมาะสมหรือไม่ เช่น แสดงได้ว่าขณะนี้สถานะเป็นอย่างไร รอคอยอยู่ 2. Match between system and the real world: ระบบใช้ภาษาธรรมชาติและตรรกะที่มนุษย์เข้าใจได้ดีหรือไม่อย่างไร 3. User control and freedom: ระบบให้อิสระในควบคุมการใช้งานแก่ผู้ใช้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ เช่น ถ้าผู้ใช้ทำผิดและต้องการจะออกจากหน้าจอนั้นแล้วก็ทำได้โดยไม่ต้องทำต่อไปหรือไม่ 4. Consistency and standards: ระบบมีความคงเส้นคงวาหรือมีมาตรฐาน เช่น เมื่อทำอย่างไรให้ผลอย่างหนึ่ง กระทำในแบบเดียวกันก็ได้ผลเหมือนเดิมหรือไม่ 5. Error prevention: ระบบมีการป้องกัน (ในสถานการณ์ที่ไม่ธรรมดา) เช่น แจ้งก่อนว่าถ้าลบแล้วข้อมูลจะหาย ต้องการจะลบอีกหรือไม่ 6. Recognition rather than recall: ระบบควรช่วยลดภาระในการจำ (memory load) แต่ทำสิ่งต่างๆให้เห็นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจนหรือไม่ 7. Flexibility and efficiency of use: ระบบมีความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ (นั่นคือการใช้ทรัพยากร เช่น เวลา ความจำ ที่น้อย) กับทุกกลุ่มผู้ใช้งานหรือไม่ 8. Aesthetic and minimalist design: ระบบมีความสวยงามและไม่ดูรุงรังหรือไม่อย่างไร (อะไรที่ไม่จำเป็นก็ไม่ควรใส่) 9. Help users recognize, diagnose, and recover from errors: ระบบมีการแจ้งเตือนเมื่อมีปัญหาหรือไม่อย่างไร 10. Help and documentation: ระบบมีเอกสารประกอบการใช้งานหรือไม่ จาก

ข้อกำหนด 10 ข้อ ผู้วิจัยจัดทำเป็นแบบสอบถามแบบ Likert Scale จำนวน 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับที่ 1-5 คือ พอใจน้อยที่สุด พอใจน้อย ปานกลาง พอใจมาก พอใจมากที่สุด ตัวอย่างส่วนต่อประสานงานกับผู้ใช้ของงานนี้แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างหน้าจอของระบบ

การประเมินการใช้งานของระบบมีรายละเอียดของคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในประเด็นต่างๆดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 คะแนนการใช้งานระบบตามหลักการประเมินแบบฮิวริสติก

ประเด็นที่ประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. Visibility of system status	4.6	1.2
2. Match btw. Sys. and the real world	4.6	1.3
3. User control and freedom	4.5	0.9
4. Consistency and standards	4.4	0.8
5. Error prevention	4.4	1.2
6. Recognition rather than recall	4.3	1.4
7. Flexibility and efficiency of use	4.5	1.2
8. Aesthetic and minimalist design	4.8	1.1
9. Help users and recover from errors	4.3	0.9
10. Help and documentation	4.3	1.1
<b>ค่าเฉลี่ยโดยรวม</b>	<b>4.48</b>	<b>1.11</b>

ผลคะแนนที่ได้รับเฉลี่ยทั้ง 10 ข้อ คือ 4.48 คะแนน ซึ่งเป็นระดับคะแนนที่ผู้ใช้พอใจมาก ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ทั้งหมด

#### 5. สรุปและอภิปรายผล

ระบบติดตามรถรับส่งนักเรียน ณ เวลาปัจจุบันบนสมาร์ตโฟนแอปพลิเคชันนี้เป็นระบบที่มีประโยชน์เพราะช่วยลดความกังวลใจของผู้ปกครองเป็นการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยของรถโรงเรียนได้ในระดับหนึ่ง

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่าย การวิจัยครั้งนี้ใช้ต้นทุนเพียง 3,000 บาทเท่านั้น เมื่อเทียบกับราคาของระบบติดตามที่จำหน่ายตามท้องตลาดที่มีราคาเฉลี่ยถึง 25,000 บาท จะเห็นว่าระบบนี้สามารถลดต้นทุนหรือประหยัดเงินได้ถึง 8 เท่าจากปกติ จึงขอแนะนำให้พัฒนาและนำระบบนี้มาใช้ให้แพร่หลายต่อไป สำหรับการต่อยอดการวิจัยให้อัจฉริยะมากขึ้น ระบบควรที่จะสามารถคำนวณเวลา ( $t=s/v$ ) ที่รถจะมาถึงได้โดยนำข้อมูลและแผนที่การจราจร ณ ขณะนั้นมาประกอบ

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการนำเสนอผลงานทางวิชาการ

### เอกสารอ้างอิง

- [1] ปุณณรัตน์ ปุณญา และ คณะ, “ระบบติดตามสถานการณ์สถานศึกษาที่ประสบอุทกภัยโดยใช้สมาร์ตโฟนแอนดรอยด์,” *วารสารวิชาการวิศวกรรมสาร ม.อบ.*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, หน้า 45 – 54, กรกฎาคม-ธันวาคม 2557.
- [2] มยุรี จีระมาตย์ และ ศักดิ์ชาย ตังวรรณวิทย์, โปรแกรมประยุกต์แผนที่นำทาง 3 มิติ สำหรับใช้นำทางภายในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม, “*The Tenth National Conference on Computing and Information Technology*”, ภูเก็ต, 8-9 พฤษภาคม 2014.
- [3] ทศพล ประเสริฐโส และคณะ, การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี GPS Vehicle Tracking System ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งและการกระจายสินค้า, “*การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ครั้งที่ 7*”, กรุงเทพฯ, 15-16 พฤศจิกายน 2550.
- [4] กฤษณปภณ รุติชัยมงคล และ ทวีติย์ เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา, การประเมินความสามารถในการใช้งานสำหรับโปรแกรมประยุกต์ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์บนอุปกรณ์พกพา, “*The Eleventh National Conference on Computing and Information Technology*”, กรุงเทพฯ, 2015.