

การประมาณเวลาและติดตามตำแหน่งรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนเรศวรด้วยเครือข่ายไร้สาย

Arrival Time Approximation and Tracking of NU-EV via Wireless Network

เศรษฐา ตั้งคำวานิช*, วันเฉลิม จันทร์ทรง, วิสวะ นามวงษ์, จักรกฤษ เดิมฤทธิกุล, กฤษณะ วทานยานนท์ และสุวิทย์ กิระวิทยา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000 E-mail: settha.ta@gmail.com

บทคัดย่อ - บทความนี้เสนอวิธีการประมาณเวลา และติดตามตำแหน่งรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีจุดมุ่งหมายของการวิจัย เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของระบบอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้บริการรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนเรศวร ระบบนี้ทำให้เราสามารถทราบถึงระยะเวลาที่รถไฟฟ้าใช้ในการเคลื่อนที่มาถึงจุดจอดรับผู้โดยสารในแต่ละป้าย โดยมีระดับความคลาดเคลื่อนของค่าที่แสดงต่ำในระดับวินาที ระบบเครือข่ายนี้มีกรอบออกแบบให้ครอบคลุมพื้นที่การเดินรถไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่จริงภายในมหาวิทยาลัย มาตรฐานการสื่อสารไร้สาย IEEE 802.15.4 ZigBee ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างรถไฟฟ้า เร้าเตอร์โนด และ ป้ายแสดงเวลารถ ณ จุดจอดรับผู้โดยสาร โดยนำข้อมูลตำแหน่งและความเร็วรถไฟฟ้าส่งไปคำนวณเวลาที่คอมพิวเตอร์เกตเวย์ จากนั้นส่งข้อมูลออก 2 ทาง คือ ส่งค่าเวลาออกไปแสดงที่ป้าย ณ จุดจอดรับผู้โดยสาร และส่งข้อมูลไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลที่คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งทำหน้าที่แสดงข้อมูลตำแหน่งของรถไฟฟ้าผ่านทางเว็บไซต์ด้วย เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้ผู้ใช้บริการระบบขนส่งนี้มากขึ้น โดยผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงข้อมูลนี้ผ่านอุปกรณ์สื่อสารที่มีเว็บเบราว์เซอร์

คำสำคัญ – การประมาณเวลา, การแสดงตำแหน่งยานพาหนะ, เครือข่ายไร้สาย ZigBee, จุดจอดรับผู้โดยสารรถไฟฟ้า, ระบบขนส่งมวลชน

Abstract – This article presents a method for arrival time approximation and tracking of Naresuan University electric vehicles (NU-EV). The propose of this work is to develop a system to facilitate NU-EV users. By using the

system, approximated arrival time of NU-EV will be informed to users at each EV stop. Error of estimated time is less than a few seconds. Developed wireless network covered the whole NU area. IEEE 802.15.4 ZigBee standard is used as a protocol for transferring data among EV, router node, and displays installed at each EV stop. By gathering positional information and the EV speed, computer gateway calculates the arrival time and then sends the data to the displays and a database server. This server is also used as a web server for showing the information, i.e., arrival time and NU-EV position, via a website. Therefore, the NU-EV users, who have communication device with a web browser, can also access this information online.

Keywords – Time Approximation, Vehicle Tracking, ZigBee Wireless Network, EV Stop, Mass Transportation System

1. บทนำ

เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายได้ก้าวหน้าไปอย่างมาก ตัวอย่างเช่น ในปัจจุบัน ระบบกำหนดตำแหน่งโลก หรือ จีพีเอส (Global Positioning System, GPS) เป็นระบบที่เป็นที่รู้จัก และถูกนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย [1] นอกจากนี้ เครือข่ายการสื่อสารไร้สาย ที่ใช้สัญญาณวิทยุในการสื่อสาร ได้ถูกพัฒนาให้สามารถสร้างได้โดยง่าย [2] และ ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ การใช้งานเทคโนโลยีเหล่านี้ ในด้านต่างๆ เกิดขึ้นตามมา อย่างมากมาย ในงานวิจัยที่น่าเสนอในบทความนี้ เราได้นำเทคโนโลยีจีพีเอส ร่วมกับ ระบบเครือข่าย

* Corresponding Author

ไร้สาย มาสร้างระบบประมาณเวลา และ ติดตามตำแหน่ง
รถไฟฟ้าสาธารณะของมหาวิทยาลัยนครสวรรค์

การใช้บริการรถโดยสารสาธารณะ ข้อมูลหนึ่ง ที่ผู้ใช้ หรือ
ผู้โดยสาร ควรทราบเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ คือ เวลาที่
ต้องใช้ในการรอ และ/หรือ ตำแหน่งปัจจุบันของรถโดยสาร ใน
ปัจจุบันได้มีการวิจัยและพัฒนาาระบบที่สามารถแสดงข้อมูลใน
ลักษณะดังกล่าวแล้ว [3-5] โดยในระบบที่พัฒนาขึ้นเหล่านั้นถูก
ทำให้มีความเหมาะสม และ เจาะจง กับสภาพแวดล้อมที่
นำไปใช้งานต่าง ๆ ด้วยการใช้เครื่องมือ ทั้งฮาร์ดแวร์ และ
ซอฟต์แวร์ หรือ อัลกอริทึม ที่ต่างกันออกไป ในการวิจัยนี้
คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบประมาณเวลาและแสดงตำแหน่ง
โดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ขึ้น ให้มีความ
เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มีอยู่ เพื่ออำนวยความสะดวก
ให้กับผู้ใช้ ที่อยู่ภายในมหาวิทยาลัยนครสวรรค์

เนื้อหาในบทความนี้ แบ่งเป็น 4 ส่วน โดยส่วนที่ 2 ได้
อธิบายถึงการนำเทคโนโลยีทางการสื่อสารมาประยุกต์ใช้
เพื่อพัฒนาระบบนี้ ได้แก่ พิกัดภูมิศาสตร์ โปรโตคอล NMEA
ระบบเครือข่ายไร้สาย ZigBee และ การประมาณเวลาการ
เคลื่อนที่ของรถไฟฟ้า จากนั้นในส่วนที่ 3 ได้อธิบายการสร้าง
ระบบประมาณเวลาและแสดงตำแหน่งรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัย
นครสวรรค์ โดยอาศัยความรู้และเทคโนโลยีที่กล่าวถึงในส่วนที่ 2
โดยในส่วนนี้ จะประกอบด้วย การออกแบบระบบสื่อสารแบบ
ไร้สาย เพื่อรับส่งข้อมูลของรถไฟฟ้า การประมวลผลของข้อมูล
ที่คอมพิวเตอร์เกตเวย์ เพื่อคำนวณเวลาในการมาถึง
โดยประมาณของรถไฟฟ้า ที่นำไปแสดง ณ ป้ายจอดรถไฟฟ้า
ในที่ต่างๆ และ การเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อ
บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ และ
เพื่อแสดงผลบนเว็บไซต์ ถัดมาคือส่วนที่ 4 คือ การอธิบายผล
การทดสอบของระบบนี้ โดยสามารถแยกพิจารณาการทดสอบ
ออกเป็น การทดสอบความแม่นยำการระบุพิกัดตำแหน่งจาก
GPS Tracker Box การทดสอบเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล การ
ทดสอบความแม่นยำในการบอกค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของ
รถจาก GPS Tracker Box และ การทดสอบระบบการแสดงผลเวลา
และตำแหน่งของรถไฟฟ้า ส่วนสุดท้าย คือ สรุป

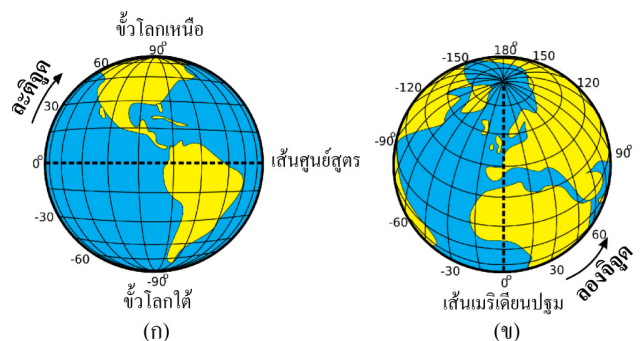
2. เทคโนโลยีและหลักการที่นำมาใช้

2.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System)

ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ เป็นระบบที่ใช้ระบุตำแหน่งบน
พื้นผิวโลก [6] มีเส้นแนวนอนเรียกว่า เส้นละติจูด (Latitude) ที่
มีเส้นศูนย์สูตร เป็นเส้นอ้างอิง เส้นที่ขนานกับเส้นศูนย์สูตรขึ้น
ไปทางขั้วโลกเหนือมีหน่วยเป็นองศาเหนือหรืออาจแทนทิศทาง
เป็นค่าบวก เส้นที่ขนานกับเส้นศูนย์สูตรลงไปทางขั้วโลกใต้มี
หน่วยเป็นองศาใต้หรืออาจแทนทิศทางเป็นค่าลบ (ดูรูปที่ 1(ก))
เส้นแนวตั้งเรียกว่า ลองจิจูด (Longitude) มีการกำหนดเส้น
อ้างอิงให้มีชื่อว่า เมริเดียนปฐม (Prime Meridian) มีค่า 0° (ดูรูป
ที่ 1(ข)) ระบบหน่วยสำหรับการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับ พิกัด
ภูมิศาสตร์มีหลายแบบ โดยหน่วยที่นำมาใช้กับบทความนี้มี 2
แบบคือ

- หน่วยองศา-ลิปดา (Degrees Minutes , DM) มักใช้ใน
โมดูลระบบจีพีเอส โดยค่าที่บอกแบ่งออกเป็น 2 ค่า ค่าแรกเป็น
ค่าองศา (Degree) และ ค่าที่สองคือค่าลิปดา (Minute) โดยค่า
ตำแหน่งละติจูด จะมีค่าตั้งแต่ -90° ถึง 90° และ ค่าตำแหน่ง
ลองจิจูดมีค่าตั้งแต่ -180° ถึง 180°

- หน่วยองศาทศนิยม (Decimal Degrees, DD) ใช้ระบุค่าใน
ลักษณะของทศนิยม ซึ่งง่ายต่อการนำมาคำนวณต่อ โดยการ
แบ่งมุมมององศาจะมีลักษณะเดียวกับแบบ DM แต่จะกำหนดค่า
ความละเอียดของค่าองศาโดยใช้เลขทศนิยม



รูปที่ 1 (ก) แสดงเส้นละติจูด และ (ข) แสดงเส้นลองจิจูด [6]

2.2 โปรโตคอล NMEA-0183

NMEA-0183 [7] เป็นโปรโตคอลมาตรฐานสำหรับการสื่อสารกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางทะเล ที่กำหนดโดย National Marine Electronics Association ตัวโมดูลระบบบอกตำแหน่งพิกัดโลกนี้เป็นของบริษัท Locosys รุ่น S4-1513 ที่ใช้ในบทความนี้ ใช้ชิพ SiRF Star IV รองรับสัญญาณ 48 ช่อง ที่ออกแบบให้ใช้กับระบบติดตามตำแหน่ง โดยใช้รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม ให้ข้อมูลเป็นฟิลด์แยกหัวข้อของข้อมูลอย่างชัดเจน ซึ่งสำหรับบทความนี้ ฟิลด์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

\$GPGLL เป็นฟิลด์ที่บอกตำแหน่ง ละติจูด ลองจิจูด และเวลาตัวอย่างเช่น

\$GPGLL,1644.7064,N,10011.4392,E,161229.487,A,A*41
อ่านค่าได้เป็น ค่าละติจูด เท่ากับ $16^{\circ}44.7064'$ เหนือ ค่าลองจิจูด เท่ากับ $100^{\circ}11.4392'$ ตะวันออก และ ค่าเวลา 16:12:29.487

\$GPVTG เป็นฟิลด์ที่บอกความเร็วในการเคลื่อนที่ ที่จีพีเอส อ่านค่าได้ตัวอย่างเช่น

\$GPVTG,327.82,T,M,12.65,N,23.4,K,A* หมายความว่า โมดูลจีพีเอสกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 23.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2.3 ระบบเครือข่ายไร้สาย ZigBee

เทคโนโลยี ZigBee [8-12] เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ออกแบบมาให้ใช้ในหลายย่านความถี่ (868 MHz, 915 MHz, และ 2.4 GHz) และ ทนทานต่อสัญญาณรบกวนสูง ซึ่งทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ในระยะไกล (ระยะทางสูงสุด 1500 เมตร) มันจึงมีความเหมาะสมสำหรับใช้งานในระบบเครือข่ายแบบส่วนบุคคล (Personal Area Networks) โดยสามารถนำมาออกแบบระบบเครือข่ายได้หลายรูปแบบ [9] ได้แก่ แบบดาว (Star Topology), แบบเมช (Mesh Topology) และ แบบกลุ่มต้นไม้ (Cluster Tree Topology) ในการควบคุมการสื่อสารด้วยโหมด API [9] ข้อมูลหนึ่งแพ็คเกจจะมีส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 2 [11] ซึ่งแต่ละส่วนมีความหมายดังนี้

1. Start มีขนาด 1 ไบต์ มีค่าเท่ากับ 0x7E
2. Length มีขนาด 2 ไบต์ ใช้ระบุขนาดของ Data Frame

3. Data Frame เป็นช่วงที่บรรจุจุดหมายปลายทางที่ต้องการส่งข้อมูลไป โหมดการควบคุม และ ข้อมูลที่ต้องการส่ง

Start	Length	Data Frame	Check Sum
-------	--------	------------	-----------

รูปที่ 2 ชุดโครงสร้างข้อมูลหนึ่งแพ็คเกจที่ส่งในโหมด API

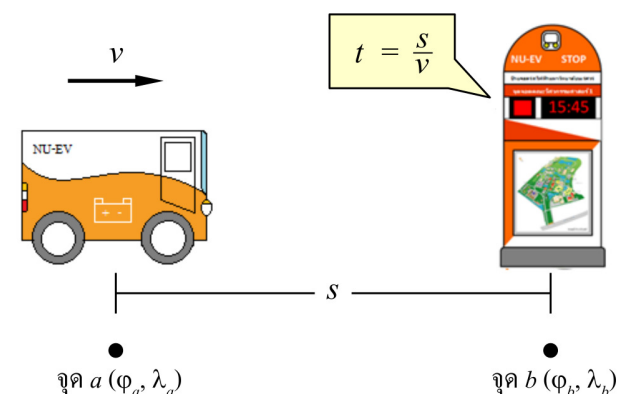
4. Check Sum มีขนาด 1 ไบต์ ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการสื่อสาร

2.4 การประมาณเวลาการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้า

การประมาณเวลาเพื่อนำไปแสดงให้ผู้ที่ต้องการใช้บริการรถไฟฟ้า ทราบว่ารถไฟฟ้าจะเคลื่อนที่มาถึงจุดจอดรถ เมื่อไร เราจะต้องทราบว่า รถและตำแหน่งของป้ายอยู่ที่พิกัดใด โดยกำหนดให้ จุด a มีพิกัด (φ_a, α_a) โดย φ_a, α_a คือค่าละติจูด (ลองจิจูด) ของจุด a ที่เป็นตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟฟ้า และจุด b ที่มีพิกัด (φ_b, α_b) คือ ตำแหน่งของป้ายที่รถไฟฟ้ากำลังเคลื่อนที่ไปถึง เมื่อทราบตำแหน่งทั้ง 2 แล้ว จากการส่งข้อมูลจีพีเอสผ่านเครือข่ายไร้สาย เราจะสามารถคำนวณหาค่าระยะห่าง s ระหว่าง 2 ตำแหน่ง ได้โดยใช้สมการที่ (1) ในกรณีที่ไม่นับความโค้งของผิวโลก คือ

$$s = k\sqrt{(\varphi_a - \varphi_b)^2 + (\lambda_a - \lambda_b)^2} \quad (1)$$

โดย $k = 1828.8$ เมตร คือ ค่าคงที่ ที่ใช้แปลงหน่วยของระบบพิกัดในหน่วยลิปดา เป็น ระยะทางในหน่วยเมตร บนผิวโลก



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์การประมาณเวลาการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้า

การคำนวณเวลาที่รถไฟฟ้าใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งปัจจุบันถึงป้ายจอด ทำได้โดยใช้ข้อมูลระยะห่าง s ที่คำนวณได้จากสมการที่ (1) และ ค่าความเร็วของโมดูลจีพีเอสที่อ่านได้ v โดยมีสูตรคำนวณเวลาที่แสดง ดังแสดงในสมการที่ (2) รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมาณเวลา t ที่บอกการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้า

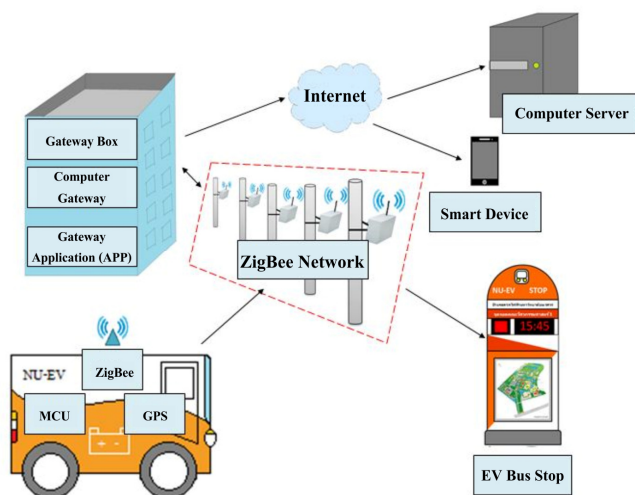
$$t = s/v \quad (2)$$

3. ระบบประมาณเวลาและแสดงตำแหน่งรถไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.1 การออกแบบการทำงานของระบบโดยรวม

รูปที่ 4 แสดงองค์ประกอบโดยรวมโดยรวมของระบบ ซึ่งประกอบด้วยระบบการสื่อสารข้อมูลที่มี 2 ระบบ ได้แก่ ระบบเครือข่ายไร้สาย โดยใช้ตัวกระจายสัญญาณรับ-ส่งข้อมูลเป็นโมดูลไร้สาย ZigBee ทำงานที่ความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นตัวกลางในการสื่อสารหลักของระบบ และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อนำข้อมูลไปจัดเก็บที่ฐานข้อมูลสามารถอธิบายลำดับในการสื่อสารของระบบได้ดังนี้



รูปที่ 4 ภาพรวมของระบบประมาณเวลาและแสดงตำแหน่งรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนเรศวร

เริ่มจาก GPS Tracker Box ที่ใช้สื่อสารกับดาวเทียมต่างๆ เพื่อหาพิกัดปัจจุบันจากโมดูลระบบที่ใช้ระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก โดยโมดูลนี้จะติดตั้งอยู่ภายในตัวรถไฟฟ้า และใช้รูปแบบการสื่อสารข้อมูล UART ด้วยโปรโตคอล NMEA-0183 โดยการเลือกอ่านข้อมูลฟิลด์ \$GPGLL เพื่อหาตำแหน่งของรถไฟฟ้า และ \$GPVTG เพื่อหาความเร็วที่รถไฟฟ้าเคลื่อนที่

โดยข้อมูล จะถูกส่งออกจาก GPS Tracker Box เข้าสู่ระบบเครือข่ายทุก ๆ 1 วินาที ผ่านระบบเครือข่าย ZigBee ไปที่คอมพิวเตอร์เกตเวย์ ที่ติดตั้งอยู่กับที่ในห้องควบคุม (ภายในอาคาร) เมื่อคอมพิวเตอร์เกตเวย์ได้รับข้อมูล จะคำนวณหาค่าประมาณเวลาที่รถไฟฟ้าจะไปถึงในแต่ละจุดจอดรับผู้โดยสาร จากนั้นจึงส่งค่าที่คำนวณได้ไปแสดงผลที่ป้ายแสดงตัวเลข ผ่านเครือข่าย ZigBee โดยแต่ละป้ายจะมีเลขประจำตัวเพื่อเป็นการระบุป้ายอยู่ที่ใด และ ควรแสดงค่าเวลาเท่าไร และจากนั้น ทำการส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เก็บลงฐานข้อมูลเพื่อให้เว็บไซต์สามารถเข้าถึงข้อมูล ของตำแหน่งและความเร็วของรถไฟฟ้าได้จากฐานข้อมูล เพื่อไปแสดงที่เว็บไซต์ได้

3.2 การออกแบบระบบเครือข่าย ZigBee

การออกแบบระบบเครือข่ายไร้สาย ZigBee มีสามส่วน คือ ส่วนที่ติดตั้งอยู่ภายในป้ายแสดงเวลา ซึ่งกำหนดจากจุดจอดรถรับผู้โดยสาร ส่วนที่ติดตั้งอยู่บนรถไฟฟ้า และ ส่วนที่เป็น เราท์เตอร์โนด ที่ใช้ สร้างระบบเครือข่ายเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ทั่วทุกจุดที่รถไฟฟ้าผ่าน ดังนั้นเราจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสื่อสารข้อมูล ซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ทัศนวิสัย ทางโค้งทางแยก และต้นไม้ต่างๆ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการทำงานในการรับส่งข้อมูลของ ZigBee เพราะสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวปิดกั้นสัญญาณ ทำให้ระดับสัญญาณ มีขนาดที่ต่ำและทำให้มันส่งสัญญาณได้ไม่ไกล จากการทดสอบระดับสัญญาณที่ระยะทางต่าง ๆ ทำให้เราสามารถกำหนดจุดติดตั้ง ZigBee เราท์เตอร์โนด สำหรับระบบเครือข่ายรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนเรศวร ดังแสดงไว้ดังรูปที่ 5 โดยมีระยะทางระหว่างแต่ละเราท์เตอร์ที่อยู่ใกล้กันที่สุด แสดงดังในตารางที่ 1



รูปที่ 5 แผนที่บริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่แสดงจุดติดตั้ง ZigBee เร้าเตอร์โนด จำนวน 14 จุด (จุด A - L)

3.3 การออกแบบการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เกตเวย์

คอมพิวเตอร์เกตเวย์ (Computer Gateway) เป็นตัวกลางการสื่อสารระหว่างเครือข่าย ZigBee และคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นในการใช้งาน คอมพิวเตอร์เกตเวย์ต้องเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตอยู่ตลอดเวลา และ เชื่อมต่อกับ Gateway Box เพื่อเชื่อมต่อกับ เครือข่าย ZigBee ในการรับข้อมูล

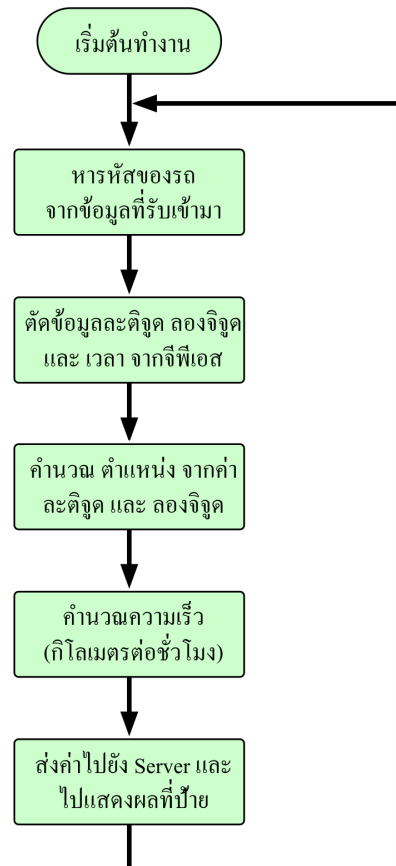
คอมพิวเตอร์เกตเวย์จะถูกติดตั้งไว้ภายในตัวอาคาร เมื่อใช้งานต้องเปิด โปรแกรมเกตเวย์แอปพลิเคชัน (Gateway Application, APP) ไว้เพื่อวิเคราะห์ผล ประมวลผล และสื่อสารกับอุปกรณ์ต่างๆ รูปที่ 6 แสดงลำดับการทำงานของโปรแกรมเกตเวย์แอปพลิเคชัน โดย

ตารางที่ 1 ระยะทางระหว่างเร้าเตอร์ที่อยู่ติดกัน

โนด	โนด	ระยะทาง (เมตร)
A	B	420
B	C	245
C	D	190
D	E	450
E	F	160
F	G	270
G	H	150
H	I	150
I	J	320
J	K	530
K	B	570
B	L	320

โปรแกรมจะประมวลค่าเลขรหัสประจำตัวของรถไฟฟ้า จากนั้นจึงนำฟิลด์ \$GPGLL และ \$GPVTG มาประมวลค่าพิกัดเพื่อหา ระยะทาง จากนั้น จึงทำการคำนวณความเร็วของรถ จากข้อมูลเวลาจากจีพีเอส แล้วจึงคำนวณเวลาที่ต้องแสดงในแต่ละป้าย แล้ว ส่งไปให้คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล และในขณะที่เดียวกันก็ส่งไปแสดงผลที่จุดจอดรับผู้โดยสารอีกด้วย

โปรแกรมเกตเวย์แอปพลิเคชันจะรับข้อมูลเข้ามาอยู่ในรูปแบบข้อมูลแบบ ZigBee API จึงสามารถหาตัวระบุรหัสของรถคันทางในการรับข้อมูลได้ ข้อมูลที่ได้จากฟิลด์ \$GPGLL กับ \$GPVTG แต่ละแบบข้อมูลจะมีตัวอักษรตัวหน้าสุดเป็นตัวบ่งบอกว่าเป็นข้อมูลที่ได้มาจากฟิลด์ใด ซึ่งถ้าตัวหน้าสุดเป็น 'L' แสดงว่าเป็นฟิลด์ข้อมูล จาก \$GPGLL หากเป็น 'G' แสดงว่าเป็นฟิลด์ข้อมูลจาก \$GPVTG ขั้นตอนการประมวลผลในแต่ละฟิลด์นั้น มีขั้นตอนที่แตกต่างกัน เริ่มจากชุดข้อมูลที่ได้มาจากฟิลด์ \$GPGLL ภายในชุดข้อมูลนี้จะ

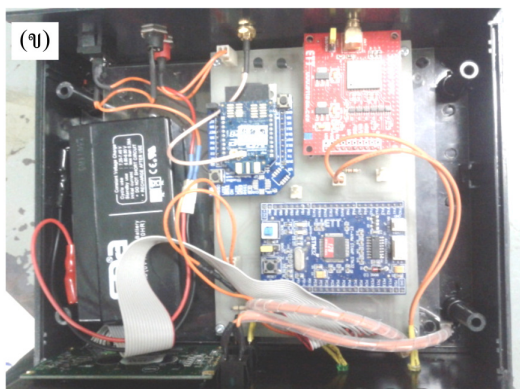
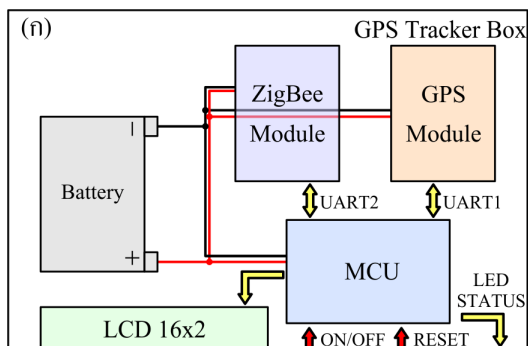


รูปที่ 6 ลำดับการทำงานของโปรแกรมเกตเวย์แอปพลิเคชัน

ประกอบไปด้วยตำแหน่งที่ GPS Tracker Box อ่านค่าได้ ดังนั้นจึงต้องมีการคัดกรองข้อมูลส่วนที่เป็นตำแหน่งออกมาประมวลผลตัวอย่างเช่น L,1644.7157,N,10011.7960,E,114413.000,A,A* ส่วนที่เป็นค่าละติจูด คือ 1644.7157 ($16^{\circ}44.7157'$) และส่วนที่เป็นค่าลองจิจูด คือ 10011.7960 ($100^{\circ}11.7960'$) อันดับแรกทำการแยกส่วนของค่าด้วยการนำค่าที่อ่านได้ไปหารด้วย 100 แล้วเก็บค่าลงตัวแปรชนิดจำนวนเต็ม สำหรับการแยกส่วนที่เป็นค่าลิปดาออกมาทำได้โดยการนำค่าเริ่มต้นไปลบออกด้วยค่าองศาที่คำนวณได้ โดยค่าตัวเลขที่เหลืออยู่จะเป็นเลขทศนิยมในหน่วยลิปดา ซึ่งสามารถแปลงเป็นค่าระยะทางได้โดยใช้สมการที่ (1)

3.4 การออกแบบ GPS Tracker Box

GPS Tracker Box ถูกออกแบบให้เป็นระบบฝังตัวที่ต้องติดตั้งไว้ในรถไฟฟ้าเพื่อใช้ติดตามตำแหน่งและความเร็วของรถไฟฟ้าขณะวิ่งบริการ การออกแบบภายในบรรจุหน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller, MCU) ขนาด 32 บิต เบอร์



รูปที่ 7 (ก) โค้ดโปรแกรมการเชื่อมต่อ GPS Tracker Box และ

(ข) ภาพถ่าย GPS Tracker Box ที่สร้างจริง

STM32F103 เชื่อมต่อกับโมดูลจีพีเอส ที่พอร์ต UART1 และโมดูล ZigBee ที่พอร์ต UART2 เพื่อใช้เชื่อมต่อกับเครือข่ายในการส่งข้อมูลไปที่คอมพิวเตอร์เกตเวย์ (รูปที่ 7 (ก)) โดยระบบนี้ใช้แบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์ เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ระบบ ทั้งนี้ต้องมีการปรับระดับแรงดันลงเป็นขนาด 3.3 โวลต์ เนื่องจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ โมดูลระบบจีพีเอส และ โมดูล ZigBee ใช้ระดับแรงดัน 3.3 โวลต์ในการทำงาน

ส่วนแสดงผลบน GPS Tracker Box คือ จอแสดงผล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด (รูปที่ 7 (ข)) ซึ่งใช้แสดงสถานะการทำงานของระบบ นอกจากนี้ยังมี ปุ่มรีเซ็ต ปุ่มสำหรับการปิด-เปิด การทำงานของโมดูลจีพีเอส และ ส่วนแสดงระดับพลังงานแบตเตอรี่ และ ไฟแสดงสถานะของ GPS Tracker Box ว่าเปิดใช้งานอยู่หรือไม่ รูปที่ 7 (ข) แสดงภาพถ่ายลักษณะวงจรภายใน GPS Tracker Box ที่พัฒนาขึ้น

3.5 การออกแบบระบบการแสดงผลเวลา และตำแหน่งของรถไฟฟ้า

ผลลัพธ์การประมาณเวลา จะถูกส่งข้อมูลไปแสดง 2 ช่องทาง ได้แก่ ที่ป้ายจุดจอดรับส่งผู้โดยสาร และที่เว็บไซต์ที่ให้ผู้ใช้บริการสามารถติดตามตำแหน่งผ่านเว็บไซต์

ป้ายแสดงเวลา ณ จุดรับผู้โดยสารรถไฟฟ้า

ป้ายแสดงเวลา มีลักษณะเป็นตู้เหล็ก ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณจุดจอดรับผู้โดยสาร (รูปที่ 8) โดยออกแบบให้มี 7-Segment ที่ใช้แสดงเวลาที่ต้องรอต และ มีรูปแผนที่ของมหาวิทยาลัย เพื่อบอกตำแหน่งปัจจุบันที่ผู้รอใช้บริการรถไฟฟ้าอยู่ในขณะนั้น

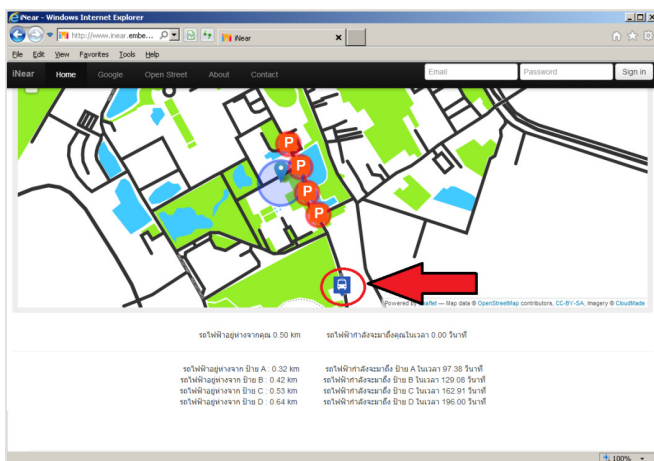
ภายในป้าย บรรจุชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ และโมดูลการสื่อสารไร้สาย ZigBee สำหรับรับค่าเวลาจากคอมพิวเตอร์เกตเวย์ มาแสดงผลที่ 7-Segment จำนวน 4 หลัก มีความละเอียดระดับวินาที ภายในมีระบบปรับระดับแรงดันไฟฟ้าจากระดับ 220 โวลต์ เป็น 3.3 โวลต์สำหรับระบบควบคุม และ 10 โวลต์ สำหรับการแสดงผล



รูปที่ 8 ต้นแบบป้ายแสดงเวลาของรถไฟฟ้า

เว็บไซต์ แสดงตำแหน่งรถไฟฟ้า

ส่วนแสดงผลที่เว็บไซต์จะบอกถึงตำแหน่งปัจจุบันของรถที่มีความชัดเจนกว่าแบบป้ายที่ติดตั้งอยู่ที่จุดรับผู้โดยสาร หากผู้ใช้บริการเข้าเว็บไซต์ www.incar.embeddednu.com จะเห็นแผนที่ของมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ดังแสดงในรูปที่ 9 และมีสัญลักษณ์รถไฟฟ้ากำลังเคลื่อนที่บนเส้นทางเดินรถอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถเข้าชมผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่รองรับเว็บเบราว์เซอร์ และ เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 9 ภาพจากเว็บไซต์แสดงตำแหน่งปัจจุบันของรถไฟฟ้า

4. การทดสอบระบบประมาณเวลาและแสดงตำแหน่งรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนครสวรรค์

4.1 การทดสอบความแม่นยำการระบุพิกัดตำแหน่งจาก GPS

Tracker Box

การทดสอบนี้ได้นำกล่อง GPS Tracker Box เก็บข้อมูลตำแหน่งค่าละติจูดและลองจิจูด ที่จุดต่าง ๆ ทั้งหมด 5 จุดภายในมหาวิทยาลัย โดยตารางที่ 2 แสดงเปรียบเทียบค่าพิกัดที่อ่านได้จาก แผนที่ของ Google Map และค่าพิกัดจาก GPS Tracker Box จากการนำข้อมูลทั้ง 2 แหล่ง มาหาค่าความคลาดเคลื่อน (หลักสุดท้ายของตารางที่ 2) โดยใช้สมการ (1) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น มีค่าน้อยกว่า 7 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในการใช้งานจริง โดยผู้เขียนคาดว่า ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเกิดจากการกำหนดพิกัดตำแหน่งบน Google Map ที่ไม่ตรงกันกับตำแหน่งที่วัดในสถานที่จริงด้วย GPS Tracker Box

4.2 การทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย

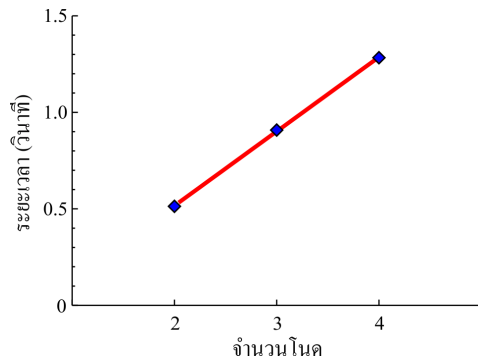
ZigBee

การทดสอบนี้เป็นทดสอบระยะเวลาในการรับส่งข้อมูลของ ZigBee ผ่าน ZigBee เร้าเตอร์โนคในระบบโดยได้ผลการวัดดังแสดงในรูปที่ 10 และบอกได้ว่าจำนวนโนคมีผลต่อการรับส่งข้อมูล

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าพิกัดที่อ่านได้จาก

แผนที่ของ Google Map และ จาก GPS Tracker Box

ชื่อตำแหน่ง	พิกัดที่ได้จาก Google Map / GPS Tracker Box		ความคลาดเคลื่อน (เมตร)
	ละติจูด (องศา DD)	ลองจิจูด (องศา DD)	
ป้ายรถเมล์หน้าสระว่ายน้ำ	16.746234 / 16.746225	100.196869 / 100.196852	2.1
สามแยกเข้าตึก EN	16.745469 / 16.745457	100.197252 / 100.197268	2.2
ตราคณะวิศวกรรมศาสตร์	16.744398 / 16.744323	100.197534 / 100.197522	8.3
สามแยกทางออกประตู 4	16.743093 / 16.743035	100.198277 / 100.198268	6.4
หน้า หอพักใน	16.737388 / 16.737385	100.199425 / 100.199408	1.9



รูปที่ 10 ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่าง โหนดของเครือข่าย ZigBee

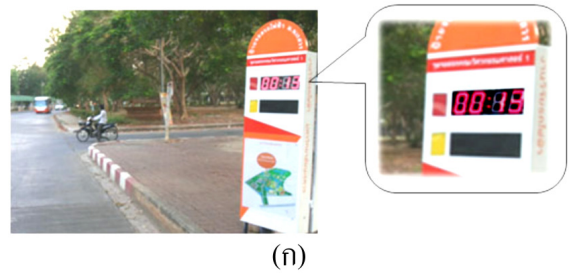
โดยจำนวนโหนดยิ่งมากยิ่งทำให้ระยะเวลาในการรับส่งข้อมูลช้าลง โดยระยะเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลนี้ ทำให้การคำนวณและแสดงค่ามีการประวิงเวลาโดยรวมอยู่ในระดับวินาที (น้อยกว่า 10 วินาที)

4.3 การทดสอบความแม่นยำในการบอกค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถจาก GPS Tracker Box

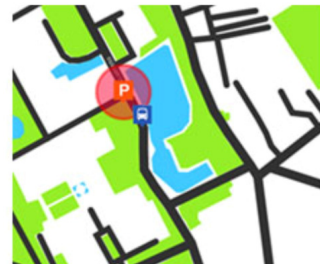
ในการทำการทดสอบโดยขับรถไฟฟ้าไปในทิศทางตรงระยะทาง 200 เมตร ซึ่งผู้ขับขี่ พยายามบังคับให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ตลอดระยะทางที่ทำการทดลอง ผลการทดลองวัดค่าความเร็ว สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3 โดยมี ความเร็วที่คำนวณได้ คำนวณได้จากตำแหน่งและเวลาที่ได้รับจากจีพีเอส จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ความเร็วที่วัด โดยใช้ข้อมูลระยะทาง (ตำแหน่ง) และ ระยะเวลาจากตัวโมดูลจีพีเอส ให้ผลที่สอดคล้องกับความเร็วที่กำหนด และ มีค่ามากกว่าความเร็วที่อ่านได้โดยตรงจากโมดูลจีพีเอส ดังนั้นในการใช้งานจริง เราจึงเลือกใช้ ความเร็วที่คำนวณได้นี้ ในการกำหนดระยะเวลาที่แสดงบนป้าย

ตารางที่ 3 ผลการทดลองที่ได้จากการขับรถในระดับความเร็วต่างๆ

ความเร็ว (กม./ชม.)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ความเร็วที่คำนวณได้ (กม./ชม.)	ความเร็วที่อ่านได้จากจีพีเอส (กม./ชม.)
20	34.77	20.7	17.9
30	25.55	28.2	23.6
40	17.55	41.0	35.3
50	14.68	49.1	44.2
60	10.86	66.3	52.3



(ก)



(ข)

รูปที่ 11 (ก) ภาพถ่ายรถไฟฟ้าที่เคลื่อนที่อยู่บริเวณก่อนถึงป้ายจอดรถรับผู้โดยสาร และ ป้ายแสดงเวลา (ข) แผนที่ ที่แสดงบนเว็บไซต์

4.4 การทดสอบระบบการแสดงเวลา และตำแหน่งของรถไฟฟ้า

จากการออกแบบระบบดังกล่าวในหัวข้อที่ 3 เราได้นำไปทดลองกับรถไฟฟ้าที่ให้บริการจริง โดยเริ่มต้นการทดสอบ เมื่อรถเริ่มเคลื่อนที่ จะทำการส่งค่าตำแหน่ง และความเร็วในการเคลื่อนที่ไปคำนวณที่คอมพิวเตอร์เกตเวย์ แล้วส่งเวลาไปแสดงผลที่ป้ายดังรูปที่ 11 (ก) ซึ่งเวลาที่คำนวณได้คือ 13 วินาที และ ค่าเดียวกันนี้ ก็แสดงทางเว็บไซต์ดังรูปที่ 11 (ข) โดยเมื่อรถเคลื่อนที่มาถึงป้ายจอดนี้แล้ว เวลาที่แสดงบนป้าย มีค่าเท่ากับ 1 วินาที (ดูรูปที่ 12) ซึ่ง ค่าที่แสดงนี้ เกิดจากการประวิงเวลาในการส่งข้อมูล (ดูรูปที่ 10) และ/หรือ ความผิดพลาดในการคำนวณเนื่องจากความเร็วรถขณะเข้าจอดจะลดลง ทำให้เวลาที่แสดงเพิ่มขึ้น



รูปที่ 12 ภาพถ่ายรถไฟฟ้าที่กำลังเข้าจอดที่ป้ายจอดรถรับผู้โดยสาร

5. สรุป

การพัฒนาระบบประมาณเวลาและแสดงตำแหน่งรถไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ เป็นการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว และการสื่อสารข้อมูล มาประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงานทางวิศวกรรมเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้บริการรถไฟฟ้า จากการทดสอบที่นำเสนอในส่วนที่ 4 เราพบว่าการใช้งาน GPS Tracker Box ที่พัฒนาขึ้น สามารถประมวลผลข้อมูลทั้งตำแหน่งละติจูด ลองจิจูด และ ความเร็ว ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ คือมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เมื่อนำไปใช้งานจริง และเมื่อนำมาทดสอบกับการเชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย ZigBee และ นำข้อมูลมาประมวลที่คอมพิวเตอร์เกตเวย์ รวมทั้งส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยทดสอบในขณะที่รถไฟฟ้าเคลื่อนที่พบว่า เมื่อรถไฟฟ้าเข้ามาใกล้กับจุดจอดรับผู้โดยสารมากขึ้น เวลาที่แสดงที่ป้ายจะมีค่าลดลงอย่างสอดคล้อง ทั้งนี้ ระบบโดยรวมสามารถที่แสดงผลเวลาออกมาได้ใกล้เคียงกับเวลาจริงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้า ทั้งจากการแสดงผลตัวเลขที่ป้ายจอดรถไฟฟ้า และการแสดงเวลาและตำแหน่งของรถไฟฟ้าผ่านเว็บเบราว์เซอร์ จากเว็บไซต์ www.inear.embed-dednu.com

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จากมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ผู้เขียนขอขอบคุณ รศ.ดร.ศรินทร์ทิพย์ แทนธานี และคณาจารย์ คณะผู้วิจัยการพัฒนารถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ที่ให้แนวคิดและคำแนะนำต่าง ๆ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. P. Yunck, W. G. Melbourne, C. L. Thorton, "GPS-based satellite tracking system for precise positioning," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 23, pp. 450-457, July 1985.
- [2] J. Wheat, R. Hiser, J. Tucker, A. Neely, and A. McCullough, *Designing a Wireless Network*, Rockland, Syngress Publishing, 2001.
- [3] P. Perugu, "An innovative method using GPS tracking, WINS technologies for border security and tracking of vehicles," in *Proc. 2010 Recent Advances in Space Technology Services and Climate Change Conf.*, pp. 130-133.
- [4] R. Yu and G. Zhao, "Algorithm research on GPS-based bus-stop auto-announcement system", in *Proc. 2011 Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering*, pp. 57-59.
- [5] N. Watthanawisuth, N. Tongrod, T. Kerdcharoen, and A. Tuantranont, "Real-time monitoring of GPS-tracking tractor based on ZigBee multi-hop mesh network," in *Proc. Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology*, pp. 580-583.
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_coordinate_system
- [7] SiRF Technology, Inc., NMEA Reference manual. [Online] Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA/ReferenceManual-Rev2.1-Dec07.pdf>
- [8] C. MuthuRamya, M. Shanmugaraj, R. Prabakaran, "Study on zigbee technology", in *Proc. 2011 3rd International Electronics Computer Technology Conf.*, pp. 297-301.
- [9] S. Safaric and K. Malaric, "ZigBee wireless standard," in *Proc. 2006 48th International Symposium ELMAR*, pp. 259-262.
- [10] S. C. Ergen, ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary. [Online] Available: http://staff.ustc.edu.cn/~ustcsse/papers/SR10_ZigBee.pdf
- [11] บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด, "Basic XBee API", เมษายน 2556, Available: <http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/Xbee-API-Mode-Tutorial-and-LAB.html>
- [12] K. Gill, S.-H. Yang, F. Yao, X. Lu, "A ZigBee-based home automation system," in *Proc. 2009 IEEE Consumer Electronics Conf.*, pp. 422-430.