เครื่องมือระบุตำแหน่งแสดงผลผ่านกราฟานา กรณีศึกษารถไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

หฤทัย ดิ้นสกุล[1*], จารุพงศ์ เกาะแก้ว[1], และณัฐฐา ระมณเฐียร[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิทยาศาสาตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิทยาศาสาตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมเ
*harutai@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการนำเทคโนโลยีจีพีเอสแทรคกิ้งมาใช้เพื่อระบุตำแหน่ง โดยพัฒนาหาประสิทธิภาพในการรับ-ส่งข้อมูล และการประหยัดพลังงาน โดยใช้การสื่อสารผ่านเทคโนโลยีเซลลูลาร์กลุ่ม LPWAN คือการทำให้เครือข่ายเชื่อมต่อในระยะทางที่ไกลได้โดยใช้พลังงานต่ำ การทำงานของเครื่องระบุตำแหน่ง ประกอบด้วย 1) มอดูลจีพีเอส ทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูลที่ส่งจากดาวเทียมมาเป็นพิกัด 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ และมอดูลเอ็นบี-ไอโอที ทำหน้าที่รับข้อมูลจากมอดูลจีพีเอส และส่งข้อมูลไปที่โหนด-เรดเพื่อจัดเรียงข้อมูลที่จะนำไปใช้ และมีการเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ในอินฟลัคซ์ดีบี โดยนำข้อมูลไปแสดงผลที่แดชบอร์ดของ กราฟานา ผลการทดลองโดยนำเครื่องระบุตำแหน่งติดตั้งบนรถไฟฟ้ารับส่งนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมพบว่ามีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของพิกัดคิดเป็นร้อยละ 6.73 เมื่อเปรียบเทียบกับแอพพลิเคชันกูเกิลแมพ

คำสำคัญ: มอดูลจีพีเอส, อินฟลัคซ์ดีบี, กราฟานา,แอพพลิเคชันกูเกิลแมพ และมอดูลเอ็นบี-ไอโอที

GPS Tracking display on Grafana case study Nakhon Pathom Rajabhat University

Harutai Dinsakul[1*], Jaruphong Kaokaew[1], and Natha Ramontean[2]

[1*,1,2]Electrical Engineering Faculty of Science and Technology Nakhon Pathom Rajabhat University

*harutai@ webmail.npru.ac.th

Abstract

This research presents GPS tracking technology to determine location. by improving efficiency in data transmission and energy saving. LPWAN cellular communication technology which enables networks to connect over long distances with low power is used. The function of GPS tracking consist of 1)The GPS module is responsible for decoding data sent from satellites into coordinates. 2) Microcontroller and NB-Iot is responsible for receive coordinate data from GPS module and sending the coordinate data to Node-Red to be used. The data is stored in real time in the cloud database and displayed in Grafana. The results of the experiment by installing the GPS tracking on the electric transport vehicle Nakhon Pathom Rajabhat University was found that the average error of coordinates was 6.73 percent compared to the Google Maps application.

Keywords: GPS Module, InfluxDB, Grafana, googleMap and NB-IOT Module

1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องมือระบุตำแหน่งหรือจีพีเอสนิยมมาใช้กันอย่างมาก โดยอาศัยการคำนวณจากความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากตำแหน่งของดาวเทียมต่าง ๆ ที่โคจรอยู่รอบโลกสามารถระบุตำแหน่ง ในทุกสภาพอากาศจากการคำนวณความเร็ว และทิศทางเพื่อนำมาใช้ร่วมกับแผนที่ในการนำทาง ปัจจุบันเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งถูกติดตั้งในสมาร์ทโฟน ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงระบบระบุตำแหน่งได้ง่ายขึ้น แต่การนำไปใช้ขึ้นอยู่กับความสามารถของซอฟต์แวร์และระบบระบุพิกัดตำแหน่งในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ว่ามีประสิทธิภาพมากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งในสมาร์ทโฟนนั้นมีข้อจำกัดด้านพลังงานหรือแบตเตอรี่ทำให้ความสามารถในการระบุตำแหน่งไม่ยาวนานนัก งานวิจัยนี้พัฒนาเครื่องมือระบุตำแหน่งเพื่อใช้ในการบอกตำแหน่งของยานพาหนะแบบประหยัดพลังงานเพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งให้ได้นานขึ้น และข้อมูลตำแหน่งของระบบระบุตำแหน่งถูกเก็บไว้บนคลาวด์เซิร์ฟเวอร์และสามารถเรียกดูพิกัดตำแหน่งย้อนหลังได้ผ่านแอพพลิเคชันกราฟานา

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มอดูลเอ็นบี-ไอโอที

มอดูลเอ็นบี-ไอโอทีใช้มอดูล BC95-B8 คลื่นความถี่ 900 MHz สามารถใช้งานร่วมกับมอดูลอาร์ดุยโน มีช่องสำหรับใส่ซิม มีพอร์ตภายในสามารถใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้โดยเชื่อมต่อผ่านสายยูเอสบี 1) บอร์ดมอดูลเอ็นบี-ไอโอที 2) สายอากาศ (antenna) 3) ซ็อกเก็ตซิม (socket sim) ที่ติดมากับบอร์ดชีลส์ (shield)

ภาพที่ 1 มอดูลเอ็นบี-ไอโอที

2.2 มอดูลรับสัญญาณจีพีเอส

ภาพที่ 2 มอดูลรับสัญญาณจีพีเอส

ที่มา: https://www.electronicwings.com/sensors-modules/gps-receiver-module

หลักการทำงานโดยการรับสัญญาณจากดาวเทียมจำนวนอย่างน้อย 3 ดวง โดยสัญญาณจากดาวเทียมประกอบด้วยข้อมูลที่ระบุตำแหน่ง และเวลาขณะส่งสัญญาณ มอดูลรับสัญญาณจีพีเอสต้องประมวลผลความแตกต่างของเวลาในการรับสัญญาณเทียบกับเวลาจริง เนื่องจากระยะทางของดาวเทียมในแต่ละดวงกับโลกจะไม่เท่ากัน เพื่อแปรเป็นระยะทางระหว่าง มอดูลรับสัญญาณจีพีเอสกับดาวเทียมแต่ละดวง โดยระยะทางจะมีเวลาและความเร็วในการเดินทางของสัญญาณซึ่งคือความเร็วแสง (อภิศักดิ์ เกตุขาว, 2558: 54) ดังสมการที่ (1)

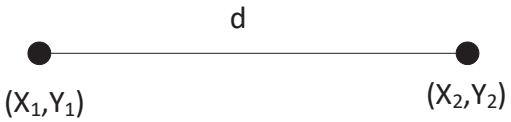
ระยะทาง = ความเร็ว x เวลา (1)

ค่าพิกัดที่มอดูลรับสัญญาณจีพีเอสได้รับอยู่ในรูปแบบดีเอ็มเอส (degree minute second : DMS) โดยละติจูด อยู่ในรูป ddmm.mmmm และลองจิจูดอยู่ในรูป dddmm.mmmm ซึ่งค่า d หมายถึงองศา(degree) และค่า m หมายถึงเวลา (minute) โดยการเปลี่ยนพิกัดให้อยู่ในรูปทศนิยมได้จากสมการที่ (2) และสมการที่ (3) (อภิศักดิ์ เกตุขาว, 2558: 54)

$$\text{ละติจูด} = \text{องศาเหนือ} + \frac{\text{จำนวนนาที}}{60} \quad (2)$$

$$\text{ลองติจูด} = \text{องศาเหนือ} + \frac{\text{จำนวนนาที}}{60} \quad (3)$$

การหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด สามารถหาได้จากรากที่สองของผลบวกของผลลบของพิกัด x ของจุดแรกและพิกัด xของจุดปลาย และผลลบของพิกัด y ของจุดแรกและพิกัด y ของจุดปลายดังสมการที่ (4)



ภาพที่ 3 ระยะทางระหว่างจุด 2 จุด

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (4)$$

เมื่อ d หมายถึงระยะทางระหว่างจุด 2 จุด x_1 หมายถึงพิกัดแนวนอนของจุด 1 x_2 หมายถึง พิกัดแนวนอนของจุด 2 y_1 หมายถึงพิกัดแนวตั้งของจุด 1 และy_2 หมายถึงพิกัดแนวตั้งของจุด 2 โดยพบว่าสมการที่ (4) เป็นสมการที่ใช้สำหรับหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ที่เป็นเส้นตรง แต่เนื่องจากพื้นผิวของโลกเป็นเส้นโค้ง เมื่อละติจูดของพิกัดมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้ระยะห่างของจุด 2 จุดมีค่าไม่เท่ากัน สามารถนำมาประยุกต์ได้ดังสมการที่ (5)

$$d = \sqrt{[(X_2{}^*a_2)-(X_1{}^*a_1)]^2+[(Y_2{}^*b_2)-(Y_1{}^*b_1)]^2} \quad (5)$$

เมื่อ d หมายถึงระยะห่างของพิกัดระหว่าง gps1 และ gps2 X_1 หมายถึงพิกัดละติจูดของตำแหน่ง gps1 Y_1 หมายถึงพิกัดลองจิจูดของตำแหน่ง gps1 X_2 หมายถึงพิกัดละติจูดของตำแหน่ง gps2 และY_2 หมายถึงพิกัดลองจิจูดของตำแหน่ง gps2 โดย ค่า a และค่า b สามารถอ้างอิงจากค่าละติจูดและลองจิจูดได้ในตารางที่ 1

2.3 โหนดเรด

โหนดเรด เป็นซอฟท์แวร์เปิด เป็นเครื่องมือเพื่อการเชื่อมต่อแบบเอ็มทูเอ็ม (machine-to-machine : M2M) คือ อุปกรณ์ติดต่อหรือสื่อสารกับอุปกรณ์ โดยเป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีไอโอที ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่อินเทอร์เน็ต เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ โทรทัศน์ ตู้เย็น เข้ากับอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถเชื่อมโยงสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การนำไปใช้จะทำให้ไม่ต้องเขียน API ฝั่ง Server เอง โดยโหนด-เรดเป็นการพัฒนาโปรแกรมแบบ Flow-

Based Programming สามารถออกแบบ API ในการรับค่า คำนวณ แปลงข้อมูล เก็บข้อมูล หรือเชื่อมต่อกับบริการอื่น ๆ นอกจากนี้โหนดเรดยังมีลักษณะเป็น Browser ในการเลือกโนดมาวางแล้วเชื่อมต่อเพื่อควบคุมอินพุตเอาต์พุตต่าง ๆ ได้ แล้วกำหนดค่าการทำงาน จากนั้นก็ลากสายสำหรับเชื่อมโยงข้อมูลโดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมในการพัฒนา

ตารางที่ 1 ค่าละติจูดและลองจิจูดเมื่อองศาเปลี่ยนแปลง

องศา	ละติจูด	ลองจิจูด
0°	110.574 กิโลเมตร	111.320 กิโลเมตร
15°	110.649 กิโลเมตร	107.550 กิโลเมตร
30°	110.852 กิโลเมตร	96.486 กิโลเมตร
45°	111.132 กิโลเมตร	78.847 กิโลเมตร
60°	111.412 กิโลเมตร	55.800 กิโลเมตร
75°	111.618 กิโลเมตร	28.902 กิโลเมตร
90°	111.694 กิโลเมตร	0.000 กิโลเมตร

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Latitude

2.4 เอ็มคิวทีที MQTT

เอ็มคิวทีที (MQTT) เป็น โพรโตคอลที่ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อแบบ M2M (Machine-to-Machine) คืออุปกรณ์กับอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ จากที่อื่นได้ องค์ประกอบของเอ็มคิวทีที ประกอบด้วย เอ็มคิวทีที โบรคเกอร์ (MQTT Broker) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางคอยจัดการกับข้อความ โดยจะรับข้อความจาก Publisher และส่งต่อไปยัง Subscriber โดยอ้างอิงจาก Topic ของข้อความ

2.5 อินฟลักดีบี

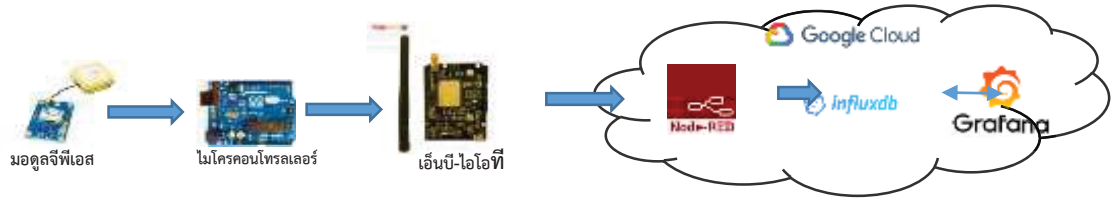
อินฟลักซ์ดีบี (influxDB) เป็นฐานข้อมูลอนุกรมเวลาแบบซอฟท์แวร์เปิด พัฒนาขึ้นด้วยภาษา Go ทำให้ภาษาคิวรี คล้ายกับเอสคิวแอล (structured query language : SQL) อินฟลักซ์ดีบีทำงานบนคลาวด์ สามารถเรียกค้นชุดข้อมูลแบบฐานเวลาจริง หรือข้อมูลที่ Timestamp จำนวนมาก เช่น การเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง โดยการเก็บข้อมูลในอินฟลักซ์ดีบี สามารถกำหนดระยะเวลาในการเก็บ และสามารถลงข้อมูลออกจากระบบได้

2.6 กราฟาน่า

กราฟาน่าเป็นเครื่องมือแดชบอร์ด (dashboard) แบบซอฟท์แวร์เปิด เป็นเครื่องมือในการแสดงข้อมูลในลักษณะกราฟ ตัวเลข สี เพื่อสรุปข้อมูลต่าง ๆ โดยทำงานร่วมกับ แหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่นกราไฟท์ (graphite) อินฟลักซ์ดีบี โอเพนทีเอสดีบี OpenTSDB (time series database : TSDB) เป็นต้น สามารถสร้างและแก้ไขแดชบอร์ดได้และสามารถดึงข้อมูลออกมาได้แบบเรียลไทม์ได้

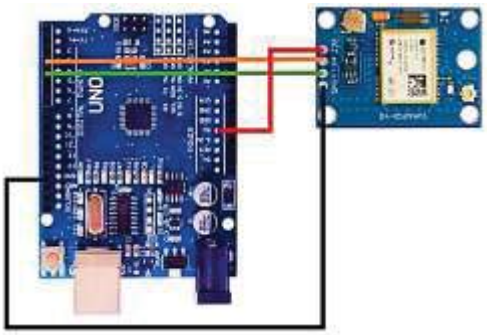
3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสร้างเครื่องระบุตำแหน่ง โดยการทำงานของเครื่องระบุตำแหน่งคือมอดูลจีพีเอสรับสัญญาณคลื่นวิทยุจากดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลตำแหน่งและเวลาขณะส่งสัญญาณ มอดูลจีพีเอสจะประมวลผลผลต่างของเวลาจริงกับเวลาขณะส่งสัญญาณ เพื่อเปลี่ยนเป็นระยะทางระหว่างมอดูลจีพีเอสกับดาวเทียม เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าละติจูดลองจิจูดจากมอดูลจีพีเอสจะคำนวณตำแหน่งให้อยู่ในรูปทศนิยมและส่งข้อมูลให้มอดูลเอ็นบี-ไอโอที เพื่อส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังโหนด-เรด เพื่อนำข้อมูลเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลอินฟลักซ์ดีบี และกราฟานาซึ่งเป็นแดชบอร์ดแสดงผลข้อมูลจะดึงข้อมูลในฐานข้อมูลมาแสดงผล ซึ่งเครื่องระบุตำแหน่ง แบ่งได้ 4 ส่วนดังนี้



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่องมือระบุตำแหน่ง

1) ส่วนระบุตำแหน่ง ประกอบด้วยมอดูลจีพีเอสและไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลตำแหน่งจากมอดูลจีพีเอส และคำนวณเพื่อให้ได้ค่าละติจูดและลองจิจูด ดังภาพที่ 4



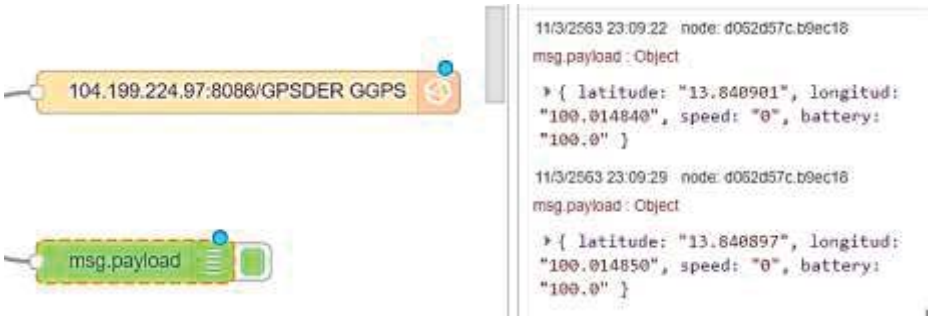
ภาพที่ 4 การเชื่อมต่อมอดูลจีพีเอสและไมโครคอนโทรลเลอร์

2) ส่วนส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล และแสดงผล ประกอบด้วยบอร์ดเอ็นบี-ไอโอที และโหนด-เรด โดยบอร์ดเอ็นบี-ไอโอที รับข้อมูลตำแหน่งและระดับพลังงานของเครื่องระบุตำแหน่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งไปยังสถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่และส่งข้อมูลไปที่โหนด-เรด พร้อมแสดงผลข้อมูลในโหนด-เรด

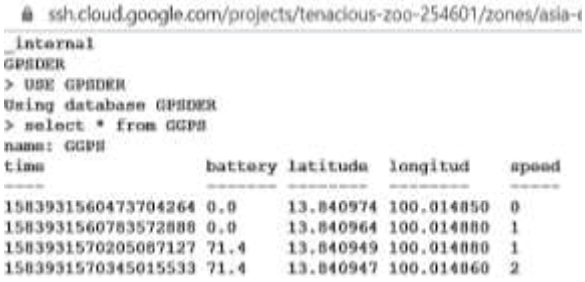
3) ส่วนเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ลงในอินฟลักซ์ดีบี เมื่อโหนด-เรดรับค่าข้อมูลจากบอร์ดเอ็นบี-ไอโอทีทั้งค่าละติจูด ลองจิจูด จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลแบบเวลาจริงลงไปเก็บไว้ที่อินฟลักซ์ดีบี

4) ส่วนแสดงผลในกราฟานา เมื่อโหนด-เรดรับข้อมูลจากบอร์ดเอ็นบี-ไอโอที ประกอบด้วยค่าละติจูด ลองจิจูด และระดับแรงดัน จะทำการส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ไปเก็บไว้ที่อินฟลักซ์ดีบี และแสดงผลในอินฟลักซ์ดีบี จากนั้นกราฟานาจะทำการดึงข้อมูล

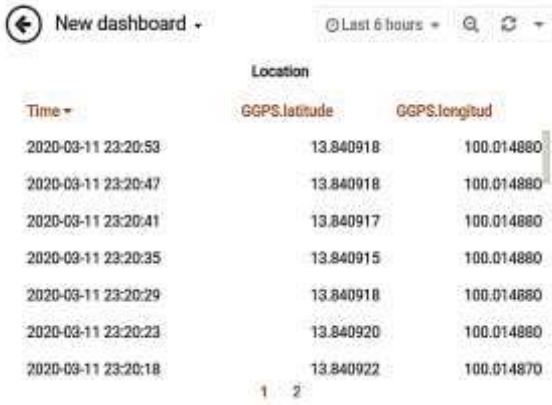
ในอินฟลัคซ์ดีบีมาแสดงผล โดยกราฟานาต้องทำการลงปลั๊กอิน (plug in) กับอินฟลัคซ์ดีบี และกำหนดค่าไอพี พอร์ต และชื่อฐานข้อมูลภายในของอินฟลัคซ์ดีบีให้ตรงกับที่เก็บไว้



ภาพที่ 5 ผลการทดลองการส่งข้อมูลด้วยบอร์ดเอ็นบี ไอโอที ไปยังโหนด-เรด



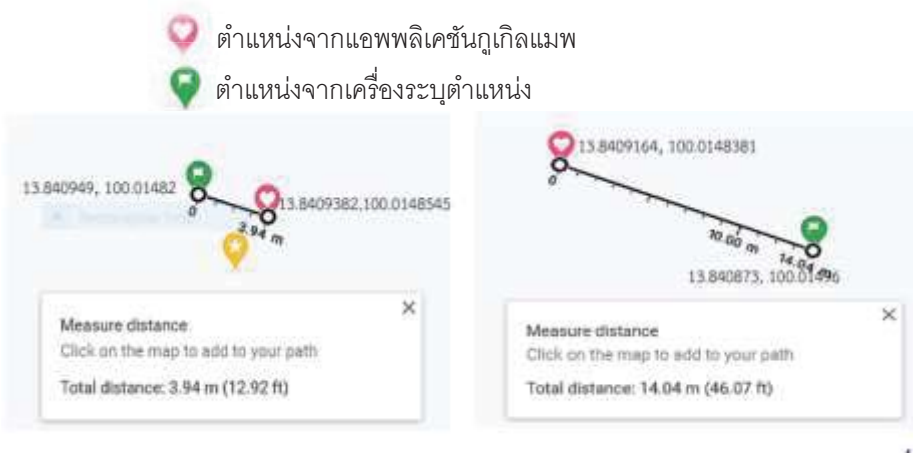
ภาพที่ 6 ผลการทดลองโหนด-เรด เชื่อมต่อกับอินฟลัคซ์ดีบี



ภาพที่ 7 การแสดงผลของกราฟานาดึงข้อมูลจากอินฟลัคซ์ดีบี

4. ผลการวิจัย

1) การทดลองเปรียบเทียบพิกัดที่ได้จากเครื่องระบุตำแหน่งกับแอพพลิเคชันกูเกิลแมพ (google map) แสดงดังภาพที่ 8 และตารางที่ 2 โดยมีค่าความผิดพลาดคิดเป็นร้อยละ 6.73



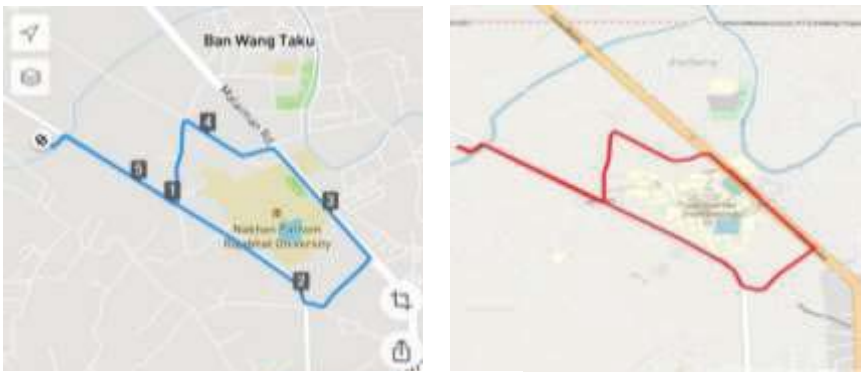
ภาพที่ 8 ความผิดพลาดระหว่างเครื่องระบุตำแหน่งและแอพพลิเคชันกูเกิลแมพ

ตารางที่ 2 ความผิดพลาดระหว่างเครื่องระบุตำแหน่งและแอพพลิเคชันกูเกิลแมพ

ลำดับ	ตำแหน่งจากแอพพลิเคชันกูเกิลแมพ		ตำแหน่งจากเครื่องมือระบุพิกัด		ค่าการเปลี่ยนแปลงระยะทางเป็นกิโลเมตร(ดูจากองศาของละติจูด)		ระยะที่ผิดพลาด (เมตร)	ค่าความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)
	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ของละติจูด (km)	ของลองจิจูด (km)		
1	13.8409382	100.0148545	13.840949	100.01482	110.639	108.054	3.91	3.91%
2	13.8409164	100.0148381	13.840873	100.01496	110.639	108.054	14.02	14.02%
3	13.8409581	100.0150352	13.840993	100.0151	110.639	108.054	8.00	8.00%
4	13.8409288	100.0148957	13.84089	100.01492	110.639	108.054	5.03	5.03%
5	13.8407351	100.0147432	13.840751	100.01473	110.639	108.054	2.26	2.26%
6	13.8367364	100.0265841	13.836835	100.0266	110.639	108.054	11.04	11.04%
7	13.8363829	100.0271336	13.836323	100.02713	110.639	108.054	6.64	6.64%
8	13.836167	100.0276972	13.836159	100.02765	110.639	108.054	5.18	5.18%
9	13.8361084	100.0280459	13.836155	100.02799	110.639	108.054	7.94	7.94%
10	13.8360212	100.028399	13.836096	100.02837	110.639	108.054	8.85	8.85%
ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาด(เปอร์เซ็นต์)								6.73%

2) การทดลองเครื่องระบุตำแหน่งการเดินรถไฟฟ้าในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยแสดงผลการเดินรถผ่านกราฟานาเปรียบเทียบกับแอพพลิเคชันเพเซอร์ซึ่งเป็นแอพพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ แสดงการเคลื่อนตำแหน่ง ดังภาพที่ 9 และภาพที่ 10

ภาพที่ 9 พิกัดจากเครื่องมือระบุตำแหน่งบนกราฟานา



แผนที่จากแอพพลิเคชันเพเซอร์ **แผนที่จากกราฟานา**

ภาพที่ 10 ตำแหน่งการเดินรถไฟฟ้าพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมแสดงบนกราฟานาและบนแอพพลิเคชันเพเซอร์

5. สรุปผลการทดลอง

บทความวิจัยนี้นำเสอนการพัฒนาเครื่องมือระบุตำแหน่ง ให้บริการบนไอโอที คลาวด์ ด้วยโพรโตคอลเอ็มคิวทีที ผ่านการออกแบบแผนผังของการทำงานบนโหนด-เรดและเก็บผลในระบบฐานข้อมูลคลาวด์อินฟลักซ์ดีบี และแสดงตำแหน่งผ่านกราฟานาได้ จากการทดลองพบว่าค่าความผิดพลาดของเครื่องระบุตำแหน่งเทียบกับแอพพลิเคชันกูเกิลแมพ มีความผิดพลาด โดยคิดเป็นร้อยละ 6.73

เอกสารอ้างอิง (References)

อภัสราภรณ์ ฉิมชัย และอมรทิพย์ สุขแก้ว. (2561). **รายงานการวิจัยเรื่อง แพลตฟอร์มให้บริการ IoT Cloud บนโพรโตคอล MQTT ด้วยการออกแบบผังการทำงานผ่าน Node-RED.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อภิศักดิ์ เกตุขาว. (2558). การพัฒนาแอนดรอยด์แอพพลิเคชั่นตรวจสอบค่าโดยสารแท็กซี่มิเตอร์ และเส้นทาง. ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม, 52-63.

InfluxData Inc (2012). **InfluxDB 1.7 documentation.** ค้นเมื่อ 6 พฤษภาคม 2561 จาก https://docs.influxdata.com/influxdb/v1.7

Node-RED Programming guide. ค้นเมื่อ 6 พฤษภาคม 2561 จาก http://noderedguide.com.

MQTT. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2561 จาก http://mqtt.org.

SparkFun. **How Does GPS Work**. ค้นเมื่อ 14 กรกฎาคม 2561 จาก https://learn.sparkfun.com/tutorial/gps-basics/how-does-gps-work.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **Latitude.** ค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2561 จาก https://en.wikipedia.org/wiki/

PLAYELEK. **True NB-IoT board ส่งข้อมูลไป InfluxDB ด้วย UDP.** ค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2561 จาก https://playelek.com/true-nb-iot-influx-udp/

True-NB-IoT-Board library. ค้นเมื่อ 14 มกราคม 2561 จาก https://github.com/trueiot/True-NB-IoT-Board.

Google. **Maps.** ค้นเมื่อ 14 มกราคม 2561 จาก https://www.google.com/maps