JIST Journal of Information Science and Technology
Volume 8, NO 2 | JUL – DEC 2018 | 15-24

ระบบแจ้งเตือนผ่านโมบายแอปพลิเคชันเมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านจุดตรวจโดยใช้อาร์เอฟไอดี

The movement of cars through checkpoints alert system via mobile application using radio frequency identification

เชี่ยวชาญ ยางศิลา

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

Received: October 28, 2018; Revised: December 16, 2018; Accepted: December 24, 2018; Published: December 25, 2018

ABSTRACT – The aim of this research is to develop the vehicle alert system by using Radio Frequency Identification (RFID). The alert messages will be sent from this system to the vehicle owners via android application. Moreover, Radio Frequency Identification technology will be used in the vehicle detection system by installing Radio Frequency Identification Tag in the vehicles. The vehicle owners will have to register for the alert system service of Firebase Cloud Messaging (FCM) which depends on Google Play Services. Hardware is composed as follow: 1) Radio Frequency Identification Reader (Version: SID-U861-12dbi), it is able to cover a range of 25 meters and 2) Radio Frequency Identification Tag (Version: UHF Windshield Tag Model 10050), it is able to cover a range of 8 meters. Software is composed as follow: 1) Web server is used for registration and received the alert messages from system. Then it will manage data payload and transform to Firebase Cloud Messaging. 2) Firebase Cloud Messaging is used to send the alert messages via android application and 3) MongoDB is used for storing Tag ID which is processed from RFID Tag by applying Time to Live Indexes (TTL). The principle of system is when the vehicle is installed RFID Tag gets close to RFID Reader, the system will send the alert messages every 5 seconds. Until the vehicle pass RFID Reader. Results from the testing, the system has 100% accuracy.

KEY WORDS -- alert system; android application; RFID; firebase cloud messaging

บทคัดย่อ -- การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนเมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี โดยระบบสามารถแจ้งเตือนเจ้าของรถยนต์ผ่านแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน การตรวจจับรถยนต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีโดยทำการติดตั้งอาร์เอฟไอดีแท็กไว้ในรถยนต์แล้วทำการลงทะเบียน การแจ้งเตือนใช้บริการเอฟซีเอ็มหรือไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิงซึ่งเป็นบริการฟรีของ google ระบบดังกล่าวประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์ ดังนี้ 1) เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่น SID-U861-12dbi รองรับระยะห่างไม่เกิน 25 เมตร และ 2) อาร์เอฟไอดีแท็ก รุ่น UHF Windshield Tag Model 10050 รองรับระยะห่างไม่เกิน 8 เมตร ในส่วนของซอฟต์แวร์ ประกอบไปด้วย 1) เว็บเซิร์ฟเวอร์ ใช้สำหรับลงทะเบียนและรับข้อมูลการแจ้งเตือนจากระบบแล้วจัดรูปแบบเป็น data payload ก่อนส่งต่อไปยังเอฟซีเอ็ม 2) เอฟซีเอ็ม ใช้สำหรับส่งข้อมูลการแจ้งเตือนไปยังแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน และ 3) มองโกดีบี ใช้สำหรับเก็บแท็กไอดีที่อ่านมาจากอาร์เอฟไอดีแท็กโดยประยุกต์ใช้คุณสมบัติของดัชนีแบบ time to live หลักการทำงานของระบบก็คือ เมื่อรถยนต์ที่ติดตั้งอาร์เอฟไอดีแท็กวิ่งเข้ามาในระยะทำการอ่านของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนทุก ๆ 5 วินาทีจนกว่ารถยนต์จะวิ่งเลยระยะทำการอ่าน จากการทดสอบระบบพบว่าระบบให้ความถูกต้อง 100%

คำสำคัญ – ระบบแจ้งเตือน; แอนดรอยด์แอปพลิเคชัน; อาร์เอฟไอดี; ไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิง

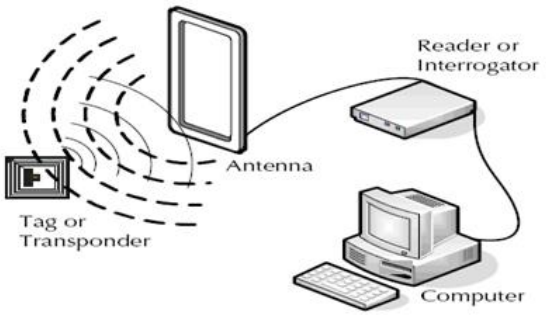
Corresponding Author : kasam_com@hotmail.com

1. บทนำ

ศูนย์ปราบปรามการโจรกรรมรถยนต์ รถจักรยานยนต์ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ เปิดเผยสถิติการโจรกรรมรถยนต์ทั่วประเทศ 10 อันดับแรก ตั้งแต่ 1 มกราคม 2550 - 15 มกราคม 2559 ยี่ห้อโตโยต้า รวม 4,436 คัน รองลงมา คือ อีซูซุ 3,904 คัน นิสสัน 1,037 คัน ฮอนด้า 965 คัน มิตซูบิชิ 850 คัน มาสด้า 238 คัน ฟอร์ด 217 คัน ฮิโน่ 178 คัน เชฟโรเล็ต 127 คัน และ ซูซูกิ 78 คัน ขณะที่ช่วงเวลาการเกิดเหตุโจรกรรมรถยนต์ ช่วงเวลาที่เกิดเหตุมากที่สุด คือ 18.00-24.00 น. รองมาลง คือ 00.01-06.00 น. [1] นับเป็นสถิติที่น่าตกใจเป็นอย่างยิ่ง ในส่วนของมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ซึ่งได้ก่อตั้งเมื่อปีพุทธศักราช 2540 บนเนื้อที่ 961 ไร่ 1 งาน 30 ตารางวา ในปัจจุบันยังไม่ได้จัดสร้างรั้วรอบมหาวิทยาลัย มีความเสี่ยงที่จะเกิดการโจรกรรมรถยนต์ได้ง่ายขึ้น ที่ผ่านมารถยนต์ของบุคลากรเคยถูกโจรกรรมมาแล้วจำนวน 1 คัน ประกอบกับในปัจจุบันจำนวนบุคลากรและนักศึกษาของมหาวิทยาลัยได้เพิ่มขึ้นและแนวโน้มการใช้งานรถยนต์ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมหาวิทยาลัยไม่สามารถจัดสร้างที่จอดรถยนต์ที่ปลอดภัยได้อย่างเพียงพอ บุคลากรและนักศึกษาจึงจำเป็นต้องจอดรถยนต์ตามบริเวณต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัย จากนั้นก็เข้าปฏิบัติงาน/เรียนในอาคาร ซึ่งในระหว่างปฏิบัติงานไม่มีเจ้าหน้าที่ดูแลรถยนต์อย่างเพียงพอ จึงอาจเกิดช่องว่างให้ผู้ไม่ประสงค์ดีสามารถโจรกรรมรถยนต์ได้ง่ายมากขึ้น ดังนั้น เพื่อลดความเสี่ยงและสร้างความปลอดภัยให้กับรถยนต์ของบุคลากรและนักศึกษาที่จอดรถยนต์ตามบริเวณต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนการเคลื่อนที่ของรถยนต์ ซึ่งเมื่อระบบตรวจพบการเคลื่อนที่ของรถยนต์ จะส่งข้อความเข้าโทรศัพท์มือถือที่ติดตั้งแอนดรอยด์แอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา เพื่อให้บุคลากรและนักศึกษาสามารถดำเนินการใด ๆ ได้อย่างเหมาะสมและทันกาล

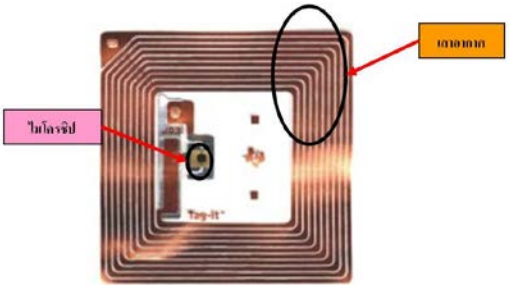
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) อาร์เอฟไอดี (radio frequency identification) [2] คือ การระบุตัวตนของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ป้ายหรืออาร์เอฟไอดีแท็ก (RFID tag), เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี (RFID reader) และคอมพิวเตอร์หรือระบบที่ใช้ประมวลผล รายละเอียดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของระบบอาร์เอฟไอดี

1.1) อาร์เอฟไอดีแท็ก ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ภายในจะประกอบด้วย เสาอากาศ และตัวไมโครชิป ในส่วนของตัวเสาอากาศนั้น จะทำหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุระหว่างอาร์เอฟไอดีแท็กกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี นอกจากนั้นแล้วยังสามารถทำหน้าที่สร้างพลังงานเพื่อป้อนให้กับไมโครชิปได้อีกด้วย



รูปที่ 2 แสดงองค์ประกอบภายในอาร์เอฟไอดีแท็ก

อาร์เอฟไอดีแท็กมี 2 ประเภท คือ 1) ชนิด passive แท็กชนิดนี้ทำงานได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก เพราะภายในบัตรมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เป็นแหล่งพลังงานในตัวอยู่แล้ว ระยะการอ่านข้อมูลได้ในระยะสั้น ๆ เท่านั้น (ขึ้นอยู่กับกำลังส่งของเครื่องอ่านและความถี่วิทยุที่ใช้) แท็กประเภทนี้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา และ 2) ชนิด active แท็กชนิดนี้ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก เพื่อจ่ายไฟให้วงจรทำงาน ระยะการอ่านข้อมูลได้ประมาณ 100 เมตร แต่มีข้อเสียคือ ขนาดของป้ายหรือเครื่องอ่านมีขนาดใหญ่ อายุแบตเตอรี่มีอายุการใช้งานประมาณ 3-7 ปี ในงานวิจัยนี้ใช้แท็กแบบ passive รองรับระยะห่าง 8 เมตร รายละเอียดจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

1.2) เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับแท็กเพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงในแท็กโดยใช้สัญญาณวิทยุ ซึ่งภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วย เสาอากาศ เพื่อใช้รับ-ส่งสัญญาณ, ภาครับ-ภาคส่งสัญญาณวิทยุ, วงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูล และส่วนที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกันกับในส่วนของแท็ก เครื่องอ่านนั้นจะมีชนิดและลักษณะรูปร่างหลากหลายแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น แบบมือถือ, แบบติดหนัง จนไปถึงแบบขนาดใหญ่เท่าประตู

2) ดัชนี (index) แบบ time to live [3] ในมองโกดีบี (MongoDB) เป็นดัชนีที่นิยมนำไปใช้ในงานที่ต้องการให้มีการลบข้อมูลอัตโนมัติเมื่อหมดเวลา สามารถประยุกต์ใช้ได้หลาย ๆ เรื่อง เช่น เก็บ session ของผู้เข้าใช้งานระบบ เก็บราคาสินค้าของวันนี้สำหรับสินค้าประเภทที่มีการเปลี่ยนแปลงราคาทุกวัน เก็บข้อมูลการประมูล ณ วันปัจจุบัน ระบบโหวตวันต่อวัน การใช้คุณสมบัตินี้จะช่วยให้ลดการเขียนโค้ดของระบบที่นำไปใช้ได้อย่างมาก ตัวอย่างการสร้างดัชนีแบบ time to live

```
db.session.createIndex({logon:1} , {expireAfterSeconds : 5} )
```

จากตัวอย่าง คือ การสร้างดัชนีจากฟิลด์ logon ให้หมดเวลาภายใน 5 วินาที

3) เทพฤทธิ์ สินศุภเศวต [4] ได้พัฒนาระบบป้องกันการโจรกรรมแบบเวลาจริงโดยใช้เทคโนโลยี RFID: กรณีศึกษา บริษัท โอเคคาร์เซ็นเตอร์ จำกัด ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID พบว่า ระบบสามารถตรวจจับได้ว่ารถคันไหนกำลังถูกขับออกไปโดยได้รับอนุญาตหรือไม่ ของที่อยู่ในรถถูกสับเปลี่ยนหรือหายไปหรือไม่อย่างทันทีทันใด สามารถเก็บข้อมูลการเข้า-ออกของรถได้ และแจ้งเตือนได้ เมื่อตรวจพบเหตุผิดปกติขณะนำรถออกหรือเข้าศูนย์ โดยสามารถตรวจจับและประมวลผลได้ถูกต้องสูงถึง 91.25%

4) ภาณุมาศ หาภา [5] ได้พัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยยานพาหนะผ่านเข้าออกด้วยเทคโนโลยี RFID กรณีศึกษาโรงเรียนตากพิทยาคม ผลการศึกษา พบว่า ระบบสามารถลงทะเบียนรถยนต์ สามารถบันทึก แก้ไข ลบ ข้อมูลรถยนต์ ลงทะเบียนรถจักรยานยนต์ สามารถบันทึก แก้ไข ลบ ข้อมูลรถจักรยานยนต์ ตรวจสอบการจับคู่ระหว่างบุคคลกับยานพาหนะ สามารถระบุการจับคู่ที่ถูกต้อง แจ้งผ่านเข้าออกด้วยข้อความสั้น (SMS) สามารถส่งข้อความสั้นแจ้งการผ่านเข้าออกไปยังผู้ปกครองนักเรียน ระบุยานพาหนะแต่ละบุคคล สามารถยืนยันความถูกต้อง ระหว่างบุคคลกับยานพาหนะ รายงานผู้บริหาร แจ้งสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลสามารถสืบค้นข้อมูลสถิติ การเข้าออกวิเคราะห์ข้อมูลการเข้าออก ผลจากการศึกษาพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจระดับมาก

5) รุ่งกิจ กมลกลาง [6] ได้ศึกษา การประยุกต์ใช้ RFID กับการควบคุมยานพาหนะเข้า-ออก กรณีศึกษาโรงเรียนจ่าอากาศ ผลการวิจัย พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบและติดตามข้อมูลของยานพาหนะที่กำลังผ่านเข้า-ออกได้ทันที ใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการรักษาความปลอดภัยด้านการควบคุมยานพาหนะให้กับผู้บังคับบัญชาตามความต้องการ

6) ทองทวี จิตพรมมา [7] ได้ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบติดตามโคกระบือโครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด “ร้อยแก่น สารสินธุ์” ด้วย RFID ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและจัดเก็บข้อมูลของโค-กระบือโครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด “ร้อยแก่น สารสินธุ์” 2) พัฒนาระบบฐานข้อมูลโค- กระบือ โครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด “ร้อยแก่น สารสินธุ์”ในรูปแบบข้อมูลสารสนเทศ 3) พัฒนาระบบติดตามโค-กระบือโครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด “ร้อยแก่น สารสินธุ์”ด้วย RFID ผลจากการทดสอบการใช้งานจริงสามารถอ่านค่าได้ในระยะเฉลี่ย 358 เซนติเมตร

7) ชมพูนุช บุญฤทธิ์อมรชัย [8] ได้ศึกษาค้นคว้าอิสระ เรื่อง ระบบบริหารคลังเวชภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี โดยการใช้โรงพยาบาลลำปางเป็นกรณีศึกษา ผลจากการทดสอบระบบจากห้องปฏิบัติการและทดสอบกับผู้ใช้งานจริง พบว่า กระบวนการที่มีการใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีได้ลดขั้นตอนจาก 27 ขั้นตอนให้เหลือ 13 ขั้นตอน และสามารถช่วยลดเวลาการตรวจสอบจำนวนยาใน Stock ได้ถึง 98.37% ลดเวลาการลงทะเบียนยาใหม่ได้ถึง 77.27% ลดเวลาการค้นหายาใกล้หมดอายุ 98.51% ลดเวลาในการค้นหายาสูญหายได้ถึง 96.67% และค้นหารายการยาที่ใกล้หมดได้ถึง 98.46% ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.31) ซึ่งเป็นไปตามคำถามงานวิจัย

8) Eui-Nam Huh et al. [9] และ Nabish Kumar et al. [10] ได้ประยุกต์ใช้งาน google cloud messaging (GCM) ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของเอฟซีเอ็ม พบว่า GCM ช่วยลดปริมาณข้อมูลในเครือข่ายและใช้พลังงานไฟจากแบตเตอรี่ต่ำ

9) เชี่ยวชาญ ยางศิลา [11, 12] ได้ประยุกต์ใช้งาน ไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิง ในการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอนดรอยน์แอปพลิเคชัน ผลการวิจัยพบว่า การส่งข้อมูลแจ้งเตือนให้ความถูกต้อง 100%

10) เดชาวุฒิ วานิชสรรพ์, คมศักดิ์ ผลพฤกษา และญานี ลำจอง [13] ได้ออกแบบระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านด้วยราสเบอรีพายผ่านช่องทางเฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์ ร่วมกับตัวรับรู้พีไออาร์ (เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว) เมื่อตรวจพบความเคลื่อนไหวระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านทางเฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์ พบว่าตัวรับรู้พีไออาร์สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวในทิศทางและระยะทางที่แตกต่างกันได้ค่อนข้างมีประสิทธิผล ข้อจำกัดของระบบก็คือ ถ้ามีการส่งข้อมูลซ้ำ ๆ กันมากเกินไปจะถูกบล็อกจากเฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง งานวิจัย [5, 15] ในการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนจากระบบไปยังผู้ใช้จะส่งโดยใช้ข้อความสั้น (SMS) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเข้ามาเกี่ยวข้อง งานวิจัย [13] ส่งโดยใช้เฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์ ซึ่งพบข้อจำกัดของระบบก็คือ ถ้ามีการส่งข้อมูลซ้ำ ๆ กันมากเกินไปจะถูกบล็อกจากเฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอระบบที่สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิงเพื่อส่งต่อไปยังแอนดรอยน์แอปพลิเคชันที่อยู่บนโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้ ซึ่งบริการส่งข้อความที่เลือกใช้เป็นบริการของ google ไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ และมีความเสถียรสูง [9, 11, 12] เมื่อศึกษาประสิทธิภาพของอาร์เอฟไอดีจากหลาย ๆ งานวิจัยพบว่าทุกงานวิจัยให้ผลลัพธ์ที่ดี ประกอบกับโดยลักษณะการอ่านข้อมูลของอาร์เอฟไอดี เมื่ออาร์เอฟไอดีแท็กเคลื่อนที่เข้ามาในระยะทำการอ่านของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีจะถูกอ่านข้อมูลตลอดเวลา ซึ่งงานวิจัยที่อ้างถึงไม่ได้กล่าวถึงการจัดการประเด็นนี้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอด้วยการใช้ดัชนีแบบ time to live ในมองโกดีบีในการจัดการ กล่าวคือ การอ่านอาร์เอฟไอดีแท็กครั้งแรกระบบฯ จะแจ้งเตือนทันทีและหน่วงเวลาทุก ๆ 5 วินาที สำหรับการแจ้งเตือนครั้งถัดไปเพื่อลดความถี่ในการแจ้งเตือน

3. แนวคิด/วิธีการที่นำ เสนอ

3.1 ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง

1) เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี รุ่น SID-U861-12dbi ใช้คลื่น UHF ความถี่ช่วง 902-928 MHz รองรับระยะห่างไม่เกิน 25 เมตร

รูปที่ 3 ตัวอย่างเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

2) อาร์เอฟไอดีแท็ก รุ่น UHF Windshield Tag Model 10050 แบบสติ๊กเกอร์ โพรโตคอล EPC C1 Gen2/ISO19=8000-6C รองรับความถี่ 920-925 Mhz รองรับระยะห่างระหว่างอาร์เอฟไอดีแท็กกับเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ไม่เกิน 8 เมตร เมื่อใช้เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี 12dbi

รูปที่ 4 อาร์เอฟไอดีแท็กแบบสติ๊กเกอร์

3) คอมพิวเตอร์ สำหรับอ่านแท็กไอดีจากเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ก่อนส่งไปประมวลผลในระบบ

3.2 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

1) โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ (apache) สำหรับให้บริการเว็บเพจที่พัฒนาด้วยภาษา PHP

2) ไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิง [14] คือ บริการที่สามารถใช้ส่งข้อความข้ามแพลตฟอร์ม ทั้งแอนดรอยน์, iOS และเว็บไซต์ เพื่อแจ้งเตือนให้ฝั่งของ client ว่ามีข้อมูลอะไร (ชื่อเดิมก็คือ google cloud messaging : GCM) เอฟซีเอ็มมีคลาสให้นักเขียนโปรแกรมสามารถเรียกใช้งานได้หลัก ๆ จำนวน 2 คลาส ได้แก่

2.1) MyFirebaseInstanceIDService.java คลาสนี้ใช้สำหรับการรับค่า token (รหัสที่ google สร้างให้โดยอัตโนมัติ) ซึ่งสามารถเข้าถึงได้โดยใช้เมธอด onTokenRefresh โดยจะถูกเรียกเมื่อค่า token มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเราสามารถทำการส่ง token ไปเก็บหรืออัพเดทไว้ในฐานข้อมูลได้

2.2) MyFirebaseMessagingService.java คลาสนี้ใช้สำหรับรับข้อมูลที่แนบมากับการส่ง notification payload แบบ foreground โดยเมธอด onMessageReceived จะถูกเรียกเพื่อรับ remoteMessage object ของข้อมูลที่เราได้ส่งมาด้วย ส่วนการรับข้อมูลแบบ background จะรับข้อมูลที่แนบมากับการส่งแบบ data payload

3) โปรแกรม android studio เป็นเครื่องมือพัฒนา (IDE : integrated development environment) ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการพัฒนาแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน บนพื้นฐานของแนวคิด IntelliJ โดยมีความสามารถในการทำงานเด่น ๆ ในขณะนี้ ดังต่อไปนี้

3.1) มีความยืดหยุ่นในการใช้งานด้วยใช้ Gradle-based

3.2) การสร้างตัวแปรและการสร้างไฟล์ APK ในหลาย ๆ แม่แบบ

3.3) แม่แบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งานคุณสมบัติที่ถูกใช้งานบ่อย ๆ

3.4) ตัวช่วยแก้ไขรูปแบบที่รองรับการลากและวาง

3.5) การสนับสนุนบิวท์อินสำหรับแพลตฟอร์ม google cloud ทำให้มันง่ายต่อการรวม firebase cloud messaging และ app engine

4) ภาษา PHP คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์สคริปต์ โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส ภาษาพีเอชพีใช้สำหรับพัฒนาเว็บไซต์และแสดงผลออกมาในรูปแบบภาษา HTML ในงานวิจัยนี้ ใช้ภาษาพีเอชพีในการพัฒนาเว็บเพจ ให้ทำหน้าที่ดังนี้

4.1) รับ token และรหัสประชาชนจากแอนดรอยน์แอปพลิเคชันแล้วบันทึกลงฐานข้อมูลการลงทะเบียน

4.2) รับแท็กไอดีจากโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วยภาษา C# แล้วนำไปบันทึกลงฐานข้อมูลการลงทะเบียน (จับคู่กับ token)

4.3) รับแท็กไอดีจากโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วยภาษา C# แล้วนำไปสืบค้น token ในฐานข้อมูล ถ้าพบ token จะจัดรูปแบบข้อมูลการแจ้งเตือนเป็นแบบดาต้าเพย์โหลดก่อนส่งต่อให้กับเอฟซีเอ็ม

5) ภาษา Visual C# สำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับติดต่อเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและส่งข้อมูลให้กับเว็บเซิร์ฟเวอร์และมองโกดีบี

6) โปรแกรมมองโกดีบี เป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลไม่สัมพันธ์ (non-relational database) หรือโดยทั่วไปจะถูกเรียกว่าฐานข้อมูลแบบ NoSQL (หรือฐานข้อมูลที่ไม่ใช้คำสั่ง SQL ในการจัดการฐานข้อมูล) ในงานวิจัยนี้ใช้สำหรับจัดเก็บแท็กไอดี (tag ID) ที่อ่านมาจากอาร์เอฟไอดีแท็กและใช้บริการดัชนีแบบ time to live

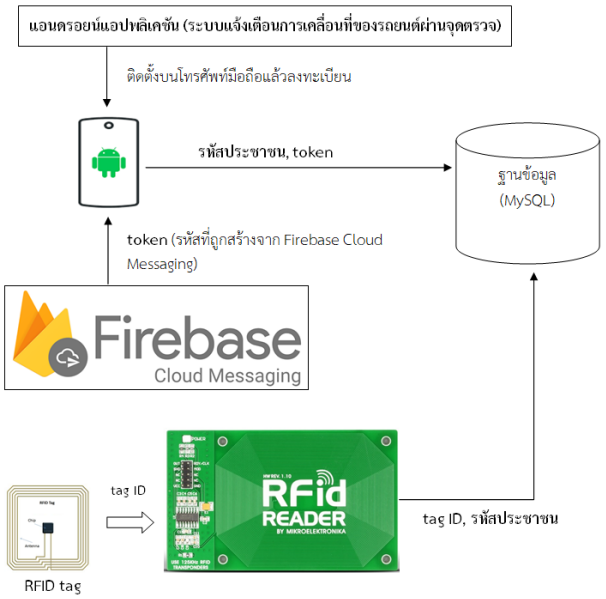
7) โปรแกรม MySQL สำหรับเก็บฐานข้อมูลการลงทะเบียน

3.3 การออกแบบฐานข้อมูลใน MySQL

ตารางที่ 1. แสดงรีเลชันสำหรับเก็บข้อมูลการลงทะเบียน

แอททริบิวต์	ชนิด/ขนาด	คีย์	รายละเอียด
pid	varchar(100)		รหัสประชาชน
token	varchar(200)		token ใช้ระบุที่อยู่ของแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน
tag_id	varchar(100)	PK	เก็บ tag ID

3.4 แบบจำลองสำหรับการลงทะเบียน



รูปที่ 5 แสดงแบบจำลองสำหรับการลงทะเบียน

จากรูปที่ 5 ขั้นตอนการลงทะเบียน มี 2 ส่วน ได้แก่

1) ใช้โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วยภาษา Visual C# อ่านแท็กไอดี และกรอกรหัสประชาชน (ใช้อ้างอิงเวลาจะปรับปรุง

ข้อมูลเพื่อจับคู่ระหว่างแท็กไอดีกับ token) แล้วนำไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลใน MySQL แอททริบิวต์ pid และแอททริบิวต์ tag_id (ตารางที่ 1)

2) ทำการติดตั้งแอนดรอยด์แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ จะได้รับรหัส (token) จาก google จากนั้นนำรหัสที่ได้ไป update ข้อมูลในฐานข้อมูลการลงทะเบียนใน MySQL ตามรหัสประชาชน (update แอททริบิวต์ token ในตารางที่ 1)

3.5 การออกแบบฐานข้อมูลในมองโกดีบี

การอ่านข้อมูลจากอาร์เอฟไอดีแท็กจะแตกต่างจากการอ่านข้อมูลจากบาร์โค้ด กล่าวคือ เมื่ออาร์เอฟไอดีแท็กเคลื่อนที่เข้ามาในระยะทำการอ่าน เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีจะอ่านข้อมูลตลอดเวลา ผู้วิจัยจึงคิดค้นอัลกอริทึมในการหน่วงเวลาในการแจ้งเตือน โดยในการอ่านอาร์เอฟไอดีแท็กครั้งแรกระบบฯ จะแจ้งเตือนทันที ส่วนการแจ้งเตือนครั้งถัดไปจะแจ้งเตือนทุก ๆ 5 วินาทีจนกว่าอาร์เอฟไอดีแท็กจะเคลื่อนที่เลยระยะทำการอ่าน โดยประยุกต์ใช้ความสามารถของดัชนีแบบ time to live ในมองโกดีบี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงคอนเล็กชันสำหรับการหน่วงเวลา

ฟิลด์	ชนิด	คีย์	รายละเอียด
_id	String	PK	เก็บ tag ID
inserted	Date	time to live	วันที่ปัจจุบันจากระบบ

หมายเหตุ ฟิลด์ _id ในแต่ละคอนเล็กชันในมองโกดีบี จะถูกกำหนดให้เป็นคีย์หลักโดยอัตโนมัติ ในงานวิจัยนี้จึงกำหนดให้ฟิลด์ _id เก็บแท็กไอดี ดังนั้น เมื่อเครื่องอ่านฯ อ่านแท็กไอดีที่ซ้ำกันก็จะไม่สามารถแทรกแท็กไอดีได้จนกว่าแท็กไอดีนั้นจะถูกลบเพราะว่าหมดเวลา

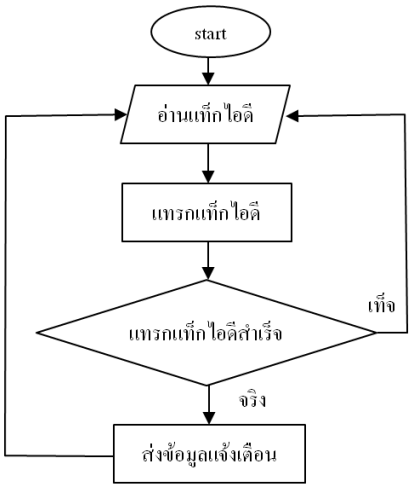
ตัวอย่างคำสั่งแทรกแท็กไอดี

```
db.rfid.insert({_id:"E200516965090233131095DA",
                inserted:new Date()});
```

ตัวอย่างคำสั่งสร้างดัชนี

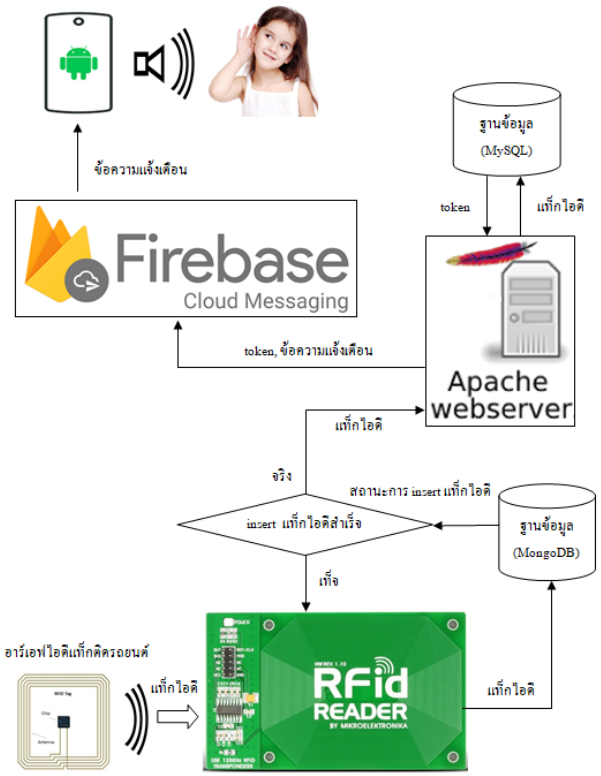
```
db.rfid.createIndex({inserted:1} , {expireAfterSeconds : 5})
```

จากตัวอย่างคำสั่ง คือการสร้างดัชนีจากฟิลด์ inserted กำหนดให้หมดเวลาทุก ๆ 5 วินาที (ถ้าหมดเวลามองโกดีบี จะทำการลบเอกสารนั้น ๆ ออกจากคอนเล็กชันโดยอัตโนมัติ ซึ่งก็จะส่งผลให้สามารถแทรกแท็กไอดีใหม่ได้) รูปที่ 6 แสดงผังงานการแทรกแท็กไอดีและการแจ้งเตือน



รูปที่ 6 ผังงานแสดงขั้นตอนการแทรกแท็กไอดีในมองโกดีบี

3.6 แบบจำลองการตรวจจับและแจ้งเตือน



รูปที่ 7 แสดงแบบจำลองสำหรับการตรวจจับและแจ้งเตือน

จากรูปที่ 7 ขั้นตอนการตรวจจับและแจ้งเตือนมีดังนี้

1) เมื่ออาร์เอฟไอดีแท็กเคลื่อนที่เข้ามาในระยะทำการอ่านเครื่องอ่านฯ จะอ่านแท็กไอดี แล้วส่งแท็กไอดีไปบันทึกในฐานข้อมูลมองโกดีบี

2) ถ้าสามารถ insert เอกสาร (แท็กไอดี) ในมองโกดีบีได้ จะส่งแท็กไอดี ต่อไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ (แต่ละเอกสารในมองโกดีบีจะมีอายุ 5 วินาที) แต่ถ้าไม่สามารถ insert เอกสารในมองโกดีบีก็จะไม่ดำเนินการใด ๆ

3) เมื่อเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้รับแท็กไอดีก็จะใช้แท็กไอดีดังกล่าวในการสืบค้น token ในฐานข้อมูลการลงทะเบียนใน MySQL ที่เคยลงทะเบียนไว้

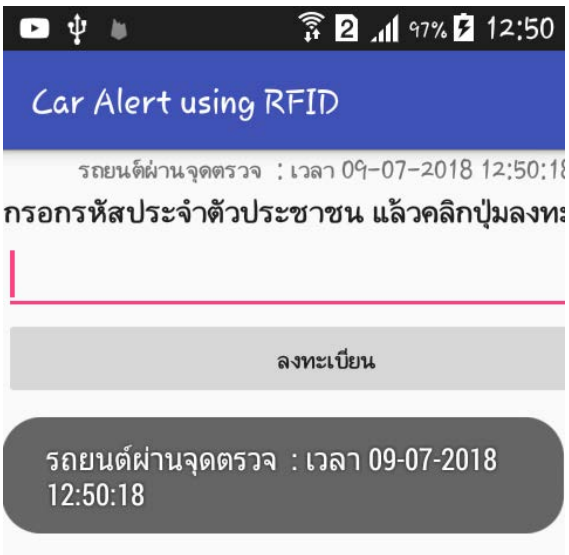
4) ถ้าผลการสืบค้นพบ token เว็บเซิร์ฟเวอร์จะส่ง token และข้อความแจ้งเตือนไปยังเอฟซีเอ็มโดยจัดรูปแบบเป็นแบบคาต้าเพย์โหลด

5) เมื่อเอฟซีเอ็มได้รับ token และข้อมูลการแจ้งเตือนจากเว็บเซิร์ฟเวอร์ เอฟซีเอ็มส่งข้อมูลการแจ้งเตือนไปยังแอนดรอยน์แอปพลิเคชันตาม token ที่ได้รับจากเว็บเซิร์ฟเวอร์

6) แอนดรอยน์แอปพลิเคชัน จะแจ้งเตือนด้วยเสียงและข้อความแม้ว่าเจ้าของโทรศัพท์จะไม่ได้เปิดแอปพลิเคชันก็ตาม

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 การใช้งานแอนดรอยน์แอปพลิเคชัน



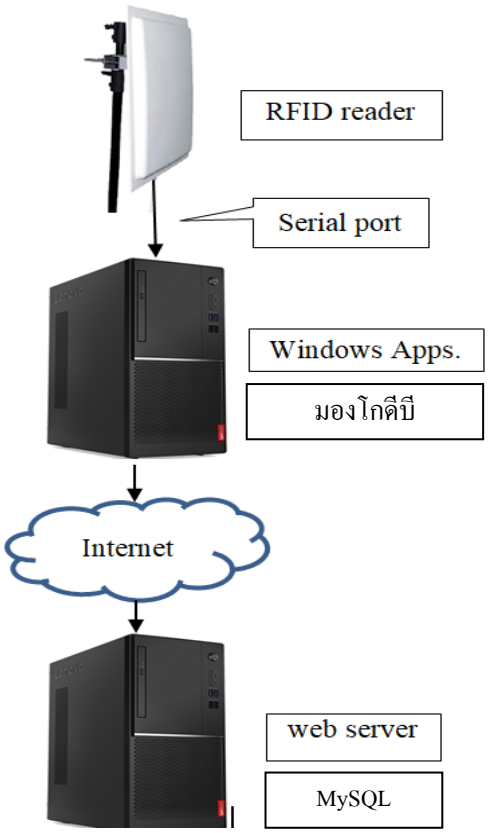
รูปที่ 8 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของแอนดรอยน์แอปพลิเคชัน

จากรูปที่ 8 การใช้งานแอนดรอยน์แอปพลิเคชัน มีดังนี้

1) ใช้สำหรับลงทะเบียน โดยการกรอกรหัสประชาชนแล้วกดที่ปุ่ม “ลงทะเบียน” โปรแกรมจะส่งรหัสประชาชนและ token (ซึ่งได้รับมาจาก google) ไปบันทึกในฐานข้อมูลการลงทะเบียนในโปรแกรม MySQL (ตารางที่ 1)

2) รอรับข้อมูลการแจ้งเตือน โดยโปรแกรมจะส่งเสียงและแสดงข้อความแจ้งเตือนในส่วนของพื้นที่สีเทา ถึงแม้ว่าเจ้าของโทรศัพท์จะไม่ได้เปิดแอปพลิเคชันก็ตาม

4.2 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์



รูปที่ 9 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์

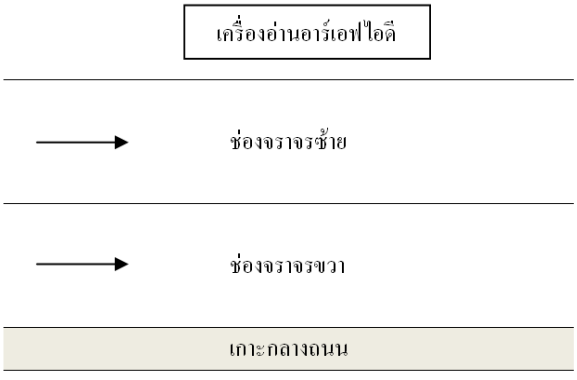
จากรูปที่ 9 แสดงการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ มีหลักการทำงานดังนี้

1) เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่รันโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาด้วยภาษา Visual C# ด้วยพอร์ตอนุกรม โดยเมื่อเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีตรวจพบอาร์เอฟไอดีแท็ก เครื่องอ่านฯ จะอ่านแท็กไอดีแล้วส่งให้โปรแกรมประยุกต์

2) โปรแกรมประยุกต์จะนำแท็กไอดี ไป insert ในฐานข้อมูลของมองโกดีบี ถ้าสามารถ insert แท็กไอดีได้ ก็จะส่งต่อไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อดำเนินการต่อไป (แต่ถ้าหากไม่สามารถ insert เอกสารก็จะไม่ดำเนินการใด ๆ)

4.3 การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบโดยใช้บริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของ true move h เนื่องจากทำการทดสอบภายนอกอาคารจึงไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต โดยได้เชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของ true move h ทั้งโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ที่รันโปรแกรมประยุกต์ ในส่วนของเว็บเซิร์ฟเวอร์ผู้วิจัยได้ทำการเช่า hosting จากผู้ให้บริการภาคเอกชนที่ติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์อยู่ที่อาคารการสื่อสารแห่งประเทศไทย กรุงเทพมหานคร ทำการทดสอบในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดบริเวณหน้าอาคารดนตรี ซึ่งมีถนน 4 ช่องจราจร ใช้รถยนต์ของผู้วิจัย จำนวน 1 คัน โดยได้ติดตั้งเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ริมถนนด้านซ้ายของรถยนต์และติดอาร์เอฟไอดีแท็กแบบสติ๊กเกอร์บริเวณกระจกมองหลังด้านซ้ายแล้วขับรถยนต์ผ่านเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี ด้วยความเร็วแตกต่างกันและทดลองเปลี่ยนช่องจราจรแล้วตรวจสอบความถูกต้องจากการแจ้งเตือนในแอนดรอยน์แอปพลิเคชัน ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3



รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์

ตารางที่ 3 ผลการทดลอง

ความเร็ว กม./ชม.	รถยนต์วิ่งบนช่องจราจรซ้าย	รถยนต์วิ่งบนช่องจราจรขวา
20	✓	✓
40	✓	✓
60	✓	✓
80	✓	✓

✓ หมายถึง ได้รับการแจ้งเตือน

หมายเหตุ ผู้วิจัยได้ทดลองติดอาร์เอฟไอดีแท็กบริเวณประตูรถยนต์ด้านซ้ายส่วนที่เป็นโลหะ พบว่า เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีไม่สามารถอ่านแท็กไอดีได้ จึงมีข้อเสนอแนะว่า ไม่ควรติดอาร์เอฟไอดีแท็กบริเวณที่เป็นโลหะ

5. บทสรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนเมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี โดยระบบสามารถแจ้งเตือนเจ้าของรถยนต์ผ่านแอนดรอยด์แอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น การตรวจจับการเคลื่อนที่ของรถยนต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีโดยทำการติดตั้งอาร์เอฟไอดีแท็กแบบสติ๊กเกอร์ที่ได้ลงทะเบียนแล้วไว้ในรถยนต์บริเวณกระจกมองหลังส่วนที่เป็นพลาสติก การแจ้งเตือนใช้บริการไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิงซึ่งเป็นบริการฟรีของ google ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบโดยใช้บริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของ true move h ทดสอบในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด บริเวณหน้าอาคารดนตรี ซึ่งมีถนน 4 ช่องจราจร โดยได้ติดตั้งเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีไว้ริมถนนด้านซ้ายของรถยนต์และติดอาร์เอฟไอดีแท็กบริเวณกระจกมองหลังของรถยนต์ด้านซ้ายแล้วขับรถยนต์ผ่านเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีด้วยความเร็วแตกต่างกันและทดลองเปลี่ยนช่องจราจรแล้วตรวจสอบความถูกต้องจากการแจ้งเตือน จากการทดสอบระบบ พบว่าระบบให้ความถูกต้อง 100%

6. อภิปรายผล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประเด็นการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนจากระบบฯ ไปยังผู้ใช้ งานวิจัย [5, 15] ส่งโดยใช้ข้อความสั้นซึ่งมีค่าใช้จ่ายเข้ามาเกี่ยวข้อง โกเศศ ศรีอุทธา [16] ส่งโดยได้ใช้เทคนิค push notification iOS ในการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยัง mobile app ซึ่งรองรับระบบปฏิบัติการ iOS เท่านั้น งานวิจัย [13] ส่งโดยใช้เฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์ ซึ่งพบข้อจำกัดของระบบก็คือ ถ้ามีการส่งข้อมูลซ้ำ ๆ กันมากเกินไปจะถูกบล็อกจากเฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอระบบที่สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิงเพื่อส่งต่อไปยังแอนดรอยน์แอปพลิเคชันที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา และสามารถส่งไปยัง mobile app ที่ติดตั้งในระบบปฏิบัติการ iOS ก็ได้ ซึ่งบริการส่งข้อความที่เลือกใช้เป็นบริการของ google ไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ และมีความเสถียรสูง [9, 11, 12] ประกอบกับโดยลักษณะการอ่านข้อมูลของอาร์เอฟไอดี เมื่ออาร์เอฟไอดีแท็กเคลื่อนที่เข้ามาในระยะทำการอ่านของเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี อาร์เอฟไอดีแท็กจะถูกอ่านแท็กไอดีตลอดเวลา ซึ่งงานวิจัยที่อ้างถึงไม่ได้กล่าวถึงการจัดการประเด็นนี้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอด้วยการใช้ดัชนีแบบ time to live ในมองโกดีบีในการจัดการ กล่าวคือ การอ่านอาร์เอฟไอดีแท็กครั้งแรกระบบฯ จะแจ้งเตือนทันทีและหน่วงเวลาทุก ๆ 5 วินาที สำหรับการแจ้งเตือนครั้งถัดไปเพื่อลดความถี่ในการแจ้งเตือน

7. ข้อเสนอแนะ

1) ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้อาร์เอฟไอดีแท็กแบบสติ๊กเกอร์ ซึ่งพบปัญหาที่จะฝากเป็นข้อเสนอแนะ คือ ถ้าติดอาร์เอฟไอดีแท็กในส่วนที่เป็นโลหะจะทำให้เครื่องอ่านอาร์เอฟไอดีไม่สามารถอ่านแท็กไอดีได้

2) การนำอาร์เอฟไอดีแท็กวางซ้อนกัน จะทำให้การอ่านแท็กไอดีมีข้อผิดพลาด

3) ไฟร์เบสคลาวด์เมสเสจจิง เป็นบริการฟรีของ google ซึ่งแน่นอนว่าทุกครั้งที่เราจะส่งข้อความแจ้งเตือน ข้อความนั้นจะถูกส่งไปที่ดาต้าเซ็นเตอร์ของ google ซึ่งในโซนเอเชียดาต้าเซ็นเตอร์ที่อยู่ใกล้ประเทศไทยมากที่สุด คือ สิงคโปร์ รองลงมา คือ ไต้หวัน [17] ในการทดสอบระบบครั้งแรก ผู้วิจัยได้ติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์อยู่ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ซึ่งพบว่าระยะเวลาตั้งแต่ระบบส่งข้อมูลการแจ้งเตือนจนกระทั่งโทรศัพท์มือถือได้รับข้อความหน่วงเวลาค่อนข้างมากและบางครั้งไม่ได้รับข้อมูล ผู้วิจัยจึงแก้ไขปัญหาโดยทำการเช่า hosting จากผู้ให้บริการภาคเอกชนที่ติดตั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์อยู่ที่อาคารการสื่อสารแห่งประเทศไทย กรุงเพทมหานคร ผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ ระยะเวลาลดลงเป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างยิ่ง [12]

เอกสารอ้างอิง

[1] “ลักรถข้ามประเทศพุ่ง แฝง AEC-‘โตโยต้า’ยี่ห้อฮิต/เปิดสถิติรถหายรอบ 9 ปี,” หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, 17 - 20 มกราคม พ.ศ. 2559. [Online], สืบค้นจาก: http://www.than settakij.com/content/26784. [สืบค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2561].

[2] “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ RFID,” thaieasyelec.com, ม.ป.ป. [Online]. สืบค้นจาก: http://thaieasyelec.com/article-wiki/ba sic-electronics/rfid-basic.html. [สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2560].

[3] “TTL Indexes,” docs.mongodb.com, n.d. [Online]. Available: https://docs.mongodb.com/manual/core/index-ttl. [Accessed August. 27, 2018].

[4] เทพฤทธิ์ สินศุภเศวต, “ระบบป้องกันการโจรกรรมแบบเวลาจริงโดยใช้เทคโนโลยี RFID: กรณีศึกษา บริษัท โอเคคาร์เซ็นเตอร์ จำกัด,” การศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553.

[5] ภาณุมาศ หาภา, “ระบบรักษาความปลอดภัยยานพาหนะผ่านเข้าออกด้วยเทคโนโลยี RFID กรณีศึกษา โรงเรียนตากพิทยาคม,” การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2552.

[6] รุ่งกิจ กมลกลาง, “การประยุกต์ใช้ RFID กับการควบคุมยานพาหนะเข้า-ออก กรณีศึกษา โรงเรียนจ่าอากาศ,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,

สาขาวิชาบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2552.

[7] ทองทวี จิตพรมมา, “การพัฒนาระบบติดตามโคกระบือโครงการหลวงในกลุ่มจังหวัด ‘ร้อยแก่น สารสินธุ์’ ด้วย RFID,” สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต ขอนแก่น, 2560.

[8] ชมพูนุช บุญฤทธิ์อมรชัย, “ระบบบริหารคลังเวชภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี,” การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2559.

[9] Cong-Thinh Huynh, Huu-Quoc Nguyen, Xuan-Qui Pham, Tien-Dung Nguyen, and Eui-Nam Huh, “Cloud-based Real-time location tracking and messaging system : A child-care case study,” ACM International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, At Bali, Indonesia. 8-10 January 2015.

[10] Nabish Kumar, Nitish Kumar, Pradeep Karki, and Ashwini Jarali, “A GCM and GPS Based Approach to Health Service,” ICTCS '16 Proceedings of the Second International Conference on Information and Communication Technology for Competitive Strategies. March 04 - 05, 2016. Article No. 117.

[11] เชี่ยวชาญ ยางศิลา, “ระบบบ้านอัตโนมัติต้นทุนต่ำโดยใช้แอนดรอยด์ ราสเบอรีพาย และอาดูโน่ ส่งข้อมูลโดยใช้การเขียนโปรแกรมแบบซ็อกเก็ตและเอฟซีเอ็ม กรณีศึกษา ระบบดูแลสัตว์เลี้ยงผ่านอินเทอร์เน็ต,” วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2561) หน้า 116-125.

[12] เชี่ยวชาญ ยางศิลา, “ระบบติดตามและแจ้งพิกัดการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ด้วยจีพีเอส เครือข่ายจีเอสเอ็มและแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน,” วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, ปีที่ 12 ฉบับพิเศษ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 หน้า 14-25.

[13] เดชาวุฒิ วานิชสรรพ์, คมศักดิ์ ผลพฤกษา และญานี ลำจอง, “ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านด้วยราสเบอรีพายผ่านช่องทางเฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์,” The Thirteenth National Conference on Computing and Information Technology. 6-7 กรกฎาคม 2560 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร. หน้า 761-766.

[14] “รู้จัก Firebase Cloud Messaging (FCM) ตั้งแต่ Zero จนเป็น Hero,” developers.ascendcorp.com, ม.ป.ป. [Online]. สืบค้นจาก: https://developers.ascendcorp.com/รู้จัก-firebase-cloud-messa ging-fcm-ตั้งแต่-zero-จนเป็น-hero-fb7900af92cd. [สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2560].

[15] อัมพวรรณ ยินดีมาก, “การออกแบบระบบป้องกันเด็กติดค้างในรถยนต์โดยใช้วิธีนับพร้อมกับระบุตัวตนด้วย RFID และศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจจับเด็กติดค้างโดยใช้ตัวตรวจจับทางอิเล็กทรอนิกส์,” ครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต ขอนแก่น, 2559.

[16] โกเศศ ศรีอุทธา, “การพัฒนาระบบแจ้งเตือนข่าวสารผ่านทางแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟน ,” สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2557.

[17] “Google Data Centers,” www.google.com, n.d. [Online]. Available: https://www.google.com/about/datacenters/inside/locations/index.html. [Accessed February. 27, 2018].