

ระบบเฝ้าติดตามค้นหาสมาร์ทโฟนภายในอาคาร

Indoor Smartphone Locating System (Sherlock Phone)

สิทิชา จารุรักษ์ (Sitita Charuraks)* และ ศิรปัฐ บัญครอง (Sirapat Boonkrong)*

บทคัดย่อ

การติดตามและระบุตำแหน่งอุปกรณ์สมาร์ทโฟนโดยแอปพลิเคชัน เช่น Find My iPhone หรือ Android Device Manager นั้น เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี GPS ในการแสดงสถานที่ตั้ง แต่เนื่องจาก GPS เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ได้ดีในที่โล่งแจ้งเท่านั้น การติดตามและระบุตำแหน่งอุปกรณ์สมาร์ทโฟนภายในตึกหรืออาคารจึงไม่สามารถทำได้โดยใช้เทคโนโลยีดังกล่าว งานวิจัยนี้ จึงได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบที่สามารถช่วยในการติดตามและระบุตำแหน่งของอุปกรณ์สมาร์ทโฟนภายในอาคาร โดยใช้สัญญาณเครือข่ายไร้สาย หรือ WiFi ซึ่งจากผลการทดลอง สามารถชี้ให้เห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถระบุตำแหน่งของอุปกรณ์สมาร์ทโฟนภายในอาคารได้จริง โดยการติดตามจากการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและ Access Point ที่อยู่ในเครือข่ายไร้สาย

คำสำคัญ: ติดตาม ระบุตำแหน่ง เครือข่ายไร้สาย

Abstract

Tracking and locating a smartphone device using such applications as Find My iPhone and Android Device Manager applies the GPS technology. However, GPS only works well in an outdoor area. This makes it difficult to track and locate a smartphone within a building using this technology. This research, therefore, designed and developed a system to assist in tracking and locating a smartphone indoor using a wireless network or WiFi. The results of the experiments showed that the proposed system was able to locate the smartphone correctly by tracking the connection between the smartphone and the wireless network's access points.

* คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* Faculty of Information Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

Keywords: Tracking, Locating, Wireless Network.

1. บทนำ

ปัจจุบันอุปกรณ์สมาร์ทโฟนถือเป็นอีกปัจจัยที่ถือว่าขาดไม่ได้ในการใช้ชีวิต ซึ่งสมาร์ทโฟนนั้น ไม่ได้ใช้ประโยชน์เพียงแค่การโทรศัพท์หรือสื่อสารทางเสียงเท่านั้น สมาร์ทโฟนยังสามารถใช้ในการสื่อสารด้วยภาพนิ่ง วิดีโอ ตัวหนังสือ รวมถึงการค้นหาข้อมูล และการบันทึกข้อมูลต่างๆ เช่น ภาพ เสียง และวิดีโอด้วย ความสามารถดังกล่าวข้างต้น ทำให้สมาร์ทโฟนถือเป็นอุปกรณ์ที่มีค่าและมีราคาสูง จึงเป็นที่หมายตาของผู้ไม่ประสงค์ดี และเป็นสิ่งที่ต้องพึงระวังสำหรับเจ้าของสมาร์ทโฟน อย่างไรก็ตาม การสูญเสียมาร์ทโฟนหรือการลืมสมาร์ทโฟนไว้ในสถานที่ต่างๆ นั้น มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้กับทุกคน

ดังนั้นจึงมีแอปพลิเคชันที่คอยช่วยติดตามระบุและแจ้งเตือนตำแหน่งของสมาร์ทโฟน เช่น Find My Phone [1] ของ Apple หรือ Android Device Manager [2] ของ Google โดยปัญหาของแอปพลิเคชันทั้งสองนั้น คือ การใช้ GPS เพื่อการติดตามและระบุตำแหน่ง [3] ซึ่งสามารถทำงานได้ในที่ที่สัญญาณเข้าถึงเท่านั้น กล่าวคือ แอปพลิเคชันเหล่านี้ไม่สามารถตรวจจับหรือระบุตำแหน่งของอุปกรณ์สมาร์ทโฟนได้หากอยู่ภายในตึกหรืออาคาร

ทว่าในปัจจุบันอาคารหรือตึก เช่น สำนักงาน หรือ ศูนย์การค้า มีการติดตั้งระบบเครือข่ายไร้สาย (WiFi) ที่มีระบบควบคุมโดยอุปกรณ์ Controller ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ถูกใช้ควบคุมและรวบรวมข้อมูลทั้งหมดระหว่าง Clients และ Access Point จึงเห็นควรนำอุปกรณ์ชนิดนี้ มาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการติดตามและระบุตำแหน่งของสมาร์ทโฟนภายในอาคาร เพื่อทดแทนและอุดช่องว่างของแอปพลิเคชันที่ใช้สัญญาณ GPS ได้

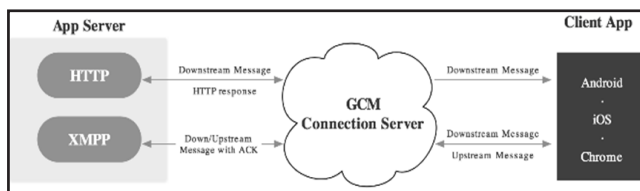
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Wireless LAN (Mobility Controller)

Access Point จะถูกควบคุมจาก Controller ส่วนกลาง โดยที่ Access Point จะส่งข้อมูล เช่น MAC Address, IP Address, Traffic Session, Signal to Noise Ratio ที่ได้รับจาก Clients ส่งตรงไปยัง Controller และนำเก็บไว้เพื่อใช้ในการคำนวณ ยิ่งไปกว่านั้น Controller ยังมีค่าต่างๆ เช่น Client MAC Address, Signal to Noise Ratio, IP Address, Access Point Name ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นค่าที่สามารถใช้ในการระบุตำแหน่งของ Clients ภายในอาคารได้

2.2 Google Cloud Message Service (GCM)

Google Cloud Message Service (GCM) ถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับส่งข้อความจาก Web Application ไปยังอุปกรณ์สมาร์ตโฟนปลายทาง โดยแอปพลิเคชันนี้เป็น Application Interface (API) สำหรับนักพัฒนาที่สามารถนำไปใช้สำหรับการรับ-ส่ง ข้อความแบบ Push Notification ผ่านระบบปฏิบัติการของสมาร์ตโฟนโดย Google จะทำการเปิด Service ในรูปแบบ Web Service โดยให้นักพัฒนาสามารถนำข้อความที่ต้องการส่งไปยังปลายทางส่งผ่าน Service GCM โดยมีกระบวนการตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การทำงานในการส่งข้อความ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการหาตำแหน่งอุปกรณ์บน 802.11

งานวิจัยของ Yongqiang Zhang และคณะ นำระบบ WiFi ใช้เพื่อตรวจสอบตำแหน่งคนงานเหมืองและหัวหน้าคนงานเนื่องจาก ได้ดินนั้นเป็นเขตปลอดภัยของโทรศัพท์ซึ่งยากต่อการสื่อสารระหว่างหัวหน้างานและคนงานเหมือง แต่การอาศัยสัญญาณ WiFi ของ Access Point ที่นำไปติดตั้งในพื้นที่ ที่มีการสำรวจแล้วและอาศัยอุปกรณ์ PDA, Handheld, WiFi Location Track ในการส่งสัญญาณมายัง Access Point ซึ่งมีการจัดทำแผนที่และกำหนดชื่อ Access Point ในแต่ละจุดและเมื่อคนงานเดินผ่านจุดของ Access Point

อุปกรณ์ไร้สายที่คนงานได้นำติดตัวไปด้วยจะทำการเชื่อมต่อกับ Access Point ตัวนั้นและระบบส่วนกลางจะทำการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ที่คนงานได้นำลงไปด้วยเพื่อระบุตำแหน่งสุดท้ายที่อุปกรณ์นั้นได้ทำการเชื่อมต่อกับ Access Point ตัวใดที่อยู่ในแผนที่ได้ดินเพื่อใช้ในการติดตามตัวคนงานในกรณีที่สูญหายหรือเข้าไปได้ดินเกินเวลาที่กำหนด [4] ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดนี้มาใช้ในการระบุตำแหน่งของสมาร์ตโฟน โดยระบุตำแหน่งของสมาร์ตโฟนจากการเชื่อมต่อกับ Access Point ชื่อไหนที่อยู่ในแผนที่ของภายในอาคาร

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบในการค้นหาอุปกรณ์สมาร์ตโฟนภายในอาคารพร้อมกับการแจ้งเตือนเมื่อพบอุปกรณ์

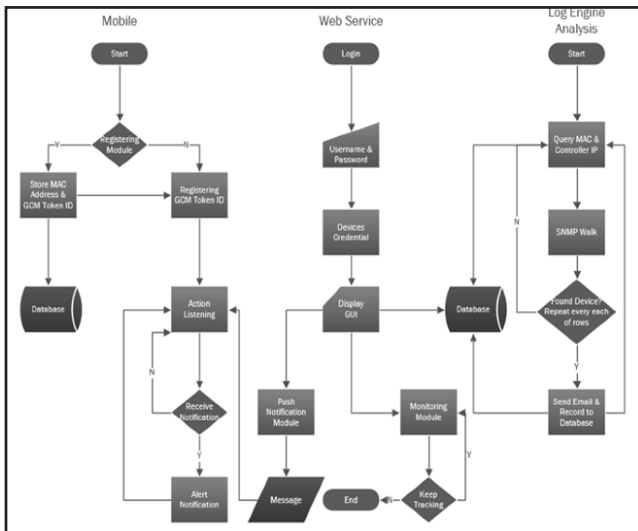
3.1 การศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา

จากการศึกษาระบบที่มีอยู่เดิมในปัจจุบันจาก Android Device Manager [2] และ Find My iPhone [1] พบว่าระบบที่มีอยู่เดิมนั้นสามารถระบุอุปกรณ์สมาร์ตโฟนได้แค่ในเฉพาะบริเวณพื้นที่ภายนอกอาคารเท่านั้น ซึ่งระบบเดิมที่กล่าวถึงนั้นถูกพัฒนาโดยเทคโนโลยีที่ใช้ Global Positioning System (GPS) [8] ในการระบุตำแหน่งเท่านั้น ถ้าต้องการรับสัญญาณระบุตำแหน่งภายในอาคารได้นั้น จำเป็นต้องทำการติดตั้งเสาสัญญาณพิเศษ [9] เพื่อให้ได้รับสัญญาณได้จากภายในอาคาร

อย่างไรก็ตามเนื่องจากการคำนวณระยะทางของ Global Positioning System (GPS) นั้นจะระบุตำแหน่งเป็นละติจูดและลองจิจูด ซึ่งนำมาคำนวณตำแหน่งได้เฉพาะพื้นผิวเท่านั้น จะไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แท้จริงของอุปกรณ์ปลายทางได้ว่าอยู่ชั้นไหนของอาคาร

3.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเฝ้าติดตามค้นหาอุปกรณ์สมาร์ตโฟนผ่านระบบเครือข่ายไร้สายมาตรฐาน 802.11 ภายในอาคารโดยระบุอุปกรณ์ผ่าน MAC Address และทำการ Push Notification ด้วย Google Cloud Message Service รวมถึงจัดทำ Web Service สำหรับผู้ใช้งานระบบ โดยจะแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2



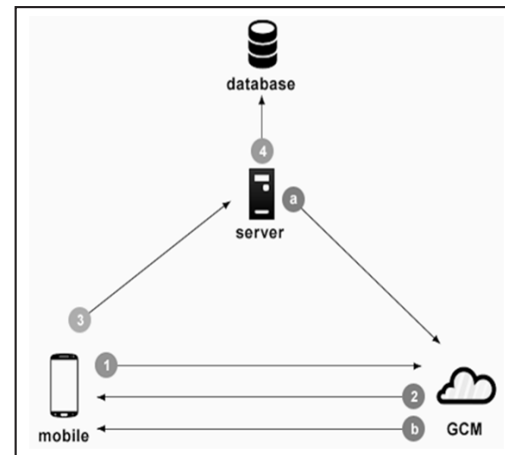
ภาพที่ 2 แผนผังการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 2 เป็นแผนผังกระบวนการ การทำงานของระบบระบบที่นำเสนอ ซึ่งระบบจะถูกออกแบบเป็น 3 ส่วนหลักคือ Mobile, Web Service, Log Engine Analysis ซึ่งจะมีหน้าที่การจัดการของแต่ละส่วน

3.2.1 กระบวนการของ Mobile

เป็นแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสำหรับสมาร์ทโฟน Android เพื่อทำหน้าที่ลงทะเบียนอุปกรณ์กับระบบและฝั่ง Agent บนอุปกรณ์เพื่อรองรับ Push Notification จากเครื่องแม่ข่ายในการทำ Action ต่างๆ ซึ่งการทำงานจาก Flow Chart สามารถอธิบายได้ดังนี้

เมื่อระบบเริ่มทำงานจะมีการตรวจสอบว่าอุปกรณ์นี้เป็นเครื่องใหม่ที่ต้องการที่จะลงทะเบียนเพื่อให้ได้ค่า MAC Address, Email, Username, Password ของผู้ใช้งานจัดเก็บเข้าฐานข้อมูลถ้าไม่มีการลงทะเบียนเนื่องจากอุปกรณ์ได้ลงทะเบียนกับระบบไว้แล้ว หรืออุปกรณ์ผ่านกระบวนการลงทะเบียนมาแล้ว ระบบจะเริ่มกระบวนการที่เรียกว่า Registering GCM Token ID ซึ่งเป็นการร้องขอ Token ID จาก Google Cloud Service Message (GCM) [5] เพื่อใช้ระบุอุปกรณ์ในการรับ Push Notification จาก Web Service ซึ่งจะแสดงดังภาพที่ 3 โดยขั้นตอนการทำงานของการทำงานของ GCM Token ID สำหรับ Mobile Application นั้น อยู่ในขั้นตอนที่ 1-4 และสำหรับ Web Application อยู่ในขั้นตอน a-b ในภาพที่ 4 ซึ่งสามารถอธิบายขั้นตอนได้ดังนี้



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของการทำงานของ GCM Token ID [13]

1) อุปกรณ์สมาร์ทโฟนจะทำการลงทะเบียนส่งค่า Email ที่เชื่อมต่อกับ Google Service ไว้เพื่อร้องขอ GCM Token ID [13] จาก Google Cloud Message Service (GCM)

2) GCM จะทำการส่ง GCM Token ID มายังอุปกรณ์สมาร์ทโฟนเพื่อใช้เป็น ID สำหรับ Session ในการรับ Push Notification

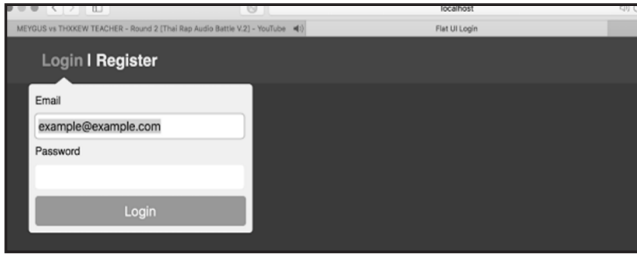
3) อุปกรณ์สมาร์ทโฟนจะทำการลงทะเบียนไปยัง Web Server ภายในด้วย MAC Address และ GCM Token ID เพื่อให้ Web Service ใช้ในการระบุอุปกรณ์ในการเฝ้าติดตามและส่ง Push Notification

4) เครื่องแม่ข่ายจะทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากสมาร์ทโฟนเข้า Database

หลังจากนั้น Mobile Application จะทำกระบวนการที่เรียกว่า Action Listening คือการเตรียมพร้อมระบบเพื่อรอ Event จาก Web Service ที่จะคอยส่ง Push Notification มาและเมื่อได้รับ Event แล้ว Mobile Application จะทำ Action ตาม Content ของ Event นั้นต่างๆ เช่น Lock หน้าจอ ส่งเสียงร้องหรือแม้แต่ส่งข้อความไปยังอุปกรณ์สมาร์ทโฟน

3.2.2 กระบวนการของ Web Service

ระบบของ Web Service จาก Flow Chart จะแบ่งออกเป็น 3 โมดูลหลักคือ โมดูล Login เข้าสู่ระบบด้วย Email และ Password ที่ได้ลงทะเบียนไว้ด้วย Mobile Application โดย Credential เหล่านี้จะผูกกับ MAC Address และ GCM Token ID เพื่อใช้ล็อกอินเพื่อเข้าหน้าถัดไปดังแสดงภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หน้าล็อกอินระบบของ Web Service

โมดูลที่สอง ของระบบหลังจากทำการ Login เข้ามาจะทำการกำหนด สิทธิผู้ใช้งานเพื่อในการเข้าถึง Profile ของแต่ละอุปกรณ์ และในส่วนการส่ง Push Notification ไปยังอุปกรณ์ปลายทางระบบมีการผูกกับ GCM Token ID เพื่อใช้ระบุอุปกรณ์ปลายทางที่ต้องการส่ง Notification ไปยังแสดงภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ส่วนของการส่งข้อความไปยังอุปกรณ์ปลายทาง

จากภาพที่ 5 กรอบฝั่งซ้ายคือส่วนที่ใช้ในการส่ง Notification ไปยังสมาร์ตโฟนปลายทาง และปุ่มด้านขวาเป็นส่วนปุ่มกดเพื่อเรียกดูแผนที่ขึ้นมาในระบบ ซึ่งเป็นระบบในการเฝ้าติดตามอุปกรณ์ปลายทางซึ่งจะมีการแสดงจุดตำแหน่งของบริเวณที่อุปกรณ์ดำรงอยู่ในปัจจุบันซึ่งจะแสดงเป็นแผนผังของโครงสร้างอาคารในแต่ละชั้นดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนผังแสดงจุดตำแหน่งอุปกรณ์

ภาพที่ 6 จะเป็นโมดูลที่สาม ของการทำงานในส่วนนี้ซึ่งระบบจะทำการเรียกข้อมูล AP Name, AP Location, Device's MAC Address, Signal to Noise Ratio (SNR) จาก Database เป็น Interval ทุกๆ 5 วินาทีเพื่อนำมา Render จุดที่อยู่บนแผนที่ ซึ่งจะเป็นจุดที่แสดงที่อยู่ของสมาร์ตโฟนในขณะนั้น โดยการจัดทำแผนที่จะมีการ Plot จุดตำแหน่งของ Access Point ตามแผนที่จริง ที่ติดตั้งในแต่ละพื้นที่โดยจะระบุตำแหน่งเป็น แกน X และ Y และเก็บไว้ในฐานข้อมูลพร้อมชื่อของ Access Point

ขั้นตอนในการ Render จุด จะนำข้อมูลในการเก็บตำแหน่งของ Access Point จากฐานข้อมูลมาเทียบกับค่าของ AP-Name ที่สมาร์ตโฟนทำการเชื่อมต่ออยู่โดยได้จากการทำ SNMP Walk [7] ซึ่งเป็นการอาศัย SNMP Protocol เพื่อคิวรีข้อมูลตามเลข OID ของอุปกรณ์ซึ่งจะมีการเก็บค่าเช่น AP Name, MAC Address, IP Address, SNR ในขณะนั้นมาเทียบและกำหนดตำแหน่งตามชื่อของ Access Point ที่มีพิกัดในฐานข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยจะมีการนำค่า Signal Noise Ratio ของอุปกรณ์สมาร์ตโฟนขณะที่มีการเชื่อมต่อกับ Access Point เพื่อระบุตำแหน่งและระยะทางว่าอยู่ตำแหน่งไหนภายในอาคาร เมื่อมีการระบุตำแหน่งแล้วระบบจะสามารถแจ้งเสียงรบกวนไปยังอุปกรณ์เพื่อใช้หาอุปกรณ์หรือแม้แต่ส่งข้อความไปยังอุปกรณ์

3.2.3 กระบวนการของ Log Engine Analysis

กระบวนการของ Log Engine Analysis จะเป็นส่วนสำคัญหลักในการเก็บข้อมูลจาก Controller โดยจะมีกระบวนการทำงานทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ เริ่มจากการคิวรีข้อมูล MAC Address และ IP Address Controller ทั้งหมดโดยกระบวนการนี้จะมีการติดต่อกับฐานข้อมูลภายในของระบบ เพื่อนำ MAC Address ไปทำการแปลงจากเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสิบ เพื่อนำไปผนวกกับ Object Identifier (OID) บน Controller นำไปใช้ในการทำ SNMP Walk ที่คอนโทรลเลอร์แต่ละตัวที่อยู่ภายใต้ระบบ งานวิจัยนี้ได้ใช้ Library เพื่อทำการเขียนติดต่อผ่าน API ของระบบที่ชื่อว่า [6] SNMP4J

หลังจากพบอุปกรณ์ที่ได้จากการทำ SNMP Walk ก็นำ MAC Address, IP Address, AP Name, SNR ที่ได้มาทั้งหมดเข้าเงื่อนไขในการกำหนดซึ่งค่าที่ได้มาจะมีตามตัวอย่างดังแสดงภาพที่ 7

26 80.c5.a6.8d.d8.08 SP-F04-AP02 00.0b.86.71.02.70 32 2016-02-28 14:35:23

ภาพที่ 7 ข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดเงื่อนไข

จากภาพที่ 7 อุปกรณ์ที่พบมีค่า SNR ต่ำกว่า 100 และการคงอยู่มากกว่า 100 วินาที โดยนำค่า Location_device_time มาหาค่าส่วนต่างกับเวลาปัจจุบันให้ข้อมูลและอัปเดตตำแหน่งเข้าฐานข้อมูล ถ้าน้อยกว่า 100 วินาที ให้อัปเดตตำแหน่งเข้าฐานข้อมูลอย่างเดียว

หลังจากได้ออกแบบ และพัฒนาระบบดังกล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินระบบโดยมีผลการดำเนินการในหัวข้อต่อไป

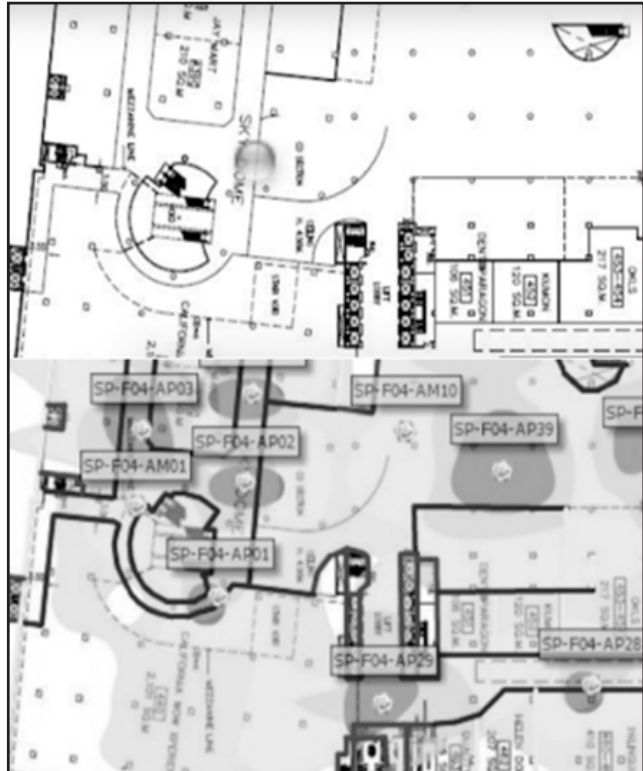
4. ผลการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อเฝ้าติดตามอุปกรณ์ สมาร์ทโฟนโดยใช้เทคนิค SNMP Walk เพื่อทำการหาตำแหน่งและเฝ้าตำแหน่งของอุปกรณ์สมาร์ทโฟน ร่วมกับ Google Cloud Message Service โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเฝ้าติดตามอุปกรณ์สมาร์ทโฟนและแจ้งเตือนเมื่ออุปกรณ์สมาร์ทโฟนสูญหาย หรือลี้มอุปกรณ์ทิ้งไว้ในสถานที่ต่างๆ ภายในอาคาร ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) ผลการทดสอบการใช้งานและความถูกต้องของระบบ และ (2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพความเร็วในการแสดงผลในการระบุตำแหน่งอุปกรณ์ออกมาเป็นแผนผัง

4.1 ผลการทดสอบใช้งานและความถูกต้องระบบ

ในส่วนนี้ผู้วิจัยทำการทดสอบโดยนำสมาร์ทโฟนเชื่อมต่อ กับ Access Point ในแต่ละจุดของพื้นที่และทำการแสดงผลในแผนผังเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้อง และสรุปผลพบว่า การเปรียบเทียบตำแหน่งของ Access Point และอุปกรณ์ สมาร์ทโฟนโดยทดสอบสิบครั้ง และได้ผลที่ออกมาตรงทั้งหมดสิบครั้ง จึงสรุปผลได้ว่าความถูกต้องในการระบุตำแหน่งของระบบนั้นถูกต้องร้อยเปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 8 เป็นภาพแผนผังจริงของการวาง Access Point ซึ่งจะนำไปใช้เปรียบเทียบกับระบบ จากการทดสอบผู้วิจัย ได้นำแผนผังทั้งสองมาเปรียบเทียบซึ่ง (A) เป็นภาพจาก Web Application ของผู้วิจัย และ (B) เป็นภาพจากการวาง ตำแหน่ง Access Point จริงของระบบและพร้อมทั้ง Log บน Controller เพื่อให้ทราบว่าตำแหน่งที่มีการเชื่อมต่ออยู่ตรงกับชื่อ AP Name บนแผนผังจริงหรือไม่ โดยภาพที่ 9 นั้น



ภาพที่ 8 แผนผังจริงของการวาง Access Point

แสดงตัวอย่างของ Log ที่อยู่บน Controller ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูล คือ IP Address, MAC Address, AP Name, ESSID, User Role

IP	MAC Profile	Name Role	Forward mode	Type	Age(d:h:m)	Auth Host Name	VPN link	AP name	Roaming
0.66.1.164	80:c5:a6:8d:d8:08		authenticated		00:00:52			SP-F04-AP02	Wireless

ภาพที่ 9 อุปกรณ์สมาร์ทโฟนบน Controller

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพความเร็วในการแสดงของระบบ

ผู้วิจัยทำการทดสอบวัดประสิทธิภาพของระบบด้วยการดูจากเวลา ในการคิวรีของระบบ ซึ่งในการทดสอบทั้งสองแบบนี้ผู้วิจัยได้เขียน Log Console ไว้เพื่อใช้ในการตรวจสอบเวลาของการคิวรีระบบในแต่ละครั้ง โดยสามารถแจ้งออกมาเป็นการทดสอบคำนวณเวลาตามค่าเฉลี่ยจากจำนวนสิบครั้ง ซึ่งระบบนั้นได้ถูกกำหนดการทดสอบออกเป็นสองส่วนคือ

1) Engine ในการดึงข้อมูล MAC Address, AP Name, IP Address, Signal to Noise Ratio จากคอนโทรลเลอร์ผ่านเครือข่าย ซึ่งคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในระบบนั้นจะทำการใช้ VPN มายังระบบส่วนกลางผ่าน Internet ผลของการคิวรีผ่าน Web Service เฉลี่ยอยู่ที่ 0.25 ms โดยสมมุติผู้วิจัยจะมี

การกำหนดเวลา 10-15 วินาทีเพื่อให้อุปกรณ์ทั้งหมดมีการเก็บค่าครบรอบหนึ่งรอบ ฉะนั้นจากการคำนวณจะเป็น Concurrent Devices อยู่ที่ 50 - 60 อุปกรณ์ต่อหนึ่งแม่ข่าย โดยคำนวณตัวอย่าง $60 \times 0.25 = 15$ วินาที

2) การประเมิน Web Service ซึ่งจะเป็นการประเมินความเร็วในการแสดงตำแหน่งอุปกรณ์บน Web Application ระบบที่ทำงานอยู่ที่เครื่องแม่ข่าย จะมีการแสดงผลประสิทธิภาพการทดสอบโดยคิดค่าเฉลี่ยจากการทดสอบจำนวนสิบครั้ง เวลาในการคิวรีข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อมาแสดงผลบนหน้าจอค่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 3.6 ms และขนาดของข้อมูลอยู่ที่ 112 Bytes

5. สรุป

การติดตามและระบุตำแหน่งอุปกรณ์สมาร์ทโฟนโดยแอปพลิเคชัน เช่น Find My iPhone หรือ Android Device Manager นั้น เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี GPS ในการแสดงสถานที่ตั้ง แต่เนื่องจาก GPS เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ได้ดีในที่โล่งแจ้งเท่านั้น

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบพัฒนาระบบที่สามารถระบุตำแหน่งอุปกรณ์สมาร์ทโฟนได้ภายในอาคารโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี WiFi เพื่อช่วยเติมเต็มให้สามารถค้นหาอุปกรณ์ได้ทั้งในที่โล่งแจ้งและภายในอาคาร

จากระบบที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนานั้น พบว่าสามารถแจ้งเตือนและระบุตำแหน่งอุปกรณ์ภายในอาคารได้จริงและระบุตำแหน่งได้ถูกต้องตามความต้องการของผู้วิจัยที่ดำเนินการ อย่างไรก็ตามในอนาคตสามารถที่จะนำการคำนวณ Triangulation มาช่วยในการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์สมาร์ทโฟนนั้น เพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้นและเพิ่มในส่วนของการใช้เทคโนโลยีต่างๆ สำหรับ UI เพื่อความสวยงามและน่าใช้ของระบบ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Apple Inc. Available online at <http://www.apple.com/support/icloud/find-my-iphone-ipad-ipod-mac/>, accessed on 1 December 2015
- [2] Android Device Manager, Available online at <http://www.google.com/android/devicemanager/>, accessed on 1 December 2015
- [3] B. Patil, R. Patil, and A. Pittet. "Energy saving techniques for GPS based tracking applications." *In Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS) 2011*, 2011, pp. J8-1-J8-10.
- [4] Z. Yongqiang, L. Liangliang, and Z. Yongjian. "Research and Design of Location Tracking System Used in Underground Mine Based on WiFi Technology." *In Computer Science-Technology and Applications IFCSTA '09. International Forum on 2009*, Vol. 3, pp. 417-419, 2009.
- [5] GCM. Available online at <https://developers.google.com/cloud-messaging/>, accessed on 17 February 2016.
- [6] SNMP4J. Available online at <http://www.snmp4j.org>, accessed on 17 February 2016
- [7] Introduce to SNMP4J. Available online at <http://www.jayway.com/2010/05/21/introduction-to-snmp4j>, accessed on 17 February 2016.
- [8] Global Positioning System. Available online at https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System#cite_note-2, accessed on 7 April 2016.
- [9] Aimagin Blogspot. Available online at <http://aimagin.com/blog/gps-with-microcontroller/?lang=th>, accessed on 7 April 2016.