

การพัฒนา Line Beacon ด้วย ESP32 เพื่อการสื่อสารเชิงรุกและการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการ

ชนิษฐา แก้วมะลิ่ง*, ธรรมรัตน์ ผันผาย

หอสมุดแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2 ถนนพระจันทร์ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200

Developing Line Beacon with ESP32 for Proactive Communication and User Data Storage Systems

Khanittha Keawmalang*, Thammarat Phanphai

Thammasat University Library

2 Prachan Road, Pranakorn District, Bangkok, Thailand 10200

E-mail: Khanitaa@tu.ac.th

► รับบทความ 28 กุมภาพันธ์ 2568 ► แก้ไขบทความ 20 พฤษภาคม 2568 ► ตอรับบทความ 21 พฤษภาคม 2568

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบนี้คือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Line Beacon เพื่อการสื่อสารเชิงรุกและการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการภายในหอสมุดแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ การพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ (1) ศึกษาแนวทางการพัฒนาและสร้างต้นแบบ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และพัฒนาเพื่อเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน Line ด้วยภาษา C++, TypeScript และ Python ร่วมกับการจัดเก็บข้อมูลผ่านฐานข้อมูล MongoDB และ MySQL (2) พัฒนาฟีเจอร์ต่าง ๆ ได้แก่ การเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการ และการส่งข้อมูลแจ้งเตือนเมื่อผู้ใช้เข้าสู่รัศมีของอุปกรณ์ เช่น การแนะนำหนังสือใหม่ การแจ้งเตือนหนังสือจอง หนังสือยืมข้ามวิทยาเขต หนังสือใกล้ถึงกำหนดคืน บริการแนะนำบัตร การยืนยันการใช้งานห้องประชุม และการแจ้งเหตุฉุกเฉิน (3) ประเมินการรับรู้และความพึงพอใจของผู้ใช้บริการต่อระบบ พบว่า ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจต่อระบบโดยรวมในระดับสูง (ร้อยละ 95.45) และมีแนวโน้มต้องการรับข้อมูลข่าวสารผ่าน Line Beacon อย่างต่อเนื่อง ผลลัพธ์สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้ เพื่อออกแบบบริการที่ตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ

ไลน์แอปพลิเคชัน, การส่งข้อความเชิงรุก, การเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการ, ไลน์บีมคอน

Abstract

The objective of this development is to apply the Line Beacon technology for proactive communication and user data collection within the library of Thammasat University. The system development is divided into three phases: (1) study the development approach and create a prototype using the ESP32 microcontroller, and develop it to connect with the Line application using C++, TypeScript, and Python, while storing data through MongoDB and MySQL databases; (2) develop features such as collecting user data and sending notifications when users enter the device's range, including

ผลงานนี้ได้รับการนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ PULINET ครั้งที่ 15 วันที่ 15-17 มกราคม 2568

จัดโดยสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และหน่วยงานห้องสมุดมหาวิทยาลัยส่วนภูมิภาค (PULINET)

notifications for new book recommendations, book reservations, inter-campus book loans, books nearing the return date, cat therapy services, meeting room reservations, and emergency alerts; (3) evaluate user perception and satisfaction with the system. The results showed that users were highly satisfied with the system (95.45%) and expressed a desire to continuously receive information through Line Beacon. The findings can be used to analyze user behavior in order to design services that better meet their needs.

Keywords

LINE Application, Proactive Messaging, User Data Collection, Line Beacon, ESP32

บทนำ (Introduction)

Beacon เป็นเทคโนโลยีการนำเสนอข้อมูลผ่านบลูทูธระยะใกล้ที่ใช้พลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy) โดยเมื่ออยู่ในรัศมีที่ Beacon รองรับ แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนจะแสดงข้อมูลที่ต้นทางต้องการสื่อ (องค์การพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ, 2564) ในปัจจุบันเทคโนโลยี Beacon ได้ถูกนำมาใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม ยกตัวอย่างเช่น ในธุรกิจการค้าปลีก และการตลาด ร้าน IKEA ประเทศออสเตรเลีย ได้ใช้เทคโนโลยี Beacon ซึ่งทำงานร่วมกับแอปพลิเคชัน IKEA FAMILY เพื่อส่งข้อความที่ปรับให้เหมาะสมกับตำแหน่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้าไปยังลูกค้า เช่น ข้อความต้อนรับลูกค้าที่มาถึง การชักชวนให้ลูกค้าหยุดซื้อสินค้าหรือดื่มกาแฟฟรี หรือการเตือนให้ใช้บัตรสะสมแต้มเมื่อทำการชำระเงิน (Laura McQuarrie, 2016) และในส่วนของประเทศไทยเอง บริษัท เทสโก้ โลตัส ก็ได้ติดตั้งเทคโนโลยี iBeacon ในห้างสรรพสินค้า เพื่อส่งข้อความเกี่ยวกับสิทธิประโยชน์และส่วนลดต่าง ๆ ให้กับลูกค้าผ่านสมาร์ตโฟนเมื่อเข้ามาจับจ่ายซื้อสินค้า (Flashfly, 2559) รวมถึงธุรกิจการท่องเที่ยวในเขตเมืองกาญจนบุรีที่มีการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Beacon เพื่อสนับสนุนข้อมูลการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์อีกด้วย (มาลินี คำเครือ และคณะ, 2020) นอกจากนี้เทคโนโลยี Beacon ยังมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในหลายอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น ธุรกิจการขนส่ง ธุรกิจเพื่อสุขภาพ และธุรกิจการศึกษา เป็นต้น

ในปี 2564 ที่ผ่านมา แอปพลิเคชัน Line ได้เปิดตัวเทคโนโลยี Line Beacon ซึ่งทำงานโดยการส่งข้อมูลระยะสั้นผ่าน Bluetooth Low Energy โดยเมื่อผู้ใช้บริการเดินเข้ามาในรัศมีที่อุปกรณ์ Beacon ส่งสัญญาณถึงก็จะสามารถส่งข้อความต่าง ๆ ไปยังผู้ใช้บริการผ่านแอปพลิเคชัน Line ได้ อีกทั้งยังสามารถจับสัญญาณขณะผู้ใช้ยังอยู่ในบริเวณ เพื่อแสดงว่าผู้ใช้ยังอยู่ในพื้นที่ ที่ทำให้สามารถเก็บข้อมูลพฤติกรรมผู้ใช้ได้อย่างละเอียด (Line Developers Thailand, n.d.) นอกจากนี้แอปพลิเคชัน Line ยังเป็นแพลตฟอร์มที่มีความโดดเด่นด้านการสื่อสารแบบเรียลไทม์ มีคุณลักษณะ (Features) ที่หลากหลาย สะดวกในการใช้งาน และมีผู้ใช้บริการจำนวนมาก โดยจากสถิติในประเทศไทยพบว่าผู้ใช้บัญชี Line จำนวน 45 ล้านคน โดยใช้เวลารวมถึง 63 นาทีต่อวันบน แอปพลิเคชัน Line (ศรัณย์ ยุวธรรมะ, ม.ป.ป.)

ด้วยเหตุนี้หอสมุดจึงเล็งเห็นศักยภาพของเทคโนโลยี Line Beacon ที่จะสามารถประยุกต์ใช้ในการส่งข้อมูลข่าวสารเชิงรุกเกี่ยวกับบริการ กิจกรรม หรือทรัพยากรสารสนเทศที่น่าสนใจของหอสมุดให้กับประชาคมธรรมชาติและประชาชนทั่วไปที่เข้ามาใช้บริการหอสมุด รวมไปถึงความสามารถในการช่วยแก้ไขปัญหาการที่ผู้ใช้บริการไม่ได้รับอีเมลที่สำคัญ เช่น การแจ้งเตือนหนังสือที่จอง (Reserve Book) และหนังสือที่ยืมข้ามวิทยาเขต (Book Delivery) การแจ้งเตือนกำหนดคืน (Due Date) การแจ้งเตือนเพื่อยืนยันการใช้งานห้องประชุม (Study Room) เป็นต้น โดยจากการนำผลป้อนกลับและ Pain Point ของผู้ใช้บริการหอสมุดมาวิเคราะห์ พบว่ามีผู้ใช้บริการที่ไม่ได้รับข้อความที่สำคัญจากการสื่อสารผ่านอีเมล ซึ่งอาจเกิดจากการส่งออกอีเมลล่าช้าจากความหนาแน่นของจำนวนอีเมลบนระบบ (Mail Server) หรืออีเมลแอดเดรสของผู้ใช้บริการไม่เป็นปัจจุบัน

นอกจากความสามารถในการส่งออกข้อมูลเชิงรุกแล้ว Line Beacon ยังมีฟังก์ชันในการตรวจจับสัญญาณขณะผู้ใช้ยังอยู่ในบริเวณ จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการในพื้นที่หอสมุดได้ เนื่องจากหอสมุดได้มีการปรับโซน

พื้นที่ที่มีความหลากหลายเพื่อรองรับความต้องการที่แตกต่าง แต่ยังคงเครื่องมือในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้ใช้บริการ ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความต้องการและพัฒนาบริการได้อย่างเหมาะสม การเก็บข้อมูลผู้เข้าร่วมกิจกรรมของหอสมุดในรูปแบบการสแกน QR Code ก่อให้เกิดความยุ่งยากทั้งในส่วนของผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่หอสมุด เนื่องจากผู้เข้าร่วมกิจกรรมจะต้องกรอกข้อมูลด้วยตนเองซึ่งอาจสร้างความไม่สะดวกให้กับผู้ใช้บริการ อีกทั้งต้องใช้เจ้าหน้าที่หอสมุดในการดำเนินการรวบรวมข้อมูล ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการทำงานด้วย

เนื่องจากแอปพลิเคชัน LINE รองรับให้นักพัฒนาสามารถเลือกฮาร์ดแวร์ที่เข้ากันได้ เพื่อสร้างอุปกรณ์ Beacon ที่เชื่อมต่อกับ LINE Bot ได้ (Line Developers Thailand, n.d.) ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเทคโนโลยี Beacon ด้วยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ซึ่งเป็นระบบบนชิป (SoC) ที่มีต้นทุนต่ำและใช้พลังงานน้อย พร้อมด้วย Wi-Fi และ Bluetooth ในตัว (KMUTNB, 2566) พัฒนาเพื่อเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน Line ด้วยภาษา C++, TypeScript และ Python ร่วมกับการจัดเก็บข้อมูลผ่านฐานข้อมูล MongoDB และ MySQL สำหรับศึกษาแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารเชิงรุกและการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการผ่านแอปพลิเคชัน Line โดยผู้พัฒนามีความคาดหวังว่าเทคโนโลยีดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วม การรับรู้ข่าวสารที่สำคัญ และสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์พฤติกรรมเพื่อสร้างประสบการณ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด

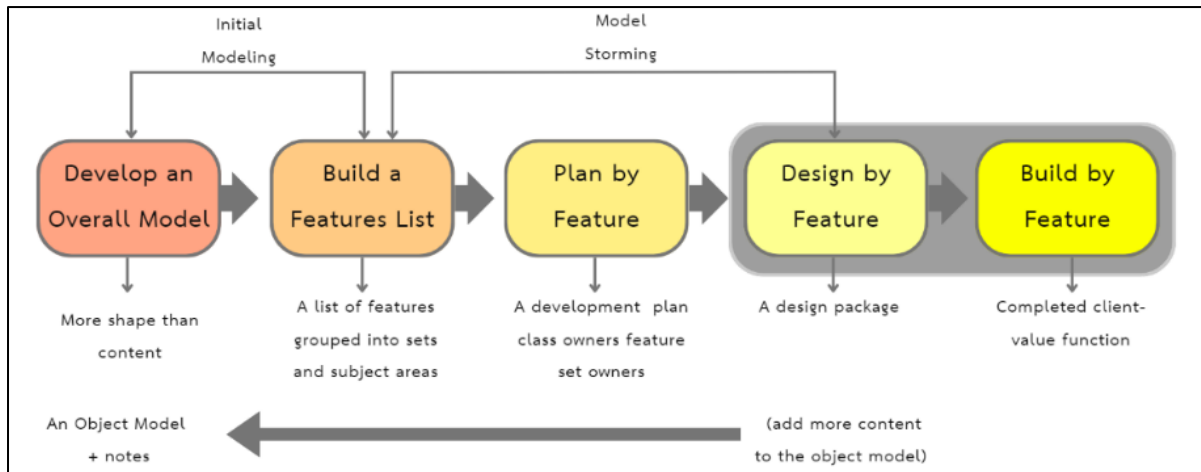
วัตถุประสงค์ (Objective)

1. เพื่อพัฒนา LINE Beacon ด้วย ESP32 เพื่อการสื่อสารเชิงรุก
2. เพื่อพัฒนา LINE Beacon ด้วย ESP32 เพื่อจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการ
3. เพื่อประเมินการรับรู้และความพึงพอใจในการรับข้อมูลข่าวสารผ่าน LINE Beacon

วิธีการดำเนินการ (Methodology)

1. แนวคิดทฤษฎี

ทฤษฎีการพัฒนาระบบตามฟีเจอร์ (Feature-Driven Development หรือ FDD) เป็นวิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบวนซ้ำและมุ่งเน้นการพัฒนาคุณลักษณะต่าง ๆ ที่มีโครงสร้างที่เป็นระบบระเบียบในบริบทของการพัฒนาซอฟต์แวร์ คุณลักษณะจะถูกจัดประเภทเป็นองค์ประกอบการทำงานขนาดเล็กที่มีคุณค่าต่อผู้ใช้หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่น ๆ ของระบบ โดยมีเป้าหมายหลักคือการปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ เร่งเวลาการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพขององค์กรโดยใช้กระบวนการที่ปรับขนาดได้และยืดหยุ่น เพื่อตอบสนองความต้องการที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในปัจจุบัน (AppMaster, 2566) พัฒนาโดย Jeff De Luca และ Peter Coad ผู้เชี่ยวชาญในด้านเทคโนโลยีเชิงวัตถุ FDD เป็นระเบียบวิธีที่ปรับตัวได้ โดยเน้นที่การทำงานเป็นระยะสั้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การพัฒนารูปแบบโดยรวม (Develop an Overall Model) การสร้างรายการฟีเจอร์ (Build a Feature List) การวางแผนฟีเจอร์ (Plan by Feature) การออกแบบและพัฒนาฟีเจอร์ (Design by Feature and Build by Feature) และ การทดสอบและรวมเข้าระบบ (Test and Integrate the Feature) (Newline, n.d.) ดังภาพที่ 1

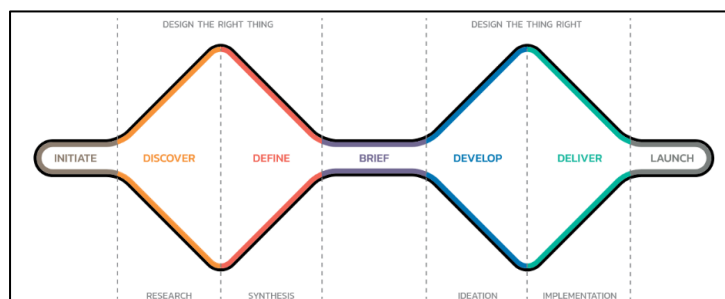


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดกระบวนการการพัฒนาที่ขับเคลื่อนด้วยคุณลักษณะ

หมายเหตุ: ผู้พัฒนาได้ทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบแผนภาพกรอบแนวคิดกระบวนการการพัฒนาที่ขับเคลื่อนด้วยคุณลักษณะ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจมากขึ้น. จาก *Feature driven development methodology* โดย Newline, (n.d.), (<https://newline.tech/feature-driven-development-methodology/>)

ทฤษฎีการออกแบบบริการ (Service Design) คือกระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่หรือการปรับปรุงบริการที่มีอยู่ให้ดีขึ้น โดยคำนึงถึงประสบการณ์ของผู้ที่เกี่ยวข้องในงาน (Stakeholder) ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นผู้ใช้บริการ เจ้าหน้าที่ หอสมุด และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคน โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการดำเนินงานขององค์กร และตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าอย่างเหมาะสม (Factsheets, 2564) โดยขั้นตอนการทำงานของ Service Design ไปประกอบด้วย การเอาใจใส่ (Empathize), การกำหนดปัญหา (Define), การนึกคิด (Ideate), การสร้างต้นแบบ (Prototype) และการทดสอบ (Test)

การออกแบบบริการ (Service Design) ได้พัฒนาต่อยอดมาจากโมเดลกระบวนการออกแบบแบบเพชร 2 เม็ด (Double Diamond Model) ที่คิดค้นโดย The British Design Council ซึ่งอธิบายทัศนคติและขั้นตอนการทำงาน โดยผสมผสานระหว่างขั้นตอนการทำงาน 4 ขั้นตอนคือ Discover, Define, Develop, Deliver เข้าด้วยกันกับกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์แบบ Divergent Thinking และ Convergent Thinking ซึ่งในกระบวนการทำงานออกแบบบริการ (Service Design) ได้เพิ่มเติมกระบวนการทำงานอีก 3 ขั้นตอนคือ Initiate, Brief, Launch เข้าไปในจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด (Thai Creative Design Center, n.d.) โดยมีรายละเอียดดังนี้ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดกระบวนการในการออกแบบบริการ

หมายเหตุ: การปรับไต่อะแกรม Double Diamond Model ร่วมกับขั้นตอน "Initiate, Brief, Launch". จาก *กระบวนการออกแบบบริการ Service Design Process* โดย Thai Creative Design Center, (n.d.), (<https://tcdc.groov.asia/method/service-design-process.html>).

Initiate คือ การริเริ่มโครงการและกำหนดวิสัยทัศน์เชิงกลยุทธ์ (Strategic Vision) ผ่านการนำเสนอต่อที่ประชุม คณะกรรมการแผนยุทธศาสตร์หอสมุด

Discover คือ การค้นคว้าหาข้อมูล โดยผู้พัฒนาทำความเข้าใจผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งเจ้าหน้าที่หอสมุดและผู้ใช้บริการ

Define คือ วิเคราะห์และสรุปประเด็นสำคัญจากข้อมูลที่ได้มา โดยการตีความข้อมูลจากผู้ใช้บริการและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

Brief คือ สรุปความต้องการในการใช้งานของโครงการและทิศทางการพัฒนางานออกแบบการบริการ

Develop คือ เริ่มพัฒนาแนวคิดการให้บริการ โดยอิงข้อมูลจากขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อตอบโจทย์ที่ได้จากการกำหนดปัญหา โดยการระดมสมองเพื่อหาไอเดียที่สามารถนำมาพัฒนาการให้บริการได้ รวมถึงสร้างแบบจำลองหรือการทดลองให้บริการ

Deliver คือ รวบรวมแผนแนวคิดต่าง ๆ มาเป็นบริการที่ดีที่สุดเพื่อส่งมอบสู่ตลาด โดยผ่านการทดสอบ (Test) ในสถานการณ์จริง

Launch คือ การวางแผนการกระจายการบริการออกสู่ตลาด หรือการคิดวิธีการนำแนวคิดในการบริการไปสร้างให้เกิดประโยชน์

2. การพัฒนาเทคโนโลยี Line Beacon ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

ผู้พัฒนาได้ทำการวิเคราะห์วัตถุประสงค์จากวิสัยทัศน์ของหอสมุดที่มีความต้องการในการส่งเสริมการเรียนรู้ การวิจัยนวัตกรรม และทักษะแห่งอนาคต แก่ประชาคมธรรมศาสตร์และสังคม จึงได้มาซึ่งการผลิตนวัตกรรมที่ช่วยให้กระบวนการทำงานและการให้บริการมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้พัฒนาได้ทำการรวบรวมข้อมูลแนวคิดและทฤษฎีที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าจนสามารถนำมาวิเคราะห์และประยุกต์ใช้กับการพัฒนาเทคโนโลยี Line Beacon ด้วย ESP32 โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาแนวทางการพัฒนาและสร้างตัวต้นแบบ

ขั้นตอนแรก ผู้พัฒนาศึกษาเอกสาร (Documentation) และข้อมูลจากพฤติกรรมของผู้ใช้บริการและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured or Guided Interview) เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key-Informants) ในการวิเคราะห์ความต้องการลักษณะของผู้ใช้บริการ ปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมถึงศึกษากระบวนการการใช้งานและแนวปฏิบัติ โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection) ซึ่งประกอบด้วยนักวิชาการคอมพิวเตอร์ผู้เชี่ยวชาญด้าน Beacon จำนวน 3 คน, บรรณารักษ์งานบริการหอสมุด จำนวน 5 คน และผู้ใช้บริการหอสมุด จำนวน 9 คน

ขั้นตอนที่สอง หลังจากทำความเข้าใจประสบการณ์โดยวิธีการศึกษาจากฟีดแบ็ก (Feedback) ของผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่หอสมุดแล้ว ผู้พัฒนาได้ทำการสรุปแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยี กำหนดปัญหา (Define) และตีความข้อบกพร่องของระบบเดิมที่มีอยู่ โดยพบว่าการส่งข้อมูลข่าวสารเดิมมีข้อบกพร่อง เช่น การส่งอีเมลเกิดความล่าช้า การแจ้งเตือนผ่าน Line Notify มีความซับซ้อน และการแจ้งเตือนระบบเสียงตามสายอาจไม่เหมาะสมในบางกรณี เป็นต้น อีกทั้งหอสมุดยังขาดเครื่องมือที่ชัดเจนในการเก็บข้อมูลผู้เข้าใช้บริการทั้งในส่วนของการใช้งานพื้นที่และการจัดกิจกรรมอีเวนต์ (Event) ซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถวิเคราะห์ความต้องการและพัฒนาบริการได้อย่างเหมาะสม

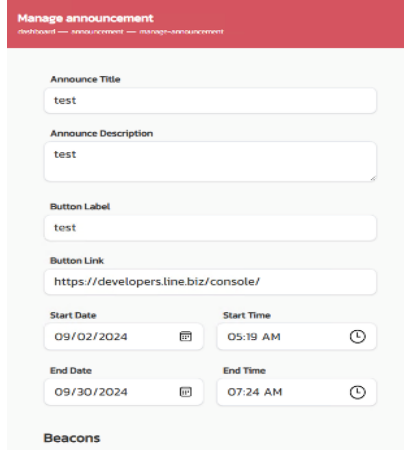
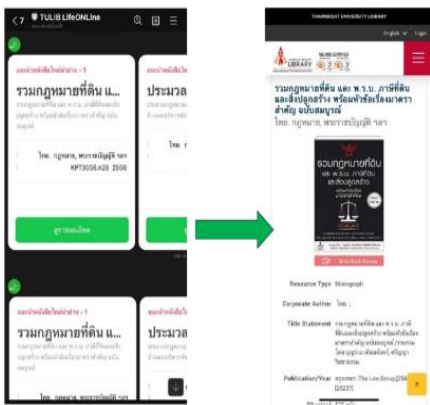
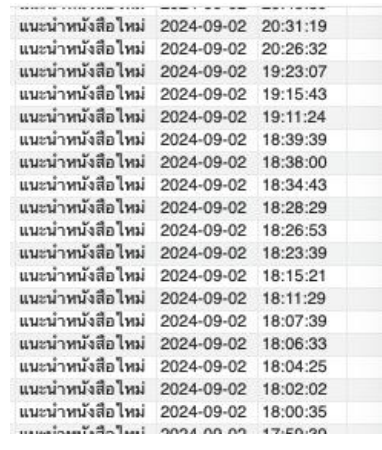
ขั้นตอนที่สาม ผู้พัฒนาได้ทำการระดมสมองจากนักวิชาการคอมพิวเตอร์ของหอสมุดและได้ข้อสรุปในการนำเทคโนโลยี Line Beacon เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหานี้เนื่องจากสามารถนำไปพัฒนาในโซลูชันต่าง ๆ ได้หลากหลาย สะดวกต่อการใช้งาน มีการทำงานแบบเรียลไทม์ สามารถส่งข้อมูลได้ตรงเป้าหมาย ช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้ใช้บริการ สามารถส่งข้อมูลเชิงรุกแบบเฉพาะเจาะจง รวมถึงใช้เก็บข้อมูลเชิงวิเคราะห์ได้ ซึ่งจะครอบคลุมการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในส่วนของผู้ใช้บริการและส่วนการดำเนินงานภายในองค์กร ที่จะช่วยลดความซับซ้อนในการทำงานของเจ้าหน้าที่หอสมุด โดยผู้พัฒนาได้

เลือกใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการพัฒนาเทคโนโลยี Line Beacon เนื่องจากมีประสิทธิภาพและความสะดวกสูง นอกจากนี้ยังมีราคาที่ย่อมเยา

ขั้นตอนที่สี่ การสร้างต้นแบบและการทดสอบระบบ ในขั้นตอนนี้ ได้ดำเนินการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) โดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อพัฒนาเป็น Beacon สำหรับส่งสัญญาณผ่านเทคโนโลยี LINE Beacon โดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C++, TypeScript, PHP และ Python และจัดเก็บข้อมูลผ่านฐานข้อมูล MongoDB และ MySQL

เมื่อพัฒนาระบบต้นแบบเสร็จสิ้น ได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของระบบโดยติดตั้งอุปกรณ์ ESP32 ณ บริเวณจุดแนะนำหนังสือใหม่ (New Books) ของหอสมุด เพื่อทดลองให้บริการจริง ผลการทดสอบพบว่า: อุปกรณ์สามารถส่งข้อความแนะนำหนังสือใหม่ไปยังผู้ใช้ที่เปิด Bluetooth และใช้งานแอปพลิเคชัน LINE ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้ได้รับข้อความเมื่ออยู่ในรัศมี ไม่เกิน 25 เมตร จากตัวอุปกรณ์ โดยอุปกรณ์สามารถบันทึกจำนวนผู้ใช้ที่เข้ามาในบริเวณดังกล่าวได้จำนวน 102 คน ซึ่งช่วยในการประเมินความสนใจของผู้ใช้ที่มีต่อหนังสือใหม่ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การสร้างตัวต้นแบบ (Prototype) เพื่อทดสอบการส่งข้อความ ผ่าน LINE Beacon และการเก็บข้อมูลผู้ใช้ที่เข้ามาในรัศมีของอุปกรณ์ Beacon

1. การตั้งค่าระบบหลังบ้าน (Back-End) ของตัวต้นแบบ	2. การส่งข้อมูลแนะนำหนังสือใหม่ไปยัง LINE Beacon ของผู้ใช้บริการบนแอปพลิเคชัน LINE	3. ตัวอย่างการเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการที่เข้ามายังพื้นที่จุดแนะนำหนังสือใหม่หรือเข้ามาในรัศมีของอุปกรณ์ Beacon
		

ระยะที่ 2 การพัฒนาตามฟีเจอร์

หลังจากอุปกรณ์ตัวต้นแบบ (Prototype) ผ่านการทดสอบแล้ว ผู้พัฒนาได้กำหนดและสร้างรายการคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการ (Feature List) โดยมีการสรุปขั้นตอนการพัฒนาและส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

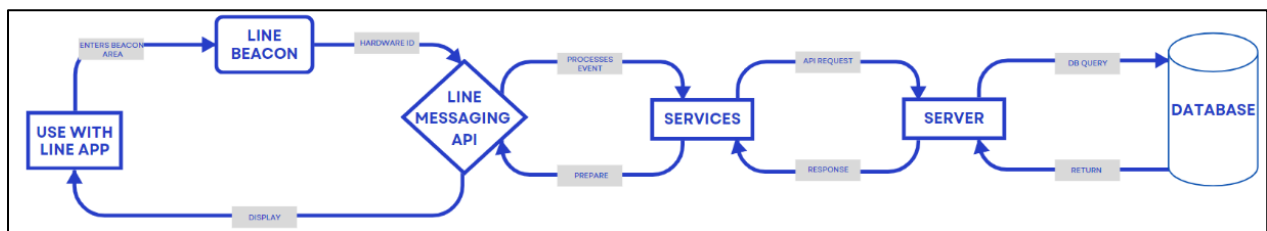
ตารางที่ 2 เครื่องมือในการพัฒนา

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	การใช้งาน
โปรแกรม C++	ใช้ในการพัฒนาโมดูล ESP32 เพื่อรองรับการส่งข้อมูลผ่าน Bluetooth และเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน LINE

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	การใช้งาน
TypeScript	ใช้ในการพัฒนาหน้า UI ที่เชื่อมต่อกับส่วนต่าง ๆ ของระบบหลังบ้าน (Back-End) และเป็นหน้าสำหรับเจ้าหน้าที่หอสมุดในการจัดการข้อความ (Message) และ Beacon
PHP	ใช้ในการสร้าง Webhook เพื่อเชื่อมต่อกับระบบต่าง ๆ กับแอปพลิเคชัน LINE และ Beacon เพื่อให้สามารถสื่อสารกันได้เมื่ออยู่ในระยะของสัญญาณ
Python	เป็นส่วนของหลังบ้าน (Back-End) ที่ใช้ในการเรียกดูข้อมูลจากหน้าเว็บสำหรับเจ้าหน้าที่หอสมุดเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล และส่งข้อมูลกลับไปยังผู้ใช้บริการ
MongoDB	จัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้บริการและข้อมูลต่าง ๆ ของ Beacon
MySQL	จัดเก็บการแจ้งเตือนเมื่อผู้ใช้อยู่ในระยะสัญญาณ และบันทึกข้อมูลการลงทะเบียนของผู้ใช้บริการ

1. ขั้นตอนในการพัฒนา

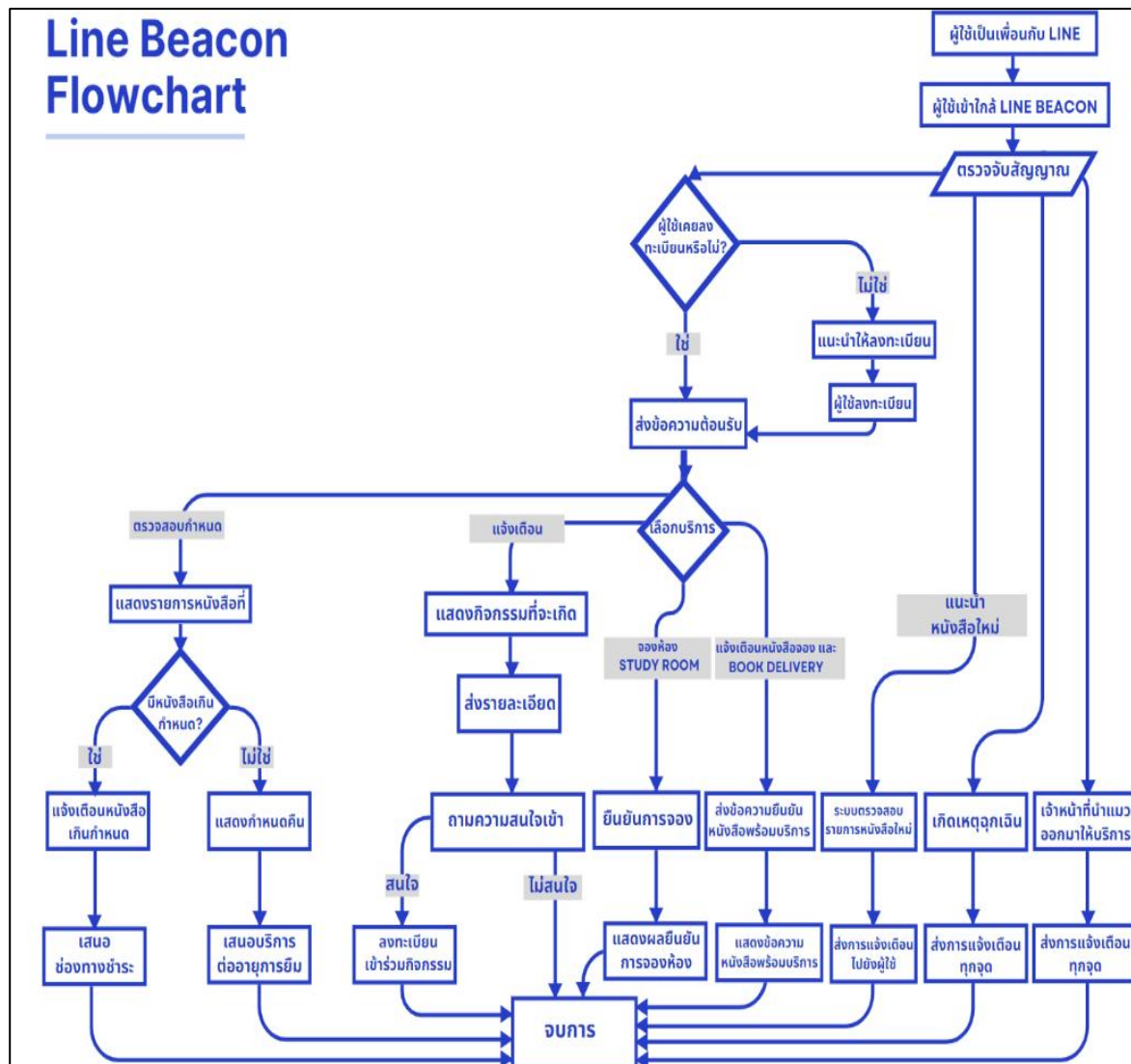
ขั้นตอนในการรวมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เข้าด้วยกัน ซึ่ง ESP32 จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่ตรวจจับสัญญาณ Bluetooth จาก Beacon และส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้ผ่าน LINE Messaging API โดยมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้



ภาพที่ 3 โมเดลการทำงานของระบบหลังบ้าน (Back-End)

- 1.1. ตั้งค่า ESP32 โดย ESP32 จะต้องเพิ่มการเขียนโค้ดในการเข้าถึง Bluetooth และเพิ่ม Hardware ID ที่ได้จาก LINE Simple Beacon จะได้ Beacon เพื่อที่สามารถส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้บริการ
- 1.2. Beacon จะส่งสัญญาณ Bluetooth Low Energy (BLE) ออกมาอย่างต่อเนื่อง สัญญาณนี้มีรหัสเฉพาะที่ระบุถึง Beacon แต่ละตัว
- 1.3. ส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้ โดยเมื่อผู้ใช้ที่มีแอปพลิเคชัน LINE ติดตั้งบนสมาร์ทโฟนเข้ามาในรัศมีของ Beacon (โดยทั่วไปประมาณ 25 เมตร) สมาร์ทโฟนจะรับสัญญาณได้
- 1.4. แอปพลิเคชัน LINE จะส่งข้อมูลที่รับจาก Beacon ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของ LINE เพื่อประมวลผล
- 1.5. ระบบจะส่งข้อมูลหรือการแจ้งเตือนที่เกี่ยวข้องกับ Beacon ในตำแหน่งจุดที่ตั้งติดตั้งกลับมายังผู้ใช้

การทำงานของระบบและกระบวนการต่าง ๆ ในแต่ละพีเจียร์ ในการส่งข้อความผ่าน LINE Beacon จะเริ่มจากจุดเริ่มต้นคือผู้ใช้เป็นเพื่อนกับบัญชี LINE ทางกรของหอสมุด และเมื่อผู้ใช้เข้ามาในรัศมีของ Beacon ประมาณ 25 เมตร ระบบจะตรวจจับข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ใช้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปค้นหาจากบริการต่าง ๆ ที่ต้องการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE โดยระบบจะส่งข้อมูลหรือการแจ้งเตือนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้ใช้บริการจะได้รับการตอบกลับในรูปแบบของ Text, Image, Card Message, Flex Message เพื่อดำเนินการต่าง ๆ หรือหากไม่มีการตอบกลับถือว่าสิ้นสุดกระบวนการ ดังแผนภาพการทำงานของระบบ ในรูปภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ไคอะแกรมการทำงาน (Activity Diagram) ของเทคโนโลยี LINE Beacon

2. การทดสอบและรวมเข้าระบบ (Test and Integrate the Feature)

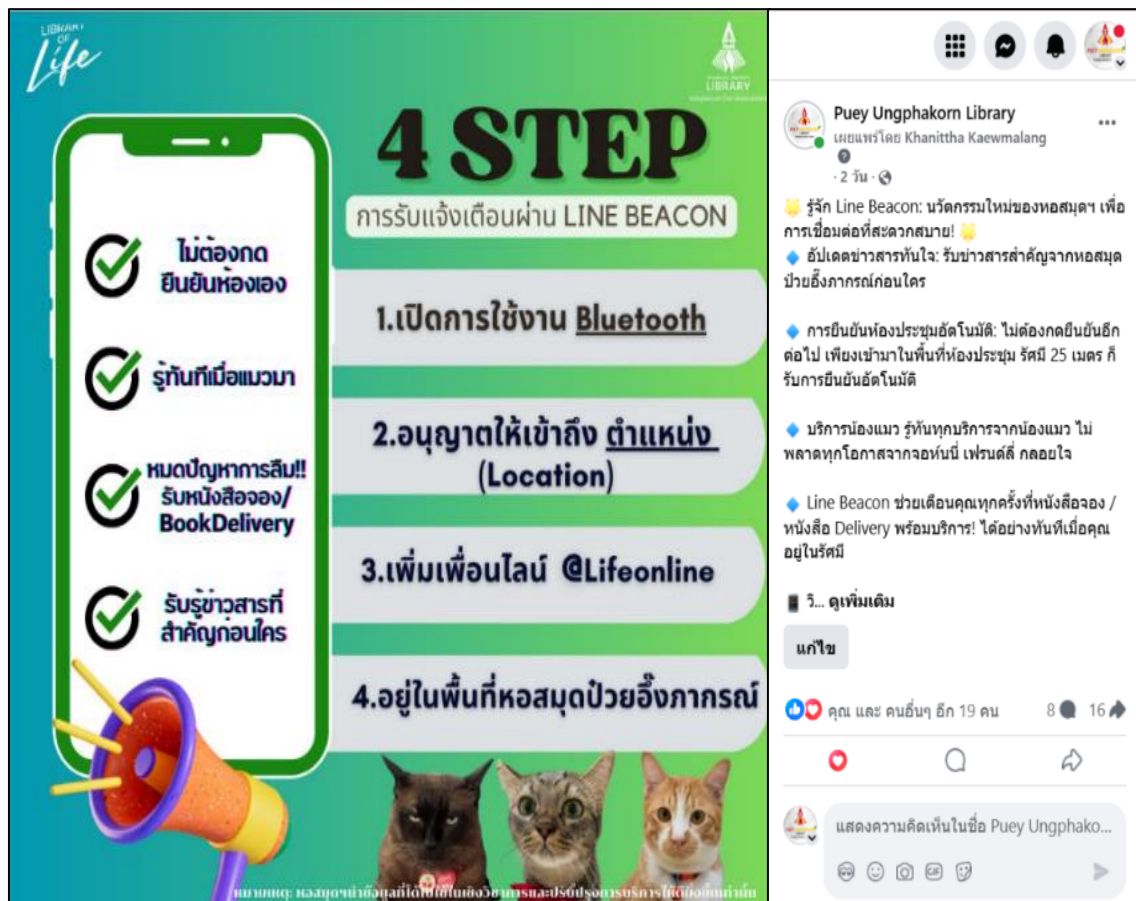
จากการพัฒนาและทดสอบพบว่า อุปกรณ์ ESP32 และบัญชี LINE ทางการของหอสมุดสามารถเชื่อมต่อกับ LINE Beacon ได้อย่างถูกต้องในสถานที่จริง โดยผู้ใช้ได้รับข้อความที่ส่งจาก LINE Beacon ในรัศมีประมาณ 25 เมตร และแสดงผลตามฟีเจอร์อย่างถูกต้องบนแอปพลิเคชัน LINE หลังจากนั้นผู้พัฒนาจึงทำการรวมโค้ดที่เกี่ยวข้องกับฟีเจอร์การส่งข้อความผ่าน Beacon เข้าสู่ระบบหลักของบริการออนไลน์บนแอปพลิเคชัน LINE ของหอสมุดในชื่อ “LifeOnLine” โดยเมื่อทดสอบและใช้งานจริงแล้วพบว่าไม่มีปัญหาดังนี้

- การเชื่อมต่อที่ไม่เสถียรซึ่งอาจเกิดจากสัญญาณ Bluetooth ไม่ดีหรือระยะทางที่ไกลเกินไป ผู้พัฒนาจึงทำการทดสอบติดตั้งอุปกรณ์ ESP32 ในหลาย ๆ จุดเพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์อยู่ในระยะที่เหมาะสม และไม่มีอุปสรรคที่ขัดขวางในการส่งสัญญาณ

- ผู้ใช้บริการมีความกังวลเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลส่วนบุคคล ผู้พัฒนาจึงมีการให้ข้อมูลและคำชี้แจงที่ชัดเจนเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลส่วนบุคคล เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้บริการผ่านการประชาสัมพันธ์ในช่องทางต่าง ๆ

- การส่งข้อมูลข่าวสารหรือการแจ้งเตือนผ่าน LINE Beacon ที่มากเกินไปอาจทำให้ผู้ใช้เกิดความรำคาญและตัดการเชื่อมต่อกับบัญชีทางการของหอสมุดได้ ผู้พัฒนาจึงทำการวิเคราะห์และคัดกรองข้อความในการส่งต่อวันในปริมาณที่พอเหมาะ และเลือกส่งเฉพาะข้อความที่มีความเกี่ยวข้องและจำเป็นกับผู้ใช้บริการ

- ผู้ใช้บริการไม่ทราบวิธีการในการตั้งค่าสมาร์ตโฟนเพื่อรับสัญญาณจากอุปกรณ์ Beacon ทำให้ไม่สามารถรับข้อมูลข่าวสารผ่าน LINE Beacon ได้ ผู้พัฒนาจึงได้ทำการประชาสัมพันธ์ถึงวิธีการตั้งค่าสมาร์ตโฟนเพื่อการใช้งานรวมถึงชี้แนะให้ผู้ใช้เห็นถึงประโยชน์ในการใช้งาน LINE Beacon



ภาพที่ 5 การประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางออนไลน์

ระยะที่ 3 การสำรวจการรับรู้และการใช้งานเทคโนโลยี LINE Beacon

หลังจากเปิดใช้งานเทคโนโลยีการสื่อสารเชิงรุกและการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้บริการ ผ่านเทคโนโลยี LINE Beacon เป็นระยะเวลา 1 เดือนแล้ว ผู้พัฒนาจึงได้ทำการสำรวจการรับรู้และความพึงพอใจในการใช้งานเทคโนโลยี LINE Beacon กับกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้บริการ ได้แก่ อาจารย์ บุคลากร และนักศึกษารวมถึงเจ้าหน้าที่หอสมุด โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการสำรวจโดยการสำรวจออนไลน์ (Online Survey) ผ่านช่องทางเพจเฟซบุ๊กของหอสมุดและ Email Marketing

ผลการดำเนินการและอภิปรายผล (Result and Discussion)

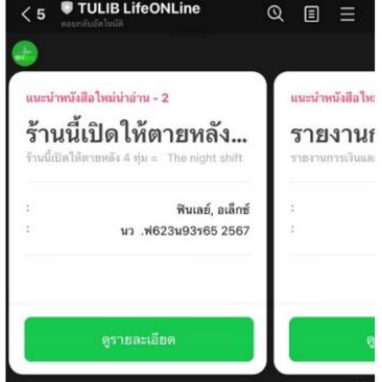
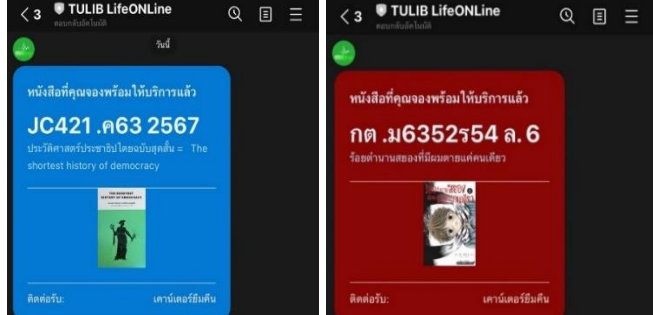
1. ผลการวิเคราะห์และสรุปประเด็นสำคัญจากข้อมูลของผู้ใช้บริการและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

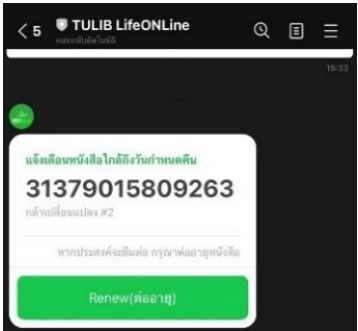
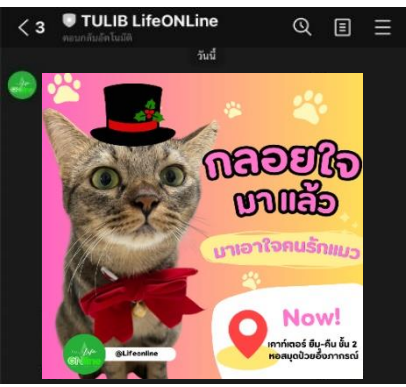
ผลการศึกษาประสบการณ์การใช้งานของผู้ใช้บริการ และข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Documentation) รวมถึงการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ซึ่งประกอบด้วยนักวิชาการคอมพิวเตอร์ผู้เชี่ยวชาญด้าน Beacon จำนวน 3 คน, บรรณารักษ์งานบริการหอสมุด จำนวน 5 คน และผู้ให้บริการหอสมุด จำนวน 9 คน จึงได้ข้อสรุปแนวทางในการพัฒนาระบบ คือ 1) การส่งข้อมูลข่าวสารหรือการแจ้งเตือนควรเลือกช่องทางที่ผู้ใช้เข้าถึงได้ง่ายและเรียลไทม์ ข้อมูลควรมีความชัดเจน กระชับเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว มีเนื้อหาที่หลากหลาย ทั้งส่วนที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้และกิจกรรมอื่น ๆ ที่หอสมุดจัดขึ้น และ 2) ในส่วนของระบบหลังบ้าน (Back-End) ควรมีเครื่องมือที่สามารถรองรับการจัดเก็บข้อมูลของผู้ใช้ เพื่อการวิเคราะห์พฤติกรรมที่จะช่วยให้ผู้จัดกิจกรรมสามารถประเมินระดับความสนใจและการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ได้ อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการปรับปรุงหรือออกแบบกิจกรรมในอนาคตให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการได้อย่างตรงจุด

2. ผลการพัฒนา LINE Beacon ด้วย ESP32 เพื่อการสื่อสารเชิงรุกและการจัดเก็บข้อมูลผู้ให้บริการ

ผู้พัฒนานำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์และพัฒนาระบบผ่านกระบวนการและกรอบแนวคิดของการออกแบบการบริการ (Service Design) และการพัฒนาระบบตามฟีเจอร์ (Feature-Driven Development) จึงสามารถนำมาออกแบบและพัฒนา ระบบ LINE Beacon โดยคาดว่าจะนำไปสู่ความพึงพอใจต่อการให้บริการต่อไป โดยได้ทำการพัฒนาฟีเจอร์ของระบบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดข้อมูลของการพัฒนา LINE Beacon ด้วย ESP32 เพื่อการสื่อสารเชิงรุกและการจัดเก็บข้อมูลผู้ให้บริการ

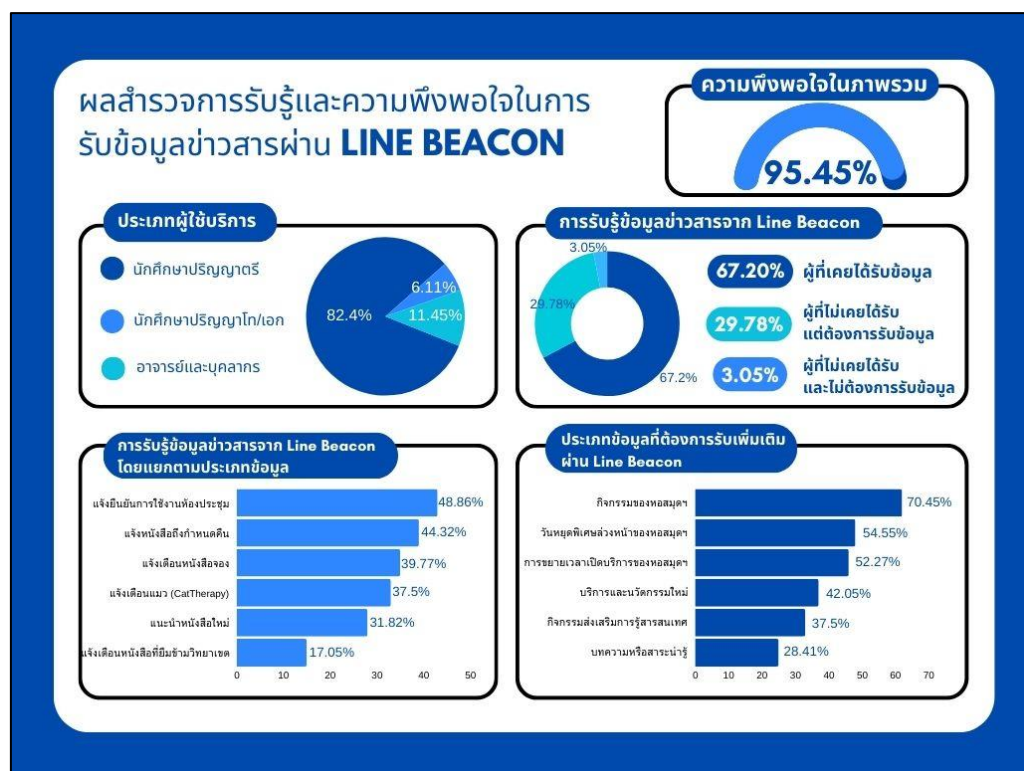
การพัฒนาตามฟีเจอร์	ภาพประกอบ
1. ระบบจะส่งข้อมูลแนะนำหนังสือเมื่อผู้ใช้บริการเดินผ่านจุดแนะนำหนังสือใหม่ (New Books) ในรัศมี 25 เมตร โดยผู้พัฒนากำหนดให้มีการส่งข้อมูลนี้ทุกวันจันทร์ หรือ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ใช้บริการ	
2. ระบบจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนหนังสือที่ผู้ใช้บริการได้ทำการจอง (Reserve Book) และหนังสือที่ยืมข้ามวิทยาเขต (Book Delivery) พร้อมให้บริการที่จุดบริการ (เคาน์เตอร์ยืม-คืน) หรือตู้รับหนังสืออัตโนมัติ (Smart Locker) เมื่อผู้ใช้บริการเดินผ่านจุดรับหนังสือในรัศมี 25 เมตร โดยการแจ้งเตือนจะถูกส่ง 1 ครั้งต่อเล่มที่ผู้ใช้บริการส่งคำขอ	

การพัฒนาตามพีเจอาร์	ภาพประกอบ
3. ระบบจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนเกี่ยวกับหนังสือที่ถึงกำหนดคืน (Due Date) โดยแจ้งเตือนให้ผู้ใช้บริการนำหนังสือมาคืนก่อนถึงกำหนด 3 วัน เมื่อผู้ใช้บริการเดินผ่านจุดที่มีสัญญาณ Beacon ในรัศมี 25 เมตร	
4. ระบบจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนเพื่อยืนยันการใช้งานห้องประชุม (Study Room) เมื่อผู้ใช้บริการเดินถึงจุดทางเข้าหอสมุดและจะทำการยืนยันการใช้งานอัตโนมัติเมื่อผู้ใช้บริการอยู่ในรัศมี 25 เมตรของห้องประชุม เพื่อป้องกันปัญหาการลืมกดยืนยันการใช้งาน	
5. ระบบจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนเมื่อเจ้าหน้าที่หอสมุดนำแมวบำบัด (Cat Therapy) ออกมาให้บริการที่จุดบริการ เนื่องจากไม่สามารถกำหนดเวลาการให้บริการแมวได้อย่างชัดเจน เจ้าหน้าที่หอสมุดจึงสามารถส่งการแจ้งเตือนเมื่อแมวพร้อมให้บริการในขณะนั้น โดยผู้ใช้จะได้รับการแจ้งเตือนเมื่ออยู่ในสัญญาณ Beacon จุดใดจุดหนึ่งในรัศมี 25 เมตร	
6. ระบบจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินที่หอสมุด เช่น การขออนุญาตใช้เสียงเนื่องจากการก่อสร้าง หรือการแจ้งเหตุไฟดับ เป็นต้น โดยจะทำการแจ้งเตือนในทุกจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ LINE Beacon	

การพัฒนาตามฟีเจอร์	ภาพประกอบ
7. การเก็บข้อมูลผู้ให้บริการหรือผู้เข้าร่วมกิจกรรม ระบบจะจัดเก็บข้อมูลผู้ที่อยู่ในรัศมี 25 เมตร โดยข้อมูลที่ได้ จะเป็นชื่อ-นามสกุล, รหัสนักศึกษา, คณะ, อีเมล, เวลาที่เข้ามาในรัศมี ซึ่งจะจัดเก็บข้อมูลด้วยฐานข้อมูล MongoDB และ MySQL	<pre> _id: ObjectId('66d568eca1ff145218221e6') replyToken: "f3533f38526f4f95866c22d64563a968" timestamp: "2024-09-02 14:26:04" userId: "Uf942e182b651546cf31a2cf08f4af425" hwid: "017f2ccf0f" type: "enter" _id: ObjectId('66d56894ca1ff145218221e7') replyToken: "325e3ca765b24fd8c52f0c005f63cdf" timestamp: "2024-09-02 14:26:10" userId: "Uf942e182b651546cf31a2cf08f4af425" hwid: "017f2ccf0f" type: "enter" _id: ObjectId('66d568d8ca1ff145218221e8') replyToken: "2d9254686b04c84aff7cf4664fb4642" timestamp: "2024-09-02 14:27:19" userId: "U837a46d911b26231d6175cbdfb0932c" hwid: "017f2ccf0f" type: "enter" </pre>

3. ผลสำรวจการรับรู้และความพึงพอใจในการรับข้อมูลข่าวสารผ่าน LINE Beacon

ในระยะเวลา 1 เดือนของการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารเชิงรุกและการจัดเก็บข้อมูลผู้ให้บริการผ่านเทคโนโลยี LINE Beacon ด้วย ESP32 ทีมพัฒนาได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ ในสถานที่ต่าง ๆ 10 จุด ได้แก่ เคาน์เตอร์บริการ จำนวน 3 จุด, ประตูทางเข้าหอสมุด จำนวน 2 จุด, ห้องประชุม จำนวน 3 จุด, ตู้รับหนังสืออัตโนมัติ จำนวน 1 จุด, จุดแนะนำหนังสือใหม่ จำนวน 1 จุด โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูลข่าวสารเชิงรุกกับผู้ใช้และปรับปรุงประสบการณ์ในการใช้งาน รวมถึงเพื่อพัฒนาเครื่องมือในการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้ ผลที่ได้รับคือ ในช่วงเดือนตุลาคม 2567 มีผู้ใช้บริการรับข้อมูลจาก Line Beacon ถึง 424 ครั้ง โดยมีความพึงพอใจจากการได้รับข้อมูลข่าวสารถึงร้อยละ 95.45



ภาพที่ 6 ผลสำรวจการรับรู้และความพึงพอใจในการรับข้อมูลข่าวสารผ่าน Line Beacon

ตารางที่ 4 แสดงสัดส่วนประเภทผู้ใช้บริการที่ตอบแบบสอบถาม ตามลำดับ

ประเภทผู้ใช้บริการ	จำนวน	ร้อยละ(%)
นักศึกษาระดับปริญญาตรี	108	82.44
อาจารย์และบุคลากร	15	11.45
นักศึกษาระดับปริญญาโท/เอก	8	6.11
รวม	131	100

ตารางที่ 5 แสดงการรับรู้ข้อมูลข่าวสารจาก LINE Beacon ของผู้ตอบแบบสอบถาม ตามลำดับ

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
ผู้ตอบแบบสอบถามที่เคยได้รับข้อมูลจาก LINE Beacon	88	67.20
ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่เคยได้รับแต่ต้องการรับข้อมูลจาก LINE Beacon	39	29.78
ผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่เคยได้รับ และไม่ต้องการรับข้อมูลจาก LINE Beacon	4	3.05
รวม	131	100

ตารางที่ 6 แสดงรายประเภทข้อมูลที่ได้รับจากผู้ตอบแบบสอบถามที่ได้รับจาก LINE Beacon ตามลำดับ (จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่เคยได้รับข้อมูล 88 คน)

ประเภทข้อมูลข่าวสารที่ได้รับจาก LINE Beacon	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%) จาก 88 คน
แจ้งยืนยันการใช้งานห้องประชุม (Study Room)	43	48.86
แจ้งหนังสือถึงกำหนดคืน (Due Date)	39	44.32
แจ้งเตือนให้รับหนังสือจอง (Reserve Book)	35	39.77
แจ้งเตือนแมวบำบัด (Cat Therapy)	33	37.5
แนะนำหนังสือใหม่ (New Books)	28	31.82
แจ้งเตือนให้รับหนังสือที่ยืมข้ามวิทยาเขต (Book Delivery)	15	17.05

ตารางที่ 7 แสดงรายประเภทข้อมูลที่ต้องการรับประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทาง Line Beacon เพิ่มเติมตามลำดับ (จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่เคยได้รับข้อมูล 88 คน)

ประเภทข้อมูลที่ต้องการรับประชาสัมพันธ์เพิ่มเติม	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
กิจกรรมของหอสมุด (Library Event)	62	70.45
วันหยุดพิเศษล่วงหน้าของหอสมุด	48	54.55
การขยายเวลาเปิดบริการของหอสมุด	46	52.27
บริการและนวัตกรรมใหม่	37	42.05
กิจกรรมส่งเสริมการรู้สารสนเทศ (Library workshop/training)	33	37.50
บทความหรือสารน่ารู้	25	28.41

ผู้ตอบแบบสอบถามได้ให้ความคิดเห็นต่อระดับความพึงพอใจในการรับข้อมูลข่าวสารผ่าน Line Beacon ในด้านต่าง ๆ โดยสรุประดับความคิดเห็นในแต่ละด้านไว้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความคิดเห็นต่อระดับความพึงพอใจในการรับข้อมูลข่าวสารผ่าน Line Beacon ในแต่ละด้าน

ผลประเมินความพึงพอใจ			
ลำดับ	รายการ	ร้อยละ	เกณฑ์การประเมิน
1	ข้อมูลที่ได้รับมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	96.36	มากที่สุด
2	ความถี่ในการแจ้งเตือนผ่าน Line Beacon เหมาะสม	93.64	มากที่สุด
3	การบริการแจ้งเตือนผ่าน Line Beacon มีประโยชน์	96.82	มากที่สุด
4	ความรวดเร็วในการรับข้อมูลผ่าน Line Beacon	94.09	มากที่สุด
5	ได้รับประสบการณ์ที่ดีจากการใช้บริการแจ้งเตือนผ่าน Line Beacon	94.32	มากที่สุด
6	การได้รับแจ้งข้อมูลข่าวสารผ่าน Line Beacon ช่วยแก้ไขปัญหาการไม่ได้รับอีเมลการแจ้งเตือนเรื่องสำคัญต่าง ๆ	95.00	มากที่สุด
7	ความพึงพอใจต่อการแจ้งข้อมูลข่าวสารผ่าน Line Beacon ในภาพรวม	95.45	มากที่สุด

4. อภิปรายผล

ผลการพัฒนาเทคโนโลยี LINE Beacon เพื่อการส่งข้อมูลข่าวสารและการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้ในบริบทของหอสมุดแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พบว่าแนวทางนี้สามารถตอบสนองต่อ Pain point สำคัญของทั้งผู้ใช้บริการและเจ้าหน้าที่ได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะในประเด็นด้านความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลที่สำคัญของผู้ใช้บริการต่อหอสมุด, การลดภาระหน้าที่และความซับซ้อนในการเก็บข้อมูลผู้ใช้ในพื้นที่บริการหรือกิจกรรมที่หอสมุดจัดขึ้น, รวมถึงความพึงพอใจและการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของการสื่อสารเชิงรุก (Proactive Communication) ที่ชี้ว่า เมื่อผู้ใช้ได้รับข้อมูลอย่างตรงจุดและทันเวลา ย่อมช่วยเสริมสร้างประสบการณ์ใช้งานเชิงบวกและสร้างความรู้สึกเชื่อมโยงกับหน่วยงานมากขึ้น (Trang & Tho, 2019)

จากข้อมูลการสำรวจพบว่า ร้อยละ 95.45 ของผู้ที่ได้รับข้อมูลผ่าน LINE Beacon มีความพึงพอใจต่อเทคโนโลยีนี้ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของช่องทางในการสื่อสารที่เข้าถึงง่ายและใช้งานสะดวก เนื่องจากการเชื่อมต่อเทคโนโลยี Beacon เข้ากับแอปพลิเคชัน LINE ซึ่งเป็นแอปที่ผู้ใช้คุ้นเคยอยู่แล้ว ช่วยลดอุปสรรคในการเข้าถึงข่าวสารและแก้ไขปัญหาที่เคยพบ เช่น การพลาดอีเมลแจ้งเตือนหรือการไม่ทราบข่าวสารกิจกรรม ในขณะเดียวกัน ผู้ใช้บางส่วนยังแสดงความต้องการให้มีการส่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้บริการห้องสมุดอย่างต่อเนื่อง เช่น การแจ้งวันหยุดพิเศษล่วงหน้า หรือการประชาสัมพันธ์กิจกรรมต่าง ๆ ทั้งนี้เทคโนโลยีการส่งข้อความผ่าน Beacon ซึ่งมีความสามารถในการกระจายข้อมูลได้ครอบคลุม รวดเร็ว และมีความล่าช้าต่ำ (Bilal et al., 2023) จึงมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการสื่อสารที่ตรงเป้าหมายและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ

อีกประเด็นที่น่าสนใจคือ ความสามารถของ Line Beacon ในการเก็บข้อมูลเชิงพฤติกรรมของผู้ใช้บริการ เช่น การระบุจุดที่มีผู้ใช้หนาแน่นในแต่ละโซนของหอสมุด หรือการเก็บข้อมูลผู้เข้าร่วมกิจกรรมแบบอัตโนมัติ ซึ่งมีศักยภาพสูงในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์พฤติกรรมผู้ใช้ (User Analytics) และต่อยอดสู่การวางแผนบริการเชิงกลยุทธ์ที่จะสามารถปรับแต่งประสบการณ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด ทั้งนี้ก็สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Yuan et al. (2022) ที่ชี้ว่าเทคโนโลยี Beacon สามารถระบุตำแหน่งได้แม่นยำและเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลา

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเทคโนโลยีนี้จะมีศักยภาพสูง แต่ก็พบข้อจำกัดจากการใช้อุปกรณ์ ESP32 ซึ่งสามารถส่งสัญญาณได้เพียงประเภทเดียวคือ “Enter” ไม่สามารถตรวจจับพฤติกรรมการอยู่ในพื้นที่ได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลระยะเวลาการใช้บริการในพื้นที่ได้ ซึ่งมีผลต่อการวิเคราะห์เชิงลึกด้านพฤติกรรมผู้ใช้ในอนาคต ข้อจำกัดนี้เป็นสิ่งที่ผู้พัฒนาได้ตระหนักและมีแนวทางแก้ไขโดยการวางแผนเปลี่ยนอุปกรณ์เป็น “DEVIO” ซึ่งสามารถส่งสัญญาณได้ 3 รูปแบบ คือ Enter,

Banner, และ Stay ซึ่งจะช่วยให้การสื่อสารและการเก็บข้อมูลมีความหลากหลาย ครอบคลุม แม่นยำ และให้ข้อมูลที่ละเอียดกว่าอุปกรณ์ ESP32 มากยิ่งขึ้น ดังนั้น ผู้พัฒนาจะยังคงติดตามผลและมีแนวคิดในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ในการรับข้อมูลข่าวสารผ่าน Line Beacon ผู้ใช้บริการจะต้องตั้งค่าสมาร์ตโฟนเพื่อเปิดการใช้งาน Bluetooth, อนุญาตให้เข้าถึงตำแหน่ง (Location), เพิ่มเพื่อนบัญชีไลน์ทางการของหอสมุด, รวมถึงอยู่ในพื้นที่หอสมุดซึ่งมีชั้นตอนค่อนข้างซับซ้อน ผู้ใช้บางท่านจึงอาจจะไม่ทราบวิธีการหรือมีความกังวลเรื่องความเป็นส่วนตัวและความปลอดภัย ดังนั้นจึงต้องทำการประชาสัมพันธ์ที่ชัดเจนเพื่อสร้างการรับรู้ในขั้นตอนการให้บริการและการป้องกันข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้
2. การแจ้งเตือนและการส่งข้อมูลข่าวสารผ่าน Line Beacon ถือเป็นฟังก์ชันเสริม เนื่องจากสามารถส่งข้อมูลได้ในระยะสั้นและในพื้นที่จำกัด ดังนั้นผู้ให้บริการจึงควรได้รับข้อมูลต่าง ๆ ผ่านช่องทางหลักอื่น ๆ เช่น อีเมล หรือเว็บไซต์ของหอสมุดเพื่อให้แน่ใจว่าได้รับข้อมูลครบถ้วนและสามารถเข้าถึงรายละเอียดที่จำเป็นได้อย่างเต็มที่
3. ในการส่งข้อมูลเชิงรุก ต้องคำนึงถึงเนื้อหาที่จำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อผู้ให้บริการ ไม่ควรส่งจำนวนเยอะจนเกินไป เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อความเหนื่อยล้าต่อเครือข่ายสังคม การบุกรุกความเป็นส่วนตัวและการใช้งานแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนด้วย (Pang, H., & Ruan, Y., 2023)
4. ในการเก็บข้อมูลผู้ให้บริการผ่าน Line Beacon ด้วยอุปกรณ์ ESP32 ไม่สามารถเก็บข้อมูลผู้ที่เข้ามาในรัศมีของอุปกรณ์หรือในพื้นที่ที่กำหนดได้อย่างละเอียด เนื่องจากยังขาดข้อมูลที่สำคัญในการวิเคราะห์ เช่น ช่วงเวลาที่ผู้ให้บริการอยู่ในพื้นที่ เป็นต้น

บทสรุป (Conclusion)

การพัฒนา Line Beacon ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพื่อการสื่อสารเชิงรุกและการจัดเก็บข้อมูลผู้ให้บริการในครั้งนี้ ถือเป็นก้าวแรกของหอสมุดแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Beacon เพื่อยกระดับประสบการณ์ของผู้ใช้บริการอย่างเป็นรูปธรรม โดยแนวคิดนี้เกิดจากการเล็งเห็นศักยภาพของอุปกรณ์ที่สามารถลดข้อจำกัดด้านการสื่อสารเดิม ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว ทันต่อเหตุการณ์ และเชื่อมโยงกับบริการของหอสมุดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งนอกจากการเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ให้บริการแล้ว ระบบ Line Beacon ยังช่วยสนับสนุนการทำงานของเจ้าหน้าที่หอสมุดให้มีความคล่องตัวยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้ การแจ้งข่าวสารหรือการลดขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อน ส่งผลให้เกิดการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้ดียิ่งขึ้น

หอสมุดได้วางแผนที่จะต่อยอดและพัฒนาเทคโนโลยีนี้อย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นให้ระบบมีความเสถียร รองรับฟีเจอร์ที่หลากหลาย และสามารถปรับตัวเข้ากับพฤติกรรมของผู้ใช้ในยุคดิจิทัลได้มากที่สุด ซึ่งจะเป็นรากฐานสำคัญในการขับเคลื่อนการให้บริการห้องสมุดสู่รูปแบบที่ทันสมัยและมีผู้ใช้เป็นศูนย์กลางอย่างแท้จริง

รายการอ้างอิง (References)

- มาลินี คำเครือ, จรัสพงษ์ โชคชัยศิริ, และเสาวคนธ์ บุญสมธป. (2020). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันด้วยการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ เพื่อสนับสนุนข้อมูลการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ในเขตเมืองกาญจนบุรี. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 19(1), 35-46. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/240175>
- ศรัณย์ ยววรรณ. (ม.ป.ป.). *สถิติผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตและเวลาการใช้งานโมบายแอป*. teamdigital. <https://www.teamdigital.co/ในหนึ่งวัน-เราใช้แอปพลิเคชันอะไรของ-line-บ้าง/>

- องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ. (13 ธันวาคม 2564). *Beacon* (บีคอนล์).
<https://www.nsm.or.th/nsm/th/node/5561>
- AppMaster. (31 สิงหาคม 2566). *การพัฒนาที่ขับเคลื่อนด้วยคุณลักษณะ (FDD)*.
<https://appmaster.io/th/glossary/kaarphathnaathiikhabekhlue-ndwykhunlaksna-fdd>
- Bilal, M., Munir, E. U., & Ullah, A. (2023). BEMD: Beacon-oriented Emergency Message Dissemination scheme for highways. *Ad Hoc Networks*, 142, 103095.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2023.103095>
- Factsheets (29 พฤษภาคม 2564). *Service design ฉบับเข้าใจง่าย (Factsheet No. 66)*.
<https://factsheets.in.th/2021/05/29/service-design-ฉบับเข้าใจง่าย-factsheet-no-66/>
- Flashfly. (1 สิงหาคม 2559). *Tesco Lotus ติดตั้งเทคโนโลยี iBeacon ในห้างสรรพสินค้า ส่งข้อความสิทธิประโยชน์ให้ลูกค้า*. <https://www.flashfly.net/wp/153655>
- KMUTNB. (20 พฤศจิกายน 2566). *แนะนำการใช้งานชิป ESP32 SoCs ของบริษัท Espressif Systems*. KMUTNB IoT Blog. <https://iot-kmutnb.github.io/blogs/esp32/>
- Laura McQuarrie. (9 March 2016). *IKEA Austria is Using Beacons for In-Store Marketing*. trendhunter.
<https://www.trendhunter.com/trends/in-store-marketing>
- LINE Developers Thailand. (n.d.). *Deep Dive into LINE Beacon*.
<https://www.skooldio.com/courses/deep-dive-into-line-beacon>
- LINE Developers Thailand. (n.d.). *Use beacons with LINE*.
<https://developers.line.biz/en/docs/messaging-api/using-beacons/#receiving-webhook-events>
- Newline. (n.d.). *Feature driven development methodology*.
<https://newline.tech/feature-driven-development-methodology/>
- Pang, H., & Ruan, Y. (2023). Can information and communication overload influence smartphone app users' social network exhaustion, privacy invasion and discontinuance intention? A cognition-affect-conation approach. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 73, 103378.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103378>
- Thai Creative Design Center. (n.d.). *กระบวนการออกแบบบริการ Service design process*.
<https://tcdd.groov.asia/method/service-design-process.html>
- Trang, N. T. M., & Tho, N. D. (2019). The role of proactive postsales services in supplier innovativeness and customer satisfaction. *Service Business*, 13(2), 249-268. <https://doi.org/10.1007/s11628-018-0381-x>
- Yuan, M., Li, Y., Li, Y., Pang, S., & Zhang, J. (2022). A fast way of single-beacon localization for AUVs. *Applied Ocean Research*, 119, 103037. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.103037>