

# A prototype development of health suggestion system using blockchain

**Panjai Tantatsanawong, Kamolphu Yenjit, Phanupong Tonpum**

Department of Computing, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom

---

## **Abstract**

This research aims to develop a prototype healthcare recommendation system using private block-chain technology by the secure Hyperledger Fabric platform, which is reliable. It is used to store personal information and user health information. The system has been designed into 5 parts as follows: Part 1 is the smartwatch that connects to the application. It will be the part where the user connects the smartwatch to the mobile application, and fill in personal information. The second part is the user interface which is in the form of a mobile application, which can view personal information and historical health data of the user. Part 3 is the Hyperledger Fabric part, divided into 2 Ledgers, consisting of the user's personal data storage part and the part that stores user health data. Part 4 is the API part that receives and sends data between the application and Hyperledger Fabric and part 5, is the web application for managing the system's personal information and the user's health information will

be stored in the Ledger for storing personal information, and user health information in the application section, there is a smartwatch connected to the application using Bluetooth to connect the smart-watch's data with the application. The user will log in. Then connect the smart-watch to the application and send data from the application to the blockchain. Users can register, log in, and connect their smartwatch to the application. To view health information from various measurements and provide health care advice to users Evaluating user satisfaction from a sample of 5 people. The average value was 4.38, a high level of satisfaction.

**Keywords:** Blockchain technology; Smartwatch; Health suggestion system

*Received:* 10 June 2024, *Revised:* 25 July 2024,  
*Accepted:* 1 September 2024

---

Correspondence: Panjai Tantatsanawong, Department of Computing, Faculty of Science, Silpakorn University, Sanam Chandra Palace Campus, Rajamunka-nai Rd., Muang District, Nakhon Pathom, 73000, Tel.: 0-3414-7001, E-mail: panjai@gmail.com

## การพัฒนาต้นแบบระบบแนะนำการดูแลสุขภาพโดยใช้บล็อกเชน

ปานใจ ธารทัศนวงศ์, กมลฤ เยินจิตร, กัญพวงศ์ ดันพูน

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบแนะนำการดูแลสุขภาพโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนประเภทส่วนตัว (private blockchain) โดยใช้แพลตฟอร์ม Hyperledger Fabric ซึ่งมีความปลอดภัยและมีความน่าเชื่อถือ โดยนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลส่วนตัว และข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้ ซึ่งได้มีการออกแบบระบบแบ่งเป็น 5 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 คือส่วนนาฬิกาอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน จะเป็นส่วนที่ผู้ใช้ทำการเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะกับโมบายแอปพลิเคชัน และกรอกข้อมูลส่วนตัว ส่วนที่ 2 คือส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่อยู่ในรูปแบบของโมบายแอปพลิเคชัน สามารถดูข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลสุขภาพย้อนหลังของผู้ใช้ได้ ส่วนที่ 3 คือส่วนของ Hyperledger Fabric แบ่งออกเป็น 2 Ledger ประกอบด้วยส่วนเก็บข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ และส่วนเก็บข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้ ส่วนที่ 4 คือส่วนของ API ซึ่งทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชัน กับ Hyperledger Fabric และส่วนที่ 5 ส่วนของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจัดการระบบ ข้อมูลส่วนตัว และข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้จะจัดเก็บใน Ledger การจัดเก็บข้อมูลส่วนตัว และ

ข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้ และในส่วนของแอปพลิเคชันมีการเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะกับแอปพลิเคชันด้วยบลูทูธ โดยการเชื่อมต่อข้อมูลของนาฬิกาอัจฉริยะกับแอปพลิเคชัน ผู้ใช้จะทำการเข้าสู่ระบบแล้วเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะกับแอปพลิเคชันและส่งข้อมูลจากแอปพลิเคชันไปยังบล็อกเชน ผู้ใช้สามารถสมัครสมาชิก เข้าสู่ระบบแล้วทำการเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะกับแอปพลิเคชัน เพื่อดูข้อมูลสุขภาพจากการวัดค่าต่าง ๆ และคำแนะนำการดูแลสุขภาพให้แก่ผู้ใช้งาน การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ค่าเฉลี่ยที่ได้คือ 4.38 ความพึงพอใจในระดับมาก

**คำสำคัญ:** เทคโนโลยีบล็อกเชน; นาฬิกาอัจฉริยะ; ระบบแนะนำการดูแลสุขภาพ

วันที่รับต้นฉบับ: 10 มิถุนายน 2567, วันที่แก้ไข: 25 กรกฎาคม 2567, วันที่ตอบรับ: 1 กันยายน 2567

### บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้อุปกรณ์สวมใส่ เช่น นาฬิกาอัจฉริยะ (Smart watch) เพื่อวัดค่าต่าง ๆ ในร่างกายของผู้ใช้งาน และมีโทรศัพท์มือถือเป็นตัวกลางในการจัดการข้อมูล [7] ผู้ให้บริการของนาฬิกาอัจฉริยะส่วนมากจะเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ฐานข้อมูล หรือการประมวลผลบนกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) ของตนเอง ซึ่งจะเรียกลักษณะนี้ว่าการรวมศูนย์อำนาจ (Centralized) โดยที่บริษัทผู้ให้บริการของนาฬิกาอัจฉริยะ ทำให้ผู้ใช้เกิดความกังวลในเรื่องข้อมูลส่วนบุคคลและความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล หากผู้ดูแลระบบหรือผู้ให้บริการดังกล่าวทำการแก้ไข เผยแพร่ ลบ หรือถูกโจรกรรมข้อมูล ซึ่งข้อมูลสุขภาพนั้นจัดว่าเป็นข้อมูลส่วนบุคคลที่อ่อนไหว (Sensitive Personal Data) อาจจะทำให้ข้อมูล

ไม่ถูกต้อง และไม่มีความเป็นส่วนตัว ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลเสียตามมา จึงทำให้มีการศึกษาเพื่อจะหาวิธีการแก้ปัญหานี้ขึ้น คณะผู้วิจัยจึงนำเทคโนโลยีบล็อกเชนมาแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบแนะนำการดูแลสุขภาพโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต้นแบบที่พัฒนาขึ้น

เทคโนโลยีบล็อกเชน เป็นเทคโนโลยีการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ (Distributed Ledger Technology : DLT) หรือไม่มีศูนย์กลาง (Decentralized) เป็นรูปแบบการบันทึกข้อมูลที่ใช้หลักการวิทยาการเข้ารหัส (Cryptography) ร่วมกับกลไกที่ควบคุมความถูกต้องของข้อมูล (Consensus) ในทุกโหนดโดยใช้อัลกอริทึมต่าง ๆ และกระจายข้อมูลจัดเก็บไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ (Node) ที่เชื่อมโยงกันในเครือข่ายบล็อกเชน โดยกลุ่มข้อมูล (Block) ที่จัดเก็บจะเชื่อมต่อกันเป็นลูกโซ่ (Chain) ซึ่งข้อมูลแต่ละบล็อกจะมีค่าทางคณิตศาสตร์ (Hash) ของบล็อกก่อนหน้าเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จึงทำให้การจัดเก็บข้อมูลสามารถมีเพียงข้อมูล

**ผู้นิพนธ์ประสานงาน:** ปานใจ ธารทัศนวงศ์, ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, วิทยาเขต พระราชวังสนามจันทร์ ถนน ราชมรรคาใน อำเภอ เมืองฯ จังหวัด นครปฐม 73000 โทร.: 0-3414-7001, E-mail: panjai@gmail.com

ชุดเดียว โดยไม่จำเป็นต้องมีตัวกลางในการควบคุม และลดความเสี่ยงจากการถูกปลอมแปลงหรือแก้ไขข้อมูลส่งผลให้ข้อมูลที่ถูกบันทึกในบล็อกเชนมีความถูกต้อง ปลอดภัย และน่าเชื่อถือ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลสุขภาพที่วัดค่าได้จากนาฬิกาอัจฉริยะ ดังนั้น อัตราการเต้นของหัวใจ ระยะทางในการเดิน การวิ่ง หรือการออกกำลังกาย รวมถึงอัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี) และ จำนวนก้าวเดิน ข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บในบล็อกเชนเพื่อใช้ในการประมวลผลเพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพ ตลอดจนติดตามสุขภาพของผู้ใช้โดยผ่านทางโมบายแอปพลิเคชัน

**บทบทวนวรรณกรรม**

หลักการการทำงานของเทคโนโลยีบล็อกเชนคือ ข้อมูลจะถูกแชร์ให้กับทุก Node ที่อยู่ในเครือข่ายและการทำงานของเทคโนโลยี บล็อกเชนจะไม่มีเครื่องใดเครื่องหนึ่งเป็นศูนย์กลางหรือเครื่องแม่ข่าย ดังนั้นการทำงานแบบกระจายศูนย์นี้จะไม่ถูกควบคุมโดยคนเพียงคนเดียว แต่ทุก Node จะได้รับสำเนาฐานข้อมูลเก็บไว้และจะมีการอัปเดตฐานข้อมูลแบบอัตโนมัติเมื่อมีข้อมูลใหม่เกิดขึ้น ทั้งนี้สำเนาฐานข้อมูลของคนในเครือข่ายจะต้องถูกต้อง และตรงกันกับของสมาชิกคนอื่นในเครือข่าย อีกทั้งการบันทึกข้อมูลเข้าสู่แต่ละบล็อก โดยมีการเข้ารหัสและควบคุมความถูกต้องของข้อมูลจากสมาชิกในเครือข่ายด้วยกันก่อนทำการบรรจุข้อมูลลงและเพิ่มเข้าสู่บล็อกเพื่อเป็นการป้องกันและรับประกันความปลอดภัยของข้อมูล โดยแต่ละบล็อกเชนจะมีการกำหนดกฎเกณฑ์ในการตรวจสอบหรือที่เรียกว่า “Consensus Protocol” หรือ “Consensus Mechanism” ขึ้นมาเพื่อใช้ในเครือข่าย การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเป็นความท้าทายที่เกิดขึ้นในภาคการดูแลสุขภาพ เพื่อใช้จัดเก็บและแบ่งปันข้อมูลที่ปลอดภัย ข้อจำกัดในเรื่องความห่างไกลระหว่างแพทย์กับผู้ป่วยอาจเป็นปัญหาสำคัญต่อคุณภาพในบริการด้านสุขภาพและปัญหาในการตรวจสอบสุขภาพเป็นประจำ ข้อจำกัดของระบบเวชระเบียนที่จัดเก็บในฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์คือการที่แพทย์หรือโรงพยาบาลเข้าถึงเวชระเบียนของผู้ป่วยได้ ทำให้ภาคส่วนการรักษาพยาบาลได้รับผลกระทบ หากผู้ป่วยต้องการดูเวชระเบียนจะต้องผ่านกระบวนการที่ใช้เวลานานและไม่สะดวก รวมถึงปัญหาด้านความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล Sarath Sabu และคณะ [24] ได้นำเสนองานวิจัยแอปพลิเคชันทางการแพทย์ E-Health ที่ปลอดภัยและเป็นส่วนตัว โดยใช้กลไกบล็อกเชนและ IPFS (InterPlanetary File System) เป็นวิธีการจัดเก็บแบบกระจาย ซึ่งเป็นวิธีการแบบ peer-to-peer (P2P) ที่มีจุดประสงค์เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์ดิจิทัลทั้งหมดเข้ากับระบบไฟล์เดียวกัน ทำให้สามารถจัดเก็บ

เวชระเบียนจำนวนมากได้ การใช้ IPFS เพื่อจัดเก็บและบันทึกข้อมูลสุขภาพ โดยที่ข้อมูล IPFS จะถูกกระจายไปตามโหนดต่างๆ ซึ่งมีประโยชน์ในการแจกจ่าย จึงทำให้บันทึกข้อมูลสุขภาพปลอดภัยจากภัยคุกคามทางไซเบอร์ สามารถติดตามสถิติของโรค โดยไม่ล่วงล้ำความเป็นส่วนตัวของผู้ป่วยรายใดได้ สามารถบันทึกข้อมูลสุขภาพทางการแพทย์ (Medical Health Record : MHR) ซึ่งเป็นข้อมูลทางการแพทย์ของผู้ป่วยในรูปแบบดิจิทัล ด้วยเทคโนโลยีบล็อกเชนทำให้การรักษาความเป็นส่วนตัวของรายงานสุขภาพทางการแพทย์ของผู้ป่วยช่วยให้ผู้ป่วยและแพทย์ทั่วโลกสามารถเชื่อมต่อกันได้ สามารถให้สิทธิ์ควบคุมอย่างเต็มที่สำหรับผู้ป่วยในการเข้าถึงข้อมูลและสามารถให้สิทธิ์แก่ผู้อื่นในการดูข้อมูลของตนเองได้

ตารางที่ 1 ความแตกต่างระหว่างฐานข้อมูลและบล็อกเชน

การทำงาน	ฐานข้อมูล	บล็อกเชน
การเก็บข้อมูล	เก็บข้อมูลอยู่บนคอมพิวเตอร์หรือเซิร์ฟเวอร์ที่มีเจ้าของเพียงคนเดียวและมีอำนาจควบคุมข้อมูลทั้งหมด	เก็บข้อมูลอยู่บนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ไม่มีผู้ที่มีสิทธิ์ขาดในการควบคุมข้อมูล
ผู้ดูแลระบบ	ต้องมีผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล	ไม่จำเป็นต้องมีผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล
การเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อมูล	การเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อมูลต้องได้รับการอนุญาตจากผู้ดูแลระบบ	การเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อมูลไม่ต้องขออนุญาตใคร แต่ข้อมูลที่เพิ่มลงไป ต้องไม่ขัดแย้งกับข้อมูลเดิมที่อยู่บนบล็อกเชน
ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล	ข้อมูลจะถูกอัปเดตเป็นปัจจุบันเท่านั้น และอาจไม่มีการเก็บข้อมูลในอดีตไว้	มีการเก็บข้อมูลทั้งหมดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้
งานที่เหมาะสม	ฐานข้อมูลถูกพัฒนามาเพื่อบันทึกข้อมูลจำนวนมาก แต่อาจไม่เหมาะสำหรับการใช้งานในฟังก์ชันอื่นนอกจากการเป็นฐานข้อมูล	เทคโนโลยีบล็อกเชนในปัจจุบันเหมาะสำหรับใช้งานในการทำธุรกรรมรับส่งเงินหรือสินทรัพย์ดิจิทัลมากกว่า การใช้งานที่ฐานข้อมูลขนาดใหญ่
งบประมาณ	ลงทุนเพียงที่เดียว ค่าบำรุงรักษาต่ำ	ลงทุนและบำรุงรักษากระจายไปตามที่เก็บบล็อกเชน

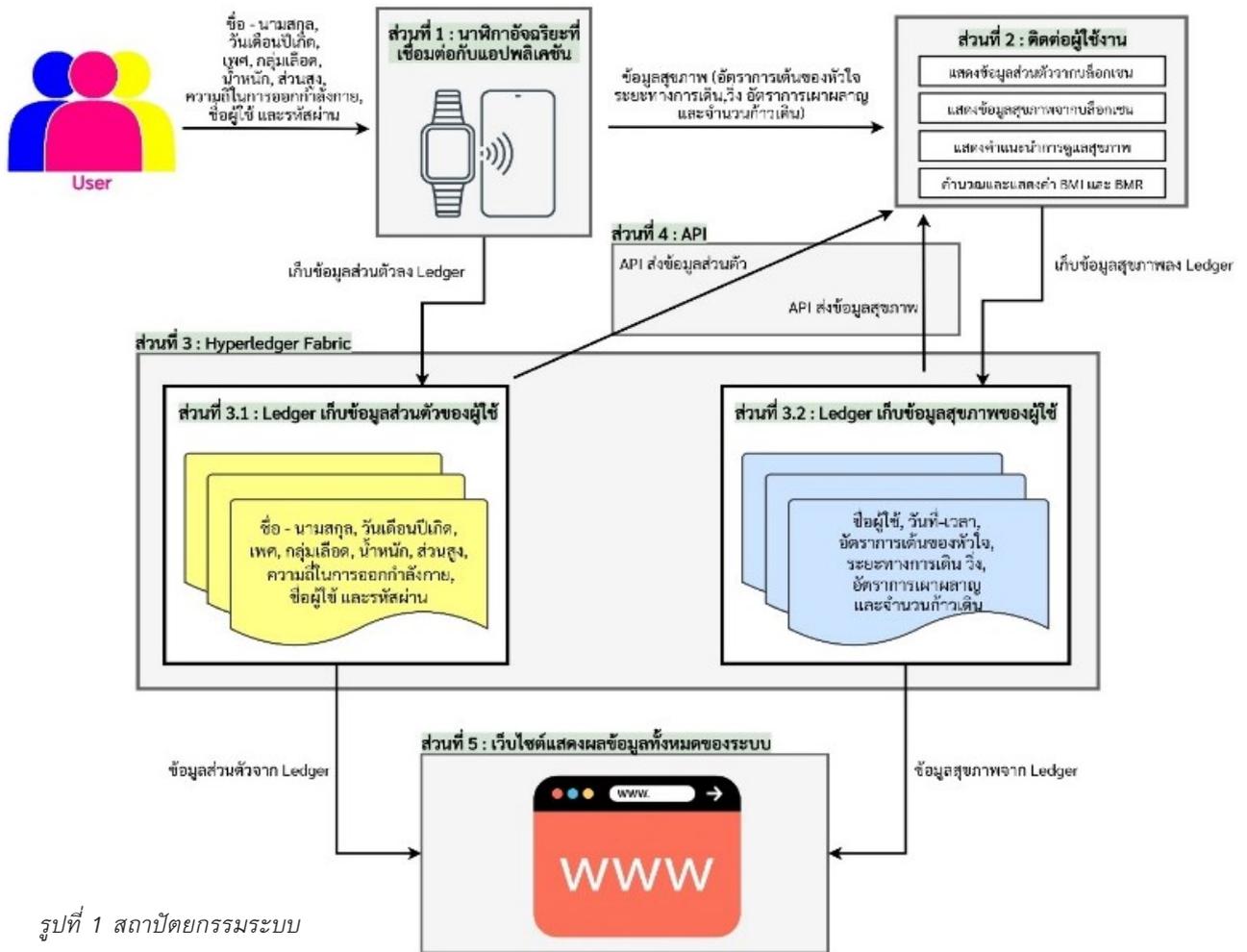
เทคโนโลยีบล็อกเชน มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เป็นเครือข่ายแบบกระจายศูนย์ (Distributed Ledger Technology : DLT) จัดเป็นฐานข้อมูลแบบกระจาย (Distributed Database) และการทำธุรกรรมแบบ peer-to-peer ดังนั้นในระบบการดูแล

สุขภาพ เทคโนโลยีบล็อกเชนจึงมีศักยภาพในการปกป้องข้อมูลของผู้ป่วยได้ดี เพราะรายการบันทึกจะถูกเก็บไว้ในบล็อก และบล็อกจะถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเพื่อสร้างห่วงโซ่ การแยกบล็อกเชนนั้น เป็นไปได้ยากเพราะหากบล็อกหนึ่งถูกแก้ไขแล้วผู้โจมตีจะต้องแก้ไขทุกบล็อก เพราะตัวชี้แฮชของแต่ละบล็อกจะเชื่อมโยงไปยังบล็อกถัดไปด้วย

นาฬิกาอัจฉริยะ (Smart watch) จัดเป็นอุปกรณ์สวมใส่ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things : IoT) และมีการใช้แพร่หลายมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของ การดูแลสุขภาพ [5,18] เมื่อเทคโนโลยีเริ่มมีการพัฒนาการเติบโตของอุปกรณ์สวมใส่ในสาขาการแพทย์เริ่มเพิ่มขึ้นสามารถรวบรวมข้อมูลสุขภาพของผู้ป่วยและส่งให้กับโรงพยาบาลหรือแพทย์ได้ ข้อมูลทางการแพทย์ที่ได้มาจากอุปกรณ์ที่สวมใส่นั้นมีความสำคัญและละเอียดอ่อน จำเป็นต้องได้รับการปกป้องอย่างระมัดระวัง เนื่องจากเกี่ยวข้องกับตรงกับชีวิตของผู้ป่วย เช่น การใช้งาน E-Health Record เป็นต้น

**วิธีการดำเนินการวิจัย**

การทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ส่วนที่ 1 คือส่วนนาฬิกาอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับโมบายแอปพลิเคชัน เป็นส่วนที่ผู้ใช้กรอกข้อมูลส่วนตัวประกอบด้วย ชื่อ นามสกุล วันเดือนปีเกิด เพศ กลุ่มเลือด น้ำหนัก ส่วนสูง ความถี่ในการออกกำลังกาย ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกจัดเก็บไปยังบล็อกเชน เมื่อผู้ใช้ทำการเชื่อมต่อนาฬิกาสำเร็จแล้วจะได้ข้อมูลสุขภาพจากนาฬิกาอัจฉริยะของผู้ใช้ดังนี้ อัตราการเต้นของหัวใจ ระยะทางการเดิน วิ่ง อัตราการเผาผลาญพลังงาน และจำนวนก้าวเดิน ข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปยังส่วนที่ 2 คือส่วนติดต่อผู้ใช้งาน จากนั้นข้อมูลสุขภาพดังกล่าวจะถูกส่งและจัดเก็บไปยังบล็อกเชนพร้อมกับวันที่และเวลาที่บันทึกข้อมูล ดังนั้น ส่วนที่ 2 จะสามารถแสดงข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลสุขภาพ คำแนะนำการดูแลสุขภาพของผู้ใช้จะถูกส่งมาจากส่วนที่ 3 ที่ผ่านการเรียกใช้ในส่วนที่ 4 คือส่วนต่อประสาน API (Application program interface) และส่วนที่ 5 เป็นส่วนของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจัดการระบบ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบ

โครงการวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาต้นแบบระบบแนะนำการดูแลสุขภาพโดยใช้บล็อกเชนสามารถแสดงข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลสุขภาพบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้จากบล็อกเชน ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลสุขภาพของตนเองได้จากบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ย้อนหลังตั้งแต่เริ่มใช้งานแอปพลิเคชันและสามารถประมวลผลสุขภาพ แนะนำการดูแลสุขภาพได้ รวมไปถึงการดูข้อมูลการวัดค่าต่าง ๆ ที่ได้จากนาฬิกาอัจฉริยะรุ่น Xiaomi Mi Band 3 โดยการพัฒนาจะใช้ Hyperledger Fabric [12] เก็บข้อมูลในสอง Ledger ประกอบด้วย

1. Ledger ข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ ประกอบด้วย ชื่อ นามสกุล วันเดือนปีเกิด เพศ กลุ่มเลือด น้ำหนัก ส่วนสูง ความถี่ในการออกกำลังกาย ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน
2. Ledger ข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้ ใช้จัดเก็บข้อมูลที่วัดได้จากนาฬิกาอัจฉริยะ ประกอบด้วย ชื่อผู้ใช้ วันที่ เวลา อัตราการเต้นของหัวใจ ระยะทางในการเดิน การวิ่ง หรือการออกกำลังกาย อัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี) และจำนวนก้าวเดิน ผู้ใช้งานจะมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่

1. ผู้ใช้ระบบ สามารถลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบเพื่อที่จะดูข้อมูลสุขภาพของตนเอง สามารถดูการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ที่วัดค่าได้จากนาฬิกาอัจฉริยะ ค่าดัชนีมวลกาย ค่าการเผาผลาญพลังงาน ค่าแนะนำการดูแลสุขภาพ และสามารถดูข้อมูลส่วนตัวและย้อนหลังได้ตั้งแต่เริ่มใช้งานแอปพลิเคชันจาก Hyperledger Fabric สามารถดูคำแนะนำในการดูแลสุขภาพที่เหมาะสมสำหรับแต่ละบุคคล

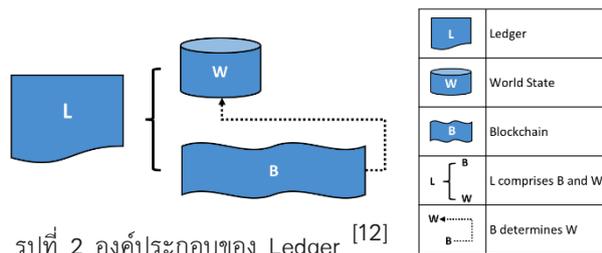
2. ผู้ดูแลระบบ ทำหน้าที่บริหารจัดการระบบ แต่จะไม่สามารถแก้ไข เปลี่ยนแปลงข้อมูลสุขภาพได้

การเชื่อมโยงข้อมูลสุขภาพจากนาฬิกาอัจฉริยะ จะใช้ Bluetooth ในการเชื่อมโยงข้อมูล โดยสามารถรับและส่งข้อมูลข้อมูลในระยะสั้นระหว่างอุปกรณ์บลูทูธด้วยกันบนคลื่นความถี่ 2.4 GHz เมื่อนาฬิกาอัจฉริยะเชื่อมต่อกับโมบายแอปพลิเคชันแล้ว ระบบจะทำการนำข้อมูลสุขภาพที่ได้จากนาฬิกาอัจฉริยะเก็บไว้ในบล็อกเชน แล้วทำการกระจายไปยังโหนดต่าง ๆ จากนั้น ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลสุขภาพของตนเอง และคำแนะนำการดูแลสุขภาพจากโมบายแอปพลิเคชัน

Hyperledger Fabric [12] [25] คือ บล็อกเชนแพลตฟอร์มซึ่งถูกพัฒนาขึ้นภายใต้โครงการ Hyperledger ของ Linux Foundation และเป็นเทคโนโลยีบล็อกเชนประเภทส่วนตัว (Private) หรือ Permissioned Blockchain ที่มีสถาปัตยกรรมแบบ Modular และสามารถสร้างสัญญาอัจฉริยะ (Smart Contract) เพื่อให้ทำงานตามเงื่อนไขได้ โดยบรรจุขั้นตอนการตรวจสอบต่าง ๆ โดยใช้สัญญาอัจฉริยะในการควบคุมขั้นตอนการตรวจสอบต่าง ๆ ซึ่งใช้ Chaincode เป็นเครื่องมือในการจัดทำสัญญาอัจฉริยะ แพลตฟอร์มนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งาน

เกี่ยวกับการทำธุรกรรม (transaction) ระหว่างองค์กร โดยแต่ละองค์กรจะมีช่องทางที่ใช้สำหรับสื่อสาร (communicate) ซึ่งกันและกัน โดยที่องค์กรหนึ่ง ๆ สามารถอยู่ได้หลายช่องทาง และแต่ละช่องทางนั้นข้อมูลจะถูกแยกจากกันอย่างชัดเจนโดยมีส่วนประกอบดังนี้

Ledger จะอยู่ภายใต้ Peer จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ตัว blockchain กับ worldstate ดังรูปที่ 2

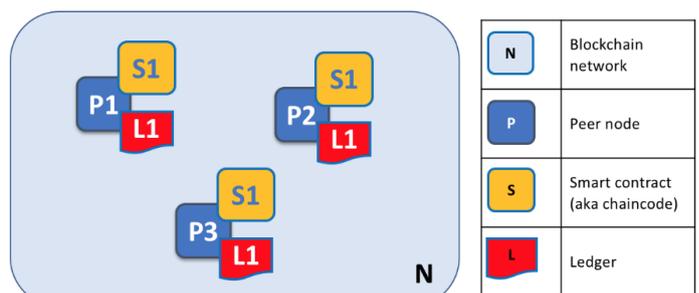


รูปที่ 2 องค์ประกอบของ Ledger [12]

worldstate [25] คือ ฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลปัจจุบัน (current value) โดยข้อมูลที่อยู่ที่นี่จะสามารถสร้าง (create) ปรับปรุง (update) และลบ (delete) ได้ โดยค่าเริ่มต้นของ worldstate จะใช้ฐานข้อมูล LevelDB ที่เป็นประเภท key/value store ในการเก็บข้อมูล แต่สามารถเปลี่ยนไปใช้ฐานข้อมูล CouchDB ที่เป็นประเภท document store ได้ ข้อดีของฐานข้อมูล LevelDB คือ เร็ว แต่สามารถรองรับข้อมูลที่ต้องการจากตาราง (query) ได้เฉพาะ key หรือ range ของ key เท่านั้น ส่วนข้อดีของฐานข้อมูล CouchDB จะดีกว่า LevelDB แต่สามารถเลือกรองข้อมูลที่ต้องการจากตาราง (query) จาก field ใดก็ได้ (complex query)

บล็อกเชน คือ ข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการบันทึกการทำงานทั้งหมดของฐานข้อมูล (transaction log) ใน worldstate (history) ซึ่งข้อมูลที่อยู่ที่นี่จะไม่สามารถแก้ไขได้

peer [25] เป็นองค์ประกอบพื้นฐานสุดของ fabric network ทำหน้าที่ host ledger และ chaincode ซึ่งข้อมูลธุรกรรม (transaction) ที่อยู่ใน ledger จะเกิดจาก chaincode ส่วน peer สามารถมีจำนวนเท่าใดก็ได้ในเครือข่ายขึ้นอยู่กับกรออกแบบ ดังรูปที่ 3



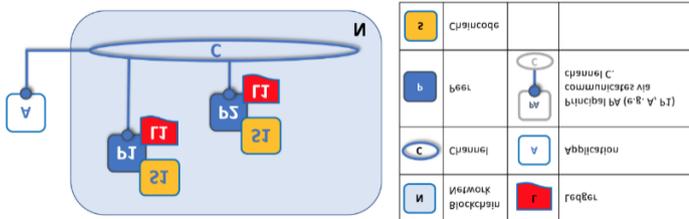
รูปที่ 3 องค์ประกอบของ Peers [12]

Peer และ Roles ประกอบด้วย

- Committing peer ทำหน้าที่เก็บ ledger และ commit transaction ที่ได้จาก orderer โดยไม่จำเป็นที่จะต้อง run chaincode
- Endorsing peer ทำการ endorse transaction และต้องมี chaincode run อยู่ใน peer เพื่อใช้ในการ execute transaction ที่เข้ามา
- Orderers ทำหน้าที่จัดเรียงธุรกรรม (transaction) รวบรวมสร้างเป็นบล็อก และกระจายบล็อกไปยัง peer ต่าง ๆ เพื่อไปเก็บลงใน ledger ของแต่ละ peer

Chaincode [25] คือ โปรแกรม (executable program) ที่อยู่ในแต่ละ channel และแต่ละ peer chaincode จะเป็นตัวกำหนดว่าจะเขียนข้อมูลใดลงบน worldstate เพื่อทำการสร้างธุรกรรม (generate transaction) สำหรับสินทรัพย์ดิจิทัล (digital asset) ของแต่ละธุรกิจ

Channel [25] คือ ช่องทางที่ client และ peer ทั้งหลายใช้ติดต่อกัน ซึ่งทุกคนที่อยู่ใน channel นี้จะเห็นข้อมูลแบบเดียวกัน โดยแต่ละ channel จะมี ledger เป็นของตัวเอง ซึ่ง Ledger เหล่านี้จะอยู่บน peer ที่ join channel นั้น ๆ ดังรูปที่ 4 องค์กรที่อยู่ภายใต้ channel เดียวกัน จะเห็นข้อมูลเหมือนกัน และภายใต้ channel เดียวกันนี้ จะสามารถส่งข้อมูลลับระหว่างกันได้ ผ่านทาง feature ที่เรียกว่า Private Data Collection (PDC) โดยข้อมูลที่อยู่ใน PDC จะไม่มีใครสามารถอ่าน (read) ได้ ถึงแม้จะอยู่ใน channel เดียวกันก็ตาม นอกจากผู้ที่ถูกกำหนดไว้ใน policy ของ PDC เท่านั้นถึงสามารถอ่านข้อมูลนี้ได้

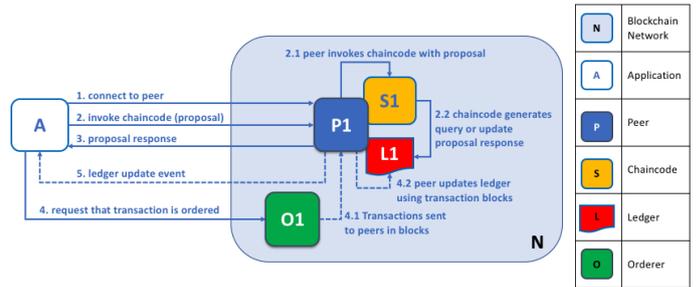


รูปที่ 4 ภาพโดยรวมของ channels [12]

Clients [25] คือผู้ที่ใช้บล็อกเชน ทำหน้าที่สร้างธุรกรรม (transaction) เข้ามาในเครือข่ายและเวลาที่ client หรือ application จะเข้าถึงทรัพยากร (access resource) ซึ่งจะทำผ่าน peer ดังรูปที่ 5 โดยขั้นตอนมีดังนี้

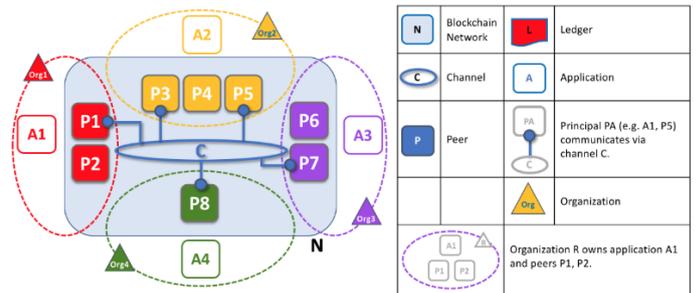
1. client เชื่อมต่อไปหา peer
2. ทำการเรียกใช้ข้อเสนอไปที่ peer
  - 2.1 peer invoke ไปที่ chaincode
  - 2.2 chaincode จะทำการสร้างชุดการอ่าน/เขียน

3. peer ส่งการตอบสนองข้อเสนอ กลับไปยัง client
4. client ส่งธุรกรรม (transaction) ไปให้ orderer
  - 4.1 orderer นำธุรกรรม (transaction) ใส่ลงในบล็อกและส่งไปให้ peer
  - 4.2 peer update ลง ledger
5. หลังจาก commit เสร็จสิ้น peer จะ emit event กลับไปยัง client



รูปที่ 5 ขั้นตอนการเข้าถึงทรัพยากรของ Clients

Organizations เป็นการกำหนดขอบเขตภายในเครือข่ายบล็อกเชน โดยแต่ละ organize จะมี client และ peer เป็นของตัวเอง โดยมี channel เป็นช่องทางในการติดต่อกับ organization อื่นผ่านทาง peer ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ภาพรวมของ Organizations [12]

Membership Service Provider (MSP) [25] คือ collection ของ identity ที่มีสิทธิ์เข้ามาใช้งานในระบบ เปรียบเสมือนการนำเอา identity มา register ไว้ ผู้ใดที่ไม่มี identity อยู่ใน MSP ก็ไม่สามารถทำธุรกรรม (transaction) ได้ โดยทั่วไป identity ที่ใช้ในเครือข่ายบล็อกเชนจะถูกสร้างมาจาก Fabric CA (certificate authority) ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ภาพโดยรวมของ Membership Service Provider (MSP) [12]

Consensus [25] คือ ข้อตกลงในการตรวจสอบธุรกรรม (validate transaction) ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ 1) การจัดเรียงธุรกรรม 2) การยุติธุรกรรม (endose transaction) ซึ่งจะถูกกำหนดไว้ด้วยนโยบายการรับรอง (endorsement policy) ว่ามีองค์กรใดบ้าง ที่จะต้องทำการตรวจสอบธุรกรรม (validate transaction) นั้น ๆ

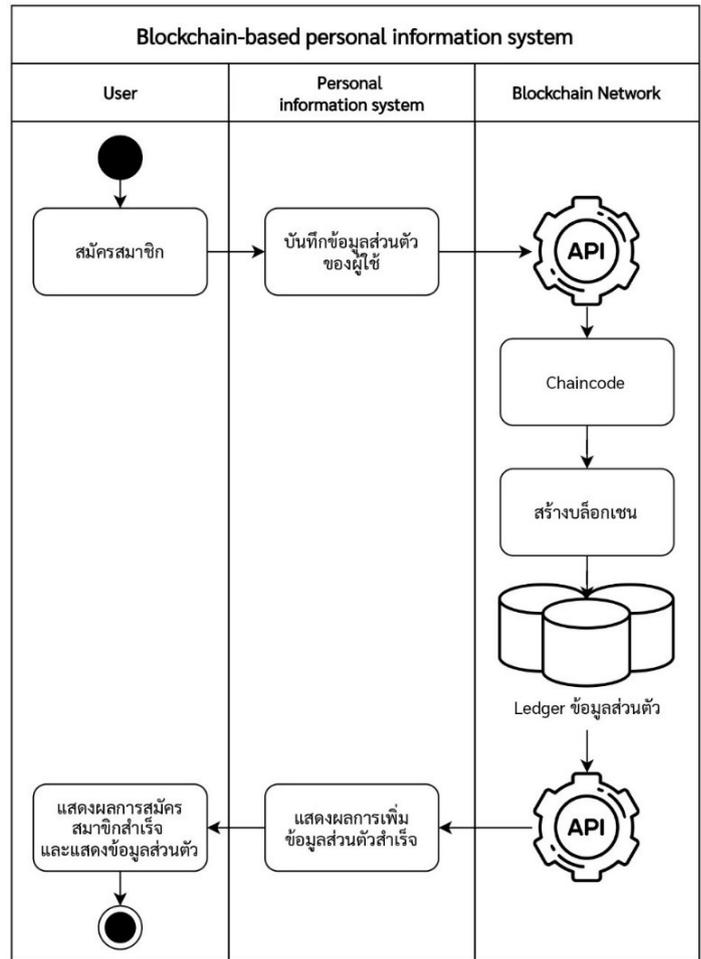
หลังจากที่จัดเก็บข้อมูลสุขภาพในบล็อกเชนแล้ว ระบบจะแนะนำการดูแลสุขภาพให้กับผู้ใช้งานตามข้อมูลที่จัดเก็บไว้ โดยพิจารณาจาก เพศ น้ำหนัก และส่วนสูงของผู้ใช้ โดยระบบจะมีการคำนวณค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index : BMI) แล้วแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าอยู่ในเกณฑ์ใด ภาวะเสี่ยงต่อโรคเบาหวานเพียงใด [26] อาทิเช่น ค่า BMI น้อยกว่า 18.50 จะอยู่ในเกณฑ์น้ำหนักน้อย / ผอม และมีภาวะเสี่ยงต่อโรคมากกว่าคนปกติ จะแนะนำให้ผู้ใช้รับประทานอาหารให้หลากหลายครบ 5 หมู่ โดยเน้นอาหารที่มีโปรตีน เพื่อช่วยในการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ หากต้องการเพิ่มน้ำหนักให้ไม่ผอมจนเกินไป ให้เพิ่มปริมาณการรับประทานอาหารประมาณ 300 - 500 กิโลแคลอรี และระบบมีการคำนวณการเผาผลาญพลังงาน (Basal Metabolic Rate :BMR) [34] เพื่อให้ผู้ใช้ทราบอัตราการความต้องการเผาผลาญของร่างกายในชีวิตประจำวันหรือจำนวนแคลอรีขั้นต่ำที่ต้องการใช้ในชีวิตแต่ละวัน เป็นต้น

**ผลการวิจัย**

**A. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ**

การทำงานโดยรวมของระบบแบ่งเป็น 4 ระบบย่อยดังนี้

1. ระบบการบันทึกข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ของ Hyperledger Fabric การบันทึกข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ ผู้ใช้สามารถสมัครสมาชิก โดยการกรอกชื่อผู้ใช้ รหัสผ่าน ชื่อ นามสกุล วันเดือนปีเกิด เพศ กลุ่มเลือด ส่วนสูง (เซนติเมตร) น้ำหนัก (กิโลกรัม) และความถี่ในการออกกำลังกาย จากนั้นข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้จะถูกจัดเก็บลงใน Ledger ข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ ดังรูปที่ 8 และผู้ใช้สามารถดูข้อมูลของตนเองได้บนโมบายแอปพลิเคชัน

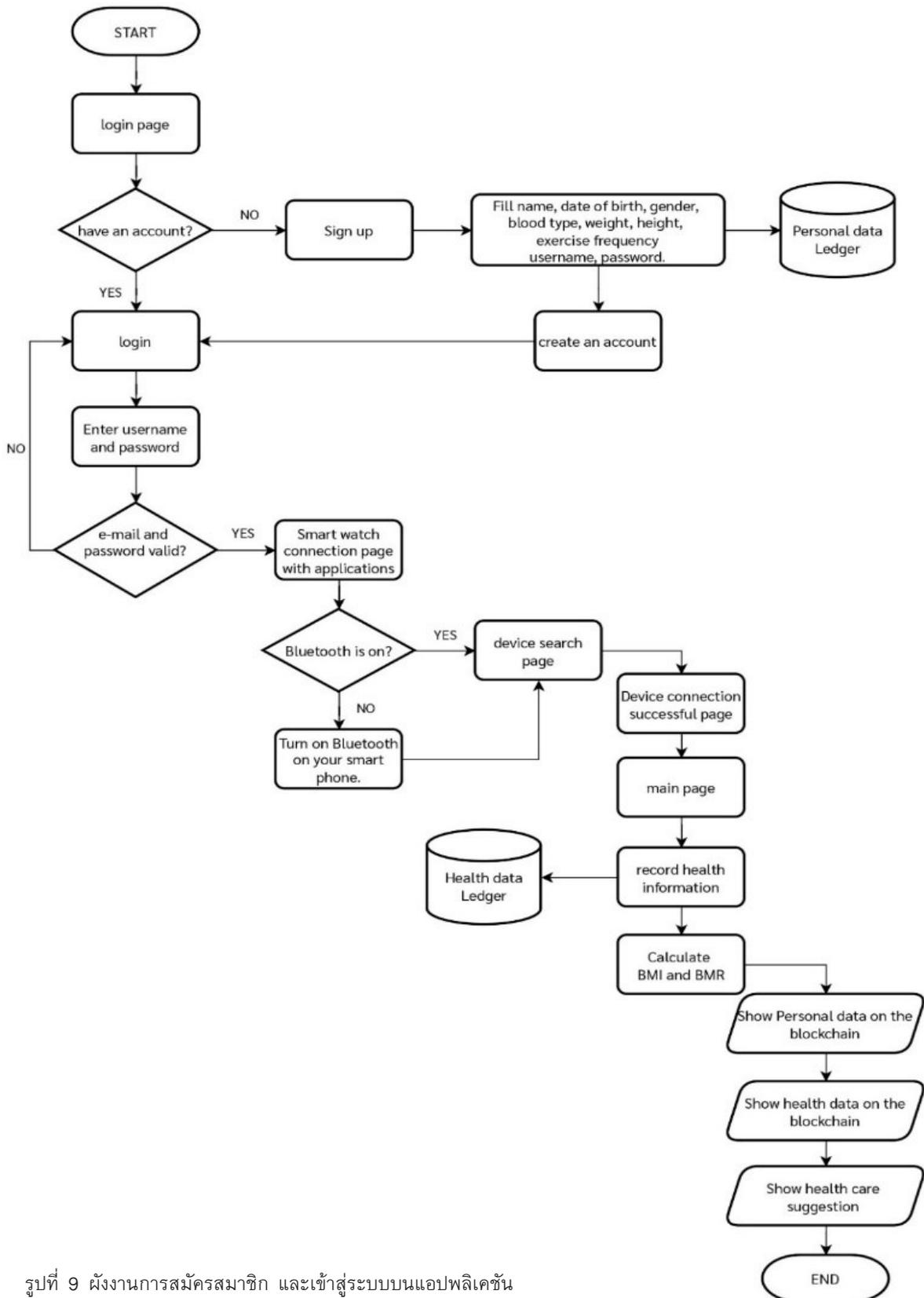


รูปที่ 8 แผนภาพกิจกรรมการบันทึกข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ของ Hyperledger Fabric

2. ระบบการสมัครสมาชิก ผู้ใช้ต้องกรอกชื่อผู้ใช้ (username) และรหัสผ่าน (password) ที่เคยลงทะเบียนไว้กับแอปพลิเคชัน หากผู้ใช้อยู่ไม่เคยมลงทะเบียน สามารถกดปุ่มลงทะเบียน (Sign up) จะนำผู้ใช้ไปสู่หน้าจอลงทะเบียน จากนั้นผู้ใช้ทำการกรอก ชื่อ นามสกุล วันเดือนปีเกิด เพศ กลุ่มเลือด น้ำหนัก ส่วนสูง ความถี่ในการออกกำลังกาย ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน เพื่อทำการลงทะเบียนกับแอปพลิเคชัน จากนั้นข้อมูลส่วนตัวทั้งหมดของผู้ใช้ จะถูกจัดเก็บลง Ledger ข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ หลังจากที่ผู้ใช้เข้าสู่ระบบแล้ว จะนำทางผู้ใช้ไปสู่หน้าจอการเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะกับโมบายแอปพลิเคชัน หากผู้ใช้ไม่ได้เปิดบลูทูธบนสมาร์ตโฟน ผู้ใช้ต้องเปิดบลูทูธก่อนที่จะทำการค้นหาฬิกาอัจฉริยะ และเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะกับแอปพลิเคชัน เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว จะนำทางผู้ใช้ไปสู่หน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน จากนั้นข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้ที่ได้จากนาฬิกาอัจฉริยะจะถูกจัดเก็บลง Ledger ข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้

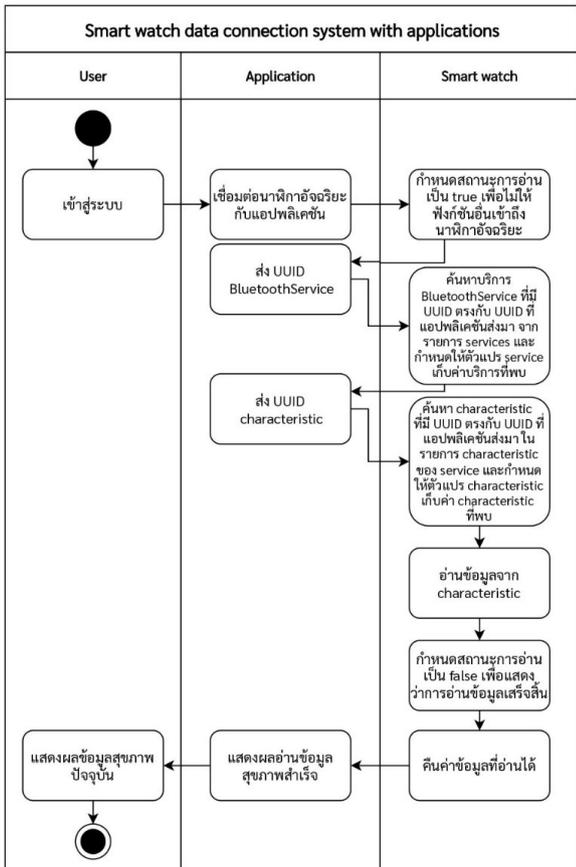
หลังจากที่ผู้ใช้เข้าสู่หน้าจอหลักแล้ว แอปพลิเคชันจะมีการคำนวณค่าดัชนีมวลกาย (BMI) และการเผาผลาญพลังงาน (BMR) เพื่อนำมาประเมินผลในการแนะนำการดูแลสุขภาพ

ของผู้ใช้ จากนั้นแอปพลิเคชันจะแสดงข้อมูลส่วนตัว และข้อมูลสุขภาพทั้งหมดของผู้ใช้ที่เก็บไว้ใน Ledger มาแสดงให้ผู้ใช้เห็น พร้อมกับคำแนะนำในการดูแลสุขภาพของผู้ใช้ (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 ผังงานการสมัครสมาชิก และเข้าสู่ระบบบนแอปพลิเคชัน

3. ระบบการเชื่อมต่อข้อมูลของนาฬิกาอัจฉริยะกับโมบายแอปพลิเคชันการเชื่อมต่อข้อมูลของนาฬิกาอัจฉริยะกับแอปพลิเคชัน ผู้ใช้จะทำการเข้าสู่ระบบ แล้วเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะผ่านบลูทูธ จากนั้นนาฬิกาจะกำหนดสถานะการอ่านเป็น true เพื่อไม่ให้ฟังก์ชันอื่นเข้าถึงนาฬิกาอัจฉริยะโดยจะส่งค่า UUID BluetoothService ไปยังนาฬิกาอัจฉริยะเพื่อค้นหาบริการ BluetoothService ที่มี UUID ตรงกับ UUID ที่แอปพลิเคชันส่งมา จากรายการ services และกำหนดให้ตัวแปร service บันทึกค่าของบริการที่พบ จากนั้นแอปพลิเคชันจะส่งค่า UUID characteristic ไปยังนาฬิกาอัจฉริยะเพื่อค้นหา characteristic ที่มี UUID ตรงกับ UUID ที่แอปพลิเคชันส่งมา ในรายการ characteristic ของ service และกำหนดให้ตัวแปร characteristic เก็บค่า characteristic ที่พบ จากนั้นอ่านข้อมูลจาก characteristic แล้วกำหนดสถานะการอ่านเป็น False เพื่อแสดงว่าการอ่านข้อมูลเสร็จสิ้น สุดท้ายนาฬิกาอัจฉริยะจะคืนค่าข้อมูลที่อ่านได้ไปยังแอปพลิเคชัน แล้วแสดงให้แก่ผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แผนภาพกิจกรรมการเชื่อมต่อข้อมูลของนาฬิกาอัจฉริยะกับโมบายแอปพลิเคชัน

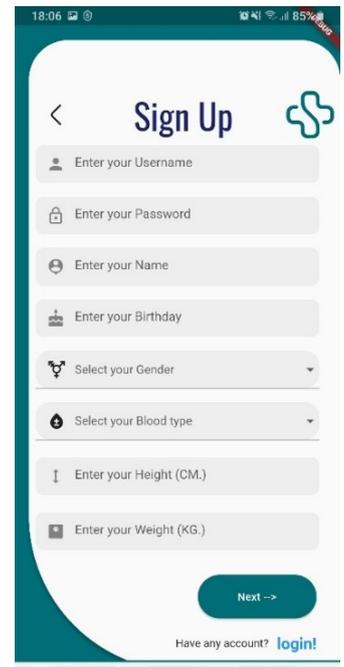
### B. ผลการพัฒนาระบบ

#### 1. ส่วนของโมบายแอปพลิเคชัน

หน้าจอแรกของแอปพลิเคชัน โดยที่เมื่อเข้าแอปพลิเคชันแล้วหน้าจอดังกล่าวจะแสดงขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้เลือกว่าจะเข้าสู่ระบบหรือสมัครสมาชิก ประกอบไปด้วย ปุ่มเข้าสู่ระบบ (Login) และปุ่มสมัครสมาชิก (Sign up) หน้าจอสำหรับการกรอกข้อมูลส่วนตัวเพื่อสมัครสมาชิกโดยที่ข้อมูลที่ต้องกรอกมีดังนี้ ชื่อผู้ใช้ รหัสผ่าน ชื่อ - นามสกุล วันเดือนปีเกิด เพศ กลุ่มเลือด ส่วนสูง (เซนติเมตร) และน้ำหนัก (กิโลกรัม) หรือหากผู้ใช้เป็นสมาชิกอยู่แล้ว สามารถกดปุ่มเข้าสู่ระบบ (Login) เพื่อเข้าไปหน้าจอเข้าสู่ระบบ ดังรูปที่ 11, 12



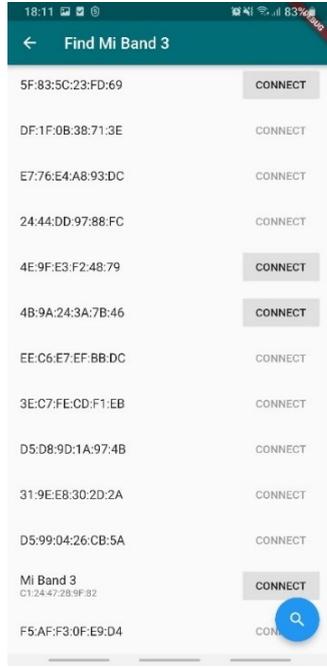
รูปที่ 11 หน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน



รูปที่ 12 หน้าจอกรอกข้อมูลส่วนตัวเพื่อสมัครสมาชิก

หน้าจอเลือกความถี่ในการออกกำลังกาย เป็นหน้าจอสำหรับเลือกความถี่ในการออกกำลังกาย หลังจากที่ผู้ใช้กรอกข้อมูลส่วนตัวในหน้าจอสมัครสมาชิกแล้ว ประกอบไปด้วย 5 ปุ่ม ตามความถี่ในการออกกำลังกาย และผู้ใช้สามารถเลือกได้แค่ 1 ปุ่มตามเหมาะสมของตนเอง ดังรูปที่ 13

หน้าจอค้นหาบลูทูธของนาฬิกาอัจฉริยะ Mi Band 3 เป็นหน้าจอสำหรับค้นหาบลูทูธนาฬิกาอัจฉริยะ Mi Band 3 เพื่อเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน ด้วยการกดปุ่ม CONNECT โดยจะแสดงเป็นชื่อ "Mi Band 3" ดังรูปที่ 14



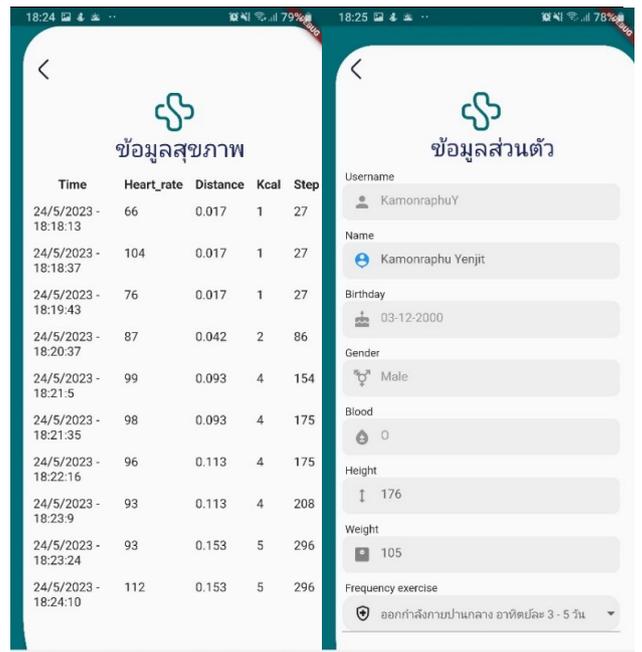
รูปที่ 13 หน้าจอเลือกความถี่ในการออกกำลังกาย รูปที่ 14 หน้าจอค้นหาอุปกรณ์นาฬิกาอัจฉริยะ Mi Band 3

หน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน เป็นหน้าจอสำหรับแสดงวันที่ปัจจุบัน แบตเตอรี่คงเหลือของนาฬิกาอัจฉริยะ อัตราการเผาผลาญ (Calories) อัตราการความต้องการเผาผลาญพลังงานของร่างกายในชีวิตประจำวัน (BMR) ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ระยะทางในการเดิน หรือการวิ่ง (Distance) จำนวนก้าวเดิน (Step) และอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) โดยจะประกอบไปด้วย ปุ่มยกเลิกการเชื่อมต่อลูทอกับนาฬิกาอัจฉริยะ ปุ่มดูข้อมูลสุขภาพย้อนหลังใน Hyperledger Fabric ปุ่มดูข้อมูลส่วนตัวใน Hyperledger Fabric ปุ่มดูคำแนะนำการดูแลสุขภาพ (See health care advice) และปุ่มรีเฟรชเพื่อดึงค่าต่าง ๆ จากนาฬิกาอัจฉริยะมาแสดงบนหน้าจอหลักอีกครั้ง และทำการบันทึกข้อมูลสุขภาพลงใน Ledger ข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้ ดังรูปที่ 15

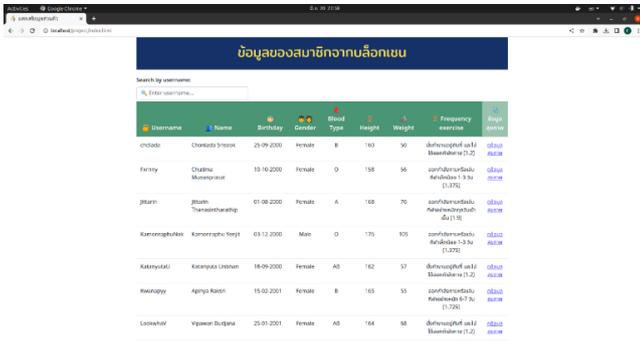
ในส่วนของผู้ดูแลระบบสามารถแสดงผลข้อมูลผู้ใช้ระบบทั้งหมดรวมถึงสถิติต่าง ๆ แต่จะไม่สามารถแก้ไข เพิ่มเติมข้อมูลใด ๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 19 และ 20

รูปที่ 15 หน้าจอหลักของแอป รูปที่ 16 หน้าจอคำแนะนำการดูแลสุขภาพ

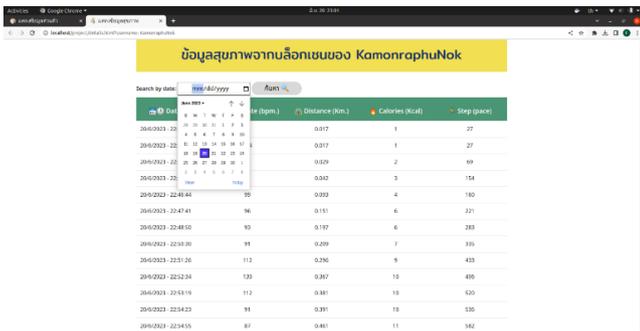
หน้าจอข้อมูลสุขภาพย้อนหลัง เป็นหน้าจอสำหรับแสดงข้อมูลสุขภาพย้อนหลังใน Hyperledger Fabric ในหน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน โดยข้อมูลที่จะแสดงมีดังนี้ วันที่ และเวลาที่บันทึกข้อมูลลงใน Ledger ข้อมูลสุขภาพ (Time) อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) ระยะทางในการเดิน หรือการวิ่ง (Distance) อัตราการเผาผลาญพลังงาน (Kcal) และจำนวนก้าวเดิน (Step) ดังรูปที่ 17 และ 18



รูปที่ 17 หน้าจอข้อมูลสุขภาพย้อนหลังจาก Block chain รูปที่ 18 หน้าจอแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้



รูปที่ 19 หน้าจอสำหรับแสดงผลข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ทั้งหมดในระบบ



รูปที่ 20 หน้าจอเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงผลข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้ทั้งหมดในระบบแบบรายบุคคลโดยระบุวันที่

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ค่าเฉลี่ยที่ได้คือ 4.38 ความพึงพอใจในระดับมาก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันทั้ง 5 ด้าน

ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชัน	ค่าเฉลี่ย	เกณฑ์ประเมิน
ด้านที่ 1 ความสวยงามของแอปพลิเคชัน	4.50	มาก
ด้านที่ 2 นาฬิกาอัจฉริยะกับแอปพลิเคชัน	4.20	มาก
ด้านที่ 3 ค่าแนะนำในการดูแลสุขภาพ	4.45	มาก
ด้านที่ 4 ความสามารถในการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.55	มากที่สุด
ด้านที่ 5 ภาพรวมของแอปพลิเคชัน	4.20	มาก
<b>รวม</b>	<b>4.38</b>	<b>มาก</b>

สำหรับความต้องการในเรื่องจำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์จะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของเครือข่ายและปริมาณการใช้งานที่ต้องการรองรับ โดยแต่ละเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในระบบ Hyperledger Fabric มีหน้าที่สำคัญดังนี้

1. เครื่อง Peer Nodes : เป็นโหนดที่เก็บข้อมูลและปฏิบัติหน้าที่ในการดำเนินการในเครือข่ายบล็อกเชน เช่น การเข้ารหัส การยืนยันบล็อก และการตรวจสอบสิทธิ์ โดยควรมีจำนวน

เครื่อง Peer Node ประมาณ 3 - 5 เครื่อง เพื่อให้เพียงพอในการรองรับปริมาณข้อมูลและการทำงานที่ต้องการ

2. เครื่อง Orderer Nodes : เป็นโหนดที่ใช้ในการจัดเรียงและส่งคำสั่งให้กับโหนด Peer ในเครือข่าย โดยควรมีจำนวนเครื่อง Orderer Node ประมาณ 3 - 5 เครื่อง เพื่อให้เพียงพอในการรองรับปริมาณคำสั่งและการเรียงลำดับบล็อกที่เกิดขึ้นในระบบ

3. เครื่อง Certificate Authority (CA) Nodes : เป็นโหนดที่ใช้ในการสร้างและจัดการรับรองสำหรับสมาชิกในเครือข่าย เครื่อง CA Node จะรับผิดชอบในการออกและยืนยันใบรับรองสำหรับผู้ใช้ในระบบ โดยควรมีจำนวนเครื่อง CA Nodes ประมาณ 1 - 2 เครื่อง

### สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่าต้นแบบระบบแนะนำการดูแลสุขภาพโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนผ่านแพลตฟอร์ม Hyperledger Fabric สามารถนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลส่วนตัว และข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้ ซึ่งได้มีการออกแบบระบบแบ่งเป็น 5 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 คือส่วนนาฬิกาอัจฉริยะที่เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน จะเป็นส่วนที่ผู้ใช้ทำการเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะกับแอปพลิเคชัน และทำการกรอกข้อมูลส่วนตัว ส่วนที่ 2 คือส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่อยู่ในรูปแบบของแอปพลิเคชัน สามารถดูข้อมูลส่วนตัว และข้อมูลสุขภาพย้อนหลังของผู้ใช้ได้ ส่วนที่ 3 คือ ส่วนของ Hyperledger Fabric แบ่งออกเป็น 2 Ledger ประกอบด้วย ส่วนเก็บข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ และส่วนเก็บข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้จากนาฬิกาอัจฉริยะ และการให้คำแนะนำการดูแลสุขภาพรายบุคคล ส่วนที่ 4 คือส่วนของ API ซึ่งทำหน้าที่รับ และส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชัน กับ Hyperledger Fabric และ ส่วนที่ 5 ส่วนของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการบริหารจัดการข้อมูลของระบบ อย่างไรก็ตามต้นแบบที่พัฒนานี้เน้นที่การประยุกต์ใช้บล็อกเชนในการจัดการข้อมูลแทนการใช้ฐานข้อมูลแบบเดิม ในส่วนการแนะนำการดูแลสุขภาพยังคงต้องใช้คำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์เพื่อความถูกต้อง

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคต

- พัฒนาให้สามารถใช้กับระบบปฏิบัติการ iOS ได้
- พัฒนาระบบให้รองรับการรักษาข้อมูลส่วนบุคคลตามพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562
- ประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลในบล็อกเชนยังมีข้อจำกัดเนื่องจากใช้แพลตฟอร์มในลักษณะ Open source
- การให้คำแนะนำในการดูแลสุขภาพควรใช้ปัญญาประดิษฐ์
- พัฒนาให้สามารถเชื่อมต่อนาฬิกาอัจฉริยะ หรืออุปกรณ์สวมใส่ได้หลากหลายยี่ห้อ

**เอกสารอ้างอิง**

- [1] กองบรรณาธิการ HONESTDOCS, "Atrial Flutter (หัวใจเต้นเร็วผิดปกติ)," *hd สุขภาพดี เริ่มต้นที่นี่*, 21 ธันวาคม 2559. [ออนไลน์]. Available: <https://hd.co.th/atrial-flutter>. [เข้าถึงเมื่อ: 1 มกราคม 2566].
- [2] อาสาสมัครวิกิพีเดีย, "กลุ่มคลื่นควอเตอร์เอส," *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี*, 30 กรกฎาคม 2564. [ออนไลน์]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/กลุ่มคลื่นควอเตอร์เอส>. [เข้าถึงเมื่อ: 30 ธันวาคม 2565].
- [3] A. Ratsadonwichit, "ดิลไทอะเซม (Diltiazem)," *หาหมอ แนะนำทุกโรค แนะนำทุกหมอ*, 21 กุมภาพันธ์ 2564. [ออนไลน์]. Available: <https://haamor.com/ดิลไทอะเซม>. [เข้าถึงเมื่อ: 29 ธันวาคม 2565].
- [4] A. Ratsadonwichit, "ฟลีเคไนด์ (Flecainide)," *หาหมอ แนะนำทุกโรค แนะนำทุกหมอ*, 15 พฤษภาคม 2565. [ออนไลน์]. Available: <https://haamor.com/ฟลีเคไนด์>. [เข้าถึงเมื่อ: 29 ธันวาคม 2565].
- [5] C. Ford, C. X. Xie, A. Low, L. Roberts, A. W. Teh, "SMART WARS - COMPARISON OF THE APPLE WATCH SERIES 4 AND KARDIABAND SMART WATCH TECHNOLOGY FOR THE DIAGNOSIS OF ATRIAL FIBRILLATION," *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 77, no. 0735-1097, p. 3226, 2021.
- [6] C. Uthanpathumrot, "BASIC ECG Interpretation," *คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล*, [ออนไลน์]. Available: <https://www.si.mahidol.ac.th/th/division/cpr/Download/BasicECG%20by%20dr%20Chareanlap.pdf>. [เข้าถึงเมื่อ: 1 มกราคม 2566].
- [7] C. SW, "6 ข้อดีของสมาร์ทวอตช์ ที่มากกว่านาฬิกา," *central*, 10 เมษายน 2563. [ออนไลน์]. Available: <https://www.central.co.th/e-shopping/6-significant-benefits-of-having-a-smartwatch>. [เข้าถึงเมื่อ: 12 มกราคม 2566].
- [8] C. Xiao-Yong, Y. Bo-Xiong, Z. Shuai, D. Jie, S. Peng, G. Lin, "Intelligent Health Management Based on Analysis of Big Data Collected by Wearable Smart Watch," *Cognitive Robotics*, no. 2667-2413, 2022.
- [9] D. Chinwiriya, "การยอมรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนในกระบวนการจัดซื้อจัดจ้าง," *มหาวิทยาลัยมหิดล*, กรุงเทพฯ, 2562.
- [10] Fatnever, "คำนวณการเผาผลาญพลังงาน (BMR)," Fatnever, [ออนไลน์]. Available: <https://www.fatnever.com/bmr/>. [เข้าถึงเมื่อ: 16 มกราคม 2566].
- [11] Hostneverdie, "VPS Hosting," Hostneverdie, [ออนไลน์]. Available: <https://www.hostneverdie.com/vps-server>. [เข้าถึงเมื่อ: 19 มิถุนายน 2566].
- [12] Hyperledger Fabric, "Performance and scalability. In Hyperledger Fabric Documentation.," The Linux Foundation, 2023. [Online]. Available: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/performance.html>. [Accessed 19 June 2023].
- [13] IC-MyHost, "Cloud Server [คราวด์เซิร์ฟเวอร์]," IC-MyHost, [ออนไลน์]. Available: <https://www.ic-myhost.com/cloud-server/>. [เข้าถึงเมื่อ: 19 มิถุนายน 2566].
- [14] K. Methawikun, "Management of bradycardia attributable to AV block," *CIMjournal*, 21 February 2019. [Online]. Available: <https://cimjournal.com/cvm-conference/bradycardia-av-block/>. [Accessed 29 December 2022].
- [15] Lovefitt, "เครื่องคำนวณหาค่าดัชนีมวลกาย (BMI)," Lovefitt, [ออนไลน์]. Available: <https://www.lovefitt.com/เครื่องคำนวณหาค่าดัชนีมวลกาย-bmi/>. [เข้าถึงเมื่อ: 16 มกราคม 2566].
- [16] M. Chayakonwikrom, K. Wongprasoet, S. Ketphong, C. Insanok, S. Phatthanakhuha, *การใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับภาครัฐ*, พ. บ. วิบูลย์ ภัทรพิบูล, บ.ก., กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน), 2564.
- [17] N. Chiamcharyatham, "ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ทูลสตาร์ (T2\*) ที่ตรวจพบจากภาพสะท้อนสนามแม่เหล็กของหัวใจกับลักษณะความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจในผู้ป่วยธาลัสซีเมียที่ได้รับเลือดเป็นประจำ," *จุฬารายการศาสตร์*, เล่มที่ 33, no. 1857-5630, p. 9, 2563.
- [18] O. T. Niazi, I. Ismail, N. Patel, J. Bisla, M. Hojjati, "SMART WATCH FACILITATED DIAGNOSIS OF CARDIAC SARCOIDOSIS," *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 77, no. 0735-1097, p. 2043, 2021.
- [19] P. Priyanon, "รักษาลิ้นหัวใจตีบขั้นรุนแรงโดยเปลี่ยนลิ้นหัวใจเทียม," *MedPark Hospital*, 24 พฤษภาคม 2564. [ออนไลน์]. Available: <https://www.medparkhospital.com/content/transcatheter-aortic-valve-replacement-tavr>. [เข้าถึงเมื่อ: 30 ธันวาคม 2565].

- [20]P. Chanthabut, S. Chensirisak, A. Sawettham, "เทคโนโลยีบล็อกเชน : แนวคิดและผลกระทบสำหรับการบัญชี การตรวจสอบบัญชี และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน," วารสารวิชาชีพบัญชี, no. 156, pp. 80-81, 19 พฤศจิกายน 2564.
- [21]READYIDC, "Ready Cloud Server," READYIDC CO.,LTD., [ออนไลน์]. Available: <https://customer.readydc.com/index.php?/cart/&step=3>. [เข้าถึงเมื่อ: 19 มิถุนายน 2566].
- [22]S. CharoenkittiSak, "Blockchain และ Database เหมือนหรือต่างกันอย่างไร," กลุ่มแพลตฟอร์มการบริหารจัดการและการเรียนรู้, 23 พฤศจิกายน 2565. [ออนไลน์]. Available: <https://bict.moe.go.th/blockchain-และ-database-เหมือนหรือต่างกัน/>. [เข้าถึงเมื่อ: 10 มกราคม 2566].
- [23]S. Thipsaeng, "นาฬิกาอัจฉริยะ สมาร์ทวอช (Smart Watch)," คลังความรู้ SciMath, 6 มกราคม 2563. [ออนไลน์]. Available: <https://www.scimath.org/article-technology/item/10972-smart-watch>. [เข้าถึงเมื่อ: 12 มกราคม 2566].
- [24]S. Sabu, H.M. Ramalingam, M. Vishaka, H.R. Swapna, S. Hegde, "Implementation of a secure and privacy-aware E-Health record and IoT data sharing using blockchain," Global Transitions Proceedings, vol. 2, no. 2666-285X, pp. 429-433, 2021.
- [25]T. Chuayjan, "มาทำความรู้จัก Hyperledger Fabric กันเถอะ," Medium, 30 มกราคม 2564. [ออนไลน์]. Available: <https://thirakc.medium.com/มาทำความรู้จัก-hyperledger-fabric-กันเถอะ-7c107bf4e993>. [เข้าถึงเมื่อ: 11 มกราคม 2566].
- [26]T. Bunsan, "ดัชนีมวลกาย สำคัญอย่างไร," คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 28 มกราคม 2562. [ออนไลน์]. Available: <https://www.si.mahidol.ac.th/th/healthdetail.asp?aid=1361>. [เข้าถึงเมื่อ: 16 มกราคม 2566].
- [27]T. Thanatnan, "ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน บริษัทมหาชนที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย," มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ, 2562.
- [28]THAI DATA CLOUD, "บริการ Cloud Server ระดับโลก พร้อมใช้ใน 1 นาที," THAI DATA CLOUD, [ออนไลน์]. Available: <https://enterprise.thaidata.cloud/cloud/instance/>. [เข้าถึงเมื่อ: 19 มิถุนายน 2566].
- [29]The Electrophysiology Service in collaboration with the Child and Family Information Group, "Normal sinus rhythm with ventricular ectopics," Great Ormond Street Hospital for Children NHS Foundation Trust, November 2020. [Online]. Available: <https://www.gosh.nhs.uk/conditions-and-treatments/conditions-we-treat/normal-sinus-rhythm-ventricular-ectopics/>. [Accessed 29 December 2022].
- [30]X. Liu, J. Fan, Y. Guo, Y. Chen, C. Li, J. Jiang, L. Wang, J. Wang, "SMART WATCH MEASURED CONDUCTION DISTURBANCE AFTER TRANSCATHETER AORTIC VALVE REPLACEMENT," Journal of the American College of Cardiology, vol. 77, no. 0735-1097, p. 1136, 2021.
- [31]Xiaomi Shop Thailand, "แกะกล่องและรีวิว Mi Band 3," กู๊สเทคโนโลยี, 16 กุมภาพันธ์ 2560. [ออนไลน์]. Available: <https://www.xiaomishopth.com/article/29/แกะกล่องและรีวิว-mi-band-3>. [เข้าถึงเมื่อ: 16 มกราคม 2566].
- [32]Y. Sitthichanbancha, R. Rotsaengrueang, "การรักษาภาวะหัวใจเต้นเร็วที่ปรากฏอาการ (Symptomatic Tachycardia Treatment)," หมอบ้าน, มิถุนายน 2552. [ออนไลน์]. Available: <https://www.doctor.or.th/clinic/detail/9077>. [เข้าถึงเมื่อ: 29 ธันวาคม 2565].
- [33]Y. Saimey, "Mi Band 3 (สายรัดข้อมืออัจฉริยะ รุ่น 3)," Sakon Smart Home, 5 มกราคม 2560. [ออนไลน์]. Available: <http://www.sakon-smarthome.com/product/21/mi-band-3-สายรัดข้อมืออัจฉริยะ-รุ่น-3>. [เข้าถึงเมื่อ: 15 มกราคม 2566].
- [34]Y. Chiratchatakorn, "Basal Metabolic Rate (BMR) อัตราการเผาผลาญขั้นพื้นฐาน," คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 14 มิถุนายน 2564. [ออนไลน์]. Available: <https://www.si.mahidol.ac.th/>
- [35]siriraj\_online/thai\_version/Health\_detail.asp?id=1472. [เข้าถึงเมื่อ: 16 มกราคม 2566].