



แพลตฟอร์มบล็อกเชนแบบกลุ่มองค์กรสำหรับส่งเสริมกิจกรรมทางสังคม



นำชัย โสไกร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

แพลตฟอร์มบล็อกเชนแบบกลุ่มองค์กรสำหรับส่งเสริมกิจกรรมทางสังคม



นำชัย โสไกร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

CONSORTIUM BLOCKCHAIN PLATFORM FOR SOCIAL ACTIVITY REWARDS



NAMCHAI SOKAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF SCIENCE  
IN LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

FACULTY OF LOGISTICS

BURAPHA UNIVERSITY

2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ นำชัย โสไกร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์  
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉกร อินทร์พุง)

..... ประธาน  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารุช จันทร์สุวรรณ)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เจริญชลกุล)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัธยะ ยุวมิตร)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉกร อินทร์พุง)

..... คณบดีคณะโลจิสติกส์  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ฉกร อินทร์พุง)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ของ  
มหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ่มเอียด)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

64910160: สาขาวิชา: การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน; วท.ม. (การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน)

คำสำคัญ: คะแนนเพื่อสังคม, บล็อกเชน, กระจายศูนย์, เสนอซื้อและเสนอขาย

นำชัย โสไกร : แพลตฟอร์มบล็อกเชนแบบกลุ่มองค์กรสำหรับส่งเสริมกิจกรรมทางสังคม. (CONSORTIUM BLOCKCHAIN PLATFORM FOR SOCIAL ACTIVITY REWARDS)  
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ฉกร อินทร์พุง ปี พ.ศ. 2567.

การทำกิจกรรมเพื่อสังคมจะช่วยทำให้สังคมน่าอยู่ หลาย ๆ องค์กรสนับสนุนการทำกิจกรรมเพื่อสังคมโดยใช้การสะสมคะแนนและนำคะแนนเหล่านั้นไปแลกของรางวัล อย่างไรก็ตามผู้ทำกิจกรรมกลับไม่ได้นำคะแนนสะสมไปใช้งาน อาจเพราะว่ามีคะแนนไม่เพียงพอหรือของรางวัลไม่ตรงกับที่ต้องการ งานวิจัยนี้เสนอการพัฒนาแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคม เนื่องจากการใช้แพลตฟอร์มกลาง จะทำให้เกิดปัญหาความเชื่อใจโดยที่แต่ละองค์กรต่างก็สามารถสร้างคะแนนสะสมขึ้นมาได้เองและสมาชิกขององค์กรอื่นสามารถนำคะแนนสะสมมาแลกของรางวัลกับองค์กรของตนได้ บล็อกเชน ไฮเปอร์เล็ดเจอร์ แฟบริค ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยแปลงคะแนนสะสมของแต่ละแอปพลิเคชันเป็นเหรียญก่อนนำเข้าสู่แพลตฟอร์ม จากนั้นเจ้าของเหรียญสามารถเสนอซื้อหรือเสนอขายเหรียญที่ตนเองต้องการ เมื่อต้องการแลกของรางวัล ผู้ใช้จะถอนเหรียญออกจากแพลตฟอร์มและแปลงกลับไปเป็นคะแนนสะสมไปยังแอปพลิเคชันที่ต้องการแลกของรางวัล ผลการทดสอบแพลตฟอร์มตามสถานการณ์จำลองที่กำหนดขึ้น สามารถแปลงคะแนนสะสมเป็นเหรียญ แลกเปลี่ยนเหรียญโดยการเสนอซื้อหรือเสนอขาย ประมวลผลข้อมูลธุรกรรมบนบล็อกเชน ค้นหาและตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ

64910160: MAJOR: LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT; M.SC.  
(LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT)

KEYWORDS: SOCIAL POINTS, BLOCKCHAIN, DISTRIBUTED SYSTEM, BID-AND-OFFER  
NAMCHAI SOKAI : CONSORTIUM BLOCKCHAIN PLATFORM FOR SOCIAL  
ACTIVITY REWARDS. ADVISORY COMMITTEE: NAKORN INDRA-PAYOONG, 2024.

Social activities enrich social communities and our society. A number of organizations have attempted to promote social activities by using point rewards. However, the organization members often do not use these points for redemption. This may be either they do not have sufficient points or the rewards are not attractive to them. This research develops the social points exchange platform on blockchain. Due to the centralized structure of the platform brings untrusted issues in which the organization can make points and its member can redeem the points to other organizations. The Hyperledger Fabric blockchain is applied to solve the problem by tokenizing points for each organization, and managing them in the exchange platform. The member makes an offer or bid for the tokens. To redeem points, the member withdraws the tokens from platform and re-tokenize them to the points of application that offers interesting redemption. The computational experiments with several specified scenarios have indicated that the platform is capable of tokenizing the social points, executing bid and offer for the tokens, processing blockchain data, finding and tracing the transactions effectively.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ณกร อินทร์พุง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าแก่ผู้วิจัยในการให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทาง ในการทำวิจัยที่ถูกต้องตั้งแต่เริ่มต้นตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความตั้งใจและเอาใจ ใส่เป็นอย่างยิ่ง รวมถึงคอยกระตุ้น และสนับสนุนจนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและ ความทุ่มเทของอาจารย์ที่ปรึกษา และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ให้ คำแนะนำและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อความถูกต้องสมบูรณ์ และเป็นประโยชน์ต่อคุณภาพของงาน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้มอบโอกาสและส่งเสริมสนับสนุน ทุนการศึกษาตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบพระคุณ กิณอยู่ดี แพลตฟอร์ม (วิสาหกิจเพื่อสังคม) ที่ให้ความร่วมมือและให้ความ กรุณาอนุเคราะห์ข้อมูล รวมถึงคำแนะนำด้านต่าง ๆ อย่างตั้งใจยิ่ง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการ ดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบคุณพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี ตลอดจน ญาติพี่น้อง และเพื่อนพ้อง ที่ได้มอบกำลังใจและให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยขอระลึกถึงคุณงาม ความดีที่ทุกท่านได้ช่วยเหลือตลอดมา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ผู้วิจัยหวัง ว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะ เป็นประโยชน์แก่บุคคลหรือหน่วยงานเกี่ยวข้องต่อไป

นำชัย โสไกร

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์.....	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
โปรแกรมสะสมคะแนน.....	5
บล็อกเชน.....	5
สัญญาอัจฉริยะ.....	9
ไฮเปอร์เล็ดเจอร์ แพบริค.....	10
ทบทวนวรรณกรรม.....	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	19
การออกแบบระบบ.....	19
การออกแบบขั้นตอนการทำงาน.....	22

การออกแบบฐานข้อมูล .....	24
ข้อมูลที่จัดเก็บในบล็อกเชน .....	24
ข้อมูลที่จัดเก็บนอกบล็อกเชน .....	26
การพัฒนาระบบ .....	27
เครื่องมือที่ใช้วัดประสิทธิภาพ.....	27
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	31
การทำงานของแพลตฟอร์ม .....	31
การสร้างเหรียญให้กับผู้ใช้ .....	31
การแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้ .....	33
หน้าจอการใช้งานของแพลตฟอร์ม .....	34
การเข้าสู่แพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคม.....	34
การแปลงคะแนนสะสมเป็นเหรียญของแพลตฟอร์ม .....	36
การแลกเปลี่ยนเหรียญ (Bid/ Offer) ระหว่างผู้ใช้.....	38
การตรวจสอบย้อนกลับของเหรียญในโมบายเว็บแอปพลิเคชัน.....	40
การตรวจสอบย้อนกลับของเหรียญในภาพรวมของแพลตฟอร์ม.....	41
การเก็บข้อมูลบนบล็อกเชน .....	42
การเข้ารหัสธุรกรรมของบล็อกเชน.....	42
การยืนยันธุรกรรม .....	44
การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแพลตฟอร์ม .....	45
การทดสอบประสิทธิภาพในการสร้างข้อมูลการแลกเปลี่ยนเหรียญ.....	45
การทดสอบความเร็วในการหาปริมาณเหรียญของแต่ละองค์กร ณ เวลาปัจจุบัน .....	46
การทดสอบความเร็วในการตรวจสอบย้อนกลับของเหรียญ .....	46
บทที่ 5 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	49
บรรณานุกรม.....	51



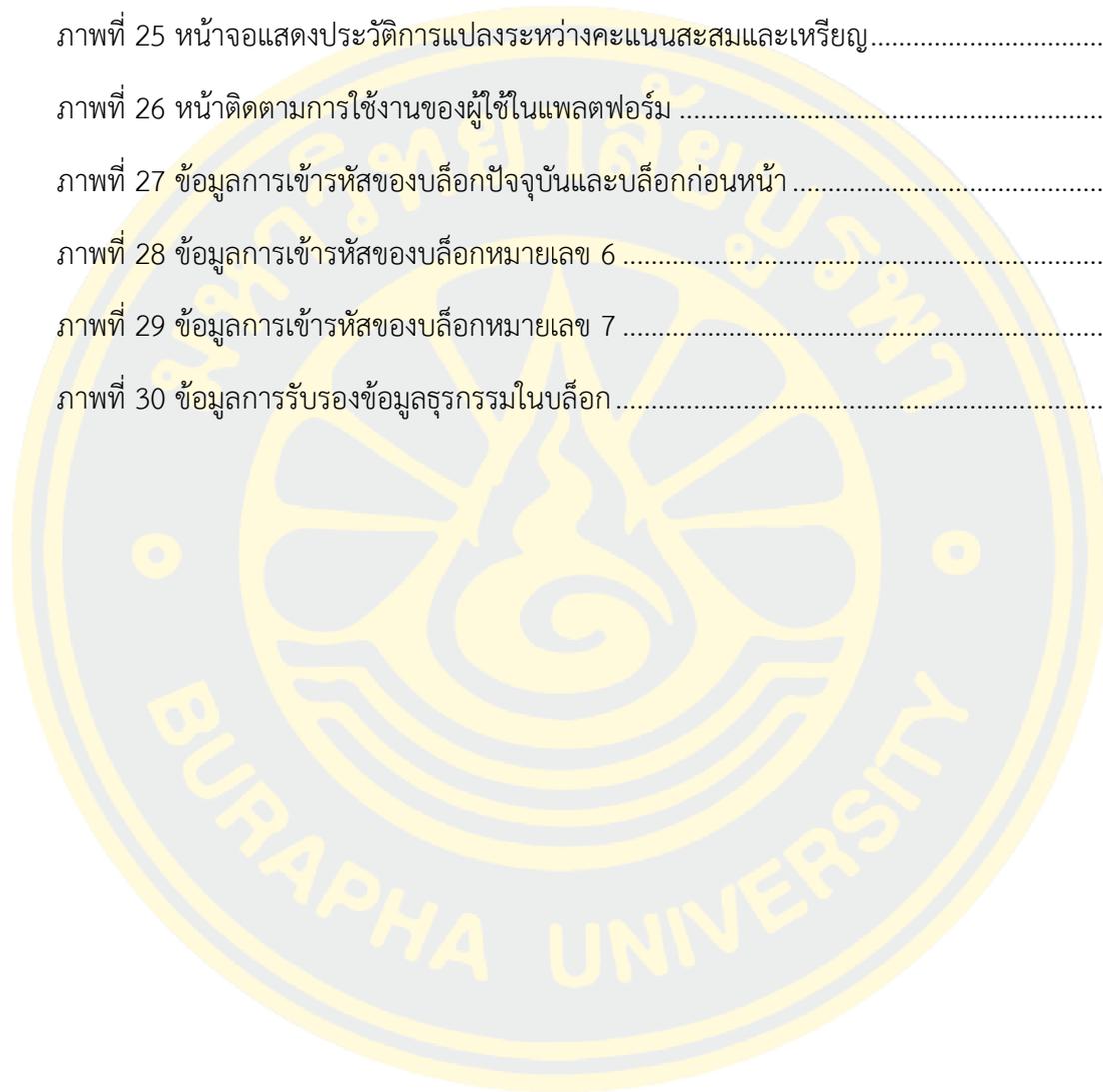
## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 สรุปแอปพลิเคชันสะสมคะแนนภายในประเทศ.....	14
ตารางที่ 2 สรุปการนำบล็อกเชนไปประยุกต์ใช้ในการแลกเปลี่ยนคะแนน.....	16
ตารางที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลที่ทำให้การแลกเปลี่ยน.....	45
ตารางที่ 4 ผลลัพธ์ของการวัดประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนเหรียญ.....	45
ตารางที่ 5 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนเหรียญ.....	46
ตารางที่ 6 ผลลัพธ์ของการวัดประสิทธิภาพในการค้นหาปริมาณเหรียญ.....	46
ตารางที่ 7 ตัวอย่างข้อมูลการตรวจสอบย้อนกลับ.....	47
ตารางที่ 8 ผลลัพธ์ของการวัดประสิทธิภาพในการตรวจสอบย้อนกลับ.....	47

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ภาพรวมการใช้งานแพลตฟอร์มของผู้ใช้.....	2
ภาพที่ 2 กรอบการวิจัย.....	3
ภาพที่ 3 การจัดเก็บข้อมูลของบล็อกเชน.....	6
ภาพที่ 4 โครงสร้างของ Proof of Stake.....	8
ภาพที่ 5 โครงสร้างของ PBFT.....	8
ภาพที่ 6 แผนภาพรายละเอียดของการทำธุรกรรม.....	11
ภาพที่ 7 สถาปัตยกรรมของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคมระหว่างองค์กร.....	20
ภาพที่ 8 โครงข่ายบล็อกเชนสำหรับแพลตฟอร์มการแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคม.....	21
ภาพที่ 9 แผนภาพการไหลของข้อมูล.....	22
ภาพที่ 10 การกำหนดค่าเพื่อเข้าถึงโครงข่ายบล็อก.....	28
ภาพที่ 11 การกำหนดค่าการวัดผล.....	28
ภาพที่ 12 การกำหนดฟังก์ชันที่ต้องการทดสอบ.....	29
ภาพที่ 13 ผลลัพธ์การวัดประสิทธิภาพจาก Hyperledger caliper.....	30
ภาพที่ 14 โค้ดการสร้างเหรียญให้กับผู้ใช้.....	32
ภาพที่ 15 โค้ดการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้.....	33
ภาพที่ 16 หน้าจอแลกเปลี่ยนสินค้าของแอปพลิเคชัน KinYooDee.....	34
ภาพที่ 17 หน้าจอเข้าสู่ระบบของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน.....	35
ภาพที่ 18 หน้าจอหลักของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน.....	36
ภาพที่ 19 หน้าจอการแปลงจากคะแนนสะสมไปเป็นเหรียญของแพลตฟอร์ม.....	37
ภาพที่ 20 หน้าจอการแปลงจากเหรียญของแพลตฟอร์มไปเป็นคะแนนสะสม.....	37
ภาพที่ 21 หน้าจอแสดงรายละเอียดข้อมูลก่อนซื้อเหรียญ.....	38

ภาพที่ 22 หน้าจอแสดงรายการเสนอขายทั้งหมดของผู้ใช้.....	39
ภาพที่ 23 หน้าจอแสดงรายละเอียดข้อมูลการเสนอขาย .....	39
ภาพที่ 24 หน้าจอแสดงประวัติการแลกเปลี่ยนเหรียญกับผู้ใช้ในแพลตฟอร์ม .....	40
ภาพที่ 25 หน้าจอแสดงประวัติการแปลงระหว่างคะแนนสะสมและเหรียญ.....	41
ภาพที่ 26 หน้าติดตามการใช้งานของผู้ใช้ในแพลตฟอร์ม .....	42
ภาพที่ 27 ข้อมูลการเข้ารหัสของบล็อกปัจจุบันและบล็อกก่อนหน้า .....	42
ภาพที่ 28 ข้อมูลการเข้ารหัสของบล็อกหมายเลข 6 .....	43
ภาพที่ 29 ข้อมูลการเข้ารหัสของบล็อกหมายเลข 7 .....	43
ภาพที่ 30 ข้อมูลการรับรองข้อมูลธุรกรรมในบล็อก .....	44



# บทที่ 1

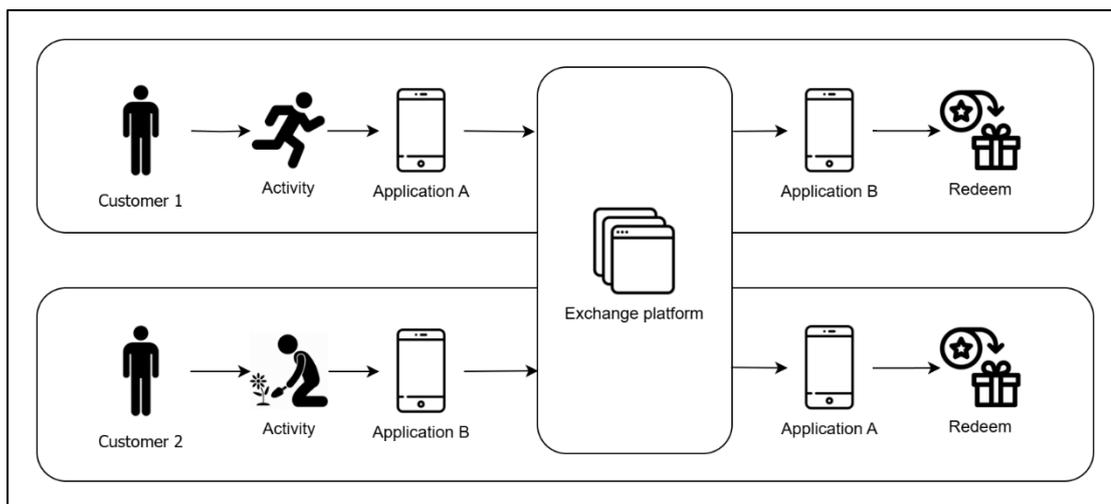
## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญ

คะแนนสะสมเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือทางการตลาดที่เรียกว่า Loyalty programs ที่จะช่วยบริหารความสัมพันธ์กับผู้ใช้โดยการให้รางวัลแก่ผู้ใช้ในรูปแบบของคะแนนสะสมหรือสิทธิพิเศษต่าง ๆ จากการใช้งานหรือการซื้อสินค้า เพื่อดึงดูดผู้ซื้อกลับมาใช้งานเป็นประจำ (Keenan, 2023) และเพื่อแข่งขันกับแอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันกลับพบว่ามีคะแนนสะสมจำนวนมากที่ไม่ถูกนำไปใช้งานหรือนำไปแลกเปลี่ยนเป็นสินค้าหรือบริการที่แอปพลิเคชันเหล่านั้นมี เนื่องจากสินค้าและบริการที่มีในแอปพลิเคชันเหล่านั้นอาจจะต้องใช้คะแนนสะสมเป็นจำนวนมาก และใช้เวลานาน เพื่อให้สามารถแลกกับของรางวัลได้ ทำให้ผู้ใช้มีโอกาสแลกใช้คะแนนสะสมน้อยมาก หรือจากการที่แอปพลิเคชันเหล่านั้นมีสินค้าหรือบริการที่ไม่มีความน่าสนใจหรือไม่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ส่งผลให้กลไกการใช้คะแนนสะสมไม่สามารถดึงดูดหรือจูงใจเพื่อให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมหรือทำให้ผู้ใช้กลับมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว (Bruneau, Swaen, & Zidda, 2018) รวมทั้งส่งผลให้องค์กรที่มีหน้าที่ในการดูแลคะแนนสะสมต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการโดยเปล่าประโยชน์ และเป็นภาระหนี้ทางบัญชีจำนวนมาก

การแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมระหว่างองค์กรเป็นทางออกหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นข้างต้น อย่างไรก็ตาม การที่จะแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมจะก่อให้เกิดปัญหาตามมาคือ ความไม่เชื่อใจกันระหว่างองค์กร และการที่แต่ละองค์กรที่เข้ามาเพื่อแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมยังคงมีความต้องการที่จะมีความสามารถในดำเนินงานของตนเองได้อย่างอิสระ นอกจากนี้ รูปแบบของคะแนนสะสมที่จะเป็นเป้าหมายในการแลกเปลี่ยนของโครงการนี้ จะเป็นคะแนนสะสมที่ได้มาจากการเก็บคะแนนสุขภาพและคะแนนสะสมที่ได้จากการทำกิจกรรมเพื่อสังคม เรียกว่า “คะแนนเพื่อสังคม (Social points)” จะมีความยากในการแลกเปลี่ยนมากยิ่งขึ้น เนื่องจากคะแนนสะสมในรูปแบบนี้ประเมินมูลค่าได้ยากและไม่มีมาตรฐาน ซึ่งต่างจากคะแนนสะสมที่ได้มาจากการซื้อสินค้าหรือบริการที่สามารถประเมินมูลค่าของคะแนนได้โดยง่าย หรืออย่างตรงไปตรงมา

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นถึงการใช้งานของผู้ใช้ (User journal) ตั้งแต่เริ่มต้นใช้งานจนไปถึงการนำคะแนนสะสมไปแลกเปลี่ยนเป็นสินค้าหรือบริการ (Redeem) จะแบ่งตัวอย่างการใช้งานเป็นผู้ใช้ (Customer) 2 คน แต่จะมีรายละเอียดที่ใกล้เคียงกัน โดยจะอธิบายจากการใช้งานของผู้ใช้คนแรก เริ่มจาก



ภาพที่ 1 ภาพรวมการใช้งานแพลตฟอร์มของผู้ใช้

1. ผู้ใช้ทำกิจกรรมเพื่อสะสมคะแนนผ่านแอปพลิเคชัน A เช่น การออกกำลังกาย การปลูกป่า เป็นต้น
2. ผู้ใช้ใช้งานแอปพลิเคชัน B เช่นเดียวกัน แล้วพบว่า แอปพลิเคชัน B มีสินค้าหรือบริการที่ผู้ใช้มีความสนใจ แต่ผู้ใช้มีคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน B ไม่เพียงพอ จึงต้องการนำคะแนนสะสมจากแอปพลิเคชัน A ไปใช้งานในแอปพลิเคชัน B
3. ผู้ใช้จึงเข้าใช้งานแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน (Exchange platform) เพื่อแลกเปลี่ยนระหว่างคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน A และแอปพลิเคชัน B โดยการตั้งรายการเสนอขายและมูลค่าที่ต้องการแลกเปลี่ยนระหว่าง 2 คะแนนสะสมนี้
4. มีผู้ใช้อื่นที่มีความต้องการตรงกัน ที่ต้องการแลกเปลี่ยนจากคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน B ไปเป็นคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน A จึงรับข้อเสนอการแลกเปลี่ยนของผู้ใช้คนแรก
5. เมื่อแลกเปลี่ยนเสร็จสิ้น ผู้ใช้คนแรกก็สามารถนำคะแนนสะสมที่ได้จากการแลกเปลี่ยนจากแพลตฟอร์มไปใช้งานและแลกเปลี่ยนเป็นสินค้าหรือบริการในแอปพลิเคชัน B ได้

การวิจัยในครั้งนี้เสนอแพลตฟอร์มสำหรับแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคมบนบล็อกเชน ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะเชื่อมองค์กรที่เป็นกลุ่มธุรกิจหรือกลุ่มผู้สนับสนุนกิจการเพื่อสังคมเข้ามาแลกเปลี่ยนคะแนน โดยที่ไม่ต้องอาศัยความเชื่อใจระหว่างองค์กรหรือมีตัวกลางเข้ามาดำเนินการ นอกจากนี้แต่ละองค์กรยังสามารถที่จะคงวิธีการให้คะแนนสะสมแก่ผู้ใช้ได้ดั้งเดิม เทคโนโลยีบล็อกเชนถูกนำมาประยุกต์ใช้ในแพลตฟอร์ม เพื่อการยืนยันร่วมกัน หรือการทำฉันทามติ (Consensus) และทวนสอบความถูกต้องของการแลกเปลี่ยนคะแนน นั่นคือ การแลกเปลี่ยนคะแนนในแพลตฟอร์มจะเรียกว่า

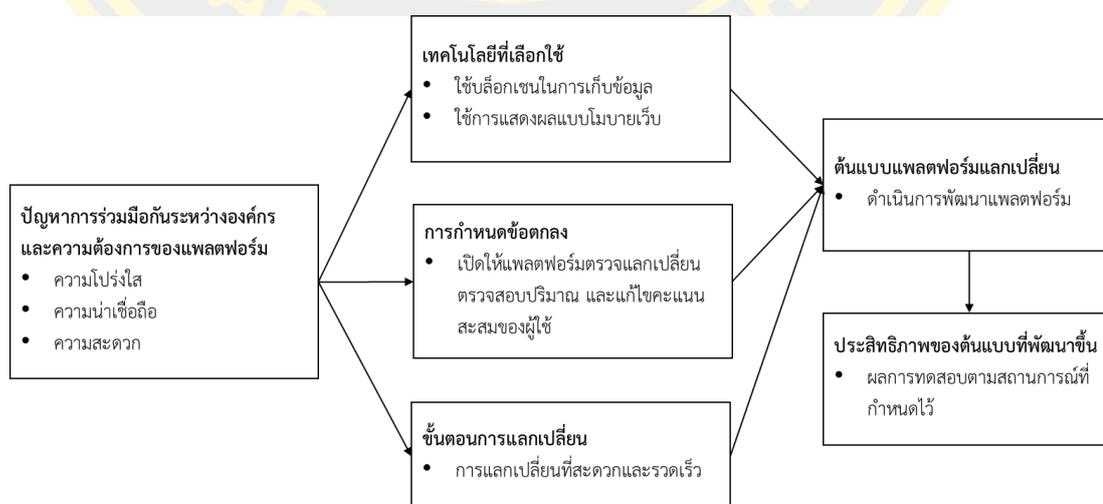
“เหรียญ หรือ โทเคน (Token)” และจะใช้รูปแบบการแลกเปลี่ยนเหรียญจากการตั้งราคาซื้อ (Bid) และการตั้งราคาขาย (Offer) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถกำหนดมูลค่าของแต่ละเหรียญได้เอง ทำให้แต่ละเหรียญจะมีมูลค่าที่แท้จริงจากการให้มูลค่า (Social value) จากผู้ใช้งาน แพลตฟอร์มที่นำเสนอนี้จะช่วยส่งเสริมการดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคมโดยการเก็บสะสมคะแนน ช่วยเพิ่มสภาพคล่องทางการตลาดโดยการซื้อขายแลกเปลี่ยนคะแนน รวมทั้งช่วยองค์กรในการระดมทุนในการทำโครงการเพื่อสังคม

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวทางในการประยุกต์ใช้บล็อกเชนบนแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคม ไม่ต้องพึ่งตัวกลางและความเชื่อใจระหว่างองค์กร
2. เพื่อพัฒนาต้นแบบแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคมและทดสอบประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มตามสถานการณ์ที่กำหนด ให้เห็นถึงความสามารถและข้อจำกัดของแพลตฟอร์ม

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

การนำเทคโนโลยีบล็อกเชนมาใช้งานในการพัฒนาแพลตฟอร์มสำหรับการแลกเปลี่ยนคะแนนของแต่ละองค์กร จะเป็นตัวช่วยในการแก้ไขปัญหาเรื่องความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือ และการออกแบบขั้นตอนการแลกเปลี่ยนคะแนนที่ดีจะทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งจะนำไปวิจัยเหล่านี้มาใช้ในการพัฒนาแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคม และประเมินประสิทธิภาพการทำงานของแพลตฟอร์ม



ภาพที่ 2 กรอบการวิจัย

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพิ่มช่องทางในการแลกเปลี่ยนคะแนนสะสม จะทำให้ผู้ใช้มีความสนใจในการทำกิจกรรมทั้งเพื่อตัวเองและสังคมมากยิ่งขึ้น
2. ประชาชนสามารถดูแลและส่งเสริมการทำกิจกรรมเพื่อตนเอง อย่างการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะลดค่าใช้จ่ายในด้านการดูแลสุขภาพ
3. ส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจากการทำกิจกรรมเพื่อให้ได้คะแนนสะสม

### ขอบเขตของการวิจัย

1. คะแนนสะสมที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนเป็นคะแนนสะสมที่ถูกสร้างจากการทำกิจกรรมเพื่อตนเองหรือเพื่อสังคม
2. การศึกษาจะมุ่งเน้นไปที่การแปลงระหว่างคะแนนสะสมขององค์กรกับเหรียญของแพลตฟอร์ม และการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้ ไม่ได้รวมถึงการแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมไปเป็นสินค้า

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### โปรแกรมสะสมคะแนน

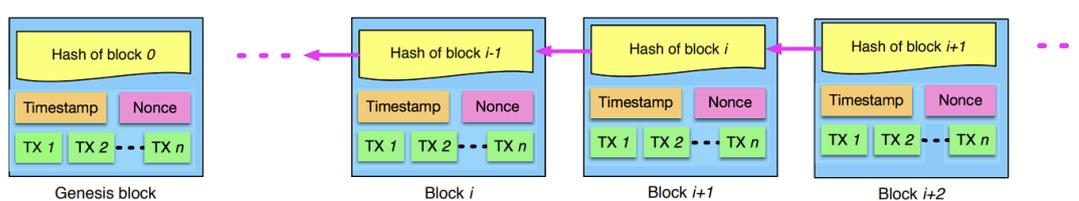
การที่จะทำให้ผู้ใช้แอปพลิเคชันหรือระบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องนั้นถือเป็นเรื่องที่ทำนาย เนื่องจากในแต่ละวันมีแอปพลิเคชันออกใหม่ ๆ เป็นจำนวนมากที่เข้ามาแย่งส่วนแบ่งในตลาด จึงได้มีการนำเครื่องมือเข้ามาช่วยเพื่อจูงใจให้ผู้ใช้ใช้งานระบบอย่างต่อเนื่องหรือก็คือ โปรแกรมสะสมคะแนน (Loyalty programs) เครื่องมือนี้นี้เป็นเครื่องมือที่พยายามควบคุมพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้อย่างต่อเนื่อง อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมต่าง ๆ (Kim, Steinhoff, & Palmatier, 2021) คะแนนสะสมเหล่านี้สามารถแลกเปลี่ยนเป็นสินค้าและบริการอื่น ๆ ที่กำหนดไว้ได้ ซึ่งการได้มาซึ่งคะแนนเหล่านี้ อาจมาได้จากหลากหลายรูปแบบ เช่น การซื้อสินค้าหรือบริการของแอปพลิเคชันนั้น ๆ การเปิดแอปพลิเคชันเป็นประจำ การชวนเพื่อนมาลงทะเบียนเป็นสมาชิก เป็นต้น ซึ่งคะแนนสะสมที่ถูกสร้างจากแอปพลิเคชันที่ใช้ในการวิจัยเป็นการสร้างคะแนนจากการทำกิจกรรมเพื่อตนเองหรือสังคม จึงเรียกว่า คะแนนสะสมจากสุขภาพ (Health points) ซึ่งคะแนนสะสมที่ได้จะสามารถนำมาแลกเปลี่ยนเป็นสินค้าหรือบริการที่กำหนดไว้ได้เช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าแต่ละแอปพลิเคชันหรือระบบล้วนสามารถที่จะสร้างคะแนนและใช้คะแนนที่ได้แลกเปลี่ยนเป็นสินค้าหรือบริการ ซึ่งสินค้าหรือบริการเหล่านี้มันมีให้เลือกจำกัดทำให้อาจจะไม่สามารถที่จะจูงใจให้ผู้ใช้ใช้งานอย่างต่อเนื่อง จึงมีแนวคิดในการสร้างตัวกลางในการแลกเปลี่ยนคะแนนเหล่านี้ระหว่างกัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนสินค้าหรือบริการให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น

#### บล็อกเชน

การทำงานร่วมกันของหลาย ๆ องค์กรนั้น จะเป็นไปได้ยากถ้าแต่ละองค์กรขาดความเชื่อใจซึ่งกันและกันระหว่างแต่ละองค์กร การสร้างความเชื่อใจกันนอกจากการสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างองค์กรแล้ว เราได้นำเทคโนโลยีบล็อกเชนเข้ามาช่วยในการสร้างความเชื่อใจระหว่างองค์กรที่เข้ามาร่วมงานกัน ซึ่งคุณสมบัติสำคัญที่ทำให้บล็อกเชนสามารถสร้างความเชื่อใจระหว่างองค์กรมี 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ความโปร่งใส (Transparency) และฉันทามติ (Consensus)

สิ่งที่ทำให้บล็อกเชนนี้นั้นมีความโปร่งใสคือ การที่รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลของเทคโนโลยีนี้มันไม่สามารถแก้ไข (Immutable) และสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนกลับได้ (Traceability) บล็อกเชนเป็นเทคโนโลยีเบื้องต้นหลังจากสกุลเงินดิจิทัล (Cryptocurrency) แรกของโลกหรือบิตคอยน์ (Bitcoin) (Nakamoto, 2008) ที่ให้ผู้ใช้สามารถทำธุรกรรมออนไลน์ได้โดยไม่ต้องผ่านตัวกลางหรือ

ธนาคาร ทำให้คนเริ่มให้ความสนใจเทคโนโลยีบล็อกเชน และถูกนำไปใช้งานในหลายรูปแบบ ตั้งแต่ การเงิน (Fanning & Centers, 2016) การจัดการโซ่อุปทาน (Kshetri, 2018) และการดูแลสุขภาพ (Esposito, De Santis, Tortora, Chang, & Choo, 2018) เป็นต้น ซึ่งบล็อกเชนคือฐานข้อมูลชนิดหนึ่ง ที่มีรูปแบบการเก็บข้อมูลเป็นบล็อกเรียงต่อกันไป โดยที่บล็อกแต่ละบล็อกจะต้องมีข้อมูลเข้ารหัสของบล็อกก่อนหน้าด้วยจึงทำให้ถูกเรียกว่าบล็อกเชน (Zheng, Xie, Dai, Chen, & Wang, 2018) โดยคุณสมบัติที่มีการต่อเรียงกันทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนกลับได้ และบล็อกแต่ละบล็อกมีการเชื่อมโยงข้อมูลกันทำให้เมื่อในการแก้ไขข้อมูลของบล็อกใดบล็อกหนึ่งจะต้องแก้ไขบล็อกที่เชื่อมถัดไปด้วย ในขณะที่มีการแก้ไขข้อมูล บล็อกก็จะถูกสร้างใหม่เรื่อย ๆ และการแก้ไขข้อมูลในบล็อกเพียงคนเดียวคนหนึ่งในโครงข่าย (Network) จะไม่ถูกยอมรับโดยคนหรือโหนดอื่น ๆ ทำให้แทบจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะแก้ไขข้อมูลในระบบ



ภาพที่ 3 การจัดเก็บข้อมูลของบล็อกเชน

ที่มา Zheng et al., 2018

การใช้งานบล็อกเชนได้ถูกประยุกต์ใช้งานในหลากหลายองค์กร ซึ่งแต่ละองค์กรนั้นอาจจะมีการใช้งานที่มีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ทำให้โครงสร้างของบล็อกเชนมีความแตกต่างเช่นเดียวกัน

1. Public blockchain จะเป็นรูปแบบของบล็อกเชนที่ได้รับความนิยมและเป็นที่รู้จักมากที่สุด ยกตัวอย่างเช่น Bitcoin blockchain, Ethereum blockchain เป็นต้น ซึ่งเป็นรูปแบบที่ทุกคนสามารถเข้าใช้งานได้ อ่านข้อมูลได้ เขียนข้อมูลได้ โดยที่ไม่ต้องได้รับการอนุญาตจากผู้ดูแลบล็อกเชนนั้น ๆ ซึ่งบล็อกเชนประเภทนี้เป็นแบบที่มีความกระจายศูนย์ (Decentralized) และมีความปลอดภัยมากที่สุด (Wegrzyn & Wang, 2021)

2. Private blockchain จะเป็นรูปแบบที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับองค์กร ซึ่งผู้ใช้ต้องได้รับอนุญาตก่อนจึงจะสามารถเข้าร่วมบล็อกเชนได้ และจะมีเฉพาะผู้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่จะสามารถอ่านและแก้ไขข้อมูลของบล็อกเชนได้ตามสิทธิ์ที่กำหนดไว้ บล็อกเชนในรูปแบบนี้จะไม่ได้เป็นแบบกระจายศูนย์ เนื่องจากมีผู้ดูแลที่แน่นอน ซึ่งจะนำมาใช้งานเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของการจัดการ

ข้อมูล ซึ่งจะนิยมใช้งานในด้าน โลจิสติกส์ (Logistics) การเงิน (Finances) การบัญชี (Accounting) เป็นต้น (Seth, 2022)

3. Hybrid blockchain เป็นการนำคุณสมบัติจาก 2 ประเภทแรกมาใช้ ซึ่งจะเป็นประเภทที่ยังต้องให้ได้รับการอนุญาตจึงจะสามารถเข้าใช้งานได้ในเครือข่ายบล็อกเชนนั้นได้เหมือนกับ Private แต่เมื่อเข้าถึงเครือข่ายได้แล้วจะมีสิทธิ์ในการอ่านและเขียนได้อย่างอิสระเหมือนกับแบบ Public (Seth, 2022)

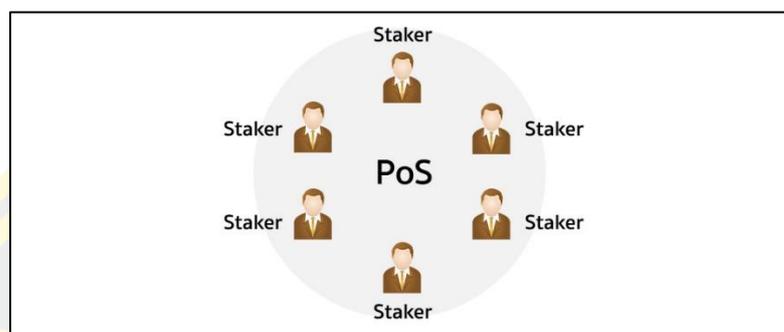
4. Consortium blockchain มีการทำงานเหมือนกับแบบ Hybrid แต่จะแตกต่างกันที่ Hybrid blockchain นั้น จะควบคุมการทำงานด้วยองค์กรเพียงองค์กรเดียว ส่วนแบบ Consortium จะเป็นบล็อกเชนที่ออกแบบมาสำหรับการใช้งานร่วมกันในหลาย ๆ องค์กร เพื่อสร้างความเชื่อใจในการทำงาน (Techsauce, 2022)

อีกส่วนที่ทำให้การนำเทคโนโลยีบล็อกเชนเข้ามาใช้งานแล้วจะช่วยให้เกิดความเชื่อใจระหว่างองค์กรกันคือฉันทามติ (Consensus) ฉันทามติเป็นรูปแบบที่จะในการทำข้อตกลงร่วมกันในการสร้างข้อมูลแต่ละบล็อกของบล็อกเชน ซึ่งฉันทามติในบล็อกเชนนั้นมีหลากหลายรูปแบบ ยกตัวอย่างฉันทามติที่ได้รับความนิยม

1. Proof of Work (PoW) เป็นฉันทามติที่ Bitcoin ใช้งาน วิธีนี้จะให้คนที่ทำหน้าที่ยืนยันข้อมูลในระบบทุกคนแข่งกันทำการแก้ไขโจทย์คณิตศาสตร์ที่ต้องใช้พลังในการประมวลผลสูงมาก ๆ ในการหาคำตอบ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วจะต้องใช้เวลาหาคำตอบแต่ละครั้งเป็นเวลา 10 นาที และผู้ที่สามารถหาคำตอบได้เป็นคนแรกเท่านั้นที่จะได้รับรางวัลในการหาคำตอบ จึงนิยมเรียกวิธีนี้ว่าการขุดเหมือง (Mining) และคนที่หาคำตอบจะถูกเรียกว่า Miner แต่เมื่อได้คำตอบแล้วจะต้องให้คนอื่น ๆ ตรวจสอบว่าคำตอบถูกต้องจึงจะได้รางวัลไป ซึ่งวิธีนี้จะใช้พลังงานสูงมากและทำงานได้ช้า (Phanvilai, 2018) ทำให้ไม่สามารถรองรับการธุรกรรม (Transactions) หลายธุรกรรมในช่วงเวลาเดียวได้ ยกตัวอย่างเช่น Bitcoin สามารถทำธุรกรรมได้เพียง 7 ธุรกรรมต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับ Visa ที่สามารถทำได้ 24,000 ธุรกรรมต่อวินาที (crypto.com, 2020)

2. Proof of Stake (PoS) เป็นรูปที่แก้ปัญหาการใช้พลังงานสูงและทำงานได้ช้าของ PoW ซึ่งฉันทามติในรูปแบบนี้จะให้โอกาสในการยืนยันข้อมูลตามปริมาณของเหรียญที่ผู้มีสิทธิ์ในการยืนยันข้อมูลถือไว้ (Phanvilai, 2018) โดยการยืนยันข้อมูลแต่ละครั้งนั้นจะไม่ต้องใช้พลังงานสูงและสามารถทำงานได้เร็วกว่าแบบ PoW อย่างมาก โดยเริ่มจากคนที่เข้าร่วมยืนยันจะต้องถือเหรียญไว้ในระบบหรือเรียกว่าการ Stake และตั้งตติขอพต์แวร์ที่ใช้ในการยืนยันการทำธุรกรรม เมื่อถึงเวลาสร้างบล็อกใหม่จะสุ่มเลือกคนที่ Stake ไว้ ยิ่ง Stake เหรียญไว้เยอะก็จะมีโอกาสถูกเลือกสูง จากนั้นให้คนที่ถูกเลือกสร้างบล็อกและส่งไปให้ทุกคนในเครือข่าย เมื่อทุกคนยอมรับบล็อกดังกล่าวแล้วจะทำ

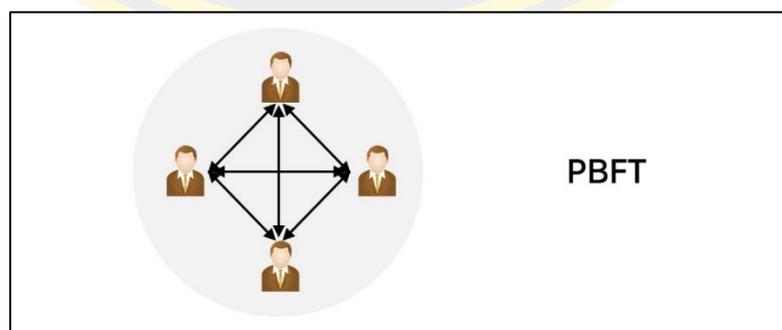
การส่งรางวัลไปให้กับคนที่สร้างบล็อก ซึ่งผู้ร่วมยืนยันจะเรียกว่า Validator จะเห็นได้ว่าไม่มีขั้นตอนที่ใช้พลังในการประมวลสูงทำให้ประหยัดพลังงานและสามารถทำงานได้เร็ว



ภาพที่ 4 โครงสร้างของ Proof of Stake

ที่มา <https://nuuneoi.com/blog/933/pos.jpg>

3. Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) ฉันทามติวิธีนี้ผู้ยืนยันข้อมูลทุกคนจะเชื่อมต่อเข้าหากันและให้ทุกคนช่วยการยืนยันธุรกรรมที่เกิดขึ้น ซึ่งธุรกรรมนั้น ๆ จะต้องได้รับการยืนยันอย่างน้อย 66% ของผู้ยืนยันทั้งหมดจึงจะถือว่าธุรกรรมนั้นถูกต้อง เพื่อป้องกันการโกง ฉันทามติแบบนี้จะเหมาะกับการนำมาใช้งานในองค์กร เนื่องจากมีผู้ยืนยันข้อมูลอย่างจำกัด เพราะเมื่อมีผู้ยืนยันข้อมูลมากเกินไปจะทำให้ระบบทำงานได้ช้าลงเนื่องจากผู้ยืนยันข้อมูลทุกคนจะต้องเชื่อมต่อข้อมูลกัน แต่วิธีนี้จะไม่ได้เป็นการทำงานแบบกระจายศูนย์อย่างแท้จริง เนื่องจากเป็นระบบที่จะถูกควบคุมโดยผู้ยืนยันข้อมูลที่กำหนดไว้ หรือเหมาะกับการใช้งานกับ Private blockchain (Phanvilai, 2018)



ภาพที่ 5 โครงสร้างของ PBFT

ที่มา <https://nuuneoi.com/blog/933/pbft.jpg>

## สัญญาอัจฉริยะ

โดยปกติแล้วการที่แต่ละองค์กรจะสามารถร่วมมือกันได้ จะต้องกำหนดข้อตกลง กฎเกณฑ์ หรือขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำงานร่วมกันหรือเรียกว่าโมเดลทางธุรกิจ (Business model) ในบล็อกเชนจะแปลงโมเดลทางธุรกิจให้เป็น สัญญาอัจฉริยะ (Smart contract) ซึ่งจะทำการกำหนดกฎระหว่างองค์กรต่าง ๆ ในรูปแบบภาษาทางคอมพิวเตอร์ซึ่งจะถูกรวมอัตโนมัติเมื่อเข้าเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสัญญาที่เก็บอยู่ในบล็อกเชน (Dib, Brousmiche, Durand, Thea, & Hamida, 2018) ซึ่งเป็นสิ่งที่พัฒนาต่อยอดมาจากความสามารถในการทำงานเดิมของบล็อกเชนที่มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลเพียงอย่างเดียว สัญญาอัจฉริยะเป็นระบบการทำธุรกรรมที่สามารถทำงานได้รวดเร็วและสามารถลดความผิดพลาดการทำงานด้วยมนุษย์ (Human error) และเพื่อความเชื่อมั่นในการทำงานเนื่องจากไม่มีตัวกลางเข้ามาเกี่ยวข้อง และเมื่อนำสัญญาอัจฉริยะเก็บไว้ที่บล็อกเชนทำให้การทำงานของสัญญาอัจฉริยะนั้นยืนยันได้ว่ามีความโปร่งใสและเป็นกลาง งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาสัญญาอัจฉริยะสำหรับการแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมจากกิจกรรมเพื่อสังคมระหว่างผู้ใช้ของแต่ละองค์กร นอกจากนี้ยังสามารถออกแบบและพัฒนาสัญญาอัจฉริยะสำหรับการทำงานรูปแบบอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับการทำงานของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนของงานวิจัยนี้ได้ เช่น การแลกเปลี่ยนคาร์บอนเครดิต (Carbon credit)

คาร์บอนเครดิต คือปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) หรือก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดหรือกักเก็บได้จากโครงการต่าง ๆ เช่น การปลูกป่า การใช้พลังงานหมุนเวียน เป็นต้น มีหน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO<sub>2</sub>e) เมื่อได้รับการรับรองแล้ว สามารถนำคาร์บอนเครดิตไปซื้อขายได้ และจะอนุญาตให้องค์กรสามารถปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจกได้ตามจำนวนเครดิตที่มี (Woo et al., 2021) คาร์บอนเครดิตเป็นกลไกในการสร้างแรงจูงใจให้องค์กรต่าง ๆ ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น ในการจัดการในภาคขนส่ง ได้มีการเปลี่ยนไปใช้ยานยนต์ไฟฟ้า หรือการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพแทนน้ำมันดีเซล เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และได้รับคาร์บอนเครดิต แต่ในบางภาคการขนส่งยังไม่สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ โดยเฉพาะการขนส่งโดยรถไฟและเครื่องบิน จึงจำเป็นต้องซื้อคาร์บอนเครดิตมาชดเชยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่จะซื้อขายผ่านตลาดคาร์บอนเครดิต สามารถแบ่งตลาดคาร์บอนเครดิตออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ตลาดคาร์บอนภาคบังคับที่ประกาศเป็นกฎหมายและมีบทลงโทษ เช่น ในสหภาพยุโรป และตลาดคาร์บอนแบบภาคสมัครใจที่ไม่มีกฎหมายควบคุม เช่น ในประเทศไทย (มณฑลชนก มณีโชติ, 2565) โดยที่ผู้ซื้อขายคาร์บอนเครดิตอาจจะเป็นองค์กรหรือบุคคลทั่วไป การซื้อขายคาร์บอนเครดิตในไทย แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การตกลงกันเองระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย

และการซื้อขายผ่านแพลตฟอร์มหรือศูนย์ซื้อขายคาร์บอนเครดิต ซึ่งการซื้อขายผ่านแพลตฟอร์มหรือศูนย์ซื้อขายคาร์บอนเครดิตทำหน้าที่การจับคู่ราคาซื้อและราคาขายที่ตรงกันโดยอัตโนมัติ (Leenoi, 2023) มีลักษณะที่คล้ายกับการแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมโดยการตั้งราคาเสนอซื้อและการเสนอขายของแพลตฟอร์มในงานวิจัยนี้ ซึ่งสามารถนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับการแลกเปลี่ยนคาร์บอนเครดิตโดยการแก้ไขสัญญาอัจฉริยะได้

## ไฮเปอร์เล็ดเจอร์ แฟบริค

Hyperledger Fabric (Hyperledger, 2022) เป็นบล็อกเชนแพลตฟอร์มใช้ในการสร้างแอปพลิเคชันแบบกระจายศูนย์หรือ DApps (Decentralized applications) ก่อตั้งโดย Linux Foundation ซึ่ง Hyperledger Fabric ได้รับการออกแบบให้เข้ากับการทำงานร่วมกับองค์กร มีโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นตามการปรับแต่งของพัฒนาและเป็นบล็อกเชนที่สามารถกำหนดได้ว่าให้สามารถเข้าร่วมใช้งานและสามารถเข้าถึงข้อมูลใดได้บ้าง ให้เหมาะสมกับการทำงานของแต่ละองค์กร ซึ่งการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงให้ผู้ใช้แต่ละคนได้นั้นทำให้แอปพลิเคชันที่ได้มีความปลอดภัยและเหมาะสมกับการทำงานแบบองค์กร เนื่องจากในการทำงานโดยปกติแต่ละคนก็มีสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลที่แตกต่างกัน Hyperledger Fabric จึงเหมาะกับการนำมาใช้งานกับองค์กรมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ Public blockchain ต่าง ๆ ที่มีการใช้งาน เช่น Bitcoin blockchain, Ethereum blockchain เป็นต้น

การทำฉันทามติจะมีความแตกต่างจากบล็อกเชนประเภทอื่น ๆ ที่จะให้โหนดที่เข้าร่วมสามารถมีส่วนร่วมในการทำฉันทามติโดยยึดหลักของความน่าจะเป็น อาจจะทำให้ข้อมูลธุรกรรมในบัญชีของแต่ละโหนดแตกต่างกันได้ ซึ่ง Hyperledger Fabric จะต่างออกไป เนื่องจากจะใช้โหนดที่ชื่อว่า Orderer ในการจัดลำดับธุรกรรมและรวมข้อมูลธุรกรรมเป็นบล็อกเพื่อบันทึกลงบล็อกเชน โหนด Orderer อาจจะมีหลายโหนด การทำงานของโหนด Orderer จะเรียกว่า Ordering service ส่วนนี้จะรับข้อมูลการทำธุรกรรมต่าง ๆ ที่ได้จากการรับรองแล้ว (Endorsement) และนำข้อมูลธุรกรรมที่ได้มารวมกันเพื่อสร้างเป็นบล็อก โดยที่จำนวนธุรกรรมขึ้นอยู่กับค่าของบล็อกเชนแบ่งเป็น ขนาดของบล็อก และเวลาในการรวบรวมธุรกรรมต่อบล็อก เมื่อบล็อกที่สร้างมีขนาดหรือถึงเวลาที่กำหนด Ordering service จะส่งบล็อกไปยังแต่ละ Peer เพื่อบันทึกบล็อกลงบล็อกเชน ในกรณีที่มีหลายโหนด Orderer จะต้องมีการเลือกว่าจะให้โหนดใดทำงาน โดยที่ Hyperledger Fabric ได้แนะนำให้ใช้กลไกที่ชื่อว่า Raft เป็นกลไกที่ทนต่อความผิดพลาด (Crash Fault Tolerant: CFT) โดยใช้หลักการของ “ผู้นำและผู้ตาม” ซึ่งผู้นำจะได้รับการเลือกจากโหนดอื่น ๆ และยังสามารถทำงานได้เมื่อมีโหนดบางส่วนไม่สามารถทำงานได้ トラバドที่ยังเหลือโหนดส่วนมากอยู่ การทำงาน

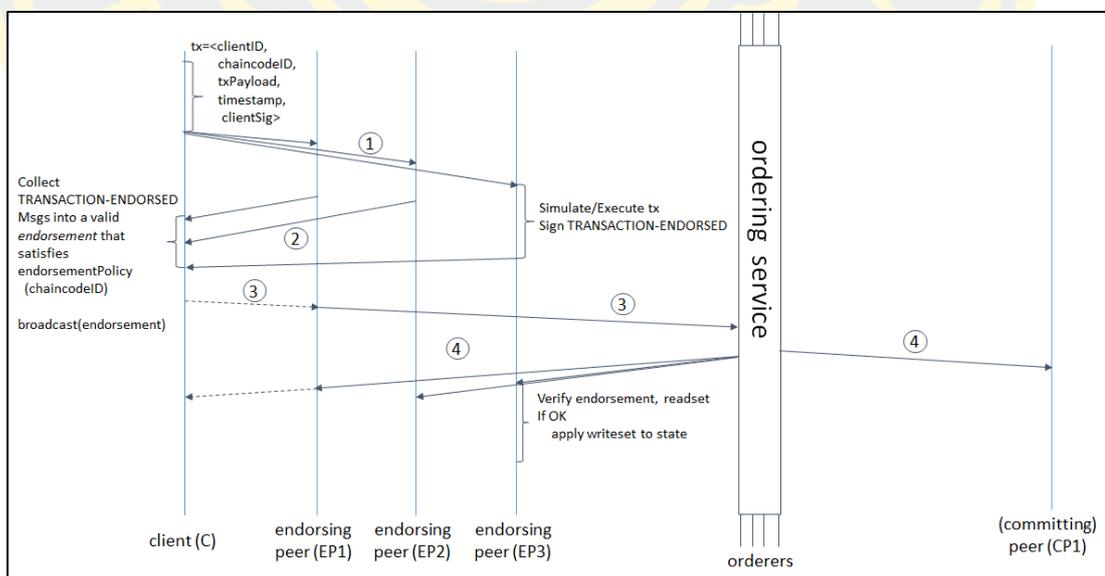
ของ Ordering service จะเป็นส่วนหนึ่งในการทำธุรกรรมแต่ละครั้งของผู้ใช้สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 6 ที่แสดงให้เห็นถึงการทำงานร่วมกันของ Client, Endorsing peer, Orderers และ Committing peer มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. ผู้ใช้จะใช้งานผ่าน Client ในการทำการแลกเปลี่ยนหรือการทำงานที่เกี่ยวข้องกับบล็อกเชน จะทำการส่งข้อมูลการทำธุรกรรมและ Chaincode ที่ต้องทำงานไปยัง Endorsing peer ในขั้นตอนนี้จะเรียกว่า Transaction proposal

2. เมื่อ Endorsing peer ได้รับข้อมูลจาก Client แล้วจะทำการเรียกใช้งาน Chaincode เพื่อยืนยัน (Verification) ความถูกต้องของการทำงานของ Chaincode และจะส่งข้อมูลผลการยืนยันกลับไป Client ถ้าจำนวนของ Endorsing peer ถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน Endorsement policy จะส่งข้อมูลไปยัง Orderers ต่อไป ในขั้นตอนนี้เรียกว่า Endorsement

3. เมื่อ Orderers ได้รับธุรกรรมที่ยืนยันแล้ว จะนำมาจัดลำดับรายการของธุรกรรมและสร้างเป็นบล็อก เมื่อขนาดของบล็อกหรือเวลาในการสร้างบล็อกถึงกำหนด จะส่งข้อมูลบล็อก (Broadcast) ไปให้ทุก Peer ในบล็อกเชน

4. เมื่อแต่ละ Peer ได้รับข้อมูลบล็อกจะทำการตรวจสอบอีกครั้ง (Validation) กลับที่ฉบับที่กลงบล็อกเชน และส่งข้อมูลผลลัพธ์ไปให้ Client



ภาพที่ 6 แผนภาพรายละเอียดของการทำธุรกรรม

ที่มา <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-2.5/txflow.html>

Hyperledger Fabric รองรับการเขียน Chaincode หรือสัญญาอัจฉริยะได้ด้วยหลายภาษาทางคอมพิวเตอร์ เช่น GO Java Node.js เป็นต้น ช่วยให้พัฒนาเลือกใช้ภาษาที่ถนัดทำให้สามารถทำความเข้าใจและแก้ไข Chaincode ได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้สามารถเลือกใช้ฉันทามติที่เหมาะสมกับการใช้งานเองได้ Hyperledger Fabric มีแนวคิดแบบ Channel ที่อนุญาตให้สร้างเส้นทางย่อยในเครือข่าย เพื่อให้สามารถสร้างบัญชี (Ledger) แยกกันตามแต่ละจุดประสงค์ได้

### ทบทวนวรรณกรรม

คะแนนสะสม (Reward points) ถูกนำมาใช้งานโดยมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้ใช้หรือลูกค้าของแต่ละองค์กรกลับมาซื้อสินค้าและบริการ ซึ่งคะแนนสะสมอาจจะมาจากการซื้อสินค้าหรือบริการจากแพลตฟอร์มนั้น ๆ แต่ก็มีหลายแพลตฟอร์มที่ไม่ได้สร้างคะแนนสะสมใช้จ่ายแต่มาจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้ใช้ ตัวอย่าง คะแนนที่ได้จากโครงการส่งเสริมการทำกิจกรรมเพื่อตนเองและการดำเนินกิจกรรมเพื่อสังคม

กระตุ้นต่อมรักสุขภาพ - เก็บ Health Point สะสมเต็มพลังชีวิต (ณัฐชลภรณ์ หอมแก้ว, 2564) เป็นโครงการที่รณรงค์ให้ทุกคนสนใจในการออกกำลังกายและต้องการทำให้ทุกคนออกกำลังกายเป็นนิสัย โดยไม่จำเป็นต้องมีใครมาคอยกระตุ้นเตือน โดยมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างความรู้สึกตื่นเต้นในการบันทึกข้อมูลตัวเอง เพื่อให้ห่างไกลจากปัญหาทางสุขภาพ โดยจะให้ผู้ใช้ร่วมกิจกรรมเดินหรือวิ่งให้ระยะทาง 100 กิโลเมตร ในระยะเวลา 100 วัน ซึ่งคนที่ได้ระยะทางครบถ้วน 10,000 คนแรกจะได้รับ Health Point ซึ่งสามารถนำไปแลกเปลี่ยนเป็นบัตรกำนัลที่สามารถนำไปแลกได้ตามร้านค้าที่สนับสนุนโครงการได้

ECOLIFE App ลดขยะให้สนุกสะสมแต้มแลกความดีกับวัดสัน (หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, 2562) ได้พัฒนาแอปพลิเคชัน ECOLIFE ในการสะสมคะแนนเมื่อผู้ใช้นำขยะทิ้งในจุดต่าง ๆ ที่รองรับและได้ร่วมมือกับวัดสันที่เป็นร้านขายสินค้าเพื่อสุขภาพและความงามในการมอบคะแนนให้กับผู้ใช้ในกรณีที่ผู้ใช้ซื้อสินค้าแล้วไม่รับถุงพลาสติก โดยมีเป้าหมายเพื่อลดปริมาณขยะที่เป็นสาเหตุหนึ่งของภาวะโลกร้อน ซึ่งสามารถนำคะแนนที่ได้ไปแลกสินค้ากับพาร์ทเนอร์และสามารถนำคะแนนที่ได้ไปลดหย่อนภาษีได้คัดแยกขยะกับ GooGreens แพลตฟอร์มแอปพลิเคชันขยะแลกแต้ม (ผู้จัดการออนไลน์, 2563b) มีเป้าหมายเพื่อให้ประชาชนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการเปลี่ยนแปลงในการคัดแยกขยะ โดยที่ได้ทำความร่วมมือกับกับแสนสิริซึ่งเป็นธุรกิจเกี่ยวกับบ้านจัดสรร และให้บริการกับลูกบ้านที่มีความสนใจเข้าร่วมโครงการคัดแยกขยะและนำมาแลกแต้มสะสม ซึ่งคะแนนสะสมที่ได้จะสามารถนำมาแลกเปลี่ยนเป็นเงินสดหรือเป็นบัตรกำนัล (Gift voucher) ของแพลตฟอร์มต่าง ๆ ที่เข้าร่วม

และวิธีการรับขยะจะมีเจ้าหน้าที่เดลิเวอรี่ เข้าไปรับในหมู่บ้านทุกวันอาทิตย์และจะกดแต้มให้สมาชิก ส่วนสมาชิกก็สามารถดูแต้มได้ในหน้าเว็บไซต์ของแพลตฟอร์ม

เอไอเอสเปิดแคมเปญทิ้ง E-Waste รับ AIS Points (ผู้จัดการออนไลน์, 2563a) จะเป็น โครงการที่เข้ามาสร้างแรงจูงใจให้เกิดการมีส่วนร่วม เพราะนอกจากจะนำขยะอิเล็กทรอนิกส์มาทิ้ง แล้ว ยังได้รับสิทธิพิเศษอย่าง AIS Points เพื่อนำไปใช้ในบริการต่าง ๆ ของ AIS ซึ่งเป็นการสร้าง ประโยชน์ทั้งตัวของ AIS ที่ได้รับ E-Waste ที่มากขึ้น และลูกค้า AIS ที่ได้ Point คืนกลับไปอีกด้วย โดยที่ผู้ใช้นำขยะอิเล็กทรอนิกส์ 5 ประเภท ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต แบตเตอรี่มือถือ สาย ชาร์จ หูฟัง และพาวเวอร์แบงก์ ไปยังเอไอเอสช้อปใกล้บ้าน แจ้งกับพนักงานว่าต้องการนำขยะ อิเล็กทรอนิกส์มาทิ้ง นำขยะหย่อนลงถังและสแกน QR Code เพื่อรับ AIS Points จากแท็บเล็ตของ พนักงาน ซึ่งจะแสดงผลจำนวน AIS Point ที่ได้รับทันทีผ่าน Notification โดยลูกค้าสามารถ ตรวจสอบยอดรวม AIS Point ได้ที่ App My AIS

My Badge ยิ่งทำยิ่งได้สิทธิพิเศษไปกับ Health Living (Ayudhya, 2022) Health Living เป็นโมบายแอปพลิเคชันของ Allianz Ayudhya เพื่อให้สมาชิกได้รับสิทธิพิเศษแบบรายเดือน เมื่อทำตามเงื่อนไขของแต่ละภารกิจที่กำหนดไว้ให้ โดยที่จะให้ภารกิจใหม่ให้ทำในทุก ๆ เดือน เมื่อทำ ภารกิจได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดจะได้ Badge เพื่อนำไปแลกของรางวัลได้ เช่น การวิ่งสะสมระยะกับ โดยสวมใส่อุปกรณ์ที่แอปพลิเคชันรองรับเป็นระยะทาง 30 กิโลเมตร หรือการตอบคำถามผ่านแอปพลิเคชัน 4 ข้อ เป็นต้น ซึ่ง Badge จะเก็บไว้ได้ 6 เดือน

แต้มแบบเต็มแมกซ์เพื่อแลกกับของรางวัลมากมายที่คัดสรรมาเพื่อคุณ (FWD, 2021) FWD เป็นบริษัทประกันชีวิตได้พัฒนาแอปพลิเคชันสะสมคะแนนเพื่อใช้แลกของรางวัล โดยที่ผู้ใช้จะเป็น ลูกค้าหรือไม่ได้เป็นลูกค้าของบริษัทก็ได้ โดยที่แอปพลิเคชันจะมีกิจกรรมต่าง ๆ ให้เลือกทำ เช่น วิ่ง ปั่นจักรยาน การว่ายน้ำ หรือการเดิน เป็นต้น โดยที่จะต้องซิงค์ข้อมูลกับอุปกรณ์ที่รองรับ เช่น Garmin หรือ SUUNTO ก็จะได้แต้มจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ อีกทั้งยังสามารถได้รับคะแนนสะสม จากการ เช็คอินตามสถานที่เที่ยวโดยการถ่ายรูปเช็คอินผ่านแอปพลิเคชันของ FWD จากนั้นแชร์ไปที่ Facebook สามารถรับคะแนนสะสมได้ทุกวัน และสามารถนำคะแนนสะสมที่ได้ไปเป็นรางวัลต่าง ๆ

ซึ่งจากการศึกษาแอปพลิเคชันสะสมคะแนนต่าง ๆ ภายในประเทศสามารถสรุปออกมาเป็น ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สรุปแอปพลิเคชันสะสมคะแนนภายในประเทศ

Application	Method	Impact
Health Point สะสมแต้มพลังชีวิต, 2021	นำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อ สร้างความรู้สึกรู้สึกตื่นเต้นในการบันทึก ข้อมูลตัวเอง	พยายามทำให้ประชาชนออก กำลังกายให้เป็นนิสัย
ECOLIFE App ลด ขยะให้สนุก สะสม แต้มแลกความดีกับ วัดสัน, 2019	ได้คะแนนเมื่อนำขยะที่คัดแยกไว้ในจุด ต่าง ๆ หรือได้จากการไม่รับถุงพลาสติก เมื่อซื้อสินค้ากับวัดสัน	ลดปริมาณขยะ และสามารถนำ คะแนนที่ได้ไปลดหย่อนภาษีได้
คัดแยกขยะกับ GooGreens, 2020	ให้ผู้ใช้คัดแยกขยะเพื่อสะสมคะแนน โดยร่วมมือกับแสนสิริในการขยายกลุ่ม ลูกค้า	สร้างพฤติกรรมคัดแยกขยะ ให้กับประชาชน
E-Waste ทิ้งรับ Points AIS, 2020	นำขยะอิเล็กทรอนิกส์ไปทิ้งที่จุด ให้บริการแล้วรับคะแนนสะสม	เพื่อนำขยะอิเล็กทรอนิกส์ไป กำจัดหรือรีไซเคิลอย่างถูกวิธี และไม่ปล่อยมลพิษไปสู่ ธรรมชาติ
My Badge ยิ่งทำยิ่ง ได้สิทธิพิเศษไปกับ Health Living, 2022	ให้ผู้ใช้ทำภารกิจตามเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อให้ได้ Badge แล้วนำไปใช้ แลกเปลี่ยนเป็นของรางวัล	แก้ไขปัญหาการสะสมคะแนนที่ ต้องใช้เวลาอันนานจึงจะ แลกเปลี่ยนรางวัลได้
FWD Max, 2021	ให้ผู้ใช้เลือกกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีใน ระบบเพื่อสะสมคะแนน	มีกิจกรรมอย่างการเช็คอินใน สถานที่ท่องเที่ยวเพื่อรับคะแนน

ในหลาย ๆ งานวิจัยได้มีการศึกษาและสร้างระบบแลกเปลี่ยนโดยใช้บล็อกเชนที่ให้หลาย ๆ  
องค์กรเข้ามาใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น Liao et al. (2019) ได้สร้างแพลตฟอร์มที่ใช้ในการสร้างและ  
แลกเปลี่ยนเหรียญเป็นสินค้าให้กับทุกองค์กรที่เข้ามาใช้งานในมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้ผู้ใช้ไม่ต้องมีหลาย  
แอปพลิเคชันในการรวบรวมคะแนน ซึ่งในบทความได้ทำการทดลองการทำงานของแพลตฟอร์ม เพื่อ  
ทดสอบประสิทธิภาพและความคงทนของระบบ โดยการสั่งให้ทำงานในจำนวนที่ต่างกัน และการเพิ่ม

จำนวนของโหนด (Node) มากขึ้นจาก 5 โหนด เป็น 10 โหนด พบว่าการทำงานของระบบมีการทำงานช้าลงเล็กน้อย

Pramanik et al. (2020) ได้พัฒนาระบบการใช้การแลกเปลี่ยนเหรียญแบบ Bid - Offer เพื่อให้ผู้ใช้เป็นคนกำหนดคุณค่าของเหรียญเอง จากเดิมที่คุณค่าของคะแนนหรือเหรียญในแอปพลิเคชันของแต่ละองค์กร องค์กรจะเป็นผู้กำหนด และแบ่งการจัดเก็บข้อมูลออกเป็น ส่วนที่เก็บบนบล็อกเชน และส่วนที่เก็บนอกบล็อกเชน เพื่อแก้ปัญหาการขยายตัวของบล็อกเชน แต่จะยังมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถที่จะแลกเปลี่ยนเหรียญให้กลายเป็นสินค้าได้โดยตรง เนื่องจากติดปัญหาการหมดอายุของคะแนนสะสมที่ไม่เท่ากัน

Agrawal et al. (2019) ได้นำเครื่องมือมาช่วยในการพัฒนาระบบ 2 ชนิด ได้แก่ บล็อกเชน Stellar และ Hyperledger Fabric โดยที่ บล็อกเชน Stellar เป็นแพลตฟอร์มการชำระเงินแบบกระจายศูนย์ที่ทำงานได้เร็ว มีค่าใช้จ่ายต่ำ และอนุญาตให้สามารถแลกเปลี่ยนสินทรัพย์ (Assets) ที่แตกต่างกันได้ เช่น การแลกเปลี่ยนระหว่างเงินดอลลาร์ Bitcoin กับคะแนนสะสม โดยที่ผู้ใช้ทำการเปลี่ยนแปลงคะแนนสะสมผ่านบล็อกเชน Stellar และเมื่อทำการเปลี่ยนเสร็จแล้วจะเก็บข้อมูลการทำธุรกรรมลง Hyperledger Fabric ที่มีการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงของแต่ละองค์กรไว้ เพื่อปกป้องข้อมูลที่มีความละเอียดอ่อนของแต่ละองค์กร

Bülbül & İnce (2018) ได้นำบล็อกเชนเข้ามาแก้ไขปัญหาของคะแนนสะสมในรูปแบบของคูปอง เนื่องจากคูปองแบบเก่ามีปัญหาในหลาย ๆ ด้าน เช่น การสูญหายของคูปอง การต้องนับหรือตรวจสอบคูปองจำนวนมาก เป็นต้น โดยการสร้าง Promotion Asset Exchange (PAX) โดยใช้ NEO framework ในการสร้างและจัดการข้อมูลของบล็อกเชนในรูปแบบของ Private blockchain ซึ่งเมื่อลูกค้าซื้อสินค้าจากร้านค้า แล้วจะได้การ์ดที่มี QR code เพื่อลูกค้าทำการสแกนแล้วจะได้คะแนนสะสมเข้าสู่กระเป๋าสะสมคะแนนในโทรศัพท์

Sönmeztürk et al. (2020) ได้ใช้มาตรฐาน ERC20 ใช้การสร้างเหรียญบน Ethereum blockchain เพื่อให้ผู้ใช้แปลงเหรียญที่ได้รับจากระบบคะแนนสะสมไปเป็น Ether (เหรียญของ Ethereum) และทำให้สามารถรวบรวมเหรียญได้จากหลายบริการหรือซื้อสินค้าจากร้านที่ต่างกัน โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องพกบัตรสมาชิกหลายบัตร อีกทั้งยังสามารถแลกเปลี่ยนไปเป็นเหรียญอื่น ๆ ใน Ethereum blockchain ได้

Qiibee (2019) ได้พัฒนา Loyalty token protocol ให้องค์กรต่าง ๆ เข้าร่วมแพลตฟอร์มได้ ให้สามารถเข้าถึงองค์กรอื่น ๆ ที่อยู่ในแพลตฟอร์ม ทำให้ลูกค้ามีช่องทางในการใช้งานคะแนนสะสมมากยิ่งขึ้น และองค์กรไม่ต้องดูแลเรื่องความปลอดภัยของข้อมูลลูกค้า เริ่มจากองค์กรที่จะเข้าร่วมจะต้องซื้อ QBX หรือเหรียญของ Qiibee เพื่อกำหนดมูลค่าของเหรียญที่จะสร้างในระบบ เนื่องจากในการสร้างเหรียญของแต่ละองค์กรขึ้นมานั้นมีการสำรองด้วยเหรียญ QBX ซึ่งมีมูลค่าจริง

ทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะแลกเปลี่ยนเหรียญที่ได้มาจากองค์กรไปเป็นเหรียญขององค์กรอื่น ๆ ในแพลตฟอร์ม รวมถึงสามารถแลกเปลี่ยนไปเป็นเหรียญอื่น ๆ นอกแพลตฟอร์มก็สามารถทำได้เช่นกัน

ตารางที่ 2 สรุปการนำบล็อกเชนไปประยุกต์ใช้ในการแลกเปลี่ยนคะแนน

Authors	Application	Method	Impact
(Liao, Teng, & Yuan, 2019)	แพลตฟอร์มรวมองค์กรสำหรับสร้างและแลกเปลี่ยนสะสม	ใช้ Ethereum เป็น Permissioned blockchain และใช้ MongoDB สำหรับข้อมูลบัญชีและสินค้า	เป็นการพิสูจน์ว่า การเพิ่มขึ้นของโหนด (Node) เข้ามาในระบบไม่ทำให้การทำงานช้าลง ซึ่งจะต่างกับระบบแบบเก่าที่มีคนใช้มากขึ้นจะยิ่งช้าลง
(Pramanik, Rahman, & Li, 2020)	ระบบแลกเปลี่ยนคะแนนสะสม	ใช้ Node.js ในการเขียน Chaincode & API และใช้ Hyperledger Fabric เป็น Permissioned blockchain	การแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็นโนและนอกบล็อกเชน จะช่วยแก้ไขปัญหาคารขยขนาดของบล็อกเชน และให้ผู้ใช้กำหนดมูลค่าของเหรียญเองจากการทำ Bid - Offer
(Agrawal, Amin, Dalvi, & Gala, 2019)	แพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนสะสม	ใช้ Hybrid blockchain (Stellar & Hyperledger Fabric)	ใช้ Stellar ในการแลกเปลี่ยนระหว่างผู้ใช้ ซึ่งจะใช้ค่าใช้จ่ายน้อยกว่า Ethereum
(Bülbul & İnce, 2018)	เปลี่ยนจากคูโปนแบบเก่าเป็น PAX token	ใช้ NEO framework เป็น Private blockchain และ ใช้ Python เขียน Smart contract	แก้ไขปัญหา Coupon มีหลายชนิดและการหมดอายุของ Coupon โดยการใช้การสแกน QR Code จากการ์ดที่ได้ เพื่อเพิ่มคะแนนเข้ากระเป๋า

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

Authors	Application	Method	Impact
(Sönmeztürk, Ayav, & Erten, 2020)	เปลี่ยนคะแนนสะสมไปเป็น Ethereum token	ใช้ ERC20 ของ Ethereum blockchain ในการสร้างเหรียญ	เพื่อความสะดวกให้กับผู้ใช้ สามารถนำ Ethereum token ที่มีไปใช้จ่ายในองค์กรอื่น ๆ รวมถึงเปลี่ยนเหรียญไปเป็นเหรียญอื่นได้
(Qiibee, 2019)	สร้างโครงข่ายของแอปที่มีคะแนนสะสม	ให้บริการ Qiibee SDK สำหรับการแปลง Loyalty points ที่อยู่ในระบบของตนเอง (Off-chain) ไปเป็น QBX	เพื่อช่องทางในการใช้คะแนนสะสมและลดค่าใช้จ่ายในการพัฒนาการมี SDK ทำให้องค์กรต่าง ๆ ที่เข้ามาใช้งานพัฒนาแอป ๆ ของตัวเองได้ง่ายขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า มีหลายงานวิจัยที่ได้พัฒนาระบบการแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมโดยใช้บล็อกเชน และมีงานวิจัยที่มีวิธีการหรือแนวคิดใกล้เคียงกับการวิจัยนี้มากที่สุด จะเป็นระบบแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมของ Pramanik et al. (2020) ซึ่งมีแนวคิดในการเก็บข้อมูลทั้งในบล็อกเชนและนอกบล็อกเชน รวมทั้งมีแนวคิดในการให้ผู้ใช้กำหนดมูลค่าของคะแนนที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนเองได้ผ่านการตั้งราคาซื้อและตั้งราคาขาย (Bid/ Offer) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่นำเสนอthisจะมีรายละเอียดโดยพิจารณาถึงสถานการณ์การใช้งานจริงและการพัฒนาที่มีมุมมองในการสร้างผลประโยชน์ทั้งในด้านขององค์กรที่เข้ามาร่วมใช้งาน และการเพิ่มช่องทางการใช้งานคะแนนสะสมของผู้ใช้ รวมทั้งมีต้นทุนการแลกเปลี่ยนเหรียญ (Exchange cost) ซึ่งในทุกการแลกเปลี่ยน จะมีการลดจำนวนเหรียญภายในระบบลง เพื่อให้องค์กรลดปริมาณการสำรองค่าใช้จ่ายสำหรับคะแนนสะสมของตนเอง รวมถึงมีการเติมเหรียญและถอนเหรียญระหว่างแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นและแอปพลิเคชันของแต่ละองค์กร เพื่อให้แน่ใจว่าเหรียญที่แลกเปลี่ยนอยู่ในแพลตฟอร์มสามารถถอนออกไปใช้งานได้ ไม่ถูกนำไปแลกเปลี่ยนเป็นสิ่งของจากหลังจากการสร้างคำสั่งขาย (Offer) นอกจากนี้

งานวิจัยนี้จะเป็นแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมแรกที่มีเป้าหมายที่ให้องค์กรที่มาเข้าร่วมกับองค์กรที่สร้างคะแนนเพื่อสังคม ซึ่งคะแนนที่ได้จะมีคุณลักษณะที่แตกต่างเนื่องจากไม่ได้มาจากการใช้จ่าย การซื้อสินค้าและบริการ ทำให้ประเมินมูลค่าของคะแนนสะสมได้ยากและไม่มีมาตรฐาน รวมทั้งยังมุ่งเน้นในการแลกเปลี่ยนคะแนนสุขภาพและคะแนนจากการทำกิจกรรมเพื่อสังคมระหว่างองค์กรเพื่อสังคม เช่น มูลนิธิ และวิสาหกิจเพื่อสังคม ซึ่งเป็นกิจกรรมสร้างคะแนนสะสมขององค์กรในระยะยาว ที่มีความยั่งยืน แตกต่างไปจากโครงการที่มีการกำหนดการทำกิจกรรมในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ



## บทที่ 3

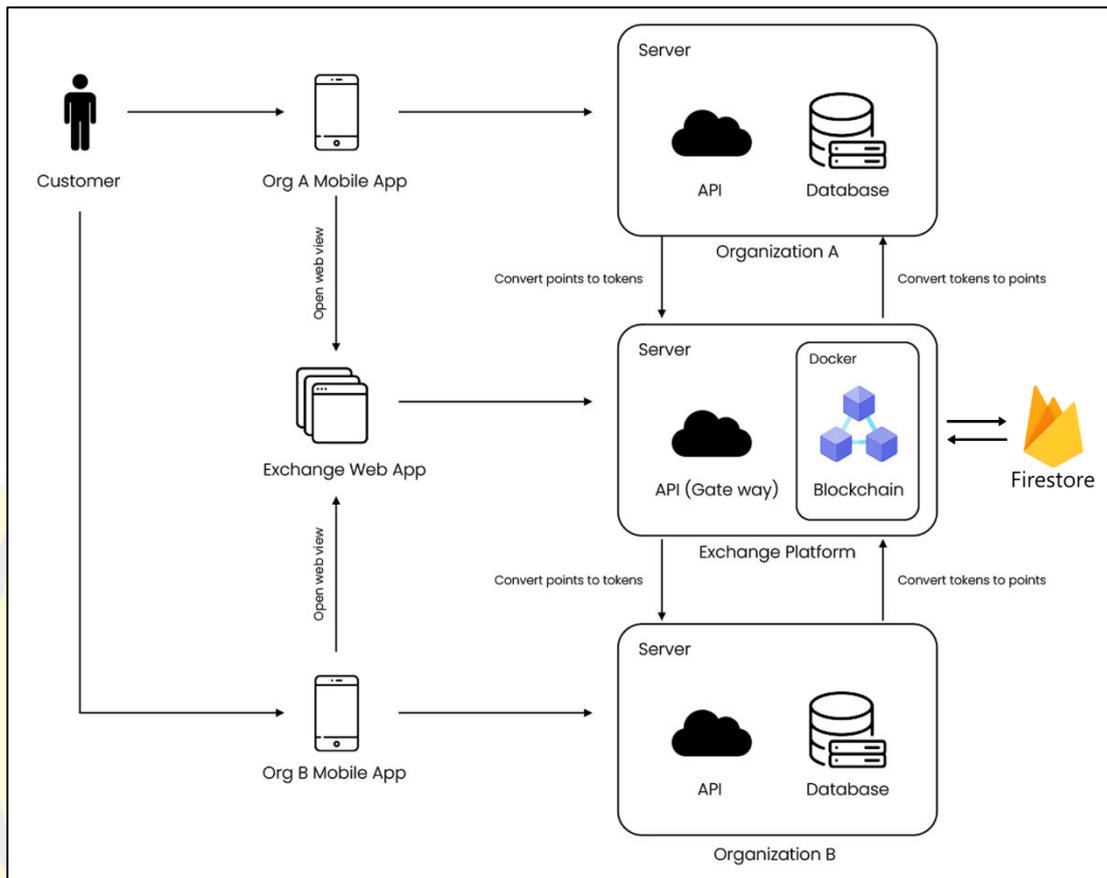
### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### การออกแบบระบบ

การออกแบบในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบภาพรวมการทำงานของแพลตฟอร์มหรือที่เรียกว่า สถาปัตยกรรมแพลตฟอร์ม ซึ่งเป็นการออกแบบในขั้นตอนแรกก่อนเริ่มพัฒนาระบบหรือแพลตฟอร์ม เพื่อแสดงให้เห็นถึงทั้งโครงสร้างระบบ เครื่องมือที่ต้องใช้งาน และขั้นตอนการทำงานระหว่างผู้ใช้และแพลตฟอร์มการแลกเปลี่ยน แพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคมระหว่างองค์กรที่พัฒนาขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

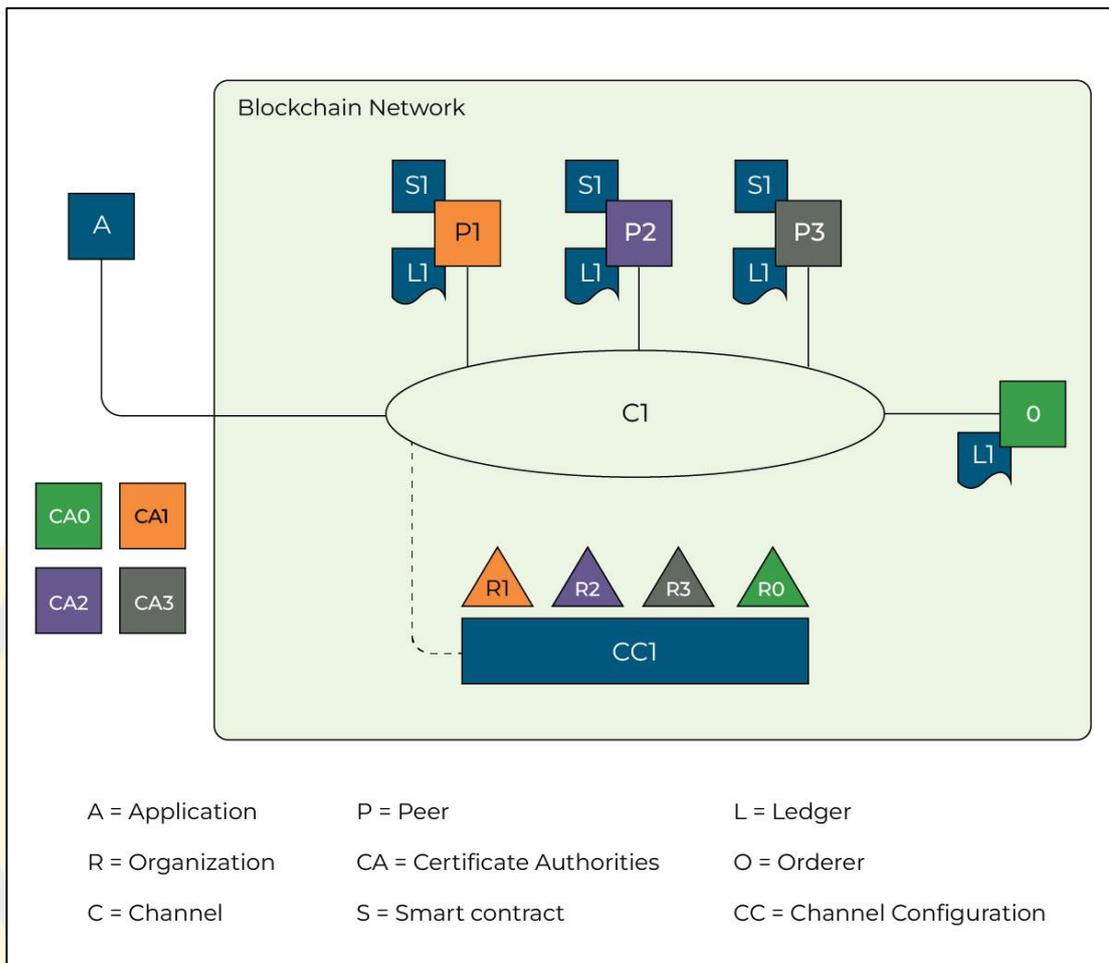
1. เป็นแพลตฟอร์มกลางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนเหรียญ (Token) ระหว่างองค์กร และใช้ในการแปลงระหว่างคะแนนสะสมของแอปพลิเคชันขององค์กรและเหรียญของแพลตฟอร์ม
2. แพลตฟอร์มจะมีบัญชีผู้ใช้ของแอปพลิเคชันที่เข้าร่วมใช้งาน เพื่อเก็บข้อมูลเหรียญที่ถูกแปลงจากคะแนนสะสมของแอปพลิเคชันเข้าสู่แพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน และเพื่อใช้ในการสำรองคะแนนในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการแปลงเหรียญออกจากแพลตฟอร์มกลับไปเป็นคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน

จากรายละเอียดของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนขั้นตอนทำให้สามารถออกแบบสถาปัตยกรรมแพลตฟอร์ม ดังแสดงในภาพที่ 7 สถาปัตยกรรมของแพลตฟอร์มจะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์และใช้งานผ่านผู้ใช้ และส่วนของการทำงานเบื้องหลังของแพลตฟอร์มหรือเซิร์ฟเวอร์ โดยเริ่มต้นจากที่ผู้ใช้ต้องมีการติดตั้งและใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับเก็บคะแนนสะสมที่ต้องการจะแลกเปลี่ยนกัน อาทิเช่น แอปพลิเคชัน A และแอปพลิเคชัน B ก่อนเข้าใช้งาน เนื่องจากเมื่อเริ่มเข้าใช้งาน ผู้ใช้จะต้องทำการแปลงคะแนนสะสมของแอปพลิเคชันไปเป็นเหรียญของแพลตฟอร์มหรือเมื่อทำการแลกเปลี่ยนแล้ว ผู้ใช้จะต้องทำการแปลงเหรียญของแพลตฟอร์มไปเป็นคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าผู้ใช้ต้องการแลกเปลี่ยนจากคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน A ไปเป็นแอปพลิเคชัน B ผู้ใช้จะต้องเริ่มใช้งานจากแอปพลิเคชัน A เพื่อแปลงคะแนนสะสมของแอปพลิเคชันไปเป็นเหรียญของแพลตฟอร์ม เมื่อผู้ใช้แปลงเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้จะสามารถแลกเปลี่ยนเหรียญเป็นผู้ใช้คนอื่น ๆ ได้ และเมื่อผู้ใช้ทำการแลกเปลี่ยนเป็นเหรียญของแอปพลิเคชัน B แล้ว ผู้ใช้จะต้องเข้าใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน B เพื่อทำการแปลงจากเหรียญของแพลตฟอร์มไปเป็นคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน B จากนั้น ผู้ใช้จึงจะสามารถแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมที่ได้ไปเป็นสินค้าคือบริการของแอปพลิเคชัน B จะเห็นได้ว่าผู้ใช้จะใช้งานแพลตฟอร์มผ่านแอปพลิเคชันแต่ละอันแยกกันโดยอิสระ ทั้งส่วนการแปลงคะแนนเข้าหรือถอนคะแนนออกจากแพลตฟอร์ม



ภาพที่ 7 สถาปัตยกรรมของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคมระหว่างองค์กร

ส่วนของการทำงานเบื้องหลัง เมื่อผู้ใช้ทำการแปลงคะแนนสะสมของแอปพลิเคชันเข้าสู่แพลตฟอร์มแล้ว เซิร์ฟเวอร์ของแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party จะทำการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ของแพลตฟอร์มเพื่อทำงานร่วมกันหรือการทำงานแบบ Server to server เพื่อลดความซับซ้อนในการพัฒนาของทั้งผู้พัฒนาแอปพลิเคชัน และผู้พัฒนาของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนน โดยที่เซิร์ฟเวอร์ทั้งสองจะเชื่อมต่อกันเพื่อแก้ไขข้อมูลปริมาณคะแนนสะสมของผู้ใช้บนเซิร์ฟเวอร์ของแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party และแก้ไขจำนวนเหรียญของผู้ใช้บนแพลตฟอร์ม ในส่วนของเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้งานของแพลตฟอร์ม จะใช้คลาวด์ของ Amazon ในการสร้างเครื่องจำลอง (Virtual machine) และใช้ในการทำงานของ Docker ในการสร้างเป็นโครงข่ายบล็อกเชน (นั่นคือ แต่ละองค์กรจะใช้ Docker container 1 อัน แยกเป็นอิสระต่อกัน) สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ โดยมีโครงข่ายบล็อกเชนแสดงดังภาพที่ 8



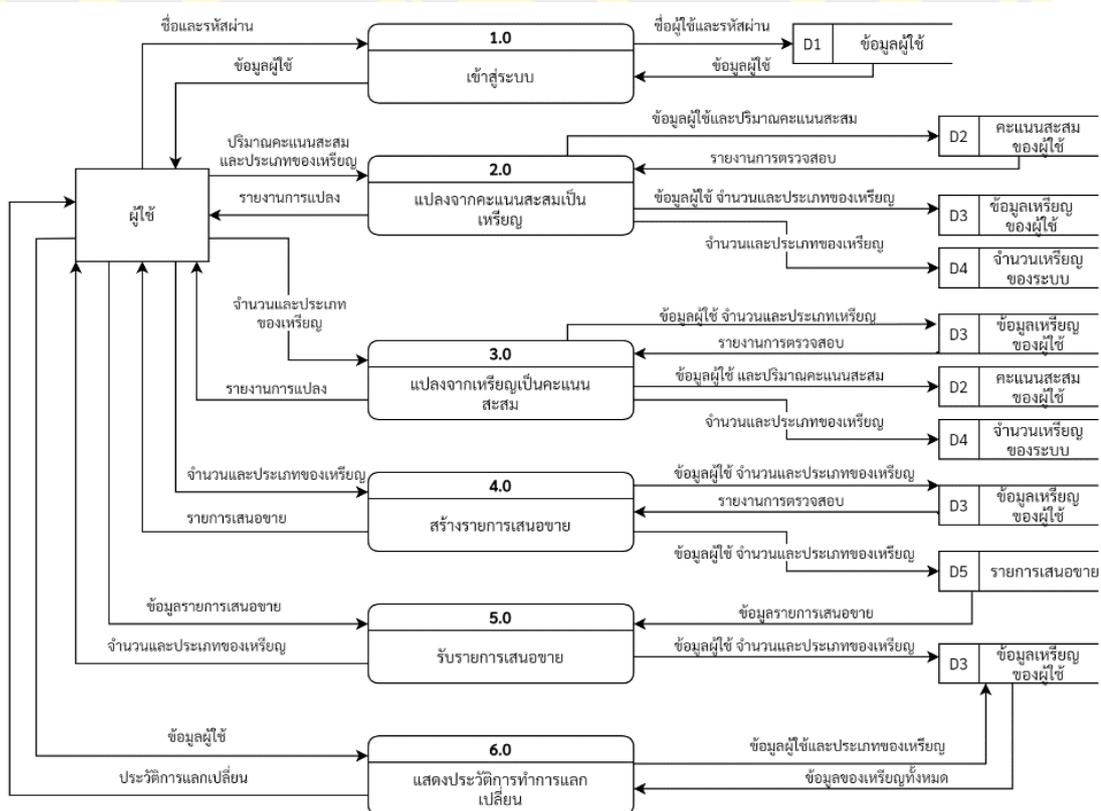
ภาพที่ 8 โครงข่ายบล็อกเชนสำหรับแพลตฟอร์มการแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคม

ดังภาพที่ 8 โครงข่ายบล็อกเชนจะทำการกำหนดองค์กร (Organization) ที่เข้าร่วมทั้งหมด 3 องค์กร โดยที่แต่ละองค์กรจะมี Peer ได้แก่ P1 P2 และ P3 ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของแต่ละสมุดบัญชี (Ledger) ที่ระบุผู้ใช้ในบล็อกเชนมีจำนวนเหรียญ (Token) อยู่เท่าใด พร้อมทั้งเก็บประวัติการแลกเปลี่ยนทั้งหมดของแต่ละเหรียญ ซึ่งจะช่วยให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับข้อมูลการแลกเปลี่ยนของแต่ละผู้ใช้ได้ และ Peer แต่ละอันต้องทำการติดตั้งสัญญาอัจฉริยะ (Smart contract) เพื่อใช้ในการทำงานของแต่ละเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เช่น การแปลงจากคะแนนสะสมมาเป็นเหรียญ หรือการสร้างการแลกเปลี่ยนเหรียญ (Transaction) ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งเมื่อสั่งให้ Smart contract ทำงานเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเหรียญ คำสั่งนั้นจะต้องได้รับการรับรองจาก Peer ที่กำหนดไว้ใน Endorsement policy ก่อน จึงจะสามารถแลกเปลี่ยนเหรียญเหล่านั้นได้สำเร็จ การกำหนดนโยบาย (Policy) ในการยืนยันการทำงานจะมีทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ All (ต้องได้รับ

การรับรองจากทุก Peer ในเครือข่ายก่อนจึงจะสามารถทำงานได้) Majority (ต้องได้รับการรับรองจาก Peer ส่วนใหญ่ในเครือข่าย) และ Any (ต้องได้รับการรับรองจาก Peer ใด Peer หนึ่งในเครือข่าย) ซึ่งในตัวอย่างนี้ จะกำหนดให้การสร้างการแลกเปลี่ยนเหรียญและการบันทึกข้อมูลธุรกรรมลงบล็อกเชน จะต้องได้รับการรับรองจาก Peers ส่วนมากในเครือข่าย (Majority peers) นั่นคือ ทุกการสร้างการแลกเปลี่ยนเหรียญ (หรือการทำธุรกรรม) จะต้องได้รับการรับรองจาก Peers 2 ใน 3 จากจำนวน Peers ทั้งหมดก่อน จึงจะสามารถสร้างการแลกเปลี่ยนเหรียญกันได้

### การออกแบบขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานของแพลตฟอร์มจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนการเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันภายนอก และส่วนการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้ จะแสดงในรูปแบบของแผนภาพการไหลของข้อมูล (Dataflow diagram) ซึ่งจะช่วยให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานและช่วยในการออกแบบฐานข้อมูล



ภาพที่ 9 แผนภาพการไหลของข้อมูล

จากภาพที่ 9 แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับที่ 1 ที่จะแสดงให้เห็นถึงฟังก์ชันการทำงานหลักของแพลตฟอร์ม มีรายละเอียดดังนี้

1. ผู้ใช้จะต้องลงชื่อเข้าใช้งานระบบ โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลผู้ใช้ (User details) ซึ่งเป็นข้อมูลผู้ใช้งานของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน
2. การแปลงคะแนนสะสมเป็นเหรียญ เป็นการทำงานเพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำคะแนนสะสมที่มีอยู่ในแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party เข้ามาแลกเปลี่ยนในแพลตฟอร์ม ซึ่งแพลตฟอร์มจะเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party สำหรับการตรวจสอบว่าผู้ใช้มีคะแนนสะสมอยู่จริงหรือไม่ และแก้ไขข้อมูลปริมาณคะแนนสะสมของแอปพลิเคชันภายนอก เมื่อตรวจสอบแล้วว่าผู้ใช้มีคะแนนสะสมอยู่จริง จะลดปริมาณคะแนนสะสมของผู้ใช้ จากนั้นสร้างเหรียญในประเภทเดียวกันให้กับผู้ใช้และเพิ่มจำนวนเหรียญทั้งหมดในระบบ
3. การแปลงจากเหรียญเป็นคะแนนสะสม ส่วนนี้เป็นการทำงานของผู้ใช้เพื่อนำเหรียญที่ได้จากการแลกเปลี่ยนกับผู้ใช้อื่น กลับไปเป็นคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party เพื่อนำไปแลกเปลี่ยนเป็นสินค้าของแอปพลิเคชันนั้น ๆ เมื่อต้องการแปลง แพลตฟอร์มจะตรวจสอบจำนวนเหรียญที่ผู้ใช้มี ถ้าจำนวนเหรียญของผู้ใช้มีเพียงพอจะทำการลดจำนวนเหรียญของผู้ใช้และลดจำนวนเหรียญทั้งหมดในแพลตฟอร์ม จากนั้นเชื่อมต่อไปยังแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party เพื่อเพิ่มปริมาณคะแนนสะสมให้กับผู้ใช้
4. การสร้างรายการเสนอขาย (Offer) ขั้นตอนนี้เป็นการทำงานสร้างข้อมูลเพื่อเสนอการแลกเปลี่ยนเหรียญกับผู้ใช้อื่น ๆ โดยที่จะต้องกำหนดประเภทและจำนวนของเหรียญที่ต้องการซื้อจากผู้ใช้อื่น และกำหนดประเภทและจำนวนของเหรียญที่ต้องการขายของตนเอง ยกตัวอย่างเช่น ต้องการซื้อเหรียญ “token2” จำนวน 300 เหรียญ โดยการแลกเปลี่ยนกับเหรียญ “token1” จำนวน 400 เหรียญ เป็นต้น เมื่อผู้ใช้งานกำหนดข้อมูลแล้วแพลตฟอร์มจะตรวจสอบจำนวนเหรียญของผู้ใช้ว่าเพียงพอหรือไม่ ถ้าเพียงพอจะทำการสร้างรายการเสนอขายเข้าสู่แพลตฟอร์ม
5. การรับรายการเสนอขาย (Bid) เป็นการซื้อเหรียญที่ผู้ใช้อื่นสร้างรายการเสนอขายไว้ เมื่อรับรายการเสนอขายแล้ว แพลตฟอร์มจะตรวจสอบจำนวนเหรียญของผู้ใช้ว่าเพียงพอหรือไม่ ถ้าเพียงพอจะทำการแก้ไขจำนวนเหรียญของผู้ใช้ทั้งสองผู้ใช้ แต่จำนวนเหรียญที่แต่ละผู้ใช้จะได้จะไม่ใช้จำนวนที่แสดงในรายการเสนอขาย เนื่องจากแพลตฟอร์มจะหักจำนวนเหรียญบางส่วนเป็นต้นทุนการแลกเปลี่ยน (Exchange cost) ในการวิจัยนี้ได้กำหนดต้นทุนการแลกเปลี่ยนไว้ที่ 10% ของจำนวนเหรียญ กล่าวคือ ถ้าผู้ใช้ซื้อเหรียญ “token1” จากผู้ใช้อื่นจำนวน 400 เหรียญ ผู้ใช้จะได้เหรียญ “token1” จำนวน 360 เหรียญ หลังจากหักต้นทุนการแลกเปลี่ยนแล้ว และเมื่อแก้ไขจำนวนของผู้ใช้เสร็จสิ้น แพลตฟอร์มจะลบรายการนำเสนอขายนั้น และลดจำนวนเหรียญในแพลตฟอร์มตามต้นทุนการแลกเปลี่ยน

6. การแสดงประวัติการแลกเปลี่ยนที่ผู้ใช้งานสร้างรายการนำเสนอขายไว้แล้วขายสำเร็จ การซื้อเหรียญจากการเสนอขายของผู้ใช้อื่น รวมทั้งข้อมูลการแปลงระหว่างคะแนนสะสมกับเหรียญ จะใช้ข้อมูลจากข้อมูลเหรียญของผู้ใช้เพียงอย่างเดียว เนื่องจากข้อมูลส่วนนี้ถูกเก็บบนบล็อกเชน ซึ่งจากการออกแบบฐานข้อมูลทำให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับรายการแลกเปลี่ยนได้ ประกอบด้วย ประเภทเหรียญ จำนวนเหรียญ ข้อมูลผู้ใช้ที่แลกเปลี่ยน เวลาที่แลกเปลี่ยน ต้นทุนการแลกเปลี่ยน และวันหมดอายุของเหรียญ

### การออกแบบฐานข้อมูล

จากขั้นตอนการทำงานที่แสดงในแผนภาพ ฐานข้อมูลของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนนี้จะแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลที่จัดเก็บในบล็อกเชน และข้อมูลที่จัดเก็บนอกบล็อกเชน เพื่อป้องกันปัญหาขนาดของบล็อกเชนที่ใหญ่ขึ้น และเพื่อลดความซับซ้อนของข้อมูล

#### ข้อมูลที่จัดเก็บในบล็อกเชน

ข้อมูลที่จัดเก็บในบล็อกเชนจะเป็นข้อมูลธุรกรรมที่คำนึงถึงความปลอดภัยและความโปร่งใสในการทวนสอบข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในบล็อก (Blocks) ในบล็อกเชน โดยข้อมูลดังกล่าวจะไม่สามารถถูกแก้ไขหรือปลอมแปลงได้ (Immutable) ก่อนการบันทึกลงในบล็อก ข้อมูลจะผ่านการประขามติ หรือลงความเห็นร่วม (Consensus) จากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียระหว่างองค์กร ในรูปแบบ Consortium blockchain ตามนโยบายของแพลตฟอร์มที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดที่เก็บในบล็อกเชนจะเป็นข้อมูลที่องค์กรต่าง ๆ สามารถที่จะเผยแพร่ได้เท่านั้น เนื่องจากในหลาย ๆ ข้อมูลอาจจะเป็นข้อมูลที่เป็นความลับของแต่ละองค์กรจะทำการเก็บบนระบบของแต่ละองค์กรดั้งเดิม ข้อมูลธุรกรรมในบล็อกเชน ประกอบด้วย

1. ข้อมูลผู้ใช้ (User) จะใช้เครื่องมือที่ชื่อว่า Certificate Authority (CA) ในการสร้าง ลบ หรือแก้ไขข้อมูลของผู้ใช้บนบล็อกเชน Certificate authority เป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับ Hyperledger Fabric ที่เป็นระบบบันทึกข้อมูลธุรกรรมแบบกระจายศูนย์บนบล็อกเชน (Hyperledger, 2023) Certificate authority เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการจัดการข้อมูลและกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงของผู้ใช้ภายในระบบ ซึ่งจะมีการเข้ารหัสในมาตรฐาน X.509 certificate ซึ่งข้อมูลที่รองรับของมาตรฐานนี้มีทั้งหมด 6 ตัว อย่างไรก็ตาม ในโครงการนี้จะใช้แค่ข้อมูลของผู้ใช้ที่มาตรฐานนี้รองรับจะประกอบไปด้วย

- CN (Common Name) ชื่อของผู้ใช้
- OU (Organizational Unit) หน่วยงานของผู้ใช้
- O (Organization) ชื่อองค์กรของผู้ใช้

- L (City or Locality) เมือง
- S หรือ ST (State or Province) จังหวัด
- C (Two-Letter Country Code) รหัสสองตัวของประเทศ

2. ข้อมูลการโอนเหรียญจะใช้มาตรฐาน ERC-20 ซึ่งโปรโตคอลมาตรฐานสำหรับการสร้างเหรียญบนบล็อกเชน Ethereum โดย ERC ย่อมาจาก “Ethereum Request for Comments” แต่ได้ถูกนำมาปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะกับการใช้งานในแพลตฟอร์มของงานวิจัยนี้ เนื่องจากในตอนต้นข้อมูลการโอนเหรียญที่ใช้มาตรฐานนี้ในตัวต้นแบบนั้นจะสามารถเก็บค่าประเภทของเหรียญได้เพียงหนึ่งประเภทเท่านั้น แต่ในงานวิจัยนี้ต้องการรูปแบบการเก็บข้อมูลที่รองรับการบันทึกและการแลกเปลี่ยนระหว่างหลายเหรียญได้ อีกทั้งการเก็บข้อมูลในรูปแบบเดิมนั้นยังไม่รองรับการบันทึกวันหมดอายุของแต่ละเหรียญ โดยที่ข้อมูลที่จัดเก็บจะสามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นสองประเภท คือ

- World state เป็นข้อมูลปัจจุบันที่จะแสดงว่ามีเหรียญอยู่ทั้งหมดเท่าไรจากข้อมูลการโอนเหรียญล่าสุด

- Blockchain เป็นข้อมูลการโอนเหรียญทั้งหมดตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ที่จะสามารถใช้ข้อมูลนี้ในการตรวจสอบย้อนกลับได้

ซึ่งการแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 ประเภทแบบนี้ จะช่วยให้สามารถอ่านค่าได้อย่างรวดเร็วในกรณีที่ต้องการข้อมูล ณ ปัจจุบัน เนื่องจากไม่จำเป็นต้องอ่านค่าข้อมูลทั้งหมด และอย่างที่ได้อธิบายไปข้างต้น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการแก้ไขวิธีการเก็บข้อมูลของเหรียญจากเดิมที่เป็นตัวเลขอย่างเดียว ที่มีข้อจำกัดในการทำงาน เป็นการเก็บรายการของเหรียญของผู้ใช้ในรูปแบบของเช็ค (Cheque) ได้แนวคิดมาจากการทำงานของบิตคอยน์ซึ่งจะเก็บข้อมูลของเหรียญของผู้ใช้แต่ละคนในรูปแบบรายการของเหรียญที่ได้รับจากการทำธุรกรรม (Nakamoto, 2008) ซึ่งวิธีนี้จะช่วยให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ว่าจะรับมาจากการแลกเปลี่ยนกับผู้ใช้คนใด จนไปถึงการระบุแหล่งที่มาของเหรียญว่าถูกสร้างโดยใครหรือจากองค์กรใด เนื่องจากในทุก ๆ การแลกเปลี่ยนเป็นจะเปรียบเสมือนการเปลี่ยนเจ้าของของเช็คทุกการแลกเปลี่ยน และในแพลตฟอร์มนี้ได้เพิ่มวันหมดอายุของเหรียญลงในเช็ค เนื่องจากในหลาย ๆ 3<sup>rd</sup> Party platform ที่มีการให้ผู้ใช้เก็บคะแนนสะสม คะแนนสะสมส่วนมากนั้นจะมีวันหมดอายุด้วย การไม่มีวันหมดอายุของแต่ละเหรียญในแพลตฟอร์มอาจจะทำให้เกิดปัญหาไม่สามารถแปลงเหรียญกลับไปเป็นคะแนนสะสมได้ เนื่องจากคะแนนสะสมที่แปลงมาเป็นเหรียญตั้งเริ่มต้นนั้นหมดอายุไปแล้ว จะประกอบไปด้วย

- balance จำนวนเหรียญคงเหลือหลังจากการแลกเปลี่ยนเสร็จสิ้น
- timestamp เวลาที่ทำการสร้างการแลกเปลี่ยนเหรียญ หรือการทำธุรกรรม
- tx\_account บัญชีของผู้ที่ทำการแลกเปลี่ยนเหรียญด้วย
- tx\_amount จำนวนเหรียญที่ทำการแลกเปลี่ยน

- tx\_exchange\_cost จำนวนเหรียญที่ถูกหักจากการแลกเปลี่ยน
- tx\_id รหัสการแลกเปลี่ยน หรือรหัสธุรกรรม
- cheques รายการของเหรียญแยกตามวันหมดอายุ ประกอบไปด้วย
  - from\_tx\_id แหล่งที่มาของเหรียญ
  - from\_index ลำดับของรายการเหรียญจากแหล่งที่มา
  - amount จำนวนเหรียญ
  - expiry\_date วันหมดอายุของเหรียญ
  - timestamp เวลาที่รายการของเหรียญนี้ถูกสร้าง

### ข้อมูลที่จัดเก็บนอกบล็อกเชน

ข้อมูลที่จัดเก็บนอกบล็อกเชนในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้เก็บข้อมูลธุรกรรมบางส่วนไว้นอกบล็อกเชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อความง่ายและความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล รวมทั้งเพื่อลดทรัพยากร (เวลาและค่าใช้จ่าย) ในการประมวลผลของโครงข่ายบล็อกเชน ข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย

1. รายการคำสั่งซื้อและคำสั่งขาย (Bid/ Offer) ซึ่งจะจัดเก็บไว้ที่ Firestore บนคลาวด์ของ Google เพื่อลดความซับซ้อนและลดขนาดข้อมูลที่จัดเก็บลงบล็อกเชน ประกอบด้วย
  - account\_id ข้อมูลบัญชีของผู้สร้างคำสั่งซื้อ
  - created วันและเวลาที่สร้างคำสั่งซื้อ
  - from\_token ประเภทเหรียญที่ต้องการขาย
  - from\_value จำนวนเหรียญที่ต้องการขาย
  - org ชื่อองค์กรของผู้สร้างคำสั่งซื้อ
  - to\_token ประเภทเหรียญที่ต้องการซื้อ
  - to\_value จำนวนเหรียญที่ต้องการซื้อ
2. ข้อมูลผู้ใช้สำหรับเชื่อมระหว่างอีเมลและผู้ใช้บนบล็อกเชนไว้ที่ Firestore บนคลาวด์ของ Google ประกอบด้วย
  - email อีเมลของผู้ใช้
  - password รหัสผ่าน
  - X.509 Certificate ข้อมูลผู้ใช้ที่ได้จากบล็อกเชน
  - timestamp เวลาที่สร้างข้อมูล
3. ข้อมูลการใช้คะแนนสะสมเพื่อสังคมเพื่อแลกเปลี่ยนเป็นสินค้าหรือบริการ (Point redeem) จะถูกจัดเก็บไว้ในเครื่องเซิร์ฟเวอร์ของแต่ละองค์กรที่เข้าร่วมใช้งาน ในงานวิจัยนี้

แพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นจะใช้เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนเหรียญที่แปลงมาจากคะแนนเพื่อสังคม (Social points) ระหว่างองค์กรเท่านั้น

## การพัฒนาระบบ

เป็นการพัฒนาแพลตฟอร์มต้นแบบตามการออกแบบในขั้นตอนก่อนหน้า ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้เขียนสัญญาอัจฉริยะ (Smart contract) โดยการใช้การเขียนโค้ดภาษา Javascript มีรายละเอียดตามขั้นตอนการทำงานที่ออกแบบไว้ และให้สัญญาอัจฉริยะทำงานบนบล็อกเชน ไฮเปอร์เล็ดเจอร์แพบริค ที่มีการกำหนดค่าตามภาพที่ 8 ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Ubuntu 20.04 ในส่วนที่ใช้งานโดยผู้ใช้ (Frontend) ใช้การพัฒนาโมบายเว็บแอปพลิเคชันและแสดงผลผ่านเบราว์เซอร์ (Browser) โดยเครื่องมือที่มีชื่อว่า Next.js และพัฒนาส่วนหลังบ้าน (Backend) หรือ API โดยการใช้การเขียนโค้ดภาษา Typescript เพื่อเชื่อมต่อระหว่างโมบายเว็บแอปพลิเคชันและเซิร์ฟเวอร์ของแพลตฟอร์ม และระหว่างเซิร์ฟเวอร์ของแพลตฟอร์มและเซิร์ฟเวอร์ขององค์กรที่มาเข้าร่วม เพื่อตรวจสอบและแก้ไขปริมาณคะแนนสะสมของผู้ใช้

## เครื่องมือที่ใช้วัดประสิทธิภาพ

การทดสอบจะใช้เครื่องมือที่ชื่อว่า Hyperledger caliper ในการวัดประสิทธิภาพ ซึ่ง Hyperledger caliper เป็นเครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพการทำงานของบล็อกเชน ซึ่งสามารถให้ผู้ใช้กำหนดรูปแบบการทดสอบให้เหมาะกับการใช้งานได้ (Hyperledger, 2018) ซึ่งในการใช้งานจะต้องกำหนดค่าในการทดสอบทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่

1. การกำหนดค่าเพื่อเข้าถึงโครงข่ายบล็อกเชน (Network config) ในส่วนนี้จะเป็นการกำหนดว่าจะเข้าถึงในช่องชื่ออะไร (Channel name) ทดสอบเซนค็อดไต (Contracts id) เข้าใช้งานในนามขององค์กรไหน (Organizations) และใช้ผู้ใช้คนใดในการทดสอบ ดังแสดงใน

```

1  name: Calier test
2  version: "2.0.0"
3
4  caliper:
5  | blockchain: fabric
6
7  channels:
8  | - channelName: mychannel
9  |   contracts:
10 |     - id: token_erc20
11
12 organizations:
13 | - mspid: Org1MSP
14 |   identities:
15 |     certificates:
16 |       - name: 'User1'
17 >     clientPrivateKey: ...
19 >     clientSignedCert: ...
21 >     connectionProfile: ...

```

ภาพที่ 10 การกำหนดค่าเพื่อเข้าถึงโครงข่ายบล็อก

2. การกำหนดค่าการวัดผล (Benchmark config) ซึ่งจะเป็นการกำหนดค่าการทำงานของเครื่องมือวัด หลัก ๆ จะประกอบด้วย จำนวนตัวเรียกฟังก์ชัน (Workers) ระยะเวลาในการทดสอบ (Tx duration) กำหนดอัตราการเรียกฟังก์ชัน (Rate control) และฟังก์ชันที่ต้องการทดสอบ (Workload)

```

1  test:
2  | name: basic-contract-benchmark
3  | description: test benchmark
4  | workers:
5  |   number: 1
6  | rounds:
7  |   - label: readHistory
8  |     description: Read asset benchmark
9  |     txDuration: 30
10 |     rateControl:
11 |       type: fixed-load
12 |       opts:
13 |         transactionLoad: 2
14 |     workload:
15 |       module: workload/readHistory.js
16 |       arguments:
17 |         assets: 1
18 |         contractId: token_erc20

```

ภาพที่ 11 การกำหนดค่าการวัดผล

3. กำหนดฟังก์ชันที่ต้องการทดสอบ (Workload) ในกำหนดการทำงานแต่ละขั้นตอนของเครื่องมือทดสอบ โดยที่ จะการทำงานของเครื่องมือจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน

1) การสร้างข้อมูลก่อนการทดสอบ (Initialize workload) เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้น เช่น การสร้างเหรียญให้กับผู้ใช้ เพื่อใช้ในการทดสอบการอ่านค่าจำนวนเหรียญของผู้ใช้แต่ละคน เป็นต้น

2) การเรียกฟังก์ชันที่ต้องการทดสอบ (Submit transaction) เป็นการกำหนดว่าจะให้เครื่องมือเรียกฟังก์ชันใด เพื่อทำการวัดประสิทธิภาพของการทำงาน เช่น ความสามารถในการอ่านค่าจำนวนเหรียญของผู้ใช้ ประสิทธิภาพการตรวจสอบย้อนหลังประวัติการใช้งานเหรียญ เป็นต้น

3) การล้างข้อมูลหลังการทดสอบ (Cleanup workload) เมื่อการทดสอบเสร็จสิ้นแล้ว อาจจะสร้างข้อมูลที่ไม่ต้องการเข้ามาในบล็อกเชน ในขั้นตอนนี้จะสามารถกำหนดได้ว่าต้องการลบค่าของการทดสอบใดบ้าง

```

1  'use strict';
2
3  const { WorkloadModuleBase } = require('@hyperledger/caliper-core');
4
5  class MyWorkload extends WorkloadModuleBase {
6    constructor() {
7      super();
8    }
9
10 > async initializeWorkloadModule(workerIndex, totalWorkers, roundIndex, roundArguments, sutAdapter, sutContext) {...
31 }
32
33 > async submitTransaction() {...
44 }
45
46 > async cleanupWorkloadModule() {...
60 }
61 }
62
63 function createWorkloadModule() {
64   return new MyWorkload();
65 }
66
67 module.exports.createWorkloadModule = createWorkloadModule;

```

ภาพที่ 12 การกำหนดฟังก์ชันที่ต้องการทดสอบ

เมื่อการทดสอบเสร็จสิ้นผลลัพธ์จะได้ออกมาในรูปแบบของการแสดงผลผ่านหน้าจอเทอร์มินอล (Terminal) ในลักษณะของตัวอักษรและอีกรูปแบบจะได้มาเป็นไฟล์สำหรับเปิดผ่านเว็บเบราว์เซอร์ หรือไฟล์นามสกุล Html มีการแสดงผลดังภาพที่ 13 จะประกอบไปด้วย ผลลัพธ์การทดสอบ และการกำหนดค่าต่าง ๆ ของการทดสอบ



**HYPERLEDGER  
CALIPER**

**Basic information**  
 DLT: fabric  
 Name: basic-contract-benchmark  
 Description: test benchmark  
 Benchmark Rounds: 1  
[Details](#)

---

**Benchmark results**  
[Summary](#)  
[readHistory](#)

---

**System under test**  
[Details](#)

---

**Caliper report**

**Summary of performance metrics**

Name	Succ	Fail	Send Rate (TPS)	Max Latency (s)	Min Latency (s)	Avg Latency (s)	Throughput (TPS)
readHistory	4511	0	151.4	0.03	0.01	0.01	151.3

**Benchmark round: readHistory**

Read asset benchmark

```
txDuration: 30
rateControl:
  type: fixed-load
  opts:
    transactionLoad: 2
```

**Performance metrics for readHistory**

Name	Succ	Fail	Send Rate (TPS)	Max Latency (s)	Min Latency (s)	Avg Latency (s)	Throughput (TPS)
readHistory	4511	0	151.4	0.03	0.01	0.01	151.3

**Resource utilization for readHistory**

---

**Test Environment**

ภาพที่ 13 ผลลัพธ์การวัดประสิทธิภาพจาก Hyperledger caliper

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### การทำงานของแพลตฟอร์ม

การทำงานของแพลตฟอร์มจะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนสำคัญต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้ใช้สามารถแปลงระหว่างคะแนนสะสมและเหรียญ และการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้งานในการทำงานเบื้องหลัง ของสัญญาอัจฉริยะ (Smart contract) ซึ่งเป็นหัวใจของการทำงานของ

#### การสร้างเหรียญให้กับผู้ใช้

การสร้างเหรียญเพิ่มเข้าแพลตฟอร์มและกำหนดให้ผู้ใช้ที่ต้องการแปลงจากคะแนนสะสมเป็นเจ้าของ โดยที่ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนหลังจากการตรวจสอบปริมาณคงเหลือของคะแนนสะสม และมีปริมาณที่เพียงพอแล้ว เนื่องจากขั้นตอนเหล่านั้นไม่ได้ทำงานบนบล็อกเชน แพลตฟอร์มจะเรียกฟังก์ชันหรือในสัญญาอัจฉริยะเรียกว่า Transactions ที่มีชื่อว่า MintToUser() ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในภาพที่ 14 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. จะตรวจสอบว่าจำนวนเหรียญที่สร้างเป็นจำนวนเต็มบวกหรือไม่ ในโค้ดบรรทัดที่ 3
2. สร้างตัวแปรชื่อ balanceKey และให้มีค่าเท่ากับ ค่าเข้ารหัสจากการรวมกันของตัวแปร 3 ตัว ได้แก่ balancePrefix (ชื่อของประเภทข้อมูลที่ต้องการเรียกใช้) user (ชื่อของผู้ใช้) และ token (ชื่อของเหรียญ) โดยเข้ารหัสด้วยฟังก์ชันที่ชื่อว่า createCompositeKey() ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ Hyperledger fabric ในบรรทัดที่ 6
3. โค้ดในบรรทัดที่ 7 จะเป็นการรับค่าจะบล็อกเชนตาม balanceKey ที่สร้างไว้ โดยใช้ฟังก์ชัน getState() ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นจำนวนเหรียญในปัจจุบันของผู้ใช้ ถ้าเคยมีข้อมูลจะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นดังบรรทัดที่ 11 - 12
4. จากโค้ดบรรทัดที่ 20 – 30 เนื่องจากคะแนนสะสมอาจจะมีวันหมดอายุที่ไม่เท่ากัน จึงต้องรับค่ามาในรูปแบบของรายการ (List) และนำรายการของคะแนนสะสมแปลงให้อยู่ในรูปแบบของรายการเช็ค (Cheques) โดยมีจำนวนและวันหมดอายุเท่ากับข้อมูลของคะแนนสะสมนั้น ๆ และบันทึกลงในตัวแปร updatedBalanceJson เพื่อใช้สำหรับแก้ไขข้อมูลจำนวนเหรียญของผู้ใช้
5. แก้ไขข้อมูลของผู้ใช้ลงบล็อกเชน โดยใช้ฟังก์ชัน putState() แต่ก่อนที่จะบันทึกจะต้องเข้ารหัสข้อมูลผู้ใช้ในรูปแบบของ Buffer from ก่อน มีตัวอย่างข้อมูลการเข้ารหัสดังนี้ “<Buffer 41 6c 6c 6f 20 77 6f 72 6c 64 21>”
6. และเมื่อมีการเพิ่มเหรียญเข้ามาในแพลตฟอร์ม จะต้องเพิ่มจำนวนเหรียญทั้งหมดในแพลตฟอร์มด้วยซึ่งจะเป็นการทำงานของโค้ดบรรทัดที่ 40 – 49

```

1  async MintToUser(ctx, user, amount, token, points_list) {
2    const amountInt = parseInt(amount);
3    if (amountInt <= 0) {
4      || throw new Error('mint amount must be a positive integer');
5    }
6    const balanceKey = ctx.stub.createCompositeKey(balancePrefix, [user, token]);
7    const currentBalanceBytes = await ctx.stub.getState(balanceKey);
8    let currentBalance;
9    let cheques;
10   if (!currentBalanceBytes || currentBalanceBytes.length === 0) {
11     || currentBalance = 0;
12     || cheques = []
13   } else {
14     || const temp = JSON.parse(currentBalanceBytes.toString());
15     || currentBalance = temp.balance;
16     || cheques = temp.cheques;
17   }
18   const updatedBalance = this.add(currentBalance, amountInt);
19   const timestamp = this.getTimestamp(ctx.stub.getTxTimestamp().seconds.low);
20   const pointsList = JSON.parse(points_list);
21   pointsList.forEach(points => {
22     || cheques.push({
23     ||   from_tx_id: null,
24     ||   from_cheques_index: null,
25     ||   from_user: null,
26     ||   amount: parseInt(points.amount),
27     ||   expiry_date: points.expiry_date,
28     ||   timestamp
29     || });
30   });
31   const updatedBalanceJson = {
32     || balance: updatedBalance,
33     || timestamp,
34     || tx_account: "0x0",
35     || tx_amount: amountInt,
36     || tx_id: ctx.stub.getTxID(),
37     || cheques
38   }
39   await ctx.stub.putState(balanceKey, Buffer.from(JSON.stringify(updatedBalanceJson)));
40   const totalSupplyKeyToken = ctx.stub.createCompositeKey(totalSupplyKey, [token]);
41   const totalSupplyBytes = await ctx.stub.getState(totalSupplyKeyToken);
42   let totalSupply;
43   if (!totalSupplyBytes || totalSupplyBytes.length === 0) {
44     || totalSupply = 0;
45   } else {
46     || totalSupply = parseInt(totalSupplyBytes.toString());
47   }
48   totalSupply = this.add(totalSupply, amountInt);
49   await ctx.stub.putState(totalSupplyKeyToken, Buffer.from(totalSupply.toString()));
50   const transferEvent = { from: '0x0', to: user, value: amountInt, token };
51   ctx.stub.setEvent('Transfer', Buffer.from(JSON.stringify(transferEvent)));
52   return true;
53 }

```

ภาพที่ 14 โค้ดการสร้างเหรียญให้กับผู้ใช้

7. สุดท้าย เมื่อเพิ่มเหรียญเสร็จสิ้นจะแจ้งการสร้างเหรียญนั้น ๆ ไปทั้งโครงข่ายบล็อกโดย  
ใช้ฟังก์ชัน setEvent()

### การแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้

การแลกเปลี่ยนเหรียญจะเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้งานตกลงทำการแลกเปลี่ยนจากรายละเอียดของ  
รายการเสนอขายแล้ว ซึ่งมีการทำงานดังภาพที่ 15

```

1  async _transfer(ctx, from, to, from_value, to_value, from_token, to_token) {
2  |   if (from === to) {
3  |     |   throw new Error('cannot transfer to and from same client account');
4  |   }
5  |   // Convert value from string to int
6  |   const fromValueInt = parseInt(from_value);
7  |   if (fromValueInt < 0) { // transfer of 0 is allowed in ERC20, so just validate against negative amounts
8  |     |   throw new Error('transfer amount cannot be negative');
9  |   }
10 |   // Retrieve the current balance of the sender
11 |   const fromBalanceFromKey = ctx.stub.createCompositeKey(balancePrefix, [from, from_token]);
12 |   const fromCurrentBalanceBytes = await ctx.stub.getState(fromBalanceFromKey);
13 |   if (!fromCurrentBalanceBytes || fromCurrentBalanceBytes.length === 0) {
14 |     |   throw new Error('client account ${from} has no balance');
15 |   }
16 |   const fromCurrentBalance = JSON.parse(fromCurrentBalanceBytes.toString());
17 |   // Check if the sender has enough tokens to spend.
18 |   if (fromCurrentBalance.balance < fromValueInt) {
19 |     |   throw new Error('client account ${from} has insufficient funds.~');
20 |   }
21 |   // Check if the recipient has enough tokens to trade.
22 |   const toValueInt = parseInt(to_value);
23 |   if (toValueInt < 0) {
24 |     |   throw new Error('transfer amount cannot be negative');
25 |   }
26 |   let moveCheques = await this._decreaseCheque(ctx, from, to, fromValueInt, from_token);
27 |   await this._increaseCheque(ctx, from, to, fromValueInt, from_token, moveCheques);
28 |   moveCheques = await this._decreaseCheque(ctx, to, from, toValueInt, to_token);
29 |   await this._increaseCheque(ctx, to, from, toValueInt, to_token, moveCheques);
30 |   const rate = Math.round((from_value * 100) / to_value) * 100;
31 |   await this.AddExchangeRate(from_token, to_token, rate)
32 |   return true;
33 | }

```

ภาพที่ 15 โค้ดการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้

1. เริ่มต้นจะต้องตรวจสอบก่อนว่าผู้ใช้งานทั้งสองไม่ใช่คนเดียวกัน ในบรรทัดที่ 2 และตรวจสอบว่าจำนวนเหรียญไม่ติดลบในบรรทัดที่ 6
2. จากบรรทัดที่ 10 เป็นการสร้างตัวแปรเข้ารหัสจาก balancePrefix from (ชื่อผู้ใช้งานคนแรก) และ from\_token (ชื่อเหรียญ)
3. บรรทัดที่ 12 เป็นการรับค่าจากบล็อกเชน เพื่อที่จะใช้ในการตรวจสอบจำนวนเหรียญคงเหลือในบรรทัดที่ 18 และตรวจสอบจำนวนเหรียญที่ต้องการ (to\_value) ว่าติดลบหรือไม่ในบรรทัดที่ 23

4. ในบรรทัดที่ 26 – 31 จะเป็นการแลกเปลี่ยนจำนวนเหรียญระหว่างผู้ใช้ทั้งสอง เมื่อเรียกฟังก์ชัน `_decreaseCheque()` จะเป็นการลดจำนวนเหรียญทั้งหมดและแก้ไขข้อมูลของเช็คให้ลดลงและจะส่งข้อมูลกลับมาเป็นรายการของเช็ค (moveCheque) ที่ถูกลดจากผู้ใช้คนแรก เพื่อนำไปเพิ่มให้กับผู้ใช้คนที่สองในฟังก์ชัน `_increaseCheque()` แต่เนื่องจากการแลกเปลี่ยนเหรียญนั้น จะมีเหรียญที่แตกต่างกันสองประเภท จึงจะต้องเรียกใช้ทั้งสองฟังก์ชันซ้ำสำหรับเหรียญประเภทที่สอง

## หน้าจอกำหนดการใช้งานของแพลตฟอร์ม

ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงหลักการทำงานของแพลตฟอร์มโดยรวม ซึ่งจะประกอบไปด้วยการใช้งานผ่านโมบายเว็บแอปพลิเคชันที่ผู้ใช้ใช้งาน และการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันสำหรับแสดงภาพรวมของแพลตฟอร์ม รวมทั้งแสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของแพลตฟอร์มจากการทดสอบสถานการณ์ต่าง ๆ

### การเข้าสู่แพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคม

การเข้าสู่แพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน ผู้ใช้จะต้องใช้งานผ่านเว็บแอปพลิเคชันผ่านโทรศัพท์มือถือ การเข้าสู่แพลตฟอร์มจะเริ่มต้นจากการที่ผู้ใช้เข้าใช้แอปพลิเคชัน (3<sup>rd</sup> Party mobile application) ที่มีคะแนนสะสม (Points) อยู่ ยกตัวอย่างเช่น การใช้งานแอปพลิเคชัน KinYooDee สะสมคะแนนสุขภาพ (KinYooDee, 2023) และผู้ใช้งานจะต้องลงชื่อเข้าใช้งานบนแพลตฟอร์ม



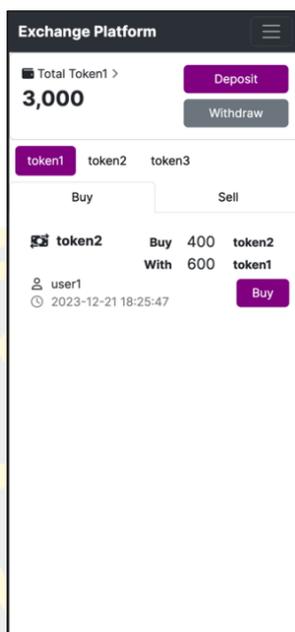
ภาพที่ 16 หน้าจอแลกเปลี่ยนสินค้าของแอปพลิเคชัน KinYooDee

จากภาพที่ 16 แอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party จะต้องมีทางเข้าไปสู่ Exchange platform อาทิ เช่น ปุ่ม “Exchange” เพื่อเข้าสู่แพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน พร้อมทั้งจะต้องส่งข้อมูลที่ทำให้แพลตฟอร์มสามารถระบุได้ว่าผู้ใช้เข้าใช้งานจากแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party แอปพลิเคชันใด เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “Exchange” จะเข้าสู่หน้าเข้าสู่ระบบดังแสดงใน

ภาพที่ 17 หน้าจอเข้าสู่ระบบของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน

เมื่อเข้าสู่แพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนแล้ว ผู้ใช้จะต้องเข้าใช้งานผ่านบัญชีของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน ถ้าผู้ใช้อยังไม่มีบัญชีจะต้องทำการสร้างบัญชีก่อนเข้าใช้งาน ซึ่งบัญชีของแพลตฟอร์มจะเป็นที่เก็บข้อมูลเหรียญ (Token) ของแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party ต่าง ๆ ที่ผู้ใช้ได้รับการแปลงจากคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party หรือจากการแลกเปลี่ยนจากผู้ใช้ผ่านแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วแพลตฟอร์มจะแสดงผลดังภาพที่ 18

จากภาพที่ 18 จะเป็นหน้าจอหลักของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนหลังจากเข้าสู่ระบบ ซึ่งจะรวมฟังก์ชันหลัก ๆ ของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน เช่น การแปลงจากคะแนนสะสมไปเป็นเหรียญของแพลตฟอร์ม (Deposit) การแปลงจากเหรียญของแพลตฟอร์มไปเป็นคะแนนสะสม (Withdraw) การซื้อเหรียญจากผู้ใจ (Buy) หรือการสร้างรายการเสนอขายเหรียญ (Sell) เป็นต้น



ภาพที่ 18 หน้าจอหลักของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยน

### การแปลงคะแนนสะสมเป็นเหรียญของแพลตฟอร์ม

เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วแอปพลิเคชันจะแสดงหน้าจอหลักของแพลตฟอร์มดังแสดงในภาพที่ 18 โดยที่ผู้ใช้สามารถแปลงคะแนนสะสมเป็นเหรียญได้โดยกด “Deposit” แพลตฟอร์มจะแสดงผลดังภาพที่ 19 โดยที่แพลตฟอร์มจะแสดงปริมาณคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party และจำนวนเหรียญของแพลตฟอร์มที่ผู้ใช้มีอยู่ทั้งหมด เมื่อผู้ใช้กรอกจำนวนคะแนนสะสมที่ต้องการแปลงเป็นเหรียญแล้ว แพลตฟอร์มจะแสดงวันหมดอายุของคะแนนสะสมตามจำนวนที่ผู้ใช้กรอก ซึ่งคะแนนสะสมที่ผู้ใช้ต้องการแปลงเป็นเหรียญอาจจะมียวันหมดอายุมากกว่าหนึ่งวันหมดอายุ ดังที่แสดงในภาพ

ในทางตรงกันข้าม เมื่อผู้ใช้กด “Withdraw” แพลตฟอร์มจะแสดงผลดังภาพที่ 20 ซึ่งจะแสดงหน้าจอสำหรับส่วนของการแปลงจากเหรียญของแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนไปเป็นคะแนนสะสม และเมื่อผู้ใช้กรอกจำนวนเหรียญที่ต้องการแปลง แพลตฟอร์มก็จะแสดงวันหมดอายุของเหรียญที่ต้องการแปลงเช่นกัน เนื่องจากในขั้นตอนของการแปลงจากคะแนนสะสมไปเป็นเหรียญนั้น แพลตฟอร์มจะทำการบันทึกวันหมดอายุของเหรียญให้ตรงกับวันหมดอายุของคะแนนสะสมที่ทำการแปลงมาด้วย

Exchange Platform

### Deposit

**From**  
Application1  
Avail 6,400 points

**To**  
token1  
Avail 3,000 tokens

**Amount** 2000 points

250 points      Expire 2023/12/31  
1750 points      Expire 2024/12/31

Back      Continue

ภาพที่ 19 หน้าจอการแปลงจากคะแนนสะสมไปเป็นเหรียญของแพลตฟอร์ม

Exchange Platform

### Withdraw

**From**  
token1  
Avail 3,000 tokens

**To**  
Application1  
Avail 6,400 points

**Amount** 2000 tokens

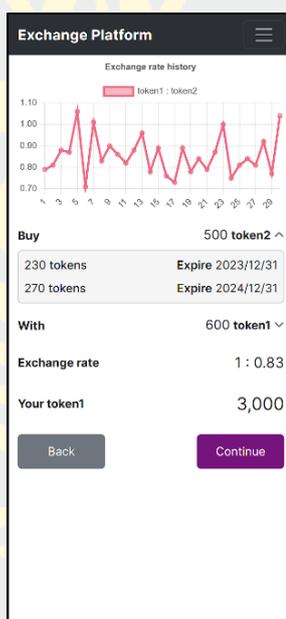
250 tokens      Expire 2023/12/31  
1750 tokens      Expire 2024/12/31

Back      Continue

ภาพที่ 20 หน้าจอการแปลงจากเหรียญของแพลตฟอร์มไปเป็นคะแนนสะสม

### การแลกเปลี่ยนเหรียญ (Bid/ Offer) ระหว่างผู้ใช้

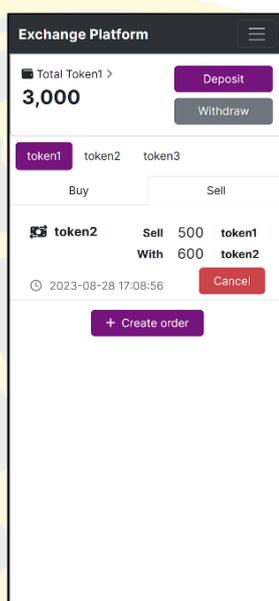
การแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ซื้อ (Buy) และขาย (Sell) ซึ่งการซื้อขายของเหรียญ จะแยกตามประเภทของเหรียญที่ต้องการซื้อขาย ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเลือกเหรียญชื่อ “token1” รายการคำสั่งซื้อที่แสดงทั้งหมดเป็นแบบการซื้อเหรียญประเภทอื่น ๆ ด้วยเหรียญ “token1” ดังแสดงในภาพที่ 18 และเมื่อผู้ใช้กดซื้อ (Buy) เหรียญที่ต้องการซื้อ แพลตฟอร์มจะแสดงรายละเอียดของเหรียญที่ต้องการซื้อ ดังแสดงในภาพที่ 21 ประกอบไปด้วย กราฟแสดงประวัติอัตราแลกเปลี่ยน (Exchange rate) ระหว่างเหรียญที่ต้องการซื้อและเหรียญที่จะใช้แลกเปลี่ยน จำนวนเหรียญที่ต้องการซื้อและรายการวันหมดอายุของเหรียญ จำนวนเหรียญที่ต้องการใช้แลกเปลี่ยนและรายการวันหมดอายุ อัตราแลกเปลี่ยนของรายการสั่งซื้อ และจำนวนเหรียญที่จะใช้แลกเปลี่ยนที่มี



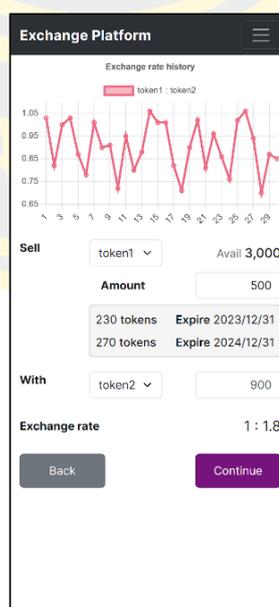
ภาพที่ 21 หน้าจอแสดงรายละเอียดข้อมูลก่อนซื้อเหรียญ

เมื่อเลือกขาย (Sell) แพลตฟอร์มจะแสดงผลดังภาพที่ 22 จะแสดงรายการเสนอขายทั้งหมดของผู้ใช้ที่ยังแลกเปลี่ยนไม่สำเร็จ และจะมีปุ่ม “Create order” สำหรับให้ผู้ใช้สร้างรายการเสนอขาย หลังจากที่เกิด “Create order” ในหน้าขาย แพลตฟอร์มจะแสดงรายละเอียดโดยจะมีวันหมดอายุของเหรียญที่เลือกไว้ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการตั้งราคาขาย และมีข้อมูลต่าง ๆ คล้ายกับส่วนของการซื้อ แต่ในส่วนนี้จะต้องกำหนดทั้งจำนวนเหรียญที่ต้องการขาย กับประเภทและจำนวน

เหรียญที่ต้องการแลกเปลี่ยน เมื่อกรอกข้อมูลทั้งสองส่วนแล้ว แพลตฟอร์มจะสรุปออกมาเป็นอัตรา  
การแลกเปลี่ยน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเปรียบเทียบและปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับประวัติการ  
แลกเปลี่ยนก่อนหน้า มีตัวอย่างการแสดงผลดังภาพที่ 23



ภาพที่ 22 หน้าจอแสดงรายการเสนอขายทั้งหมดของผู้ใช้

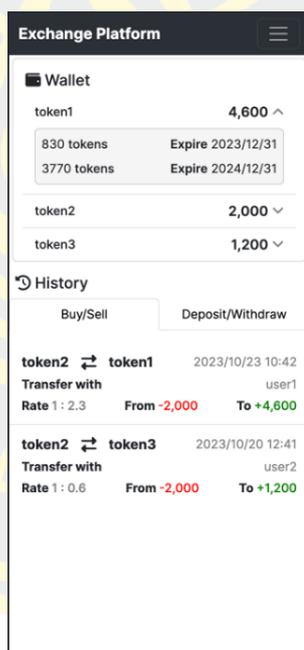


ภาพที่ 23 หน้าจอแสดงรายละเอียดข้อมูลการเสนอขาย

### การตรวจสอบย้อนกลับของเหรียญในโมบายเว็บแอปพลิเคชัน

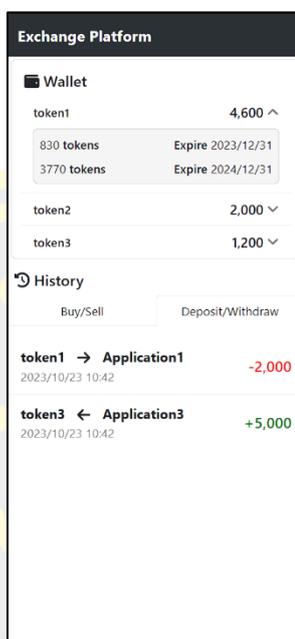
การตรวจสอบย้อนกลับเป็นอีกหนึ่งในคุณสมบัติของบล็อกเชนที่ช่วยในเรื่องของความโปร่งใสของข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้คุณสมบัตินี้ในการพัฒนาเพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของเหรียญของผู้ใช้ทั้งในการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้ และการเพิ่มหรือถอนระหว่างคะแนนสะสมและเหรียญ

ผู้ใช้งานสามารถติดตามและตรวจสอบการแลกเปลี่ยน และการแปลงเหรียญเข้าหรือออกจากแพลตฟอร์มได้จากส่วนของกระเป๋าเงิน (Wallet) จากหน้าหลักของแพลตฟอร์ม โดยที่จะสามารถแยกประเภทของประวัติได้ 2 ประเภท คือ ประวัติการแลกเปลี่ยนเหรียญ (Buy/ Sell) ดังแสดงในภาพที่ 24 และประวัติการเพิ่มหรือถอนเหรียญจากแพลตฟอร์ม (Deposit/ Withdraw) ดังแสดงในภาพที่ 25



ภาพที่ 24 หน้าจอแสดงประวัติการแลกเปลี่ยนเหรียญกับผู้ใช้ในแพลตฟอร์ม

ในทั้งสองหน้าจอนี้จะมีข้อมูลส่วนของกระเป๋าเงินที่เหมือนกัน ซึ่งจะแสดงรายการเหรียญทั้งหมดของผู้ใช้พร้อมทั้งวันหมดอายุ แต่ส่วนประวัติจากภาพที่ 24 จะแสดงประวัติการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้ (Token - token) จะประกอบด้วย ข้อมูลวันเวลาที่ทำการแลกเปลี่ยน ชื่อผู้ใช้ที่แลกเปลี่ยนด้วย อัตราการเปลี่ยนแปลง และจำนวนเหรียญที่ซื้อและที่ใช้แลกเปลี่ยน



ภาพที่ 25 หน้าจอแสดงประวัติการแปลงระหว่างคะแนนสะสมและเหรียญ

ส่วนภาพที่ 25 จะแสดงประวัติการเพิ่มหรือถอนระหว่างคะแนนสะสมและเหรียญ (Point - token) โดยที่มีเพียงข้อมูลชื่อเหรียญและแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party ที่แปลงคะแนนสะสม วันเวลา และจำนวนเหรียญหรือคะแนนสะสมที่แปลง ซึ่งการแปลงจากเหรียญของแพลตฟอร์มไปเป็นคะแนนสะสมของแอปพลิเคชัน 3<sup>rd</sup> Party จะแสดงผลเป็นตัวเลขที่มีค่าติดลบและมีสีแดง ส่วนการแปลงจากคะแนนสะสมมาเป็นเหรียญจะแสดงเป็นตัวเลขมีค่าบวกและมีสีเขียว

#### การตรวจสอบย้อนกลับของเหรียญในภาพรวมของแพลตฟอร์ม

นอกจากการตรวจสอบย้อนกลับในโมบายเว็บแอปพลิเคชันแล้ว ระบบสามารถแสดงข้อมูลการแลกเปลี่ยนและการเพิ่มหรือถอนของเหรียญทั้งหมดได้ เพื่อใช้ในการติดตามปริมาณทั้งหมดของแต่ละเหรียญภายในแพลตฟอร์ม (Total supply) ประวัติการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้ (Buy/ Sell) และการเพิ่มหรือถอนเหรียญของผู้ใช้แต่ละคน (Deposit/ Withdraw) แสดงดังภาพที่ 26 โดยที่สามารถค้นหาและดูข้อมูลการแลกเปลี่ยนรายผู้ใช้ได้

Exchange Platform			
History			
@	Username	Search	
All	token1	token2	token3
<b>Total supply</b>			
token1	8,000	2023/10/23 10:42	
token2	5,400	2023/10/20 12:41	
token3	12,000	2023/10/24 16:23	
<b>Buy/Sell</b>			
token2	↔	token1	2023/10/23 10:42
user3	-2,000	token2	→ +4,600 token1
user1	-4,600	token1	→ +2,000 token2
token2	↔	token3	2023/10/20 12:41
user2	-2,000	token2	→ +1,200 token3
user1	-1,200	token3	→ +2,000 token2
token1	↔	token3	2023/10/20 12:41
user2	-2,400	token1	→ +1,500 token3
user3	-1,500	token3	→ +2,400 token1
token2	↔	token3	2023/10/20 12:41
user2	-2,000	token2	→ +1,200 token3
user1	-1,200	token3	→ +2,000 token2
token2	↔	token3	2023/10/20 12:41
user2	-2,000	token2	→ +1,200 token3
user1	-1,200	token3	→ +2,000 token2
<b>Deposit/Withdraw</b>			
token1	→	Application1	-2,000
user1			2023/10/23 10:42
token3	←	Application3	+5,000
user2			2023/10/23 10:42
token1	←	Application1	+2,000
user3			2023/10/23 10:42
token3	←	Application3	+3,000
user2			2023/10/23 10:42
token1	→	Application1	-3,200
user1			2023/10/23 10:42
token3	←	Application3	+1,200
user2			2023/10/23 10:42

ภาพที่ 26 หน้าติดตามการใช้งานของผู้ใช้ในแพลตฟอร์ม

## การเก็บข้อมูลบนบล็อกเชน

### การเข้ารหัสธุรกรรมของบล็อกเชน

บล็อกเชนจะมีการเชื่อมข้อมูลกันระหว่างบล็อกผ่านแฮช (Hash) ของแต่ละบล็อก ซึ่งสามารถแบ่ง Hash ออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ ข้อมูลการเข้ารหัสของบล็อกปัจจุบัน (currentBlockHash) และข้อมูลการเข้ารหัสของบล็อกก่อนหน้า (previousBlockHash) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 27

```
{
  "height": 8,
  "currentBlockHash": "D7bw+ogASp3/OVdGIgJlyTrgW5Fb4nrinmsbcKmm2mA=",
  "previousBlockHash": "SG9rxz8an7G0+XRohyuVoE6nsVRrRcGE1hZt8mWv4w="
}
```

ภาพที่ 27 ข้อมูลการเข้ารหัสของบล็อกปัจจุบันและบล็อกก่อนหน้า

จากภาพข้างต้น เป็นการแสดงข้อมูล ณ ปัจจุบันของบล็อกเชน หมายความว่า ตอนนี้มีจำนวนบล็อกในบล็อกเชนทั้งหมด 8 บล็อก จากค่าของตัวแปร “height” และมีการแสดงข้อมูลการเข้ารหัสของทั้งสองบล็อกล่าสุด ซึ่งสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลได้จากการทวนสอบ

ข้อมูลของรายละเอียดของสองบล็อกล่าสุด ได้แก่ บล็อกหมายเลข “number” 6 และบล็อกหมายเลข 7 จะเห็นได้ว่าบล็อกล่าสุด ณ ปัจจุบันคือบล็อกหมายเลข 7 เนื่องจากในทางคอมพิวเตอร์ การนับเลขจะเริ่มนับบล็อกแรกจากบล็อกที่ 0 ซึ่งมีตัวอย่างรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 28 และภาพที่ 29

```
"header": {
  "data_hash": "z8aYvDfLfnxAHBeaidhCg5pZi8PHdlumJAZwi77ApNc=",
  "number": 6,
  "previous_hash": "J1AH4ow7MZhRmfHaOAZNBybmj+JT5DJHLZHKkSucasg="
}
```

ภาพที่ 28 ข้อมูลการเข้ารหัสของบล็อกหมายเลข 6

```
"header": {
  "data_hash": "duYPvJorsM312ds14uyGHjHWusGM2xo4d8w1hkxpOLs=",
  "number": 7,
  "previous_hash": "SG9rxz8an7G0+XRohyuVoE6nsVRrRPeGE1hZt8mWv4w="
}
```

ภาพที่ 29 ข้อมูลการเข้ารหัสของบล็อกหมายเลข 7

ข้อมูลทั้งหมดของแต่ละบล็อกสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนคือ ข้อมูลส่วนหัว “header” และข้อมูลเนื้อหา (Block body) ซึ่งข้อมูลส่วนเนื้อหาก็จะประกอบไปด้วยข้อมูลของการแลกเปลี่ยนเหรียญ (Token) หรือข้อมูลธุรกรรม (Transaction) ระหว่างผู้ใช้ ซึ่งข้อมูลที่แสดงใน ภาพที่ 28 และภาพที่ 29 เป็นข้อมูลส่วนหัวของแต่ละบล็อก ข้อมูลส่วนหัวจะประกอบไปด้วยข้อมูลการเข้ารหัส 2 ตัวแปร และหมายเลขของบล็อกนั้น ๆ จากข้อมูลในส่วนหัวของบล็อกหมายเลข 7 ในภาพที่ 29 จะสังเกตได้ว่า “previous\_hash” จะมีค่าตรงกับค่าของตัวแปร “previousBlockHash” ของข้อมูลบล็อกเซก ณ ปัจจุบันดังภาพที่ 27 แต่ว่า data\_hash นั้นจะไม่ตรงกับ “currentBlockHash” เนื่องจาก “currentBlockHash” จะได้มาจากการคำนวณข้อมูลที่เข้ารหัสของหมายเลขของบล็อก (Block number) ข้อมูลการเข้ารหัสก่อนหน้า (previousBlockHash) และข้อมูลการเข้ารหัสของข้อมูลในบล็อกปัจจุบัน (Block data hash) เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลจะไม่สามารถถูกแก้ไขได้ (Hyperledger, 2024)

### การยืนยันธุรกรรม

ในการสร้างบล็อกแต่ละบล็อกบนบล็อกเชนจะต้องได้รับการยืนยันธุรกรรม (Transaction endorsement) จากผู้รับรอง (Endorser) ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในนโยบายการรับรอง (Endorsement policy) ในบล็อกเชน ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะถูกบันทึกอยู่ในเนื้อหาของบล็อก (Block body) ในส่วนของ “endorsements” ดังแสดงในภาพที่ 30

```
{
  "endorsements": [
    {
      "endorser": {
        "mspid": "Org2MSP",
        "id_bytes": {...}
      },
      "signature": {...}
    },
    {
      "endorser": {
        "mspid": "Org1MSP",
        "id_bytes": {...}
      },
      "signature": {...}
    }
  ]
}
```

ภาพที่ 30 ข้อมูลการรับรองข้อมูลธุรกรรมในบล็อก

จากภาพที่ 30 จะเห็นว่า ในการสร้างบล็อกนี้จะมีผู้รับรองทั้งหมด 2 ผู้รับรอง ได้แก่ Org1MSP และ Org2MSP ซึ่ง MSP (Membership Service Provider) คือ กลไกของบล็อกเชนบน Hyperledger fabric เพื่อระบุว่า ผู้รับรองใดบ้างสามารถรับรองข้อมูลธุรกรรมและสร้างบล็อกได้ (Hyperledger, 2023) รวมทั้งแต่ละข้อมูลของแต่ละ “endorser” จะมี “signature” เพื่อยืนยันตัวตนของผู้รับรอง

จำนวนผู้รับรองในแต่ละธุรกรรม จะขึ้นอยู่กับนโยบายการ ซึ่งแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนนี้จะกำหนดให้ใช้แบบผู้รับรองส่วนมาก (Majority) โดยที่ จากภาพที่ 30 ข้างต้น ใช้นโยบายการรับรองแบบผู้รับรองเป็นส่วนมาก ซึ่งการสร้างบล็อกมีจำนวน 2 ผู้รับรองจากทั้งหมด 3 ผู้รับรองและสร้างบล็อกได้สำเร็จ

## การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแพลตฟอร์ม

การทดสอบประสิทธิภาพของการทำงานจะจำลองสถานการณ์การใช้งานของผู้ใช้ทั้งหมด 3 สถานการณ์ แล้วทดสอบประสิทธิภาพตามสถานการณ์ต่าง ๆ แพลตฟอร์มจะทำงานบน WSL (Windows Subsystem for Linux) เพื่อให้สามารถใช้งาน Linux ได้บนระบบปฏิบัติการ Windows เนื่องจาก Hyperledger fabric ต้องทำงานบน Linux โดยในการทดสอบนี้ใช้ Ubuntu 20.04 ในการทำงานบนหน่วยประมวลผล 8 core หน่วยความจำ 8 GB และพื้นที่ 2 GB

การทดสอบจะใช้เครื่องมือที่ชื่อว่า Hyperledger caliper ในการวัดประสิทธิภาพ โดยที่ผลลัพธ์ในการทดสอบจะประกอบไปด้วย

1. จำนวนการทำงานต่อวินาที (Transaction Per Second: TPS)
2. เวลาที่ใช้งานต่อหนึ่งการทำงาน (Transaction latency) ซึ่งจะแยกเป็น เวลาที่มากที่สุด (Maximum) เวลาที่น้อยที่สุด (Minimum) และเวลาเฉลี่ย (Average) โดยที่แต่ละการทดสอบจะกำหนดเวลาในการทำงาน 30 วินาที

### การทดสอบประสิทธิภาพในการสร้างข้อมูลการแลกเปลี่ยนเหรียญ

การทดสอบนี้จะกำหนดให้ผู้ใช้ 2 คน แลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างกัน ซึ่งจะเป็นผู้ใช้จากองค์กร (Organization) ที่ 1 จำนวน 1 คน และผู้ใช้จากองค์กรที่ 2 จำนวน 1 คน โดยที่ก่อนการเริ่มต้นทดสอบจะทำการเรียกฟังก์ชันสำหรับการสร้างเหรียญให้ผู้ใช้แต่ละคนเตรียมพร้อมไว้ก่อนการทดสอบ มีรายละเอียดการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้และผลลัพธ์ของการทดสอบดังตาราง

ตารางที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลที่ทำให้การแลกเปลี่ยน

ชื่อเหรียญ (token)	ชื่อผู้ใช้ (User)	ชื่อองค์กร (Org)	จำนวนเหรียญ (#token)
token1	Org1_user1	Org1	300
token2	Org2_user1	Org2	200

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์ของการวัดประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนเหรียญ

Succ	Fail	Send Rate (TPS)	Max Latency	Min Latency	Avg Latency	Throughput (TPS)
39	0	1.3	2.06	0.06	1.54	1.2

จากตารางที่ 4 พบว่าแพลตฟอร์มสามารถแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างผู้ใช้สำเร็จ 39 ครั้ง และไม่มี การแลกเปลี่ยนไหนไม่สำเร็จ เวลาที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.54 วินาที และมีความเร็วในการแลกเปลี่ยนอยู่ที่ 1.2 ครั้งต่อวินาที

#### การทดสอบความเร็วในการหาปริมาณเหรียญของแต่ละองค์กร ณ เวลาปัจจุบัน

การทดสอบในส่วนนี้จะเป็นการอ่านค่าปริมาณเหรียญทั้งหมดของแต่ละองค์กรที่อยู่บนบล็อกเชน จากการที่ผู้ใช้มีการแปลงคะแนนสะสมมาเป็นเหรียญในแพลตฟอร์ม ซึ่งการรู้ถึงจำนวนเหรียญทั้งหมดของแต่ละองค์กรทำให้ผู้ดูแลระบบหรือองค์กรต่าง ๆ รับรู้ถึงภาพรวมของแพลตฟอร์ม มีตัวอย่างข้อมูลจำนวนเหรียญและผลลัพธ์ของการวัดผล ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนเหรียญ

ชื่อเหรียญ (token)	จำนวนเหรียญ (#token)
token1	5000
token2	4000
token3	3000

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์ของการวัดประสิทธิภาพในการค้นหาปริมาณเหรียญ

Succ	Fail	Send Rate (TPS)	Max Latency	Min Latency	Avg Latency	Throughput (TPS)
6879	0	230.9	0.02	0.00	0.01	230.8

จากตารางที่ 6 ใช้ทดสอบเป็นเวลา 30 วินาที ผู้ใช้สำเร็จ 6879 ครั้ง และไม่มี การแลกเปลี่ยนไหนไม่สำเร็จ ใช้เวลาเฉลี่ยในการอ่านค่า 0.01 วินาที และมีประสิทธิภาพในการทำงาน 230.8 ครั้งต่อวินาที

#### การทดสอบความเร็วในการตรวจสอบย้อนกลับของเหรียญ

การทดสอบในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นว่าเหรียญทั้งหมดในประเภทที่ค้นหาของผู้ใช้นั้น ได้รับมาอย่างไรบ้าง มีการแลกเปลี่ยนมาทั้งหมดกี่ครั้ง แลกเปลี่ยนกับผู้ใช้คนใด และด้วยเหรียญ

อะไรบ้างในแต่ละการแลกเปลี่ยน (Transaction) ซึ่งแต่ละคนจะสามารถมีข้อมูลของเหรียญเดียวกันได้หลายรายการ มีตัวอย่างผลลัพธ์ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ตัวอย่างข้อมูลการตรวจสอบย้อนกลับ

ลำดับ	จำนวนคงเหลือ	ข้อมูลการแลกเปลี่ยน					เวลา
		ด้วยเหรียญ	ด้วยจำนวน	ไปยังบัญชี	ได้รับเหรียญ	ได้รับจำนวน	
1	4000	-	-	-	token1	4000	2024-01-17T22:04:19.000Z
2	180	token2	300	user1	token1	200	2024-01-17T22:04:21.000Z
3	30	token2	300	user1	token1	200	2024-01-17T22:04:35.000Z
4	270	Token3	500	user3	token1	300	2024-01-17T22:04:37.000Z

เนื่องจากรูปแบบการเก็บข้อมูลจะเก็บในรูปแบบของเช็คทำให้แต่ละเหรียญของผู้ใช้จะมีหลายเช็ค (Cheque) ได้ และจากตารางที่ 7 ข้อมูลในลำดับที่ 1 หมายความว่า เป็นการแปลงมาจากคะแนนสะสมของ 3<sup>rd</sup> Party platform ทำให้ไม่มีข้อมูลการแลกเปลี่ยนด้วยเหรียญใด ส่วนในลำดับอื่น ๆ นั้นจะพบว่าจำนวนเหรียญที่ได้รับมานั้นจะไม่ตรงกับจำนวนคงเหลือ เนื่องจากในทุกการแลกเปลี่ยนจะเป็นเหรียญถูกหักเป็นต้นทุนการแลกเปลี่ยน (Exchange cost) ทำให้จะได้เหรียญไม่เต็มจำนวน หรือเป็นเช็คที่ถูกแลกเปลี่ยนไปบางส่วน และมีผลลัพธ์ในการวัดประสิทธิภาพดังนี้

ตารางที่ 8 ผลลัพธ์ของการวัดประสิทธิภาพในการตรวจสอบย้อนกลับ

Succ	Fail	Send Rate (TPS)	Max Latency	Min Latency	Avg Latency	Throughput (TPS)
4511	0	151.4	0.03	0.01	0.01	151.3

จากตารางที่ 8 จะมีการทดสอบผู้ใช้สำเร็จ 4511 ครั้ง และไม่มีการแลกเปลี่ยนไหนไม่สำเร็จ ใช้เวลาเฉลี่ยในการอ่านค่า 0.01 วินาที และมีประสิทธิภาพในการทำงาน 151.3 ครั้งต่อวินาที



## บทที่ 5

### สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

แพลตฟอร์มต้นแบบที่พัฒนาขึ้นทำให้เห็นภาพรวมการใช้งานและลำดับการทำงานของแพลตฟอร์ม และช่วยให้เห็นว่าแพลตฟอร์มสามารถทำงานได้ตรงกับความต้องการตามที่ออกแบบไว้ ส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของการทำงานของแพลตฟอร์ม ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนเหรียญ (Token) จากตารางที่ 4 ใช้ทดสอบเป็นเวลา 30 วินาที สามารถแลกเปลี่ยนเหรียญได้ 39 Transactions และไม่มีการแลกเปลี่ยนไหนไม่สำเร็จ เวลาที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.54 วินาที และมีความเร็วในการแลกเปลี่ยนอยู่ที่ 1.2 TPS ซึ่งถือว่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ Bitcoin ที่เป็นเหรียญเงินดิจิทัลเหรียญแรกของโลกที่สามารถทำได้ประมาณ 7 TPS (Page, 2024) เนื่องจากในการแลกเปลี่ยนเหรียญของแพลตฟอร์มไม่ได้แลกเปลี่ยนระหว่างเหรียญประเภทเดียวกันทำให้มีความซับซ้อนมากกว่า ประสิทธิภาพในการหาจำนวนเหรียญของแต่ละองค์กรจากตารางที่ 6 มีการทดสอบทั้งหมด 6879 ครั้ง ใช้เวลาเฉลี่ยในการอ่านค่า 0.01 วินาที และมีประสิทธิภาพในการทำงาน 230.8 TPS จะพบว่าความเร็วในการทำงานสูงกว่าประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนเหรียญเป็นอย่างมาก เนื่องจากในส่วนนี้จะเป็นการอ่านค่าเพียงอย่างเดียวที่มีความซับซ้อนต่ำ ซึ่งแตกต่างจากการแลกเปลี่ยนเหรียญที่ต้องมีทั้งการอ่านและการเขียนข้อมูลลงบนบล็อกเชน และประสิทธิภาพในการตรวจสอบย้อนกลับจากตารางที่ 8 จะมีการทดสอบทั้งหมด 4511 ครั้ง ใช้เวลาเฉลี่ยในการอ่านค่า 0.01 วินาที และมีประสิทธิภาพในการทำงาน 151.3 TPS พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาปริมาณเหรียญแต่ละองค์กรแล้วช้ากว่าอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากตรวจสอบย้อนกลับนั้นจะมีการตรวจสอบทุกการแลกเปลี่ยนของผู้ใช้จนไปถึงวิธีการได้มาของเหรียญนั้นทำให้ใช้เวลาในการทำงานมากกว่า

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพแพลตฟอร์มต้นแบบในส่วนของการอ่านค่าจากบล็อกเชนสามารถใช้งานพร้อมกันได้มากกว่า 100 ผู้ใช้ต่อวินาที แต่ส่วนของการแลกเปลี่ยนที่มีการแก้ไขข้อมูลบนบล็อกเชนนั้นทำได้เพียง 1.2 ครั้งต่อวินาที ถ้ามีผู้ใช้แลกเปลี่ยนเหรียญพร้อม ๆ กัน อาจจะต้องรอให้แพลตฟอร์มทำงานหลายนาที เมื่อต้องการนำไปใช้งานจริงอาจจะต้องแก้ไขรูปแบบการเก็บข้อมูลให้มีขนาดเล็กลง หรือออกแบบทำงานใหม่ เพื่อให้สามารถทำงานได้จำนวนครั้งต่อวินาทีมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อแก้ไขปัญหาความไม่เชื่อใจระหว่างองค์กรในการแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคม เนื่องจากการจัดการข้อมูลแบบเดิมนั้นแต่ละองค์กรสามารถสร้างคะแนนสะสมขึ้นมาได้เองและสมาชิกขององค์กรอื่นไม่สามารถนำคะแนนสะสมมาแลกของรางวัลกับองค์กรของตนได้

ในต่างประเทศได้มีการนำเทคโนโลยีบล็อกเชนมาประยุกต์ใช้ในแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมเช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น แพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนของ Pramanik et al. (2020) ซึ่งมีความใกล้เคียงกับงานวิจัยครั้งนี้ ทั้งการสร้างฟังก์ชันการเสนอซื้อและเสนอขาย และการเชื่อมโยงข้อมูลกับองค์กรภายนอกในการแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมเป็นสินค้าหรือบริการ อย่างไรก็ตาม งานของ Pramanik et al. (2020) ยังไม่สามารถจัดการวันหมดอายุของคะแนนสะสมหลายวันหมดอายุของแต่ละองค์กรหรือของเหรียญในประเภทเดียวกันได้ แต่ในงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการเก็บข้อมูลเหรียญหรือคะแนนสะสมที่ถูกเข้ารหัสของผู้ใช้ในรูปแบบของเช็คทำให้ผู้ใช้สามารถมีเหรียญประเภทเดียวกันแต่วันหมดอายุแตกต่างกันได้

นอกจากนี้ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยนี้เป็นครั้งแรกที่นำเอาเทคโนโลยีบล็อกเชนมาประยุกต์ใช้ในแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคม ซึ่งแตกต่างจากคะแนนสะสมที่ได้จากการซื้อสินค้าและบริการทั่วไป ยกตัวอย่างเช่น คะแนนเพื่อสังคม เป็นคะแนนที่สร้างขึ้นมาจากประเมินมูลค่าจากองค์กรหนึ่ง ๆ จากการทำกิจกรรมเพื่อสังคมในรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น การเก็บขยะ การปลูกต้นไม้ การเดินเพื่อสุขภาพ ฯลฯ ที่ไม่ได้อยู่บนมาตรฐานเดียวกัน รวมทั้ง ไม่สามารถอ้างอิงจากยอดขายสินค้าหรือบริการเพื่อการรับประกันมูลค่าของคะแนนสะสม หรือจำกัดปริมาณคะแนนสะสมของแต่ละองค์กรที่จะเข้าสู่แพลตฟอร์มได้ เป็นต้น

ผลการทดสอบแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคมตามสถานการณ์จำลองที่กำหนดขึ้น สามารถแปลงคะแนนสะสมเป็นเหรียญ ประมวลผลข้อมูลธุรกรรมบนบล็อกเชน ค้นหาและตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการแลกเปลี่ยนเหรียญโดยการเสนอซื้อหรือเสนอขายระหว่างผู้ใช้อย่างมีประสิทธิภาพต่ำ

การนำเทคโนโลยีบล็อกเชนเข้ามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาความไม่ไว้วางใจในการแลกเปลี่ยนคะแนนสะสมดังที่ได้กล่าวมานั้น ความสำเร็จส่วนหนึ่งมาจากการที่เทคโนโลยีนี้เป็นการจัดการข้อมูลแบบกระจายศูนย์ (Distributed database system) อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้ แม้ว่าภายในแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนจะเป็นการเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ ในขั้นตอนการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างเว็บแอปพลิเคชันและบล็อกเชนของแพลตฟอร์มฯ นั้นยังเป็นแบบรวมศูนย์ ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดการผูกขาด หรือกีดกันแอปพลิเคชันที่จะเข้าร่วมในแพลตฟอร์มแลกเปลี่ยนคะแนนเพื่อสังคมได้อีกทั้งการพัฒนาและทดสอบการทำงานบน WSL ในระบบปฏิบัติการ Windows ยังไม่สะท้อนถึงประสิทธิภาพในการใช้งานจริง ซึ่งจะเป็นแนวทางในการศึกษาในขั้นถัดไป และในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการประกาศพระราชกฤษฎีกาการประกอบธุรกิจบริการแพลตฟอร์มดิจิทัล ที่ต้องแจ้งให้ทราบ พ.ศ. 2565 เมื่อนำแพลตฟอร์มไปใช้งานจริงจะต้องทำการประเมินตามเงื่อนไขและแจ้งสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ก่อนเปิดให้ใช้งาน

## บรรณานุกรม

- ณัฐชวลักษณ์ หอมแก้ว. (2564). *ก้าวท้าใจ season 3 : กระตุ้นต่อมรักสุขภาพ – เก็บ ‘Health Point’ สะสมแต้มพลังชีวิต*. Retrieved from <https://www.thecoverage.info/news/content/1193>
- ผู้จัดการออนไลน์. (2563a). *เอไอเอสเปิดแคมเปญทิ้ง E-Waste รับ AIS Points*. Retrieved from <https://mgronline.com/cyberbiz/detail/9630000090070>
- ผู้จัดการออนไลน์. (2563b). *ไอเดียเจ๋ง! คัดแยกขยะกับ “GooGreens” แพลตฟอร์มแอปพลิเคชันขยะ แลกแต้ม*. Retrieved from <https://mgronline.com/smes/detail/9630000049145>
- มณฑลชนก มณีโชติ. (2565). *คาร์บอนเครดิต คืออะไร?* Retrieved from <https://www.tris.co.th/carbon-credit>
- หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ. (2562, วันที่ 17 - 19 ตุลาคม พ.ศ. 2562). *ECOLIFE App ลดขยะให้สนุก สะสมแต้มแลกความดีกับ วัดสัน. หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ*. Retrieved from [https://www.thansettakij.com/general-news/412067#google\\_vignette](https://www.thansettakij.com/general-news/412067#google_vignette)
- Agrawal, M., Amin, D., Dalvi, H., & Gala, R. (2019). Blockchain-based universal loyalty platform. *Paper presented at the 2019 International Conference on Advances in Computing, Communication and Control (ICAC3)*.
- Ayudhya, A. (2022). *My Badge ยิ่งทำยิ่งได้สิทธิพิเศษไปกับ Health Living*. Retrieved from <https://www.healthyliving.in.th/privilege/345632>
- Bruneau, V., Swaen, V., & Zidda, P. (2018). Are loyalty program members really engaged? Measuring customer engagement with loyalty programs. *Journal of Business Research, 91*, 144-158.
- Bülbül, Ş., & İnce, G. (2018). Blockchain-based framework for customer loyalty program. *Paper presented at the 2018 3rd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*.
- crypto.com. (2020). *A Deep Dive Into Blockchain Scalability*. Retrieved from <https://crypto.com/university/blockchain-scalability>
- Dib, O., Brousmiche, K.-L., Durand, A., Thea, E., & Hamida, E. B. (2018). Consortium blockchains: Overview, applications and challenges. *Int. J. Adv. Telecommun, 11(1)*, 51-64.

- Esposito, C., De Santis, A., Tortora, G., Chang, H., & Choo, K.-K. R. (2018). Blockchain: A panacea for healthcare cloud-based data security and privacy? *IEEE cloud computing*, 5(1), 31-37.
- Fanning, K., & Centers, D. P. (2016). Blockchain and its coming impact on financial services. *Journal of Corporate Accounting & Finance*, 27(5), 53-57.
- FWD. (2021). *แต่ัมแบบเต็มแมกซ์เพื่อแลกรับของรางวัลมากมายที่คัดสรรมาเพื่อคุณ*. Retrieved from <https://www.fwd.co.th/th/fwdmax/>
- Hyperledger. (2018). *MEASURING BLOCKCHAIN PERFORMANCE WITH HYPERLEDGER CALIPER*. Retrieved from <https://www.hyperledger.org/blog/2018/03/19/measuring-blockchain-performance-with-hyperledger-caliper>
- Hyperledger. (2022). *Introduction Hyperledger Fabric*. Retrieved from <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/whatis.html>
- Hyperledger. (2023). *Membership Service Provider (MSP)*. Retrieved from <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/membership/membership.html#what-is-an-msp>
- Hyperledger. (2024). *Ledger*. Retrieved from <https://github.com/hyperledger/fabric/blob/main/docs/source/ledger/ledger.md>
- Keenan, M. (2023). *What Is a Loyalty Program? 5 Best Examples (2024)*. Retrieved from <https://www.shopify.com/blog/loyalty-program>
- Kim, J. J., Steinhoff, L., & Palmatier, R. W. (2021). An emerging theory of loyalty program dynamics. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 49, 71-95.
- KinYooDee. (2023). *KinYooDee - กินอยู่ดี*. Retrieved from <https://www.kydse.com/>
- Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of information management*, 39, 80-89.
- Leenoi, P. (2023). *คาร์บอนเครดิต กลไกพิชิตเป้าหมายความยั่งยืน*. Retrieved from <https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/carbon-credit-2023>
- Liao, C.-H., Teng, Y.-W., & Yuan, S.-M. (2019). Blockchain-Based Cross-Organizational Integrated Platform for Issuing and Redeeming Reward Points. In *SoICT '19: The Tenth International Symposium on Information and Communication Technology*.

- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *White paper*.
- Page, J. (2024). *How Many Transactions Per Second – Bitcoin?* Retrieved from <https://cryptohead.io/how-many-transactions-per-second-bitcoin/>
- Phanvilai, S. (2018). *ทำความเข้าใจ Blockchain Consensus Protocol แบบต่าง ๆ*. Retrieved from [https://nuuneoi.com/blog/blog.php?read\\_id=933](https://nuuneoi.com/blog/blog.php?read_id=933)
- Pramanik, B. K., Rahman, A. S., & Li, M. (2020). Blockchain-based reward point exchange systems. *Multimedia Tools and Applications*, 79, 9785-9798.
- Qiibee. (2019). Qiibee, Loyalty on the blockchain. *White paper*.
- Seth, S. (2022). *Public, Private, Permissioned Blockchains Compared*. Retrieved from <https://www.investopedia.com/news/public-private-permissioned-blockchains-compared/>
- Sönmeztürk, O., Ayav, T., & Erten, Y. M. (2020). Loyalty program using blockchain. *Paper presented at the 2020 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)*.
- Techsauce. (2022). *รู้จัก 3 ประเภทของ Blockchain พร้อมตัวอย่างการนำไปใช้งานเบื้องต้นในแวดวงต่าง ๆ*. Retrieved from <https://techsauce.co/tech-and-biz/three-different-types-of-blockchain>
- Wegrzyn, K. E., & Wang, E. (2021). *Types of Blockchain: Public, Private, or Something in Between*. Retrieved from <https://www.foley.com/en/insights/publications/2021/08/types-of-blockchain-public-private-between>
- Woo, J., Fatima, R., Kibert, C. J., Newman, R. E., Tian, Y., & Srinivasan, R. S. (2021). Applying blockchain technology for building energy performance measurement, reporting, and verification (MRV) and the carbon credit market: A review of the literature. *Building and Environment*, 205, 108199.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H.-N., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International journal of web and grid services*, 14(4), 352-375.

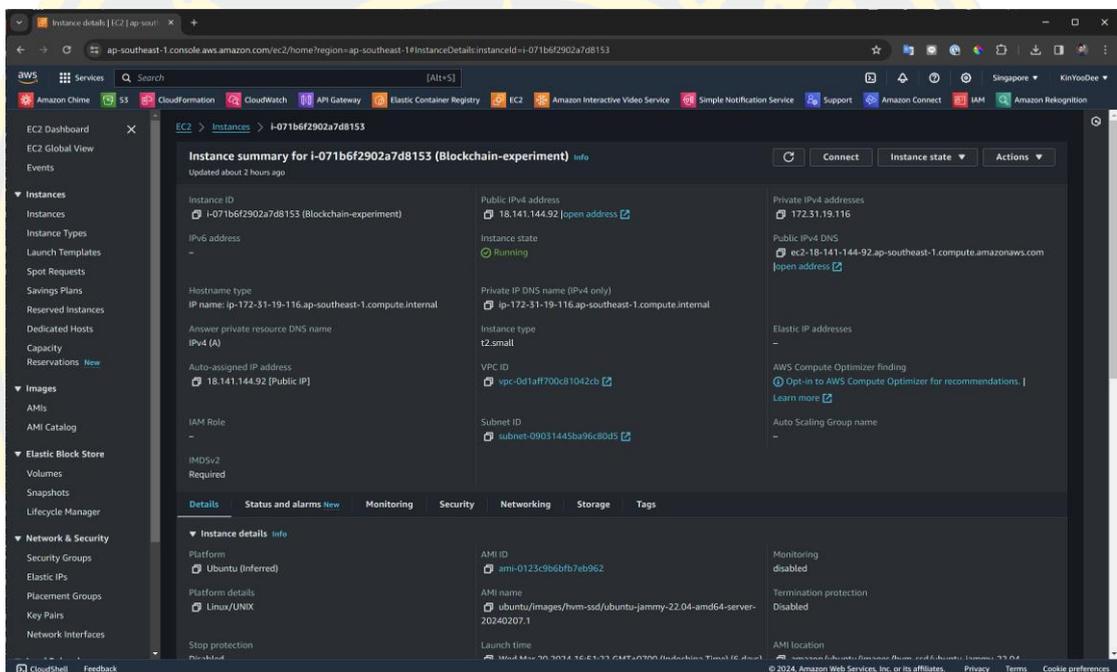


ภาคผนวก



ภาคผนวก ก  
การตั้งค่าเซิร์ฟเวอร์

หลังจากได้ทดสอบการทำงานของบล็อกเชน Hyperledger fabric ในเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้วิจัยแล้ว ผู้วิจัยได้พัฒนาต่อยอดให้สามารถทำงานบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากยิ่งขึ้น โดยที่ส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงการกำหนดค่า รายละเอียดของเซิร์ฟเวอร์ เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้สำหรับการทำงานของบล็อกเชน และข้อจำกัดที่พบเจอ รวมทั้งการทำให้บล็อกเชนสามารถทำงานบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ทำให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนาและทดสอบการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ 3<sup>rd</sup> Party ที่จะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานของแพลตฟอร์มในส่วนถัดไป เพื่อให้ผู้ที่อ่านงานวิจัยนี้เข้าใจและเห็นภาพการทำงานของแพลตฟอร์มมากยิ่งขึ้น



จากภาพบล็อกเชนที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ทำงานบน AWS (Amazon Web Services) และทำการสร้างเครื่องเซิร์ฟเวอร์จำลอง (Virtual machine) โดยใช้ Service ที่ชื่อว่า EC2 ของ AWS และเลือกประเภทของขนาดเครื่องเป็น t2.small ซึ่งจะมีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) จำนวน 1 หน่วย มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) จำนวน 2 GB มีพื้นที่เก็บข้อมูล (ROM) 8 GB และทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ Ubuntu 22.04 ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับการทำงานของบล็อกเชนที่ใช้ในการวิจัยนี้ ซึ่งก่อนหน้านี้ได้จำนวนเครื่องที่มีหน่วยความจำชั่วคราวขนาด 1 GB พบว่าโครงข่ายไม่สามารถทำงานได้

โครงข่ายของบล็อกเชนของงานวิจัยนี้เป็นการจำลองโดยใช้ Docker เพื่อการสร้างโหนดในโครงข่าย ซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็ว แต่ว่าวิธีนี้เป็นเพียงวิธีเพื่อใช้ในการทดสอบตามแนวคิดที่ได้ออกแบบไว้ (Proof of concept) โดยมีรายการของ Container ของ Docker ดังภาพ

```
CONTAINER ID   NAMES
4b3b907b4dce  dev-peer0.org1.example.com-token_erc20_1.0-af5bfdcc45833bd515ad5655bfe6e6012028f716bd869d22dbd8ddea20cb283
9d1768d2205a  dev-peer0.org3.example.com-token_erc20_1.0-af5bfdcc45833bd515ad5655bfe6e6012028f716bd869d22dbd8ddea20cb283
85daca203199  dev-peer0.org2.example.com-token_erc20_1.0-af5bfdcc45833bd515ad5655bfe6e6012028f716bd869d22dbd8ddea20cb283
fc5d294940c3  cli
c2427694fce2  peer0.org3.example.com
0e47bdd7ac4b  peer0.org2.example.com
9b21803bb1fd  peer0.org1.example.com
a40867b43d6b  orderer.example.com
39661b46667d  ca_org1
ae2f319f2a5f  ca_orderer
82a35d397ea6  ca_org2
f4ea36eb2ba1  ca_org3
```

จากภาพจะประกอบไปด้วย 12 Containers โดยที่สามารถแบ่งได้ออกเป็น 4 ประเภท

1. ที่ขึ้นต้นด้วย dev-\* จะเป็น Container สำหรับการทำงานของ Chaincode หรือสัญญาอัจฉริยะที่เขียนโค้ดด้วยภาษา Javascript สำหรับการทำงานในฟังก์ชันต่าง ๆ ของแพลตฟอร์ม
2. Cli container เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ Channel ของโครงข่าย เนื่องจาก Hyperledger blockchain นั้นสามารถออกแบบให้ใช้งานเป็นหลาย Channel สำหรับหลายกลุ่มองค์กรได้
3. ที่ลงท้ายด้วย \*.example.com จะเป็น Container ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการทำธุรกรรมหรือ Transaction flow ของบล็อกเชน
4. ที่ขึ้นต้นด้วย ca\_\* จะเป็น Container ที่ใช้ในการจัดการข้อมูลผู้ใช้ของแต่ละองค์กร โดยการตรวจสอบ Private key และ Public key ในทุกครั้งที่ทำธุรกรรม รวมถึงการตรวจสอบสิทธิ์ในการใช้งานด้วย

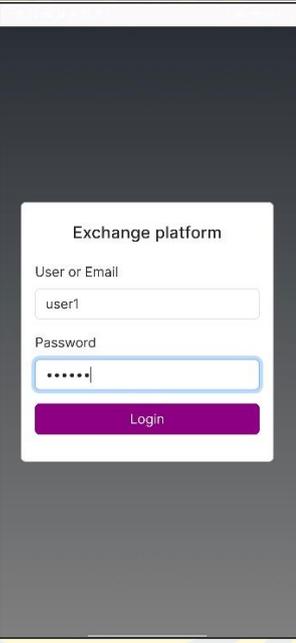
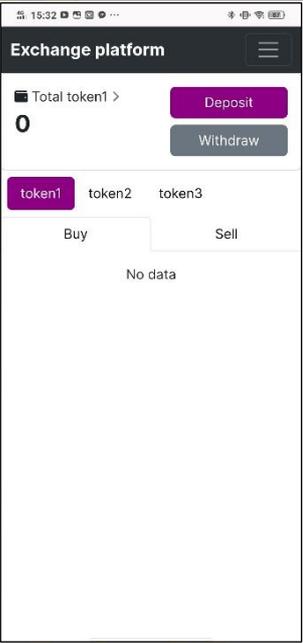
อีกส่วนหนึ่งที่จำเป็นในการทำงานที่จะช่วยเชื่อมต่อระหว่างแอปพลิเคชันและบล็อกเชนคือ API (Application Programming Interface) ผู้วิจัยได้พัฒนา API ด้วยภาษา Typescript โดยใช้เครื่องมือที่ชื่อว่า Fabric gateway สำหรับการเชื่อมต่อกับแก้ไขข้อมูลบนบล็อกเชน ผ่านทาง Chaincode นอกจากการเชื่อมต่อกับบล็อกเชน API ต้องเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ 3<sup>rd</sup> Party ที่มาเข้าร่วมโครงข่าย เพื่อใช้ในการแก้ไขและตรวจสอบจำนวนคะแนนสะสมของผู้ใช้จากแต่ละองค์กร และให้ API ทำงานตลอดเวลาด้วยเครื่องมือที่ชื่อว่า pm2

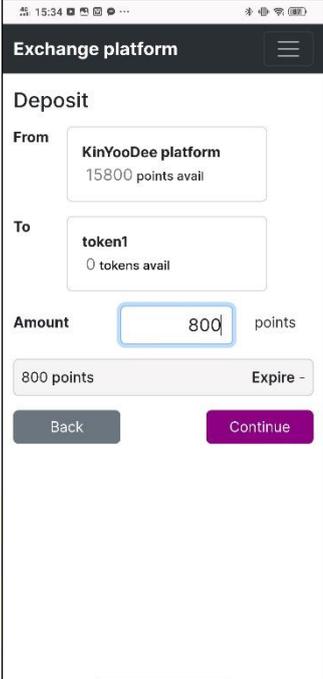
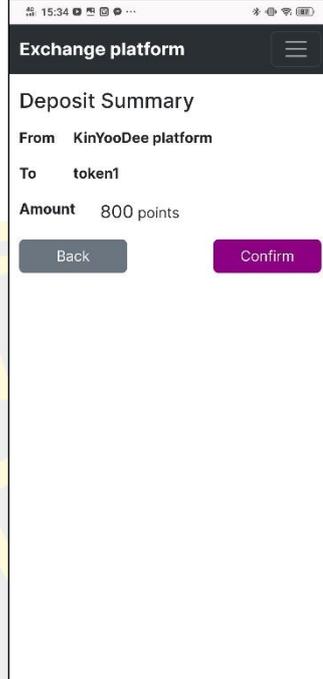
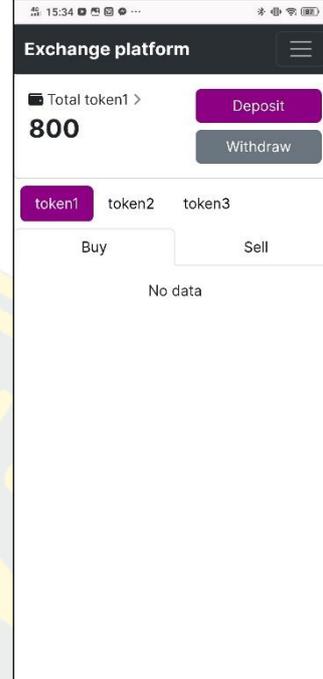
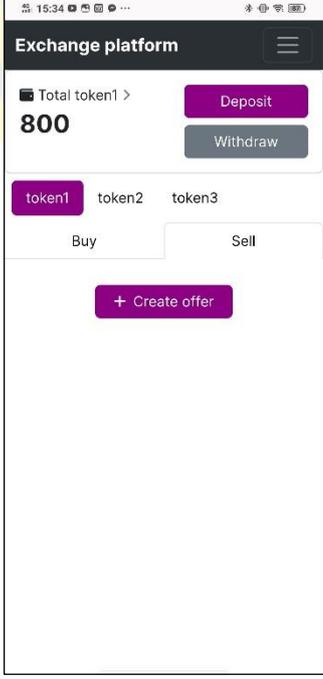
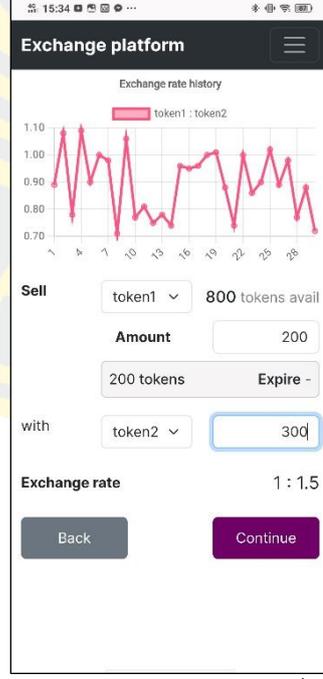
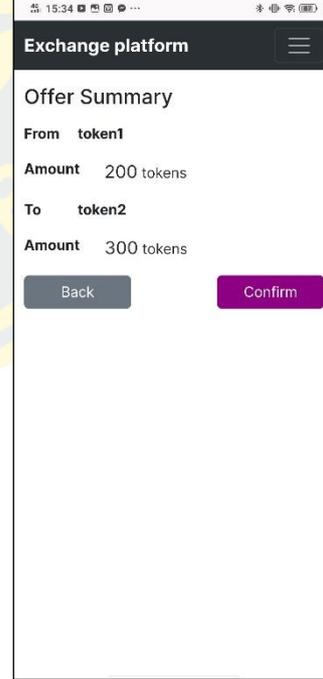
id	name	namespace	version	mode	pid	uptime	U	status	cpu	mem	user	watching
0	run-api	default	N/A	Fork	23912	5D	196	online	0%	3.3mb	ubuntu	disabled

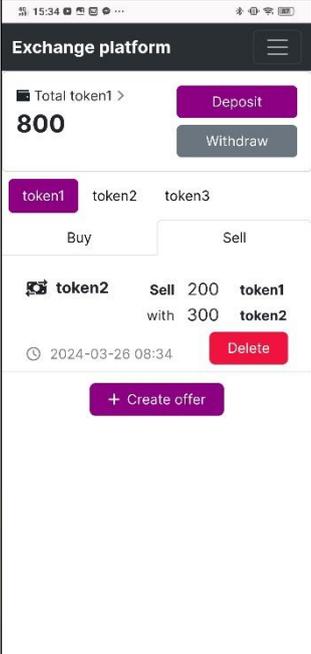
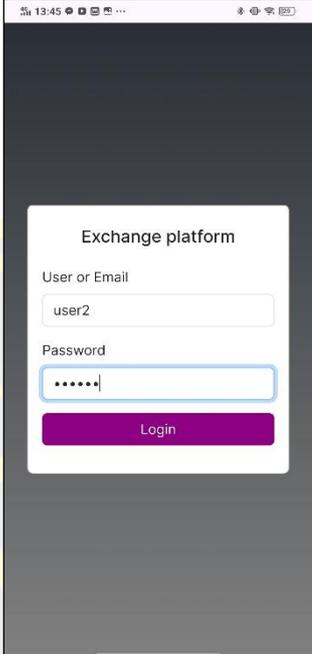
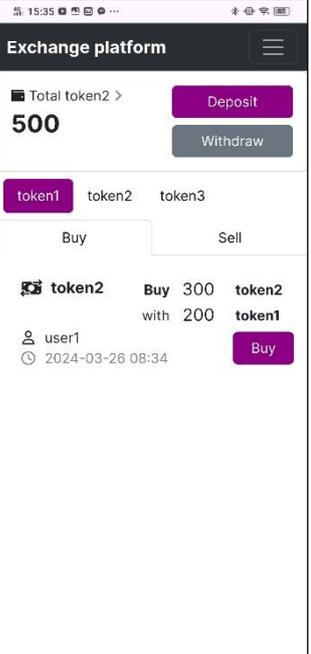
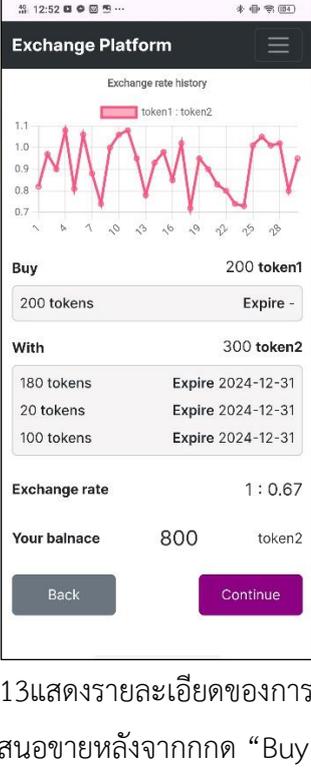
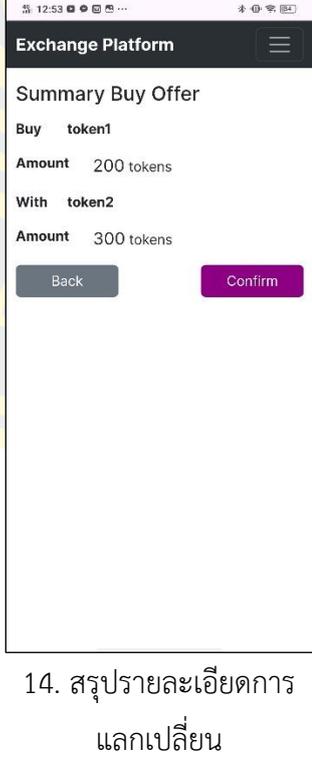


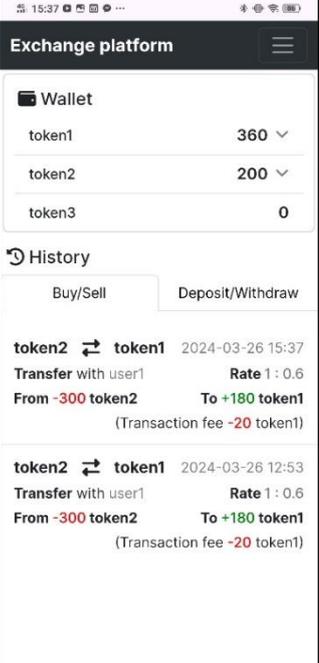
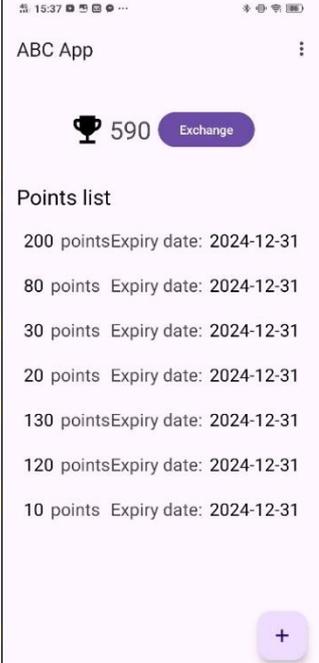
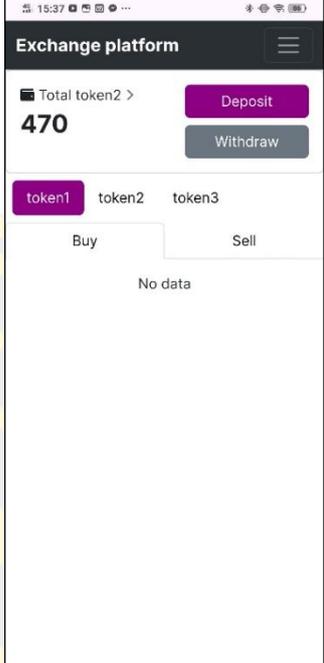
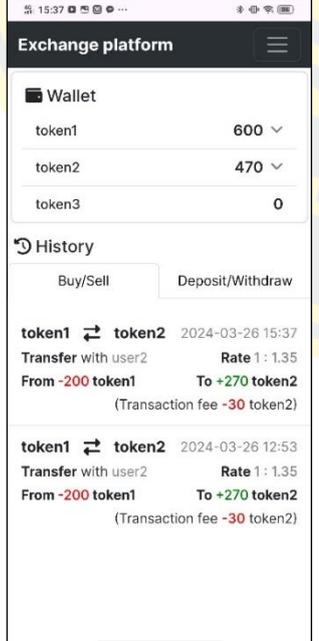
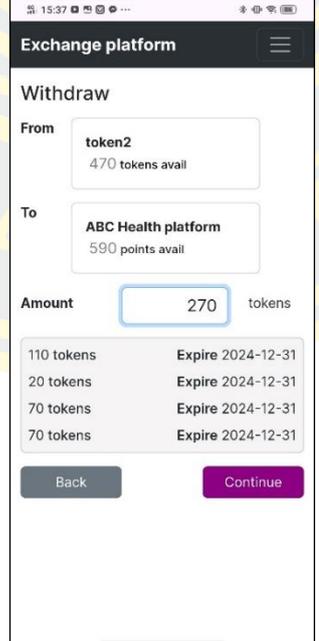
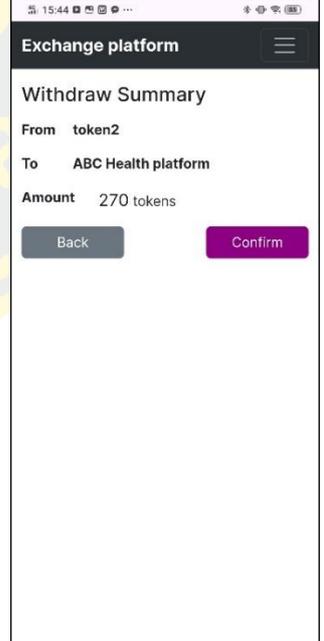
ภาคผนวก ข  
ตัวอย่างการใช้งาน

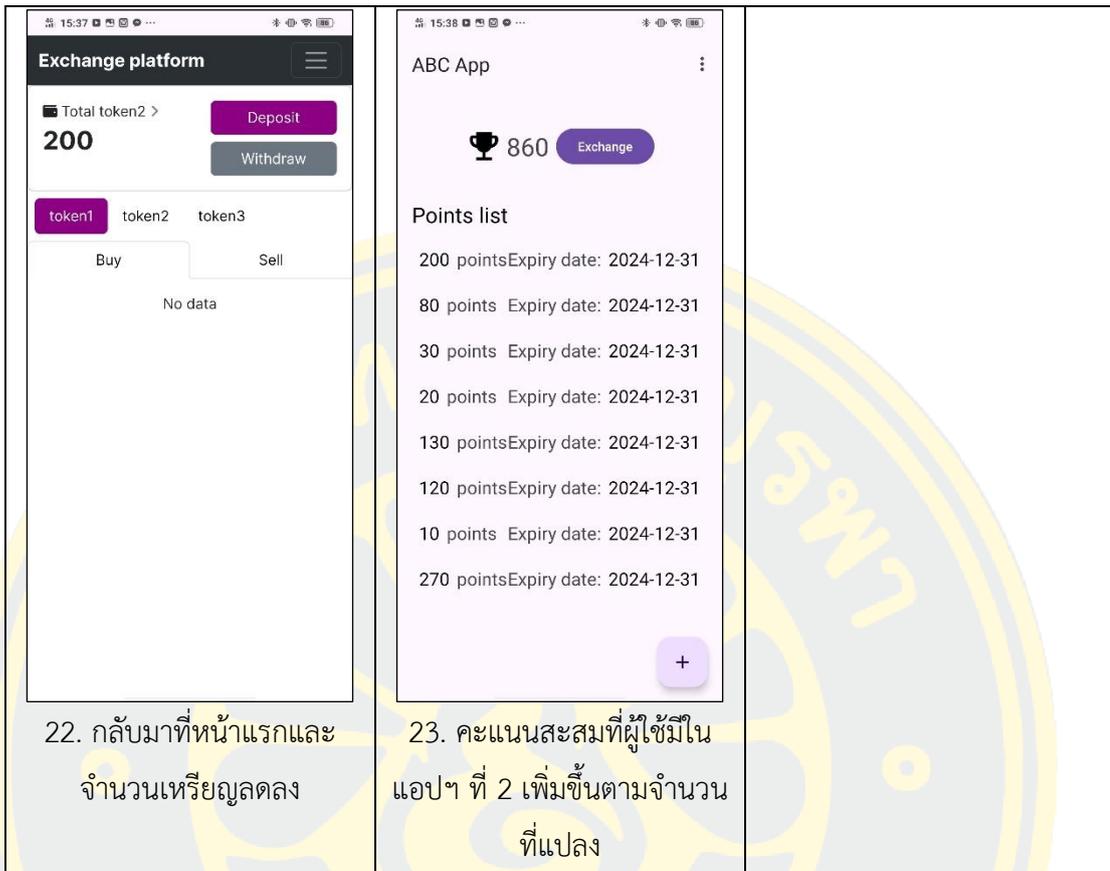
ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงลำดับการทำงานของแพลตฟอร์มผ่านการจำลองการใช้งานของผู้ใช้ 2 ผู้ใช้ ที่อยู่กันต่างองค์กรมาทำการแลกเปลี่ยนเหรียญระหว่างกันในแพลตฟอร์ม ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การแปลงคะแนนสะสมของแอปฯ A ไปเป็นเหรียญ “token1” จากนั้นแลกเปลี่ยนจากเหรียญ “token1” ไปเป็นเหรียญ “token2” และสุดท้ายแปลงจากเหรียญ “token2” ไปเป็นคะแนนสะสมของแอปฯ B ซึ่งจะครอบคลุมขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของแพลตฟอร์ม

		
<p>1. เข้าแพลตฟอร์มจากแอปฯ 3<sup>rd</sup> Party</p>	<p>2. เข้าสู่ระบบ</p>	<p>3. แสดงหน้าหลักของฟอร์ม แพลตฟอร์ม</p>

		
<p>4. ผู้ใช้แปลงจากคะแนนสะสม เป็นเหรียญ เพื่อนำมา แลกเปลี่ยนในแพลตฟอร์ม</p>	<p>5. แพลตฟอร์มแสดง รายละเอียดจำนวน</p>	<p>6. จำนวนเหรียญเพิ่มขึ้น หลังจากการแปลงคะแนน สะสมเป็นเหรียญ</p>
		
<p>7. เข้าร่วมการสร้างการเสนอ ขาย</p>	<p>8. กรอกจำนวนเหรียญที่ ต้องการขายและตั้งซื้อ</p>	<p>9. แพลตฟอร์มสรุปข้อมูลของ การเสนอขาย</p>

		
<p>10. แสดงรายการเสนอขาย ของตนเอง</p>	<p>11. เปลี่ยนเป็นผู้ใช้คนที่ 2 ใน แพลตฟอร์ม</p>	<p>12. แสดงข้อมูลคล้ายกับ user1 แต่ชนิดของเหรียญที่ แสดงจะเป็น token2</p>
		
<p>13แสดงรายละเอียดของการ เสนอขายหลังจากกด “Buy”</p>	<p>14. สรุปรายละเอียดการ แลกเปลี่ยน</p>	<p>15. เมื่อยืนยันการซื้อรายการ เสนอขายจะถูกลบ</p>

		
<p>16. ผู้ใช้สามารถดูประวัติการแลกเปลี่ยนได้เมื่อกดที่ไอคอนกระเป๋าสเงิน</p>	<p>17. เปลี่ยนกลับมาที่ user1 แต่จะใช้งานผ่านแอปฯ 3<sup>rd</sup> Party ที่ 2</p>	<p>18. เมื่อเข้าใช้งานแพลตฟอร์ม จะแสดงประเภทของเหรียญตามแอปฯ ที่ผู้ใช้เข้า</p>
		
<p>19. ผู้ใช้สามารถดูประวัติการแลกเปลี่ยนได้เมื่อกดที่ไอคอนกระเป๋าสเงิน</p>	<p>20. ผู้ใช้แปลงจากเหรียญไปเป็นคะแนนสะสม</p>	<p>21. แสดงละเอียดจำนวนเหรียญที่แปลง</p>



Exchange Platform Logout

History

@ Username  Search

All token1 token2 token3

Total supply		Buy/Sell		Deposit/Withdraw	
token1	1000	token1	token2	2024-03-26 12:53:04	token1 ← KinYooDee platform +1000
token2	1020	user1 -200 token1 → +270 token2			user1 2024-03-26 12:51:08
token3	0	user2 -300 token2 → +180 token1			token2 → ABC Health platform -290
					user1 2024-03-26 12:54:09
					token2 ← ABC Health platform +220
					user1 2024-03-20 18:14:21
					token2 ← ABC Health platform +600
					user2 2024-03-26 12:52:49
					token2 ← ABC Health platform +200
					user2 2024-03-21 09:57:10

24. ผู้ใช้ทุกคนสามารถเข้าดูแดชบอร์ดกลางที่แสดงการแลกเปลี่ยนของทุกผู้ใช้ในระบบได้

## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นำชัย โสไกร
วัน เดือน ปี เกิด	5 กรกฎาคม 2537
สถานที่เกิด	111/1 หมู่ 3 ต.น้ำสุต อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	17/83 ต.บางปลาสร้อย อ.เมือง จ.ชลบุรี

