

ข้อเสนอโครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิชา 01076014 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

1.	ชื่อหัวข้อโครงงาน (ไทย) <u>กระเป๋าสตางค์ฮาร์ดแวร์สำหรับสกุลเงินเข้ารหัส</u>								
2.	ชื่อหัวข้อโครงงาน (อังกฤษ) <u>Cryptocurrency Hardware Wallet</u>								
		single-board computer, cryp							
	ประเภทโครงงาน (✔)	3							
	✓ 1. HW+SW	☐ 2. SW Dev		☐ 3. Research					
5.	รายชื่อผู้ทำโครงงาน	_							
	5.1. นาย	ธนพล วงศ์อาษา	รหัส	62010356					
	5.2. นาย	นนทกร จิตรชิรานันท์	รหัส	62010452					
6.	อาจารย์ที่ปรึกษา								
	6.1. อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	คร. ปริญญา เอกปริญญา	1						
	6.2. อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม								

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา (Motivation)

Cryptocurrency หรือสกุลเงินเข้ารหัส เป็นสกุลเงินดิจิทัลถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยน ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ข้อมูลความเป็นเจ้าของเหรียญ Cryptocurrency จะถูกบันทึกไว้ในบัญชีแยกประเภทแบบ ดิจิทัล หรือที่เรียกว่า Digital Ledger ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลที่นำเอาวิทยาการเข้ารหัสลับแบบกุญแจอสมมาตร (Asymmetric Cryptography หรือ Public-key Cryptography) มาประยุกต์ใช้เพื่อรักษาความปลอดภัยของบันทึก ธุรกรรมรายละเอียดจำนวนเงินเข้าและออก ทำให้สามารถตรวจสอบยืนยันความเป็นเจ้าของเหรียญ Cryptocurrency ได้

Cryptocurrency Hardware Wallet หรือกระเป๋าสตางค์ฮาร์ดแวร์สำหรับสกุลเงินเข้ารหัส เป็นอุปกรณ์ที่ถูก ออกแบบมาเพื่อเก็บรักษาข้อมูลกุญแจที่ใช้กับ Digital Ledger อุปกรณ์ Cryptocurrency Hardware Wallet มักถูก ใช้งานในกรณีที่มีทรัพย์สินดิจิทัลในกระเป๋าสตางค์มีมูลค่าสูง อุปกรณ์ในกลุ่มนี้จึงถูกออกแบบให้ไม่สามารถเชื่อม เชื่อมต่อกับเครือข่ายใดๆ ด้วยเหตุผลด้านความปลอดภัย ทำให้ความสามารถของ Cryptocurrency Hardware Wallet มีจำกัด และมักต้องใช้งานร่วมกับ smart devices อื่น ๆ

โครงงานนี้มุ่งหมายเพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนา Cryptocurrency Hardware Wallet โดยใช้ single-board computer เพื่อรองรับรูปแบบการใช้งาน Cryptocurrency ที่หลากหลาย ในขณะที่ยังคงความสามารถในการจัดเก็บ กุญแจให้มีความปลอดภัย เนื่องจากแต่เดิมนั้น Cryptocurrency Hardware Wallet ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับ รูปแบบการใช้เพื่อเซ็นรับรองธุรกรรมเช่นการโอนเงินเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันความนิยมในการใช้งาน Cryptocurrency ไม่ได้จำกัดเพียงการโอนเงิน แต่ยังครอบคลุมการใช้ distributed application และการซื้อขายงาน ศิลปะผ่าน Non-fungible Token เป็นต้น ซึ่งการเพิ่มความสามารถให้กับ Cryptocurrency Hardware Wallet จะ เป็นการลดความจำเป็นที่ต้องพึงพา smart devices

2. วัตถุประสงค์ (Objectives)

- 1. เพื่อศึกษาและพัฒนา hardware wallet ซึ่งสามารถลดความจำเป็นในการใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น
- 2. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบ hardware wallet ด้วย single-board computer และอุปกรณ์ต่อพ่วง ที่หาได้ตามท้องตลาด
- 3. เพื่อศึกษาเพิ่มเติมความสามารถของ hardware wallet ในการจัดการกับ NFTs

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Theoretical Background)

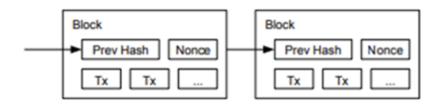
3.1 Blockchain [1]

Blockchain เป็นเทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะแบบกระจายศูนย์ ซึ่งอยู่ในระบบเครือข่าย คอมพิวเตอร์ โดยที่ตัวระบบมีลักษณะไม่มีศูนย์กลางในลักษณะแบบ Peer-to-peer ระบบเครือข่ายนั้นจะมีข้อกำหนด ที่ทำให้ แต่ละจุดในเครือข่ายเห็นข้อมูลชุดเดียวกันทั้งหมด

แนวคิดของ Blockchain นั้นได้เริ่มกล่าวถึงในปี ค.ศ. 1991 โดย Stuart Haber และ W. Scott Stornetta โดยทั้งคู่ ได้เสนอแนวทางระบบสำหรับเอกสารที่มีการบันทึกเวลา (Timestamps) เพื่อไม่ให้มีการมาดัดแปลงแก้ไข จนกระทั่งปี ค.ศ. 2008 ได้มีเอกสาร Bitcoin ปรากฏตัวขึ้นและ ต่อมาเครือข่ายของมันก็กำเนิดขึ้นในเดือนมกราคม ปี ค.ศ.2009 โดยบุคคลหรือกลุ่มคนผู้ใช้นามแฝงว่า Satoshi Nakamoto ทำให้แนวคิด Blockchain นั้นเป็นจริง Bitcoin คือสกุลเงินเหรียญดิจิตอล ที่ไม่มีสถาบันการเงินเข้ามาควบคุม และใช้ระบบ Blockchain เป็นระบบในการทำ ธุรกรรม (Transaction) โดยไม่ต้องผ่านบุคคลที่สาม

3.1.1. หลักการทำงาน

ลักษณะการเก็บข้อมูลของ Blockchain นั้นจะเป็นการเก็บข้อมูลธุรกรรมสัญญาทั่วไป (Transaction) ลง Block หลายๆ Block และแต่ละ Block จะมีการเชื่อมโยงกันเป็นห่วงโซ่ (Chain) ยาวเป็นสายเดียว ภายใน Block นั้นจะมีค่า Hash Block ก่อนหน้าเพื่ออ้างอิงเป็นลูกโซ่และตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อระหว่าง block1

หาก Block มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจะทำให้ค่า Hash ของ Block นั้นเปลี่ยนตาม ส่งผลให้ Block ที่มีการ เชื่อมต่อก่อนหน้านั้นไม่สามารถอ้างอิงถึง Block ที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ และนำไปสู่กระบวนการตรวจสอบ ความถูกต้องในระบบเครือข่ายภายหลัง เนื่องจากมีการเรียง Block ไม่ตรงกับ จุดอื่นภายในเครือข่าย หรือหากมีความ จำเป็นต้องแก้ไข Block นั้น Block ลำดับถัดไปที่มาต่อหลังจาก Block นี้ต้องแก้ไขค่า Hash ใหม่ตามทั้งหมด การ แก้ไขข้อมูลจึงเป็นเรื่องยากและทำให้มีความปลอดภัยสูงหากมี Block ต่อหลังเป็นจำนวนมาก

3.1.2. ขั้นตอนการทำงาน

- 1. CREATE คือ การสร้าง Block ที่บรรจุคำสั่งขอทำรายการธุรกรรม
- 2. BROADCAST คือ ทำการกระจาย Block ใหม่นี้ให้กับทุก Node ในระบบ และบันทึกรายการ ธุรกรรมลง Ledger ²ให้กับทุก Node เพื่ออัพเดตว่ามี Block ใหม่เกิดขึ้นมา

¹ ที่มาภาพจาก https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

² บันทึก หรือสมุดบันทึกการเคลื่อนใหวของบัญชี

3. VALIDATION คือ Node อื่น ๆ ในระบบทำการยืนยันและตรวจสอบข้อมูลของ Block นั้นว่าถูกต้อง ตามเงื่อนไข Validation โดยกระบวนการทำ Consensus ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทำ Validation

3.1.3. องค์ประกอบ

Block คือ ชุดบรรจุข้อมูลซึ่งมี 2 ส่วนคือส่วนของสิ่งของต่าง ๆ ที่ใส่เข้าไปเรียกว่า Item และส่วนแปะหัว กล่องหรือ Header เพื่อใช้บอกให้คนอื่นทราบว่าบรรจุอะไรมา (แต่เปิดดู Item ภายในนั้นไม่ได้)

Chain คือ หลักการจดจำทุก ๆ ธุรกรรมของทุก ๆ คนในระบบและบันทึกข้อมูลพร้อมจัดทำเป็นสำเนาบัญชี Ledger แจกจ่ายให้กับทุกคนในระบบ

Consensus คือ ข้อตกลงร่วมกัน

Validation คือ การตรวจสอบความถูกต้องแบบทบทวนทั้งระบบและทุก Node

3.2 Smart Contract [2]

Smart Contract เป็นกระบวนการทางดิจิทัล ที่มีการกำหนดขั้นตอนในการปฏิบัติ ไว้ล่วงหน้าก่อน และถูก สร้างขึ้นโดนไม่อาศัยตัวกลาง การใช้งาน Smart Contract คือการใช้งานชุดคำสั่งดังกล่าวนี้ โดยคู่สัญญาจะตกลงถึง ขั้นตอนและกลไกก่อนที่จะทำธุรกรรม

แนวคิดของ Smart Contract ที่กล่าวถึงบ่อยในปัจจุบัน เกิดมาจาก Nick Szabo โดยมีการเสนอความคิดไว้ว่า Blockchain สามารถนำมาใช้เป็นสื่อกลางในการทำให้เกิดข้อตกลงสัญญาอัจฉริยะ หรือ Smart Contracts ขึ้นมาได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีตัวกลางมาตรวจสอบว่าสัญญาเป็นได้จริงหรือไม่

ตัวอย่างการใช้งาน Smart Contract จะยกตัวอย่างการซื้อขายรถยนต์ และเป็นการทำสัญญาระหว่างสองฝ่าย อลิซ และ บ๊อบ โดยทั่วไปหากใช้งานสัญญาปกติ จำเป็นจะต้องมีตัวกลางเป็นบุคคลที่สามที่เชื่อถือได้ เพื่อยืนยัน ความถูกต้องของสัญญาก่อน ซึ่งเป็นกระบวนการซับซ้อน ใช้เวลานานและต้องเสียค่าธรรมเนียมจำนวนมาก แต่ หากใช้งาน Smart Contract อลิซ และ บ๊อบสามารถออกแบบขั้นตอนที่สัญญาจะทำ จากนั้นจึงใช้ระบบ Blockchain ในการยืนยันความถูกต้องของสัญญา

3.2.1. เครื่องมือที่ใช้พัฒนา [3]

3.2.1.1. Solidity

เป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุที่มุ่งเน้นในการเขียนด้าน Smart Contract มีไวยากรณ์คล้ายกับ JavaScript, C ++ หรือ Java

3.2.1.2. Etherscan

Etherscan เป็น Blockchain Explorer ³และแพลตฟอร์มการวิเคราะห์ที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับ ธุรกรรมบล็อคเชน Ethereum ที่กำลังรอดำเนินการ หรือได้รับการยืนยัน

Etherscan เป็นเครื่องมือสำหรับค้น และตรวจสอบข้อมูลสาธารณะทั้งหมดบนบล็อกเชน Ethereum และบางครั้งเรียกว่า "Ethplorer" ข้อมูลนี้รวมถึงข้อมูลธุรกรรม ที่อยู่กระเป๋าเงิน Smart Contract และอื่นๆ อีกมากมาย

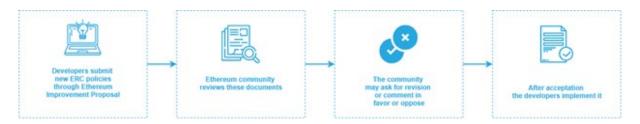
3.3 Tokens [4]

tokens คือเหรียญ cryptocurrency ที่ถูกสร้างขึ้น โดยไม่ได้มี blockchain เป็นของตัวเอง โดย สร้างอยู่บน Blockchain ของเหรียญอื่น เช่น เหรียญ UNI ถูกสร้างขึ้นบน Blockchain ของ Ethereum โดยอาจจะถูกสร้างโดย smart contract เพื่อใช้ในวัตถุประสงค์ที่เจาะจง เพื่อใช้ในระบบนิเวศน์ บางอย่าง

³ เครื่องมือสำหรับตรวจสอบข้อมูล การเคลื่อนไหวของ Blockchain

3.3.1. Ethereum Request for Comment [3]

เรียกโดยชื่อย่อว่า ERC ถือเป็นขั้นตอนในการพัฒนา Ethereum แบบหนึ่ง ซึ่งจะถูกสร้างเพื่อให้สมาชิก ผู้พัฒนา Ethereum ให้ความเห็น ทั้งทางเทคนิคและมาตรฐานก่อนที่จะมีการนำไปใช้งานจริงในเครือข่าย Ethereum



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการบัญญัติ ERC⁴

 $^{^4}$ ที่มาภาพจาก https://articles.devsight.me/smart-contract-%E0%B8%9A%E0%B8%99-ethereum-public-blockchain-permissionless-blockchain-%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2-solidity-path-3-95eb4a3c9cae

3.3.1.1. ERC20

เป็นมาตรฐานในการพัฒนาที่นิยมใช้ใน token รูปแบบ Fungible Token และอนุญาตให้ใช้รูปแบบ Application Programming Interface (API) ภายใน smart contract (ส่วนใหญ่ใช้ใน ICOs 5)

โดยที่ Fungible Token (FT) เป็นทรัพย์สินที่มีคุณสมบัติความสามารถทดแทนกันได้ ยกตัวอย่าง เช่น ธนบัตรชนิดราคา 20 บาทที่ได้รับจากแม่ค้ากับธนบัตรชนิดราคา 20 บาทที่ได้รับจากธนาคาร สามารถใช้ ทดแทนกันได้เนื่องด้วยคุณสมบัติความสามารถทดแทนกัน

3.3.1.2. ERC721

เป็นมาตรฐานในการพัฒนาที่นิยมใช้ใน token รูปแบบ Non-Fungible Token และอนุญาตให้ใช้ รูปแบบ Application Programming Interface (API) ภายใน smart contract นอกจากนั้นยังมีฟังก์ชันการถ่ายโอน และติดตาม Non-Fungible Tokens

โดยที่ Non-Fungible Token (NFT) เป็นทรัพย์สินที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันและไม่สามารถทดแทน กันได้ ยกตัวอย่างเช่น ที่ดินบ้านของครอบครัวกับที่ดินบ้านของเพื่อนไม่สามารถทดแทนกันได้ หรือ แมวของครอบครัว กับแมวของเพื่อนไม่สามารถทดแทนกันได้

3.4 Crypto Wallet [5]

การใช้งาน cryptocurrency จำเป็นต้องใช้ private key ซึ่งเป็นกุญแจสำหรับใช้ทำธุรกรรมบน blockchain โดยผู้ใช้จำเป็นต้องรักษาไว้ หากสูญหายจะทำให้ไม่สามารถเข้าถึงสินทรัพย์ได้ และหากมีการโจรกรรม โดยมิจฉาชีพก็ สามารถก่อให้เกิดการสูญเสียทรัพย์สินในบัญชีได้

กระเป๋าเงินดิจิตอล หรือ crypto wallet จึงเป็นเครื่องมือเพื่ออำนวยความสะดวกในการเก็บ private key เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน cryptocurrency

⁵ Initial Coin Offerings หรือเป็นการระคมทุน โดยใช้เหรียญ Token เพื่อเป็นหลักประกันในการระคมนั้น ๆ

3.4.1. ประเภทของ Wallet

crypto wallet สามารถแบ่งออกได้หลายลักษณะ ตามลักษณะการใช้งาน โดยรูปแบบที่นิยมแบ่งสามารถ แบ่งออกได้ 2 ประเภท ดังนี้

- 1. hot wallet คือกระเป๋าที่สร้างโดยใช้ระบบดิจิทัล และเชื่อมต่อกับเครือข่ายอยู่ตลอดเวลา ซึ่ง โดยทั่วไปมักจะถูกสร้างโดยใช้ software อย่างเดียว จุดเด่นของ hot wallet คือใช้งานง่าย สะดวกเหมือนระบบการเงินโดยทั่วไป สามารถเข้าถึงได้ง่าย ถ่ายโอนสินทรัพย์ รวมถึงสร้างธุรกรรมได้สะดวก แต่มีข้อเสียเนื่องจากจำเป็นต้องเชื่อมต่อกับระบบ เครือข่ายอยู่ตลอดจึงมีความเสี่ยงที่อาจถูกโจมตีจากระบบเครือข่ายได้
- 2. cold wallet คือกระเป๋าเงินที่ไม่มีการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หากผู้ใช้ต้องการทำธุรกรรม จะต้องดึงข้อมูลออกจาก cold wallet และนำข้อมูลนั้นส่งต่อไปที่อื่นเพื่อทำธุรกรรม จึงจะสามารถ ทำให้เกิดธุรกรรมขึ้นได้

cold wallet ที่ได้รับความนิยมมี 2 รูปแบบ ได้แก่ paper wallet คือการบันทึก wallet address และ private key ในกระดาษ ทั้งในรูปของการจดหรือ pattern ที่สามารถแปลงเป็น wallet address และ private key ได้ อีกรูปแบบหนึ่งคือ hardware wallet ซึ่งเป็นอุปกรณ์เก็บรหัส มักออกแบบด้วยรูปแบบบัตรหรือ thumb drive

จุดแข็งของ cold wallet คือด้านความปลอดภัย เนื่องจากการจะเข้าถึง private key นั้นต้องเข้าถึงตัว wallet โดยตรง ซึ่งลดโอกาสการโดนโจมตีทางดิจิทัลได้อย่างมาก ขณะเดียวกัน จุดด้อยของ cold wallet คือหากสูญ หาย ก็ยากที่จะเข้าถึงการใช้งานใน private key ได้

จากคุณสมบัติข้างต้นของทั้ง 2 ประเภท สามารถระบุได้ว่า hot wallet เหมาะกับผู้ใช้งาน cryptocurrency ทั่วไปหรือผู้ที่ต้องใช้งานรายวัน เก็บจำนวนเหรียญไว้ไม่สูง เพื่อความคล่องตัวในการใช้งาน ขณะที่ cold wallet เหมาะกับผู้ที่ต้องการเก็บ cryptocurrency จำนวนหรือมีมูลค่ามาก เพื่อการเก็บรักษามากกว่าโอนถ่ายใช้งานเหรียญ

3.4.2. Hardware Wallet [6]

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Cryptocurrency wallet ประเภทหนึ่งซึ่งมีหน้าที่ในการเก็บ Private Key ของ ผู้ใช้ไว้เพื่อใช้ในการทำธุรกรรม ข้อดีของ hardware wallet คือ

- 1. พกพาได้สะดวก
- 2. มีความปลอดภัยสูง

ตัวอย่าง hardware wallet ที่วางขายในท้องตลาดได้แก่ Ledger, Trezor, SafePal เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ มีความปลอดภัยสูงและมีความสามารถแตกต่างกันไป ให้เลือกใช้ได้ตามที่ผู้ใช้ หรือสามารถสร้างด้วยตนเองได้ โดยมี รูปแบบหนึ่งเป็นที่นิยมซึ่งสร้างโดยใช้บอร์ด Raspberry Pi เรียกว่า PiTrezor

3.5 Web Application

web application เป็นซอฟต์แวร์ที่รันอยู่บน web server และส่วนใหญ่สามารถเข้าถึงได้ผ่าน web browser มี การทำงานเป็นสถาปัตยกรรมแบบ client-server [7]

3.5.1. การพัฒนา Web Application ในปัจจุบัน

web application ส่วนใหญ่สามารถแบ่งส่วนการทำงานได้เป็น 2 ส่วนคือ front-end และ back-end โดย การพัฒนาแอปพลิเคชันในฝั่ง front-end จะเป็นส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้และส่วน back-end จะเป็นส่วนติดต่อกับ database, API, และการทำกิจกรรมอื่น ๆ เบื้องหลังเช่นการเก็บ log การเรียกใช้ทรัพยาก เป็นต้น [8]

ในปัจจุบันการพัฒนาแอปพลิเคชันทั้ง 2 ฝั่งมีการนำ framework และ library มาใช้งานเพื่อให้ผู้พัฒนา สามารถทำงานได้ง่ายขึ้น

ข้อดีของการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย framework/library คือ ซอฟต์แวร์มีเสถียรภาพมากขึ้น, ผู้พัฒนาสามารถ พัฒนาซอฟต์แวร์ได้เร็วยิ่งขึ้น, รูปแบบโค้ดมีความเป็นมาตรฐานและสม่ำเสมอ, และประสบการณ์การใช้งานของผู้ใช้ที่ ดีขึ้น

ข้อเสียของการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย framework/library คือ ซอฟต์แวร์อาจมีความซับซ้อนมากขึ้นโดยไม่ จำเป็น, การดัดแปลงซอฟต์แวร์เดิมให้เข้ากับ framework/library ทำได้ยาก, แนวทางพัฒนาถูกจำกัด, การเปลี่ยน version ของ framework/ library อาจทำให้เกิดบัค, และผู้พัฒนาต้องใช้เวลาในการศึกษาใช้งาน [9]

3.5.2. React JS (ย้ายไปส่วนผลการศึกษา)

React เป็น front-end JavaScript library สำหรับการทำ website ที่เป็น single-page application นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานได้ฟรีและเป็น open source โดยมีจุดเด่นที่การมองส่วนประกอบของ user interface เป็น component [10]

จุดเด่นของ React [11] คือ

1. การโค้ดเน้นที่ให้โปรแกรม "ทำอะไร" ไม่ใช่ "ทำอย่างไร" จึง debug ได้ง่ายและผลลัพธ์มีความแน่นอน สม่ำเสมอ

2. มองส่วนของโปรแกรมเป็นชิ้นส่วนย่อยที่ไม่ขึ้นต่อกัน (Component) การใช้งานเพียงนำแต่ละส่วนมา ประกอบต่อกันจะสามารถทำเป็น user interface ได้โดยง่าย นอกจากนี้ยังสามารถใช้ JavaScript ใน การควบคุมการทำงานของแต่ละชิ้นส่วนได้โดยตรงโดยอยู่ในรูปของ JSX

3. ไม่มีข้อจำกัดทางด้าน tech stack และหากต้องการทำโปรแกรมในรูปแบบอื่นเช่น mobile application ก็สามารถเลือกใช้ React Native ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันในกาพัฒนาได้เช่นกัน

การพัฒนา front-end ด้วย React ซึ่งในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากขึ้น จึงมีการพัฒนาเป็น package ขึ้นมา เพื่อให้พัฒนาได้ง่ายขึ้น สำหรับ package ที่นิยมใช้งานกันเช่น

- 1. React Router เป็น package สำหรับทำการ routing ทั้งฝั่ง client-side และ server-side [12]
- 2. Redux เป็น state management package สำหรับแอปพลิเคชัน JavaScript ในปัจจุบันแนะนำให้ใช้ งาน Redux Toolkit ซึ่งเป็น library เสริมที่พัฒนาโดยใช้ Redux เป็นแกนหลัก และสำหรับการใช้งาน กับ React แนะนำให้ใช้ package React Redux ควบคู่กันด้วย [13]
- 3. Tailwind CSS เป็น utility CSS framework ที่ช่วยให้สามารถตกแต่ง UI โดยอาศัยการเรียกใช้งาน utility class ต่าง ๆ ที่ตัว package มีมาไว้ให้ นอกจากนี้ยังสามารถทำการปรับแต่งหรือเพิ่มเติม class ได้ตามความต้องการอีกด้วย [14]

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Related Works)

4.1 Security Of Cryptocurrency Using Hardware Wallet and QR Code [15]

งานวิจัยนี้เป็นการทำ Bitcoin wallet บนระบบปฏิบัติการณ์ Android โดยมีการใช้งานแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนที่ เป็น QR code-based application ซึ่งจะทำหน้าที่เป็น hot wallet และส่วนที่เป็น cold wallet ซึ่งทำหน้าที่เก็บ รักษา private key

cold wallet จะถูกใช้งานในรูปแบบ offline เพื่อทำหน้าที่ในการ generate และเก็บ private key สำหรับ ผู้ใช้งาน

hot wallet ที่ได้ทำการพัฒนานี้มีความสามารถในการโอน Bitcoin และช่วยให้ผู้ใช้สามารถติดตามประวัติการ ทำธุรกรรมกับ Bitcoin รวมถึงการ sign transaction ได้อีกด้วยโดยอาศัยการสแกน QR code เพื่อทำการระบุตัวตน ยืนยันตัวตน และตรวจสอบตัวตนของผู้ใช้ เพื่อให้มีความปลอดภัย

4.2 Cryptocurrency Wallet: A Review [16]

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับชนิดของ wallet ที่ใช้ในการเก็บ public key และ private key สำหรับการทำธุรกรรมบน blockchain ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทคือ software, hardware, และ paper ซึ่ง software wallet จะอยู่ในรูปแบบ website, โทรศัพท์เคลื่อนที่, หรือบน Desktop

งานวิจัยนี้เน้นการศึกษาไปที่ wallet ซึ่งสามารถรองรับ cryptocurrency ได้หลายสกุลโดยทำการศึกษาคุณลักษณะในแง่ จำนวนสกุล cryptocurrency ที่รองรับ, ภาวะนิรนาม, ราคา, platform ที่รองรับ, การจัดการ key, วิธีการกู้คืน wallet, และการ รองรับเงินตราที่ไม่มีทุนสำรอง

5. ขอบเขตของโครงงาน (Scope)

- 5.1 hardware wallet สามารถเก็บ cryptocurrency สกุลที่ทำงานอยู่บน Ethereum เท่านั้น
- 5.2 hardware wallet สามารถแสดงข้อมูลของ NFTs ที่มาจาก OpenSea ได้เท่านั้น
- 5.3 NFTs ที่สามารถ trade ได้จะต้องอยู่บน OpenSea เท่านั้น
- 5.4 การโอน cryptocurrency สามารถทำได้เฉพาะกับสกุลที่ทำงานอยู่บน Ethereum เท่านั้น

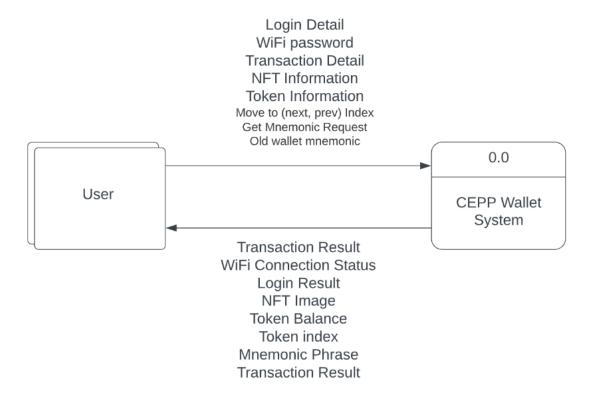
6. การพัฒนาโครงงาน (Project Development)

6.1 ขั้นตอนการพัฒนา (Methodology)

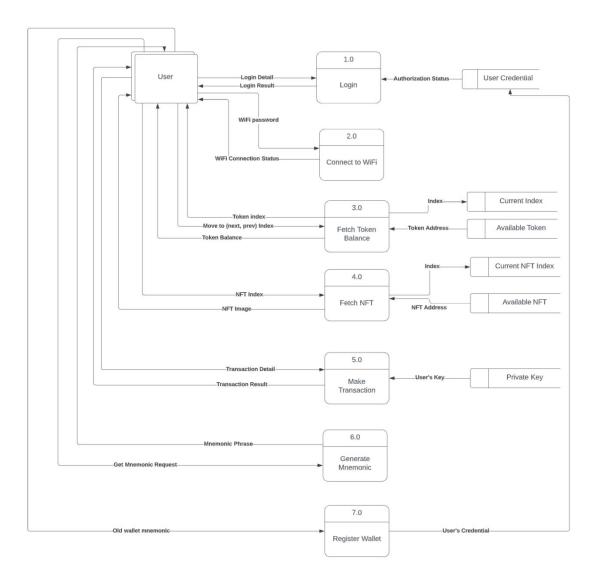
- 1. กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต และเป้าหมายของโครงงาน
- 2. วางแผนการดำเนินโครงงานและแบ่งการรับผิดชอบแต่ละส่วน
- 3. สืบค้นและศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 4. พัฒนาโครงงาน
 - พัฒนา hardware wallet
 - พัฒนา application (user interface) สำหรับ hardware wallet
 - รวมส่วน hardware wallet เข้ากับ application
- 5. ทดสอบความสามารถของ hardware wallet และทำการปรับปรุงแก้ไข
- 6. นำ hardware wallet ที่ได้พัฒนาไปทดสอบกับผู้ใช้งานจริง และปรับปรุงแก้ไขตามข้อติชมที่ได้รับ
- 7. สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำเอกสาร

6.2 การออกแบบ (Design)

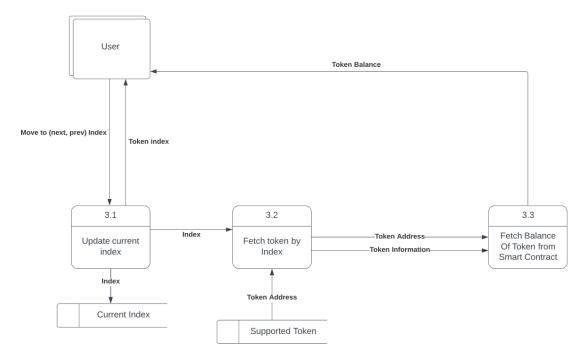
6.2.1. Dataflow Diagram



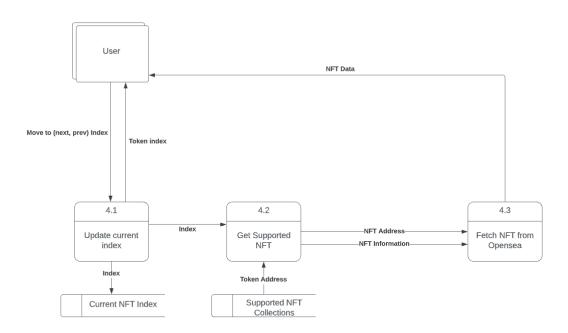
รูปที่ 6.1 Context diagram



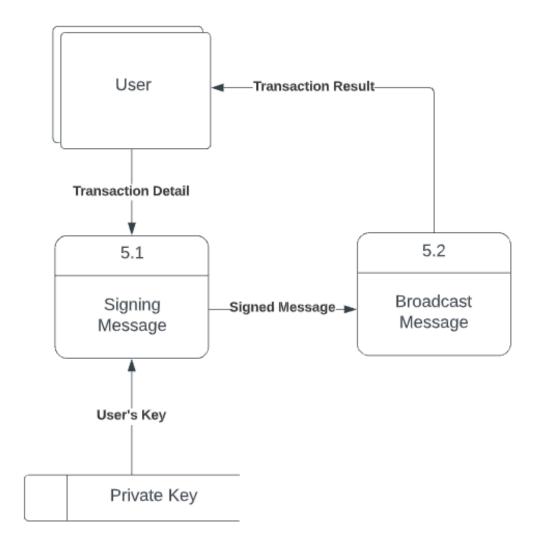
รูปที่ 6.2 Diagram 0



รูปที่ 6.3 Diagram 1: Process 3.0 Fetch Token Balance

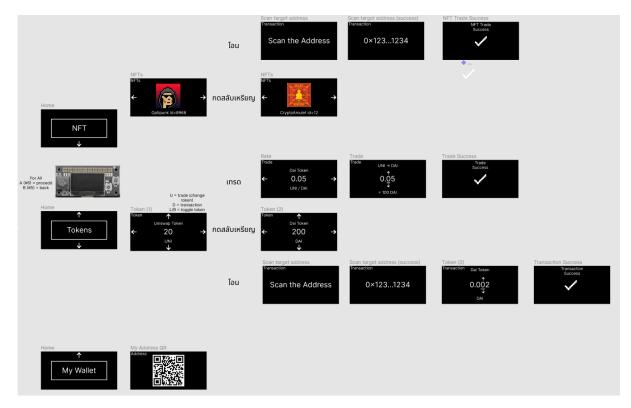


รูปที่ 6.4 Diagram 1: Process 4.0 Fetch NFT



รูปที่ 6.5 Diagram 1: Process 5.0 Make Transaction

6.2.2. User Interface Design



รูปที่ 6.6 User interface design

6.3 แนวทางการทดสอบและการวัดประสิทธิภาพ (Test and Performance Evaluation Approaches)

- 6.3.1. ทดสอบ unit test สำหรับ application โดยใช้ Jest framework
- 6.3.2. ทดสอบอายุการใช้งาน (battery life) ว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาสามารถใช้งานได้กี่นาทีโดยทดสอบในสถานการณ์ที่เป็น idle (stand by) และเปิดหน้าเมนูหลักไว้ตลอดเวลา โดยทดสอบอย่างละ 3 รอบและหาค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้งานได้
- 6.3.3. ทดสอบ Usability Test โดยใช้อาสาสมัครที่มีความสนใจด้าน cryptocurrency เป็นผู้เข้าร่วมทดสอบอุปกรณ์ที่ได้ พัฒนา

7. แผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart)

	12-	_	t-1	Tail Name	State .	n_4			lee :			ler -			le	
,	1		**	Sat	Man 8/1/22	0 days	~-, M	>+	Det	-	-	18-1,715 18-	Fels	ш	00-2, 2025 Apr	lén
z	2		**	Sprint 1 (ເຮີນສັນ Project 1)	Mon 8/1/22	10 days										
		1	-	Wallet	Mon 8/1/22	10 days	\Box									
		11 12		शिवनभगः generate seed implement १९७५ generate seed	Man 8/1/22 Fri 8/5/22	5 days 5 days										
6	2	13	*	waakurys generate seed	Fri 8/12/22	1 day	7									
		2	-	Application	Mon 8/1/22	10 days										
•		71 72		ศึกษาการให้งานร่วมกับ Ethereum spike การเพื่อมต่อกับ Ethereum	Man 8/1/22 Fri 8/5/22	5 days 5 days										
-	2	23	*		Fri 8/12/22	1 day	1									
	3	11	-	Sprint 2	Mon 8/15/22											
		11	■	Wallet Ørnerørs generate private key	Mon 8/15/22 Mon 8/15/22											
н	3	12	◆	implement f115 generate private key	Fri 8/19/22	4 days	- u									
5 E	3	13 2		weataurys generate private key Application	Thu 8/25/22 Mon 8/15/22	2 days										
		21		ศึกษาการทำ transaction III. Ethereum	Man 8/15/22	5 days										
	3	22	*	spike implement #15#11 transaction	Man 8/22/22	4 days	u.									
о ж	4	23	*	spike: meatamensarin transaction Sprint 3	Fri 8/26/22 Mon 8/29/22	1 day 10 days		_								
8	4	1	-	Wallet	Mon 8/29/22		_									
22	4	11	*	integrate AYIS generate seed U.RE private key	Man 8/29/22	5 days	'	U								
		12		woal201715 integration		2 days		1								
		113 2		เม่าให้ทุกาที่ขณะกากการทดส่วน Application	Wed 9/7/22 Mon 8 /29/ 22	3 days	١.	_								
		21	= ₹	implement user interface Magna	Man 8/29/22											
27	4	22	*	เรียบเรียง flow การให้งานของ user interface โดยให้ mock data	Man 9/5/22	5 days		0								
a	5	,	_	Sprint 4	Mon 9/12/22	10 days										
3	5	1	-	Wallet	Mon 9/12/22	10 days		П								
3 3	5	11 12	x₽ 	र्मिश्चरभग्ठ sign transaction implement १९७५ sign transaction	Man 9/12/22 Wed 9/14/22			- 1								
æ	5	13	*	1408/2017/15 sign transaction	fri 9/16/22	2 days		ü								
38	5	14	*	เม่าให้กาที่ของกรากการพดสอบ	Man 9/19/22	3 days		0								
ĸ	5	15 2	-	vin API ainvisuons sign transaction Application	Wed 9/21/22 Mon 9/12/22			_								
*	5	21	*	Generate CR code amésum satum, wallet address				U								
Ŧ	5	22	*	moasum's generate CR code	Thu 9/15/22	2 days										
		23		เพื่อแต่อภัยกล้อมในการสนภาแ wallet address ผ่าน QR code	Man 9/19/22	3 days		U								
	5	24		maataumsatusu QR code simmääs	Wed 9/21/22	1 day										
4	5	25	2	แก้ได้มหาที่พมากรากรากดอย่อน	Wed 9/21/22	3 days		Ü								
	6		-	Sprint 5	Mon 9/26/22				п							
		1 11	■	Wallet aparuum Casing	Mon 9/26/22 Mon 9/26/22											
#	6	2	-6	Application	Mon 9/26/22	10 days										
		21 22		เพื่อแต่อ API ในการทำ transaction integrate การสมภม wallet address เพ้ากับ API	Man 9/26/22 Wed 9/28/22											
¥	6	23	*	พลสอบการทำ transaction ด้วย API และการ สมาช. wallet address	Mcm 10/3/22	2 days			•							
-	6	24	√	นกับักทาที่ขนะกรกรารพลสอน	Wed 10/5/22	3 days			0							
	7		-6	Sprint 6 (สินสุด Project 1)	Mon 10/10/22											
		11		Wallet San'n Casing	Mon 10/10/22 Mon 10/10/22				п							
모	7.	12	*	1527121U Casing	Tue 10/11/22	2 days										
8	7.	2 21	=	Application integrate simpressin somilianum	Mon 10/10/22 Mon 10/10/22											
95	7	22	→	MORENIAMOS integration MANUA	Man 10/17/22				- 74							
		23		แก้ปัญหาที่ขณากรากคละเวน	Tue 10/18/22				0							
	8	i 11	-6	Sprint 7 (vŠuniu Project 2) Application		10 days 10 days										
98	R	111	*	implement ansuaru ilämiatpa cyptocurrency		4 days						ii i				
		1.2		weatourosuaru lärmanja cryptocurrency		2 days						u				
	8	113		แล้วใหการที่ขณะกระการพดสะเม Sprint 8		4 days						u,	_			
		u	-	Application	Mon 1/23/23 Mon 1/23/23							-	-i			
R	9	11	>	ดีกษาการให้งาน API เกี่ยวกับNFTs	Man 1/23/23	2 days										
es es	9	112	x₽ .a.	implement การใช้ภาพร่วมกับ NFTs พลสมมหารใช้ภาพร่วมกับ NFTs	Tue 1/24/23 Man 1/30/23	4 days 2 days										
	9	14	*	เหมียกเม่นกายสายการเกา		3 days							i i			
			-	Sprint 9	Mon 2/6/23	10 days										
•	1	0		Application		10 days 6 days										
œ 8	1	D Q 1 Q11		implement การให้ภายร่วมกับ NFTs (ต่อ)	Man 2/6/23		1									
ш В Ж	1	01 011 012	1 🖈 2 🖈	พดสอบการให้ภาพร่วมกับ NFTs (ต่อ)	Man 2/13/23								- 0			
ш Ж Л Л	111111111111111111111111111111111111111	01 011 017 013	l ☆ 2 ☆ 3 ☆	พดสอบการใช้ภายร่วมกับ NFTs (ต่อ) แล้วใหญากพื้นนากรถารพดสอบ	Man 2/13/23 Wed 2/15/23	3 days							- 11	_		
四 河 刀 刀 刀	11 11 11 11	0 11 011 012 013 1	1 🖈 2 🖈 3 🖈	พดสอบการให้ภาพร่วมกับ NFTs (ต่อ)	Man 2/13/23	3 days 10 days							-	7		
回 別 刀 刀 刀 刀 刀	1) 1) 1) 1) 1) 1)	01 017 017 013 1 1 111	1 x/2 2 x/2 3 x/2 ====================================	พดสอบการให้ภาทอ่วมกับ NFTs (ต่อ) เมาให้พากที่ขณะเหมารพดสอบ Sprint 10 Application integrate ส่วนการทำงานทั้งหมด	Man 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Man 2/20/23	3 days 10 days 10 days 5 days								٦		
18 M 7 Z 73 A 75 X	1) 1) 1) 1) 1) 1) 1)	011 012 013 013 1 111 111		พองอบมารรใช้งานร่วมกัน NFIs (ต่อ) เข้าใหมาที่พมาระหวางคองอบ Sprint 10 Application integrate ส่วนการทำงานเพิ่มแผน พองอบมาระทำงานเพิ่มแผน	Mon 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Fri 2/24/23	3 days 10 days 10 days 5 days 3 days								٦		
回 別 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀	1) 1) 1) 1) 1) 1) 1) 1)	011 012 013 1 111 111 112 2		พลสมมากรให้ภาพร้อมกับ NFIs (ต่อ) เทิกสาย Sprint 10 Application เกียราชสาย สามารถการพระสาย พลสมมากล่าง การพิธีภายล เกียราชสาย สามารถการสมมา Sprint 11	Mon 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Fri 2/24/23 Tue 2/28/23 Mon 3/6/23	3 days 10 days 10 days 5 days 3 days 4 days 10 days										
回 別 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀	10 10 11 11 11 11 11 11 11	011 012 013 1 11 111 112 2 21		พลสมทางใช้งานร่วมข้น NFIs (ต่อ) เป็นทางให้เกาะที่ทางการทางกลสมม Sprint 10 Application integrate สำหารทำงานทั้งหมล พลสมทางทำงานทั้งหมล เหมีนทางทำงานทั้งหมล เหมีนทางที่พบางทางกลสมม Sprint 11 Testing	Mon 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Fri 2/24/23 Tue 2/28/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23	3 days 10 days 10 days 5 days 3 days 4 days 10 days 7 days]]=[
回 別 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀 刀		011 012 013 1 11 111 112 2 21		พอสมายารให้ภาพร้ามเข้ม NFIs (ตัด) เหมือนารที่พบารทางพอสมา Sprint 10 Application เกียรระส สามารถทำงานหัวหมด พอสมายารทำงานหัวหมด เหมือนกระทำงานหัวหมด เหมือนกระทำงานหัวหมด เหมือนกระทำงานหัวหมด เหมือนกระทำงานหัวหมด เหมือนกระทำงานหัวหมด เหมือนกระทำงานหัวหมด เหมือนกระทำงานหัวหมด battry ific test	Mon 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Fri 2/24/23 Tue 2/26/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23	3 days 10 days 10 days 5 days 3 days 4 days 10 days 7 days 5 days										
日 日 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 日 月 日		01 013 013 1 1 11 113 2 2 21 213 213		พลสมมากรับอำหน่วมกับ NFIs (ต่อ) นามีปฏิหากท่ายสามาการคลสอม Spirk 10 Application integrate สามาการทำงานทั้งหมด หลสมมากรทำงานทั้งหมด นามีปฏิหากท่ายสามาการคลสอม Spirk 11 Testing lattray life test usability test usability test	Mon 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Fri 2/24/23 Tue 2/28/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23 Fri 3/10/23 Mon 3/13/23	3 days 10 days 10 days 5 days 3 days 4 days 10 days 7 days 5 days 1 day 2 days										
日 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 8		011 013 013 1 1 111 113 2 2 2 2 2 1 2 1 2 1 2 1 2		พลสมมากระโรม้านร่วมกับ NFIs (ต่อ) เท่าไม่เพาะกับการการการคลสมม Sprint 10 Application เก่นระบรละ สามากระการแล้วหมด พลสมมากลกำรายส่วนมอ Sprint 11 Testing lattery life test ปฏิเผลาการคลสมม battery life test แต่มีส่วนระการคลสมมากสมมากสมใหญ่ test	Mon 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Fri 2/24/23 Tue 2/28/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23 Mon 3/16/23 Mon 3/16/23 Mon 3/16/23	3 days 10 days 10 days 5 days 4 days 10 days 7 days 5 days 1 day 2 days 1 day										
日 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 月 日 月 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日		01 013 013 1 1 11 113 2 2 21 213 213		พลสมมากรับอำหน่วมกับ NFIs (ต่อ) นามีปฏิหากท่ายสามาการคลสอม Spirk 10 Application integrate สามาการทำงานทั้งหมด หลสมมากรทำงานทั้งหมด นามีปฏิหากท่ายสามาการคลสอม Spirk 11 Testing lattray life test usability test usability test	Mon 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Fri 2/24/23 Tue 2/28/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23 Fri 3/10/23 Mon 3/13/23	3 days 10 days 10 days 5 days 3 days 4 days 10 days 7 days 5 days 1 day 2 days 1 day 3 days										
12 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8		011 011 013 013 11 111 1113 2 213 213 214 22 213		พลสมมากระโรกาทร่วมกับ NFIs (ต่อ) withyrminurummeatan Sprint 10 Application integrate สามาระทางพลสมม withyrminurummaatan withyrminurummaatan Sprint 11 Testing hattry life test stalearrameatan battery life test usability test stalearrameatan usability test Application Insurierumaatanishigallui Sprint 12 (Sunja Project 2)	Man 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Fri 2/24/23 Tue 2/26/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23 Fri 3/10/23 Mon 3/13/23 Tue 3/14/23 Wed 3/15/23 Mon 3/15/23 Mon 3/15/23	3 days 10 days 10 days 5 days 3 days 4 days 10 days 5 days 1 day 2 days 1 day 3 days 3 days 10 days								_=[[=-=-=-		
6 A A A A A A A A A A A A A A A A A A A		011 013 013 013 11 111 1113 2 213 214 22 213 33		พอสมายารให้ภาพร้ามเข้า NFIs (ตัด) Withgraribouravarromeatau Sprint 10 Application integrate สำหรารทำงานทั้งหมด พอสมายารทำงานทั้งหมด เหมือนารทำงานทั้งหมด เหมือนารทำงานทั้งหมด battery life test application Islandrim usearromeatau usability test application Islandrim usearromeatau indaplicat Sprint 12 (สินอุด Project 2) Application Islandrim usearromeataunistafilei Sprint 12 (สินอุด Project 2)	Mon 2/13/23 Wed 2/15/23 Mon 1/20/23 Mon 1/20/23 Mon 2/20/23 Fri 2/24/23 Tue 2/28/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23 Fri 3/10/23 Mon 3/13/23 Wed 3/15/23 Wed 3/15/23 Wed 3/15/23 Mon 3/20/23 Mon 3/20/23 Mon 3/20/23	3 days 10 days 10 days 5 days 3 days 4 days 10 days 5 days 1 day 2 days 1 day 3 days 3 days 10 days 5 days								[[]		
		011 011 013 013 11 111 1113 2 213 213 214 22 213		พลสมมากระโรกาทร่วมกับ NFIs (ต่อ) withyrminurummeatan Sprint 10 Application integrate สามาระทางพลสมม withyrminurummaatan withyrminurummaatan Sprint 11 Testing hattry life test stalearrameatan battery life test usability test stalearrameatan usability test Application Insurierumaatanishigallui Sprint 12 (Sunja Project 2)	Mon 2/13/23 Wed 2/15/23 Men 2/20/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Mon 2/20/23 Tive 2/28/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23 Mon 3/6/23 Tive 3/3/13/23 Mon 3/20/23	3 days 10 days 10 days 5 days 3 days 4 days 10 days 5 days 1 day 2 days 1 day 3 days 3 days 10 days 5 days								[[]		

รูปที่ 7.1 Gantt chart

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Benefits)

- 1. ผู้จัดทำได้รับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับบล็อกเชนและการจัดเก็บกุญแจด้วยกระเป๋าสตางค์ฮาร์ดแวร์
- 2. ผู้จัดทำได้รับความรู้พื้นฐานในพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อทำงานบน single-board computer
- 3. แนวทางการพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับ cryptocurrency hardware wallet
- 4. ผู้ใช้ wallet มีช่องทางเพิ่มเติมในการแสดงความเป็นเจ้าของ NFTs และสามารถแลกเปลี่ยน NFTs ได้สะดวกมากขึ้น

9. ผลการศึกษาเทคโนโลยีที่ใช้พัฒนา (หากไม่มั่นใจ tech ไหนอย่าเอาลง)

- 9.1 React
- 9.2 Redux
- 9.3 Tailwind CSS
- 9.4 Docker
- 9.5 Python

10. เอกสารอ้างอิง (Reference)

- [1] "Why is Blockchain Important and Why Does it Matters [2022 Edition],"

 Simplification.com.https://www.simplification.com/tutorials/blockchain-tutorial/why-is-blockchain-important (accessed May 05, 2022).
- [2] "SMART CONTRACT คืออะไร ?," ETDA. https://www.etda.or.th/th/Useful-Resource/knowledge-sharing/articles/What-is-Smart-Contract.aspx (accessed May 05, 2022).
- [3] P. Nakarin, "Smart Contract บน Ethereum Public Blockchain/Permissionless Blockchain ด้วย Solidity Path 3...," Medium, Dec. 31, 2020. https://articles.devsight.me/smart-contract-%E0%B8%9A%E0%B8%99-ethereum-public-blockchain-permissionless-blockchain-%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2-solidity-path-3-95eb4a3c9cae (accessed May 05, 2022).
- [4] "Coin และ Token แตกต่างกันอย่างไร?" https://zipmex.com/th/learn/difference-between-cointoken/ (accessed May 05, 2022).
- [5] "มารู้จัก Crypto Wallet เมื่อ Cryptocurrency ก็ต้องใช้กระเป๋าเงิน."https://www.scb10x.com/blog/getto-know-cryptowallet (accessed May 05, 2022).
- [6] W. Suknantee, "Hardware Wallet คือจะไร?," Bitkub.com, Dec. 14, 2020. https://medium.com/bitkub/hardware-wallet-acf1868a9558 (accessed May 05, 2022).
- [7] "Web application," Wikipedia. Apr. 27, 2022. Accessed: May 05, 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Web_application&oldid=1084972116

[8] "Web App Development in 2022: Everything You Need to Know." https://trio.dev/blog/web-app-development (accessed May 05, 2022).

- [9] "Pros and Cons of Using a Front-End Library (Or Framework)."

 https://bluemodus.com/articles/pros-and-cons-of-using-a-front-end-library-or-framework
 (accessed May 05, 2022).
- [10] "React (JavaScript library)," Wikipedia. May 02, 2022. Accessed: May 05, 2022. [Online]. Available:
 - https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=React (JavaScript library)&oldid=1085724690
- [11] "React A JavaScript library for building user interfaces." https://reactjs.org/ (accessed May 05, 2022).
- [12] "React Router | Tutorial." https://reactrouter.com/docs/en/v6/getting-started/tutorial (accessed May 05, 2022).
- [13] "Getting Started with Redux | Redux." https://redux.js.org/introduction/getting-started (accessed May 05, 2022).
- [14] "Tailwind CSS Rapidly build modern websites without ever leaving your HTML." https://tailwindcss.com/ (accessed May 05, 2022).
- [15] A. G. Khan, A. H. Zahid, M. Hussain, and U. Riaz, "Security Of Cryptocurrency Using Hardware Wallet And QR Code," in 2019 International Conference on Innovative Computing (ICIC), Lahore, Pakistan, Nov. 2019, pp. 1–10. doi: 10.1109/ICIC48496.2019.8966739.
- [16] S. Suratkar, M. Shirole, and S. Bhirud, "Cryptocurrency Wallet: A Review," in 2020 4th International Conference on Computer, Communication and Signal Processing (ICCCSP), Chennai, India, Sep. 2020, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICCCSP49186.2020.9315193.