บทความวิจัย (Research Article)

# เงินดิจิทัลแบบผสมผสานเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจดิจิทัล

## *Hybrid Digital Money for Digital Economy Development*

ภาณุชาติ บุณยเกียรติ*

วิศวกรรมการเงินมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
* ผู้รับผิดชอบบทความ
panuchart@outlook.com

Received: 21 Apr 2023
Revised: 16 Apr 2026
Accepted: 16 Apr 2026

**บทคัดย่อ**

งานชิ้นนี้นำเสนอการออกแบบระบบเงินดิจิทัล (digital money) ในบริบทสมัยใหม่ โดยครอบคลุมทั้งระบบรวมศูนย์ (centralized system) และระบบกระจายศูนย์ (decentralized system) พร้อมทั้งเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดในด้านการขยายตัว (scalability) ความสามารถในการตั้งโปรแกรม (programmability) และรูปแบบความเชื่อมั่น (trust model) โดยใช้หยวนดิจิทัล (Digital Yuan หรือ e-CNY) ศูนย์ซื้อขายแบบรวมศูนย์ (Centralized Exchange หรือ CEX) และแพลตฟอร์มประกันภัยแบบพาราเมตริก “โพโตแมค” (Potomac Parametric Insurance Platform) เป็นกรณีศึกษา ระบบรวมศูนย์มีประสิทธิภาพสูงและรองรับการใช้งานในวงกว้าง และมีความสะดวก ขณะที่ระบบบล็อกเชน (blockchain) และสมาร์ตคอนแทรกต์ (smart contract) มีจุดเด่นด้านการทำงานอัตโนมัติ (automation) และความโปร่งใส (transparency) แต่มีข้อจำกัดด้านประสบการณ์ผู้ใช้ (user experience) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว งานชิ้นนี้เสนอแนวคิดเงินดิจิทัลแบบผสมผสาน (Hybrid Digital Money) ที่บูรณาการโครงสร้างพื้นฐานการชำระเงิน (payment infrastructure) เข้ากับตรรกะธุรกิจ (business logic) บนบล็อกเชน เพื่อสร้างระบบที่มีทั้งประสิทธิภาพ ความโปร่งใส และความสามารถในการประกอบบริการ (composability) เพื่อรองรับการพัฒนาเศรษฐกิจดิจิทัลในอนาคต

**คำสำคัญ:** เงินดิจิทัล บล็อกเชน โครงการพัฒนาเศรษฐกิจ

**Abstract**

This paper presents the design of digital money in the modern context, encompassing both centralized systems and decentralized systems, and compares their advantages and limitations in terms of scalability, programmability, and trust models. The study employs three case studies: the Digital Yuan (e-CNY), Centralized Exchanges (CEX), and Potomac Parametric Insurance Platform. Centralized systems demonstrate high efficiency, scalability, and usability, supporting large-scale adoption, while blockchain and smart contracts offer strong advantages in automation and transparency but face limitations in user experience. To address these challenges, this paper proposes the concept of Hybrid Digital Money, which integrates payment infrastructure with business logic on blockchain. This approach aims to create a system that achieves efficiency, transparency, and composability, thereby supporting the development of the future digital economy.

**Keywords**: Digital money, Blockchain, Economic Development Programs

## 1. บทนำ

นับตั้งแต่การเผยแพร่ Bitcoin Whitepaper [1] ในปี 2551 วงการการเงินโลกได้เข้าสู่ยุคใหม่ภายใต้อิทธิพลของ เทคโนโลยีบล็อกเชน (Blockchain) หรือเทคโนโลยีบัญชีแยกประเภทแบบกระจาย (Distributed Ledger Technology: DLT) [2] ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานทางการเงินที่เปลี่ยนแปลงนิยามของทั้งสินทรัพย์และระบบการชำระเงิน ก่อให้เกิดสกุลเงินคริปโต (cryptocurrency) และสินทรัพย์ดิจิทัล (digital asset) ที่สามารถโอนมูลค่าได้โดยไม่ต้องพึ่งพา ตัวกลาง (intermediary) แต่ใช้ความไว้วางใจ (trust) ผ่าน กลไกฉันทามติ (consensus mechanism) ของเครือข่ายแบบกระจายศูนย์ (decentralized network)

เงินดิจิทัล (Digital Money) [3] จึงเป็นวิวัฒนาการของเงินสด (physical cash) ไปสู่ “ข้อมูล” (data) ที่ถูกจัดเก็บและประมวลผลในระบบคอมพิวเตอร์ โดยสามารถนิยามเป็น “สถานะ” (state) ที่ถูกบันทึกในฐานข้อมูล (database) หรือ “บัญชีแยกประเภท” (ledger) และเปลี่ยนแปลงผ่านกระบวนการตรวจสอบ (validation) ภายใต้กฎของระบบ ซึ่งในปัจจุบัน อาจถือได้ว่าเงินดิจิทัลมีความหมายครอบคลุมทั้งระบบรวมศูนย์ (centralized system) และระบบกระจายศูนย์ (decentralized system)

ในระบบรวมศูนย์ เงินดิจิทัลซึ่งเดิมมักเรียกว่า “เงินอิเล็กทรอนิกส์” (Electronic Money: e-money) จะถูกจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลโดยสถาบันการเงิน สามารถใช้งานผ่าน โมบายแบงก์กิ้ง (mobile banking) ดำเนินการโดยอาศัยความเชื่อถือของประชาชนที่มีต่อรัฐและสถาบันการเงิน ในขณะที่ ระบบกระจายศูนย์ เช่น สกุลเงินคริปโต สเตเบิลคอยน์ (stablecoin) และสกุลเงินดิจิทัลที่ออกโดยธนาคารกลาง (Central Bank Digital Currency หรือ CBDC) มุ่งเน้นการโอนย้ายมูลค่าโดยไม่ต้องพึ่งพาตัวกลาง พร้อมทั้งสามารถกำหนด “ตรรกะทางการเงิน” (financial logic) ผ่านสมาร์ตคอนแทรกต์ (Smart Contract) ซึ่งทำให้ข้อตกลงทางการเงินสามารถดำเนินการได้โดยอัตโนมัติ โปร่งใส และตรวจสอบได้

งานชิ้นนี้วิเคราะห์ข้อจำกัดและจุดแข็งของทั้งสองแนวทาง เสนอแนวคิดเงินดิจิทัลแบบผสมผสาน (Hybrid Digital Money) ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมที่รวมข้อดีของระบบรวมศูนย์และระบบกระจายศูนย์เข้าด้วยกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างระบบที่มีประสิทธิภาพในการดำเนินงาน มีความโปร่งใสเชิงเทคโนโลยี และมีศักยภาพในการรองรับการพัฒนาเศรษฐกิจดิจิทัลในระยะยาว

## 2. ข้อจำกัดของเทคโนโลยีบล็อกเชน

ในช่วงกว่าทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีบล็อกเชนได้กลายเป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญของนวัตกรรมทางการเงิน โดยมีแนวคิดหลักคือการลดการพึ่งพาตัวกลาง มุ่งสู่ระบบเครือข่ายแบบกระจายศูนย์ [4] อย่างไรก็ตาม จากการใช้งานจริง เทคโนโลยีดังกล่าวยังคงเผชิญกับข้อจำกัดหลายประการ

ในเชิงเทคนิค [5] ปัญหาด้านการขยายตัว (scalability) เป็นข้อจำกัดสำคัญ เนื่องจากอัตราการประมวลผลธุรกรรมต่อวินาที (transactions per second หรือ TPS) ของเครือข่ายยังอยู่ในระดับต่ำ ส่งผลให้ไม่สามารถรองรับปริมาณธุรกรรมจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ความหน่วง (latency) จากกลไกฉันทามติ (consensus mechanism) ทำให้การยืนยันธุรกรรมใช้เวลานาน และไม่สามารถบรรลุสถานะสิ้นสุด (finality) ได้ในทันที

ปัญหาด้านการขยายตัว ถูกแก้ไขผ่านหลายแนวทาง โดยหนึ่งในแนวทางหลัก คือ การใช้ โซลูชันชั้นที่สอง (Layer 2 solutions) เช่น โรลอัป (rollups) [6] ซึ่งทำการรวมธุรกรรมจำนวนมากไว้นอกเชน (off-chain) แล้วส่งผลลัพธ์กลับมายังเชนหลัก (main chain) เพื่อลดภาระของเครือข่าย นอกจากนี้ยังมีการพัฒนา การแบ่งส่วนเครือข่าย (sharding) [7] ที่ช่วยกระจายภาระการประมวลผลไปยังหลายส่วนของเครือข่าย รวมถึงการเปลี่ยนจากกลไกพิสูจน์การทำงาน (Proof of Work: PoW) ไปสู่กลไกพิสูจน์การมีส่วนร่วม (Proof of Stake: PoS) [8] ซึ่งช่วยลดความหน่วง และเพิ่มประสิทธิภาพในการยืนยันธุรกรรม อีกทั้งยังมีแนวทางการใช้ช่องทางสถานะ (state channels) และการประมวลผลนอกเชน (off-chain computation) [9] เพื่อให้ธุรกรรมสามารถดำเนินการได้รวดเร็วขึ้นโดยไม่ต้องบันทึกทุกขั้นตอนลงบนบล็อกเชนโดยตรง แนวทางเหล่านี้ช่วยเพิ่มอัตรา

การประมวลผลธุรกรรมต่อวินาที แลกกับความซับซ้อนของระบบที่เพิ่มขึ้น

ข้อจำกัดดังกล่าวไม่สอดคล้องกับความต้องการของระบบการชำระเงินในปัจจุบัน ที่ต้องการความรวดเร็วและประสบการณ์ผู้ใช้ (user experience) ที่ราบรื่น ส่งผลให้แม้บล็อกเชนจะมีจุดเด่นด้านการลดการพึ่งพาตัวกลาง ความโปร่งใส (transparency) และความสามารถในการตั้งโปรแกรม (programmability) แต่ยังไม่สามารถทดแทนระบบรวมศูนย์ได้ในวงกว้าง

อีกหนึ่งข้อจำกัดสำคัญคือ ความสามารถในการทำงานร่วมกัน (interoperability) ระหว่างเครือข่าย ซึ่งยังมีความแตกแยกสูง (fragmentation) ส่งผลให้เกิด สภาวะเกาะแก่งข้อมูล (data silos) และการขาดประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและมูลค่าระหว่างระบบ ในทางกลับกัน แม้บล็อกเชนจะมีอุดมการณ์เรื่องการกระจายศูนย์ แต่ในเครือข่ายบล็อกเชนเดียวกัน ในทางปฏิบัติ กลับพบการกระจุกตัวของกำลังขุดหรืออำนาจการตัดสินใจในกลุ่มพูลขุด (Mining Pools) หรือกลุ่มผู้ถือครองสินทรัพย์รายใหญ่ (Whales) ทำให้เกิดความเสี่ยงจากสภาวะการรวมกลุ่มของอำนาจ (centralization risks) ส่งผลต่อความโปร่งใสและหลักการธรรมาภิบาลของระบบในระยะยาว

ในมิติของความยั่งยืน การใช้พลังงาน (energy consumption) โดยเฉพาะในระบบที่ใช้กลไกพิสูจน์การทำงาน (Proof of Work: PoW) มีการใช้ทรัพยากรไฟฟ้ามหาศาลเพื่อแลกกับความปลอดภัยของเครือข่าย สร้างคำถามถึงความคุ้มค่าเชิงสังคมและความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้กรอบการพัฒนาที่ยั่งยืน

ด้านความเปราะบางของสมาร์ตคอนแทรกต์ (Smart Contract Vulnerability) การเขียนรหัสคำสั่งบนบล็อกเชนที่มีความซับซ้อนมักเผชิญกับช่องโหว่ที่ผู้ไม่หวังดีสามารถใช้ช่องทางดังกล่าวในการโจมตี เนื่องจากลักษณะของบล็อกเชนที่ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลย้อนหลังได้ (Immutability) ความผิดพลาดเพียงจุดเดียวในรหัสจึงนำไปสู่ความสูญเสียทางทรัพย์สินที่ไม่สามารถเรียกคืนได้

ในเชิงเศรษฐศาสตร์ โครงสร้างต้นทุนธุรกรรม (Gas Fee) มีความผันผวนสูงตามอุปสงค์ของพื้นที่บล็อก (block space) สภาวะดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้สำหรับการชำระเงินรายย่อย (micro-payment) เนื่องจากต้นทุนในการดำเนินธุรกรรมอาจมีมูลค่าสูงกว่ามูลค่าของธุรกรรมเอง

ด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (Human-Computer Interaction) เทคโนโลยีบล็อกเชนยังคงมีอุปสรรคในแง่ของความยากในการเข้าถึงสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป (onboarding) กระบวนการบริหารจัดการกุญแจรหัสส่วนตัว (Private Key) และความรับผิดชอบในการดูแลรักษาความปลอดภัยด้วยตนเอง (Self-custody) สร้างภาระ Cognitive Load สำหรับผู้บริโภคในระดับประชาชนทั่วไปที่คุ้นเคยกับการสนับสนุน (support) จากสถาบันตัวกลาง

ในมิติด้านกฎหมาย ข้อจำกัดด้านการกำกับดูแล (regulatory constraints) เป็นอุปสรรคสำคัญ เนื่องจากลักษณะการไม่เปิดเผยตัวตนบางส่วน (pseudonymity) ทำให้การดำเนินมาตรการการตรวจสอบเพื่อทราบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับลูกค้า (Know Your Customer หรือ KYC) และ การป้องกันการฟอกเงิน (Anti-Money Laundering หรือ AML) เป็นไปได้ยาก อีกทั้งยังมีประเด็นว่าใครคือรับผิดทางกฎหมาย (legal liability) ในระบบที่ไม่มีตัวกลาง

แนวคิดของ Iansiti และ Lakhani [10] เกี่ยวกับแนวทางวิวัฒนาการของเทคโนโลยีบล็อกเชนโดยเปรียบเทียบกับโปรโตคอล TCP/IP เทคโนโลยีบล็อกเชนถูกจัดประเภทเป็นเทคโนโลยีฐานราก (foundational technology) ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบพลิกโฉม (disruptive technology) เนื่องจากบล็อกเชนไม่ได้เข้ามาทำลายรูปแบบธุรกิจเดิมในทันที แต่เป็นการสร้างโครงสร้างพื้นฐานใหม่สำหรับระบบเศรษฐกิจและสังคม โดยกระบวนการรับมาใช้ (adoption) จะมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไปและต้องอาศัยระยะเวลาที่ยาวนานในการบ่มเพาะ เช่นเดียวกับกรณีของ TCP/IP ที่ใช้เวลากว่าสามทศวรรษในการพัฒนาจากการส่งผ่านข้อมูลพื้นฐานสู่การเป็นรากฐานของระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์และการเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัลในปัจจุบัน

ในประเด็นความจำเป็นในการจัดตั้งสกุลเงินดิจิทัลที่ออกโดยธนาคารกลาง (CBDC) ตามทัศนะของ Randal Quarles [11] อดีตรองประธานธนาคารกลางสหรัฐฯ ตั้งข้อสงสัยต่ออรรถประโยชน์ส่วนเพิ่ม (marginal utility) ของ CBDC โดย

ชี้ให้เห็นว่าระบบการเงินในปัจจุบันได้ปรับเปลี่ยนสู่รูปแบบดิจิทัลอย่างสมบูรณ์อยู่ก่อนแล้ว ผ่านโครงสร้างพื้นฐานของธนาคารพาณิชย์ที่รองรับการโอนย้ายมูลค่าทางอิเล็กทรอนิกส์ในชีวิตประจำวันของภาคประชาชน การเสนอให้มี CBDC จึงอาจไม่สร้างความเปลี่ยนแปลงในมิติของการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของระบบชำระเงินเดิมที่มีความแพร่หลายและเป็นที่คุ้นชินของผู้บริโภคอยู่แล้ว การจำแนกประเภทของหนี้สินทางบัญชี (accounting liability) ถือเป็นจุดต่างเชิงโครงสร้างที่สำคัญระหว่างเงินในธนาคารพาณิชย์และ CBDC โดยเงินดิจิทัลที่ประชาชนใช้ในปัจจุบันถือเป็นภาระผูกพันของธนาคารพาณิชย์ (commercial bank liability) ซึ่งมีกลไกคุ้มครองเงินฝากจากภาครัฐรองรับเพื่อรักษาเสถียรภาพ ในขณะที่ CBDC จะมีสถานะเป็นหนี้สินโดยตรงของธนาคารกลาง (central bank liability) การเปลี่ยนแปลงนี้แม้จะเพิ่มความปลอดภัยในเชิงทฤษฎี แต่ในมุมมองของ Quarles กลับเห็นว่าระบบประกันเงินฝากที่มีอยู่เดิมนั้นเพียงพอที่จะสร้างความเชื่อมั่นให้กับสาธารณชนได้โดยไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างพื้นฐานใหม่ ข้อโต้แย้งดังกล่าวนำไปสู่การตั้งคำถามถึงความคุ้มค่าเชิงนโยบาย (policy rationale) ในการลงทุนพัฒนาเทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อรองรับ CBDC หากเป้าหมายหลักคือการอำนวยความสะดวกในการชำระเงินเพียงอย่างเดียว Quarles มองว่าข้อได้เปรียบของ CBDC อาจไม่โดดเด่นพอที่จะหักล้างกับต้นทุนในการเปลี่ยนผ่านและความเสี่ยงในการรบกวนกลไกการทำหน้าที่ของธนาคารพาณิชย์ ซึ่งเป็นตัวกลางหลักในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจผ่านการขยายสินเชื่อในปัจจุบัน

## 3. ความสำเร็จและข้อจำกัดของของพร้อมเพย์

พร้อมเพย์ (PromptPay) [12] เป็นโครงสร้างพื้นฐานการชำระเงิน (payment infrastructure) ที่สำคัญของประเทศไทยภายใต้นโยบายระบบการชำระเงินแบบอิเล็กทรอนิกส์แห่งชาติ (National e-Payment) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และส่งเสริม การเข้าถึงบริการทางการเงิน (financial inclusion) ของประชาชน ระบบนี้ดำเนินงานภายใต้การกำกับดูแลของ ธนาคารแห่งประเทศไทย และมีลักษณะเป็นเครือข่ายรวมศูนย์หลายชั้น (centralized network of centralized institutions) ซึ่งเชื่อมโยงสถาบันการเงินเข้าด้วยกัน กลไกสำคัญของพร้อมเพย์คือการใช้รหัสตัวแทนบัญชี (proxy identifier) เช่น หมายเลขโทรศัพท์ หรือเลขประจำตัวประชาชนแทนหมายเลขบัญชีธนาคาร ช่วยลดความซับซ้อนในการทำธุรกรรม และลดความผิดพลาด ส่งผลให้เกิดกระบวนการรับมาใช้ในวงกว้าง (mass adoption) อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในบริบทของสังคมที่มีการใช้โทรศัพท์มือถืออย่างแพร่หลาย

ในเชิงปริมาณ พร้อมเพย์มีจำนวนการลงทะเบียนมากกว่า 82.33 ล้านบัญชี และรองรับธุรกรรมมากกว่า 2.33 พันล้านรายการต่อเดือน (มกราคม 2569) แสดงถึงความสามารถในการรองรับปริมาณสูง (high throughput) และความเสถียรของระบบ (high availability) โดยระบบสามารถให้บริการการชำระเงินแบบเรียลไทม์ (real-time payment) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ในช่วงที่มีปริมาณการใช้งานสูง (peak load) เช่น วันที่ 30 มกราคม 2569 ถือเป็นวันที่มีการใช้งานสูงสุดของเดือน โดยมีธุรกรรมมากกว่า 73.33 ล้านรายการภายในหนึ่งวัน [13]

ในมิติทางเศรษฐศาสตร์ พร้อมเพย์มีบทบาทสำคัญในการลดต้นทุนของระบบการเงิน โดยค่าธรรมเนียมธุรกรรมอยู่ในระดับต่ำหรือไม่มีเลยสำหรับผู้ใช้รายย่อย ช่วยสนับสนุนการเข้าถึงบริการทางการเงินในวงกว้าง นอกจากนี้ ระบบยังถูกใช้เป็นช่องทางหลักในการโอนเงินจากภาครัฐสู่ประชาชน (Government to People หรือ G2P) เช่น การจ่ายสวัสดิการและเงินเยียวยา ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความโปร่งใสของภาครัฐ

อย่างไรก็ตาม แม้พร้อมเพย์จะมีประสิทธิภาพสูงในด้านการโอนมูลค่า (value transfer) แต่ยังมีข้อจำกัดสำคัญในด้านความสามารถในการตั้งโปรแกรม (programmability) เนื่องจากระบบถูกออกแบบบนฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ (centralized database) ซึ่งไม่รองรับการฝังตรรกะทางการเงิน (financial logic) ลงในธุรกรรมโดยตรง ทำให้ไม่สามารถรองรับสมาร์ตคอนแทรกต์ หรือการชำระเงินแบบมีเงื่อนไข (conditional payment) ได้โดยตรง

ข้อจำกัดนี้ส่งผลให้การพัฒนาระบบเอสโครว์ (Escrow) [14] คือระบบตัวกลางที่ปลอดภัยในการทำธุรกรรม

โดยใช้บุคคลที่สาม (ส่วนใหญ่เป็นสถาบันการเงิน) ถือครองเงินหรือทรัพย์สินแทนคู่สัญญา จนกว่าเงื่อนไขในสัญญาจะครบถ้วน ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการโกงหรือการไม่ปฏิบัติตามสัญญา หรือการพัฒนาระบบจ่ายเงินตามเหตุการณ์ (event-driven payment) จำเป็นต้องอาศัย ระบบภายนอก (external system) เข้ามาช่วยควบคุมตรรกะ เป็นการเพิ่มความซับซ้อนและลดทอนความโปร่งใสของระบบ เนื่องจากระบบยังคงเป็นแบบพึ่งพาตัวกลาง ผู้ใช้งานต้องมีความเชื่อมั่น (trust) ในสถาบันการเงินในการจัดการและตรวจสอบธุรกรรม

นอกจากนี้ พร้อมเพย์ยังมีข้อจำกัดด้านความสามารถในการประกอบบริการ (composability) เนื่องจากไม่ได้ถูกออกแบบเป็นมาตรฐานแบบเปิด (open protocol) ที่อนุญาตให้ผู้พัฒนาสามารถต่อยอดได้อย่างอิสระ แต่อยู่ภายใต้การกำกับของหน่วยงานกลาง ทำให้การเข้าถึงฟังก์ชันหลักของระบบ เช่น การโอนเงิน การตรวจสอบสถานะธุรกรรม หรือการยืนยันตัวตน ต้องดำเนินการผ่าน API หรือช่องทางที่ถูกควบคุมและกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจน ส่งผลให้ผู้พัฒนาไม่สามารถนำองค์ประกอบของระบบไป “ประกอบ” (compose) เป็นบริการใหม่ได้อย่างยืดหยุ่นเหมือนกับระบบที่ใช้บล็อกเชน ซึ่งเปิดให้มีการเรียกใช้และเชื่อมต่อกันของ สมาร์ตคอนแทรกต์ได้โดยตรงในระดับโปรโตคอล

ข้อจำกัดดังกล่าวส่งผลต่อการพัฒนานวัตกรรมทางการเงินในเชิงลึก เนื่องจากการประกอบบริการเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างระบบนิเวศ (ecosystem) ที่ซับซ้อน ตัวอย่างเช่น ในระบบบล็อกเชน นักพัฒนาสามารถนำบริการต่าง ๆ เช่น การกู้ยืม การแลกเปลี่ยน และการประกัน มาประกอบกันเป็นแอปพลิเคชันใหม่ได้อย่างไร้รอยต่อ (seamless integration) ผ่านมาตรฐานแบบเปิด (open protocol) และสถานะร่วม (shared state) แต่ในระบบพร้อมเพย์การเชื่อมต่อระหว่างบริการมักต้องอาศัยการเชื่อมต่อระบบส่วนหลังแบบจุดต่อจุด (backend integration แบบ point-to-point) ซึ่งมีต้นทุนสูง ขาดความยืดหยุ่น และไม่สามารถนำตรรกะกลับมาใช้ซ้ำได้ (reusability) ในระดับเดียวกับสมาร์ตคอนแทรกต์

ในเชิงสถาปัตยกรรม ข้อจำกัดด้านการประกอบบริการสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่าง แนวทางการออกแบบแบบแพลตฟอร์มเป็นศูนย์กลาง (platform-centric design) และแนวทางการออกแบบแบบโปรโตคอลเป็นศูนย์กลาง (protocol-centric design) โดยพร้อมเพย์เป็นตัวอย่างของระบบที่เน้นการควบคุมและความเสถียร (control and stability) เป็นหลัก ขณะที่บล็อกเชนเน้นการเปิดให้เกิดการต่อยอด (permissionless innovation)

ข้อจำกัดทั้งหมดนี้สะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างระหว่างประสิทธิภาพในการโอนมูลค่า กับความสามารถในการตั้งโปรแกรมและการประกอบบริการ ซึ่งเป็นแรงผลักดันสำคัญให้เกิดแนวคิดการบูรณาการ (integration) ระหว่างระบบรวมศูนย์และระบบกระจายศูนย์ เพื่อนำไปสู่สถาปัตยกรรม เงินดิจิทัลแบบผสมผสาน (Hybrid Digital Money) ที่จะกล่าวถึงต่อไป

## 4. เงินแบบตั้งโปรแกรมได้ (programable money) และการประกอบบริการ (composability)

เงินแบบตั้งโปรแกรมได้ (programmable money) [15] คือรูปแบบของเงินดิจิทัลที่สามารถกำหนดตรรกะ (logic) และเงื่อนไข (conditions) ล่วงหน้าได้ ทำให้เงินไม่ได้เป็นเพียงสื่อกลางในการแลกเปลี่ยน (medium of exchange) แต่เป็นหน่วยข้อมูล (data unit) ที่มีพฤติกรรมตามโปรแกรม แนวคิดนี้ทำให้การชำระเงิน (payment) และ ตรรกะทางธุรกิจ (business logic) ถูกผสานรวมอยู่ในโครงสร้างเดียวกันอย่างแยกไม่ออก

ในระบบแบบรวมศูนย์ เงินมักจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล ขณะที่ตรรกะถูกพัฒนาในระบบแอปพลิเคชัน (application system) และเชื่อมต่อผ่านโปรแกรมประยุกต์เชื่อมต่อ (Application Programming Interface หรือ API) แต่ในระบบบล็อกเชน มูลค่า (value) และ ความสามารถในการตั้งโปรแกรม (programmability) ถูกออกแบบให้รวมกันผ่านสมาร์ตคอนแทรกต์ ซึ่งเป็นโค้ดที่ดำเนินการอัตโนมัติบนเครือข่ายบล็อกเชน

สมาร์ตคอนแทรกต์ ทำหน้าที่เป็นกลไกหลักของเงินแบบตั้งโปรแกรมได้ โดยกำหนดเงื่อนไขและการดำเนินการไว้ล่วงหน้า เมื่อเงื่อนไขเกิดขึ้น ระบบจะดำเนินการโดยอัตโนมัติ

เช่น การจ่ายเงินตามเหตุการณ์ (event-driven payment) การจำกัดการใช้เงิน (restricted usage) หรือการกำหนดช่วงเวลาใช้งาน (time-based condition) ความสามารถนี้ช่วยลดการพึ่งพาการตัดสินใจของมนุษย์และเพิ่มความสม่ำเสมอของกระบวนการ

การทำงานของระบบดังกล่าวมักเชื่อมโยงกับออราเคิล (Oracle) ซึ่งนำข้อมูลภายนอก (off-chain data) เช่น ข้อมูลเศรษฐกิจ ข้อมูลราคา หรือข้อมูลสภาพอากาศ เข้ามาเป็นตัวกระตุ้น (trigger) ให้สมาร์ตคอนแทรกต์ทำงาน ส่งผลให้เงินสามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ในโลกจริงได้ แนวคิดนี้นำไปสู่รูปแบบของ “การชำระเงินในฐานะฟังก์ชันข้อมูล” (payments as information function) ซึ่งธุรกรรมสามารถบรรจุทั้งมูลค่า (value) และข้อมูลเงื่อนไข (conditional data) ในโครงสร้างเดียวกัน

อีกองค์ประกอบสำคัญของเงินแบบตั้งโปรแกรมได้คือความสามารถในการประกอบบริการ (composability) ซึ่งหมายถึงความสามารถของระบบในการนำบริการย่อย (services) หรือโมดูล (modules) หลายส่วนมาผสานกันเพื่อสร้างบริการใหม่ โดยอาศัยมาตรฐานเชื่อมต่อ (interface) ที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน แนวคิดนี้มีพื้นฐานจากการออกแบบแบบแยกส่วน (modular design) ที่ช่วยให้ระบบสามารถพัฒนาและขยายได้อย่างยืดหยุ่น

ในบริบทของบล็อกเชน ความสามารถในการประกอบบริการ ทำให้สมาร์ตคอนแทรกต์หลายตัวสามารถทำงานร่วมกันได้ผ่าน โปรโตคอลแบบเปิด (open protocol) และสถานะร่วม (shared state) ตัวอย่างเช่น กระบวนการที่เงินสามารถ “ตรวจสอบข้อมูล” ผ่านออราเคิล จากนั้น “ประมวลผลตรรกะ” และ “โอนมูลค่า” โดยอัตโนมัติภายในกระบวนการเดียว ลักษณะนี้ทำให้เงินแบบตั้งโปรแกรมได้มีคุณสมบัติเป็นระบบที่ประกอบได้ (composable system)

ดังนั้น ความสามารถในการประกอบบริการ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เงินแบบตั้งโปรแกรมได้สามารถเกิดขึ้นได้จริง และเป็นรากฐานของนวัตกรรมทางการเงินสมัยใหม่ ในกลุ่มของแอปพลิเคชันแบบกระจายศูนย์ (decentralized application หรือ dApp) เช่น เช่น กระดานแลกเปลี่ยนแบบกระจายศูนย์ (decentralized exchange: DEX) ระบบกู้ยืมแบบกระจายศูนย์ (decentralized lending platform) ตลาดซื้อขายโทเคนแบบที่ไม่สามารถทดแทนกันได้ (non-fungible token marketplace: NFT marketplace) และระบบประกันภัยแบบสัญญาอัจฉริยะ (smart contract-based insurance application) เป็นต้น

## 5. สถาปัตยกรรมแบบผสมผสานแบบลำดับชั้น (Hybrid Layer Design)

จากจุดแข็งและข้อจำกัดของระบบกระจายศูนย์และระบบรวมศูนย์ สถาปัตยกรรมแบบผสมผสานแบบลำดับชั้น (Hybrid Layer Design) จึงถูกเสนอขึ้นเพื่อผสานจุดแข็งของทั้งสองแนวทางเข้าด้วยกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างระบบที่มีทั้งประสิทธิภาพ (efficiency) และความยืดหยุ่นเชิงตรรกะ (logical flexibility)

ในมิติของประสิทธิภาพ สถาปัตยกรรมแบบผสมผสานแบบลำดับชั้น ใช้โครงสร้างพื้นฐานการชำระเงินแบบรวมศูนย์ เช่น พร้อมเพย์ เป็นชั้นของการโอนมูลค่า (value transfer layer) ซึ่งสามารถให้บริการการชำระเงินแบบทันที (instant payment) และรองรับปริมาณธุรกรรมจำนวนมาก ในขณะเดียวกัน ระบบ บล็อกเชน ถูกนำมาใช้เป็นชั้นของตรรกะ (logic layer) เพื่อรองรับการทำงานอัตโนมัติ (automation) ผ่านสมาร์ตคอนแทรกต์

ในเชิงสถาปัตยกรรม แนวทางนี้สามารถแบ่งออกเป็นหลายชั้น (layer) อย่างชัดเจน ได้แก่

(1) ชั้นการชำระเงิน (Payment Layer) ทำหน้าที่เป็นชั้นการชำระราคา (settlement layer) โดยใช้ระบบเงินอิเล็กทรอนิกส์ เช่น พร้อมเพย์

(2) ชั้นสมาร์ตคอนแทรกต์ (Smart Contract Layer) ทำหน้าที่เป็นชั้นตรรกะ (logic layer) โดยใช้บล็อกเชน หรือโซลูชันชั้นที่สอง (Layer 2 solutions) เช่น อาร์บิทรัม (Arbitrum) [16] เพื่อประมวลผลเงื่อนไขและกฎทางธุรกิจ

(3) ชั้นออราเคิล (Oracle Layer) ทำหน้าที่เป็นชั้นข้อมูล (data layer) โดยเชื่อมข้อมูลภายนอก (off-chain data) เข้าสู่ระบบเพื่อใช้เป็นตัวกระตุ้น (trigger)

(4) ชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer) ทำหน้าที่เป็น ชั้นส่วนติดต่อผู้ใช้ (interface layer) เช่น โมบายแอปพลิเคชัน หรือแชตบอต (chatbot)

กระบวนการทำงานของระบบเริ่มต้นจากผู้ใช้ทำธุรกรรมผ่านช่องทางที่คุ้นเคย เช่น การสแกนคิวอาร์โค้ด (QR code) ผ่านพร้อมเพย์ จากนั้นระบบส่วนหลัง (backend system) จะสร้างสถานะตัวแทน (state representation) บนสมาร์ตคอนแทรกต์ เพื่อใช้ในการควบคุมตรรกะ เช่น การถือเงินตามเงื่อนไข (escrow) หรือการดำเนินการตามกฎ (rule-based execution) เมื่อเกิดเหตุการณ์ภายนอกที่ถูกยืนยันผ่านออราเคิล ระบบจะกระตุ้นให้สมาร์ตคอนแทรกต์ดำเนินการและส่งคำสั่งให้เกิดการโอนเงินจริงกลับผ่านระบบการชำระเงินเดิม

แนวทางนี้สร้างคุณค่าในสองมิติหลัก ได้แก่ ความเร็วของการชำระราคา (speed of settlement) และ การทำงานอัตโนมัติของตรรกะ (logic automation) กล่าวคือ ใช้ความเร็วและความน่าเชื่อถือของระบบรวมศูนย์ในการโอนมูลค่า และใช้ความโปร่งใสของบล็อกเชน ในการควบคุมตรรกะ

ในมิติของกระบวนการรับมาใช้ (adoption) สถาปัตยกรรมแบบผสมผสานช่วยลดอุปสรรคในการใช้งาน เนื่องจากผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องจัดการ “กุญแจส่วนตัว” (private key) หรือ “กระเป๋าเงินดิจิทัล” (digital wallet) โดยตรง แต่สามารถใช้งานผ่านระบบที่คุ้นเคย เช่น โมบายแบงก์กิ้ง ทั้งยังสอดคล้องกับข้อกำหนดด้านการกำกับดูแล (regulatory requirements) อีกด้วย

นอกจากนี้ การออกแบบแบบแยกชั้น (layered design) ยังช่วยให้เกิดการแบ่งหน้าที่ (separation of concerns) ทำให้แต่ละส่วนของระบบสามารถพัฒนาและขยายได้อย่างอิสระ เช่น การปรับปรุงสมาร์ตคอนแทรกต์ โดยไม่กระทบกับระบบการชำระเงิน หรือการเปลี่ยนแหล่งข้อมูลในออราเคิล โดยไม่ต้องแก้ไขตรรกะหลักของระบบ

สถาปัตยกรรมแบบผสมผสานจึงเป็นแนวทางที่สามารถเชื่อมช่องว่างระหว่าง ระบบรวมศูนย์ และระบบกระจายศูนย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเปิดโอกาสให้เกิดนวัตกรรมใหม่ เช่น การจ่ายเงินตามเงื่อนไข (conditional payment) และระบบประกันภัยพาราเมตริก (parametric insurance) เป็นต้น

## 6. กรณีศึกษา

งานชิ้นนี้นำเสนอการวิเคราะห์เชิงกรณีศึกษา (case study) ของระบบที่มีแนวคิดการออกแบบแตกต่างกันสามรูปแบบ ได้แก่ (1) หยวนดิจิทัล (Digital Yuan หรือ e-CNY) (2) ศูนย์ซื้อขายแบบรวมศูนย์ (Centralized Exchange หรือ CEX) และ (3) ระบบประกันภัยแบบพาราเมตริก (Parametric Insurance Platform) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบข้อแลกเปลี่ยน (trade-off) ระหว่าง การขยายตัว (scalability) ความสามารถในการตั้งโปรแกรม (programmability) และรูปแบบความเชื่อมั่น (trust model)

หยวนดิจิทัล (Digital Yuan หรือ e-CNY) เป็นตัวแทนของ ระบบรวมศูนย์ (centralized system) ที่ถูกออกแบบเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพ (efficiency) และการควบคุม (control) ในระดับรัฐ โดยมีจุดเด่นด้านการรองรับปริมาณธุรกรรมสูง (high scalability) และความหน่วงต่ำ (low latency) แต่มีข้อจำกัดด้านความสามารถในการตั้งโปรแกรม (programmability) เนื่องจากไม่มีสมาร์ตคอนแทรกต์ในระดับโปรโตคอล

ในขณะที่ศูนย์ซื้อขายแบบรวมศูนย์ (Centralized Exchange หรือ CEX) แม้จะอยู่ในระบบนิเวศของบล็อกเชน (blockchain ecosystem) แต่กลับดำเนินการในฐานะตัวกลาง (intermediary) และเป็นฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ (centralized database) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูง (high performance) และประสบการณ์ผู้ใช้ที่ดี (user experience)

ในกรณีศึกษาที่สาม แพลตฟอร์มประกันภัยแบบพาราเมตริก “โพโตแมค” (Potomac Parametric Insurance Platform) แสดงให้เห็นแนวทางของสถาปัตยกรรมแบบผสมผสาน โดยผสานโครงสร้างพื้นฐานการชำระเงินแบบรวมศูนย์ เช่น พร้อมเพย์ เข้ากับความสามารถในการตั้งโปรแกรมของบล็อกเชนผ่านสมาร์ตคอนแทรกต์ แนวทางนี้ช่วยให้สามารถรักษาความเร็วในการชำระเงิน และสนับสนุนการรับมาใช้ในวงกว้าง พร้อมทั้งเพิ่มความสามารถในการทำงานอัตโนมัติและความโปร่งใสได้ในเวลาเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบทั้งสามระบบ จะเห็นได้ว่า หยวนดิจิทัล เน้นการขยายตัวและการควบคุม ศูนย์ซื้อขายแบบรวมศูนย์ เน้นประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน ขณะที่ระบบโพโตแมค พยายามสร้างสมดุลระหว่าง การขยายตัว ความสามารถในการตั้งโปรแกรม และความเชื่อมั่น ผ่านการออกแบบแบบผสมผสาน ซึ่งสะท้อนทิศทางสำคัญของการพัฒนาระบบการเงินดิจิทัลในยุคปัจจุบัน ที่ต้องผสานจุดแข็งของแต่ละแนวทางเข้าด้วยกันอย่างมีประสิทธิภาพ

**6.1 หยวนดิจิทัล (Digital Yuan หรือ e-CNY)**

หยวนดิจิทัล (Digital Yuan หรือ e-CNY) [17] เป็นสกุลเงินดิจิทัลที่พัฒนาโดยธนาคารกลางจีน (People's Bank of China) เป็นตัวอย่างสำคัญของระบบการเงินดิจิทัลแบบรวมศูนย์ ถูกออกแบบในฐานะสกุลเงินดิจิทัลที่ออกโดยธนาคารกลางสำหรับประชาชนและธุรกิจ (Retail Central Bank Digital Currency หรือ Retail CBDC) เพื่อใช้ทดแทนเงินสดในระดับปริมาณเงิน M0

ในเชิงสถาปัตยกรรม ระบบหยวนดิจิทัลใช้โครงสร้างแบบรวมศูนย์ และไม่พึ่งพากลไกฉันทามติเหมือนบล็อกเชน ส่งผลให้สามารถรองรับการขยายตัวในระดับสูง และมีความหน่วงต่ำ เหมาะสำหรับการใช้งานในระดับประเทศ ระบบยังรองรับการชำระเงินแบบออฟไลน์ (offline payment) ผ่านเทคโนโลยีสื่อสารระยะใกล้ (Near Field Communication หรือ NFC) ซึ่งเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่โครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายมีข้อจำกัด

โครงสร้างของระบบถูกออกแบบในรูปแบบสองระดับ (two-tier system) โดยระดับบน (Tier 1) ธนาคารกลางทำหน้าที่ออกเงิน (issuance) ควบคุมปริมาณเงิน และดูแลบัญชีแยกประเภทหลัก (core ledger) ขณะที่ระดับล่าง (Tier 2) สถาบันการเงิน และผู้ให้บริการที่ได้รับอนุญาตทำหน้าที่กระจายเงิน (distribution) และให้บริการแก่ผู้ใช้งานผ่านกระเป๋าเงินดิจิทัล โครงสร้างนี้ช่วยให้สามารถรักษาการควบคุมระดับระบบ (system-level control) พร้อมกับรองรับการขยายตัวเชิงปฏิบัติการ (operational scalability)

ในเชิงสถาปัตยกรรม แนวทางนี้สามารถแบ่งออกเป็นหลายชั้น (layer) อย่างชัดเจน ได้แก่

(1) ชั้นบัญชีแยกประเภทหลัก (Core Ledger Layer) ที่ควบคุมโดยธนาคารกลาง

(2) ชั้นปฏิบัติการ (Operation Layer) สำหรับการจัดการบัญชีผู้ใช้และการดำเนินมาตรการการตรวจสอบเพื่อทราบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับลูกค้า และการป้องกันการฟอกเงิน

(3) ชั้นส่วนติดต่อผู้ใช้ (Interface Layer) เช่น กระเป๋าเงินดิจิทัลบนมือถือ (mobile wallet) และการชำระเงินผ่านคิวอาร์โค้ด (QR payment) และ

(4) ชั้นควบคุมและติดตาม (Control and Monitoring Layer) สำหรับการวิเคราะห์และกำกับดูแลธุรกรรมแบบเรียลไทม์

อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดเชิงสถาปัตยกรรมที่สำคัญคือ ระบบหยวนดิจิทัลไม่ได้รวมมูลค่า (value) และตรรกะ (logic) ไว้ในโครงสร้างเดียวกันเหมือนระบบบล็อกเชน กล่าวคือ ไม่มีสมาร์ตคอนแทรกต์ในระดับโปรโตคอลที่เปิดให้ผู้ใช้งานกำหนดเงื่อนไขการใช้เงินได้โดยตรง ตรรกะทางธุรกิจจึงถูกควบคุมผ่านระบบส่วนหลัง (backend system) ตามนโยบาย (policy) ของผู้ให้บริการ ส่งผลให้แม้ระบบจะมีประสิทธิภาพสูง และรองรับข้อกำหนดด้านการกำกับดูแลได้ดี แต่ยังขาด ความยืดหยุ่นในการพัฒนานวัตกรรมแบบการประกอบบริการ

ในช่วงการทดลองใช้งาน (pilot phase) หยวนดิจิทัลมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีจำนวนกระเป๋าเงินดิจิทัล 260–300 ล้านบัญชี และมีผู้ค้าหรือผู้ให้บริการมากกว่า 10 ล้านราย สะท้อนถึงการยอมรับในวงกว้างนอกจากนี้ ปริมาณธุรกรรมสะสม มีมากกว่า 950 ล้านรายการ และ มูลค่าธุรกรรมรวมสูงถึงประมาณ 1.8–2.0 ล้านล้านหยวน

**6.2 ศูนย์ซื้อขายแบบรวมศูนย์ (Centralized Exchange หรือ CEX)**

ศูนย์ซื้อขายแบบรวมศูนย์ (Centralized Exchange หรือ CEX) [18] ถือได้ว่าเป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักของระบบสินทรัพย์ดิจิทัลในปัจจุบัน โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการซื้อขาย การจัดเก็บสินทรัพย์ และการให้สภาพคล่อง (liquidity) แก่ผู้ใช้งาน แม้ว่าบล็อกเชน จะถูกออกแบบมาเพื่อลดการพึ่งพาตัวกลาง แต่ในทางปฏิบัติ ระบบตลาดคริปโตยังคงพึ่งพา CEX อย่างมาก โดย CEX ทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อ (gateway) ระหว่างระบบ

การเงินแบบดั้งเดิม (traditional financial system) และระบบนิเวศสินทรัพย์ดิจิทัล (digital asset ecosystem) โดยรองรับการแปลงระหว่างเงินตรา (fiat money) และสินทรัพย์ดิจิทัล (digital asset) เช่น บิตคอยน์ (Bitcoin) หรือ ยูเอสดีคอยน์ (USD Coin หรือ USDC) อีกทั้งยังให้บริการดูแลสินทรัพย์ (custody) ที่ผู้ใช้งานฝากสินทรัพย์ไว้กับแพลตฟอร์มแทนการถือกุญแจส่วนตัวด้วยตนเอง

ในเชิงสถาปัตยกรรม CEX ใช้ฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ (centralized database) ในการจัดเก็บบัญชีและดำเนินการจับคู่คำสั่งซื้อขาย (order matching) ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถประมวลผลธุรกรรมได้อย่างรวดเร็วและมีอัตราการประมวลผลสูงแตกต่างจากบล็อกเชนที่ต้องอาศัยกลไกฉันทามติ CEX ไม่รองรับเงินแบบตั้งโปรแกรมได้ ตรรกะถูกควบคุมภายจากระบบส่วนหลังของผู้ให้บริการ ทำให้ผู้ใช้งานไม่สามารถกำหนดเงื่อนไข หรือสร้างการทำงานอัตโนมัติได้อย่างอิสระเหมือนในสมาร์ตคอนแทรกต์

ในเชิงแนวคิด CEX สามารถอธิบายได้ว่าเป็น “ผู้ดูแลความเชื่อมั่น” (guardians of trust) แม้ระบบคริปโตจะถูกออกแบบให้ไม่ต้องพึ่งพาความไว้วางใจ (trustless system) แต่ผู้ใช้งานกลับต้องไว้วางใจแพลตฟอร์ม CEX ในการดูแลสินทรัพย์และดำเนินธุรกรรม ซึ่งก่อให้เกิด “ความขัดแย้งเชิงแนวคิด” (conceptual paradox) ที่น่าสนใจ สะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนจากเหตุการณ์ล่มสลายของ เอฟทีเอ็กซ์ (FTX) [19] และเซลเซียสเน็ตเวิร์ก (Celsius Network) [20] ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงเชิงระบบ (systemic risk) และผลกระทบแบบลูกโซ่ (contagion effect) ต่อทั้งระบบนิเวศ

เพื่อลดความเสี่ยง มีการเสนอแนวคิด เช่น การพิสูจน์เงินสำรอง (proof-of-reserves) และการพิสูจน์ความสามารถในการชำระหนี้ (proof-of-solvency) เพื่อเพิ่มความโปร่งใส อย่างไรก็ตาม แนวทางเหล่านี้ยังคงต้องพึ่งพาความถูกต้องของข้อมูลจากผู้ให้บริการ และไม่สามารถรับประกันความมั่นคงของระบบได้อย่างสมบูรณ์

โดยสรุป CEX แสดงให้เห็นว่า แม้ระบบที่ออกแบบมาเพื่อลดการพึ่งพาตัวกลางจะสามารถพัฒนาไปสู่ระบบกระจายศูนย์ในเชิงเทคโนโลยีได้ แต่ในเชิงการใช้งานจริงยังคงต้องพึ่งพาตัวกลาง (intermediary) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและ ความสะดวก ข้อนี้ตอกย้ำถึงความจำเป็นของ สถาปัตยกรรมแบบผสมผสาน (Hybrid Architecture) ที่ผสานข้อดีของทั้ง ระบบรวมศูนย์และระบบกระจายศูนย์เข้าด้วยกัน

### 6.3 แพลตฟอร์มประกันภัยแบบพาราเมตริก “โพโตแมค” (Potomac Parametric Insurance Platform)

โพโตแมค (Potomac) [21] เป็น แพลตฟอร์มประกันภัยแบบพาราเมตริก (parametric insurance platform) ที่ออกแบบมาเพื่อบริหารความเสี่ยงด้านสภาพอากาศ (climate risk) โดยใช้แนวทางสถาปัตยกรรมแบบผสมผสาน (Hybrid Architecture) ระหว่างโครงสร้างพื้นฐานการชำระเงินแบบรวมศูนย์ เข้ากับความสามารถในการตั้งโปรแกรมของบล็อกเชน เพื่อสร้างระบบที่มีทั้งประสิทธิภาพเชิงปฏิบัติและการทำงานอัตโนมัติ

แนวคิดหลักของระบบคือ การแยกการทำงาน (decoupling) ระหว่างการโอนมูลค่า และตรรกะทางธุรกิจ กล่าวคือ การรับและจ่ายเงินจริงดำเนินผ่านระบบชำระเงินแบบเดิม ขณะที่การกำหนดเงื่อนไขและการตัดสินใจ ถูกควบคุมโดยสมาร์ตคอนแทรกต์บนบล็อกเชน แนวทางนี้ช่วยลดข้อจำกัดของบล็อกเชนในด้าน การขยายตัว ความหน่วงและประสบการณ์ผู้ใช้ ขณะเดียวกันยังคงรักษาความโปร่งใส และการทำงานอัตโนมัติ

ในเชิงสถาปัตยกรรม ระบบถูกออกแบบแบบหลายชั้น (layered architecture) ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่

(1) ชั้นการชำระเงิน (Payment Layer) สำหรับการโอนเงินผ่าน พร้อมเพย์ หรือกระเป๋าเงินอิเล็กทรอนิกส์ (electronic wallet)

(2) ชั้นสมาร์ตคอนแทรกต์ (Smart Contract Layer) บนบล็อกเชน เช่น อีเธอเรียม หรือโซลูชันชั้นที่สอง (Layer 2 solutions) สำหรับประมวลผลตรรกะ

(3) ชั้นออราเคิล (Oracle Layer) สำหรับเชื่อมข้อมูลภายนอก (off-chain data) เช่น ข้อมูลสภาพอากาศ และ

(4) ชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer) สำหรับให้บริการผ่านโมบายแอปพลิเคชัน โปรแกรมประยุกต์เชื่อมต่อ (Application Programming Interface หรือ API) หรือ

แพลตฟอร์มสื่อสาร (messaging platform) เช่น แอปพลิเคชันไลน์ (LINE)

ประกันภัยแบบพาราเมตริกแตกต่างจากประกันแบบดั้งเดิม คือไม่มีการยื่นเคลม เงื่อนไขการจ่ายเงินถูกกำหนดล่วงหน้า เช่น หากปริมาณฝนเกินค่าที่กำหนด ระบบจะดำเนินการจ่ายเงินตามเหตุการณ์ (event-driven payout) โดยอัตโนมัติ แนวทางนี้ช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน (operational cost) และลดระยะเวลาในการจ่ายเงินจากระดับสัปดาห์เหลือเพียงไม่กี่นาที

กระบวนการทำงานเริ่มจากผู้ใช้ซื้อสัญญาผ่านช่องทางดิจิทัลและชำระเงินผ่านพร้อมเพย์ จากนั้นระบบส่วนหลังบ้านจะสร้างสถานะของสัญญาบนบล็อกเชน และติดตามข้อมูลจากแหล่งภายนอก เมื่อเงื่อนไขถูกกระตุ้นผ่านออราเคิล สมาร์ตคอนแทรกต์จะดำเนินการตามตรรกะและสั่งให้เกิดการโอนเงินชดเชยหรือสินไหมทดแทน

ชั้นออราเคิล มีบทบาทสำคัญ เป็นกลไกที่เชื่อมข้อมูลนอกเชน (off-chain data) เข้าสู่ระบบบนเชน (on-chain system) ความถูกต้องของข้อมูลมีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของผลลัพธ์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในระบบการเงินอัตโนมัติ

ในด้านประสบการณ์ผู้ใช้ ระบบโพโตแมคถูกออกแบบให้ลดความซับซ้อนของบล็อกเชน โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องจัดการกุญแจส่วนตัว หรือกระเป๋าเงินดิจิทัลด้วยตนเอง แต่สามารถใช้งานผ่าน โมบายแบงก์กิ้ง หรือแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) ซึ่งช่วยลดอุปสรรคหรือความไม่สะดวกต่างๆ (friction) ในการเริ่มต้นใช้งาน

เมื่อเปรียบเทียบกับ ระบบบล็อกเชนแบบกระจายศูนย์เต็มรูปแบบ ระบบโพโตแมคสามารถลด ต้นทุนธุรกรรมค่าแก๊ส ลดความหน่วง และเพิ่มความสามารถในการขยายตัว ขณะเดียวกันยังคงรักษาความสามารถในการตั้งโปรแกรม และการทำงานอัตโนมัติ ในทางกลับกัน เมื่อเทียบกับระบบรวมศูนย์ เช่น พร้อมเพย์ เพียงอย่างเดียว ระบบนี้เพิ่มความสามารถในการตั้งโปรแกรม สามารถกำหนดเงื่อนไขที่ซับซ้อนและการจ่ายเงินตามเหตุการณ์ได้อย่างโปร่งใส

กรณีศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า สถาปัตยกรรมแบบผสมผสาน สามารถนำไปใช้งานจริงได้ โดยไม่เพียงเพิ่มประสิทธิภาพของการชำระเงิน แต่ยังเปลี่ยนบทบาทของ เงินดิจิทัล จากสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนไปสู่ โครงสร้างพื้นฐานของระบบอัตโนมัติทางเศรษฐกิจ (automated economic infrastructure) ซึ่งสามารถต่อยอดไปยังหลายอุตสาหกรรม ช่วยส่งเสริมสนับสนุนเศรษฐกิจดิจิทัล

## 7. บทสรุป

เงินดิจิทัลเป็นวิวัฒนาการของระบบการเงินจากเงินสดไปสู่ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บและประมวลผลในระบบดิจิทัล โดยสามารถอยู่ได้ทั้งในรูปแบบระบบรวมศูนย์ และระบบกระจายศูนย์ อย่างไรก็ตาม ทั้งสองแนวทางมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน โดยบล็อกเชนแม้จะมีความโปร่งใส และสามารถตั้งโปรแกรมได้ผ่านสมาร์ตคอนแทรกต์ แต่ยังเผชิญปัญหาต่างๆ ขณะที่ระบบรวมศูนย์มีประสิทธิภาพสูงและได้รับการยอมรับในวงกว้าง แต่ขาดความสามารถในการกำหนดตรรกะทางการเงินอัตโนมัติและการทำงานแบบและการประกอบบริการ

เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว แนวคิดเงินดิจิทัลแบบผสมผสาน จึงถูกเสนอขึ้น โดยผสานจุดแข็งของทั้งสองระบบเข้าด้วยกัน ใช้โครงสร้างพื้นฐานแบบรวมศูนย์สำหรับการโอนมูลค่าที่รวดเร็วและมีเสถียรภาพ และใช้บล็อกเชนสำหรับการประมวลผลตรรกะผ่านสมาร์ตคอนแทรกต์ และการเชื่อมข้อมูลผ่านออราเคิล แนวทางนี้ช่วยให้สามารถสร้างระบบการเงินที่มีทั้งประสิทธิภาพ ความโปร่งใส และความสามารถในการตั้งโปรแกรมและการประกอบบริการ

## 8. เอกสารอ้างอิง

[1] S. Nakamoto. (12 January 2026). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. [Online] Available : https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

[2] A. Narayanan, J. Bonneau, E. Felten, A. Miller, and S. Goldfeder, *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies*, Princeton University Press, 2016.

[3] International Monetary Fund, “Digital Money Across Borders: Macro-Financial Implications,” 2020.

[4] S. Ammous, *The Bitcoin Standard: The Decentralized Alternative to Central Banking*, John Wiley & Sons, 2018.

[5] V. Buterin. (12 January 2026). *The Scalability Trilemma*. [Online] Available : https://vitalik.ca/general/2021/04/07/sharding.html

[6] V. Buterin, "An Incomplete Guide to Rollups," 2021.

[7] E. Kokoris-Kogias et al., "OmniLedger: A Secure, Scale-Out, Decentralized Ledger via Sharding," in *Proc. IEEE Symposium on Security and Privacy*, 2018.

[8] V. Buterin, "Ethereum 2.0 and Proof of Stake," Ethereum Foundation, 2020.

[9] J. Poon and T. Dryja, "The Bitcoin Lightning Network: Scalable Off-Chain Instant Payments," 2016.

[10] M. Iansiti and K. R. Lakhani. (12 January 2026). *The Truth About Blockchain*. [Online] Available : https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain

[11] R. K. Quarles. (12 January 2026). *Parachute Pants and Central Bank Money*. [Online] Available : https://www.federalreserve.gov/newsevents/speech/quarles20210628a.htm

[12] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (12 มกราคม 2569). *พร้อมเพย์ (PromptPay).* [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://www.bot.or.th/en/financial-innovation/digital-finance/digital-payment/promptpay.html

[13] บริษัท เนชั่นแนล ไอทีเอ็มเอ็กซ์ จำกัด. (12 มกราคม 2569). *สถิติและรายงานการใช้งานพร้อมเพย์*. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://itmx.co.th/news-and-events/MTc0NTM4OTI0MQ==

[14] บ. ทองขลิบ. (12 มกราคม 2569). *ระบบเอสโครว์ (Escrow) กับการขายทอดตลาด*. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://sub.led.go.th/develop/wp-content/uploads/2023/09/Escrow_system-1.pdf

[15] Deutsche Bundesbank. (12 January 2026). *Money in Programmable Applications: Cross-Sector Perspectives from the German Economy*. [Online] Available : https://www.bundesbank.de/resource/blob/855148/ebaab681009124d4331e8e327cfaf97c/mL/2020-12-21-programmierbare-zahlung-anlage-data.pdf

[16] H. Kalodner et al., "Arbitrum: Scalable, Private Smart Contracts," in *Proc. USENIX Security Symposium*, 2018.

[17] People's Bank of China, "Progress of Research & Development of e-CNY in China," 2022.

[18] D. Vidal-Tomás, "Centralized Exchanges & Proof-of-Solvency: The Guardians of Trust," *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, Vol. 103, 2025.

[19] U.S. Bankruptcy Court, "FTX Trading Ltd. Bankruptcy Filing," 2022.

[20] Celsius Network LLC, "Bankruptcy Filing Documents," 2022.

[21] Potomac. (12 January 2026).*Parametric Insurance Platform for Climate Risk*. [Online] Available : https://www.potomachq.co