

การสังเคราะห์งานวิจัยด้านเทคโนโลยีบล็อกเชนและออกแบบกรอบแนวคิดการ จัดการเอกสารทางการศึกษา กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธนบุรี

A Synthesis of Blockchain Technology Research and the Design of a Conceptual Framework for Educational Document Management: A Case Study of Thonburi University

ปฐมพงษ์ ฤกษ์สมุทร¹, ปณัญญา เชื่อมสุข²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลมีเดีย, มหาวิทยาลัยธนบุรี, Patompong.dm@thonburi-
u.ac.th

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สาขาเทคโนโลยีดิจิทัลมีเดีย, มหาวิทยาลัยธนบุรี, kanecha.krisana@thonburi-
u.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์แนวคิดและกลไกของเทคโนโลยีบล็อกเชนแบบมีสิทธิ์เข้าถึง (Permissioned Blockchain) ร่วมกับระบบจัดเก็บข้อมูลกระจายศูนย์ เพื่อเสนอกรอบแนวคิดพัฒนาระบบจัดการเอกสารทางการศึกษาดิจิทัลสำหรับมหาวิทยาลัยธนบุรี โดยมุ่งป้องกันการปลอมแปลงเอกสารและแก้ไขข้อมูล โดยมีขอบ พร้อมพัฒนาระบบการตรวจสอบความถูกต้องแบบทันที (Instant Verification) ผ่านสัญญาอัจฉริยะ (Smart Contracts) ภายใต้สถาปัตยกรรมที่สอดคล้องกับ พ.ร.บ.คุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) งานวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพผ่านการวิจัยเอกสาร โดยรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลระดับสากล ได้แก่ IEEE, ScienceDirect และ Google Scholar (ค.ศ. 2018-2025) ข้อมูลถูกคัดกรองอย่างเป็นระบบตามแนวทาง PRISMA Diagram จนได้บทความคุณภาพสูง 15 บทความเพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ

ผลการวิจัยพบว่า การบูรณาการ Permissioned Blockchain รูปแบบ Hyperledger Fabric ร่วมกับ IPFS และ Smart Contracts เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ระบบจะเปลี่ยนผ่านสู่แบบกระจายศูนย์ โดยเก็บไฟล์ต้นฉบับแยกไว้ใน IPFS และบันทึกเฉพาะ "ค่าแฮช" ลงบนบล็อกเชน ทำให้ข้อมูลไม่สามารถแก้ไขย้อนหลังได้ นอกจากนี้ Smart Contracts ยังช่วยให้หน่วยงานภายนอกตรวจสอบวุฒิการศึกษาได้ทันทีในระดับวินาทีผ่านการสแกน QR Code ซึ่งลดเวลาและต้นทุนอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังมีการควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามกฎหมาย PDPA อย่างเคร่งครัด

สรุปได้ว่า สถาปัตยกรรมที่นำเสนอนี้มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคสูง สามารถแก้ปัญหาการปลอมแปลงเอกสารได้อย่างเด็ดขาดและพร้อมนำไปใช้เป็น "พิมพ์เขียว" (Blueprint) ในการพัฒนาระบบต้นแบบ

(Prototype) เพื่อเปลี่ยนผ่านมหาวิทยาลัยธนบุรีสู่มหาวิทยาลัยดิจิทัลที่มีความมั่นคงปลอดภัยระดับสากลอย่างยั่งยืน

คำหลัก: เทคโนโลยีบล็อกเชน, การจัดการเอกสารทางการศึกษา, ระบบจัดเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ (IPFS), สัญญาอัจฉริยะ

Abstract

This research aims to synthesize the concepts and mechanisms of permissioned blockchain technology integrated with decentralized storage systems to propose a conceptual framework for developing a digital educational document management system for Thonburi- University. The primary objectives are to prevent diploma forgery and unauthorized data tampering, as well as to develop an instant verification process through smart contracts within an architecture that fully complies with the Personal Data Protection Act (PDPA). The study employs a qualitative research methodology via documentary research, collecting data from international academic databases, namely IEEE, ScienceDirect, and Google Scholar (2018–2025). The data were systematically screened in accordance with the PRISMA Diagram, yielding 15 high-quality articles for comparative analysis.

The results indicate that integrating a permissioned blockchain, specifically Hyperledger Fabric, with IPFS and smart contracts is the most effective approach. The system transitions to a decentralized model by storing the original files separately in IPFS and recording only the "hash values" on the blockchain, rendering the data immutable. Furthermore, smart contracts enable external organizations to instantly verify educational credentials within seconds by scanning a QR Code, which significantly reduces time and costs. Additionally, the system strictly implements data access control in compliance with PDPA regulations.

In conclusion, the proposed architecture exhibits a high level of technical feasibility and can definitively resolve the issue of document forgery. It is ready to serve as a "blueprint" for developing a prototype, transitioning Thonburi University into a secure, globally recognized, and sustainable digital university.

Keywords: Blockchain Technology, Educational Document Management, InterPlanetary File System (IPFS), Smart Contracts

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในบริบทของการเปลี่ยนผ่านสู่ความเป็นมหาวิทยาลัยดิจิทัล ความน่าเชื่อถือของเอกสารทางวิชาการ เช่น ปริญญาบัตรและใบแสดงผลการเรียน ถือเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความก้าวหน้าวิชาชีพของนักศึกษาและชื่อเสียงในระดับสากลของสถาบันอุดมศึกษา อย่างไรก็ตาม ปัญหาการปลอมแปลงเอกสารทางการศึกษา (Diploma Forgery) ยังคงเป็นวิกฤตการณ์ที่แพร่ระบาดไปทั่วโลก ซึ่งการศึกษาวิจัยของ Hashmani et al. (2020) ระบุว่า การลักลอบซื้อขายวุฒิการศึกษาปลอมทวีความรุนแรงและแนบเนียนขึ้น จนระบบการตรวจสอบแบบดั้งเดิมที่ต้องใช้คนดำเนินการมีค่าใช้จ่ายสูงและล่าช้าเกินกว่าจะรองรับได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการจัดการเอกสารในรูปแบบเดิมที่พึ่งพาฐานข้อมูลแบบศูนย์รวม (Centralized Database) ยังเผชิญกับข้อจำกัดด้านความปลอดภัยของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการถูกโจมตีทางไซเบอร์และการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาตเพื่อแก้ไขข้อมูลผลการเรียน (Data Tampering) ซึ่ง Gu et al. ได้ชี้ให้เห็นว่าระบบที่รวมศูนย์อำนาจไว้ที่ผู้ดูแลระบบเพียงจุดเดียวนั้นขาดความโปร่งใสและเสี่ยงต่อการทุจริตภายใน นอกจากนี้กระบวนการตรวจสอบเอกสารในรูปแบบกระดาษยังส่งผลให้เกิดความล่าช้าในตลาดแรงงาน เนื่องจากสถานประกอบการต้องใช้เวลาและทรัพยากรบุคคลจำนวนมากในการประสานงานกับสถาบันการศึกษาเพื่อยืนยันความถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Badlani et al. (2022) ที่กล่าวถึงความจำเป็นในการนำระบบอัตโนมัติมาทดแทนกระบวนการที่พึ่งพามนุษย์ (Manual Process) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการยืนยันตัวตน

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเทคโนโลยีบล็อกเชน (Blockchain) มีคุณสมบัติเด่นในการเป็นสถาปัตยกรรมข้อมูลแบบกระจายศูนย์ (Distributed Ledger Technology) ซึ่งช่วยสร้างกลไกความไว้วางใจโดยไม่ต้องผ่านตัวกลาง โดยคุณสมบัติการไม่สามารถแก้ไขข้อมูลย้อนหลังได้ (Immutability) และความโปร่งใส ในการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะเข้ามาแก้ปัญหการปลอมแปลงเอกสารได้อย่างยั่งยืน (Nurhaeni et al.) ยิ่งไปกว่านั้น การบูรณาการระบบจัดเก็บไฟล์แบบกระจายศูนย์ (IPFS) เข้ากับสัญญาอัจฉริยะ (Smart Contracts) ดังที่ Badlani et al. (2022) เสนอนั้นเมื่อนำมาผสมผสานกับการใช้เครือข่ายบล็อกเชนแบบมีสิทธิ์เข้าถึง (Permissioned Blockchain) ตามแนวทางของ Sy et al. (2024) จะช่วยให้สถาบันสามารถออกเอกสารดิจิทัลที่ผ่านการเข้ารหัสและตรวจสอบความถูกต้องได้ในทันที (Instant Verification) โดยยังคงรักษาความเป็นส่วนตัวของข้อมูลตามมาตรฐานสากลด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาสังเคราะห์แนวคิด จากบทความวิจัยระดับนานาชาติเพื่อนำเสนอแนวทางการพัฒนาระบบการจัดการเอกสารทางการศึกษาดิจิทัล เต็มรูปแบบสำหรับมหาวิทยาลัยธนบุรี เพื่อยกระดับกลไกการบริหารจัดการเอกสารให้มีความเป็นสากล ปราศจากการปลอมแปลง และสอดคล้องกับ

พระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) อันเป็นการเสริมสร้างฐานข้อมูลทางการศึกษาที่มั่นคงและยั่งยืนให้แก่สถาบันในระยะยาว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสังเคราะห์แนวคิดและกลไกการทำงานของเทคโนโลยีบล็อกเชนแบบมีสิทธิ์เข้าถึง (Permissioned Blockchain) ร่วมกับระบบเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ (IPFS) จากบทความวิจัยระดับนานาชาติ
2. เพื่อเสนอแนวคิดเชิงโครงสร้าง (Conceptual Framework) ในการพัฒนาระบบจัดการเอกสารทางการศึกษาดิจิทัลเต็มรูปแบบที่สามารถป้องกันการปลอมแปลง (Diploma Forgery) และการแก้ไขข้อมูล (Data Tampering) สำหรับมหาวิทยาลัยธนบุรี
3. เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารทางการศึกษาแบบทันที (Instant-Verification) โดยใช้สัญญาอัจฉริยะ (Smart Contracts) เพื่อลดขั้นตอนและระยะเวลาในการประสานงานระหว่างสถาบันและสถานประกอบการ
4. เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบระบบการจัดการข้อมูลทางการศึกษาดิจิทัลที่สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยระดับสากลและพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) ของประเทศไทย

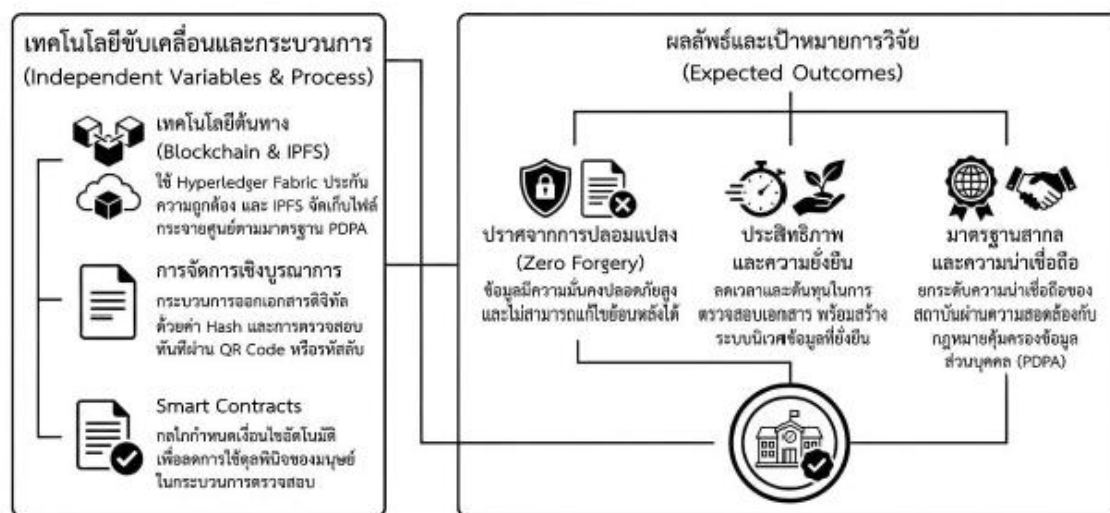
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มหาวิทยาลัยธนบุรีจะมีแนวทางเชิงนโยบายและต้นแบบเชิงโครงสร้างในการยกระดับการบริหารจัดการเอกสารจากระบบศูนย์รวม (Centralized) ไปสู่ระบบกระจายศูนย์ (Decentralized) ที่มีความมั่นคงปลอดภัยสูง
2. สถานประกอบการและหน่วยงานภายนอกสามารถตรวจสอบความถูกต้องของวุฒิการศึกษาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ช่วยลดต้นทุนด้านทรัพยากรบุคคลและเวลาในการตรวจสอบเอกสารแบบเดิม (Manual Process)
3. นักศึกษาและศิษย์เก่าของมหาวิทยาลัยธนบุรีจะได้รับเอกสารทางการศึกษาในรูปแบบดิจิทัลที่มีความน่าเชื่อถือในระดับสากล เสริมสร้างโอกาสและความก้าวหน้าในวิชาชีพในตลาดแรงงานยุคดิจิทัล
4. สร้างความเชื่อมั่นให้กับสถาบันด้วยระบบนิเวศข้อมูลที่โปร่งใส ตรวจสอบย้อนกลับได้ (Traceability) และมีการจัดการข้อมูลส่วนบุคคลที่ถูกต้องตามข้อกำหนดของกฎหมาย PDPA ซึ่งเป็นการเสริมสร้างภาพลักษณ์ความเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีทางการศึกษาที่ยั่งยืน

กรอบแนวคิด

กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้บูรณาการองค์ประกอบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศขั้นสูง เข้ากับกระบวนการบริหารจัดการเอกสารทางการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาการปลอมแปลงเอกสารและความล่าช้าในระบบดั้งเดิมตามที่ปรากฏในแผนภูมิโครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบ โดยกำหนดให้ปัจจัยนำเข้าและเทคโนโลยีต้นทางอันเป็นตัวแปรอิสระซึ่งประกอบด้วยบล็อกเชนแบบมีสิทธิ์เข้าถึงหรือ Permissioned Blockchain ในรูปแบบ Hyperledger Fabric ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักในการบันทึกข้อมูลแบบบัญชีสถาปัตยกรรม กระจายศูนย์ที่ไม่สามารถแก้ไขได้เพื่อประกันความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลหรือ Data Integrity ทำงานร่วมกับระบบจัดเก็บไฟล์กระจายศูนย์หรือ IPFS Storage สำหรับเก็บเอกสารต้นฉบับในรูปแบบดิจิทัลเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดด้านพื้นที่จัดเก็บบนบล็อกเชนและรักษาความเป็นส่วนตัวของข้อมูลตามมาตรฐาน PDPA โดยมีสัญญาอัจฉริยะหรือ Smart Contracts เป็นกลไกกำหนดเงื่อนไขทางธุรกิจอัตโนมัติในการออกและตรวจสอบเอกสาร เพื่อลดการใช้ดุลยพินิจของบุคคลและเพิ่มความโปร่งใสในทุกขั้นตอน ซึ่งองค์ประกอบทางเทคโนโลยีเหล่านี้จะถูกขับเคลื่อนผ่านกระบวนการจัดการเอกสารเชิงบูรณาการที่เริ่มจากการออกเอกสารดิจิทัลด้วยการแปลงผลการเรียนจากฐานข้อมูลสถาบันสู่การสร้างค่าแฮชที่ระบุตัวตนได้ไปจนถึงกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องได้ในทันที ผ่านรหัสลับหรือคิวอาร์โค้ดที่เชื่อมโยงกับบล็อกเชนโดยตรงเพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ที่คาดหวังตามตัวแปรตามในด้านความมั่นคงปลอดภัยที่ปราศจากการปลอมแปลงเอกสารอย่างเด็ดขาด มิติด้านประสิทธิภาพในการลดระยะเวลาและต้นทุนสำหรับสถานประกอบการหรือหน่วยงานภายนอกในการตรวจสอบวุฒิการศึกษาและมิติด้านมาตรฐานสากลในการสร้างระบบนิเวศข้อมูลหรือ Data Ecosystem ที่ยั่งยืนและน่าเชื่อถือให้แก่สถาบันอุดมศึกษาของมหาวิทยาลัยธนบุรีในระยะยาวซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการสร้างความโปร่งใสและการตรวจสอบย้อนกลับได้ตามที่ระบุไว้ในกรอบแนวคิดการวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้ทุกประการ

การจัดการเอกสารทางการศึกษาแบบเต็มระบบด้วยบล็อกเชน กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธนบุรี



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการจัดการเอกสารทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีบล็อกเชน กรณีศึกษามหาวิทยาลัยธนบุรี

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในกรอบแนวคิดดังกล่าว จะเห็นได้ว่าสถาปัตยกรรมที่นำเสนอไม่ใช่เพียงการนำเทคโนโลยีมาใช้ทดแทนฐานข้อมูลแบบเดิม แต่เป็นการออกแบบกระบวนการใหม่ที่สร้างความไว้วางใจ โดยอาศัยความแข็งแกร่งของบล็อกเชนในการรักษาสิทธิของข้อมูล ผสานกับความคล่องตัวของ IPFS ในการบริหารจัดการไฟล์ และความแม่นยำของ Smart Contract ในการดำเนินการกระบวนการตรวจสอบ ซึ่งความเชื่อมโยงเชิงระบบนี้จะส่งผลโดยตรงต่อการยกระดับมาตรฐานการออกเอกสารทางการศึกษาของมหาวิทยาลัยธนบุรีให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากลและมีความมั่นคงปลอดภัยสูงสุดภายใต้ข้อกำหนดทางกฎหมายของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

กระบวนการคัดกรองบทความวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องดำเนินการตามแนวทางของ PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) อย่างเป็นระบบ โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานใน 4 ขั้นตอนหลัก เริ่มต้นจาก ขั้นตอนการระบุข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นบทความจากฐานข้อมูลวิชาการระดับสากลจำนวน 3 แหล่ง ซึ่งได้ผลลัพธ์การสืบค้นรวมทั้งสิ้น 350 บทความ แบ่งออกเป็นข้อมูลจากฐานข้อมูล IEEE จำนวน 120 บทความ, ScienceDirect จำนวน 150 บทความ และ Google Scholar จำนวน 80 บทความ จากนั้นจึงเข้าสู่ ขั้นตอนการคัดกรอง โดยในเบื้องต้นได้ทำการตัดรายการบทความที่มีความซ้ำซ้อนกันออกไป ทำให้คงเหลือบทความที่ต้องพิจารณาจำนวน 280 บทความ ซึ่งบทความเหล่านี้ได้ถูกนำมาคัดกรองเบื้องต้นจากการพิจารณาความสอดคล้องของชื่อเรื่อง และบทคัดย่อ ส่งผลให้มีบทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์และถูกคัดออกไปจำนวน 210 บทความ

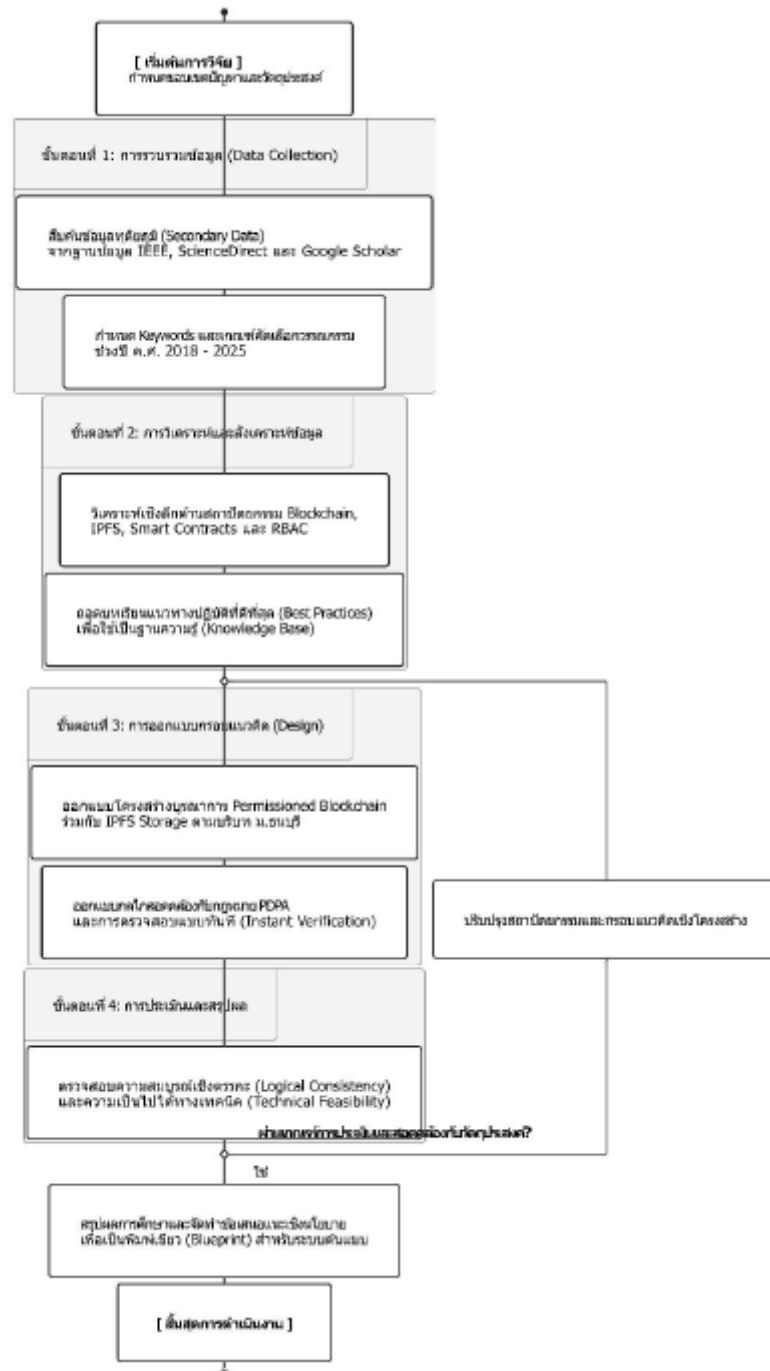
สำหรับบทความที่ผ่านการพิจารณาจำนวน 70 บทความจะถูกนำไปสู่ ขั้นตอนการประเมินความเหมาะสม โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการอ่านและประเมินคุณภาพจากบทความฉบับเต็มอย่างละเอียด ในขั้นตอนนี้มี บทความถูกคัดออกเพิ่มเติมอีกจำนวน 55 บทความ เนื่องจากเนื้อหาหลัก ไม่สอดคล้องกับขอบเขตการ วิจัย ไม่ได้มุ่งเน้นการแก้ปัญหาด้วยสถาปัตยกรรมบล็อกเชนแบบมีสิทธิ์เข้าถึงหรือไม่เข้าถึงตามปี ค.ศ. ที่กำหนด ท้ายที่สุดนี้ ขั้นตอนการรวมข้อมูลได้ผลสรุปเป็นจำนวนบทความวิจัยคุณภาพสูงที่ผ่านการคัด กรองและประเมินความเหมาะสมอย่างครบถ้วนทั้งสิ้นจำนวน 15 บทความ ซึ่งบทความที่ผ่านการคัดเลือก ทั้งหมดนี้ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลชั้นปฐมภูมิสำหรับการวิเคราะห์และสังเคราะห์เนื้อหาเชิงลึก เพื่อนำไปสู่การ ออกแบบกรอบแนวคิดระบบการจัดการเอกสารทางการศึกษาดิจิทัลในขั้นตอนต่อไป



ภาพ 2 ขั้นตอนการคัดเลือกบทความวิจัยตามแนวทาง PRISMA Diagram

การวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ผ่านกระบวนการวิจัยเอกสารและการวิเคราะห์ เนื้อหา เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้จากวรรณกรรมวิชาการระดับสากล โดยผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างการ

ดำเนินงานให้มีความต่อเนื่องและสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ในทุกขั้นตอน เพื่อมุ่งเน้นการสร้างข้อเสนอแนะเชิงโครงสร้างที่มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและสอดคล้องกับบริบทเฉพาะของสถาบันอุดมศึกษา



ภาพ 3 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากภาพที่ 3 กระบวนการวิจัยเริ่มต้นจากการกำหนดขอบเขตปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัยนำไปสู่การดำเนินการเชิงระบบใน 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ผู้วิจัยดำเนินการสืบค้นและรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากฐานข้อมูลวิชาการระดับสากลที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง ได้แก่ IEEE Xplore, ScienceDirect และ Google Scholar โดยกำหนดคำสำคัญ (Keywords) ในการสืบค้นที่เป็นประเด็นหลักของงานวิจัย ได้แก่ "Blockchain in Higher Education", "Educational Document Management" และ "Permissioned Blockchain" ทั้งนี้ได้กำหนดเกณฑ์การคัดเลือกวรรณกรรมโดยมุ่งเน้นบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 2018 ถึง 2025 เพื่อให้มั่นใจว่าเทคโนโลยีที่นำมาศึกษาเป็นปัจจุบันและเท่าทันต่อสภาพการณ์ดิจิทัลในยุคปัจจุบัน โดยใช้กระบวนการคัดกรองอย่างเป็นระบบเพื่อคัดเลือกเฉพาะงานวิจัยที่มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการจัดเก็บและตรวจสอบเอกสารทางการศึกษาที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรง

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis and Synthesis)

ข้อมูลและองค์ความรู้ที่ผ่านการคัดเลือกตามกระบวนการอย่างเป็นระบบในภาพที่ 2 จะถูกนำมาดำเนินการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงลึก (In-depth Content Analysis) โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การวิเคราะห์เปรียบเทียบในมิติด้านข้อดี ข้อจำกัด และประสิทธิภาพเชิงเทคนิคของสถาปัตยกรรมบล็อกเชนประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะมุ่งเน้นไปที่บล็อกเชนแบบมีสิทธิ์เข้าถึง (Permissioned Blockchain) เช่น Hyperledger Fabric เพื่อประเมินความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับสถาบันอุดมศึกษา

กระบวนการสังเคราะห์นี้ยังครอบคลุมถึงการวิเคราะห์กลไกการทำงานร่วมกันระหว่างระบบจัดเก็บข้อมูลกระจายศูนย์ (InterPlanetary File System: IPFS) และสัญญาอัจฉริยะ (Smart Contracts) เพื่อกำหนดแนวทางการจัดเก็บไฟล์เอกสารต้นฉบับและการควบคุมความถูกต้องของข้อมูล (Data Integrity) ผ่านการสร้างค่าแฮช (Hash Value) ซึ่งรวมถึงการกำหนดเงื่อนไขการเข้าถึงข้อมูลตามบทบาทของผู้ใช้งาน (Role-Based Access Control) เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยระดับสากล

กระบวนการดังกล่าวมีเป้าหมายสำคัญเพื่อถอดบทเรียนและแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practices) จากการดำเนินงานของสถาบันอุดมศึกษาชั้นนำทั่วโลกที่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนในการบริหารจัดการวุฒิการศึกษา ข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์นี้จะถูกนำมาใช้เป็นฐานความรู้ (Knowledge Base) ที่สำคัญ ในการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบจัดการเอกสารทางการศึกษาแบบเต็มรูปแบบสำหรับมหาวิทยาลัยธนบุรี เพื่อให้มั่นใจว่าระบบนิเวศข้อมูลที่พัฒนาขึ้นใหม่นั้นมีความมั่นคงปลอดภัย ปราศจากการปลอมแปลงและมีประสิทธิภาพสูงสุดในทางปฏิบัติ

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบกรอบแนวคิดเชิงโครงสร้าง (Conceptual Model Design)

ผู้วิจัยนำผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเคราะห์องค์ความรู้และบทเรียนแนวปฏิบัติที่ดีที่สุดมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบที่สอดคล้องกับบริบท ระเบียบปฏิบัติ และข้อกำหนดเฉพาะของมหาวิทยาลัยธนบุรีอย่างเป็นรูปธรรม โดยหัวใจสำคัญของการออกแบบมุ่งเน้นไปที่การจัดวาง

โครงสร้างแบบบูรณาการระหว่าง Permissioned Blockchain สำหรับการบันทึกหลักฐานการศึกษาที่ไม่อาจแก้ไขได้ และ IPFS Storage สำหรับการจัดเก็บไฟล์เอกสารต้นฉบับที่มีความปลอดภัยสูง

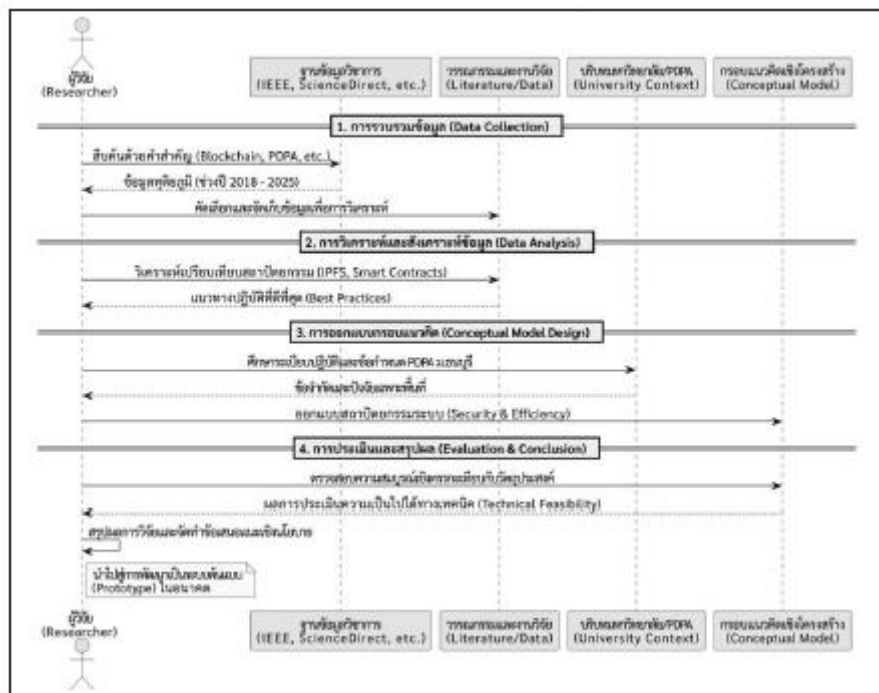
ในการนี้ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญอย่างยิ่งยวดกับการออกแบบระบบให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) ของประเทศไทย โดยกำหนดกลไกการคัดแยกข้อมูลระบุตัวตน (Personally Identifiable Information: PII) ให้อยู่ภายใต้การควบคุมสิทธิ์ผ่านสัญญาอัจฉริยะ (Smart Contracts) เพื่อจำกัดการเข้าถึงเฉพาะผู้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น นอกจากนี้ สถาปัตยกรรมดังกล่าวยังมุ่งเน้นการยกระดับประสิทธิภาพของระบบเพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการตรวจสอบเอกสารอ้างอิงสำหรับหน่วยงานภายนอกและสถานประกอบการ จากเดิมที่ต้องใช้ระยะเวลาหลายวันให้เหลือเพียงการตรวจสอบแบบทันที (Instant-Verification) ผ่านการสแกนรหัสคิวอาร์ (QR Code) ที่เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลบล็อกเชนโดยตรง โดยลำดับขั้นตอนการโต้ตอบของระบบและความเชื่อมโยงเชิงเทคนิคตั้งแต่ขั้นตอนการออกเอกสารจนถึงกระบวนการยืนยันความถูกต้องสุดท้ายได้ถูกสรุปไว้อย่างเป็นระบบในแผนภาพลำดับขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและสรุปผลการวิจัย (Evaluation and Conclusion)

ขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินงานวิจัยตามที่ปรากฏในแผนภาพลำดับขั้นตอนในภาพที่ 3 คือ การตรวจสอบความสมบูรณ์เชิงตรรกะ (Logical Consistency Verification) ของกรอบแนวคิดเชิงสถาปัตยกรรมที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ โดยผู้วิจัยดำเนินการเปรียบเทียบผลการออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างละเอียดกับวัตถุประสงค์การวิจัยที่ตั้งไว้ในเบื้องต้น เพื่อยืนยันว่าระบบจัดการเอกสารทางการศึกษาที่ออกแบบขึ้นนี้มีความเป็นไปได้ทางสถาปัตยกรรมเทคนิค (Technical Feasibility) และมีขีดความสามารถในการป้องกันปัญหาการปลอมแปลงเอกสาร (Diploma Forgery) รวมถึงการแก้ไขข้อมูล (Data Tampering) ได้อย่างยั่งยืนในทางปฏิบัติ

กระบวนการประเมินยังครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ความสอดคล้องของกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องแบบทันที (Instant Verification) ว่าสามารถลดภาระงานและระยะเวลาในการประสานงานระหว่างมหาวิทยาลัยธนบุรีและหน่วยงานภายนอกได้ตามเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ประเมินมิติ ด้านการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อให้มั่นใจว่าโครงสร้างระบบที่เสนอมีกลไกที่สอดคล้องกับข้อกำหนด ของกฎหมาย PDPA อย่างเคร่งครัด

ภายหลังจากเสร็จสิ้นการประเมิน ผู้วิจัยจึงดำเนินการสรุปผลการศึกษาทั้งหมดและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (Policy Recommendations) เพื่อใช้เป็นแนวทางสำคัญและเป็นพิมพ์เขียว (Blueprint) ให้แก่สถาบัน ในการนำกรอบแนวคิดนี้ไปพัฒนาต่อยอดเป็นระบบต้นแบบ (Prototype) ในงานวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) ระดับต่อไป เพื่อมุ่งสู่การเป็นสถาบันการศึกษาที่มีระบบนิเวศข้อมูลที่โปร่งใสและน่าเชื่อถือในระดับสากลอย่างแท้จริง



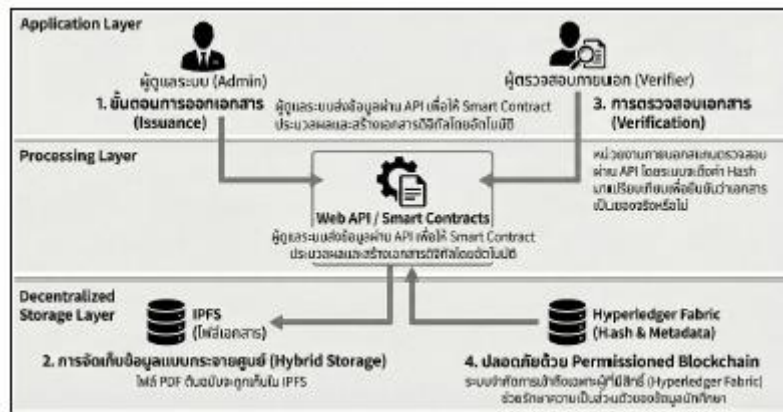
ภาพ 4 แผนภาพลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย (Research Methodology Sequence Diagram)

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกจากบทความวิจัยระดับนานาชาติและการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการศึกษาที่สำคัญโดยแบ่งออกเป็น 4 มิติหลัก ดังต่อไปนี้

ผลการสังเคราะห์เทคโนโลยีและสถาปัตยกรรมต้นแบบ

ผลการศึกษาพบว่าการบูรณาการเทคโนโลยี Permissioned Blockchain (Hyperledger Fabric) ร่วมกับ IPFS Storage และ Smart Contracts เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยระบบสามารถสร้างค่าแฮช (Hash Value) เพื่อระบุตัวตนของเอกสารและบันทึกหลักฐานการศึกษาลงบนบล็อกเชนแบบบัญชีสำเนากระจายศูนย์ ส่งผลให้ข้อมูลมีคุณสมบัติไม่สามารถแก้ไขย้อนหลังได้ (Immutability) และประกัน ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล (Data Integrity) ได้อย่างยั่งยืน



ภาพ 5 สถาปัตยกรรมเชิงเทคนิคของระบบ Blockchain และ IPFS

ผลการออกแบบกรอบแนวคิดเชิงโครงสร้างสำหรับมหาวิทยาลัยธนบุรี

ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวคิดเชิงโครงสร้าง (Conceptual Framework) ที่เปลี่ยนจากระบบศูนย์รวม (Centralized) ไปสู่ระบบกระจายศูนย์ (Decentralized) โดยกระบวนการใหม่ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ 1) เทคโนโลยีต้นทาง 2) กระบวนการจัดการเชิงบูรณาการ และ 3) ผลลัพธ์ที่คาดหวัง ซึ่งกรอบแนวคิดนี้ ช่วยสร้างกลไกความไว้วางใจ (Trust Machine) ที่ยกระดับมาตรฐานการออกเอกสารทางการศึกษาของมหาวิทยาลัยธนบุรีให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

ผลการพัฒนากระบวนการตรวจสอบความถูกต้องแบบทันที (Instant Verification)

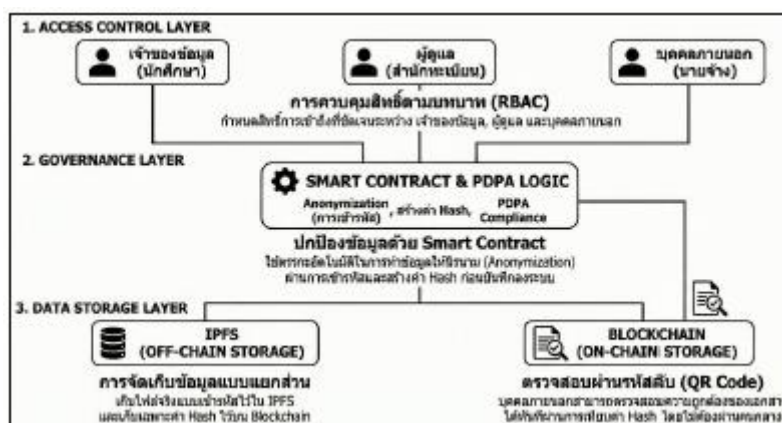
ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้สัญญาอัจฉริยะ (Smart Contracts) ช่วยให้กระบวนการตรวจสอบเอกสารสามารถดำเนินการได้โดยอัตโนมัติ ลดการใช้ดุลยพินิจของบุคคล สถานประกอบการ และหน่วยงานภายนอกสามารถตรวจสอบความถูกต้องของวุฒิการศึกษาได้ในทันทีผ่านการสแกนรหัสคิวอาร์ (QR Code) ซึ่งช่วยลดขั้นตอนและระยะเวลาในการประสานงานจากระบบเดิม (Manual Process) ที่ใช้เวลาหลายวันให้เหลือเพียงระดับวินาที



ภาพ 6 ฝั่งแสดงขั้นตอนการตรวจสอบเอกสารผ่าน Smart Contracts และ QR Code

ผลการศึกษาด้านความปลอดภัยและการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA)

ระบบที่ออกแบบขึ้นมีกลไกการจัดการข้อมูลส่วนบุคคลที่สอดคล้องกับพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) ของประเทศไทย โดยมีการคัดแยกข้อมูลระบุตัวตน (Personally Identifiable Information: PII) ให้อยู่ภายใต้การควบคุมสิทธิ์ (Role-Based Access Control) ผ่านสัญญาอัจฉริยะ ทำให้ระบบสามารถป้องกันปัญหาการปลอมแปลงเอกสาร (Diploma Forgery) และการแก้ไขข้อมูลผลการเรียน (Data Tampering) ได้อย่างเด็ดขาดภายใต้มาตรฐานความปลอดภัยระดับสากล



ภาพ 7 แผนภูมิการจัดการข้อมูลส่วนบุคคลตามหลัก PDPA ในระบบ Blockchain

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จในการนำเสนอแนวคิดเชิงสถาปัตยกรรม (Conceptual Architecture) สำหรับระบบจัดการเอกสารทางการศึกษาดิจิทัล โดยมุ่งเน้นการแก้ปัญหาการปลอมแปลงเอกสารและความล่าช้าในระบบเดิม ซึ่งสรุปผลได้เป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ (Analysis & Synthesis Results)

จากการสังเคราะห์บทความวิจัยระดับนานาชาติ (ค.ศ. 2018–2025) จำนวน 15 บทความ ผู้วิจัยพบว่าโลกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดประกอบด้วย

- Permissioned Blockchain (Hyperledger Fabric) ถูกเลือกใช้เป็นโครงสร้างพื้นฐานหลักเนื่องจากมีความปลอดภัยสูงและสามารถควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงได้
- IPFS (InterPlanetary File System) เป็นระบบจัดเก็บไฟล์แบบกระจายศูนย์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจัดเก็บเอกสารต้นฉบับ (PDF) เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดด้านพื้นที่จัดเก็บบนบล็อกเชน
- Smart Contracts ทำหน้าที่เป็นตรรกะทางธุรกิจอัตโนมัติในการควบคุมเงื่อนไขการออกและการตรวจสอบเอกสารโดยไม่ต้องใช้ดุลยพินิจของบุคคล

ส่วนที่ 2 ผลการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (Architectural Design Results)

ผู้วิจัยได้สร้างกรอบแนวคิดเชิงโครงสร้าง (Conceptual Framework) ที่ย้ายจากการจัดการแบบศูนย์รวม (Centralized) ไปสู่ การจัดการแบบกระจายศูนย์ (Decentralized)

- กระบวนการออกเอกสาร: ระบบจะแปลงผลการเรียนเป็นค่าแฮช (Hash Value) ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ และบันทึกลงในบล็อกเชน

- กระบวนการตรวจสอบ: พัฒนาระบบตรวจสอบความถูกต้องแบบทันที (Instant Verification) ผ่าน QR Code ที่เชื่อมโยงกับบล็อกเชนโดยตรง ซึ่งลดระยะเวลาจากการประสานงานแบบเดิมที่ใช้เวลาหลายวันให้เหลือเพียงระดับวินาที

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้านความปลอดภัยและมาตรฐานกฎหมาย (Security & Compliance)

- การป้องกันการทุจริต ระบบสามารถป้องกันปัญหาการปลอมแปลงเอกสาร (Diploma Forgery) และการแก้ไขข้อมูลผลการเรียน (Data Tampering) ได้อย่างเด็ดขาดด้วยคุณสมบัติ Immutability ของบล็อกเชน

- การสอดคล้องกับ PDPA ผู้วิจัยออกแบบระบบให้มีการคัดแยกข้อมูลระบุตัวตน (PII) ให้อยู่ภายใต้การควบคุมสิทธิ์ (Role-Based Access Control) เพื่อให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของประเทศไทยอย่างเคร่งครัด

จากการตรวจสอบความสมบูรณ์เชิงตรรกะของกรอบแนวคิด ผู้วิจัยยืนยันว่าระบบมีความเป็นไปได้ทางเทคนิค (Technical Feasibility) และสามารถแก้ไขปัญหาการปลอมแปลงเอกสารได้อย่างยั่งยืน แนวคิดเชิงโครงสร้างที่นำเสนอนี้จะทำหน้าที่เป็น "พิมพ์เขียว" (Blueprint) สำคัญให้แก่มหาวิทยาลัยธนบุรีในการพัฒนาต่ออย่างรวดเร็วเป็นระบบต้นแบบ (Prototype) เพื่อเปลี่ยนผ่านสู่มหาวิทยาลัยดิจิทัลเต็มรูปแบบที่มีความมั่นคงปลอดภัยและน่าเชื่อถือสูงสุดในระยะยาว

อภิปรายผล

จากการวิจัยเชิงคุณภาพและการสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงสถาปัตยกรรม ผู้วิจัยสามารถอภิปรายประเด็นสำคัญที่ค้นพบได้ดังนี้

การยกระดับความน่าเชื่อถือและการป้องกันการทุจริต

ผลการออกแบบแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยี Permissioned Blockchain (Hyperledger Fabric) สามารถแก้ปัญหาการปลอมแปลงเอกสาร (Diploma Forgery) ได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากคุณสมบัติการบันทึกข้อมูลแบบบัญชีสำเนากระจายศูนย์ที่ไม่สามารถแก้ไขย้อนหลังได้ (Immutability) ซึ่งเหนือกว่าระบบฐานข้อมูลแบบศูนย์รวม (Centralized Database) เดิมที่มีความเสี่ยงต่อการถูกเจาะระบบหรือการแก้ไขข้อมูลภายในโดยมิชอบ (Data Tampering) การสร้างค่าแฮช (Hash

ระบบศูนย์รวม (Centralized) ไปสู่ระบบกระจายศูนย์ (Decentralized) ที่มีความปลอดภัยสูงและสอดคล้องกับมาตรฐานสากล

- การบูรณาการร่วมกับหน่วยงานทะเบียน ควรมีการออกแบบระบบส่วนหน้า ที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลทะเบียนเดิมของสถาบัน เพื่อให้การออกเอกสารดิจิทัลในรูปแบบค่าแอสซ์ ดำเนินการได้อย่างอัตโนมัติ ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และประกันความถูกต้องสมบูรณ์

- การสร้างความร่วมมือกับภาคเอกชน สถาบันควรประชาสัมพันธ์และสนับสนุนให้สถานประกอบการหรือหน่วยงานภายนอก เข้าใช้งานระบบตรวจสอบความถูกต้องแบบทันที ผ่าน QR Code เพื่อลดภาระงานและเพิ่มความรวดเร็วในการคัดเลือกบุคลากรเข้าทำงาน

- การเตรียมความพร้อมด้านบุคลากร ควรมีการอบรมทักษะด้านเทคโนโลยีบล็อกเชนและการจัดการข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) ให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถบริหารจัดการและควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล (Role-Based Access Control) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

- การพัฒนาระบบต้นแบบ การวิจัยในระยะต่อไปควรเน้นการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบโดยใช้เฟรมเวิร์ก Hyperledger Fabric ตามสถาปัตยกรรมที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในสภาวะการใช้งานจริง

- การขยายผลสู่เครือข่ายสถาบันอุดมศึกษา: ควรมีการศึกษาแนวทางการเชื่อมโยงเครือข่ายบล็อกเชน ระหว่างมหาวิทยาลัยต่าง ๆ เพื่อให้เกิดมาตรฐานการตรวจสอบวุฒิการศึกษาดิจิทัลในระดับประเทศและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบนิเวศข้อมูลทางการศึกษาโดยรวม

- การวิจัยด้านประสบการณ์ผู้ใช้ ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ สำหรับนักศึกษาและศิษย์เก่า เพื่อให้กระบวนการขอเอกสารและการถือครองเอกสารดิจิทัล มีความสะดวกและตอบโจทย์การใช้งานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่

- การศึกษามิติด้านความปลอดภัยขั้นสูง: นอกเหนือจากความปลอดภัยของข้อมูลตามหลัก PDPA การวิจัยในอนาคตควรศึกษาเรื่องการจัดการกุญแจส่วนตัว และการกู้คืนข้อมูลในกรณีที่เกิดเหตุสุดวิสัย เพื่อเสริมสร้างความเชื่อมั่นในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

Al Harthy, K., Al Shuhaimi, F., & Al Ismaily, K. K. J. (2019). *The upcoming blockchain adoption in higher-education: Requirements and process*. IEEE.

Asamoah, K. O., Darko, A. P., Antwi, C. O., Kodjiku, S. L., Aggrey, E. S. E. B., Wang, Q., & Zhu, J. (2023). *A blockchain-based crowdsourcing loan platform for funding higher education in developing countries*. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3252917>.

- Badlani, S., Maniar, S., Aditya, T., & Devadkar, K. (n.d.). *EduCrypto: Transforming education using blockchain*.
- Banu, M. S., Pandian, A. S., Madhavi, B., Sasikumar, P., Vishal, K. S., & Beevi, L. S. (2024). Blockchain innovations in education: Empowering students with smart contracts. *In 2024 2nd International Conference on Disruptive Technologies (ICDT)* (pp. 1168-1172). IEEE.
- Čeke, D., & Buzadžija, N. (2023). In pursuit of appropriate private blockchain platform for higher education institutions. *In 22nd International Symposium INFOTEH-JAHORINA*. IEEE.
- Gao, L. (2020). Management of online education based on blockchains. *In 2020 International Conference on Modern Education and Information Management (ICMEIM)* (pp. 84-89). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMEIM51375.2020.00026>.
- Hashmani, M. A., Junejo, A. Z., Alabdulatif, A. A., & Adil, S. H. (2020). Blockchain in education – Trackability and traceability. *In 2020 International Conference on Computational Intelligence (ICCI)*. IEEE.
- Kabashi, F., Luma, A., Neziri, V., Aliu, A., Snopce, H., & Shkurti, L. (2023). The possibility of blockchain application in higher education. *In 2023 12th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*. IEEE.
- Li, Z. Z., Liu, J. K., Yu, J., & Gasevic, D. (n.d.). *Blockchain-based solutions for education credentialing system: Comparison and implications for future development*.
- Mahamatov, N., Kuvnakov, A., & Yokubov, B. (2020). Application of blockchain technology in higher education. *In 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICISCT50599.2020.9351424>.
- Naumova, O. A., Svetkina, I. A., & Naumov, D. V. (2019). The main limitations of applying blockchain technology in the field of education. *In 2019 International Science and Technology Conference "EastConf"*. IEEE.
- Nurhaeni, T., Handayani, I., Budiarty, F., Apriani, D., & Sunarya, P. A. (n.d.). *Adoption of upcoming blockchain revolution in higher education: Its potential in validating certificates*.

- Rustemi, A., Atanasovski, V., Risteski, A., & Popovski, B. (2023). Analysis of blockchain platforms for generation and verification of diplomas. *In 2023 12th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*. IEEE.
- Sy, M. P. M., Marasigan, R. I., & Festijo, E. D. (2024). EduCredPH: Towards a permissioned blockchain network for educational credentials verification system. *In 2024 12th International Conference on Information and Education Technology*. IEEE.
- Wu, T., & Chang, M. (2021). The application framework of blockchain technology in higher education based on the smart contract. *In 2021 International Conference on High Performance Big Data and Intelligent Systems (HPBD&IS)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/HPBDIS53214.2021.9658468>.