แนวคิด Blockchain และการประยุกต์ใช้กับงานจดหมายเหตุ

Blockchain and the Use in Archives

Received:	*May*	*21, 2019*
Revised:	*October*	*3, 2019*
Accepted:	*October*	*10, 2019*

เลิศชัย วาสนานิกรกุลชัย (Lertchai Wasananikornkulchai)*

บทคัดย่อ

เทคโนโลยี Blockchain ที่ใช้สร้างระบบเงินคริปโทเคอร์เรนซี (cryptocurrency) มีรากฐานมาจากลายเซ็นดิจิทัลซึ่งได้จากการแฮช มีการตรวจสอบความถูกต้องและบันทึกข้อมูลนี้โดยใช้เครือข่าย peer-to-peer แทนหน่วยงานกลางแบบเดิม เช่น ธนาคาร เป็นต้น ซึ่งช่วยยืนยันเจ้าของเงินได้อย่างถูกต้อง เทคโนโลยีนี้ได้รับความสนใจจากงานจดหมายเหตุเนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าวใช้พิสูจน์ความจริงแท้ (authenticity) และตรวจจับการแก้ไขเอกสารดิจิทัลได้ บทความนี้สำรวจเทคโนโลยี Blockchain ข้อควรระวังเกี่ยวกับเทคโนโลยี และเสนอแนวคิดการประยุกต์ใช้กับงานเอกสารจดหมายเหตุในบริบทราชการไทย

คำสำคัญ: บล็อกเชน จดหมายเหตุ การจัดการเอกสาร

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาบรรณารักษศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
Assistant Professor, Department of Library Science, Faculty of Arts, Silpakorn University
Email: wasananikornkul_l@su.ac.th

Abstract

The ground of Blockchain technology, which builds a cryptocurrency system, roots from the digital signature which is made through hashing, verified and recorded by a peer-to-peer network. This peer-to-peer network works as a trusted agent in the traditional system, such as a bank, to prove the ownership of the money. Blockchain benefits draw the attention of the archival section as its mechanism substantiates the authenticity of digital documents and detects the tempered documents. This article explores the Blockchain technology, notes potential drawbacks, and proposes the application to archival section in the context of Thai bureaucracy.

Keywords: Blockchain, Archives, Records Management

บทนำ

ในค.ศ. 2008 Satoshi Nakamoto เสนอแนวคิดระบบการเงินดิจิทัลด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายแบบ peer-to-peer ซึ่งช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือ (Trust) และความปลอดภัยในการทำธุรกรรมการเงิน ในอดีตพนักงานธนาคารมีโอกาสแก้ไข ปลอมแปลงหรือกระทำการใด ๆ โดยที่เจ้าของบัญชีไม่ทราบข้อมูลเหล่านั้นได้ เพราะข้อมูลการเงินจัดเก็บอยู่ภายในธนาคาร การจัดเก็บข้อมูลในเครือข่ายช่วยกระจายความเสี่ยง ผู้ไม่ประสงค์ดีปลอมแปลงข้อมูลยากขึ้นเนื่องจากต้องแก้ไขข้อมูลในเครื่องสมาชิกจำนวนมากในเครือข่าย เงินดิจิทัลที่เสนอโดย Nakamoto นี้ใช้เทคโนโลยี Blockchain เพื่อสร้างระบบเงินตราอิเล็กทรอนิกส์ ชื่อ Bitcoin ซึ่งยังมีใช้อยู่ในปัจจุบัน

ด้วยความน่าเชื่อถือดังกล่าว หอจดหมายเหตุแห่งสหราชอาณาจักร (The National Archives: TNA) ได้ริเริ่มโครงการวิจัยในค.ศ. 2018 เพื่อนำเทคโนโลยีนี้ประยุกต์ใช้กับงานบริการเอกสารราชการ ภายใต้ชื่อโครงการ ARCHANGEL โดยมี University of Surrey เป็นผู้นำในโครงการวิจัยนี้ซึ่งได้รับทุนวิจัยจำนวน 487,427 ปอนด์ หรือประมาณ 20 ล้านบาท Alex Green กล่าวว่าเทคโนโลยีนี้อาจช่วยให้ผู้ใช้มีความเชื่อมั่นว่าเอกสารดิจิทัลที่ได้รับเป็นเอกสารที่มีความจริงแท้ (authenticity) (Kim, 2018) หอจดหมายเหตุแห่งสหราชอาณาจักรมีข้อมูลเอกสารดิจิทัลมากกว่า 15 เพตะไบต์ การใช้เทคโนโลยี Blockchain ในการจัดการเอกสารราชการนอกจากปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเอกสารที่มีปริมาณมหาศาลแล้ว ยังช่วยสร้างทัศนคติที่ดีให้ประชาชนผ่านกลไกการทำงานแบบกระจายและโปร่งใสตรวจสอบได้

ลักษณะสำคัญของเทคโนโลยี Blockchain

Blockchain เป็นรากฐานที่สำคัญในการสร้างสกุลเงินดิจิทัล แต่เดิมธนาคารจะเป็นผู้ให้บริการการแลกเปลี่ยนเงินเพื่อให้ความสะดวกและมีธนาคารกลางในการควบคุมปริมาณเงินเพื่อรักษาค่าของเงิน สกุลเงินดิจิทัลใช้เครือข่าย peer-to-peer แทนธนาคารและมีการกำหนดกลไกเพื่อควบคุมปริมาณเงินเช่นเดียวกัน เครือข่าย peer-to-peer หมายถึง การรวมกลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันโดยไม่มีเครื่องบริการ (server) ข้อมูลเงินดิจิทัลจะถูกบันทึกในเครื่องสมาชิกทุกเครื่องเพื่อใช้ตรวจสอบการปลอมแปลงแก้ไขโดยผู้ไม่ประสงค์ดี การตรวจสอบนี้ใช้หลักเสียงข้างมาก กล่าวคือ เมื่อพบข้อมูลเงินดิจิทัลที่ไม่ตรงกันระบบจะสำรวจข้อมูลในเครือข่ายทั้งหมดเพื่อหาข้อมูลที่เครื่องจำนวนเกินร้อยละ 50 มีสำเนาตรงกัน และจะทำการอัปเดต (update) ข้อมูลที่มีปัญหาให้ตรงกับข้อมูลในเครื่องส่วนใหญ่

เงินดิจิทัล คือ ชุดข้อมูลที่กำเนิดจากสมการคณิตศาสตร์มีคำนวณภายใต้เงื่อนไขของสกุลเงินนั้นๆ ข้อมูลเงินดิจิทัลและการใช้เงินนี้ไม่สามารถแก้ไขย้อนหลังได้เนื่องได้มีข้อมูลตรวจสอบลำดับที่เรียกว่า Merkle Hash บันทึกไว้ในแต่ละ Block ข้อมูล Merkle Hash คือ ข้อมูลที่เกิดจากการนำเอกสารและข้อมูล Hash[1] ของ Block ก่อนหน้ามารวมกันเพื่อสร้างค่า Hash ดังนั้นการแก้ไขข้อมูลใน Block หรือสลับลำดับของ Block จะทำให้ข้อมูล Merkle Hash ไม่สอดคล้องกัน การสร้างค่าแฮชโดยใช้ Merkle Hash จะทำให้ Block มีความสัมพันธ์กันแบบร้อยเรียงตามลำดับนี้ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ Blockchain (Zabarah, 2018) ในทางจดหมายเหตุ ข้อมูล Blockchain จึงคล้ายกับ Series ของเอกสารนั่นเอง ลักษณะของเทคโนโลยี Blockchain จึงเหมาะสมกับสถานการณ์ที่มีผู้สร้างข้อมูลหลายคนและต้องการสร้างความน่าเชื่อถือเพราะปราศจากคนกลางที่ไว้ใจได้ (Greenspan, 2015)

การสร้างเงินดิจิทัลอาศัยกลไกสมการคณิตศาสตร์ เหรียญดิจิทัลจะมีหมายเลขกำกับซึ่งหมายเลขเหล่านี้เป็นผลจากการคำนวณภายใต้กฎของสกุลเงิน จึงสร้างหรือปลอมแปลงได้ยาก ผู้ทำหน้าที่คำนวณสมการเพื่อสร้างเหรียญดิจิทัลเรียกว่า ผู้ขุดเหมือง หรือ Miner การขุดเหมือง หรือ Mining หมายถึง การคำนวณค่าแฮชในส่วนหัวของบล็อกเพื่อใช้อ้างอิงไปยังบล็อกก่อนหน้าซึ่งประกอบด้วยข้อมูลค่าแฮชของบล็อกก่อนหน้าและค่า Nonce ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดโดยนักขุดเหมือง (miner) เพื่อใช้คำนวณค่าแฮชตามที่เครือข่ายต้องการ (Bambara & Allen, 2018; Solomon, 2019; เนื่องวงศ์ ทวยเจริญ, 2019) ทั้งนี้ Block แรกจะไม่มีข้อมูลค่าแฮชของบล็อกก่อนหน้าซึ่งเรียกว่า Genesis Block เมื่อคำนวณสมการสำเร็จ ผู้ขุดเหมืองจะได้รับเหรียญดิจิทัลที่หาได้เป็นค่าตอบแทนคล้ายการทำกิจการเหมืองแร่

การคำนวณสมการคณิตศาสตร์ต้องใช้พลังงานสูง ผู้ขุดเหมืองจึงใช้การ์ดแสดงผล (Display card หรือ Graphic card) เป็นหน่วยประมวลผลหลักเนื่องจากคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ได้เร็ว แต่มีข้อเสียคือใช้พลังงานมากและสร้างความร้อนสูงกว่า CPU ทั่วไป มีการแก้ไขโดยสร้างเครื่องมือสำหรับเทคโนโลยี Blockchain เฉพาะ เรียกว่า Application Specific Integrated Circuits (ASIC) และมีการรวมกลุ่มของนักขุดเหมือง

[1] ค่า Hash ในด้านคอมพิวเตอร์ หมายถึง ค่าที่ได้จากการประมวลผลเอกสารดิจิทัลเพื่อให้ได้ค่าคงที่ โดยขนาดค่าคงที่นั้นจะถูกกำหนดตามรูปแบบที่ใช้ สำหรับเงินดิจิทัลจะใช้ SHA-256 ค่าแฮชที่ได้จะมีความยาวจำกัดและไม่สามารถนำไปใช้หาค่า Input ได้ (Yli-Huumo, Ko, Choi, Park, & Smolander, 2016) กล่าวคือ ไม่สามารถใช้ข้อมูล Hash สร้างเอกสารดิจิทัลได้

(miner) เพื่อสร้างโอกาสในการค้นพบเหรียญดิจิทัลใหม่สูงขึ้น ซึ่งเรียกว่า Pooled mining หรือ Mining pool ดังนั้นจะเห็นว่าเทคโนโลยี Blockchain มีต้นทุนสูง

เมื่อเวลาผ่านไป การคำนวณหาเหรียญดิจิทัลใหม่จะทำได้ยากขึ้นและมีมูลค่าน้อยลง ในระบบเงิน Bitcoin เมื่อมีการค้นพบ Block ใหม่ภายใน Block นั้นจะมี Bitcoin มูลค่า 50 BTC และจะมีจำนวนเงินลดลงร้อยละ 50 เมื่อ Block ในระบบเงินมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุก ๆ 210,000 Block ดังนั้น Block ที่ขุดได้ลำดับที่ 210,000 – 419,999 จะมี Bitcoin มูลค่า 25 BTC และบล็อกที่ 420,000 – 629,999 จะมี Bitcoin มูลค่า 12.5 BTC เป็นต้น ดังนั้นในทางทฤษฎี ปริมาณเงิน Bitcoin จึงมีประมาณ 21 ล้าน BTC เท่านั้น (Chowdhury, 2014) ซึ่งเป็นการจำกัดปริมาณเงินในระบบเหมือนดังระบบเงินตราอื่น ๆ

การใช้เทคโนโลยี Blockchain บนเครือข่าย peer-to-peer มี 4 ประเภท (Galiev et al., 2018) ประเภทแรกคือ Public Blockchain มีลักษณะปราศจากเงื่อนไขหรือข้อจำกัดในการอ่านหรือเขียนข้อมูล สมาชิกคือผู้ใช้ทั่วไปในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ประเภทที่สองคือ Private Blockchain คือ การส่งและรับข้อมูลจะจำกัดเพียงสมาชิกในเครือข่ายเท่านั้น ประเภทที่สาม คือ Permissionless Blockchain หรือ Inclusive Blockchain หมายถึง เครือข่ายที่ไม่มีข้อจำกัดหรือเงื่อนไขสำหรับผู้สร้างข้อมูล Block ประเภทที่สี่ คือ Permissioned Blockchain หรือ Exclusive Blcokchain หมายถึง เครือข่ายที่กำหนดรายชื่อผู้ที่สามารถสร้างข้อมูล Block ไว้แล้ว ซึ่งประเภทสุดท้ายนี้เป็นลักษณะที่เหมาะสมเพื่อใช้จัดการเอกสารภายในองค์กร

Lemieux (2019) แบ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Blockchain ออกเป็นสามประเภท คือ Mirror, Digital Record และ Tokenized

ประเภทแรก Mirror มีลักษณะที่คล้ายการจัดเก็บเอกสารแบบรวมศูนย์ในปัจจุบันกล่าวคือ Blockchain มีบทบาทเพื่อตรวจจับการแก้ไขหรือปลอมแปลงเอกสารต่างๆ เช่น ข้อมูลประวัติการรักษา เป็นต้น การใช้งานลักษณะนี้พบทั้งแบบ Public Blockchain เช่น ในโครงการนำร่องการลงทะเบียนที่ดินในประเทศบราซิล และแบบ Private, permissioned Blockchain เช่นในโครงการ e-health ของประเทศเอสโตเนีย (Lemieux, 2017a) โครงการนำร่องการลงทะเบียนที่ดินในประเทศบราซิลมีลักษณะการทำงานคือ บันทึกข้อมูลในฐานข้อมูล และบันทึกข้อมูลแฮชด้วยเทคโนโลยี Blockchain หากข้อมูลแฮชของเรคอร์ดในฐานข้อมูลไม่ตรงกับข้อมูลในห่วงโซ่ข้อมูลจะมีความหมายว่าข้อมูลไม่ถูกต้องหรือถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไข

ประเภทที่สอง Digital Record มีลักษณะเป็นข้อมูลที่บันทึกห่วงโซ่ข้อมูล โดยใช้ smart contracts ซึ่งเป็นโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของ Blockchain ให้สร้างข้อมูล block ใหม่ ตัวอย่างเช่น การใช้งานในการซื้อขายอสังหาริมทรัพย์ในประเทศสวีเดน (Lemieux, 2017a; Snäll, 2017) การทำงานจะเริ่มจากผู้ซื้อ-ขายอสังหาริมทรัพย์ใช้ระบบ ChromaWay ผ่านเว็บหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งจะติดต่อกับ smart contract ชื่อ Esplix เมื่อการซื้อขายเสร็จสิ้นสมบูรณ์ Esplix contract engine นี้จะเพิ่มข้อมูลใหม่บล็อกในห่วงโซ่ข้อมูลชื่อ Postchain ซึ่งมีลักษณะเป็นไฮบริดที่ผสมผสานเทคโนโลยีฐานข้อมูลและเทคโนโลยี Blockchain กล่าวคือมีการบันทึกข้อมูลการซื้อขายนี้ลงในฐานข้อมูลตามปกติแต่เพิ่มส่วนของห่วงโซ่ข้อมูลที่ส่งกระจายไปยังเครื่องสมาชิกอื่นเพื่อการตรวจสอบภายหลัง

ประเภทที่สาม คือ Tokenized มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์แสดงสิ่งที่มีคุณค่า เช่น เงินตรา ที่ดิน อาหาร งานศิลปะ เป็นต้น ซึ่งเป็นสิ่งแทนเสมือนจริง (virtual representation) และมีการบันทึกข้อมูลลงในบล็อก ตัวอย่างหนึ่งของการใช้เทคโนโลยี Blockchain ประเภท Tokenized คือเงิน Bitcoin นั่นเอง ลักษณะสำคัญที่แตกต่างจากสองประเภทแรกคือ ข้อมูลห่วงโซ่แบบ Tokenized จะมีข้อมูลแสดงความเป็นเจ้าของซึ่งสามารถส่งต่อสิทธิ์นี้ได้ด้วยตนเอง

ลักษณะ Tokenized นี้มีหลายรูปแบบ อาทิ Chen และ Zhu (2017) เสนอต้นแบบ PASS (Personal Archive Service System) ใช้เทคโนโลยี Blockchain เพื่อจัดเก็บไฟล์ดิจิทัล คล้ายกับ Personal Portfolio ซึ่งรวบรวมข้อมูลประเภทไฟล์ส่วนตัว (Personal Digital Artifact) เช่น เอกสารหลักฐานความสำเร็จต่าง ๆ (Personal Achievements with evidentiary documents) รวมทั้งข้อมูลระบุตัวตน (Personal Idenfifications)

โรงพยาบาลในประเทศไต้หวันใช้เทคโนโลยี Blockchain เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลประวัติการรักษาอย่างสมบูรณ์ (Alexandre, 2018) การใช้ในลักษณะนี้คล้ายการสร้างฐานข้อมูลกลางเพื่อใช้งานร่วมกันแต่กระจายเก็บสำเนาข้อมูลในโรงพยาบาลต่าง ๆ ซึ่งถือเป็น Private Blockchain

มีการใช้เทคโนโลยี Blockchain ในบริการของรัฐบาล การบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อใช้ยืนยันตัวตนและเปิดเผยข้อมูลแก่ผู้เกี่ยวข้อง เช่นในประเทศเอสโตเนียที่มีบริการ e-Residents ซึ่งสามารถออกบัตรประจำตัวประชาชนแบบดิจิทัลหรือเอกสารอื่น ๆ เช่น ใบแจ้งเกิด ใบทะเบียนสมรส สัญญาซื้อ-ขาย เป็นต้น (Mattila, 2016) การบันทึกข้อมูลสิทธิ์เช่น การซื้อ-ขายที่ดิน เป็นต้น (Lemieux, 2016b) การลงคะแนนเสียง (Pilkington, 2016; Yurieff, 2018) การบันทึกข้อมูลด้านสุขภาพ (Alexandre, 2018; Swan, 2015) การประยุกต์ใช้กับ smart cities และ internet of things (IoT) (Biswas & Muthukkumarasamy, 2016; Wang et al., 2019) และการสร้างระบบเงินดิจิทัลเพื่อใช้ภายในประเทศ (Kim, 2018; Visram, 2018)

แนวคิดการใช้เทคโนโลยี Blockchain มีความหลากหลาย แต่ความตื่นเต้นกับเทคโนโลยี Blockchain เริ่มลดลงเมื่อมีการใช้งานมากขึ้นและพบว่าเทคโนโลยีนี้มิได้เหมาะสมกับทุกสิ่ง ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมดนตรีที่พบว่าการสร้างค่าแฮชนั้นไม่สามารถป้องกันการคัดลอกเพลงได้ หรือเครดิตผู้แต่งเพลงในโลกความเป็นจริงสามารถเจรจาต่อรองได้ซึ่งสมการคณิตศาสตร์ไม่ได้รองรับวัฒนธรรมเช่นนี้ (Gerard, 2017b) เป็นต้น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจึงจำเป็นต้องเข้าใจธรรมชาติของงานเป็นลำดับแรก (Wüst & Gervais, 2017)

เอกสารราชการและเทคโนโลยี Blockchain

เอกสารราชการในที่นี้ หมายถึง เอกสารที่ออกโดยหน่วยงานราชการ มีการจำแนกเอกสารราชการออกเป็นหลายประเภท แต่ในบทความนี้จะใช้การตรวจสอบ*ความถูกต้องต่อเนื่อง*เป็นเกณฑ์ในการประเมินความจำเป็น ด้วยเหตุผลว่าเทคโนโลยี Blockchain ถูกออกแบบเพื่อใช้ในสถานการณ์ที่มีผู้สร้างข้อมูลหลายคนและปราศจากความไว้ใจในตัวบุคคลจึงต้องใช้เครือข่ายในการตรวจสอบความถูกต้องต่อเนื่อง รูปแบบเครือข่ายที่เหมาะสมสำหรับงานเอกสารราชการมักจะใช้แบบ Private Blockchain เพื่อป้องกันการโจมตีข้อมูลโดยใช้เสียงส่วนใหญ่จากคนทั่วไป ซึ่งสะท้อนว่าสมาชิกในเครือข่ายนี้ได้รับการคัดเลือกและจึงมีระดับความไว้ใจสูงกว่าคนทั่วไป ในสถานการณ์เช่นนี้ เทคโนโลยี Blockchain อาจเป็นสิ่งเกินความจำเป็นได้ (Gerard, 2017a) เพราะการ

ใช้ Blockchain มีต้นทุนสูงทั้งค่าอุปกรณ์และพลังงานแต่เป็นราคาที่ต้องจ่ายเนื่องจากสมาชิกในเครือข่ายต่างไม่ไว้ใจกันและกัน

ตารางที่ 1 เป็นตารางแสดงเอกสารโดยจำแนกจากความต้องการตรวจสอบความถูกต้องต่อเนื่อง ตารางนี้สร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมซึ่งแสดงประเภทเอกสารที่ภาครัฐอาจใช้ร่วมกับเทคโนโลยี Blockchain เพื่อให้งานจดหมายเหตุเตรียมมาตรการรับมือเมื่อมีการรับมอบตามกฎหมาย โดยสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท คือ

1. เอกสารประกาศ หมายถึง เอกสารที่ประกาศให้ทราบทั่วกันโดยมิได้กำหนดผู้รับสาร ตัวอย่างเช่น พระราชกำหนด เป็นต้น เอกสารประกาศ จะถูกนำไปอ้างอิงในลักษณะไฟล์เดี่ยวซึ่งต้องการตรวจความจริงแท้ของเอกสารเท่านั้นแต่ไม่จำเป็นต้องพิสูจน์ความถูกต้องต่อเนื่องของเอกสาร

2. เอกสารการทำงาน หมายถึง เอกสารที่ใช้ภายในหน่วยงานราชการมีผู้ส่งและผู้รับชัดเจน เอกสารการทำงาน จะมีลักษณะการส่งต่อไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากรูปที่ 1 พบว่า เอกสารที่สร้างจะถูกส่งต่อไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและมีตราประทับ ประกอบด้วยข้อมูลชื่อหน่วยงาน เลขรับเอกสาร วันที่ เวลา การตรวจสอบความถูกต้องต่อเนื่องด้วยห่วงโซ่ข้อมูลจะช่วยป้องกันการออกเอกสารย้อนหลังหรือการสร้างเอกสารปลอมเพื่อแทรกระหว่างชุดเอกสารได้

3. เอกสารสัญญา หมายถึง เอกสารที่มีผลจากการกระทำการใด ๆ โดยคู่สัญญาอาจเป็นบุคลากรหรือเอกชนผู้รับเหมาโครงการ มีข้อตกลงร่วมกันและต้องมีการป้องกันมิให้ผู้ใดแก้ไขโดยไม่ได้รับความยินยอมจากทุกฝ่าย

4. เอกสารระเบียน หมายถึง เอกสารแสดงข้อมูลบุคคล หรือกรรมสิทธิ์ถือครอง เช่น บัตรประชาชน ทะเบียนบ้าน ทะเบียนสมรส โฉนดที่ดิน เป็นต้น

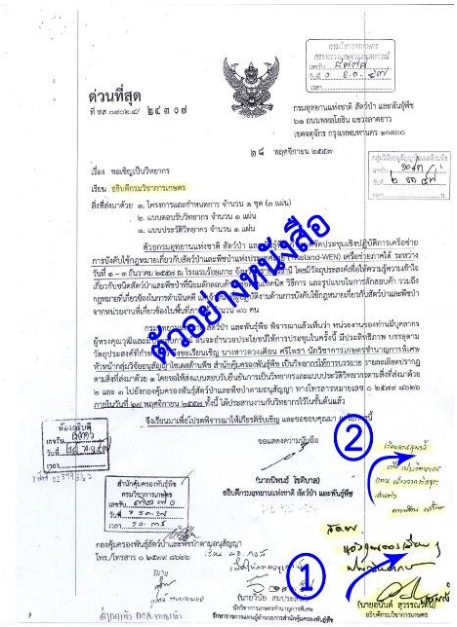
ตารางที่ 1 การแสดงลักษณะการใช้เทคโนโลยี Blockchain กับเอกสาร 4 ประเภท

ประเภทเอกสาร	การใช้ค่าแฮช	เครือข่าย	การตรวจสอบความถูกต้องต่อเนื่อง
เอกสารประกาศ	เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง	Private	เกินจำเป็น
เอกสารการทำงาน	เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและลำดับการออกเอกสาร	Private	จำเป็น
เอกสารสัญญา	เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง	Private	เกินจำเป็น
เอกสารระเบียน	เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและลำดับการบันทึกข้อมูล	Private	จำเป็น

ตารางที่ 1 ประกอบด้วยสี่สดมภ์ **ประเภทเอกสาร**แสดงชื่อประเภทของเอกสารที่จำแนกโดยใช้คุณสมบัติ*การตรวจสอบความถูกต้อง*เป็นเกณฑ์ **การใช้ค่าแฮช**หมายถึงการใช้ประโยชน์จากค่าแฮชในที่นี้ขอพิจารณาสองลักษณะ คือ ค่าแฮช (Hash) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของไฟล์โดยใช้ Hash และค่าแฮชแบบ Merkle เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของไฟล์และตรวจสอบความถูกต้องของลำดับการสร้างไฟล์ **เครือข่าย**

ในที่นี้เป็นแบบ Private ทั้งหมดซึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับรัฐบาล **การตรวจสอบความถูกต้องต่อเนื่อง** หมายถึง ความจำเป็นที่ต้องตรวจสอบความถูกต้องของลำดับการสร้างเอกสาร แต่มิได้หมายความว่าหากจำเป็นต้องตรวจสอบลำดับแล้วจะต้องใช้เทคโนโลยี Blockchain เนื่องจากยังมีวิธีอื่นอีกมากมาย

รูปที่ 1 ตัวอย่างเอกสารการทำงาน “ขอเชิญเป็นวิทยากร”



ภาพจาก http://www.dnp.go.th/thailand-wen/resources_tw/documents/send_lecturer_method.html

งานจดหมายเหตุและการปรับใช้

ในปัจจุบันใช้คำเรียกหน่วยงานที่สงวนรักษาเอกสารว่า Archives and Memory Institutions (AMIs) หรือสถาบันจดหมายเหตุและความทรงจำ มีหน้าที่บันทึกเรื่องราว ข้อมูลเพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิง ใช้เป็นแหล่งศึกษา เป็นผู้ให้บริการเอกสารต้นฉบับ งานจดหมายเหตุมีหน้าที่หลักคือการจัดเก็บเอกสารสิ้นกระแสใช้งานในปัจจุบัน (สมสรวง พฤติกุล, 2539) หมายความว่า เอกสารที่อยู่หอจดหมายเหตุจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมลำดับ เช่น เอกสารราชการจะมีเลขที่ วันที่ เดือน พ.ศ.กำกับอยู่ และเมื่อสิ้นปีนั้นจะไม่มีเอกสารอื่นแทรกเพิ่มเติมต่อท้ายชุดเอกสารนั้นได้อีก

คุณค่าของเอกสารจดหมายเหตุประกอบด้วย ภาวะปราศจากข้อผิดพลาดในเอกสาร (Accuracy) หมายถึง เอกสารนั้นต้องมีเนื้อความชัดเจนและถูกต้องตามจริง ไม่มีข้อผิดพลาดหรือข้อบิดเบือนหรือถูกตัดออกบางส่วนแล้วผลกระทบต่อการตีความ (Pearce-Moses, 2017; Pearce-Moses & Baty, 2005) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) หมายถึงความสามารถใช้เป็นหลักฐานได้ เนื่องจากเอกสารสร้างขึ้นในกิจกรรมหรือการกระทำต่าง ๆ เช่น สัญญาการซื้อ-ขาย เป็นต้น หรือใช้เป็นหลักฐานความทรงจำ เช่น การเขียนบันทึกเหตุการณ์ ภาพถ่ายซึ่งสะท้อนบรรยากาศในงาน เป็นต้น การพิจารณาความน่าเชื่อถืออาศัยองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ 1. ความสมบูรณ์ของเอกสาร เช่น การมีลายเซ็นเพื่อแสดงความรับผิดชอบ เป็นต้น 2. ขั้นตอนการสร้างที่มีระบบกฎเกณฑ์ และ 3. เจตนาสร้างที่เป็นกลาง ความจริงแท้ (Authenticity) หมายถึง ภาวะที่สามารถยืนยันได้ว่าเอกสารนั้น

เป็นฉบับจริงนับตั้งแต่เมื่อสร้างเอกสาร การยืนยันความจริงแท้ด้วยทฤษฎีจดหมายเหตุอาศัยองค์ประกอบ 2 ประการ คือ ข้อมูลกำกับเอกสาร (Identity) และความคงสภาพ (Integrity) ข้อมูลกำกับเอกสารใช้ตรวจสอบว่าเป็นเอกสารจริง (purported to be) โดยทั่วไปหมายถึงข้อมูลบริบทจากเอกสารที่เกี่ยวข้องและข้อมูลเมทาดาทา (Lee, 2005; Lemieux, 2017a)

ในยุคดิจิทัล แนวคิดเกี่ยวกับเอกสารต้นฉบับไม่สามารถใช้ได้ เนื่องจากการทำสำเนาเอกสารดิจิทัลนั้นจะได้ไฟล์ที่มีลักษณะเหมือนไฟล์ต้นฉบับทุกประการ (Ross, 2006) นอกจากนี้การแก้ไขไฟล์ดิจิทัลทำได้ง่าย การตรวจสอบความจริงแท้ของเอกสารดิจิทัลจึงเป็นปัญหาสำคัญสำหรับนักจดหมายเหตุ ในอดีตหอจดหมายเหตุมีการสร้างดัชนีและคำอธิบายในเมทาดาทาเพื่อยืนยันความจริงแท้ของเอกสาร นักจดหมายเหตุจึงมีบทบาทสำคัญในกระบวนการดังกล่าว การใช้เทคโนโลยี Blockchain จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของเอกสารโดยใช้เครือข่าย peer-to-peer เพื่อให้ประชาชนทั่วไปมีส่วนร่วมในการตรวจสอบความจริงแท้ โครงการ ARCHANGEL ในประเทศสหราชอาณาจักรใช้เทคโนโลยี Blockchain เพื่อสงวนรักษาเอกสารดิจิทัล โดย ในเครือข่ายภาคประชาชนจะบันทึกข้อมูล Merkle Hash เท่านั้น ขณะที่หอจดหมายเหตุเป็นผู้เก็บทั้งไฟล์เอกสารและข้อมูล Merkle Hash (Collomosse et al., 2018)

ในบริบทประเทศไทย ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2548 ในข้อ 58 อนุมานได้ว่า แม้มีการใช้เทคโนโลยี Blockchain ในการสร้างเอกสารราชการ แต่ก็มีกรณียกเว้นมิต้องส่งมอบเอกสารได้ และระเบียบฯ มิได้กล่าวให้เก็บรักษาข้อมูลประกอบเอกสารซึ่งในที่นี้หมายถึงข้อมูลแฮช หอจดหมายเหตุสามารถใช้ข้อมูล Merkle Hash ในขั้นตอนประเมินคุณค่า เพื่อตรวจสอบความถูกต้องต่อเนื่องและรับเฉพาะตัวไฟล์เอกสารโดยไม่ต้องเก็บรักษาข้อมูล Merkle Hash เพราะการจัดเรียงเอกสารจดหมายเหตุนั้นไม่ได้จัดตามลำดับเอกสารเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีการจัดเรียงตามกลุ่มเอกสารที่มีความสัมพันธ์กันจากหลายแหล่งเพื่อให้เรื่องราวครบถ้วนสมบูรณ์

ด้วยลักษณะทั้งหมดที่กล่าวมา หอจดหมายเหตุไม่ควรใช้เทคโนโลยี Blockchain ด้วยเหตุผลห้าข้อดังต่อไปนี้

ข้อแรก ระบบการสงวนรักษาเอกสารดิจิทัลตามมาตรฐาน OAIS (ISO 14721:2012) ต้องมีการสร้างค่าแฮชเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของไฟล์โดยความเชื่อมโยงของไฟล์ (D. S. H. Rosenthal, Vargas, Lipkis, & Griffin, 2015) นักจดหมายเหตุจะเป็นผู้ระบุข้อมูลในเมทาดาทาที่ใช้ตามวิจารณญาณ ประสบการณ์และข้อมูลบริบทอื่น ๆ เอกสารที่ได้รับการสงวนรักษาในหอจดหมายเหตุเป็นเอกสารที่สมบูรณ์เพื่อใช้อ้างอิงและต้องไม่ถูกแก้ไขใด ๆ เพิ่มเติม เพราะการบันทึกข้อมูล Merkle Hash มักใช้กับข้อมูลที่มีนัยสำคัญตามลำดับเวลาการบันทึก

ข้อที่สอง สามารถใช้ระบบเครือข่าย peer-to-peer แล้วโดยมีสมาชิกเครือข่ายช่วยตรวจสอบให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูล Merkle Hash ดูข้อมูลเปรียบเทียบในตารางที่ 2

ข้อที่สาม ข้อมูล Merkle Hash ไม่สามารถใช้สร้างหรือใช้ซ่อมแซมเอกสารต้นฉบับได้ (Lemieux, 2016a; Yli-Huumoet al., 2016) และไม่สามารถใช้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเนื้อหาในเอกสาร (Lemieux, 2017b)

ข้อที่สี่ ในกรณีที่เกิดความเสียหายในระบบจัดเก็บ การกู้คืนระบบที่สร้างด้วยเทคโนโลยี Blockchain จะเป็นเรื่องยุ่งยากในภายหลังเพราะในกรณี Public Blockchain หอจดหมายเหตุต้องพึ่งพาสำเนาข้อมูลจากภาคประชาชน เครือข่ายภาคประชาชนนี้อาจขาดแรงจูงใจในระยะยาว ซึ่งต่างจากนักขุดเหมืองที่มีรายได้เป็นรายจูงใจ และอาจทำให้สำเนาข้อมูลไม่สมบูรณ์

ข้อที่ห้า การใช้เทคโนโลยี Blockchain มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงมาก (Perlman, 2017; D. S. H. Rosenthal, 2018) งบประมาณในหน่วยงานจดหมายเหตุมักมีจำกัด การนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้จึงต้องคำนึงถึงความคุ้มทุน

ตารางที่ 2 การเปรียบการสงวนรักษาด้วยเทคโนโลยี Blockchain และแบบใช้เครือข่าย Peer-to-peer (P2P)

เทคโนโลยี	ค่าแฮช	เทคโนโลยีเครือข่าย	การตวจสอบความถูกต้อง	การตรวจสอบความถูกต้องต่อเนื่อง	หลักการตรวจสอบความถูกต้อง	การใช้พลังงานในการประมวลผล
Blockchain	Merkle Hash	Peer-to-peer	สมาชิกในเครือข่าย	ทำได้	เสียงข้างมาก	สูง
Peer-to-peer	Hash	Peer-to-peer	สมาชิกในเครือข่าย	ทำไม่ได้	เสียงข้างมาก	ต่ำ (ไม่ต้องแก้สมการคณิตศาสตร์

นอกจากนี้ Findlay (2016) เสนอว่านักจดหมายเหตุอาจใช้ Smart Contract ซึ่งเป็นโปรแกรมทำงานอัตโนมัติที่ผนวกในเทคโนโลยี Blockchain เพื่อเปิดเผยหรือแจกจ่ายเอกสารหรือข้อมูลของรัฐบาลและส่งลิงก์ทางอีเมลให้บุคคลหรือกลุ่มที่สนใจเมื่อครบกำหนดการเปิดเผยเอกสาร

หากหอจดหมายเหตุมีความจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยี Blockchain อาจใช้ ARCHAIN (Galiev et al., 2018) เป็นต้นแบบเพื่อศึกษาได้ โครงการนี้มุ่งเก็บรักษาเอกสารข้อมูลขนาดเล็ก และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูล แต่มีการใช้แนวคิด Blockchain เพื่อเพิ่มการตรวจสอบความถูกต้องของไฟล์ ในแต่ละ Transaction (หรือแต่ละ Block ในภาษา Blockchain) จะมีข้อมูลวันเวลาการรับเอกสาร วันเวลาในการสร้างเอกสารและวันเวลาที่ตรวจสอบเอกสาร มีข้อมูลเมทาดาทากำกับเอกสาร มีลายเซ็นผู้สร้างเอกสาร ลายเซ็นผู้ตรวจสอบและลายเซ็นผู้เพิ่มไฟล์นี้เข้าระบบสงวนรักษา ซึ่งลายเซ็นเหล่านี้ ก็คือ Private Keyนั่นเอง นอกจากนี้ยังมีข้อมูลสรุปของ Transaction และข้อมูลของ Transaction ก่อนหน้า (ถ้าไม่ใช่ Transaction แรกเพื่อใช้สร้าง Blockchain นั่นเอง) ยกตัวอย่างเช่น มีหน่วยงานต้องการส่งมอบเอกสารดิจิทัลให้หอจดหมายเหตุตามกลไกของ ARCHAIN เอกสารทุกไฟล์จะถือเป็น 1 Transaction และต้องมีข้อมูลกำกับตามรายการข้างต้น นอกจากนี้เอกสารต่าง ๆ จะต้องมีสถานะ 1 จาก 6 สถานะกำกับเสมอ ได้แก่

1. สร้าง เป็นสถานะเมื่อมีการอัปโหลด (upload) เอกสารเข้าสู่ระบบ

2. ตรวจสอบ ผู้ดูแลระบบเลือกผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบและรอผลจากผู้เชี่ยวชาญ

3. อนุมัติ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบรูปแบบ เมทาดาทาและมีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนแล้ว พร้อมส่งให้งานจดหมายเหตุ

4. ปฏิเสธ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแล้วพบว่าเอกสารไม่สมบูรณ์พอสำหรับการจัดเก็บในระยะยาว

5. หมดอายุ มีการกำหนดเวลาในการตรวจสอบ หากพ้นเวลาดังกล่าว เอกสารจะมีสถานะหมดอายุโดยอัตโนมัติ หมายความว่าผู้เชี่ยวชาญไม่มีโอกาสตรวจสอบเอกสารนั้นอีก

6. เพิ่ม เป็นสถานะที่ผู้ดูแลระบบเพิ่มเอกสารที่ผ่านการตรวจสอบแล้วหรือเอกสารที่มีสถานะ อนุมัติเข้าไปในระบบงานสงวนรักษาเอกสารจดหมายเหตุ

แนวทางของ ARCHAIN สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเอกสารจดหมายเหตุที่ได้รับจากหน่วยงานภายนอกได้ นอกจากเอกสารแล้ว วัตถุอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการตีความเนื้อหาหรือให้บริบทที่เกี่ยวข้องก็จะถูกรวมอยู่ในชุดเอกสารด้วย (Jenkinson, 1937) โครงการ ARCHANGEL กำลังพัฒนาการสงวนรักษาตามรูปแบบเอกสาร เช่น MS Word, PDF เป็นต้น เพื่อให้ใช้งานไฟล์แต่ละประเภทอย่างมีประสิทธิภาพ (Collomosse et al., 2018) เอกสารหรือวัตถุเหล่านี้สามารถใช้เสริมเรื่องราวเอกสารจดหมายเหตุชุดอื่นได้ด้วย ความถูกต้องของเอกสารหรือวัตถุแต่ละชิ้นจึงมีความสำคัญกว่าความถูกต้องต่อเนื่อง ดังนั้นการใช้เทคโนโลยี Blockchain สำหรับงานจดหมายเหตุจึงไม่จำเป็น (Yaga et al., 2018, 42)

ผลสรุป

เทคโนโลยี Blockchain สามารถใช้ตรวจสอบความจริงแท้ของเอกสาร เพราะมีกลไกสำคัญคือการใช้ Merkle Hash และเครือข่าย peer-to-peer ซึ่งช่วยตรวจจับการดัดแปลงแก้ไขเอกสารได้

งานจดหมายเหตุเกี่ยวข้องกับการรับมอบเอกสารจากหน่วยงานเจ้าของเอกสารซึ่งอาจมีการใช้เทคโนโลยี Blockchain ในการสร้างเอกสาร อย่างไรก็ตามหอจดหมายเหตุสามารถปฏิเสธไม่สงวนรักษาข้อมูลห่วงโซ่ได้เนื่องจากไม่มีข้อบังคับทางกฎหมาย หน้าที่สำคัญคือมุ่งรักษาความสมบูรณ์ของเอกสารแต่ละฉบับ ดังนั้นการใช้เทคโนโลยี Blockchain จึงไม่จำเป็น สิ่งที่ควรนำมาประยุกต์ใช้ในงานจดหมายเหตุ ได้แก่แนวคิด peer-to-peer เพื่อจัดเก็บสำเนาเอกสารดิจิทัลและใช้ค่าแฮชเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเอกสาร

การวิเคราะห์เอกสารราชการเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักจดหมายเหตุเนื่องจากในยุคดิจิทัลนี้ การสงวนรักษาเริ่มขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการสร้างเอกสาร กล่าวคือ หากรอจนครบกำหนดส่งมอบเอกสาร 20 ปี ข้อมูลบางอย่างอาจสูญหายไป การแทรกแซงกระบวนการสร้างเอกสารนี้รวมถึงระบบในการสร้างและจัดเก็บไฟล์ หากมีหน่วยงานใช้เทคโนโลยี Blockchain ในการสร้างเอกสาร นักจดหมายเหตุจะต้องใช้วิจารณญาณเพื่อตัดสินใจดำเนินการสงวนรักษาเอกสารเหล่านี้ตามพันธกิจหลักที่ต้องรักษาความน่าเชื่อถือ ความครบถ้วนสมบูรณ์และความสามารถในการใช้งานของเอกสารจดหมายเหตุ รวมถึงต้นทุนการสงวนรักษาด้วย

Reference

Alexandre, A. (2018, September 1). Taiwan Hospital Launches Blockchain Platform to Improve Medical Record-Keeping. Retrieved April 27, 2019, from Cointelegraph website: https://cointelegraph.com/news/taiwan-hospital-launches-Blockchain-platform-to-improve-medical-record-keeping

Bambara, J. J., & Allen, P. R. (2018). Blockchain: A Practical Guide to Developing Business, Law, and Technology Solutions. McGraw Hill Professional.

Biswas, K., & Muthukkumarasamy, V. (2016). Securing Smart Cities Using Blockchain Technology. 2016 IEEE 18th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 14th International Conference on Smart City; IEEE 2nd International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS), 1392–1393. https://doi.org/10.1109/HPCC-SmartCity-DSS.2016.0198

Chen, Z., & Zhu, Y. (2017). Personal Archive Service System using Blockchain Technology: Case Study, Promising and Challenging. 2017 IEEE International Conference on AI Mobile Services (AIMS), 93–99. https://doi.org/10.1109/AIMS.2017.31

Chowdhury, A. (2014). Is Bitcoin the “Paris Hilton” of the Currency World? Or Are the Early Investors onto Something That Will Make Them Rich? (No. 2014–01). Retrieved from Marquette University, Center for Global and Economic Studies and Department of Economics website: https://ideas.repec.org/p/mrq/wpaper/2014-01.html

Collomosse, J., Bui, T., Brown, A., Sheridan, J., Green, A., Bell, M., … Thereaux, O. (2018). ARCHANGEL: Trusted Archives of Digital Public Documents. ArXiv:1804.08342 [Cs]. Retrieved from http://arxiv.org/abs/1804.08342

Findlay, C. (2016, July 26). We need to talk about smart contracts and recordkeeping. Retrieved March 14, 2019, from https://medium.com/on-archivy/we-need-to-talk-about-smart-contracts-and-recordkeeping-9c6da11101da

Galiev, A., Prokopyev, N., Ishmukhametov, S., Stolov, E., Latypov, R., & Vlasov, I. (2018). ARCHAIN: a Novel Blockchain Based Archival System. 2018 Second World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability (WorldS4), 84–89. https://doi.org/10.1109/WorldS4.2018.8611607

Gerard, D. (2017a). Chapter 11: Business bafflegab, but on the Blockchain. In Attack of the 50 Foot Blockchain: Bitcoin, Blockchain, Ethereum & Smart Contracts. David Gerard.

Gerard, D. (2017b). Chapter 12: Case study: Why you can't put the music industry on a Blockchain. In Attack of the 50 Foot Blockchain: Bitcoin, Blockchain, Ethereum & Smart Contracts. David Gerard.

Greenspan, G. (2015, November 22). Avoiding the pointless Blockchain project | MultiChain. Retrieved May 5, 2019, from https://www.multichain.com/blog/2015/11/avoiding-pointless-Blockchain-project/

j.comcom.2019.01.006

Jenkinson, H. (1937). A manual of archive administration. Retrieved from http://archive.org/details/manualofarchivea00iljenk

Kim, C. (2018, June 6). The UK Government's Official Archive Is Testing Blockchain. Retrieved March 14, 2019, from CoinDesk website: https://www.coindesk.com/uk-governments-official-archive-testing-Blockchain

Lee, B. (2005, September). Authenticity, Accuracy and Reliability: Reconciling Arts-related and Archival Literature. 14. Retrieved from http://www.interpares.org/display_file.cfm?doc=ip2_aar_arts_lee.pdf

Lemieux, V. L. (2016a). Blockchain for Recordkeeping; Help or Hype? https://doi.org/10.13140/rg.2.2.28447.56488

Lemieux, V. L. (2016b). Trusting records: is Blockchain technology the answer? Records Management Journal, 26(2), 110–139. https://doi.org/10.1108/RMJ-12-2015-0042

Lemieux, V. L. (2017a). A typology of Blockchain recordkeeping solutions and some reflections on their implications for the future of archival preservation. 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), 2271–2278. https://doi.org/10.1109/BigData.2017.8258180

Lemieux, V. L. (2017b). Blockchain Recordkeeping: A Swot Analysis. Information Management, 51(6), 20–30.

Lemieux, V. L. (2019). How Blockchain technology has medieval roots. Retrieved March 14, 2019, from The Conversation website: http://theconversation.com/how-Blockchain-technology-has-medieval-roots-87138

Mattila, J. (2016). The Blockchain Phenomenon – The Disruptive Potential of Distributed Consensus Architectures (p. 26). BERKELEY: UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 9.

Pearce-Moses, R. (2017). InterPARES Trust - Terminology - accuracy (English). Retrieved March 14, 2019, from https://interparestrust.org/terminology/term/accuracy/en

Pearce-Moses, R., & Baty, L.-A. (2005). accuracy | Society of American Archivists. Retrieved March 14, 2019, from https://www2.archivists.org/glossary/terms/a/accuracy

Perlman, R. (2017). Blockchain: Hype or Hope? ;;Login:, 42(2), 68–72.

Pilkington, M. (2016). Blockchain technology: principles and applications. In Research Handbook on Digital Transformations. https://doi.org/10.4337/9781784717766

Prudtikul, S. (1996). lak læ nǣo patibat ngān c̆hotmāihet̄ samrap phak̄ rat læ ʻēkkachon (Principles and procedures of archives for Public and Private Sectors). Nonthaburi. Printery of STOU.

Rosenthal, D. S. H. (2018, September 13). Blockchain Solves Preservation! Retrieved April 29, 2019, from https://blog.dshr.org/2018/09/Blockchain-solves-preservation.html

Rosenthal, D. S. H., Vargas, D. L., Lipkis, T. A., & Griffin, C. T. (2015). Enhancing the LOCKSS Digital Preservation Technology. D-Lib Magazine, 21(9/10).https://doi.org/10.1045/September 2015-rosenthal

Ross, S. (2006). Approaching Digital Preservation Holistically. 20.

Snäll, M. (2017). Blockchain and the Land Register – a new “trust machine”? Will Blockchain Technology Revolutionize Land Administration? Presented at the World Bank Land and Poverty Conference, Washington, DC. Retrieved from http://www.worldbank.org /en/news/video/2017/08/15/willBlockchaintechnologyrevolutionizelandadministratin

Solomon, M. G. (2019). Ethereum For Dummies. John Wiley & Sons.

Swan, M. (2015). Blockchain: Blueprint for a New Economy. O’Reilly Media, Inc.

Tuaycharoen, N. (2019). konkai khoṇng Blockchain nai BitCoin : theknōlōyī phasom phruttikam phūbo̱riphok̄ plīan lok̄ dai (toṇ thī 2). Retrieved May 8, 2019, from 9Expert Training website: https : / / www . kao experttraining . com / articles / konkai khoṇng - Blockchain - nai - bitcoin - theknōlōyī - phasom phruttikam phūbo̱riphok̄ plīan lok̄ dai - toṇ thī - soṇng

Visram, T. (2018, July 18). Malta wants to become “Blockchain Island.” Retrieved May 5, 2019, from CNNMoney website: https://money.cnn.com/2018/07/18/technology/startups /malta-Blockchain/index.html

Wang, X., Zha, X., Ni, W., Liu, R. P., Guo, Y. J., Niu, X., & Zheng, K. (2019). Survey on Blockchain for Internet of Things. Computer Communications, 136, 1029.https://doi.org/10.1016/

Wüst, K., & Gervais, A. (2017). Do you need a Blockchain? (No. 375). Retrieved from http://eprint.iacr.org/2017/375

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). Blockchain Technology Overview (NISTIR 8202). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028 /NIST.IR.8202

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where Is Current Research on Blockchain Technology?—A Systematic Review. PLOS ONE, 11(10), e0163477. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477

Yurieff, K. (2018, May 8). Can this technology modernize how we vote? Retrieved May 5, 2019, from CNNMoney website:https://money.cnn.com/2018/05/08/technology/Blockchain-voting-elections-votem/index.html

Zabarah, R. (2018). What is Blockchain? - CNN Video. Retrieved from https://www.cnn.com/videos/business/2018/09/25/Blockchain-dominos-digital-ledger-cryptocurrency-explainer-cnn-business-orig.cnn-business