การสร้างความมั่นคงปลอดภัยให้เอกสารกระดาษโดยใช้ลายมือชื่อดิจิทัลและรหัสคิวอาร์

Secure Paper-based Document using Digital Signature and QR Code

เมฆินทร์ วรศาสตร์ และ ปราโมทย์ กั่วเจริญ
สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
118 ถนนเสรีไทย แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
maykin.w@grads.nida.ac.th, pramote@as.nida.ac.th

Abstract

There are still needs for paper-based documents in certain circumstances where electronic documents cannot efficiently replace them. For example, documents issued by the government such as birth certificates, driver licenses, and passports must be paper-based. With advanced scanning and printing technologies, document fraud can easily be conducted without significant high cost. In this paper, an implementation of secure paper-based documents is presented. The integrity of the text message and the author of the document can be verified with the use of a digital signature and QR code. The proposed method is semi-automatic in that it requires the user to compare the text message on the paper and the one obtained from the QR code; however, this method does provide convenience for the user in dealing with a large amount of documents.

Keywords: Paper-based Document, Digital Signature, QR Code, Authentication

บทคัดย่อ

เอกสารที่อยู่ในรูปของกระดาษ (Paper-based Document) ยังคงมีความจำเป็นในงานบางประเภทที่เทคโนโลยีเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-Document) ยังไม่สามารถทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น สูติบัตร ใบอนุญาตขับขี่ หรือหนังสือเดินทาง เป็นต้น กอปรกับเทคโนโลยีขั้นสูงทางการสแกนและการพิมพ์ที่ถูกนำไปใช้เพื่อการฉ้อโกงในปัจจุบันนั้นมีราคาที่ไม่สูงและการจัดหาทำได้ไม่ยาก จึงเป็นที่มาของงานวิจัยเพื่อการออกแบบวิธีการในการสร้างความมั่นคงให้กับเอกสารที่มีกลไกการพิสูจน์ตัวจริง (Authentication) ข้อความบนเอกสารว่าเป็นของผู้ที่ได้กล่าวอ้างว่าเป็นผู้ส่งจริง และไม่ได้ถูกแก้ไขโดยผู้ที่ไม่มีสิทธิในระหว่างการขนส่ง โดยการใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีลายมือชื่อดิจิทัล (Digital Signature) และรหัสคิวอาร์ (QR Code) ที่สามารถทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติในการเปรียบเทียบข้อความบนเอกสารกับข้อความจากรหัสคิวอาร์โดยผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับระบบงานที่ต้องเกี่ยวข้องกับเอกสารเป็นปริมาณมาก

คำสำคัญ: เอกสารกระดาษ, ลายมือชื่อดิจิทัล, รหัสคิวอาร์, การพิสูจน์ตัวจริง

1. คำนำ

แม้ว่ากระแสของสำนักงานไร้กระดาษ (Paperless Office) หรือรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (E-Government) จะเติบโตอย่างรวดเร็ว และถูกนำมาใช้งานจริงมากสักเพียงใดก็ตาม แต่สำหรับงานบางประเภทนั้น ก็ยังมีความจำเป็นต้องใช้การสื่อสารด้วยเอกสารที่อยู่ในรูปของกระดาษ เช่น เอกสารที่ออกโดยราชการ เช่น สูติบัตร ใบอนุญาตขับขี่ หนังสือเดินทาง เอกสารในงานประกันภัย หรือแม้กระทั่งหนังสือสัญญาซื้อขาย ฯลฯ [1]

ด้วยพัฒนาการของเทคโนโลยีการกราดภาพ (Scanning) หรือการสแกน และการพิมพ์ (Printing) ซึ่งมีราคาต่ำแต่กลับมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงมาก จึงทำให้อาชญากร หรือผู้ไม่ประสงค์ดีสามารถทำการปลอมแปลงเอกสารเพื่อการฉ้อโกงต่าง ๆ ได้ง่ายและมีคุณภาพสูงเทียบเท่าของจริง ด้วยการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสมัยใหม่ไม่ว่าจะเป็น เครื่องสแกน เครื่องพิมพ์สี แท่นพิมพ์ เป็นต้น ซึ่งจัดว่าเป็นภัยคุกคามต่อสังคม และเศรษฐกิจของชาติ [2]

ในการพิสูจน์ตัวจริง (Authentication) ข้อความบนเอกสารนั้นมักจะขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน จึงทำให้ในหลายประเทศมีการจัดตั้งองค์กรเพื่อทำงานในด้านนิติวิทยาศาสตร์ (Forensic) ขึ้นมา ซึ่งมีการใช้อุปกรณ์พิเศษช่วยสำหรับการตรวจสอบ เช่น หลอดไฟยูวี แว่นขยาย เครื่องตรวจรังสีอินฟราเรด เป็นต้น [3] ซึ่งในทางปฏิบัติถือว่าเป็นไปได้ลำบาก สำหรับหน่วยงานที่ต้องทำงานกับเอกสารเป็นจำนวนมาก รวมถึงต้องการความรวดเร็ว เช่น ธนาคาร ที่ต้องมีการรับเช็ค ตั๋วแลกเงิน ใบชำระเงิน ฯลฯ เนื่องจากงานด้านนิติวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีขั้นตอนที่สอดคล้องกับกฎหมายหลายอย่าง เช่น ต้องส่งเอกสารที่จะพิสูจน์ไปให้กับเจ้าหน้าที่ตำรวจ รอการพิสูจน์จากผู้เชี่ยวชาญ ฯลฯ ซึ่งทำให้ต้องใช้ระยะเวลานานพอสมควร

บทความวิจัยนี้ เสนอกระบวนการเพื่อพิสูจน์ตัวจริงข้อความบนเอกสารที่สามารถใช้งานได้ค่อนข้างสะดวกรวดเร็ว แบบกึ่งอัตโนมัติ โดยการประยุกต์ใช้ลายมือชื่อดิจิทัลร่วมกับรหัสคิวอาร์ (QR Code) ซึ่งสามารถใช้งานได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาหน่วยงานพิเศษ เช่น ศูนย์นิติวิทยาศาสตร์แต่อย่างใด

ในบทความนี้ประกอบด้วย 6 ส่วน ซึ่งส่วนถัดไป คือ ส่วนที่ 2 กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ส่วนที่ 3 คือ รายละเอียดของแนวคิดที่นำเสนอ ส่วนที่ 4 เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านความมั่นคงปลอดภัย ส่วนที่ 5 จะเป็นรายละเอียดของการพัฒนาระบบ และสุดท้ายส่วนที่ 6 เป็นการสรุปผลงานวิจัยนี้

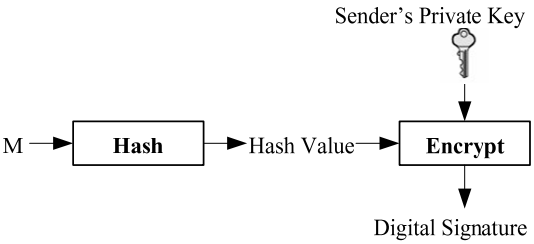
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟังก์ชันแฮช (Hash Function)

เป็นวิธีการสำหรับการย่อยข้อมูล โดยรับข้อมูลอินพุตขนาดไม่จำกัด และไม่มีการใช้คีย์ใด ๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่าค่าแฮช (Hash Value) เป็นข้อความที่มีความยาวคงที่ และไม่สามารถคำนวณย้อนกลับเพื่อค้นหาเนื้อหาและความยาวของข้อความตั้งต้นนั้นได้ (One-way Function) ฟังก์ชันแฮชมักถูกนำมาใช้สำหรับการสร้างสิ่งที่เรียกว่าลายพิมพ์นิ้วมือดิจิทัล (Digital Fingerprint) นิยมเรียกค่าแฮชว่า Message Digest ซึ่งใช้สำหรับตรวจสอบดูว่าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

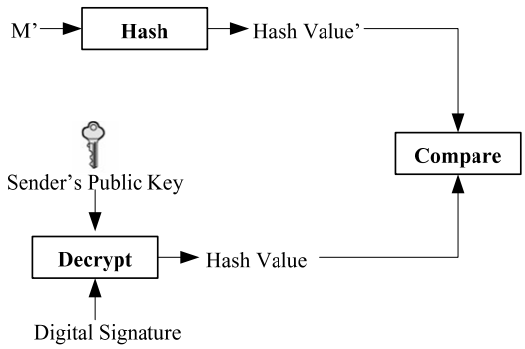
2.2 ลายมือชื่อดิจิทัล (Digital Signature)

ลายมือชื่อดิจิทัล [4] เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อให้ได้คุณสมบัติการพิสูจน์ตัวจริง (Authentication) ของผู้สร้างเอกสารหรือผู้ส่งข้อความ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวิทยาการเข้ารหัสลับแบบอสมมาตร (Asymmetric Cryptography) ดังรูปที่ 1 เป็นการนำเอาข้อความ M ซึ่งเป็นข้อความที่จะส่งไปให้ยังผู้รับมาผ่านฟังก์ชันแฮช (Hash Function) ซึ่งได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าแฮช (Hash Value หรือ Message Digest) และนำไปเข้ารหัสลับด้วยไพรเวทคีย์ (Private Key) ของผู้ส่ง ซึ่งจะได้ออกมาเป็นลายมือชื่อดิจิทัลของข้อความ M



รูปที่ 1 กระบวนการสร้างลายมือชื่อดิจิทัล

ในการตรวจสอบความถูกต้องของลายมือชื่อดิจิทัลสามารถทำได้โดยนำข้อความ M มาผ่านฟังก์ชันแฮช แล้วนำค่าแฮชนั้นมาเปรียบเทียบกับค่าแฮชที่ได้จากการถอดรหัสลับจากลายมือชื่อดิจิทัลที่ส่งมาด้วยพับ บลิคคีย์ของผู้ส่ง ถ้าทั้ง 2 ค่าตรงกันแสดงว่าเป็นข้อความดังกล่าวส่งมาจากผู้ที่เป็นเจ้าของพับบลิคคีย์จริง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการตรวจสอบลายมือชื่อดิจิทัล

ความมั่นคงปลอดภัยของลายมือชื่อดิจิทัลจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันแฮช และอัลกอริทึมในการเข้ารหัสลับ (Cryptographic

Algorithm) ถ้าหากจะทำการโจมตี ผู้โจมตีต้องสร้างลายมือชื่อดิจิทัลปลอมจากข้อความปลอมที่มีค่าของลายมือชื่อดิจิทัลเหมือนกับลายมือชื่อดิจิทัลที่มีอยู่ ซึ่งเป็นการโจมตีฟังก์ชันแฮช หรือสร้างลายเซ็นดิจิทัลปลอมจากข้อความจริง ซึ่งเป็นการโจมที่อัลกอริทึมการเข้ารหัสลับ ฟังก์ชันแฮชจึงจำเป็นต้องมีความทนทานต่อการสร้างผลลัพธ์ที่เหมือนกันจากข้อความต้นฉบับที่ต่างกัน (Collision) และอัลกอริทึมแบบพับบลิคคีย์ก็ต้องทนทานต่อการถูกโจมตีด้วย เทคนิคนี้จึงจะถือได้ว่ามีความมั่นคงปลอดภัย เนื่องจากการคำนวณเพื่อทำการปลอมแปลงลายมือชื่อดิจิทัลเป็นไปได้ยากมาก

ลายมือชื่อดิจิทัลให้คุณสมบัติด้านการพิสูจน์ตัวจริง รวมถึงความคงสภาพ (Integrity) และการไม่สามารถปฏิเสธความรับผิดชอบได้ (Non-Repudiation) หมายความว่า ถ้าหากลายมือชื่อดิจิทัลถูกตรวจสอบว่าถูกต้อง ผู้ที่ส่งข้อความนั้น ๆ มาจะปฏิเสธไม่ได้ว่าเป็นผู้ที่สร้างข้อความนั้นแล้วส่งมา

2.3 การบีบอัดข้อมูล (Compression)

เป็นวิธีการที่ช่วยให้ใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลลดน้อยลง ซึ่งถือว่ามีความจำเป็นมากในระบบการสื่อสารและจัดเก็บข้อมูล เนื่องจากจะเป็นการช่วยให้สามารถจัดเก็บหรือรับส่งข้อมูลได้มากขึ้น โดยใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บ หรือเนื้อที่ในช่องสัญญาณเท่าเดิม

2.4 รหัสคิวอาร์ (QR code)

รหัสแท่ง 2 มิติ (2D Barcode) [5][6] ถูกออกแบบมาเพื่อทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน จึงสามารถเก็บข้อมูลได้มากขึ้น ในพื้นที่ที่เท่ากันหรือเล็กกว่าเมื่อเทียบกับรหัสแท่ง 1 มิติ ทั้งยังสามารถทำการถอดรหัสกลับมาได้ แม้ว่าภาพบางส่วนของรหัสแท่งจะเสียหาย ซึ่งลักษณะโดยทั่วไปของรหัสแท่ง 2 มิตินั้นจะเป็นรูปที่ประกอบด้วยสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ สีดำอยู่บนพื้นสีขาวซึ่งสามารถเห็นได้โดยทั่วไป

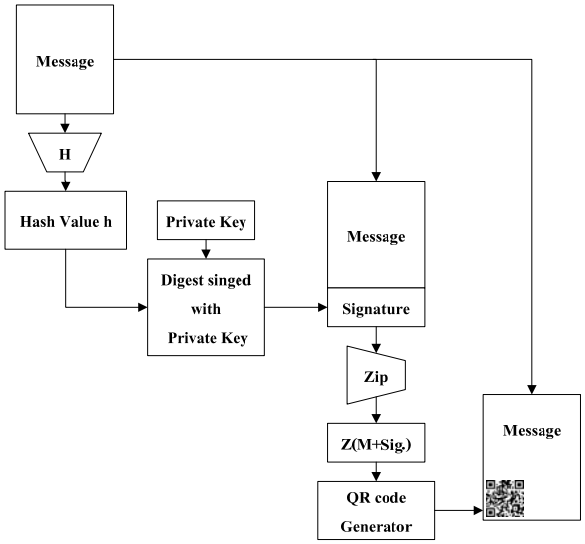
รหัสคิวอาร์ เป็นรหัสแท่ง 2 มิติรูปแบบหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ซึ่งมีคุณสมบัติที่โดดเด่นมากทั้งในเรื่องของการอ่านที่รวดเร็ว และความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ PDF417 [7][8], DataMatrix [9] หรือ MaxiCode [10] ดังในตารางที่ 1 คือ สามารถเก็บข้อมูลที่เป็นตัวเลขได้ถึง 7,089 อักขระ ข้อมูลที่เป็นตัวอักษรได้ 4,296 อักขระ หรือถ้าเป็นเลขฐาน 2 เก็บได้ 2,953 ไบต์ [11] ซึ่งรหัสคิวอาร์ใช้วิธีการของ Reed-Solomon [12] ในการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาด

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของรหัสแท่ง 2 มิติ

	PDF417	**Data Matrix**	**Maxi Code**	**QR Code**
ตัวเลข	2,710	3,116	138	7,089
ตัวอักษร	1,850	2,355	93	4,296
เลขฐานสอง	1,018	1,556		2,953
จุดเด่น	ความจุสูง	มีขนาดเล็ก	อ่านได้เร็ว	ความจุสูง มีขนาดเล็ก อ่านได้เร็ว

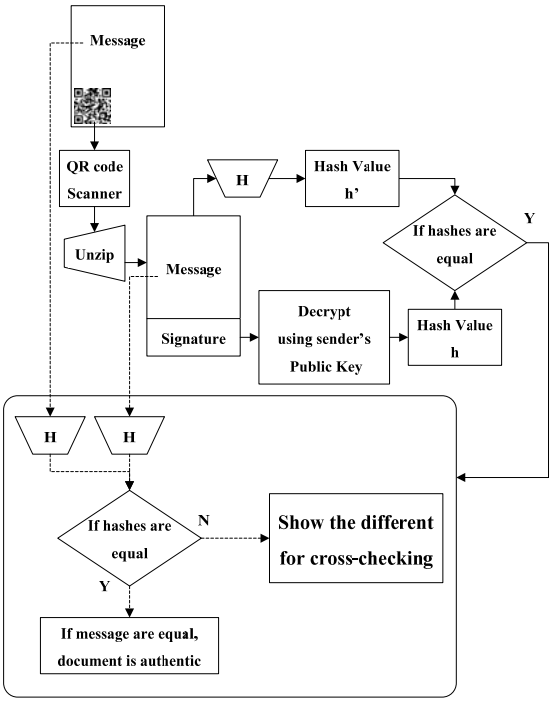
3. วิธีการที่นำเสนอ

3.1 ฝั่งผู้ส่ง



รูปที่ 3 ข้อความที่จะส่งพร้อมลายมือชื่อดิจิทัล

เมื่อฝั่งผู้ส่งเตรียมข้อความ M สำหรับการส่งให้ผู้รับเสร็จเรียบร้อยแล้ว ข้อความ M จะถูกนำมาผ่านฟังก์ชันแฮชซึ่งจะได้ออกมาเป็นค่าแฮช h ของข้อความ M จากนั้นนำค่าแฮช h มาเข้ารหัสลับด้วยไพรเวทคีย์ของผู้ส่งได้มาซึ่งลายมือชื่อดิจิทัล นำเอาทั้งข้อความ M และลายมือชื่อดิจิทัลของข้อความ M ต่อกันแล้วจึงนำไปผ่านฟังก์ชันบีบอัด (Compression) ให้มีขนาดที่เล็กลงเพื่อประโยชน์ในการนำไปสร้างเป็นรหัสคิวอาร์ ซึ่งหลังจากสร้างรหัสคิวอาร์เสร็จ จะทำการพิมพ์ข้อความ M ร่วมกับรหัสคิวอาร์ที่สร้างดังกล่าวนั้นลงบนกระดาษแล้วส่งไปให้ผู้รับ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 4 การพิสูจน์ตัวจริงโดยฝั่งผู้รับ

3.2 ฝั่งผู้รับ

เมื่อผู้รับได้รับเอกสารจากผู้ส่งแล้ว ก็นำเอกสารดังกล่าวไปสแกนเป็นแฟ้มข้อมูลประเภทรูปภาพ เพื่อการพิสูจน์ตัวจริงข้อความด้วยระบบคอมพิวเตอร์ต่อไป สำหรับในส่วนของรหัสคิวอาร์นั้นได้จัดเก็บข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อความ M และลายมือชื่อดิจิทัลของข้อความ M ซึ่งได้ถูกบีบอัดเอาไว้ในขั้นตอนการส่ง ทำให้หลังจากถอดรหัสจากรหัสคิวอาร์มาแล้วจำเป็นต้องนำค่านั้นมาคลายการบีบอัดออก (Decompress) เสียก่อน ซึ่งผลจากการคลายการบีบอัดออกมาจะประกอบด้วยข้อความ M พร้อมด้วยลายมือชื่อดิจิทัลของข้อความ M และสำหรับการพิสูจน์นั้นทำได้โดยการนำข้อความ M ดังกล่าวนี้มาผ่านฟังก์ชันแฮชเพื่อให้ได้ค่าแฮช h' และนำไปเปรียบเทียบกับค่าแฮช h ที่ได้จากการถอดรหัสลับด้วยพับบลิคคีย์ของผู้ส่ง ถ้าตรงกันถือว่าถูกต้องพร้อมสำหรับการนำไปพิสูจน์ตัวจริงของข้อความบนเอกสารกระดาษ โดยการนำแฟ้มรูปภาพในส่วนที่เป็นข้อความมาผ่านฟังก์ชันโอซีอาร์ และฟังก์ชันแฮชจนได้ h'' เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับ h' ถ้าหากตรงกัน แสดงว่าข้อความบนเอกสารไม่ได้ถูกปลอมแปลงหรือแก้ไขระหว่างการส่ง แต่ถ้าไม่ตรงกันจำเป็นต้องแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของทั้ง 2 ข้อความเพื่อเปรียบเทียบด้วยสายตาต่อไป

4. การวิเคราะห์ทางด้านความมั่นคงปลอดภัย

เนื่องจากแนวคิดที่ได้นำเสนอนี้ ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีลายมือชื่อดิจิทัลมาใช้งาน ซึ่งทำให้ได้คุณสมบัติทางด้านความมั่นคงปลอดภัย 3 ประการด้วยกันคือ

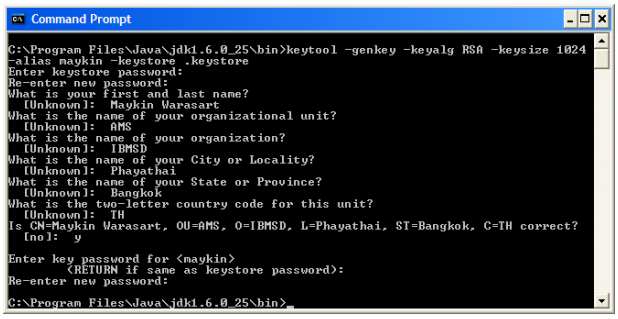
การพิสูจน์ตัวจริง (Authentication) จากในขั้นตอนการส่งมีการเข้ารหัสลับค่าแฮชด้วยไพรเวทคีย์ของผู้ส่งที่มีเพียงผู้ส่งเท่านั้นที่ทราบ และมีเพียงพับบลิคคีย์ของผู้ส่งเท่านั้นที่ถอดได้ ถ้าหากตรวจสอบลายมือชื่อดิจิทัลผ่าน หมายความว่าข้อความถูกส่งมาจากผู้ส่งคนนั้นจริง

ความคงสภาพ (Integrity) ในระหว่างการสื่อสารที่ทั้งผู้ส่งและผู้รับ ต่างก็ต้องการความมั่นใจว่าข้อความที่สื่อสารกันนั้นไม่ได้ถูกแก้ไขระหว่างการส่ง ถึงแม้ว่าหากใช้การเข้ารหัสลับจะสามารถซ่อนเนื้อหาของข้อความที่ต้องการส่งได้ แต่ก็มีความเป็นไปได้ที่จะทำการเปลี่ยนแปลงข้อความที่เข้ารหัสลับเอาไว้ โดยที่ไม่ต้องทราบถึงเนื้อหาของข้อความจริง ๆ แต่ถ้าข้อความที่จะส่งมีการสร้างลายมือชื่อดิจิทัลเอาไว้ การเปลี่ยนแปลงข้อความที่ต้องการส่งจะทำให้การตรวจสอบลายมือชื่อดิจิทัลไม่ผ่าน กล่าวคือ ยังไม่มีวิธีการที่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำการแก้ไขข้อความที่ต้องการส่งพร้อมกับสร้างลายมือชื่อดิจิทัลของข้อความใหม่ได้ถูกต้อง อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในประเด็นของความสามารถในการคำนวณเพื่อหาค่าซ้ำกันของค่าแฮช (Collision Resistance)

สุดท้าย การไม่สามารถปฏิเสธความรับผิดชอบได้ (Non-repudiation) เพราะบุคคลที่เป็นผู้ที่เข้ารหัสลับข้อมูล (Sign) ใดไปแล้ว จะไม่สามารถปฏิเสธในภายหลังได้ว่าไม่ได้เป็นผู้ที่เข้ารหัสลับ รวมถึงบุคคลอื่นจะมีได้เพียงแค่พับบลิคคีย์ของบุคคลข้างต้นเท่านั้น ซึ่งก็ไม่สามารถที่จะใช้พับบลิคคีย์ที่มีอยู่ดังกล่าวนั้น มาใช้เพื่อทำการปลอมแปลงลายมือชื่อดิจิทัลของบุคคลข้างต้นได้

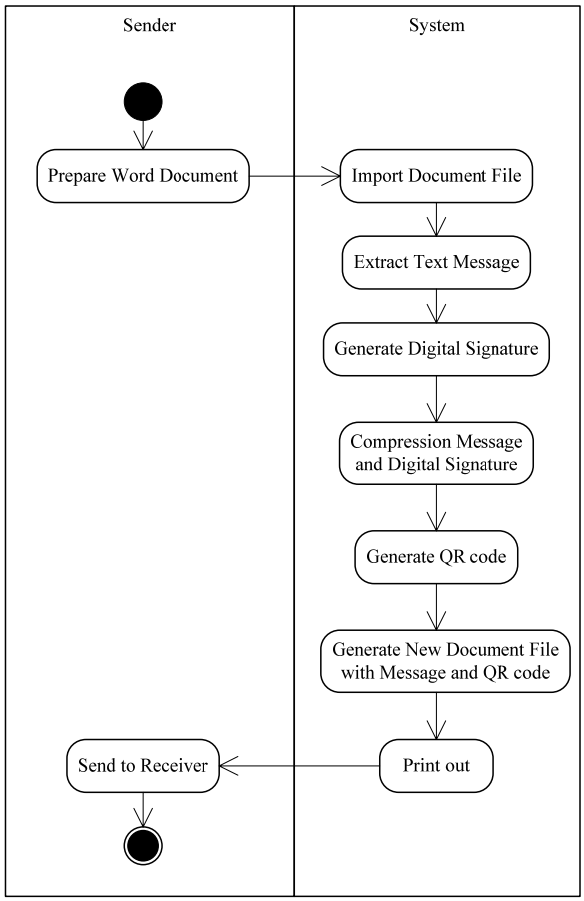
5. การพัฒนาระบบต้นแบบ

ในการพัฒนาระบบต้นแบบเพื่อพิสูจน์ว่าระบบที่นำเสนอสามารถนำไปใช้งานได้จริงนั้น ผู้วิจัยเลือกพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาจาวา ซึ่งมี JCA (Java Cryptographic Architecture) ที่ได้เตรียมฟังก์ชันสำหรับการพัฒนาโปรแกรมทางด้านความมั่นคงปลอดภัยไว้ให้แล้ว เช่น การใช้งานใบรับรองดิจิทัล หรือ การใช้งานลายมือชื่อดิจิทัล เป็นต้น



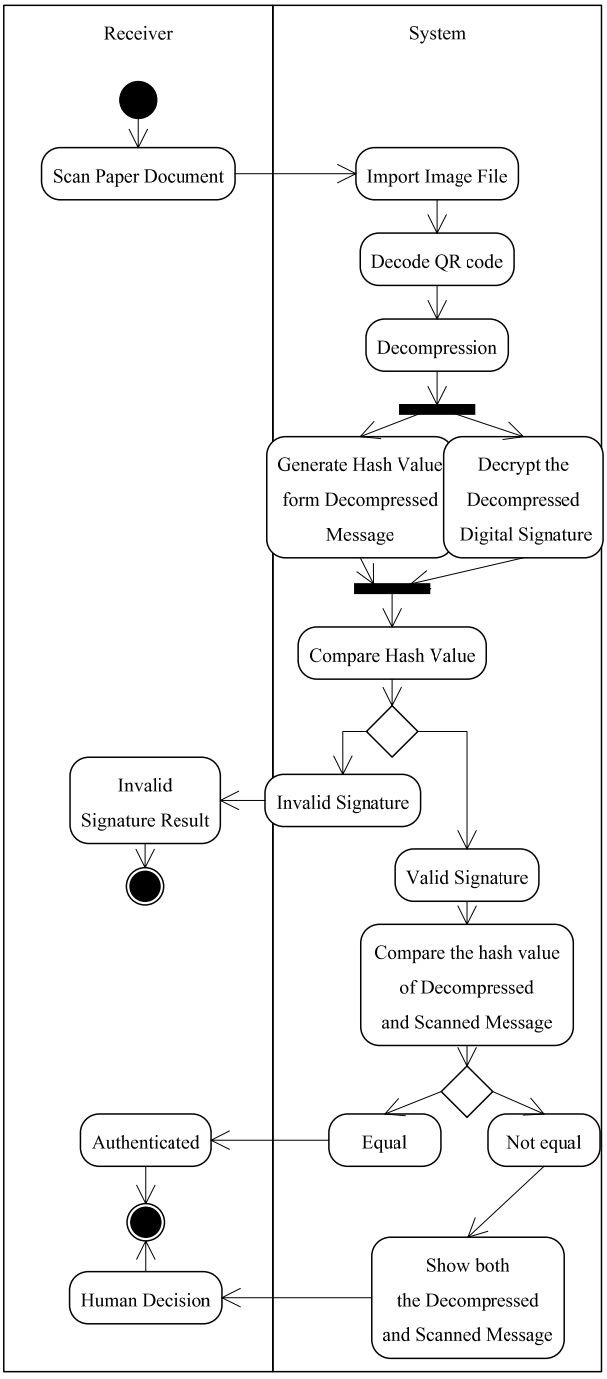
รูปที่ 5 การสร้างคีย์และที่เก็บคีย์ด้วย keytool

ในการจัดเก็บคีย์ (Key Storage) ของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยเลือกใช้ Java keytool [13] ในการจัดเก็บคีย์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานใบรับรองรุ่น X.509 ดังรูปที่ 5 โดยที่สามารถส่งออก (Export) ในส่วนของพับบลิคคีย์ออกมาเป็นแฟ้มข้อมูล แล้วส่งต่อให้ผู้รับเก็บไว้ เพื่อใช้งานต่อไปในอนาคตได้



รูปที่ 6 Activity Diagram ฝั่งผู้ส่ง

เนื่องจากส่วนใหญ่ การสร้างเอกสารภายในองค์กรมักจะใช้โปรแกรมประมวลผลคำ (Word Processor) เช่น Microsoft Word จึงจำเป็นต้องใช้ไลบรารี POI API [16] มาช่วยในการสกัด (Extract) ข้อความจากแฟ้มข้อมูลดังกล่าวออกมาเพื่อใช้สำหรับสร้างลายมือชื่อดิจิทัลของข้อความนั้น โดยใช้ SHA-256 [14] ซึ่งให้เอาพุตขนาด 256 บิต ร่วมกับ RSA [15] และใช้แพ็คเกจสำหรับการบีบอัดข้อมูลของภาษาจาวาเพื่อลดขนาดก่อนนำไปสร้างเป็นรหัสคิวอาร์ ซึ่งรับอินพุตที่มีขนาดจำกัด ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยที่ผู้วิจัยเลือกใช้ไลบรารี ZXing [17] ในการสร้างรหัสคิวอาร์ เมื่อมีข้อมูลที่พร้อมสำหรับการส่งไปยังผู้รับแล้ว จะทำการจัดรูปแบบหน้าตาเอกสารสำหรับพิมพ์ลงกระดาษจริงเพื่อส่งต่อให้ผู้รับด้วยไลบรารี iText® PDF [18]



รูปที่ 7 Activity Diagram ฝั่งผู้รับ

สำหรับโปรแกรมในฝั่งผู้รับนั้น จะรอรับรูปภาพซึ่งได้มาจากการสแกนเอกสารกระดาษที่ผู้ส่งส่งมา โดยในการทดลองใช้ความละเอียดของการสแกนที่ 200 dpi และใช้ ZXing ในการแปลงรูปภาพในส่วนของรหัสคิวอาร์ได้ออกมาเป็นข้อความต้นฉบับและลายมือชื่อดิจิทัลของข้อความนั้น ซึ่งถูกบีบอัดอยู่ จึงต้องทำการคลายการบีบอัดก่อน แล้วจึงนำมาถอดรหัสลับในส่วนของลายมือชื่อดิจิทัลด้วยพับบลิคคีย์ของผู้ส่งในแฟ้มพับบลิคคีย์ที่ผู้ส่งทำการส่งให้ไว้ล่วงหน้าแล้ว ซึ่งจะได้ออกมาเป็นค่าแฮช นำค่าแฮชนี้ มาเปรียบเทียบกับค่าแฮชที่ได้จากการนำข้อความที่อยู่กับลายมือชื่อดิจิทัลมาผ่านฟังก์ชันแฮช ถ้าผลการเปรียบเทียบออกมาตรงกัน แสดงว่าข้อความที่ได้มาจากรหัสคิวอาร์นั้นถูกส่งจากผู้ส่งจริงตามที่ได้กล่าวอ้าง และไม่ได้ถูกแก้ไขระหว่างทาง แล้วจึงนำรูปภาพในส่วนที่เป็นข้อความบนเอกสารมาผ่านฟังก์ชันโอซีอาร์ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อความที่ได้จากรหัสคิวอาร์ด้วยค่าแฮชของทั้ง 2 ข้อความ ถ้าตรงกันถือว่าข้อความบนเอกสารเชื่อถือได้ แต่กรณีที่ไม่ตรงกัน ก็เป็นไปได้ว่ามีคนปลอมแปลงข้อความบนเอกสารจริง หรือไม่ก็เป็นประเด็นจากความแม่นยำของฟังก์ชันโอซีอาร์ จึงต้องมีการแสดงให้ผู้ใช้เห็นถึงความแตกต่างในส่วนที่มีนัยสำคัญของข้อความ เพื่อตัดสินใจในขั้นสุดท้าย

6. สรุปผล

บทความวิจัยนี้นำเสนอการสร้างความมั่นคงปลอดภัยให้กับเอกสารกระดาษโดยใช้ลายมือชื่อดิจิทัลและรหัสคิวอาร์ ซึ่งสามารถทำงานได้รวดเร็วแบบกึ่งอัตโนมัติกับเอกสารเป็นจำนวนมาก โดยที่ข้อความที่จะทำการส่งจะถูกนำมาสร้างลายมือชื่อดิจิทัลของข้อความดังกล่าวก่อน แล้วจึงนำไปสร้างเป็นรหัสคิวอาร์ พิมพ์ข้อความและรหัสคิวอาร์ลงบนกระดาษ แล้วจึงส่งไปให้ผู้รับ เมื่อผู้รับได้รับเอกสารแล้วจะนำเอกสารที่อยู่ในรูปของกระดาษที่ได้รับมาไปสแกนให้ได้ออกมาเป็นแฟ้มรูปภาพ ซึ่งในส่วนที่เป็นรหัสคิวอาร์จะนำไปเข้าสู่ฟังก์ชันในการอ่านออกมาเป็นข้อความและลายมือชื่อดิจิทัล แล้วทำการตรวจสอบลายมือชื่อดิจิทัลนั้น เพื่อเป็นการพิสูจน์ตัวจริงของข้อความบนเอกสารที่ส่งมา ว่าเป็นของผู้ส่งที่กล่าวอ้างจริงหรือไม่ รวมถึงข้อความดังกล่าวนั้นไม่ได้ถูกแก้ไขโดยผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตในระหว่างการจัดส่ง

สำหรับแนวทางในการพัฒนาต่อนั้น ผู้วิจัยจะทำการพัฒนารหัสแท่ง 2 มิติขึ้นมาใหม่ โดยที่มีคุณสมบัติในการเก็บข้อมูลให้ได้มากกว่าเดิม รวมถึงการกระจายพับบลิคคีย์ที่สะดวกขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] van Renesse, Rudolf L., “Paper-based document security–A Review”, European Conference on Security and Detection, London, UK, April 28-30, 1997.

[2] U. Garain, B. Halder, “On Automatic Authenticity Verification of Printed Security Documents”, Sixth Indian Conference on Computer Vision, Graphics & Image Processing, 2008, pp. 706-713.

[3] Procedure Manuals prepared by Directorate of Forensic Science, Ministry of Home Affairs, Govt. of India, http://www.dfs.gov.in.

[4] P. Kuacharoen, “Design and Analysis of Methods for Signing Electronic Documents Using Mobile Phones”, International Conference on Computer Applications and Network Security (ICCANS 2011), pp. 154-158, May 2011.

[5] Intermec’s White paper, Sizing App for 2D Barcode, Available: http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_wp/Sizeing2DApp_wp_web.pdf

[6] J.Z. Gao, L. Prakash, R. Jagatesan, “Understanding 2D-BarCode Technology and Applications in M-Commerce – Design and Implementation of A 2D Barcode Processing Solution”, 31st Annual Intl . Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2007), Beijing, July 24-27, 2007.

[7] PDF417 Barcode, Available: http://www.pdf417.com/

[8] Hee Il Hahn, Joung Koo Joung, “Implementation of algorithm to decode two-dimensional barcode PDF-417”, 6th International Conference on Signal Processing, Aug 26-30, 2002.

[9] Data Matrix, Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Data_Matrix

[10] MaxiCode, Available: http://en.wikipedia.org/wiki/MaxiCode

[11] QR-Code, Available: http://www.denso-wave.com/qrcode/

[12] K. Kamijo, N. Kamijo, G. Zhang, “Invisbile barcode with optimized error correction”, 15th IEEE Intl. Conference on Image Processing, Oct 12-15, 2008

[13] keytool - Key and Certificate Management Tool, Available: http://download.oracle.com/javase/6/docs/technotes/tools/windows/keytool.html

[14] SHA-2, http://en.wikipedia.org/wiki/SHA-2

[15] RSA, Available: http://en.wikipedia.org/wiki/RSA

[16] Apache POI - the Java API for Microsoft Documents, Available: http://poi.apache.org/

[17] Zxing multi-format 1D/2D barcode image processing library, Available: http://code.google.com/p/zxing/

[18] iText®, Available: http://www.itextpdf.com/