สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล

A DIGITAL WATERMARKING SYSTEM

T117359

ธีรวัฒน์ ลีประสิทธิชัย
วสันต์ อินทรทัพ
สุภาภรณ์ ด่านวิทยากร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่
เลขทะเบียน 117359
วัน.เดือน.ปี - 1 ส.ค. 2554

b 1234333X
i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบสร้างภาพลายน้ำ

A DIGITAL WATERMARKING SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายธีรวัฒน์ ลีประสิทธิชัย รหัสนักศึกษา 50010710
2. นายวสันต์ อินทรทัพ รหัสนักศึกษา 50011421
3. นางสาวสุภาภรณ์ ด่านวิทยากร รหัสนักศึกษา 50011745

อรฉัตร จิ~ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล

นายธีรวัฒน์	ลีประสิทธิชัย	50010710
นายวสันต์	อินทรทัพ	50011421
นางสาวสุภาภรณ์	ด่านวิทยากร	50011745
ผศ.ดร.อรฉัตร	จิตต์โสภักตร์	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้การเจริญเติบโตของเทคโนโลยีในการสื่อสารที่เรียกว่าอินเตอร์เน็ต ซึ่งทำให้ข้อมูลจากแหล่งหนึ่งสามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วโลกอย่างรวดเร็ว และถ้าหากข้อมูลนั้นๆ ถูกคัดลอกและเผยแพร่ต่อไปโดยมิได้รับอนุญาตจากเจ้าของข้อมูลเสียก่อน ก็จะทำให้เจ้าของข้อมูลที่แท้จริงเสียผลประโยชน์ที่พึงจะได้รับ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ และการทำธุรกรรมบนอินเตอร์เน็ตที่มีการพัฒนากันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ดังนั้นเพื่อยับยั้งการละเมิดสิทธิของเจ้าของข้อมูลโดยมิชอบธรรม จึงจำเป็นที่จะต้องมีกฎเกณฑ์เพื่อควบคุมการใช้งานของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิทธิทางปัญญา โดยมิให้ผู้ที่ไม่ได้เป็นเจ้าของข้อมูลนั้นๆ นำข้อมูลไปใช้โดยมิได้รับอนุญาตดังนั้นเพื่อที่จะยับยั้งหรือติดตามร่องรอยของการละเมิดลิขสิทธิ์ จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยี การทำลายน้ำดิจิตอลขึ้นมาเพื่อยับยั้งการกระทำที่จะเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์และทรัพย์สินทางปัญญาของข้อมูลมัลติมีเดีย โดยวิธีการนี้จะแตกต่างจากวิธีการเข้ารหัสลับทั่วไปที่ข้อมูลภายหลังจากการเข้ารหัสจะสามารถดูได้โดยผู้ที่มีกุญแจรหัสเท่านั้น แต่วิธีดังกล่าวนี้จะใช้หลักการในการซ่อนสิ่งที่เรียกว่าสัญญาณลายน้ำลงไปในข้อมูลมัลติมีเดีย โดยจะไม่ทำให้คุณภาพของข้อมูลนั้นๆ ลดต่ำจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Digital Watermarking System

Mr. Teerawat	Leeprasitthichia	50010710
Mr. Wasan	Intaratup	50011421
Miss. Supaporn	Danvittayakorn	50011745
Asst.Prof.Dr. Orachat	Chitsobhuk	Advisor

Academic Year 2010

ABSTRACT

Today, the growth of communications technology called the Internet, which allows data from one source to spread rapidly throughout the world. If the information was copied and distributed without the permission of the owner in prior, it will make the owner lost his/her actual benefits, thus will affect the economy and transactions on the Internet that are currently widely developed. In order to prevent violations of the rights of content owners without legitimacy, it is necessary to have regulations to control access from the people not own the information related to intellectual property rights and not to be able to use it without permission. Therefore, in order to stop the trace or track piracy, the technology of digital watermarking has been developed to inhibit actions that are infringing the intellectual property of Information and Multimedia. Using this method differs from the common way to encrypt data can be viewed only by people with the right combination keys. The principle of these watermarking techniques is to hide what is known as a watermark signal to the multimedia data and must not make the quality of that information too low.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความร่วมมือ การดูแลเอาใจใส่และการสนับสนุนจากหลายๆฝ่ายช่วยกันผลักดันให้รายงานครั้งนี้ดำเนินไปด้วยดี และประสบความสำเร็จลุล่วงในที่สุด

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และวิทยาการสารสนเทศ และสถานศึกษาในอดีตที่ผ่านมา สำหรับโอกาสดีๆทางการศึกษาที่เป็นแหล่งประสิทธิ์ประสาทวิชาทำให้ผู้จัดทำได้มีโอกาสในทุกวันนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ในความความกรุณาอย่างดียิ่งที่ให้คำแนะนำต่างๆ ชี้แนะข้อบกพร่องต่างและแนวทางในการศึกษา ตั้งคำถาม เอาใจใส่ อธิบายข้อข้องใจต่างๆ และช่วยเหลือเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่านที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์อันมีค่ายิ่ง

ขอขอบคุณเพื่อน พี่น้อง นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือต่างๆตลอดมา

และสุดท้ายขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดในชีวิตซึ่งก็คือ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณ อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้กำลังใจเสมอมา ข้าพเจ้าระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ธีรวัฒน์ ลีประสิทธิชัย
วสันต์ อินทรทัพ
สุภาภรณ์ ด่านวิทยากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง XI

สารบัญภาพ XIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.4 ขอบเขตของโครงงาน 2

บทที่ 2 ลายน้ำดิจิตอล 3

2.1 ลายน้ำดิจิตอล 3

2.2 ประเภทของเทคนิคการทำลายน้ำดิจิตอล 5

2.3 ลายน้ำดิจิตอลกับสื่อต่างๆ 5

2.4 การละเมิดลิขสิทธิ์และการป้องกัน 6

2.5 การประยุกต์ใช้ลายน้ำดิจิตอล 7

บทที่ 3 ทฤษฎีบทพื้นฐาน 9

3.1 คณิตศาสตร์เบื้องต้นที่ใช้ในการทำลายน้ำดิจิตอล 9

3.2 ความปลอดภัยของลายน้ำ 19

3.3 ค่าที่ใช้วัดคุณภพของภาพ 27

บทที่ 4 การพัฒนาระบบ 29

4.1 การพัฒนาระบบ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การพัฒนาระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล 30

บทที่ 5 การทำลายน้ำดิจิตอล 38

5.1 บทนำ..... 38

5.2 ลายน้ำดิจิตอลในเชิงระนาบ 38

5.3 ลายน้ำดิจิตอลในเชิงความถี่ 43

บทที่ 6 การทดลองและสรุปผลการทดลอง 46

6.1 การทดลอง 46

6.2 ผลการทดลอง 49

6.3 สรุปผลการทดลอง 60

บรรณานุกรม 61

ภาคผนวก ก 63

ภาคผนวก ข 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

6.1 ผลการวัดค่า PSNR ของการฝังแบบ Substitution ที่ bit ที่ 3, 5, 7 และการฝังแบบ Additive ที่สัมประสิทธ์การคูณ(a) ที่ 5, 10, 20 50

6.2 ผลการวัดค่า Normalized Correlation ของการฝังแบบ Substitution ที่ bit ที่ 3, 5, 7 และการฝังแบบ Additive ที่สัมประสิทธ์การคูณ(a) ที่ 5, 10, 20 ที่ผ่านการโจมตีแบบ Crop 50

6.3 ผลการวัดค่า Normalized Correlation ของการฝังแบบ Substitution ที่ bit ที่ 3, 5, 7 และการฝังแบบ Additive ที่สัมประสิทธ์การคูณ(a) ที่ 5, 10, 20 ที่ผ่านการโจมตีแบบ Salt&Pepper Noise ความแรง 0.1 51

6.4 ผลการวัดค่า Normalized Correlation ของการฝังแบบ Substitution ที่ bit ที่ 3, 5, 7 และการฝังแบบ Additive ที่สัมประสิทธ์การคูณ(a) ที่ 5, 10, 20 ที่ผ่านการโจมตีแบบการบีบอัดภาพ JGEP 51

6.5 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ Grayscale 52

6.6 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Baboon แบบ Grayscale 52

6.7 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Pepper แบบ Grayscale 52

6.8 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ RGB 53

6.9 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Baboon แบบ RGB 53

6.10 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Pepper แบบ RGB 53

6.11 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตี Salt & Pepper Noise ที่ระดับความแรง 0.1 ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 54

6.12 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตีบีบอัดภาพ JPEG ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 54

6.13 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตี Crop ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 55

6.14 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ RGB, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตี Salt & Pepper Noise ที่ระดับความแรง 0.1 ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

6.15 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ RGB, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตี บีบอัดภาพ JPEG ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 56

6.16 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ RGB , Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตี Crop ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 56

6.17 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตี Salt & Pepper Noise ที่ระดับความแรง 0.1 57

6.18 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตีบีบอัดภาพ JPEG 57

6.19 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตี Crop 58

6.20 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตี Salt&Pepper Noise ที่ระดับความแรง 0.1 58

6.21 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ RGB, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตีบีบอัดJPEG 59

6.22 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ RGB, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตี Crop 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูป **หน้า**

2.1 ตัวอย่างของรูปภาพที่มีลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้ 3
2.2 ตัวอย่างรูปภาพที่มีลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ 5
2.3 รูปแบบทำงานของเทคนิคการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลร่วมกับเทคนิคการเข้ารหัสลับ 7
3.1 ค่าของพิกเซลในรูปภาพขาว-ดำ 9
3.2 การฝังโดยใช้เทคนิค Substitution Watermarking ใน Spatial Domain 10
3.3 การฝังโดยใช้เทคนิค Substitution Watermarking ที่ตำแหน่งต่างๆ ใน Spatial Domain 11
3.4 ตัวอย่าง Additive Watermarking ใน Spatial Domain 12
3.5 การถอดลายน้ำ 13
3.6 ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ 13
3.7 การวิเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ 14
3.8 การแยกองค์ประกอบแบบหลายระดับ (Multiresolution decomposition) 14
3.9 การสังเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ 15
3.10 การแปลงเวฟเลทของข้อมูลภาพ 2 มิติ โดยใช้หลักการของฟิลเตอร์แบงค์ 16
3.11 การแปลงเวฟเลทแบบหลายระดับ 17
3.12 ภาพการแปลงเวฟเลทแบบไม่ต่อเนื่อง 3 ระดับ 18
3.13 ตัวอย่างภาพลายน้ำที่ผ่านการเข้ารหัส 19
3.14 การป้องกัน Unauthorized Detection 22
3.15 การป้องกัน Unauthorized Embedding แบบไม่มีการฝัง description ของฝั่งผู้ส่ง 23
3.16 การป้องกัน Unauthorized Embedding แบบไม่มีการฝัง description ของฝั่งผู้รับ 24
3.17 การป้องกัน Unauthorized Embedding แบบมีการฝัง description ของฝั่งผู้ส่ง 25
3.18 การป้องกัน Unauthorized Embedding แบบมีการฝัง description ของฝั่งผู้รับ 25
3.19 Watermarking 26
3.20 Encryption 26
4.1 วงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟแวร์ 30
4.2 Use Case Diagram ของระบบ 31
4.3 หน้าจอโปรแกรมสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล 32
4.4 เมนูบาร์ 32
4.5 ทูลบาร์ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป **หน้า**

4.6 แท็บ 33

4.7 ทูลบ๊อกซ์ 33

4.8 แสดงผลภาพ 34

4.9 อินพุท และเอ้าท์พุทของระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล 34

4.10 ภาพรวมของระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล 35

5.1 ตำแหน่งที่ฝังข้อมูลตัวหนังสือ 40

5.2 ตัวอย่างการฝังภาพลายน้ำแบบ Additive watermarking 41

5.3 ตัวอย่างการถอดภาพลายน้ำแบบ Substitution watermarking 41

5.4 ตัวอย่างการถอดข้อมูลตัวอักษร 41

5.5 ตัวอย่างการถอดภาพลายน้ำแบบ Additive watermarking 42

5.6 ภาพการแปลงเวฟเลทไม่ต่อเนื่อง 4 ระดับ 43

5.7 การแปลงไบนารี่ 44

6.1 Pepper 39

6.2 Baboon 46

6.3 Lenna 47

6.4 ลายน้ำ KMITL 47

6.5 การฝังภาพลายน้ำลงในตำแหน่งและระดับการแบ่งเวฟเลทต่างๆ 49

ข.1 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 75

ข.2 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 76

ข.3 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 77

ข.4 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 78

ข.5 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป **หน้า**

ข.6 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 80
ข.7 P Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 81
ข.8 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 82
ข.9 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 83
ข.10 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 84
ข.11 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 85
ข.12 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 86
ข.13 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 87
ข.14 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 88
ข.15 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 89
ข.16 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 90
ข.17 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 91
ข.18 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 92
ข.19 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป หน้า

ข.20 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 94

ข.21 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 95

ข.22 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 96

ข.23 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 97

ข.24 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 98

ข.25 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 99

ข.26 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 100

ข.27 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 101

ข.28 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 102

ข.29 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 103

ข.30 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 104

ข.31 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 105

ข.32 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 106

ข.33 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป **หน้า**

ข.34 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟ
ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 108
ข.35 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ
ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 109
ข.36 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ
ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 110
ข.37 Lenna แบบ RGB ฝังลายน้ำใน Spatial Domain 111

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เทคโนโลยีมัลติมีเดีย (Multimedia) เป็นเทคโนโลยีที่รวมเอาสื่อข้อมูลดิจิตอลหลากหลายรูปแบบเข้ามาไว้ด้วยกันเพื่อที่จะนำไปใช้งานกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้การสื่อสารและใช้งานคอมพิวเตอร์มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงเกิดการขยายตัวของกลุ่มผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์และธุรกิจบนระบบเครือข่าย ซึ่งในปัจจุบันกลุ่มผู้ใช้งานเทคโนโลยีดังกล่าวจะครอบคลุมตั้งแต่ระดับองค์กรธุรกิจที่อาจจะใช้ในการแสดงผลของงานที่ทำหรือออกแบบ เช่น โฆษณา ไปจนถึงระดับครัวเรือนที่เน้นการใช้งานในด้านความบันเทิงเป็นหลัก

เนื่องจากการเจริญเติบโตของเทคโนโลยีในการสื่อสารที่เรียกว่า อินเตอร์เน็ต (Internet) ซึ่งทำให้ข้อมูลจากแหล่งหนึ่งสามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วโลกอย่างรวดเร็ว และถ้าหากข้อมูลนั้นๆ ถูกคัดลอกและเผยแพร่ต่อไปโดยมิได้รับอนุญาตจากเจ้าของข้อมูลเสียก่อน ก็จะทำให้เจ้าของข้อมูลที่แท้จริงเสียผลประโยชน์ที่พึงจะได้รับ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ และการทำธุรกรรมบนอินเตอร์เน็ตที่มีการพัฒนากันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ดังนั้นเพื่อยับยั้งการละเมิดสิทธิของเจ้าของข้อมูลโดยมิชอบธรรม จึงจำเป็นที่จะต้องมีกฎเกณฑ์เพื่อควบคุมการใช้งานของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิทธิทางปัญญา โดยมิให้ผู้ที่ไม่ได้เป็นเจ้าของข้อมูลนั้นๆ นำข้อมูลไปใช้โดยมิได้รับอนุญาต ซึ่งก็คือการจดลิขสิทธิ์ (Copyright) ที่จะเป็นหลักฐานในการยืนยันถึงความเป็นเจ้าของต่องานหนึ่งๆ

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีกลไกในการป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์หลากหลายวิธี เช่น การเข้ารหัส การลงทะเบียน หรือการใส่เลขทะเบียน (Serial numbers) ก็ยังไม่สามารถยับยั้งปัญหาดังกล่าวได้ ยกตัวอย่างในกรณีของการเข้ารหัสลับตัวข้อมูล ข้อมูลที่ผ่านการถอดรหัสแล้วจะสามารถถูกคัดลอกหรือทำซ้ำได้โดยที่เราไม่สามารถที่จะติดตามหาผู้ที่กระทำความผิดดังกล่าวมาลงโทษได้ ดังนั้นเพื่อที่จะยับยั้งหรือติดตามร่องรอยของการละเมิดลิขสิทธิ์ จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยี การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอล (Digital watermarking) ขึ้นมาเพื่อยับยั้งการกระทำที่จะเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์และทรัพย์สินทางปัญญาของข้อมูลมัลติมีเดีย โดยวิธีการนี้จะแตกต่างจากวิธีการเข้ารหัสลับทั่วไปที่ข้อมูลภายหลังจากการเข้ารหัสจะสามารถดูได้โดยผู้ที่มีกุญแจรหัสเท่านั้น แต่วิธีดังกล่าวนี้จะใช้หลักการในการซ่อนสิ่งที่เรียกว่าสัญญาณลายน้ำ (Watermark signal) ลงไปในข้อมูลมัลติมีเดีย โดยจะไม่ทำให้คุณภาพของข้อมูลนั้นๆ ลดต่ำจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อศึกษาทฤษฎีการฝังภาพลายน้ำดิจิตอลด้วยเทคนิคต่างๆ
2) เพื่อศึกษาความคงทนของลายน้ำเมื่อรูปภาพลายน้ำดิจิตอลถูกโจมตีในรูปแบบต่างๆ
3) เพื่อศึกษาถึงข้อดีข้อเสียของการทำลายน้ำแบบต่างๆ
4) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบ
5) เพื่อสร้างระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอลได้
6) เพื่อฝึกฝนการทำงานร่วมกันเป็นทีม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) มีความรู้ ความเข้าใจในระบบสร้างภาพลายน้ำ
2) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์ต่างๆ
3) เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการฝังลายน้ำให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
4) มีความรู้ ความเข้าใจในการพัฒนาระบบและสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตการทำงานได้
5) เข้าใจการถึงการทำงานเป็นทีมและสามารถทำงานเป็นทีมได้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1) ศึกษาถึงการป้องกันลิขสิทธิ์ในสื่อมัลติมีเดียประเภทรูปภาพดิจิตอล โดยใช้ลายน้ำดิจิตอล
2) ศึกษาเทคนิคและวิธีการในการฝังลายน้ำดิจิตอล รวมถึงการป้องกันการโจมตีลายน้ำดิจิตอล
3) ทำการทดลองฝังลายน้ำด้วยเทคนิคและวิธีการต่างๆ ที่ได้ศึกษามา แล้วเปรียบเทียบถึงข้อดี-ข้อเสียของแต่ละเทคนิค
4) ทำการสร้างระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ลายน้ำดิจิตอล

2.1 ลายน้ำดิจิตอล

การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลเป็นวิธีเสมือนกับวิธีการที่จิตรกรที่มีฝีมือในยุคสมัยก่อนใช้ในการแสดงความเป็นเจ้าของต่อรูปภาพ โดยพวกเขาจะใส่สัญลักษณ์ที่แสดงถึงเอกลักษณ์ของตนเองไว้ในตัวรูปภาพโดยสัญลักษณ์ที่ใส่เข้าไปนั้นอาจจะมีลักษณะที่มองเห็นได้หรือไม่ได้ก็ได้ ดังนั้นแนวคิดของการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลจึงเป็นการใส่สัญญาณที่มีลักษณะเฉพาะเข้าไปในตัวข้อมูลมัลติมีเดีย ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะแสดงถึงความเป็นเจ้าของต่อข้อมูลนั้นๆ จากหลักการดังกล่าวเราอาจแบ่งประเภทของภาพลายน้ำดิจิตอลออกเป็น 2 ชนิดได้ คือ ภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้ (Visible watermark) และภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ (Invisible watermark)

2.1.1 ภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลที่มองเห็นได้ (Visible Watermark)

การใส่ลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้นั้นจะทำได้โดยการเขียน เติม หรือแทรกตัวข้อมูลที่ต้องการลงไปในตัวรูปภาพโดยตรง ซึ่งประโยชน์ของการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้ก็คือ เป็นการแสดงสิทธิ์ความเป็นเจ้าของในตัวข้อมูลมัลติมีเดียนั้นๆ บุคคลทั่วไปที่พบเห็นจะสามารถรู้ได้โดยทันทีว่าภาพนั้นๆ เป็นของผู้ใด นอกจากนี้ยังเป็นการยับยั้งการกระทำที่จะเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของข้อมูลนั้นๆ เช่น ความยากลำบากในการที่จะนำลายน้ำออกจากตัวรูปภาพก่อนที่จะนำไปเผยแพร่อย่างมิชอบ ดังแสดงในรูป 2.1 ได้แสดงตัวอย่างของรูปภาพที่มีลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้อยู่

ก) ข)

รูป 2.1 ตัวอย่างของรูปภาพที่มีลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้

ก) การใส่ลายน้ำดิจิตอลลงไปในบริเวณมุมขวาล่างของรูปภาพ

ข) การใส่ลายน้ำดิจิตอลไปในบริเวณกลางรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อด้อยอย่างหนึ่ง ก็คือข้อมูลมัลติมีเดียจะมีคุณภาพลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากตัวลายน้ำจะไปบดบังรายละเอียดของรูปภาพที่ใส่ แต่ถึงอย่างไรการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลในรูปแบบนี้ยังคงเป็นที่นิยมใช้ในการแสดงสิทธิความเป็นเจ้าของ เพราะว่าสามารถดำเนินการได้ง่ายและไม่ซับซ้อน และในบางครั้งความพยายามที่จะกำจัดลายน้ำที่อยู่ในรูปภาพนั้นๆ ออก อาจส่งผลกระทบไปถึงคุณภาพของรูปซึ่งอาจจะเสียหาย และมีคุณภาพต่ำลง ดังแสดงในรูป 2.1 ก) เป็นการใส่ภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้ลงไปในบริเวณมุมขวาล่างของรูปภาพ ซึ่งการใส่ในบริเวณนี้จะไม่กระทบต่อรายละเอียดที่สำคัญของรูปภาพมากนัก แต่ในขณะเดียวกันตัวลายน้ำดิจิตอลจะถูกกำจัดออกไปได้โดยง่ายโดยไม่กระทบต่อส่วนสำคัญของรูป ดังแสดงในรูป 2.1 ข) ลายน้ำจะถูกใส่ลงไปในบริเวณกลางรูปภาพ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความสำคัญของรูปภาพ ทำให้ตัวลายน้ำดิจิตอลมีความยากลำบากในการเอาออกโดยที่ไม่กระทบถึงคุณภาพของรูป ในขณะเดียวกันคุณภาพของรูปนั้นก็จะลดลงไปมากเช่นกัน ในปัจจุบันมีโปรแกรมใช้งานหลายชนิดที่มีความสามารถในการทำภาพลายน้ำดังกล่าวได้ ยกตัวอย่างเช่น โปรแกรม Adobe photoshop

2.1.2 ภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลที่ไม่สามารมองเห็นได้ (Invisible Watermark)

การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ จะเป็นกระบวนการที่เจ้าของข้อมูลทำการใส่สัญญาณลายน้ำลงไปในตัวข้อมูลมัลติมีเดีย ซึ่งในกระบวนการใส่ลายน้ำจะใช้กุญแจรหัสลับเป็นส่วนประกอบในการเข้ารหัสสัญญาณเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงแก้ไขจากบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต โดยผู้ที่เป็นเจ้าของภาพเท่านั้นที่จะรู้กุญแจรหัสลับนี้ ดังนั้นบุคคลอื่นจึงไม่สามารถล่วงรู้ถึงสิ่งที่ซ่อนอยู่ภายในรูปภาพนั้นๆ ได้ แม้ว่าบุคคลนั้นจะรู้กลไกการทำงานในการใส่และถอดสัญญาณลายน้ำออกก็ตาม

โดยทั่วไปแล้วการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลมีข้อกำหนดมากมายขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานในแต่ละชนิด อย่างไรก็ตามการทำภาพพิมพ์ลายน้ำควรจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1) ภายหลังการใส่ลายน้ำดิจิตอลแล้ว คุณภาพของรูปภาพไม่ควรลดลงมาก
2) เมื่อภาพที่มีลายน้ำถูกโจมตีโดยวิธีการประมวลสัญญาณต่างๆทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นรวมถึงการบีบอัดข้อมูลแบบสูญเสียสัญญาณภาพบางส่วน วิธีการเหล่านี้ต้องไม่สามารถทำให้ข้อมูลลายน้ำหายไปหรือถูกทำลายได้
3) แม้ข้อมูลลายน้ำบางส่วนจะหายไป ข้อมูลที่คงอยู่ต้องชัดเจนพอที่จะระบุเจ้าของที่แน่นอนได้
4) นอกจากเจ้าของผลงานเองแล้วบุคคลอื่นต้องไม่สามารถกู้คืนลายน้ำดิจิตอลออกได้ แม้จะใช้วิธีการเปรียบเทียบระหว่างภาพเดียวกันที่ถูกฝังลายน้ำคนละตัว
5) การทำลายข้อมูลลายน้ำดิจิตอลในภาพอาจทำได้ต่อเมื่อภาพถูกโจมตีด้วยวิธีการใดๆ จนคุณภาพของภาพลดต่ำลงจนไม่อาจใช้การใดๆได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ประเภทของเทคนิคการทำลายน้ำดิจิตอล

เทคนิคการทำลายน้ำดิจิตอลถูกแยกออกเป็นประเภท 2 ประเภท คือ เทคนิคการทำลายน้ำดิจิตอลในโดเมนเวลา (Spatial domain) และโดเมนความถี่ (Frequency domain) ภาพใดๆ อาจระบุตำแหน่งที่ใส่ข้อมูลลายน้ำดิจิตอลได้ทั้งในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ ข้อมูลลายน้ำที่ฝังในโดเมนเวลาอาจสูญหายไปได้เมื่อผ่านการโจมตีเชิงสัญญาณ เช่นการกรองสัญญาณ แต่จะทนต่อการโจมตีเชิงเรขาคณิต เช่นการหมุนภาพ การตัดภาพเป็นต้น ในทางกลับกันการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลในโดเมนความถี่จะทำให้ข้อมูลลายน้ำทนทานต่อการกรองสัญญาณความถี่ต่ำ การกรองสัญญาณความถี่สูง และการบีบอัดข้อมูลภาพ เป็นต้น ดังรูป 2.2 ก) เป็นภาพจากวิดีโอต้นฉบับ ซึ่งเมื่อผ่านการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังรูป 2.2 ข) โดยภาพที่ผ่านการใส่ลายน้ำแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากภาพต้นฉบับเล็กน้อย ซึ่งเราแทบจะไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ถ้าหากเรานำภาพมาพิจารณาอย่างละเอียดก็จะพบว่าในความเป็นจริงแล้วภาพทั้งสองนั้นมีความแตกต่างกันอยู่เช่นบริเวณแถบเสื้อที่มีสีแดง และจะมีเพียงผู้ที่เป็นเจ้าของข้อมูลเท่านั้นที่จะสามารถนำสัญญาณลายน้ำออกมาจากภาพดังกล่าวนั้นๆ ได้

ก) ข)

รูป 2.2 ตัวอย่างรูปภาพที่มีลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้

ก) ภาพถ่ายต้นฉบับ

ข) ภาพถ่ายที่ถูกใส่สัญญาณลายน้ำ

2.3 ลายน้ำดิจิตอลกับสื่อต่างๆ

การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลในรูปภาพอาจนำไปประยุกต์ใช้งานในได้ในธุรกิจสิ่งพิมพ์ เพราะหากการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลมีความทนทานต่อการแปลงสัญญาณจากระบบดิจิตอลเป็นแอนาลอก (Digital to analog) และจากระบบแอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to digital) แล้วการที่จะพิมพ์หน้าปกหนังสือโดยใช้ภาพที่มีลายน้ำดิจิตอลอยู่ก็จะเป็นไปได้ เพื่อป้องกันการคัดลอกภาพนั้นไปใช้อย่างผิดกฎหมาย หรืออาจจะนำมาใช้ในการทำธุรกรรมบนอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(E-Commerce) เพื่อที่ป้องกันมิให้รูปภาพที่มีการเผยแพรหรือจำหน่ายถูกคัดลอกและนำไปใช้อย่างผิดกฎหมาย เพราะบุคคลที่จะทำการคัดลอกก็ย่อมที่จะกลัวการถูกติดตามและฟ้องร้องอันเนื่องมาจากลายน้ำที่ซ่อนอยู่ในตัวรูปภาพ นอกจากนี้การใช้ภาพที่ไม่ทราบที่มาที่ไปก็จะมีความระมัดระวังมากขึ้นด้วย เพราะถ้าเจ้าของภาพนั้นมาพบและพิสูจน์โดยใช้ลายน้ำดิจิตอลที่ซ่อนอยู่ในภาพถึงความเป็นเจ้าของได้ ก็จะสามารถฟ้องร้องต่อบุคคลที่นำภาพดังกล่าวมาใช้งานได้

ในส่วนการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลในสัญญาณเสียง จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับดนตรี โดยหากทำการใส่สัญญาณลายน้ำลงในข้อมูลเพลงที่อยู่ในรูปแบบ MPEG-3 ก็จะสามารถที่จะยับยั้งปัญหาในการคัดลอกและเผยแพร่บทเพลงอย่างผิดกฎหมายได้ในระดับหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการทำธุรกรรมทางอินเตอร์เน็ตให้มีความปลอดภัยมากขึ้นอีกด้วย

นอกจากนี้การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลในข้อมูลวิดีโอ (อาจพิจารณาเหมือนกับการนำรูปภาพหลายรูปมาเรียงต่อกัน) จะช่วยป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์ได้ในหลายๆ ทาง ยกตัวอย่างเช่น ในธุรกิจภาพยนตร์ การทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลจะช่วยลดปัญหาการละเมิดลิขสิทธิ์โดยการคัดลอกตัวข้อมูลลงในแผ่นซีดีหรือดีวีดี เพื่อจัดจำหน่ายอย่างผิดกฎหมาย เพราะหากมีตัวอย่างของข้อมูลที่มีสัญญาณลายน้ำอยู่ เราก็จะสามารถตามจับผู้กระทำความผิดมาลงโทษได้ ยิ่งไปกว่านั้นการส่งผ่านข้อมูลวิดีโอผ่านทางระบบเครือข่ายยังได้รับการป้องกันได้อีกด้วย ตัวอย่างการใช้งานระบบวิดีโอผ่านเครือข่าย เช่น Video-on-demand และ Pay-per-view

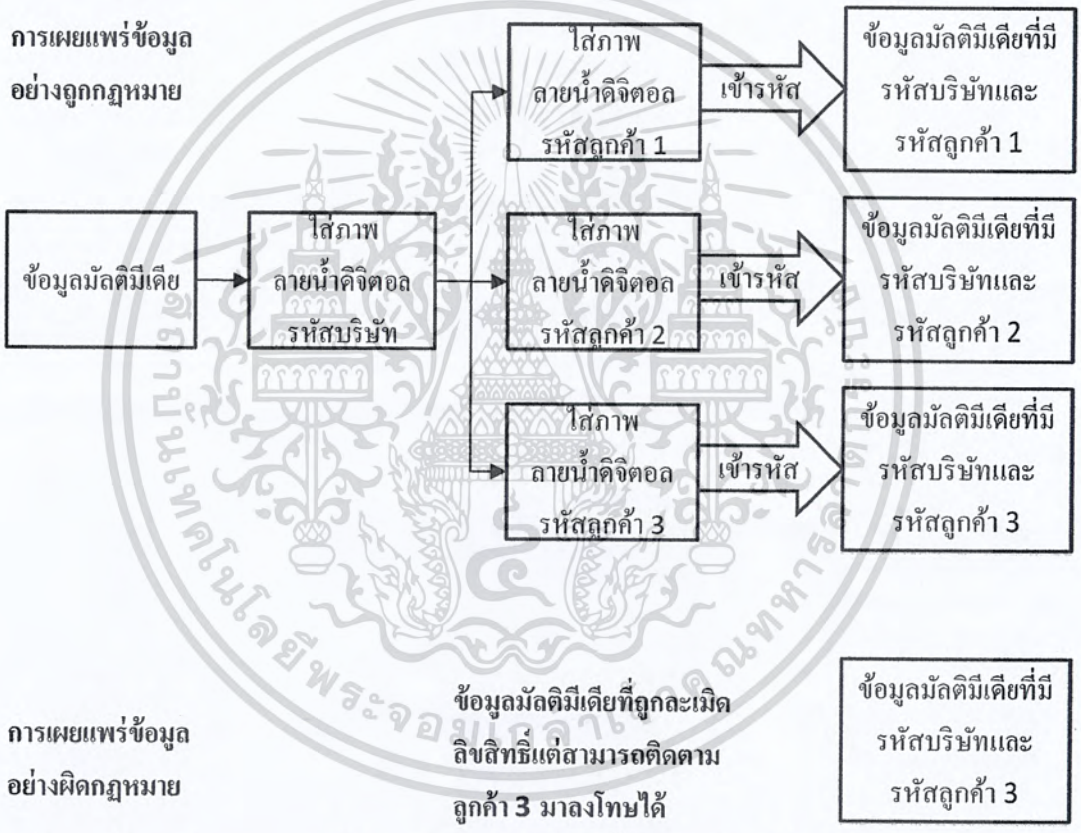
2.4 การละเมิดลิขสิทธิ์และการป้องกัน

ในกรณีที่มีการละเมิดลิขสิทธิ์เกิดขึ้น ลายน้ำดิจิตอลที่อยู่ภายในรูปภาพจะสามารถนำมาใช้ในการอ้างสิทธิ์เพื่อฟ้องร้องต่อการกระทำดังกล่าว อีกทั้งยังอาจนำมาใช้ในการหาตัวบุคคลที่กระทำการละเมิดลิขสิทธิ์ตัวข้อมูลได้อีกด้วย โดยในการใช้งานนั้นจะมีการใส่สัญญาณลายน้ำที่มีลักษณะเฉพาะที่แสดงถึงสิทธิความเป็นเจ้าของในตัวข้อมูลเสียก่อน และเมื่อมีการเผยแพร่ข้อมูลนั้นๆ ให้กับลูกค้าก็จะทำการใส่ลายน้ำดิจิตอลอีกครั้งหนึ่ง โดยในครั้งนี้ตัวลายน้ำจะเป็นรหัสเฉพาะของสินค้าชิ้นนั้นๆ เพื่อที่ว่าเมื่อมีการละเมิดลิขสิทธิ์เกิดขึ้น เราจะสามารถสืบหาร่องรอยหลักฐานได้ว่าการกระทำผิดนั้น เริ่มต้นขึ้นจากบุคคลใด เนื่องจากลายน้ำตัวที่สอง และลูกค้าที่ได้รับข้อมูลนั้นจะถูกบันทึกเอาไว้ในระบบฐานข้อมูล เมื่อมีหลักฐานเช่นนี้แล้วการที่จะฟ้องร้องเพื่อเอาผิดบุคคลดังกล่าวย่อมสามารถกระทำได้โดยง่าย

ในกรณีของการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อป้องกันบุคคลอื่นที่ไม่มีกุญแจรหัสลับเข้ามาใช้งานข้อมูลนั้น เมื่อใดก็ตามที่ข้อมูลได้ถูกถอดรหัสออกมา ความปลอดภัยของข้อมูลนั้นก็จะลดลง เนื่องจากข้อมูลสามารถถูกคัดลอกภายหลังขั้นตอนที่ผ่านการถอดรหัสแล้ว ซึ่งจะไม่สามารถป้องกันปัญหาการละเมิดลิขสิทธิ์ของข้อมูลนั้นได้เลย ดังนั้นเราอาจนำเทคนิคการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคนิคการเข้ารหัสลับเพื่อให้ข้อมูลมีความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม ดังรูปที่ 2.3 เมื่อใดก็ตามที่ข้อมูลถูกถอดรหัสออกมาแล้ว ตัวข้อมูลยังคงถูกป้องกันเอาไว้อีกชั้นหนึ่งจากการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอล ดังนั้นหลังจากขั้นตอนการถอดรหัสถ้ามีการละเมิดลิขสิทธิ์ของตัวข้อมูลเกิดขึ้น เราจะสามารถหาตัวบุคคลที่กระทำความผิดนั้นได้ เพราะข้อมูลที่ถูกคัดลอกไปจะยังคงมีลายน้ำดิจิตอลติดอยู่ด้วยเช่นเดียวกันกับข้อมูลต้นฉบับที่ถูกคัดลอก เพราะฉะนั้นเมื่อใดก็ตามที่มีการตรวจพบข้อมูลที่ถูกละเมิดลิขสิทธิ์ลายน้ำภายในข้อมูลดังกล่าวจะถูกใช้เพื่อตามรอยย้อนกลับไปหาว่าข้อมูลที่ถูกคัดลอกนั้น เป็นข้อมูลที่ถูกเผยแพร่ให้กับลูกค้าคนไหน แนวความคิดเช่นนี้ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลของข้อมูลมัลติมีเดีย



รูป 2.3 รูปแบบทำงานของเทคนิคการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลร่วมกับเทคนิคการเข้ารหัสลับ

2.5 การประยุกต์ใช้ลายน้ำดิจิตอล

1) ใช้เป็นลายเซ็น เพื่อพิสูจน์ถึงการเป็นเจ้าของผลงานนั้นๆ เช่น ถ้าเราทำการฝังภาพลายน้ำลงบนภามถ่าย หรือ ภาพเขียน จะทำให้สามารถบ่งบอกได้ว่าใครเป็นเจ้าของภาพนั้น โดยการถอดภาพลายน้ำออกมาตรวจสอบว่าภาพลายน้ำนั้นเป็นของใคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เพื่อป้องกันการถูกคัดลอก เผยแพร่ จำหน่ายอย่างผิดกฎหมาย เช่น ถ้าเราทำการฝังภาพลายน้ำลงบนภาพถ่าย หรือ ภาพเขียน เมื่อภาพนั้นถูกละเมิดลิขสิทธิ์ ถูกเผยแพร่หรือถูกคัดลอก เราสามารถตรวจลายน้ำและสามารถอ้างสิทธิ์ได้ว่าเราเป็นเจ้าของผลงานนั้นจริง

3) ควบคุมการคัดลอก เป็นลายน้ำที่จะบอกถึงกฎเกณฑ์การใช้งาน เช่น "เนื้อหานี้ไม่สามารถทำซ้ำได้อีก" โดยจะใช้ลายน้ำเพื่อป้องกันข้อมูลดิจิตอลวีดีโอในระบบปิด โดยใช้ ฮาร์ดแวร์พิเศษสำหรับหานทำสำเนาและดูลายละเอียด ซึ่งจะมีรหัสที่แสดงถึงจำนวนครั้งที่อนุญาตให้ทำสำเนา ดังนั้นทุกครั้งที่มีการทำสำเนา ฮาร์ดแวร์ตัวนี้จะทำการเปลี่ยนแปลงรหัส และเมื่อจำนวนเท่ากับศูนย์ระบบจะไม่สามารถทำสำเนาข้อมูลได้อีก

4) เพื่อรับรองความถูกต้อง เช่น ธุรกรรมพาณิชย์เกี่ยวกับมัลติมีเดีย ภาพถ่ายทางการแพทย์ ภาพข่าวสำคัญ ถ้าหากมีการปรับเปลี่ยน หรือ ภาพมีความเสียหาย จะทำให้ภาพลายน้ำเสียหาย เช่น ถ้าเราทำการฝังภาพลายน้ำลงไปในภาพที่ต้องการ โดยใช้วิธีการที่ภาพลายน้ำมีความเปราะสูง สามารถเสียหายได้ง่ายลงไปในภาพแล้ว เมื่อภาพถูกถอดภาพลายน้ำออก แล้วภาพลายน้ำนั้นมีความเสียหายทำให้เราสามารถรับรู้ได้ว่า ภาพมีการถกแก้ไข ภาพเสียหาย หรือ ภาพมีความผิดเพี้ยนไป

5) การสื่อสารข้อมูลลับ ใช้เพื่อซ่อนสัญญาณที่จะส่งข้อมูลจากบุคคลหนึ่งไปอีกบุคคลหนึ่ง เช่น ถ้าเราทำการฝังข้อมูล หรือสารลับลงไปในภาพแล้วทำการส่งภาพนั้นไปยังปลายทางถ้าหากภาพนั้นถูกลักลอบ หรือ ถูกแอบอ่านข้อมูลไป ก็จะไม่สามารถทำได้เนื่องจากเราทำการฝังข้อมูลลับที่ต้องการส่งไปเป็นภาพลายน้ำ ถ้าหากไม่รู้วิธีการถอดภาพลายน้ำหรือวิธีถอดรหัสก็จะไม่สามารถอ่านข้อความลับของเราได้

6) ใช้ในการพิสูจน์ตัวตน เป็นการนำข้อมูลที่ผู้ส่งต้องการส่งมา เข้ารหัสด้วยกุญแจส่วนตัวของผู้ส่ง แล้วนำข้อมูลนั้นส่งไปยังผู้รับ ซึ่งผู้รับจะใช้กุญแจสาธารณะซึ่งเป็นคู่รหัสกันถอดรหัสออกมา ผู้รับก็สามารถรู้ได้ว่าข้อความนั้นถูกส่งมาจากผู้ส่งคนนั้นจริง ถ้าสามารถถอดรหัสข้อมูลได้อย่างถูกต้อง เช่น นาย A เข้ารหัสข้อมูลด้วยกุญแจส่วนตัวของตนไว้แล้วทำการแจกจ่ายข้อมูลที่ทำการเข้ารหัสนั้นออกไป และเมื่อใครก็ตามทำการถอดรหัสข้อมูลนั้นได้ด้วยการใช้กุญแจสาธารณะของนาย A แล้วทำให้สามารถรู้ได้ว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลที่นาย A ส่งมาจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

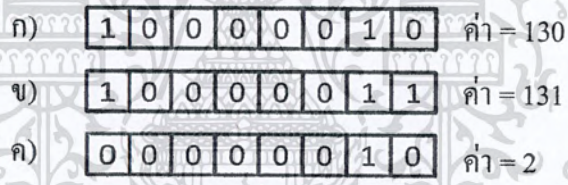
บทที่ 3
ทฤษฎีบทเบื้องต้นเกี่ยวกับลายน้ำดิจิตอล

3.1 ทฤษฎีเบื้องต้นที่ใช้ในการทำลายน้ำดิจิตอล

ในบทนี้จะนำเสนอถึงทฤษฎีเบื้องต้นที่นำไปใช้กับเทคนิคในการทำลายน้ำดิจิตอล เช่น การเปลี่ยนแปลงบิตที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด (Least significant bit substitution) การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Wavelet Transform : DWT)

3.1.1 การเปลี่ยนแปลงบิตที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด (Least-Significant-Bit Substitution)

การเปลี่ยนแปลงบิตที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด (Least significant bit substitution) เป็นที่นิยมใช้กันมากในการทำรูปภาพลายน้ำ เพื่อที่จะฝังลายน้ำลงไปในรูปภาพต้นฉบับ ในกรณีรูปภาพขาว-ดำ จำนวนบิตเท่ากับ 8 บิต (0-255) ในการเก็บค่าแต่ละพิกเซล โดยที่บิตที่มีความสำคัญมากที่สุดจะอยู่ทางซ้าย และบิตที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุดจะอยู่ทางขวา



รูป 3.1 ค่าของพิกเซลในรูปภาพขาว-ดำ

ก) ก่อนเปลี่ยนแปลงบิตที่มีความสำคัญน้อยที่สุด

ข) หลังเปลี่ยนแปลงบิตที่มีความสำคัญน้อยที่สุด

ค) หลังเปลี่ยนแปลงบิตที่มีความสำคัญมากที่สุด

แนวความคิดของการเปลี่ยนแปลงบิตที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด (Least-Significant-Bit Substitution) คือการแทนที่หรือเปลี่ยนแปลงบิตที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุดของพิกเซลใดๆ ในรูปภาพต้นฉบับ เนื่องจากการทำรูปภาพลายน้ำด้วยวิธีนี้ จะส่งผลกระทบต่อรูปภาพต้นฉบับน้อยมาก จากรูป 3.1ข) จะเห็นได้ว่าค่าที่พิกเซลดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนจาก 130 เป็น 131 ซึ่งในการมองด้วยตาเปล่าของมนุษย์สามารถตรวจจับได้ยาก แต่ถ้าหากลองเปลี่ยนแปลงบิตอื่นๆ ที่ไม่ใช่บิตที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด ก็จะส่งผลให้ภาพต้นฉบับถูกทำลายมากยิ่งขึ้น และยิ่งถ้าหากทำการเปลี่ยนแปลงบิตที่เข้าใกล้บิตที่มีค่าความสำคัญมากที่สุด (Most significant bit) มากเท่าใดรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นฉบับก็ยิ่งถูกทำลายมากยิ่งขึ้นเท่านั้น ดังรูป 3.1ค) ซึ่งทำการเปลี่ยนบิตที่มีค่าความสำคัญมากที่สุด จะเห็นได้ว่าค่าที่พิกเซลดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนจาก 130 เป็น 2 ทันที ซึ่งมีค่าที่ต่างกันมาก

ข้อดีของการทำการเปลี่ยนแปลงบิตที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุดรูปภาพที่ได้หลังจากการทำกระบวนการนี้มีความสูญเสียหรือรูปภาพถูกทำลายน้อย สามารถทำได้ง่ายเพราะกระบวนการไม่ซับซ้อน สามารถควบคุมการฝังได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งในการรับรู้ของมนุษย์สามารถตรวจจับได้ยาก

ข้อเสียของการทำการเปลี่ยนแปลงบิตที่มีค่าความสำคัญน้อยรูปภาพที่ได้หลังจากการทำการบวนการนี้ไม่อนุญาตให้มีการแยกลายน้ำออก อีกทั้งยังไม่ทนทานต่อการประมวลผลภาพบางชนิด เช่น การครอป (Cropping) และการบีบอัดภาพ (Compression)

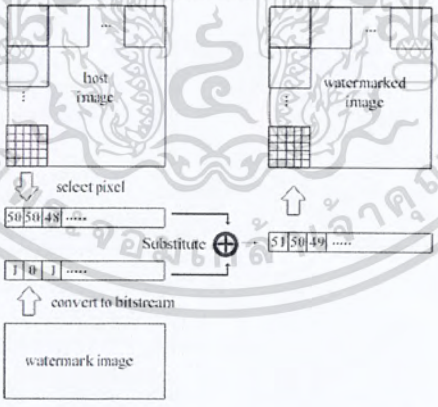
3.1.2 การฝังลายน้ำดิจิตอลโดยใช้เทคนิค Substitution Watermarking ในโดเมนเชิงพื้นที่

เป็นการฝังข้อมูลของภาพลายน้ำเข้ากับภาพต้นฉบับโดยทำการแทนข้อมูลของภาพลายน้ำเข้าไปในบิตข้อมูลของภาพต้นฉบับตามตำแหน่งที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการแทรกข้อมูลลายน้ำ “101” เข้าไปยังภาพต้นฉบับที่มีข้อมูลคือ 50,50,48 ในบิตข้อมูลที่ 1 จะได้ว่า

0011 0010 (50) + 1 >> 00110011(51)

0011 0010 (50) + 0 >> 00110010(50)

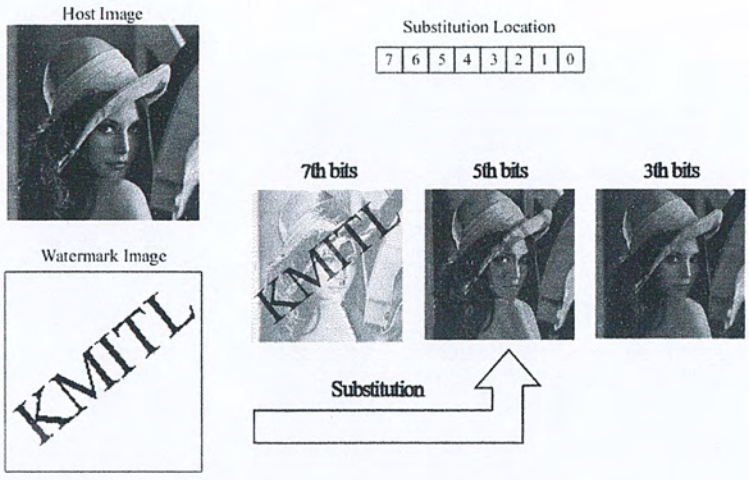
0011 0000 (48) + 1 >> 00110001(49)



รูป 3.2 การฝังโดยใช้เทคนิค Substitution Watermarking ใน Spatial Domain

โดย ยิ่งทำการฝังข้อมูลภาพลายน้ำเข้าไปในบิตที่สูงขึ้นมากเท่าไหร่ ยิ่งทำให้ภาพลายน้ำมีความคงทนมากขึ้น แต่ จะทำให้คุณภาพของภาพหลังจากทำการฝังภาพลายน้ำลงไปแล้วนั้นลดลงด้วย เช่น ถ้าทำการฝังข้อมูลภาพลายน้ำลงในบิตที่ 7 ของภาพต้นฉบับ จะทำให้ลายน้ำมีความคงทนมากกว่าฝังลงในบิตของมูลที่ 1 แต่ จะทำให้คุณภาพของภาพที่ทำการฝังลายน้ำลงในบิตข้อมูลที่ 7 มีคุณภาพน้อยกว่า ฝังภาพลายน้ำลงในบิตข้อมูลที่ 1 เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.3 การฝังโดยใช้เทคนิค Substitution Watermarking ที่ตำแหน่งต่างๆ ใน Spatial Domain

ข้อดีของการฝังภาพลายน้ำในโดเมนเชิงพื้นที่ คือสามารถทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากไม่จำเป็นต้องใช้ สมการหรือการคำนวณที่ยุ่งยากในการฝังภาพลายน้ำ แต่ ในการฝังภาพลายน้ำแบบ Spatial domain watermarking นั้นจะมีความคงทนต่ำสามารถถูกโจมตีแล้วทำลายได้ง่าย

3.1.3 การฝังลายน้ำดิจิตอลโดยใช้เทคนิค Additive Watermarking ในโดเมนเชิงพื้นที่

เป็นการฝังข้อมูลของภาพลายน้ำเข้ากับภาพต้นฉบับ โดยทำการคูณค่าข้อมูลเข้ากับสัมประสิทธ์และทำการบวกค่าที่ได้เข้ากับข้อมูลภาพต้นฉบับ โดยจะทำการฝังภาพลายน้ำลงไปแค่เพียงบางส่วนของภาพต้นฉบับเท่านั้น จะนิยมฝังเข้าไปในส่วนที่เป็นจุดสำคัญของรูปภาพ เช่น บริเวณใบหน้า หรือบริเวณที่เป็นจุดโฟกัสของภาพ

โดยการฝังภาพลายน้ำแบบ Additive watermarking จะใช้ข้อมูลของภาพลายน้ำเป็นแบบไบนารีเท่านั้น และจะทำการฝังดังสมการ 3.1

$$h*(i,j) = h(i,j) + a(i,j) \cdot w(i,j) \qquad (3.1)$$

$h*(i,j)$ = ภาพที่ได้จากการฝังภาพลายน้ำแล้ว

$h(i,j)$ = ภาพต้นฉบับ

$a(i,j)$ = ค่าสัมประสิทธ์

$w(i,j)$ = ข้อมูลภาพลายน้ำ

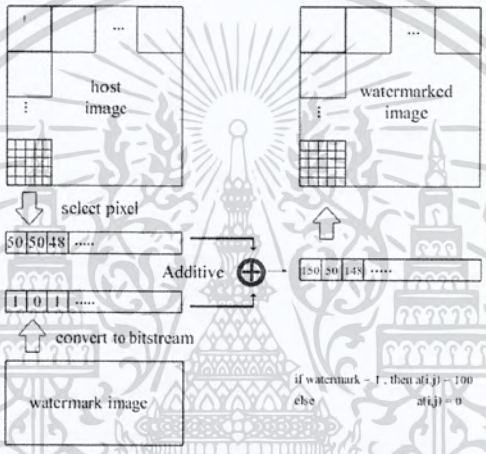
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการแทรกข้อมูลลายน้ำ “101” เข้าไปยังภาพต้นฉบับที่มีข้อมูลคือ 50,50,48 จะได้ว่า ในจุดแรกนั้น จะนำข้อมูลของภาพลายน้ำมาทำการคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ แล้วทำการบวกเข้ากับข้อมูลของภาพต้นฉบับ โดยค่าสัมประสิทธิ์ จะทำการกำหนดค่าตามความเหมาะสมของรูปภาพ (ในที่นี้จะยกตัวอย่างว่า ถ้าบิตข้อมูลของภาพลายน้ำมีค่าเป็น “1” จะให้ค่าสัมประสิทธิ์เป็น “100” และถ้าบิตข้อมูลของภาพลายน้ำมีค่าเป็น “0” จะให้ค่าสัมประสิทธิ์เป็น 0)

0011 0010 (50) + 1*100 >> 10010110(150)

0011 0010 (50) + 0*0 >> 00110010(50)

0011 0000 (48) + 1*100 >> 1001 0100(148)



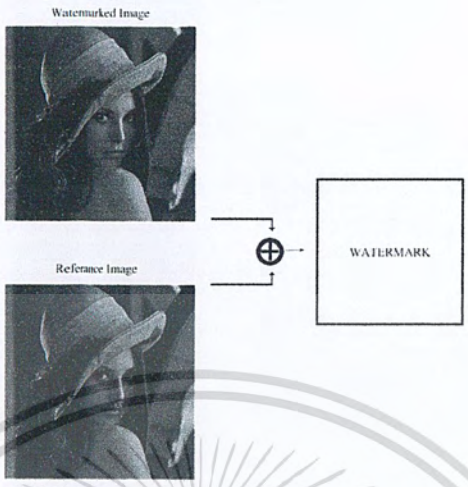
รูป 3.4 ตัวอย่าง Additive Watermarking ใน Spatial Domain

โดยในการถอดภาพลายน้ำนั้นจะจำเป็นต้องมีภาพต้นฉบับเป็นตัวอ้างอิงในการค้นหาภาพลายน้ำเพราะว่าเราไม่สามารถรู้ได้ว่าภาพลายน้ำที่ทำการฝังมาแล้วนั้นมีการฝังลงบนจุดใดของภาพและมีขนาดเป็นเท่าไหร่ จึงจำเป็นต้องใช้ต้นฉบับในการอ้างอิง เช่น ถ้าเราได้ภาพที่ทำการฝังลายน้ำมาแล้ว เราสามารถถอดภาพลายน้ำกลับโดยใช้ภาพต้นฉบับมาเป็นตัวอ้างอิงและหาจุดที่มีค่าข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง และทำการคำนวณค่ากลับเพื่อหาค่าของภาพลายน้ำ สมมุติว่าถ้าเราพบว่าจุดๆ หนึ่งของภาพมีการเปลี่ยนแปลงไป ให้เรานำค่าข้อมูลในจุดนั้น ลบกับจุดเดียวกันในภาพต้นฉบับ เมื่อได้ค่าผลต่างมาแล้วนั้น จึงทำการหาค่าของภาพลายน้ำ เช่น ถ้าค่าผลต่างเป็น “100” ก็จะได้ว่าค่าของภาพลายน้ำนั้นเป็น “1” (ตามตัวอย่างด้านบน)

โดยการฝังภาพลายน้ำแบบ Additive watermarking นั้นมีข้อดีคือไม่จำเป็นต้องฝังข้อมูลภาพลายน้ำลงไปให้เต็มภาพต้นฉบับทั้งภาพทำให้ภาพที่ได้ออกมานั้นมีขนาดเล็กกว่าแบบ Spatial domain watermarking และคุณภาพของภาพที่ได้นั้นจะมีค่าลดลงแค่เพียงบางจุดที่มีการฝังภาพเท่านั้น แต่ การฝังภาพลายน้ำแบบ Additive watermarking จะต้องมีภาพต้นฉบับเพื่อใช้อ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

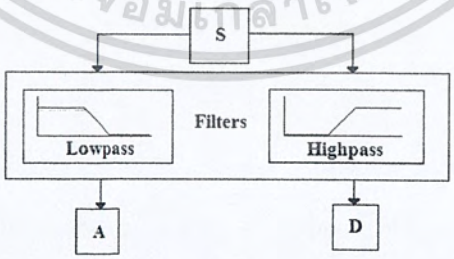
ในเวลาที่ต้องการจะถอดภาพลายน้ำออก และ ต้องมีการคำนวณที่ยุ่งยากกว่าแบบ Spatial domain watermarking



รูป 3.5 การถอดลายน้ำ

3.1.4 การแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Wavelet Transform : DWT)

กระบวนการแปลงเวฟเล็ตจะมีลักษณะคล้ายกับกระบวนการออกเทฟฟิลเตอร์แบงค์ (Octave filter banks) เนื่องจากการพิจารณาสัญญาณผ่านฟังก์ชันหน้าต่าง (Window function) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงความถี่ในอัตราครั้งละสองเท่าซึ่งเปรียบเสมือนการนำสัญญาณอินพุทผ่านวงจรกรองความถี่ที่มีแบนวิธที่มีอัตราการลดลงสองเท่าเหมือนกับแบนวิธของฟังก์ชันหน้าต่างในขณะนั้นนั่นเองดังนั้นจึงสามารถนำเอาหลักการของฟิลเตอร์แบงค์มาใช้ในการแปลงเวฟเล็ตในทางปฏิบัติได้ดังรูป 3.6



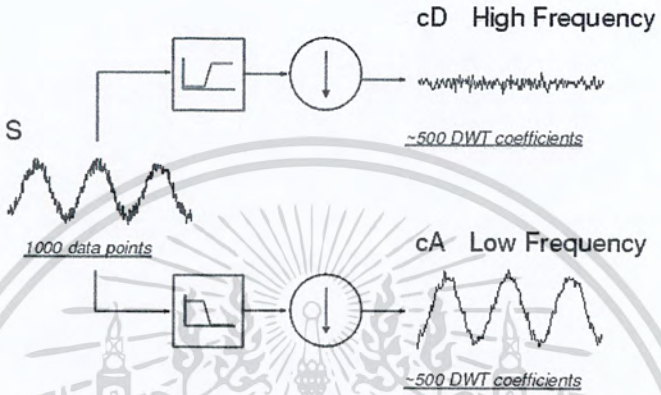
รูป 3.6 ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ

3.1.4.1 การแปลงการแปลงเวฟเล็ตโดยใช้หลักการของการวิเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์

ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ (Two channel filter banks) เป็นการแยกสัญญาณอินพุทออกเป็นสองส่วนโดยแบ่งเป็นส่วนของความถี่ต่ำและส่วนของความถี่สูง ดังนั้น

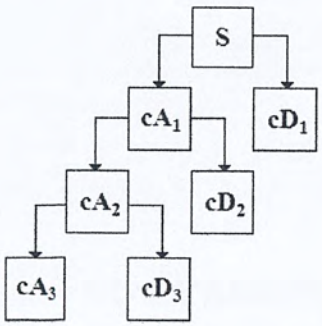
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณจึงประกอบด้วยส่วนที่เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Lowpass filter : LF) และวงจรกรองความถี่สูงผ่าน (Highpass filter : HF) ดังรูป 3.7 ซึ่งเป็นลักษณะของการวิเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ (Two-channel analysis filter banks) โดยนำสัญญาณ S ผ่านการแยกองค์ประกอบสัญญาณ (Decomposition) ด้วยตัวกรองความถี่ต่ำและความถี่สูง



รูป 3.7 การวิเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ

ลักษณะของการวิเคราะห์แบบออคเทฟฟิลเตอร์แบงค์จะเป็นโครงสร้างแบบทรี (Tree Structure) ซึ่งเป็นการเอาฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณมาเรียงต่อกัน โดยใช้สัญญาณเอาท์พุท (cA) ในส่วนที่เป็นความถี่ต่ำมาทำการแยกแบนความถี่ออกอีกครั้งหนึ่ง กระบวนองค์ประกอบสามารถทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆ ได้ด้วยการนำ successive approximations มาทำการแยกองค์ประกอบอีกครั้ง ดังนั้นสัญญาณหนึ่งๆ สามารถแตกออกไปได้อีก ซึ่งส่วนประกอบที่มีรายละเอียดที่ต่ำกว่า การทำแบบนี้เรียกว่า "การแยกองค์ประกอบแบบหลายระดับ (Multiresolution decomposition)" ดังรูป 3.8 ลักษณะของกระบวนการการวิเคราะห์ตามรูปแบบของฟิลเตอร์แบงค์จะเรียกว่า"การแปลงเวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete wavelet transform : DWT)"

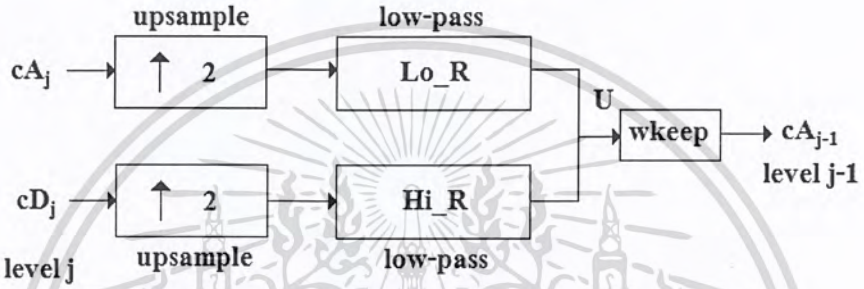


รูป 3.8 การแยกองค์ประกอบแบบหลายระดับ (Multiresolution decomposition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.2 การแปลงกลับเวฟเล็ตโดยใช้หลักการสังเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์

การแปลงเวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่องนั้นเป็นการกระจายสัญญาณลงในปริภูมิของ Vj และ Wj ซึ่งทำให้รายละเอียดของสัญญาณลดลง ดังนั้นในการรวมสัญญาณปริภูมิ Vj และ Wj กลับไปเป็นสัญญาณ Vj + 1 ซึ่งจะเป็นการเพิ่มรายละเอียดของสัญญาณ g(t) จากระดับ j ไปเป็นระดับ j + 1 วิธีดังกล่าวนี้จะเหมือนกับ ขบวนการสังเคราะห์การสร้างกลับฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ ซึ่งเป็นการหาค่าของ Cj + 1 (n) จากค่า CAj(n) และ CDj(n) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังแสดงในรูป 3.9



รูป 3.9 การสังเคราะห์ฟิลเตอร์แบงค์แบบสองช่องสัญญาณ

ลักษณะของฟิลเตอร์แบงค์ที่มีโครงสร้างแบบทรี เมื่อทำการรวมสัมประสิทธิ์ Cj (k) และ Dj (k) กลับมาเป็น Cj + 1 (n) อีกครั้งกระบวนการนี้เรียกว่า การแปลงกลับเวฟเล็ต (Inverse wavelet transform) จากกระบวนการแปลงเวฟเล็ตและการแปลงเวฟเล็ตกลับจะสังเกตได้ว่า สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากการแปลงกลับจะมีค่าประมาณเท่ากับสัญญาณอินพุทของการแปลงเวฟเล็ต โดยที่รูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function) จะเป็นลักษณะการสร้างกลับอย่างสมบูรณ์ของฟิลเตอร์แบงค์ (Perfectly reconstruction filter banks) จากที่กล่าวมานี้จะใช้เฉพาะในกรณีของออร์โธนอร์มอลเวฟเล็ตหรือออร์โธนอร์ฟิลเตอร์แบงค์เท่านั้น กระบวนการสังเคราะห์ตามรูปของฟิลเตอร์แบงค์จะเรียกว่าการแปลงกลับเวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่อง (Inverse discrete wavelet transform : IDWT)

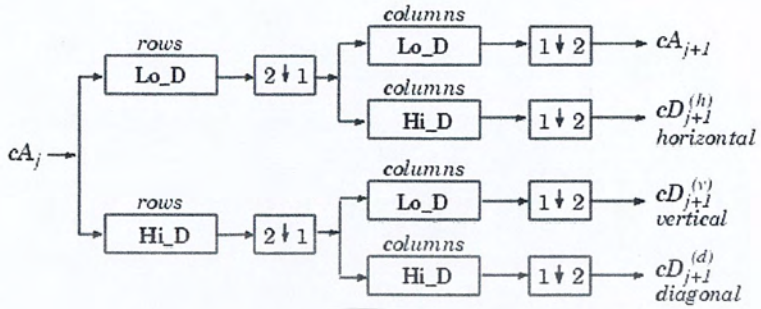
3.1.4.3 การนำเวฟเล็ตมาใช้กับข้อมูลภาพแบบ 2 มิติ

การนำเวฟเล็ตมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพแบบสองมิติ ซึ่งเก็บค่าของแต่จุดภาพในรูปของเมทริก สามารถทำได้โดยทำการแปลงแถว (Rows) ของภาพก่อน จากนั้นจึงทำการแปลงหลัก (Columns) ของภาพในแถวที่ได้รับการแปลงแล้วดังรูป 3.10 ก)

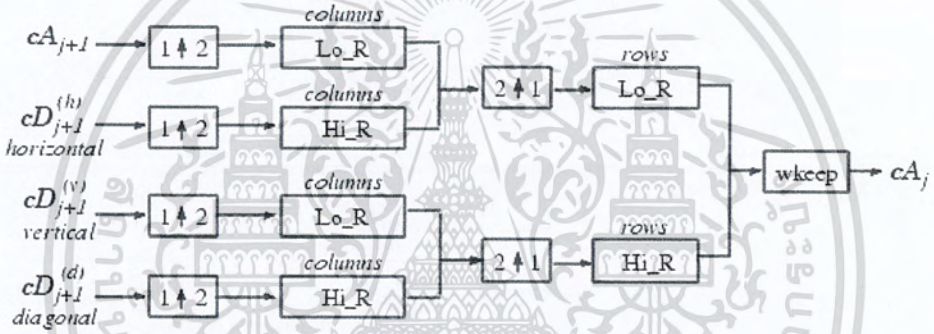
จากรูป 3.10 ก) สามารถอธิบายได้ว่าการแปลงเวฟเล็ต 2 มิติ จะเป็นการแปลงในแนวแกนนอน ตามจำนวนแถวของจุดภาพซึ่งทำให้ภาพถูกแบ่งออกเป็น 2 ซับแบนด์ จากนั้นจะทำการแปลงในแนวแกนตั้ง ตามจำนวนคอลัมของจุดภาพ ดังนั้นภาพในลักษณะ 2 มิติ เมื่อนำภาพมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านการแปลงเวฟเล็ตหนึ่งครั้งจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ซับแบนด์ (Subband) ซึ่งถือว่าเป็นการแปลงเวฟเล็ตแบบระดับเดียว (Single level)



ก)



ข)

รูป 3.10 การแปลงเวฟเล็ตของข้อมูลภาพ 2 มิติ โดยใช้หลักการของฟิลเตอร์แบงค์

ก) การแยกองค์ประกอบของเวฟเล็ต

ข) การรวมองค์ประกอบของเวฟเล็ต

ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ทแบบ 2 มิติ จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ซับแบนด์

1) ซับแบนด์แรก (Sb1) เป็นส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรองความถี่ต่ำผ่านทั้งแนวคอลัมน์และแนวแถวแทนด้วย LL โดยรายละเอียดส่วนใหญ่ของภาพจะอยู่ในซับแบนด์นี้

2) ซับแบนด์ที่ 2 (Sb2) เป็นส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรองความถี่ต่ำผ่านแนวคอลัมน์และตัวกรองความถี่สูงผ่านแนวแถวแทนด้วย LH ข้อมูลส่วนนี้จะเป็นเส้นของในแนวตั้ง

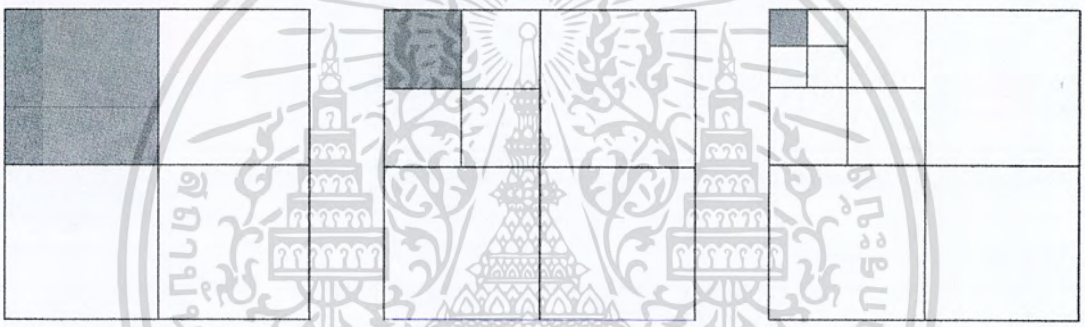
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3) ซับแบนด์ที่ 3 (Sb3) เป็นส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรองความถี่สูงผ่านแนวคอลัมน์ตัวกรองความถี่ต่ำผ่านแนวแถวแทนด้วย HL ข้อมูลส่วนนี้จะเป็นเส้นของในแนวนอน

4) ซับแบนด์สุดท้าย (Sb4) จะเป็นส่วนของภาพที่ผ่านตัวกรองความถี่สูงผ่านทั้งแนวคอลัมน์และแนวแถวแทนด้วย HH ข้อมูลส่วนนี้จะเป็นเส้นของในแนวทะแยงมุม

เราสามารถสร้างภาพกลับขึ้นมาใหม่จากซับแบนด์ย่อย แสดงดังรูปที่ 3.10 ข) โดยนำซับแบนด์ย่อยทั้ง 4 ซับแบนด์มาเพิ่มจำนวนข้อมูลเป็น 2 เท่า หลังจากเพิ่มจำนวนข้อมูลแล้วผลลัพธ์ที่ได้จะถูกกรองไปตามแนวตั้งและบวกเข้าด้วยกัน จากนั้นทำซ้ำไปตามแนวนอนจะได้ผลลัพธ์ที่สร้างกลับขึ้นมาใหม่



ก) ข) ค)

รูป 3.11 การแปลงเวฟเล็ตแบบหลายระดับ

ก) แปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ

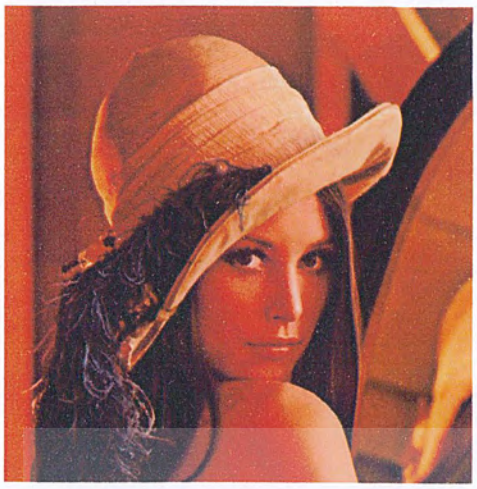
ข) แปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ

ค) แปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ

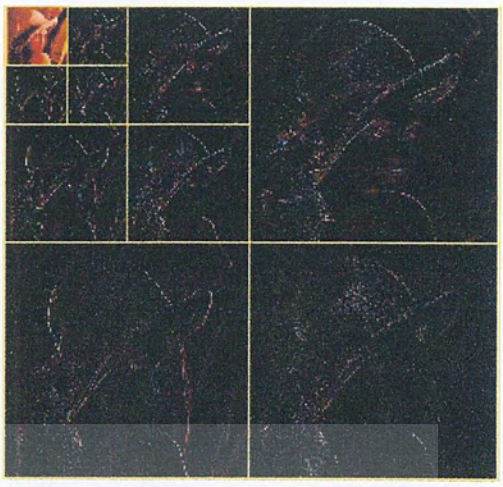
ผลจากการแปลงเวฟเล็ตข้อมูลในซับแบนด์ที่ 1 จะเป็นข้อมูลที่มีรายละเอียดต่ำที่สุด ส่วนที่แสดงรายละเอียดของภาพจะเป็นข้อมูลในซับแบนด์ที่ 2, 3, 4 และถ้านำเอาซับแบนด์ที่ 1 ไปผ่านการแปลงเวฟเล็ตต่อไปอีกก็จะทำให้สามารถแยกภาพได้ออกเป็นหลายซับแบนด์เพิ่มมากขึ้นเรียกว่า การแปลงเวฟเล็ตแบบหลายระดับ (Multiresolution wavelet transform) ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการแยกองค์ประกอบของภาพ Lenna โดยใช้การแปลงเวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่อง 3 ระดับซึ่งใช้ฮาร์ฟิลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

117359



ก)



ข)

รูป 3.12 ภาพการแปลงเวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่อง 3 ระดับ

ก) ภาพต้นแบบ Lenna

ข) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่อง 3 ระดับ

3.1.5 การเข้ารหัสข้อมูล

การฝังภาพลายน้ำนั้นจะทำการเข้ารหัสข้อมูลก่อนเนื่องจากป้องกันผู้ที่ไม่ประสงค์จะค้นหาข้อมูล ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยยิ่งขึ้นในการฝังภาพลายน้ำ โดยที่หากผู้ที่เราไม่ประสงค์ให้ล่วงรู้ข้อมูลสามารถถอดภาพลายน้ำออกมาได้ ก็ไม่สามารถอ่านข้อมูลของภาพลายน้ำนั้นๆได้ เนื่องจากผ่านการเข้ารหัสมาก่อนที่จะทำการฝังภาพลายน้ำลงไปยังภาพต้นฉบับ

โดยจะใช้ข้อมูลตัวหนังสือเพื่อเป็น Password ในการเข้ารหัส โดยจะทำการแปลงข้อมูลตัวอักษรทั้งหมดเป็นข้อมูลไบนารี หลังจากนั้นนำบิตข้อมูลแต่ละบิตมาทำการ XOR กันในแต่ละบิตเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะเป็นรหัส 8 บิต หลังจากนั้นจากนั้น นำข้อมูลรหัสที่ได้ทีละบิตไป XOR หลังจากทำการเข้ารหัสข้อมูล 8 บิตแรกไปแล้วนั้น จะทำการ Shift around bit ของข้อมูลรหัสและทำการเข้ารหัสข้อมูลชุดต่อๆ ไปเรื่อยๆ จนครบทั้งภาพ ยกตัวอย่างเช่น ต้องการเข้ารหัสด้วยคำว่า "Password"

นำคำว่า Password มาแปลงเป็นข้อมูลไบนารี จะได้ว่า

P = 0101 0000

A = 0110 0001

S = 0111 0011

W = 0111 0111

O = 0110 1111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R = 0111 0010

D = 0110 0100

หลังจากนั้นจึงนำบิตข้อมูลต่างๆที่ได้มาทำการ XOR กันเพื่อให้ได้ข้อมูลรหัสลับจากตัวอย่างจะได้ข้อมูลหลังจากการ XOR คือ "10011111" หลังจากนั้นจึงทำการเข้ารหัสข้อมูลทีละ 8 บิต โดยจะทำการ Shift around bit ของข้อมูลรหัสและทำการเข้ารหัสข้อมูลชุดต่อๆไปเรื่อยๆ จนครบทั้งภาพ

รูป 3.13 ตัวอย่างภาพลายน้ำที่ผ่านการเข้ารหัส

3.1.6 การถอดรหัสข้อมูล

จะใช้วิธีการเดียวกับการเข้ารหัสคือทำการแปลงข้อมูลรหัสตัวอักษรเป็นข้อมูลแบบไบนารี ก่อนจากนั้นจึงทำการถอดรหัสโดยอ่านข้อมูลทีละ 8 บิตเช่นกันและทำการ Shift around ข้อมูลรหัสและทำการถอดรหัสต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งครบทั้งภาพ

3.2 ความปลอดภัยของลายน้ำ

ความปลอดภัยของลายน้ำ คือการที่ลายน้ำมีความสามารถในการต้านทานการโจมตี หรือความพยายามที่จะทำให้ลายน้ำนั้นด้อยประสิทธิภาพลงไปด้วยรูปแบบวิธีการต่างๆ โดยจะกล่าวถึงประเภทของการโจมตี การประเมินผู้โจมตี ความคล้ายคลึงกันระหว่างลายน้ำและ Cryptographic แก้ปัญหาของการโจมตีแต่ละประเภท และการโจมตีประเภทอื่นๆ

3.2.1 ประเภทของการโจมตี

สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) Unauthorized embedding คือ การที่ผู้โจมตีฝังลายน้ำของตนลงในภาพต้นฉบับของผู้อื่น หรือการ Copy watermark ไปใช้โดยที่ปราศจากความเข้าใจรายละเอียด

2) Unauthorized detectionคือ การที่ผู้โจมตีตรวจจับลายน้ำที่มีเฉพาะเจ้าของเท่านั้นที่สามารถ Detect ได้ เช่น Alice เป็นผู้ให้บริการฝังลายน้ำลงในภาพเพื่อให้ผู้ใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถระบุสิทธิในการกระจายรูปภาพ Bob ได้แอบตรวจจับลายน้ำของ Alice และนำลายน้ำของ Alice ไปใช้แสวงหาประโยชน์

3) Unauthorized removal คือ การที่ผู้โจมตีลบลายน้ำออกจากภาพต้นฉบับ เช่น Elimination attack คือ การลบลายน้ำที่ไม่มีใครตรวจจับ ได้ออกไป

3.2.2 ข้อการสันนิษฐานเกี่ยวกับผู้โจมตี

1) If the attacker knows nothing กรณีที่ผู้โจมตีไม่รู้อะไรเลย ก็จะใช้จุดอ่อนของลายน้ำแต่ละแบบ

2) If the attackerhas more than one watermarked work (Collusion attack) กรณีที่ผู้โจมตีมีภาพต้นฉบับที่ต่างกันหลายภาพและแต่ละภาพมีลายน้ำเหมือนกัน ดังนั้นผู้โจมตีสามารถแยกลายน้ำออกจากภาพต้นฉบับได้และกรณีที่ผู้โจมตีมีภาพต้นฉบับที่เหมือนกันหลายภาพ และแต่ละภาพมีลายน้ำต่างกัน ดังนั้นผู้โจมตีสามารถแยกลายน้ำและภาพต้นฉบับออกจากกันได้

3) If the attacker know the Algorithm กรณีที่ผู้โจมตีรู้ อัลกอริทึม ผู้โจมตีก็จะใช้จุดอ่อนของ อัลกอริทึม ในการโจมตี ฉะนั้นความลับจะขึ้นอยู่กับคีย์ ไม่ขึ้นกับอัลกอริทึม

4) If the Attacker has access to the detector as an oracle (Black box) กรณีที่ผู้โจมตีมี Detector ถึงแม้ว่าไม่รู้อัลกอริทึมของ Detector แต่ก็สามารถคิดว่าเหมือน Black box ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ก็พอ ไม่ต้องรู้การทำงาน

3.2.3 Watermark และ Cryptography

Cryptography คือ การเข้ารหัสข้อมูลโดยจะใช้กระบวนการที่เกี่ยวของกับคณิตศาสตร์เพื่อเปลี่ยนแปลงให้ข้อมูลเดิมเป็นเป็นข้อมูลอีกรูปแบบหนึ่งที่ไม่สามารถอ่านเข้าใจได้ หากไม่มีกุญแจที่ใช้สำหรับการอ่าน โดยในกระบวนการแรกเรียกว่า การเข้ารหัส (Encryption) และกระบวนการที่แปลงข้อมูลที่ไม่สามารถอ่านได้ให้เป็นข้อมูลดังเดิมเรียกว่า การถอดรหัส (Decryption)

ส่วน Watermark เป็นการเพิ่มข้อมูลฝังเข้าไปโดยจะมีกระบวนการฝัง (Embedding) และกระบวนการถอน(Detection) โดยใน Symmetric คีย์ cryptography กำหนดให้

Encryption function	=	$E_K()$
Decryption function	=	$D_K()$
คีย์	=	K
Cleartext (ข้อความที่ยังไม่ได้เข้ารหัส)	=	m
Ciphertext (ข้อความที่เข้ารหัสแล้ว)	=	m_c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้สมการ 3.2 สำหรับ Encrypt และสมการที่ 3.3 สำหรับ Decrypt

$$m_c = E_K(m) \tag{3.2}$$

$$m = \mathcal{D}_K(m_c) \tag{3.3}$$

ส่วนใน watermarking กำหนดให้

Embedding function = $\varepsilon()$

Detection function = $\mathcal{D}()$

Original work = c_o

Watermarked work = c_K

จะได้สมการ 3.4 สำหรับ Embed และสมการ 3.5 สำหรับ Detect

$$c_w = \varepsilon_k(c_o, m) \tag{3.4}$$

$$m = \mathcal{D}_k(c_w) \tag{3.5}$$

3.2.3.1 การป้องกัน Unauthorized Detection

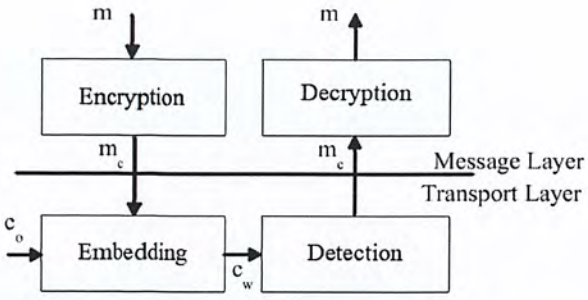
จะใช้วิธีการ Encrypt message ก่อนที่จะนำไปฝังไว้กับภาพต้นฉบับ และเมื่อภาพนี้ถูกส่งไปยังผู้รับ ผู้รับก็จะต้องทำการถอดรหัสภายหลังจากการตรวจจับด้วย ดังแสดงในรูป 3.14 โดยกระบวนการทั้งหมดนี้จะต้องใช้คีย์ 2 คีย์ ได้แก่ K_w สำหรับ Watermarking และ K_c สำหรับ encryption ดังนั้นเมื่อเขียนเป็นสมการ 3.6 ของฝั่งผู้ส่งจะได้

$$c_w = \varepsilon_{K_w}(c_o, m_c) = \varepsilon_{K_w}(c_o, E_{K_c}(m)) \tag{3.6}$$

สมการ 3.7 ของฝั่งผู้รับจะได้

$$m = D_{K_c}(\mathcal{D}_{K_w}(c_w)) \tag{3.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.14 การป้องกัน Unauthorized Detection

ดังรูป 3.14 สามารถมองเป็น 2 ชั้น เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจได้ โดยชั้นแรกคือ Message layer โดยชั้นนี้จะเกี่ยวข้องกับข้อความ ส่วนชั้น Transport layer เกี่ยวข้องกับการฝังและตรวจจับลายน้ำ โดยรูปแบบนี้ หากผู้ที่ไม่ได้รับสิทธิสามารถตรวจจับลายน้ำได้แต่ก็ไม่สามารถทราบได้ว่าข้อความที่ถูกเข้ารหัสไว้คืออะไร หากไม่มีคีย์สำหรับถอดรหัส

3.2.3.2 การป้องกัน Unauthorized Embedding

ปัญหานี้คล้ายคลึงกับปัญหา Cryptography ของการยืนยันตัวตนของผู้ส่ง ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วย Cryptography แบบ Asymmetric-key หรือ Cryptographic signature ดังนั้นวิธีตรงไปตรงมาคือป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่ได้รับสิทธิไม่สามารถทำการฝังลายน้ำได้โดยใช้วิธีการดังรูป 3.16 ชั้น Message layer คือการ Encryption ด้วย Asymmetric-key หรือ Cryptographic signature

วิธีดังกล่าวจะไม่สามารถป้องกันการโจมตีแบบ Copy Attack ที่เป็น Unauthorized Embedding อีกรูปแบบหนึ่ง โดยการโจมตีแบบนี้ เมื่อผู้โจมตีได้ถอดลายน้ำออกมาแล้วก็จะคัดลอกส่วนของข้อความไปฝังไว้ในภาพที่ไม่ใช่ภาพต้นฉบับ แม้ว่าข้อความนั้นถูกเข้ารหัสไว้หรือไม่ และจะมี Cryptographic signature หรือไม่มี ก็จะถูกคัดลอกไปทั้งหมด และเมื่อไปอยู่ในภาพใหม่แล้วก็สามารถถูกถอดรหัสได้เหมือนเดิมหากว่ามีคีย์

ดังนั้นวิธีที่จะแก้ไขปัญหากรณีข้อความตรงกับฝั่งผู้ส่ง แต่ภาพที่ถูกฝังข้อความลงไปไม่ตรงกับภาพต้นฉบับของฝั่งผู้ส่ง คือ เพิ่มรายละเอียดของภาพต้นฉบับที่ถูกฝังข้อความลงไปในการเข้ารหัสด้วย เมื่อฝั่งผู้รับได้รับภาพมาก็จะตรวจจับ แล้วก็ถอดรหัส เอาส่วนของรายละเอียดมาเปรียบเทียบกันกับรายละเอียดของภาพที่ได้รับมาว่าตรงกันหรือไม่

ในการนำเอารายละเอียดของภาพมาใช้นั้นไม่ควรนำเอาจากทั้งหมดของภาพ เนื่องจากการฝังจะทำให้ภาพที่ถูกฝังข้อความเกิดการเปลี่ยนแปลง และจะทำให้รายละเอียดเปลี่ยนแปลงไปด้วย ควรเอาจากบางส่วนของภาพ เช่น lowest-frequency component ถ้าหากกระบวนการฝังถูกออกแบบมาให้ไม่เปลี่ยนแปลงส่วนนี้ของภาพก็จะทำให้ signature ยังคงถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

One-way hash คือ อัลกอริทึม ในการแปลงข้อความที่มีความยาวไม่แน่นอนให้กลายมาเป็น ค่า ไบนารี ที่มีความยาวแน่นอน (Hash) และ ค่านี้จะไม่สามารถย้อนกลับไปหาข้อความเริ่มแรกได้

ขั้นตอนในฝั่งผู้ส่ง

1) สร้างรายละเอียดของภาพต้นฉบับ จากส่วนของภาพที่ไม่เปลี่ยนแปลง

2) คำนวณ One-way hash ของ message และรายละเอียด

3) Encrypt hash ด้วย Private key แล้วจะได้ cryptographic signature

4) การฝังส่วนของข้อความและ signature โดยใช้ อัลกอริทึม ที่ไม่ทำให้รายละเอียดของภาพเปลี่ยน

ขั้นตอนในฝั่งผู้รับ

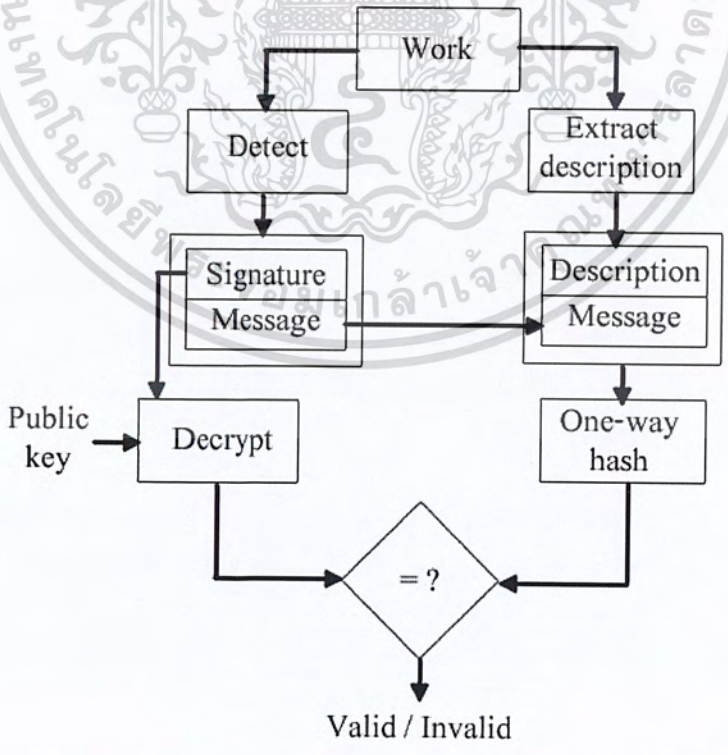
1) ตรวจจับและถอดรหัสลายน้ำก็จะได้ข้อความและ cryptographic signature

2) สร้างรายละเอียดของภาพที่ได้รับมา

3) คำนวณ One-way hash ของ message และรายละเอียดที่ได้จากข้อ 2

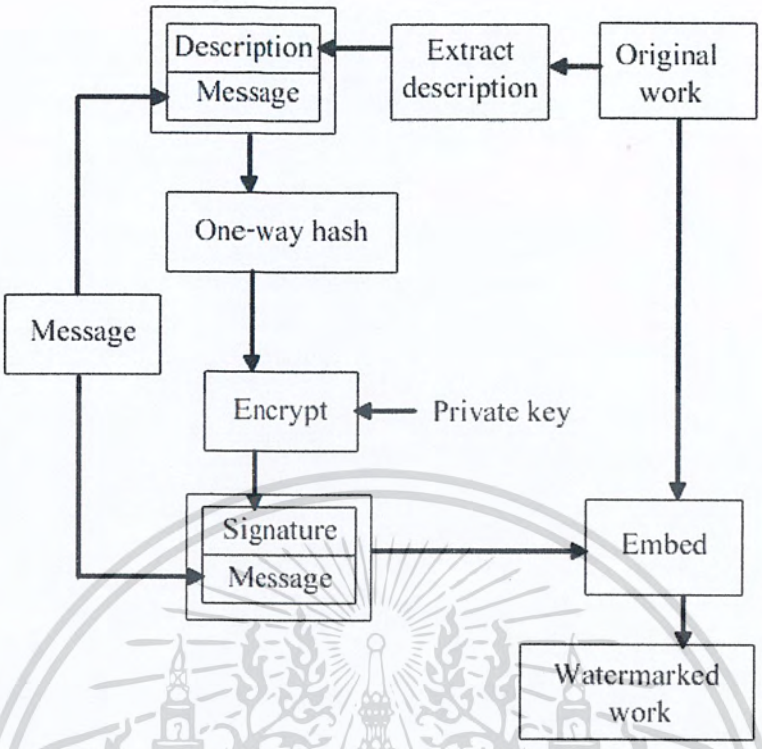
4) ทำการถอดรหัส signature โดยใช้คีย์สาธารณะ

5) เปรียบเทียบ Hash จากข้อ 3 และ ค่าที่ได้จากข้อ 4



รูป 3.15 การป้องกัน Unauthorized Embedding แบบไม่มีการฝังรายละเอียดของฝั่งผู้ส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

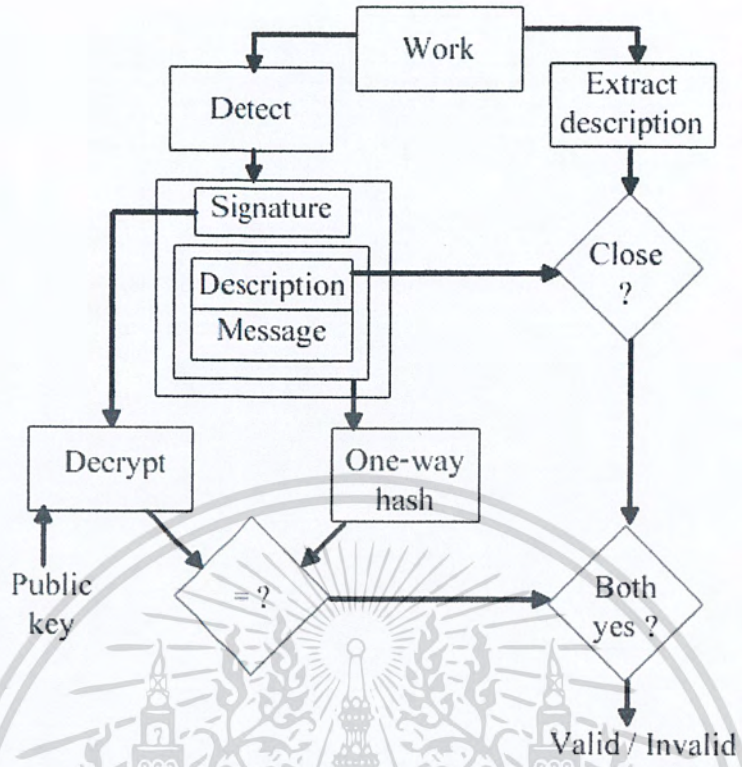


รูป 3.16 การป้องกัน Unauthorized Embedding แบบไม่มีการฝังรายละเอียดของฝั่งผู้รับ

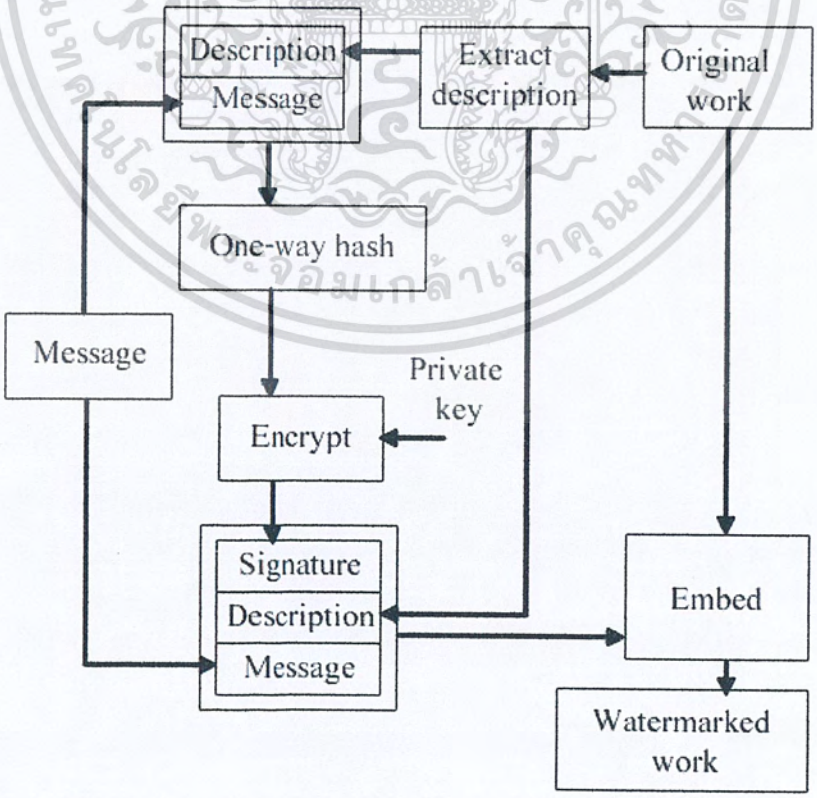
กระบวนการดังรูป 3.15 และรูป 3.16 จะเป็นการยากที่จะให้ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงช่วงระหว่างการฝังและการตรวจจับ เพราะหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของรายละเอียดแม้แต่ บิตเดียว One-way hash ก็เปลี่ยนและ signature ก็จะผิด

เพื่อแก้ไขปัญหานี้ โดยในฝั่งผู้ส่ง นอกจากจะใช้รายละเอียดในการทำ One-way hash แล้ว ยังใช้ในการฝังร่วมกับ signature และข้อความด้วย ดังรูป 3.17 ส่วนในฝั่งผู้รับ จะมีการตรวจสอบว่า ข้อมูลที่ถูก embed มาทั้งหมด (ข้อความและรายละเอียด) ถูกต้องหรือไม่ ด้วยการเปรียบเทียบ signature ที่ทำการถอดรหัส และรายละเอียดกับข้อความที่ทำ One-way hash โดย signature และรายละเอียดกับข้อความได้จากการตรวจจับภาพที่ถูกส่งมา แล้วยังมีการเปรียบเทียบอีกระหว่างรายละเอียดที่ได้จากภาพที่รับมา เทียบกับรายละเอียดที่ได้จากการฝัง เพื่อตรวจว่าภาพที่ได้รับมานั้นมีต้นฉบับแบบเดิมหรือไม่ หากการเปรียบเทียบทั้ง 2 กรณีข้างต้นถูกต้องทั้งคู่ก็แสดงว่าไม่ได้ถูกโจมตี ดังรูป 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.17 การป้องกัน Unauthorized Embedding แบบมีการฝังรายละเอียดของฝั่งผู้ส่ง

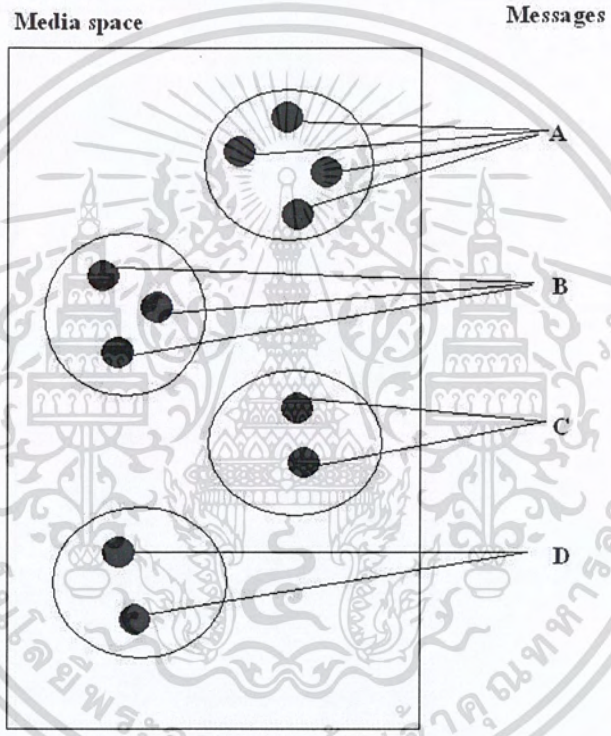


รูป 3.18 การป้องกัน Unauthorized Embedding แบบมีการฝังรายละเอียดของฝั่งผู้รับ

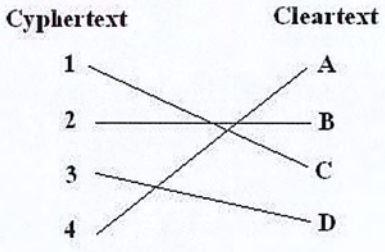
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.3 การป้องกัน Unauthorized Removal

จากวิธี Asymmetric key cryptography ได้มีการนำ Asymmetric key มาใช้กับ Watermarking ทั้งมีข้อแตกต่างโดย Watermarking จะเชื่อมโยงแบบ Many to one คือ ข้อความเดียวอาจถูกฝังไว้ในหลายๆภาพต้นฉบับ ดังนั้น กลุ่มของภาพต้นฉบับที่ฝังข้อความเดียวกันต้องจับมารวมกันเพื่อที่หากมีการเปลี่ยนแปลงภาพที่ฝังลายน้ำเล็กน้อยก็ยังคงสามารถเชื่อมโยงไปยังข้อความได้ถูก ส่วน Cryptography จะเชื่อมโยงระหว่าง Cleartext กับ Ciphertext แบบ One to one โดยวิธีนี้จะป้องกันได้หากผู้โจมตีไม่รู้คีย์ และอัลกอริทึมที่ใช่ตรวจสอบ



รูป 3.19 Watermarking



รูป 3.20 Encryption

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การโจมตีประเภทอื่น

3.2.4.1 การโจมตีเชิงเรขาคณิต (Geometric attack)

1) การตัดภาพ (Cropping) การตัดบางส่วยของภาพออกไปจะมีผลที่ให้บางส่วนของลายน้ำหายไป
2) การย่อขยายภาพ (Scaling) ขนาดของภาพถูกเปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับต้นแบบ ซึ่งจะมีผลกับอัลกอริทึมที่ฝังลายน้ำในตำแหน่งที่ตายตัวซึ่งจะไม่สามารถตรวจหาลายน้ำได้
3) การหมุนภาพ (Rotate)

3.2.4.2 การโจมตีเชิงสัญญาณ เช่น

1) การกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low pass filtering)
2) การกรองค่าเฉลี่ยกลาง (Median filter)
3) การบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG (Joint photographic expert group) ซึ่งเป็นการบีบอัดข้อมูลแบบที่มีการสูญเสียข้อมูลบางอย่างไปโดยที่ไม่สามารถเรียกกลับคืนมาได้ (Lossy Compression) เช่น สีเพี้ยน

3.2.4.3 การโจมตีโดยการเพิ่มสัญญาณรบกวน (Noise) ประเภทต่างๆ

1) Salt & Pepper noise
2) Guassian noise
3) Rayleigh noise
4) Exponantial noise
5) Gamma noise
6) Uniforn noise
7) Impulse noise

3.3 ค่าที่ใช้วัดคุณภาพของภาพ

3.3.1 ค่า Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

ค่าที่ใช้ชี้วัดคุณภาพของภาพที่ใช้ คือ ค่า PSNR (Peak signal to noise ration) ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของรูปภาพดิจิตอล

ค่า PSNR เป็นค่ามาตรฐานที่บ่งบอกถึงคุณภาพที่เปลี่ยนระหว่างรูปภาพสองภาพมาใช้ในการเปรียบเทียบที่สภาวะต่างๆกัน ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า PSNR มีดังสมการ 3.8 และ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$PSNR = 10\log_{10}(\frac{MAX_I^2}{MSE}) \quad (3.8)$$

$$MSE = \frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{j=0}^{n-1}[I(i,j) - K(i,j)]^2 \quad (3.4)$$

M = ความกว้างของภาพ

N = ความสูงของภาพ

I(i, j) = ค่าของพิกเซลที่ตำแหน่ง ของภาพต้นฉบับ

K(i, j) = ค่าของพิกเซลที่ตำแหน่ง ของภาพใหม่

3.3.2 ค่าชี้วัดความเหมือนของภาพลายน้ำ

การหาประสิทธิภาพในการทำลายน้ำ ก็สามารถวัดค่าที่แยกคืนข้อมูลลายน้ำซึ่งจะใช้ความเหมือนเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ซึ่งค่าชี้วัดความเหมือนของสัญญาณลายน้ำต้นแบบ เทียบกับสัญญาณลายน้ำที่ถูกแยกคืนกลับ สามารถที่จะคำนวณได้ด้วยความเกี่ยวเนื่องปกติ (Normalized Correlation : NC) ตามสมการ 3.10

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j p_{ij} p^*_{ij}}{\sum_i \sum_j (p_{ij})^2} \quad (3.10)$$

โดยที่ p_{ij} เป็นจุดภาพตำแหน่ง i และ j ของภาพข้อมูลลายน้ำต้นแบบ

p^*_{ij} เป็นจุดภาพตำแหน่ง i และ j ของภาพข้อมูลลายน้ำที่แยกคืนกลับ

การหาค่าความเหมือนนี้นอกจากจะบ่งบอกถึงความถูกต้องของข้อมูลลายน้ำที่ได้หลังจากการแยกคืนกลับลายน้ำแล้ว เรายังสามารถแสดงถึงความถูกต้องของตำแหน่งที่ใช้ในการฝังข้อมูลลายน้ำในภาพต้นแบบอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การพัฒนาระบบ

4.1 การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบงานหรือซอฟแวร์ ใดๆ ก็ตามก็จะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ หลายๆ ส่วนมาประกอบกัน โครงการแต่ละโครงการก็จะมีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันไปตามขนาด หรือความซับซ้อนของโครงการ วงจรการพัฒนาระบบจะประกอบไปด้วย

1) การกำหนดปัญหา (Problem Definition) หรือ การเลือกสิ่งที่จะนำมาพัฒนาระบบงาน (Project Identification and Selection) นับว่าเป็นขั้นตอนแรกในวงจรของการพัฒนา ขั้นตอนนี้มักจะเกิดขึ้นอย่างเป็นทางการ จากการประชุมของฝ่ายบริหาร เพื่อที่จะค้นหาวิธีการทำงานที่มีประสิทธิภาพ และมุ่งหวังที่จะใช้แทนวิธีการทำงานแบบเดิม ปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือเพื่อสร้างรูปแบบบริการแบบใหม่ เป็นต้น
2) การวิเคราะห์ปัญหา (Analysis) เมื่อผ่านขั้นตอนการการกำหนด หรือเลือกโครงการที่จะทำการพัฒนาแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะต้องนำเอาสิ่งที่ได้จากขั้นตอนแรกมาทำการวิเคราะห์ โดยนักวิเคราะห์ระบบจะต้องทำการ วิเคราะห์ระบบ ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก และไม่ควรทำอย่างรีบเร่ง เนื่องจากโครงการพัฒนาจำนวนมากที่ประสบความล้มเหลวเพราะการวิเคราะห์ และออกแบบที่ไม่ถูกต้อง
3) การออกแบบ (Design) จะเป็นการนำเอาสิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์ มาออกแบบเป็นระบบงานสำหรับการพัฒนาในขั้นตอนถัดไป เช่น การออกแบบ Form , Report, Dialogues, Interface, Files & Database, Program & Process design เป็นต้น
4) การพัฒนาระบบงาน (Development) หรือ การสร้างระบบงานจริง ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่นำเอาสิ่งที่ได้จากการออกแบบระบบมาทำการ Coding หรือ สร้างตัวระบบงานขึ้นมาใช้งานจริง ผู้ที่มีบทบาทสูงในขั้นตอนนี้คือ Programmer นั่นเอง
5) การทดสอบ (Testing) การทดสอบระบบจะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของระบบงานที่ถูกสร้างขึ้นมาว่าตรง ตามกับความต้องการจริงๆ หรือไม่ การทดสอบจะมีด้วยกันหลายระดับ กล่าวคือ
    5.1) การทดสอบในระดับ Module หรือ Unit test เป็นการทดสอบการทำงานโดยแยกเป็นส่วนย่อยๆ ในแต่ละ module
    5.2) การทดสอบ Integrate test จะนำเอา Module ย่อยๆ มาทำการทดสอบการทำงานเป็นกระบวนการร่วมกัน

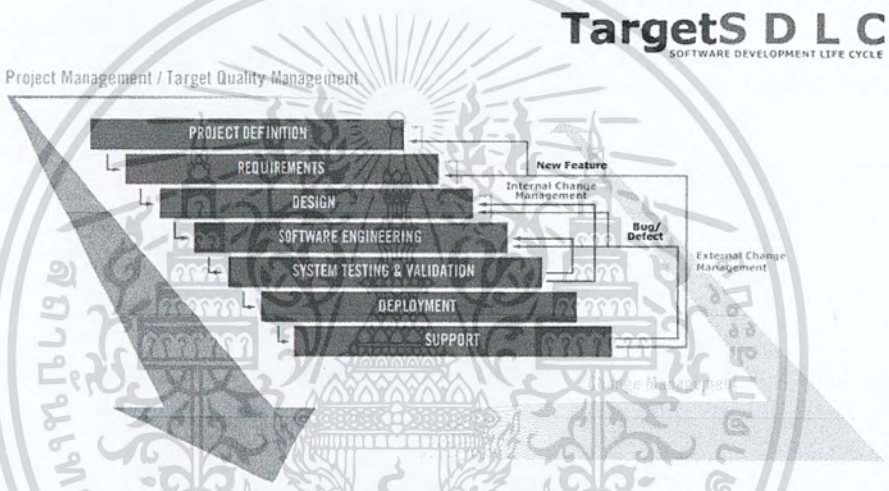
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3) System test การทดสอบโดยนำเอาโปรแกรมย่อยมาทดสอบการทำงานร่วมกันทั้งระบบ

5.4) Acceptance test เป็นการทดสอบขั้นสุดท้าย โดยผู้ใช้ (มี 2 ระดับ Alfa testing using simulated data, Beta testing using real data)

6) การติดตั้ง (Implementation) เช่น การติดตั้งแบบทันทีทันใด (Direct Installation), การติดตั้งแบบขนาน (Parallel Installation), การติดตั้งแบบนำร่อง (Single Location Installation/Pilot Installation), การติดตั้งแบบเป็นช่วงๆ (Phased Installation

7) การบำรุงรักษา (Maintenance) Obtain Maintenance Request, Transforming Request into Change, Designing Change, Implementing Change



รูป 4.1 วงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟแวร์

4.2 การพัฒนาระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล

4.2.1 การกำหนดปัญหา

ส่วนใหญ่โปรแกรมที่สามารถฝังลายน้ำแบบมองเห็นได้ มักจะมาพร้อมกับความสามารถในการปรับแต่งรูปภาพ ซึ่งความสามารถในการฝังลายน้ำเป็นความสามารถหนึ่งของโปรแกรม ต่างกับโปรแกรมฝังลายน้ำแบบ Invisible มักมาเป็นโปรแกรมที่มีคุณสมบัติในการฝังและตรวจจับลายน้ำโดยเฉพาะ ไม่มีความสามารถอื่นๆ เสริมมาด้วย จึงได้ทำการรวมเอาความสามารถของแต่ละแบบเข้าไว้ด้วยกัน คือ เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการฝังลายน้ำได้และมีความสามารถในการปรับแต่งรูปภาพได้

4.2.2 การวิเคราะห์

4.2.2.1 ความต้องการของระบบ

1) ใช้กับมัลติมีเดียประเภทรูปภาพดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) มีความสามารถในการฝังลายน้ำลงไปในทั้งโดเมนพื้นที่และโดเมนความถี่

3) รูปแบบของลายน้ำ เช่น รูปภาพไบนารี , ภาพสี RGB หรือ ข้อความ

4) ความจุของลายน้ำขึ้นอยู่กับแต่ละเทคนิคที่ใช้ฝัง

5) จะต้องตรวจสอบได้ โดยอาจใช้หรือไม่ใช้ภาพต้นฉบับในการเปรียบเทียบ

6) มีความสามารถในการปรับแต่งรูปภาพได้ เช่น การย่อ/ขยาย, การตัด, การหมุน และอื่นๆ

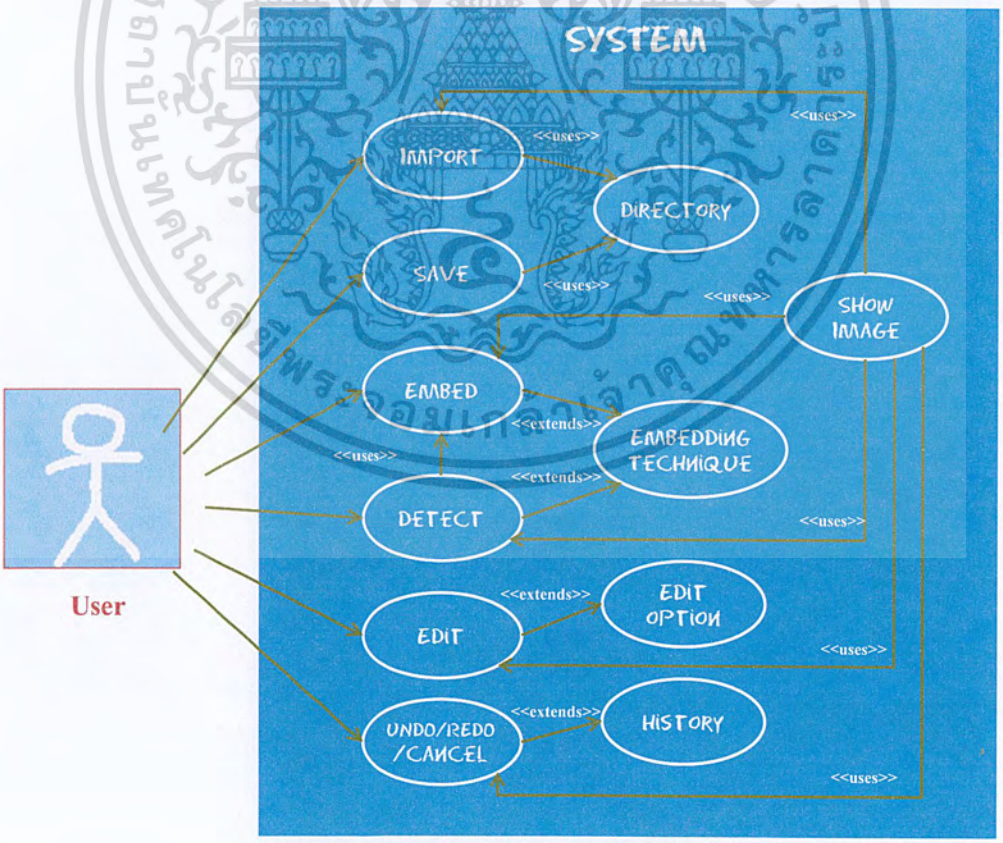
7) มีความทนทานในการโจมตีในรูปแบบของ Geometric Transformation

8) ค่า PSNR ต้องมากกว่า หรือเท่ากับ Commercial Software ที่มีอยู่ในปัจจุบัน หรือเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้

9) มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface) ที่สวยงาม และเหมาะสมในการใช้งาน

10) มีความสามารถในการโหลดและบันทึกข้อมูลจาก Directory ภายในเครื่องได้

4.2.2.2 Use Case Diagram



รูป 4.2 Use Case Diagram ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

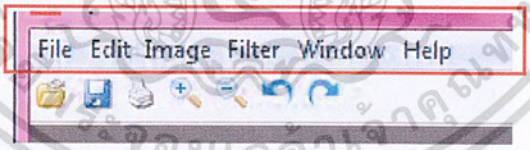
4.2.3 การออกแบบ

4.2.3.1 Graphic User Interface

ระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอลที่ถูกพัฒนาขึ้นมานี้ ถูกออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ คือ

รูป 4.3 หน้าจอโปรแกรมสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล

1) ส่วนเมนูบาร์ (Menu bar) ส่วนของ Menu จะอยู่ด้านบน-ซ้ายของหน้าต่าง



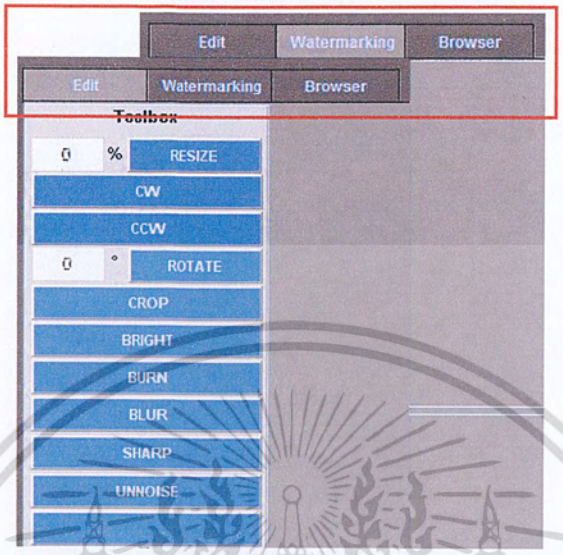
รูป 4.4 เมนูบาร์

2) ส่วนทูลบาร์ (Tool bar) จะอยู่ด้านบน-ซ้ายของหน้าต่าง

รูป 4.5 ทูลบาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ส่วนแท็บ (Tab) อยู่ทางด้านบน-ซ้ายของหน้าต่าง เพื่อเป็นการแบ่งแยกลักษณะการทำงานออกเป็นส่วนๆ



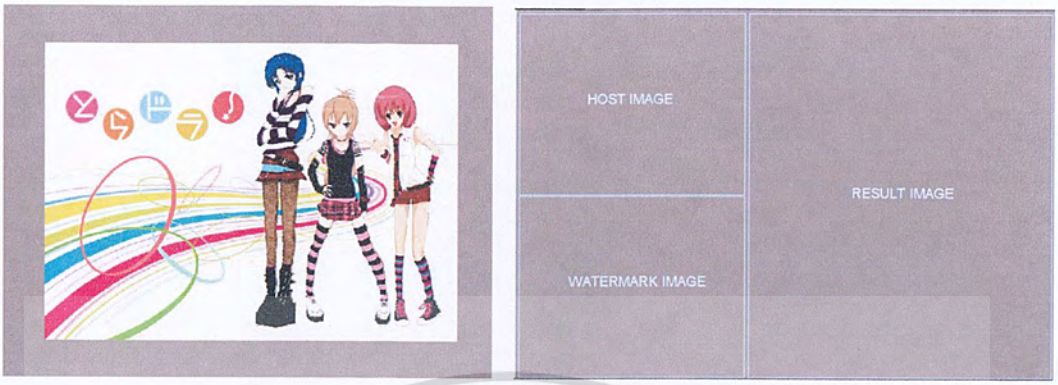
รูป 4.6 แท็บ

4) ส่วนทูลบ็อกซ์ (Tool box) อยู่ทางด้านซ้ายของหน้าต่าง เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน (ไม่ต้องไปกดที่เมนูบาร์)

รูป 4.7 ทูลบ็อกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ส่วนแสดงผลภาพ (Display image) ส่วนแสดงผลจะอยู่ตรงกลางของหน้าต่าง



ก) ข)

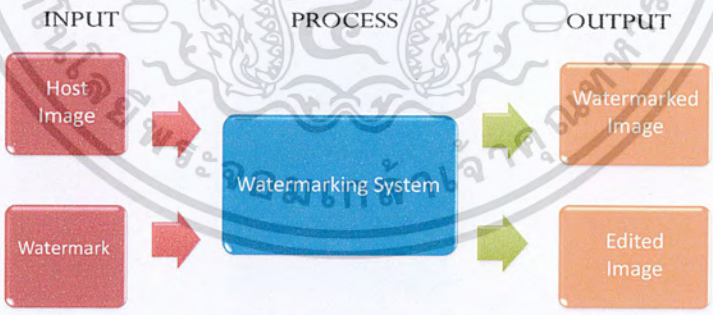
รูป 4.8 แสดงผลภาพ

ก) ส่วนแสดงผลภาพในแท็บการปรับแต่งภาพ

ข) ส่วนแสดงผลภาพในส่วนการทำลายน้ำ

4.2.4 การพัฒนา

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในข้อในข้อ 6.2.1 การพัฒนาระบบสร้างภาพลายน้ำจึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนการสร้างภาพลายน้ำและส่วนการปรับแต่งภาพ



รูป 4.9 อินพุท และเอ้าท์พุทของระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล

ในส่วนของการาร้างภาพลายน้ำดิจิตอล จากการศึกษา, การทดลอง และผลของการทดลองในบทที่ผ่านๆ มา เราสามารถเลือกเทคนิค วิธีการในการสร้างภาพลายน้ำได้ดังนี้โดยแบ่งการสร้างภาพออกเป็น 2 ส่วนคือการฝังภาพลายน้ำลงในโดเมนพื้นที่ และการฝังภาพลายน้ำลงในโดเมนความถี่

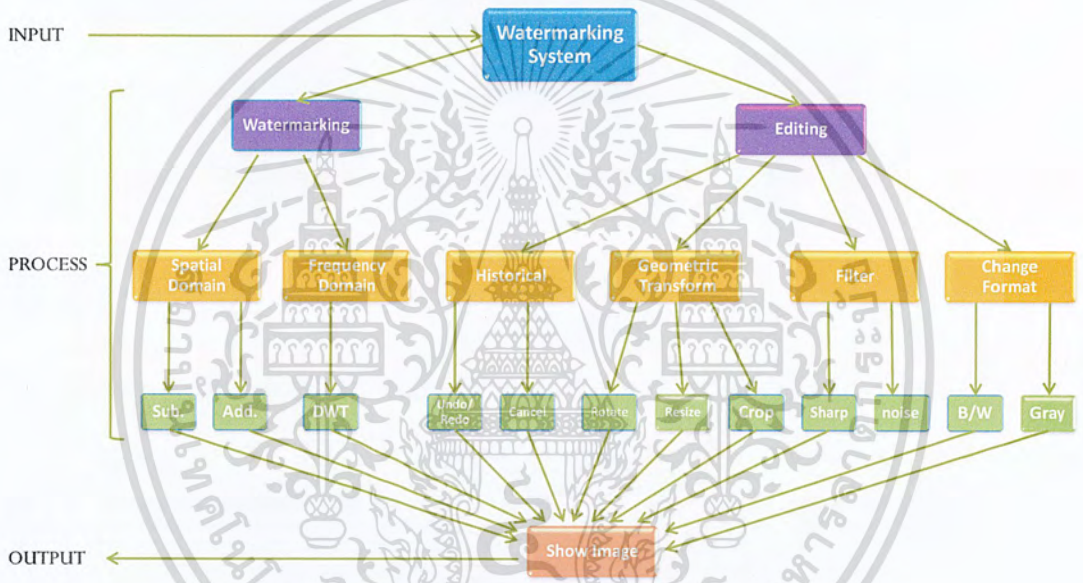
การฝังภาพลายน้ำลงในโดเมนพื้นที่แบ่งออกเป็น 2 เทคนิคคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Substitution Watermarking ซึ่งจะสามารถฝังลายน้ำดิจิตอลได้ทั้งในรูปแบบของตัวอักษรและรูปภาพดิจิตอลภาพ การฝังในส่วนของรูปภาพดิจิตอลจะมีการใช้คีย์เข้ารหัสลายน้ำดิจิตอลเพื่อความปลอดภัยอีกชั้นหนึ่ง

2) Additive Watermarking จะสามารถฝังในรูปแบบของรูปภาพดิจิตอลได้ โดยมีคีย์ในการเข้ารหัสลายน้ำดิจิตอลเพื่อความปลอดภัยอีกชั้นหนึ่ง

ส่วนการฝังภาพลายน้ำลงในโดเมนความถี่จะใช้เทคนิคในการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเล็ทแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ตัวกรองเวฟเล็ตแบบฮาร์ ซึ่งจะสามารถฝังลายน้ำดิจิตอลได้ทั้งในรูปแบบของตัวอักษรและรูปภาพดิจิตอลภาพ



รูป 4.10 ภาพรวมของระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอล

ในส่วนของการปรับแต่งรูปภาพ ได้มีการพัฒนาโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ Geometric Transform, Filter, Change Format และ Historical

1) ในส่วนของ Geometric Transform ระบบสามารถทำการ ปรับขนาด (Resize), หมุน (Rotate), ตัด (Crop) และ พลิก (Flip)

2) ในส่วนของ Filter ระบบสามารถทำการ เบลอ (Blur), ปรับความคมชัด (Sharp), เพิ่มสัญญาณรบกวน (Noise), ลบสัญญาณรบกวน (Unnoise), ปรับความสว่าง(Brightness), ปรับภาพให้เสมอกัน (Equalization)

3) ในส่วนของเปลี่ยนฟอร์แมทระบบสามารถทำการเปลี่ยนฟอร์แมทของภาพได้โดยมีฟอร์แมทของภาพดังนี้ RGB Color, Index Color, Gray Sacal และ Black and White

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ในส่วนของ Historical ระบบสามารถทำการ ย้อนกลับ (Undo), ทำใหม่ (Redo), ยกเลิก (Cancel)

4.2.5 การทดสอบ

4.2.5.1 ทดสอบอินพุทเอาท์พุท

1) อินพุทที่สามารถนำเข้าระบบได้ คือ RGB image, PNG image, BMP image และ Text

2) เอาท์พุทที่ออกระบบได้ คือ BMP image และ Text

4.2.5.2 ทดสอบช่วงหรือขนาดของข้อมูล

1) ขนาดของภาพที่สามารถฝังได้เท่ากับขนาดของภาพที่โหลดเข้ามาในระบบ

2) ความยาวตัวอักษรที่สามารถฝังในโดเมนพื้นที่แบบไม่สามารถมองเห็นได้ คือ 0-63 ตัวอักษร

3) ความยาวตัวอักษรที่สามารถฝังได้ในโดเมนความถี่ คือ ครึ่งหนึ่งของความสูงของภาพต้นฉบับ ลบออกด้วยหนึ่ง ((1/2 x ความสูงภาพ)-1)

4) ความยาวของคีย์ที่ใช้ในการเข้ารหัส คือ ประมาณหนึ่งแสนตัวอักษร

5) ขนาดของลายน้ำที่ถอดออกมาจากการฝังลายน้ำในโดเมนพื้นที่มีขนาดเท่ากับรูปภาพลายน้ำที่ฝัง หรือขนาดเท่ากับภาพต้นฉบับ

6) ขนาดของลายน้ำที่ถอดออกมาจากการฝังลายน้ำในโดเมนความถี่มีขนาดเท่ากับ 1 ใน 4 ของรูปภาพต้นฉบับ

4.2.5.3 ทดสอบฟังก์ชันการทำงาน

1) สามารถฝังลายน้ำชนิดข้อความ ลงในโดเมนพื้นที่แบบสามารถมองเห็นได้

2) สามารถฝังลายน้ำชนิดรูปภาพ ลงในโดเมนพื้นที่แบบสามารถมองเห็นได้

3) สามารถฝังลายน้ำชนิดข้อความ ลงในโดเมนพื้นที่แบบไม่สามารถมองเห็นได้

4) สามารถฝังลายน้ำชนิดรูปภาพ ลงในโดเมนพื้นที่แบบไม่สามารถมองเห็นได้

5) สามารถฝังลายน้ำชนิดข้อความ ลงในโดเมนความถี่แบบไม่สามารถมองเห็นได้

6) สามารถฝังลายน้ำชนิดรูปภาพ ลงในโดเมนความถี่แบบไม่สามารถมองเห็นได้

7) สามารถแก้ไขรูปภาพได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1) ในส่วนของ Geometric Transform สามารถทำการปรับขนาด (Resize), หมุน (Rotate), ตัด (Crop) และ พลิก (Flip)

7.2) ในส่วนของ Filter สามารถทำการ เบลอ (Blur), ปรับความคมชัด (Sharp), เพิ่มสัญญาณรบกวน (Noise), ลบสัญญาณรบกวน (Unnoise), ปรับความสว่าง(Brightness), ปรับภาพให้เสมอกัน (Equalization)

7.3) ในส่วนของ Change Format ระบบสามารถทำการเปลี่ยนฟอร์แมทของภาพได้โดยมีฟอร์แมทของภาพดังนี้ RGB Color, Index Color, Gray Scale และ Black and White

7.4) ในส่วนของ Historical ระบบสามารถทำการ ย้อนกลับ (Undo), ทำใหม่ (Redo), แคนเซิล (Cancel)

4.2.6 การบำรุงรักษา

ทำการบำรุงรักษาระบบเมื่อระบบหรือผู้ใช้ระบบมีต้องความต้องการเพิ่มเติม เช่น มีการเปลี่ยนแปลงความต้องการของระบบหรือของผู้ใช้ มีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบหรือมีการเปลี่ยนแปลงการอิมพลีเม้นท์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทำลายน้ำดิจิตอล

5.1 บทนำ

การทำภาพลายน้ำดิจิตอลนั้นเป็นวิธีการแอบแทรกข้อมูล เช่น ข้อความสงวนสิทธิ์ หรือข้อความเพื่อใช้ในตรวจสอบ ลงบนเอกสารดิจิตอล ต่างๆ เช่น เสียง ภาพ ภาพยนตร์ เอกสารข้อความ ข้อมูลที่แทรกลงไปนี้จะอยู่ในรูปบิตเพื่อใช้แทนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเอกสาร รวมถึงแหล่งที่มาของเอกสาร โดยจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ ลายน้ำดิจิตอลในเชิงระนาบ (Spatial domain watermarking) และลายน้ำดิจิตอลในเชิงความถี่ (Frequency domain watermarking)

5.2 ลายน้ำดิจิตอลในเชิงระนาบ (Spatial Domain Watermarking)

ในโดเมนเชิงพื้นที่เราสามารถแทนภาพด้วย f(x,y) เมื่อ x และ y คือ ระยะทางในแนวแกนตั้งและแกนนอน โดยจะทำการฝังหรือแทรกข้อมูลภาพลายน้ำเข้ากับภาพต้นฉบับโดยจะทำการฝังภาพลายน้ำเข้ากับบิทข้อมูลของภาพต้นฉบับโดยตรงโดยจะแบ่งเป็น 2 แบบคือ Substitution watermarking และAdditive watermarking

5.2.1 การฝังลายน้ำดิจิตอลโดยใช้เทคนิค Substitution Watermarking

ในการฝังภาพลายน้ำในส่วนของ Substitution watermarking นั้นจะใช้เทคนิคการแทนที่บิตข้อมูลของภาพต้นฉบับด้วยบิตข้อมูลของภาพลายน้ำ โดยจะใช้ภาพลายน้ำที่เป็นข้อมูลแบบไบนารี และทำการฝังภาพลายน้ำลงในช่องสัญญาณสีฟ้าของภาพต้นฉบับ โดยจะทำการฝังข้อมูลลงในบิตใด บิตหนึ่ง ของข้อมูลภาพต้นฉบับในแต่ละจุดจนครบทั้งภาพ ซึ่งถ้าหากทำการฝังภาพลายน้ำลงในบิตข้อมูลต่ำๆจะทำให้ได้ภาพที่มีคุณภาพออกมาดีสามารถมองเห็น หรือ ตรวจพบได้น้อย แต่มีความคงทนของภาพลายน้ำที่ไม่ดีนัก และถ้าหากทำการฝังภาพลายน้ำลงในบิตข้อมูลสูงๆ นั้นจะทำให้ภาพที่ได้นั้นมีคุณภาพไม่ดีนักสามารถมองเห็นหรือตรวจพบได้ง่าย แต่ความคงทนของภาพลายน้ำนั้นจะมีสูงขึ้น โดยก่อนที่จะนำภาพลายน้ำนั้นมาฝังลงยังภาพต้นฉบับที่ต้องการจะทำการเข้ารหัสข้อมูลก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้อื่นที่ไม่ต้องการค้นพบข้อมูล หลังจากนั้นจะทำการอ่านข้อมูลข้องภาพต้นฉบับมาหนึ่งบิต และข้อมูลของภาพลายน้ำมาอีกหนึ่งบิตและทำการแทนที่ภาพลายน้ำลงในบิตที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการฝังภาพลายน้ำลงในบิตที่สามของภาพต้นฉบับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1100 0010 + 1 = 1100 0110

1010 0011 + 0 = 1010 0011

1011 1111 + 0 = 1011 1011

นอกจากการฝังภาพลายน้ำลงในภาพต้นฉบับแล้วการฝังภาพลายน้ำด้วยวิธี Substitution watermarking นั้นในโครงงานครั้งนี้จะใช้วิธีนี้กับการฝังข้อมูลตัวหนังสือลงในภาพต้นฉบับอีกด้วย โดยจะทำการแปลงข้อมูลตัวหนังสือที่ต้องการฝังลงในภาพต้นฉบับนั้นให้เป็นข้อมูลแบบไบนารีร่วมกับข้อมูลขนาดความยาวของ ข้อมูลตัวหนังสือที่ต้องการฝังลงในภาพต้นฉบับหลังจากนั้นจะทำการฝังข้อมูลลงในภาพต้นฉบับ โดยจะทำการฝังข้อมูลทั้งหมดกระจายไปทั่วทั้งภาพ โดยจะทำการฝังข้อมูลแต่ละบิตข้อมูลของข้อมูลตัวหนังสือลงในแต่ละจุดข้องภาพต้นฉบับ โดยจะเริ่มด้วยขนาดความยาวของข้อมูลตัวหนังสือตามด้วยข้อมูลตัวหนังสือ ส่วนการตรวจสอบนั้นจะทำการค้นหาในแต่ละบิตข้อมูลที่ทำการฝังภาพลายน้ำเพื่อค้นหาขนาดความยาวของข้อมูลตัวหนังสือก่อน หลังจากนั้นจึงค้นหาข้อมูลตัวหนังสือต่อไป เช่นถ้าต้องการฝังข้อมูลตัวหนังสือ “KMITL” ลงในภาพบิตที่ 3 จะได้ว่า

ความยาวของตัวอักษร (5)	=	0000 0101
K	=	0110 1011
M	=	0110 1101
I	=	0110 1001
T	=	0111 0100
L	=	0110 1100

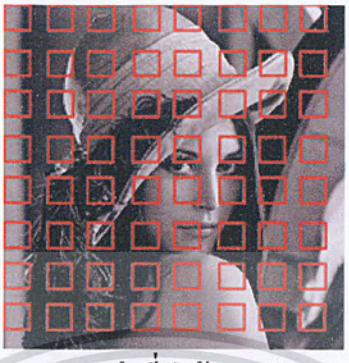
หลังจากนั้นจะทำการฝังลงในแต่ละบิตข้อมูลของภาพต้นฉบับ ยกตัวอย่างการฝังข้อมูลความยาวของตัวอักษร (5)

0001 0000 + 0	=	0001 0000
0001 0100 + 0	=	0001 0000
0101 0110 + 0	=	0101 0010
0101 0111 + 0	=	0101 0011
1001 1110 + 0	=	1001 1010
1001 0110 + 1	=	1001 0110
1101 0100 + 0	=	1101 0000
0001 1100 + 1	=	0001 1100

จากนั้นทำการฝังกระจายไปทั่วทั้งภาพต้นฉบับทั้งหมด และในส่วนของการค้นหาข้อมูลตัวหนังสือกลับมานั้นจะทำการค้นหาบิตข้อมูลในแต่ละบิตที่กระจายอยู่ทั่วทั้งภาพและทำการเฉลี่ยข้อมูลที่ค้นหาได้นั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลหนึ่งบิต หลังจากทำการค้นหาความยาวของตัวอักษรได้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นจึงทำการค้นหา ข้อมูลตัวหนังสือโดยใช้จ้อมูลของความยาวนั้นบอกถึงขอบเขตในการค้นหาข้อมูล



รูป 5.1 ตำแหน่งที่ฝังข้อมูลตัวหนังสือ

5.2.2 การฝังลายน้ำดิจิตอลโดยใช้เทคนิค Additive Watermarking

นอกจากวิธีการฝังภาพลายน้ำแบบ Substitution watermarking แล้วนั้นในโครงงานครั้งนี้จะใช้วิธีการฝังอีกรูปแบบหนึ่งคือ Additive watermarking โดยจะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าของบิตข้อมูลของภาพต้นฉบับโดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์โดยการฝังด้วยวิธีการฝังแบบ Additive watermarking นั้นจะได้ภาพที่ออกมานั้นมีคุณภาพที่ดี และสามารถกำหนดจุดที่จะทำการฝังได้โดยถ้าทำการฝังไปยังจุดที่สำคัญต่อรูปภาพ เช่น บริเวณหน้า จะทำให้ยากแก่การโจมตีมากขึ้นเนื่องจากจะไม่สามารถทำลาย ตัด หรือ ลบส่วนที่ทำการฝังภาพลายน้ำได้เนื่องจากเป็นจุดที่สำคัญ

โดยวิธีการฝังนั้นจะทำการอ่านค่าจากภาพลายน้ำและทำการคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การคูณหลังจากนั้นจึงทำการเพิ่มเข้ากับข้อมูลของภาพต้นฉบับ และจะใช้ภาพต้นฉบับเพื่อใช้ในการค้นหาภาพลายน้ำ เนื่องจากเราไม่รู้ตำแหน่งขอภาพลายน้ำที่แน่นอน จึงจำเป็นต้องใช้ภาพต้นฉบับในการอ้างอิง แต่ด้วยเทคนิคการฝังภาพลายน้ำแบบ Additive watermarking นั้นมีค่าความคงทนที่น้อยสามารถถูกทำลายภาพลายน้ำได้ง่าย ด้วยเหตุนี้เทคนิคแบบ Additive watermarking นั้นจึงเหมาะกับภาพที่ต้องการรายละเอียดมาก เช่นภาพทางการแพทย์ เช่น ถ้าเราทำการฝังภาพลายน้ำไว้แต่เมื่อจะทำการถอดภาพลายน้ำแล้วภาพลายน้ำมีการเสียหายทำให้สามารถรู้ได้ว่าภาพที่ได้มานั้นมีการถูกโจมตี หรือ มีการแก้ไขมาก่อน เช่น ทำการฝังข้อมูลภาพลายน้ำโดยใช้ ค่าสัมประสิทธิ์การคูณที่ 16

$$1100\ 0010 + (1 * 16) = 1101\ 0010$$

$$1010\ 0011 + (1 * 16) = 1011\ 0011$$

$$1011\ 1111 + (1 * 16) = 1100\ 1111$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 5.2 ตัวอย่างการฝังภาพลายน้ำแบบ Additive watermarking

5.2.3 การถอดลายน้ำดิจิตอลจากการใช้เทคนิค Substitution watermarking

ในการถอดภาพลายน้ำของวิธี Substitution watermarking นั้นจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของบิตข้อมูลที่ทำการฝังภาพลายน้ำไว้เพื่อทำการค้นหาข้อมูลภาพลายน้ำนั้นออกมาโดยจะทำการค้นหาในแต่ละจุดของภาพที่ทำการฝังภาพลายน้ำมาแล้วทีละจุดและนำข้อมูลที่ค้นหามาได้นั้นมาสร้างภาพลายน้ำขึ้นมาใหม่ เช่น การถอดภาพลายน้ำที่ทำการฝังข้อมูลในบิตที่ 3

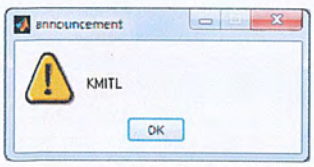
1100 0010 = 0

1010 0011 = 0

1011 1111 = 1

รูป 5.3 ตัวอย่างการถอดภาพลายน้ำแบบ Substitution watermarking

ส่วนวิธีการค้นหาภาพลายน้ำที่ทำการฝังข้อมูลตัวหนังสือนั้นจะใช้วิธีคล้ายกับการค้นหาภาพลายน้ำแต่จะทำการค้นขนาดความยาวของตัวอักษรก่อนเพื่อเป็นการบอกขอบเขตของการค้นหาภาพลายน้ำโดยจะทำการหาบิตข้อมูลในแต่ละจุดของภาพที่ถูกฝังภาพลายน้ำมาแล้วนั้นทีละจุดที่กระจายอยู่ทั่วทั้งภาพและนำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการเฉลี่ยกันเพื่อให้ได้ข้อมูลมาหนึ่งบิต หลังจากนั้นทำการค้นหาไปเรื่อยๆ จนครบทั้ง 8 บิตเพื่อให้ได้ข้อมูลตัวอักษร 1 ตัว เช่น ต้องการค้นหาภาพลายน้ำที่ฝังในบิตที่ 3



รูป 5.4 ตัวอย่างการถอดข้อมูลตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0001 0000 = 0

0001 0000 = 0

0101 0010 = 0

0101 0011 = 0

1001 1010 = 0

1001 0110 = 1

1101 0000 = 0

0001 1100 = 1

จากข้อมูลที่ได้คือ “0000 0101” คือ ได้ขาดความยาว 5 ตัวอักษรหลังจากได้ขนาดความยาวมาแล้วนั้นจะใช้เป็นขอบเขตในการค้นหาข้อมูลตัวอักษรต่อไป หลังจากค้นหาข้อมูลได้ 8 บิตต่อไปแล้วจึงทำการแปลงค่าจากข้อมูลไบนารี เป็น ตัวอักษรอีกครั้ง เช่น ถ้าสามารถค้นหาข้อมูลได้ “01101011” จึงทำการแปลงกลับเป็นตัวอักษรคือตัว “K”

5.2.4 การถอดลายน้ำดิจิตอลจากการใช้เทคนิค Additive watermarking

ในการถอดภาพลายน้ำในส่วนของ Additive watermarking นั้นจำเป็นต้องใช้ภาพต้นฉบับเป็นตัวอ้างอิงในการค้นหาภาพลายน้ำเนื่องจากการฝังภาพลายน้ำแบบ Additive watermarking นั้นไม่สามารถรู้ได้ว่าภาพลายน้ำที่ฝังไว้นั้นอยู่ในตำแหน่งใดทำให้ไม่สามารถค้นหาภาพลายน้ำได้ จึงจำเป็นต้องใช้ภาพต้นฉบับเป็นตัวอ้างอิงในการค้นหาข้อมูลภาพลายน้ำ โดยจะทำการอ่านข้อมูลของภาพต้นฉบับและภาพที่ทำการฝังภาพลายน้ำมาทีละบิตหลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกันถ้าบิตข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปแสดงว่าจุดนั้นมีข้อมูลภาพลายน้ำฝังอยู่ ถ้าจุดใดไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่าจุดนั้นไม่มีข้อมูลภาพลายน้ำอยู่

รูป 5.5 ตัวอย่างการถอดภาพลายน้ำแบบ Additive watermarking

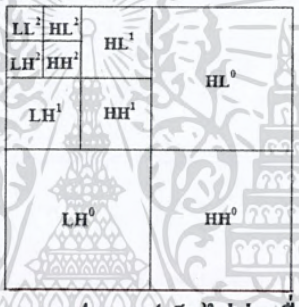
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ลายน้ำดิจิตอลในเชิงความถี่ (Frequency-Domain Watermarking)

5.3.1 ลายน้ำที่เป็นรูปภาพ

5.3.1.1 วิธีการฝังลายน้ำ

ในกระบวนการฝังลายน้ำดิจิตอลเริ่มจากนำภาพต้นฉบับที่จะทำการฝังลายน้ำดิจิตอล มาทำการแปลงเวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ตัวกรองเวฟเล็ต (Filter blank) แบบฮาร์ ซึ่งในแต่ละระดับของการแปลงเวฟเล็ต จะประกอบด้วยเมทริกซ์ย่อย 4 เมทริก ได้แก่ เมทริกที่มีการบีบอัดของภาพ 1 เมทริก และเมทริกที่เป็นส่วนของรายละเอียดภาพ 3 เมทริก โดยกำหนดให้ s^r คือภาพการแปลงเวฟเล็ตระดับที่ r และตำแหน่ง s โดยที่ r คือระดับของการแปลงเวฟเล็ตประกอบด้วย 0, 1, 2, 3 ระดับและ s คือตำแหน่งของการแปลงเวฟเล็ตประกอบด้วยแบนย่อยของการแปลงเวฟเล็ตคือ LL, LH, HL, HH แสดงดังรูป 5.6



รูป 5.6 ภาพการแปลงเวฟเล็ตไม่ต่อเนื่อง 4 ระดับ

ลายน้ำดิจิตอล (Digital watermark) จะถูกฝังโดยรวมเข้ากับสัมประสิทธิ์นัยสำคัญของการแปลงเวฟเล็ตภาพต้นฉบับในระดับที่เลือก ในตำแหน่ง HL และ LH โดยไม่เลือกตำแหน่ง LLและ HH เนื่องจาก ตำแหน่ง LL มีข้อมูลลายละเอียดส่วนใหญ่ของภาพอยู่ ส่วนตำแหน่ง HH จะไม่ค่อยทนต่อการโจมตี โดยการฝังลายน้ำเป็นดังสมการ 5.1

$$V_i' = V_i + \alpha X_i \qquad (5.1)$$

โดยที่ V_i คือค่าสัมประสิทธิ์การแปลงเวฟเล็ตของภาพต้นฉบับ

V_i' คือค่าสัมประสิทธิ์การแปลงเวฟเล็ตของภาพที่ฝังลายน้ำแล้ว

X คือลายน้ำดิจิตอล

α คือ ค่าความคงทนของลายน้ำ

หลังจากการรวมลายน้ำเข้ากับสัมประสิทธิ์ของการแปลงเวฟเล็ตแล้ว จากนั้นนำภาพมาทำการแปลงเวฟเล็ตกลับ (Inverse wavelet transform) จะได้ภาพที่ฝังลายน้ำเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในภาพสี RGB จะฝังในส่วนที่เป็นสีน้ำเงิน เนื่องจากระบบประสาทการมองเห็นของมนุษย์มีความไวต่อสีน้ำเงินน้อย

5.3.1.2 การตรวจสอบลายน้ำดิจิตอล

สำหรับขั้นตอนการตรวจสอบหรือนำลายน้ำดิจิตอลกลับคืนมาจำเป็นต้องใช้ภาพต้นฉบับ (Non-blind watermark) โดยทำการแปลงเวฟเล็ตภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกฝังลายน้ำ จากนั้นนำสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในแบนย่อย HL และ LH ของทั้งภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกฝังลายน้ำมาลบกัน แล้วจึงหาค่าเฉลี่ยของลายน้ำที่ถอดได้จากทั้งสองแบนออกมาดังสมการ 5.2

$$\frac{V_i' - V_i}{\alpha} = X_i \qquad (5.2)$$

โดยที่ V_i คือค่าสัมประสิทธิ์การแปลงเวฟเล็ตของภาพต้นฉบับ

V_i' คือค่าสัมประสิทธิ์การแปลงเวฟเล็ตของภาพที่ฝังลายน้ำแล้ว

X คือลายน้ำดิจิตอล

α คือ ค่าความคงทนของลายน้ำ

5.3.2 ลายน้ำที่เป็นรูปภาพ

5.3.2.1 การฝังลายน้ำที่เป็นตัวอักษร

กระบวนการฝังลายน้ำจะคล้ายกับการฝังลายน้ำที่เป็นรูปภาพ เริ่มโดยนำภาพต้นฉบับ มาทำการแปลงเวฟเล็ตแบบไม่ต่อเนื่องก่อน จากนั้นก็นำตัวอักษรที่ต้องการจะฝังมาทำการแปลงเป็นไบนารีขนาด 8 บิต และทำการนับจำนวนตัวอักษรที่ต้องการฝังแล้วแปลงเป็นไบนารีเช่นกัน ดังรูป 5.7

5 ⇨ 00000101

(ก)

K ⇨ 01001011
M ⇨ 01001101
I ⇨ 01001001
T ⇨ 01010100
L ⇨ 01001100

(ข)

รูป 5.7 การแปลงไบนารี่

ก) แปลงจำนวนตัวอักษรที่ฝังเป็นไบนารี

ข) แปลงตัวอักษรที่ฝังเป็นไบนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำตัวอักษรพร้อมทั้งจำนวนตัวอักษรที่แปลงเป็นไบนารีแล้วทำการฝังลงในสับแบน HL และ LH ด้วยสมการ 5.1

5.3.2.2 การถอดลายน้ำที่เป็นตัวอักษร

ใช้ภาพต้นฉบับ (Non blind watermark) โดยทำการแปลงเวฟเล็ตภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกฝังลายน้ำ จากนั้นนำสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในแบนย่อย HL และ LH ของทั้งภาพต้นฉบับและภาพที่ถูกฝังลายน้ำมาลบกัน จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยของลายน้ำที่ถอดได้จากทั้งสองแบนออกมาดังสมการ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดลองและสรุปผลการทดลอง

6.1 การทดลอง

ในการจะสร้างระบบสร้างภาพลายน้ำดิจิตอลขึ้นมานั้น จะต้องทำการทดลองเพื่อค้นหาผลของการทดลองของแต่ละเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ หรือสามารถยอมรับได้ เพื่อสามารถนำข้อสรุปจากการทดลองดังกล่าวไปทำการพัฒนาระบบขึ้นมาได้จริง ซึ่งในการทดลองที่จะกล่าวต่อไปนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของโดเมนพื้นที่ และส่วนของโดนเมนความถี่ โดยจะใช้รูปภาพดังต่อไปนี้ในการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้ รูปต้นฉบับ 6 รูป แบ่งเป็นภาพ Grayscale 3 รูป และ RGB 3 รูป ขนาด 512x512 พิกเซล ได้แก่

1) รูป Pepper แบบ RGB ดังรูป 6.1 ก)

2) รูป Pepper แบบ Grayscale ดังรูป 6.1 ข)

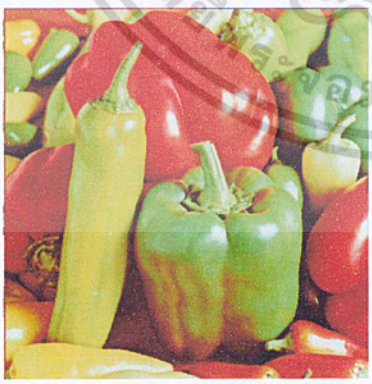
3) Baboon แบบ RGB ดังรูป 6.2 ก)

4) Baboon แบบ Grayscale ดังรูป 6.2 ข)

5) Lenna แบบ RGB ดังรูป 6.3 ก)

6) Lenna แบบ Grayscale ดังรูป 6.3 ข)

และใช้รูปลายน้ำ KMITL ขนาด 128x128 พิกเซล ดังรูป 6.4



ก)

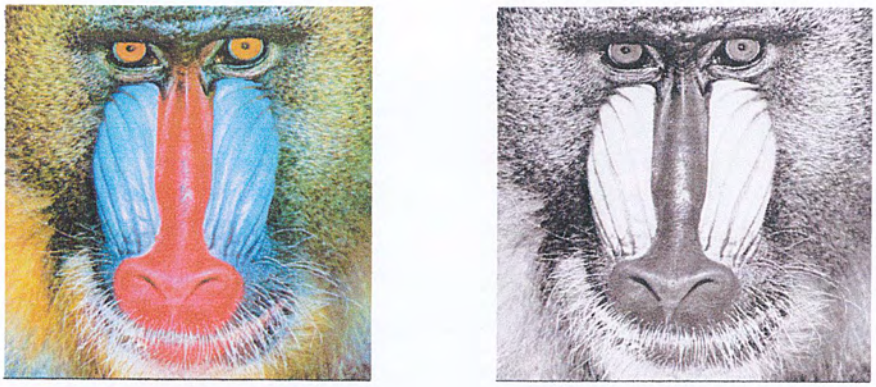
ข)

รูป 6.1 Pepper

ก) รูปPepper แบบ RGB

ข) Pepper แบบ Grayscale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) ข)

รูป 6.2 Baboon

ก) Baboon แบบ RGB

ข) Baboon แบบ Grayscale

ก) ข)

รูป 6.3 Lenna

ก) Lenna แบบ RGB

ข) Lenna แบบ Grayscale

รูป 6.4 ลายน้ำ KMITL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.1 การทดลองในโดเมนพื้นที่

1) ทำการทดลองโดยการฝังแบบ Substitution watermarking ลงในบิตที่ 3, 5, 7 แล้วทำการวัดค่า PSNR ที่ได้

2) ทำการทดลองโดยการฝังแบบ Additive watermarking ที่สัมประสิทธ์การคูณ (a) ที่ 5, 10, 20 แล้วทำการวัดค่า PSNR ที่ได้

3) ทำการโจมตีรูปภาพที่ถูกฝังลายน้ำดังข้อที่ 1) และ 2) โดยใช้การโจมตีแบบ Crop และ Salt&Pepper Noise ที่ความแรง 0.1 และ การบีบอัดภาพแบบ JPEG แล้วทำการวัดค่า Normalized Correlation ที่ได้

4) รวบรวมข้อมูลเป็นตารางและสรุปผลการทดลอง

6.1.2 การทดลองในโดเมนความถี่

การทดลองจะทำการฝังลายน้ำขนาด 128x128 พิกเซล ลงในภาพต้นฉบับที่มีการแบ่งเวฟเล็ต 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1,2 และ 3 โดยจะแบ่งการฝังได้เป็น 5 แบบได้แก่

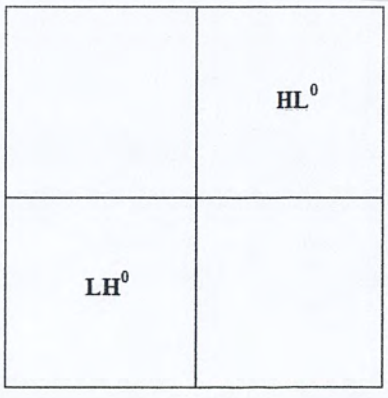
1) แบบที่ 1 ทำการฝังลงในตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 1 ระดับ ดังรูป 5 (ก)

2) แบบที่ 2 ทำการฝังลงในตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 2 ระดับ ดังรูป 5 (ข)

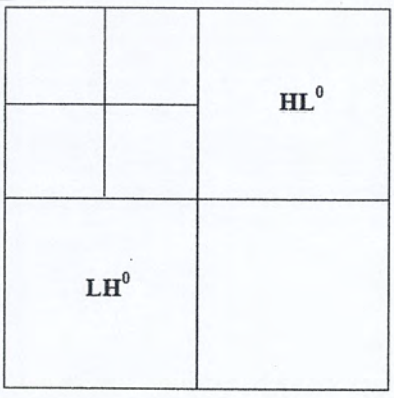
3) แบบที่ 3 ทำการฝังลงในตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 2 ระดับ ดังรูป 5 (ค)

4) แบบที่ 4 ทำการฝังลงในตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 3 ระดับ ดังรูป 5 (ง)

5) แบบที่ 5 ทำการฝังลงในตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 3 ระดับ ดังรูป 5 (จ)

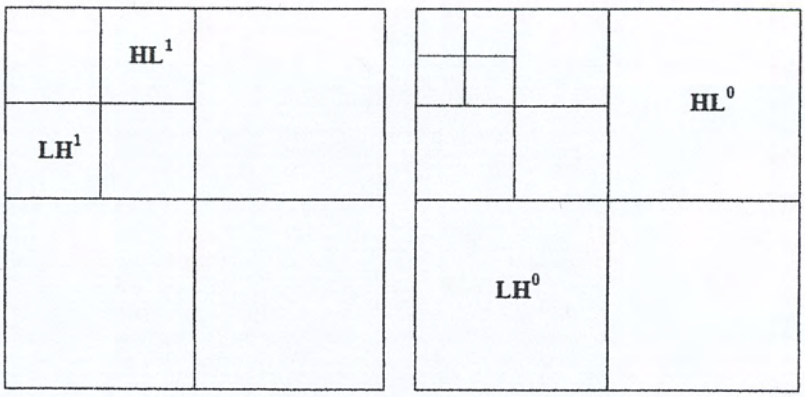


ก)

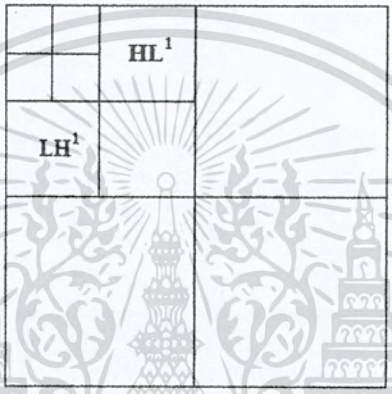


ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค)　　ง)



จ)

รูป 6.5 การฝังภาพลายน้ำลงในตำแหน่งและระดับการแบ่งเวฟเล็ตต่างๆ

ก) การฝังลงในตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 1 ระดับ

ข) การฝังลงในตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 2 ระดับ

ค) การฝังลงในตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 2 ระดับ

ง) การฝังลงในตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 3 ระดับ

จ) การฝังลงในตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 3 ระดับ

โดยแต่ละแบบจะการเปลี่ยนแปลงค่าความคงทนของลายน้ำเป็นหลายๆค่าแล้ววัดค่า PSNR ออกมา

6.2 ผลการทดลอง

6.2.1 ผลการทดลองในโดเมนพื้นที่

จากการทดลองในข้อ 6.1.1 ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.1 ผลการวัดค่า PSNR ของการฝังแบบ Substitution ที่ bit ที่ 3, 5, 7 และการฝังแบบ Additive ที่สัมประสิทธ์การคูณ(a) ที่ 5, 10, 20

ภาพ	Substitution			Additive		
	bit 3	bit 5	bit 7	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 5	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 10	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 20
Pepper RGB	37.87	26.80	14.52	41.13	36.11	29.09
Pepper Grayscale	33.32	20.58	8.50	51.52	46.50	39.48
Baboon RGB	37.82	26.77	14.06	41.13	36.12	29.14
Baboon Grayscale	33.18	21.60	8.00	51.52	46.50	39.48
Lenna RGB	38.43	26.61	14.79	40.99	34.97	28.95
Lenna Grayscale	33.28	20.74	6.84	51.52	46.50	39.48

ตาราง 6.2 ผลการวัดค่า Normalized Correlation ของการฝังแบบ Substitution ที่ bit ที่ 3, 5, 7 และการฝังแบบ Additive ที่สัมประสิทธ์การคูณ(a) ที่ 5, 10, 20 ที่ผ่านการโจมตีแบบ Crop

ภาพ	Substitution			Additive		
	bit 3	bit 5	bit 7	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 5	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 10	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 20
Pepper RGB	0.68	0.68	0.68	0.79	0.79	0.79
Pepper Grayscale	0.68	0.68	0.68	0.79	0.79	0.79
Baboon RGB	0.68	0.68	0.68	0.79	0.79	0.79
Baboon Grayscale	0.68	0.68	0.68	0.79	0.79	0.79
Lenna RGB	0.68	0.68	0.68	0.79	0.79	0.79
Lenna Grayscale	0.68	0.68	0.68	0.79	0.79	0.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.3 ผลการวัดค่า Normalized Correlation ของการฝังแบบ Substitution ที่ bit ที่ 3, 5, 7 และการฝังแบบ Additive ที่สัมประสิทธ์การคูณ(a) ที่ 5, 10, 20 ที่ผ่านการโจมตีแบบ Salt&Pepper Noise ความแรง 0.1

ภาพ	Substitution			Additive		
	bit 3	bit 5	bit 7	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 5	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 10	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 20
Pepper RGB	0.95	0.94	0.95	0.94	0.94	0.94
Pepper Grayscale	0.95	0.94	0.95	0.90	0.90	0.89
Baboon RGB	0.95	0.95	0.95	0.92	0.93	0.93
Baboon Grayscale	0.95	0.95	0.94	0.88	0.88	0.88
Lenna RGB	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Lenna Grayscale	0.95	0.94	0.94	0.89	0.89	0.89

ตาราง 6.4 ผลการวัดค่า Normalized Correlation ของการฝังแบบ Substitution ที่ bit ที่ 3, 5, 7 และการฝังแบบ Additive ที่สัมประสิทธ์การคูณ(a) ที่ 5, 10, 20 ที่ผ่านการโจมตีแบบการบีบอัดภาพ JGEP

ภาพ	Substitution			Additive		
	bit 3	bit 5	bit 7	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 5	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 10	สัมประสิทธ์การคูณ (a) = 20
Pepper RGB	0.88	0.93	0.94	0.70	0.70	0.70
Pepper Grayscale	0.48	0.50	0.81	0.03	0.03	0.03
Baboon RGB	0.88	0.92	0.94	0.70	0.70	0.70
Baboon Grayscale	0.41	0.39	0.81	-	-	-
Lenna RGB	0.89	0.91	0.91	0.76	0.76	0.76
Lenna Grayscale	0.39	0.51	0.89	0.03	0.03	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 ผลการทดลองในโดเมนความถี่

จากการทดลองในข้อ 6.1.2 ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 6.5 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ Grayscale

แบบที่	ค่าความคงทนของลายน้ำ (α)								
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 2.5$	$\alpha = 3$	$\alpha = 3.5$	$\alpha = 4$	$\alpha = 4.5$	$\alpha = 5$
1	57.48	53.48	51.46	49.33	47.94	46.49	46.45	44.35	43.51
2	57.48	53.50	51.46	49.35	47.94	46.51	46.45	44.37	43.51
3	54.47	51.46	51.46	51.46	47.48	46.45	46.45	46.45	43.33
4	57.48	53.50	51.46	49.35	47.94	46.52	46.45	44.37	43.51
5	54.47	51.46	51.46	51.46	47.48	46.45	46.45	46.45	43.33

ตารางที่ 6.6 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Baboon แบบ Grayscale

แบบที่	ค่าความคงทนของลายน้ำ (α)								
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 2.5$	$\alpha = 3$	$\alpha = 3.5$	$\alpha = 4$	$\alpha = 4.5$	$\alpha = 5$
1	57.48	53.50	51.46	49.35	47.94	46.51	46.44	44.36	43.50
2	57.48	53.50	51.46	49.35	47.94	46.51	46.44	44.37	43.50
3	54.47	51.46	51.46	51.46	47.48	46.44	46.44	46.44	43.33
4	57.48	53.50	51.46	49.35	47.94	46.51	46.44	44.37	43.50
5	54.47	51.46	51.46	51.46	47.48	46.44	46.44	46.44	43.33

ตารางที่ 6.7 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Pepper แบบ Grayscale

แบบที่	ค่าความคงทนของลายน้ำ (α)								
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 2.5$	$\alpha = 3$	$\alpha = 3.5$	$\alpha = 4$	$\alpha = 4.5$	$\alpha = 5$
1	57.48	53.50	51.46	49.35	47.94	46.50	46.44	44.35	43.51
2	57.48	53.50	51.46	49.35	47.94	46.51	46.44	44.36	43.51
3	54.47	51.46	51.46	51.46	47.48	46.44	46.44	46.44	43.33
4	57.48	53.50	51.46	49.35	47.94	46.51	46.44	44.37	43.51
5	54.47	51.46	51.46	51.46	47.48	46.44	46.44	46.44	43.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง 6.5-6.7 เมื่อเปรียบเทียบค่า PSNR ของแบบการฝังทั้ง 5 แบบที่ค่าความคงทนของลายน้ำค่าต่างๆ การฝังในภาพ Grayscale ที่ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1 จะได้ค่า PSNR ที่ดีกว่าฝังที่ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ในระดับการแบ่งเวฟเล็ตเดียวกัน

ตาราง 6.8 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ RGB

แบบที่	ค่าความคงทนของลายน้ำ (α)								
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 2.5$	$\alpha = 3$	$\alpha = 3.5$	$\alpha = 4$	$\alpha = 4.5$	$\alpha = 5$
1	59.26	56.28	56.28	56.28	52.28	50.27	50.27	50.27	48.14
2	59.26	56.28	56.28	56.28	52.28	50.27	50.27	50.27	48.15
3	59.39	56.99	56.99	56.99	52.58	51.11	51.11	51.11	48.65
4	59.26	56.28	56.28	56.28	52.58	50.27	50.27	50.27	48.15
5	59.35	56.99	56.99	56.99	52.58	51.11	51.11	51.11	48.65

ตาราง 6.9 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Baboon แบบ RGB

แบบที่	ค่าความคงทนของลายน้ำ (α)								
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 2.5$	$\alpha = 3$	$\alpha = 3.5$	$\alpha = 4$	$\alpha = 4.5$	$\alpha = 5$
1	59.24	56.23	56.23	56.23	52.25	50.21	50.21	50.21	48.10
2	59.24	56.23	56.23	56.23	52.25	50.21	50.21	50.21	48.10
3	59.24	56.23	56.23	56.23	52.25	50.21	50.21	50.21	48.10
4	59.24	56.2389	56.23	56.23	52.25	50.21	50.21	50.21	48.10
5	59.24	56.2395	56.23	56.23	52.25	50.21	50.21	50.21	48.11

ตาราง 6.10 ผลการทดลองวัดค่า PSNR ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Pepper แบบ RGB

แบบที่	ค่าความคงทนของลายน้ำ (α)								
	$\alpha = 1$	$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 2.5$	$\alpha = 3$	$\alpha = 3.5$	$\alpha = 4$	$\alpha = 4.5$	$\alpha = 5$
1	59.25	56.28	56.28	56.28	52.27	50.26	50.26	50.26	48.13
2	59.25	56.28	56.28	56.28	52.27	50.26	50.26	50.26	48.13
3	59.26	56.32	56.32	56.32	52.29	50.30	50.30	50.30	48.16
4	59.26	56.28	56.28	56.28	52.28	50.26	50.26	50.26	48.14
5	59.26	56.32	56.32	56.32	52.30	50.30	50.30	50.30	48.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.11 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตี Salt & Pepper Noise ที่ระดับความแรง 0.1 ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5

แบบที่	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ Grayscale	Baboon แบบ Grayscale	Pepper แบบ Grayscale
1	0.91	0.91	0.91
2	0.91	0.91	0.91
3	0.81	0.80	0.81
4	0.91	0.91	0.91
5	0.81	0.79	0.82

ตาราง 6.12 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตีบีบอัดภาพ JPEG ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5

แบบที่	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ Grayscale	Baboon แบบ Grayscale	Pepper แบบ Grayscale
1	1.00	1.00	1.00
2	0.59	0.72	0.60
3	1.00	1.00	1.00
4	0.59	0.72	0.60
5	0.59	0.72	0.68

ในตาราง 6.11–6.19 เป็นการทดลองหาตำแหน่งที่เหมาะสมของภาพ Grayscale

จากตาราง 6.12 การฝังแบบ Grayscale ไม่สามารถทนการโจมตีด้วยการบีบอัดภาพแบบ JPEG ได้ ค่า Normalized Correlation ที่ได้ 1 เนื่องจากภาพลายน้ำที่ถอดออกมาได้เป็นพื้นขาวโพลนซึ่งคล้ายกับภาพลายน้ำที่ใช้ทดลองที่มีสีขาวเป็นส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.13 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตี Crop ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5

แบบที่	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ Grayscale	Baboon แบบ Grayscale	Pepper แบบ Grayscale
1	0.73	0.83	0.71
2	0.73	0.83	0.71
3	0.77	0.84	0.81
4	0.73	0.83	0.71
5	0.77	0.84	0.81

จากผลการทดลอง ภาพ Grayscale ควรฝังในตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ในระดับการแบ่งเวฟเล็ต 3 ระดับ เนื่องจากมีค่า PSNR โดยเฉลี่ยแล้วดีกว่า และที่ระดับค่าความคงทนของลายน้ำเดียวกันสามารถทนการโจมตีโดยเฉลี่ยได้ดีกว่า

ในตาราง 6.14–6.16 เป็นการทดลองหาตำแหน่งที่เหมาะสมของภาพ RGB

ตาราง 6.14 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ RGB, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตี Salt & Pepper Noise ที่ระดับความแรง 0.1 ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5

แบบที่	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ RGB	Baboon แบบRGB	Pepper แบบ RGB
1	0.97	0.97	0.97
2	0.97	0.97	0.96
3	0.97	0.97	0.96
4	0.97	0.97	0.97
5	0.97	0.96	0.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.15 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ RGB, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตีบีบอัดภาพ JPEG ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5

แบบที่	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ RGB	Baboon แบบ RGB	Pepper แบบ RGB
1	0.99	0.99	0.99
2	0.99	0.99	0.99
3	0.97	0.99	0.99
4	0.99	1.00	0.99
5	0.97	0.99	0.99

ตาราง 6.16 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ที่การฝังทั้ง 5 แบบ ของภาพ Lenna แบบ RGB , Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตี Crop ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5

แบบที่	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ RGB	Baboon แบบ RGB	Pepper แบบ RGB
1	0.62	0.78	0.75
2	0.62	0.78	0.75
3	0.71	0.82	0.78
4	0.62	0.78	0.75
5	0.71	0.82	0.78

จากผลการทดลอง ภาพ RGB ควรฝังในตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ในระดับการแบ่งเวฟเล็ต 3 ระดับเนื่องจากมีค่า PSNR โดยเฉลี่ยแล้วดีกว่า และที่ระดับค่าความคงทนของลายน้ำเดียวกันสามารถทนการโจมตีโดยเฉลี่ยได้ดีกว่า

ต่อมาเลือกค่าความคงทนของลายน้ำที่เหมาะสมโดยทำการทดลองโจมตี เหมือนดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ตาราง 6.17-6.19 เป็นการทดลองหาค่าค่าความคงทนของลายน้ำที่เหมาะสมของภาพ Grayscale ส่วน ตาราง 6.20-6.22 เป็นการทดลองหาค่าค่าความคงทนของลายน้ำที่เหมาะสมของภาพ RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.17 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตี Salt & Pepper Noise ที่ระดับความแรง 0.1

ค่าความคงทนของลายน้ำ	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ Grayscale	Baboon แบบ Grayscale	Pepper แบบ Grayscale
1	0.91	0.91	0.91
1.5	0.91	0.91	0.91
2	0.91	0.91	0.91
2.5	0.90	0.91	0.91
3	0.91	0.91	0.91
3.5	0.91	0.91	0.90
4	0.91	0.91	0.91
4.5	0.91	0.91	0.91
5	0.91	0.91	0.91

ตาราง 6.18 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตีบีบอัดภาพ JPEG

ค่าความคงทนของลายน้ำ	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ Grayscale	Baboon แบบ Grayscale	Pepper แบบ Grayscale
1	0.70	0.74	0.71
1.5	0.69	0.74	0.70
2	0.68	0.74	0.69
2.5	0.66	0.73	0.69
3	0.65	0.73	0.67
3.5	0.63	0.73	0.66
4	0.62	0.72	0.64
4.5	0.60	0.72	0.63
5	0.59	0.72	0.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.19 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ Grayscale, Baboon แบบ Grayscale และ Pepper แบบ Grayscale ด้วยการโจมตี Crop

ค่าความคงทนของลายน้ำ	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ Grayscale	Baboon แบบ Grayscale	Pepper แบบ Grayscale
1	0.84	0.86	0.83
1.5	0.83	0.85	0.82
2	0.81	0.85	0.80
2.5	0.80	0.85	0. 79
3	0.78	0.84	0.77
3.5	0.77	0.84	0.76
4	0.76	0.84	0.74
4.5	0.75	0.83	0.73
5	0.73	0.83	0.71

ตาราง 6.20 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ RGB, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตี Salt&Pepper Noise ที่ระดับความแรง 0.1

ค่าความคงทนของลายน้ำ	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ RGB	Baboon แบบ RGB	Pepper แบบ RGB
1	0.97	0.97	0.96
1.5	0.97	0.96	0.97
2	0.97	0.96	0.97
2.5	0.96	0.96	0.96
3	0.97	0.96	0.96
3.5	0.96	0.97	0.97
4	0.97	0.96	0.96
4.5	0.96	0.97	0.96
5	0.97	0.97	0.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.21 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ RGB, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตีบีบอัดJPEG

ค่าความคงทนของลายน้ำ	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ RGB	Baboon แบบ RGB	Pepper แบบ RGB
1	0.84	0.89	0.90
1.5	0.96	0.98	0.98
2	0.93	0.96	0.96
2.5	0.89	0.94	0.93
3	0.98	0.99	0.99
3.5	0.99	0.99	0.99
4	0.99	0.99	0.99
4.5	0.99	0.99	0.99
5	0.99	1.00	0.99

ตาราง 6.22 ผลการทดลองวัดค่า Normalized Correlation ของภาพ Lenna แบบ RGB, Baboon แบบ RGB และ Pepper แบบ RGB ด้วยการโจมตี Crop

ค่าความคงทนของลายน้ำ	Normalized Correlation		
	Lenna แบบ RGB	Baboon แบบ RGB	Pepper แบบ RGB
1	0.73	0.82	0.82
1.5	0.70	0.81	0.81
2	0.69	0.81	0.80
2.5	0.67	0.81	0.80
3	0.66	0.80	0.79
3.5	0.64	0.79	0.78
4	0.63	0.79	0.77
4.5	0.62	0.78	0.76
5	0.62	0.78	0.75

จากผลการทดลอง ภาพ Grayscale ควรมี ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 เนื่องจากมีค่า PSNR ที่ไม่น้อยเกินไปและทนจากโจมตีได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง ภาพ RGB ควรมี ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 เนื่องจากมีค่า PSNR ที่ไม่น้อยเกินและทนจากโจมตีได้ดี

โดยตำแหน่งที่เลือกฝังสามารถทนการโจมตี Salt&Pepper noise ความแรง 0.2 ทั้ง RGB และ Grayscale สามารถทนการบีบอัดได้คุณภาพต่ำสุด 95% ในRGB ส่วนในGrayscale ไม่สามารถทนได้และสามารถทนการ Crop ได้ในกรณี Crop จำนวนพื้นที่น้อย

6.3 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาและทดลองการฝังลายน้ำในโดเมนตำแหน่งและโดเมนความถี่ ในโดเมนตำแหน่งได้ศึกษาและทดลองการฝังเทคนิค Substitution และ เทคนิค Additive โดยทดลองทำการฝังเทคนิค Substitution ด้วยการเลือกตำแหน่งบิตเพื่อทำการแทนที่ด้วยลายน้ำที่ตำแหน่ง 3, 5 และ 7 ส่วน เทคนิค Additive ด้วยการเลือกค่าสัมประสิทธิ์การคูณที่ค่า 5, 10 และ 20 ในโดเมนความถี่ได้ศึกษาและทดลองที่การแปลงเวฟเล็ต 1,2 และ 3 ระดับ และฝังลายน้ำขนาด 128x128 พิกเซล ที่ตำแหน่งต่างๆในแต่ละระดับ

จากการทดลองฝังภาพลายน้ำในโดเมนตำแหน่งจะเห็นได้ว่าในการฝังภาพลายน้ำแบบ Substitution watermarking ถ้าหากทำการฝังภาพลายน้ำลงในบิตที่มีความสำคัญสูง จะให้ภาพลายน้ำที่มีความคงทนสูงแต่ภาพที่ได้จะมีคุณภาพต่ำ แต่ ถ้าหากฝังภาพลายน้ำลงในบิตที่มีความสำคัญต่ำ จะให้ภาพลายน้ำที่มีความคงทนต่ำแต่ได้ภาพที่มีคุณภาพที่ดี ส่วนในวิธีแบบ Additive watermarking นั้นจะให้ภาพที่มีคุณภาพที่ดีแต่ความคงทนที่ต่ำแต่การฝังภาพลายน้ำทั้ง 2 วิธีไม่สามารถป้องกันการโจมตีด้วยการ Crop ได้

การฝังในโดเมนความถี่ จากการทดลองพบว่าการฝังลายน้ำในภาพGrayscale ที่ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 3 ระดับ ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 และการฝังลายน้ำในภาพ RGB ที่ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0 ด้วยการแบ่งเวฟเล็ต 3 ระดับ ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 สามารถทนการโจมตีได้ดี และค่า PSNR อยู่ในระดับที่ดี จึงได้เลือกการฝังที่ตำแหน่งดังกล่าวมาพัฒนาเป็นโปรแกรมฝังลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ผศ.ดร. อรฉัตร จิตต์โสภักตร์. 2552. **Digital Image Processing.** กรุงเทพฯ : บริษัท สงวนกิจ พริ้นท์ แอนด์ มีเดีย.

Dr. Juergen Seitz. 2005. **Digital watermarking for digital media.** Hershey,PA : Information Science Publishing.

Frank Y. shin. 2008. **Digital watermarking and steganography : fundamentals and techniques.** Boca Raton : CRC Press.

Ingemar J. Cox, Matthew L. Miller, Jeffrey A. Bloom. 2002. **Digital watermarking.** San Francisco : Morgan Kaufmann.

อนุวัตร์ สมบุญ. 2548."การฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยการแปลงเวฟเลทโดยใช้ระบบการมองเห็นของมนุษย์สำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์."วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัญฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยยา จารุภาค. 2549. "ความคงทนของภาพโลโก้ลายน้ำโดยใช้การแปลงเวฟเล็ตแพคเกตส์." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัญฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2552. **Slide1.** [Online].
Available : www2.cs.science.cmu.ac.th/person/samerkae/.../multi2_2.pdf.

Clarkson University. 2007. **Matlab Tutorial.** [Online].
Available : http://www.cyclismo.org/tutorial/matlab/.

The MathWorks, Inc. 1984-2011. **Image Processing Toolbox.** [Online].
Available : http://www.mathworks.com/help/toolbox/images/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2011.**เทคโนโลยีสำหรับการป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์**. [Online]. Available : http://www.cpe.mutt.ac.th/lab/mcl/ Tech_Copyright.htm.

University of California, San Diego. 2011. **matlabgui**.[Online]. Available : http://dsp.ucsd.edu/students/present-students/mik/matlabgui/

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. 2554. **การพัฒนาและติดตั้งระบบ.**[Online] Available : course.eau.ac.th/course/Download/0230805/PPT14.ppt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Source Code

ก.1 โปรแกรมฝังลายน้ำ

โปรแกรม ก.1 ฝังลายน้ำชนิดข้อความลงในโดเมนพื้นที่แบบสามารถมองเห็นได้

```
close all;
clear all;
fontsize = 18;
fontcolor = [1 1 1];
PosX = 10;
PosY = 20;

% ================================================

Original = imread('lennaRGB.png') ;
figure;
imshow(Original);

text(PosX,PosY,'string','FontSize',fontsize,'Color',fontc
olor);

[MaxX,MaxY,MaxZ] = size(Original);

F = getframe;

image = frame2im(F) ;

image = imresize(image, [MaxX MaxY]);

figure;
imshow(image);
imwrite(image,'Vtext.bmp');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.2 ฝังลายน้ำชนิดรูปภาพลงในโดเมนพื้นที่แบบสามารถมองเห็นได้

```
close all;
clear all;

posX = 128;
posY = 128;
Shadow = 3;

% ==================================
Original = imread('lennaRGB.png') ;
figure;
imshow(Original);

Watermark = imread('icon_sample.jpg') ;
figure;
imshow(Watermark);

[MaxX,MaxY,MaxZ] = size(Watermark);

[OriginalMaxX,OriginalMaxY,OriginalMaxZ] =
size(Original);

R = Original(:,:,1);
G = Original(:,:,2);
B = Original(:,:,3);

[MaxX,MaxY,MaxZ] = size(Watermark);

% ========================Resize==================
if(OriginalMaxY < MaxY)
    Watermark = imresize(Watermark, [MaxX (OriginalMaxY -
posY - 20)]);
end

[MaxX,MaxY,MaxZ] = size(Watermark);

if(OriginalMaxX < MaxX)
    Watermark = imresize(Watermark,
    [(OriginalMaxX - posX - 20) MaxY]);
end

[MaxX,MaxY,MaxZ] = size(Watermark);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.2 ฝังลายน้ำชนิดรูปภาพลงในโดเมนพื้นที่แบบสามารถมองเห็นได้ (ต่อ)

```
% ===============Watermark to Binary===============
Watermark = im2bw(Watermark, 0.5);
Watermark = imresize(Watermark,[MaxX MaxY]);
Watermark_Binary = zeros(MaxX,MaxY);

for x = 1:MaxX,
    for y = 1:MaxY,
        if(Watermark(x,y) == 1)
            Watermark_Binary(x,y) = 255;
        else
            Watermark_Binary(x,y) = 0;
        end

    end
end
figure;
imshow(Watermark_Binary);
% ========================================
for x = 1:MaxX,
    for y = 1:MaxY,
            if(Watermark(x,y) == 0)
                R(x+posX+Shadow,y+posY+Shadow) =
R(x+posY+Shadow,y+posY+Shadow) - 100;
                G(x+posX+Shadow,y+posY+Shadow) =
G(x+posY+Shadow,y+posY+Shadow) - 100;
                B(x+posX+Shadow,y+posY+Shadow) =
B(x+posY+Shadow,y+posY+Shadow) - 100;
             end
    end
end

for x = 1:MaxX,
    for y = 1:MaxY,
         if(Watermark(x,y) == 0)
             R(x+posX,y+posY) = R(x+posY,y+posY) + 100;
             G(x+posX,y+posY) = G(x+posY,y+posY) + 100;
             B(x+posX,y+posY) = B(x+posY,y+posY) + 100;
         end
    end
end
image(:,:,1)= R;
image(:,:,2)= G;
image(:,:,3)= B;

figure;
imshow(image);
imwrite(image,'Embed_add.bmp');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.3 ฝังลายน้ำชนิดข้อความลงในโดเมนพื้นที่แบบไม่สามารถมองเห็นได้

```
bit = 5;
Original = imread(file) ;
Embed = Original(:,:,3);
str=sprintf(str);
Text = str;
Text_Binary = dec2bin(Text,8);

Length = length(Text);
Length_Binary = dec2bin(Length,8);

R = Original(:,:,1);
G = Original(:,:,2);
B = Original(:,:,3);

% ====================EMBED=========================
for m = 1:64:512,
    for n = 1:64:512,
        % ============EMBED TEXT=====================
        for x = 1:8,
            if( Length_Binary(x) == '1' )
                Embed(m,n + x - 1) = bitor(Embed(m,n + x
- 1),2^bit);
            else
                Embed(m,n + x - 1) = bitand(Embed(m,n + x
- 1),255 - (2^bit) );
            end
        end
        for x = 1:8,
            for y = 2:Length+1,
                if( Text_Binary((y-1),x) == '1' )
                    Embed(m + y - 1,n + x - 1) =
bitor(Embed(m + y - 1,n + x - 1),2^bit);
                else
                    Embed(m + y - 1,n + x - 1) =
bitand(Embed(m + y - 1,n + x - 1),255 - (2^bit) );
                end

            end
        end
    % ================================================
    end
end
% ================================================
image(:,:,1)= R;
image(:,:,2)= G;
image(:,:,3)= Embed;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.4 ฝังลายน้ำชนิดรูปภาพลงในโดเมนพื้นที่แบบไม่สามารถมองเห็นได้

```
% ===============Substitution===================
close all;
clear all;
bit = 5;
% ================================================
Original = imread('D:\Project\lennaRGB.bmp') ;
figure;
imshow(Original);

[MaxX,MaxY,MaxZ] = size(Original);

Watermark = imread('D:\Project\Watermark.bmp') ;
figure;
imshow(Watermark);

R = Original(:,:,1);
figure;
imshow(R);
G = Original(:,:,2);
figure;
imshow(G);
B = Original(:,:,3);
figure;
imshow(B);

Embed = B;
for x = 1:MaxX,
    for y = 1:MaxY,
        if(Watermark(x,y) == 255)
            Embed(x,y) = bitor(B(x,y),2^bit);
        else
            Embed(x,y) = bitand(B(x,y),255-(2^bit));
        end
    end
end

figure;
imshow(Embed);

image(:,:,1)= R;
image(:,:,2)= G;
image(:,:,3)= Embed;

figure;
imshow(image);
imwrite(image,'D:\Project\Embed_sub.bmp');
close all;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.4 ฝังลายน้ำชนิดรูปภาพลงในโดเมนพื้นที่แบบไม่สามารถมองเห็นได้ (ต่อ)

```
% ====================Additive=====================
posX = 128;
posY = 128;
a = 20;
%=================================================
Original = imread('D:\Project\lennaRGB.bmp') ;
figure;
imshow(Original);

Watermark = imread('D:\Project\Hwatermark.bmp') ;
figure;
imshow(Watermark);

[MaxX,MaxY] = size(Watermark);

R = Original(:,:,1);
figure;
imshow(R);

G = Original(:,:,2);
figure;
imshow(G);

B = Original(:,:,3);
figure;
imshow(B);

Embed = B;


for x = 1:MaxX,
    for y = 1:MaxY,
        if(Watermark(x,y) == 0)
          Embed(x+posX,y+posY) = B(x+posY,y+posY) + a;
        end
    end
end

image(:,:,1)= R;
image(:,:,2)= G;
image(:,:,3)= Embed;

figure;
imshow(image);
imwrite(image,'D:\Project\Embed_add.bmp');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.5 ฝังลายน้ำชนิดข้อความลงในโดเมนความถี่แบบไม่สามารถมองเห็นได้

```
close all;
clear all;
Original = imread('LennaGray.BMP');
[c,s] = wavedec2(Original,2,'Haar');
[x,y,b] =size(Original);

R = 1;
X = s(1,1);
Y = s(1,2);
Begin = X*Y + 1;
Temp = Begin;
all_pixel_suband_level_1 = X*Y;
Count = 0;
Subband_numbers = 3;

Begin_1 = Begin;
Begin_2 = Begin + all_pixel_suband_level_1;
Begin_3 = Begin + all_pixel_suband_level_1*2;

%-----------------------------------------------------------
Text = 'KMITL';
Text_Binary = dec2bin(Text,8);

Length = length(Text);
Length_Binary = dec2bin(Length,8);

for n = 1:8
    Length_Bi_array(1,n) = int8(Length_Binary(n)) - 48;
end
for m = 1:Length
    for n = 1:8
        Text_Bi_array(m,n) = int8(Text_Binary(m,n)) - 48;
    end
end

%---------split subband HL,LH and HH of a original image
to 2D-array-------------------
for a =1:Subband_numbers
    Count = 0;
    column = 1;
    row = 1;
    if a==1
        Begin = Begin_1;
    elseif a == 2
        Begin = Begin_2;
    else
        Begin = Begin_3;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.5 ฝังลายน้ำชนิดข้อความลงในโดเมนความถี่แบบไม่สามารถมองเห็นได้ (ต่อ)

```
    end
    for n = 1: 8*(Length+1)
        if column == 8+1
            column = 1;
            row = row + 1;
            Begin = Begin + (Y - Count);
            Count = 0;
        end
        Temp_array(row,column) = c(1,Begin);
        column = column + 1;
        Begin = Begin + 1;
        Count = Count + 1;
    end
    if a==1
        HL = Temp_array;
    elseif a == 2
        LH = Temp_array;
    else
        HH = Temp_array;
    end
end
%---------------Embed section-----------------------------
for a = 1:Subband_numbers
    if a==1
        Embed = HL;
    elseif a == 2
        Embed = LH;
    else
        Embed = HH;
    end

    column = 1;
    row = 1;

    for m = 1:8
            Embed(1, m) = Embed(1, m) +
Length_Bi_array(1, m);
    end
    for m = 2:Length+1
        for n = 1:8
       Embed(m, n) = Embed(m, n) + Text_Bi_array(m-1, n);
        end
    end
    if a==1
        HL = Embed;
    elseif a == 2
        LH = Embed;
    Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.5 ฝังลายน้ำชนิดข้อความลงในโดเมนความถี่แบบไม่สามารถมองเห็นได้ (ต่อ)

```
        HH = Embed;
    end
end
%---replace a watermarked 2D-array to image------
Count = 0;
for a = 1:Subband_numbers
    Count = 0;
    if a==1
        Temp_array = HL;
        Begin = Begin_1;
    elseif a == 2
        Temp_array = LH;
        Begin = Begin_2;
    else
        Temp_array = HH;
        Begin = Begin_3;
    end
    column = 1;
    row = 1;

    for n = 1:8*(Length+1)
        if column == 8+1
            column = 1;
            row = row + 1;
            Begin = Begin + (Y - Count);
            Count = 0;
        end
        c(1,Begin) = Temp_array(row,column);
        column = column + 1;
        Begin = Begin + 1;
        Count = Count + 1;
   end
end
%-------------------------------------------------------
A0(1:x, 1:y, 1:b) = 0;
A2 = im2uint8(A0);
A1 = waverec2(c,s,'Haar');
for g = 1:b
    for n = 1:x
        for m =1:y
            A2(n, m, g) = round(A1(n,m,g));
        end
    end
end
imshow(A2);
imwrite(A2,'C:\Users\Nutlee\My
Documents\MATLAB\WMed128_test.bmp');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.6 ฝังลายน้ำชนิดรูปภาพ ลงในโดเมนความถี่แบบไม่สามารถมองเห็นได้

```
close all;
clear all;
Original = imread('PeppersRGB.BMP');
[c,s] = wavedec2(Original,2,'haar');
[x,y,b] =size(Original);

WM =imread('watermark_128.bmp');
[x1,y1,b1] = size(WM);
WM = im2bw(WM);

R = 2.0;
X = s(4,1);
Y = s(4,2);
Begin = (s(5,1)*s(5,2)*2) + s(1,1)*s(1,2)*4 +
s(3,1)*s(3,2)*3 + 1;

Temp = Begin;
all_pixel_suband_level_1 = X*Y;
Count = 0;
Subband_numbers = 2;

Begin_1 = Begin;
Begin_2 = Begin + all_pixel_suband_level_1;
Begin_3 = Begin + all_pixel_suband_level_1*2;
%---------split subband HL,LH and HH of a original image
to 2D-array-------------------
for a =1:Subband_numbers
    Count = 0;
    column = 1;
    row = 1;
    if a==1
        Begin = Begin_1;
    elseif a == 2
        Begin = Begin_2;
    else
        Begin = Begin_3;
    end
    for n = 1:x1*y1
        if column == y1+1
            column = 1;
            row = row + 1;
            Begin = Begin + (Y - Count);
            Count = 0;
        End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ก.6 ฝังลายน้ำชนิดรูปภาพ ลงในโดเมนความถี่แบบไม่สามารถมองเห็นได้ (ต่อ)

```
        Temp_array(row,column) = c(1,Begin);
        column = column + 1;
        Begin = Begin + 1;
        Count = Count + 1;
    end

    if a==1
        HL = Temp_array;
    elseif a == 2
        LH = Temp_array;
    else
        HH = Temp_array;
    end
end
%------------------------------Embed section---------------
------------------

for a = 1:Subband_numbers
    if a==1
        Embed = HL;
    elseif a == 2
        Embed = LH;
    else
        Embed = HH;
    end

    column = 1;
    row = 1;

    for m = 1:x1
        for n = 1:y1
            Embed(m, n) = Embed(m, n) + WM(m, n)*R;
        end
    end
    if a==1
        HL = Embed;
    elseif a == 2
        LH = Embed;
    else
        HH = Embed;
    end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

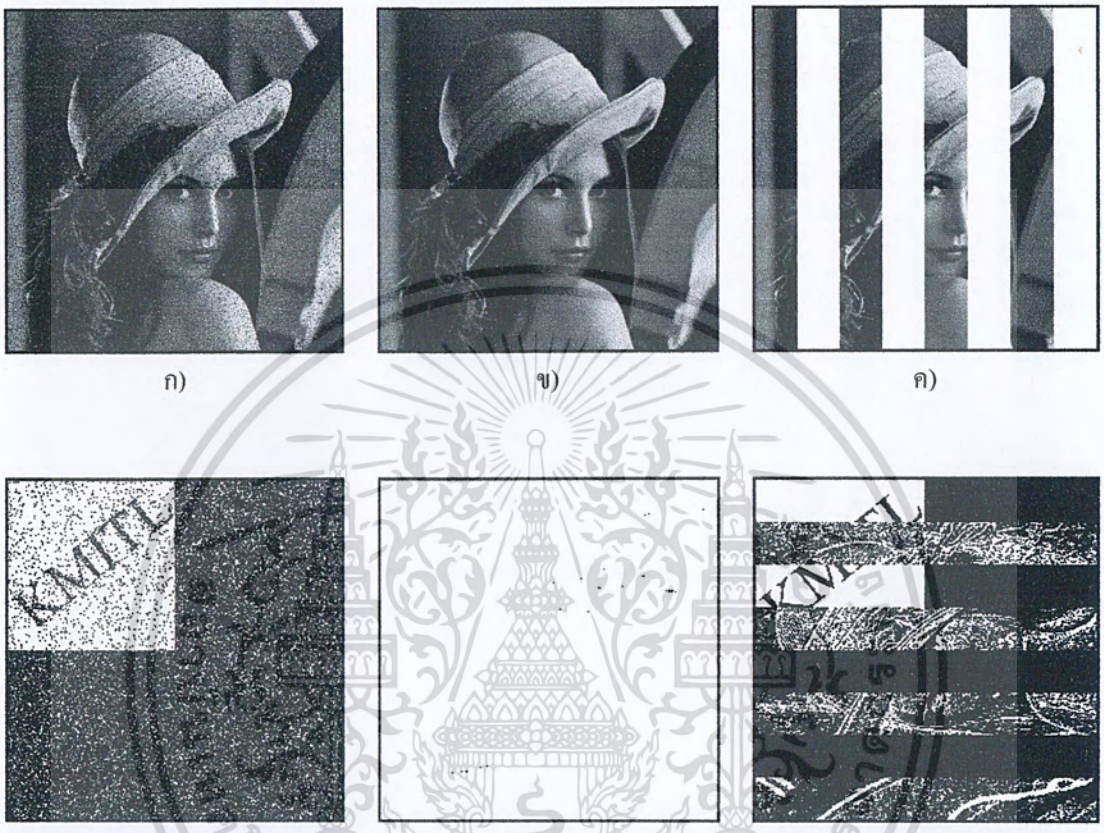
โปรแกรม ก.6 ฝังลายน้ำชนิดรูปภาพ ลงในโดเมนความถี่แบบไม่สามารถมองเห็นได้ (ต่อ)

```
 %------replace a watermarked 2D-array to image----------
Count = 0;
for a = 1:Subband_numbers
    Count = 0;
    if a==1
        Temp_array = HL;
        Begin = Begin_1;
    elseif a == 2
        Temp_array = LH;
        Begin = Begin_2;
    else
        Temp_array = HH;
        Begin = Begin_3;
    end

    column = 1;
    row = 1;

    for n = 1:x1*y1
        if column == y1+1
            column = 1;
            row = row + 1;
            Begin = Begin + (Y - Count);
            Count = 0;
        end
        c(1,Begin) = Temp_array(row,column);
        column = column + 1;
        Begin = Begin + 1;
        Count = Count + 1;
   end
end
%-------------------------------------------------------

A0(1:x, 1:y, 1:b) = 0;
A2 = im2uint8(A0);
A1 = waverec2(c,s,'haar');
for g = 1:b
    for n = 1:x
        for m =1:y
            A2(n, m, g) = round(A1(n,m,g));
        end
    end
end
imshow(A2);
imwrite(A2,'C:\Users\Nutlee\My
Documents\MATLAB\RGB\1L\R_1.5.bmp');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ภาพการทดลอง



ก) ข) ค)

ง) จ) ฉ)

รูป ข.1 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

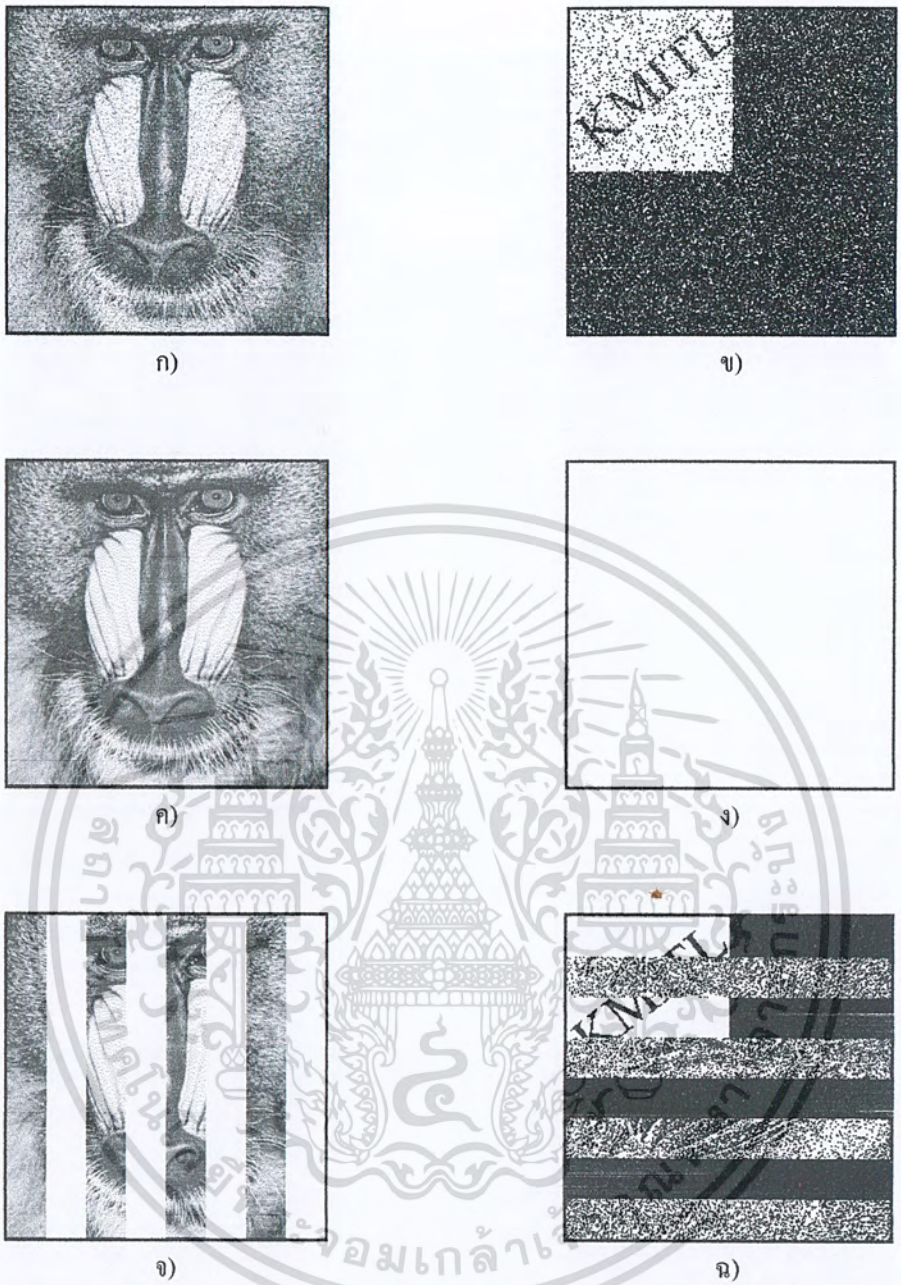
ค) ทดลองโจมตี Crop

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

จ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ข.2 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

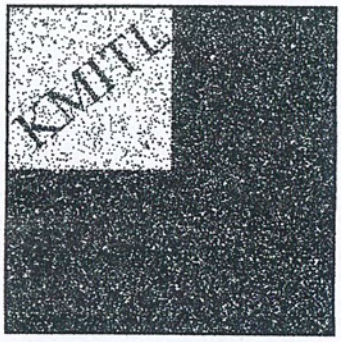
ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

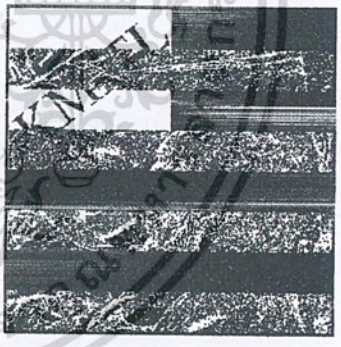


ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.3 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.4 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.5 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.6 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

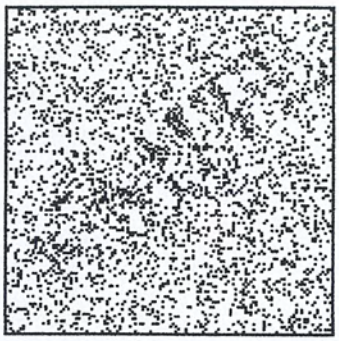
ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)



ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.7 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

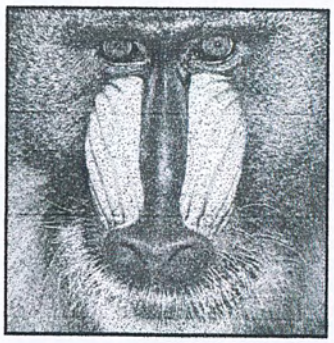
ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

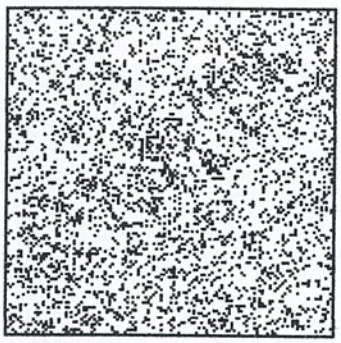
จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

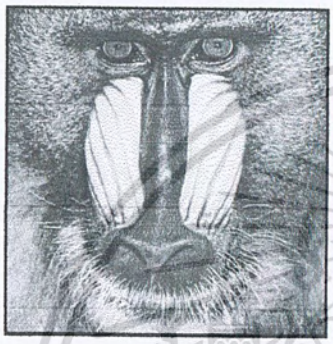
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก)



ข)



ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.8 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

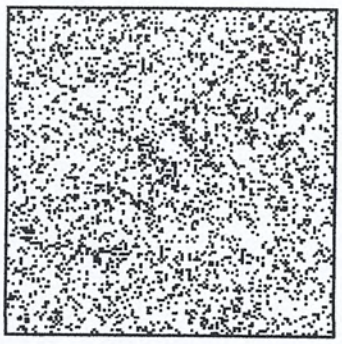
ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)



ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.9 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

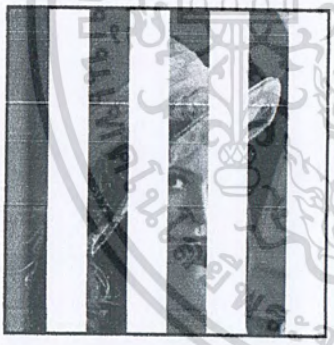
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)



จ)

ฉ)

รูป ข.10 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

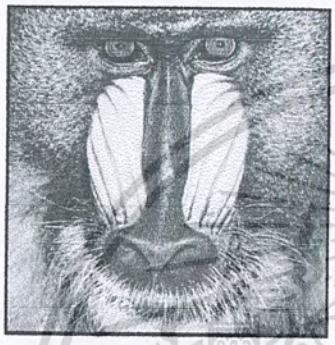
จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)



ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.11 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.12 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.13 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

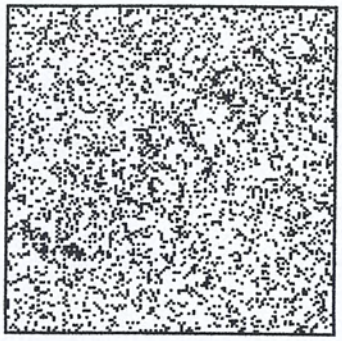
ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

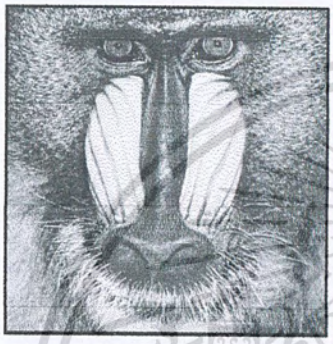
ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)



ข)



ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.14 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

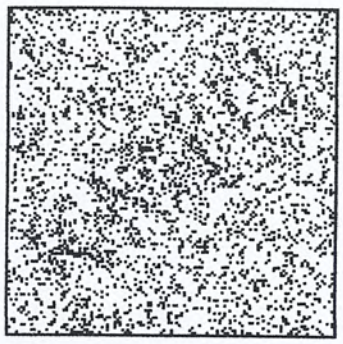
ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)



ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.15 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.16 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

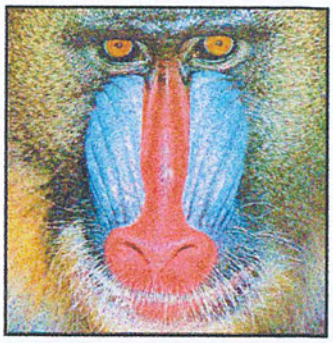
ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



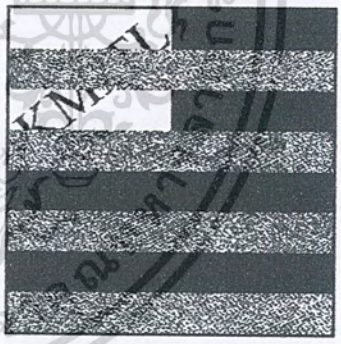
ก)

ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.17 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

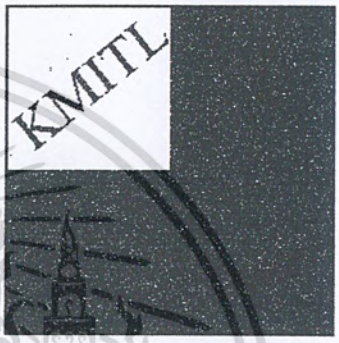
ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)



ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.18 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 1 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

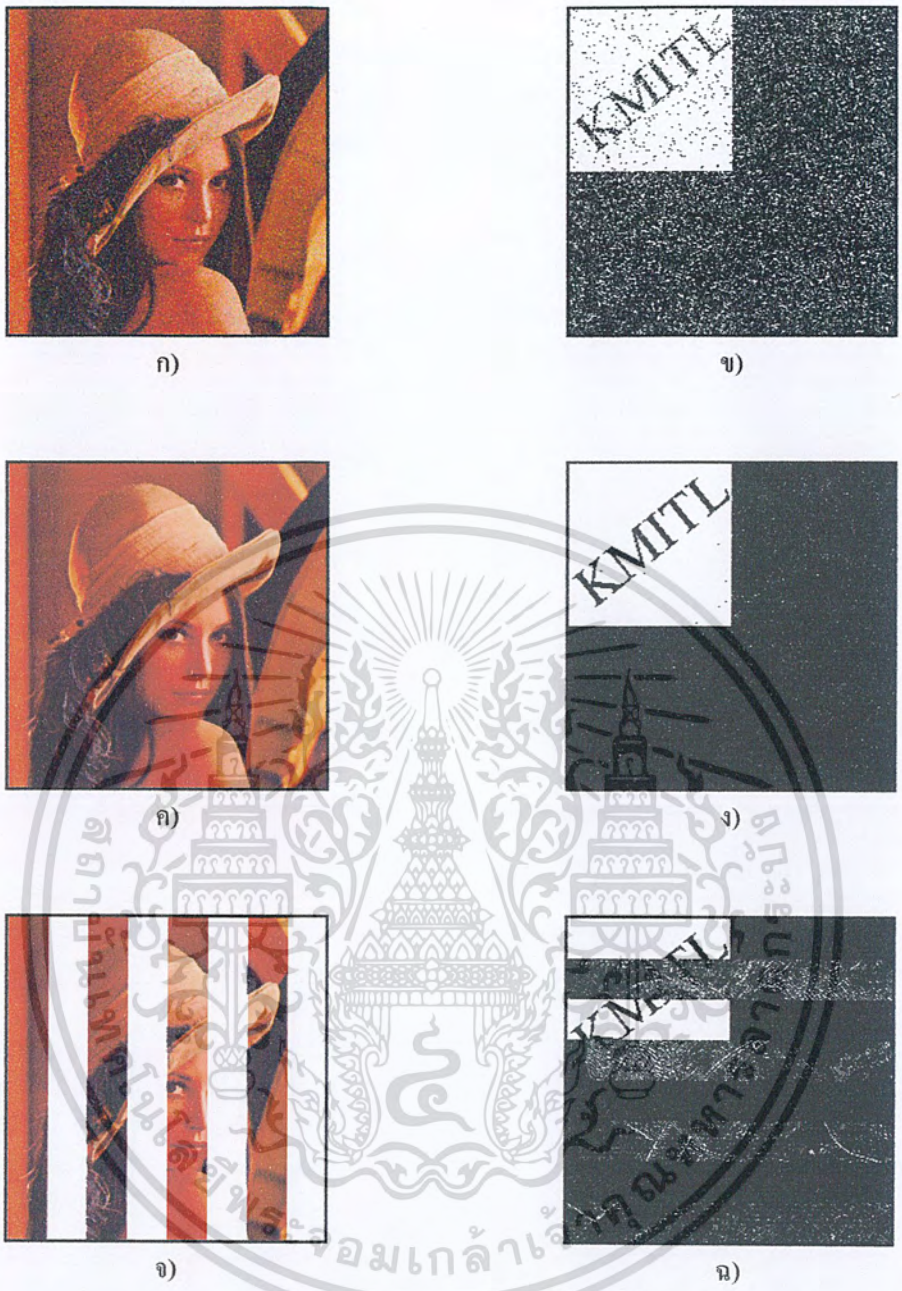
ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) ข)

ค) ง)

จ) ฉ)

รูป ข.19 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

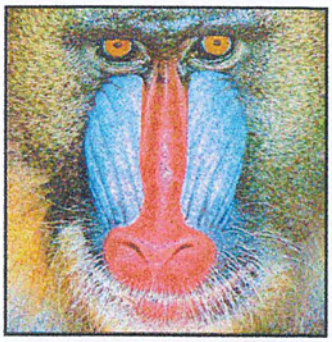
ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



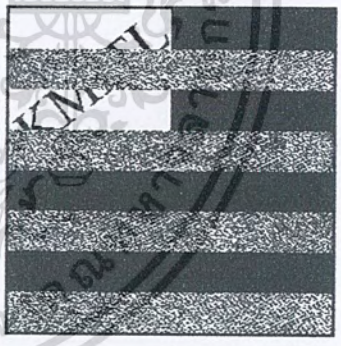
ก)

ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.20 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

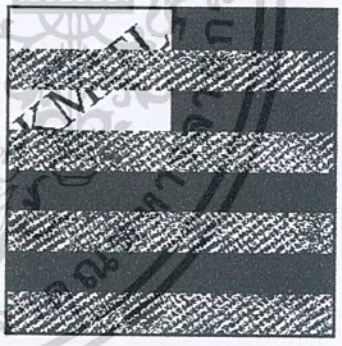
ก)

ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.21 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

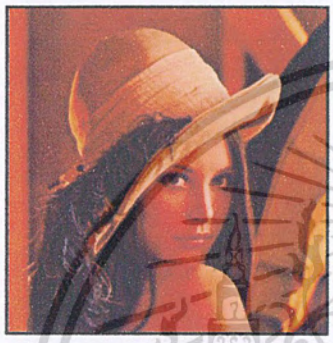
จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)



ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.22 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

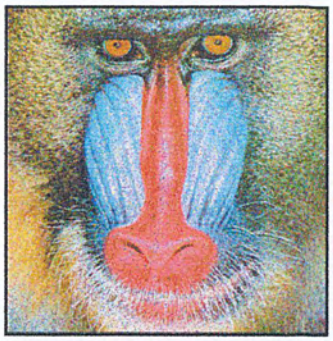
ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



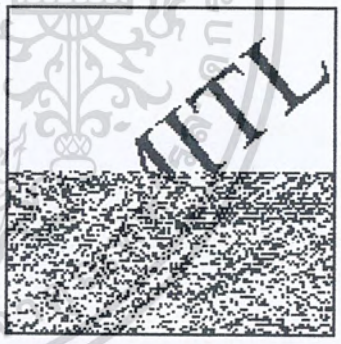
ก)

ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.23 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

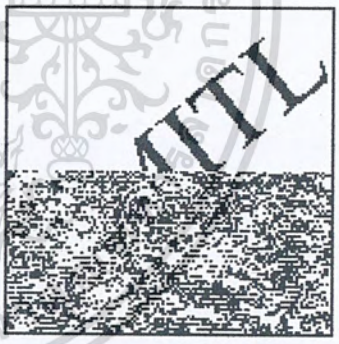
ก)

ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.24 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 2 ระดับตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.25 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

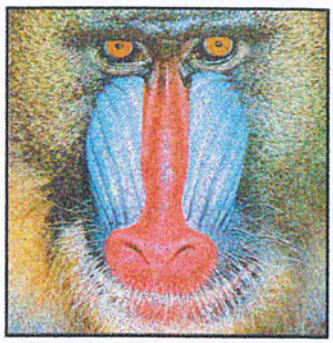
ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.26 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

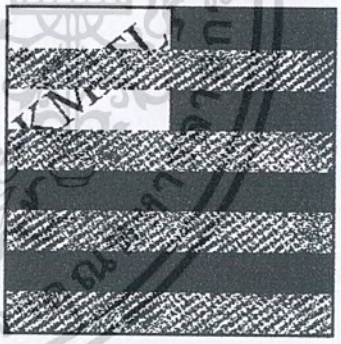
ก)

ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.27 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

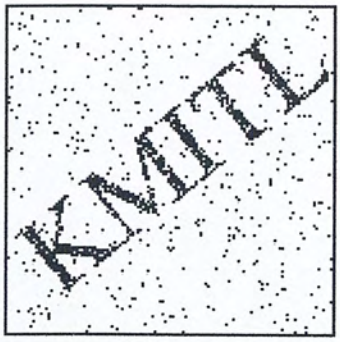
ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)



ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.28 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

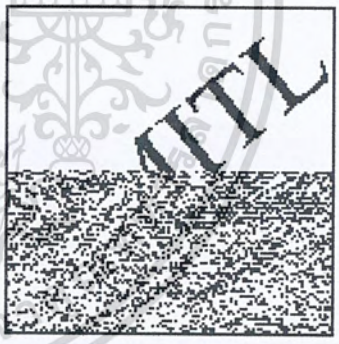
ก)

ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.29 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

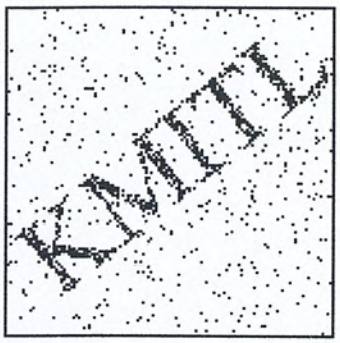
ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

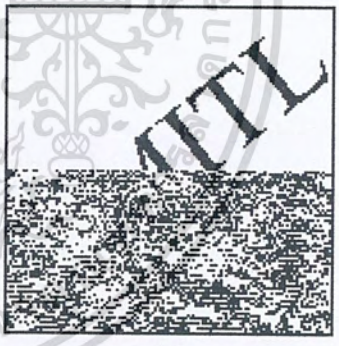


ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.30 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับตำแหน่ง HL^1 และ LH^1

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.31 Lenna แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

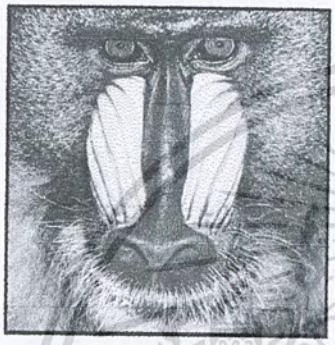
จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

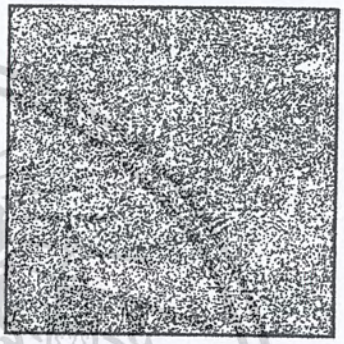
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

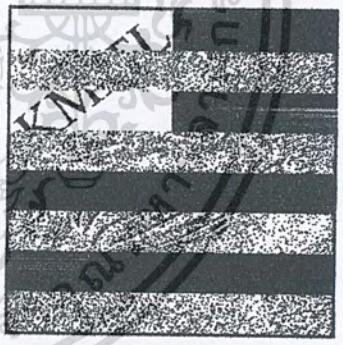


ค)



ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.32 Baboon แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.33 Pepper แบบ Grayscale ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.34 Lenna แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

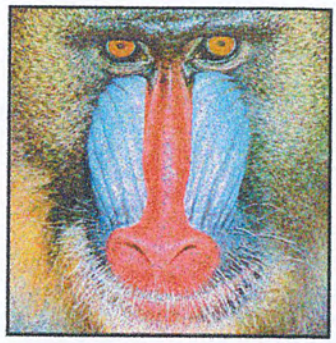
ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.35 Baboon แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

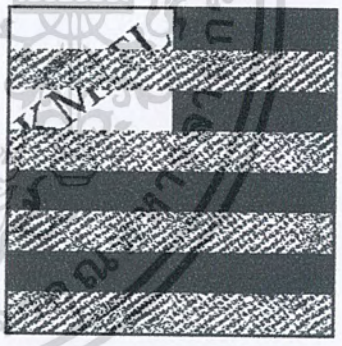
ก)

ข)

ค)

ง)

จ)



ฉ)

รูป ข.36 Pepper แบบ RGB ที่ค่าความคงทนของลายน้ำ = 1.5 ที่การแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ ตำแหน่ง HL^0 และ LH^0

ก) ทดลองโจมตี Noise 0.1

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise 0.1

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

ฉ)

รูป ข.37 Lenna แบบ RGB ฝังลายน้ำใน Spatial Domain

ก) ทดลองโจมตี Noise

ข) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Noise

ค) ทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

ง) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี บีบอัด JPEG

จ) ทดลองโจมตี Crop

ฉ) ลายน้ำที่ถอดได้จาก การทดลองโจมตี Crop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้