สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพด้วยลายน้ำดิจิตอล

COPYRIGHT PROTECTION WITH DIGITAL WATERMARKING

T055108

โดย

วรรณจักร เพาะนิยม

อมร ธาราวิวิต

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.อำนาจ ขาวเน

ดร.อรณัตร จิตต์โสภักตร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2546

เลขหมู่ b
เลขทะเบียน 55108
วัน,เดือน,ปี 8 พ.ย. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพด้วยลายน้ำดิจิตอล

COPYRIGHT PROTECTION WITH DIGITAL WATERMARKING

ผู้จัดทำ

นายวรรณจักร เพาะนิยม รหัสประจำตัว 44015345

นายอมร ธาราวิวิต รหัสประจำตัว 44015364

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์อำนาจ ขาวเน)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพด้วยลายน้ำดิจิตอล

นายวรรณจักร	เพาะนิยม	44015345
นายอมร	ธาราวิวิต	44015364
อาจารย์อำนาจ	ขาวเน	อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.อรฉัตร	จิตต์โสภักตร์	อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเอกสารสื่อดิจิตอลถูกใช้กันอย่างแพร่หลายทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งมีการนำเอกสารสื่อดิจิตอลของผู้อื่นไปใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาต โครงงานนี้สามารถที่จะทำให้เจ้าของเอกสารสื่อดิจิตอลสามารถที่จะทำให้เอกสารสื่อดิจิตอลของตนเองนั้นมีลิขสิทธิ์ที่สามารถตรวจสอบได้ โดยทำการใส่ภาพลายน้ำลงไปในเอกสารสื่อดิจิตอล เพื่ออ้างสิทธิ์ได้ว่าเอกสารดังกล่าวเป็นของผู้สร้างเอกสารนั้น ในกรณีที่มีผู้ทำการละเมิดลิขสิทธิ์นั้นได้

โครงงานนี้เป็นการนำภาพลายน้ำมาทำการรวมกับเอกสารสื่อดิจิตอลโดยที่ เมื่อทำการรวมกันแล้วไม่สามารถสังเกตเห็น ภาพลายน้ำนั้นและเอกสารสื่อดิจิตอลต้นแบบก็ไม่มีความผิดเพี้ยนไปจากเดิม ถึงแม้เอกสารสื่อดิจิตอลที่ทำการฝังลายน้ำลงไปแล้วถูกโจมตีอย่างไรก็ตาม เช่น ถูกลดขนาด ถูกปรับความเข้มของสี หรือถูกตัดไปใช้เพียงส่วนหนึ่งส่วนใดก็ตาม โครงงานนี้ก็ยังสามารถที่จะสามารถตรวจสอบลายน้ำนั้นได้ โดยในโครงงานนี้ใช้หลักการทำลายน้ำในโดเมนความถี่ ซึ่งใช้เทคนิคของ DCT(Discrete Cosine Transform)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT PROTECTION WITH DIGITAL WATERMARKING

Mr. Wannajak Phoniyom

Mr. Amorn Tharawiwit

Mr. Amnach Khawne Advisor

Dr. Orachat Jitsopak Advisor

Academic Year 2003

ABSTRACT

Nowadays the documents are used by people for communications on the internet. Sometime the documents are used by which do not have the permission form owner document. This project can do the copyright and checks the permission form the owner document that needs to protect the document by inserting copyright image to original image; the owner who creat the document can.

This project add up the original image with copyright image, when they are added the copyright image which is the invisible image. The copyright image and original image do not change the shape. Although, the watermark image is attacked by attacker such resize technique, color attack technique or some part cutting. This project can check the owner of image. We used the frequency domain technique applied to this project and used the Discrete Cosine Transform (DCT) for calculate the high frequency and the key is inserted to copyright image.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานการป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพด้วยลายน้ำดิจิตอล ได้จัดทำขึ้นและสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ในระหว่างการจัดทำโครงงานได้เกิดปัญหาและอุปสรรคมากมาย ซึ่งปัญหาและอุปสรรคเหล่านี้ก็ถูกแก้ไขสำเร็จได้ด้วยดี ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้จัดทำโครงงานได้คำปรึกษาที่ดีจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ อำนาจ ขาวเน และอาจารย์ ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์ ที่ยินดีให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำที่ดีในทุกเรื่องตลอดมา ซึ่งต้องขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างมาก

ขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่เอื้อเฟื้อห้องวิจัยมัลติมีเดีย ให้ผู้จัดทำได้ใช้ทำโครงงาน ขอบคุณรุ่นพี่ และเพื่อนๆ ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่มีส่วนช่วยเป็นกำลังใจและเป็นที่ปรึกษา ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

และต้องขอบคุณบุคคลที่สำคัญยิ่ง ที่ทำให้ผู้จัดทำมีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้จัดทำเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่ดูแลเสมอมา ในทุกๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ผู้จัดทำขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอการบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

วรรณจักร เพาะนิยม

อมร ธาราวิวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการฝังลายน้ำ	3
2.1 สื่อดิจิตอล	3
2.2 สเตเกโนกราฟี	4
2.3 การทำลายน้ำดิจิตอล	4
2.4 การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำลายน้ำ	5
2.4.1 การทำลายน้ำสำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์	6
2.4.2 การทำลายน้ำสำหรับการติดฉลากข้อความ และการซ่อนหมายเหตุ	6
2.4.3 การรับรองและการตรวจสอบความถูกต้อง	7
2.4.4 ความปลอดภัยและการไม่ปรากฏในการสื่อสาร	7
2.5 สิ่งที่ต้องการสำหรับแบบแผนความคงทนของการทำลายน้ำ	7
2.5.1 ความปลอดภัย	7
2.5.2 การไม่ปรากฏของการมองเห็นได้	8
2.5.3 การไม่ปรากฏทางสถิติ	8
2.5.4 บิทเรท	8
2.5.5 การตรวจสอบที่น่าเชื่อถือ	8
2.5.6 ความคงทน	8
2.5.7 การทำลายน้ำแบบซ้อนลายน้ำ	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

2.5.8 การทำลายน้ำแบบใช้และไม่ใช้ภาพต้นแบบในการตรวจหา
และลายน้ำแบบเปิดเผยและส่วนตัว 9
2.5.9 การทำลายน้ำที่สามารถอ่านได้และตรวจสอบได้ 10
2.5.10 ความสามารถในการทำลายน้ำแบบย้อนกลับและแบบผกผัน 10
2.5.11 สเกลอะบิลิตี้ 10
2.6 ข้อกำหนดของความคงทน 11
2.6.1 การแก้ไขโดยการประมวลผลสัญญาณ 11
2.6.2 การเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต 12
2.6.3 แทมเปอริ่งและคอลลูชั่น 12
2.7 การจำแนกเทคนิคการทำลายน้ำภาพ 13
2.7.1 การจำแนกโดยพิจารณาจากการฝังลายน้ำ 14
2.7.2 การจำแนกโดยพิจารณาจากการตรวจหาลายน้ำ 15
2.8 สรุป 17
บทที่ 3 การทำภาพลายน้ำ โดยใช้ DCT 19
3.1 หลักการทำลายน้ำในโดเมนความถี่ 19
3.2 ลำดับของลายน้ำ 20
3.3 การฝังภาพลายน้ำ และการตรวจหาภาพลายน้ำ 20
3.3.1 ภาพระดับเทา(gray scale) 21
แบบที่ 1 การฝังภาพลายน้ำโดยการทำ DCT ภาพต้นแบบทั้งภาพ 21
แบบที่ 2 การฝังภาพลายน้ำโดยการทำ DCT ภาพต้นแบบเป็นบล็อกๆ ละ 8x8 26
3.3.2 ภาพสี (Image Color) 28
แบบที่ 1 การฝังภาพลายน้ำโดยการทำ DCT ภาพต้นแบบทั้งภาพ 28
แบบที่ 2 การฝังภาพลายน้ำโดยการทำ DCT ภาพต้นที่เป็นภาพสี
แบบเป็นบล็อกๆ ละ 8x8 31
บทที่ 4 ผลการทดลอง 34
4.1 การวัดคุณภาพของภาพภายหลังการใส่ลายน้ำ 34
4.2 อัลกอริธึมที่ 1 การฝังภาพคีย์ลงในภาพต้นแบบ
โดยทำการคำนวณ DCT ทั้งหมดของภาพ 35
4.2.1 ผลการทดลองขณะไม่มีการรบกวนใดๆ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

4.2.2 การทดสอบความคงทนของลายน้ำ 37

4.3 อัลกอริธึมที่ 2 การฝังภาพคีย์ลงในภาพต้นแบบ โดยทำการคำนวณ DCT เป็นบล็อกๆ 39

4.3.1 ผลการทดลองขณะไม่มีการรบกวนใดๆ 39

4.3.2 การทดสอบความคงทนของลายน้ำ 40

4.4 การประยุคผลการทดลองและ ผลการทดลอง ต่อการโจมตีรูปแบบอื่น 43

4.4.1 การเพิ่มสัญญาณรบกวนลงในภาพที่ทำการฝังลายน้ำแล้ว 43

4.4.2 การเพิ่มแสงลงในภาพที่ทำการฝังลายน้ำแล้ว 44

4.4.3 การทดลองนำมาใช้กับงานทั่วไป 45

4.4.4 การฝังรูปคีย์ซ้ำ 46

4.5 สรุป 47

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป 48

5.1 บทวิจารณ์ 48

5.2 สรุป 48

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในอนาคต 48

ภาคผนวก 50

ภาคผนวก ก. คู่มือการติดตั้ง 51

ภาคผนวก ข. การใช้งานโปรแกรม 52

บรรณานุกรม 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการเข้ารหัสลายน้ำ	5
2.2	การประมวลผลสัญญาณหรือความผิดเพี้ยนต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับข้อมูล	11
2.3	การแบ่งเทคนิคของการทำลายน้ำ	14
2.4	บล็อกไดอะแกรมสำหรับการทำลายน้ำที่สามารถอ่านได้แบบส่วนตัว	17
2.5	บล็อกไดอะแกรมสำหรับการทำลายน้ำที่สามารถอ่านได้ทั่วไป	17
3.1	การเรียงลำดับของสัมประสิทธิ์ DCT ในรูปแบบของ ซิกแซกสแกน	21
3.2	กระบวนการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1	22
3.3	บล็อกไดอะแกรมการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1	23
3.4	กระบวนการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1	25
3.5	บล็อกไดอะแกรมการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1	25
3.6	การแบ่งรูปออกเป็นแต่ละบล็อกๆ ละ 8 x 8	26
3.7	บล็อกไดอะแกรมการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 2	27
3.8	บล็อกไดอะแกรมการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 2	28
3.9	บล็อกไดอะแกรมการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1	29
3.10	บล็อกไดอะแกรมการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1	31
3.11	บล็อกไดอะแกรมการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 2	32
3.12	บล็อกไดอะแกรมการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 2	33
4.1(ก)	ภาพต้นแบบ Lena ขนาด 256 x 256	36
4.1(ข)	ภาพต้นแบบ Lena ที่ใส่ลายน้ำแล้ว มีค่า PSNR = 38.82 dB	36
4.2(ก)	ภาพต้นแบบ House ขนาด 256 x 256	36
4.2(ข)	ภาพต้นแบบ House ที่ใส่ลายน้ำแล้ว มีค่า PSNR = 40.12 dB	36
4.4(ก)	ภาพ House ที่ถูกโจมตีด้วยสี	37
4.3(ข)	ภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาได้	37
4.4(ก)	ภาพ House ที่ถูกโจมตีด้วยสี	38
4.4(ข)	ภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาได้	38
4.5(ก)	รูปภาพ Lena ที่ทำการลดขนาดลงเหลือ 70%	39
4.5(ข)	รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6(ก)	รูปภาพ House ที่ทำการลดขนาดลงเหลือ 40%	39
4.6(ข)	รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้	39
4.7(ก)	ภาพต้นแบบ Lena ขนาด 256 x 256	40
4.7(ข)	ภาพต้นแบบ Lena ที่ใส่ลายน้ำแล้ว มีค่า PSNR = 34.25 dB	40
4.8(ก)	ภาพต้นแบบ House ขนาด 256 x 256	40
4.8(ข)	ภาพต้นแบบ House ที่ใส่ลายน้ำแล้ว มีค่า PSNR = 35.72 dB	40
4.9(ก)	ภาพ lenaที่ถูกโจมตีด้วยสี	41
4.9(ข)	ภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาได้	41
4.10(ก)	ภาพ House ที่ถูกโจมตีด้วยสี	41
4.10(ข)	ภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาได้	41
4.11(ก)	รูปภาพ Lena ที่จากการตัดบางส่วนออก	42
4.11(ข)	รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้	42
4.12(ก)	รูปภาพ House ที่จากการตัดบางส่วนออกไป	42
4.12(ข)	รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้	42
4.13(ก)	รูปภาพ การเพิ่มสัญญาณรบกวน	43
4.13(ข)	รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้	43
4.14(ก)	รูปภาพ House การเพิ่มสัญญาณรบกวน	43
4.14(ข)	รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้	43
4.15(ก)	การเพิ่มแสงลงในภาพ	44
4.15(ข)	รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้	44
4.16(ก)	รูปภาพ House การเพิ่มแสงลงในภาพ	44
4.16(ข)	รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้	44
4.17	โปรแกรมทำกาการฝังลายน้ำ	45
4.18(ก)	รูปต้นแบบ	45
4.18(ข)	รูปที่ผ่านการฝังลายน้ำแล้ว	45
4.19	รูปคีย์ที่ค้นพบ	46
4.20	รูปการหาค่าความผิดพลาด	46
4.21(ก)	รูปคีย์ที่จะฝังซ้ำ	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.21(ข)	รูปคีย์ที่ทำการฝัง	46
4.22(ก)	รูปที่ยังไม่ผ่านการฝังลายน้ำ	47
4.22(ข)	รูปที่ผ่านการฝังลายน้ำ	47
4.23	รูปคีย์ที่ถอดได้	47
ก.1	รูปการติดตั้งโปรแกรม	51
ก.2	รูปโปรแกรมที่ผ่านการติดตั้ง	51
ก.3	รูปโปรแกรมที่ทำการฝังลายน้ำ	52
ก.4	รูปโปรแกรมที่ทำการฝังลายน้ำเมื่อเลือกปุ่ม Generate Key	53
ก.5	รูปโปรแกรมที่ทำการฝังลายน้ำเมื่อเลือกปุ่ม MARK	53
ก.6	รูปโปรแกรมที่ทำการฝังลายน้ำเมื่อเลือกปุ่ม Recover	53
ก.7	รูปแสดงค่าความผิดพลาดที่โปรแกรมตรวจพบ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันมีการเผยแพร่ของเอกสารสื่อดิจิตอลอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้เกิดการละเมิดลิขสิทธิ์ได้ง่าย ทางคณะผู้จัดทำจึงทำการวิจัยเพื่อหาทางป้องกันการคัดลอกสื่อโดยไม่ได้รับอนุญาต ซึ่งมีการเสนอวิธีการในการฝังข้อมูลที่สามารถระบุถึงข้อมูลของเจ้าของงาน หรือผู้ที่ได้รับลิขสิทธิ์อย่างถูกต้องในงานนั้นๆ ขึ้นมา ข้อมูลที่ฝังลงไปในงานนี้เรียกว่า ลายน้ำดิจิตอล โดยสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานว่าวิธีใดเหมาะสมมากที่สุดสำหรับงานนั้นๆ การแบ่งประเภทจะแบ่งด้วยวิธีในการฝังลายน้ำ และวิธีในการตรวจหาลายน้ำ ซึ่งมีการพัฒนาไปในหลายๆทาง โดยทางคณะผู้จัดทำจะเน้นที่วิธีการทำลายน้ำที่ทำในโดเมนความถี่ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบในการตรวจหาลายน้ำ และมีการปรับปรุงคุณภาพของลายน้ำให้มีความคงทนยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อพัฒนาต้นแบบ Software ที่มีความสามารถในการป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์ของเอกสารสื่อดิจิตอล ที่นำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการแจกจ่าย จำหน่ายเอกสารสื่อดิจิตอล ในเชิงพาณิชย์ เพื่อสนับสนุนการใช้เอกสารสื่อที่เป็นลิขสิทธิ์
- เพื่อศึกษาถึงกระบวนการการฝังลายน้ำดิจิตอลโดยใช้เทคนิคของโดเมนความถี่ (Frequency Domain) โดยใช้วิธีการแปลงสัญญาณแบบดีสครีตโคซายด์ทรานฟอร์ม (Discrete Cosin Transform : DCT) โดยการประยุกต์การใช้งานให้มีประสิทธิภาพ
- ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้งานโดยใช้โปรแกรม Matlab และ C++

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- สร้างต้นแบบโปรแกรมที่สามารถใส่ลายน้ำลงไปในเอกสารสื่อโดยที่ภาพที่ใส่ลายน้ำแล้วไม่สามารถสังเกตเห็นลายน้ำได้
- สร้างต้นแบบโปรแกรมที่สามารถถอดลายน้ำออกจากเอกสารสื่อ โดยไม่จำเป็นต้องใช้รูปต้นแบบ
- สร้างต้นแบบโปรแกรมที่จะสามารถสร้างและตรวจสอบความเป็นเจ้าของ ผู้สร้างงานผู้ที่ได้รับสิทธิ์หรือใครก็ตามที่ได้สิทธิ์ในการครอบครองข้อมูลนั้นของเอกสารสื่อดิจิตอลที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เริ่มจากศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ศึกษาโครงสร้างของภาพที่เป็นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับเทา และที่เป็นแบบ BMP ที่เป็นภาพสี ,ศึกษาเทคนิคและวิธีการฝังลายดิจิตอลโดยใช้เทคนิคของโดเมนความถี่ (Frequency Domain) โดยใช้การแปลงสัญญาณแบบ DCT (Discrete Cosin Transform), ศึกษาการเขียนโปรแกรม Matlab , ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษา C++

2. หลังจากที่ได้ศึกษาทฤษฎีต่างๆ แล้วก็นำทฤษฎีเหล่านั้นมาใช้งาน เขียนโปรแกรมจัดการกับไฟล์รูปภาพที่เป็นรูปภาพระดับเทา เขียนโปรแกรมที่ทำการแปลงภาพ DCT เขียนโปรแกรมในการฝังลายน้ำลงในภาพต้นแบบ เขียนโปรแกรมในการดึงภาพลายน้ำออกจากภาพต้นแบบ เขียนโปรแกรมหาค่าความผิดพลาดจำพวกค่า PSNR, ค่า คอลลีเลชั่น

3. เมื่อทำเสร็จแล้วก็ทำการทดสอบโปรแกรม และแก้ไขจุดบกพร่องที่พบในโปรแกรม และทำการเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมให้ทำงานดีขึ้น ท้ายสุดนำผลการทดลองมาทำการวิจารณ์และสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีการฝังลายน้ำ

การเผยแพร่ของเอกสารสื่อดิจิตอลในระบบเครือข่ายเปิดอย่างรวดเร็ว เนื่องจากข้อดีหลายๆ อย่าง ของสื่อดิจิตอลเมื่อเทียบกับสื่ออื่นๆ ที่ผ่านมาซึ่งถูกจำกัดด้วยค่าแฟกเตอร์ต่างๆ โดยข้อมูลดิจิตอลสามารถทำสำเนาขึ้นมาใหม่ให้เหมือนกับต้นฉบับได้ง่าย ซึ่งทำให้เกิดการละเมิดลิขสิทธิ์ได้ง่าย แนวทางการแก้ไขปัญหานี้ เราสามารถนำการฝังลายน้ำดิจิตอลซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่นำหลักการในการวิจัยหลายๆ แขนงมาใช้ อย่างเช่น สเตเกโนกราฟี คริปโตกราฟี ทฤษฎีการสื่อสารและการประมวลผลสัญญาณ ในบทนี้จะนำเสนอเทคโนโลยีที่ใช้ในการป้องกันลิขสิทธิ์ของสื่อดิจิตอล โดยพิจารณาในส่วนของการประยุกต์ใช้ที่เป็นไปได้ ความต้องการในด้านต่างๆของการฝังลายน้ำดิจิตอล กฎเกณฑ์ความคงทนที่มีผลต่อลายน้ำ และอื่นๆ โดยจะแยกออกเป็นประเภทต่างๆ ตามเทคนิคการฝังลายน้ำกับภาพดิจิตอล ซึ่งมีดังนี้

2.1 สื่อดิจิตอล

ไม่กี่ปีที่ผ่านมาระบบมัลติมีเดีย (Multimedia) ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากจำนวนของข้อมูลข่าวสารเพิ่มขึ้นอย่างมากมายซึ่งถูกเก็บอยู่ในรูปแบบของดิจิตอล ในทางอุตสาหกรรมมีการจัดส่งข้อมูลเสียง ภาพ และ วีดีโอ ในรูปแบบของอิเล็กทรอนิกส์ไปยังลูกค้า และการแพร่ภาพโทรทัศน์ ในองค์กรส่วนใหญ่และการเก็บรูปภาพด้วยการแปลงข้อมูลจากในรูปของแอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล เอกสารที่อยู่ในกระดาษในรูปแบบของ การบันทึกเสียงแบบแอนาล็อก ฟิล์มเซลลูลอยด์ ไปอยู่ในรูปแบบของสื่อดิจิตอล เนื่องจากข้อดีหลายๆอย่างของสื่อดิจิตอลเมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลในรูปแบบเดิมๆ คุณภาพของสัญญาณดิจิตอลสูงกว่าสัญญาณแอนาล็อก และข้อมูลแบบแอนาล็อกต้องการระบบที่มีราคาแพงเพื่อทำสำเนาให้ได้คุณภาพสูงเหมือนต้นแบบ ในขณะที่ข้อมูลดิจิตอลสามารถทำสำเนาได้โดยง่ายโดยปราศจากการสูญเสียความคมชัดซึ่งทำให้เหมือนต้นแบบได้อย่างสมบูรณ์ ยิ่งไปกว่านั้น สัญญาณเสียง ภาพ และวิดีโอดิจิตอลสามารถส่งผ่านระบบเครือข่ายได้โดยง่าย อย่างเช่น อินเตอร์เน็ต เมื่อเป็นเช่นนี้ในปัจจุบันข้อมูลมัลติมีเดียจำนวนมากจึงมีอยู่ให้เลือกใช้ได้จากทุกหนทุกแห่งในโลก ซึ่งมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราที่สูงผ่านบริการด้านมัลติมีเดียที่มีอยู่ เช่น การทำพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ การโฆษณา อินเตอร์แอกทีฟทีวี ห้องสมุดดิจิตอล การทำงานทางไกล การปรึกษาทางไกล หนังสือพิมพ์ผ่านเวป สารสารออนไลน์ และอื่นๆ อีกมากมาย

จากที่กล่าวมาข้างต้น เป็นไปได้ที่เราจะซ่อนข้อมูลบางอย่างไว้ในข้อมูลดิจิตอลเหล่านี้ ด้วยวิธีเปลี่ยนแปลงข้อมูลในส่วนที่ไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยสายตามนุษย์ เทคนิคการฝังข้อมูลดิจิตอลมีใช้ในหลายๆ งานประยุกต์ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้ อย่างไรก็ตามก่อนหน้านี้สำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์ถูกจำกัดด้วยแฟกเตอร์ในการพัฒนาด้านการบริการเครือข่ายมัลติมีเดีย ซึ่งก็คือผู้แต่ง ผู้ตีพิมพ์ และ ผู้จัดทำข้อมูลมัลติมีเดีย ไม่ยินดีจะอนุญาตให้มีการเผยแพร่เอกสารข้อมูลของตนเองในระบบเครือข่าย เพราะว่าในการทำสำเนาของข้อมูลดิจิตอลขึ้นมาใหม่ให้เหมือนกับข้อมูลต้นแบบไม่ใช่เรื่องยาก ซึ่งถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ การยักยอกข้อมูล และการโจรกรรม เป็นต้น ในความเป็นจริง การพัฒนาในอนาคตของระบบมัลติมีเดียใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครือข่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบเครือข่ายเปิดอย่างอินเตอร์เน็ต ซึ่งต้องพัฒนาวิธีการป้องกันและจัดการลิขสิทธิ์ของเจ้าของข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากผู้ไม่ประสงค์ดีและการเผยแพร่ข้อมูลเหล่านี้ไปในเครือข่าย การป้องกันลิขสิทธิ์ของข้อมูลมัลติมีเดียจะเป็นผลสำเร็จได้โดยอัลกอริธึมคริปโตกราฟี เพื่อจัดการการควบคุมการเข้าถึงข้อมูลทั้งหมดและทำให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาต ไม่สามารถอ่านข้อมูลเหล่านี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามระบบเอนคริปชั่น(Encrytion) ไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้สมบูรณ์ เพราะว่าเมื่อใดก็ตามที่เอนคริปชั่นถูกลบออกไปก็จะไม่สามารถควบคุมการแพร่กระจายของข้อมูลได้อีกต่อไป แนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้จากวิธีเผชิญหน้าด้วยการฝังลายน้ำดิจิตอลของงานมัลติมีเดีย โดอนุญาตให้ข้อมูลเหล่านี้ถูกเผยแพร่ออกไปได้โดยสามารถติดตามตรวจสอบในภายหลังได้ ด้วยวิธีนี้จำนวนในการทำสำเนาจะไม่ถูกจำกัด แต่เป็นไปได้ที่ยังสามารถควบคุมไม่ให้งานต้นแบบเผยแพร่ออกไป

2.2 สเตเกโนกราฟี

เทคนิคการฝังลายน้ำมีหลักการพื้นฐานอยู่บนหลายๆ สาขาการวิจัย เช่น สเตเนโนกราฟี, คริปโตกราฟี ทฤษฎีการสื่อสาร และ การประมวลผลสัญญาณ

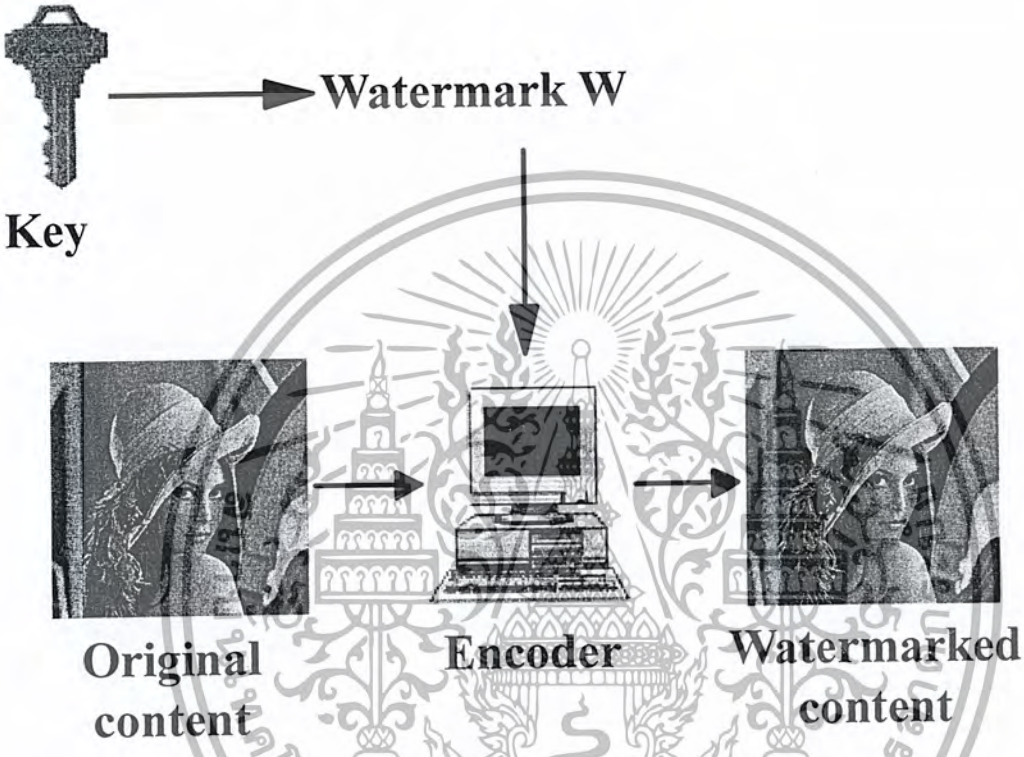
ส่วนใหญ่แล้วเทคนิคเหล่านี้มีกำเนิดโดยตรงมาจาก สเตเกโนกราฟี (steganography) ที่มีความหมายว่า covered writing (จากคำในภาษากรีก “Stegano” หรือ “Covered” และ “graphos” หรือ “to write”) สเตเกโนกราฟีเป็นศาสตร์ของการซ่อนข้อมูลข่าวสารในการสื่อสารซึ่งยังคงมีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งต่างจากคริปโตกราฟีที่ตั้งใจทำให้ข่าวสารนี้ไม่ให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตสามารถอ่านออกได้ จุดหมายของสเตเกโนกราฟีคือการซ่อนข้อมูลข่าวสารไว้ภายในข้อมูลที่ไม่เป็นที่น่าสงสัย ซึ่งทำให้เป็นไปได้ยากในการตรวจหาได้ว่ามีข่าวสารที่เป็นความลับปรากฏซ่อนอยู่ภายใน โดยหนึ่งในเอกสารแรกๆ ที่บรรยายเกี่ยวกับเทคนิคสเตเกโนกราฟฟิก คือ พงศาวดารของ Herodotus เรื่องมีอยู่ว่า Demeratus ต้องการเตือน Sparta ว่า Xerses มุ่งหมายจะบุกรุกดินแดนของกรีก โดยส่งข่าวสารด้วยวิธีเคลือบแว็กไว้ที่บางส่วนของแผ่นป้าย (ที่ใช้สำหรับเขียนหนังสือ) แล้วขูดแว็กออกจากแผ่นป้ายและเขียนข่าวสารไว้บนไม้ จากนั้นก็ปิดทับด้วยแผ่นป้ายที่เคลือบด้วยแว็กจึงนำผ่านทหารยามไปได้โดยง่าย อีกเรื่องหนึ่ง มีผู้ดีชาวเปอร์เซียชื่อว่า Histiaeus ทำการโกนผมทาสของเขาออกและสักข่าวสารไว้บนศีรษะของทาสผู้นั้น หลังจากที่เส้นผมของทาสผู้นั้นยาวขึ้นปกปิดข้อความเหล่านั้น Histiaeus ก็ส่งทาสผู้นี้ไปยังเป้าหมายของเขาโดยสั่งให้โกนศีรษะทาสผู้นั้นด้วย ในรูปแบบอื่นๆ ของการสื่อสารในแบบที่ไม่สามารถมองเห็นได้ที่เคยใช้กัน อย่างเช่น น้ำหมึกล่องหน ไมโครดอท การเลื่อนคำและการเปลี่ยนช่องว่างระหว่างบรรทัดในเอกสาร ปัจจุบันเราสามารถซ่อนข้อมูลข่าวสารไว้ในเสียง วีดีโอ ภาพดิจิตอล และตัวหนังสือ

2.3 การทำลายน้ำดิจิตอล

ลายน้ำดิจิตอลเป็นสัญญาณที่ถูกฝังอยู่ในข้อมูลดิจิตอล อาทิ เสียง ภาพ วีดีโอ และตัวหนังสืออย่างถาวรซึ่งสามารถตรวจหาหรือแยกออกมาได้ในภายหลัง โดยทำการคำนวณตามวิธีที่กำหนดไว้เพื่อแสดงสิทธิ์ในการถือครองข้อมูลนั้นๆ ลายน้ำถูกซ่อนในข้อมูลต้นแบบโดยรวมเข้ากับข้อมูล ซึ่งทำให้มันสามารถทนทานต่อกระบวนการต่างๆซึ่งหมายความว่าการฝังลายน้ำทำให้ยังคงสามารถเข้าถึงงานนั้นได้อยู่แต่ว่าจะถูกฝังอยู่ในงานชิ้นนั้นอย่างถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการฝังลายน้ำประกอบด้วยตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส ตัวเข้ารหัสทำหน้าที่แทรกลายน้ำเข้าไปในข้อมูลมัลติมีเดีย ในกรณีของการประยุกต์ใช้การป้องกันลิขสิทธิ์ประกอบด้วย รหัสของข้อมูลที่มีลิขสิทธิ์ของเจ้าของ ผู้สร้างงาน ผู้ที่ได้รับสิทธิ์หรือใครก็ตามที่ได้สิทธิ์ในการครอบครองข้อมูลนั้นอยู่อย่างถูกต้องดังรายละเอียดในรูปที่ 2.1 การทำงานของการเข้ารหัสต้องการกุญแจรหัสคริปโตกราฟีในการฝังลงไปในสัญญาณ



รูปที่ 2.1 กระบวนการเข้ารหัสลายน้ำ

เมื่อฝังลายน้ำลงไปแล้วก็สามารถเผยแพร่ข้อมูลนี้ไปในระบบเปิดได้ ซึ่งผู้ไม่ประสงค์ดีอาจมีความมุ่งหมายในการลบลายน้ำที่ฝังอยู่ในงานที่เผยแพร่ เพื่อนำไปขายหรือเผยแพร่ต่อโดยไม่ได้รับอนุญาตได้

ท้ายที่สุด ในขั้นตอนการถอดรหัส ซึ่งสามารถตรวจหาหรือแยกรหัสออกจากข้อมูลที่สงสัยว่าเป็นงานที่เราได้ฝังลายน้ำเพื่อแสดงสิทธิ์ความเป็นเจ้าของไว้ ในบางระบบจำเป็นต้องใช้งานต้นแบบสำหรับการตรวจหาลายน้ำ ด้วยกุญแจรหัสคริปโตกราฟีเพื่อตรวจสอบว่ามีลายน้ำที่เราฝังไว้อยู่หรือไม่

2.4 การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำลายน้ำ

แม้ว่าอัลกอริธึมของการฝังลายน้ำดิจิตอลยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น ในการพัฒนาสำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์ ในงานวิจัยที่มีอยู่ในสาขานี้ได้พบงานประยุกต์ที่สำคัญมากมายที่ใช้ลายน้ำดิจิตอลเข้ามาช่วยในงานเหล่านี้ โดยเฉพาะใน 4 หัวข้อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การป้องกันลิขสิทธิ์ (Copyright protection)
- การติดฉลากข้อความ และการซ่อนหมายเหตุ (Content labeling and hidden notations)
- การรับรองและการตรวจสอบความถูกต้อง (Authentication and integrity verification)
- ความปลอดภัยและการไม่ปรากฏในการสื่อสาร (Secure and invisible communication)

ในแต่ละสาขาของงานประยุกต์ ถูกกำหนดด้วยลักษณะพิเศษในความต้องการด้านต่างๆของเทคโนโลยีการฝังลายน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ความปลอดภัย (Security) การสังเกตเห็นได้ (Perceptibility) และปริมาณของข้อมูลที่ทำการฝังลงไป ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดของทั้ง 4 งานประยุกต์ที่ได้ว่าไว้ข้างต้น

2.4.1 การทำลายน้ำสำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์

ในงานประยุกต์ประเภทนี้ ข้อมูลที่อยู่ในกระบวนการทำลายน้ำจะเกี่ยวกับผู้สร้าง ผู้เผยแพร่ ผู้ซื้อ หรือเงื่อนไขในลิขสิทธิ์ระหว่างพวกเขาสามารถฝังลงไปในส่วนของข้อมูลมัลติมีเดียได้ เมื่อได้ทำการฝังข้อมูลลงไปแล้ว เราสามารถตรวจหากรรมสิทธิ์ได้ในภายหลังว่าได้มาอย่างถูกต้องหรือไม่ สมมุติว่าเจ้าของข้อมูลได้จัดหาภาพให้แก่ลูกค้าไปเพื่อตีพิมพ์ โดยได้รับค่าธรรมเนียมสำหรับการใช้ภาพนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ที่นำภาพไปพิมพ์มีโอกาสละเลยไม่จ่ายค่าธรรมเนียมนี้ได้เพื่อยับยั้งการละเมิดลิขสิทธิ์นี้ เจ้าของสามารถฝังลายน้ำซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถแสดงถึงความเป็นเจ้าของของผู้ที่ได้รับสิทธิ์ในการตีพิมพ์ได้ ในกรณีแรกลายน้ำใช้สำหรับยืนยันความเป็นเจ้าของได้(ownership assertion) ซึ่งเจ้าของสามารถควบคุมและตรวจสอบข้อมูลที่ถูกตีพิมพ์ที่น่าสงสัยได้โดยตรวจหาลายน้ำที่แสดงความเป็นเจ้าของที่ถูกฝังไว้ได้ ถ้าปรากฏว่ามีลายน้ำอยู่อย่างชัดเจนก็สามารถใช้เป็นหลักฐานในการแสดงความเป็นเจ้าของได้ ในกรณีที่สอง ลายน้ำใช้สำหรับการพิมพ์ลายนิ้วมือ (Fingerprinting) เพื่อป้องกันผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตทำสำเนาและทำการแจกจ่ายภาพ โดยเจ้าของสามารถฝังข้อมูลที่ระบุถึงผู้ที่ได้รับอนุญาตซึ่งเจ้าของสามารถระบุผู้รับต้นแบบและทำการยกเลิกการทำธุรกิจกับผู้นั้นได้ ในบางเหตุการณ์สำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์อาจจะใช้ลายน้ำที่สามารถมองเห็นได้หรือไม่สามารถมองเห็นได้ก็ได้

2.4.2 การทำลายน้ำสำหรับการติดฉลากข้อความ และการซ่อนหมายเหตุ

การทำลายน้ำดิจิตอล สามารถใช้ในการซ่อนฉลากข้อความและหมายเหตุไว้ในข้อมูลมัลติมีเดีย โดยใช้ในการติดฉลากข้อความ การทำดรรชนีและติดตามข้อมูลมัลติมีเดีย ใช้ในการควบคุมในงานที่ต้องการควบคุมระดับในการเข้าถึงข้อมูล หรือในแผนที่ และภาพถ่ายทางการแพทย์ ในการทำฉลาก รหัสที่ฝังเจ้าไปประกอบด้วยคำอธิบายของข้อมูลที่เกี่ยวกับข้อความภายใน ภาพถ่ายที่สามารถใส่รายละเอียดเกี่ยวกับวัน เวลา สถานที่ในภาพได้โดยอัตโนมัติเมื่อทำการถ่ายภาพ ลายน้ำสามารถใช้ในการป้องกันข้อมูลดิจิตอลวีดีโอ ในระบบปิดได้ โดยใช้ฮาร์ดแวร์พิเศษสำหรับทำสำเนาและดูรายละเอียด ซึ่งจะมีรหัสที่แสดงถึงจำนวนครั้งที่อนุญาตให้ทำสำเนา ดังนั้นทุกครั้งเมื่อมีการทำสำเนาฮาร์ดแวร์ตัวนี้จะทำการเปลี่ยนแปลงรหัสและเมื่อจำนวนเท่ากับศูนย์ระบบจะไม่สามารถดูข้อมูลได้อีก เช่น DVD (digital video disc) ในงานประยุกต์ใหม่ๆ จะสามารถกำหนดระดับในการเข้าถึงข้อมูลมัลติมีเดียได้หลายระดับ โดยใช้การทำลายน้ำ การควบคุมรายละเอียดของภาพ ถ้าผู้ใช้มีระดับในการเข้าถึงสูงรายละเอียดของภาพก็จะปรากฏออกมา แต่ถ้าผู้ใช้มีระดับในการเข้าถึงต่ำก็จะไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเห็นรายละเอียดของภาพได้ อีกกรณีหนึ่ง สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม อย่างในการแสดงระบบแทร็กซ์หลายภาษา (multilingual tracks) สามารถฝังลงในไฟล์วีดีโอได้ในการแพร่ภาพ ในงานเกี่ยวกับทางการแพทย์ ระบบการทำลายน้ำสามารถฝังการบันทึกข้อมูลของผู้ป่วยลงในภาพเอ็กซเรย์ได้ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการดูข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ และป้องกันความผิดพลาดที่ไม่ตรงกันระหว่างข้อมูลของคนไข้และภาพ

2.4.3 การรับรองและการตรวจสอบความถูกต้อง

ในบางงานประยุกต์ อย่างเช่นพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับข้อมูลมัลติมีเดีย ภาพถ่ายทางการแพทย์ ภาพข่าว ซึ่งมีความสำคัญมากหากมีการปรับเปลี่ยนหรือแต่งเติมรายละเอียดข้อมูลลงไปให้แตกต่างจากต้นฉบับ โดยการแก้ไขนี้มีผลไปในทางลบแล้วถูกเผยแพร่ออกไปจะเกิดผลเสียหายอย่างมาก ซึ่งป้องกันได้โดยใช้อัลกอริธึมของลายเซ็นดิจิตอลและคริปโตกราฟีแต่อย่างไรก็ตามการใช้เทคนิคการทำลายน้ำสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ง่าย โดยเหตุที่ผู้มีสิทธิ์รับรองถูกฝังข้อมูลโดยตรงลงในเนื้อหา ลายน้ำถูกแยกจากวัตถุที่อาจเกิดความเสียหายได้ ถ้าตรงกับรหัสที่ฝังเอาไว้ ดังนั้นข้อมูลนั้นตั้งสันนิษฐานได้ว่าไม่เกิดความเสียหายมาก่อน และระบุถึงผู้สร้างได้ด้วยรหัสนี้ถ้าลายน้ำไม่ตรงกับรหัสที่ฝังไว้แสดงว่าเกิดความผิดปกติขึ้นในข้อมูล ดังนั้นลายน้ำแบบนี้จึงถูกเรียกว่า Fragile โดยในกรณีที่รหัสถูกแก้ไขได้ง่ายโดยการแก้ไขเนื้อหา ซึ่งแตกต่างจากงานประยุกต์ก่อนนี้ซึ่งลายน้ำจำเป็นต้องมีความคงทน (robust) สูง

2.4.4 ความปลอดภัยและการไม่ปรากฏในการสื่อสาร

ลายน้ำดิจิตอลถูกใช้ในวงกว้างเหมือนกับการซ่อนแชนแนลของการสื่อสาร ซึ่งซ่อนข้อมูลจำนวนมากไว้ในข้อมูลเสียง ภาพ และวีดีโอ งานประยุกต์เหล่านี้ถูกใช้ในทางทหารและบริการข่าวสารโดยใช้เทคนิคของคริปโตกราฟีและสเตเกโนกราฟฟิก

2.5 สิ่งที่ต้องการสำหรับแบบแผนความคงทนของการทำลายน้ำ

แม้ว่าโดยทั่วไปสิ่งที่ต้องการสำหรับเทคนิคการทำลายน้ำ ใช้ในงานประยุกต์ที่สนองความต้องการที่ให้ความน่าเชื่อถือสูง บางความต้องการถูกใช้ร่วมกันในงานประยุกต์โดยมากในทางปฏิบัติ โดยสิ่งที่ต้องการทั่วไปเหล่านี้จะแสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.1 ความปลอดภัย

เป็นที่รู้จักกันดีว่าคริปโตกราฟีเป็นอัลกอริธึมที่ใช้ได้ผล แต่ไม่ได้ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่เป็นไปได้ว่าผู้ไม่ประสงค์ดีจะไม่รู้ว่ารหัสถูกฝังลงในเอกสารมัลติมีเดียอย่างไร แต่กระนั้น ความคงทนที่กล่าวถึงโดยแท้จริงของสินค้าที่อยู่ในตลาดตั้งอยู่บนสมมุติฐานแบบนี้ แม้ว่าบางส่วนจะถูกอ้างสิทธิ์โดยใช้วิธีพิเศษ โดยรู้ว่าตัวเข้ารหัสและถอดรหัสลายน้ำทำงานอย่างไร ซึ่งเป็นเรื่องง่ายในการทำให้ลายน้ำนี้ไม่สามารถอ่านออกได้ ยิ่งไปกว่านั้น บางเทคนิคโดยมากแล้วจำเป็นต้องใช้ข้อมูลต้นแบบที่ยังไม่ผ่านการฝังรหัสมาใช้ในกระบวนการถอดรหัส ซึ่งพิจารณาต่อไป บ่อยครั้งในการถอดรหัสเพื่อตรวจหาลายน้ำไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้เอกสารที่ผ่านการฝังรหัสและเอกสารที่ยังไม่ฝังรหัสมาใช้ในการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การไม่ปรากฏของการมองเห็นได้

แม้ว่าในบางงานประยุกต์จะต้องการลายน้ำที่มองเห็นได้ แต่จากนี้เราจะมุ่งไปที่ลายน้ำที่ไม่สามารถมองเห็นได้ (ใช้ในเงื่อนไขในการทำลายน้ำกับภาพ) นักวิจัยพยายามซ่อนลายน้ำโดยที่ทำให้เป็นไปไม่ได้ซึ่งถูกสังเกตเห็นได้มาเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตามความต้องการอันนี้ขัดแย้งกับความต้องการอื่นๆเช่น ความต้านทานต่อแทมเปอร์ (tamper) และ ความคงทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องคงทนต่ออัลกอริธึมของการบีบอัดข้อมูลที่มีการสูญเสีย สำหรับความมุ่งหมายนี้ เราใช้ลักษณะพิเศษของ Human Visual System (HVS) และ Human Auditory System (HAS) มาใช้ในกระบวนการฝังลายน้ำ

2.5.3 การไม่ปรากฏทางสถิติ

ลายน้ำไม่ควรถูกตรวจหาได้โดยผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตซึ่งอาจใช้วิธีทางสถิติ เช่น งานดิจิตอลจำนวนมากที่ผ่านการฝังลายน้ำด้วยรหัสเดียวกันที่มีอยู่ ไม่ควรทำให้สามารถแยกรหัสที่ฝังไว้ได้โดยใช้วิธีทางสถิติ วิธีทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้นี้ประกอบด้วยการใช้ลายน้ำที่ฝังรวมอยู่กับเนื้อหา

2.5.4 บิทเรท

บิทเรทที่ใช้ขึ้นอยู่กับงานประยุกต์ที่นำไปใช้ โดยอัลกอริธึมในการทำลายน้ำควรอนุญาตให้มีการกำหนดจำนวนของบิทที่ทำการซ่อน ซึ่งไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว แต่อย่างไรก็ตามในกรณีของภาพ ควรใช้จำนวน 300 ถึง 400 บิท ที่ฝังลงไปในภาพ ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้ ในกรณีอื่นๆผู้ออกแบบระบบควรระลึกไว้ว่าจำนวนของบิทที่สามารถซ่อนในข้อมูลนั้นไม่จำกัด โดยใช้ให้เหมาะสมกับงาน

2.5.5 การตรวจสอบที่น่าเชื่อถือ

แม้ว่าจะไม่มีการทำลายหรือความเพี้ยนของสัญญาณ ความน่าจะเป็นของข้อบกพร่องในการตรวจหาที่มีลายน้ำที่ฝังอยู่ (false - negative error probability) และการตรวจหาลายน้ำเมื่อไม่มีลายน้ำฝังอยู่ (false – positive error probability) ต้องมีค่าน้อยมากๆ โดยทั่วไปอัลกอริธึมทางสถิติไม่มีปัญหากับความต้องการเหล่านี้ แต่อย่างไรก็ตาม ต้องสามารถพิสูจน์ได้ ว่าการทำลายน้ำนี้มีความน่าเชื่อถือได้ในทางกฎหมาย

2.5.6 ความคงทน

การใช้สัญญาณดิจิตอลในรูปของเพลง ภาพ และวีดีโอ โดยทั่วไปมักจะเกิดความเพี้ยนของสัญญาณหลายชนิด เช่น การบีบอัดแบบมีการสูญเสีย ในกรณีของภาพ เช่น การกรอง การเปลี่ยนขนาด การปรับปรุงความคมชัด การตัดบางส่วน การหมุนภาพ และอื่นๆ สำหรับการทำลายน้ำให้เกิดประโยชน์นั้น ลายน้ำควรจะสามารถตรวจหาได้แม้ว่าหลังจากเกิดการเพี้ยนทางสัญญาณเหล่านี้ในความเห็นทั่วไป ความคงทนที่ต่อต้านการเพี้ยนของสัญญาณได้ดีกว่าถ้าลายน้ำถูกฝังในส่วนที่สังเกตเห็นได้ของสัญญาณ เหล่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอัลกอริธึมในการบีบอัดข้อมูลแบบมีการสูญเสีย ซึ่งทำงานโดยตัดข้อมูลที่ไม่สำคัญบางส่วนที่ไม่มีผลกระทบกับคุณภาพของภาพ เสียงหรือวีดีโอหลังผ่านการบีบอัดออก ดังนั้น การซ่อนลายน้ำไว้ในส่วนของข้อมูลที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำคัญดูเหมือนว่าจะไม่สามารถคงอยู่ได้ในการบีบอัดข้อมูล ในกรณีของการทำลายน้ำภาพ ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต เช่น การเปลี่ยนขนาด การหมุน และการตัดบางส่วนของภาพยังคงเป็นประเด็นสำคัญอยู่ ซึ่งก่อนจะนำการทำลายน้ำมาใช้ในการป้องกันลิขสิทธิ์ได้อย่างสมบูรณ์ จำเป็นจะต้องแก้ปัญหาเหล่านี้ได้เสียก่อน ข้อกำหนดบางอย่างที่ใช้ในการวัดความคงทนของเทคนิคการทำลายน้ำกับภาพจะอธิบายในส่วนถัดไป

2.5.7 การทำลายน้ำแบบซ้อนลายน้ำ

เป็นไปได้ที่จะฝังลายน้ำที่แตกต่างกันหลายๆ ชุดลงในภาพเดียวกัน โดยเหตุที่แต่ละรหัสสามารถตรวจหาได้โดยผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต ลักษณะนี้มีประโยชน์มากในงานประเภทการพิมพ์ลายนิ้วมือ (fingerprinting) ซึ่งคุณสมบัติของลิขสิทธิ์ถูกถ่ายโอนจากเนื้อหาของเจ้าของไปยังลูกค้าอื่นๆ ได้ ยิ่งกว่านั้นเราไม่สามารถป้องกันผู้อื่นจากการทำลายน้ำในงานที่มีการฝังลายน้ำไว้อยู่แล้วในบางกรณี อาจจะต้องการแก้ไขลายน้ำหลังจากมันถูกฝังไปแล้ว ตัวอย่างเช่น ในกรณีของ Digital Video Disc (DVD) รหัสสามารถใช้เพื่อแสดงจำนวนของการทำสำเนาที่สามารถทำได้ เมื่อมีการทำสำเนาครั้งหนึ่งรหัสจะเปลี่ยนไปโดยลดจำนวนของการทำสำเนาที่คงเหลือลง การแก้ไขนี้สามารถทำได้โดยลบรหัสเดิมออกและทำการฝังรหัสใหม่ลงไป หรือฝังรหัสใหม่ทับลงไป ซึ่งอย่างที่สองดีกว่า โดยสาเหตุที่สามารถลบลายน้ำที่ไม่สมบูรณ์ออกไปเพื่อต่อต้านการทำแทมเปอร์

2.5.8 การทำลายน้ำแบบใช้และไม่ใช้ภาพต้นแบบในการตรวจหาและลายน้ำแบบเปิดเผยและส่วนตัว

ในบางกรณี เพื่อพัฒนาอัลกอริธึมที่มีความคงทนมากๆ ลายน้ำที่ถูกแยกออกมาโดยการเปรียบเทียบระหว่างเอกสารที่มีลายน้ำและต้นแบบ วิธีในการต่อต้านเทคนิคการประมวลผลภาพที่หลากหลายและการลบลายน้ำหรือทำให้ไม่สามารถตรวจสอบได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงแล้วเราไม่อาจหาภาพต้นแบบรวมถึงไฟล์เสียงและวีดีโอ ได้ตลอดเวลาที่ต้องการทำการตรวจสอบ ดังนั้นจึงเป็นการสร้างอัลกอริธึมที่จำเป็นในการกู้ลายน้ำที่ไม่เหมาะสมสำหรับหลายๆ งานประยุกต์ในทางปฏิบัติ นอกจากอัลกอริธึมประเภทนี้จะไม่สามารถใช้ในการพิสูจน์ความเป็นเจ้าของได้อย่างถูกต้อง เทคนิคที่ใช้ในการกู้ลายน้ำกลับคืนมาโดยไม่ต้องใช้การเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณที่มีลายน้ำและสัญญาณที่ไม่มีลายน้ำอยู่ในบางครั้งถูกเรียกว่า oblivious หรือ blind ในกรณีอื่นเงื่อนไขของการทำลายน้ำแบบสาธารณะก็จะตรงกันข้ามกับการทำลายน้ำแบบส่วนตัว ในที่นี้เราจะใช้เงื่อนไขในการทำลายน้ำแบบเปิดเผย และ แบบส่วนตัวในการแสดงถึงความแตกต่างของหลักการในการทำเทคนิคที่กล่าวถึงแบบส่วนตัว ผู้ที่เป็นเจ้าของเอกสาร หรือผู้ที่ได้รับสิทธิ์เท่านั้นที่สามารถแยกลายน้ำออกมาได้ เพราะว่าจะสามารถเข้าถึงภาพต้นแบบได้ หรือมีเพียงผู้ที่รู้รหัสที่ถูกต้องเท่านั้นที่ทำได้ตรงกันข้ามเทคนิคที่อนุญาตให้ใครก้อได้สามารถอ่านลายน้ำได้เรียกว่าแบบเปิดเผย มีความเชื่อถือว่าการทำลายน้ำแบบส่วนตัวจะมีความคงทนมากว่าแบบเปิดเผย เพราะว่าเมื่อลายน้ำสามารถถูกอ่านได้ มันก็ง่ายมากต่อการถูกลบลายน้ำหรือทำให้ลายน้ำไม่สามารถอ่านได้ สำหรับตัวอย่าง โดยทำกระบวนการในการเข้ารหัสแบบผกผัน หรือโดยการเข้ารหัสลายน้ำแบบย้อนกลับ (watermark reversibility) โดยทั่วไปสามารถพูดได้ว่า ในงานวิจัยโดยมากแล้วจะมุ่งไปที่การทำลายน้ำแบบส่วนตัวมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่นานมานี้ มีการเสนออัลกอริธึมในการทำลายน้ำแบบ blind กับภาพอยู่มาก แต่ไม่มีอัลกอริธึมใดที่ลายน้ำสามารถคงอยู่ได้ต่อวิธีการกระทำต่อภาพในหลายๆ อย่างพร้อมกัน ซึ่งจำเป็นต้องมีการทำวิจัยในสาขานี้อีกมาก

2.5.9 การทำลายน้ำที่สามารถอ่านได้และตรวจสอบได้

ลายน้ำที่สามารถตรวจหาได้ โดยรู้เพียงรายละเอียดของมัน ซึ่งจะเรียกว่าการทำลายน้ำที่สามารถตรวจหาได้ ในทางตรงกันข้าม ในเทคนิคที่ยอมให้สามารถอ่านลายน้ำได้โดยไม่สนใจรายละเอียดของมันจะถูกเรียกว่าการทำลายน้ำที่สามารถอ่านได้ สำหรับการทำลายน้ำที่สามารถตรวจหาได้ซึ่งมันเพียงสามารถตัดสินได้ว่าในข้อมูลนี้มีลายน้ำปรากฏอยู่หรือไม่ ในทางตรงกันข้ามซึ่งเป็นไปไม่ได้ที่จะวิเคราะห์ลายน้ำของเอกสารมัลติมีเดีย ถ้าเราไม่รู้รายละเอียดเกี่ยวกับลายน้ำ ซึ่งไม่ใช่กรณีของเทคนิคของการสามารถอ่านได้ ซึ่งกลไกในการฝังและการกู้ลายน้ำซึ่งใครก็สามารถอ่านได้ แน่นอนว่า ลักษณะของการที่สามารถอ่านได้และการที่สามารถตรวจหาลายน้ำได้นั้น มีผลกระทบอย่างมากในทางปฏิบัติ ดังตัวอย่าง ให้เราพิจารณาสถานการณ์ที่ใครคนหนึ่งต้องการจะรู้ว่าภาพที่เขาพบในอินเตอร์เน็ตเจ้าของภาพนี้อยู่ที่ใด ดังนั้นสมมุติว่ามีการฝังรหัสที่ระบุถึงเจ้าของไว้ในภาพโดยใช้รูปแบบของการทำลายน้ำแบบสามารถตรวจหาได้ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ที่จะอ่านรหัสนี้ได้ถ้าไม่มีรายละเอียดของเจ้าของ โดยเหตุที่ลักษณะของลายน้ำแบบสามารถตรวจหาได้นั้นมีเพียงผู้ที่เป็นเจ้าของภาพเท่านั้นที่รู้รหัสที่ระบุรายละเอียด

2.5.10 ความสามารถในการทำลายน้ำแบบย้อนกลับและแบบผกผัน

แม้ว่าความคงทนเป็นเครื่องแสดงถึงความต้องการหลักของการทำลายน้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่ควรมีอยู่ใน watermark invertibility ด้วย ในทางอักษรศาสตร์คำว่า invertibility ถูกใช้ในหลายๆความหมาย ในที่นี้จะเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงลายน้ำที่สามารถทำผกผันได้ ซึ่งผู้ที่มีสิทธิ์สามารถลบลายน้ำนี้ออกจากเอกสารได้ ในหลายๆ งานประยุกต์ ที่จำเป็นต้องใช้ความสามารถนี้ โดยเหตุที่วิธีนี้อนุญาตให้เปลี่ยนแปลงสถานะของเอกสารไปตามประวัติการใช้งานของมัน โดยไม่จำเป็นต้องฝังจำนวนบิตของข้อมูลที่มากลงไป

เพื่อหลีกเลี่ยงความคลุมเครือของการทำลายน้ำแบบผกผันได้ มีการเสนอแบบการทำลายน้ำ reversibility เพื่อแสดงว่าลายน้ำสามารถถูกลบออกจากภาพเริ่มต้นได้ถ้ารู้รายละเอียดของมัน

2.5.11 สเกลอะบิลิตี้

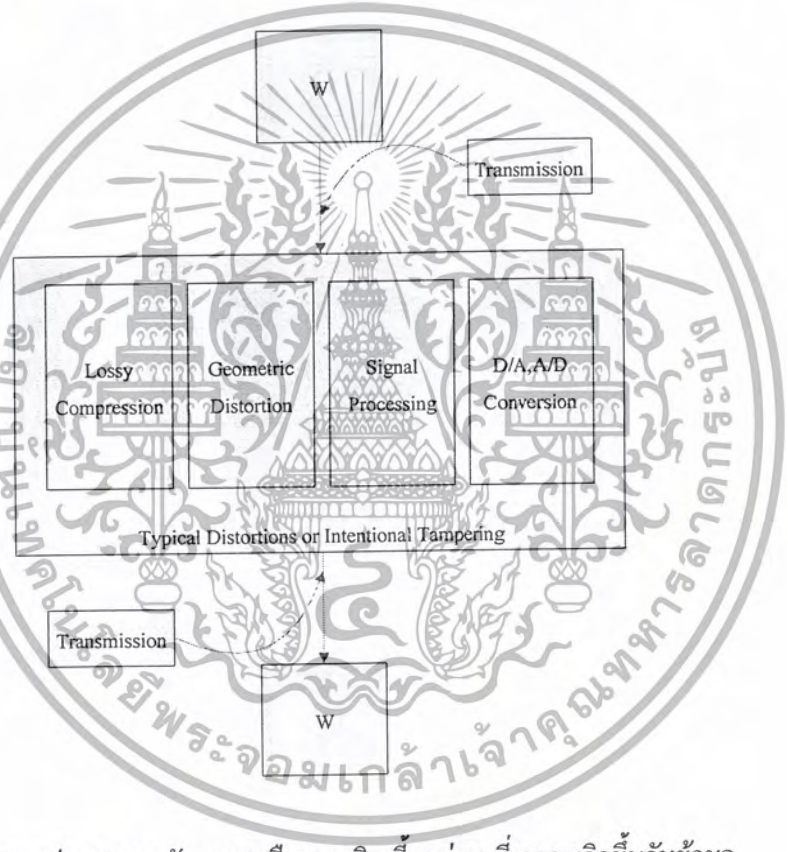
งานประยุกต์เชิงพาณิชย์ ต้นทุนในการคำนวณของตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัสเป็นสิ่งสำคัญ ในบางงานประยุกต์ การแทรกลายน้ำทำเพียงครั้งเดียวและสามารถทำได้ขณะ Off – line ดังนั้น ต้นทุนของการเข้ารหัสอาจจะสำคัญน้อยกว่าต้นของการถอดรหัสมาก ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในกรณีที่เป็นการถอดรหัสวีดีโอในแบบเวลาจริง ตัวอย่างเช่น ความต้องการในการคำนวณลายน้ำถูกบังคับให้ทำได้ง่าย แต่ในความง่ายนี้อาจจะเป็นตัวสำคัญที่ทำให้ความทนทานต่อการแทมเปอร์ลงได้ ซึ่งเป็นที่รู้กันดีว่าความเร็วของคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวในทุกๆ 18 เดือน ดังนั้นถ้าเรามองในส่วนของการคำนวณที่เกินพอในวันนี้อาจจะเป็นจริงได้เร็วมาก เพราะฉะนั้นในการออกแบบลายน้ำซึ่งตัวถอดรหัสควรถูกลดลงไปในแต่ละยุคของคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในยุคแรกของตัวถอดรหัสอาจจะมีต้นทุนในการคำนวณที่แพงแต่อาจไม่น่าเชื่อถือเมื่อเทียบกับตัวถอดรหัสในยุคต่อมาซึ่งสามารถทำให้การคำนวณทำได้เร็วขึ้น อย่างเช่นในกรณีของความเพี้ยนทางเรขาคณิต

2.6 ข้อกำหนดของความคงทน

เครื่องมือในการทำลายน้ำต้องสามารถฝังข้อมูลที่ไม่สามารถลบออกได้ โดยการแก้ไขภาพโดยบังเอิญหรือโดยคอลลูชั่น (collusion) และการปลอมลายน้ำ เครื่องมือหลายๆ ตัวที่มีอยู่อย่างแพร่หลายสำหรับการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิตอล มุ่งไปที่การปรับปรุงหรือแก้ไขภาพเทคนิคการประมวลผลที่มีอยู่สามารถแยกออกได้เป็นสองประเภท คือ การแก้ไขโดยการประมวลผลสัญญาณและความเพี้ยนแบบเรขาคณิต ซึ่งมีรายละเอียดของการประมวลผลสัญญาณหรือความผิดเพี้ยนต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับข้อมูลได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การประมวลผลสัญญาณหรือความผิดเพี้ยนต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับข้อมูล

2.6.1 การแก้ไขโดยการประมวลผลสัญญาณ

การแก้ไขโดยการประมวลผลสัญญาณมีหลายอย่าง ซึ่งมีดังนี้

การปรับความสว่างและความแตกต่าง (brightness and contrast enhancement): โดยทั่วไปแล้วไม่ทำให้เกิดปัญหาในการตรวจหาลายน้ำ ในทางตรงกันข้าม การทำปรับปรุงแบบนี้มักจะทำก่อนการตรวจหา ซึ่งทำเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับความคมชัด การทำให้เลือน การกรองแบบเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น (sharpening, blurring, linear and non linear filtering): ถ้าทำแบบนี้มากๆ สามารถทำให้ลายน้ำเสื่อมลงไปได้ แต่ในกรณีนี้ สิ่งที่ทำให้มีการลดคุณภาพของภาพไปอย่างมาก คือตัวกรองภาพที่เรียกว่า despeckle ซึ่งมีกระบวนการแบบปรับเปลี่ยนได้ โดยลดรายละเอียดของภาพแบบสุ่มมากน้อยต่างกันไปโดยยังคงรายละเอียดของภาพไว้

การเพิ่มสัญญาณรบกวนแบบคอร์รีเลทและแบบไม่เป็นคอร์รีเลท (addition of correlated or uncorrelated noise): เข้าไปในเนื้อหาที่มีลายน้ำอยู่

การแปลงแอนาล็อกเป็นดิจิตอลและดิจิตอลเป็นแอนาล็อก (digital – analog (D/A) and analog – digital (A/D) conversions): เช่น การพิมพ์ และการสแกน หรือการบันทึกเทป

การบีบอัดแบบ JPEG ที่มีการสูญเสีย (lossy JPEG compression): กล่าวได้ว่าการประมวลผลสัญญาณที่ใช้กับภาพมากที่สุด JPEG ทำการกำจัดส่วนที่มองเห็นได้ที่ไม่สัมพันธ์กันในภาพ ซึ่งเป็นตัวทดสอบที่ดีสำหรับการทดสอบความคงทนของลายน้ำ ยิ่งกว่านั้น JPEG เป็นอัลกอริธึมในการบีบอัดที่ใช้กับภาพมากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นตัวบังคับสำหรับอัลกอริธึมของการทำลายน้ำที่ต้องคงทนต่อการบีบอัดแบบนี้

2.6.2 การเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต

การเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต (Geometric manipulations) มุ่งไปที่การเปลี่ยนลักษณะของภาพโดยไม่มีการสูญเสียในเรื่องของคุณภาพ มีดังนี้

การย่อหรือขยายขนาดภาพ (resizing): ขนาดของภาพถูกเปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับต้นแบบ ซึ่งจะมีผลกัลป์อัลกอริธึมที่ฝังลายน้ำในตำแหน่งที่ตายตัวซึ่งจะไม่สามารถตรวจหาลายน้ำได้

การตัดบางส่วนของภาพ (cropping): เป็นการตัดบางส่วนของภาพออกไป ซึ่งทำให้มีผลกับอัลกอริธึมที่กระจายลายน้ำออกไปทั่วทั้งภาพ

การเคลื่อนย้ายภาพ (translation): จะมีผลอย่างมากถ้าหากพิจารณาร่วมกับการตัดบางส่วนของภาพออกไป ถ้าหากส่วนย่อยของภาพถูกแยกออกจากภาพต้นแบบ ซึ่งทำให้เราไม่สามารถรู้ได้ว่าเกิดจากตัดบางส่วนของภาพนี้ออกจากตำแหน่งใดจากภาพต้นแบบ ในกรณีที่ไม่มีภาพต้นแบบในการเปรียบเทียบหากมีการเคลื่อนย้ายส่วนย่อยของภาพที่ถูกตัดออกมาไปไว้ยังตำแหน่งอื่น การเคลื่อนย้ายภาพนี้จะมีผลต่ออัลกอริธึมที่ฝังลายน้ำลงในตำแหน่งที่ตายตัว

การหมุนภาพ (rotation): เป็นกรณีที่สำคัญที่สุดหากพิจารณาในกรณีที่หมุนภาพไป 90 และ 180 องศา ซึ่งเหมือนกับปัญหาที่พบในการย่อหรือขยายของภาพ

การกลับด้านของภาพ (flip): คือเมื่อสลับด้านซ้ายขวาของภาพ จะมีผลกับอัลกอริธึมที่ฝังลายน้ำลงในตำแหน่งที่ตายตัว

2.6.3 แทมเปอริ่งและคอลลูชั่น

มีข้อตกลงกันอย่างแพร่หลายว่า อัลกอริธึมของการทำลายน้ำควรจะยอมให้มีการฝังรหัสหลายๆ รหัสลงในข้อมูลเดียวกันได้ โดยที่ลายน้ำก่อนหน้าไม่ควรถูกทำให้คุณภาพลดลงไปเนื่องจากการฝังรหัสใหม่ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งนี้เป็นลักษณะพิเศษสุดท้ายที่สำคัญสำหรับความคงทนต่อการทำลายน้ำปลอมขึ้นมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัลกอริธึมต้องทนทานต่อการทำแทมเปอร์ เช่น การพยายามเปลี่ยนลายน้ำ และการทำคอลลูชั่น เช่น บุคคลหลายๆ คนร่วมกันพยายามทำลายลายน้ำ การทำแทมเปอร์อาจมีจุดมุ่งหมายไปที่การลบลายน้ำ โดยใช้กระบวนการประมวลผลสัญญาณหรือการทำทางด้านเรขาคณิต หรือกรทำการแก้ไขลายน้ำ ซึ่งเป็นเรื่องง่ายถ้าหากทำการฝังรหัสที่สามารถอ่านได้แบบเปิดเผย ส่วนคอลลูชั่นมุ่งไปที่การลบลายน้ำเป็นหลักและสามารถทำได้ง่าย ซึ่งยังไม่ปรากฏว่ามีวิธีการใดสามารถจัดการกับการลบลายน้ำด้วยวิธีนี้ได้

โดยทั่วไปแล้ว ดูเหมือนว่าการทำให้การตรวจหาหรือการอ่านลายน้ำจากภาพควรจะชัดเจนดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ยอมให้ฝ่ายจัดซื้อสามารถตรวจหาและอ่านลายน้ำได้ แต่ควรป้องกันฝ่ายจัดซื้อไม่ให้ลบลายน้ำออกไปโดยการทำการประมวลผลบางอย่างกับภาพโดยบังเอิญ

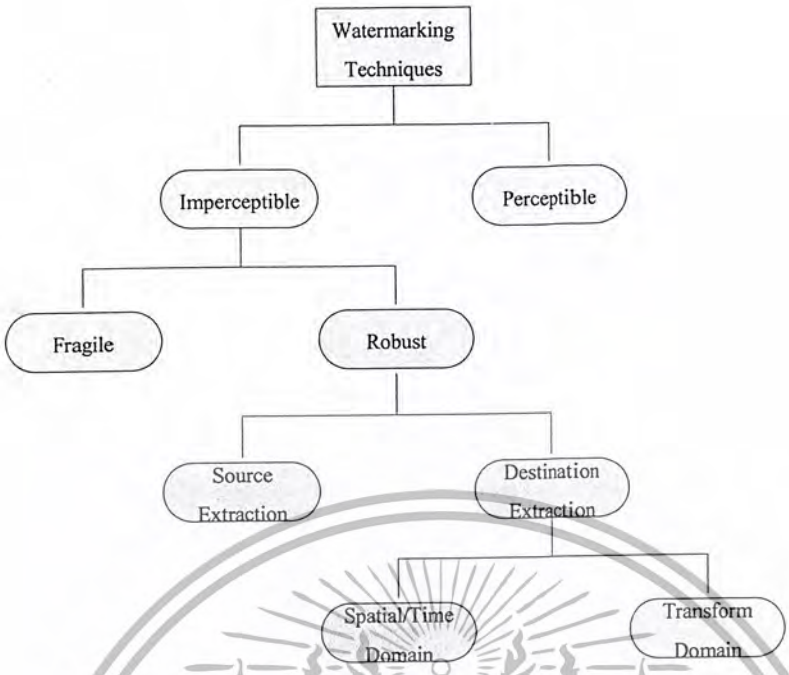
2.7 การจำแนกเทคนิคการทำลายน้ำภาพ

แม้ว่าการทำลายน้ำกับภาพจะเป็นงานวิจัยในสาขาที่เพิ่งมีได้ไม่นาน แต่ก็มีหลายๆ เทคนิคถูกเสนอออกมาทั้งในทางการศึกษาและในทางอุตสาหกรรม ในส่วนนี้เราจะกล่าวถึงข้อกำหนดต่างๆ ที่ใช้ในการแบ่งเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการทำลายน้ำ โดยเฉพาะของเครื่องมือในการทำลายน้ำทั้งสองลักษณะพิเศษที่ได้เลือกขึ้นมา โดยแสดงดังรูปที่ 2.3

- กำหนดให้การทำลายน้ำกับภาพ เป็นกระบวนการของการแก้ข้อมูลของภาพเพื่อแทรกรหัสที่ใช้สำหรับนำข้อมูลที่ต้องการใส่ลงไป ซึ่งเป็นข้อกำหนดตัวแรกสำหรับแบ่งแยกเทคนิคการทำลายน้ำบนพื้นฐานของลักษณะชนิดของภาพที่ถูกแก้ไข โดยมีวิธี 3 ประเภทหลักๆ ที่ใช้ระบุวิธีในการฝังรหัสลงในข้อมูลภาพ เช่น เทคนิคที่ทำในโดเมนสปาเชียล เทคนิคที่ทำในโดเมนความถี่ และเทคนิคแบบไฮบริดจ์
- การแบ่งแยกวิธีที่สองจะพิจารณาจากการตรวจหาลายน้ำ โดยเหตุที่ลายน้ำที่ถูกกู้กลับมาจากข้อมูลเป็นข้อกำหนดหลักว่าเครื่องมือที่ใช้ในการป้องกันลิขสิทธิ์นี้ได้ผลเพียงใดในงานที่ต้องการนำไปใช้งาน

ส่วนในรายละเอียดของแบบแผนในการแบ่งแยกจะกล่าวถึงในส่วนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การแบ่งเทคนิคของการทำลายน้ำ

2.7.1 การจำแนกโดยพิจารณาจากการฝังลายน้ำ

เป้าหมายของเทคนิคการทำลายน้ำคือแก้ไขข้อมูลภาพเพื่อฝังรหัสที่ระบุถึงข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการลงในภาพ ข้อมูลภาพสามารถถูกแก้ไขได้โดยตรงหรืออาจจะแปลงไปอยู่ในโดเมนอื่นก่อนทำการแก้ไขข้อมูลก็ได้แล้วแปลงกลับเพื่อให้ได้ภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำ สำหรับเทคนิคแบบไฮบริดจ์ ลักษณะพิเศษหลักของอัลกอริธึมที่นำมาใช้จะกล่าวถึงในส่วนต่อไป

เทคนิคที่ทำในโดเมนสปาเซียล

สำหรับเทคนิคประเภทนี้ ค่าของพิกเซลในภาพจะถูกแก้ไขโดยตรงตามรหัสที่ทำการฝังลงไป โดยทั่วไปในการแก้ไขแบบนี้จะประกอบด้วยการเพิ่มสัญญาณที่ถูกมอดูเลทไปปรับความสว่างของภาพหรือในย่านสีใดสีหนึ่งหรือรวมๆ กัน วิธีหนึ่งที่ใช้แก้ไขค่าของพิกเซลคือการเพิ่มจำนวนแบบสุ่มขนาดเล็กเข้าไปในพิกเซล ซึ่งลำดับแบบสุ่มนี้จะขึ้นอยู่กับคีย์ที่ใช้ในการสร้างลำดับจะแตกต่างกันออกไป โดยจำเป็นต้องรู้คีย์ตัวนี้เพื่อตรวจหาลายน้ำในภายหลัง(การทำลายน้ำแบบส่วนตัว) คีย์นี้จะป้องกันให้เฉพาะบุคคลที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่สามารถตรวจหาลายน้ำได้ เทคนิคดั้งเดิมถูกพัฒนาให้ใช้สำหรับการสื่อสารแบบกระจากสเปกตรัม (spread spectrum communications) โดยปกติการตรวจหาลายน้ำจะกระทำโดยใช้ค่าคอร์รีเลชั่นในการตัดสิน โดยทั่วไปเทคนิคที่ทำในโดเมนสปาเซียลจะทำให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้ลักษณะพิเศษของ Human Visual System ซึ่งพิจารณาในส่วนที่ไวต่อสัญญาณรบกวน สำหรับการฝังข้อมูลที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ สำหรับการป้องกันการตัดบางส่วนของภาพออกไปทำได้โดยฝังข้อมูลเดิมในหลายๆ ส่วนของภาพ เทคนิคที่ทำในโดเมนสปาเซียลจะไม่ค่อยมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคที่ทำในโดเมนการแปลง

สำหรับเทคนิคนี้ จะทำการแปลงภาพด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ก่อนทำการฝังลายน้ำ ข้อมูลภาพในโดเมนนี้จะแตกต่างจากภาพในโดเมนสปาเชียล ซึ่งส่วนมากจะอยู่ในโดเมนความถี่ ซึ่งการกระทำในโดเมนนี้จะไม่มีการสูญเสียข้อมูลใดเลย สัมประสิทธิ์ในโดเมนการแปลงนี้จะถูกแก้ไขเพื่อเก็บลายน้ำไว้ และเมื่อทำการฝังลายน้ำเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการแปลงกลับเพื่อให้ได้ภาพที่มีลายน้ำฝังอยู่ มีการแปลงอยู่ 2 แบบที่ใช้กันมากที่สุดการทำลายน้ำคือ Discrete Fourier Transform (DFT) และ Discrete Cosine Transform (DCT) โดยเทคนิคในโดเมนการแปลงนี้อัลกอริธึมในการทำลายน้ำเหล่านี้จะกระทำการแปลงภาพแบบเต็มเฟรมเท่านั้น โดยเทคนิคการแปลงภาพแบบเป็นบล็อกจะพิจารณาในส่วนของไฮบริดจ์ ซึ่งมีเทคนิคเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ใช้ในการแปลงแบบบล็อกได้ ข้อดีของการใช้การแปลงแบบเต็มเฟรมคือลายน้ำจะกระจายไปทั่วทั้งภาพ โดยฝังลายน้ำลงไปขนาดของสัมประสิทธิ์ DFT ซึ่งเทคนิคเหล่านี้จะให้ความคงทนต่อการหมุนภาพ การย่อหรือขยายขนาดของภาพและการเคลื่อนย้ายภาพได้ดี ข้อเสียหลักของเทคนิคที่ทำในโดเมนการแปลงคือต้นทุนในคำนวณเพื่อให้ยากในการแปลงสัญญาณที่มีลายน้ำให้กลับไปเป็นภาพดั้งเดิม ดังนั้นจึงนำลักษณะพิเศษของ Human Visual System มาใช้ในส่วนที่ไวต่อสัญญาณรบกวน

เทคนิคไฮบริดจ์

เทคนิคไฮบริดจ์ จะใช้การแปลงทางคณิตศาสตร์ก่อนทำการฝังลายน้ำลงไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ใช้ JPEG – like block – DCT และเวฟเล็ต ส่วนใหญ่ JPEG เป็นวิธีที่ใช้กันมากในการบีบอัดภาพ ดังนั้นเทคนิคการทำลายน้ำต้องทนทานต่อการบีบอัดแบบนี้ โดยภาพจะถูกแบ่งเป็นบล็อกๆ (เท่ากับขนาดบล็อกของ JPEG) จากนั้นทำการแปลง DCT สัมประสิทธิ์ DCT บางตัวในบล็อกจะถูกแก้ไขเพื่อเก็บลายน้ำไว้ ผลการวิจัยก่อนหน้านี้มีประสิทธิภาพในการลดการมองเห็นของลายน้ำและปรับปรุงความคงทนของลายน้ำ บางงานวิจัยทำการฝังลายน้ำลงไปเฟสของสัมประสิทธิ์ DCT ของแต่ละบล็อก การแปลงแบบอื่นที่มักจะใช้ในการบีบอัดข้อมูล เช่นการแปลงเวฟเล็ต ซึ่งการแปลงเวฟเล็ตมีความเหมาะสมกับระบบ Human Visual System มากเทคนิคไฮบริดจ์ค่อนข้างไวต่อการเคลื่อนย้ายภาพ และการย่อหรือขยายขนาดของภาพ

2.7.2 การจำแนกโดยพิจารณาจากการตรวจหาลายน้ำ

การแบ่งประเภทแบบที่สองจะทำการพิจารณาจากการตรวจหาลายน้ำ ซึ่งมีวิธีที่แตกต่างกันสำหรับอัลกอริธึมที่ใช้ในการตรวจหาลายน้ำ

เทคนิคที่ใช้ภาพต้นแบบและไม่ต้องใช้ภาพต้นแบบในการตรวจหาลายน้ำ

เราสามารถแบ่งอัลกอริธึมได้เป็นสองประเภทหลักๆ คืออัลกอริธึมที่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบสำหรับการตรวจหาลายน้ำ และอัลกอริธึมที่ไม่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบ อัลกอริธึมที่ต้องใช้ภาพต้นแบบในการตรวจหาลายน้ำนั้น โดยทั่วไปจะมีความคงทนมากกว่าแต่มีข้อกำหนดค่อนข้างมาก เช่น มีเพียงเจ้าของภาพต้นแบบเท่านั้นที่สามารถอ่านหรือตรวจหาลายน้ำได้ แต่ผู้ซื้อควรจะได้รับสิทธิ์ในการอ่านและตรวจหาลายน้ำได้ด้วย เพื่อเป็นการรับประกันว่าภาพนั้นได้ถูกขายไปอย่างถูกต้องตามกฎหมาย ในกรณีของการทำลายน้ำกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ มีอัลกอริธึมแบบนี้จำนวนมาก ที่ไม่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบในการอ่านและการตรวจหาลายน้ำ แต่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบในบางกรณีที่เกิดการแปลงภาพทางเรขาคณิต เช่น การเคลื่อนย้ายภาพ การย่อหรือขยายขนาดของภาพ และการตัดบางส่วนของภาพออกไป จึงจะทำให้สามารถแยกรหัสที่ฝังไว้ออกมาได้อย่างถูกต้อง ในปัจจุบันไม่มีการเสนอวิธีแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพ สำหรับเทคนิคการฝังลายน้ำที่สมบูรณ์ออกมา

เทคนิคแบบเปิดเผยและแบบส่วนตัว

ลายน้ำจะถูกกล่าวได้ว่าเป็นแบบส่วนตัวเมื่อผู้ที่มีสิทธิ์เท่านั้นที่สามารถตรวจหาลายน้ำออกมาได้ ซึ่งกลไกนี้ทำให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตจะไม่มีทางแยกลายน้ำออกมาได้ ตัวอย่างเช่น โดยกำหนดรหัสแบบสุ่มให้กับแต่ละผู้ใช้ในขั้นตอนการฝังลายน้ำ ซึ่งทำให้สามารถแยกลายน้ำออกจากเอกสารนั้นๆ ได้ ในทางตรงกันข้ามกับเทคนิคการฝังลายน้ำแบบส่วนตัวจะอนุญาตให้ผู้ใดก็ได้สามารถอ่านลายน้ำได้ ซึ่งเรียกว่าแบบเปิดเผย โดยเหตุที่ในด้านความปลอดภัยการทำลายลายน้ำแบบส่วนตัวจะมีความคงทนสูงกว่าแบบเปิดเผยมากด้วยการเลือกใช้รหัสลับ สำหรับวิธีแบบเปิดเผยลายน้ำหากรู้ว่ารหัสที่ฝังลงไป เป็นการง่ายสำหรับการลบหรือทำให้ลายน้ำไม่สามารถอ่านได้

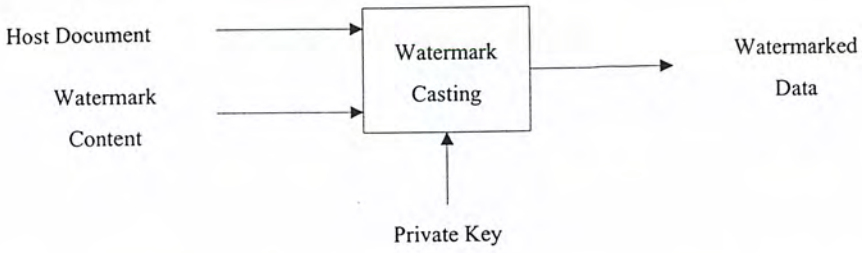
ลายน้ำที่สามารถอ่านได้และลายน้ำที่สามารถตรวจหาได้

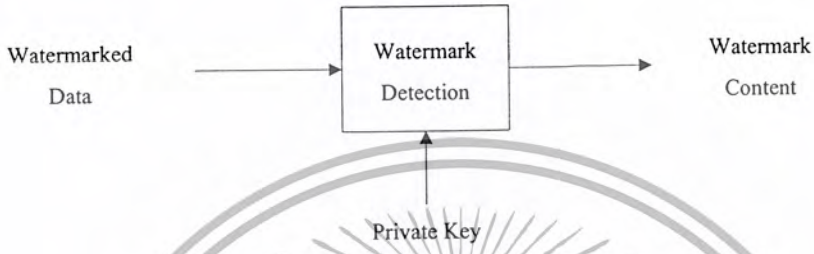
ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างอัลกอริธึมที่สามารถอ่านได้ที่ฝังรหัสให้สามารถอ่านได้ และที่สามารถตรวจหาได้ ซึ่งรหัสที่ฝังไว้ทำได้เพียงการตรวจหาเท่านั้น ในขณะที่อัลกอริธึมอื่น เช่น แบบเปิดเผยซึ่งอนุญาตให้ผู้ใดก็ได้สามารถอ่านรหัสที่แทรกอยู่ในข้อมูลได้ ซึ่งในกรณีหลังจะอนุญาตให้ตรวจสอบได้เพียงว่ามีรหัสฝังอยู่หรือไม่เท่านั้น ซึ่งต้องรู้รหัสที่แทรกลงไป ข้อสังเกตว่าอัลกอริธึมในการฝังลายน้ำที่สามารถตรวจหาได้จะเป็นแบบส่วนตัวเสมอ

เพื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างสองอัลกอริธึมนี้ ให้เราพิจารณาแบบแผนในรูปที่ 2.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบการทำลายน้ำที่สามารถอ่านได้แบบส่วนตัว ซึ่งลายน้ำจะถูกฝังในข้อมูลโดยใช้รหัสลับ ซึ่งรหัสเดียวกันนี้จะถูกใช้ในการถอดรหัสเพื่ออ่านบิทที่ถูกเขียนไว้ในเอกสารที่ถูกฝังลายน้ำไว้ เมื่อพิจารณาการทำลายน้ำแบบสามารถตรวจหาได้ในสถานการณ์ที่ค่อนข้างแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ข้อความที่ถูกแทรกลงในข้อมูลโดยไม่ใช้คีย์ใดๆ การถอดรหัสจะพิจารณาเพียงตัดสินว่าเอกสารนี้มีลายน้ำอยู่หรือไม่เท่านั้น

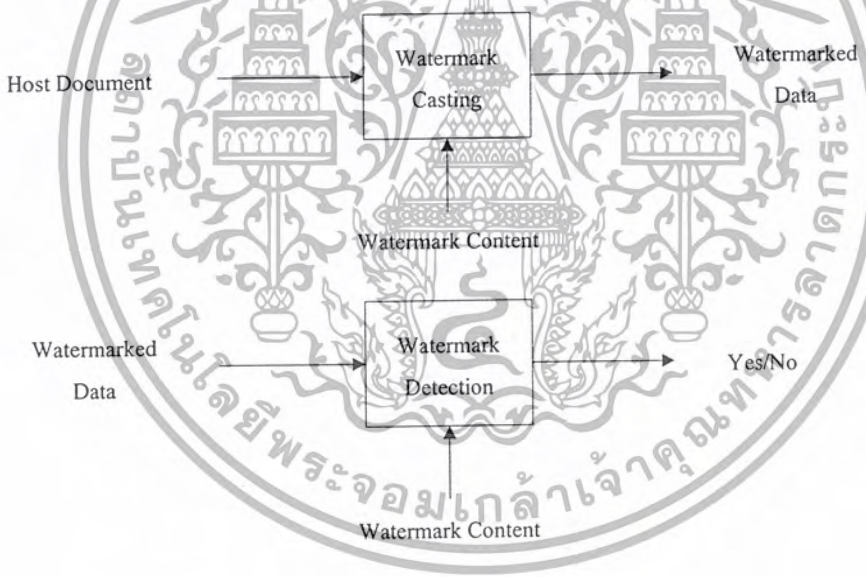
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง





รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมสำหรับการทำลายน้ำที่สามารถอ่านได้แบบส่วนตัว



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมสำหรับการทำลายน้ำที่สามารถอ่านได้ทั่วไป

2.8 สรุป

ในปัจจุบันมีการแพร่กระจายของเอกสารสื่อดิจิตอลอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้เกิดการละเมิดลิขสิทธิ์ได้ง่าย จึงมีการวิจัยเพื่อหาทางป้องกันการคัดลอกสื่อโดยไม่ได้รับอนุญาตกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีการเสนอวิธีการในการฝังข้อมูลที่สามารถระบุถึงข้อมูลของเจ้าของงานหรือผู้ที่ได้รับสิทธิ์อย่างถูกต้องในงานนั้นๆ ขึ้นมา ข้อมูลที่ฝังลงไปในงานนี้เรียกว่า ลายน้ำดิจิตอล โดยสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ขึ้นอยู่กับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
55108

นำไปใช้งานว่าวิธีใดเหมาะสมมากที่สุดสำหรับงานนั้นๆ การแบ่งประเภทจะแบ่งด้วยวิธีในการฝังลายน้ำ และวิธีในการตรวจหาลายน้ำ ซึ่งมีการพัฒนาไปในหลายๆทาง ในปริญญานิพนธ์นี้จะเน้นที่วิธีการทำลายน้ำในโดเมนความถี่ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบในการตรวจหาลายน้ำ และมีการปรับปรุงคุณภาพของลายน้ำให้มีความคงทนยิ่งขึ้น

การประมวลผลสัญญาณ ในบทนี้จะนำเสนอเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในการป้องกันลิขสิทธิ์ของสื่อดิจิตอล โดยพิจารณาในส่วนของการประยุกต์ใช้ที่เป็นไปได้ ความต้องการในด้านต่างๆของการฝังลายน้ำดิจิตอล และกฎเกณฑ์ของความคงทน และอื่นๆ โดยจะแยกออกเป็นประเภทต่างๆ ของเทคนิคการฝังลายน้ำกับภาพดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การทำภาพลายน้ำ โดยใช้ DCT

ในการทำลายน้ำภาพโดยใช้ DCTนี้ ได้พัฒนาอัลกอริธึมแบบใหม่ของการทำลายน้ำสำหรับภาพดิจิตอลระดับเทาที่ทำงานในโดเมนความถี่ โดยการฝังลำดับแบบสุ่มของจริงลงในชุดของสัมประสิทธิ์ DCT ที่ได้เลือกไว้ หลังจากทำการฝังลายน้ำแล้ว ลายน้ำในภาพจะถูกปรับเปลี่ยนโดยใช้ลักษณะพิเศษของ Human Visual System เพื่อให้แน่ใจว่าลายน้ำจะไม่สามารถถูกสังเกตเห็นได้ การนำคุณสมบัติทางสถิติของลำดับที่ได้ฝังลงไปมาใช้ทำ สามารถตรวจหาลายน้ำได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบ ในที่นี้ จะพิจารณาแบบแผนของการทำลายน้ำกับภาพที่มีความคงทนที่ทำงานในโดเมนความถี่ โดยมีรายละเอียดในส่วนของการวิเคราะห์การสร้างลายน้ำ การฝังลายน้ำและการตรวจหาลายน้ำ

3.1 หลักการทำลายน้ำในโดเมนความถี่

เพื่อที่จะกำหนดเทคนิคในการทำลายน้ำให้สมบูรณ์ในการทำงานในโดเมนความถี่ จะกล่าวถึง 3 ขั้นตอนหลักดังนี้ การแปลงภาพ การฝังลายน้ำและการตรวจหาลายน้ำ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเทคนิคที่นำเสนอส่วนใหญ่ที่ใช้ DCT ในการแปลงภาพ ซึ่งมีข้อยกเว้นในบางส่วน ซึ่งลายน้ำถูกฝังอยู่ในเฟสของ DFT ซึ่งใช้การแปลงแบบ DCT Walsh หรือเวฟเล็ต ดังที่ได้กล่าวมาแล้วถึงความแตกต่างของการแปลงในแบบต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามการใช้การแปลงแบบทั้งภาพ หรือแบบบล็อก ในการฝังรหัสลายน้ำลงในภาพสัมประสิทธิ์ที่ถูกแก้ไขสามารถทำได้ทั้งหมดหรือแก้ไขเพียงบางบล็อกก็ได้ ซึ่งในกรณีที่สองจะใช้สำหรับเทคนิคแบบไฮบริดจ์ โดยทั่วไปชุดของสัมประสิทธิ์ที่ถูกเปลี่ยนจะอยู่ในช่วงกลางของสเปกตรัมความถี่ ดังนั้นทำให้ได้คุณสมบัติที่ดีระหว่างการไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ความคงทนต่อลายน้ำโดยตรงในองค์ประกอบสเปกตรัมของสัญญาณที่สำคัญ หรือฝังลายน้ำลงในเฟสของ DFT ซึ่งค่อนข้างคงทนต่อการแทมเปอร์และสัญญาณรบกวนเมื่อเทียบกับขนาดของสัญญาณรบกวน ลายน้ำถูกแทรกอยู่ในสัมประสิทธิ์ DCT 1000 ค่าที่มีค่ามากที่สุด ไม่รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์ในส่วนของ DC ในการตรวจหาลายน้ำในบางอัลกอริธึม ต้องใช้ภาพต้นแบบมาเปรียบเทียบกับภาพที่มีลายน้ำฝังอยู่เพื่อนให้ได้ความคงทนเพิ่มขึ้น โดยเหตุที่ลายน้ำถูกตรวจหาโดยเปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์ของภาพต้นแบบ

ลายน้ำประกอบด้วยลำดับแบบสุ่ม 1000 จำนวน ที่เป็นแบบ Normal distribution ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และมีค่าความแปรปรวนเท่ากับหนึ่ง คือ $x = \{x_1, x_2, ..., x_{1000}\}$ จากนั้นทำการคำนวณ DCT ทั้งภาพและทำการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ของ DCT ที่มีค่ามากที่สุดมา 1000 ค่า ไม่รวมถึงในส่วนของ DC ซึ่งลายน้ำจะถูกเพิ่มเข้าไปในชุดของสัมประสิทธิ์ DCT ที่ได้เลือกไว้
$T = \{t_1, t_2, ..., t_{1000}\}$ โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการดังนี้

$$t_i' = t_i + \alpha t_i x_i \tag{3.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $i = 1,2,...,1000$ และ $\alpha = 0.02$

3.2 ลำดับของลายน้ำ

ลายน้ำ (Watermark) ประกอบด้วย ลำดับแบบสุ่ม (pseudo-random sequence) ของจำนวนจริงยาว M ลำดับ คือ $x = \{x_1, x_2, ..., x_M\}$ แต่ละค่าของ x_i เป็นตัวเลขแบบสุ่มที่เป็นแบบ normal distribution ที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และความแปรปรวนมีค่าเท่ากับหนึ่ง กระบวนการทำลายน้ำดิจิตอลประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักๆ คือ การฝังลายน้ำ โดยการเพิ่มลำดับแบบสุ่มลงไปในภาพที่ต้องการจะฝังลายน้ำ และการตรวจหาลายน้ำ โดยหาผลตอบสนองการตรวจหาลายน้ำจากลำดับที่สร้างขึ้นมาใหม่โดยใช้ค่า Seed(key) ที่ถูกต้อง โดยไม่ต้องใช้ภาพต้นแบบ

3.3 การฝังภาพลายน้ำ และการตรวจหาภาพลายน้ำ

ในปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการวิจัยการฝังภาพลายน้ำและการถอดภาพลายน้ำออกเป็น 2 ประเภท คือ ภาพระดับเทา(gray scale) และ ภาพสี(BMP) โดยมีสมการที่ใช้ในการแปลง DCT ดังนี้

สมการ Forward DCT

$$C(u,v) = \frac{1}{\sqrt{2N}}\alpha(u)\alpha(v)\sum_{X=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)\cos\left[\frac{(2x+1)v\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \quad (3.2)$$

สมการ Inverse DCT

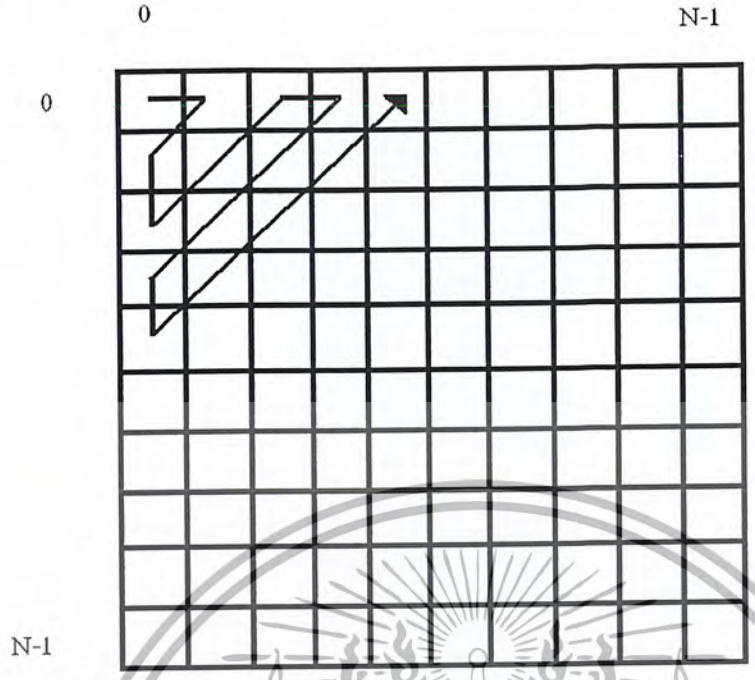
$$f(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2N}}\sum_{u=0}^{N-1}\sum_{v=0}^{N-1}\alpha(u)\alpha(v)C(u,v)\cos\left[\frac{(2x+1)v\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \quad (3.3)$$

เมื่อ $c(u,v)$ คือค่าสัมประสิทธิ์ DCT

$f(x,y)$ คือค่าระดับสีในพิกเซล

$\alpha(i) = \frac{1}{\sqrt{2}}$ เมื่อ $i = 0$ และ $\alpha(i) = 1$ เมื่อ $i \rangle 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การเรียงลำดับของสัมประสิทธิ์ DCT ในรูปแบบของ ซิกแซกสแกน

3.3.1 ภาพระดับเทา(gray scale)

ในการฝังภาพลายน้ำและการถอดภาพลายน้ำกับภาพระดับเทา ผู้ทำการวิจัยได้ทำการฝังใน 2 อัลกอริธึม คือ

แบบที่ 1 การฝังภาพลายน้ำโดยการทำ DCT ภาพต้นแบบทั้งภาพ

- การฝังภาพลายน้ำ

การฝังภาพลายน้ำระดับเทา I ขนาด N x N เริ่มแรกได้ทำการคำนวณ DCT ภาพต้นแบบโดยใช้สมการ Forward DCT (3.2) จากนั้นทำการนำภาพต้นแบบที่ทำการคำนวณ DCT แล้วนั้นมาทำการ ซิกแซกสแกน ดังรูปที่ 3.1

สำหรับภาพคีย์ นำภาพคีย์มาทำการคำนวณ DCT โดยใช้สมการ Forward DCT (3.2) จากนั้น สร้างค่า Random แบบ Normal Distribution 1000 ค่า ที่มีค่าเฉลี่ย(mean)เท่ากับศูนย์และมีค่าความแปรปรวน(variance)เท่ากับหนึ่ง จากนั้นทำการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าสูงที่สุดของภาพคีย์ที่ทำการแปลง DCT แล้วออกมา 1000 ค่า แล้วนำมากระทำกับค่า Random 1000 ค่าที่ได้ตามสมการที่ (3.1)

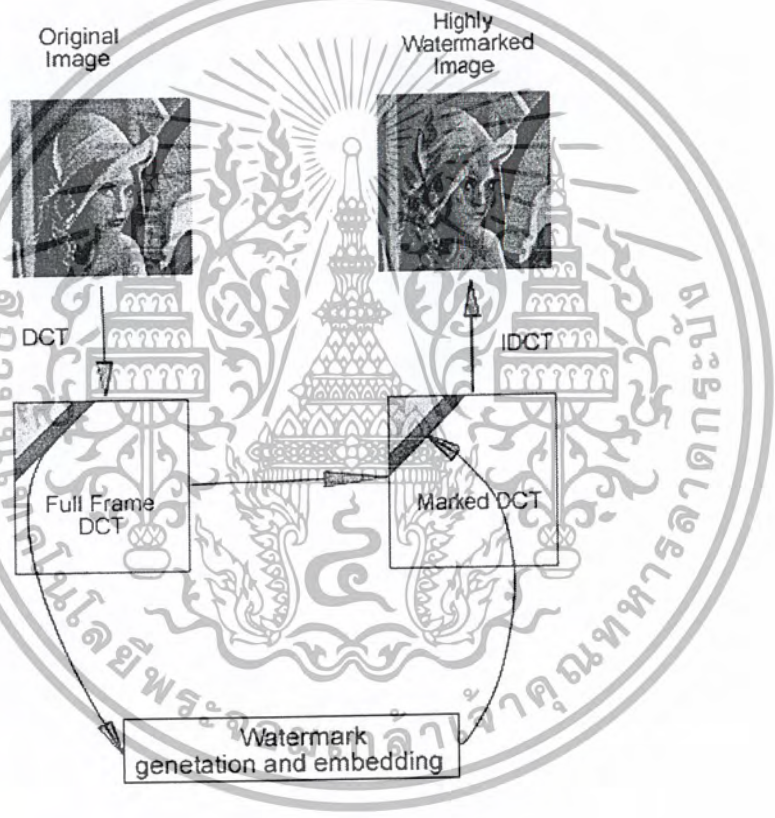
โดยทั่วไปลายน้ำมักถูกแทรกอยู่ชุดของสัมประสิทธิ์เดิมๆ ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งแต่ลำดับที่ L + 1 ถึง L + M (คือช่วงระหว่าง 10% - 16%)ในลำดับของซิกแซกสแกน ค่า L จะมีค่าอยู่ที่ 10% ของค่าสัมประสิทธิ์ในลำดับของซิกแซกสแกน และค่า M จะมีค่าอยู่ที่ 6% ในสัมประสิทธิ์ของ DCT ที่เลือกขึ้นมา เพื่อนำมาสร้างเวกเตอร์ $T = \{t_1, t_2, ..., t_L, t_{L+1}, ..., t_{L+M}\}$ จากนั้น เพื่อให้ได้ช่วงที่เหมาะสมระหว่างการไม่สามารถสังเกตเห็นได้และความทนทานต่อเทคนิคของการประมวลผลภาพ ค่าสัมประสิทธิ์ลำดับแรกของ L จะถูกข้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไป และ ลายน้ำ $x = \{x_1, x_2, ..., x_M\}$ จะถูกฝังลงในลำดับ L+1 จนถึงจำนวนสุดท้ายของลำดับ (L+M) จะได้เวกเตอร์ใหม่ $T' = \{t_1, t_2, ..., t_L, t'_{L+1}, ..., t'_{L+M}\}$ เป็นเวกเตอร์ที่ผ่านการฝังลายน้ำแล้วโดยมีรูปแบบการคำนวณดังสมการนี้

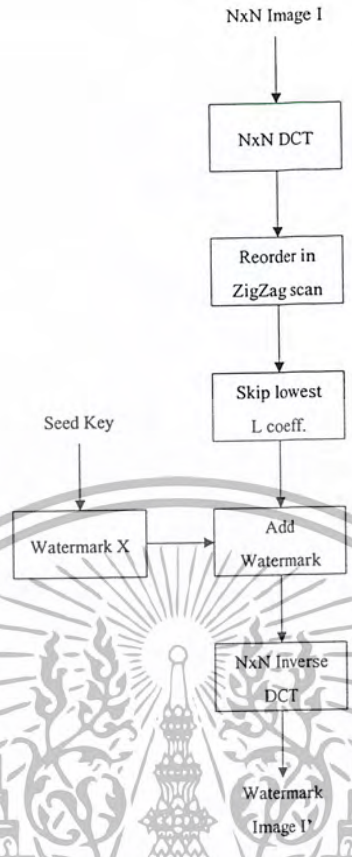
$$t'_{L+i} = t_{L+i} + \alpha |t_{L+i}| x_i \tag{3.4}$$

ซึ่ง $i = 1, ..., M$, x_i คือ ลายน้ำที่ฝังลงไป และ t_{L+i} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ DCT ของภาพต้นจากนั้นเวกเตอร์ T' จะถูกทำการแปลงกลับจากการทำซิกแซกสแกนในครั้งแรก และทำการแปลงกลับ DCT ทำให้ได้ภาพที่มีลายน้ำ I' ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 กระบวนการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1

- การตรวจหาภาพลายน้ำ

ในการตรวจหาลายน้ำ (Watermark Detection) จากภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.5 โดยภาพอาจจะเกิดความเสียหายหรือผิดเพี้ยนมาก่อนซึ่งเราแทนด้วย I^* ค่าสัมประสิทธิ์ DCT จะถูกนำมาเรียงใหม่ในรูปแบบของ ซิกแซกสแกน และเลือกค่าสัมประสิทธิ์จากลำดับที่ L+1 ถึง L+M เพื่อสร้างเวกเตอร์ $T^* = \{t^*_{L+1}, t^*_{L+2}, ..., t^*_{L+M}\}$ ค่าคอร์รีเลชันระหว่างลายน้ำกับค่าสัมประสิทธิ์ T^* ที่มีโอกาสผิดเพี้ยนหรือเสียหายได้ จะบอกได้ว่าภาพที่นำมาทดสอบมีลายน้ำอยู่หรือไม่ ค่าคอร์รีเลชั่น z ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ DCT ที่มีลายน้ำของ x และลายน้ำอื่น Y หาได้จาก

$$z = \frac{Y.T^*}{M} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} y_i t^*_{L+i} \tag{3.5}$$

สำหรับค่าเทรชโฮล สมมติให้ $\overline{\mu}_{|t|} = 0.7$ ซึ่งเป็นสมมติฐานที่สมเหตุสมผล แต่อย่างไรก็ตามถ้าภาพที่มีการฝังลายน้ำสำหรับค่าสัมบูรณ์เฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ DCT มีค่าน้อยกว่า 0.7 หรือน้อยกว่านี้ ถ้ามีการประมวลผลบางอย่างถูกใช้กับภาพ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของ $|t|$ จะถูกพิจารณาให้มีค่าลดลง ความผิดพลาดนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าของ $\rho(X,T')$ กับ $T\rho = \frac{\alpha}{2}\overline{\mu_{|t|}}$ ในการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ เป็นสิ่งที่ดีกว่าสำหรับตัวถอดรหัสที่ค่าเทรชโฮล T_ρ ซึ่งเป็นค่าในการประมาณของภาพที่มีลายน้ำอยู่ สมมติให้

$$\overline{\mu_{|t|}} \approx \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\left|t_i'\right| \tag{3.6}$$

ดังนั้น

$$T\rho = \frac{\overline{\alpha}}{2M}\sum_{i=1}^{M}\left|t_i'\right| \tag{3.7}$$

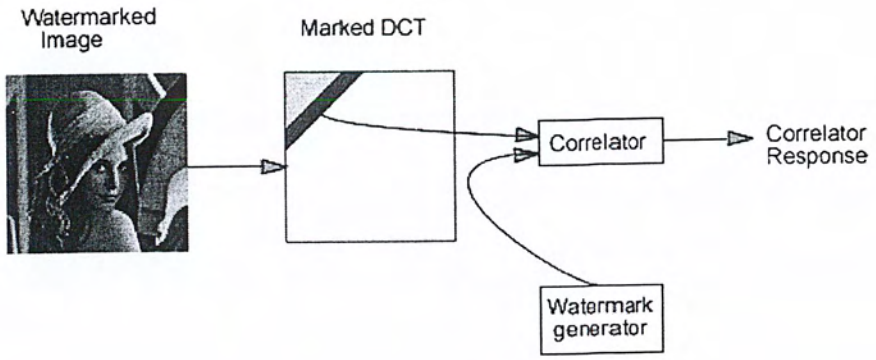
การพิจารณาในกรณีที่ทั้งสองเกี่ยวกับการเลือกค่าของ T_ρ เมื่อภาพเกิดความเสียหายโดยความบังเอิญหรือความตั้งใจก็ตาม ในกรณีเช่น โดยเหตุที่ค่ากลางและความแปรปรวนของ $\rho(X,T')$ อาจจะเปลี่ยนแปลงไปโดยวิธีใดๆ เนื่องจากอาจมีโอกาสเป็นไปได้ที่ภาพจะเกิดความเสียหายเนื่องด้วยสาเหตุมากมาย ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้โดยค่าของ $\sigma_\rho(X,T)$ และ $\sigma_\rho(X,T_Y)$ ควรจะยังคงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ $\sigma_\rho(X,T_X)$ น่าจะเพิ่มนัยสำคัญขึ้น ดังนั้นเพื่อหาค่าเฉลี่ยของ $\rho(X,T')$เราสมมติให้ $\mu_{(\rho)}(X,T)$ และ $\mu_{(\rho)}(X,T_Y)$ ไม่มีผลแม้ว่าจะมีความเสียหายปรากฏอยู่ และค่า $\mu_{(\rho)}(X,T_X)$ สามารถประมาณได้โดยการสังเกตจากภาพที่มีลายน้ำ และภาพที่เกิดความเสียหาย เพราะฉะนั้น เมื่ออ้างอิงจากรูปที่ 3.3 เราสามารถกล่าวได้ว่าเพราะความเสียหายของภาพ เนื่องจากยังคงมีเกาซ์เซียนปรากฏอยู่ แต่ตัวหนึ่งมีค่ากึ่งกลางอยู่ที่ $\overline{\mu_{|t|}}$ ซึ่งมีความแปรปรวนมากกว่า ดังนั้นค่าของ T_ρ ควรจะกำหนดให้มีค่าใกล้ศูนย์ แทนที่จะให้ค่ากึ่งกลางระหว่างศูนย์และ $\overline{\mu_{|t|}}$

โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าคอร์รีเลชั่น z ของช่วงลำดับที่ฝังลายน้ำไว้และช่วงลำดับของภาพดิจิตอลที่ต้องการทดสอบกับค่า เทรชโฮล T_ρ ที่คำนวณไว้จากภาพดิจิตอลที่มีลายน้ำผังอยู่ ว่ามีลายน้ำอยู่ในภาพหรือไม่ ในทางปฏิบัติค่าเทรชโฮล T_ρ หาได้โดยตรงจากภาพที่มีลายน้ำอยู่ดังนี้

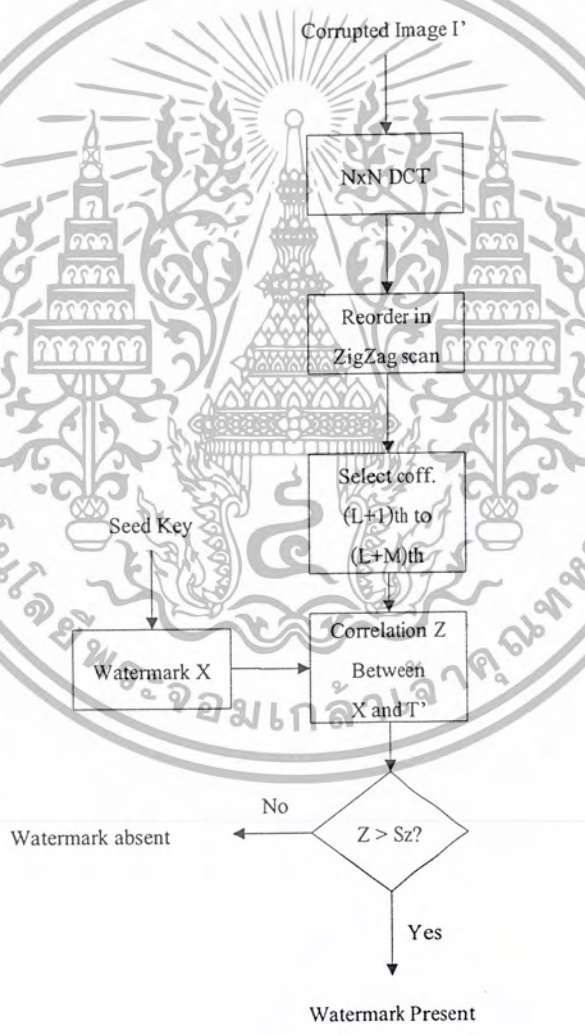
$$T_\rho = \frac{\overline{\alpha}}{3M}\sum_{i=1}^{M}\left|t_{L+i}^{*}\right| \tag{3.8}$$

ค่าเทรชโฮล T_ρ ที่ได้สามารถดูได้จากผลการทดลองว่าสามารถกำหนดและตัดสินได้ว่าข้อมูลภาพมีลายน้ำฝังอยู่หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 กระบวนการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1

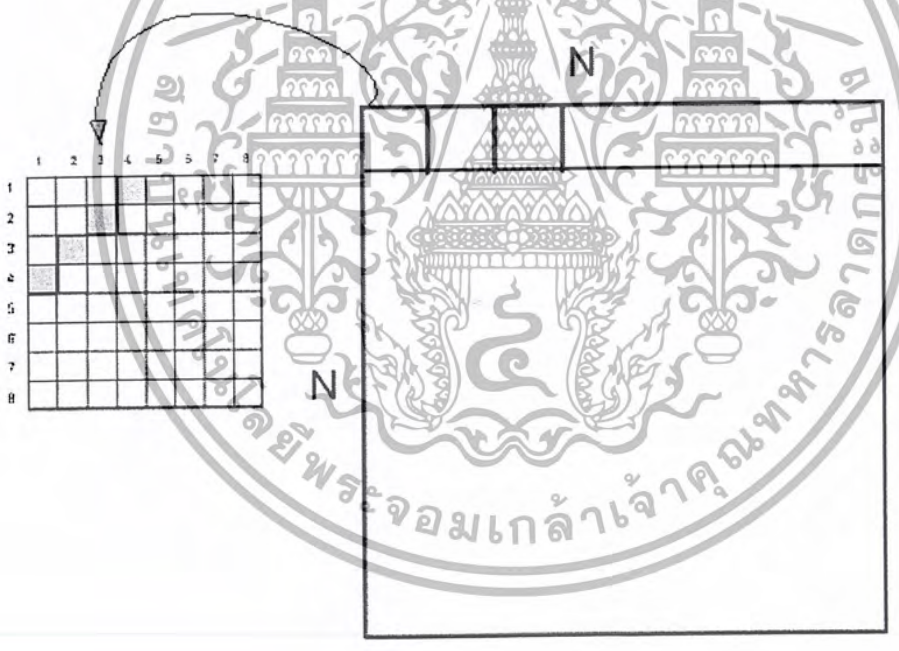
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 2 การฝังภาพลายน้ำโดยการทำ DCT ภาพต้นแบบเป็นบล็อกๆ ละ 8x8

- **การฝังภาพลายน้ำ**

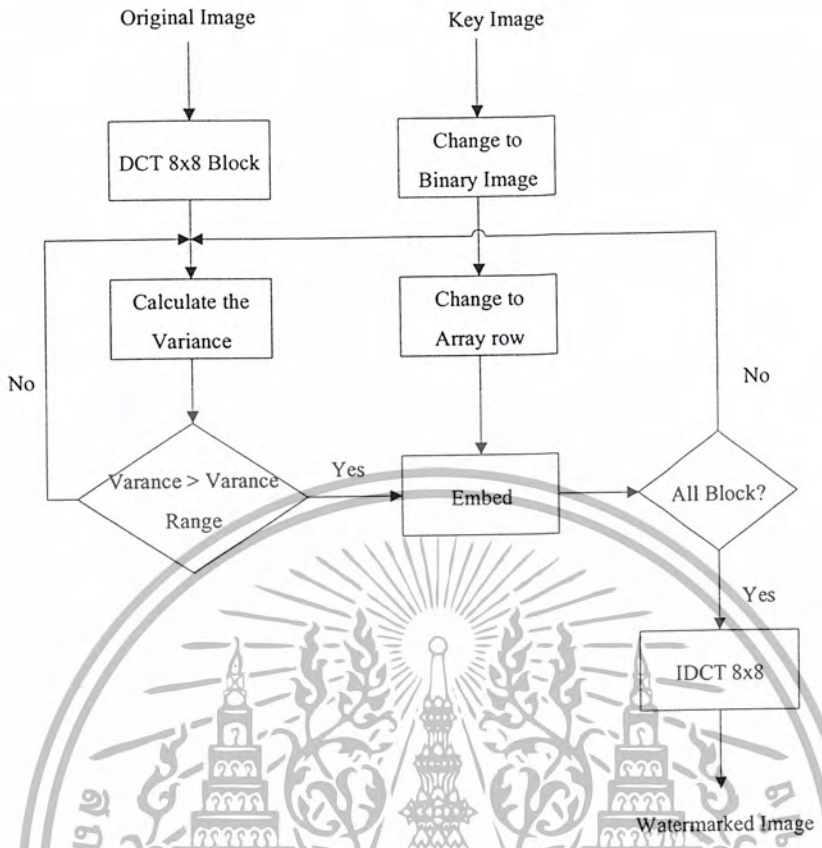
การฝังลายน้ำภาพระดับเทา I ขนาด N x N เริ่มแรกทำการแบ่งภาพออกเป็นบล็อกๆ ละ 8 x 8 ดังรูปที่ 3.6 แล้วนำแต่ละ block มาทำการ คำนวณ DCT โดยใช้สมการ Forward DCT (3.2) โดยทำการคำนวณให้หมดทุกบล็อก แล้วนำแต่ละบล็อกมาทำการซิกแซกสแกนดังรูปที่ 3.6

สำหรับภาพคีย์ นำมาทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดละ 9 ไบต์ เพื่อนำมาฝังแต่ละบล็อกของภาพต้นแบบ โดยภาพต้นแบบจะแบ่งออกเป็น 4096 บล็อก แต่ภาพคีย์ แบ่งข้อมูลออกเป็นชุดละ 9 ไบต์ได้ 1764 ชุด นำมาฝังลงในภาพต้นแบบโดยเลือกค่าความเบี่ยงแบน(Variance) มากสุด 1764 บล็อก เพื่อนำมาฝัง ตามอัลกอริธึมตามรูปที่ 3.7 โดยแต่ละบล็อกจะมีลายน้ำถูกแทรกอยู่ชุดของสัมประสิทธิ์ จากนั้นนำแต่ละบล็อกมาทำการแปลงกลับซิกแซกสแกนแล้วนำแต่ละบล็อกมาทำการแปลงกลับ DCT จากนั้นนำแต่ละบล็อกมาทำการเรียงให้อยู่ในรูปแบบเดิม จะได้รูปต้นแบบที่ทำการฝังลายน้ำแล้ว



รูปที่ 3.6 การแบ่งรูปออกเป็นแต่ละบล็อกๆ ละ 8 x 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



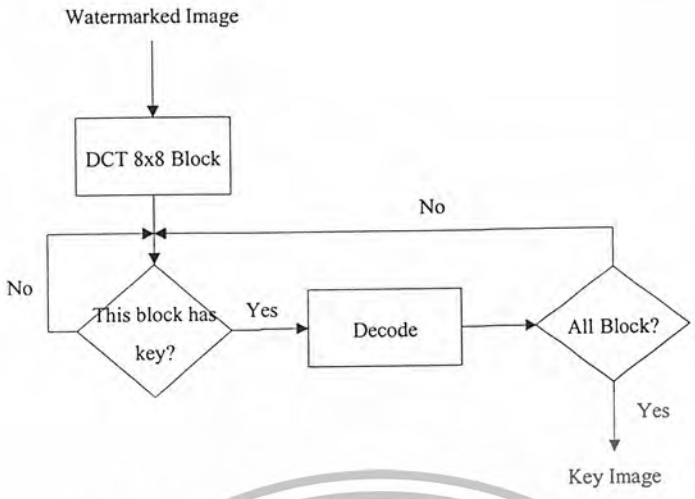
รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 2

- การตรวจหาภาพลายน้ำ

น้ำภาพที่ต้องการตรวจสอบมาทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วทำการแบ่งเป็นบล็อกๆ ละ 8 x 8 บิตจากนั้นนำแต่ละบล็อกมาทำการคำนวณ DCT จากนั้นทำการเลือกบล็อกที่มีลายน้ำฝังอยู่ออกมาแล้วทำการซิกแซกสแกนดังรูปที่ 3.6 ของแต่ละบล็อกที่เลือกมาแล้ว

จากนั้นทำการดึงค่าลายน้ำ ณ ตำแหน่งที่ฝังลายน้ำออกมา ของแต่ละบล็อก เมื่อดึงมาจนครบแล้วจะทำการน้ำภาพคีย์ที่ดึงออกมาทำการลบกับภาพคีย์ที่เรามีอยู่แล้วน้ำกลับมาเรียงจะได้รูปคีย์ที่ฝังลงไปในภาพต้นแบบกลับคืนมา เราจะทราบได้ว่ามีภาพคีย์ที่เราฝังอยู่หรือไม่ ตามอัลกอริธึมดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 2

3.3.2 ภาพสี (Image Color)

ในการฝังภาพลายน้ำและการถอดภาพลายน้ำกับภาพสี ผู้ทำการวิจัยได้ทำการฝังใน 2 อัลกอริธึม คือ

แบบที่ 1 การฝังภาพลายน้ำโดยการทำ DCT ภาพต้นแบบทั้งภาพ

- การฝังภาพลายน้ำ

การฝังภาพลายน้ำภาพสี I ขนาด N x N ในการกระทำกับภาพสี RGB เราได้ทำการฝังลายน้ำที่สีน้ำเงินเพราะสีน้ำเงินมีค่าความผิดพลาด (Error) ที่สายตาไม่สามารถเห็นความแตกต่างของความผิดพลาดได้ เริ่มแรกได้ทำการคำนวณ DCT ภาพต้นแบบที่ชั้นของสีน้ำเงิน โดยใช้สมการ Forward DCT (3.2) จากนั้นทำการนำภาพต้นแบบที่ทำการคำนวณ DCT แล้วนั้นมาทำการ ซิกแซกสแกน ดังรูปที่ 3.1

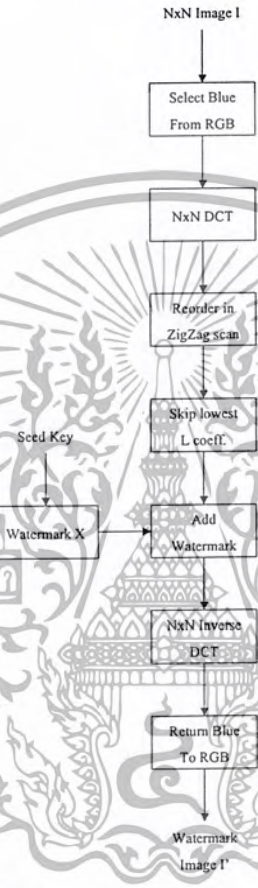
สำหรับภาพคีย์ นำภาพคีย์มาทำการคำนวณ DCT โดยใช้สมการ Forward DCT (3.2) จากนั้น สร้างค่า Random แบบ Normal Distribution 100 ค่า ที่มีค่าเฉลี่ย(mean)เท่ากับศูนย์และมีค่าความแปรปรวน(variance)เท่ากับหนึ่ง จากนั้นทำการเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าสูงที่สุดของภาพคีย์ที่ทำการแปลง DCT แล้วออกมา 100 ค่า แล้วนำมากระทำกับค่า Random 100 ค่าที่ได้ตามสมการที่ (3.1)

โดยทั่วไปลายน้ำมักถูกแทรกอยู่ชุดของสัมประสิทธิ์เดิมๆ ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งแต่ลำดับที่ L + 1 ถึง L + M (คือช่วงระหว่าง 10% - 16%)ในลำดับของซิกแซกสแกน ค่า L จะมีค่าอยู่ที่ 10% ของค่าสัมประสิทธิ์ในลำดับของซิกแซกสแกน และค่า M จะมีค่าอยู่ที่ 6% ในสัมประสิทธิ์ของ DCT ที่เลือกขึ้นมา เพื่อนำมาสร้างเวกเตอร์ $T = \{t_1, t_2, ..., t_L, t_{L+1}, ..., t_{L+M}\}$ จากนั้น เพื่อให้ได้ช่วงที่เหมาะสมระหว่างการไม่สามารถสังเกตเห็นได้และความทนทานต่อเทคนิคของการประมวลผลภาพ ค่าสัมประสิทธิ์ลำดับแรกของ L จะถูกข้ามไป และ ลายน้ำ $x = \{x_1, x_2, ..., x_M\}$ จะถูกฝังลงในลำดับ L+1 จนถึงจำนวนสุดท้ายของลำดับ L+M จะได้เวกเตอร์ใหม่ $T' = \{t_1, t_2, ..., t_L, t'_{L+1}, ..., t'_{L+M}\}$ เป็นเวกเตอร์ที่ผ่านการฝังลายน้ำแล้วโดยมีรูปแบบการคำนวณดังสมการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$t'_{L+i} = t_{L+i} + \alpha |t_{L+i}| x_i \tag{3.9}$$

ซึ่ง $i = 1,...,M$, x_i คือ ลายน้ำที่ฝังลงไป และ t_{L+i} คือ ค่าสัมประสิทธิ์ DCT ของภาพต้นจากนั้น เวกเตอร์ T' จะถูกทำการแปลงกลับจากการทำซิกแซกสแกนในครั้งแรก และทำการแปลงกลับ DCT ทำให้ได้ภาพที่มีลายน้ำ I' ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1

- การตรวจหาภาพลายน้ำ

ในการตรวจหาลายน้ำ (Watermark Detection) จากภาพสี ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.10 โดยภาพอาจจะเกิดความเสียหายหรือผิดเพี้ยนมาก่อนซึ่งเราแทนด้วย I^* ค่าสัมประสิทธิ์ DCT จะถูกนำมาเรียงใหม่ในรูปแบบของ ซิกแซกสแกน และเลือกค่าสัมประสิทธิ์จากลำดับที่ L+1 ถึง L+M เพื่อสร้างเวกเตอร์ $T^* = \{t^*_{L+1}, t^*_{L+2}, ..., t^*_{L+M}\}$ ค่าคอร์รีเลชันระหว่างลายน้ำกับค่าสัมประสิทธิ์ T^* ที่มีโอกาสผิดเพี้ยนหรือเสียหายได้ จะบอกได้ว่าภาพที่นำมาทดสอบมีลายน้ำอยู่หรือไม่ ค่าคอร์รีเลชั่น z ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ DCT ที่มีลายน้ำของ x และลายน้ำอื่น Y หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$z = \frac{Y.T^{*}}{M} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} y_i t_{L+i}^{*} \tag{3.10}$$

สำหรับค่าเทรชโชล สมมติให้ $\overline{\mu_{|t|}} = 0.7$ ซึ่งเป็นสมมติฐานที่สมเหตุสมผล แต่อย่างไรก็ตามถ้าภาพที่มีการฝังลายน้ำสำหรับค่าสัมบูรณ์เฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ DCT มีค่าน้อยกว่า 0.7 หรือน้อยกว่านี้ ถ้ามีการประมวลผลบางอย่างถูกใช้กับภาพ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของ $|t'|$ จะถูกพิจารณาให้มีค่าลดลง ความผิดพลาดนี้จะเกิดขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าของ $\rho(X,T')$ กับ $T\rho = \frac{\alpha}{2}\overline{\mu_{|t|}}$ ในการประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ เป็นสิ่งที่ดีกว่าสำหรับตัวถอดรหัสที่ค่าเทรชโชล T_ρ ซึ่งเป็นค่าในการประมาณของภาพที่มีลายน้ำอยู่ สมมติให้

$$\overline{\mu_{|t|}} \approx \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} |t_i'| \tag{3.11}$$

ดังนั้น

$$T\rho = \frac{\overline{\alpha}}{2M}\sum_{i=1}^{M} |t_i'| \tag{3.12}$$

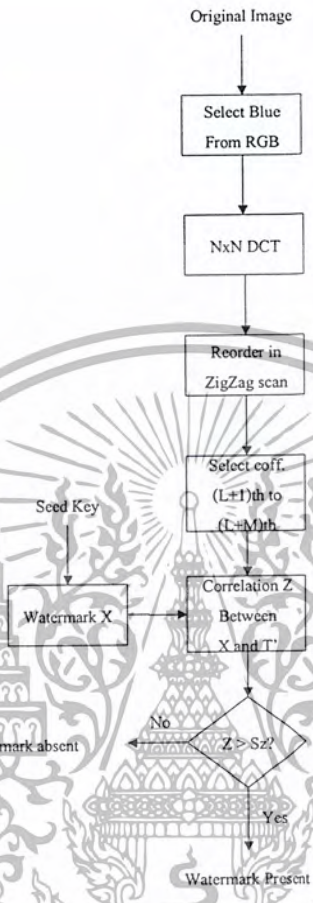
การพิจารณาในกรณีที่ทั้งสองเกี่ยวกับการเลือกค่าของ T_ρ เมื่อภาพเกิดความเสียหายโดยความบังเอิญหรือความตั้งใจก็ตาม ในกรณีเช่น โดยเหตุที่ค่ากลางและความแปรปรวนของ $\rho(X,T')$ อาจจะเปลี่ยนแปลงไปโดยวิธีใดๆ เนื่องจากอาจมีโอกาสเป็นไปได้ที่ภาพจะเกิดความเสียหายเนื่องด้วยสาเหตุมากมาย ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้โดยค่าของ $\sigma_\rho(X,T)$ และ $\sigma_\rho(X,T_Y)$ ควรจะยังคงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ $\sigma_\rho(X,T_X)$ น่าจะเพิ่มนัยสำคัญขึ้น ดังนั้นเพื่อหาค่าเฉลี่ยของ $\rho(X,T')$เราสมมติให้ $\mu_{(\rho)}(X,T)$ และ $\mu_{(\rho)}(X,T_Y)$ ไม่มีผล แม้ว่าจะมีความเสียหายปรากฏอยู่และค่า $\mu_{(\rho)}(X,T_X)$ สามารถประมาณได้โดยการสังเกตจากภาพที่มีลายน้ำและภาพที่เกิดความเสียหาย เพราะฉะนั้น เมื่ออ้างอิงจากรูปที่ 3.9 เราสามารถกล่าวได้ว่าเพราะความเสียหายของภาพ เนื่องจากยังคงมีเกาซ์เซียนปรากฏอยู่ แต่ตัวหนึ่งมีค่ากึ่งกลางอยู่ที่ $\overline{\mu_{|t|}}$ ซึ่งมีความแปรปรวนมากกว่า ดังนั้นค่าของ T_ρ ควรจะกำหนดให้มีค่าใกล้ศูนย์ แทนที่จะให้ค่ากึ่งกลางระหว่างศูนย์และ $\overline{\mu_{|t|}}$

โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าคอร์รีเลชั่น z ของช่วงลำดับที่ฝังลายน้ำไว้และช่วงลำดับของภาพดิจิตอลที่ต้องการทดสอบกับค่า เทรชโชล T_ρ ที่คำนวณไว้จากภาพดิจิตอลที่มีลายน้ำผังอยู่ ว่ามีลายน้ำอยู่ในภาพหรือไม่ ในทางปฏิบัติค่าเทรชโชล T_ρ หาได้โดยตรงจากภาพที่มีลายน้ำอยู่ดังนี้

$$T_\rho = \frac{\overline{\alpha}}{3M}\sum_{i=1}^{M} |t_{L+i}^{*}{}'| \tag{3.13}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเทรชโชล T_ρ ที่ได้สามารถดูได้จากผลการทดลองว่าสามารถกำหนดและตัดสินได้ว่าข้อมูลภาพมีลายน้ำฝังอยู่หรือไม่



รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 1

แบบที่ 2 การฝังภาพลายน้ำโดยการทำ DCT ภาพต้นที่เป็นภาพสี แบบเป็นบล็อกๆ ละ 8x8

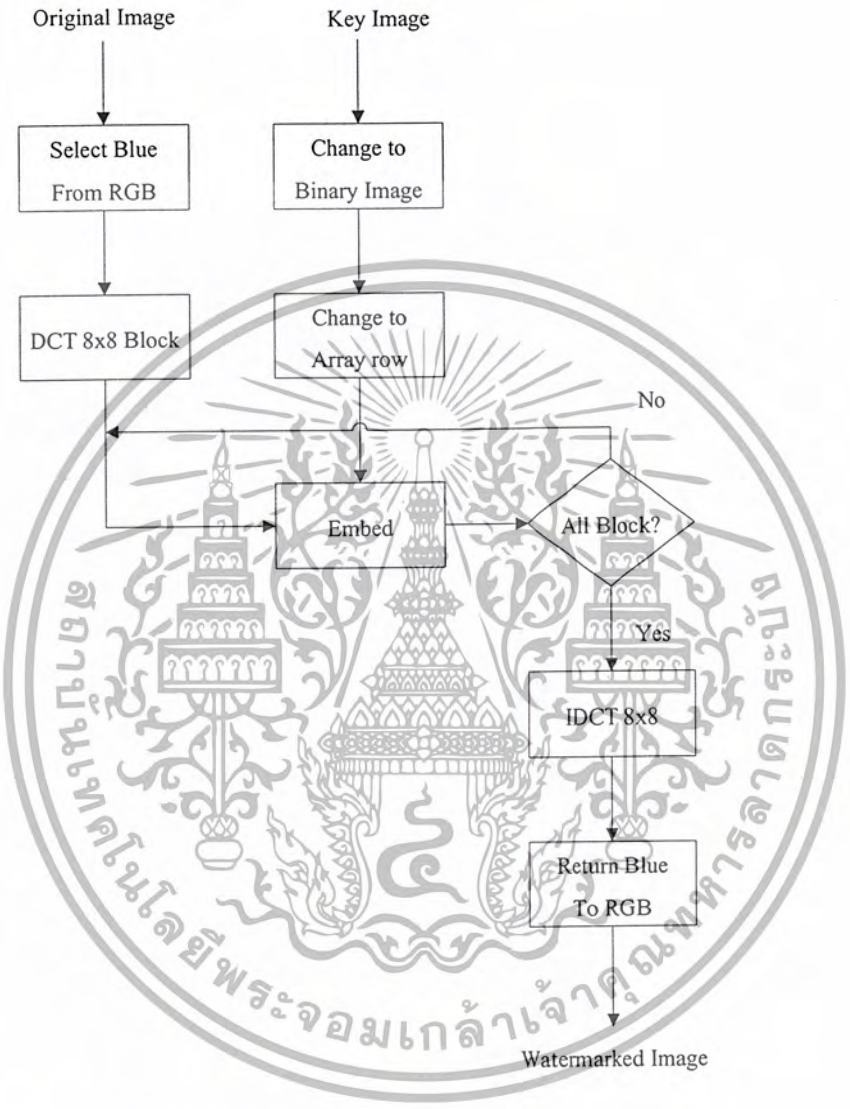
- การฝังภาพลายน้ำ

การฝังลายน้ำภาพสี I ขนาด N x N จากการที่ภาพเป็น RGB เราจะกระทำการที่ชั้นของสีน้ำเงินเริ่มแรกทำการแบ่งภาพออกเป็นบล็อกๆ ละ 8 x 8 จากนั้นนำแต่ละ Block มาทำการ คำนวณ DCT โดยใช้สมการ Forward DCT (3.2) โดยทำการคำนวณให้หมดทุกบล็อก แล้วนำแต่ละบล็อกมาทำการซิกแซกสแกนดังรูปที่ 3.1

สำหรับภาพคีย์ นำมาทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดละ 4 ไบต์ เพื่อนำมาฝังแต่ละบล็อกของภาพต้นแบบ โดยภาพต้นแบบจะแบ่งออกเป็น 1024 บล็อก แต่ภาพคีย์ แบ่งข้อมูลออกเป็นชุดละ 4 ไบต์ได้ 1024 ชุด นำมาฝังลงในภาพต้นแบบทั้งหมด ตามอัลกอริธึมตามรูปที่ 3.12 โดยแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกจะมีลายน้ำถูกแทรกอยู่ชุดของสัมประสิทธิ์ จากนั้นนำแต่ละบล็อกมาทำการแปลงกลับซิกแซกสแกน แล้วนำแต่ละบล็อกมาทำการแปลงกลับ DCT จากนั้นนำแต่ละบล็อกมาทำการเรียงให้อยู่ในรูปแบบเดิม จะได้รูปต้นแบบที่ทำการฝังลายน้ำแล้ว



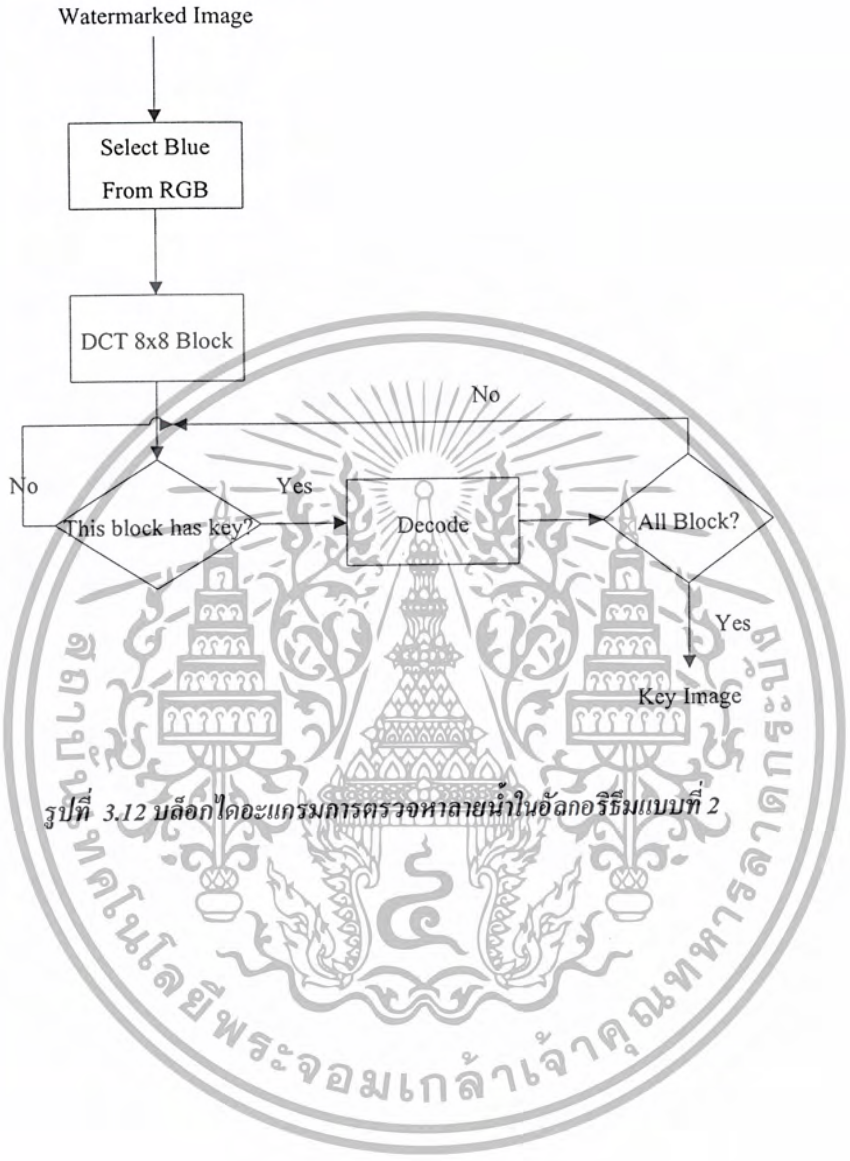
รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมการฝังลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 2

- **การตรวจหาภาพลายน้ำ**

น้ำภาพสีที่ต้องการตรวจสอบมาทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยเราจะเลือกกระทำที่สีน้ำเงิน แล้วทำการแบ่งเป็นบล็อกๆ ละ 8 x 8 บิตจากนั้นนำแต่ละบล็อกมาทำการคำนวณ DCT จากนั้นทำการเลือกบล็อกที่มีลายน้ำฝังอยู่ออกมาแล้วทำการซิกแซกสแกนดังรูปที่ 3.6 ของแต่ละบล็อกที่เลือกมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการดึงค่าลายน้ำ ณ ตำแหน่งที่ฝังลายน้ำออกมา ของแต่ละบล็อก เมื่อดึงมาจนครบแล้วจะทำการเรียงจะได้รูปคีย์ที่ฝังลงไปในภาพต้นแบบกลับคืนมา เราจะทราบได้ว่ามีภาพคีย์ที่เราฝังอยู่หรือไม่



รูปที่ 3.12 บล็อกไดอะแกรมการตรวจหาลายน้ำในอัลกอริธึมแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

บทนี้จะกล่าวถึงการทดลองด้วยวิธีการฝังลายน้ำและการตรวจหาลายน้ำจากภาพสีที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 โดยในการเปรียบเทียบเบื้องต้นของการฝังลายน้ำจะเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบกับภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำและหลังการฝังลายน้ำ และทำการวัดค่า PSNR ของภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำแล้วจากนั้นในขั้นตอนการตรวจหาลายน้ำ โดยทำการทดลองกับภาพที่ผ่านเทคนิคความผิดเพี้ยนทางเรขาคณิตต่างๆ และ เทคนิคการปรับความสว่างและความแตกต่าง เพื่อวัดความคงทนของลายน้ำ

4.1 การวัดคุณภาพของภาพภายหลังการใส่ลายน้ำ

เพื่อทดสอบอัลกอริธึมแบบใหม่ของการฝังลายน้ำ ในขั้นตอนแรกสำหรับการทำลายน้ำกับภาพสีซึ่งมีวิธีการดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และได้ทำการทดสอบกับเทคนิคความผิดเพี้ยนทางเรขาคณิตต่างๆ และ เทคนิคการปรับความสว่างและความแตกต่าง ในการทดลองได้ใช้ภาพสี Lena, Mandrill และ House ขนาด 256 x 256 จำนวน 24 บิต/พิกเซล สำหรับภาพ Lena ที่เป็นภาพต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 4.1(ก) และทำการใส่ลายน้ำลงในภาพด้วยอัลกอริธึมที่นำเสนอ โดยมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้ ค่า Seed = 100, α = 0.02, L = 10% และ M = 6% สำหรับค่า L และ M จากบทที่ 3 ได้กล่าวถึงความยาวของลายน้ำและตำแหน่งที่ทำการฝังลายน้ำลงไป ซึ่งได้ข้อสรุปสำหรับการทำลายน้ำด้วยวิธีนี้โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับขนาดภาพ เพื่อความสะดวกในการทำลายน้ำกับภาพในขนาดอื่นๆ โดยเปอร์เซ็นต์คิดจากจำนวนลำดับทั้งหมดของภาพขนาด NxN ในกรณีนี้ N = 256 จะได้ L = 6554 และ M = 4096 ซึ่งในการทำลายน้ำเราจะวัดคุณภาพภายหลังการทำลายน้ำได้ดังนี้

การวัดคุณภาพของภาพภายหลังการทำลายน้ำเป็นวิธีการพื้นฐาน แต่ให้ผลที่น่าเชื่อถือมากโดยใช้สายตาของผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องทำการตัดสินคุณภาพของภาพในฐานะที่เป็นผู้ใช้ธรรมดา และยังใช้สายตาของผู้เชี่ยวชาญที่มีความสามารถในการสังเกตความบกพร่องเล็กน้อยที่ผู้ใช้ทั่วไปอาจมองข้าม ในการตัดสินในอาจใช้กฎเกณฑ์ต่างๆ ดังนี้

1. การตัดสินใจจากภาพทดสอบแล้วให้ระดับคะแนน เมื่อผู้ทดสอบได้มองภาพทดสอบแล้วระบุระดับคุณภาพตามที่ได้ระบุไว้ โดยอาจมีชุดภาพมาตรฐานที่มีระดับคะแนนระบุไว้อ้างอิงด้วยก็ได้ ระดับคุณภาพสามารถแสดงได้ทั้งระดับความถูกต้องและระดับความผิดพลาด

2. การตัดสินจากชุดภาพทดสอบแล้วเรียงลำดับคุณภาพของภาพซึ่งผู้ใช้จะเรียงลำดับภาพทดสอบตามคุณภาพของภาพที่เห็นผู้ทดสอบจะตัดสินใจในลักษณะเปรียบเทียบว่าดีกว่าหรือแย่กว่า

การวัดค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการทำลายน้ำสามารถกระทำได้หลายวิธีการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย

ในการหาค่าความผิดพลาดเชิงเลข นิยมใช้ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Mean square error, MSE) ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่าภาพที่ได้กลับคืนมามีความผิดเพี้ยนจากภาพต้นแบบน้อย สามารถหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของข้อมูลภาพขนาด M x N ได้ดังนี้

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^{M} \sum_{y=1}^{N} \left[f(x,y) - \hat{f}(x,y) \right]^2 \tag{4.1}$$

โดยที่ M คือ จำนวนพิกเซลตามความกว้างของภาพ

N คือ จำนวนพิกเซลตามความสูงของภาพ

$f(x,y)$ คือ ค่าของพิกเซลที่ตำแหน่ง (x,y) ของภาพต้นแบบ

$\hat{f}(x,y)$ คือ ค่าของพิกเซลที่ตำแหน่ง (x,y) ของภาพที่สร้างกลับคืนมาใหม่

อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (Peak signal-to-noise ratio, PSNR) ในการใช้งานบางประเภท นิยมใช้ค่า PSNR หาได้จาก

$$PSNR = 10 \log \frac{Peak^2}{MSE} \quad (db) \tag{4.2}$$

ดังนั้นภาพขนาด 8 บิต หรือมีจำนวนระดับความเทาเท่ากับ 256 ระดับ จะได้ว่า

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{MSE} \quad (db) \tag{4.3}$$

4.2 อัลกอริธึมที่ 1 การฝังภาพคีย์ลงในภาพต้นแบบ โดยทำการคำนวณ DCT ทั้งหมดของภาพ

4.2.1 ผลการทดลองขณะไม่มีการรบกวนใดๆ

สำหรับภาพ Lena ที่เป็นภาพต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ก) และทำการใส่ลายน้ำลงในภาพด้วยอัลกอริธึมที่นำเสนอ เมื่อทำการฝังลายน้ำแล้วได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.1 (ข) โดยใช้ค่า R = 8 (ขนาดของบล็อก) จากการทดลองได้ค่า PSNR = 38.82 dB สำหรับภาพในรูปที่ 4.1 (ข)

สำหรับภาพ House ที่เป็นภาพต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 4.2 (ก) และทำการใส่ลายน้ำลงในภาพด้วยอัลกอริธึมที่นำเสนอ โดยมีค่าพารามิเตอร์เหมือนที่ทำกับภาพ Lena เมื่อทำการฝังลายน้ำแล้วได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.2 (ข) โดยใช้ค่า R = 8 (ขนาดของบล็อก) จากการทดลองได้ค่า PSNR = 40.12 dB สำหรับภาพในรูปที่ 4.2 (ข)

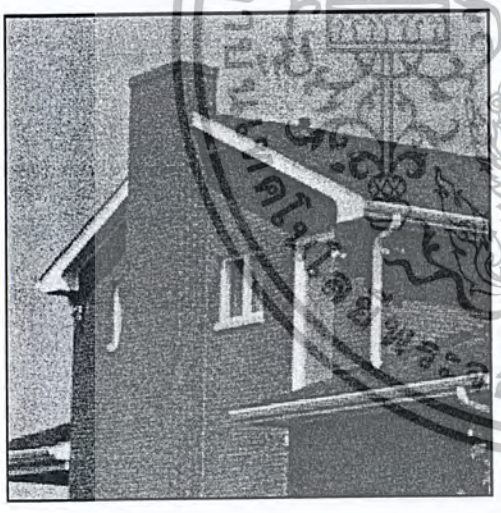
ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงผลตอบสนองการตรวจหาลายน้ำบนภาพ Lena และ House ที่ฝังลายน้ำดิจิตอล ขณะที่ยังไม่มีการลดทอนทางเรขาคณิต และยังไม่ผ่านเทคนิคของการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

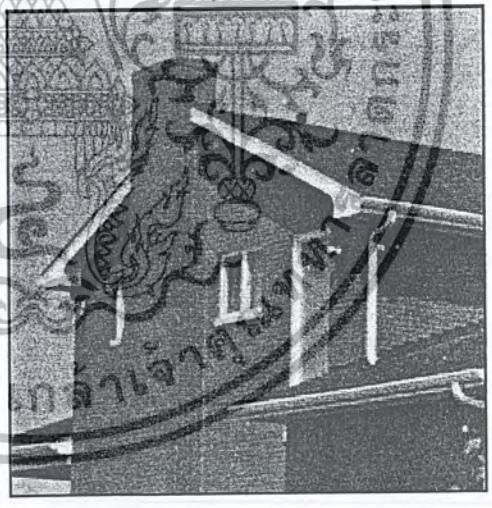
โดยลายน้ำได้จากค่าเลขสุ่ม 1,000 ค่า (วนค่าซ้ำกระทั่งได้จำนวนเท่ากับ M) และกำหนดให้ค่าลายน้ำ (Seed) เท่ากับ 100 และเส้นประเป็นค่าเทรชโชล T_ρ ที่ใช้ในการวัดระดับของผลการตอบสนองการตรวจหาลายน้ำ จะเห็นว่าผลการตอบสนองที่ได้สูงกว่าระดับเทรชโชลอยู่ในระดับที่ชัดเจนและถูกต้อง

รูปที่ 4.1 (ก) ภาพต้นแบบ Lena ขนาด 256 x 256

รูปที่ 4.1 (ข) ภาพต้นแบบ Lena ที่ใส่ลายน้ำแล้ว มีค่า PSNR = 38.82 dB



รูปที่ 4.2 (ก) ภาพต้นแบบ House ขนาด 256 x 256



รูปที่ 4.2 (ข) ภาพต้นแบบ House ที่ใส่ลายน้ำแล้ว มีค่า PSNR = 40.12 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดสอบความคงทนของลายน้ำ

เพื่อทดสอบอัลกอริธึมของเทคนิคการทำลายน้ำกับภาพสี ด้วยเทคนิคการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล และความผิดเพี้ยนทางเรขาคณิต ซึ่งได้ทำการทดสอบกับเทคนิคดังต่อไปนี้

- **ความคงทนของลายน้ำต่อเทคนิคการประมวลผลสัญญาณภาพ**

เพื่อทำการทดสอบความคงทนของลายน้ำต่อเทคนิคการประมวลผลสัญญาณภาพ โดยนำภาพที่มีลายน้ำไปผ่านการโจมตีด้วยสีโดยทำการใส่สีดำเข้าไปในภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (ก) และ 4.4 (ก) สามารถตรวจหาลายน้ำได้ดังรูปที่ 4.3 (ข) และ 4.4 (ข) ภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำจะมีค่าผิดพลาดสูงมากขึ้น (MSE) ซึ่งได้ผลตอบสนองการตรวจวัดลายน้ำ โดยวัดค่า PSNR = 19.21dB และค่า MSE = 21.40 ของรูปที่ 4.3(ก) และ PSNR = 15.21 dB และค่า MSE = 1956.78 ของรูปที่ 4.4(ก) ซึ่งเห็นได้ว่าแม้จะผ่านการโจมตี ก็ยังสามารถตรวจหาลายน้ำได้ในระดับที่ดี

รูปที่ 4.3 (ก) ภาพ House ที่ถูกโจมตีด้วยสี

รูปที่ 4.3 (ข) ภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 (ก) ภาพ House ที่ถูกโจมตีด้วยสี

รูปที่ 4.4 (ข) ภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาได้

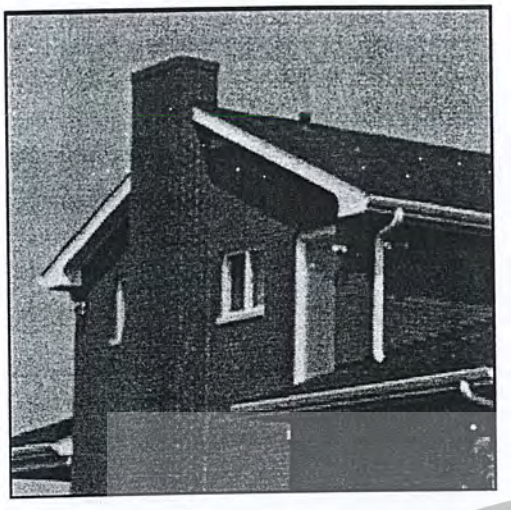
- ความคงทนของลายน้ำต่อการลดขนาดของรูป

และเมื่อทำการทดสอบการตรวจหาลายน้ำ จากภาพที่ผ่านการลดขนาดของรูปจาก 256 x 256 ลดลงมาเหลือเพียง 70% จากขนาดของภาพเดิม ดังแสดงในรูปที่ 4.5(ก) และ 4.6(ก) ภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำจะมีค่าผิดพลาดสูงมากขึ้น (MSE) สามารถตรวจหาลายน้ำได้ดังรูปที่ 4.5(ข) และ 4.6(ข) และผลตอบสนองในการตรวจหาลายน้ำ PSNR = 34.82 dB และ MSE = 21.40 ของรูปที่ 4.5(ก) และ PSNR = 34.20 dB และ MSE = 24.68 ของรูปที่ 4.6(ก)

รูปที่ 4.5 (ก) รูปภาพ Lenaที่ทำการลดขนาดลงเหลือ 70%

รูปที่ 4.5(ข) รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 (ก) รูปภาพ House ที่ทำการลดขนาดลงเหลือ 40% รูปที่ 4.6(ข) รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้

หมายเหตุ การทำการคำนวณ DCT แบบทั้งหมดของภาพนั้นใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก จึงทำการแบ่งออกเป็นกลุ่มเล็กๆ แล้วนำทุกๆ กลุ่มมาทำการคำนวณ ซึ่งได้ออกมาเป็น อัลกอริธึมที่ 2

4.3 อัลกอริธึมที่ 2 การฝังภาพคีย์ลงในภาพต้นแบบ โดยทำการคำนวณ DCT เป็นบล็อกๆ

4.3.1 ผลการทดลองขณะไม่มีการรบกวนใดๆ

สำหรับภาพ Lena ที่เป็นภาพต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 4.7 (ก) และทำการใส่ลายน้ำลงในภาพด้วยอัลกอริธึมที่นำเสนอ เมื่อทำการฝังลายน้ำแล้วได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.7 (ข) โดยใช้ค่า R = 8 (ขนาดของบล็อก) จากการทดลองได้ค่า PSNR = 38.82 dB สำหรับภาพในรูปที่ 4.7 (ข)

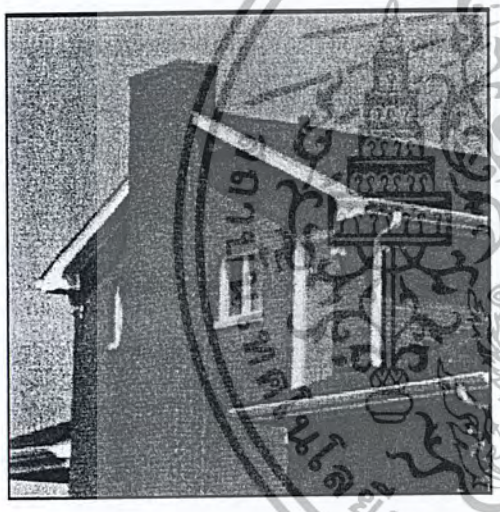
สำหรับภาพ House ที่เป็นภาพต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 4.8 (ก) และทำการใส่ลายน้ำลงในภาพด้วยอัลกอริธึมที่นำเสนอ โดยมีค่าพารามิเตอร์เหมือนที่ทำกับภาพ Lena เมื่อทำการฝังลายน้ำแล้วได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.8 (ข) โดยใช้ค่า R = 8 (ขนาดของบล็อก) จากการทดลองได้ค่า PSNR = 40.12 dB สำหรับภาพในรูปที่ 4.8 (ข)

ในรูปที่ 4.7 และ 4.8 แสดงผลตอบสนองการตรวจหาลายน้ำบนภาพ Lena และ House ที่ฝังลายน้ำดิจิตอล ขณะที่ยังไม่มีการลดทอนทางเรขาคณิต และยังไม่ผ่านเทคนิคของการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลใดๆ จะเห็นว่าผลการตอบสนองอยู่ในระดับที่ชัดเจนและถูกต้อง

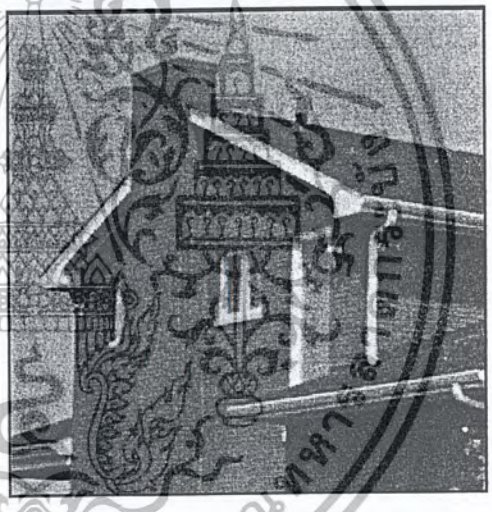
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 (ก) ภาพต้นแบบ Lena ขนาด 256 x 256

รูปที่ 4.7 (ข) ภาพต้นแบบ Lena ที่ใส่ลายน้ำแล้ว มีค่า PSNR = 34.25 dB



รูปที่ 4.8 (ก) ภาพต้นแบบ House ขนาด 256 x 256



รูปที่ 4.8 (ข) ภาพต้นแบบ House ที่ใส่ลายน้ำแล้ว มีค่า PSNR = 35.72 dB

4.3.2 การทดสอบความคงทนของลายน้ำ

เพื่อทดสอบอัลกอริธึมของเทคนิคการทำลายน้ำกับภาพสี ด้วยเทคนิคการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล และความผิดเพี้ยนทางเรขาคณิต ซึ่งได้ทำการทดสอบกับเทคนิคดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ความคงทนของลายน้ำต่อเทคนิคการประมวลผลสัญญาณภาพ**

เพื่อทำการทดสอบความคงทนของลายน้ำต่อเทคนิคการประมวลผลสัญญาณภาพ โดยนำภาพที่มีลายน้ำไปผ่านการโจมตีด้วยสีโดยทำการใส่สีดำเข้าไปในภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (ก) และ 4.10 (ก) สามารถตรวจหาลายน้ำได้ดังรูปที่ 4.9 (ข) และ 4.10 (ข) ภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำจะมีค่าผิดพลาดสูงมากขึ้น (MSE) ซึ่งได้ผลตอบสนองการตรวจวัดลายน้ำ โดยวัดค่า PSNR = 16.82 dB และค่า MSE = 1351.08 ของรูปที่ 4.9 และ PSNR = 13.37 dB และค่า MSE = 2988.58 ของรูปที่ 4.10 ซึ่งเห็นได้ว่าแม้จะผ่านการโจมตี ก็ยังสามารถตรวจหาลายน้ำได้ในระดับที่ดี

รูปที่ 4.9(ก) ภาพ lena ที่ถูกโจมตีด้วยสี

รูปที่ 4.9 (ข) ภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาได้

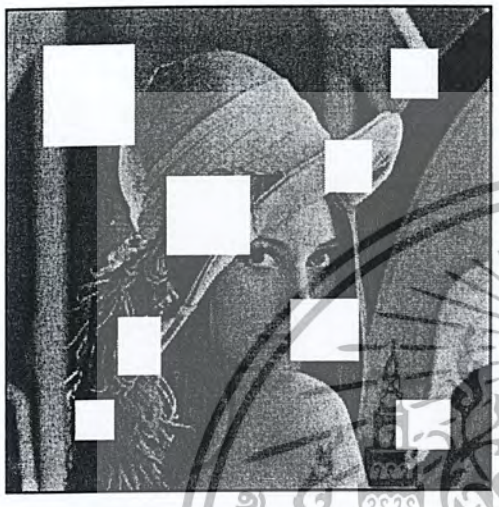
รูปที่ 4.10 (ก) ภาพ House ที่ถูกโจมตีด้วยสี

รูปที่ 4.10 (ข) ภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาได้

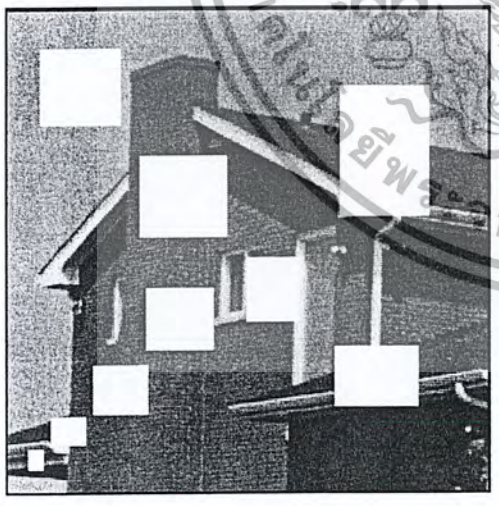
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ความคงทนของลายน้ำต่อการตัดบางส่วนของรูปออกไป**

และเมื่อทำการทดสอบการตรวจหาลายน้ำ จากการตัดบางส่วนที่สำคัญออกไป แสดงในรูปที่ 4.11(ก) และ 4.12(ก)ภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำจะมีค่าผิดพลาดสูงมากขึ้น (MSE) สามารถตรวจหาลายน้ำได้ดังรูปที่ 4.11 (ข) และ 4.12(ข) และผลตอบสนองในการตรวจหาลายน้ำ PSNR = 12.27 dB และ MSE = 3858.50 ของรูปที่ 4.11(ข) และ PSNR = 13.48 dB และ MSE = 2946.34 ของรูปที่ 4.12(ข)



รูปที่ 4.11 (ก) รูปภาพ Lena ที่จากการตัดบางส่วนออก *รูปที่ 4.11(ข) รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้*



รูปที่ 4.12 (ก) รูปภาพ House ที่จากการตัดบางส่วนออกไป *รูปที่ 4.12(ข) รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

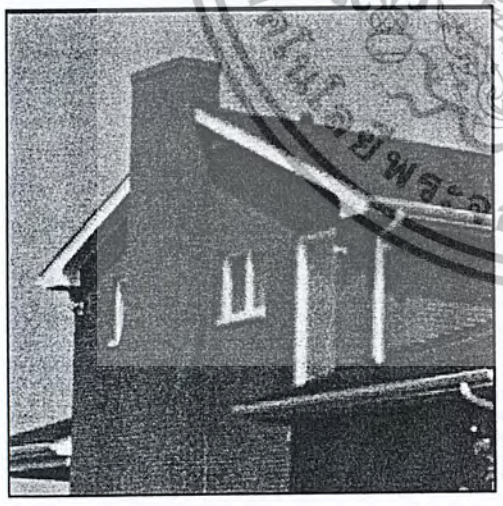
4.4 การประยุคผลการทดลองและ ผลการทดลอง ต่อการโจมตีรูปแบบอื่น

4.4.1 การเพิ่มสัญญาณรบกวนลงในภาพที่ทำการฝังลายน้ำแล้ว

แสดงในรูปที่ 4.13(ก) และ 4.14(ก)ภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำจะมีค่าผิดพลาดสูงมากขึ้น (MSE) สามารถตรวจหาลายน้ำได้ดังรูปที่ 4.13(ข) และ 4.14(ข) และผลตอบสนองในการตรวจหาลายน้ำ PSNR = 34.25 dB และ MSE = 24.45 ของรูปที่ 4.13(ก) และ PSNR = 31.66 dB และ MSE = 44.39 ของรูปที่ 4.14(ก)

รูปที่ 4.13 (ก) รูปภาพการเพิ่มสัญญาณรบกวน

รูปที่ 4.13 (ข) รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้



รูปที่ 4.14 (ก) รูปภาพ House การเพิ่มสัญญาณรบกวน

รูปที่ 4.14(ข) รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้

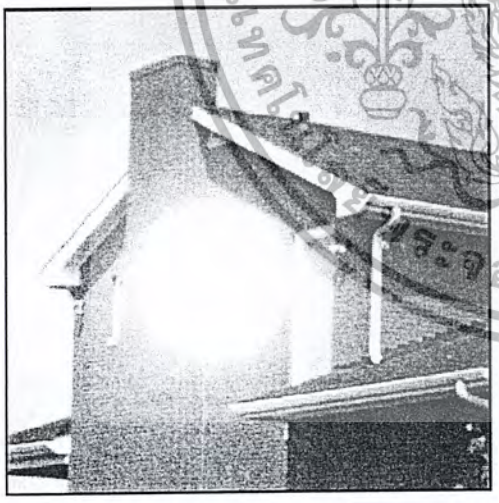
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การเพิ่มแสงลงในภาพที่ทำการฝังลายน้ำแล้ว

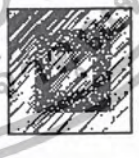
แสดงในรูปที่ 4.15(ก) และ 4.16(ก)ภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำจะมีค่าผิดพลาดสูงมากขึ้น (MSE) สามารถตรวจหาลายน้ำได้ดังรูปที่ 4.15(ข) และ 4.15(ข) และผลตอบสนองในการตรวจหาลายน้ำ PSNR = 10.80 dB และ MSE = 5404.86 ของรูปที่ 4.15(ก) และ PSNR = 11.12 dB และ MSE = 5030.34 ของรูปที่ 4.16 (ก)

รูปที่ 4.15 (ก) การเพิ่มแสงลงในภาพ

รูปที่ 4.15(ข) รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้



รูปที่ 4.16 (ก) รูปภาพ House การเพิ่มแสงลงในภาพ

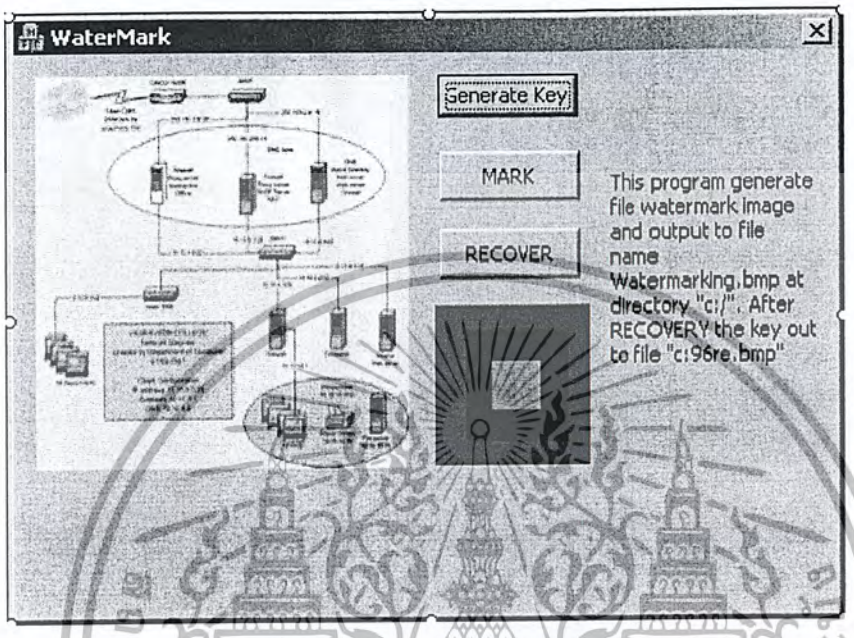


รูปที่ 4.16(ข) รูปภาพลายน้ำที่ทำการตรวจหาออกมาได้

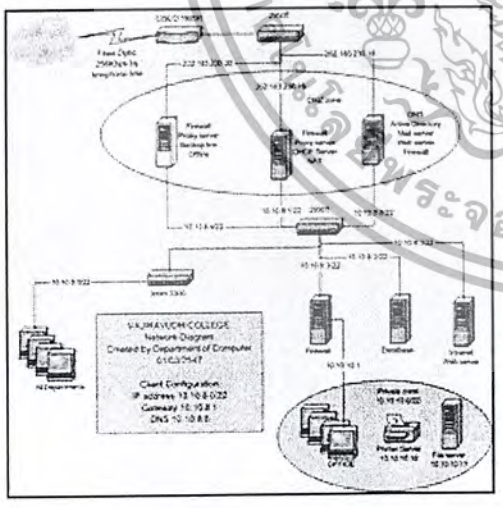
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การทดลองนำมาใช้กับงานทั่วไป

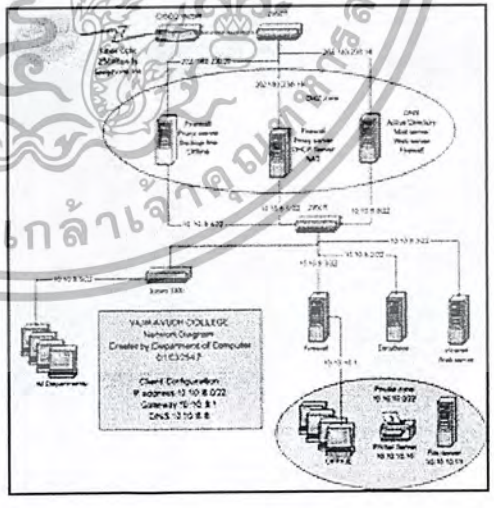
โดยเลือกรูปมาจากแผนผังของระบบเน็ตเวิร์คองค์กรแห่งหนึ่งซึ่งมาค่าสีในช่วงต่างครบสมบูรณ์ ดังรูปที่ 4.17 และ รูปที่ยังไม่ผ่านการฝังลายน้ำ รูปที่ 4.18 (ก)รูปที่ผ่านการฝังลายนำรูปที่ 4.18(ข) รูปคีย์ที่ถอดได้ รูปที่ 4.19 และ รูปที่ 4.20 รูปของการตรวจหาค่าความผิดพลาด



รูปที่ 4.17 โปรแกรมทำการฝังลายน้ำ



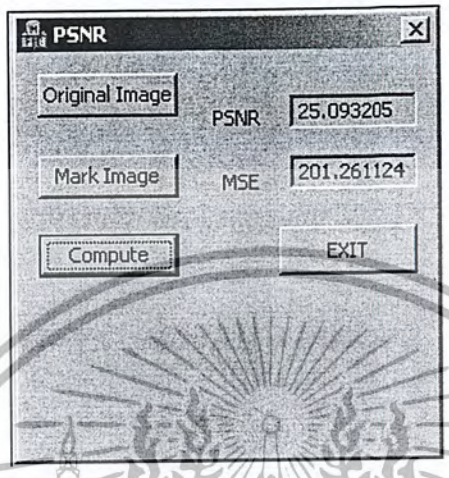
รูปที่ 4.18 (ก) รูปต้นแบบ



รูปที่ 4.18(ข) รูปที่ผ่านการฝังลายน้ำแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 รูปคีย์ที่ค้นพบ



รูปที่ 4.20 รูปการหาค่าความผิดพลาด

4.4.4 การฝังรูปคีย์ซ้ำ

โดยทำการฝังรูปคีย์รูปที่ 4.21 (ข) ลงในรูปที่ 4.22 (ก) และหลังจากนั้นจะทำการฝังรูปคีย์รูปที่ 4.21 (ก) ลงในรูปที่ 4.22 (ก)ที่ผ่านการฝังลายน้ำมาแล้ว จะได้ภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำซ้ำลงไป 2 ครั้งดังรูปที่ 4.22(ข) เมื่อทำการถอดภาพลายน้ำออกมาโดยเราทำการถอดภาพคีย์ของรูปที่ 4.21 (ข) จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.23 ดังจะเห็นว่ายังสามารถถอดภาพคีย์ออกมาได้

รูปที่ 4.21(ก)รูปคีย์ที่จะฝังซ้ำ

รูปที่ 4.21(ข) รูปคีย์ที่ทำการฝัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.22 (ก) รูปที่ยังไม่ผ่านการฝังลายน้ำ *รูปที่ 4.22(ข) รูปที่ผ่านการฝังลายน้ำ*

รูปที่ 4.23 รูปคีย์ที่ถอดได้

4.5 สรุป

จากการนำอัลกอริธึมทั้ง 2 แบบมาทำการฝังลายน้ำพบว่า ในอัลกอริธึมแบบแรกที่เราทำการคำนวณ DCT ภาพทั้งภาพ จะใช้เวลาในการทำงานของโปรแกรมนานมาก และถ้ามีการโจมตีเกิดขึ้น จะทำให้ทำการถอดภาพคีย์ออกมาไม่ชัดเจนเท่าที่ควร แต่ในอัลกอริธึมที่ทำการคำนวณ DCT ที่ละบล็อกๆ 8X8 นั้น ภาพที่ได้เมื่อมีการ โจมตีเรายังสามารถถอดลายน้ำออกมาได้ชัดเจนกว่าเพราะมีการฝังลายน้ำกระจายทั่วทั้งภาพซ้ำยังสามารถป้องกันการใส่ลายน้ำซ้ำลงไปในภาพได้อีกโดยจากการทดลองเราก็ยังสามารถ ถอดลายน้ำออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 บทวิจารณ์

จากการทดลองทำให้พบข้อจำกัดต่างๆ ของการฝังลายน้ำดิจิตอล

1. ภาพต้นแบบลายน้ำที่มีค่าความแปรปรวนสูงๆ นั้นเป็นอุปสรรคในการฝังลายน้ำดิจิตอลเนื่องจากค่าลายน้ำที่ทำการฝังลงไปนั้น ได้ทำให้ค่าของพิกเซลในรูปที่ทำการฝังลายน้ำนั้นเปลี่ยนแปลงไปมาก ทำให้มีค่าความผิดพลาดมากขึ้น

2. ภาพลายน้ำที่ทำการฝังลงไปนั้นมีค่าของพิกเซลสูงเกินไป ทำให้เมื่อฝังลายน้ำลงไปแล้วเกิดค่าความผิดพลาดเพิ่มมากขึ้น

3. การเลือกลดทอนค่าของพิกเซล ของภาพลายน้ำเพื่อให้เหมาะสมในการฝังกับภาพต้นแบบนั้นมีค่าแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับค่าความแปรปรวนของรูปต้นแบบ

4. การเลือกทำการฝังลายน้ำบนโดเมนความถี่ (frequency domain) ที่อ้างอิงสมการ DCT (Decreate Cosine Transform) เพียงอย่างเดียว ในการเขียนโปรแกรมจะทำงานได้ไม่เร็วเท่าที่ควรเนื่องจากสมการ DCT เป็นการคำนวณผลรวมจากค่า cosine ถึง 2 ชั้น ต่อ 1 พิกเซล

5. การเลือกทำการฝังลายน้ำบนโดเมนความถี่ (frequency domain) ที่อ้างอิงสมการ DCT (Decreate Cosine Transform) มีค่าความผิดพลาดจากการแปลงภาพไปอยู่ในรูปแบบของ DCT และการแปลงภาพจากรูปแบบของ DCT เป็นรูปภาพ แต่สาเหตุที่ใช้สมการ DCT เพราะง่ายในการเขียนโปรแกรมและคำนวณ

5.2 สรุป

โครงงานการป้องกันลิขสิทธิ์ของภาพด้วยลายน้ำดิจิตอล มีทั้งในส่วนของการฝังลายน้ำและการตรวจสอบลายน้ำ โดยไม่ว่ารูปภาพที่มีลายน้ำฝังอยู่จะโดนโจมตีมาแบบใดก็ตาม จะสามารถตรวจสอบได้ ว่ารูปภาพๆนั้นมีลายน้ำฝังอยู่หรือไม่ โดยในการถอดลายน้ำถ้าไม่ทราบเทคนิค ก็จะไม่สามารถทำการถอดภาพลายน้ำออกมาได้ ถึงแม้ว่าจะทราบเทคนิคในการถอดลายน้ำและทำการถอดลายน้ำออกมาได้ก็ตาม ก็ยังไม่สามารถลบภาพลายน้ำออกจากภาพต้นแบบได้ โดยโครงงานนี้ได้เขียนโดยใช้ ภาษา c++ และได้ทดลองความคงทนของลายน้ำไป 2 วิธี คือ การเปลี่ยนแปลงของสีภาพ และการเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในอนาคต

1. ปรับปรุงในส่วนของโปรแกรมให้มีความเร็วในการทำงานเพิ่มมากขึ้น

2. ปรับปรุงในส่วนของค่าความแปรปรวน และในส่วนของการลดทอนสัญญาณให้มีความยืดหยุ่นมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การใช้คีย์อาจจะเปลี่ยนไปเป็นอย่างอื่นนำมาทำเป็นแทนรูปภาพ เช่น ข้อความ, สัญญาณเสียงหรืออื่นๆ แทนมาทำการฝังลงในรูปต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] D.Kahn. 1967. **The Codebreakers.** New York: The Macmillan Company.

[2] N. Memon and P. W.Wong. "Protecting Digital Media Content" Communications of the ACM, vol. 41, no. 7, July 1998, pp. 34-43.

[3] M. D. Swanson, M. Kobayashi and A. H. Tewfik. "Multimedia Dataembedding and Watermarking Technologies." Proc. Of the IEEE, vol. 86, no. 6, June 1998, pp. 1064-1087.

[4] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini and A. Piva. "A DCT-Domain System for Robust Image Watermarking." Signal Processing, vol. 66, no. 3, May 1998, pp. 357-372.

[5] A. Kerkhols. "La Cryptographie Militaire" Journal des Sciences Militaires, vol. 9th series, no.IX, January; February 1883, pp. 5-38; 161-191.

[6] G. Voyatzis, N. Nikolaidis and I. Pitas."Digital Watermarking: An Overview." In Proc. EUSIPCO '98, Rhodes, Greece, September 1998.

[7] I. Cox, J. Kilian, F. T. Leightom and T. Shamoon. "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia." IEEE Trans. Image Processing, vol. 6, no. 12, December 1997, pp. 1673-1687.

[8] J. O Ruanaidh and T. Pun. "Rotation, Scale and Translation Invariant Digital Image Watermarking." In Proc. IEEE Internet. Conf. Image processing '97, Santa Barbara, CA, vol. 1, October 1997, pp. 536-539.

[9] J. O Ruanaidh, F. Boland and W. Dowling. "Phase Watermarking of Digital Images." In Proc. IEEE Internet. Conf. Image Processing ' 96, Lausanne, Switzerland, September 1996, pp. 239-242.

[10] M. Swanson, B. Zhu and A. Tewfik. "Transparent Robust Image Watermarking." In Proc. IEEE Internet. Conf. Image Processing '96, Lausanne, Switzerland, September 1996, pp. 211-214.

[11] S. Craver, B. Yeo and M. Yeung. "Technical trials and legal tribulations." Communications of the ACM, vol. 41, no. 7, July 1998, pp. 44-54.

[12] A. Bors and I. Pitas. "Image Watermarking Using DCT Domain Constraints." In Proc. IEEE Internet. Conf. Image Processing '96, Lausanne, Switzerland, September 1996, pp. 231-234.

[13] N. Nikolaidis and I. Pitas. "Copyright Protection of Images Using Robust Digital Signatures." In Proc. IEEE Internet. Conf. Acoustics, Speech & Signal Processings '96, Atlanta, GA, May 1996, pp. 2168-2171.

[14] J. Zhao and E. Koch. "Embedding Robust Labels into Images for Copyright Protection." In Proc. Internet. Congess on Intellectual Property Rights for Specialized Information, Knowledge and New Technologies, Vienna, Austria, August 1995, pp. 242-251.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15] P. Wolfgang and E. Delp. " A Watermarking Technique for Digital Imagery: Further Studies." In Proceedings of the International Conference on Imaging Science, Systers, and Technology, Las Vegas, June 1997, pp. 279-287.

[16] F. M. Boland, J. J. K. O Ruanaidh and C. Dautzenberg "Watermarking Digital Images for Copyright Protection." In Proc. IEEE Conf. On Image Processing and Its Applications, July 1995, pp. 326-331.

[19] B. Tao and B. Dickinson. "Adaptive Watermarking in the DCT Domain." In Proc. IEEE Internet. Conf. Acoustics, Speech & Signal Processings'97, Munich, Germany, April 1997.

[20] G. Wallace. "The JPEG Still Picture Compression Standard." Communications of the ACM, vol. 34, no. 4, April 1991, pp. 30-40.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้