สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลแบบปรับค่าได้สำหรับภาพนิ่ง

ADAPTIVE WATERMARKING IN SPATIAL DOMAIN FOR STILL IMAGE

T 056684

สมโชค กิ้มปาน
SOMCHOK KIMPAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547

ISBN 974-15-1175-2

วพ.
ส 241 ก
2547
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน....56684
วัน,เดือน,ปี....14 ก.ค. 2548
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
b.....
i.....

ADAPTIVE WATERMARKING IN SPATIAL DOMAIN FOR STILL IMAGE

SOMCHOK KIMPAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2004

ISBN 974-15-1175-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2004
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลแบบปรับค่าได้สำหรับภาพนิ่ง
นักศึกษา นายสมโชค กิ้มปาน
รหัสนักศึกษา 44061827
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ. 2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีพิมานวัฒน์

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอถึงการทำภาพลายน้ำสำหรับภาพนิ่ง การฝังภาพลายน้ำที่นำเสนอจะเป็นการกระทำในโดเมนสปาเชียลที่เป็นแบบปรับค่าได้ การนำเสนอนี้มีประโยชน์อย่างมากต่อการป้องกันลิขสิทธิ์ ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้สายตามนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการฝังภาพลายน้ำลงในภาพต้นแบบได้ วิธีการที่นำเสนอได้ใช้ภาพลายน้ำที่เป็นภาพแบบสองระดับ ซึ่งจะนำไปฝังในภาพต้นแบบที่ต้องการทำภาพลายน้ำ โดยวิธีการปรับเปลี่ยนค่าระดับความเข้มของจุดภาพในบล็อกของภาพต้นแบบให้เหมาะสมตามระดับความเข้มของบล็อก ซึ่งบล็อกของภาพต้นแบบจะถูกแบ่งแยกด้วยวิธีการควอดทรีที่มีผลทำให้ได้บล็อกที่มีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าระดับความเข้มของภาพต้นแบบ การปรับเปลี่ยนจะเกิดขึ้นจากค่าของบิตภาพลายน้ำที่ต้องการฝังเข้าไปในบล็อก ผลทำให้ค่าความเข้มของจุดภาพภายในบล็อกถูกปรับเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขที่กำหนดตามระดับค่าความเข้มของบล็อกและค่าของบิตลายน้ำที่ฝัง การปรับขนาดของบล็อกด้วยวิธีการที่นำเสนอ ส่งผลที่ดีกับคุณภาพของภาพต้นแบบ ทำให้ไม่เกิดการสูญเสียจนสามารถสังเกตเห็นได้และลายน้ำที่ฝังมีความคงทนต่อการถูกทำลายหรือการรบกวนแบบต่าง ๆ หลังจากทดลองนำภาพต้นแบบที่ผ่านการฝังลายน้ำไปผ่านกระบวนการประมวลผลรูปภาพแบบ ต่าง ๆ และจากผลลัพธ์การทดลองแสดงถึงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการเดิมพบว่าวิธีการที่นำเสนอให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Adaptive Watermarking in Spatial Domain for Still Image
Student	Mr.Somchok Kimpan
Student ID.	44061827
Degree	Master of Engineering
Programme	Information Engineering
Year	2004
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Attasit Lasakul
Thesis Co-Advisor	Dr.Keattisak Sripimanwat

ABSTRACT

This thesis presents the watermarking for still image which is performed in spatial domain. This technique is very beneficial to protect copyright. Using this technique, human eyes can not observe the variation of watermarked image. The proposed method used watermark image as binary image which is embedded onto an original image by using method that gray levels of pixels in original image blocks are modified to appropriate an intensity of blocks. Blocks of original image are separated by Quadtree. After using Quadtree, the difference of blocks size that depend on the intensity of original image will occur. The variation occurs from watermark image bits in order to embed onto the original image blocks. It makes the intensity of pixels adapt the value following by the intensity of block and the value of watermark image bits that are embeded. As the method of varying blocks size, the original image is well adapted. Therefore, the quality of original image will not reduce until the perceptual of human eyes are affected. In addition, after the implementation of the watermarked image is processed in the image processing method, it shows that the watermarked image is robustness and difficult to attack in any image processing method. The results of this proposed watermarking method are more promising when compared with the results of the previously published method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ก็ด้วยการช่วยเหลือและสนับสนุนจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณย่า คุณพ่อ คุณแม่และคุณอา อันเป็นที่เคราพรักอย่างยิ่งและเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างทั้งความรัก ความเข้าใจและให้กำลังใจ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และดร.เกียรติศักดิ์ ศรีพิมานวัฒน์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ในการให้ความรู้ คำแนะนำและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างสูงในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ที่ดีเยี่ยมและขอ กราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ รศ.สักรียา ชิตวงศ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ สั่งสอนและคำปรึกษาต่าง ๆ ตลอดถึงให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณ อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ เพื่อนผู้ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในทุกด้านโดยเฉพาะด้านโปรแกรม

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ ที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้และเพื่อนสมาชิกห้องวิจัย Digital System Laboratory ที่ให้กำลังใจให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทางผู้เขียนขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ไว้ ณ โอกาสนี้

สมโชค กิ้มปาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 สมมติฐานการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตการวิจัย.....3

1.5 ขั้นตอนของการวิจัย.....4

1.6 รายละเอียดวิทยานิพนธ์.....4

บทที่ 2 หลักการเบื้องต้นการทำภาพลายน้ำ 5

2.1 สื่อดิจิตอล (digital medias).....5

2.2 สเตเกโนกราฟี (steganography) 6

2.3 การทำภาพลายน้ำ (watermarking) 7

2.4 ชนิดของระบบการทำภาพลายน้ำ 9

2.4.1 ภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้ (visible watermark).....9

2.4.2 ภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองไม่เห็น (invisible watermark).....9

2.5 ความต้องการพื้นฐานสำหรับการทำภาพลายน้ำ.....11

2.5.1 การไม่ปรากฏของการมองเห็น.....11

2.5.2 ความคงทน.....11

2.5.2.1 การประมวลผลสัญญาณ.....12

2.5.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต 12

2.5.3 ความจุข้อมูลลายน้ำ.....13

2.5.4 ความปลอดภัยของข้อมูลลายน้ำ.....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6 การจำแนกประเภทของเทคนิคการทำภาพลายน้ำ....14
2.6.1 การจำแนกประเภทโดยพิจารณาจากการฝังภาพลายน้ำ....14
2.6.1.1 เทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียล....15
2.6.1.2 เทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนการแปลง....16
2.6.2 การจำแนกประเภทโดยพิจารณาจากการตรวจหาภาพลายน้ำ....17
2.6.2.1 เทคนิคที่ใช้ภาพต้นแบบและไม่ต้องใช้ภาพต้นแบบ....17
2.6.2.2 เทคนิคภาพลายน้ำแบบเปิดเผยและแบบส่วนตัว....17
2.6.2.3 เทคนิคภาพลายน้ำที่สามารถอ่านและตรวจหาลายน้ำได้....18
2.7 การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำภาพลายน้ำ....19
2.7.1 การทำภาพลายน้ำสำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์....19
2.7.2 การทำภาพลายน้ำสำหรับการซ่อนหมายเหตุ....20
2.7.3 การรับรองและการตรวจสอบความถูกต้อง....21
2.7.4 ความปลอดภัยและการไม่ปรากฏในการสื่อสาร....21

บทที่ 3 การทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียล....22
3.1 ระบบการทำภาพลายน้ำ....22
3.2 ข้อมูลลายน้ำ....23
3.3 การใส่ภาพลายน้ำ....25
3.3.1 การแบ่งแยกบล็อกภาพต้นแบบด้วยหลักการของควอดทรี....25
3.3.2 การปรับเปลี่ยนค่าความเข้ม....29
3.3.2.1 การเรียงจุดภาพ....29
3.3.2.2 การคำนวณค่าความเข้ม....29
3.3.2.3 การกำหนดค่าความเข้ม....30
3.3.2.4 เงื่อนไขของการปรับเปลี่ยนค่าความเข้ม....30
3.4 การแยกภาพลายน้ำ....31
3.4.1 การหาค่าผลรวมความเข้มจุดภาพ....32
3.4.2 การเปรียบเทียบค่าผลรวมความเข้ม....32
3.4.3 การสลับค่าลายน้ำกลับคืน....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลลัพธ์การทดลอง....33

4.1 การทดลอง....33

4.2 การวัดผลการทดลอง....34

4.2.1 การชี้วัดคุณภาพของรูปภาพที่ถูกฝังภาพลายน้ำ....34

4.2.2 ค่าชี้วัดความเหมือนของภาพลายน้ำ....35

4.3 ผลลัพธ์การทดลอง....36

4.3.1 ผลการทดลองขณะไม่มีการทำลายข้อมูลลายน้ำ....36

4.3.2 การทดสอบความคงทนของข้อมูลลายน้ำ....36

4.3.2.1 ความคงทนต่อการกรองผ่านความถี่ต่ำ....36

4.3.2.2 ความคงทนต่อการกรองค่าเฉลี่ยกลาง....38

4.3.2.3 ความคงทนต่อการบีบอัด JPEG....39

4.3.2.4 ความคงทนต่อการย่อและขยายภาพ....40

4.3.2.5 ความคงทนต่อการหมุนภาพ....41

4.3.2.6 ความคงทนต่อการตัดภาพ....43

4.4 เปรียบเทียบผลการทดลองกับวิธีการเดิม....45

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....48

5.1 การสรุปผล....48

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในงานวิจัย....49

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา....49

เอกสารอ้างอิง....50

ภาคผนวก....52

ภาคผนวก ก. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทดลอง....52

ภาคผนวก ข. โปรแกรมการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียล....69

ภาคผนวก ค. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์....90

ประวัติผู้เขียน....96

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลการทดลองของวิธีการที่นำเสนอกับรูปภาพมาตรฐาน.....45
4.2 เปรียบเทียบด้วยค่าความคงทนต่อการทำลายวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การฝังภาพลายน้ำทั่วไป 7

2.2 การแยกและตรวจหาภาพลายน้ำทั่วไป 7

2.3 การประมวลผลสัญญาณหรือความผิดเพี้ยนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับข้อมูล 13

2.4 การจำแนกประเภทของเทคนิคการทำภาพลายน้ำ 15

2.5 บล็อกไดอะแกรมสำหรับการทำภาพลายน้ำที่สามารถอ่านได้แบบส่วนตัว 18

2.6 บล็อกไดอะแกรมสำหรับการทำภาพลายน้ำที่สามารถตรวจหาได้แบบส่วนตัว 19

2.7 การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำภาพลายน้ำ 20

3.1 บล็อกไดอาแกรมของการนำเสนอระบบการทำภาพลายน้ำ 23

3.2 ตัวอย่าง linear feedback shift register 24

3.3 โครงสร้าง quadtree 26

3.4 (ก) รูปภาพการแบ่งบล็อก quadtree กับสัญญาณ 27

3.4 (ข) ระดับ quadtree 27

3.5 ขนาดของบล็อกที่ได้จากการแบ่งภาพต้นแบบ 27

3.6 การเรียงจุดภาพภายในบล็อก 29

3.7 การคำนวณหาค่าความเข้มจุดภาพภายในบล็อก 30

3.8 เงื่อนไขสำหรับปรับเปลี่ยนค่าความเข้มของจุดภาพ 31

3.9 การเปรียบเทียบบล็อกภาพต้นแบบกับภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำ 32

4.1 (ก) รูปภาพต้นแบบ lena.bmp 34

4.1 (ข) รูปภาพลายน้ำต้นแบบ kmitl.bmp 34

4.2 (ก) รูปภาพต้นแบบที่ผ่านการฝังลายน้ำ 36

4.2 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 36

4.3 (ก) รูปภาพที่ผ่านการกรองผ่านความถี่ต่ำหน้ากากขนาด 3x3 37

4.3 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 37

4.4 (ก) รูปภาพที่ผ่านการกรองผ่านความถี่ต่ำหน้ากากขนาด 5x5 37

4.4 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 37

4.5 (ก) รูปภาพที่ผ่านการกรองผ่านความถี่ต่ำหน้ากากขนาด 7x7 37

4.5 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 37

4.6 (ก) รูปภาพที่ผ่านการกรองค่าเฉลี่ยกลางหน้ากากขนาด 3x3 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.6 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 38

4.7 (ก) รูปภาพที่ผ่านการกรองค่าเฉลี่ยกลางหน้ากากขนาด 5x5 38

4.7 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 38

4.8 (ก) รูปภาพที่ผ่านการกรองค่าเฉลี่ยกลางหน้ากากขนาด 7x7 39

4.8 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 39

4.9 (ก) รูปภาพที่ผ่านการบีบอัด JPEG คุณภาพ 75 % 39

4.9 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 39

4.10 (ก) รูปภาพที่ผ่านการบีบอัด JPEG คุณภาพ 50 % 40

4.10 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 40

4.11 (ก) รูปภาพที่ผ่านการบีบอัด JPEG คุณภาพ 25 % 40

4.11 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 40

4.12 (ก) รูปภาพที่ผ่านการย่อ 256x256 และขยาย 512x512 41

4.12 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 41

4.13 (ก) รูปภาพที่ผ่านการย่อ 128x128 และขยาย 512x512 41

4.13 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 41

4.14 (ก) รูปภาพที่ผ่านการย่อ 64x64 และขยาย 512x512 41

4.14 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 41

4.15 (ก) รูปภาพที่ผ่านการหมุนภาพ 15 องศาและหมุนกลับ 42

4.15 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 42

4.16 (ก) รูปภาพที่ผ่านการหมุนภาพ 30 องศาและหมุนกลับ 42

4.16 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 42

4.17 (ก) รูปภาพที่ผ่านการหมุนภาพ 45 องศาและหมุนกลับ 43

4.17 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 43

4.18 (ก) รูปภาพที่ผ่านการหมุนภาพ 60 องศาและหมุนกลับ 43

4.18 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 43

4.19 (ก) รูปภาพที่ผ่านการหมุนภาพ 75 องศาและหมุนกลับ 43

4.19 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 43

4.20 (ก) รูปภาพที่ผ่านการตัดภาพ 1/8 ภาพ 44

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.20 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 44

4.21 (ก) รูปภาพที่ผ่านการตัดภาพ 1/4 ภาพ 44

4.21 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 44

4.22 (ก) รูปภาพที่ผ่านการตัดภาพ 1/2 ภาพ 44

4.22 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน 44

4.23 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการกรองผ่านความถี่ต่ำวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ....46

4.24 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการกรองค่าเฉลี่ยกลางวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ 46

4.25 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการบีบอัด JPEG 75% วิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ 46

4.26 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการบีบอัด JPEG 50% วิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ 46

4.27 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการบีบอัด JPEG 25% วิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ 47

4.28 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการย่อและขยายวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ 47

4.29 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการหมุนวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ....47

4.30 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการตัดภาพวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ....47

ก.1 การกรองโดยใช้หน้าต่าง 55

ก.2 (ก) การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่างใช้การเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ 56

ก.2 (ข) การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่างใช้มัธยฐาน 56

ก.2 (ค) การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่างใช้ฐานนิยม 56

ก.3 การคอนโวลูชันระหว่างภาพขนาด 4 x 5 กับเทมเพลตขนาด 2 x 2....57

ก.4 ผลของการเติมค่าศูนย์รอบภาพเริ่มต้นก่อนทำการคอนโวลูชัน....58

ก.5 เทมเพลตการกรองผ่านความถี่ต่ำเทมเพลตขนาด 3 x 3 59

ก.6 เทมเพลตการกรองผ่านความถี่สูงเทมเพลตขนาด 3 x 3 59

ก.7 การกรองภาพด้วยเทมเพลต....60

ก.8 รูปแบบการบีบอัดข้อมูลรูปภาพในมาตรฐาน JPEG....61

ก.9 การกำหนดระดับขนาดของสัญญาณ 63

ก.10 การเรียงลำดับข้อมูลแบบซิกแซกสแกน....64

ก.11 การหมุนตำแหน่งของภาพรอบจุดจุดหมุน....65

ก.12 การหมุนตำแหน่งของภาพที่ไม่ได้อยู่จุดหมุน....66

ก.13 การบิดภาพแนวแกน x และแกน y....68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การพัฒนาการของเทคโนโลยีในการสื่อสารข้อมูลที่รวดเร็ว อีกทั้งยังเป็นการสื่อสารข้อมูลที่เป็นข้อมูลมัลติมีเดียบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (computer network) ที่เรียกว่า อินเตอร์เน็ต (internet) ซึ่งทำให้ข้อมูลจากแหล่งหนึ่งสามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วโลกอย่างรวดเร็ว ข้อมูลสามารถถูกทำสำเนาได้มากมายหลาย ๆ ครั้ง โดยที่คุณภาพของข้อมูลที่ทำการคัดลอกหรือทำสำเนานั้นปราศจากการสูญเสียหรือลดทอน และถ้าหากข้อมูลนั้น ๆ ถูกคัดลอกและเผยแพร่ต่อไปโดยมิได้รับอนุญาตจากเจ้าของข้อมูลอันแท้จริงเสียก่อน ก็จะทำให้เจ้าของข้อมูลที่แท้จริงสูญเสียผลประโยชน์ที่พึงจะได้รับ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและการทำธุรกรรมบนอินเตอร์เน็ตที่มีการพัฒนากันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ดังนั้นการที่จะเผยแพร่ข้อมูลบนเครือข่ายอินเตอร์เนตถ้าหากไม่มีวิธีการป้องกันที่ดีเพียงพอ ทำให้เกิดผลของการล่วงละเมิดสิทธิของข้อมูลที่มีเจ้าของได้ง่ายมาก เพื่อเป็นการยับยั้งการล่วงละเมิดสิทธิของเจ้าของข้อมูลโดยมิชอบธรรม จำเป็นที่จะต้องมีกฎเกณฑ์เพื่อควบคุมการใช้งานของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิทธิทางปัญญา โดยมิให้ผู้ที่ไม่ได้เป็นเจ้าของข้อมูลนั้น ๆ นำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต ซึ่งก็คือ การจดลิขสิทธิ์ (copyright) ที่จะเป็นหลักฐานในการยืนยันถึงความเป็นเจ้าของ ผู้มีสิทธิในข้อมูลหรือผลงานเหล่านั้นและจะมีผลบังคับตามกฎหมาย แม้ว่าจะมีการป้องกันการล่วงละเมิดลิขสิทธิ์ของข้อมูลเอาไว้แล้วก็ตาม การล่วงละเมิดลิขสิทธิ์ก็ยังคงเกิดขึ้น ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์ขึ้นหลากหลายวิธี เช่น การเข้ารหัส การลงทะเบียนหรือการใส่เลขทะเบียน (serial numbers) แต่ยังไม่สามารถยับยั้งปัญหาดังกล่าวได้เพราะเกิดการทำลายระบบป้องกันเหล่านั้นลงได้ ดังนั้นเพื่อที่จะยับยั้งหรือติดตามร่องรอยของการล่วงละเมิดลิขสิทธิ์ จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เรียกว่า การทำภาพลายน้ำดิจิตอล (digital watermarking) ขึ้น

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทำภาพลายน้ำดิจิตอล (digital watermarking) ใช้หลักการในการซ่อนสิ่งที่ เรียกว่า ลายน้ำ (watermark) ลงไปในข้อมูลมัลติมีเดียที่ต้องการทำภาพลายน้ำ ลายน้ำจะเป็นข้อมูลสำคัญบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับผู้ผลิตหรือสิ่งที่แสดงการเป็นเจ้าของ รวมทั้งรหัสลับที่เกิดขึ้นเพื่อความปลอดภัยในการทำระบบภาพลายน้ำ สามารถใช้ในยับยั้งการล่วงละเมิดลิขสิทธิ์และบังคับให้เกิดผลทางกฎหมายได้เป็นอย่างดี ซึ่งในระบบการทำภาพลายน้ำดิจิตอลนั้นจะมีปัญหาในหลาย ๆ ประการที่ต้องคำนึงถึงและให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาของความต้องการพื้นฐานของเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอลในข้อมูลภาพ จึงเป็นที่น่าให้ความสนใจในการศึกษาและพัฒนาปรับปรุง นั่นคือ

- ปัญหาของวิธีการในการใส่ข้อมูลลายน้ำลงในภาพต้นแบบ โดยที่จะต้องไม่ทำให้คุณภาพของภาพต้นแบบไม่ลดลงมากจนสามารถสังเกตเห็นด้วยสายตาของมนุษย์
- ปัญหาของความคงทนของข้อมูลลายน้ำที่ผ่านกระบวนการใส่ภาพลายน้ำในต้นแบบต่อการถูกทำลายข้อมูลลายน้ำโดยผู้ไม่ประสงค์ดีและการถูกทำลายของข้อมูลลายน้ำจากกระบวนการประมวลผลภาพแบบต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต
- ปัญหาของความจุของการใส่ข้อมูลลายน้ำที่จะใส่ได้ในข้อมูลต้นแบบ
- ปัญหาของวิธีการการทำภาพลายน้ำที่ต้องทำให้ยากต่อการตรวจจับหรือถอดออกของข้อมูลลายน้ำจากรูปภาพต้นแบบ โดยผู้ไม่มีสิทธิหรือปราศจากรหัสลับ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการศึกษาและพัฒนาวิธีการ ในการพัฒนาเทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลสำหรับภาพนิ่ง ซึ่งวัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังนี้

- เพื่อศึกษาเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอล
- เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอลในโดเมนสปาเชียล
- เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการในการใส่ข้อมูลลายน้ำในภาพนิ่ง ที่ไม่ทำให้คุณภาพของภาพต้นแบบลดคุณภาพลงจนสายตามนุษย์สามารถสังเกตเห็นได้
- เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการการทำภาพลายน้ำให้มีความคงทนของข้อมูลลายน้ำต่อการถูกทำลายจากกระบวนการประมวลผลรูปภาพแบบต่าง ๆ และการทำลายข้อมูลลายน้ำจากผู้ไม่มีความประสงค์ดี
- เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการการทำภาพลายน้ำให้มีความยากต่อการตรวจจับหรือการถอดออกของข้อมูลลายน้ำจากผู้ไม่มีสิทธิหรือผู้ที่ปราศจากรหัสลับ

1.3 สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลแบบปรับค่าได้ ด้วยเทคนิคของการแบ่งบล็อกและเงื่อนไขที่รับรองได้ว่า ไม่สามารถสังเกตเห็นข้อมูลลายน้ำที่ฝังอยู่ได้ การแบ่งบล็อกที่มีขนาดคงที่ตลอดทั่วทั้งภาพต้นแบบ ขนาดของบล็อกที่มีขนาดใหญ่และบล็อกที่มีขนาดเล็ก มีผลต่อความต้องการพื้นฐานของเทคนิคการทำระบบภาพลายน้ำดิจิตอล คือ คุณภาพของภาพต้นแบบและความคงทนของข้อมูลลายน้ำ จึงถูกนำมาวิเคราะห์ถึงจุดที่ทำให้เกิดผลที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นหากสามารถหาวิธีการหรือเทคนิคในการแบ่งแยกบล็อกแบบอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ทำให้สามารถเพิ่มผลของคุณภาพของภาพต้นแบบที่ผ่านกระบวนการฝังภาพลายน้ำขึ้นมาหรือไม่อย่างไร อีกทั้งหลังจากที่นำภาพที่ผ่านการฝังภาพลายน้ำไปผ่านการประมวลผลรูปภาพแบบต่าง ๆ ข้อมูลลายน้ำมีความคงทนที่สูงขึ้นหรือไม่ และยังมีวิธีการอื่น ๆ ที่สามารถที่จะนำมาพัฒนาปรับปรุงคุณภาพของวิธีการที่เสนอ ทำให้ตอบสนองความต้องการพื้นฐานของการทำภาพลายน้ำให้ได้ผลที่ดีขึ้นและเป็นที่ยอมรับได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอเทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลแบบปรับค่าได้สำหรับภาพนิ่ง ซึ่งเป็นการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของเทคนิคการทำภาพลายน้ำ เพื่อให้ได้ผลที่ดีกว่าเดิมตามความต้องการพื้นฐานของระบบการทำภาพลายน้ำ โดยวิธีการที่นำเสนอนี้ส่วนของภาพลายน้ำจะเป็นภาพแบบสองระดับ ซึ่งจะนำไปฝังในภาพต้นแบบโดยวิธีการปรับเปลี่ยนระดับความสว่างของจุดภาพในบล็อกของภาพต้นแบบให้เหมาะสมตามระดับค่าความเข้มของบล็อก ซึ่งการปรับเปลี่ยนของค่าบิตภาพลายน้ำที่ใส่เข้าไปในบล็อก ส่งผลให้ความเข้มของบล็อกเปลี่ยนไปตามระดับความเข้มและค่าของบิตลายน้ำที่ต้องการฝัง การปรับขนาดของบล็อกในภาพต้นแบบด้วยวิธีการของควอดทรี (quadtree) ส่งผลดีกับค่าความคงทนของภาพลายน้ำต่อการรบกวนแบบต่าง ๆ และส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพต้นแบบน้อยมาก

1.5 ขั้นตอนของการวิจัย

ในการวิจัยเสนอเทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลแบบปรับค่าได้สำหรับภาพนิ่ง ได้กำหนดขั้นตอนต่าง ๆ ของการวิจัยไว้ตามลำดับดังนี้

- ศึกษาเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอลทั่วไป มีเทคนิคการวิจัยและพัฒนามาอย่างไร ข้อกำหนดและเงื่อนไขความต้องการพื้นฐานระบบทำภาพลายน้ำที่ดีอย่างไร การจำแนกประเภทการทำภาพลายน้ำและมีเทคนิคอย่างไรในการทำระบบภาพลายน้ำ
- ศึกษาเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอลในสปาเชียลโดเมน มีระบบการทำภาพลายน้ำอย่างไร มีกระบวนการอะไรบ้างที่มีการวิจัยและพัฒนา
- ศึกษาหาวิธีการในการใส่ข้อมูลลายน้ำในภาพนิ่ง ที่ไม่ทำให้คุณภาพของภาพต้นแบบลดคุณภาพลงและทำให้ข้อมูลลายน้ำมีความคงทนต่อการถูกทำลายข้อมูลลายน้ำแบบต่าง ๆ รวมทั้งการทำให้ระบบการทำภาพลายน้ำให้มีความยากต่อการตรวจจับหรือการถอดออกของข้อมูลลายน้ำจากผู้ไม่ประสงค์ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการทดลองด้วยโปรแกรม MATLAB แสดงผลของวิธีการที่ได้นำเสนอว่า มีความสอดคล้องกับความต้องการพื้นฐานของระบบการทำภาพลายน้ำอย่างไร
- นำผลการทดลองสรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อใช้ในการพัฒนาต่อไป

1.6 รายละเอียดวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งเนื้อหาออกทั้งหมด 5 บท โดยบทที่ 1 เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์การทำวิจัย สมมุตติฐานการวิจัย ขอบเขตการวิจัย และขั้นตอนของการวิจัย ส่วนบทอื่น ๆ นั้นมีเนื้อหาดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานต่าง ๆ ของระบบการทำภาพลายน้ำ กระบวนการทำภาพลายน้ำ ชนิดของการทำภาพลายน้ำดิจิตอล ข้อกำหนดและเงื่อนไขความต้องการพื้นฐานระบบการทำภาพลายน้ำ การจัดแบ่งประเภทของระบบการทำภาพลายน้ำ กล่าวถึงเทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียล ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการฝังข้อมูลลายน้ำและการแยกข้อมูลลายน้ำ การประยุกต์ใช้งานระบบการทำภาพลายน้ำกับงานอื่น

บทที่ 3 กล่าวถึงหลักการของวิธีการที่นำเสนอ การทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลแบบปรับค่าได้สำหรับภาพนิ่ง กระบวนการที่นำเสนอ เริ่มตั้งแต่เรื่องของข้อมูลลายน้ำ การสลับข้อมูลลายน้ำ การใส่ข้อมูลลายน้ำด้วยการแบ่งบล็อกของภาพต้นแบบด้วยเทคนิควิธีการควอดทรี (quadtree) เงื่อนไขในการฝังที่รับรองว่า มีคุณภาพตรงกับความต้องการพื้นฐานระบบการทำภาพลายน้ำและการแยกข้อมูลลายน้ำที่มีความสมบูรณ์ของข้อมูลลายน้ำที่ใส่ไว้

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดลองของวิธีการที่นำเสนอและผลลัพธ์การทดลองที่ได้ แสดงถึงประสิทธิภาพของวิธีการตามคุณสมบัติของความต้องการของระบบการทำภาพลายน้ำ การเปรียบเทียบผลการทดลองของวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการเดิม

ส่วนบทสุดท้ายเป็นการสรุปผลการวิจัย ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย และข้อเสนอแนะในการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอล ในลำดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการเบื้องต้นการทำภาพลายน้ำ

หากพูดถึงความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูลข่าวสารที่เป็นข้อมูลดิจิตอล วิธีการที่เราสามารถทำได้ คือ การเข้ารหัส (encryption) ข้อมูลข่าวสารนั้น เมื่อเกิดการแพร่กระจายข้อมูลข่าวสารที่เป็นข้อมูลดิจิตอลในระบบเครือข่าย จากข้อดีหลาย ๆ อย่างของข้อมูลดิจิตอล โดยที่ข้อมูลดิจิตอลสามารถทำสำเนาขึ้นมาใหม่ให้เหมือนกับต้นฉบับได้ง่าย ซึ่งทำให้เกิดการล่วงละเมิดลิขสิทธิ์กันได้ง่าย แนวทางการแก้ไขปัญหานี้ เราสามารถนำเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอล ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่นำหลักการในการวิจัยหลาย ๆ แขนงมาใช้ อย่างเช่น สเตเกโนกราฟ คริปโตกราฟ ทฤษฎีการสื่อสารและการประมวลผลสัญญาณ ในบทนี้จะนำเสนอเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในการป้องกันลิขสิทธิ์ของสื่อข้อมูลดิจิตอล โดยพิจารณาในส่วนของการประยุกต์ใช้ที่เป็นไปได้ความต้องการพื้นฐานในด้านต่าง ๆ ของการทำภาพลายน้ำดิจิตอล กฎเกณฑ์ที่มีผลต่อการทำภาพลายน้ำดิจิตอลและรายละเอียดเบื้องต้นอื่น ๆ โดยจะแยกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามเทคนิคการทำภาพลายน้ำกับภาพดิจิตอล

2.1 สื่อดิจิตอล(digital medias)

หลายปีที่ผ่านมาระบบมัลติมีเดีย (multimedia) ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องมาจากจำนวนของข้อมูลข่าวสารเพิ่มขึ้นอย่างมากมายได้ถูกจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบดิจิตอล ในทางอุตสาหกรรมมีการจัดส่งข้อมูลเสียง ภาพและวิดีโอ ในรูปแบบของอิเล็กทรอนิกส์ไปยังลูกค้า ในองค์กรส่วนใหญ่มีการเก็บรูปภาพด้วยการแปลงข้อมูลจากในรูปแบบของแอนาลอกไปเป็นดิจิตอล อย่างเช่น เอกสารที่อยู่ในกระดาษ การบันทึกเสียงแบบแอนาลอก ไปอยู่ในรูปแบบของสื่อดิจิตอล เนื่องจากข้อดีหลาย ๆ อย่างของสื่อดิจิตอลเมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลในรูปแบบเดิม ๆ คุณภาพของสัญญาณดิจิตอลสูงกว่าสัญญาณแอนาลอกซึ่งจะเสื่อมลงไปตามกาลเวลาและข้อมูลแบบแอนาลอกต้องการระบบที่มีราคาแพง เพื่อทำสำเนาให้ได้คุณภาพสูงเหมือนต้นแบบ ในขณะที่ข้อมูลดิจิตอลสามารถทำสำเนาได้โดยง่ายโดยปราศจากการสูญเสียความคมชัดที่ทำให้เหมือนกับต้นแบบได้อย่างสมบูรณ์ ยิ่งไปกว่านั้น สัญญาณเสียง ภาพและวิดีโอดิจิตอล สามารถส่งผ่านระบบเครือข่ายได้โดยง่าย เมื่อเป็นเช่นนี้ในปัจจุบันข้อมูลมัลติมีเดียจำนวนมากจึงมีอยู่ให้เลือกใช้ได้จากทุกหนทุกแห่งในโลก ซึ่งมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราที่สูงผ่านการบริการด้านมัลติมีเดียที่มีอยู่ เช่น การทำพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ การโฆษณา อินเตอร์แอกทีฟทีวี ห้องสมุดดิจิตอล การทำงานทางไกล การปรึกษาทางไกล หนังสือพิมพ์ผ่านเวป วารสารออนไลน์และอื่น ๆ อีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามสำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์ในสื่อข้อมูลดิจิตอลที่ ผู้แต่ง ผู้ตีพิมพ์หรือผู้จัดทำข้อมูลมัลติมีเดีย ไม่ยินดีจะอนุญาตให้มีการเผยแพร่ข้อมูลดิจิตอลของตนเองในระบบเครือข่าย เพราะว่าในการทำสำเนาของข้อมูลดิจิตอลขึ้นมาใหม่ให้เหมือนกับข้อมูลต้นแบบไม่ใช่เรื่องยาก ซึ่งถือเป็นการล่วงละเมิดลิขสิทธิ์ การยักยอกข้อมูลและการโจรกรรมข้อมูล ในความเป็นจริง การพัฒนาในอนาคตของระบบมัลติมีเดียในเครือข่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบเครือข่ายเปิดอย่างอินเตอร์เน็ต ซึ่งต้องการพัฒนาวิธีการป้องกันและจัดการลิขสิทธิ์ของเจ้าของข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากผู้ไม่ประสงค์ดีและการเผยแพร่ข้อมูลเหล่านี้ไปในเครือข่าย การป้องกันลิขสิทธิ์ของข้อมูลมัลติมีเดียจะเป็นผลสำเร็จได้โดยอัลกอริธึมคริปโตกราฟี เพื่อจัดการควบคุมการเข้าถึงข้อมูลทั้งหมดและทำให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาต ไม่สามารถอ่านข้อมูลเหล่านี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามระบบเอนคริปชั่นไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้สมบูรณ์ เพราะว่าเมื่อใดก็ตามที่เอนคริปชั่นถูกลบออกไปก็จะไม่สามารถควบคุมการแพร่กระจายของข้อมูลได้อีกต่อไป แนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้จากวิธีเผชิญหน้าด้วยการฝังภาพลายน้ำดิจิตอลของงานมัลติมีเดีย โดยอนุญาตให้ข้อมูลเหล่านี้ถูกเผยแพร่ออกไปได้โดยสามารถติดตามตรวจสอบในภายหลังได้ ด้วยวิธีนี้จำนวนในการทำสำเนาจะไม่ถูกจำกัด แต่เป็นไปได้ที่ยังสามารถควบคุมไม่ให้งานต้นแบบเผยแพร่ออกไป

2.2 สเตเกโนกราฟี (steganography)

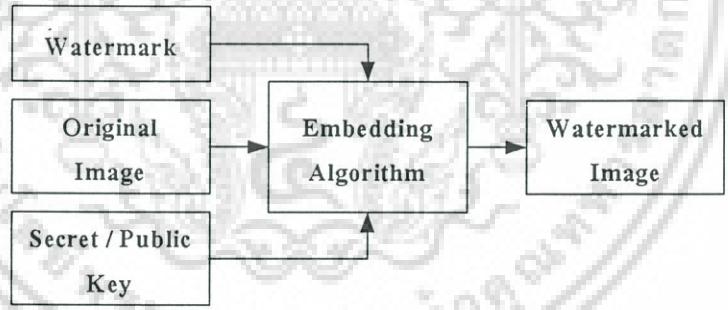
เทคนิคของการทำภาพลายน้ำมีหลักการพื้นฐานมาจากงานวิจัยหลาย ๆ สาขา เช่น สเตเกโนกราฟี คริปโตกราฟี ทฤษฎีการสื่อสารและการประมวลผลสัญญาณ ส่วนใหญ่แล้วเทคนิคเหล่านี้มีกำเนิดโดยตรงมาจาก สเตเกโนกราฟี (steganography) ที่มีความหมายว่า covered writing (จากคำในภาษากรีก “stegano” หรือ “covered” และ “graphos” หรือ “to write”) สเตเกโนกราฟีเป็นศาสตร์ของการซ่อนข้อมูลข่าวสารในการสื่อสาร ซึ่งยังคงมีอยู่ในการสื่อสารปัจจุบัน ซึ่งต่างจากคริปโตกราฟีที่ตั้งใจทำให้ข่าวสารนี้ไม่ให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตสามารถอ่านออกได้ จุดหมายของสเตเกโนกราฟี คือ การซ่อนข้อมูลข่าวสารไว้ภายในข้อมูลที่ไม่เป็นที่น่าสงสัย ซึ่งทำให้เป็นไปได้ยากในการตรวจหาได้ว่า มีข่าวสารที่เป็นความลับปรากฏซ่อนอยู่ภายใน โดยหนึ่งในเอกสารที่บรรยายเกี่ยวกับเทคนิคสเตเกโนกราฟฟิก [1] คือ พงศาวดารของ herodotus เรื่องมีอยู่ว่า demeratus ต้องการเตือน sparta ว่า xrses มุ่งหมายจะบุกรุกดินแดนของกรีก โดยส่งข่าวสารด้วยวิธีเคลือบแว็กไว้ที่บางส่วนของแผ่นป้าย (ที่ใช้สำหรับเขียนหนังสือ) แล้วขูดแว็กออกจากแผ่นป้ายและเขียนข่าวสารไว้บนไม้ จากนั้นก็ปิดทับด้วยแผ่นป้ายที่เคลือบด้วยแว็ก จึงนำผ่านทหารยามไปได้โดยง่าย อีกเรื่องหนึ่ง มีผู้ดีชาวเปอร์เซียชื่อว่า histiaeus ทำการโกนผมทาสของเขาออกและสักข่าวสารไว้บนศรีษะของทาสผู้นั้น หลังจากที่เส้นผมของทาสผู้นั้นยาวขึ้นปกปิดข้อความเหล่านั้น histiaeus ก็ส่งทาสผู้นี้ไปยังเป้าหมายของเขาโดยสั่งให้โกนศีรษะทาสผู้นั้นด้วย ซึ่งเป็นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

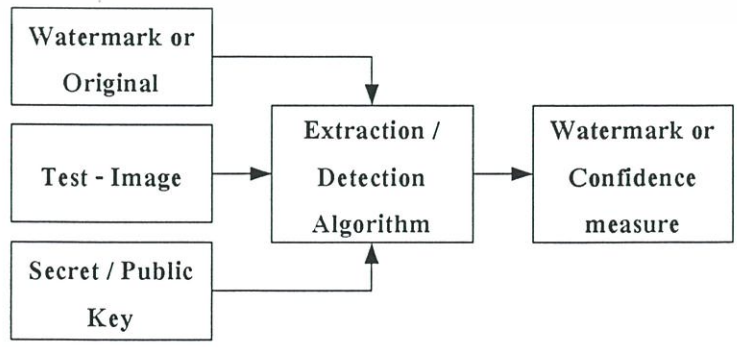
แบบของการสื่อสารในแบบที่ไม่สามารถมองเห็นได้ จนถึงปัจจุบันเราสามารถซ่อนข้อมูลข่าวสารไว้ในสื่อต่าง ๆ ทั้งภาพดิจิตอล เสียง วิดีโอและตัวหนังสือ

2.3 การทำภาพลายน้ำ (watermarking)

คำว่า "watermark" ได้มีการแปลเป็นภาษาไทยว่า " ภาพลายน้ำ " หมายถึง ภาพที่ซ่อนอยู่ในภาพอื่นจนเกือบมองไม่เห็น เช่นเดียวกับวิธีการทำ สเตเกโนกราฟี (steganography) [1] ได้ค้นพบว่ามีการทำ watermark เมื่อประมาณ 700 ปี ที่แล้วที่เมือง fabirano ประเทศอิตาลี สิ่งที่คิดตอนนั้นคือ ทำอย่างไรที่จะประทับตราที่มองไม่เห็นลงบนเอกสาร คำตอบที่ได้คือ การทำให้ข้อความบางส่วนมีความบางของลายเส้นมากกว่าที่อื่น เมื่อมองเอกสารนั้นด้วยแสงที่สว่างมาก ๆ จะสามารถเห็นรูปแบบของส่วนที่เป็นเส้นบางกว่าได้ ดังนั้นวิธีการที่ทำกับเอกสารในลักษณะนี้ ถูกเรียกว่า การทำภาพลายน้ำ (watermarking) และส่วนที่ถูกแทรกเข้าไปในเอกสารถูกเรียกว่า ลายน้ำ (watermark) เพราะว่า มีลักษณะเหมือนเป็นน้ำ ๆ แล้วเห็นอะไรจาง ๆ ในเอกสาร ทุกวันนี้การค้นหาคำตอบของคำถามนี้ยังดำเนินการอยู่ หากแต่ข่าวสารข้อมูลได้เปลี่ยนเป็นข้อมูลดิจิตอล แนวความคิดเดิมได้ถูกปรับมาเป็น การทำภาพลายน้ำดิจิตอล (digital watermarking) [8] โดยที่ภาพลายน้ำนี้จะไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งใช้วิธีการทางคอมพิวเตอร์ในการฝังและตรวจหาภาพลายน้ำ



รูปที่ 2.1 การฝังภาพลายน้ำทั่วไป



รูปที่ 2.2 การแยกและตรวจหาภาพลายน้ำทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำภาพลายน้ำดิจิตอล คือ การนำเอาข้อมูลสำคัญชุดหนึ่งซ่อนไว้ในข้อมูลต้นแบบมัลติมีเดีย (multimedia) [2] นั่นหมายความว่า เนื้อข้อมูลบางส่วนถูกทำให้เปลี่ยนแปลงไป โดยความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถสังเกตเห็นได้และการเปลี่ยนแปลงนี้ คือ ลายน้ำ (watermark) ลายน้ำดิจิตอลเป็นสัญญาณที่ถูกฝังอยู่ในข้อมูลดิจิตอล อาทิ เช่น เสียง ภาพ วิดีโอและตัวหนังสือ ซึ่งสามารถตรวจหาหรือแยกออกมาได้ในภายหลัง โดยการทำภาพลายน้ำดิจิตอลสามารถเลือกข้อมูลมาเป็นลายน้ำได้จาก ข้อความต่าง ๆ รูปภาพ ไฟล์เสียง หรือเพียงแค่ข้อมูล 1 บิต ก็สามารถถูกนำมาเป็นตัวที่แสดงได้ว่า ข้อมูลนี้ได้ถูกผ่านกระบวนการฝังลายน้ำแล้ว ข้อมูลที่มีการฝังลายน้ำไว้อาจเรียกไว้หลายชื่อ เช่น ข้อมูลหลัก (host data) ข้อมูลแหล่งกำเนิด (source data) กระบวนการทำภาพลายน้ำ จะมี 2 กระบวนการหลักทั่วไป [3] นั่นคือ การฝังภาพลายน้ำ (embedding watermark) และการแยกและตรวจสอบภาพลายน้ำ (extraction/detection watermark) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นการแสดงหลักการของการฝังภาพลายน้ำทั่วไป และการแยกและตรวจหาภาพลายน้ำ ตามลำดับ ในการฝังภาพลายน้ำข้อมูลลายน้ำจะถูกซ่อนในข้อมูลต้นแบบโดยรวมเข้ากับข้อมูลต้นแบบ หลักการฝังสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$I' = I + f(I, W) \tag{2.1}$$

โดยที่ I' คือ รูปที่ฝังลายน้ำแล้ว I คือ รูปต้นแบบ และ W คือ ลายน้ำ ซึ่งการฝังลายน้ำต้องทำให้มันสามารถทนทานต่อกระบวนการประมวลผลแบบต่าง ๆ อาจจะมีการนำรหัสหรือคีย์ของความปลอดภัยมาใช้ร่วม กล่าวคือ รหัสหรือคีย์ที่จะถอดลายน้ำออกมาได้ย่อมต้องเป็นรหัสหรือคีย์ตัวเดียวกันกับที่ใช้ในการฝังลายน้ำนั้น ในขั้นตอนของการแยกและตรวจสอบลายน้ำนั้น หากว่าลายน้ำเป็นข้อความ ก็ควรมีการถอดหรือขุดลายน้ำนั้นออกมาแสดง แต่ถ้าข้อมูลไม่สื่อความหมาย ต้องมีการตรวจสอบว่า เป็นลายน้ำที่ฝังอยู่ตั้งแต่แรกหรือไม่ ซึ่งเมื่อได้ลายน้ำที่ถูกดึงออกมาแล้วก็จะนำมาเปรียบเทียบความคล้ายกันระหว่างลายน้ำต้นแบบกับลายน้ำที่แยกออกมา ซึ่งอาจมีวิธีการวัดความคล้ายระหว่างลายน้ำที่ถูกดึงหลายวิธีการ วิธีการที่นิยมใช้ อาทิเช่น วิธีการที่อาศัยพื้นฐานของสหสัมพันธ์ (correlation base method) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$sim(w, w^*) = \frac{w^* w}{\sqrt{w^* w^*}} \tag{2.2}$$

โดยที่ w^* คือ ลายน้ำดิจิตอลที่แยกออกมาและ w คือ ลายน้ำดิจิตอลต้นแบบ ดังนั้นการนำมาประยุกต์ใช้งานที่จะเข้ามาในส่วนนี้มีหลายวิธีการ ขึ้นอยู่กับวิธีการใดจะมีความน่าเชื่อถือในการพิสูจน์ความเป็นเจ้าของได้มากกว่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ชนิดของระบบการทำภาพลายน้ำ

การทำภาพลายน้ำดิจิตอลเป็นวิธีเสมือนกับวิธีการที่จิตรกรที่มีฝีมือในยุคสมัยก่อนใช้ในการแสดงความเป็นเจ้าของต่อรูปภาพ โดยจะใส่สัญลักษณ์ที่แสดงถึงเอกลักษณ์ของตนเองไว้ในตัวรูปภาพโดยสัญลักษณ์ที่ใส่เข้าไปนั้นอาจจะมีลักษณะที่มองเห็นได้หรือไม่ก็ได้ ดังนั้นแนวคิดของการทำภาพพิมพ์ลายน้ำดิจิตอลจึงเป็นการใส่สัญญาณที่มีลักษณะเฉพาะเข้าไปในตัวข้อมูลมัลติมีเดีย ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะแสดงถึงความเป็นเจ้าของต่อข้อมูลนั้น ๆ จากหลักการดังกล่าวอาจแบ่งชนิดของการทำภาพลายน้ำดิจิตอลออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.4.1 ภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้ (visible watermark)

การใส่ลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้นั้นจะทำได้โดยการเขียน เติม หรือแทรกตัวข้อมูลที่ต้องการลงไปในตัวรูปภาพโดยตรง ซึ่งประโยชน์ของการทำภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้คือ เป็นการแสดงสิทธิความเป็นเจ้าของในตัวข้อมูลมัลติมีเดียนั้น ๆ บุคคลทั่วไปที่พบเห็นจะสามารถรู้ได้โดยทันทีว่าภาพนั้น ๆ เป็นของผู้ใด นอกจากนี้ยังเป็นการยับยั้งการกระทำที่จะเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของข้อมูลนั้น ๆ เช่น ความยากลำบากในการที่จะนำภาพลายน้ำออกจากตัวรูปภาพก่อนที่จะนำไปเผยแพร่อย่างไม่ถูกต้อง อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อด้อยอย่างหนึ่ง คือ ข้อมูลมัลติมีเดียจะมีคุณภาพลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากตัวภาพลายน้ำจะไปบดบังรายละเอียดของรูปภาพที่ใส่ แต่ถึงอย่างไรการทำภาพลายน้ำดิจิตอลในรูปแบบนี้ยังคงเป็นที่นิยมใช้ในการแสดงสิทธิของความเป็นเจ้าของ เพราะว่าสามารถดำเนินการได้ง่ายและไม่ซับซ้อน และในบางครั้งความพยายามที่จะกำจัดภาพลายน้ำที่อยู่ในรูปภาพออก อาจส่งผลกระทบไปถึงคุณภาพของรูปภาพซึ่งอาจจะมีความเสียหายและมีคุณภาพลดต่ำลง

2.4.2 ภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองไม่เห็น (invisible watermark)

การทำภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ จะเป็นกระบวนการที่เจ้าของข้อมูลทำการใส่สัญญาณลายน้ำลงไปในตัวข้อมูลมัลติมีเดีย ซึ่งในกระบวนการใส่ภาพลายน้ำจะใช้กุญแจรหัสลับเป็นส่วนประกอบในการเข้ารหัสสัญญาณ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงแก้ไขจากบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต โดยผู้ที่เป็นเจ้าของภาพเท่านั้นที่จะรู้กุญแจรหัสลับนี้ ดังนั้นบุคคลอื่นจึงไม่สามารถล่วงรู้ถึงสิ่งที่ซ่อนอยู่ภายในรูปภาพนั้น ๆ ได้ แม้ว่าบุคคลนั้นจะรู้กลไกการทำงานในการใส่และถอดสัญญาณลายน้ำออกก็ตาม การทำภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นตามเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอลอาจถูกแยกประเภทโดยยึดจากตำแหน่งที่ใช้ในการใส่ลายน้ำภาพใด ๆ อาจระบุตำแหน่งที่ใส่ข้อมูลลายน้ำดิจิตอลได้ทั้งในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ ข้อมูลลายน้ำที่ฝังในโดเมนเวลาอาจสูญหายไปได้เมื่อผ่านการโจมตีเชิงสัญญาณ เช่นการกรองสัญญาณ แต่จะทนต่อการโจมตีเชิงเรขาคณิต เช่น การหมุนภาพ การย่อและขยาย การตัดภาพ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางกลับกันการทำภาพลายน้ำดิจิตอลในโดเมนความถี่จะทำให้ข้อมูลลายน้ำทนทานต่อการกรองผ่านสัญญาณความถี่ต่ำ การกรองผ่านสัญญาณความถี่สูง และการบีบอัดข้อมูลภาพเป็นต้น เมื่อผ่านการทำภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้แล้ว ภาพที่ผ่านการใส่ลายน้ำแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากภาพต้นแบบเพียงเล็กน้อย ซึ่งแทบจะไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ถ้าหากนำภาพมาพิจารณาอย่างละเอียด ก็จะพบว่าในความเป็นจริงแล้วภาพทั้งสองนั้นมีความแตกต่างกันและจะมีเพียงผู้ที่เป็นเจ้าของข้อมูลเท่านั้นที่จะสามารถนำสัญญาณลายน้ำออกมาจากภาพดังกล่าวนั้น ๆ ได้ ในกรณีที่มีการละเมิดลิขสิทธิ์เกิดขึ้น ภาพลายน้ำดิจิตอลที่อยู่ภายในรูปภาพจะสามารถนำมาใช้ในการอ้างสิทธิเพื่อฟ้องร้องต่อการกระทำดังกล่าว อีกทั้งยังอาจนำมาใช้ในการหาตัวบุคคลที่กระทำการล่วงละเมิดลิขสิทธิ์ตัวข้อมูลได้อีกด้วย โดยในการใช้งานนั้นจะมีการใส่สัญญาณลายน้ำที่มีลักษณะเฉพาะที่แสดงถึงสิทธิความเป็นเจ้าของในตัวข้อมูลไว้ก่อน และเมื่อมีการเผยแพร่ข้อมูลนั้น ๆ ให้กับลูกค้าก็จะทำการใส่ลายน้ำดิจิตอลอีกครั้งหนึ่ง โดยในครั้งนี้ตัวลายน้ำจะเป็นรหัสเฉพาะของสินค้าชิ้นนั้น ๆ เพื่อที่ว่าเมื่อมีการละเมิดลิขสิทธิ์เกิดขึ้น จะสามารถสืบหาร่องรอยหลักฐานได้ว่าการกระทำผิดนั้นว่า เริ่มต้นขึ้นจากบุคคลใด เนื่องจากลายน้ำตัวที่สอง และลูกค้าที่ได้รับข้อมูลนั้นจะถูกบันทึกเอาไว้ในระบบฐานข้อมูล เมื่อมีหลักฐานเช่นนี้แล้วการที่จะฟ้องร้องเพื่อเอาผิดบุคคลดังกล่าวย่อมสามารถกระทำได้โดยง่าย

การทำภาพลายน้ำดิจิตอลทั้งสองชนิดต่างก็ช่วยยับยั้งการละเมิดลิขสิทธิ์ในสื่อดิจิตอลได้เหมือนกัน แต่ก็มีความแตกต่างที่เป็นข้อได้เปรียบและเสียเปรียบแตกต่างกันในบางจุด คือ ภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองเห็นได้จะมีประโยชน์ในด้านที่สามารถสื่อถึงสิทธิความเป็นเจ้าของได้อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่นเมื่อเราใส่ลายน้ำดิจิตอลเข้าไปแล้วจะทำให้ผู้ที่ต้องการทำการคัดลอกเพื่อหวังผลทางการค้าไม่อยากดำเนินการ เพราะมีความจำเป็นต้องลบตัวลายน้ำออกก่อน ซึ่งต้องอาศัยเวลาและวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยาก เช่น การใช้โปรแกรมประเภท image-editing อย่าง adobe photoshop ในการลบตัวภาพลายน้ำออก สำหรับภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองไม่เห็นมีข้อได้เปรียบในการไม่ทำให้ภาพมีตำหนิ นอกจากนี้จะทำให้เกิดความกังวลของผู้ที่ต้องการจะทำการคัดลอก เนื่องจากไม่แน่ใจว่าสื่อสิ่งพิมพ์นั้น ๆ ได้ถูกใส่ข้อมูลลายน้ำเอาไว้หรือไม่ เพราะถ้าสื่อสิ่งพิมพ์นั้นมีภาพลายน้ำดิจิตอลติดอยู่ การจะนำไปใช้เพื่อผลประโยชน์ทางการค้าจำเป็นต้องลบตัวลายน้ำออกก่อน ซึ่งจะต้องใช้เวลาและวิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อนทางการประมวลผลภาพ (image processing) เช่น การเปลี่ยนขนาด (scaling) การตัด (cropping) หรือการหมุน (rotation) ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของภาพลายน้ำดิจิตอลชนิดที่มองไม่เห็น คือ ภาพที่ได้หลังจากถูกใส่ข้อมูลลายน้ำไม่ถูกลดคุณค่าและความสวยงามลง ซึ่งคุณสมบัตินี้จะมีค่าแปรผกผันกับความคงทนของสัญญาณลายน้ำที่ถูกใส่เอาไว้ในตัวข้อมูลต้นแบบ ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการมาแก้ไขปัญหานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ความต้องการพื้นฐานสำหรับการทำภาพลายน้ำ

สำหรับเทคนิคการทำภาพลายน้ำเพื่อใช้ในงานประยุกต์ที่สนองตอบความต้องการที่จะให้ความน่าเชื่อถือสูงในแต่ละรูปแบบ จะมีข้อเด่นในรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป [3] โดยสิ่งที่เป็นความต้องการจะมีคุณลักษณะพื้นฐานทั่วไปดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.5.1 การไม่ปรากฏของการมองเห็น

แม้ว่าในบางงานประยุกต์จะต้องการภาพลายน้ำที่มองเห็นได้ ซึ่งจากนี้จะมุ่งไปที่ภาพลายน้ำที่ไม่สามารถมองเห็นได้ โดยถูกนำมาใช้เป็นเงื่อนไขในการทำภาพลายน้ำให้กับภาพ นักวิจัยพยายามซ่อนภาพลายน้ำหรือข้อมูลลายน้ำ โดยที่ทำให้เป็นไปไม่ได้ที่จะถูกสังเกตเห็นได้มาเป็นเวลานาน ดังนั้นการใส่ข้อมูลลายน้ำลงในภาพต้นแบบ จะต้องไม่ทำให้คุณภาพของภาพต้นแบบลดลงจนสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยสายตา นั่นคือ ภาพลายน้ำที่ดีควรที่จะไม่สามารถมองเห็นได้ หรือการฝังข้อมูลลายน้ำต้องไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดต่อข้อมูลต้นแบบที่มีข้อมูลลายน้ำฝังอยู่ อย่างไรก็ตามความต้องการอันนี้ขัดแย้งกับความต้องการอื่น ๆ เช่น ความคงทน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้องการความคงทนต่อวิธีการของการบีบอัดข้อมูลที่มีการสูญเสีย

2.5.2 ความคงทน

ข้อมูลลายน้ำเมื่อถูกฝังไว้ในข้อมูลใด ๆ แล้ว จะต้องเป็นสิ่งที่ยากมาก ๆ หรือไม่สามารถทำลายได้เลย แม้กระทั่งมีคนรู้ว่ามีภาพลายน้ำฝังอยู่ ณ ส่วนใด ๆ ของข้อมูลและพยายามลบทิ้ง ซึ่งการทำแบบนี้จะทำให้เกิดความเสียหายของข้อมูลอย่างเห็นได้ชัด ความเห็นโดยทั่วไป [4, 5, 6] ลายน้ำควรจะมีความคงทนและสามารถตรวจหาได้ แม้ว่าจะถูกทำลายจากกระบวนการประมวลผลภาพต่าง ๆ การเกิดความผิดเพี้ยนทางสัญญาณและการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต เช่น การเปลี่ยนขนาด การหมุนและการตัดบางส่วนของภาพ จะมีข้อกำหนดของความคงทนบางอย่างที่ใช้ในการวัดความคงทนของเทคนิคการทำภาพลายน้ำกับภาพ การทำภาพลายน้ำต้องสามารถฝังข้อมูลที่ไม่สามารถลบออกได้ โดยการแก้ไขภาพโดยบังเอิญหรือโดยคอลลูชั่น (collusion) และการปลอมลายน้ำ เครื่องมือหลาย ๆ ชนิดที่มีอยู่อย่างแพร่หลายสำหรับการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิตอลมุ่งไปที่การปรับปรุงหรือแก้ไขภาพ เทคนิคการประมวลผลภาพที่มีอยู่สามารถแยกออกได้เป็นสองประเภท คือ การประมวลผลสัญญาณและการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต ซึ่งมีรายละเอียดของการประมวลผลสัญญาณแบบต่าง ๆ หรือความผิดเพี้ยนทางเรขาคณิตแบบต่าง ๆ [4] ที่อาจจะเกิดขึ้นกับข้อมูลได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.1 การประมวลผลสัญญาณ

การประมวลผลสัญญาณมีหลายรูปแบบ ดังนี้

- การปรับความสว่างและความแตกต่าง (brightness and contrast enhancement) โดยทั่วไปแล้วไม่ทำให้เกิดปัญหาในการตรวจลายน้ำ ในทางตรงกันข้าม การปรับปรุงแบบนี้มักจะทำก่อนการตรวจหา ซึ่งทำเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า [4]
- การปรับความคมชัด การทำให้เลือน การกรองแบบเชิงเส้นและแบบไม่เป็นเชิงเส้น (sharpening, blurring, linear and nonlinear filtering) ถ้าทำแบบนี้มากๆ สามารถทำให้ภาพลายน้ำเสื่อมลงไปได้ แต่ในกรณีนี้สิ่งที่ทำให้มีการลดคุณภาพของภาพไปอย่างมาก คือ ตัวกรองภาพที่เรียกว่า despeckle ซึ่งมีกระบวนการแบบปรับเปลี่ยนได้ โดยลดรายละเอียดของภาพแบบสุ่มมากน้อยต่างกันไปโดยยังคงรายละเอียดของภาพไว้
- การเพิ่มสัญญาณรบกวนแบบคอรีเลทและแบบไม่เป็นคอรีเลท (addition of correlated or uncorrelated noise) เข้าไปในเนื้อหาที่มีข้อมูลลายน้ำฝังอยู่
- การแปลงแอนาลอกเป็นดิจิตอลและดิจิตอลเป็นแอนาลอก [digital-analog (D/A) and analog-digital (A/D) conversions] เช่น การพิมพ์ และการสแกน หรือการบันทึกเทป
- การบีบอัดแบบ JPEG ที่มีการสูญเสีย (lossy JPEG compression) กล่าวได้ว่าเป็นการประมวลผลสัญญาณที่ใช้กับภาพมากที่สุด JPEG ทำการกำจัดส่วนที่มองเห็นได้ที่ไม่สัมพันธ์กันในภาพ ซึ่งเป็นตัวทดสอบที่ดีสำหรับการทดสอบความคงทนของลายน้ำ ยิ่งกว่านั้น JPEG เป็นวิธีการในการบีบอัดที่ใช้กับภาพมากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นตัวบังคับสำหรับวิธีการของการทำภาพลายน้ำที่ต้องมีความคงทนต่อการบีบอัดแบบนี้

2.5.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต

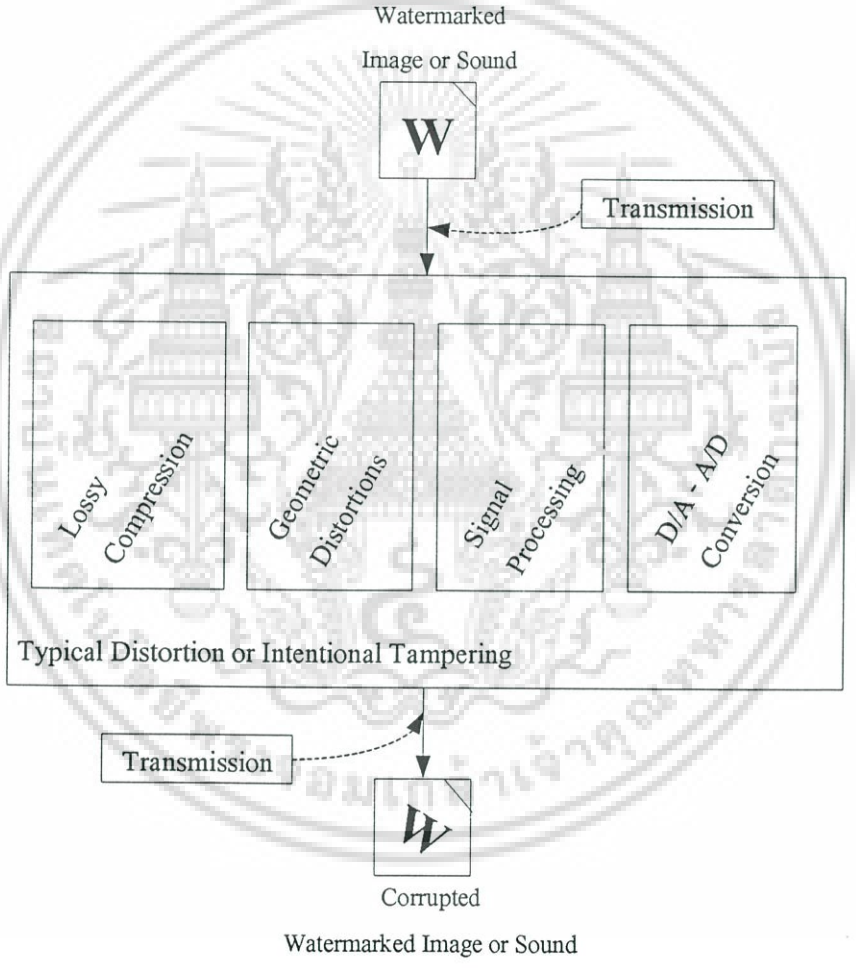
การเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต (geometric manipulations) มุ่งไปที่การเปลี่ยนลักษณะของภาพโดยไม่มีการสูญเสียในเรื่องของคุณภาพ มีดังนี้

- การย่อหรือขยายขนาดภาพ (resizing) ขนาดของภาพถูกเปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับภาพต้นแบบ ซึ่งจะมีผลกับวิธีการที่ฝังข้อมูลลายน้ำในตำแหน่งที่ตายตัว ซึ่งจะไม่สามารถตรวจหาหรือกู้คืนข้อมูลลายน้ำที่ฝังอยู่ได้
- การตัดบางส่วนของภาพ (cropping) เป็นการตัดบางส่วนของภาพออกไป ซึ่งทำให้มีผลกับวิธีการที่กระจายข้อมูลลายน้ำออกไปทั่วทั้งภาพ
- การเคลื่อนย้ายภาพ (translation) จะมีผลอย่างมากถ้าหากพิจารณาร่วมกับการตัดบางส่วนของภาพออกไป ถ้าหากส่วนย่อยของภาพถูกแยกออกจากภาพต้นแบบ ซึ่งทำให้เราไม่สามารถรู้ได้ว่าเกิดการตัดบางส่วนของภาพนี้ออกจากตำแหน่งใดจากภาพต้นแบบ สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ไม่มีภาพต้นแบบในการเปรียบเทียบหากมีการเคลื่อนย้ายส่วนย่อยของภาพที่ถูกตัดออกไปไว้ยังตำแหน่งอื่น การเคลื่อนย้ายภาพนี้จะมีผลต่อวิธีการที่ฝังข้อมูลลายน้ำลงในตำแหน่งที่ตายตัว

- การหมุนภาพ (rotation) เป็นกรณีที่สำคัญที่สุดหากพิจารณาในกรณีที่หมุนภาพไป 90 องศา และ180 องศา ซึ่งเกิดปัญหาที่เหมือนกับปัญหาที่พบในการย่อหรือขยายขนาดภาพ
- การกลับด้านของภาพ (flip) คือ เมื่อสลับด้านซ้ายขวาของภาพ จะมีผลกับวิธีการที่ฝังข้อมูลลายน้ำลงในตำแหน่งที่ตายตัว



รูปที่ 2.3 การประมวลผลสัญญาณหรือความผิดเพี้ยนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับข้อมูล

2.5.3 ความจุข้อมูลลายน้ำ

ความจุของการใส่ข้อมูลลายน้ำต้องมีจำนวนมากพอกับข้อมูลที่ใช้ ซึ่งขึ้นอยู่กับงานที่ประยุกต์ที่นำไปใช้ โดยวิธีการในการทำภาพลายน้ำควรอนุญาตให้มีการกำหนดจำนวนของบิทที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการซ่อน ซึ่งไม่มีกฎเกณฑ์กำหนดตายตัว แต่อย่างไรก็ตามในกรณีของภาพ ควรใช้จำนวน 300 ถึง 400 บิท ที่ฝังลงไปในภาพซึ่งจะเป็นที่ยอมรับได้ ในกรณีอื่น ๆ ผู้ออกแบบระบบควรระลึกไว้ว่าจำนวนของบิทที่สามารถซ่อนในข้อมูลนั้นไม่ควรจะจำกัด โดยควรใช้ให้เหมาะสมกับงาน

2.5.4 ความปลอดภัยของข้อมูลลายน้ำ

การทำภาพลายน้ำต้องทำให้ยากในการตรวจจับหรือถอดออกของข้อมูลลายน้ำจากภาพต้นแบบโดยผู้ไม่มีสิทธิ เป็นที่รู้จักกันดีว่าคริปโตกราฟีเป็นวิธีการที่ใช้ได้ผล แต่ไม่ได้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่เป็นไปได้ว่า ผู้ไม่ประสงค์ดีจะไม่รู้ว่ารหัสที่ถูกฝังลงในเอกสารมัลติมีเดียอย่างไร แต่กระนั้น ความคงทนที่กล่าวถึงโดยแท้จริงของสินค้าที่อยู่ในตลาดตั้งอยู่บนสมมติฐานแบบนี้ แม้ว่าบางส่วนจะถูกอ้างสิทธิโดยใช้วิธีพิเศษ โดยรู้ว่าตัวเข้ารหัสและถอดรหัสลายน้ำทำงานอย่างไร ซึ่งเป็นเรื่องง่ายในการทำให้ลายน้ำนี้ไม่สามารถอ่านออกได้ ยิ่งไปกว่านั้น บางเทคนิคโดยมากแล้วจำเป็นต้องใช้ข้อมูลต้นแบบที่ยังไม่ผ่านการฝังรหัสมาใช้ในกระบวนการการถอดรหัส ซึ่งจะพิจารณาต่อไป บ่อยครั้งในการถอดรหัสเพื่อตรวจหาลายน้ำไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้เอกสารที่ผ่านการฝังรหัสและเอกสารที่ยังไม่ฝังรหัสมาใช้ในการเปรียบเทียบ

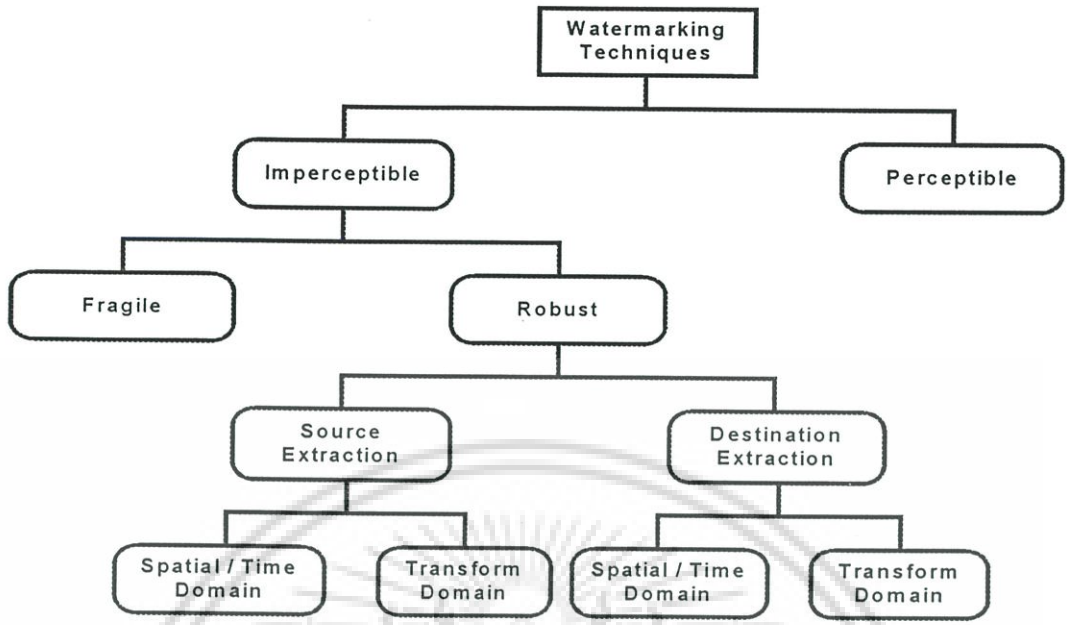
2.6 การจำแนกประเภทของเทคนิคการทำภาพลายน้ำ

แม้ว่าการทำภาพลายน้ำกับภาพจะเป็นงานวิจัยในสาขาที่เริ่มมีได้ไม่นาน แต่ก็มีหลาย ๆ เทคนิคถูกเสนอออกมาทั้งในทางการศึกษาและในทางอุตสาหกรรม ในส่วนนี้จะกล่าวถึงข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ใช้ในการแบ่งเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำภาพลายน้ำ โดยเฉพาะในสองลักษณะการทำภาพลายน้ำที่ได้เลือกขึ้นมา โดยแสดงดังรูปที่ 2.4

2.6.1 การจำแนกประเภทโดยพิจารณาจากการฝังภาพลายน้ำ

เทคนิคการทำภาพลายน้ำเป็นเทคนิคที่ถูกนำมาใช้งานร่วมกับข้อมูลมัลติมีเดีย กำหนดให้การทำภาพลายน้ำกับภาพ เป็นกระบวนการของการแก้ข้อมูลของภาพเพื่อแทรกรหัสที่ใช้สำหรับนำข้อมูลที่ต้องการใส่ลงไป ซึ่งเป็นข้อกำหนดตัวแรกสำหรับแบ่งแยกเทคนิคการทำภาพลายน้ำบนพื้นฐานของลักษณะชนิดของภาพที่ถูกแก้ไข โดยมีวิธี 2 ประเภทหลัก ๆ ที่ใช้ระบุวิธีในการฝังรหัสลงในข้อมูลภาพ เป้าหมายของเทคนิคการทำภาพลายน้ำ คือ แก้ไขข้อมูลภาพเพื่อฝังรหัสระบุถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการลงไปภาพ ข้อมูลภาพสามารถถูกแก้ไขได้โดยตรงหรืออาจจะแปลงไปอยู่ในโดเมนอื่นก่อนทำการแก้ไขข้อมูลและจะถูกแปลงกลับเพื่อให้ได้ภาพที่ผ่านการฝังภาพลายน้ำอีกครั้งก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การจำแนกประเภทของเทคนิคการทำภาพลายน้ำ

2.6.1.1 **เทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียล**

เทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียล เป็นเทคนิคที่เป็นที่ยอมรับในการนำมาประยุกต์ใช้งาน เพราะเหตุว่า เป็นเทคนิคที่ง่ายและให้ผลที่ดีกับคุณสมบัติของการทำภาพลายน้ำ หลักการของการทำภาพลายน้ำก็เช่นเดียวกับการทำภาพลายน้ำทั่ว ๆ ไป ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน คือ การฝังข้อมูลลายน้ำ (embedding watermarking) และการแยกข้อมูลลายน้ำ (extraction watermarking) ของข้อมูลมัลติมีเดีย การฝังภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลเป็นการฝังภาพลายน้ำเข้าไปในภาพต้นแบบ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนค่าความเข้มหรือความสว่างของจุดภาพ ภายในภาพต้นแบบโดยตรง ตามเงื่อนไขที่กำหนดของวิธีการในการฝังโดยเฉพาะ ผลทำให้ได้ภาพที่ไม่สามารถมองเห็นภาพลายน้ำที่ซ่อนอยู่ อีกทั้งไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบกับภาพที่ผ่านการฝังภาพลายน้ำด้วยสายตาได้ ส่วนความปลอดภัยจะขึ้นอยู่กับรหัสหรือกุญแจลับ (secret key) ที่เกิดจากการเข้ารหัส ในกระบวนการ เพื่อที่จะได้มีเพียงผู้ที่รู้รหัสหรือผู้ที่ถือกุญแจลับเท่านั้นที่สามารถเปลี่ยนแปลงหรือตรวจสอบลายน้ำได้

การแยกภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลเป็นการแยกภาพลายน้ำออกจากภาพ จะสามารถทำได้โดยการใช้ภาพต้นแบบกับภาพที่ต้องการดูว่า มีสัญญาณลายน้ำอยู่หรือไม่ ถ้าต้องการที่จะแยกภาพลายน้ำออกมาจากภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำแล้ว มาทำการเปรียบเทียบกัน เพื่อให้ได้ค่าลายน้ำต้นแบบออกมา รวมทั้งการใช้รหัสลับที่ได้จากการฝังลายน้ำ ภาพลายน้ำที่ได้อาจมีความผิดเพี้ยนไปเนื่องจากความผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบหรือการถูกทำลายจากการประมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลภาพแบบต่าง ๆ แต่ก็ยังมีความเหมือน (similarity) กับภาพลายน้ำต้นแบบ หากเจ้าของสามารถเปรียบเทียบถึงความเหมือนระหว่างภาพลายน้ำทั้งสองได้ จะสามารถยืนยันถึงความเป็นเจ้าของในสื่อข้อมูลนั้นได้

สำหรับเทคนิคประเภทนี้ดังที่กล่าวมา ค่าของจุดภาพในภาพจะถูกแก้ไขโดยตรงตามรหัสของข้อมูลลายน้ำที่ต้องการฝังลงไป โดยทั่วไปในการแก้ไขแบบนี้จะประกอบด้วยการเพิ่มสัญญาณที่ถูกมอดูเลทไปปรับความสว่างของภาพหรือในย่านสีใดสีหนึ่งหรือรวม ๆ กัน วิธีหนึ่งที่ใช้แก้ไขค่าของจุดภาพ คือ การเพิ่มจำนวนแบบสุ่มขนาดเล็กเข้าไปในจุดภาพ [14, 15] ได้เสนอการใช้จำนวนแบบสุ่มในการเพิ่มหรือลดค่าของจุดภาพ ซึ่งลำดับแบบสุ่มนี้จะขึ้นอยู่กับรหัสที่ใช้ในการสร้างลำดับจะแตกต่างกันออกไป โดยจำเป็นต้องรู้รหัสตัวนี้เพื่อการตรวจหาลายน้ำในภายหลัง (การทำลายน้ำแบบส่วนตัว) รหัสนี้จะป้องกันให้เฉพาะบุคคลที่ได้รับอนุญาตเท่านั้นที่สามารถตรวจหาลายน้ำได้ เทคนิคดั้งเดิมถูกพัฒนาให้ใช้สำหรับการสื่อสารแบบกระจายสเปกตรัม (spread spectrum communications) โดยปกติการตรวจหาลายน้ำจะกระทำโดยใช้ค่าคอร์รีเลชั่นในการตัดสิน โดยทั่วไปเทคนิคที่ทำในโดเมนสปาเชียลจะทำให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้ลักษณะพิเศษของระบบการมองเห็นของมนุษย์ (human visual system : HVS) ซึ่งจะพิจารณาในส่วนที่ไวต่อสัญญาณรบกวน สำหรับการฝังข้อมูลที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ สำหรับการป้องกันการตัดบางส่วนของภาพออกไป ทำได้โดยฝังข้อมูลลายน้ำเดิมในหลาย ๆ ส่วนของภาพ เทคนิคการทำภาพลายน้ำที่ทำในโดเมนสปาเชียลจะไม่ค่อยมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพ

2.6.1.2 เทคนิคการทำภาพลายน้ำในโดเมนการแปลง

สำหรับเทคนิคนี้ จะทำการแปลงภาพด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ก่อนทำการฝังลายน้ำ ข้อมูลนี้จะแตกต่างจากภาพในโดเมนสปาเชียล ซึ่งส่วนมากในโดเมนความถี่การกระทำในโดเมนนี้จะไม่มีการสูญเสียข้อมูลใดเลย สัมประสิทธิ์ในโดเมนการแปลงจะถูกแก้ไขเพื่อเก็บค่าข้อมูลลายน้ำไว้ ซึ่งจะเป็นการฝังข้อมูลลายน้ำ จากนั้นจะทำการแปลงกลับเพื่อให้ได้ภาพที่มีลายน้ำฝังอยู่ มีการแปลงอยู่ 2 แบบที่ใช้กันมากที่สุด คือ การแปลงฟูริเยร์แบบดิสครีต (discrete fourier transform : DFT) และการโคไซแบบดิสครีต (discrete cosine transform : DCT) โดยเทคนิคในโดเมนการแปลงนี้อัลกอริธึมในการทำลายน้ำเหล่านี้จะทำการแปลงภาพแบบเต็มเฟรมและเทคนิคการแปลงแบบเป็นบล็อกจะพิจารณาในส่วนของเทคนิคเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ที่ใช้การแปลงแบบบล็อก ข้อดีของการใช้การแปลงแบบเฟรม คือ ข้อมูลลายน้ำจะกระจายไปทั่วทั้งภาพ โดยเป็นการฝังลายน้ำลงในขนาดของสัมประสิทธิ์ ซึ่งเทคนิคเหล่านี้จะให้ความคงทนต่อการหมุนภาพ การย่อหรือขยายขนาดของภาพและการเคลื่อนย้ายภาพได้ดี ข้อเสียหลักของเทคนิคที่ทำในโดเมนการแปลง คือ ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ทุนในการคำนวณ เพื่อให้ยากในการแปลงสัญญาณลายน้ำให้กลับไปเป็นภาพดังเดิม ดังนั้นจึงนำลักษณะพิเศษของ HVS มาใช้ในส่วนที่ไวต่อสัญญาณรบกวน

ส่วนเทคนิคการแปลงแบบบล็อก จะใช้การแปลงทางคณิตศาสตร์ก่อนทำการฝังลายน้ำลงไป ซึ่งแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ ใช้ JPEG-like block-DCT และเวฟเล็ต ส่วนใหญ่ JPEG เป็นวิธีการที่ใช้กันมากในการบีบอัดภาพ ดังนั้นเทคนิคการทำภาพลายน้ำต้องทนทานต่อการบีบอัดแบบนี้ โดยภาพจะถูกแบ่งเป็นบล็อก ๆ จากนั้นนำการแปลง DCT สัมประสิทธิ์ DCT บางตัวในบล็อกจะถูกแก้ไขเพื่อเก็บลายน้ำไว้ ผลงานวิจัยก่อนหน้านี้มีประสิทธิภาพในการลดการมองเห็นของข้อมูลลายน้ำและปรับปรุงความคงทนของข้อมูลลายน้ำ บางงานวิจัยทำการฝังลายน้ำลงในเฟสของสัมประสิทธิ์ DCT ของแต่ละบล็อก การแปลงแบบอื่นที่มักใช้ในการบีบอัดข้อมูล เช่น การแปลงเวฟเล็ต ซึ่งการแปลงเวฟเล็ตมีความเหมาะสมกับระบบ HVS เทคนิคนี้ค่อนข้างไวต่อการเคลื่อนย้ายภาพและการย่อหรือขยายขนาดภาพ

2.6.2 การจำแนกประเภทโดยพิจารณาจากการตรวจหาลายน้ำ

การแบ่งประเภทที่สองจะทำการพิจารณาจากการตรวจหาลายน้ำ ซึ่งมี 3 วิธีที่แตกต่างสำหรับวิธีการที่ใช้ในการตรวจหาลายน้ำ

2.6.2.1 เทคนิคที่ใช้ภาพต้นแบบและไม่ต้องใช้ภาพต้นแบบ

สามารถแบ่งวิธีการได้เป็นสองประเภทหลัก ๆ คือ วิธีการที่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบสำหรับการตรวจหาข้อมูลลายน้ำและวิธีการที่ไม่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบ วิธีการ [4, 7, 10] ที่ต้องใช้ภาพต้นแบบในการตรวจหาข้อมูลลายน้ำนั้น โดยทั่วไปจะมีความคงทนมากกว่าแต่มีข้อกำหนดค่อนข้างมาก เช่น มีเพียงเจ้าของภาพต้นแบบเท่านั้นที่สามารถอ่านหรือตรวจหาข้อมูลลายน้ำได้ แต่ผู้ซื้อควรจะได้รับสิทธิในการอ่านและตรวจหาข้อมูลลายน้ำได้ด้วย เพื่อเป็นการรับประกันว่าภาพที่ได้ถูกขายไปอย่างถูกต้องตามกฎหมาย ในกรณีของการทำภาพลายน้ำกับภาพนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบในการอ่านและตรวจหาข้อมูลลายน้ำ แต่จำเป็นต้องใช้ภาพต้นแบบในกรณีที่เกิดการแปลงทางเรขาคณิต เช่น การเคลื่อนย้ายภาพ การย่อหรือขยายขนาดภาพ และการตัดบางส่วนของภาพออกไป จึงจะทำให้สามารถแยกรหัสที่ฝังออกมาได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

2.6.2.2 เทคนิคภาพลายน้ำแบบเปิดเผยและแบบส่วนตัว

ลายน้ำจะถูกกล่าวได้ว่าเป็นแบบส่วนตัวเมื่อผู้ที่มีสิทธิเท่านั้นที่สามารถตรวจหาข้อมูลลายน้ำออกมาได้ ซึ่งกลไกนี้ทำให้ผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตจะไม่มีทางแยกลายน้ำออกมาได้ ตัวอย่าง เช่น โดยการกำหนดรหัสแบบสุ่มให้กับแต่ละผู้ใช้งานในขั้นตอนของการฝังลายน้ำ ซึ่งทำให้สามารถแยกลายน้ำออกมาจากเอกสารนั้น ๆ ได้ ในทางตรงข้ามกับเทคนิคการฝังลายน้ำแบบส่วนตัวจะอนุญาตให้ผู้ใดก็ได้สามารถอ่านลายน้ำได้ ซึ่งเรียกว่า แบบเปิดเผย โดยเหตุผลทางด้านความ

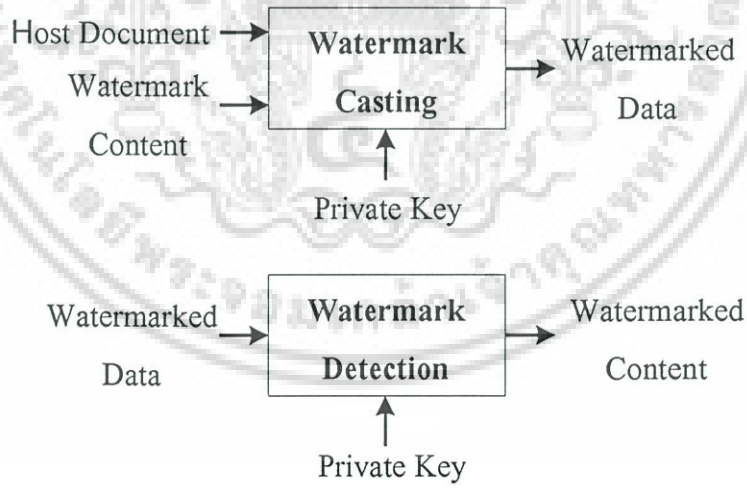
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

56684

ปลอดภัยจากการทำลายน้ำแบบส่วนตัวจะมีความคงทนสูงกว่าแบบเปิดเผยมากด้วยการเลือกใช้รหัสลับ สำหรับวิธีการแบบเปิดเผยลายน้ำ หากรู้รหัสที่ฝังลงไป เป็นการง่ายสำหรับการลบหรือทำให้ลายน้ำไม่สามารถอ่านได้

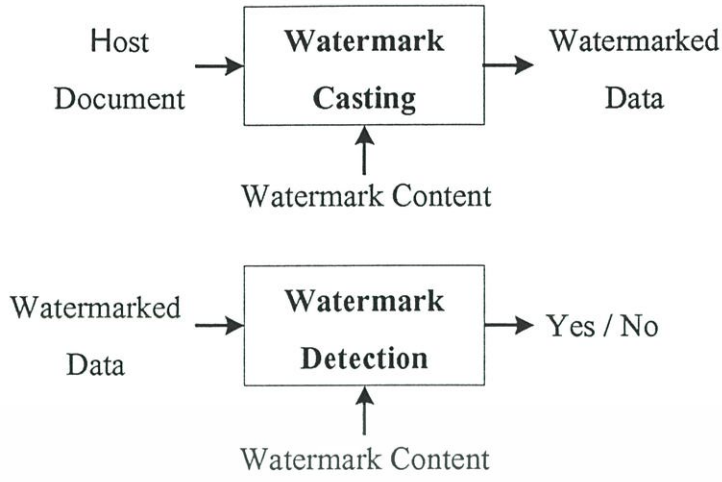
2.6.2.3 เทคนิคภาพลายน้ำที่สามารถอ่านและตรวจหาลายน้ำได้

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างอัลกอริทึมที่สามารถอ่านได้ที่ฝังรหัสให้สามารถอ่านได้และที่สามารถตรวจหาได้ ซึ่งรหัสที่ฝังไว้ทำได้เพียงตรวจหาเท่านั้น ในขณะที่วิธีการอื่น เช่น แบบเปิดเผยซึ่งอนุญาตให้ผู้ใดก็ได้สามารถอ่านรหัสที่แทรกอยู่ในข้อมูลได้ ซึ่งในกรณีหลังจะอนุญาตให้ตรวจสอบได้เพียงว่ามีรหัสฝังอยู่หรือไม่เท่านั้น ซึ่งต้องรู้รหัสที่แทรกลงไป ข้อสังเกตว่าวิธีการในการฝังลายน้ำที่สามารถตรวจหาได้จะเป็นแบบส่วนตัวเสมอ เพื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างสองวิธีการให้พิจารณาแบบแผนในรูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบการทำลายน้ำที่สามารถอ่านได้แบบส่วนตัว ซึ่งลายน้ำจะถูกฝังลงในข้อมูลโดยใช้รหัสลับ ซึ่งรหัสเดียวกันนี้จะถูกใช้ในการถอดรหัสเพื่ออ่านบิทที่ถูกเขียนไว้ในเอกสารที่ถูกฝังลายน้ำ เมื่อพิจารณาการทำภาพลายน้ำแบบสามารถตรวจหาได้ในสถานการณ์ที่ค่อนข้างแตกต่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ข้อความที่ถูกแทรกลงไปในข้อมูลโดยไม่ใช้คีย์ใด ๆ การถอดรหัสจะพิจารณาเพียงตัดสินว่า เอกสารนี้มีข้อมูลลายน้ำอยู่หรือไม่เท่านั้น



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมสำหรับการทำภาพลายน้ำที่สามารถอ่านได้แบบส่วนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมสำหรับการทำภาพลายน้ำที่สามารถตรวจหาได้แบบส่วนตัว

2.7 การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำภาพลายน้ำ

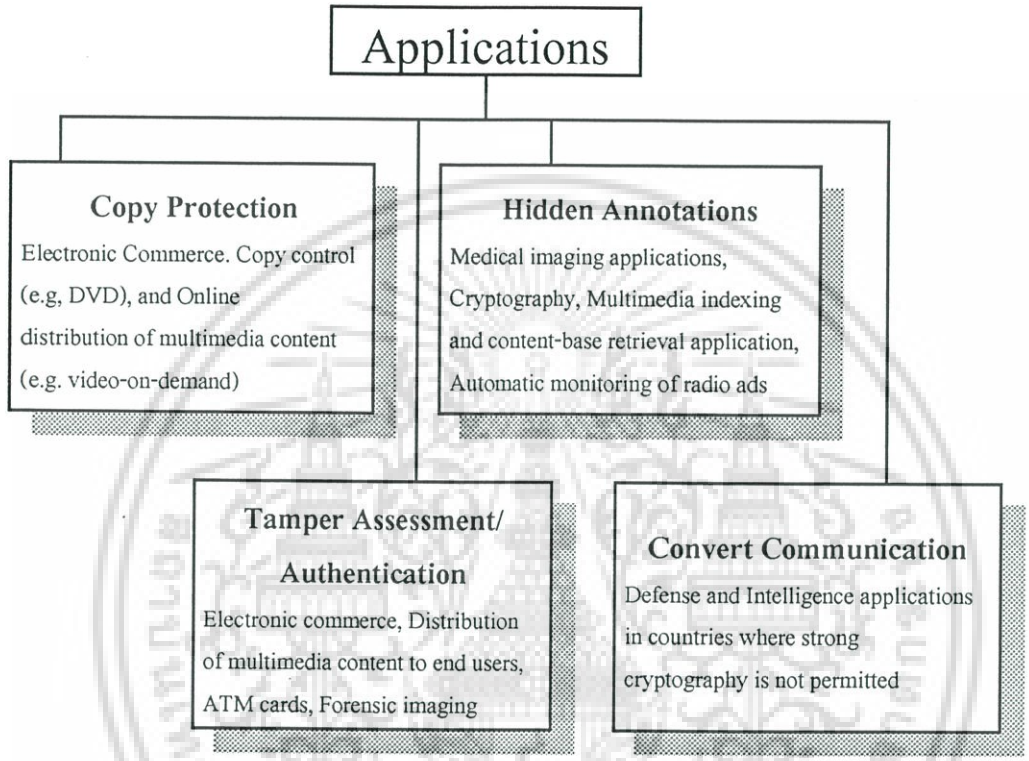
แม้ว่าวิธีการของการฝังภาพลายน้ำดิจิตอลยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น ในการพัฒนาสำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์ ในงานวิจัยที่มีอยู่ในสาขานี้ได้พบงานประยุกต์ที่สำคัญมากมายที่ใช้ภาพลายน้ำดิจิตอลเข้ามาช่วยในงานเหล่านั้น โดยเฉพาะใน 4 หัวข้อ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 [5] ในแต่ละสาขาของงานประยุกต์ ถูกกำหนดด้วยลักษณะพิเศษในความต้องการด้านต่าง ๆ ของเทคโนโลยีการทำภาพลายน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ความปลอดภัย (security) ความคงทน (robustness) การสังเกตเห็นได้ (perceptibility) และปริมาณของข้อมูลลายน้ำที่ทำการฝังลงไป ซึ่งจะอธิบายในรายละเอียดดังกล่าวต่อไปนี้

2.7.1 การทำภาพลายน้ำสำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์

ในงานประยุกต์ประเภทนี้ ข้อมูลที่อยู่ในกระบวนการทำภาพลายน้ำจะเกี่ยวกับผู้สร้าง ผู้เผยแพร่ ผู้ซื้อ หรือเงื่อนไขในลิขสิทธิ์ สามารถฝังข้อมูลเหล่านั้นลงไปในส่วนของข้อมูลมัลติมีเดียได้ เมื่อได้ทำการฝังข้อมูลลงไปแล้ว สามารถตรวจหากรรมสิทธิ์ได้ในภายหลังว่าได้มาอย่างถูกต้องหรือไม่ สมมุติว่า เจ้าของข้อมูลได้จัดหาภาพให้แก่ลูกค้าเพื่อไปตีพิมพ์ โดยได้รับค่าธรรมเนียม เพื่อยับยั้งการละเมิดลิขสิทธิ์ เจ้าของสามารถฝังลายน้ำซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถแสดงถึงความเป็นเจ้าของให้ผู้ที่ได้รับสิทธิในการตีพิมพ์ได้ ในกรณีแรกลายน้ำใช้สำหรับยืนยันความเป็นเจ้าของได้ (ownership assertion) ซึ่งเจ้าของสามารถควบคุมและตรวจสอบข้อมูลที่ถูกตีพิมพ์ที่น่าสงสัยได้โดยตรวจหาลายน้ำที่แสดงความเป็นเจ้าของที่ถูกฝังไว้ได้ ถ้าปรากฏว่ามีลายน้ำปรากฏอยู่อย่างชัดเจนก็สามารถใช้เป็นหลักฐานในการแสดงความเป็นเจ้าของได้ ในกรณีที่สอง ลายน้ำใช้สำหรับการพิมพ์ลายนิ้วมือ (fingerprinting) เพื่อป้องกันผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตทำสำเนาและทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแจกจ่ายภาพ โดยเจ้าของสามารถฝังข้อมูลที่ระบุถึงผู้ที่ได้รับอนุญาตให้ตีพิมพ์ภาพนั้น ๆ ได้ ถ้าหากมีการตรวจพบการทำสำเนาภาพโดยไม่ได้รับอนุญาต ซึ่งเจ้าของสามารถระบุผู้รับต้นแบบและทำการยกเลิกการทำธุรกิจกับผู้นั้นได้ ในบางเหตุการณ์สำหรับการป้องกันลิขสิทธิ์อาจจะใช้ลายน้ำที่สามารถมองเห็นได้หรือไม่สามารถมองเห็นได้ก็ได้ตามรายละเอียดใน [11]



รูปที่ 2.7 การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำภาพลายน้ำ

2.7.2 การทำภาพลายน้ำสำหรับการซ่อนหมายเหตุ

การทำภาพลายน้ำดิจิตอล สามารถใช้ในการซ่อนฉลากข้อความและหมายเหตุไว้ในข้อมูลมัลติมีเดีย โดยใช้ในการติดฉลากข้อความ การทำดรรชนีและติดตามข้อมูลมัลติมีเดีย ใช้ในการควบคุมในงานที่ต้องการควบคุมระดับในการเข้าถึงข้อมูลหรือในแผนที่และภาพถ่ายทางการแพทย์ ในการทำฉลากรหัสที่ฝังเข้าไปประกอบด้วยคำอธิบายของข้อมูลที่เกี่ยวกับข้อความภายใน ดังตัวอย่าง เช่น ภาพถ่ายที่สามารถใส่รายละเอียดเกี่ยวกับวัน เวลา สถานที่ในภาพได้โดยอัตโนมัติเมื่อทำการถ่ายภาพ ลายน้ำสามารถใช้ในการป้องกันข้อมูลดิจิตอลวิดีโอในระบบปิดได้ โดยใช้ฮาร์ดแวร์พิเศษ สำหรับทำสำเนาและดูรายละเอียด ซึ่งจะมีรหัสที่แสดงถึงจำนวนครั้งที่อนุญาตให้ทำสำเนา ดังนั้นทุกครั้งเมื่อมีการทำสำเนาฮาร์ดแวร์ตัวนี้จะทำการเปลี่ยนแปลงรหัสและเมื่อจำนวนเท่ากับศูนย์ ระบบจะไม่สามารถดูข้อมูลได้อีก เช่น DVD (digital-video disc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานประยุกต์จะสามารถทำหนดระดับในการเข้าถึงข้อมูลมัลติมีเดียได้หลายระดับ โดยใช้การทำภาพลายน้ำ [5] การควบคุมรายละเอียดของภาพ ถ้าผู้ใช้มีระดับในการเข้าถึงสูงรายละเอียดของภาพจะปรากฏออกมา แต่ถ้าผู้ใช้มีระดับในการเข้าถึงต่ำก็จะไม่สามารถเห็นรายละเอียดของภาพได้อีกกรณีหนึ่ง สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม อย่างในการแสดงระบบแทร็กซ์หลายภาษา (multilingual tracks) สามารถฝังข้อมูลลงในไฟล์วิดีโอได้ในการแพร่ภาพ ในงานเกี่ยวกับทางการแพทย์ระบบการทำลายน้ำสามารถฝังการบันทึกข้อมูลของผู้ป่วยลงในภาพเอ็กซเรย์ได้ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการดูข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้และป้องกันความผิดพลาดที่ไม่ตรงกันระหว่างข้อมูลของคนไข้และภาพ

2.7.3 การรับรองและการตรวจสอบความถูกต้อง

ในบางงานประยุกต์ อย่างเช่น พาณิชย์อิเล็กทรอนิคส์เกี่ยวกับข้อมูลมัลติมีเดีย ภาพถ่ายทางการแพทย์ ภาพข่าว ซึ่งมีความสำคัญมาก ถ้าหากมีการปรับเปลี่ยนหรือแต่งเติมรายละเอียดข้อมูลลงไปให้แตกต่างจากต้นแบบ โดยการแก้ไขนี้มีผลไปในทางลบแล้วถูกเผยแพร่ออกไปจะเกิดผลเสียหายอย่างมาก ซึ่งป้องกันได้โดยใช้อัลกอริธึมของลายเซ็นดิจิตอลและคริปโตกราฟี แต่อย่างไรก็ตามการใช้เทคนิคการทำลายน้ำสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ง่าย โดยเหตุที่ผู้ที่มีสิทธิรับรองถูกฝังข้อมูลโดยตรงลงในเนื้อหา ลายน้ำถูกแยกจากวัตถุที่อาจเกิดความเสียหายได้ ถ้าตรงกับรหัสที่ฝังเอาไว้ ดังนั้นข้อมูลนั้นตั้งสันนิษฐานได้ว่าไม่เกิดความผิดปกติขึ้นในข้อมูล ดังนั้นข้อมูลลายน้ำแบบนี้ถูกเรียกว่า fragile โดยในกรณีที่รหัสถูกแก้ไขได้ง่ายโดยการแก้ไขเนื้อหา ซึ่งแตกต่างจากงานประยุกต์ก่อนนี้ ซึ่งข้อมูลลายน้ำจำเป็นต้องมีความคงทน (robust) สูง

2.7.4 ความปลอดภัยและการไม่ปรากฏในการสื่อสาร

ภาพลายน้ำดิจิตอลถูกนำมาใช้ในวงกว้างเหมือนกับการซ่อนช่องทางของการสื่อสาร ซึ่งซ่อนข้อมูลจำนวนมากไว้ในข้อมูลเสียง ภาพ และวิดีโอ งานประยุกต์เหล่านี้ถูกใช้ในทางทหารและบริการข่าวสารโดยใช้เทคนิคของคริปโตกราฟฟีและสเตเกโนกราฟฟี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียล

ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอวิธีการทำภาพลายน้ำในสปาเชียลโดเมนสำหรับภาพนิ่ง วิธีการที่ใช้ในการฝังลายน้ำจะให้คุณภาพของภาพต้บแบบที่ดี ทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของภาพต้นแบบ และวิธีการที่เสนอมีความคงทนของลายน้ำสูงมาก แม้รูปต้นแบบที่ถูกฝังลายน้ำจะถูกประมวลผลโดยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การกรองผ่านความถี่ต่ำ การกรองค่ากลาง การสูญเสียจากการบีบอัด JPEG ตลอดถึงการผิดเพี้ยนทางเรขาคณิต อาทิเช่น การย่อและขยาย การหมุนและการตัด ซึ่งวิธีการจะเป็นการพบกันระหว่างการมองไม่เห็นหรือคุณภาพของภาพ กับความคงทนของลายน้ำ ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการแก้ไขความเข้มอย่างที่ปรับเปลี่ยนค่าได้ โดยการปรับเปลี่ยนค่าความเข้มเท่าที่จะเป็นไปได้ การแก้ไขปรับเปลี่ยนจะไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ซึ่งจะสัมพันธ์กันระหว่างความไวของสายตามนุษย์กับการแก้ไขปรับค่าความเข้มของภาพ ซึ่งกรณีที่ค่าความเข้มมาก จะถูกปรับค่าได้มาก โดยปราศจากการทำให้ผิดรูปแบบไป ในทางตรงข้าม ถ้าค่าความเข้มน้อย ก็จะสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในบทนี้ได้ทำการพิจารณาถึงคุณลักษณะของความต้องการพื้นฐานในการทำภาพลายน้ำโดยเฉพาะวิธีที่นำได้เสนอในบทความ [15, 16] เพื่อแก้ไขปัญหาของความต้องการในคุณสมบัติพื้นฐาน ส่วนรายละเอียดของการฝังข้อมูลลายน้ำและการแยกคืนข้อมูลลายน้ำของวิธีการนี้จะนำเสนอต่อไป

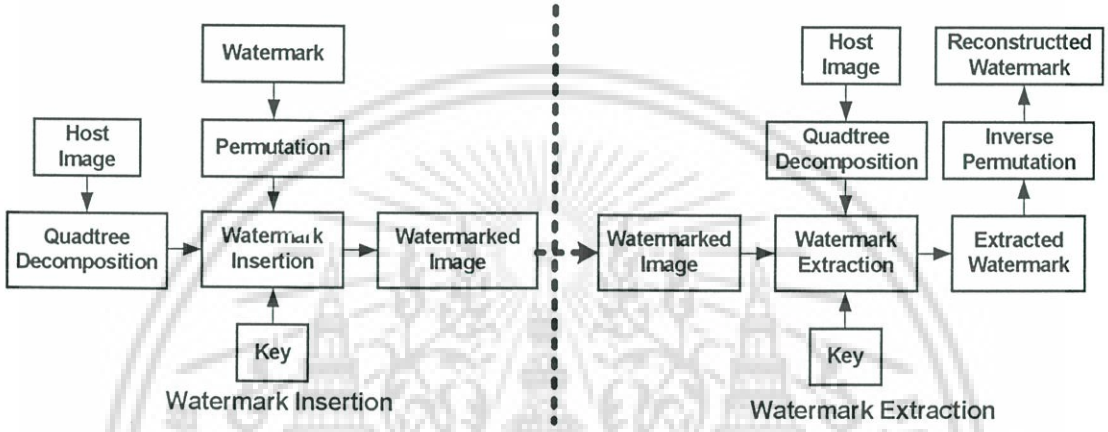
3.1 ระบบการทำภาพลายน้ำ

การนำเสนอเทคนิคการทำลายน้ำในโดเมนสปาเชียลแบบปรับค่าได้สำหรับภาพนิ่ง รูปลายน้ำที่ถูกนำมาใช้ในวิธีการนี้เป็นรูปภาพไบนารี (binary image) ซึ่งจะถูกฝังลงในภาพต้นแบบด้วยเทคนิคการฝังในโดเมนสปาเชียล (spatial domain) เป็นวิธีการที่มีการแก้ไขปรับค่าความเข้มของภาพต้นแบบโดยตรง ซึ่งการปรับค่านี้จะเป็นการกระทำกับจุดภาพในบล็อกที่เลือกจำนวนมากเท่ากับความเป็นไปได้ที่เกิดจากการคำนวณหาค่าด้วยเงื่อนไขที่กำหนด การแก้ไขปรับเปลี่ยนค่านี้จะไม่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนด้วยสายตามนุษย์ ทั้งยังเป็นการป้องกันบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาตหรือผู้ไม่มีสิทธิ นั่นคือ วิธีการที่นำเสนอใหม่นี้ข้อมูลลายน้ำมีความคงทนมาก ทั้งจากการทำลายจากผู้ไม่ประสงค์ดีและการประมวลผลภาพแบบต่าง ๆ ตลอดถึงการผิดเพี้ยนทางเรขาคณิต

ในลำดับแรกของวิธีการ รูปภาพลายน้ำจะถูกสลับที่ข้อมูลก่อนเพื่อเป็นการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลลายน้ำ ลำดับต่อมา จะเป็นการใส่ข้อมูลลายน้ำที่ผ่านการสลับข้อมูลลงในภาพต้นแบบที่มีการแบ่งบล็อกแล้ว ด้วยวิธีการของควอดทรี (quadtree) [21] ได้ภาพต้นแบบที่มีรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายน้ำฝังอยู่ หลังจากนั้นเป็นการนำเสนอวิธีการแยกภาพลายน้ำออกจากภาพต้นแบบโดยการเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบที่ผ่านการแบ่งแยกบล็อกด้วยวิธีการควอดทรีมาก่อนหน้า โดยนำบล็อกที่ตรงกันมาทำการเปรียบเทียบกัน เพื่อหาค่าของสัญญาณข้อมูลลายน้ำที่ฝังอยู่และด้วยรหัสที่ตรงกันกับกระบวนการฝังภาพลายน้ำ สุดท้ายเป็นการสลับข้อมูลลายน้ำกลับคืนได้รูปภาพลายน้ำที่สมบูรณ์ วิธีการแสดงตามบล็อกไดอะแกรมการนำเสนอระบบการทำภาพลายน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการนำเสนอระบบการทำภาพลายน้ำ

3.2 ข้อมูลลายน้ำ

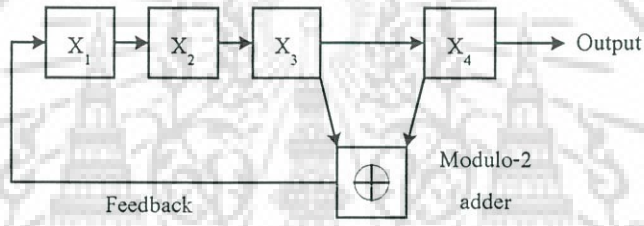
ภาพลายน้ำที่ต้องการฝังลงในข้อมูลภาพต้นแบบ จะถูกสลับที่ข้อมูลด้วยการสุ่มภาพข้อมูลลายน้ำก่อนการฝัง เพื่อเป็นการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลลายน้ำ จากการเข้าถึงที่ไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ไม่มีสิทธิหรือผู้ไม่ประสงค์ดี การสลับที่ของข้อมูลรูปภาพลายน้ำที่เป็นไบนารี จะเป็นการสลับที่ของข้อมูลก่อนที่จะทำการใส่ข้อมูลลายน้ำเข้าไปในภาพต้นแบบ วิธีการเรียงสับเปลี่ยนรูปลายน้ำเหมือนกับการนำเสนอใน [19] โดยวิธีการจะเป็นการพิจารณาตัวเลขการสุ่มใน 2 มิติ [17] ในการสลับเปลี่ยนรูปข้อมูลลายน้ำ กำหนดให้ W และ W_p เป็นรูปลายน้ำต้นแบบและรูปภาพลายน้ำที่ถูกสลับเปลี่ยนรูปแล้ว สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังสมการที่ 3.1

$$\begin{aligned} W_p &= Permute(W) \\ &= \left\{ w_p(i,j) = w(i',j') \middle| \, 0 \le i,i' < M \; and \; 0 \le j,j' < N \right\} \end{aligned} \tag{3.1}$$

เมื่อจุดภาพตำแหน่ง (i',j') ถูกสลับเปลี่ยนตำแหน่งสู่จุดภาพตำแหน่ง (i,j) โดยจะเกิดการสุ่มค่าของข้อมูลลายน้ำ กำหนดให้ M และ N เป็นความสูงและความกว้างของรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายน้ำ ตามลำดับ จากนั้นทำการสลับเปลี่ยนข้อมูลภาพลายน้ำ เริ่มต้นกระทำด้วยการเรียงลำดับตำแหน่งจุดภาพของแต่ละจุดภาพของข้อมูลภาพลายน้ำจากตำแหน่งที่ $0-(M \times N-1)$ จากข้อมูลแรสเตอร์ของภาพข้อมูลลายน้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นลำดับ การสร้างลำดับของ $M \times N$ ค่าตัวเลขของการสุ่มระหว่างค่า $0-(M \times N-1)$ โดยใช้วิธีการของ linear feedback shift register [19] โดยหลักการที่นำมาใช้จะเป็นการพิจารณา เป็นการเลื่อนลำดับ (shift register sequences) กำหนดตำแหน่งในแต่ละจุดภาพถูกเปลี่ยนตำแหน่งและมีการเปลี่ยนค่าจุดภาพตามไปยังตำแหน่งที่ถูกเปลี่ยนไปเสมือนเป็นการย้ายค่าจุดภาพข้อมูลลายน้ำ ดังนั้นวิธีการของ linear feedback shift register สามารถแสดงไดอะแกรมในรูปที่ 3.2 ซึ่งการกระทำ 4 สถานะของการจำสำหรับการเก็บและเลื่อน การบวกแบบ module-2 และป้อนแบบย้อนกลับจากการบวกไปเป็นอินพุตของสถานะต่อไป



รูปที่ 3.2 ตัวอย่าง linear feedback shift register

การทำ shift register เป็นการควบคุมโดยลำดับของพัลส์ ที่บาง clock pulse รายละเอียดของบางสถานะในหน่วยความจำเป็นการเลื่อน 1 สถานะไปทางขวา ดังนั้นรายละเอียดของ clock pulse ของ X_3 และ X_4 เป็นการบวกแบบ $Modulo-2$ ซึ่งเป็นการปฏิบัติการเชิงเส้นและผลลัพธ์จะส่งกลับไปสถานะ X_1 ลำดับของ shift register เป็นการกำหนดในเอาต์พุตของสถานะสุดท้ายสถานะ X_4 ในตัวอย่าง สมมติสถานะ X_1 เป็นสถานะเริ่มต้นด้วย "1" และสถานะเป็น "0" ดังนี้จะได้สถานะเริ่มต้นเป็น 1000 จากรูป สามารถเห็นความต่อเนื่องของสถานะ หน่วยความจำสถานะจะเป็นดังนี้

1000	0100	0010	1001	1100	0110	1011	0101
1010	1101	1110	1111	0111	0011	0001	1000

เพราะว่าสถานะสุดท้าย 1000 ตรงกันกับสถานะเริ่มต้น จะเห็นการวนซ้ำหน่วยความจำตามลำดับซึ่งอยู่ก่อนหลัง 15 clock pulse ลำดับเอาต์พุต เป็นการรับโดยบันทึกรายละเอียดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะ X_4 ที่แต่ละครั้งของ clock pulse ลำดับเอาต์พุตเป็นค่า 000100110101111 ดังนั้นที่บิตซ้ายสุดเป็นบิตเร็วสุด ดังนั้น shift register จึงเป็นการสร้างลำดับที่ขึ้นอยู่บนจำนวนของสถานะ การป้อนกลับ (feedback) การเชื่อมต่อและเงื่อนไขการเริ่มต้น ลำดับเอาต์พุตสามารถแยกระหว่าง maximal length หรือ nonmaximal length ลำดับของ maximal length มีคุณสมบัติมาจาก n-stage linear feedback shift register ลำดับการทำซ้ำภายใน clock pulse ค่าของ P หาได้ตามสมการที่ 3.1

$$P = 2^n - 1 \tag{3.1}$$

การสร้างลำดับโดยการสร้าง shift register ของรูปที่ 3.2 เป็นตัวอย่างของ maximal length sequence ถ้าความยาวลำดับเป็นน้อยกว่า $2^n - 1$ ลำดับ เป็นการแยกประเภท nonmaximal length sequence ตัวอย่างของการสร้างรหัส (key) โดยการใช้ linear feedback shift register เป็นเทคนิคในการเข้ารหัสปกติทั่วไป สำหรับการสร้างรหัสการสุ่มโดย shift register ก็เช่นเดียวกันและสามารถเปลี่ยนเป็น pseudo random sequency generator โดยอยู่ในลูปย้อนกลับในการคำนวณเทอมใหม่ สำหรับสถานะเริ่มต้นพื้นฐานบน n เทอม ซึ่งกล่าวได้ว่า เป็นเชิงเส้นถ้าตัวเลขเป็นการกระทำย้อนกลับเป็นเชิงเส้น จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการสลับเปลี่ยนข้อมูลลายน้ำและทำให้เกิดรหัสที่เป็นการป้องกันข้อมูลลายน้ำก่อนชั้นหนึ่ง ทำให้วิธีการที่นำเสนอมีความปลอดภัยจากการเข้าถึงข้อมูลลายน้ำที่ไม่ได้รับอนุญาต

3.3 การใส่ภาพลายน้ำ

จากการสลับเปลี่ยนข้อมูลภาพลายน้ำแบบไบนารี ข้อมูลภาพลายน้ำจะถูกใส่เข้าไปในรูปภาพต้นแบบ ข้อมูลลายน้ำที่ใส่ต้องมองไม่เห็นด้วยสายตามนุษย์และมีความคงทนต่อการทำการประมวลผลรูปภาพแบบต่าง ๆ เพื่อให้ได้ตามความต้องการเหล่านี้ ค่าบิตของจุดภาพ “0” หรือ “1” ที่จะใส่ในบล็อกของรูปภาพต้นแบบ จะไปปรับเปลี่ยนค่าความเข้มของจุดภาพในบล็อกและการปรับเปลี่ยนยังขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของจุดภาพในบล็อกภาพต้นแบบ ความเข้มจุดภาพในบล็อกจะถูกแก้ไขอย่างที่ปรับค่าได้ เพื่อให้ได้ความคงทนมากที่สุดและรับรองว่ามองไม่เห็นด้วยสายตามนุษย์

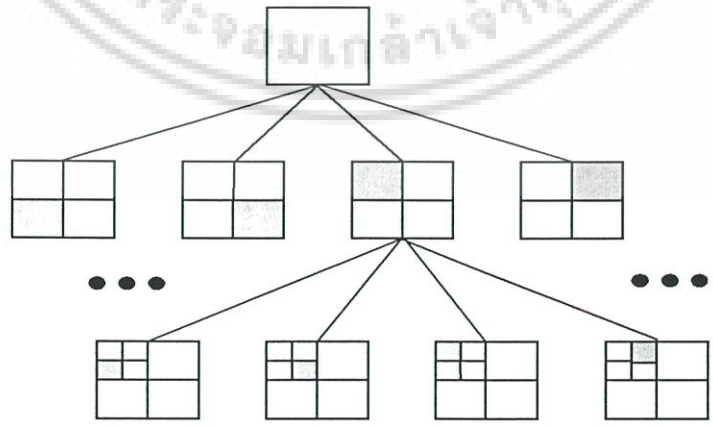
3.3.1 การแบ่งแยกบล็อกภาพต้นแบบด้วยหลักการของควอดทรี

รูปภาพใด ๆ ก็ตาม จะมีคุณสมบัติของขอบเขตทุกขอบเขตที่แตกต่างกัน โดยพื้นฐานได้ใช้ มิติตายตัว (fixed-dimension) เพื่อที่จะแบ่งระดับของรูปภาพ แต่ลักษณะแบบมิติตายตัว นี้จะไม่มีความยืดหยุ่นหากกำหนดเป็นมิติเดียวกันหรือบล็อกเดียวกัน เพื่อที่จะแทนขอบเขตที่เป็นความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละเอียดสูง (high-detail) หรือความละเอียดต่ำ (low-detail) ในสถานการณ์เช่นนี้จะเกิดการสูญเปล่าของบิต ด้วยเหตุผลนี้จึงเป็นความน่าสนใจที่จะสนับสนุนแบบแผนการเข้ารหัส (coding) แบบการเปลี่ยนแปลงภาพหลายมิติ (variable dimensional image) ที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนบิตที่ใช้ในบล็อกที่มีขนาดแตกต่างกัน ตามคุณสมบัติของขอบเขตของรูปภาพ ในเวกเตอร์แอคทีฟของมิติที่เปลี่ยนแปลง VQ (variable dimension VQ active vector) ได้ถูกรหัสโดยใช้มิติขนาดเล็ก เพื่อที่จะยอมให้มีอัตราที่สูงและสำหรับอินแอคทีฟเวกเตอร์ได้ถูกรหัสโดยการใช้ codebook ของมิติขนาดใหญ่ (with small rate) ในทางตรงข้าม ถ้าขอบเขตของรูปภาพประกอบด้วย ข้อมูลที่เป็นพื้นที่เป็นเนื้อเดียวกันพอควร เช่น ท้องฟ้าในรูปภาพ แล้วมีความเป็นไปได้ที่จะเข้ารหัสข้อมูลนี้โดยใช้เวกเตอร์ที่เป็นมิติขนาดใหญ่ เพราะว่าจะใช้ตัวเลขเวกเตอร์ที่ไม่มาก ในทางกลับกัน ถ้าขอบเขตที่มี activity สูง เช่น ขอบของรูปภาพ เวกเตอร์ที่เป็นกลุ่มใหญ่จะมีความจำเป็นที่จะใช้แทนค่าแต่บล็อกที่มีมิติขนาดเล็ก ขั้นแรกจะมองบล็อกขนาดใหญ่ก่อนแล้วดูว่ามีการ โต้ตอบกันหรือไม่ ถ้าเป็นเช่นนั้นให้ทำการเข้ารหัสโดยใช้ code book ที่เป็นมิติขนาดใหญ่ ถ้าไม่เป็นเช่นนั้นให้ทำการแบ่งบล็อกออกเป็นบล็อกที่เล็กกว่า จากนั้นให้ทำตามขั้นตอนลักษณะเดิม

วิธีการของควอดทรี (quadtree) เป็นการจัดโครงสร้างข้อมูลที่สามารถนำมาใช้วัดประสิทธิภาพ ที่อยู่ของขอบเขตที่มีขนาดที่ต่างกันของรูปภาพ ทำให้ได้มีการใช้งาน quadtree อย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามเทคนิคพื้นฐานที่จำเป็นในการใช้ quadtree จะมีโครงสร้างเป็นลักษณะของต้นไม้ ที่แต่ละโหนดที่ไม่ใช่โหนดสุดท้าย (non-terminal node) มี โหนดลูก 4 โหนด ลูกแต่ละโหนดจะแทนพื้นที่ 1 ใน 4 ของโหนดพ่อ-แม่และโหนดสุดท้าย (terminal node) จะไม่มีลูก ซึ่งจะถูกเรียกว่า ลีฟ (leaf) โครงสร้างของ quadtree แสดงในรูปที่ 3.3 แต่ละโหนดอยู่ในฐานะ บล็อกย่อย (subblock) ของรูปภาพ ที่จะถูกกำหนดไว้ทั้งขนาดและที่ตั้งตามตำแหน่งลักษณะของต้นไม้

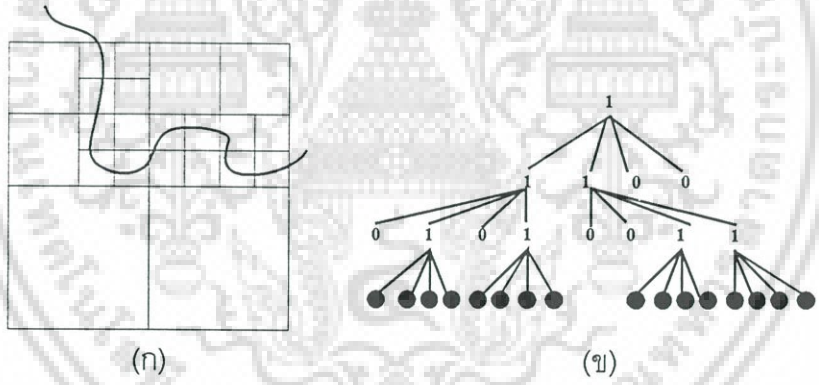


รูปที่ 3.3 โครงสร้าง quadtree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้ควอดทรี (quadtree) ในการแบ่งรูปภาพ ทำโดยเริ่มจากโหนดแรก (initial image) จากนั้นจะดำเนินการตามโครงสร้าง ในแต่ละโหนดจะมีการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติที่เป็นที่น่าสนใจของโหนดหรือบล็อกย่อยที่เป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าการทดสอบเป็นจริงแล้ว โหนดหรือบล็อกย่อยนั้นจะกลายเป็นโหนดสุดท้าย ถ้าไม่เป็นจริงลูกทั้ง 4 ของโหนดนั้นจะเกิดขึ้นและจะทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะไม่สามารถเกิดลูกได้อีก

ตัวอย่างของเทคนิคการแยกของควอดทรี (quadtree) อย่างง่าย เริ่มจากการแบ่งแยกภาพเป็นบล็อกขนาด 16x16 ในบล็อกขนาดใหญ่ ขั้นตอนแรกภาพเต็มได้ถูกแบ่งออกเป็นหลาย ๆ บล็อกย่อยที่มีขนาด 16x16 เหมือนกับโหนดเริ่มต้น แต่ละโหนดจะถูกทดสอบโดยการคำนวณค่าความแตกต่างของจุดภาพในบล็อกย่อย จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบกับค่า threshold ที่เหมาะสม ถ้าค่าความแตกต่างมีค่าน้อยกว่าค่า threshold แล้วโหนดจะกลายเป็นโหนดสุดท้าย แต่ถ้าค่าความแตกต่างมีค่ามากกว่าค่า threshold แล้วโหนดนั้นจะถูกแบ่งเป็นลูก ๆ 4 ส่วน ค่า threshold ที่เหมาะสมก็จะแตกต่างไปด้วย เป็นประเด็นที่สำคัญว่าค่า threshold ต้องถูกเลือกด้วยความรอบคอบ เพราะจะเกิดผลกระทบอย่างมากในอัตราบิต



รูปที่ 3.4 (ก) รูปภาพการแบ่งบล็อก quadtree กับสัญญาณ (ข) ระดับ quadtree

ในวิธีการ quadtree decomposition ตัวอย่างมี 4 ระดับ ขนาดของบล็อกจะแตกต่างกันในแต่ละระดับ ขนาดของบล็อกในระดับ 3 จะเป็น 16x16 ในระดับ 2 เป็น 8x8 ในระดับ 1 จะเป็น 4x4 และในระดับ 0 จะเป็น 2x2 รูปที่ 3.4 (ก) แสดงบล็อกของภาพที่มีการแทนค่าสัญญาณ รูปที่ 3.4 (ข) แสดงการแทนระดับ quadtree ของบล็อก

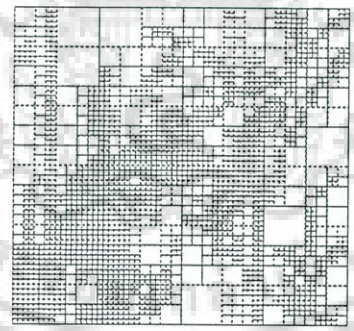
การแยกบล็อกภาพด้วยวิธีการ quadtree decomposition ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้รูปภาพต้นแบบซึ่งมีขนาด 512x512 จุดภาพ จะถูกแบ่งแยกเป็นบล็อกออกเป็นขนาด 64x64, 32x32, 16x16 และ 8x8 ซึ่งจะได้ขนาดบล็อกที่เป็นบล็อกขนาดเล็กและบล็อกขนาดใหญ่ผสมกันตามวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ การแบ่งแยกขนาดบล็อกขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของจุดภาพรูปภาพต้นแบบเป็นหลัก ตำแหน่งจุดภาพที่มีค่าความเข้มต่ำอยู่ใกล้เคียงกัน จะถูกแบ่งเป็นบล็อกขนาดใหญ่ ตำแหน่งจุดภาพที่มีค่าความเข้มสูงแตกต่างกันจะถูกแบ่งเป็นบล็อกขนาดเล็ก ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าระดับความเข้มที่เหมาะสม (threshold level) เพื่อเทียบกับค่าความเข้มของบล็อกที่ได้จากสมการที่ 3.2

$$A_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\mu - x_k(i))^2}{n-1} \tag{3.2}$$

โดยที่ A_k เป็นค่าความเข้มของบล็อกที่ k เมื่อ k มีค่าจาก 0 ถึง ≥ จำนวนจุดของภาพลายน้ำที่ต้องการฝัง μ คือ ค่าเฉลี่ยของระดับความสว่างในบล็อกนั้น x_k คือ ระดับความสว่างของจุดภาพที่ i ในบล็อก k และ n คือจำนวนจุดทั้งหมดในบล็อก k ซึ่งจะทำให้ภาพถูกแบ่งย่อยเป็นบล็อกใหญ่และเล็กตามระดับของความเข้มของแต่ละตำแหน่งของบริเวณภาพต้นแบบโดยบล็อกที่มีขนาดใหญ่ จะหมายถึงบล็อกที่มีค่าความเข้มน้อยและบล็อกที่มีขนาดเล็กหมายถึงบล็อกที่มีค่าของความเข้มมาก ซึ่งเป็นการกระจายให้มีความคงทนที่ประมาณเท่าเทียมกันทุกบล็อก รูปที่ 3.5 เป็นการแบ่งบล็อกด้วยค่าความเข้มที่ขนาด 189 ของภาพ lena.bmp ขนาด 512x512 จุดภาพ เพื่อให้ได้จำนวนบล็อกที่ใกล้เคียงกับบล็อกของข้อมูลลายน้ำ



รูปที่ 3.5 ขนาดของบล็อกที่ได้จากการแบ่งภาพต้นแบบ

บล็อกที่ได้จากการแบ่งด้วยวิธีการควอดทรี จะมีการใส่ข้อมูลลายน้ำที่มีค่าเป็น "0" หรือ "1" ในลำดับต่อไป บล็อกจะถูกเลือกโดยตัวกำเนิดหมายเลขสุ่มอีกครั้ง โดยใช้ค่า *k* ค่าของ *k* เป็นเหมือนกับคีย์ลับ (secret key) ซึ่งเปรียบเสมือนระบบความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูลอีกขั้นหนึ่ง บล็อกที่ถูกเลือกสำหรับการใส่ข้อมูลลายน้ำ ถ้าขนาดบล็อกมีขนาดมากกว่า 8x8 จุดภาพ ก็จะถูกแบ่งแยกเป็นบล็อกย่อย ๆ ให้มีขนาด 8x8 จุดภาพอีกครั้งหนึ่ง ทุก ๆ บล็อกย่อยที่แบ่งออกมายังคงใส่ค่าข้อมูลลายน้ำดังเดิมตามที่ต้องการใส่ในตอนต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

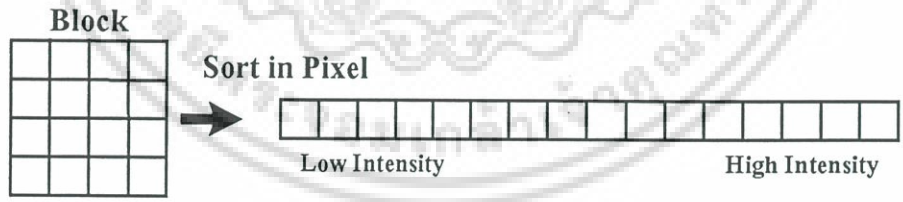
3.3.2 การปรับเปลี่ยนค่าความเข้ม

การใส่ค่าข้อมูลลายน้ำที่มีค่าเป็น "0" หรือ "1" ในโดเมนสปาเชียลนี้ จะเป็นการปรับเปลี่ยนค่าของความเข้มของภาพต้นแบบโดยตรง ดังนั้นบล็อกที่ถูกเลือกสำหรับการใส่ค่าลายน้ำจึงต้องมีวิธีการ ในการที่จะทำให้ได้ภาพที่ผ่านการฝังภาพลายน้ำแล้วตรงกับความต้องการในคุณสมบัติพื้นฐานของการทำภาพลายน้ำ คือ คุณภาพของภาพต้นแบบต้องไม่ลดลงจนสังเกตเห็นได้ด้วยสายตา ดังนั้นจึงมีเงื่อนไขและวิธีการดังนี้

3.3.2.1 การเรียงจุดภาพ

รูปภาพที่เห็นกันอยู่ทั่วไป ถ้ามองกันในแบบของคอมพิวเตอร์ คือ จุดสีหลาย ๆ จุดที่นำมาเรียงต่อ ๆ กัน จนสามารถบอกได้ว่า เรียงกันเป็นรูปภาพอะไร เนื้อหาของรูปภาพเป็นอย่างไร แต่เมื่อรูปภาพถูกนำมาทำเป็นภาพในคอมพิวเตอร์ จะถูกรับรู้และเข้าใจว่า รูปภาพเป็นเพียงแค่จุดสีหลาย ๆ จุดที่เรียงต่อกันในความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพที่เหมาะสม ภาพ 2 มิติ ที่เป็นระดับสีเทา (grayscale) แต่ละจุดในภาพจะถูกแทนด้วยสีภาพในโทนสีเทา ซึ่งจะประกอบไปด้วยสีดำและไล่เฉดสีจางลงไปจนถึงสีขาว สีดำจะแทนด้วยค่าตัวเลข "255" และสีขาวจะแทนด้วยค่าตัวเลข "0" รวมทั้งสิ้น 256 ระดับสี

ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ได้ใช้ภาพต้นแบบที่เป็นระดับสีเทา (grayscale) ที่มีการแบ่งบล็อกด้วยวิธีการที่กล่าวข้างต้น จากนั้นบล็อกของภาพที่ถูกเลือก จะถูกนำมาจัดเรียงความเข้มจุดภาพในบล็อค จากค่าความเข้มจุดภาพน้อยไปหาค่าความเข้มจุดภาพมาก ในที่นี้ขึ้นกับค่าความเข้มของจุดภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การเรียงจุดภาพภายในบล็อก

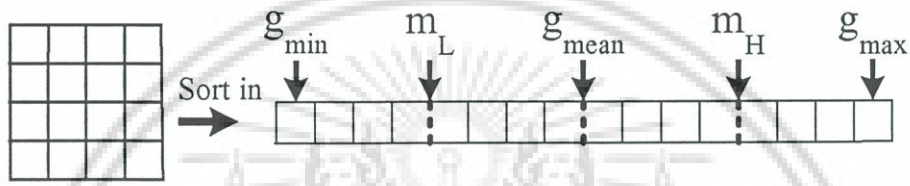
3.3.2.2 การคำนวณหาค่าความเข้ม

จากจุดภาพในบล็อกที่มีการจัดเรียงค่าความเข้มของจุดภาพแล้ว ทำการคำนวณหาค่าความเข้มจุดภาพเฉลี่ย (g_{mean}) ค่าความเข้มจุดภาพสูงสุด ($g_{\max}$) และหาค่าความเข้มจุดภาพต่ำสุด ($g_{\min}$) ของบล็อกที่เลือกตามสมการที่ (3.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$g_{mean} = \frac{1}{n^2}\sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{n-1} b_{ij}$$
$$g_{\max} = \max(b_{ij}, 0 \le i, j < n) \quad (3.3)$$
$$g_{\min} = \min(b_{ij}, 0 \le i, j < n)$$

โดยที่ค่า b_{ij} คือ ค่าความเข้มของจุดภาพที่ตำแหน่ง (i, j)ตามลำดับ ในบล็อกที่ถูกเลือก ยังต้องคำนวณหาค่าความเข้มเฉลี่ยด้านสูง (m_H) และคำนวณหาค่าความเข้มเฉลี่ยด้านต่ำ (m_L) จากค่าความเข้มจุดภาพในบล็อกที่เลือก



รูปที่ 3.7 การคำนวณหาค่าความเข้มจุดภาพภายในบล็อก

3.3.2.3 การกำหนดค่าความเข้ม

ในการฝังข้อมูลลายน้ำกรณีที่ค่าความเข้มจุดภาพอยู่ในเงื่อนไขที่ต้องการนำค่าไปกระทำกับค่าความเข้มเดิม จะกำหนดจำกัดค่าความเข้มของจุดภาพในบล็อกที่เลือกไว้ ตามสมการที่ (3.4)

$$C_B = \max(C_{\min}, \alpha(g_{\max} - g_{\min})) \quad (3.4)$$

โดยที่ α เป็นค่าคงที่และ $C_{\min}$ เป็นค่าคงที่ซึ่งกำหนดเป็นค่าความเข้มต่ำสุดของจุดภาพที่เลือกในบล็อกนั้น

3.3.2.4 เงื่อนไขของการปรับเปลี่ยนค่าความเข้ม

การใส่ข้อมูลลายน้ำ b_w เป็นค่า "0" หรือ "1" การแก้ไขปรับค่าความเข้มจุดภาพในบล็อก จะถูกปรับเปลี่ยนค่าความเข้มจุดภาพตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังต่อไปนี้

กรณีที่ลายน้ำ $b_w = 1$:

$g_{new} = g_{\max}$ ถ้า $g_{old} > m_H$

$g_{new} = g_{mean}$ ถ้า $m_L \le g_{old} < g_{mean}$

$g_{new} = g_{old} + C_B$ ถ้าไม่อยู่ในช่วงดังกล่าวข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

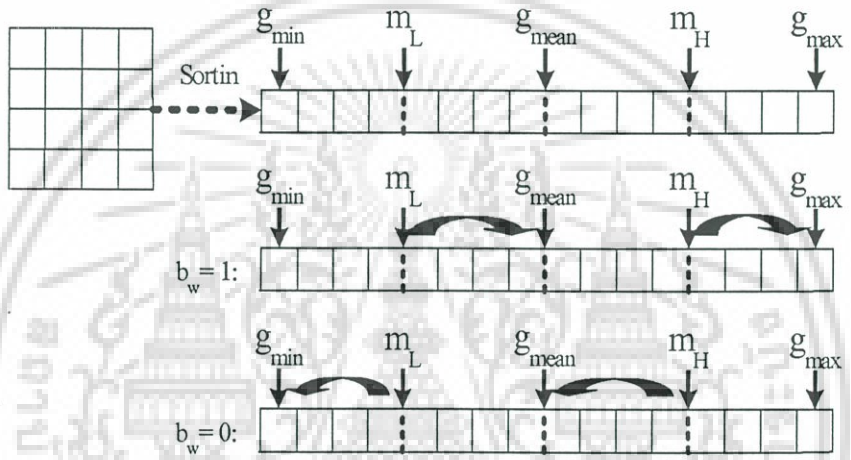
กรณีที่ลายน้ำ $b_w = 0$:

$$g_{new} = g_{\min} \quad \text{ถ้า } g_{old} < m_L$$

$$g_{new} = g_{mean} \quad \text{ถ้า } g_{mean} \le g_{old} < m_H$$

$$g_{new} = g_{old} - C_B \quad \text{ถ้าไม่อยู่ในช่วงดังกล่าวข้างต้น}$$

โดยที่ g_{new} เป็นค่าความเข้มที่ได้รับการแก้ไขปรับเปลี่ยนค่าแล้ว รูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นการเรียงจุดภาพ การคำนวณค่าความเข้มและเงื่อนไขการปรับเปลี่ยนแก้ไขค่าความเข้มของจุดภาพดังที่กล่าวข้างต้น ขนาดของบล็อกที่แสดงสามารถนำไปใช้ได้กับบล็อกทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ บล็อกใหญ่จะมีเพียงจำนวนจุดภาพจำนวนมากขึ้นเท่านั้น



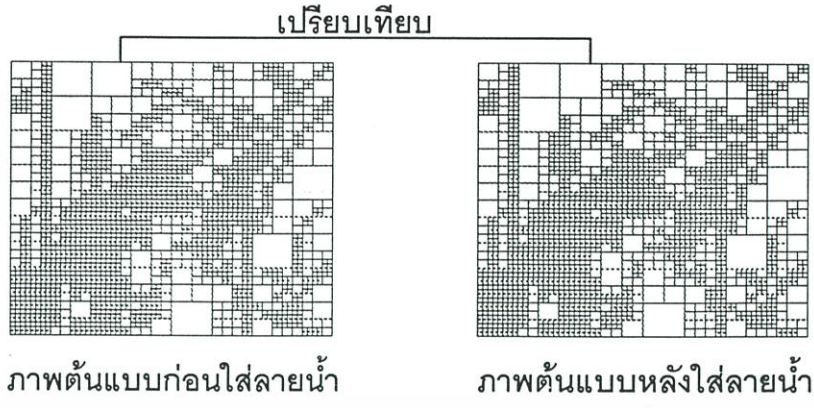
รูปที่ 3.8 เงื่อนไขสำหรับปรับเปลี่ยนค่าความเข้มของจุดภาพ

ดังนั้นการใส่ข้อมูลลายน้ำที่ขึ้นอยู่กับค่าความเข้มจุดภาพของในแต่ละบล็อกของภาพต้นแบบ ถ้าบล็อกมีค่าความเข้มมาก ความเข้มของจุดภาพก็จะถูกปรับเปลี่ยนค่ามาก ถ้าบล็อกมีค่าความเข้มน้อย ความเข้มก็จะถูกปรับเพียงเล็กน้อย ค่าความเข้มจุดภาพจะถูกปรับโดยค่าน้อย ๆ การแก้ไขอย่างนี้สามารถหลีกเลี่ยงผลเสียที่เกิดจากขนาดของบล็อกได้ ทำให้คุณภาพของภาพที่ผ่านการใส่ข้อมูลลายน้ำไม่ลดต่ำลงจนสังเกตเห็นได้

3.4 การแยกภาพลายน้ำ

การแยกภาพลายน้ำออกจากภาพต้นแบบเหมือนกับกระบวนการใส่แต่กระทำกลับกัน ในวิธีการแยกออกของข้อมูลลายน้ำต้องอ้างอิงกับต้นแบบเดิม เริ่มแรกเราใช้ค่ารหัส k อันดับขั้นของตำแหน่งหรือบล็อกที่ซึ่งถูกเลือกเพื่อใส่ข้อมูลลายน้ำไว้ สำหรับในแต่ละตำแหน่งการเลือกบล็อกที่ตรงกันระหว่างบล็อกของรูปภาพต้นแบบและบล็อกของรูปภาพต้นแบบที่ถูกฝังลายน้ำ มาเปรียบเทียบกันบล็อกต่อบล็อกที่ตรงกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การเปรียบเทียบบล็อกภาพต้นแบบกับภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำ

3.4.1 การหาค่าผลรวมความเข้มจุดภาพ

การคำนวณผลรวมของค่าความเข้มจุดภาพ โดยกำหนดให้ S_O และ S_W เป็นค่าความเข้มจุดภาพรวมของบล็อกภาพต้นแบบและบล็อกภาพต้นแบบที่ผ่านการฝังลายน้ำ ตามลำดับ การรวมความเข้มของจุดภาพของบล็อกภาพต้นแบบที่ผ่านการฝังลายน้ำ จะมีค่ามากกว่าของบล็อกภาพต้นแบบ ถ้าบล็อกถูกใส่ลายน้ำด้วยค่า b_w เป็น "1" ในทางตรงกันข้าม ถ้าเป็นการใส่ค่าลายน้ำ b_w เป็น "0" การรวมความเข้มของจุดภาพของบล็อกภาพต้นแบบที่ผ่านการฝังลายน้ำ จะน้อยกว่าของบล็อกภาพต้นแบบ

3.4.2 การเปรียบเทียบค่าผลรวมความเข้ม

หลังจากที่คำนวณหาค่าผลรวมความเข้มของบล็อก S_O และ S_W เพื่อเป็นการคืนกลับของค่าบิตลายน้ำ b_w เป็นการกำหนดโดยการเปรียบเทียบค่าผลรวมความเข้มของบล็อกระหว่าง S_O และ S_W ดังเงื่อนไขต่อไปนี้

$b_w = 1$ ถ้าค่าของ $S_W > S_O$

$b_w = 0$ ถ้าเป็นค่าอื่น ๆ

จากการเปรียบเทียบจะได้ค่าข้อมูลลายน้ำแต่จะไม่ถูกต้องตรงกับตำแหน่งข้อมูลลายน้ำที่แท้จริงเนื่องจากมีการสลับข้อมูลลายน้ำก่อนการใส่ในภาพต้นแบบ

3.4.3 การสลับค่าลายน้ำกลับคืน

จากค่าข้อมูลลายน้ำที่ได้จากการเปรียบเทียบบล็อกต่อบล็อกของบล็อกภาพต้นแบบและบล็อกภาพต้นแบบที่ผ่านการฝังลายน้ำ ได้ค่าเป็นบิตลายน้ำที่มีค่าเป็น "0" และ "1" ซึ่งจะอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ตรงกับรูปข้อมูลลายน้ำต้นแบบ จึงต้องมีการสลับกลับด้วยค่ารหัสที่ใช้ในกระบวนการใส่ เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพลายน้ำที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลลัพธ์การทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง ด้วยวิธีการฝังข้อมูลลายน้ำและการแยกข้อมูลลายน้ำออก ที่ได้นำเสนอวิธีการไปแล้วในบทที่ 3 ซึ่งเป็นการทดสอบถึงคุณลักษณะที่เป็นความต้องการพื้นฐานของการทำภาพลายน้ำ โดยในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการฝังข้อมูลลายน้ำ จะเป็นการเปรียบเทียบคุณภาพระหว่างภาพต้นแบบและภาพต้นแบบที่ผ่านการฝังลายน้ำแล้ว โดยทำการสังเกตด้วยตาเปล่าถึงความแตกต่างระหว่างรูปภาพก่อนขั้นตอนการฝังข้อมูลลายน้ำและรูปภายหลังจากผ่านขั้นตอนการฝังข้อมูลลายน้ำและทำการวัดค่าอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (peak signal to noise ratio : PSNR) ของภาพที่ผ่านการฝังข้อมูลลายน้ำ จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการตรวจหาภาพลายน้ำและการแยกคืนภาพลายน้ำ โดยทำการทดลองกับภาพต้นแบบที่ผ่านการฝังลายน้ำ มาทำการทำลายรูปภาพด้วยเทคนิคการประมวลผลสัญญาณภาพแบบต่าง ๆ และรวมทั้งการทำลายด้วยการทำให้มีความผิดเพี้ยนทางเรขาคณิตแบบต่าง ๆ นำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกันระหว่างรูปภาพลายน้ำต้นแบบกับภาพลายน้ำที่แยกด้วยค่าความเหมือน (normalized cross correlation : NC) เพื่อวัดค่าความคงทนของภาพลายน้ำของวิธีการที่นำเสนอ

4.1 การทดลอง

การทดลองของวิธีการที่นำเสนอโดยการใช้รูปภาพต้นแบบ lena.bmp ขนาด 512x512 จุดภาพ ที่ระดับความสว่างแต่ละจุดภาพเป็น 256 ระดับ และรูปภาพลายน้ำ kmitl.bmp ขนาด 46x46 จุดภาพ ที่ระดับความสว่างสองระดับ สำหรับภาพ lena.bmp ที่เป็นต้นแบบ แสดงในรูปที่ 4.1 (ก) และรูปภาพลายน้ำ kmitl.bmp ต้นแบบ แสดงในรูปที่ 4.1(ข) ทำการทดลองใส่ภาพลายน้ำลงในภาพต้นแบบตามขั้นตอนของวิธีการที่นำเสนอ โดยการแบ่งบล็อกรูปภาพต้นแบบตามระดับความเข้มด้วยวิธีการของควอดทรี กำหนดค่าระดับความเข้มที่สมควร (threshold level) ที่ค่าระดับความเข้ม 189 ซึ่งจะได้จำนวนบล็อก ที่ใกล้เคียงกับจำนวนบิตของข้อมูลลายน้ำ และใส่ข้อมูลลายน้ำที่มีค่าเป็น “0” หรือ “1” ด้วยวิธีการและเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อให้ได้รูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำมีคุณภาพและประสิทธิภาพตามความต้องการพื้นฐานของการทำภาพลายน้ำ จากนั้นทดลองนำรูปภาพที่ผ่านการฝังภาพลายน้ำแล้ว ไปผ่านกระบวนการประมวลผลภาพแบบต่าง ๆ และการผิดเพี้ยนทางเรขาคณิตแบบต่าง ๆ เพื่อทำลายข้อมูลลายน้ำที่ฝังอยู่ สุดท้ายจะเป็นการแยกภาพลายน้ำกลับคืนและเปรียบเทียบภาพลายน้ำ เพื่อวัดค่าความคงทนของภาพลายน้ำแสดงถึงประสิทธิภาพในการทำภาพลายน้ำของวิธีการที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.1 (ก) รูปภาพต้นแบบ lena.bmp (ข) รูปภาพลายน้ำต้นแบบ kmitl.bmp

4.2 การวัดผลการทดลอง

4.2.1 การชี้วัดคุณภาพของรูปภาพที่ถูกฝังภาพลายน้ำ

การวัดคุณภาพของภาพต้นแบบภายหลังจากการทำภาพลายน้ำแล้ว เป็นวิธีการพื้นฐานแต่ให้ผลน่าเชื่อถือมาก โดยการใช้วิธีการวัดคุณภาพของภาพด้วยค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (peak signal to noise ratio : PSNR) ซึ่งเป็นการแสดงถึงคุณภาพของภาพที่ผ่านกระบวนการฝังลายน้ำ ซึ่งเป็นการนำเสนอโดยการเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบกับภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำ ค่าชี้วัดคุณภาพของภาพจะเกิดจากค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการทำลายข้อมูลลายน้ำ ด้วยค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (mean square error : MSE) ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่า ภาพที่ได้กลับคืนมามีความผิดเพี้ยนจากภาพต้นแบบน้อย สามารถหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของข้อมูลภาพขนาด M x N ได้ดังสมการที่ 4.1

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

โดยที่ M คือ จำนวนจุดภาพตามความกว้างของภาพ

N คือ จำนวนจุดภาพตามความสูงของภาพ

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

$\hat{f}(x,y)$ คือ ค่าของจุดภาพที่ตำแหน่ง (x,y) ของภาพที่สร้างกลับใหม่

ค่า MSE ที่ได้จึงเป็นการคำนวณหาทีละจุดภาพ จนครบทุกจุดภาพในภาพต้นแบบและภาพที่ถูกฝังลายน้ำ หลังจากนั้นจะหาค่าของอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด หาได้จากสมการที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$PSNR = 10\log\frac{Peak^2}{MSE} \quad \text{หน่วย } dB \tag{4.2}$$

โดยที่ $Peak$ คือ ค่าสูงสุดของขอบเขตข้อมูล สำหรับภาพที่มีจุดภาพแทนด้วยขนาดข้อมูล n มิติ จะมีจำนวนระดับสีเทา (gray scale) เท่ากับ 2^n จะได้ดังสมการที่ 4.3

$$PSNR = 10\log\frac{(2^n - 1)^2}{MSE} \quad \text{หน่วย } dB \tag{4.3}$$

ดังนั้นหากรูปภาพมีขนาด 8 บิต หรือมีจำนวนระดับสีเทาเท่ากับ 256 ระดับ จะได้ค่าตามสมการที่ 4.4

$$PSNR = 10\log\frac{255^2}{MSE} \quad \text{หน่วย } dB \tag{4.4}$$

คุณภาพของรูปภาพที่ผ่านกระบวนการประมวลผลภาพที่ดีนั้น จะวัดจากค่า PSNR ที่มีค่าสูง ๆ โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20-50 dB ค่าที่สามารถยอมรับได้ คือ 30 dB ขึ้นไป ซึ่งได้รับการยอมรับว่า รูปภาพมีคุณภาพที่ดี

4.2.2 ค่าชี้วัดความเหมือนของภาพลายน้ำ

การหาประสิทธิภาพในการทำภาพลายน้ำ สามารถวัดที่ค่าการแยกคืนข้อมูลลายน้ำ ซึ่งจะใช้ความเหมือนเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ค่าที่ชี้วัดความเหมือนของสัญญาณลายน้ำต้นแบบเทียบกับสัญญาณลายน้ำที่ถูกแยกคืนกลับ สามารถคำนวณด้วยค่าความเกี่ยวเนื่องปกติ (normalized cross correlation : NC) ตามสมการที่ 4.5

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j p_{ij} p_{ij}^*}{\sum_i \sum_j (p_{ij})^2} \tag{4.5}$$

โดยที่ p_{ij} เป็นจุดภาพตำแหน่ง i และ j ของภาพข้อมูลลายน้ำต้นแบบ

p_{ij}^* เป็นจุดภาพตำแหน่ง i และ j ของภาพข้อมูลลายน้ำที่แยกคืนกลับ

การหาค่าความเหมือนนี้นอกจากบ่งบอกถึงความถูกต้องของข้อมูลลายน้ำที่ได้หลังจากการแยกคืนกลับค่าข้อมูลลายน้ำแล้ว ยังสามารถแสดงถึงความถูกต้องของตำแหน่งที่ใช้ในการฝังข้อมูลลายน้ำในภาพต้นแบบอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลลัพธ์การทดลอง

4.3.1 การทดลองขณะไม่มีการทำลายข้อมูลลายน้ำ

ผลลัพธ์ของการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลที่ปรับค่าได้ โดยวิธีการที่นำเสนอ ซึ่งผลการทดลองได้แสดงถึงคุณภาพของภาพต้นแบบที่ไม่ได้ลดคุณภาพลงจนสังเกตเห็นได้ด้วยสายตามนุษย์ ดังแสดงผลลัพธ์รูปต้นแบบที่ผ่านการฝังภาพลายน้ำในรูปที่ 4.2 (ก) ซึ่งวัดคุณภาพของภาพได้ค่า PSNR = 32.21 *dB* และในกระบวนการแยกภาพลายน้ำกลับคืนได้ภาพลายน้ำที่สมบูรณ์ เมื่อนำภาพลายน้ำมาเปรียบเทียบกันระหว่าภาพลายน้ำต้นแบบกับภาพลายน้ำที่แยกคืนได้ค่า NC = 1 แสดงภาพลายน้ำที่แยกคืนดังในรูปที่ 4.2 (ข)

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.2 (ก) รูปภาพต้นแบบที่ผ่านการฝังลายน้ำ (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

4.3.2 การทดสอบความคงทนของข้อมูลลายน้ำ

ทดลองนำภาพที่ผ่านการฝังภาพลายน้ำด้วยวิธีการที่นำเสนอ ไปผ่านกระบวนการประมวลผลภาพซึ่งเป็นการโจมตีหรือทำลายรูปภาพแบบต่าง ๆ รวมทั้งการทำลายโดยการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต เพื่อทดสอบความคงทนของลายน้ำที่ฝังในวิธีการทำภาพลายน้ำ วัดค่าผลลัพธ์ด้วยค่า NC หลังจากแยกคืนภาพลายน้ำด้วยวิธีการที่นำเสนอ

4.3.2.1 ความคงทนต่อการกรองผ่านความถี่ต่ำ

การทดสอบความคงทนลลายน้ำด้วยการนำภาพที่ฝังภาพลายน้ำมาผ่านตัวกรองผ่านความถี่ต่ำ (low-pass filtering) ด้วยหน้ากากการกรองผ่านความถี่ต่ำที่ขนาดต่าง ๆ กัน ผลลัพธ์ภายหลังจากกรองรูปภาพผ่านตัวกรองผ่านความถี่ต่ำด้วยหน้ากากขนาด 3x3 ได้ผลรูปภาพที่ผ่านการกรองแสดงในรูปที่ 4.3 (ก) และผลของการแยกคืนภาพลายน้ำดังแสดงในรูปที่ 4.3 (ข) เมื่อทำการเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบแล้ว ได้ค่า NC = 0.9467 ผลลัพธ์ภายหลังจากกรองรูปภาพผ่านตัวกรองผ่านความถี่ต่ำด้วยหน้ากากขนาด 5 x5 ได้ผลของรูปภาพที่ผ่านการกรองแสดงในรูปที่ 4.4 (ก) และผลของการแยกคืนภาพลายน้ำดังแสดงในรูปที่ 4.4 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ในทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบแล้ว ได้ค่า NC = 0.7598 และผลลัพธ์ภายหลังจากกรองผ่านตัวกรองผ่านความถี่ต่ำด้วยหน้ากากขนาด 7x7 ผลของรูปภาพที่ผ่านการกรองแสดงในรูปที่ 4.5 (ก) และผลของการแยกคืนภาพลายน้ำดังแสดงในรูปที่ 4.5 (ข) เมื่อเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบแล้ว ได้ค่า NC = 0.5245

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.3 (ก) รูปภาพที่กรองผ่านความถี่ต่ำหน้ากากขนาด 3x3 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.4 (ก) รูปภาพที่กรองผ่านความถี่ต่ำหน้ากากขนาด 5x5 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.5 (ก) รูปภาพที่กรองผ่านความถี่ต่ำหน้ากากขนาด 7x7 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.2 ความคงทนต่อการกรองค่าเฉลี่ยกลาง

การทดสอบความคงทนข้อมูลลายน้ำ ด้วยการนำภาพที่ฝังภาพลายน้ำผ่านการกรองค่าเฉลี่ยกลาง (median filter) ด้วยหน้ากากการกรองค่าเฉลี่ยกลางที่ขนาดต่าง ๆ ได้ผลลัพธ์ภายหลังผ่านการกรองค่าเฉลี่ยกลางด้วยหน้ากากขนาด 3x3 ได้ผลลัพธ์ของรูปภาพที่ผ่านการกรอง ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (ก) และผลของการแยกคืนภาพลายน้ำดังแสดงในรูปที่ 4.6 (ข) และเมื่อทำการเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบแล้ว ได้ค่า NC = 0.9990 ผลลัพธ์การทดลองภายหลังผ่านการกรองค่าเฉลี่ยกลางด้วยหน้ากากขนาด 5 x5 ได้ผลลัพธ์ของรูปภาพที่ผ่านการกรองแสดงในรูปที่ 4.7 (ก) และผลของการแยกคืนภาพลายน้ำดังแสดงในรูปที่ 4.7 (ข) เมื่อเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบแล้ว ได้ค่า NC = 0.9626 และผลลัพธ์ภายหลังผ่านการกรองค่าเฉลี่ยกลางด้วยหน้ากากขนาด 7x7 ผลของรูปภาพที่ผ่านการกรองแสดงในรูปที่ 4.8 (ก) และผลของการแยกคืนภาพลายน้ำดังแสดงในรูปที่ 4.8 (ข) เมื่อเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบแล้ว ได้ค่า NC = 0.7785

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.6 (ก) รูปภาพที่กรองค่าเฉลี่ยกลางหน้ากากขนาด 3x3 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.7 (ก) รูปภาพที่กรองค่าเฉลี่ยกลางหน้ากากขนาด 5x5 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.8 (ก) รูปภาพที่กรองค่าเฉลี่ยกลางหน้ากากขนาด 7x7 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

4.3.2.3 **ความคงทนต่อการบีบอัด JPEG**

การทดสอบความคงทนข้อมูลลายน้ำต่อการบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG (joint photographic expert group) ซึ่งเป็นการบีบอัดข้อมูลที่มีการสูญเสีย (lossy compression) ทดลองด้วยการนำรูปภาพที่ถูกฝังข้อมูลลายน้ำไปผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูล JPEG ที่อัตราของการบีบอัดขนาดต่าง ๆ ผลลัพธ์การทดลองที่คุณภาพการบีบอัด 75 % ได้ผลของรูปภาพที่ผ่านการบีบอัด ดังแสดงผลในรูปที่ 4.9 (ก) และผลลัพธ์การแยกคืนรูปภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.9 (ข) ทำการเปรียบเทียบภาพลายน้ำต้นแบบกับภาพลายน้ำที่แยกคืนได้ค่า NC = 0.9980 ที่คุณภาพการบีบอัด 50 % แสดงผลในรูปที่ 4.10 (ก) และผลการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.10 (ข) ทำการเปรียบเทียบภาพลายน้ำต้นแบบกับภาพลายน้ำที่แยกคืนได้ค่า NC = 0.9909 และที่คุณภาพการบีบอัด 25 % แสดงผลในรูปที่ 4.11 (ก) และผลการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.11 (ข) ทำการเปรียบเทียบภาพลายน้ำต้นแบบกับภาพลายน้ำที่แยกคืนได้ค่า NC = 0.9115

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.9 (ก) รูปภาพที่บีบอัด JPEG คุณภาพ 75% (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.10 (ก) รูปภาพที่บีบอัด JPEG คุณภาพ 50 % (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

(ก)

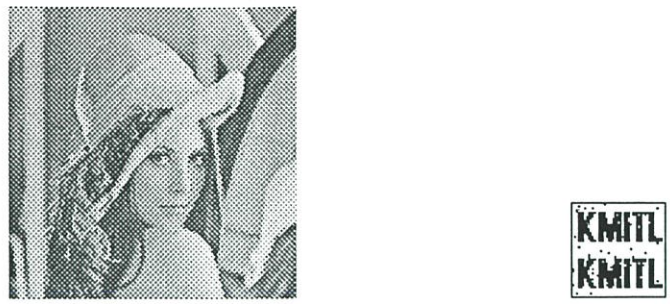
(ข)

รูปที่ 4.11(ก) รูปภาพที่บีบอัด JPEG คุณภาพ 25 % (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

4.3.2.4 ความคงทนต่อการย่อและขยายภาพ

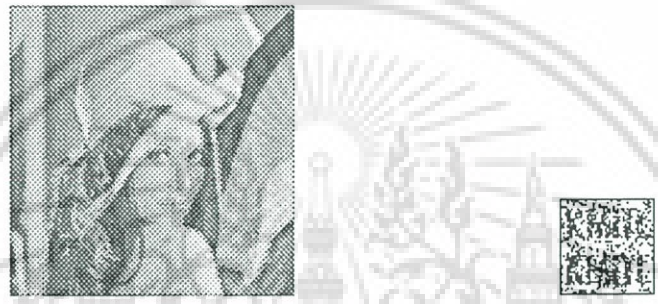
การทดสอบความคงทนข้อมูลลายน้ำต่อการย่อและขยายภาพ โดยการนำภาพที่ฝังภาพลายน้ำมาผ่านการย่อและขยายด้วยขนาดต่าง ๆ ทดลองที่การย่อลง 256x256 และขยาย 512x512 ผลลัพธ์ของการที่ภาพผ่านการย่อและขยาย ดังแสดงในรูปที่ 4.12 (ก) และผลของรูปภาพลายน้ำที่แยกคืนแสดงในรูปที่ 4.12 (ข) การเปรียบเทียบรูปภาพลายน้ำที่แยกคืนกับรูปภาพลายน้ำต้นแบบได้ค่า NC =0.9427 การทดลองที่การย่อลง 128x128 และขยาย 512x512 ผลของการที่ภาพผ่านการย่อและขยายแสดงในรูปที่ 4.13 (ก) ผลของรูปภาพลายน้ำที่แยกคืนแสดงในรูปที่ 4.13 (ข) การเปรียบเทียบรูปภาพลายน้ำที่แยกคืนกับรูปภาพลายน้ำต้นแบบ ได้ค่า NC = 0.5173 และการทดลองที่การย่อลง 64x64 และขยาย 512x512 ผลของการที่รูปภาพผ่านการย่อและขยายแสดงในรูปที่ 4.14 (ก) ผลของรูปภาพลายน้ำที่แยกคืนแสดงในรูปที่ 4.14 (ข) การเปรียบเทียบรูปภาพลายน้ำที่แยกคืนกับรูปภาพลายน้ำต้นแบบ ได้ค่า NC = 0.1731

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



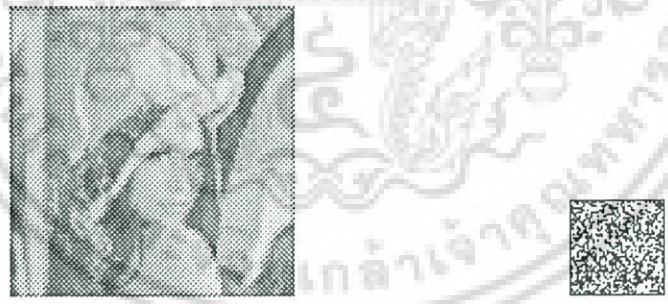
(ก) (ข)

รูปที่ 4.12 (ก) รูปภาพที่ย่อขนาด 256x256 และขยาย 512x512 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน



(ก) (ข)

รูปที่ 4.13 (ก) รูปภาพที่ย่อขนาด 128x128 และขยาย 512x512 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน



(ก) (ข)

รูปที่ 4.14 (ก) รูปภาพที่ย่อขนาด 64x64 และขยาย 512x512 (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

4.3.2.5 ความคงทนต่อการหมุนภาพ

การทดสอบความคงทนข้อมูลลายน้ำต่อการหมุนภาพด้วยค่ามุมต่าง ๆ นำรูปภาพที่ฝังภาพลายน้ำมาทำการหมุนภาพ 15 องศา ได้รูปภาพที่แสดงการหมุนและหมุนกลับเพื่อแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.15 (ก) ผลลัพธ์ของการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.15 (ข) และทำการเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบ ได้ค่า NC = 0.8646 ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมุนภาพ 30 องศา ภาพที่แสดงการหมุนและหมุนกลับเพื่อแยกคืนลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.16 (ก) ผลลัพธ์ของการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.16 (ข) และเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบ ได้ค่า NC = 0.7869 การทดลองหมุนภาพ 45 องศา ได้ภาพที่แสดงการหมุนและหมุนกลับเพื่อแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.17 (ก) ผลลัพธ์ของการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.17 (ข) และเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบได้ค่า NC = 0.7556 การทดลองหมุนภาพ 60 องศา ภาพที่แสดงการหมุนและหมุนกลับเพื่อแยกคืนลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.18 (ก) ผลลัพธ์ของการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.18 (ข) และทำการเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบได้ค่า NC = 0.7766 และทดลองหมุนภาพ 75 องศา ได้ภาพที่แสดงการหมุนและหมุนกลับเพื่อแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.19 (ก) ผลลัพธ์ของการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.19 (ข) และทำการเปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบ ได้ค่า NC = 0.8490

(ก) (ข)

รูปที่ 4.15 (ก) รูปภาพที่หมุนภาพ 15 องศาและหมุนกลับ (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

(ก) (ข)

รูปที่ 4.16 (ก) รูปภาพที่หมุนภาพ 30 องศาและหมุนกลับ (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข)

รูปที่ 4.17 (ก) รูปภาพที่หมุนภาพ 45 องศาและหมุนกลับ (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

(ก) (ข)

รูปที่ 4.18 (ก) รูปภาพที่หมุนภาพ 60 องศาและหมุนกลับ (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

(ก) (ข)

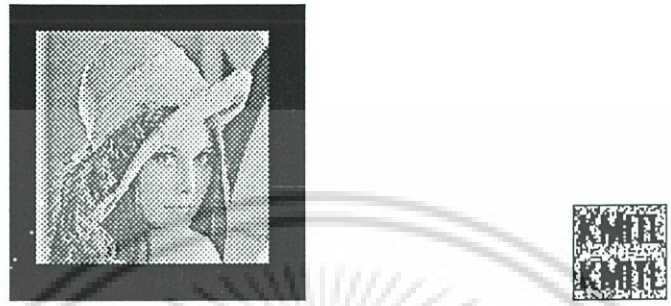
รูปที่ 4.19 (ก) รูปภาพที่หมุนภาพ 75 องศาและหมุนกลับ (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

4.3.2.7 ความคงทนต่อการตัดภาพ

การทดสอบความคงทนข้อมูลลายน้ำต่อการตัดรูปภาพที่ขนาดต่าง ๆ นำภาพที่ผ่านการฝังภาพลายน้ำมาทำการตัดขนาด 1/8 ภาพ ได้ภาพที่ผ่านการตัดแสดงในรูปที่ 4.20 (ก) ผลการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.20 (ข) เปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบได้ค่า NC = 0.6442 การทดลองตัดภาพขนาด 1/4 ภาพ ได้ภาพที่ผ่านการตัดแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 4.21 (ก) ผลการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.21 (ข) เปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบได้ค่า NC = 0.4571 และทำการตัดภาพขนาด 1/2 ภาพ ได้ภาพที่ผ่านการตัดแสดงในรูปที่ 4.22 (ก) ผลการแยกคืนภาพลายน้ำแสดงในรูปที่ 4.22 (ข) เปรียบเทียบภาพลายน้ำที่แยกคืนกับภาพลายน้ำต้นแบบได้ค่า NC = 0.2840



(ก) (ข)

รูปที่ 4.20 (ก) รูปภาพที่ตัดภาพ 1/8 ภาพ (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

(ก) (ข)

รูปที่ 4.21 (ก) รูปภาพที่ตัดภาพ 1/4 ภาพ (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

(ก) (ข)

รูปที่ 4.22 (ก) รูปภาพที่ตัดภาพ 1/2 ภาพ (ข) รูปภาพลายน้ำที่แยกกลับคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียลแบบปรับค่าได้ที่นำเสนอนี้ กับรูปภาพอื่น ๆ ที่เป็นภาพมาตรฐานที่ใช้ในงานการประมวลผลภาพ (image processing) อาทิ เช่น ภาพ pepper ภาพ fishingboat และภาพ baboon การทำภาพลายน้ำด้วยค่าระดับความเข้มที่กำหนด (threshold level) ที่ค่าระดับความเข้ม 189 เท่ากันทุก ๆ ภาพ ในการแบ่งแยกบล็อกด้วยวิธีการของควอดทรี (quadtree) และใช้รูปภาพลายน้ำที่เหมือนกันและขนาดเดียวกัน ได้ผลลัพธ์การทดลองแสดงผลตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของวิธีการที่นำเสนอกับรูปภาพมาตรฐาน

Image / Attack	Lena	Peppers	Fishingboat	Baboon
PSNR(dB)	32.21	32.32	31.07	27.16
3x3 LPF (NC)	0.9467	0.9344	0.9500	0.9939
5x5 LPF (NC)	0.7598	0.7688	0.7754	0.9226
7x7 LPF (NC)	0.5245	0.5290	0.5658	0.7509
3x3Median (NC)	0.9990	1.0000	0.9909	1.0000
5x5 Median (NC)	0.9626	0.9695	0.9221	0.9596
7x7 Median (NC)	0.7785	0.8203	0.7049	0.8178
JPEG 75% (NC)	0.9980	0.9990	0.9990	1.0000
JPEG 50% (NC)	0.9909	0.9959	0.9939	1.0000
JPEG 25% (NC)	0.9115	0.9218	0.9716	0.9878
Rotate 15 degree (NC)	0.8646	0.8302	0.8744	0.8648
Rotate 30 degree (NC)	0.7869	0.7594	0.8342	0.8111
Rotate 45 degree (NC)	0.7556	0.7423	0.8267	0.7982
Rotate 60 degree (NC)	0.7766	0.7754	0.8446	0.8204
Rotate 75 degree (NC)	0.8490	0.8438	0.8897	0.8755
Resize 256x256 (NC)	0.9427	0.9298	0.9241	0.9939
Resize 128x128 (NC)	0.5173	0.5131	0.5700	0.7588
Resize 64x64 (NC)	0.1731	0.1619	0.2012	0.3128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 เปรียบเทียบผลการทดลองกับวิธีการเดิม

ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบรูปภาพลายน้ำที่แยกคืนจากวิธีการเดิม [5] และวิธีการใหม่ที่นำเสนอ โดยการใช้รูปภาพลายน้ำที่เป็นรูปเดียวกันและขนาดเท่ากัน แต่ใช้วิธีการเดิมที่มีเทคนิคการแบ่งบล็อกแบบจำกัดขนาด 4x4 ตลอดทั่วทั้งภาพต้นแบบที่ต้องการฝังภาพลายน้ำ ทดลองหาค่าผลลัพธ์ความคงทนข้อมูลลายน้ำด้วยการนำรูปภาพไปผ่านกระบวนการประมวลผลภาพแบบต่าง ๆ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตเช่นเดียวกัน ได้ผลลัพธ์รูปภาพลายน้ำที่ถูกแยกกลับคืน ดังแสดงในรูปที่ 4.23 – รูปที่ 4.30 และหาความคงทนด้วยค่า NC ได้ผลลัพธ์การทดลองดังตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความคงทนลายน้ำต่อการประมวลผลภาพรูปภาพแบบต่าง ๆ และการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตในตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.23 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการกรองผ่านความถี่ต่ำวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

รูปที่ 4.24 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการกรองค่าเฉลี่ยกลางวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

รูปที่ 4.25 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการบีบอัด JPEG 75 % วิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

รูปที่ 4.26 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการบีบอัด JPEG 50% วิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.27 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการบีบอัด JPEG 25% วิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

รูปที่ 4.28 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการย่อและขยายวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

รูปที่ 4.29 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการหมุนวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

รูปที่ 4.30 รูปภาพลายน้ำที่ผ่านการตัดภาพวิธีเดิมและวิธีการที่นำเสนอ

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าความคงทนข้อมูลลายน้ำของวิธีการเดิมกับวิธีการที่นำเสนอ

การทำลาย	LPF	Median	JPEG75%	JPEG50%	JPEG25%	Scaling	Rotate	Cropping
NC วิธีเดิม	0.5576	0.7289	0.8323	0.6868	0.4688	0.6612	0.7752	0.3297
NC วิธีใหม่	0.9467	0.9990	0.9998	0.9909	0.9115	0.9298	0.8646	0.6442

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 การสรุปผล

การสื่อสารข้อมูลมัลติมีเดียบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ทำให้ข้อมูลดิจิตอลสามารถกระจายส่งต่อถึงกันได้อย่างรวดเร็วและสะดวกขึ้น ทำให้เกิดปัญหาของการคัดลอกสื่อหรือข้อมูลโดยมิได้รับอนุญาตจำนวนมาก เทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอล (digital watermarking) ถูกนำมาใช้ในการป้องกันปัญหานี้ ซึ่งเป็นการฝังข้อมูลอย่างถาวรลงในข้อมูลดิจิตอลและสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ในภายหลัง เพื่อแสดงถึงความเป็นเจ้าของในสื่อข้อมูลนั้น ๆ การทำภาพลายน้ำกับข้อมูลดิจิตอล ประกอบด้วยข้อมูลภาพกับภาพลายน้ำดิจิตอล โดยที่ลายน้ำ คือ ข้อมูลสำคัญหรือรหัสส่วนตัวที่ต้องการฝังลงไปในภาพ โดยทั่วไปเทคนิคการทำภาพลายน้ำต้องคำนึงถึงความต้องการพื้นฐานตามลำดับความสำคัญ คือ ความที่สังเกตไม่เห็นความแตกต่างของภาพต้นแบบกับภาพที่ถูกฝังภาพลายน้ำแล้ว นั่นคือ การฝังภาพลายน้ำต้องไม่ทำให้คุณภาพของภาพด้อยลงจนสามารถสังเกตเห็นได้ง่ายด้วยสายตาและลายน้ำที่ฝังอยู่ควรมีความคงทนต่อกระบวนการประมวลผลสัญญาณต่าง ๆ และการลดทอนทางเรขาคณิต โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพของลายน้ำด้วยวิธีการต่าง ๆ อีกทั้งความจุของข้อมูลลายน้ำ ซึ่งต้องมีจำนวนมากพอเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในงานนั้น ๆ รวมทั้งข้อมูลลายน้ำที่ฝังควรมีความปลอดภัยจากผู้ไม่ประสงค์ดีหรือผู้ไม่มีสิทธิในข้อมูล

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคการทำภาพลายน้ำดิจิตอลในโดเมนสปาเชียลสำหรับภาพนิ่งที่สามารถปรับค่าได้ งานวิจัยเป็นการฝังภาพลายน้ำขนาดเล็ก เช่น สัญลักษณ์หรือลายเซ็นเท่านั้น ซึ่งเป็นวิธีการฝังลายน้ำโดยการปรับเปลี่ยนความสว่างหรือค่าความเข้มในบล็อกของภาพต้นแบบให้เหมาะสมตามระดับความเข้มของบล็อก ซึ่งบล็อกของภาพต้นแบบถูกแบ่งแยกด้วยวิธีการควอดทรี (quadtree) ที่มีผลทำให้ได้บล็อกที่มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ผสมกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของภาพต้นแบบ การปรับเปลี่ยนจะเกิดขึ้นจากค่าของบิตลายน้ำที่ต้องการฝังเข้าไปในบล็อก ส่งผลทำให้ค่าความเข้มของจุดภาพภายในบล็อกถูกปรับเปลี่ยนไปตามค่าความเข้มของบล็อกและค่าของบิตลายน้ำที่ฝัง ค่าของความเข้มสำหรับการแบ่งบล็อกจะเปลี่ยนไปตามจำนวนบิตลายน้ำที่ต้องการฝัง

จากผลที่ได้จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า การกำหนดขนาดของบล็อกให้เปลี่ยนแปลงตามความเข้มและการเพิ่มหรือลดค่าความเข้มในบล็อก โดยคำนึงถึงความเข้มของพื้นที่ย่อยเหล่านั้น ให้ผลที่ดีกับคุณภาพของภาพต้นแบบ คุณภาพของภาพต้นแบบไม่ได้ลดลงจนสามารถสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ด้วยสายตามนุษย์และภาพลายน้ำที่ฝังยังมีความคงทนการประมวลผลภาพแบบต่าง ๆ สามารถนำมาใช้ในการพิสูจน์ถึงลิขสิทธิ์ได้เป็นอย่างดี

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในงานวิจัย

ปัญหาที่พบในงานวิจัยการทำภาพลายน้ำ คือ ข้อจำกัดของคุณสมบัติการทำภาพลายน้ำ ทั้งในเรื่องของคุณภาพของภาพและความคงทนลายน้ำ วิธีการที่นำเสนอได้พยายามที่จะคำนึงถึงการแก้ไขคุณสมบัตินี้ เพื่อให้ได้ภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำที่มีคุณภาพและความคงทนลายน้ำสูง แต่ในการทดสอบยังพบว่า วิธีการที่นำเสนอยังมีความคงทนน้อยต่อการผิดเพี้ยนทางเรขาคณิตที่เป็นการตัดภาพหรือย่อส่วนลงจำนวนมาก อีกทั้งเรื่องความจุของข้อมูลลายน้ำที่มีจำนวนน้อย ถ้าเกิดการทำลายในระดับที่มากก็จะสูญหายได้ วิธีการที่นำเสนอจึงเหมาะสมกับการฝังภาพลายน้ำที่มีขนาดเล็กเท่านั้น เช่น สัญลักณ์ของบริษัทหรือลายเซ็นจึงจะให้ผลที่ดี

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

การพัฒนาในลำดับต่อไปนอกจากนี้ เพื่อเพิ่มความคงทนให้กับสัญญาณลายน้ำต่อสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ หากทดลองนำวิธีการในการเข้ารหัสที่สามารถตรวจแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด (error correcting codes) อาทิเช่น การเข้ารหัสแบบ hamming การเข้ารหัสแบบ BCH การเข้ารหัสแบบ reed-solomon มาประยุกต์ใช้งานร่วมกันก็มีความเป็นไปได้ ทั้งนี้อาจจะเข้ารหัสสัญญาณลายน้ำก่อนที่จะทำการฝังลงในข้อมูลมัลติมีเดียก็ได้เพราะจำนวนพื้นที่ที่ฝังลายน้ำวิธีการนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการ อาจทำให้ได้คุณสมบัติการทำภาพลายน้ำที่ดีขึ้นไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Anderson R.J. and Petitcolas F. "On the Limits of Steganography." IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 16, no. 4, May 1998, pp. 474-481.

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

[3] Hartung F.and Kutter M. "Multimedia Watermarking Techniques." Proceedings of the IEEE , vol 87. no. 7, July 1999, pp.1079 – 1107.

[4] Cox I. J., Kilian J., T.Leighton F., and Shamoon T. "Secure spread spectrum watermarking for multimedia." IEEE Transactions of Image Processing, Vol.6, No. 12, Dec 1997, pp. 1673-1687.

[5] Runaidh J. J. K. O., Dowling W. J. and Boland F. M. "Watermarking Digital Images for Copyright Protection." Proc. Of the IEE Proc. Vis.Image Signal Processing, vol.143, no. 4, August 1996, pp. 250-256.

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

[7] Hsu C. and Wu J. "Hidden Signatures in Image." Proc. IEEE Internet. Conf. Image Processing'96, Lausanne, Switzerland, September 1996, pp. 223-226.

[8] Van Schyndel R., Tirkel A. and Osborne C. "A Digital Watermark." Proc. IEEE Internat. Conf. Image Processing'94, Austin, Texas, November 1994, pp. 86-90.

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

[10] Wolfgang P.and Delp E. "A Watermark for Digital Images." Proc, IEEE Internat Conf. Image Processing'96, Lausanne, Switzerland,September 1996, pp. 219-222.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] Nikolaidis N. and Pitas I. "Copyright Protection of Image Using Robust Digital Signatures." Proc. IEEE Internat. Conf. Acoustics, Speech& Signal Processing'96, Atlanta, GA, May 1996, pp.2168-2171.

[12] Pitas I. "A Method for Signature Casting on Digital Images." Proc. IEEE Internat. Conf. Image Processing'96, Lausanne, Switzerland, vol.111, September 1996, pp. 215-218.

[13] Podilchuk C. and zeng W. "Perceotual Watermarking of Still Image." Proc. The fist IEEE Signal Processing Society Workshopon Multimedia Signal Processing, Princeton, New Jersay, June 1997.

[14] Bruyndonckx O., Quisquater J.J.and Macq B." Spatial method for copyright lableing of digital image." Proceeding of IEEE Nonlinear Signal Processing Workshop, 1995, pp.456-459.

[15] Chang-Hising L., Yeuan-Kuen L."An adptive digital image watermarking technique for copyright protection", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.45, No.4, November,1999.

[16] Choong-Hoon L., Hwang-Seok O.and Heung-Kyu L "Adaptive digital image watermarking using variable size of block in frequency domain", IEEE TENCON, 1999.

[17] Stephen G. Wilson,"Digital Modulation and Coding", Prentice-Hall International Inc.,1996.

[18] Hsu C.- T. and Wu J.-L "Hidden digital watermark in images", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 8, no. 1, 1999 pp. 58-68.

[19] Sklar B. Digital Communications: Fundamentals and Applications , Prentice-Hall International .+,1988.

[20] Wong K. K.,Tse C. H., Ng K. S., Lee T. H. and Cheng L. M.."Adaptive watermarking" IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.43, no. 4, Noember 1997.

[21] Chin-Chen C., Hsien-Chu W. "Computing watermarks from images using quadtrees" IEEE, Parallel and Distributed Systems: Workshops, 7th International Conference, July 2000, pp. 123 – 128.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

1. การกรองข้อมูลภาพ

การกรองข้อมูลภาพ (image filtering) คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพ คือ การเน้น (enhance) หรือลดทอน (attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ดังนั้นการกรองข้อมูลภาพ คือ การประมวลผลภาพอย่างหนึ่งที่จำเป็นมาก เนื่องจากในการใช้งานจริง ภาพที่ได้มามักมีสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย การกรองข้อมูลภาพสามารถปรับปรุงให้ภาพมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น เหมาะแก่การประมวลผลภาพในลำดับต่อไป

องค์ประกอบสำคัญของการกรองข้อมูลภาพ คือ ตัวกรอง หากเปรียบภาพเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างๆ ผสมกันอยู่ ตัวกรองคือ วงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เลือกหรือกรองให้สัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ในช่วงที่ต้องการผ่านออกไปได้ คุณสมบัติของตัวกรองเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของภาพผลลัพธ์ อาจมองข้อมูลของภาพๆ หนึ่งให้เป็นสัญญาณๆ หนึ่งได้ ด้วยการกำหนดให้ระดับความเข้มแสงของแต่ละจุด คือ ขนาด (amplitude) ของสัญญาณ ณ ตำแหน่งนั้นๆ ข้อแตกต่างระหว่างสัญญาณไฟฟ้ากับภาพ คือ

- ขนาดของสัญญาณไฟฟ้า คือ ค่าแรงดันหรือกระแส แต่ขนาดของข้อมูลภาพ คือ ระดับความเข้มแสงของจุดภาพ
- การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลา ความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าถูกกำหนดโดยอัตราการเปลี่ยนแปลงของขนาดของสัญญาณในหนึ่งช่วงเวลา แต่การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลภาพเป็นการเปลี่ยนแปลงเทียบกับตำแหน่งของจุดภาพ ความถี่ของการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนระดับความเข้มแสงของจุดที่อยู่ถัดกันไป
- สัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณมิติเดียว (amplitude vs time) แต่ภาพเป็นสัญญาณ 2 มิติ (intensity vs X & Y)

ตัวกรอง คือ ระบบ ๆ หนึ่งซึ่งรับสัญญาณเข้า (input) ประมวลผลสัญญาณ และส่งสัญญาณออก (output) โดยทั่วไปตัวกรองจะถูกสร้างให้เป็นระบบเชิงเส้น (linear system) เนื่องจากออกแบบได้ง่ายและมีประสิทธิภาพดี ปัจจุบันมีทฤษฎีและเทคนิคมากมายเกี่ยวกับการออกแบบตัวกรองสัญญาณแบบเชิงเส้น ในการกรองข้อมูลภาพมักพิจารณาว่าภาพ คือ สัญญาณ 2 มิติที่ประกอบขึ้นจากสัญญาณความถี่ต่างๆ ผสมกันอยู่ในสัดส่วนที่ต่างกัน การออกแบบตัวกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเป็นการกำหนดว่า ต้องการกำจัดสัญญาณความถี่ใดออกไปหรือต้องการเลือกสัญญาณความถี่ใดบ้าง ประเภทของตัวกรองสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทตามลักษณะการเลือกความถี่ คือ

- ตัวกรองผ่านความถี่ต่ำ (Low-pass Filter)
- ตัวกรองผ่านความถี่สูง (High-pass Filter)
- ตัวกรองผ่านแถบความถี่ (Band-pass Filter)
- ตัวกรองหยุดแถบความถี่ (Band-stop Filter)

ค่าพารามิเตอร์หลักในการกำหนดคุณสมบัติของตัวกรอง คือ ค่าความถี่คัตออฟ (cut-off frequency) ความถี่คัตออฟ คือ ความถี่ที่ระบุจุดตัดของสัญญาณว่าจะให้ผ่านหรือไม่ผ่าน ตัวอย่างเช่น ตัวกรองความถี่ต่ำผ่านที่มีค่าความถี่คัตออฟเท่ากับ 1,000 เฮิรตซ์จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่า 1,000 เฮิรตซ์ผ่านไปได้ แต่จะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 1,000 เฮิรตซ์ผ่าน สำหรับตัวกรองความถี่สูงผ่านจะทำงานตรงข้ามกับตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน คือ ไม่ยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่คัตออฟผ่านไปได้ แต่จะยอมให้ความถี่ที่สูงกว่าความถี่คัตออฟผ่านได้ วงจรกรองแถบความถี่ผ่านยอมให้สัญญาณในช่วงความถี่หนึ่งผ่านไปได้ หากสัญญาณมีความถี่อยู่นอกช่วงจะถูกลดทอนหรือไม่ยอมให้ผ่านไป สำหรับวงจรหยุดแถบความถี่จะมีลักษณะการทำงานที่ตรงข้ามกัน คือ จะลดทอนสัญญาณที่มีความถี่ในช่วงที่กำหนดลงและจะผ่านความถี่ที่อยู่นอกช่วง ดังนั้นในการกรองสัญญาณใด ๆ จะต้องทราบความถี่หรือช่วงความถี่ของสัญญาณที่ต้องการและสัญญาณที่ไม่ต้องการ จากนั้นจะเลือกตัวกรองที่เหมาะสมมาใช้เพื่อกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกและ/หรือเน้นสัญญาณที่ต้องการให้เด่นชัดยิ่งขึ้น

1.1 การกรองโดยใช้หน้าต่าง

การกรองข้อมูลภาพวิธีนี้จะใช้หน้าต่างในการกำหนดขอบเขตของการพิจารณาเพื่อหาระดับความเข้มแสงของจุดต่างๆ ในภาพผลลัพธ์ ความเข้มแสงของจุดที่อยู่รอบๆ จุดกึ่งกลางของหน้าต่างจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้คือค่าความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ หน้าต่างจะถูกเลื่อนไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ในภาพจนครบทุกจุด จากรูปที่ ก.1 จะเห็นว่ามีหน้าต่างขนาด 3x3 ครอบอยู่ที่มุมบนด้านซ้ายของภาพเริ่มต้น ความเข้มแสง ณ จุดกึ่งกลางของหน้าต่างมีค่าเท่ากับ 1 ความเข้มแสงของจุดภาพในภาพผลลัพธ์ ณ ตำแหน่งที่ตรงกับกึ่งกลางของหน้าต่างที่ครอบอยู่บนภาพเริ่มต้น (จุด A) สามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของทุกจุดในหน้าต่าง การหาค่าเฉลี่ยสามารถทำได้ 3 แบบคือ การหาค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ การหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐานและการหาค่าเฉลี่ยแบบฐานนิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 การกรองโดยใช้หน้าต่าง

การหาค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ (mean filtering) ทำได้โดยการหาผลรวมของค่าความเข้มแสงของจุดทุกจุดในหน้าต่าง แล้วหารด้วยจำนวนจุดทั้งหมดในหน้าต่าง จากตัวอย่างในรูปที่ ก.1 ความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ (0+0+0+0+1+2+0+2+3) / 9 = 8/9 ค่าความเข้มแสงที่จุดอื่นๆ สามารถคำนวณได้โดยการเลื่อนหน้าต่างให้จุดกึ่งกลางตรงกับจุดที่ต้องการหาค่า

การหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐาน (median filtering) ทำได้โดยการนำค่าทั้งหมดในตารางมาเรียงลำดับ (sort) จากน้อยไปหามาก หรือจากมากไปหาน้อยก็ได้ จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางของลำดับเป็นค่าความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ หากจำนวนจุดในหน้าต่างเป็นจำนวนคู่ ผลลัพธ์จะคำนวณได้จากการเฉลี่ยค่าระหว่างจุดกึ่งกลางทั้งสอง จากตัวอย่างในรูปที่ ก.1 เมื่อเรียงลำดับความเข้มแสงจะได้ลำดับดังนี้ (0 0 0 0 ***0*** 1 2 2 3) ค่าที่อยู่ตรงกลางคือ 0 ดังนั้นความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ 0

การหาค่าเฉลี่ยแบบฐานนิยม (modal filtering) ทำได้โดยการเลือกระดับความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดในหน้าต่างมาเป็นคำตอบ ปัญหาที่อาจเกิดจากการใช้วิธีนี้คือ มีระดับความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดมากกว่า (มีหลายคำตอบ) วิธีการแก้ไขคือการหาค่าเฉลี่ย หรือเปลี่ยนไปใช้การหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐาน จากตัวอย่างในรูปที่ ก.1 ค่าความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดคือ 0 ดังนั้นความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ 0

นอกจากการหาค่าผลลัพธ์โดยวิธีหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีวิธีการหาผลลัพธ์อีกวิธีหนึ่งคือการหาค่าเฉลี่ยจากจุด k จุดที่มีค่าความเข้มใกล้กับค่าความเข้มแสงของจุดกึ่งกลางของหน้าต่าง วิธีนี้เรียกว่า k-closest averaging การคำนวณหาผลลัพธ์เริ่มจากการนำค่าความเข้มแสงของทุกจุดในหน้าต่างมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก จากนั้นค่าที่อยู่รอบๆ ค่าของจุดกึ่งกลางหน้าต่างจำนวน *k* ค่าจะถูกเลือกมาเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยนี้ คือ ความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ ในการหาค่าเฉลี่ย อาจนำค่าของความเข้มสีที่จุดกึ่งกลางมาคิดด้วยก็ได้ จากตัวอย่างในรูปที่ ก.1 เมื่อเรียงลำดับความเข้มแสงจะได้ลำดับดังนี้ (0 0 0 0 0 ***1*** 2 2 3) หาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ $k = 4$ และไม่นำค่าที่จุดกึ่งกลาง (1) มาคิด ค่าความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ (0+0+2+2)/4 = 1 หากนำค่าที่จุดกึ่งกลางมาคิด ค่าความเข้มแสงที่จุด A จะมีค่าเท่ากับ (0+0+1+2+2)/5 = 1 รูปที่ ก.2 แสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการต่างๆ

1 2 2 1	0 1 1 0	0 0 0 0	1 2 1 3
1 2 2 2	1 2 2 1	0 2 2 1	2 2 3 1
1 2 2 1	0 2 1 0	0 0 0 0	1 4 2 1
(ก)	(ข)	(ค)	(ง)

รูปที่ ก.2 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่าง (ก) ใช้การเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ (ข) ใช้มัธยฐาน (ค) ใช้ฐานนิยม (ง) ใช้ k-closest averaging

1.2 การกรองโดยวิธีคอนโวลูชัน

วิธีการกรองข้อมูลภาพที่กล่าวมาส่วนใหญ่อาศัยหลักของการหาค่าเฉลี่ย โดยอาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยของจุดเดียวกันจากภาพหลายๆ ภาพ หรืออาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยจากจุดต่างๆ ที่อยู่รอบๆ จุดที่สนใจ เนื่องจากการหาค่าเฉลี่ยเป็นการลดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล วิธีการที่ผ่านมาจึงใช้ได้ดีกับการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นสัญญาณความถี่สูง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การกรองสัญญาณมีวัตถุประสงค์เพื่อเน้นคุณสมบัติบางอย่างที่ต้องการในภาพให้เด่นชัดขึ้น ในขณะที่ลดทอนคุณสมบัติที่ไม่ต้องการลง หากเราต้องการเน้นการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มของจุดต่างๆ ภายในภาพให้เด่นชัดขึ้น ในที่นี้จะเสมือนกับการกรองสัญญาณความถี่สูงผ่าน จะไม่สามารถใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ วิธีที่สามารถนำมาใช้ได้คือการคอนโวลูชัน (convolution)

1.2.1 การคอนโวลูชัน

ในการประมวลผลภาพ การคอนโวลูชันคือการกระทำกันระหว่างเทมเพลต (template) กับภาพ (image) เทมเพลต คือ เมตริกซ์ขนาด n x m ของชุดตัวเลขที่จะนำไปซ้อนทับภาพที่ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อหาผลลัพธ์ของการคอนโวลูชัน ถ้ากำหนดให้เทมเพลต T(x,y) เป็นเทมเพลตขนาด n x m และภาพ I(X,Y) มีขนาด N x M การคอนโวลูชันระหว่างเทมเพลตกับภาพสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$I'(X,Y) = T * I = \sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{m-1} T(i,j)\cdot I(X-i,Y-j) \qquad \text{(ก.1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย *I'(X,Y)* คือ ภาพผลลัพธ์จากการคอนโวลูชัน จากสมการที่ ก.1 จะเห็นว่าระดับความเข้มแสง ณ จุด (X,Y) ในภาพผลลัพธ์ได้จากการหาผลรวมของผลคูณของระหว่างค่าในเทมเพลตกับค่าระดับความเข้มแสงของภาพในบริเวณที่เทมเพลตซ้อนทับอยู่ จากสมการ ตัวชี้ตำแหน่งจุดในภาพ (X-i,Y-j) แสดงให้เห็นว่ามีการพลิกเทมเพลตทางแกนนอน และแกนตั้ง สมการที่ ก.2 แสดงการคอนโวลูชันที่ไม่ต้องมีการพลิกเทมเพลต ซึ่งวิธีการนี้มีชื่อที่แท้จริงว่า cross-correlation และเป็นที่นิยมใช้ในด้านการประมวลผลภาพ

$$I'(X,Y) = T * I = \sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{m-1} T(i,j)\cdot I(X+i,Y+j) \qquad \text{(ก.2)}$$

ขั้นตอนของการคอนโวลูชันประกอบด้วยการเลื่อน บวก และคูณ เราสามารถใช้การคอนโวลูชันในการประมวลผลภาพได้ในหลายลักษณะ เช่นกรองสัญญาณภาพ การหาขอบภาพ (edge detection) หรือการหารูปทรงของวัตถุในภาพ เป็นต้นโดยทั่วไป ในการคอนโวลูชัน เราจะไม่ยอมให้มีการเลื่อนเทมเพลตออกนอกของเขตของภาพ ดังนั้นถ้าเทมเพลตมีขนาดใหญ่กว่า 1x1 ภาพผลลัพธ์จะมีขนาดเล็กกว่าภาพเริ่มต้นเสมอ

เทมเพลต			ภาพเริ่มต้น						ภาพผลลัพธ์				
			1	1	3	3	4		2	5	7	6	*
1	0		1	1	4	4	3		2	4	7	7	*
0	1	*	2	1	3	3	3	=	3	2	7	7	*
			1	1	1	4	4		*	*	*	*	*

รูปที่ ก.3 การคอนโวลูชันระหว่างภาพขนาด 4 x 5 กับเทมเพลตขนาด 2 x 2

จากตัวอย่าง รูปที่ ก.3 จะให้ภาพผลลัพธ์ที่มีขนาด 3 x 4 ค่าความเข้มสี 3 ในภาพผลลัพธ์ได้จากการหาผลรวมของผลคูณระหว่างเทมเพลตกับภาพในบริเวณที่แรเงา ซึ่งมีค่าเท่ากับ (1x2) + (0x1) + (0x1) + (1x1) = 3 จากตัวอย่างพบว่า จุดมุมบนซ้ายของเทมเพลตคือจุดอ้างอิงในการกำหนดจุดในภาพผลลัพธ์ ในความเป็นจริงแล้ว สามารถเลือกจุดใด ๆ ในเทมเพลตให้เป็นจุดอ้างอิงก็ได้ การเลือกเอาจุดกึ่งกลางของเทมเพลตที่มีความกว้างและสูงเป็นจำนวนคี่ (เช่นเทมเพลตขนาด 3x3 3x5 5x5 และ 7x7 เป็นต้น) เป็นจุดอ้างอิงนับว่ามีความเหมาะสมยิ่ง อย่างไรก็ตาม ในแง่ของการเขียนโปรแกรมแล้ว การใช้จุดมุมเป็นจุดอ้างอิงจะลดความซับซ้อนในการเขียนโปรแกรมลง เนื่องจากไม่มีปัญหาสำหรับการคอนโวลูชันโดยใช้เทมเพลตที่มีขนาดไม่คงที่ จะใช้จุดมุมบนซ้ายเป็นจุดอ้างอิงในการทำคอนโวลูชันทุกครั้ง เว้นแต่มีการกำหนดให้เป็นอย่างอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคอนโวลูชันที่ไม่ยอมให้เทมเพลตเลื่อนออกนอกบริเวณขอบภาพเรียกว่าการคอนโวลูชันแบบไม่เป็นรายคาบ (aperiodic convolution) วิธีการนี้จะได้ภาพที่มีขนาดเล็กลง หากต้องการคงขนาดภาพไว้ จะต้องใช้การคอนโวลูชันแบบเป็นรายคาบ (periodic convolution) การคอนโวลูชันแบบนี้เปรียบเสมือนการม้วนภาพให้ขอบซ้ายมาชนกับขอบขวา และม้วนให้ขอบบนมาชนกับขอบล่าง เมื่อเทมเพลตเลื่อนตกขอบข้างใดข้างหนึ่งๆ ส่วนของเทมเพลตที่เลยขอบก็จะไปทาบกับขอบภาพอีกด้านหนึ่ง

วิธีการอย่างง่ายที่ทำให้ภาพผลลัพธ์มีขนาดเท่ากับภาพเริ่มต้น คือ การเติมค่าศูนย์บริเวณรอบๆ ภาพเริ่มต้น เพื่อทำให้ภาพเริ่มต้นมีขนาดใหญ่ขึ้น หลังจากการคอนโวลูชันจะได้ภาพผลลัพธ์ที่มีขนาดเท่ากับภาพเริ่มต้นก่อนมีการซดเซย รูปที่ ก.4 แสดงการคอนโวลูชันที่มีการเติมค่าศูนย์ให้กับภาพเริ่มต้น

ภาพเริ่มต้น		ภาพเริ่มต้นหลังจากเติมศูนย์		เทมเพลต		ภาพผลลัพธ์
		0 0 0 0 0				
1 2 3		0 1 2 3 0		1 0 0		6 8 3
4 5 6		0 4 5 6 0	*	0 1 0	=	12 15 8
7 8 9		0 7 8 9 0		0 0 1		7 12 14
		0 0 0 0 0				

รูปที่ ก.4 ผลของการเติมค่าศูนย์รอบภาพเริ่มต้นก่อนทำการคอนโวลูชัน

แม้เป็นกระบวนการประมวลผลภาพที่ง่าย แต่การคอนโวลูชันต้องใช้เวลาในการคำนวณสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งการคอนโวลูชันระหว่างภาพและเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่ หากภาพมีขนาด M x M และเทมเพลตมีขนาด n x n จะต้องมีการคูณถึง M^2n^2 ครั้ง ถ้า M=512 และ n=16 จะต้องมีการคูณประมาณ 32 ล้านครั้ง การคำนวณที่มากขนาดนี้ทำให้ไม่สามารถประมวลผลภาพเคลื่อนไหวในเวลาจริง (real-time)ได้ เว้นแต่จะมีฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบมาเฉพาะ สำหรับภาพและเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่ (M >= 512 และ N >= 32) การแปลงภาพและเทมเพลตให้อยู่ในรูปของข้อมูลในโดเมนความถี่ (frequency domain) จะช่วยลดการคำนวณลงได้อย่างมาก จากตัวอย่างข้างต้น การคอนโวลูชันในโดเมนความถี่จะลดจำนวนครั้งของการคูณลงเหลือเพียง 256,000 ครั้งเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 เทมเพลตสำหรับกรองผ่านความถี่ต่ำ

เทมเพลตขนาด 3 x 3 ต่อไปนี้สามารถใช้เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของค่าความเข้มแสงในภาพ

1	1	1
1	1	1
1	1	1

รูปที่ ก.5 เทมเพลตการกรองผ่านความถี่ต่ำเทมเพลตขนาด 3 x 3

ผลของการคอนโวลูชันกับเทมเพลตรูปที่ ก.5 จะเหมือนกับการหาผลรวมของจุดภาพทั้ง 9 จุดที่เทมเพลตซ้อนทับอยู่ การเปลี่ยนแปลงใดๆ ในบริเวณดังกล่าวจะถูกเฉลี่ยให้มีความราบเรียบ ผลที่ได้คือ สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลง (เช่นสัญญาณรบกวนความถี่สูง) จะถูกลดทอน ภาพที่ได้จะมีความคมลดลง คุณสมบัติเช่นนี้เปรียบได้กับการกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน

1.2.3 เทมเพลตสำหรับกรองผ่านความถี่สูง

สัญญาณความถี่สูงคือสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าไปมาอย่างรวดเร็ว ต่างกับสัญญาณความถี่ต่ำ ซึ่งมีการเปลี่ยนค่าอย่างช้าๆ หรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย การกรองความถี่สูงผ่าน (High pass filter) ก็คือการกรองสัญญาณที่เพิ่มความแรงของสัญญาณที่มีความถี่สูงและลดความแรงของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ เทมเพลตต่อไปนี้ใช้สำหรับการกรองความถี่สูงผ่าน

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

รูปที่ ก.6 เทมเพลตการกรองผ่านความถี่สูงเทมเพลตขนาด 3 x 3

จะเห็นว่าผลรวมของทุกค่าในเทมเพลตรูปที่ ก.6 มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายความว่าถ้าวางเทมเพลตนี้ลงบนบริเวณของภาพที่มีค่าความเข้มแสงคงที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ อย่างไรก็ตาม ถ้าค่าที่บริเวณตรงกลางแตกต่างกับค่ารอบๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงค่าความแตกต่างยิ่งขึ้น รูปที่ ก.7 แสดงตัวอย่างการกรองภาพด้วยเทมเพตกรองความถี่สูง และความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ	หลังจากการกรองผ่านความถี่สูง	หลังจากการกรองผ่านความถี่ต่ำ
0 0 0 0 0		
0 1 1 1 0	2 1 2	4 6 4
0 1 1 1 0	1 0 1	6 9 6
0 1 1 1 0	1 0 1	6 9 6
0 1 1 1 0	1 –5 1	11 14 11
0 1 6 1 0	-4 20 -4	11 14 11
0 1 1 1 0	2 –4 2	9 11 9
0 0 0 0 0		

รูปที่ ก.7 การกรองภาพด้วยเทมเพลต

จากรูปที่ ก.7 จะเห็นว่าหลังการกรองความถี่สูงผ่านขอบภาพจะเด่นชัด ส่วนที่เป็นค่าคงที่จะกลายเป็นศูนย์ และส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก 1 เป็น 6 ถูกขยายเป็นจาก –4 ไป 20 สำหรับการกรองความถี่ต่ำผ่าน การเปลี่ยนถูกลดทอนลง ภาพผลลัพธ์มีความราบเรียบขึ้น

2. การบีบอัดข้อมูลมัลติมีเดีย

2.1 ความจำเป็นในการบีบอัดข้อมูล

เทคนิคการบีบอัดข้อมูลจะช่วยในการลดขนาดในการเก็บข้อมูลลงได้ โดยใช้หลักการที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานในการลดส่วนเกินที่ไม่จำเป็น ทำให้การจัดเก็บและส่งผ่านข้อมูลสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นข้อมูลชนิดมัลติมีเดียซึ่งมักมีขนาดใหญ่ โดยมากจะถูกเก็บในรูปแบบการบีบอัด โดยทั่วไปเทคนิคการบีบอัดสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด ตามลักษณะผลลัพธ์ที่ได้คือ เทคนิดการบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสีย (lossless compression) และแบบมีการสูญเสีย (lossy compression)

2.1.1 เทคนิคการบีบอัดข้อมูลแบบไม่มีการสูญเสีย

เทคนิคนี้ ข้อมูลข่าวสารทถูกบีบอัดสามารถกู้กลับคืน (recoverable) มาได้โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ทั้งสิ้นเมื่อเทียบกับข้อมูลต้นแบบ นั่นคือ ข้อมูลที่ได้หลังจากการกู้คืนและจะเหมือนกันกับข้อมูลต้นแบบทุกประการ เทคนิคนี้ส่วนใหญ่ใช้กับข้อมูลทางด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งการผิดพลาดของข้อมูลที่เกิดจากบีบอัดเพียงบิตเดียวก็สามารถทำให้โปรแกรมผิดพลาดได้ บ้างครั้งเรียก การบีบอัดข้อมูลแบบย้อนคืนได้ (reversible)

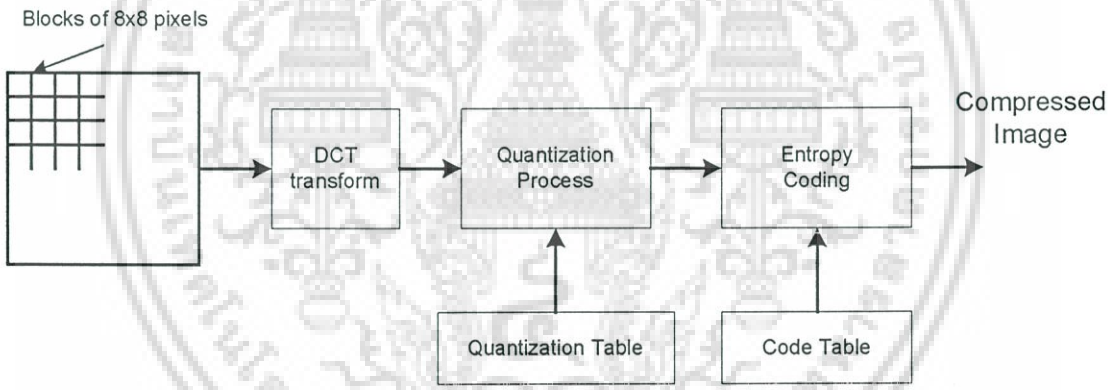
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เทคนิคการบีบอัดข้อมูลแบบมีการสูญเสีย

เทคนิคการบีบอัดนี้ อาจเรียกว่า การบีบอัดแบบย้อนคืนไม่ได้ (irreversible) ซึ่งข้อมูลที่ได้ภายหลังจากการกู้คืนจะมีความแตกต่างจากข้อมูลต้นแบบ โดยส่วนใหญ่จะมีคุณภาพที่ต่ำกว่า เทคนิคนี้จึงเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอย่างต่อเนื่อง เช่น เสียงหรือภาพ เนื่องจากสายตามนุษย์จะสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงของเนื้อหาดังกล่าวได้ยากการบีบอัดข้อมูลชนิดนี้จะมีประโยชน์ต่อระบบการเก็บข้อมูลและระบบการสื่อสารต่าง ๆ เป็นอย่างมาก เนื่องจากอัตราส่วนในการบีบอัดมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับการบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสีย การเพิ่มอัตราในการบีบอัดข้อมูลให้สูงขึ้น คุณภาพของตัวข้อมูลที่ได้ภายหลังการกู้คืนก็จะลดต่ำลง

2.2 หลักการบีบอัดข้อมูลรูปภาพด้วยมาตรฐาน JPEG

การบีบอัดข้อมูลด้วยมาตรฐาน JPEG เป็นการบีบอัดข้อมูลที่มีการสูญเสีย รูปแบบการบีบอัดข้อมูลภาพแสดงในรูปที่ ก.8 แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนการเตรียมรูปภาพ ขั้นตอนการเข้ารหัสชนิดขึ้นกับลักษณะของข่าวสารและขั้นตอนการเข้ารหัสชนิดเอนโทรปี



รูปที่ ก.8 รูปแบบการบีบอัดข้อมูลรูปภาพในมาตรฐาน JPEG

2.2.1 การจัดเตรียมรูปภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นการจัดเตรียมภาพที่ต้องการเข้ารหัสให้อยู่ในรูปแบบและขนาดที่เหมาะสมเพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการต่อไป โดยทั่วไปรูปแบบของภาพที่จะทำการเข้ารหัสจะอยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า Y Cr Cb ซึ่ง Y คือตัวแปรที่ใช้แทนค่าสัญญาณความสว่างของภาพ ขณะที่ Cr และ Cb คือตัวแปรที่ใช้แทนค่าสัญญาณสีของภาพ ในการแสดงชนิดของข้อมูลรูปภาพนั้น เนื่องจากสายตามนุษย์มีความไวต่อสัญญาณสีน้อยกว่าสัญญาณความสว่างมาก จึงมีความจำเป็นต้องใช้อัตราการสุ่มสัญญาณสีเท่ากับสัญญาณความสว่าง ซึ่งตามมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับกัน สามารถใช้อัตราการสุ่มสัญญาณสีเป็นครึ่งหนึ่งของสัญญาณความสว่าง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพของภาพได้จนสายตามนุษย์สังเกตเห็นได้ เพราะฉะนั้นความละเอียดของสัญญาณสีจะมีขนาดลดลงครึ่งหนึ่งทั้งความกว้างและความสูงเมื่อเทียบกับความละเอียดของสัญญาณความสว่าง การทำเช่นนี้ยังช่วยเพิ่มอัตราการบีบอัดข้อมูลชนิดรูปภาพให้มีค่าสูงขึ้นด้วย ข้อมูลที่จะถูกเข้ารหัสจะถูกแบ่งออกเป็นบล็อก ๆ แต่ละบล็อกจะมีขนาดเท่ากับ 8x8 จุดภาพ เพื่อนำไปแปลงโดเมนโดยใช้ DCT

2.2.2 การเข้ารหัสชนิดขึ้นกับลักษณะของข่าวสาร

ตามมาตรฐาน JPEG ขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนย่อย ได้การแปลง DCT กระบวนการการกำหนดขนาดของสัญญาณ (quantization process)

2.2.3 การแปลง DCT

ข้อมูลในแต่ละบล็อกที่ถูกแบ่งออกเป็นขนาด 8x8 จุดภาพ จะถูกนำมาแปลงโดเมนโดยใช้ DCT สาเหตุที่จัดเตรียมให้มีขนาด 8x8 จุดภาพ เนื่องมาจาก กระบวนการแปลง DCT ที่มีขนาด 8x8 จุดภาพจะมีความเร็วสูงที่สุดและมีขั้นตอนการทำงานที่วับซ้อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกระบวนการแปลง DCT ที่ขนาดอื่นๆ

2.2.4 กระบวนการกำหนดระดับขนาดของสัญญาณ

เมื่อข้อมูลในแต่ละบล็อกถูกเปลี่ยนมาอยู่ในโดเมนความถี่แล้ว ในรูปที่ ก.9 จะเป็นการกำจัดส่วนที่ไม่มีความสำคัญต่อรูปภาพออก จะใช้กระบวนการที่เรียกว่า ควอนไทเซชันหรือการกำหนดระดับขนาดของสัญญาณ ซึ่งจะทำงานโดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ไปหารด้วยค่าที่กำหนดไว้ในตารางควอนไทเซชัน (quantization table) ในขั้นตอนสามารถกำหนดได้ว่า จะให้อัตราส่วนในการบีบอัดข้อมูลสูงเพียงใด โดยการตั้งค่าในตารางควอนไทเซชันให้เหมาะสม โดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในย่านความถี่สูง ที่อยู่บริเวณขวาล่างของแต่ละบล็อก ซึ่งไม่ค่อยมีความสำคัญจะถูกกำจัดไปโดยการตั้งค่าของตารางควอนไทเซชันในย่านดังกล่าวให้มีค่าสูงมากๆ เพื่อที่ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเป็น 0

ในโปรแกรมการบีบอัดข้อมูลตามมาตรฐาน JPEG ที่มีการใช้งานโดยทั่วไป สามารถระบุค่าคุณภาพ (quality) ของรูปภาพภายหลังการบีบอัดได้ ซึ่งค่านี้มีความเกี่ยวข้องกับค่าที่ถูกกำหนดไว้ในตารางควอนไทเซชัน ยิ่งค่านี้มากเท่าไรอัตราส่วนในการบีบอัดข้อมูลก็ยิ่งต่ำลงมากเท่านั้น และจะได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพสูงขึ้นด้วย ค่าดังกล่าวที่อยู่ในตารางควอนไทเซชันนี้จะถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานเดียวกันที่แต่ละระดับของคุณภาพของรูปภาพที่ได้ภายหลังการถูกบีบอัด ตัวอย่างการทำการกำหนดระดับขนาดของสัญญาณ ดังแสดงไว้ในรูปที่ ก.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DCT Coefficient,C(i,j)

168	45	7	3	2	2	1	1
67	32	3	3	2	1	1	1
12	5	5	5	2	1	2	1
5	5	2	2	1	1	1	1
3	2	2	1	1	1	1	1
2	2	2	1	1	1	1	1
1	1	1	1	2	1	1	0
1	2	1	1	1	1	0	0

→ q(i,j) = C(I,j) / Q(i,j) →

Quantized Table,Q(i,j)

1	1	1	1	1	4	8	16
1	1	1	1	4	4	8	16
1	1	1	4	4	4	8	16
2	8	8	8	8	16	16	16
4	8	8	8	8	16	16	32
4	8	8	8	16	16	16	32
4	8	8	8	16	16	32	32
8	8	8	16	16	32	32	64

Quantized DCT Coefficient,q(i,j)

168	45	7	3	2	0	0	0
67	20	3	3	2	0	0	0
12	5	5	2	2	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ ก.9 การกำหนดระดับขนาดของสัญญาณ

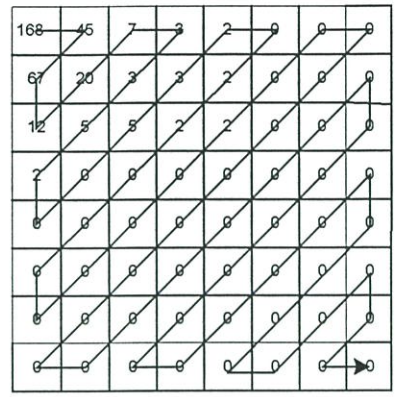
2.2.5 การเข้ารหัสซนิดเอนโทรปี

การเข้ารหัสซนิดเอนโทรปี ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนย่อยด้วยกันคือ การเข้ารหัสแบบ DCPM สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ดีซี การเข้ารหัสแบบรันเลนท์สำหรับค่าสัมประสิทธิ์เอซี และการเข้ารหัสแบบ Haffman

2.2.5.1 การเข้ารหัสแบบ DCPM และ การเข้ารหัสแบบรันเลนท์

เมื่อผ่านกระบวนการการกำหนดระดับขนาดของสัญญาณ ข้อมูลในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์ดีซี จะถูกเข้ารหัสแบบ DCPM ซึ่งค่าความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์ดีซีในแต่ละบล็อกเท่านั้นที่จะถูกเข้ารหัส ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์เอซี หลังผ่านกระบวนการการกำหนดระดับขนาดของสัญญาณแล้ว ในย่านความถี่กลางและสูงที่อยู่บริเวณตรงกลางและบริเวณขวาล่างของแต่ละบล็อก ส่วนใหญ่จะมีค่าเป็น 0 ดังนั้นจะใช้การเข้ารหัสแบบรันเลนท์ทำการเข้ารหัสข้อมูลให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทำการเรียงลำดับค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูลเสียใหม่จากซ้ายบนไปขวาล่างซึ่งถูกเรียกว่า ซิกแซกสแกน (zig-zag scan) ตัวอย่างการเรียงลำดับจากการทำซิกแซกสแกนได้แสดงไว้ในรูปที่ ก.10 ซึ่งค่าที่ได้ในตารางคือ ค่าสัมประสิทธิ์ DCT ที่ผ่านการกำหนดระดับขนาดของสัญญาณแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.10 การเรียงลำดับข้อมูลแบบซิกแซกสแกน

2.2.5.2 การเข้ารหัสแบบ Huffman

การเข้ารหัสข้อมูลด้วยวิธีนี้จะอาศัยหลักการทางสถิติและโครงสร้างข้อมูล ในการนับความถี่ของจำนวนบิต หรือรูปแบบของไบต์เกิดขึ้น แล้วแทนที่รูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อยด้วยจำนวนบิตที่น้อยลง โดยเมื่อทำการคำนวณจำนวนบิตแล้วจะทำการเก็บเอาไว้ในตารางอ้างอิงเพื่อจะได้ส่งไปพร้อมข้อมูลที่ผ่านการเข้ารหัสแล้ว เพื่อนำไปถอดรหัส การเข้ารหัสประเภทนี้เป็นที่นิยมในการใช้งานกับการบีบอัดข้อมูลรูปภาพ

3. การแปลงข้อมูลภาพแบบเรขาคณิต

การแปลงเรขาคณิต (geometric transformation) เป็นการแปลงข้อมูลภาพที่เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดภาพ ซึ่งจะกล่าวถึงภาพในสองมิติ การแปลงภาพเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับการประมวลผลภาพดิจิตอล (digital image processing) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ภาพ (Digital Image Analysis) การแปลงข้อมูลภาพพื้นฐาน (basic transformation) จะประกอบด้วย 3 ชนิด คือ

- การเลื่อนภาพ (translation)
- การหมุนภาพ (rotation)
- การย่อภาพ (scaling)
- การบิดภาพ (shearing)

3.1 การเลื่อนภาพ (translation)

เป็นการเลื่อนตำแหน่งของภาพตามระยะการขจัดทางแนวแกน x (Tx) และตามแนวแกน y (Ty) เมื่อกำหนดให้พิกัดเดิมคือ (x, y) และพิกัดใหม่คือ (x', y') จะได้สมการของการเลื่อนภาพดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

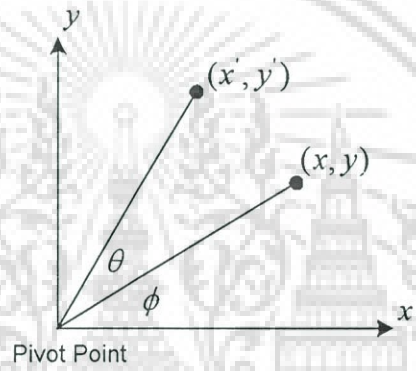
$$x' = x + Tx$$
$$y' = y + Ty \qquad \text{(ก.3)}$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกได้ มีลักษณะดังนี้คือ $P' = P + T$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \qquad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ และ } T = \begin{bmatrix} Tx \\ Ty \end{bmatrix} \qquad \text{(ก.4)}$$

3.2 การหมุนภาพ (rotation)

เป็นการหมุนตำแหน่งของภาพในระนาบ xy รอบจุดจุดหมุน (pivot point)



รูปที่ ก.11 การหมุนตำแหน่งของภาพรอบจุดจุดหมุน

จากรูปที่ ก.11 จะได้ว่า

$$x = r\cos(\phi)$$
$$y = r\sin(\phi) \qquad \text{(ก.5)}$$

และ

$$x' = r\cos(\phi + \theta) = r(\cos\phi\cos\theta - \sin\phi\sin\theta)$$
$$y' = r\sin(\phi + \theta) = r(\sin\phi\cos\theta - \cos\phi\sin\theta) \qquad \text{(ก.6)}$$

เพราะฉะนั้นจากสมการที่ (5.3) และ (5.4) จะได้สมการของการหมุนรอบจุด Pivot Point ดังนี้คือ

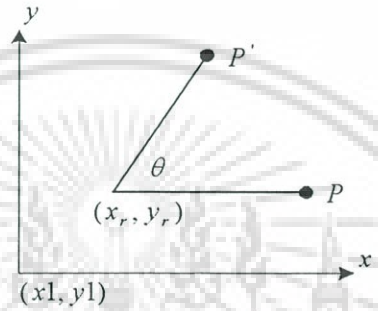
$$x' = x\cos(\theta) - y\sin\theta$$
$$y' = x\sin(\theta) - y\cos\theta \qquad \text{(ก.7)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกได้ มีลักษณะดังนี้คือ $P' = R.P$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \qquad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ และ } R = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \tag{ก.8}$$

การหมุนภาพเมื่อจุด Pivot ไม่ได้อยู่ที่จุด Origin พิจารณาเมื่อจุด Pivot ไม่ได้อยู่ในตำแหน่ง (0,0) (ย้ายไปอยู่ที่ตำแหน่ง (x_r, y_r))



รูปที่ ก.12 การหมุนตำแหน่งของภาพที่ไม่ได้อยู่จุดหมุน

วิธีการในการหมุนภาพเมื่อจุดหมุนไม่ได้อยู่ที่จุด Origin สามารถทำได้ดังนี้คือ

1. ทำการเปลี่ยนจุด Pivot ไปยังจุด Origin

$$x1 = x - x_r$$
$$y1 = y - y_r \tag{ก.9}$$

2. ทำการหมุนรอบจุด Origin
3. ย้ายกลับไปยังจุดเดิม โดยการบวกด้วย x_r และ y_r
4. สมการการหมุนรอบจุด Pivot ใด ๆ ที่ไม่ใช้จุด Origin มีลักษณะดังนี้คือ

$$x' = (x - x_r)\cos\theta - (y - y_r)\sin\theta + x_r$$
$$y' = (x - x_r)\sin\theta + (y - y_r)\cos\theta + y_r \tag{ก.10}$$

3.3 การย่อและขยายภาพ (scaling)

การย่อและการขยายภาพสามารถทำได้โดยการใช้ scaling factor ได้แก่ Sx และ Sy ซึ่งใช้สำหรับการย่อและการขยายภาพในทางแกน x และ y ตามลำดับ โดยถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$0 < S_x, S_y < 1$ แสดงว่าเป็นการย่อภาพ

$S_x, S_y > 1$ แสดงว่าเป็นการขยายภาพ

$S_x = S_r$ แสดงว่าย่อและขยายจะเป็นไปตามสัดส่วน

$S_x \neq S_r$ แสดงว่าย่อและขยายจะไม่เป็นอัตราส่วน

สมการของการ scaling จะมีลักษณะดังนี้

$$x' = x.S_x$$
$$y' = y.S_y \qquad \text{(ก.11)}$$

ดังนั้นย่อและขยายภาพโดยใช้เมตริกจะมีลักษณะดังนี้คือ $P' = S.P$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ และ } S = \begin{bmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{bmatrix} \qquad \text{(ก.12)}$$

การย่อและขยายภาพเมื่อจุด Fixed ไม่ได้อยู่ที่จุด Origin วิธีการในการย่อและขยายภาพเมื่อจุด Fixed ของการย่อและขยายไม่ได้อยู่ที่จุด Origin สามารถทำได้ดังนี้คือ

1. ให้ย้ายตำแหน่งไปยังจุด Origin
2. ทำการย่อและขยายรอบจุด Origin
3. ย้ายไปยังจุด Fixed Point เหมือนเดิม

ซึ่งจะได้สมการของย่อและขยายภาพดังนี้คือ

$$x' = (x - x_f)S_x + x_f$$
$$y' = (y - y_f)S_x + y_f \qquad \text{(ก.13)}$$

จะแปลงได้เป็นดังนี้คือ

$$x' = xS_x + x_f(1 - S_x)$$
$$y' = yS_y + y_f(1 - S_y) \qquad \text{(ก.14)}$$

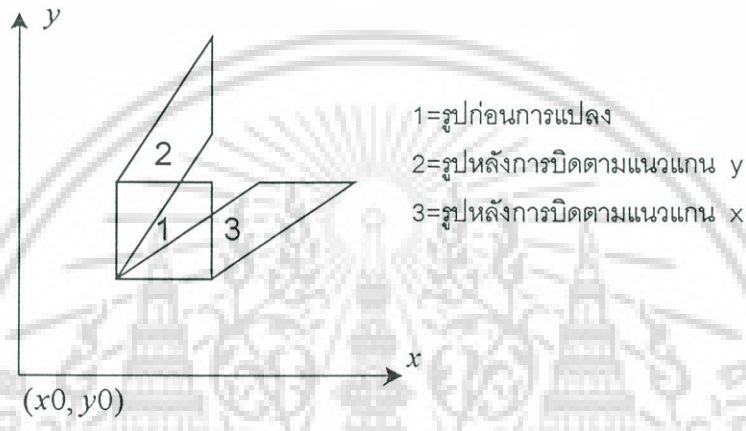
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการย่อและขยายภาพโดยใช้เมตริกจะมีลักษณะดังนี้คือ

$$P' = \begin{bmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_f(1-S_x) \\ y_f(1-S_y) \end{bmatrix} \qquad \text{(ก.15)}$$

3.4 การบิดภาพ(Shearing)

การบิดภาพสามารถบิดภาพได้ทั้งแนวแกน x และ y ดังรูปที่ ก.13



รูปที่ ก.13 การบิดภาพแนวแกน x และ แกน y

โดยที่การบิดภาพตามแนวแกน x จะมีสมการดังนี้คือ

$$y' = y, x' = x + y.shX \qquad \text{(ก.16)}$$

และการบิดภาพตามแนวแกน y จะมีสมการดังนี้

$$x' = x, y' = y + x.shY \qquad \text{(ก.17)}$$

กำหนดให้ shX เป็นค่าการบิดในแนวแกน x และ shY เป็นค่าการบิดในแนวแกน y ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การแปลงทางเรขาคณิต จะเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดภาพภายในรูปภาพ ซึ่งจะเป็นการกระทำกับค่าความเข้มแสงของจุดที่ถูกเปลี่ยนตำแหน่งนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำภาพลายน้ำในโดเมนสปาเชียล

1. โปรแกรมการหาค่าความเข้มและหาจำนวนบล็อกของภาพ

```
%=========================Test variane=======================%
%       PURPOSE:    To find the blocks in intensity this original image
%       The possible values for FMT include:
%      'jpg' or 'jpeg' Joint Photographic Experts Group (JPEG)
%      'tif' or 'tiff' Tagged Image File Format (TIFF)
%      'gif'          Graphics Interchange Format (GIF)
%      'bmp'           Windows Bitmap (BMP)
%      'png'           Portable Network Graphics
%      'hdf'          Hierarchical Data Format (HDF)
%      'pcx'           Windows Paintbrush (PCX)
%      'xwd'           X Window Dump (XWD)
%      'cur'          Windows Cursor resources (CUR)
%      'ico'          Windows Icon resources (ICO)
% Supported file types
%    JPEG       Any baseline JPEG image; JPEG images with some
%               commonly used extensions
%    TIFF       Any baseline TIFF image, including 1-bit, 8-bit, and
%               24-bit uncompressed images; 1-bit, 8-bit, and 24-bit
%               images with packbits compression; 1-bit images with
%               CCITT compression; also, 16-bit grayscale, 16-bit
%               indexed, and 48-bit RGB images
%    GIF        Any 1-bit to 8-bit GIF image
%    BMP        1-bit, 4-bit, 8-bit, 16-bit, 24-bit, and 32-bit uncompressed
%               images; 4-bit and 8-bit run-length encoded (RLE) images
%    PNG        Any PNG image, including 1-bit, 2-bit, 4-bit, 8-bit,
%               and 16-bit grayscale images; 8-bit and 16-bit
%               indexed images; 24-bit and 48-bit RGB images
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%    HDF        8-bit raster image datasets, with or without an
%               associated colormap; 24-bit raster image datasets
%    PCX        1-bit, 8-bit, and 24-bit images
%    XWD        1-bit and 8-bit ZPixmaps; XYBitmaps; 1-bit XYPixmaps
%    ICO        1-bit, 4-bit, and 8-bit uncompressed images
%    CUR        1-bit, 4-bit, and 8-bit uncompressed images
%=========================================================%
%VARIABLES:
%b:              Codeword length
%block:                  host target block
%code:            code of scrambled raster watermark vector
%indp:           random permutation of vector indices
%picture:        host image
%num1/num2/num3/num4: begining counter of block in this image
%wmark:          watermark image
%wmarks:         scrambled watermark image for embedding
%wmarkv:         raster scan vector of watermark image
%=========================================================%
clc;
clear all;
%picture=input('Insert original image file name  ','s');
%wmark=input('Insert watermark image file name  ','s');
num1=0;num2=0;num3=0;num4=0;%begining counter of block in this image
wmark=imread('kmitl1','bmp');       %load watermark image
max2_A = max(max(wmark));
min2_A = min(min(wmark));
if max2_A > 1 | min2_A < 0
   error('input matrices original watermark must have values in the interval [0,1]')
end
[e,f]=size(wmark);
wmark=double(wmark);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%=========================PERMUTATION=======================%
%this loop builds a vector of the watermark image pixels values in raster scan form
wmarkv = wmark(1,:);
for i=2:e, wmarkv = [wmarkv wmark(i,:)];end;%raster scan vector of watermark image
rand('state',13);
indp = randperm(e*f);
for i = 1:length(indp), wmarkvs(i) = wmarkv(indp(i));end;  %scrambled raster watermark
vector
clear wmarkv indp;
code=wmarkvs;
[a,bit]=size(code);
bit
b=bit;
%=========================Quadtree Partition=======================%
picture=imread('lena512','bmp');%load host image  in format *.jpg, *.bmp
%picture=in512bw(picture);%load host image in format  *.raw
[A,B,layer]=size(picture);
A=floor(A/64);
B=floor(B/64);
maximun_block=A*B*64
if length(code)>((A*B*64));
   error('Over of size press change size watermark and b not over maximum block in this
picture')
end
picture=double(picture);
lout=picture;
disp('Insert value of variance');
variance=-1;
while variance < 0
variance=input('Press enter value of variance now...');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
lay=input('Insert layer for find blocks...');
num2=0;num3=0;num4=0;
for lay = lay:lay
for i = 1:A
for j = 1:B
block=picture(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j),lay);  %section of 64x64 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for k = (2*i-1):2*i
for l = (2*j-1):2*j
block=picture(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l),lay);  %section of 32x32 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for m = (2*k-1):2*k
for n = (2*l-1):2*l
block=picture(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n),lay);  %section of 16x16 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for O = (2*m-1):2*m
for P = (2*n-1):2*n
block=picture(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P),lay);  %section of 8x8 pixels
Iout(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P),lay)=block;
end
end
num4=num4+4;
else
Iout(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n),lay)=block;
end
end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
num3=num3+4;
else
Iout(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l),lay)=block;
end
end
end
num2=num2+4;
else
num1=num1+1;
Iout(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j),lay)=block;
end
end
end
end
picture=uint8(picture);
disp('Total of block');
size64x64=num1;
size32x32=num2-num3/4;
size16x16=num3-num4/4;
size8x8=num4;
disp(sprintf('size64x64 = %5.0f Block',size64x64))
disp(sprintf('size32x32 = %5.0f Block',size32x32))
disp(sprintf('size16x16 = %5.0f Block',size16x16))
disp(sprintf('size8x8   = %5.0f Block',size8x8))
Total=((A*B)+(3/4)*(num2+num3+num4))%Total of block this image
free_space_blocks = Total-bit
rc = floor(sqrt(Total));
disp('This threshold in this original image you can use square watermark');
disp(sprintf('Row size   % .0f pixels',rc));
disp(sprintf('Colum size % .0f pixels',rc));
if (length(code) > Total)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   error('Total must be less than codeword length run again press put new variance')
end
disp('=====================================================')
disp('Password for decoder');
disp(sprintf('Row size   % .0f pixels',e));
disp(sprintf('Colum size % .0f pixels',f));
disp(sprintf('Code word length % .0f bit',b));
disp(sprintf('Total % .0f blocks',Total));
disp(sprintf('Variance % .0f ',variance));
disp(sprintf('Layer % .0f ',lay));
disp('=====================================================')
save 'Total' Total variance wmark picture code a b lay;
clear all;
```

2. โปรแกรมการฝังภาพลายน้ำ

```
%======================ENCODER============================%
%VARIABLES:
%average:          mean value of intensities in difference image
%b/bb/bbb/bbbb: setting the cell size
%block:            host target block
%C1/C2/C3/C4:  begining counter of position bit raster scan vector of watermark image
%cell:             cell image output of host image when variance pass
%count:            counter for number of times minimal Cb is used
%Ctemp:            temporary variable to get the minimum Cb used
%diff:             difference image for host-hostr
%Iblock:           host image output when variane pass
%Iout:             host image output with watermark embedded
%num1/num2/num3/num4: begining counter of block in this image
%picture:          host image
%range:            value of maxi-mini, gives range of intensity values for difference image
%results:          vector composed of [range average Ctemp count];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%informational output, no other purpose (no other purpose = NOP)
%Total:                 Total of block this image
%wmarkss:               raster scan vector of code with Total
%=========================================================%
clc;
clear all;
load Total;
wmarkss=zeros(1,Total);
 for g = 1:a
 for h = 1:b
 pix_w=code(g,h);
 wmarkss(1,(h+((g-1)*b)))=pix_w;  %raster scan vector of code with Total
end
end
rand('state',20);
indp = randperm(Total);
for i = 1:length(indp), bit(i) = wmarkss(indp(i));end;wmarkss=bit;
clear i indp bit
%======================Quadtree Partition=========================%
disp('Press wait cpu is runing');
variance=variance;
count=0;
Ctemp=100;
[A,B,layer]=size(picture);
Iblock=zeros(A,B,layer);
cell=picture;b=ones(7);bb=ones(15);bbb=ones(31);bbbb=ones(63);  %setting the size
A=floor(A/64);
B=floor(B/64);
picture=double(picture);
Iout=picture;
num1=0;num2=0;num3=0;num4=0;  %begining counter of block in this image
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
C1=0;C2=0;C3=0;C4=0;  %begining counter of position bit raster scan vector of
watermark image
for lay = lay:lay
Iout(:,:,lay)=picture(:,:,lay);
for i = 1:A
for j = 1:B
block=picture(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j),lay);  %section of 64x64 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for k = (2*i-1):2*i
for l = (2*j-1):2*j
block=picture(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l),lay);  %section of 32x32 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for m = (2*k-1):2*k
for n = (2*l-1):2*l
block=picture(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n),lay);  %section of 16x16 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for O = (2*m-1):2*m
for P = (2*n-1):2*n
block=picture(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P),lay);  %section of 8x8 pixels
C4=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C2=0;C3=0;
[x,y]=size(block);
block=push(x,y,C4,block,wmarkss);
Iout(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P),lay)=block;
cell(((8*O-6):(8*O)),((8*P-6):(8*P)),lay)=b;
Iblock(((8*O-6):(8*O)),((8*P-6):(8*P)),lay)=picture(((8*O-6):(8*O)),((8*P-6):(8*P)),lay);
end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
num4=num4+4;
else
C3=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C2=0;C4=0;
[x,y]=size(block);
block=push(x,y,C3,block,wmarkss);
Iout(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n),lay)=block;
cell(((16*m-14):(16*m)),((16*n-14):(16*n)),lay)=bb;
Iblock(((16*m-14):(16*m)),((16*n-14):(16*n)),lay)=picture(((16*m-14):(16*m)),((16*n-
14):(16*n)),lay);
end
end
end
num3=num3+4;
else
C2=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C3=0;C4=0;
[x,y]=size(block);
block=push(x,y,C2,block,wmarkss);
Iout(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l),lay)=block;
cell(((32*k-30):(32*k)),((32*l-30):(32*l)),lay)=bbb;
Iblock(((32*k-30):(32*k)),((32*l-30):(32*l)),lay)=picture(((32*k-30):(32*k)),((32*l-
30):(32*l)),lay);
end
end
end
num2=num2+4;
else
num1=num1+1;
C1=C1+C2+C3+C4+1;
C2=0;C3=0;C4=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
[x,y]=size(block);
block=push(x,y,C1,block,wmarkss);
Iout(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j),lay)=block;
cell(((64*i-62):(64*i)),((64*j-62):(64*j)),lay)=bbbb;
Iblock(((64*i-62):(64*i)),((64*j-62):(64*j)),lay)=picture(((64*i-62):(64*i)),((64*j-
62):(64*j)),lay);
end
end
end
diff=Iout(:,:,lay)-picture(:,:,lay);
end
mix=Iout/255;
pic=picture/255;
mini=min(min(diff));
maxi=max(max(diff));
range=maxi-mini;
diff=255*(diff-mini)/range;
picture=uint8(picture);
Iout=uint8(Iout);
cell=uint8(cell);
imwrite(Iout,'Mix.bmp');
imwrite(cell,'Cell_Map.bmp');
imwrite(diff,'diff_Image.bmp');
Io=imread('Mix.bmp');
Io=double(Io);
mix=Io/255;
figure(1);clf;
imshow(picture,[ ]);title('Original Image');
figure(2);clf;
imshow(Iout,[ ]);title('Image Mix');
figure(3);clf;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
imshow(diff,[0 255]);title('Diff_Image');
figure(4);clf;
imshow(cell(:,:,:),[ ]);title('Cell Map');
psnr(pic,mix)
save 'endata1' picture wmark  Total variance code a b lay;
save 'endata2' lout picture;
pause;close all;clear all;
```

3. โปรแกรมการหาค่า Signal to Noise Ratio และPeak Signal to Noise Ratio

3.1 Signal to Noise Ratio(SNR)

```
function SNR(a,b);
a=double(a);
b=double(b);
c=0;d=0;
[row,col]=size(a);
for icol=1:col
   for irow=1:row
      c=a(icol,irow)+c;
      d=b(icol,irow)+d;
   end
end
decibels =10*log10((c^2)/((d-c)^2));;
disp(sprintf('SNR = +%5.2f dB',decibels))
```

3.2 Peak Signal to Noise Ratio(PSNR)

```
function PSNR(A,B)
%       PURPOSE: To find the PSNR (peak signal-to-noise ratio) between two
%       intensity images A and B, each having values in the interval
%       [0,1]. The answer is in decibels (dB).
%       SYNOPSIS: PSNR(A,B)
%       DESCRIPTION: The following is quoted from "Fractal Image Compression",
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%          by Yuval Fisher et al.,(Springer Verlag, 1995),
%          section 2.4, "Pixelized Data".
%          "...PSNR is used to measure the difference between two
%          images. It is defined as
%          PSNR = 20 * log10(b/rms)
%           where b is the largest possible value of the signal
%           (typically 255 or 1), and rms is the root mean square
%           difference between two images. The PSNR is given in
%           decibel units (dB), which measure the ratio of the peak
%           signal and the difference between two images. An increase
%           of 20 dB corresponds to a ten-fold decrease in the rms
%           difference between two images.
%           There are many versions of signal-to-noise ratios, but
%           the PSNR is very common in image processing, probably
%           because it gives better-sounding numbers than other
%           measures."
if A == B
  error('Images are identical: PSNR has infinite value')
end
max2_A = max(max(A));
max2_B = max(max(B));
min2_A = min(min(A));
min2_B = min(min(B));
 if max2_A > 1 | max2_B > 1 | min2_A < 0 | min2_B < 0
   error('input matrices must have values in the interval [0,1]')
end
error = A - B;
decibel = 20*log10(1/(sqrt(mean(mean(error.^2)))));
disp(sprintf('PSNR = +%5.2f dB   ',decibel))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โปรแกรมการทดสอบความคงทนลายน้ำ

```
%=========================PROCESSING=======================%
clear all;clc
disp('Press wait cpu is runing');
base = 75;
width = 4*base-1;
height = 3*base-1;
ymin = 60;
xmin = 40;
load endata2;
filtr = ones(3,3)/9;
hostrlpf = filter2(filtr,Iout);
hostrmf = medfilt2(Iout);
[A,B,layer]=size(Iout);
% Iout=imnoise(Iout,'salt & pepper',0.02);
% Iout = imnoise(Iout,'gaussian',0,0.005);
picresize = imresize(Iout,[256 256],'bilinear');
picresize2 = imresize(picresize,[A B],'bilinear');
imwrite(Iout,'Mix100.jpg','quality',100);
imwrite(Iout,'Mix75.jpg','quality',75);
imwrite(Iout,'Mix50.jpg','quality',50');
imwrite(Iout,'Mix25.jpg','quality',25);
Image_Mix100 =imread('Mix100.jpg');
Image_Mix75 = imread('Mix75.jpg');
Image_Mix50 = imread('Mix50.jpg');
Image_Mix25 = imread('Mix25.jpg');
crop = zeros(size(Iout));
crop = 255*crop;
 crop(xmin:xmin+height,ymin:ymin+width) = Iout(xmin:xmin+height,ymin:ymin+width);
L_rotate = imrotate(Iout,-17,'bilinear','crop');
R_rotate = imrotate(L_rotate,17,'bilinear','crop');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
imwrite(L_rotate,'L_rotate.jpg','quality',100);
d1 = uint8(Iout);imwrite(d1,'Unprocess.bmp');
d2 = uint8(picresize2);imwrite(d2,'Resize.bmp');
d3 = uint8(Image_Mix100);
d4 = uint8(Image_Mix75);
d5 = uint8(Image_Mix50);
d6 = uint8(Image_Mix25);
d7 = uint8(crop);imwrite(d7,'LenaCrop.bmp');
d8 = uint8(R_rotate);imwrite(d8,'Rotate.bmp');
d9 = uint8(hostrlpf);imwrite(d9,'Lowpassed.bmp');
d10 = uint8(hostrmf);imwrite(d10,'Median.bmp');
Iout=double(Iout);
Iout=Iout/255;
picresize2=double(picresize2);
picresize2=picresize2/255;
Image_Mix100=double(Image_Mix100);
Image_Mix100=Image_Mix100/255;
Image_Mix75=double(Image_Mix75);
Image_Mix75=(double(Image_Mix75))/255;
Image_Mix50=(double(Image_Mix50))/255;
Image_Mix25=(double(Image_Mix25))/255;
crop=(double(crop))/255;
R_rotate=(double(R_rotate))/255;
hostrlpf=(double(hostrlpf))/255;
hostrmf=(double(hostrmf))/255;
pic=double(picture)/255;
disp('unprocessed'),psnr(pic,Iout)
disp('Lowpass'),psnr(pic, hostrlpf)
disp('median'),psnr(pic,hostrmf)
disp('picresize'),psnr(pic,picresize2)
disp('Image_Mix100'),psnr(pic,Image_Mix100)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
disp('Image_Mix75'),psnr(pic,Image_Mix75)
disp('Image_Mix50'),psnr(pic,Image_Mix50)
disp('Image_Mix25'),psnr(pic,Image_Mix25)
disp('croped'),psnr(pic,crop)
disp('R_rotate'),psnr(pic,R_rotate)
figure(1);clf;imshow(d1,[0 255],'truesize');title('Unprocessed');
figure(11);clf;imshow(d9,[0 255],'truesize');title('Lowpassed');
figure(12);clf;imshow(d10,[0 255],'truesize');title('Mediam');
figure(2);clf;imshow(picresize,[0 255]);title('Scaled down');
figure(3);clf;imshow(d2,[0 255],'truesize');title('Scaled (R)');
figure(4);clf;imshow(d3,[0 255],'truesize');title('JPEG100');
figure(5);clf;imshow(d4,[0 255],'truesize');title('JPEG75');
figure(6);clf;imshow(d5,[0 255],'truesize');title('JPEG50');
figure(7);clf;imshow(d6,[0 255],'truesize');title('JPEG25');
figure(8);clf;imshow(d7,[0 255],'truesize');title('Cropped');
figure(9);clf;imshow(L_rotate,[0 255],'truesize');title('Rotated');
figure(10);clf;imshow(d8,[0 255],'truesize');title('Rotation Corrected');
d=d1;
save 'unprocess' d;  %unprocess
d=d2;
save 'resize' d;  %resize
d=d3;
save 'jpeg100' d;  %jpeg100%
d=d4;
save 'jpeg75' d;  %jepg75%
d=d5;
save 'jpeg50' d;  %jepg50%
d=d6;
save 'jpeg25' d;  %jepg25%
d=d7;
save 'croped' d;  %croped
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
d=d8;
save 'rotation' d;  %rotatio
d=d9;
 save 'lowpass' d; %low pass
d=d10;
 save 'mediam' d;  %mediam
pause; close all;clear all
```

5. โปรแกรมการตรวจเช็คภาพที่มีการหมุนและหมุนกลับ

5.1 การหาค่ามุมของภาพที่มีการหมุน

```
function [ANG] = find_angle(img)
[R,C]=size(img);
i=1;
while (img(1,i)==0)
   i=i+1;
end
W=i-1;
i=1;
while (img(i,1)==0)
   i=i+1;
end
H=i-1;
O=sqrt((W^2)+(H^2));
if O==0
   ANG=0;
else
   A=W/O;
   ANG=acos(A)*(180/pi);
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การหมุนภาพ, การหามุมของภาพที่หมุนและการหมุนกลับ

```
org_img=imread('unprocess','bmp');
img= imrotate(org_img,(75),'bilinear','crop');
a=find_angle(img)
new_img= imrotate(img,(-1*(a)),'bilinear','crop');
imwrite(new_img,'back_rotate2.bmp');
colormap(gray(256));
subplot(131), imagesc(org_img);
subplot(132), imagesc(img);
subplot(133), imagesc(new_img);
```

6. โปรแกรมการแยกคืนลายน้ำ

```
%====================DECODER==============================%
%VARIABLES:
%blockn:        target block from hostr
%blocko:        target block from host
%C1/C2/C3/C4: begining counter of position bit raster scan vector of recovered
scrambled watermark
%Iout:          host image with watermark embedded
%picture:       host image
%indd:          random permutation of vector indices
%wcode:         recovered scrambled watermark
%wmarkr:        recovered, descrambled watermark & raster scan vector of recovered,
scrambled   watermark
%wmarkvr:       descrambled watermark vector
%=========================================================%
close all;clear all;clc;
load endata1;
load endata2;
load Total;
wmarkr = ones(size(wmark));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
wdiff = zeros(size(wmarkr));
picture = double(picture);
[A,B,layer] = size(picture);
[e,f] = size(wmark);
wmark = double(wmark);
wmarks=ones(1,Total);
wcode=zeros(size(code));
wcode=wcode;
d=input('Insert embeded image file name  ','s');
d=imread(d);
disp('Press wait cpu is runing');
C1=0;C2=0;C3=0;C4=0;
%====================Quadtree Partition Decoder====================%
% load jpeg25%load data for image processing 1-10
for lay = lay:lay
for i = 1:A/64;
for j = 1:B/64;
block=picture(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j),lay);  %section of 64x64 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for k = (2*i-1):2*i
for l = (2*j-1):2*j
block=picture(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l),lay);  %section of 32x32 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for m = (2*k-1):2*k
for n = (2*l-1):2*l
block=picture(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n),lay);  %section of 16x16 pixels
variance_new=(std2(block))^2;
if variance_new > variance
for O = (2*m-1):2*m
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for P = (2*n-1):2*n
block=picture(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P),lay);  %section of 8x8 pixels
C4=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C2=0;C3=0;
blockn=d(((8*O-7):8*O),((8*P-7):8*P),lay);
wmarks=black(C4,block,blockn,wmarks);
end
end
else
C3=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C2=0;C4=0;
blockn=d(((16*m-15):16*m),((16*n-15):16*n),lay);
wmarks=black(C3,block,blockn,wmarks);
end
end
end
else
C2=C1+C2+C3+C4+1;
C1=0;C3=0;C4=0;
blockn=d(((32*k-31):32*k),((32*l-31):32*l),lay);
wmarks=black(C2,block,blockn,wmarks);
end
end
end
else
C1=C1+C2+C3+C4+1;
C2=0;C3=0;C4=0;
blockn=d(((64*i-63):64*i),((64*j-63):64*j),lay);
wmarks=black(C1,block,blockn,wmarks);
end
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
end
rand('state',20);  %resetting the seed for the random # generator
indd = randperm(Total);
for i = 1:length(indd),wm(indd(i))=wmarks(i);end;wmarks=wm;
clear i indd wm
wmarks=wmarks(1,1:length(wcode));  %building the recovered, scrambled watermark
vector for descrambling
decpm=wmarks;
rand('state',13);%resetting the seed for the random # generator
indd = randperm(e*f);%recovering the random index vector for descrambling
wmarkvr=ones(size(decpm));
for i = 1:length(indd), wmarkvr(indd(i)) = decpm(i);end  %inverse scrambling operation
for i=1:e, wmarkr(i,:) = wmarkvr((i-1)*f+1:i*f);end; clear wmarkvr i;
clear  name num A B e f ;
picture=uint8(picture);
correlation=corr2(wmark,wmarkr)
subplot(2,2,1);
imshow(picture);title('Original Image');
subplot(2,2,2);
imshow(d);title('Embeded Image');
subplot(2,2,3);
imshow(wmark);title('Original wmark');
subplot(2,2,4);
imwrite(wmarkr,'kmitl1_crop.bmp');
imshow(wmarkr);title('Decoder');
wmarkr = uint8(255*wmarkr);
clear wmark wmarkr ;
pause; close all;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

1. Somchok Kimpan, Attasit Lasakul, and Keattisak Sripimanwat. "**Adaptive Watermarking in Spatial Domain for Still Image**" The First Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications, and Information Technology (ECTI), May 13-14, 2004.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adaptive Watermarking in Spatial Domain for Still Image

Somchok Kimpan[1]
Attasit Lasakul[1], and Keattisak Sripimanwat[2]
[1] Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, E-mail: kksomcho@kmitl.ac.th, klattasi@kmitl.ac.th
[2]Telecommunication and Network Lab, NECTEC, Thailand
E-mail: keattisak_s@notes.nectec.or.th

ABSTRACT

In this paper, watermarking for still image is proposed. Image watermarking is performed in spatial domain that not only easy but also good result. A watermark image as binary image is embedded onto a original image by using method that gray levels of pixels in original image blocks is modified to appropriate a intensity of block. A variation of watermark image bits in order to embed the original image block selected affects to embedded block intensity and also it depends on original image block intensity. The block size is adapted as intensity of original image and capacity of watermark image in order to embed. As method of varying block size proposed, the effect of block size adaptation is good and also watermark image is robust to a number types of degradation. As the proposed method, quality of the original image is at least affected.

Keywords: Watermarking, Spatial Domain.

1. INTRODUCTION

Nowadays, the copyright-protection of digital data that is lawlessly duplicated is more important to verification to owner of data by embedding a number of symbols. Particularly, for symbols being binary image, intensity to show owner is greatly interesting. In case of embedding in spatial domain, the smaller size image, the lower complicated image is embedded. However, both spatial and frequency domain are taken into account three properties, that is, robustness of watermark to disturbance in a number of patterns, perceptual invisibility, and capacity. Recently, several watermarking methods are proposed to trade-off properties as mentioned in both spatial and frequency domain [1], [2] and [3].

Recently, image watermarking based on spatial domain [3] has shown the good result. The cornerstone is adjusting intensity level of pixel's brightness level of block by that let block size of original image, all size of 512×512 pixels, be constant of 4×4 pixels. Any blocks is embedded by binary image of one bit, 0 or 1, by when the binary image is embedded by bit of 1, brightness is then increased in the block and in opposite directions, brightness is decreased when the binary image is embedded by bit of 0. In procedure of extracting watermark, comparative method of the watermarked image to original image is applied to restore the desired watermark. The disadvantage of the mentioned method is constant block size assignment, 4×4 pixels. The block size is greatly important to robustness property of watermark. The larger block size, the higher robustness. In adjusting brightness the total pixels of each block is adjusted with the same value. If intensity of block is over, brightness is then readjusted both increasingly and decreasingly. In recent method, the extension of block is only applied even though it is more robust but the watermarked image is more changed causing blocking effect certainly. Fig.1 shows the watermarked image from original image of 512×512 pixels and gray levels of 256 with the recent method by that image is equally divided onto a large block of 16×16 sizes.

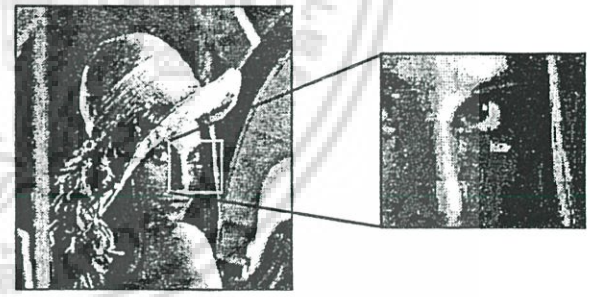


Fig.1: Blocking effect from the large extended block.

2. THE PROPOSED METHOD

From the mentioned disadvantage, we propose a way to improve the watermarking method to better results as the following steps.

Step 1: Original image with size of 512×512 pixels is divided onto several blocks with size of 64×64, 32×32, 16×16 and 8×8 pixels. The quadtree method was proposed in [4] by using two condition that is the smallest block size of 8×8 and appropriate threshold -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลง เนื้อหาส่วนหนึ่งส่วนใดของเอกสารนี้ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของเอกสาร และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

level assignment comparing with intensity value of block from (1), variance, in procedure of quadtree.

$$A_k = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\mu - x_k(i))^2}{n-1} \qquad (1)$$

where A_k is intensity value of the k[th] block and k varies from 0 to ,less and equal, a number of pixels of watermark to embed, μ is mean of brightness level of the block, $x_k(i)$ is brightness level of the ith pixel of the k[th] block, and n is a total number of pixels of the k[th] block. As mentioned, image is divided either large block or small block depending on intensity level following as each of location of original image region. The larger block, the lower intensity level, and the smaller one, the more intensity level. The variable block size being distribution is to have equally approximate robustness of all block. Fig.2 shows dividing the Lena image onto a number of blocks based on intensity of 189.

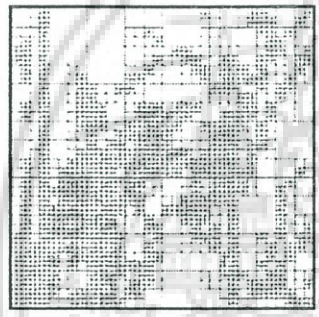


Fig. 2: Several block size from dividing original image.

Step 2: Brightness of pixels in each block is adjusted. Block size of 4×4 pixels from the recent method [3] by that let b be watermark bit is shown in Fig.3. Pixels in block are first ordered from low to high value. Mean g_{mean} in the block is calculated. g_{min}, g_{max} are the minimum and maximum value of one, respectively. m_H, m_L are mean between high and low side block. Additional understanding sees Fig.3. The procedure to embed watermark into block with bit as 1 or 0 where g_{old} is original brightness level and g_{new} is new brightness after the pixels in the changed block is as following.

Watermark as bit of 0

$g_{new} = g_{min}$ if $g_{old} < m_L$,

$g_{new} = g_{mean}$ if $g_{mean} \le g_{old} < m_H$,

$g_{new} = g_{old} - C_b$ otherwise.

Watermark as bit of 1

$g_{new} = g_{max}$ if $g_{old} > m_H$,

$g_{new} = g_{mean}$ if $m_L \le g_{old} < g_{mean}$,

$g_{new} = g_{old} + C_b$ otherwise.

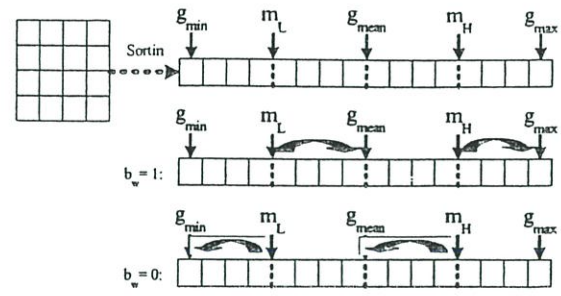


Fig. 3: Improving brightness level of each pixel in block.

Either high or low value of C_b dependents on intensity of the block which can calculate from (2).

$$C_b = \max(C_{min}, \alpha(g_{max} - g_{min})) \qquad (2)$$

where C_{min} and α are the appropriately assigned value in order to change the watermarked image to differ from the original image in sense of data while preserving the human visual system as the original one. In case of the very low intensity value of block, meaning that brightness level of area is almost equal, for the recent method as mentioned, brightness level of all pixel in the block is adjusted with the same value that can be calculated as step 2. To avoid the mentioned disadvantage, the blocks that have size larger than that of 8×8 pixels are partially divided onto blocks of size of 8×8 pixels. Intensity of each of partially divided block is calculated although the large block is embedded by watermark bit of either 0 or 1. As the above method, the intensity of each of large block is differently adjusted, more or less; it is dependent on intensity of the sub-block. The more intensity, the more adjustment and in opposite directions, the less one, the less adjustment. The effect of above performing to the original image to embed watermark is to the smallest degradation.

The diagram of overview system is shown in Fig.4, seeing that additional component is part of alternation of watermark as linear feedback shift register (LFSR) [5] in order to increase the hardness for restoring the watermark from unauthority.

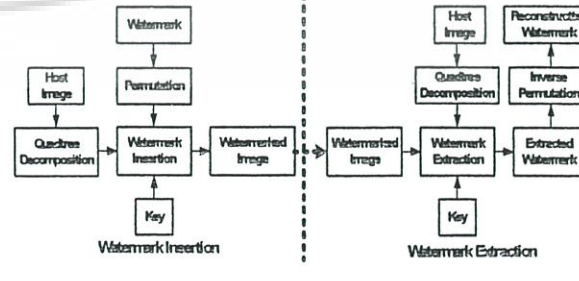


Fig. 4: Experiment of insertion and extraction watermark by the proposed method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For procedure of extracting watermark, we use the original image to process the procedure of dividing block that the same as the embedding procedure to compare intensity of block for different size with the block of watermarked image. Let S_o and S_{new} be total of all pixel brightness in comparatively desired block of original image and in watermarked image, respectively. Result of extracting watermark bit of each one can be calculated as

$$\begin{aligned} b &= 1 \quad \text{if } S_{new} > S_o \\ b &= 0 \quad \text{otherwise} \end{aligned} \tag{3}$$

3. EXPERIMENTAL RESULTS

In the experiments, the host image is of size 512×512 pixels with 256 gray levels. The watermark as character image of size of 46×46 pixels is employed to embed for the proposed method. Following as Fig.4, the original image is embedded by watermark and the watermarked image is transmitted via disturbed environment such as low-pass filter, median filter, JPEG data compression as several bit rates, scaling and rotating. Normalized cross correlation (NC) and peak signal to noise ratio (PSNR) are used to evaluate the quality or nearness to original watermark as (4) and (5), respectively.

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j p_{ij} p_{ij}^*}{\sum_i \sum_j (p_{ij})^2} \tag{4}$$

where p_{ij} and p_{ij}^* are $(i,j)^{\text{th}}$ pixel position of the original watermark and the extracted one by that $1 \le (i,j) \le 46$, respectively.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \tag{5}$$

where MSE is mean square error.

(a) (b)

Fig. 5: Illustrates the proposed method
(a) Watermarked image (b) Extracted watermark.

(a) (b)

Fig. 6: Result of Low-pass filtering
(a) Watermarked image (b) Extracted watermark.

(a) (b)

Fig. 7: Result of Median filtering
(a) Watermarked image (b) Extracted watermark.

(a) (b)

Fig. 8: Result of JPEG 75% compression
(a) Watermarked image (b) Extracted watermark.

(a) (b)

Fig. 9: Result of scaling image
(a) Watermarked image (b) Extracted watermark.

(a) (b)

Fig. 10: Result of rotation image
(a) Watermarked image (b) Extracted watermark.

Fig.5(a) shows the watermarked image with intensity of 189 to be used to divide block. This intensity is changed as size of desired watermark to embed. In order to adjust a number of blocks being more than or equal a number of data to be embedded, the larger a number of bits require to embed, the less intensity used to divide block is. Fig.5(b) shows the extracted watermark from Fig. 5(a).

Table 1: Numerical results of PSNR and NC from Image.

Image	Lena	Peppers	boat	Baboon
PSNR	32.21	32.32	31.07	27.16
3×3 LPF	0.9467	0.9344	0.9500	0.9939
3×3 Med	0.9990	1.0000	0.9909	1.0000
JPEG 75%	0.9980	0.9990	0.9990	1.0000
Rotating	0.8490	0.8142	0.8651	0.8547
Scaling	0.9447	0.9298	0.9241	0.9939

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

To show the robustness of the proposed method under common image processing operations, we have processed the watermarked image using the following operation: low-pass filtering, median filter, JPEG compression, scaling and rotating. Fig.6(a) shows the result of applying low-pass filtering to the watermarked image. The filter is a neighborhood averaging operation with a mask of 3×3 size. Fig.6(b) shows the extracted watermark from Fig.6(a). The NC between the extracted watermark and original one is of 0.9467. Fig.7(a) shows the result of applying 3×3 neighborhood median filtering to the watermarked image. The extracted watermark is shown in Fig.7(b). The NC between the extracted watermark and original one is of 0.9990. We can easily verify the existence of the watermak although there is some distortion in the extracted watermark.

To show the robustness of the proposed method under lossy JPEG compresion, we first compress the watermarked image and then extract the watermark from the compressed image. Fig. 8(a) shows the compressed image with a quality factor of 75%. The extracted watermark is shown in Fig.8(b). The NC between the extracted watermark and original one is of 0.9980.

Fig.9(a) shows the result of applied scaling the watermarked image reduced to one quarter of its original size (256×256) and rescaled back to 512×512.The extracted watermark is shown in Fig. 9(b). The NC between the extracted watermark and original one is of 0.9447. Fig.10(a) show the result of applying the rotated watermarked image. It is rotated by 12 degrees to the right and then rotated back to it is original position. The extracted watermark is shown in Fig.10(b). The NC between the extracted watermark and original one is of 0.8490.The experiments with other host image standard. Numerical results to evaluate PSNR and NC criteria are shown in Table 1.

4. CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS

In this paper, we have discussed embedding the binary image as watermark into original image in spatial domain. Taking into account a basis requirement is the perceptual invisibility, robustness and capacity. The proposed method requires the smallest capacity because implementation of small image watermarking is popular such as company symbol or signature. Method of embedding watermark is adjusting brightness of block by dividing the original image onto different size block from the largest size into the smallest size being of 8×8 pixels, alternatively. The block size depends on intensity of the area and a number of blocks can be changed as a number of the desired watermark to embed. Experimental results show that moreover adjusting block size and increasing or decreasing brightness take into account sub-area in block giving better results. However, the cropped degradation is still a problem for this technique.

5. REFERENCES

[1] O. Bruyndonckx, J. J. Quisquater and B. Macq, "Spatial method for copyright labeling of digital image," in *Proceeding of IEEE Nonlinear Signal Processing Workshop*, pp.456-459, 1995.

[2] I. J. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. Image Processing*, vol.6, no.12, pp. 1673-1687, 1997.

[3] L. Chang-Hising, L. Yeuan-Kuen, "An adptive digital image watermarking technique for copyright protection," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol.45, no.4, pp.1005-1015, 1999.

[4] L. Choong-Hoon, O. Hwang-Seok and L. Heung-Kyu, "Adaptive digital image watermarking using variable size of block in frequency domain," *IEEE TENCON*, pp.702-705, 1999.

[5] G. Stephen Wilson, *Digital Modulation and Coding*, Prentice-Hall International Inc, 1996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารต้นฉบับทุกครั้ง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายสมโชค กิ้มปาน
วัน/เดือน/ปี เกิด	18 ตุลาคม 2515
ประวัติการศึกษา	2534 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นต้น (ปวช.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช
	2536 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีจอมเกล้าพระนครเหนือ
	2538 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศบ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2536 - พ.ศ.2540	ตำแหน่งพนักงานเครื่องคอมพิวเตอร์ สังกัดสำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2540 – ปัจจุบัน	รับราชการตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ สังกัดสำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้