รายงานโครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2550

เรื่อง

การพัฒนาเทคนิคลายน้ำดิจิตอลสำหรับการประยุกต์ใช้เพื่อการถ่ายโอนข้อมูลสื่อประสมด้วยอุปกรณ์การสื่อสารเคลื่อนที่

Digital Watermarking Technique for Mobile Multimedia Content Delivery Application

โดย

นายณฐพล พันธุวงศ์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานโครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2550

เรื่อง

การพัฒนาเทคนิคลายน้ำดิจิตอลสำหรับการประยุกต์ใช้เพื่อการถ่ายโอนข้อมูลสื่อประสมด้วยอุปกรณ์การสื่อสารเคลื่อนที่

Digital Watermarking Technique for Mobile Multimedia Content Delivery Application

โดย

นายณฐพล พันธุวงศ์

RCH
QA
76.9
.A25
ณ1197
ป. 2
สชหมู่ 06507
สชทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ค. 2554

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 19154660
i.

พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากรูปภาพที่ผ่านการถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์การสื่อสารเคลื่อนที่นั้น จะเกิดปัญหาอันเนื่องจากการบิดเบือนเชิงเรขาคณิตในรูปแบบต่างๆ เช่นการหมุนภาพ รวมทั้งเกิดการบิดเบือนอันเนื่องมาจากการแปลงเชิงภาพฉายด้วย ในปัจจุบันมีวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลที่มีความทนทานต่อการบิดเบือนเชิงเรขาคณิตที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างมากมาย เช่นการฝังลายน้ำดิจิตอลที่มีความทนทานต่อการแปลงเชิงภาพฉาย, การฝังลายน้ำดิจิตอลในรูปภาพแบบฮาล์ฟโทน วิธีการเหล่านี้ไม่สามารถนำมาใช้งานได้กับรูปภาพที่ผ่านการถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์การสื่อสารแบบเคลื่อนที่

งานวิจัยนี้ จะได้ทำการพัฒนาวิธีการฝังและตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากรูปภาพที่ผ่านการถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์การสื่อสารเคลื่อนที่โดยจะได้ทำการฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปในบริเวณรูปภาพโฆษณานั้น ๆ ซึ่งจะมีการแบ่งบริเวณของรูปภาพออกเป็นพื้นที่ย่อย ๆ ในแต่ละพื้นที่นั้นจะเป็นการฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลจำนวนหนึ่งบิต ซึ่งในการฝังลายน้ำดิจิตอลนั้นจะได้ทำการพัฒนาวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปในแต่ละส่วนย่อยโดยการใช้การปรับค่า แอลฟ่า ให้เป็นไปตามที่กำหนด สำหรับการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลนั้นได้ใช้การพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่า แอลฟ่า ในแต่ละพื้นที่ย่อย ๆ ที่ได้แบ่งไว้ในขั้นตอนของการฝังลายน้ำนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Detection of a digital watermark acquired by digital camera is made a difficult by the so-called synchronization problem or geometric distortion such as rotation and projective transformation. Nowadays, there are many watermarking method that can counterattack against those distortions, i.e. using cross-ration or embedding in half-tone. Those methods can not used for images captured by digital camera attached with the mobile phone.

In this research, a digital watermarking method was developed so that it is invariant to various distortions and can apply to the images taken by mobile phone. For embedding scheme, the original image was divided to some areas; each area is used to embed one information bit by modifying the alpha value of image's pixels those lay along the edges inside the image. For detection part of the proposed method, the average of alpha value of each area that divided as done in the embedding part is used as a criterion for the detection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากเงินรายได้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

บทที่

1. ที่มาของปัญหาและวัตถุประสงค์..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัย..... 4

1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 5

2. วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอล..... 6

2.1 วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลแบบแอลเอสบี..... 6

2.2 วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลแบบกระจายความถี่..... 7

2.3 วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลแบบ Half Tone..... 9

3. การฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยการปรับค่า แอลฟ่า..... 11

3.1 วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอล..... 11

3.2 วิธีการตรวจจับลายน้ำดิจิตอล..... 14

4. การทดลอง..... 16

4.1 การทดลองเพื่อพิจารณาช่วงของค่า แอลฟ่า ที่เหมาะสม..... 16

4.2 การทดลองเพื่อพิจารณาความทนทานของรูปภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอล..... 17

4.3 การทดลองเพื่อพิจารณาความสามารถในการซ่อนข้อมูล (Imperceptible)..... 20

5. สรุปผลการวิจัย..... 21

เอกสารอ้างอิง..... 22

ภาคผนวก..... 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
ที่มาของปัญหาและวัตถุประสงค์

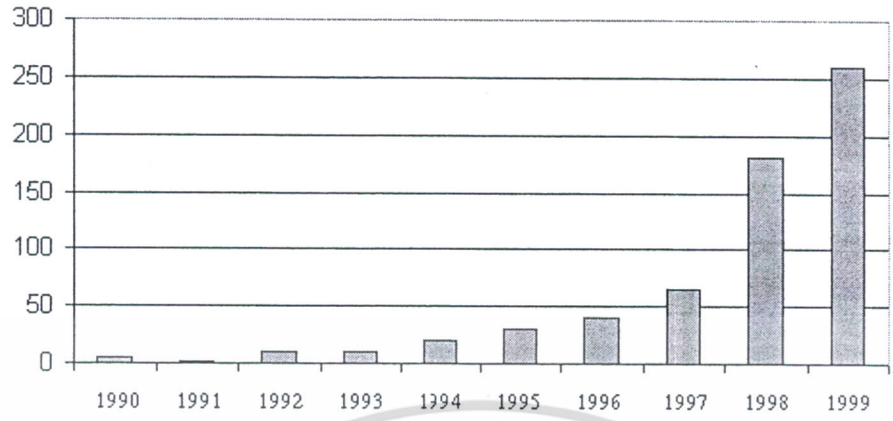
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ผ่านทางระบบการสื่อสารไร้สายเช่นคอมพิวเตอร์แบบพกพา (PDA phone) หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile phone) ได้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่นการดาวน์โหลดริงโทน หรือรูปภาพจากผู้ให้บริการ ซึ่งการใช้งานโดยทั่วไปจะเป็นการส่งข้อมูลรหัสของข้อมูลที่ต้องการเป็นข้อความสั้นไปยังผู้ให้บริการ ซึ่งเป็นความยุ่งยากในการใช้งาน อีกทั้งอาจจะเกิดข้อผิดพลาดในการส่งข้อความซึ่งทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายได้

แนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาได้ คือใช้การถ่ายภาพซึ่งเป็นภาพที่ใช้ในการโฆษณาที่พบเห็นได้โดยทั่วไปในนิตยสารต่างๆ นั้น แล้วส่งไปยังผู้ให้บริการแทน โดยที่จะได้ทำการใช้การฝังข้อมูลรหัสเพื่อบ่งบอกถึงข้อมูลที่ต้องการลงไปในรูปภา พด้วยเทคนิคการซ่อนข้อมูลด้วยลายน้ำดิจิตอลซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อที่จะทำการฝังข้อมูลลิขสิทธิ์ (Copyright) ของแฟ้มข้อมูลรูปภาพนั้นลงไป สำหรับการนำเอาลายน้ำดิจิตอลไปใช้งานกับรูปภาพที่ถ่ายด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นอาจจะทำให้ลายน้ำดิจิตอลเสียหายได้ เนื่องจากปัญหาทางด้านความละเอียดของกล้องถ่ายภาพที่น้อยเกินไป, การเกิดการบิดเบือนเชิงเรขาคณิตในรูปแบบต่างๆ นอกจากนี้การซ่อนลายน้ำดิจิตอลในรูปภาพที่ใช้โฆษณานี้ก็มีความยุ่งยากเพราะจำเป็นจะต้องให้ลายน้ำดิจิตอลมีความกลมกลืนกับรูปภาพต้นฉบับด้วย

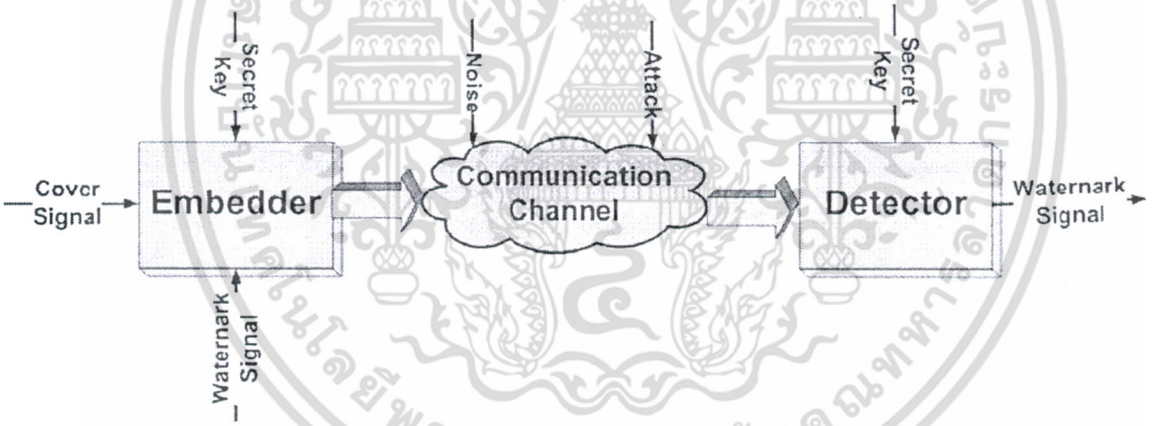
เทคนิคการฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลสำหรับสื่อประเภทรูปภาพจึงถูกพัฒนาขึ้นมา เพื่อที่จะทำการฝังข้อมูลลิขสิทธิ์ (Copyright) ของแฟ้มข้อมูลรูปภาพนั้นลงไป ในปัจจุบันเทคนิคการฝังลายน้ำดิจิตอลสำหรับสื่อประเภทรูปภาพ ได้ถูกพัฒนาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีกมากมายเช่น การเพิ่มข้อมูลประกอบเกี่ยวกับรูปภาพ (Data annotation) หรือ การฝังข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่ารูปภาพนั้นได้ถูกดัดแปลงมาก่อนหรือไม่ (Authentication) การฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลได้เริ่มเป็นที่สนใจของนักวิจัยทั่วไปตั้งแต่ปีค.ศ.1990 โดยเริ่มเติบโตอย่างรวดเร็วในปี 1995 เรื่อยมา ดังรูปที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 จำนวนเอกสารเกี่ยวกับลายน้ำดิจิตอลที่ถูกตีพิมพ์ตั้งแต่ปีค.ศ.1990 ถึงปีค.ศ. 1999 [1]

ลายน้ำดิจิตอลคือรหัสข้อมูลแบบดิจิตอลที่ทำการบรรจุลงไปในสื่อประเภทต่างๆ เช่นรูปภาพโดยที่ระบบของการสื่อสารด้วยข้อมูลลายน้ำดิจิตอลสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การเทียบเคียงระหว่างระบบลายน้ำดิจิตอลและระบบการสื่อสาร

ระบบการสื่อสารด้วยข้อมูลลายน้ำดิจิตอลจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนฝังข้อมูล (Embedder) ซึ่งเป็นส่วนในการฝังข้อมูลเข้าไปในรูปภาพที่ต้องการจะใช้ในการสื่อสาร โดยที่ข้อมูลเข้าของส่วนนี้คือแฟ้มข้อมูลรูปภาพที่ต้องการจะฝังลายน้ำดิจิตอล (Cover signal) และข้อมูลลายน้ำดิจิตอล (Watermark signal) สำหรับรหัสลับ (Watermark) จะถูกใช้เพื่อสร้างความปลอดภัยในการเข้าถึงลายน้ำดิจิตอล ซึ่งจะมีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้และการนำลายน้ำดิจิตอลไปประยุกต์ใช้ เมื่อได้รูปภาพที่ผ่านการฝังข้อมูลเรียบร้อยแล้วรูปภาพนั้นจะสามารถนำไปใช้ในการสื่อสารได้โดยปกติ ซึ่งในระหว่างการสื่อสารอาจจะมีสัญญาณรบกวน (Noise) หรือการโจมตีรูปภาพในรูปแบบต่างๆ (Attack) เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ข้อมูลรูปภาพและข้อมูลลายน้ำดิจิตอลเสียหายได้ ซึ่งรูปภาพที่ผ่านการฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลจะต้องมีความทนทานต่อสิ่งเหล่านี้ ส่วนสำคัญส่วนที่สองคือส่วนตรวจจับข้อมูลลายน้ำดิจิตอล (Detector) ซึ่งมีหน้าที่ในการตรวจจับและถอดข้อมูลลายน้ำดิจิตอลออกมาจากรูปภาพนั้น ๆ โดยที่หากมีการเข้ารหัสข้อมูลไว้ ก็จะต้องมีกระบวนการในการถอดรหัสด้วยโดยใช้รหัสลับ (Secrete key) ที่ใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลมาใช้ในการถอดรหัส ซึ่งเมื่อผ่านการถอดรหัสและการถอดข้อมูลแล้วก็จะได้ข้อมูลลายน้ำดิจิตอลตามที่ได้บรรจุลงไป

การฝังลายน้ำดิจิตอลนั้นควรจะมีคุณสมบัติที่สำคัญ ๆ ดังนี้ [2]

1. ความทนทาน (Robustness) : ข้อมูลลายน้ำดิจิตอลควรจะคงอยู่ในรูปภาพนั้นๆ ไม่ว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับรูปภาพนั้นก็ตาม เช่นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของรูปภาพ, การโจมตีจากผู้ที่ต้องการจะทำลายรูปภาพเหล่านี้, การบีบอัดข้อมูล, การพิมพ์ภาพและการถ่ายภาพเป็นต้น แนวทางหนึ่งที่สามารถทำให้ลายน้ำดิจิตอลมีความทนทานสูงคือ การฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลเดียวกันลงไปในหลายๆ พื้นที่ของรูปภาพ รวมทั้งการให้กำลังงานของข้อมูลลายน้ำดิจิตอล (Watermark power) มีค่าสูงก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ทำให้ลายน้ำดิจิตอลมีความทนทานมากขึ้น

2. การไม่ทำให้คุณสมบัติของภาพต้นฉบับสูญเสียไป (Imperceptibility) : คือรูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำดิจิตอลแล้ว และรูปภาพต้นฉบับจะต้องไม่แตกต่างกันหรือไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทการรับรู้ของมนุษย์ทั่วไปได้โดยง่าย ซึ่งวิธีที่จะทำให้ข้อมูลลายน้ำดิจิตอลไม่ทำให้คุณสมบัติของภาพต้นฉบับสูญเสียไปคือ การควบคุมกำลังงานของข้อมูลลายน้ำดิจิตอลให้มีค่าน้อยไม่เกินขีดระดับความสามารถในการรับรู้ของมนุษย์

3. ปริมาณข้อมูลที่สามารถบรรจุได้ (Capacity) รูปภาพที่ทำลายน้ำดิจิตอล ควรจะสามารถฝังข้อมูลได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ตามความต้องการของการนำไปประยุกต์ใช้โดยที่คุณสมบัติที่สำคัญทั้งสามที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะมีคุณสมบัติที่แปรผกผัน (Trade-off)ซึ่งกันและกัน เช่นหากต้องการให้ข้อมูลมีความทนทานสูงและฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลได้มากมีความจำเป็นต้องเพิ่มกำลังของลายน้ำให้สูง ซึ่งมีผลให้ความสามารถในการซ่อนข้อมูลต่ำลง

นอกจากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกเช่น

1. การเข้ารหัสลับ (Encryption) เพื่อทำให้ข้อมูลลายน้ำดิจิตอลมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้นต่อการเข้าถึงจากบุคคลที่ไม่ต้องการ โดยการเข้ารหัสนั้นควรใช้การเข้ารหัสแบบไม่สมมาตร (Asymmetrical coding) เนื่องจากว่ามีความยุ่งยากในการถอดรหัสมากกว่าการเข้ารหัสแบบสมมาตร (Symmetrical coding)

2. การเข้ารหัสตรวจจับความผิดพลาดของข้อมูล (Error detection code) หรือการเข้ารหัสเพื่อแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล (Error correction code) ซึ่งจะช่วยให้ข้อมูลลายน้ำดิจิตอลมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น

ลายน้ำดิจิตอลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายรูปแบบ ในหัวข้อนี้จะได้อธิบายถึงรูปแบบการนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การป้องกันสิทธิ์ (Copyright protection) : ในปัจจุบันรูปภาพสามารถถูกคัดลอกได้โดยง่าย ถึงแม้ว่าผู้ผลิตรูปภาพจะมีเอกสารเพื่อรับรองการเป็นเจ้าของก็ตาม ลายน้ำดิจิตอลสามารถนำมาช่วยเหลือได้ โดยการฝังข้อมูลเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ของรูปภาพนั้นลงไปในรูปภาพโดยตรง

2. การตรวจสอบความถูกต้องของรูปภาพ (Authentication) : ในการสื่อสาร รูปภาพต่างๆสามารถถูกแก้ไขได้โดยง่าย ซึ่งหากรูปภาพนั้นมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ที่ต้องการความถูกต้องของข้อมูลสูงเช่นกระบวนการทางยุติธรรม ความถูกต้องของรูปภาพจะเป็นสิ่งที่สำคัญมาก การตรวจสอบความถูกต้องของรูปภาพกระทำได้โดยการฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปในรูปภาพในบริเวณต่างๆ ซึ่งถ้าหากรูปภาพได้ผ่านการแก้ไขดัดแปลงแล้วจะทำให้ไม่สามารถตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากรูปภาพนั้นได้

3. การเพิ่มข้อมูลประกอบ (Data annotation) : เป็นการเพิ่มข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับรูปภาพนั้นๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปภาพนั้นๆ ต่อไปได้ เช่นการฝังข้อมูลรายละเอียดลงไปในป้ายประกาศต่างๆ เมื่อผู้พบเห็นทำการนำรูปภาพนั้นกลับเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ก็จะสามารถตรวจจับลายน้ำดิจิตอลเพื่อรับทราบถึงข้อมูลประกอบอื่นๆ ได้

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลอยู่อย่างมากมาย เช่นวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปในรูปภาพที่อยู่ในรูปแบบฮาล์ฟโทน (Halftone image) [3] ซึ่งจะใช้รูปแบบของตำแหน่งลายน้ำเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการตรวจจับลายน้ำดิจิตอล แต่วิธีการนี้ไม่สามารถนำมาใช้งานกับงานวิจัยนี้ได้เนื่องจากว่าความละเอียดของกล้องที่ใช้ถ่ายภาพนั้นมีไม่เพียงพอ ซึ่งหากจะเพิ่มความเด่นชัดของลายน้ำดิจิตอลเพื่อให้สามารถถ่ายภาพได้ก็จะทำให้รูปภาพต้นฉบับเสียหายไปได้ หรือวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลที่มีความทนทานต่อการแปลงเชิงภาพฉาย [4] ซึ่งเป็นการบิดเบือนอันเนื่องมาจากการถ่ายภาพนั้นก็ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ เนื่องจากวิธีการนี้นั้นจำเป็นที่จะต้องใช้พื้นที่ในการฝังลายน้ำพอสมควร ซึ่งไม่เหมาะกับรูปภาพที่ใช้ในการโฆษณาเพราะเป็นรูปภาพขนาดเล็ก โครงการวิจัยนี้จึงได้พัฒนาวิธีการตรวจสอบลายน้ำดิจิตอลสำหรับภายถ่ายจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยจะเป็นการเปรียบเทียบแนวความคิดสองวิธีการคือ การพิจารณาความหนาแน่นของลายน้ำดิจิตอล และการใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยการฝังลายน้ำดิจิตอลแบบการแผ่กระจายความถี่ (Spread spectrum watermarking) [5]

1.2 วัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังนี้

(1) เพื่อทำการศึกษา และพัฒนาวิธีในการสร้างลายน้ำดิจิตอลสำหรับรูปภาพถ่ายจากอุปกรณ์การสื่อสารเคลื่อนที่

(2) ทำการพัฒนา เปรียบเทียบ และประเมินผลการตรวจสอบลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้นั้นจะได้ทำการพิจารณารูปภาพที่ใช้ในการโฆษณาเพื่อดาวน์โหลดรูปภาพ หรือข้อมูลอื่นๆ จากผู้ให้บริการว่ามีรูปแบบลักษณะเป็นอย่างไร จากนั้นจะได้ทำการสร้างรูปภาพขึ้นมาให้มีลักษณะรูปแบบเดียวกันกับรูปภาพที่ได้พิจารณาข้างต้นเพื่อใช้ในการฝังและตรวจจับลายน้ำดิจิตอลทั้งสองวิธีการที่ได้กล่าวไปข้างต้น หลังจากนั้นจะเป็นการพิจารณาเปรียบเทียบผลการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลว่าทั้งสองวิธีการนั้น วิธีการใดให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ นอกจากนี้จะได้ทำการสอบถามเพื่อพิจารณาเปรียบเทียบว่าวิธีการเข้าถึงข้อมูลแบบเดิม และวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นวิธีการใดที่จะใช้งานได้สะดวกกว่า โดยการสอบถามจะได้ทำการสอบถามไปยังกลุ่มนักเรียน และนักศึกษาซึ่งเป็นกลุ่มประชากรที่ใช้งานบริการนี้มากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลนั้นจะกระทำโดยการเปรียบเทียบผลการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากรูปภาพที่ผ่านการถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์การสื่อสารเคลื่อนที่ โดยเป็นการเปรียบเทียบจากสองวิธีการที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น นอกจากนี้จะได้มีการวิเคราะห์ผลการสอบถามจากกลุ่มประชากร เพื่อสรุปว่าวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นมีประโยชน์และนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงหรือไม่

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

โครงการวิจัยนี้ ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากรูปภาพที่ผ่านการถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์การสื่อสารเคลื่นที่ โดยมีขอบเขตในการศึกษาดังนี้

- การถ่ายภาพนั้นจะต้องทำการถ่ายภาพตลอดทั่วทั้งรูปภาพ
- รูปภาพที่ผ่านการถ่ายภาพนั้นจะต้องถูกถ่ายให้มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (เต็มหน้าจอการแสดงผล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอล

ในปัจจุบันมีวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลที่ได้ถูกนำเสนอออกมาอย่างมากมาย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเป้าหมายของวิธีเหล่านั้นคือเพื่อทำการฝังลายน้ำดิจิตอลที่มีความทนทาน และความสามารถในการซ่อนข้อมูลที่ดีพอสมควร

การฝังลายน้ำดิจิตอลนั้น จะใช้ประโยชน์จากข้อจำกัดของระบบการมองเห็นของมนุษย์(Human visual system) กล่าวคือส่วนรับแสงของดวงตามนุษย์ (Retina) จะประกอบด้วยส่วนที่ไวต่อการรับรู้ข้อมูลภาพ (Photo receptors) ซึ่งแบ่งได้เป็นสองชนิดคือ ร็อด (Rods) และ โคน (Cones)โดยส่วนเซลล์ร็อดจะมีความไวต่อความเข้มแสงทำให้สามารถมองเห็นความแตกต่างทางด้านความสว่างของสี ส่วนเซลล์โคนนั้นจะมีความไวต่อแสงสีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งการรับรู้ของมนุษย์นั้น จะไม่สามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงความสว่างของสีเพียงเล็กน้อยได้ รวมทั้งจะรับรู้ถึงความเปลี่ยนแปลงในแสงสีน้ำเงินน้อยกว่าแสงสีอื่นๆ ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วการฝังลายน้ำดิจิตอลในขอบเขตทางพื้นที่ (Spatial domain) จะทำการแก้ไขรูปภาพเพื่อฝังลายน้ำดิจิตอลในส่วนของสีน้ำเงินสำหรับภาพสี และความสว่างของรูปภาพสำหรับภาพระดับสีเทา โดยจะทำการแก้ไขข้อมูลภาพเพียงเล็กน้อย ซึ่งทำให้มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นความแตกต่างที่เกิดขึ้นได้ ในบทนี้จะได้นำเสนอวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลที่ใช้งานโดยทั่วไป 3 วิธีดังนี้

2.1 วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลแบบแอลเอสบี [1]

วิธีแอลเอสบีนี้เป็นวิธีในการฝังข้อมูลลงในรูปภาพที่ง่าย และเป็นที่รู้จักมากที่สุดวิธีหนึ่งซึ่งหลักการทำงานคือจะนำข้อมูลลายน้ำดิจิตอลแต่ละบิตเข้าไปเก็บไว้ในบิตที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดของแต่ละไบต์ข้อมูลของรูปภาพ การแก้ไขในบิตที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดนี้รูปภาพจะไม่ถูกแก้ไขมากเกินไปซึ่งจะมีผลให้ผู้พบเห็นรูปภาพจะไม่รับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตัวอย่างการทำงานของวิธีแอลเอสบีเช่นหากต้องการฝังข้อมูล 01000001 ลงไปในรูปภาพจำเป็นต้องใช้ข้อมูลรูปภาพทั้งหมด 8 ไบต์ หากข้อมูลทั้ง 8 ไบต์ของรูปภาพเป็นดังแสดงด้านล่าง

(00100111 11101001 11001000)
(00100111 11001000 11101001)
(11001000 00100111)

กำหนดให้บิตที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดในกรณีนี้คือ บิตสุดท้ายของแต่ละไบต์ข้อมูล ดังนั้นข้อมูลรูปภาพหลังการฝังลายน้ำดิจิตอลคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(00100110 11101001 11001000)

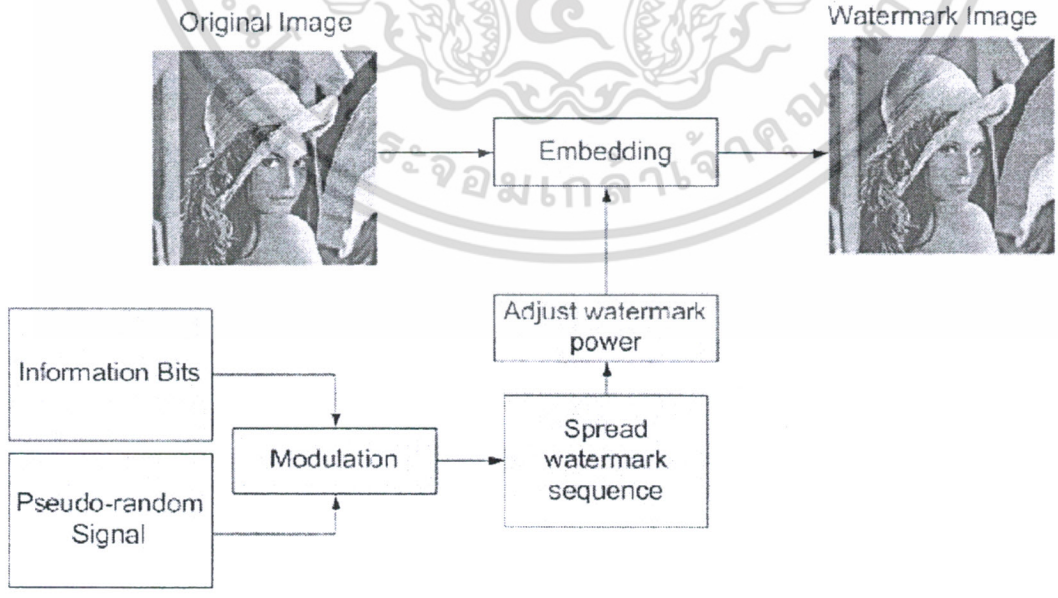
(00100110 11001000 11101000)

(11001000 00100110)

ซึ่งจะสังเกตได้ว่าวิธีการแอลเอสบีนี้จะสามารถฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลได้มาก เช่นหากรูปภาพมีขนาดความกว้าง 100 พิกเซล และความสูง 100 พิกเซลจะสามารถฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลได้ 10,000 บิต แต่ว่าการฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปเพียงตำแหน่งเดียวของแต่ละบิต รวมทั้งการฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปโดยการแก้ไขบิตที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุดนี้ จะส่งผลให้ลายน้ำดิจิตอลมีความทนทานต่ำ กล่าวคือหากมีการแก้ไขรูปภาพเพียงเล็กน้อยข้อมูลลายน้ำดิจิตอลที่ฝังไว้ก็จะถูกทำลายไปทันที ดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาในงานวิจัยนี้

2.2 วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลแบบกระจายความถี่ [5]

เทคนิคการสื่อสารแบบแผ่สเปกตรัมได้ถูกพัฒนาขึ้นมา เพื่อใช้ในการสื่อสารที่ต้องการความปลอดภัย และความถูกต้อง โดยในการสื่อสารแบบการแผ่สเปกตรัมนั้นข้อมูลที่ต้องการจะส่งออกจะถูกเข้ารหัส แล้วทำการกล้ำสัญญาณ (Modulate) เข้ากับคลื่นพาห์ (Carrier) ตลอดทั่วทั้งแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ซึ่งจะส่งผลให้ข้อมูลที่ส่งไปนั้นมีความทนทานและปลอดภัยสูงขึ้น อีกทั้งยังยากต่อการตรวจจับด้วย เนื่องจากว่าไม่จำเป็นต้องใช้กำลังส่งสูงจนเกินไปสำหรับการฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการแผ่สเปกตรัมก็สามารถทำได้ด้วยหลักการเดียวกัน โดยขั้นตอนการฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการแผ่สเปกตรัมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



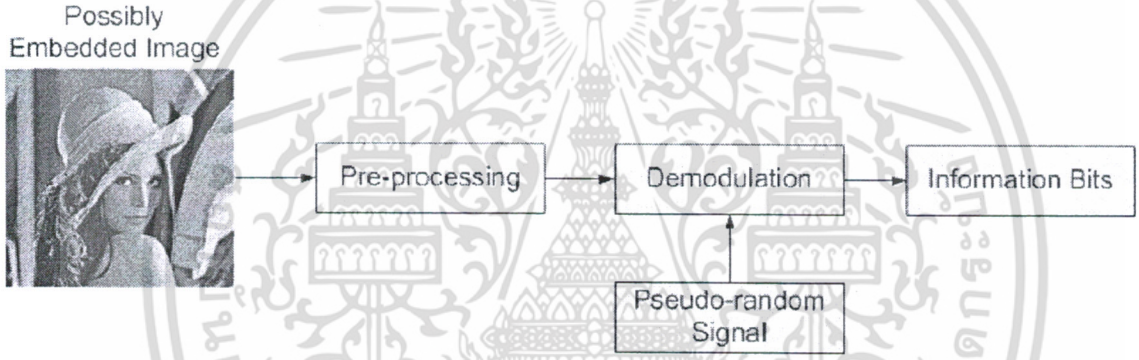
รูปที่ 2.1 การฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการแผ่สเปกตรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยข้อมูลที่ต้องการจะฝังลายน้ำดิจิตอลแต่ละบิต จะถูกนำมากล้ำสัญญาณกับสัญญาณสุ่มแบบเสมือน (Psudo-random signal) และนำไปปรับขนาดกำลังของลายน้ำดิจิตอลก่อนจะนำไปฝังลงในรูปภาพ โดยถ้ากำหนดให้ตำแหน่งของการฝังลายน้ำดิจิตอลคือ $p_i^e, i = 1,2,3, \dots, N$ โดยที่ N คือจำนวนบิตของลายน้ำดิจิตอล และให้ลายน้ำดิจิตอลคือ$W_i \in \{-1,1\}, i = 1,2,3, \dots, N$ แล้วรูปภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอล $I_e(x_i, y_i)$ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.1

$$I_e(x_i, y_i) = I(x_i, y_i) + (\propto \cdot W_i) \tag{2.1}$$

โดยที่ $I(x_i, y_i)$ คือรูปภาพก่อนการฝังลายน้ำดิจิตอล (x_i, y_i) คือตำแหน่งของการฝังลายน้ำดิจิตอล p_i^e และ $\propto$ คือค่ากำลังของลายน้ำดิจิตอล



รูปที่ 2.2 การตรวจจับลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการแผ่สเปกตรัม

สำหรับขั้นตอนในการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลนั้นแสดงได้ดังรูปที่ 2.2 กล่าวคือรูปภาพที่คาดว่ามีการฝังลายน้ำดิจิตอลเอาไว้ จะถูกนำมาผ่านกระบวนการเตรียมการประมวลผล (Preprocessing)โดยการแยกเอาค่าความสว่างของรูปภาพในตำแหน่งที่ฝังลายน้ำดิจิตอลออกมาจากรูปภาพ ซึ่งในขั้นตอนนี้ถ้าหากมีรูปภาพต้นฉบับอยู่แล้วจะสามารถนำมาหาค่าความแตกต่างของของความสว่างของทั้งสองรูปภาพ ซึ่งมีผลให้การตรวจจับลายน้ำดิจิตอลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น จากนั้นนำค่าความสว่างที่คัดแยกออกมาได้มาทำการแยกสัญญาณ (Demodulate) กับสัญญาณสุ่มแบบเสมือน โดยสามารถพิจารณาการมีอยู่ของลายน้ำดิจิตอลได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างข้อมูลรูปภาพที่ต้องการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลและข้อมูลสัญญาณรบกวนแบบสุ่ม โดยสมการในการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลเป็นดังสมการที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C(I'_e, W) = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(I'_e(x_i, y_i) - \bar{I}'_e(x_i, y_i)\right) \cdot (W(i) - \bar{W})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(I'_e(x_i, y_i) - \bar{I}'_e(x_i, y_i)\right)^2 \cdot \sum_{i=1}^{N}(W(i) - \bar{W})^2}}$$

โดยที่ (x_i, y_i) คือตำแหน่งของการฝังลายน้ำดิจิตอลที่คำนวณจากรูปภาพ $I'_e(x_i, y_i)$ $\bar{I}'_e(x_i, y_i)$ คือค่าเฉลี่ยของค่าความสว่างของรูปภาพ $I'_e(x_i, y_i)$ และ $\bar{W}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลลายน้ำดิจิตอล ลายน้ำดิจิตอลจะถูกตรวจจับได้เมื่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเกินกว่าค่าขีดแบ่ง(Threshold) ที่ตั้งไว้

วิธีการฝังข้อมูลลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการแผ่สเปกตรัมนี้ เป็นวิธีที่มีความทนทานต่อการใช้งานสูง และเป็นที่นิยมนำไปใช้ในช่องทางการสื่อสารที่ต้องการความทนทานของลายน้ำดิจิตอลสูงๆ แต่การที่จะทำให้รูปภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการแผ่สเปกตรัมนี้ นั้นต้องการตำแหน่งหรือพื้นที่ในการฝังลายน้ำดิจิตอลที่มากพอสมควร ดังนั้นวิธีการนี้ก็จึงไม่เหมาะสำหรับงานวิจัยนี้เช่นเดียวกับวิธีแอลเอสบี

2.3 วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลในรูปแบบ Half Tone [2]

วิธีการ Half Tone นั้นเป็นวิธีการที่ใช้เพื่อการพิมพ์รูปภาพ หรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ในกรณีที่เครื่องพิมพ์เป็นแบบขาว-ดำ แต่ต้องการจะพิมพ์ให้เกิดระดับของความสว่างที่มากกว่าสองระดับ โดยใช้หลักการที่ทำให้ความหนาแน่นของสีดำไม่เท่ากันสำหรับระดับความสว่างที่ต่างกัน เราจะพบเห็นสิ่งพิมพ์ที่ใช้หลักการ Half Tone จากหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การพิมพ์จากเครื่องแฟกซ์ หรือเครื่องเลเซอร์พรินเตอร์

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างรูปภาพที่พิมพ์ในรูปแบบ Continuous-Tone และ Half-Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลใน Half Tone นั้นมีหลากหลายวิธี โดยสรุปแล้วจะใช้วิธีการปรับรูปแบบของการพิมพ์สีดำให้เป็นไปตามที่ต้องการเพื่อเป็นการเข้ารหัสข้อมูลลายน้ำดิจิตอลที่ต้องการ ซึ่งวิธีการนี้นั้นไม่สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้ด้วยเช่นกันเพราะว่าเมื่อพิมพ์ภาพออกมาแล้ว และทำการนำภาพกลับเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องการความละเอียดของการถ่ายภาพที่สูง แต่ในงานวิจัยนี้นั้นจะใช้กล้องที่อยู่ในโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือ PDA ซึ่งไม่มีความละเอียดที่มากพอ อีกทั้งรูปภาพที่พิมพ์ด้วยวิธีการ Half Tone นั้นจะไม่ได้ภาพที่มีสีที่สวยงามซึ่งไม่เหมาะต่อการนำไปใช้ในการโฆษณาด้วยเช่นกัน

จากวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลทั้งสามที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น พบว่าวิธีการเหล่านี้ไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เพื่อฝังลายน้ำดิจิตอลสำหรับงานวิจัยนี้ ดังนั้นจึงได้พัฒนาวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลขึ้นมาใหม่โดยที่จะเป็นวิธีการที่ยอมให้รูปภาพหลังการถ่ายภาพมีการผิดเพี้ยนเกี่ยวกับสี และการบิดเบือนต่างๆ ได้บ้างเล็กน้อย โดยเลือกจะใช้วิธีการฝังลายน้ำด้วยการปรับค่า แอลฟ่า ของแต่ละพิกเซล ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในบทที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยการปรับค่าแอลฟ่า

สำหรับรูปภาพสีโดยที่ไปนั้นจะใช้โมเดลสีแบบ RGB โดยที่หมายถึงว่าแต่ละพิกเซลของรูปภาพนั้นจะทำการบันทึกข้อมูลไว้สามข้อมูลนั้นคือระดับความสว่างของสีหลักแดง, เขียว และน้ำเงิน แต่ในความเป็นจริงแล้วยังมีโมเดลสีอีกหลายโมเดลสีที่ใช้งานได้ ซึ่งโมเดลสีที่ใกล้เคียงกับ RGB ก็คือโมเดล RGBA โดยที่ข้อมูลที่สี่ที่เพิ่มเข้ามานั้นคือ แอลฟ่า ซึ่งเป็นค่าที่จะบอกถึงความโปร่งแสงของพิกเซลนั้น ๆ ซึ่งค่าของแอลฟ่านั้นจะมีค่าระหว่าง 0.0 ถึง 1.0 โดยที่ค่า 0.0 หมายความว่าพิกเซลนั้นจะมีความโปร่งแสงมากที่สุด ซึ่งในทางตรงกันข้ามถ้าค่า แอลฟ่า มีค่าเท่ากับ 1.0 หมายความว่าพิกเซลนั้นจะมีความทึบแสง สำหรับค่าแอลฟ่านั้นส่วนใหญ่จะใช้ในการปรับค่าสีสำหรับการซ้อนทับกันของวัตถุเพื่อให้มีความกลมกลืนกันของสี และมีผลให้วัตถุที่ซ้อนกันนั้นมีสีที่แตกต่างกันไม่ชัดเจนทำให้ภาพที่ได้นั้นดูสวยงาม โดยสมการในการปรับค่าสีด้วยค่า แอลฟ่า นั้นเป็นไปดังสมการที่ 3.1

$$C = (\propto \cdot F) + (1-\propto) \cdot B \tag{3.1}$$

โดยที่ C คือค่าสีในพิกเซลนั้น ๆ, F หมายถึงค่าสีของวัตถุที่อยู่ด้านหน้าหรือ Foreground, B หมายถึงค่าสีของวัตถุที่อยู่ด้านหลังหรือ Background และ $\propto$ หมายถึงค่า แอลฟ่า

สำหรับวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้นั้นจะได้นำเอาสมการที่ 3.1 มาใช้ประโยชน์ โดยจะเป็นการปรับค่า แอลฟ่า ของพิกเซลที่เป็นขอบในรูปภาพให้เป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้รูปภาพที่ได้นั้นมีความกลมกลืน และไม่สามารถสังเกตเห็นตำแหน่งที่ฝังลายน้ำดิจิตอลได้เด่นชัด ซึ่งวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลที่ได้พัฒนาขึ้นนี้นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1 วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอล

สำหรับวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลนี้นั้น พิกเซลต่าง ๆ ในบริเวณที่เป็นขอบภายในรูปภาพนั้นจะได้นำมาใช้เพื่อทำการฝังลายน้ำดิจิตอล ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. แบ่งรูปภาพที่ต้องการฝังลายน้ำดิจิตอลออกไปส่วนย่อยจำนวน N ส่วน โดยที่ N คือจำนวนบิตข้อมูลที่ต้องการจะฝังลงไปในรูปภาพ เนื่องจากพื้นที่เหล่านี้นั้นจะต้องใช้เพื่อทำการฝังลายน้ำดิจิตอล ดังนั้นพื้นที่เหล่านี้ควรจะอยู่ห่างจากขอบของรูปภาพพอสมควรเพื่อป้องกันปัญหาการตัดแบ่งส่วนภาพจากขอบของรูปภาพเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กำหนดค่า แอลฟ่า ที่จะใช้เพื่อทำการฝังลายน้ำดิจิตอล โดยที่ค่าที่กำหนดนี้ควรจะเป็นช่วงที่แคบเพื่อป้องกันปัญหาการตรวจจับลายน้ำที่ผิดพลาด (ตรวจจับจากรูปภาพที่ไม่ได้ฝังลายน้ำ แต่พบลายน้ำ) เช่น

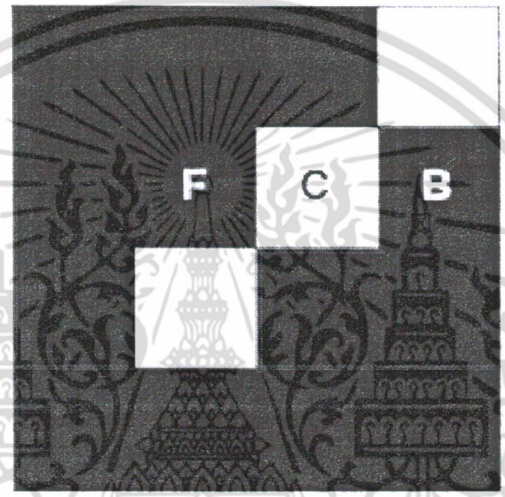
$$\propto = \begin{cases} 0.1 - 0.2 \; ; Embed\ information\ bit\ 1 \\ 0.8 - 0.9 \; ; Embed\ information\ bit\ 0 \end{cases}$$

3. เนื่องจากว่าวิธีการนี้นั้นจะทำการฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปในบริเวณที่เป็นขอบภายในรูปภาพ ซึ่ง อัลกอริทึมที่ใช้เพื่อตรวจจับขอบภายในรูปภาพนั้นมีความอ่อนไหวต่อส่วนที่เป็นลวดลายต่าง ๆ ในรูปภาพซึ่งหากรูปภาพเป็นรูปภาพที่มีลวดลายมาก ก็จะทำให้จำนวนขอบที่ตรวจจับมาได้นั้นมากจนเกินไป ซึ่งส่งผลให้ความทนทานในส่วนของการตรวจจับขอบภายในรูปภาพลดลง ดังนั้นจึงควรทำการกรองรูปภาพด้วยวิธีการเบลอเสียก่อน เพื่อทำให้อัลกอริทึมการตรวจจับขอบภายในรูปภาพนั้นตรวจจับเฉพาะขอบที่มีความเด่นชัดจริง ๆ
4. สำหรับแต่ละพื้นที่ที่แบ่งไว้ในข้อที่ 1 ให้ใช้อัลกอริทึมการตรวจจับขอบภายในรูปภาพที่ต้องการ เช่น Canny Edge Detector หรือ Gradient Detector เพื่อทำการตรวจจับขอบภายในรูปภาพในส่วนนั้น และเพื่อให้ขอบที่ตรวจจับได้นั้นมีความเด่นชัดมาก อาจจะกำหนดค่าขีดแบ่งเพื่อคัดเลือกขอบที่มีความทนทานจริง ๆ ได้ เช่นอาจใช้ค่า Gradient ในพิกเซลนั้น ๆ เพื่อเป็นค่าที่กำหนดความเด่นชัดของขอบ รูปที่ 3.1 แสดงถึงขอบภายในรูปภายที่ตรวจจับได้

รูปที่ 3.1 ขอบภายในรูปภาพที่ตรวจจับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยการปรับค่าสีของพิกเซลที่ประกอบกันเป็นเส้นขอบทั้งหมดที่ตรวจจับได้ในขั้นตอนที่ 4 โดยจะทำการปรับสีเดิมให้กลายเป็นสีใหม่ด้วยค่า แอลฟ่า ตามที่ต้องการด้วยสมการที่ 3.1 ซึ่งจากสมการนั้นเป็นสมการที่ใช้ตำแหน่งของวัตถุเป็นตัวกำหนดนั้น แต่ในขั้นตอนนี้เราจะใช้วิธีการกำหนดตำแหน่งวัตถุด้วยตำแหน่งของพิกเซลดังรูปที่ 3.2 ซึ่งตำแหน่งพิกเซล C คือพิกเซลที่ต้องการจะปรับค่าสี, F คือพิกเซลที่อยู่ทางด้านซ้ายของพิกเซลที่ต้องการจะปรับค่าสี และ B คือพิกเซลที่อยู่ที่ด้านขวาของพิกเซลที่ต้องการจะปรับค่าสี



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งพิกเซลที่ใช้ในการฝังลายน้ำดิจิตอล

6. ดำเนินการตามข้อที่ 4 -5 ซ้ำสำหรับทุก ๆ พื้นที่ส่วนที่เหลือในรูปภาพที่ยังไม่ได้ทำการฝังลายน้ำโดยรูปที่ 3.3 ได้แสดงการเปรียบเทียบระหว่างรูปภาพต้นฉบับ และรูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการที่กล่าวไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบรูปภาพต้นฉบับ (ซ้าย) และรูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำดิจิตอล (ขวา)

3.2 วิธีการตรวจจับลายน้ำดิจิตอล

สำหรับการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นจะใช้วิธีการตรวจจับแบบโดยรวม เพราะว่าหลังจากที่ฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปในรูปภาพ และมีการพิมพ์ภาพออกไป แล้วทำการถ่ายภาพกลับเข้ามา ขอบที่ทำการตรวจจับจากรูปภาพนั้นอาจจะมีความแตกต่างไปจากตอนที่ทำการฝังลายน้ำดิจิตอล ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยของค่าแอลฟ่าในส่วนของรูปภาพนั้นๆ เป็นค่าที่ใช้ในการตรวจจับลายน้ำดิจิตอล ซึ่งวิธีการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลนั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. แบ่งรูปภาพที่ต้องการฝังลายน้ำดิจิตอลออกไปส่วนย่อยจำนวน N ส่วน โดยที่ N คือจำนวนบิตข้อมูลที่ต้องการจะฝังลงไปในรูปภาพ ด้วยหลักการเดียวกันกับที่ใช้ในการฝังลายน้ำดิจิตอลดังที่ได้อธิบายไปแล้ว
2. ทำการตรวจจับขอบภายในรูปภาพ ด้วยวิธีการเดียวกับที่ใช้ในขั้นตอนของการฝังลายน้ำดิจิตอล โดยหากมีการใช้ค่าขีดแบ่งเพื่อทำการพิจารณาความเด่นชัดของขอบภายในรูปภาพก็ให้ใช้ค่าขีดแบ่งนี้ด้วยเช่นกัน
3. สำหรับแต่ละพิกเซลที่อยู่บนเส้นขอบที่ตรวจจับได้ในข้อที่ 2 นั้นให้ทำการคำนวณหาค่าแอลฟ่า ของพิกเซลนั้น ๆ ด้วยสมการที่ 3.2

$$\propto_e = \frac{C-B}{F-B} \tag{3.2}$$

โดยที่ตำแหน่งของพิกเซลต่าง ๆ นั้นจะเป็นดังรูปที่ 3.2 นั่นคือ C คือค่าสีของพิกเซลที่อยู่บนเส้นขอบ, F คือค่าสีของพิกเซลที่อยู่ทางด้านซ้าย, B คือค่าสีของพิกเซลที่อยู่ทางด้านขวา และ $\propto_e$ คือค่า แอลฟ่า ของพิกเซลที่คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ในแต่ละพื้นที่ของรูปภาพที่ได้แบ่งไว้ในขั้นตอนที่ 1 ให้ทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าแอลฟ่า ที่ได้คำนวณไว้ในพื้นที่นั้น ๆ ด้วยสมการที่ 3.3

$$\overline{\propto} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \propto_e^i \qquad (3.2)$$

โดยที่ n คือจำนวนพิกเซลที่อยู่บนเส้นขอบทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่นี้ และ $\overline{\propto}$ คือค่าเฉลี่ยของค่า แอลฟ่า

5. ทำการตรวจจับลายน้ำดิจิตอล โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่า แอลฟ่า กับค่า แอลฟ่า ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 2 ของการตรวจจับลายน้ำดิจิตอล โดยที่หากค่าเฉลี่ยของค่า แอลฟ่านั้นอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้นั่นคือสามารถตรวจจับลายน้ำดิจิตอลได้ และมีค่าของข้อมูลเป็นดังที่กำหนดไว้ แต่หากค่าของลายน้ำดิจิตอลไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้นั่นคือไม่มีการฝังลายน้ำดิจิตอลนั่นเอง
6. ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 4 – 5 ซ้ำ เพื่อทำการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากส่วนต่าง ๆ ที่ยังไม่ได้ทำการตรวจจับลายน้ำดิจิตอล
7. รวมข้อมูลที่ตรวจจับลายน้ำได้ทั้งหมด เพื่อได้ข้อมูลที่ฝังลายน้ำไว้ โดยที่หากมีพื้นที่ใดที่ไม่มีการฝังลายน้ำดิจิตอล ถือว่าไม่สามารถตรวจจับลายน้ำได้ ซึ่งด้วยวิธีการนี้อาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ นั่นคือผลจากการบิดเบือนต่าง ๆ อาจจะทำให้ค่าเฉลี่ยของ แอลฟ่าแตกต่างออกไปจากเมื่อทำการฝังลายน้ำ ดังนั้นอาจจะใช้วิธีการฝังลายน้ำของข้อมูลเดิมซ้ำหลายๆ ที่ แล้วทำการพิจารณาจากค่าที่ตรวจจับได้ส่วนใหญ่ว่าเป็นเช่นไรแทนการใช้ค่าจากพื้นที่เดียว เช่นหากต้องการฝังบิตข้อมูล 1 อาจจะฝังลงไปในสามพื้นที่ และเมื่อทำการตรวจจับลายน้ำก็จะเอาค่าที่ตรวจจับได้ส่วนใหญ่ (2 พื้นที่ขึ้นไป) เป็นผลของการตรวจจับลายน้ำดิจิตอล ซึ่งจะทำให้วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลนี้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

การทดลองนี้จัดขึ้นเพื่อทำการวัดประสิทธิภาพของวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลที่ได้พัฒนาขึ้น โดยใช้รูปภาพสี ขนาด 120 x 120 พิกเซล จำนวน 100 ภาพสำหรับการทดลองนี้ และใช้ Canny Detector เพื่อทำการตรวจจับขอบภายในรูปภาพเพื่อใช้ในการฝังลายน้ำดิจิตอล และก่อนการตรวจจับขอบภายในรูปภาพของขั้นตอนการฝังลายน้ำดิจิตอล จะใช้วิธีการกรองภาพแบบ low-pass เพื่อทำให้ตรวจจับขอบของรูปภาพเฉพาะขอบที่มีความเด่นชัดเท่านั้น

4.1 การทดลองเพื่อพิจารณาช่วงของค่า แอลฟ่า ที่เหมาะสม

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจะทำการพิจารณาลักษณะของช่วงของค่า แอลฟ่า ที่เหมาะสม โดยในการทดลองนี้นั้นจะได้ทำการกำหนดช่วงของค่า แอลฟ่า ไว้ทั้งหมดห้าช่วงด้วยกัน และได้ใช้รูปภาพสีขนาด 120 x 120 พิกเซลที่ยังไม่ได้ทำการฝังลายน้ำดิจิตอลจำนวน 1000 รูป และทำการพิจารณาว่าจำนวนรูปภาพที่ตรวจจับลายน้ำดิจิตอลผิดพลาด (นั่นคือตรวจเจอลายน้ำดิจิตอลจากรูปภาพที่ไม่ได้ฝังลายน้ำดิจิตอล) เป็นเท่าใด ซึ่งผลการทดลองเป็นตารางที่ 4.1

ค่า แอลฟ่า ที่กำหนดไว้	ค่าร้อยละของรูปภาพที่ตรวจจับลายน้ำผิดพลาด
0.10 – 0.20 สำหรับบิต 1 0.80 – 0.90 สำหรับบิต 0	0.30 %
0.10 – 0.25 สำหรับบิต 1 0.75 – 0.90 สำหรับบิต 0	5.40 %
0.10 – 0.30 สำหรับบิต 1 0.70 – 0.90 สำหรับบิต 0	14.30 %
0.10 – 0.35 สำหรับบิต 1 0.65 – 0.90 สำหรับบิต 0	42.10 %
0.10 – 0.40 สำหรับบิต 1 0.60 – 0.90 สำหรับบิต 0	59.80 %

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองเพื่อพิจารณาช่วงของค่า แอลฟ่า ที่เหมาะสม

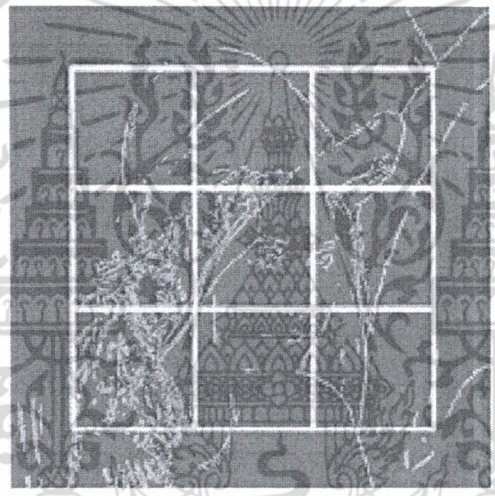
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าพบว่าผลการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลที่ผิดพลาดนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อช่วงของค่า แอลฟ่า กว้างขึ้น นั่นคือสำหรับวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลนี้นั้นควรจะกำหนดช่วงความกว้างของค่าแอลฟ่า ที่แคบ เพื่อให้ความถูกต้องของการตรวจจับลายน้ำดิจิตอล และความน่าเชื่อถือของวิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้มีมากขึ้นนั่นเอง

4.2 การทดลองเพื่อพิจารณาความทนทานของรูปภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอล

ในการทดลองนี้ รูปภาพต้นฉบับจำนวน 100 ภาพ แต่ละรูปภาพจะถูกฝังด้วยลายน้ำดิจิตอล โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 9 ส่วนดังรูปที่ 4.1 และใช้ค่าแอลฟ่าที่กำหนดไว้ดังที่แสดงในบทที่ 3 ด้วย รูปแบบของลายน้ำดิจิตอลที่แตกต่างกัน 9 รูปแบบ



รูปที่ 4.1 ลักษณะการแบ่งพื้นที่ที่ใช้ในการทดลอง

หลังจากนั้นรูปภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอลนั้นจะถูกบิดเบือนด้วยวิธีการบิดเบือนต่างๆ กันคือ การแปลงเชิงภาพฉาย, การหมุนภาพ, การตัดแบ่งส่วนภาพจากด้านข้างเข้ามา, การตัดแถวหรือคอลัมน์บางส่วนของรูปภาพ, การบีบอัดรูปภาพแบบ JPEG, การปรับค่าความสว่างของรูปภาพ และการถ่ายภาพ โดยการทดลองทั้งหมดยกเว้นการถ่ายภาพจะเป็นการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการถ่ายภาพนั้นจะใช้รูปภาพที่มีการพิมพ์ออกมาจริง ๆ แต่สำหรับการทดลองนี้จะไม่ทำการบิดเบือนที่มากเกินไปเพราะว่าในการใช้งานจริงนั้นเราสามารถกำหนดให้ผู้ใช้ทำการถ่ายภาพโดยไม่ทำให้รูปภาพเสียหายมากจนเกินไปได้ โดยเฉพาะการถ่ายภาพจะทำการถ่ายภาพให้ตรงมากที่สุด และถ่ายภาพให้ได้รูปภาพที่มีขนาดใหญ่มากที่สุดที่ไม่ทำให้ขอบรูปภาพถูกบิดเบือนจนเป็นเส้นโค้ง (Barrel Distortion)

ผลการทดลองเป็นไปดังตารางที่ 4.2 – 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

06507

มุมของการฉายภาพ	จำนวนรูปภาพที่ตรวจจับลายน้ำได้ถูกต้อง
2°	97.77 %
4°	96.33 %
6°	95.55 %

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากภาพที่ผ่านการแปลงเชิงภาพฉาย

มุมของการหมุนภาพ	จำนวนรูปภาพที่ตรวจจับลายน้ำได้ถูกต้อง
2° (ตามเข็มนาฬิกา)	99.33 %
4° (ตามเข็มนาฬิกา)	98.55 %
6° (ตามเข็มนาฬิกา)	97.77 %
2° (ทวนเข็มนาฬิกา)	98.77 %
4° (ทวนเข็มนาฬิกา)	97.55 %
6° (ทวนเข็มนาฬิกา)	96.77 %

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากภาพที่ผ่านการหมุนภาพ

ขนาดของรูปภาพที่ถูกตัดแบ่งออกไป	จำนวนรูปภาพที่ตรวจจับลายน้ำได้ถูกต้อง
5 %	100.00 %
10 %	100.00 %
15 %	100.00 %
20 %	100.00 %
25 %	98.77 %
30 %	96.77 %

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากภาพที่ผ่านการตัดแบ่งส่วนภาพจากด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของรูปภาพที่ถูกตัดออกแบบสุ่ม	จำนวนรูปภาพที่ตรวจจับลายน้ำได้ถูกต้อง
5 %	100.00 %
10 %	100.00 %
15 %	100.00 %
20 %	99.11 %
25 %	98.22 %
30 %	97.55 %

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากภาพที่ผ่านการตัดแถวหรือคอลัมน์บางส่วนของรูปภาพแบบสุ่ม

คุณภาพของรูปภาพหลังการบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG	จำนวนรูปภาพที่ตรวจจับลายน้ำได้ถูกต้อง
100 %	100.00 %
90 %	100.00 %
80 %	99.33 %
70 %	98.77 %
60 %	97.55 %

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากภาพที่ผ่านการบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG

ค่าความสว่างที่ปรับแก้	จำนวนรูปภาพที่ตรวจจับลายน้ำได้ถูกต้อง
+ 2	100.00 %
+ 5	99.33 %
+ 10	98.00 %
- 2	100.00 %
- 5	98.77 %
- 10	97.88 %

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากภาพที่ผ่านการปรับค่าความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความละเอียดของกล้องดิจิตอล	จำนวนรูปภาพที่ตรวจจับลายน้ำได้ถูกต้อง
5 Mega Pixel	96.55 %
3 Mega Pixel	95.11 %
2 Mega Pixel	93.88 %

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลจากภาพที่ผ่านการถ่ายภาพ

จากตารางที่ 4.2 – 4.8 นั้นพบว่าวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้งานได้กับรูปภาพที่ผ่านการถ่ายภาพ และผ่านการบิดเบือนในรูปแบบต่าง ๆ โดยสำหรับการบิดเบือนด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์สามารถตรวจจับลายน้ำได้ถูกต้องมากกว่า 95 % และสำหรับการถ่ายภาพนั้นสามารถตรวจจับลายน้ำดิจิตอลได้ถูกต้องมากกว่า 93 %

4.3 การทดลองเพื่อพิจารณาความสามารถในการซ่อนข้อมูล (Imperceptible)

การทดลองนี้มีเพื่อพิจารณาความสามารถในการซ่อนข้อมูล โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างรูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น และรูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำด้วยวิธีการแผ่สเปกตรัม โดยใช้รูปภาพต้นฉบับจำนวน 1000 รูปภาพ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 4.1 มาทำการฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยวิธีการทั้งสองวิธี โดยสำหรับวิธีการแผ่สเปกตรัมนั้นจะใช้ค่ากำลังของลายน้ำดิจิตอลเท่ากับ 3

จากนั้นให้คน 100 คนมาทำการพิจารณาพิจารณาระหว่างรูปภาพต้นฉบับ และรูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำดิจิตอลทั้งสองวิธี โดยที่ผู้เข้าร่วมทำการทดลองแต่ละคนจะต้องเลือกวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลที่ดีโดยพิจารณาจากรูปภาพที่ผ่านการฝังลายน้ำดิจิตอลแล้วแตกต่างจากรูปภาพต้นฉบับน้อยกว่า

ผลจากการทดลองพบว่าผู้เข้าร่วมการทดลอง 87 คน เลือกวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้น, 10 คนเลือกวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลแบบการแผ่สเปกตรัม และผู้เข้าร่วมการทดลองอีก 3 คนแจ้งว่าทั้งสองวิธีการไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

รายงานฉบับนี้นำเสนอผลการวิจัย เพื่อพัฒนาวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลสำหรับรูปภาพที่มีขนาดเล็ก นอกจากนี้วิธีการที่พัฒนาขึ้นนั้นจะต้องมีความทนทานต่อการบิดเบือนได้พอสมควร เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทางรูปภาพ เช่น การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้รูปภาพที่ถ่ายได้ด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นเป็นข้อมูลอ้างอิงเบื้องต้นเพื่อเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการ ดังเช่น การดาวน์โหลดรูปภาพด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ วิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลที่พัฒนาขึ้นนั้นได้ใช้การฝังลายน้ำดิจิตอลลงไปในพิกเซลบริเวณเส้นขอบภาพในรูปภาพ โดยการฝังลายน้ำดิจิตอลนั้นจะทำได้โดยการแก้ไขสีของรูปภาพบริเวณนั้นให้เป็นไปตามต้องการ ซึ่งค่าสีที่ปรับไปนั้นจะต้องทำให้ค่า แอลฟ่า ที่คำนวณจากค่าสีของพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียง ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ในส่วนของการตรวจจับลายน้ำดิจิตอลนั้นจะใช้การพิจาณาค่าเฉลี่ยของค่า แอลฟ่า ของพิกเซลในบริเวณที่เป็นเส้นขอบภายในรูปภาพ แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าแอลฟ่าที่กำหนดไว้

ผลจากการทดลองพบว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นนั้นจะใช้งานได้ดีเมื่อกำหนดค่า แอลฟ่า เพื่อฝังลายน้ำดิจิตอลในช่วงที่ไม่กว้างจนเกินไป ซึ่งจะทำให้รูปภาพที่ฝังลายน้ำดิจิตอล และผ่านการบิดเบือนในรูปแบบต่าง ๆ มีความถูกต้องของกาตรวจจับลายน้ำดิจิตอลมากกว่า 93 % ซึ่งถือว่าเป็นค่าความถูกต้องที่สูงพอสมควร แต่วิธีการนี้ยังควรจะมีการปรับปรุงต่อไป ซึ่งแนวทางการศึกษาเพื่อปรับปรุงงานที่นำเสนอในรายงานฉบับนี้มีดังต่อไปนี้

- ทำการศึกษาวิธีการฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยค่า แอลฟ่า ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากความน่าเชื่อถือของวิธีการที่นำเสนอในรายงานฉบับนี้นั้น ขึ้นอยู่กับช่วงของค่า แอลฟ่า ที่กำหนด โดยอาจจะทำการฝังลายน้ำดิจิตอลด้วยการฝังค่า แอลฟ่า ร่วมกับวิธีการแผ่สปกตรัม
- ทำการศึกษาวิธีการเลือกตำแหน่ง หรือเรียงลำดับพิกเซลเพื่อฝังลายน้ำดิจิตอลที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มความทนทานต่อการบิดเบือนเชิงเรขาคณิตต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] W.Benders, D. Grul, N. Morinoto, and A. Lu., "Techniques for data hiding." IBM Systems Journals, vol. 3, No. 3&4, 1996. Page 313-336

[2] Cox, I. J., Miller, M. L. and Bloom, J. A., **Digital Watermarking.** London : Morgan Kaufmann Publishers, 2002.

[3] Ming Sun Fu, Oscar C Au., "Data Hiding Watermarking for Half Tone Images." IEEE Transaction on Image Processing, vol. 11, No. 4, 2002

[4] Chotikakamthorn, N. and Yawai, W., "Digital Watermarking Technique for Images with Perspective Distortion." Proceeding of the International Conference on Control, Automation and Systems., 2004.

[5] Cox, I. J., Killian, J., Leighton, F.T. and Shamoon, T. "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia." IEEE Transactions on Image Processing., vol.6, 1997. pp. 1673-1687.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

บทความที่ได้รับการตอบรับเพื่อตีพิมพ์ระดับนานาชาติ

[1] Natapon Pantuwong and Nopporn Chotikakamthorn, "Digital Image Watermarking Method using Alpha Channel", International Conference on Signal Processing, 26-29 October 2008, Beijing, China, p.880-883

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICSP'08

2008
9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON

SIGNAL PROCESSING PROCEEDINGS

October 26 - 29, 2008, Beijing , CHINA

Editors: YUAN Baozong
RUAN Qiuqi
TANG Xiaofang

IEEE PRESS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICSP2008 Proceedings

Alpha Channel Digital Image Watermarking Method

Natapon Pantuwong and Nopporn Chotikakamthorn
Faculty of Information Technology and
Research Center for Communication and Information Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand
E-mail : natapon@it.kmitl.ac.th

Abstract

In this paper, a method for embedding a digital watermark onto a host image's alpha channel is described. Blending factors which form an alpha channel define the proportion of foreground and background colors which in turn are combined to result in an actual color for each pixel. Here, the blending factors corresponding to areas along edges in the host image is of interest. The host image is first divided into blocks of subimages. A dominant edge found in any subimage is used to divide the pixels on that block into three groups:the group of foreground-color only pixels, the group of background-color only pixels, and the group of foreground-background blended color pixels. The blending factors for the pixels in the last group are modified to embed each bit of a watermarking pattern. Because the modified pixels belong to the area around an image edge, change to the original image due to watermark embedding is less perceptible.

1. Introduction

Copyright protection of digital images has become a major concern due to rapid growth of multimedia data distribution and publishing. Digital watermarking is a technique that can be used to help reducing copyright violation. Copyright owner of a watermarked image can be verified by detecting an unnoticeable mark embedded in that image. In addition to its use for copyright protection, digital watermarking is also being applied to applications requiring digital media authentication and data annotation [1].

Many digital image watermarking schemes have been proposed [2,3,4]. Most, if not all, of them use either intensity channel (Y component) or one of the three color channels (e.g., blue channel) as a place for embedding a watermark. Embedding a watermark in the color image's intensity channel is perhaps a mostly adopted choice because intensity change is less perceptible than color change. On the other hand, it does not make use of the other two channels which form complete information about a digital image. By using the alpha channel as a place for watermark embedding as described in this paper, a wider embedding space within a whole color space may be used for the purpose. In particular, this is the case of an image with vibrant color, having comparatively constant brightness (e.g., a graphic-style image).

In this paper, we focus on the synchronization problem caused by the affine transform. The approach taken is to embed a watermark with reference to image salient edge, so the watermark can be detected from distorted images. Examples of watermarking techniques based on image's contents are those of [5 and 6]. In [5 and 6], the method uses feature points extracted from image's content. The watermark patterns are located by using those extracted point. Although this technique can be use for the affine transformed images, the method requires much computation to search for watermark.

This paper proposes a content-based watermark embedding and detecting method. For the embedding process, salient edges are extracted. Then, the watermark is embedded along these edges. The colors of pixels along these edges are modeled as a result of foreground and background colors blending. A watermark is embedded by altering these blending factors.

This paper is organized as follows: In section 2, the proposed alpha-channel watermarking scheme is described. Next, the detection process of the proposed scheme is discussed. Section 4 shows the experimental result. Finally, section 5 gives a concluding remark.

2. Watermark Embedding Method

For the embedding scheme, pixels along each extracted edge line are used to embed a watermark to

978-1-4244-2179-4/08/$25.00 ©2008 IEEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

counterattack against the geometric transformation. The embedding process can be described as follow:

1. Divide the original image into N parts (blocks), where N is the number of information bit to form a watermark pattern. Each divided area will be use to embed the watermark so these areas should be located sufficiently far from the image boundary to avoid the cropping problem
2. Define the range of alpha value for representing an embedding bit value. For example, it may be defined as follow.

$$\propto = \begin{cases} 0.1 - 0.2 \,;\, Embed\ information\ bit\ 1 \\ 0.8 - 0.9 \,;\, Embed\ information\ bit\ 0 \end{cases}$$

3. Because an edge detector is sensitive to image variation such as corners or textured areas, if the content of the image is textured or noisy, the potential number of edge becomes important and the robustness of the detector is reduced. Therefore, a low-pass pre-filtering operation needs to be performed before extracting the salient edge.
4. For each divided area, use a detector of choice (e.g., canny detector) to extract salient edges from the filtered image. For example, a score obtained by the edge detector such as gradient value maybe used as a criterion for the selection. Figure 1 shows the extracted salient edges.

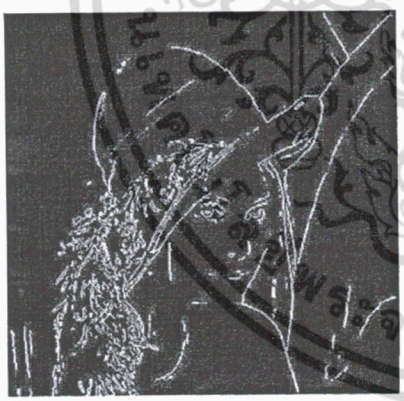


Figure 1. A sample image of extracted salient edge lines

5. For each of the N sub-image block, identify a dominant edge segment (e.g., based on each edge absolute gradient value). Then, use the selected dominant edge to divide the pixels on that block into three groups, namely the foreground, background, and boundary pixel groups. A color of each pixel in the boundary group is modeled as the blending of foreground and background colors, described by the following equation.

$$C = \propto F + (1 - \propto) B \qquad (1)$$

Here, F is the averaged color of pixels corresponding to the foreground group, and B is the averaged color of pixels in the background group. The alpha channel of the pixels in the boundary group is altered by choosing an appropriate value of α, depending on a watermark embedding bit value. The illustration of this process is shown in Figure 2, which the embedding pixel is denoted as C and the other pixels, which denoted as F and B, are used for this blending operation.

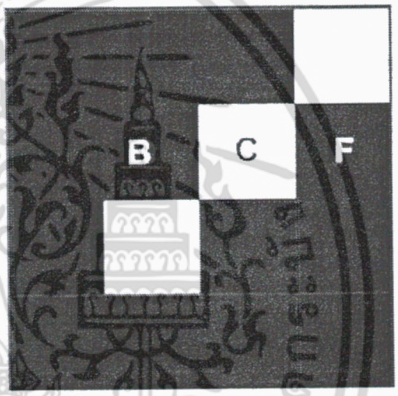


Figure 2. Foreground, background, and boundary pixel groups.

6. Repeat step 5 to embed the others information bits for all sub-image blocks. A comparison of the original and watermark embedded sample images is shown in Figure 3.

3. Watermark Detecting Method

For the detection stage, we use a global detection instead of a local detection because the watermarked image might be distorted by any kind of distortion. The extracted edges from the distort image may be different from the extracted edges from the original image. The average alpha values of every pixel along the extracted edges were used. The detection algorithm is described by the following steps.

1. Divided the original image into N parts (blocks), as for the case of watermark embedding.
2. For each sub-image block, extract the edges and choose a dominant edge by using a method similar to that of the embedding algorithm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(a) (b)

Figure 3. Comparing between (a) original image and (b) watermarked image.

3. For each pixel along the extracted edge, compute the alpha value, $\propto_e$, according to the following equation.

$$\propto_e = \frac{C-B}{F-B} \quad (2)$$

where C is the color of that boundary pixel, $\propto_e$ is a calculated alpha value, F is the averaged foreground color, and B is the averaged background color.

4. Calculate the average value, $\bar{\propto}$, of all alpha value, $\propto_e$, computed from the step 4 by

$$\bar{\propto} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \propto_e^i \quad (3)$$

where n is the number of edge boundary pixels.

5. Detect the watermark result, by using the calculated average value, $\bar{\propto}$, as a criterion by comparing this value with the pre-defined alpha value in step 2 of the embedding stage.
6. Repeat step 4-6 to detect the watermark from all sub-image blocks.

4. Experimental Result

Experiment was performed to measure the performance of the proposed method. Hundred color images of size 120x120 pixels were used in the experiment. Canny corner detector was employed to extract the image's salient edges. Before applying the detector to extract the image's salient edge, a low-pass filter was first applied to each image.

In the first experiment, we defined 5 sets of the pre-defined alpha value with different range. Then we detect the watermark from thousand non-embed images to find the relation between the range of pre-defined alpha value and the false alarm rate. The experimental result is shown in Table 1.

According to Table 1, the false alarm rate will increase when the range of the pre-defined alpha value is increased

Table 1. The relation between the pre-defined alpha value and the false alarm rate

Pre-defined alpha value	False alarm rate
0.10-0.20 for bit 1 0.80-0.90 for bit 0	0.30%
0.10-0.25 for bit 1 0.75-0.90 for bit 0	5.40%
0.10-0.30 for bit 1 0.70-0.90 for bit 0	14.30%
0.10-0.35 for bit 1 0.65-0.90 for bit 0	42.10%
0.10-0.40 for bit 1 0.60-0.90 for bit 0	59.80%

In the second experiment, each of hundred original images was divided into nine parts as shown in Figure 4. Then embed the watermark into the image for each divided area by using the proposed method described in section 3 with different watermark pattern. The embedded images were distorted by any kind of attack: cropping, row/column removing, JPEG compression and brightness adjustment. All of the distortion was simulated by computer program. The experimental result is shown in Table 2 – 5.

From Table 2-5, the various distortions were applied to the embedded image. In all cases, correct detection rate is above 96% by using the predefined alpha value as, 0.1 – 0.2 for bit 1 and 0.8-0.9 for bit 0. According to the experimental result, the proposed method is robust against any kind of distortion as stated above.

The last experiment was performed to compare the imperceptibility of the proposed method with the images embedded by the normal spread spectrum method. The thousand original images used in the first experiment were embedded the watermark pattern with the proposed method and also embedded with the spread spectrum method with the watermark power factor of 3. Hundred volunteers were asked to compare the original images with the embedded images and then select method that give the best imperceptibility property. According to this experiment, 87 volunteers preferred the proposed method, 10 volunteers preferred the normal spread spectrum method and the others 3 volunteers didn't prefer any method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

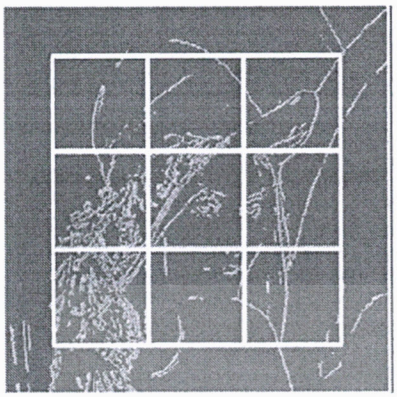


Figure 4. Divided area for the experiment

5. Conclusion

In this paper, a content-based watermarking technique using alpha channel has been described. The salient edges were extracted from the original images. To embed the watermark, the color of every pixel on the extracted edge was modified to be a new color calculated by color blending function with pre-defined alpha value. To avoid the problem about the different of extracted edge from the original image and distorted image, we used the global detection by calculating the average alpha value and then used that value as a criterion of detection scheme. From the experimental result, the false alarm rate of detection depends on the range of pre-defied alpha value.

Table 2. The detection rate using cropped images

Percentage of cropping	Detection rate
10%	100.00%
15%	100.00%
20%	100.00%
25%	100.00%
30%	98.77%
35%	96.77%

Table 3. The detection rate using random row and column removed images

Percentage of row and column removing	Detection rate
5%	100.00%
10%	100.00%
15%	100.00%
20%	99.11%
25%	98.22%
30%	97.55%

Table 4. The detection rate using compression images

Quality of compression image	Detection rate
100%	100.00%
90%	100.00%
80%	99.33%
70%	98.77%
60%	97.55%

Table 5. The detection rate using brightness adjustment images

Value of adjustment	Detection rate
+2	100.00%
+5	99.33%
+10	98.00%
-2	100.00%
-5	98.77%
-10	97.88%

6. References

[1] G. Langelaar, "Watermarking digital image and video data" IEEE Signal Processing Magazine, Sept. 2000.

[2] Masoud Alghoniemy and Ahmed H. Tewfik, "Geometric Distortion Correction through image normalization," in *Proc. International Conference on Multimedia and Expo*, 2000.

[3] J. J. K. Ó Ruanaidh and T. Pun, "Rotation, scale and translation invariant spread spectrum digital image watermarking," *Signal Processing*, vol. 66, no. 3, pp.303-317, May 1998.

[4] Shelby Pereira and Thierry Pun, "Robust Template Matching for Affine Resistant Image Watermarks", *IEEE Transactions on Image Processing*, pp.1123-1129, 2000.

[5] P. Bas, J-M. Chassery and B. Macq, "Geometrically Invariant Watermarking Using Feature Points," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 11, no. 9, pp. 1014-1028, 2002

[6] C. W. Tang, and H. M. Hang, "A Feature-based Robust Digital Image Watermarking Scheme," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 51, no.4, pp. 950-959, April 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้