สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การบีบอัดข้อมูลภาพ

IMAGE COMPRESSION

โดย

คทา หรรษคุณาฒัย 40013161

จักรินทร์ ใจดี 40013164

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....36886
วัน, เดือน, ปี.....29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การบีบอัดข้อมูลรูปภาพ

ผู้จัดทำ

1. นายคทา หรรษคุณาชัย
2. นายจักรินทร์ ใจดี

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

จุดประสงค์ของการทำโครงงานฉบับนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา Image Processing และวิธีการบีบอัดข้อมูลที่มีการสูญเสียของข้อมูล(Lossey) โดยมีความต้องการลดขนาดของข้อมูลให้ได้มากที่สุด มีหลักการคือ การตัดข้อมูลส่วนเกินความจำเป็นออกไป จึงทำให้ข้อมูลโดยรวมลดลง ก่อนที่จะทำการบันทึกลงบนอุปกรณ์บันทึกข้อมูล หรือใช้ในการติดต่อสื่อสาร เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของ งานมัลติมีเดีย (Multimedia) หรือการประชุมทางไกล(Video Conference)

ปริญญานิพนธ์นี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนการบีบอัดข้อมูล โดยใช้ Image Processing Toolbox Ver 2.2 ของโปรแกรม MATLAB ในการทดลอง โดยนำวิธีการบีบอัดข้อมูลรูปภาพแบบ เจเป็ก (JPG File) ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย และมีประสิทธิภาพในการบีบอัดข้อมูลสูง ผู้จัดทำหวังว่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ต้องการศึกษาเรื่องการบีบอัดข้อมูลรูปภาพแบบเจเป็ก

โครงงานนี้ประสบความสำเร็จได้เนื่องจาก ได้รับคำแนะนำจาก รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ และอาจารย์ทุกท่าน และนักศึกษาปริญญาโททุกท่าน จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

.....

(นายคทา หรรษคุณาฒัย)

.....

(นายจักรินทร์ ใจดี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบีบอัดข้อมูลรูปภาพ

นายคทา หรรษคุณาณัย
นายจักรินทร์ ใจดี
รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์(อาจารย์ที่ปรึกษา)
ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอแนวทางการบีบอัดข้อมูลรูปภาพแบบเจเป็ก (JPEG) เพื่อให้เข้าใจขบวนการลดขนาดของข้อมูลรูปภาพแบบพื้นฐาน โดยศึกษา ค่า Error ที่เกิดขึ้นเป็นตัวช่วยตัดสินคุณภาพของรูป ข้อจำกัดของรูปภาพบางชนิดที่จะนำมาบีบอัดข้อมูล และไฟล์ที่ได้จากการบีบอัดสามารถนำไปใช้งานได้จริง เพื่อเป็นแนวทางในศึกษาการบีบอัดข้อมูลรูปภาพเคลื่อนไหวแบบ เอ็มเป็ก(MPEG) การทดลองจะใช้โปรแกรม MATLAB ในการทดลองซึ่งอาศัย Image Processing Toolbox Ver 2.1 ขึ้นไป จะช่วยศึกษาได้ง่าย และรวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Image Compression

Khatha Hunsakunathai
Jakarin Jaidee
Adviser.Manas Sangwarasin
Semester 2nd/1999

Abstract

Presents the method of image compression by JPEG encoding to understand basic down sizing data, considering the avality of image by 1. Amount of errors 2. specified image which compressed 3.the type of compressed file. Studying the method of animation compression by MPEG encoding. The experiment uses image processing toolbox of MATLAB which makes it more comfortable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีการบีบอัดข้อมูลภาพ	2
2.1 ประเภทของรูปภาพ	2
2.1.1 อินเด็กซ์ อิมเมจ (Indexed Image)	2
2.1.2 อินเทนซิตี้ อิมเมจ (Intensity Image)	3
2.1.3 ไบนารี่ อิมเมจ (Binary Image)	3
2.1.4 อาร์ จี บี อิมเมจ (RGB Image)	4
2.2 ดีซครีทโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม(Discrete Cosine Transform)	5
2.3 การควอนไตเซชั่น	8
2.4 การอ่านข้อมูลแบบซิกแซก	12
2.5 การเข้ารหัสข้อมูล	13
2.5.1 การเข้ารหัสข้อมูลแบบฮัฟแมน	13
2.5.2 การลดข้อมูลภาพด้วยวิธีRunLengthLimited(RLL)	16
2.6 เกณฑ์การวัดความเหมือนจริงของภาพ	17
2.7 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี YcbCr	19
2.7.1 การแปลง ระบบสีใน Bitmap ชนิด ture color	19
บทที่ 3 โครงสร้างข้อมูลไฟล์แบบเจเป็ก	20
3.1 โครงสร้างข้อมูลไฟล์แบบเจเป็ก	20
3.2 ส่วนหัวเฟรม(Frame Header)	21
3.3 Scan Header Syntax	23
3.4 Quantization Table Specification Syntax	24
3.5 Huffman Table Specification Syntax	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลอง	28
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	43
ภาคผนวก ก	44
ภาคผนวก ข	53
ภาคผนวก ค	55
หนังสืออ้างอิง	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 รหัสต่างๆของมาร์คเกอร์	20
3.2 ส่วนหัวของเฟรมที่คงที่	21
3.3 รายละเอียดในเฟรมแต่ละเฟรม	22
3.4 รายละเอียดของ Scan Header	23
3.5 แสดงรายละเอียดของ Quantization Table	25
3.6 แสดงรายละเอียดของ Huffman Table	26
ตารางการทดลองที่ 4.1 Cable.bmp	30
ตารางการทดลองที่ 4.2 Girls.bmp	31
ตารางการทดลองที่ 4.3 Juice.bmp	31
ตารางการทดลองที่ 4.4 Night.bmp	32
ตารางการทดลองที่ 4.5 Juice.bmp แบบ4:2:2	37
ตารางการทดลองที่ 4.6 Night.jpg แบบ 4:2:2	37
ตารางต่างๆ ของรหัสฮัฟแมน	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 รูปประเภทอินเด็จ อิมเมจ	2
2.2 รูปประเภทอินเทนซิตี้ อิมเมจ	3
2.3 รูปประเภทไบนารี อิมเมจ	4
2.4 รูปประเภท อาร์ จี บี อิมเมจ	4
2.5 แสดงการแปลงแบบฟูริเยร์และการแปลงแบบดีสครีตโคไซน์ตามลำดับ	6
2.6 แสดงการแปลงดีสครีตโคไซน์แบบ 2 มิติ	7
2.7 แสดงการแปลงดีสครีตโคไซน์ที่ทำในบล็อกขนาด 8x8	8
2.8 การกระจายค่าความน่าจะเป็นแบบเท่ากันและเกี่ยวข้องกับการควอนไตซ์ แบบเท่ากันทุกค่า	9
2.9 การกระจายค่าความน่าจะเป็นแบบปกติและเกี่ยวข้องกับการควอนไตซ์ แบบเท่ากันทุกค่า	9
2.10 วิธีการอ่านข้อมูลแบบซิกแซก	12
3.1 รูปแบบการเรียงตัวของข้อมูล ตามลำดับ DCT	21
3.2 รูปแบบการกำหนดตารางควอนไต	25
3.3 รูปแบบการกำหนดตารางเข้ารหัส	27
3.4 การเรียงลำดับของ Luminance และ Crominance แบบ 4:1:1	27
4.1 Cable.bmp	28
4.2 girls.bmp	29
4.3 Juice.bmp	29
4.4 Night.bmp	30
4.5 ค่าErrorของ Cable.jpg	32
4.6 ค่าErrorของ Girls.jpg	33
4.7 ค่าErrorของ Juice.jpg	33
4.8 ค่าErrorของ Night.jpg	34
4.9 ค่าSNRของ Cable.jpg	34
4.10 ค่าSNRของ Girls.jpg	35
4.11 ค่าSNRของ Juice.jpg	35
4.12 ค่าSNRของ Night.jpg	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 ค่าErrorและค่าRatio	36
4.14 เปรียบเทียบค่า Error&Ratio ของ แบบ 4:2:2 และ แบบ4:1:1	38
4.15 แสดงเปรียบเทียบภาพผลลัพท์ที่ได้ จากค่าQ Factor ที่ต่างกันของรูป Cable.jpg	39
4.16 แสดงเปรียบเทียบภาพผลลัพท์ที่ได้ จากค่าQ Factor ที่ต่างกันของรูป Girls.jpg	40
4.17 แสดงเปรียบเทียบภาพผลลัพท์ที่ได้ จากค่าQ Factor ที่ต่างกันของรูป Juice.jpg	41
4.18 แสดงเปรียบเทียบภาพผลลัพท์ที่ได้ จากค่าQ Factor ที่ต่างกันของรูป Night.jpg	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันการใช้งานทางด้านไอที เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งจะมีการใช้งานที่เกี่ยวกับรูปภาพเป็นส่วนใหญ่ รูปภาพแต่ละรูปจะต้องใช้หน่วยความจำในการเก็บเป็นจำนวนมากต่อรูป ถ้าเราสามารถลดขนาดของข้อมูลภาพให้น้อยลง แต่คุณภาพของภาพใกล้เคียงกับภาพเดิม ก็จะทำให้เก็บภาพได้มากขึ้น และเราสามารถส่งข้อมูลภาพผ่านทาง โมเด็ม ได้เร็วกว่าเดิม

ในการทำโครงงานนี้ได้ทดลองแนวความคิดในการบีบอัดข้อมูลรูปภาพแบบ เจเป็ก(JPEG) ซึ่งเป็นรูปภาพนิ่ง โดยใช้โปรแกรม MATLAB VER 5.2 (TOOLBOX IMAGE PROCESSING) ช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งทำให้ทดลองได้อย่างรวดเร็ว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพื้นฐานการลดขนาดข้อมูลรูปภาพนิ่ง
2. เพื่อจะนำขบวนการนี้ไปศึกษาการบีบอัดข้อมูลรูปภาพแบบเจเป็ก
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาขบวนการการบีบอัดข้อมูลรูปภาพ

ขอบเขตในการทดลอง

1. ทำการบีบอัดข้อมูลรูปภาพ (file bmp) ให้เป็นแบบเจเป็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการบีบอัดข้อมูลภาพ

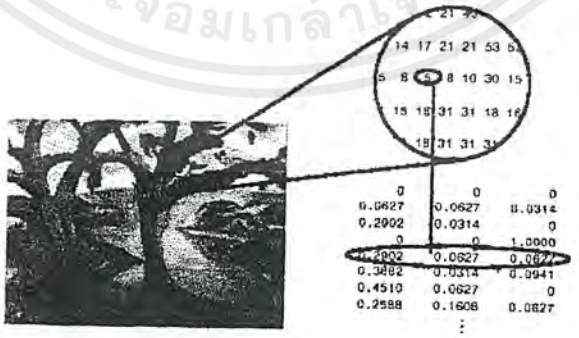
2.1 ประเภทของรูปภาพ

ประเภทของรูปภาพ โดยพื้นฐานแบ่งได้ 4 ประเภท คือ

1. อินเด็กซ์ อิมเมจ (Indexed Images)
2. อินเทนซิตี้ อิมเมจ (Intensity Images)
3. ไบนารี่ อิมเมจ (Binary Images)
4. อาร์ จี บี อิมเมจ (RGB Images)

2.1.1 อินเด็กซ์ อิมเมจ (Indexed Images)

รูปประเภทนี้จะประกอบไปด้วย แมทริกข้อมูล(data matrix) อยู่ในรูปของ [x] เป็นตัวแปรประเภทจำนวนเต็ม และ แมทริกสี(colormap matrix) อยู่ในรูปของ [m x 3] เป็นตัวแปรประเภททศนิยม คืออยู่ในช่วง [0-1] ในแต่ละแถวก็จะแทนด้วย สีแดง น้ำเงิน เขียว ตามลำดับ เรียกวิธีการนี้ว่า ไดเร็กแมบปิ้ง(direct mapping) โดยค่าแต่ละ พิกเซล จะเก็บอยู่ในแมทริกข้อมูลประเภท ตัวแปรไม่มีเครื่องหมาย (unsigned 8-bit(uint8) or 16-bit(uint16) integer) ซึ่งจะเป็นตัวชี้ค่าในแมทริกสี ในแต่ละแถว เช่นพิกเซล [1 1] ในแมทริกข้อมูล คือค่า 0 ตัวเลขนี้คือตัวชี้ในแมทริกสี ในแถวที่ 1 แต่ถ้าหากแมทริกข้อมูลประเภท ดับเบิ้ลพลีซิชั่น(double precision) ค่าตัวชี้ 1 จะหมายถึง แถวที่ 1 แทน



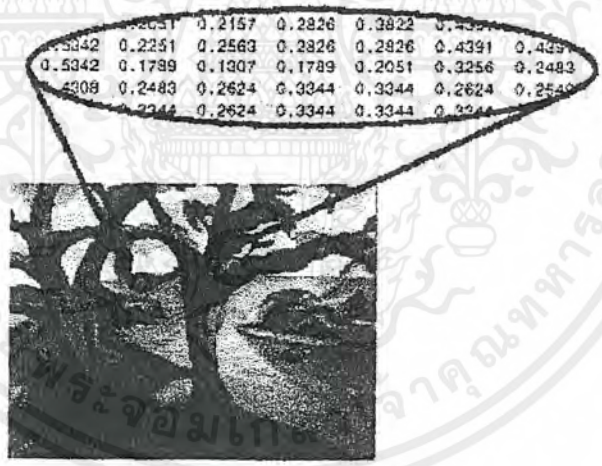
รูปที่ 2.1 รูปประเภทอินเด็กซ์ อิมเมจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน แมทแล็บสามารถอ่านค่า รูปประเภทนี้โดยใช้คำสั่ง imread อ่านค่าแมทริกข้อมูล ส่วนค่าของ แมทริกสี จะถูกกำหนดโดยอัตโนมัติในตัวแปร map และใน MATLAB ยังไม่สนับสนุนประเภทตัวแปรไม่มีเครื่องหมาย 16 บิท (uint16)ของรูปประเภทนี้ แต่ถ้าเรามีรูปประเภทนี้ เราต้องทำการเปลี่ยนให้ให้อยู่ในประเภท ดับเบิ้ลพลีซิชั่น โดยใช้คำสั่ง im2double ก่อนที่จะนำรูปไป ทำการประมวลผล รูปประเภทนี้ใช้ตารางเทียบสีโดยใช้ข้อมูลจำนวน 8 บิท ในโหมดนี้สามารถแสดงสีได้สูงสุด 256 สีต่อพิกเซล

2.1.2 อินเทนซิตี้ อิมเมจ(Intensity Images)

หรือโดยทั่วไปเรียกรูปประเภทนี้ว่า เกรสเกล (grayscale) จะประกอบไปด้วย แมทริกเดี่ยว ในโหมด ดับเบิ้ล ตัวแปรไม่มีเครื่องหมาย 8 บิท และ ตัวแปรไม่มีเครื่องหมาย 16 บิท จะแบ่งระดับขาวและดำออกเป็น 256 หรือ 65535 ระดับขึ้นอยู่กับโหมดใช้งาน แต่ที่ ค่าแมทริกข้อมูล 0 จะหมายถึง รูปสีดำ เช่นในรูปที่ 3 อยู่ในโหมด ดับเบิ้ล

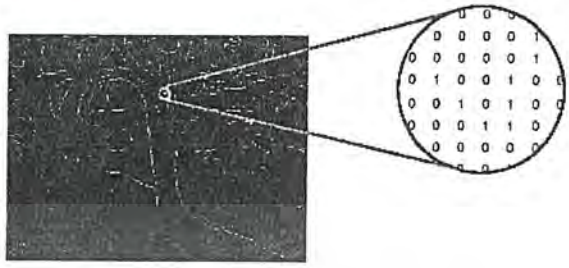


รูปที่ 2.2 รูปประเภทอินเทนซิตี้ อิมเมจ

2.1.3 ไบนารี่ อิมเมจ (Binary Images)

ในแต่ละ พิกเซล จะประกอบด้วยค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น เลข 0 แทนด้วย พิกเซลมืด(off pixel) และเลข 1 แทนด้วย พิกเซลสว่าง(on pixels) จะอยู่ในโหมด ดับเบิ้ล และตัวแปรไม่มีเครื่องหมาย 8 บิท เท่านั้น

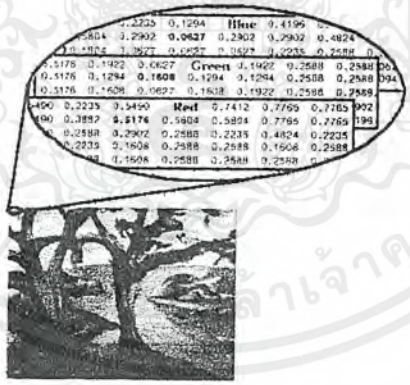
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 รูปประเภทไบนารี อิมเมจ

2.1.4 อาร์ จี บี อิมเมจ (RGB Images)

บางครั้งเรียกรูปแบบนี้ว่า สีจริง(truecolor) จะอยู่ในรูป แมทริก[m x n x 3] แต่ละแมทริก จะแสดงความสว่างของแต่ละสี ในแมทริก แรกคือ สีแดง น้ำเงิน เขียว ตามลำดับ ในแต่ละสีจะมีระดับอยู่ 255 ระดับ เมื่อรวมกันทั้งสาม แมทริก แล้วจะได้ขนาดของข้อมูล 24 bit จะสามารถแสดงสีได้สูงสุด 16.7ล้านสี จึงเป็นรูปประเภทเหมือนจริงมากที่สุด และเป็นแบบเดียวที่ใช้ในจอมอนิเตอร์อีกด้วย



รูปที่ 2.4 รูปประเภท อาร์ จี บี อิมเมจ

รูปประเภทนี้ใน แมทแล็บ จะอยู่ในโหมด ดับเบิ้ล ตัวแปรไม่มีเครื่องหมาย 8 บิท และ ตัวแปรไม่มีเครื่องหมาย 16 บิท ในโหมด ดับเบิ้ล ข้อมูลจะเป็น ทศนิยม มีค่าในช่วง 0-1 และแต่ละ พิกเซลของรูปภาพจะประกอบด้วย ตำแหน่งของแต่ละสีนำมารวมกัน ดังรูปที่5 ที่พิกเซล A(2,3,1) ของรูปภาพ A ค่าของ Aจะแสดงส่วนของสีแดง ในแถวที่2 หลักที่3 ค่าAจะเท่ากับ 0.517 แต่ถ้าA(2,3) จะแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าในส่วน A(2,3,1)=0.5176 A(2,3,2)=0.1608 และA(2,3,3)=0.0627 ออกมาเป็น 3 แมทริก ดังนั้นที่พิกเซล (2,3) สีที่ออกมาจะเป็นการรวมค่า 0.5176 0.1608 และ 0.0627 ของแต่ละแม่สี

2.2 ดีซครีทโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม (Discrete Cosine Transform)

ดีซครีทโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม เป็นวิธีการที่ใช้ในการลดข้อมูลภาพที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพราะค่าสัมประสิทธิ์ในโดเมนความถี่ ที่ได้จะเป็นเทอมของค่าจริง(Real Time) เท่านั้น อีกทั้งยังสามารถใช้งานจริงในลักษณะค่าจริง โดยใช้ฮาร์ดแวร์ได้ไม่ยาก ในปัจจุบันหลักการของดีซครีทโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม ยังคงมีการวิจัยกันอยู่ต่อไป เพื่อให้สามารถลดข้อมูลได้มากที่สุดและคำนวณด้วยความเร็วที่สูงขึ้นกว่าเดิม

การลดข้อมูลภาพโดยใช้เทคนิคของ ดีซครีทโคซายน์ทรานส์ฟอร์ม ภาพอินพุทที่เข้ามาจะถูกแยกเป็นบล็อกเล็กๆโดยที่เรา สามารถกำหนดขนาดของบล็อกได้ว่าเป็นเท่าไร ขนาดของบล็อกที่เหมาะสมจะเป็นตัวเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการ ทรานส์ฟอร์ม ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้ มีรายละเอียดที่ดี ขนาดของบล็อกที่เหมาะสม สามารถคำนวณได้ด้วยคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากมากทีเดียว โดยส่วนมากแล้วขนาดของบล็อกจะมีค่าเป็นเลขยกกำลังสอง เช่น 4,8,16 ซึ่งได้มาจาก สองยกกำลังสอง, สองยกกำลังสาม, สองยกกำลังสี่ ตามลำดับ หลังจากแยกข้อมูลออกเป็นบล็อกย่อยๆ แล้วจะทำการทรานส์ฟอม ไปโดยแยกอิสระของแต่ละบล็อก โดยมีสมการของการ ทรานส์ฟอร์ม มิติเดียวและสองมิติดังสมการข้างล่างนี้

$$F(k) = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)}\alpha(k)\sum_{n=0}^{N-1} f(n)\cos\left\{\frac{(2n+1)\pi k}{2n}\right\} \qquad (2.1)$$

เมื่อ k=0,1,...,N-1

และ

$$\alpha(0) = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)}$$

$$\alpha(k) = 1$$

เมื่อ k ไม่เท่ากับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F(k) เป็นผลที่ได้จากการ ทรานส์ฟอม และ f(n) เป็นข้อมูลอินพุทตัวที่ n ส่วนสมการของการทรานส์ฟอม แบบสองมิติสามารถเขียนได้ดังนี้

$$F(u, v) = \frac{2}{N}\alpha(u)\alpha(v)\sum_{n=0}^{N-1}\sum_{m=0}^{N-1} f(m, n)\cos\left\{\left(\frac{2m + 1}{2N}\right)u\pi\right\}\cos\left\{\left(\frac{2n + 1}{2N}\right)v\pi\right\} \quad (2.2)$$

เมื่อ

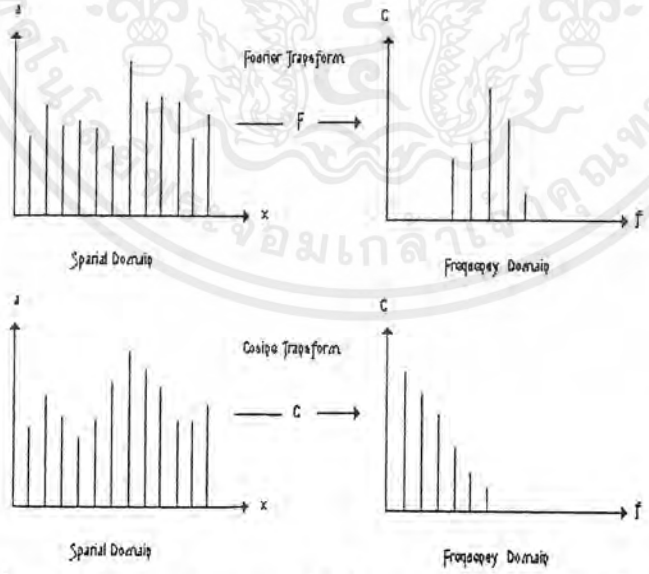
u,v เป็นตัวแปรของ มีค่าเป็น 0,1,2,...,N-1

f(m,n) เป็นตำแหน่งของจุดภาพภายในบล็อกขนาด N*N(0,1,2,...,N-1)

F(u,v) เป็นผลจากการทำ ดีซครีท โคซายน์ทรานส์ฟอม

รูปที่ 2.5 เป็นการทำการแปลงข้อมูลให้ออยู่ในในโดเมนของความถี่ ซึ่งข้อมูลในโดเมนความถี่ จะมีลักษณะเด่นอยู่ 3 ประการคือ

1. ค่าความถี่ที่ศูนย์ จะเป็นค่าของความเข้มเฉลี่ยของข้อมูล
2. ค่าความถี่สูง จะเป็นค่าที่บอกถึงข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงสูง
3. ค่าความถี่ต่ำ จะเป็นค่าที่บอกรายละเอียดโดยรวมของข้อมูล

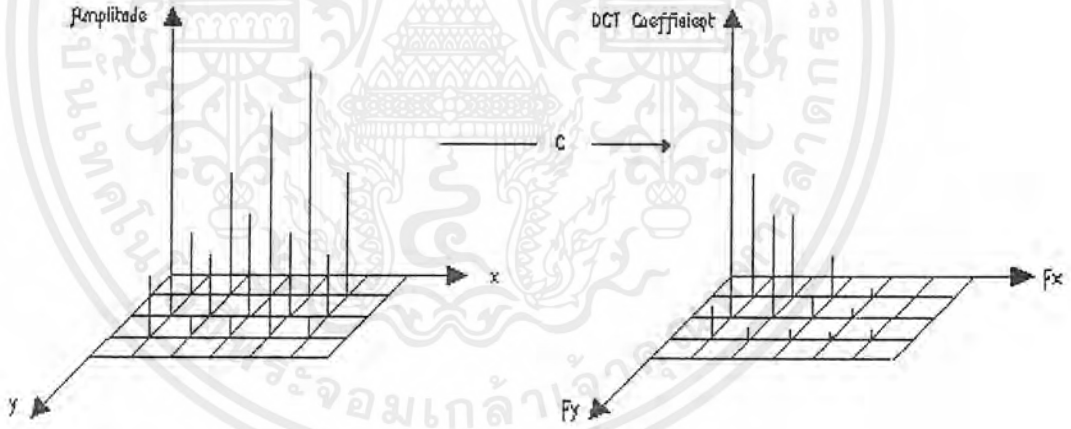


รูปที่ 2.5 แสดงการแปลงแบบฟูริเยร์และการแปลงแบบดีสครีตโคไซน์ตามลำลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 จะสังเกตได้ว่าพลังงานที่ได้ในโดเมนของความถี่ของการแปลงแบบฟูริเยร์นั้นจะมีลักษณะของการกระจายที่มากกว่าการแปลงแบบ ดีซครีทโคซายน์ ซึ่งจะเห็นได้ชัดจากภาพที่แสดงการแปลงข้อมูล 2 มิติ โดย a เป็นข้อมูลของสัญญาณ และ c เป็นค่าขนาดของกลุ่มพลังงาน ในแต่ละบล็อกของ 8x8 นั้นจะมีด้วยกันทั้งหมด 64 ค่า โดยแต่ละค่าจะแสดงขนาด(Amplitude) ของแต่ละค่าที่เข้ามา ขนาดของสัญญาณนี้จะเป็นฟังก์ชั่นของจุดพิกัด 2 จุด โดยกำหนดให้ a=f(x,y) โดยที่ x,y จะเป็นมิติของสปาเซียลโดเมน ดังตัวอย่างในภาพลักษณะ 3 มิติ ในบางส่วนของบล็อก 8x8

หลังจากผ่านกระบวนการแปลงด้วยดีสครีตโคไซน์มาจะได้รูปแบบของฟังก์ชั่นที่อยู่ในโดเมนของความถี่โดยสมมติให้มีฟังก์ชั่นเป็น c=g(Fx,Fy) โดย c เป็นค่าของสัมประสิทธิ์ ส่วนค่าของ Fx และ Fy จะแสดงถึงค่าที่เกิดขึ้นในแกนของความถี่ในแต่ละทิศทาง โดยจากรูปที่ เป็นการแสดงการแปลงรูปแบบดีสครีตโคไซน์



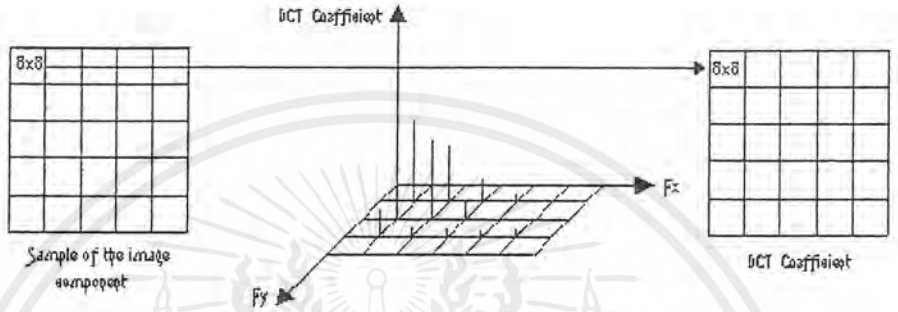
a=f(x,y) c=g(Fx,Fy)

รูปที่ 2.6 แสดงการแปลงดีสครีตโคไซน์แบบ 2 มิติ

สัมประสิทธิ์ของ g(0,0) นั้นจะเป็นสัมประสิทธิ์ที่ค่าความถี่ 0 ซึ่งเรียกว่า สัมประสิทธิ์ DC ซึ่งจะเป็นค่าเฉลี่ยของค่าในแต่ละบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละค่าภายในบล็อกของข้อมูลภาพ ซึ่งโดยปกติค่าของจุดภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยจากจุดถึงจุด ดังนั้นขนาดของความถี่ต่ำที่สุดจะสูงที่สุด ส่วนค่าของความถี่กลางและสูงจะมีค่าที่น้อยหรืออาจจะเป็นศูนย์ซึ่งในส่วนนี้จะไม่นำมาใช้อาจจะลดทอนลงไปดังรูปที่ 2.7

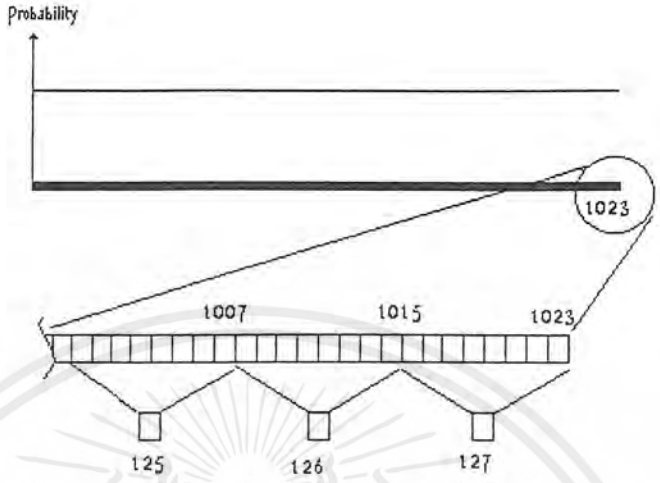


รูปที่ 2.7 แสดงการแปลงดีสครีตโคไซน์ที่ทำในบล็อกขนาด 8x8

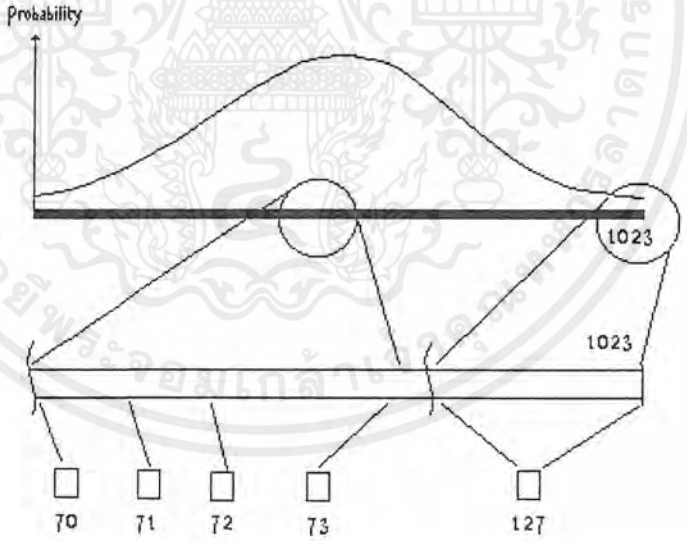
2.3 การควอนไตเซชั่น

เวกเตอร์ควอนไตเซชั่น หมายถึง การลดค่ารีโซลูชั่น(Resolution) ซึ่งใช้แทนค่าของชุดกลุ่มข้อมูลซึ่งหลักกรที่สำคัญก็คือ การแทนค่าของชุดข้อมูลต้นฉบับเป็นค่าเดี่ยวชุดใหม่ ซึ่งจะลดปริมาณข้อมูลลง ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วกรรมวิธีในการจัดกลุ่มข้อมูลของชุดข้อมูลต้นยฉบับเป็นกุญแจสำคัญในการลดปริมาณข้อมูลสูญหาย เวกเตอร์ควอนไตเซชั่นโดยคำจำกัดความแล้วจะเป็นเทคนิคการบีบอัดข้อมูลที่ยอมให้มีการสูญเสีย นั่นคือข้อมูลต้นฉบับบางค่าจะมีการสูญหาย ซึ่งถ้าจะอธิบายง่ายๆคือ เวกเตอร์ควอนไตเซชั่น คือ กระบวนการที่นำค่าข้อมูลจากข้อมูลต้นฉบับมาจัดเป็นกลุ่มข้อมูล จากนั้นแทนค่าแต่ละกลุ่มด้วยค่าเวกเตอร์ค่าหนึ่ง กระบวนการควอนไตเซชั่นเกิดขึ้นเมื่อมีการสร้างค่าข้อมูลชุดใหม่ขึ้นมา เพราะว่าค่าของข้อมูลทุกค่าที่แทนข้อมูลแต่ละกลุ่มนั้น ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของข้อมูลแต่ละค่าได้เพราะค่าของข้อมูลในกลุ่มนั้นจะถูกแทนที่ด้วยค่าใหม่ค่าหนึ่งซึ่งจะมีค่าโดยประมาณใกล้เคียงกับข้อมูลในกลุ่มทั้งหมดกระบวนการคล้ายคลึงกับการจัดระดับปัดค่าข้อมูล เช่น 1.1,1.3,2.6 เป็นต้น ให้เป็นค่าจำนวนเต็มที่ใกล้เคียงที่สุด หลังจากผ่านกระบวนการการจัดระดับแล้วค่าทั้ง 3 จะไม่สามารถแยกความแตกต่างกันได้ การจัดข้อมูลเป็นกลุ่มขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์กันระหว่างค่าข้อมูลและการกระจายค่าข้อมูลในทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การกระจายค่าความน่าจะเป็นแบบเท่ากันและเกี่ยวข้องกับการควอนไตซ์แบบเท่ากันทุกค่า



รูปที่ 2.9การกระจายค่าความน่าจะเป็นแบบปกติและเกี่ยวข้องกับการควอนไตซ์แบบเท่ากันทุกค่า

ยกตัวอย่างคือ สมมุติว่ามีชุดข้อมูลซึ่งเป็นจำนวนเต็มมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1023 และสมมุติว่าจะแทนค่าชุดข้อมูลชุดนี้ด้วยค่าเพียง 128 ค่าเท่านั้น ค่าข้อมูลในช่วง 0 ถึง 1023 แทนเลขจำนวนเต็มขนาด 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิท และค่าข้อมูล 0 ถึง 127 แทนเลขจำนวนเต็มขนาด 7 บิท ทำให้ลดจำนวนข้อมูลลงได้ 3 บิท ต่อ อิลิเมนต์ ซึ่งการจัดกลุ่มแบบนี้จะกระทำแบบยูนิฟอร์มคือ จะกระทำการลดค่ารีโซลูชั่น โดยการแทนค่าชุดกลุ่มข้อมูลอย่างต่อเนื่อง โดยจะแบ่งดีกรีในช่วงเท่าๆกัน ถ้าค่าความน่าจะเป็น(Probability)ของข้อมูลเท่ากันแล้ววิธีนี้ เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการควอนไตเซชั่น แต่ถ้าชุดข้อมูลมีค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดหรือมีความสำคัญไม่เท่ากันตลอดช่วงแล้ว ดีกรีในการควอนไตเซชั่นจะไม่เท่ากัน โดยข้อมูลที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงก็จะกระทำการจัดระดับแบบละเอียด แต่ค่าข้อมูลที่มีค่าความจะเป็นต่ำก็จกระทำการจัดระดับแบบไม่ละเอียด โดยจะสามารถลดค่าความสำคัญของข้อมูลลงได้มากๆ

รูปที่ 2.9 แสดงฮิสโตแกรมสำหรับค่าข้อมูลในช่วง 0 ถึง 1023 ซึ่งทุกค่าข้อมูลมีค่าความน่าจะเป็นเท่ากัน และยังแสดงการควอนไตเซชั่นแบบง่ายโดยการจัดข้อมูลชนิด 10 บิท เป็น 7 บิทด้วยรูปที่ แสดงการควอนไตเซชั่นที่ความน่าจะเป็นของชุดข้อมูลไม่เท่ากัน ในกรณีนี้จะแทนค่ากลุ่มข้อมูลที่มีค่าความน่าจะเป็นสูง หรือเกิดบ่อยๆ โดยจัดระดับแทนค่าให้มีความแม่นยำสูง ส่วนค่าข้อมูลที่มีค่าความน่าจะเป็นต่ำ หรือแทบจะไม่เกิดแทนด้วยค่าที่ไม่ต้องมีความแม่นยำมาก

สังเกตได้ว่าการควอนไตเซชั่นจะกระทำโดยละเอียดในบริเวณที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงๆ และจะหยาบในบริเวณที่มีค่าความน่าจะเป็นต่ำกว่า ในกรณีที่ไม่มีสมการทางคณิตศาสตร์ที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต้นฉบับเดิมกับชุดข้อมูลที่ได้จากการควอนไตเซชั่นโดยชัดเจนได้ จากชุดข้อมูลเดิมแต่ละกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กับค่าเดี่ยวๆ ในชุดค่าข้อมูลที่ผ่านการควอนไตซ์ เป็นเวกเตอร์ค่าๆ หนึ่ง ตารางที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าในการควอนไตซ์และค่าโดยประมาณที่ใกล้เคียงที่สุดกับค่าข้อมูลเดิมคือ หนังสือรหัส (Code Book) ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถหาวิธีที่ดีที่สุดในการจัดกลุ่มข้อมูลจากข้อมูลเดิมเป็นเวกเตอร์ ซึ่งการเพิ่มประสิทธิ์ภาพของเทคนิคในการจัดระดับเวกเตอร์จะเป็นเวกเตอร์หลายมิติ ซึ่งจะนำไปสู่หลักการของความสัมพันธ์ระหว่างอิลิเมนต์ในชุดข้อมูล

จากตัวอย่างที่แล้ว สมมุติว่าค่าข้อมูลจากชุดข้อมูลเดิมถูกนำมาคิดเป็นคู่ๆ ดังนั้นแทนที่จะมีค่าเป็นไปได้เพียงแค่ 1024 ค่า จะทำให้ตอนนี้ค่าที่เป็นไปได้จะเพิ่มขึ้นมากกว่า 1 ล้านส่วน ซึ่งเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการควอนไตซ์ของเวกเตอร์ 2 มิติ ซึ่งแม้ว่าจะไม่ได้มีทฤษฎีที่แน่นอนว่าควรจะเป็นการควอนไตซ์เวกเตอร์กี่มิติ จึงจะดีแต่ในทางปฏิบัติแล้วก็จะมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่น ในระบบ 3 มิติ ใช้ค่า 8บิท จะทำให้มีค่าที่เป็นได้อยู่ในช่วง 2^{8+8+8} หรือประมาณ 16 ล้าน คือทุกครั้งที่มีการเพิ่มมิติขึ้นมาความซับซ้อนของการวิเคราะห์ทางสถิติก็จะเพิ่มขึ้นเป็นเอ็กโปรเนนเชียล

การควอนไตเซชั่นในที่นี้เป็นเวกเตอร์ควอนไตเซชั่น ลดค่าของข้อมูลภายในบล็อกข้อมูล DCT เพื่อจะลดจำนวนบิทที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเหล่านี้ในขั้นตอนเข้ารหัสต่อไป และจากการที่ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใหญ่มีการกระจายตัวของข้อมูลสีอยู่ในช่วงความถี่ต่ำๆ เจเป็คจึงให้ความสำคัญต่อข้อมูลในช่วงความถี่ต่ำมากกว่าข้อมูลในช่วงความถี่สูง ดังนั้นการควอนไตเซชั่น คือ ความพยายามลดความสำคัญของข้อมูลในช่วงความถี่สูงโดยพยายามทำให้กลายเป็นค่าศูยน์ให้มากที่สุดนั่นเอง โดยใช้บล็อกข้อมูลควอนไตซ์ 8x8 ค่า หารบล็อกข้อมูลจาก DCT 8x8 ค่า ดังสมการต่อไปนี้

$$Quantization(u, v) = Round\left(\frac{Datamatrix(u, v)}{Quantitable(u, v)}\right) \quad (2.3)$$

และมีสมการดิควอนไตเซชั่น ดังนี้

$$Datamatrix(u, v) = (Quantization(u, v)XQuantitable(u, v)) \quad (2.4)$$

และ Round คือ การหาจำนวนเต็มที่มีค่าใกล้เคียงที่สุด

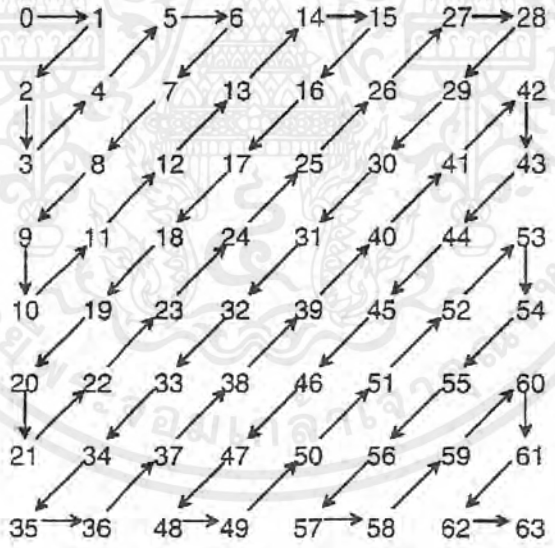
โดย

$$0 \leq u \leq 7, 0 \leq v \leq 7$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การอ่านข้อมูลแบบซิกแซก

การอ่านข้อมูลแบบซิกแซก เป็นการอ่านข้อมูลที่ได้จากการควอนไตเซชั่นซึ่งอยู่ในรูปแบบของบล็อกขนาด 8 แถว 8 หลัก ให้อยู่ในรูปของชุดข้อมูลที่เรียงต่อกันไป โดยลักษณะของการอ่านข้อมูลแบบซิกแซกนี้มีลักษณะดังรูปที่ 2.10 การอ่านข้อมูลในลักษณะนี้ก็เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการแปลงแบบดีสครีตโคซายน์ทรานสฟอร์มและการควอนไตเซชั่น เพราะในการแปลงแบบดีสครีตโคซายน์ทรานสฟอร์มนั้นผลที่ได้จากการแปลงจะมีการเรียงค่าส่วนประกอบทางความถี่เพิ่มขึ้นตามแนวเส้นทแยงมุมของบล็อกขนาด 8 แถว 8 หลัก ดังได้กล่าวไว้แล้วในเรื่องการแปลงแบบดีสครีตโคซายน์ทรานสฟอร์ม และผลที่ได้จากการแปลงนี้เมื่อนำมาทำการควอนไตเซชั่นค่าของข้อมูลก็จะลดลงตามแนวเส้นทแยงมุมของบล็อกเช่นกัน และในช่วงความถี่สูงๆ ค่าจะถูกลดลงเป็นศูนย์มาก ดังนั้นการอ่านข้อมูลแบบซิกแซกก็มีความพยายามที่จะนำค่าเป็นศูนย์มาเรียงให้ติดกันเพื่อประโยชน์ในการบีบอัดข้อมูลในขั้นตอนการเข้ารหัสต่อไป



รูปที่ 2.10 วิธีการอ่านข้อมูลแบบซิกแซก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเข้ารหัสข้อมูล

กระบวนการสุดท้ายของ JPEG คือการเข้ารหัสข้อมูลที่ผ่านการควอนไตเซชั่นแล้ว ด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอน

1. การเก็บค่าสัมประสิทธิ์กระแสตรงของบล็อกพิกเซล [8x8] บล็อกแรกก่อน แล้วทำการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์กระแสตรงที่จุด(0,0) ของบล็อกต่อมาเป็นค่าที่สัมพันธ์กับค่าแรกหรือเป็นค่าผลต่างนั่นเอง แล้วจึงทำการเข้ารหัสข้อมูลผลต่างนี้แทน เพื่อประโยชน์คือสามารถเข้ารหัสโดยใช้ค่าผลต่างที่ถือว่าน้อยด้วยจำนวนบิทที่น้อยกว่าการเข้ารหัสค่าจริง เพราะจะถือว่าบล็อกของพิกเซลที่อยู่ใกล้กัน จะมีส่วนที่แตกต่างกันน้อยมากและสัมประสิทธ์กระแสตรงก็ได้รวมข้อมูลที่สำคัญของภาพไว้แล้ว
2. การจัดลำดับสัมประสิทธิ์กระแสสลับเป็นลำดับแบบซิกแซกเพื่อให้ค่าศูนย์ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการควอนไตเซชั่นมีความต่อเนื่องกันยาวๆ ทำให้สามารถเข้ารหัสได้ง่าย
3. เลือกทำการเข้ารหัสสัมประสิทธิ์กระแสสลับที่จัดลำดับแล้ว

   3.1 ด้วยวิธีความต่อเนื่องของข้อมูล RLE (Run Length Encoding) ซึ่งข้อดีของวิธีนี้คือถ้าค่าศูนย์ ที่เรียงติดกันมีความต่อเนื่องกันยาวมากๆ จะทำให้สามารถเข้ารหัสได้ง่าย

   3.2 การเข้ารหัสแบบเอนโทรปี(Entropy Encoding)ซึ่งอาจจะทำได้โดยวิธีฮัฟแมน หรือการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ก็ได้

2.5.1 การเข้ารหัสข้อมูลแบบฮัฟแมน

การเข้ารหัสข้อมูลแบบฮัฟแมนนั้นเป็นการเข้ารหัสเฉพาะข้อมูลที่มีค่าไม่เป็นศูนย์ ดังนั้นจากการพยายามลดค่าขอองข้อมูลให้เป็นศูนย์มากๆ ในขั้นตอนของการควอนไตเซชั่นและการอ่านข้อมูลแบบซิกแซกที่พยายามทำให้ค่าเป็นศูนย์มาเรียงกันนั้นจึงมีประโยชน์ต่อการเข้ารหัสแบบฮัฟแมนมาก เพราะจะทำให้ข้อมูลที่ต้องทำการเข้ารหัสมีจำนวนน้อยลง การเข้ารหัสข้อมูลแบบฮัฟแมนนั้นจะแบ่งการเข้ารหัสข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ การเข้ารหัสข้อมูลของค่า DC และการเข้ารหัสข้อมูลของค่า AC

1 การเข้ารหัสค่า DC ของแถวข้อมูล

ในการเข้ารหัสค่าDC ของแถวข้อมูลนั้น(ข้อมูลตัวแรกในแถวซึ่งคิดค่าสเปกตรัมสัมประสิทธิ์กระแสตรงที่จุด (0,0) ของบล็อกพิกเซลขนาด 8x8) จะถูกเข้ารหัสเฉพาะค่าความแตกต่างระหว่างค่า DC ของแถวข้อมูลปัจจุบัน กับค่า DC ของแถวข้อมูลซึ่งเป็นสีชนิดเดียวกัน ที่ถูกเข้ารหัสแถวล่าสุดที่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไป เช่น เมื่อกำลังทำการเข้ารหัส ค่า DC ของแถวข้อมูล C_b อยู่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40 จะทำการหาค่าความแตกต่างกัน ค่า DC ของแถวข้อมูล C_b ที่ถูกเข้ารหัสผ่านไปแล้วแถวล่าสุด(สมมติว่ามีค่าเท่ากับ 15)ดังนั้นค่าที่จะถูกเข้ารหัสคือ 25(จากผลต่างคือ40 – 15)ซึ่งการเข้ารหัสข้อมูลค่า DC จะมีการเข้ารหัส 2 ส่วน คือ

1. SIZE หมายถึง จำนวนบิทที่จะต้องใช้ในการใส่ค่าข้อมูล(ผลต่าง) ซึ่งจะหาได้จากตารางฮัฟแมน
2. AMPLITUDE หมายถึง ค่าขนาดของผลต่าง

ดังนั้นรหัสที่เข้าคือ (SIZE)(AMPLITUDE)

ในตารางฮัฟแมนจะเก็บรหัสความยาวต่างๆ ที่ใช้ในการแทนข้อมูลตามค่า ลำดับขั้น(Category) ของข้อมูลนั้น ซึ่งหาค่า ลำดับขั้น ของข้อมูลสามารถหาได้จากตาราง JPEG Coefficient Coding Categories ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ เมื่อได้ค่า ลำดับขั้น แล้วก็สามารถหารหัสข้อมูลได้จากตารางค่า DC ของฮัฟแมน โดยการเทียบหาตามค่า ลำดับขั้น ที่ได้จากตาราง จะเห็นว่ารหัสที่ได้จากตารางที่ นั้นใช้เป็นตัวบอกช่วงของข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสเท่านั้นซึ่งจะได้รหัสตัวที่หนึ่งของข้อมูลออกมา ส่วนการระบุค่าของข้อมูลนั้นจำเป็นจะต้องใช้รหัสตัวที่สองเป็นตัวระบุ โดยที่รหัสตัวที่สองนี้จะหามาจากค่าของข้อมูลโดยตรง โดยจะมีจำนวนบิทเท่ากับค่า ลำดับขั้น ของข้อมูลที่จะนำมาเข้ารหัสนั่นเอง และจะเอาค่า 2's Complement ถ้าข้อมูลมีค่าเป็นลบ

2 การเข้ารหัสค่า AC ของแถวข้อมูล

เนื่องจากการเรียงข้อมูลแบบซิกแซกนั้น จะทำให้ค่าศูนย์ที่เกิดขึ้นจากการควอนไตเซชั่นอยู่เรียงกันอย่างต่อเนื่องยาวๆ ทำให้สามารถเข้ารหัสได้ง่าย และยิ่งมีค่าเป็นศูนย์ที่ต่อเนื่องกันมากๆ ก็จะสามารถเข้ารหัสด้วยจำนวนที่น้อยลงได้มาก และส่วนมากค่าศูนย์จะต่อเนื่องกันอยู่ในตอนท้ายๆของแถวข้อมูล

การเข้ารหัสค่า AC (ข้อมูลตั้งแต่ตัวที่ 2 ถึงตัวที่ 64 ในแถวข้อมูล)จะต่างจากในการเข้ารหัสค่า DC คือจะทำการเข้ารหัสค่าของข้อมูลโดยตรง(ไม่เข้ารหัสเฉพาะค่าความแตกต่างเหมือนใน DC) และการเข้ารหัสค่า AC นั้นจะทำการเข้ารหัสเฉพาะค่า AC ที่มีค่าไม่เป็นศูนย์เท่านั้น ส่วนค่าที่เป็นศูนย์นั้น JPEG จะอาศัยการเข้ารหัสแบบ Run Length มาช่วยในการเข้ารหัสดังนี้คือ ในการเข้ารหัสค่า AC ที่ไม่เป็นศูนย์แต่ละตัวจะเน้นจำนวนข้อมูล AC ที่เป็นศูนย์ซึ่งอยู่ติดกันด้านหน้าของข้อมูลที่จะเข้ารหัสนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยถือว่าเป็นค่า Run ของข้อมูลในการเข้ารหัส เช่น ค่า AC ภายในแถวเป็น 2 6 0 0 0 9 0 0 7... จะทำการเข้ารหัสเฉพาะข้อมูลที่ไม่เป็นศูนย์และมีค่า Run ของข้อมูลแต่ละตัวดังนี้คือ

2 (Run =0), 6 (Run=0), 9 (Run=3), 7 (Run=2)... โดยมีการเข้ารหัสข้อมูลดังกล่าวคล้ายใน DC แต่จะใช้รหัส 3 ตัว แทนข้อมูลแต่ละตัวดังนี้

1. RUN LENGTH คือ จำนวนค่า 0 ที่ต่อเนื่องกันก่อนหน้าข้อมูลตัวที่จะเข้ารหัส
2. SIZE คือ จำนวนบิทที่จะต้องใช้ในการใส่ค่าข้อมูลที่ไม่เท่ากับ 0 ซึ่งหาจากตารางฮัฟแมน
3. AMPLITUDE คือ ค่าแอมปลิจูลหรือค่าของข้อมูลที่ไม่เท่ากับ 0

ดังนั้นรหัสคือ (RUNLENGTH,SIZE)(AMPLITUDE)

มีเงื่อนไขพิเศษ คือ ถ้ามี 0 ต่อเนื่องกันมากกกว่า 16 ตัวสมมุติ 22 ตัว จะได้รหัสเป็น(15,0)(6,4)(13)

(15,0) คือ มี 0 ต่อเนื่องกัน 16 ตัว

(6,4)(13) คือ มี 0 อีก 6 ตัว ใช้ 4 บิทในการแทนค่าข้อมูลที่มีค่าเท่ากับ 13

ซึ่งตารางที่ใช้ในการดูค่าจำนวนบิทที่ใช้ต่างๆกัน เรียกว่าเป็นรหัสแบบความยาวของรหัสไม่คงที่หรือแวริเอเบิลเลนจ์โคด(Variable Length Code) เนื่องจากข้อมูลที่จะนำมาเข้ารหัสจะมีค่า Run เข้ามาเกี่ยวข้องดังนั้นในตารางค่า AC ของฮัฟแมน จะแตกต่างจากในตารางค่า DC ของฮัฟแมน คือจะมีการเปลี่ยนแปลงจาก 6 ลำดับขั้น ใน DC เป็น Run/Category นั่นคือการหารหัสข้อมูลจากตารางค่า AC ของฮัฟแมน จะต้องทราบค่า รัน และ ลำดับขั้น ของข้อมูลที่จะนำมาเข้ารหัส ซึ่งการหาค่า ลำดับขั้นของข้อมูล AC จะเทียบหาจากตาราง JPEG Coefficient CodingCategories ตามตารางที่ 3และ 4 เช่นเดียงกับใน DC เมื่อทราบค่า รัน และ ลำดับขั้น ของข้อมูลแล้วก็จะสามารถหา รหัสข้อมูลจากตารางค่า AC ของฮัฟแมนได้โดยเทียบตามค่า Run/Category

และภายในตารางค่า AC ของฮัฟแมนจะมีรหัสพิเศษ 2 ตัวคือ รหัสเมื่อ Run/Category เท่ากับ 0/0 ใช้ในกรณีเมื่อทำการเข้ารหัสข้อมูลภายในแถวจนกระทั่งเหลือแต่ข้อมูลที่เป็นศูนย์เพียงอย่างเดียวก็จะใช้รหัสนี้เป็นตัวบอกตัวถอดรหัสว่าข้อมูลที่เหลือทั้งหมดภายในแถวมีค่าเป็นศูนย์ และรหัสอีกตัวหนึ่งเมื่อ Run/Category เท่ากับ F/0 ใช้เมื่อมีข้อมูลที่มีค่าศูนย์อยู่ติดกัน 16 ตัวภายในแถว โดยยังมีข้อมูลที่ไม่เป็นศูนย์ที่ยังไม่ถูกเข้ารหัสเหลืออยู่แถวอีก ก็จะใช้รหัสตัวนี้แทน ข้อมูลที่มีค่าศูนย์ 16 ตัวดังกล่าว

จะเห็นได้ว่ารหัสข้อมูลที่ได้จากตารางค่า AC ของฮัฟแมนนั้นใช้ในการบอกจำนวนศูนย์(ค่า Run)ที่อยู่ด้านหน้าของข้อมูลนั้นและช่วงของค่าข้อมูล(ค่า Category) ที่นำมาเข้ารหัสดังนั้นจะต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสที่สองสำหรับใช้ในการระบุค่าของข้อมูล ซึ่งการหารหัสตัวที่สองนี้ใช้วิธีเดียวกันกับ DC คือเอามาจาก LSB จำนวน ลำดับขั้น บิทของข้อมูลที่จะนำมาเข้ารหัสและจะเอามาจากค่า 2's Complement ถ้าข้อมูลมีค่าเป็นลบ

2.5.2 การลดข้อมูลภาพด้วยวิธี รันเล็งธ ลิมิเต็ด (Runlength Limited)

การลดข้อมูลด้วยวิธีนี้ อาศัยลักษณะทั่วๆไป ของข้อมูลภาพที่จะต้องมีส่วนของฉากหลัง (Blackground) และพื้นหน้า(Forground) ในส่วนของฉากหลัง จะมีรายละเอียดของภาพไม่มากนัก ส่วนนี้เองจะมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลน้อย เมื่อเทียบกับส่วนของพื้นหน้า ซึ่งมีรายละเอียดและการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลมาก ในส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลน้อยนี่เอง เราจะสามารถนำการเข้ารหัสแบบ รันเล็งธ มาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเข้ารหัสแบบนี้ จะจัดข้อมูลภาพเดิม ให้อยู่ในรูปของคู่ลำดับ(Gi,Li) โดย Gi แทนระดับความเข้มขาวดำ(Graylevel) และ Li แทนความยาวของข้อมูล หรือจำนวนจุดที่มี ระดับเข้มขาวดำแทน Gi การเข้ารหัสแบบนี้มีด้วยกัน 2 วิธีใหญ่คือ

1. จะทำการอ่านข้อมูลเข้ามา โดยการนับจำนวนข้อมูลที่ซ้ำกัน กับข้อมูลนั้นเข้ามาด้วยแล้วแปลงข้อมูลไปเป็น 2 ไบท์ คือ ไบท์แรกจะเก็บจำนวนตัวข้อมูลที่ซ้ำกัน และไบท์ที่สองเก็บค่าของระดับสีที่ซ้ำกันนั้นเอาไว้ โดยใน 1 ชุดข้อมูล เอาพุท(2 ไบท์)จะนับจำนวนจุดที่ซ้ำกันได้ 256 จุดสีตัวอย่างของการเข้ารหัสข้อมูลเช่น

12 12 12 12 52 52 52 52 52 52 31 31 AA 64 64 64

เข้ารหัสได้เป็น

05 12 06 52 02 31 01 AA 03 64

จะพบว่าสามารถลดข้อมูลจาก 17 ไบท์ มาเหลือ 10ไบท์ หากข้อมูลซ้ำกันถึง 256 จุดแล้วจะทำให้เราลดข้อมูลลงได้มากมาย แต่ถ้าข้อมูลแต่ละตัวไม่ซ้ำกับจุดใกล้เคียงเลย จะทำให้ผลจากการเข้ารหัส จะได้รหัสที่ยาวเป็น 2 เท่าของข้อมูลอินพุท

2. จากความบกพร่องของวิธีการทำ รันเล็งธ วิธีแรกตรงที่โปรแกรมจะทำการเข้ารหัสข้อมูลเมื่อนับจำนวนข้อมูลได้ตั้งแต่ 1 – 255 จุดดังนั้นถ้าเกิดข้อมูลของเรามีจุดสีที่ไม่ซ้ำกับจุดข้างเคียงอยู่มากจะทำให้ข้อมูลลดลงไม่มากหรืออาจจะมีขนาดใหญ่กว่าเดิม และพิกเซล ที่ซ้ำกันที่เดียวถึง 255 ตัว คงเกิดได้ยาก จึงทำการแก้ไขปัญหาของการทำ รันเล็งธ วิธีแรกเกี่ยวกับตัวข้างเคียงมีหลักการดังนี้

1.จะไม่ทำการลดข้อมูลกับส่วนที่มีจำนวนซ้ำกันน้อยกว่า 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. จะมีการทำเครื่องหมายเพื่อที่จะแยกส่วนที่การลดกับส่วนที่ไม่มีการลดข้อมูลออกจากกันโดยใช้บิทๆ หนึ่งเป็นตัวบอกว่าเป็นตัวถูกลดหรือไม่

จากหลักการดังกล่าวนี้จะใช้บิทที่ 7 ของไบท์บอกขนาดเป็นตัวบอกว่าข้อมูลที่ต่อจากนี้ไปมีการลดขนาดข้อมูลหรือไม่ ส่วนบิทที่เหลือเราก็ยังคงใช้บอกขนาดต่อไป เมื่อเรานับ พิกเซล ได้ซ้ำกันตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป บิทที่ 7 ของไบท์บอกขนาดจะถูกแทนให้เป็น 1 และเราจะเริ่มนับ 1 ตั้งแต่ พิกเซลที่ซ้ำกันตั้งแต่ตัวที่ 4 เป็นต้นไป ทำให้บิทบอกขนาดมีค่าตั้งแต่ 3 – 130 หรือ ใน / ไบท์นี้เราอาจเก็บได้ถึง 130 ไบท์ ส่วนในกรณีที่ไม่มีการลดขนาด บิทที่ 7 ของไบท์ บอกขนาดจะถูกเซ็ตให้เป็น 0 และ 7 บิทที่เหลือจะบอกจำนวนของข้อมูลที่มีค่าไม่ซ้ำกันนั้น โดยค่าที่ตามมาเป็นข้อมูลที่ไม่ถูกลดขนาด เป็นจำนวนไบท์เท่ากับจำนวนที่แสดงไว้ในไบท์บอกขนาด ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 127 โดยจำนวนจริงจะมีค่าเท่ากับไบท์บอกขนาดไบท์บอกขนาดบวกหนึ่ง

โดยวิธีนี้ผลลัพธ์ที่ได้จะแย่ที่สุดในกรณีที่เกิดมีข้อมูลที่ไม่ซ้ำกันเลยมากกว่า 128 ไบท์ เมื่อทำการเข้ารหัสจะได้รหัสถึง 129 ไบท์ สำหรับทุกๆ 128 ไบท์ของข้อมูลอินพุท และในกรณีที่ดีที่สุดก็คือเมื่อซ้ำกัน 128 ไบท์ เมื่อเข้ารหัสจะได้ข้อมูลที่ลดลงเหลือ 2 ไบท์

2.6 เกณฑ์การวัดความเหมือนจริงของภาพ

ในการลดข้อมูลภาพนั้น จะมีส่วนหนึ่งที่เกิดผิดพลาดหรือสูญเสีย ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้จะมีผล ตอนที่ สร้างภาพกลับคืนมา และค่าความผิดพลาดนี้จะอยู่ในช่วงหนึ่งที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นเกณฑ์การวัดความเหมือนจริงของภาพสามารถนำมาใช้ในการวัดประสิทธิ์ภาพความเหมือนจริงของภาพคือ ค่า Root Mean Square (rms) ของข้อผิดพลาด(error) ระหว่างข้อมูลภาพอินพุท และข้อมูลภาพเอาท์พุท(Signal Noise Ratio)เมื่อกำหนดให้ข้อมูลภาพอินพุทประกอบด้วยอาเรย์ขนาด N*N ของจุดภาพ f(x,y) โดยที่x,y มีค่าเป็น 0,1,...,N-1 แต่ละจุดภาพมีค่าของระดับสีเทาที่เป็นไปได้คือ 2 ยกกำลัง m เป็นจำนวนบิทของเลขฐานสอง

สำหรับทุกค่าของ x และy ในช่วง 0,1,…,N-1ค่า error ระหว่างจุดภาพอินพุท และเอาท์พุทคือ

$$e(x,y) = g(x,y) - f(x,y) \qquad (2.5)$$

เมื่อ f(x,y) คือรูปภาพอินพุท ณ จุด x,y ใดๆ

g(x,y) คือรูปภาพเอาท์พุท ณ จุด x,y ใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36886

ค่าเฉลี่ยของข้อผิดพลาดกำลังสองของภาพ Mean Square Error คือ

$$e_{rms} = \frac{1}{MN}\left(\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}[e(x,y)]^2\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (2.6)$$

เมื่อ M คือจำนวนของเส้นภาพ

N คือค่าของจำนวนจุดภาพตามแนวนอน

ค่า Root Mean Square Error เป็นค่าที่ใช้ในการวัดความแตกต่างของข้อมูลอินพุทและข้อมูลเอาท์พุท แต่เมื่อพิจารณาขนาดของข้อมูลเอาท์พุท ต่อขนาดสัญญาณรบกวน(Noise)ก็จะได้เป็นค่าSignal to Noise(SNR)เมื่อกำหนดสัญญาณภาพเอาพุทแต่ละจุดประกอบด้วยสัญญาณอินพุทบวกด้วยค่าสัญญาณรบกวน นั่นคือ

$$g(x,y) = f(x,y) + e(x,y) \qquad (2.7)$$

ดังนั้นค่า Mean Square Signal to Noiseของข้อมูลภาพเอาท์พุท สามารถหาได้โดยค่าเฉลี่ยของสัญญาณอินพุทกำลังสอง $f(x,y)^2$ หารด้วยค่าเฉลี่ยของสัญญาณรบกวนกำลังสอง $e(x,y)^2$ ของข้อมูลภาพทั้งหมด สามารถเขียนได้ดังนี้

$$(SNR) = \frac{\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1} f^2(x,y)}{\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1} e^2(x,y)} \qquad (2.8)$$

2.7 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี YCbCr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี YCbCr

ระบบสีที่ใช้ใน JFIF file(JPEG File Interchange Format) นั้นเป็นระบบสี YcbCr ตามมาตราฐานระบบ PAL\SECAM ซึ่งประกอบด้วยค่า Luminanec(Y) และChrominance (Cb,Cr) โดยมีสมการการแปลงสี R ,G ,B ในระบบสี RGB เป็นสี Y ,Cb ,Cr ในระบบ YCbCr ดังนี้

$$Y = 0.302*R+0.588*G+0.1137*B \quad (2.9)$$

$$Cb = -0.1725*R-0.3412*G+0.5137*B \quad (2.10)$$

$$Cr = 0.5137*R-0.4314*G-0.0824*B \quad (2.11)$$

โดยที่ $0 \leq Y \leq 255$, $-128 \leq Cb \leq 128$, $-128 \leq Cr \leq 128$

2.7.1 การแปลง ระบบสีใน Bitmap ชนิด ture color

Bitmap ชนิด 24 Bit/pixel ค่าสี R ,G ,B ที่ใช้ในแต่ละจุดพิกเซลจะถูกเก็บไว้ที่จุดพิกเซล โดยตรง ฉนั้นการแปลงระบบสีใน Bitmapจะต้องแปลงสีของจุดพิกเซลทีละจุดโดยนำค่าสี R ,G ,B จากจุดพิกเซลมาทำการแปลงสีเป็นเป็นค่าสี Y ,Cb ,Cr แล้วเก็บไว้ที่ตำแหน่งเดิมของจุดพิกเซลนั้นๆ

ระบบ YCbCr มีการแยกสีออกเป็น 2 ชนิด ค่า Luminanec และค่าChrominance และในระบบการมองเห็นของตามนุษย์ จะมีความไว้ต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง Luminanecมากว่าความเปลี่ยนแปลงของสี Chrominance ดังนั้นระบบสี จึงมีประโยชน์ต่อการลดจำนวนจุดพิกเซลโดยการลดจำนวนข้อมูลสีต่อจำนวนจุดพิกเซล โดยการลดจำนวนสี Chrominance และคุณภาพของภาพไม่ลดลงไป เพราะตามนุษย์สังเกตุไม่เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
โครงสร้างข้อมูลไฟล์แบบเจเป็ก

3.1โครงสร้างข้อมูลไฟล์แบบเจเป็ก

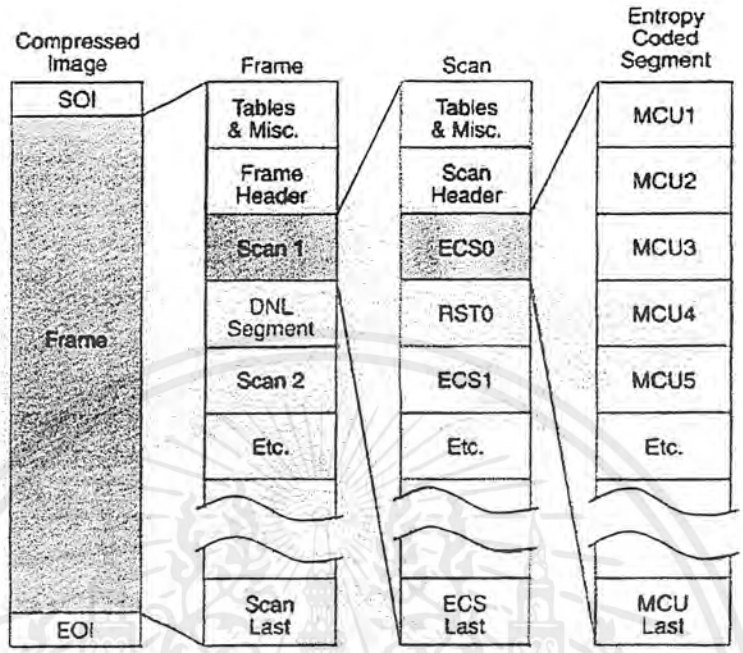
ในบทนี้จะแสดงมาร์คเกอร์และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยที่มาร์คเกอร์ต่างๆจะมีขนาด 2 Byte ได้แก่รหัส 0xFF ใช้บอกถึงจุดเริ่มต้นของส่วนต่างๆที่ประกอบกันเป็นรูปแบบของเจเป็ก ตามตารางที่3.1 แสดงส่วนต่างๆของมาร์คเกอร์ (Marker Segment) ที่จะต้องพิจารณาตามรูปที่ 3.1

0xFFC0	(SOF) Start of Frame Marker
0xFFC4	(DHT) Define Huffman Table
0xFFD0 to 0xFFD7	(RST) Restart Interval Termination
0xFFD8	(SOI) Start of Image
0xFFD9	(EOI) End of Image
0xFFDA	(SOS) Start of Scan
0xFFDB	(DQT) Define Quantization Table
0xFFDC	(DNL) Define Number of Lines
0xFFDD	(DRI) Define Restart Interval
0xFFE0 to 0xFFEF	(APP) Application Segment Markers
0xFFFE	(COM) Start of Comment

ตารางที่ 3.1 รหัสต่างๆของมาร์คเกอร์

แต่ละส่วนของมาร์คเกอร์จะประกอบด้วย รหัสมาร์คเกอร์และตามด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ค่าพามิเตอร์แรกที่ต่อจากรหัสมาร์คเกอร์ จะมีขนาด 2 Byte บอกถึงความยาวของข้อมูลของส่วนของมาร์คเกอร์ โดยค่าความยาวนี้จะเป็นความยาวของค่าพารามิเตอร์เท่านั้นไม่รวมกับรหัสมาร์คเกอร์ รหัสมาร์คเกอร์แรกได้แก่ จุดเริ่มต้นของรูปภาพ (SOF) หรือเรียกว่า ส่วนหัวเฟรม(Frame Header)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 รูปแบบการเรียงตัวของข้อมูล ตามลำดับ DCT

3.2 ส่วนหัวเฟรม(Frame Header)

จะประกอบด้วยส่วนหัวเฟรมที่คงที่ และไม่คงที่ ส่วนหัวเฟรมที่คงที่จะประกอบด้วยพารามิเตอร์ 6 ค่า ตามตารางที่ 3.2

Parameter	Size (Bits)	Values	Description
SOF	16	0xFFC0	Start of Frame
Lf	16	3*Nf+8	Frame Header Length
P	8	8	Sample Precision
Y	16	0-65535	Number of Lines
X	16	1-65535	Sample per Line
Nf	8	1-255	Number of Image Component

ตารางที่ 3.2 ส่วนหัวของเฟรมที่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Frame Header Length (Lf)

มีขนาด 16 Bit เป็นตัวเลขที่บอกความยาวของส่วนหัวเฟรม มีค่าเป็นไบต์ และไม่นับรวม ค่าจุดเริ่มต้นของรูปภาพ (SOF)

Sample Precision (P)

ค่านี้เป็นตัวระบุถึง จำนวนบิตที่ใช้ในแต่ละการสุ่มตัวอย่าง สำหรับ DCT ตัวเลขนี้จะมีค่า 8

Number of Lines (Y)

ตัวเลขนี้บอกถึงจำนวนพิกเซลในแถว

Number of Samples per Line (X)

ตัวเลขนี้บอกถึงจำนวนพิกเซลในหลัก

Number of Image Components in a Frame (Nf)

โดยปกติในรูปสีค่านี้จะบอกจำนวนเฟรมทั้งหมดของรูปมีค่าเท่ากับ 3 และสำหรับรูปขาวดำ จะมีเฟรมอยู่เฟรมเดียวจึงจะมีค่าเท่ากับ 1

Parameter	Size (Bits)	Values	Description
Ci	8	0-255	Component Identifier
Hi	4	1-4	Horizontal Sampling Factor
Vi	4	1-4	Vertical Sampling Factor
Tqi	8	0-3	Quantization Table Selector

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดในเฟรมแต่ละเฟรม

Component Identifier (Ci)

เป็นตัวเลขที่บอกลำดับของเฟรมที่จะถูกกำหนดค่าพารามิเตอร์ เช่น 01 ในรูปสีจะเป็นเฟรมแรก 02 จะเป็นเฟรมที่สอง และ 03 จะเป็นเฟรมที่สาม ตามลำดับ

Horizontal Sampling Factor (Hi)

เป็นการกำหนด จำนวนของบล็อกขนาด8*8 ในแต่ละ MCU ทางด้านแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vertical Sampling Factor (Vi)

เป็นการกำหนด จำนวนของบล็อกขนาด8*8 ในแต่ละ MCU ทางด้านแนวตั้ง

Quantization Table Selector (Tqi)

จากตารางการควอนไต ที่แยกออกเป็นสองส่วน คือส่วนลูมิแนน์ และโครมิแนน์ ค่านี้จะเป็นตัวบอกการใช้ตารางใดในการควอนไต โดยลำดับของตารางจะถูกกำหนดลงบนก่อนหัวของเฟรม เพราะตารางนี้ จะถูกใช้ในการถอดรหัสต่อไป

3.3 Scan Header Syntax

เป็นการกำหนด การเปลี่ยน Entropy Code ในการเข้ารหัสใน Scan Block โดยจะ Scan ครั้งเดียวหรือหลายครั้งก็ได้

Parameter	Size (Bits)	Values	Description
SOS	16	0xFFDA	Start of scan
Ls	16	2*Ns+6	Scan Header Length
Ns	8	1-4	Number of Image Components
Csj	8	0-255	Scan Component Selector
Tdj	4	0-1	DC Coding Table Selector
Taj	4	0-1	AC Coding Table Selector
Ss	8	0	Start of Spectral Selection
Se	6	63	end of Spectral Selection
Ah	4	0	Successive Approximation Bit High
Al	4	0	Successive Approximation Bit Low

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของ Scan Header

Scan Header Length (Ls)

เป็นตัวบอกความยาวของ Scan Header แต่ไม่รวมเอา Start of Scan (SOS) Marker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Number of Image Components (Ns)

เป็นการกำหนดจำนวน ที่จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแต่ละเฟรม โดยจะเป็นการแสดง การใช้ตาราง Huffman Encode จะประกอบด้วยกัน 3 ส่วนดังนี้

Scan Component Selector (Csj)

จากการกำหนด Sampling Factor ทั้งทางแนวนอนและแนวตั้ง Scan Header จะต้องมีความสัมพันธ์กับ Frame Header โดยที่ผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดคือHorizontal คูณกับVertical และนำมาบวกกันทุกเฟรมจะต้องไม่มากกว่า 10 ถ้าหากมากกว่านี้จะต้องเข้ารหัสแยก Scan Blocks จากตัวอย่างโปรเจ็ก (411) 2*2+1*1+1*1=6 (422)2*2+1*2+1*2=8 ยังอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนด จึงไม่ต้องแยก Scan Blocks

DC Entropy Coding Table Selector (Tdj)

ทำการเลือกตาราง DC Entropy Coding มา 1 ตาราง จากทั้งหมด 4 ตาราง มาใช้ในการเข้ารหัส โดยจะอธิบาย การกำหนดตารางในหัวข้อถัดไป

AC Entropy Coding Table Selector (Taj)

ทำการเลือกตาราง AC Entropy Coding มา 1 ตาราง จากทั้งหมด 4 ตาราง มาใช้ในการเข้ารหัส โดยจะอธิบาย การกำหนดตารางในหัวข้อถัดไป

Start of Spectral Selection (Ss)

เป็นการกำหนด จุดเริ่มต้นของ DCT coefficient ของแต่ละบล็อก โดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 0

End of Spectral Selection (Se)

เป็นการกำหนด จุดสิ้นสุดของ DCT coefficient ของแต่ละบล็อก โดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 63

Successive Approximation Bit Positions High and Low (Ah&Al)

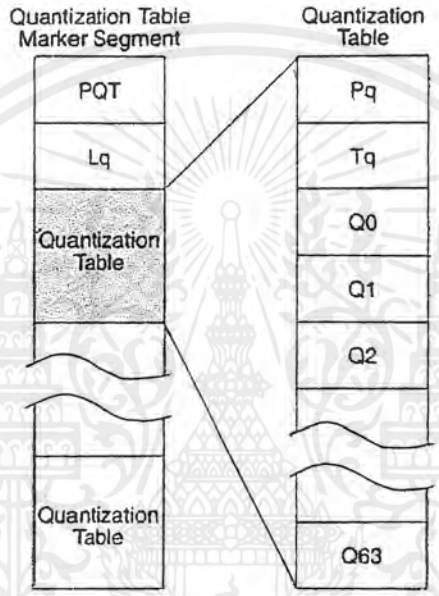
ใน DCT ค่านี้จะเป็น 0

3.4 Quantization Table Specification Syntax

จุดเริ่มต้นของการกำหนดตารางการควอนไต คือ 0xFFDB (DQT) จากรูปที่ 3.2 เริ่มต้นจากตาราง ที่ 1ไปจนถึง4 Quantization Table Length (Lq) จะบอกความยาวทั้งหมด ยกเว้น(DQT) จะรวมทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางด้วย Quantization Table Precision (Pq) จะเป็นตัวบอก ขนาดของตาราง ถ้าหากเท่ากับ 0 ตารางจะมีขนาด 8*8 และถ้าเท่ากับ 1 ตารางจะมีขนาด 16*16 Quantization Table Identifier (Tq) เป็นการกำหนดว่าเป็นตารางลำดับที่เท่าใดจากทั้งหมด 4 ตาราง Quantization Table Element (Qk) เป็นค่าต่างๆในตารางควอนไต



รูปที่ 3.2 รูปแบบการกำหนดตารางควอนไต

Parameter	Size (Bits)	Values	Description
DQT	16	0xFFDB	Define Quantization Table Maker
Lq	16	65n+2	Quantization Table Length
Pq	4	0	Quantization Table Precision
Tq	4	0-3	Quantization Table Identifier
Qk	8	1-255	Quantization Table Element

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของ Quantization Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Huffman Table Specification Syntax

จุดเริ่มต้นของส่วนตารางการเข้ารหัส จุดเริ่มต้นของตารางคือ 0xFFC4 (DHT) และจะประกอบด้วยกันทั้งหมด 4 ตารางตามรูปที่ 3.3 Huffman Table Length Field (Lh) คือความยาวทั้งหมด ยกเว้น (DHT)

Parameter	Size (Bits)	Values	Description
DHT	16	0xFFC4	Define Huffman Table Marker
Lh	16	*	Huffman Table Definition Length
Tc	4	0,1	Table Class: 0 = DC; 1=AC
Th	4	0,1	Huffman Table Identifier
Li	8	0-255	Huffman Code Length
Vij	8	0-255	Huffman Code Value

ตารางที่ 3.6 แสดงรายละเอียดของ Huffman Table

Table Class (Tc)

เป็นการระบุประเภทของตาราง 0 = DC และ1=AC

Table Identifier (Th)

มีค่าตั้งแต่ 0-1 เป็นการกำหนดลำดับของตารางในการอ้างอิง

Huffman Code Counts (Li)

เป็นการนับจำนวนบิตที่มี ในJPEGเริ่มจาก 1บิต จนครบ 16 บิต

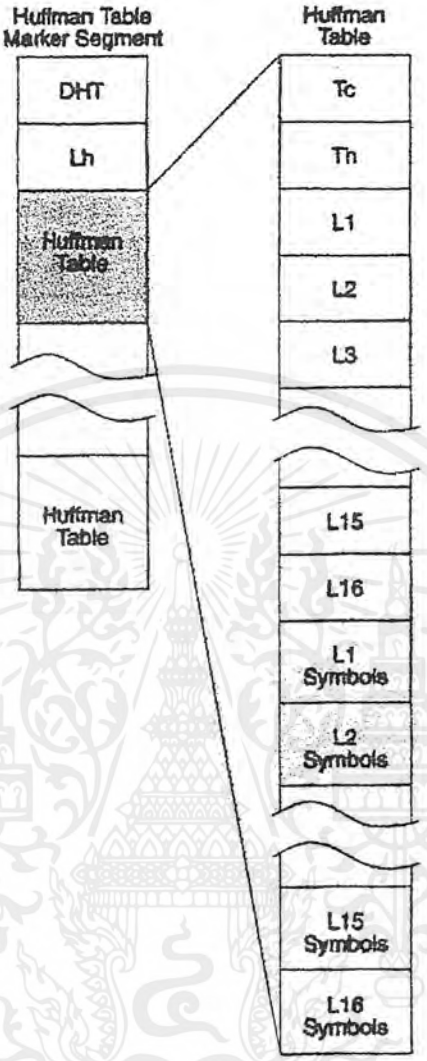
Huffman Code Table (Vij)

เป็นค่าของตารางที่เรียงลำดับตามจำนวนบิต

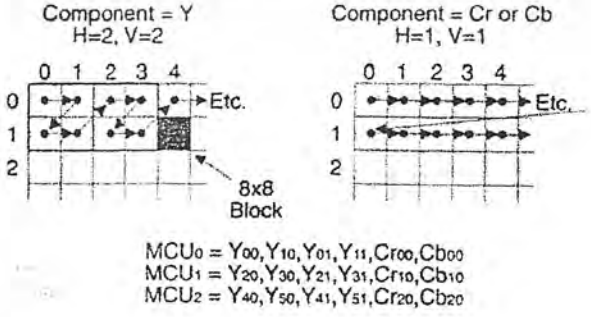
Minimum Coded Units (MCU)

MCU จะประกอบด้วย ส่วนของ Luminance และ Crominance โดยมีการเรียงลำดับการเข้ารหัสตามรูปที่ 3.4 และขึ้นอยู่กับขนาดของ Sampling Factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 รูปแบบการกำหนดตารางเข้ารหัส



รูปที่ 3.4 การเรียงลำดับของ Luminance และ Crominance แบบ 4:1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง

ในขั้นตอนของการทดลอง จะเป็นการนำไฟล์บีเอ็มพีที่เป็นรูปสี มาทำการบีบข้อมูล โดยกระบวนการเจเป็ก จะได้ไฟล์เจพีจี ที่สามารถนำไปใช้งานได้เลย ไม่ต้องมีโปรแกรมถอดรหัสอีก โปรแกรมการทดลองใช้โปรแกรม แม็ทแล็ป 5.2 ที่มีส่วนของอิมเมจโปรแซสซิ่ง และภาษาซีที่รันบนแม็ทแล็บ มาทำการเข้ารหัสรูปภาพ และบันทึกเป็นไฟล์ เจเป็ก

การทดลองนี้ได้นำรูปภาพต่างๆทั้งหมด 4ภาพ มาทำการทดลอง และจะมีรูปภาพการ์ตูน 1 รูป คือJuice.bmp มาเปลี่ยนเป็นJuice.jpg ซึ่งจะได้ผลการทดลองที่น่าสนใจ โดยจะเน้นจุดที่สำคัญทั้งหมด 3 จุด ที่มีการสูญเสียของข้อมูล และไม่สามารถนำกลับมาเป็นข้อมูลเดิม ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของภาพที่ได้คือ

1.การเปลี่ยนโหมดจาก อาร์จีบี ไปเป็น วายซีบีซีอาร์

2.การเปลี่ยนตารางควอนไตที่มีผลต่อขนาดของรูปภาพกับค่าความผิดพลาด

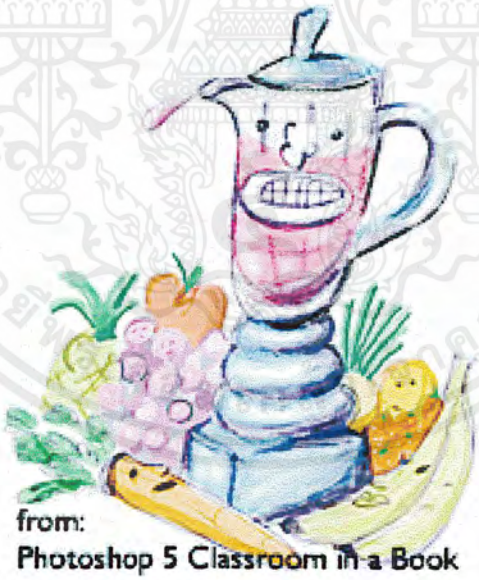
3.การเปลี่ยนขนาดของ ซีบีและซีอาร์ที่มีผลต่อขนาดของรูปภาพกับค่าความผิดพลาด

รูปอินพุทที่นำมาทดลองมีดังนี้

รูปที่4.1 Cable.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4.2 girls.bmp



รูปที่ 4.3 Juice.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 Night.bmp

Level	Lowest	Low	Middle	High	Highest
Error (R)	6.0814	9.0102	11.693	14.078	16.145
Error (G)	4.5881	7.6161	10.341	12.634	14.741
Error (B)	7.5598	10.477	13.148	15.593	17.719
SNR (R)	378.55	172.33	101.75	70.017	53.101
SNR (G)	571.82	207.81	112.44	75.281	55.367
SNR (B)	189.35	98.662	62.728	44.750	34.004
Error (Average)	6.0764	9.0344	11.727	14.102	16.202
SNR(Average)	379.91	159.60	92.306	63.350	47.491
Size (Byte)	38604	19939	14119	10968	8865
Bpp	2.8917	1.4936	1.0576	0.8216	0.6640
Ratio	8.3011	16.072	22.697	29.217	36.148

ตารางการทดลองที่ 4.1 Cable.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level	Lowest	Low	Middle	High	Highest
Error (R)	5.4229	8.9015	11.992	14.559	16.783
Error (G)	4.7567	8.1310	11.150	13.559	15.582
Error (B)	6.5638	9.8754	12.973	15.345	17.439
SNR (R)	391.65	145.23	79.826	54.234	40.428
SNR (G)	648.27	221.84	118.07	79.576	59.963
SNR (B)	126.86	56.139	32.508	23.129	17.766
Error (Average)	5.5811	8.9693	12.038	14.488	16.601
SNR (Average)	388.93	141.07	76.801	52.313	39.386
Size (Byte)	40311	20129	13337	9633	7392
Bpp	3.0309	1.5135	1.0028	0.7243	0.5558
Ratio	7.9198	15.860	23.938	33.142	43.189

ตารางการทดลองที่ 4.2 Girls.bmp

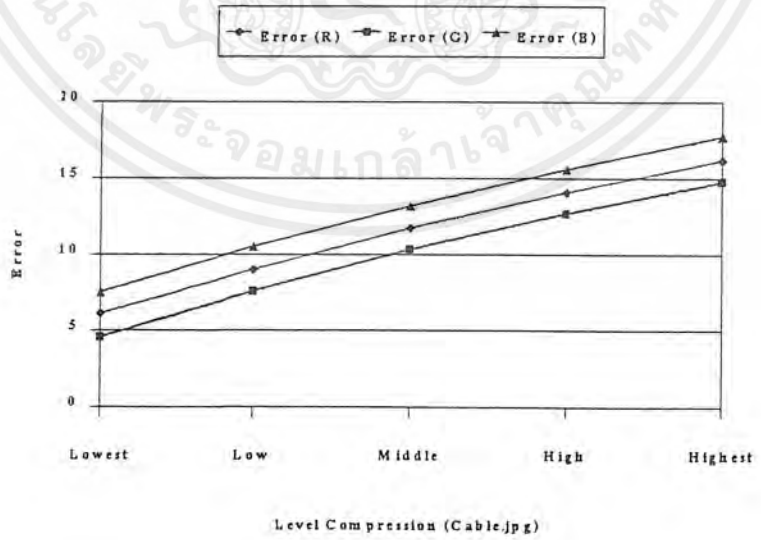
Level	Lowest	Low	Middle	High	Highest
Error (R)	8.1569	10.669	13.480	15.769	17.883
Error (G)	5.7034	8.4478	11.101	13.699	15.933
Error (B)	10.282	12.985	15.550	17.735	20.037
SNR (R)	727.01	423.21	266.74	194.90	151.52
SNR (G)	1435.7	652.28	376.71	247.03	182.14
SNR (B)	444.14	277.20	192.79	147.93	115.39
Error (Average)	8.0474	10.701	13.377	15.734	17.951
SNR (Average)	868.95	450.90	278.75	196.62	149.68
Size (Byte)	15670	8934	6661	5370	4563
Bpp	3.0368	1.7314	1.2909	1.0407	0.8843
Ratio	7.9065	13.868	18.600	23.072	27.152

ตารางการทดลองที่ 4.3 Juice.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

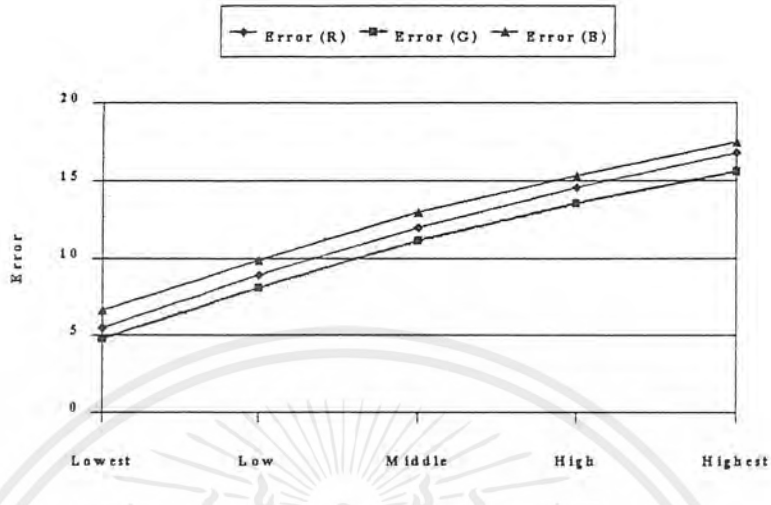
Level	Lowest	Low	Middle	High	Highest
Error (R)	5.4342	7.1023	9.2805	10.393	12.076
Error (G)	3.5054	5.2613	6.9307	8.7062	9.7773
Error (B)	7.3083	8.7798	10.005	11.883	12.483
SNR (R)	105.03	61.976	35.352	28.502	20.446
SNR (G)	172.45	76.458	43.978	28.731	22.230
SNR (B)	29.557	20.962	15.999	12.056	10.487
Error (Average)	5.4160	7.0478	8.7387	10.327	11.442
SNR (Average)	102.35	53.132	31.776	22.520	17.721
Size (Byte)	18831	10328	7810	6424	5569
Bpp	1.4266	0.7824	0.5917	0.4867	0.4219
Ratio	16.826	30.679	40.571	49.324	56.896

ตารางการทดลองที่ 4.4 Night.bmp

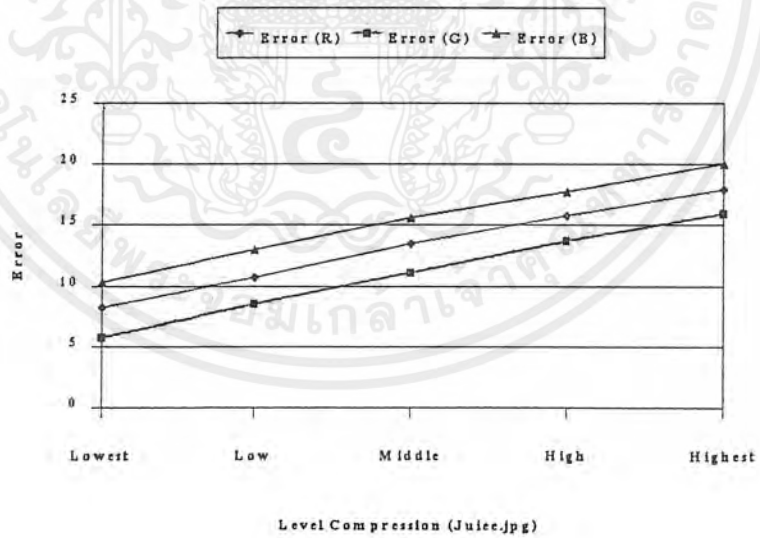


รูปที่ 4.5 ค่าErrorของ Cable.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

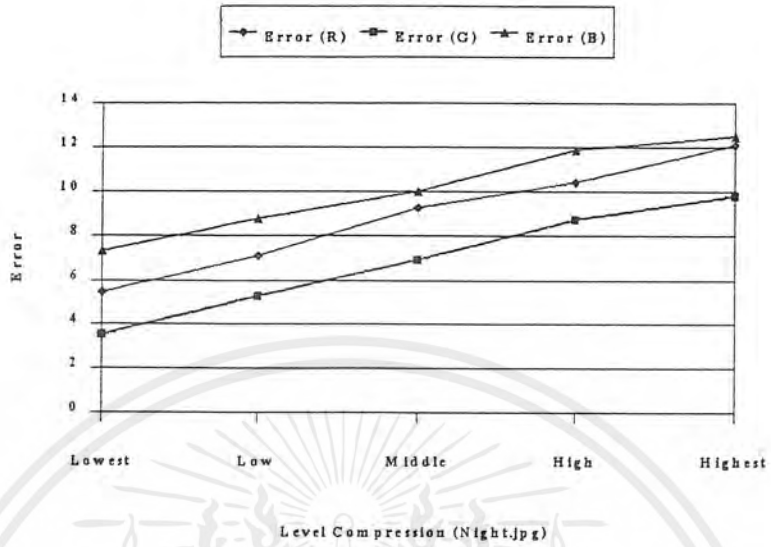


รูปที่ 4.6 ค่าErrorของ Girls.jpg

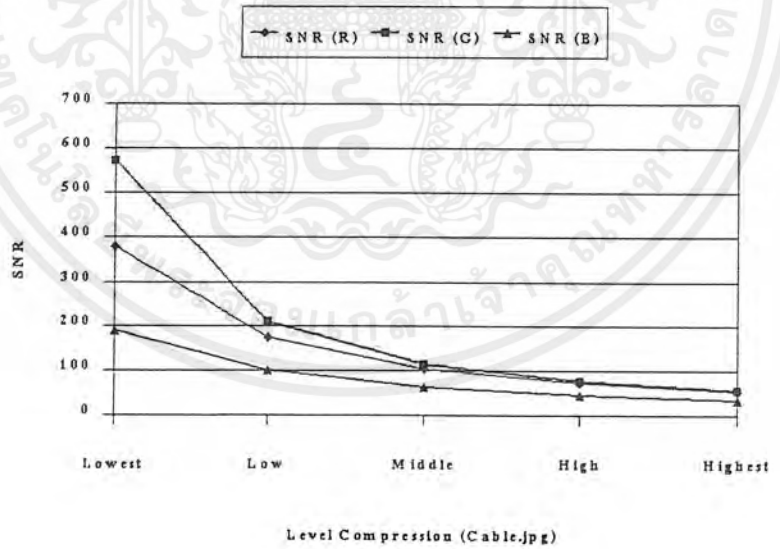


รูปที่ 4.7 ค่าErrorของ Juice.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

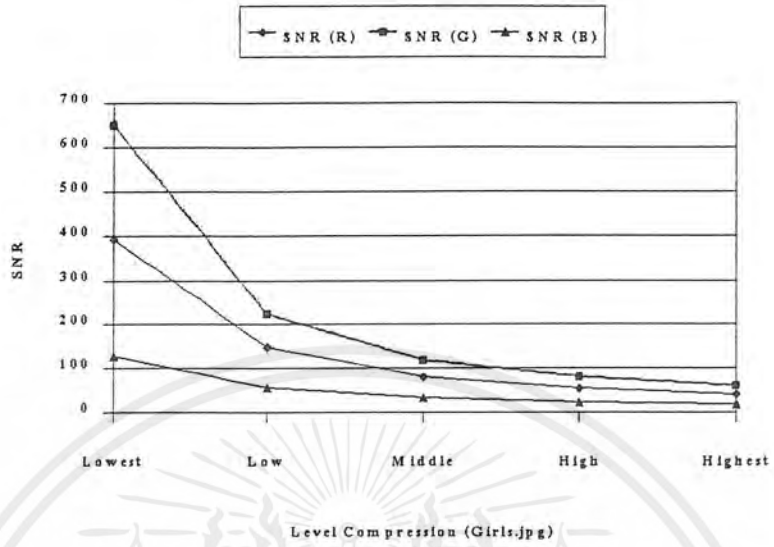


รูปที่ 4.8 ค่าErrorของ Night.jpg

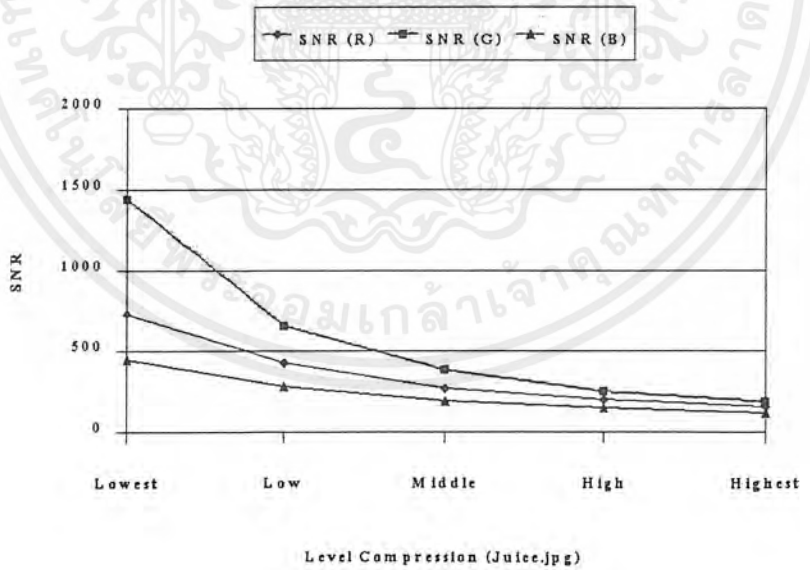


รูปที่ 4.9 ค่าSNRของ Cable.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

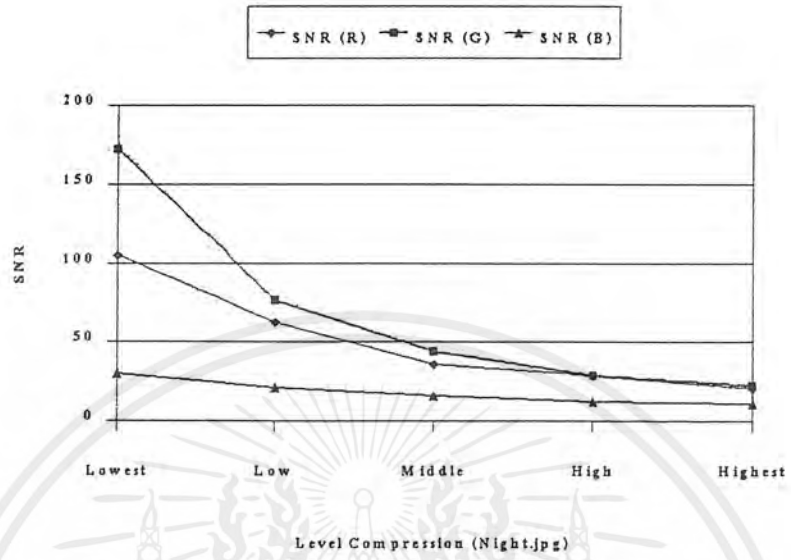


รูปที่ 4.10 ค่าSNRของ Girls.jpg

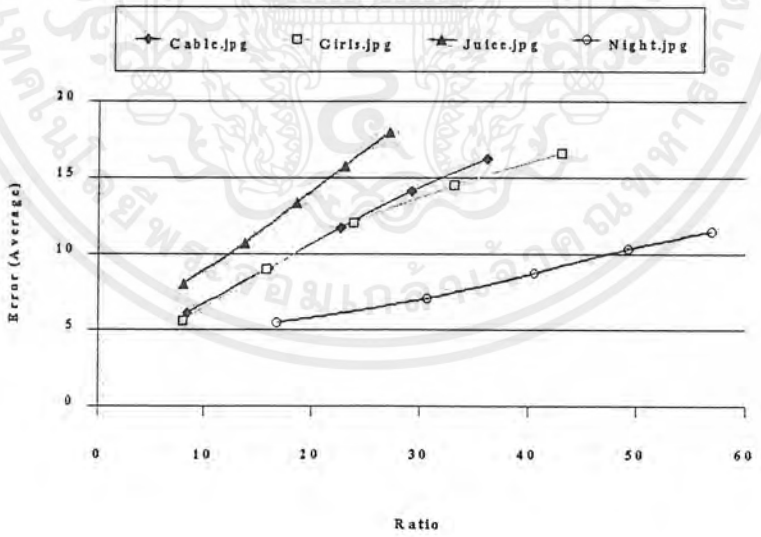


รูปที่ 4.11 ค่าSNRของ Juice.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ค่าSNRของ Night.jpg



รูปที่ 4.13 ค่าErrorและค่าRatio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

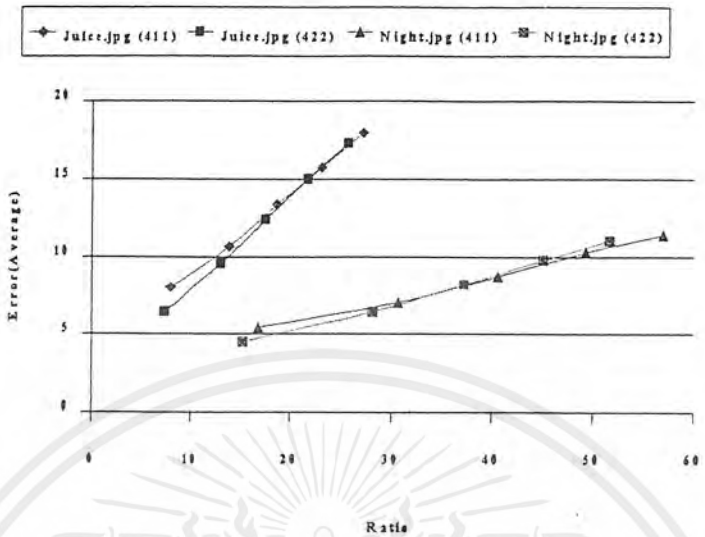
Level	Lowest	Low	Middle	High	Highest
Error (R)	6.4517	9.5449	12.557	15.013	17.261
Error (G)	4.9368	7.9261	10.756	13.426	15.815
Error (B)	7.9158	11.147	13.998	16.476	18.774
SNR (R)	1162.6	528.80	307.74	215.19	162.97
SNR (G)	1917.4	736.04	401.61	257.40	184.72
SNR (B)	749.99	377.01	238.30	171.54	131.95
Error(Average)	6.4348	9.5393	12.437	14.972	17.283
SNR (Average)	1276.7	547.28	315.88	214.71	159.88
Size (Byte)	16862	9508	7078	5706	4830
Bpp	3.2678	1.8426	1.3717	1.1058	0.9360
Ratio	7.3476	13.031	17.504	21.713	25.651

ตารางการทดลองที่ 4.5 Juice.bmp แบบ4:2:2

Level	Lowest	Low	Middle	High	Highest
Error (R)	4.5603	6.5700	8.8439	9.8028	11.659
Error (G)	3.2129	5.0949	6.7858	8.6108	9.7019
Error (B)	5.8319	7.6359	8.9946	11.055	11.866
SNR (R)	149.57	72.347	38.728	32.054	22.095
SNR (G)	206.43	82.265	46.149	29.424	22.625
SNR (B)	45.110	26.923	19.495	13.709	11.514
Error(Average)	4.5350	6.4336	8.2081	9.8228	11.075
SNR(Average)	133.70	60.511	34.790	25.062	18.744
Size (Byte)	20723	11278	8522	7035	6137
Bpp	1.5699	0.8544	0.6456	0.5330	0.4649
Ratio	15.290	28.095	37.181	45.040	51.630

ตารางการทดลองที่ 4.6 Night.jpg แบบ 4:2:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า Error&Ratio ของ แบบ 4:2:2 และ แบบ4:1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lowest

Low

Middle

High

Highest

รูปที่4.14 แสดงเปรียบเทียบภาพผลลัพท์ที่ได้ จากค่าQ Factor ที่ต่างกันของรูป Cable.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lowest

Low

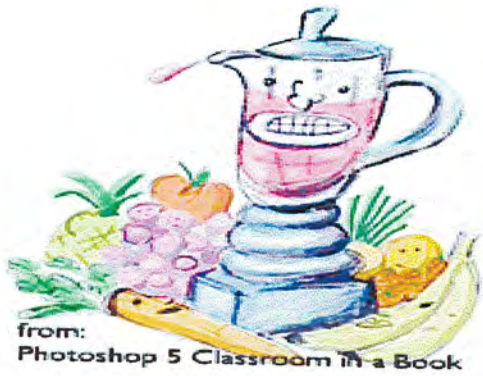
Middle

High

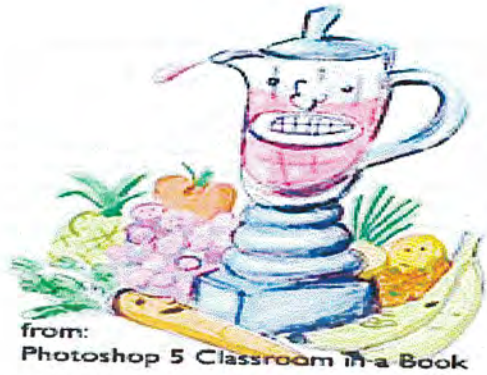
Highest

รูปที่4.15 แสดงเปรียบเทียบภาพผลลัพท์ที่ได้ จากค่าQ Factor ที่ต่างกันของรูป Girls.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



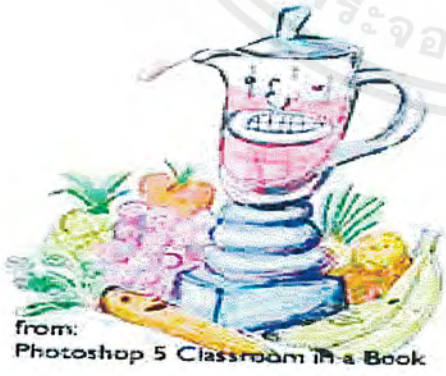
Lowest



Low

Middle

High



Highest

รูปที่4.16 แสดงเปรียบเทียบภาพผลลัพท์ที่ได้ จากค่าQ Factor ที่ต่างกันของรูป Juice.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lowest

Low

Middle

High

Highest

รูปที่4.17 แสดงเปรียบเทียบภาพผลลัพท์ที่ได้ จากค่าQ Factor ที่ต่างกันของรูป Night.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเทานั้น ไมอนุญาตให้นำไปใชประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

ในการทดลองใช้รูปประเภท สีจริง(True color) ซึ่งมีขนาด 24 บิท สามารถแสดงสีได้สูงสุด 16.7 ล้านสี รูปที่ได้จึงเหมือนจริงมาก

เมื่อนำรูปภาพมาผ่านขบวนการบีบอัดข้อมูลแบบเจเป็ก ภาพที่ได้จะไม่สามารถสังเกตุเห็นความแตกต่างได้เลย เมื่อดูด้วยตาจึงต้องใช้สมการในการวัดค่าความผิดผลาด เมื่อเราเพิ่มค่า Q Factor มากขึ้น จะทำให้อัตราการลดขนาดข้อมูล และค่าความผิดผลาด ของข้อมูลรูปภาพมีค่ามากขึ้นตามด้วย นั่นคือถ้าต้องการให้ข้อมูลรูปภาพลดลงมากๆ ก็จะทำให้คุณภาพของรูปภาพลดลง

จากการทดลองเมื่อพิจารณาดูทั้ง 4 รูป พบว่ารูปใดที่มีรายละเอียดของภาพมีสีใกล้เคียงกันมากๆ จะทำให้มีอัตราการลดขนาดข้อมูลมาก และค่าความผิดผลาดจะน้อย และถ้าเป็นรูปที่มีสีตัดกันมากๆ จะทำให้มีอัตราการลดขนาดข้อมูลน้อย และค่าความผิดผลาดจะมาก

ในการทดลองจะทำ 2 โมด คือ แบบ 4:1:1 และแบบ4:2:2 เมื่อนำมาทดลองพบว่าที่อัตราการลดขนาดข้อมูลไม่มากนัก(ต่ำกว่าระดับMiddle) แบบ4:2:2 จะมีค่าความผิดผลาดจะน้อยกว่าแบบ 4:1:1 แต่เมื่อเราเพิ่มค่า Q factor สูงมากๆ ค่าความผิดผลาดแบบ 4:2:2 จะมากกว่าแบบ 4:1:1 ฉนั้นแบบ 4:2:2 จึงเหมาะกับการลดอัตราการลดขนาดข้อมูลไม่มากนัก จะมีประสิทธิภาพที่ดี และการลดขนาดข้อมูลยังขึ้นอยู่กับขนาดของรูปภาพที่นำมาทำการบีบอัดข้อมูลด้วย โดยถ้าขนาดของรูปภาพมีขนาดใหญ่ จะสามารถลดข้อมูลได้มากด้วย

การบีบอัดข้อมูลรูปภาพแบบเจเป็กนี้ ในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจะต้องหาวิธีการแปลง(Transform)แบบอื่น มาแทน DCT เช่นการแปลงเวฟเล็ต(Wavelet Transform) และ binDCT หรือหาวิธีการเข้ารหัสแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Category	*Magnitude Range*
0	0
1	−1, 1
2	−3, −2, 2, 3
3	−7... −4, 4... 7
4	−15... −8, 8... 15
5	−31... −16, 16... 31
6	−63... −32, 32... 63
7	−127... −64, 64... 127
8	−255... −128, 128... 255
9	−511... −256, 256... 511
A	−1023...−512, 512... 1023
B	−2047... −1024, 1024... 2047

ตารางค่าสัมประสิทธิ์ของเอซี และดีซี

Category	*Code Length*	*Code*
0	2	00
1	2	01
2	2	10
3	3	110
4	4	1110
5	5	11110
6	6	111110
7	7	1111110
8	8	11111110
9	9	111111110
A	10	1111111110
B	11	11111111110

ตารางรหัสฮัฟแมนของ ลูมิแนน ดีซี

Category	*Code Length*	*Code*
0	2	00
1	3	010
2	3	011
3	3	100
4	3	101
5	3	110
6	4	1110
7	5	11110
8	6	111110
9	7	1111110
A	8	11111110
B	9	111111110

ตารางรหัสฮัฟแมนของ โครมิแนน ดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Run/Cat.	Length	Code	
0x00	4	1010	(EOB)
0x01	2	00	
0x02	2	01	
0x03	3	100	
0x04	4	1011	
0x05	5	11010	
0x06	7	1111000	
0x07	8	11111000	
0x08	10	1111110110	
0x09	16	1111111110000010	
0x0A	16	1111111110000011	
0x11	4	1100	
0x12	5	11011	
0x13	7	1111001	
0x14	9	111110110	
0x15	11	11111110110	
0x16	16	1111111110000100	
0x17	16	1111111110000101	
0x18	16	1111111110000110	
0x19	16	1111111110000111	
0x1A	16	1111111110001000	
0x21	5	11100	
0x22	8	11111001	
0x23	10	1111110111	
0x24	12	111111110100	
0x25	16	1111111110001001	
0x26	16	1111111110001010	
0x27	16	1111111110001011	
0x28	16	1111111110001100	
0x29	16	1111111110001101	
0x2A	16	1111111110001110	
0x31	6	111010	
0x32	9	111110111	
0x33	12	111111110101	
0x34	16	1111111110001111	
0x35	16	1111111110010000	
0x36	16	1111111110010001	
0x37	16	1111111110010010	
0x38	16	1111111110010011	
0x39	16	1111111110010100	
0x3A	16	1111111110010101	
0x41	6	111011	
0x42	10	1111111000	
0x43	16	1111111110010110	
0x44	16	1111111110010111	

ตารางรหัสฮัฟแมนของ ลูมิแนน เอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Run/Cat.	Length	Code
0x45	16	1111111110011000
0x46	16	1111111110011001
0x47	16	1111111110011010
0x48	16	1111111110011011
0x49	16	1111111110011100
0x4A	16	1111111110011101
0x51	7	1111010
0x52	11	11111110111
0x53	16	1111111110011110
0x54	16	1111111110011111
0x55	16	1111111110100000
0x56	16	1111111110100001
0x57	16	1111111110100010
0x58	16	1111111110100011
0x59	16	1111111110100100
0x5A	16	1111111110100101
0x61	7	1111011
0x62	12	111111110110
0x63	16	1111111110100110
0x64	16	1111111110100111
0x65	16	1111111110101000
0x66	16	1111111110101001
0x67	16	1111111110101010
0x68	16	1111111110101011
0x69	16	1111111110101100
0x6A	16	1111111110101101
0x71	8	11111010
0x72	12	111111110111
0x73	16	1111111110101110
0x74	16	1111111110101111
0x75	16	1111111110110000
0x76	16	1111111110110001
0x77	16	1111111110110010
0x78	16	1111111110110011
0x79	16	1111111110110100
0x7A	16	1111111110110101
0x81	9	111111000
0x82	15	111111110000000
0x83	16	1111111110110110
0x84	16	1111111110110111
0x85	16	1111111110111000
0x86	16	1111111110111001
0x87	16	1111111110111010
0x88	16	1111111110111011
0x89	16	1111111110111100
0x8A	16	1111111110111101
0x91	9	111111001

ตารางรหัสฮัฟแมนของ ลูมิแนน เอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Run/Cal.	Length	Code
0x92	16	1111111110111110
0x93	16	1111111110111111
0x94	16	1111111111000000
0x95	16	1111111111000001
0x96	16	1111111111000010
0x97	16	1111111111000011
0x98	16	1111111111000100
0x99	16	1111111111000101
0x9A	16	1111111111000110
0xA1	9	111111010
0xA2	16	1111111111000111
0xA3	16	1111111111001000
0xA4	16	1111111111001001
0xA5	16	1111111111001010
0xA6	16	1111111111001011
0xA7	16	1111111111001100
0xA8	16	1111111111001101
0xA9	16	1111111111001110
0xAA	16	1111111111001111
0xB1	10	1111011001
0xB2	16	1111111111010000
0xB3	16	1111111111010001
0xB4	16	1111111111010010
0xB5	16	1111111111010011
0xB6	16	1111111111010100
0xB7	16	1111111111010101
0xB8	16	1111111111010110
0xB9	16	1111111111010111
0xBA	16	1111111111011000
0xC1	10	1111011010
0xC2	16	1111111111011001
0xC3	16	1111111111011010
0xC4	16	1111111111011011
0xC5	16	1111111111011100
0xC6	16	1111111111011101
0xC7	16	1111111111011110
0xC8	16	1111111111011111
0xC9	16	1111111111100000
0xCA	16	1111111111100001
0xD1	11	11111111000
0xD2	16	1111111111100010
0xD3	16	1111111111100011
0xD4	16	1111111111100100
0xD5	16	1111111111100101
0xD6	16	1111111111100110

ตารางรหัสฮัฟแมนของ ลูมิแนน เอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Run/Cat.	Length	Code	
0xD7	16	1111111111100111	
0xD8	16	1111111111101000	
0xD9	16	1111111111101001	
0xDA	16	1111111111101010	
0xE1	16	1111111111101011	
0xE2	16	1111111111101100	
0xE3	16	1111111111101101	
0xE4	16	1111111111101110	
0xE5	16	1111111111101111	
0xE6	16	1111111111110000	
0xE7	16	1111111111110001	
0xE8	16	1111111111110010	
0xE9	16	1111111111110011	
0xEA	16	1111111111110100	
0xF0	11	11111111001	(ZRL)
0xF1	16	1111111111110101	
0xF2	16	1111111111110110	
0xF3	16	1111111111110111	
0xF4	16	1111111111111000	
0xF5	16	1111111111111001	
0xF6	16	1111111111111010	
0xF7	16	1111111111111011	
0xF8	16	1111111111111100	
0xF9	16	1111111111111101	
0xFA	16	1111111111111110	

ตารางรหัสฮัฟแมนของ ลูมิแนน เอซี

Run/Cat.	Length	Code	
0x00	2	00	(EOB)
0x01	2	01	
0x02	3	100	
0x03	4	1010	
0x04	5	11000	
0x05	5	11001	
0x06	6	111000	
0x07	7	1111000	
0x08	9	111110100	
0x09	10	1111110110	
0x0A	12	111111110100	
0x11	4	1011	
0x12	6	111001	
0x13	8	11110110	
0x14	9	111110101	

ตารางรหัสฮัฟแมนของ โครมิแนน เอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Run/Cat.	Length	Code
0x15	11	11111110110
0x16	12	111111110101
0x17	16	1111111110010000
0x18	16	1111111110001001
0x19	16	1111111110001010
0x1A	16	1111111110001011
0x21	5	11010
0x22	8	11110111
0x23	10	1111110111
0x24	12	111111110110
0x25	15	111111111000010
0x26	16	1111111110001100
0x27	16	1111111110001101
0x28	16	1111111110001110
0x29	16	1111111110001111
0x2A	16	1111111110010000
0x31	5	11011
0x32	8	11111000
0x33	10	1111111000
0x34	12	111111110111
0x35	16	1111111110010001
0x36	16	1111111110010010
0x37	16	1111111110010011
0x38	16	1111111110010100
0x39	16	1111111110010101
0x3A	16	1111111110010110
0x41	6	111010
0x42	9	111110110
0x43	16	1111111110010111
0x44	16	1111111110011000
0x45	16	1111111110011001
0x46	16	1111111110011010
0x47	16	1111111110011011
0x48	16	1111111110011100
0x49	16	1111111110011101
0x4A	16	1111111110011110
0x51	6	111011
0x52	10	1111111001
0x53	16	1111111110011111
0x54	16	1111111110100000
0x55	16	1111111110100001
0x56	16	1111111110100010
0x57	16	1111111110100011
0x58	16	1111111110100100

ตารางรหัสฮัฟแมนของ โครมิแนน เอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Run/Cat.	Length	Code
0x59	16	1111111110100101
0x5A	16	1111111110100110
0x61	7	1111001
0x62	11	11111110111
0x63	16	1111111110100111
0x64	16	1111111110101000
0x65	16	1111111110101001
0x66	16	1111111110101010
0x67	16	1111111110101011
0x68	16	1111111110101100
0x69	16	1111111110101101
0x6A	16	1111111110101110
0x71	7	1111010
0x72	11	11111111000
0x73	16	1111111110101111
0x74	16	1111111110110000
0x75	16	1111111110110001
0x76	16	1111111110110010
0x77	16	1111111110110011
0x78	16	1111111110110100
0x79	16	1111111110110101
0x7A	16	1111111110110110
0x81	8	11111001
0x82	16	1111111110110111
0x83	16	1111111110111000
0x84	16	1111111110111001
0x85	16	1111111110111010
0x86	16	1111111110111011
0x87	16	1111111110111100
0x88	16	1111111110111101
0x89	16	1111111110111110
0x8A	16	1111111110111111
0x91	9	111110111
0x92	16	1111111111000000
0x93	16	1111111111000001
0x94	16	1111111111000010
0x95	16	1111111111000011
0x96	16	1111111111000100
0x97	16	1111111111000101
0x98	16	1111111111000110
0x99	16	1111111111000111
0x9A	16	1111111111001000
0xA1	9	111111000
0xA2	16	1111111111001001
0xA3	16	1111111111001010
0xA4	16	1111111111001011

ตารางรหัสฮัฟแมนของ โครมิแนน เอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Run/Cat.	Length	Code
0xA5	16	1111111111001100
0xA6	16	1111111111001101
0xA7	16	1111111111001110
0xA8	16	1111111111001111
0xA9	16	1111111111010000
0xAA	16	1111111111010001
0xB1	9	111111001
0xB2	16	1111111111010010
0xB3	16	1111111111010011
0xB4	16	1111111111010100
0xB5	16	1111111111010101
0xB6	16	1111111111010110
0xB7	16	1111111111010111
0xB8	16	1111111111011000
0xB9	16	1111111111011001
0xBA	16	1111111111011010
0xC1	9	111111010
0xC2	16	1111111111011011
0xC3	16	1111111111011100
0xC4	16	1111111111011101
0xC5	16	1111111111011110
0xC6	16	1111111111011111
0xC7	16	1111111111100000
0xC8	16	1111111111100001
0xC9	16	1111111111100010
0xCA	16	1111111111100011
0xD1	11	11111111001
0xD2	16	1111111111100100
0xD3	16	1111111111100101
0xD4	16	1111111111100110
0xD5	16	1111111111100111
0xD6	16	1111111111101000
0xD7	16	1111111111101001
0xD8	16	1111111111101010
0xD9	16	1111111111101011
0xDA	16	1111111111101100
0xE1	14	11111111100000
0xE2	16	1111111111101101
0xE3	16	1111111111101110
0xE4	16	1111111111101111
0xE5	16	1111111111110000
0xE6	16	1111111111110001
0xE7	16	1111111111110010
0xE8	16	1111111111110011

ตารางรหัสฮัฟแมนของ โครมิแนน เอซี

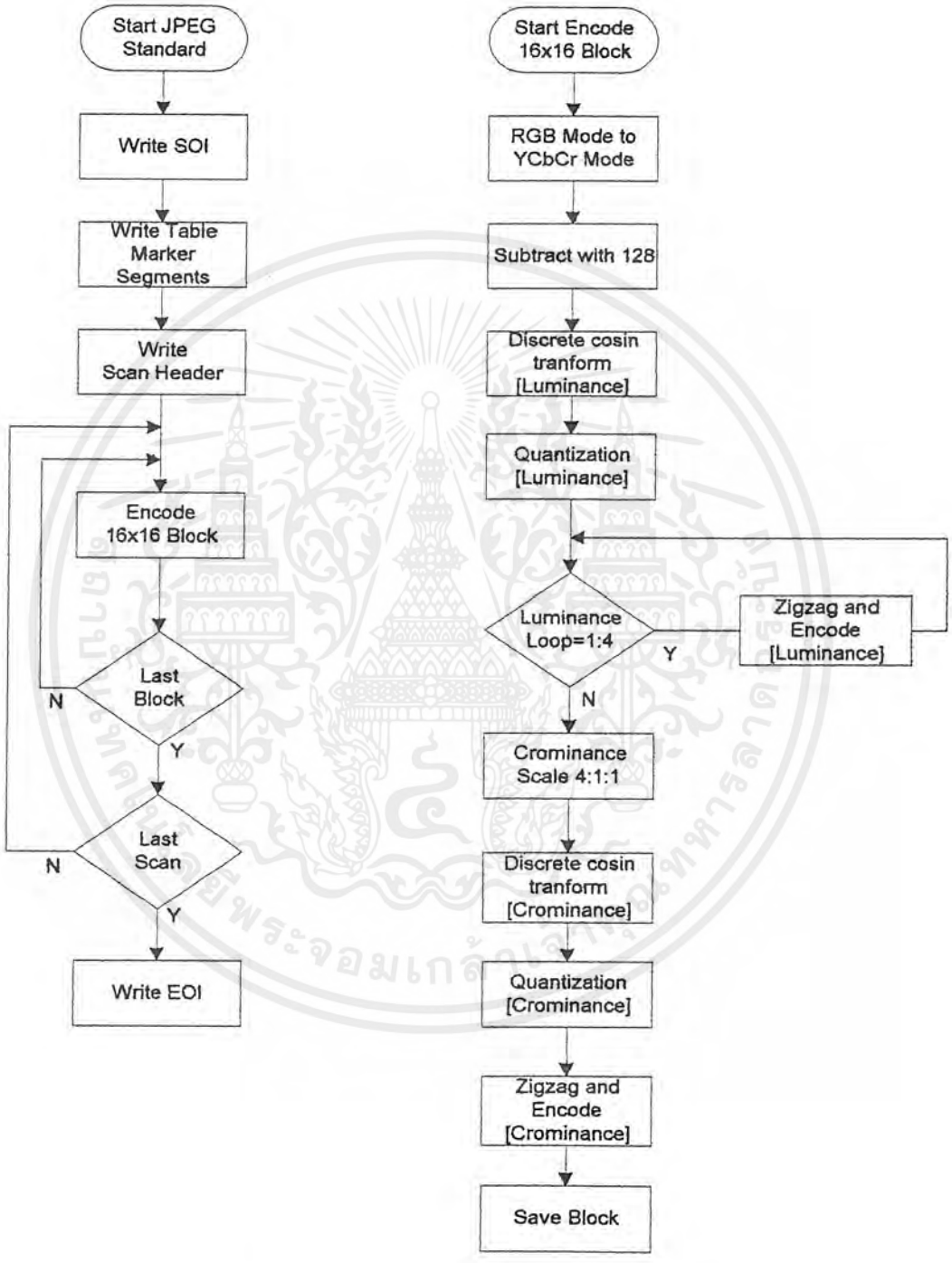
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Run/Cat.	Length	Code	
0xE9	16	1111111111110100	
0xEA	16	1111111111110101	
0xF0	10	1111111010	(ZRL)
0xF1	15	111111111000011	
0xF2	16	1111111111110110	
0xF3	16	1111111111110111	
0xF4	16	1111111111111000	
0xF5	16	1111111111111001	
0xF6	16	1111111111111010	
0xF7	16	1111111111111011	
0xF8	16	1111111111111100	
0xF9	16	1111111111111101	
0xFA	16	1111111111111110	

ตารางรหัสฮัฟแมนของ โครมิแนน เอซี

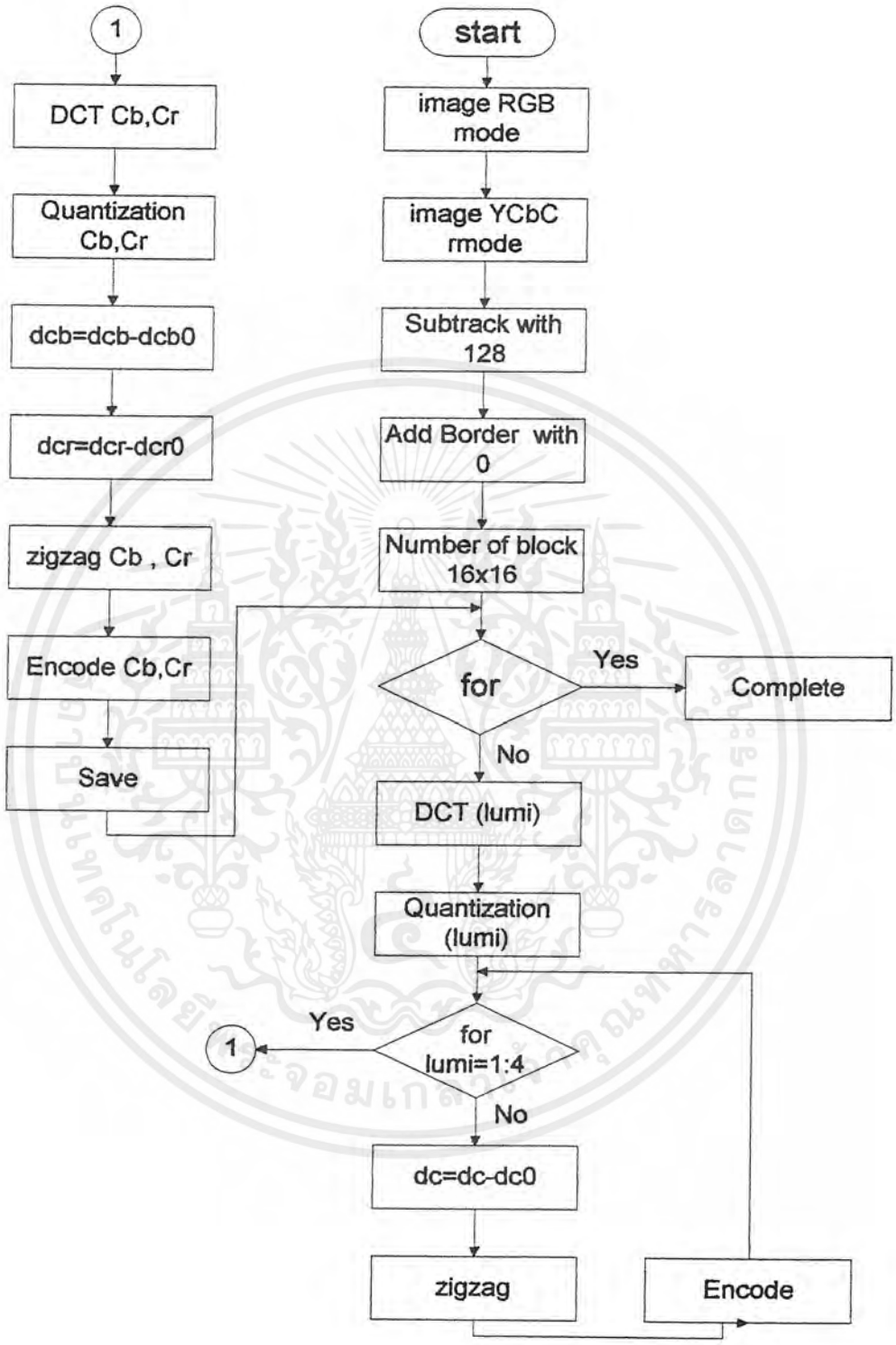
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข



บล็อกไดอะแกรมแสดงลำดับการเข้ารหัสแบบเจเป็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บล็อกไดอะแกรมแสดงรายละเอียดวิธีการเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

```
function [Error,SNR]=jpeg(Level,rgb);
%[Error,SNR]=jpeg(Level,Input);
%Level = 1-5 level
%picture input is RGB mode
%rgb=imread('Juice.bmp');
delete('test.jpg');
org_error=double(rgb);
ycbcr=rgb2yuv(rgb);    %output mode double
pic=ycbcr-128;
dc=0; dc_cb=0; dc_cr=0; out='';
clear rgb ycbcr
lumi_table=[5  3  3  5  7  12 15 18
            4  4  4  6  8  17 18 17
            4  4  5  7  12 17 21 17
            4  5  7  9  15 26 24 19
            5  7  11 17 20 33 31 23
            7  11 17 19 24 31 34 28
            15 19 23 26 31 36 36 30
            22 28 29 29 34 30 31 30];
lumi_table=lumi_table+(Level-1)*20;
cromi_table=[5  5  7  14 30 30 30 30
             5  6  8  20 30 30 30 30
             7  8  17 30 30 30 30 30
            14 20 30 30 30 30 30 30
            30 30 30 30 30 30 30 30
            30 30 30 30 30 30 30 30
            30 30 30 30 30 30 30 30
            30 30 30 30 30 30 30 30];
cromi_table=cromi_table+(Level-1)*20;
s=size(pic);
%-----------File Code
file=[255 216 255 224 00 16 74 70 73 70 00 01 01 01 00 72 00 72 00 00];
save_jpg(file);
%-----------Quanti table
quanti_parameter=[255 219 00 67 00];   %Luminance property
quanti_parameter(1,6:69)=zigzag(lumi_table);
quanti_parameter(1,70:74)=[255 219 00 67 01];   %Crominance property
quanti_parameter(1,75:138)=zigzag(cromi_table);
save_jpg(quanti_parameter);
%-----------Frame header
frame_parameter=[255 192 00 17 08];    [bits_16]=add_16bits(s(1,1));
frame_parameter(1,6:7)=bits_16;        [bits_16]=add_16bits(s(1,2));
frame_parameter(1,8:9)=bits_16;
frame_parameter(1,10:19)=[03 01 34 00 02 17 01 03 17 01];
frame_parameter=huffman_table(frame_parameter);
save_jpg(frame_parameter);
%-----------Scan Header
scan_parameter=[255 218 00 12 03 01 00 02 17 03 17 00 63 00];
save_jpg(scan_parameter);

%-----------Add zero luminance
coeff=dctmtx(8);
row=ceil(s(1,1)/16);          next_row=s(1,1)+1;
col=ceil(s(1,2)/16);          next_col=s(1,2)+1;
pic(next_row:row*16,:,:)=0;   pic(:,next_col:col*16,:)=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for i_pic=1:row
    for j_pic=1:col
      %-----------Block size 16*16 = 1MCU
      block=pic(16*i_pic-15:16*i_pic,16*j_pic-15:16*j_pic,:);
      %-----------Luminance
      %-----------Transform & Quantization
      dct=blkproc(block(:,:,1),[8 8],'(P1*x*P2)',coeff,coeff');
      quanti=blkproc(dct,[8 8],'round(x./P1)',lumi_table);
      for loop1=1:2
         for loop2=1:2
            lumi=quanti(8*loop1-7:8*loop1,8*loop2-7:8*loop2);
            old_dc=lumi(1,1);
            lumi(1,1)=lumi(1,1)-dc;
            dc=old_dc;
            z=zigzag(lumi);
            [out]=encode_lumi(z,out);
         end
      end
      %-----------Crominance
      %scale size 4:2:0
      cb_scale=block(:,:,2);
      cr_scale=block(:,:,3);
      cb=scale(cb_scale);
      cr=scale(cr_scale);
      %-----------Transform & Quantization
      dct_cb=(coeff*cb*coeff');
      dct_cr=(coeff*cr*coeff');
      quanti_cb=round(dct_cb./cromi_table);
      quanti_cr=round(dct_cr./cromi_table);
      ----------Cb
      odc_cb=quanti_cb(1,1);
      quanti_cb(1,1)=quanti_cb(1,1)-dc_cb;
      dc_cb=odc_cb;
      z_cb=zigzag(quanti_cb);
      [out]=encode_cromi(z_cb,out);
      %-----------Cr
      odc_cr=quanti_cr(1,1);
      quanti_cr(1,1)=quanti_cr(1,1)-dc_cr;
      dc_cr=odc_cr;
      z_cr=zigzag(quanti_cr);
      [out]=encode_cromi(z_cr,out);
      [out]=binary_save(out);
   end
end
aaa=size(out);
if aaa(1,2)~=0    %add 1
   length=size(out);
   out(1,length(1,2)+1:8)='1';
   code=bin2dec(out);
   save_jpg(code);
end
eoi=[255 217];
save_jpg(eoi);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%-----------Test Error
final_error=imread('test.jpg');
final_error=double(final_error);
error=final_error-org_error;
error=error.^2;
Noise=sum(sum(error));
size_error=s(1,1)*s(1,2);
sum_error=Noise/size_error;
Error_R=sqrt(sum_error(:,:,1));
Error_G=sqrt(sum_error(:,:,2));
Error_B=sqrt(sum_error(:,:,3));
signal=final_error.^2;
signal=sum(sum(signal));
SNR_R=signal(:,:,1)/Noise(:,:,1);
SNR_G=signal(:,:,2)/Noise(:,:,2);
SNR_B=signal(:,:,3)/Noise(:,:,3);
Error=[Error_R Error_G Error_B];
SNR=[SNR_R SNR_G SNR_B];
break


function [out]=binary_save(out);
length=size(out);
loop=floor(length(1,2)/8);
j=0;
for i=1:loop
   j=j+1;
   code(1,j)=bin2dec(out(1,8*i-7:8*i));
   check=code(1,j);
   if check==255
      j=j+1;
      code(1,j)=0;
   end
end
save_jpg(code);
out=out(1,((loop*8)+1):length(1,2));
%-----------SAVE
function save_jpg(file);
%file input=Decimal
fid = fopen('test.jpg','a');
fprintf(fid,'%c',file);
fclose(fid);
%-----------Add X Y
function [bits_16]=add_16bits(bits_8);
a=floor(bits_8/256);
b=bits_8-(256*a);
bits_16=[a b];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function [ycbcr]=rgb2yuv(rgb)
%-----Luminance-----
rgb=im2double(rgb);
ycbcr(:,:,1)=round(77*rgb(:,:,1)+150*rgb(:,:,2)+29*rgb(:,:,3));
%-----Crominance-----
ycbcr(:,:,2)=round(128-44*rgb(:,:,1)-87*rgb(:,:,2)+131*rgb(:,:,3));  %cb
ycbcr(:,:,3)=round(128+131*rgb(:,:,1)-110*rgb(:,:,2)-21*rgb(:,:,3)); %cr
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function [frame]=huffman_table(frame)
frame(1,20:52)=[255 196 00 31 00 00 01 05 01 01 01 01 01 01 00 00 00 00
   00 00 00 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11];

frame(1,53:235)=[255 196 00 181 16 00 02 01 03 03 02 04 03 05 05 04 04
   00 00 01 125 01 02 03 00 04 17 05 18 33 49 65 06 19 81 97 07 34 113
   20 50 129 145 161 08 35 66 177 193 21 82 209 240 36 51 98 114 130 09
   10 22 23 24 25 26 37 38 39 40 41 42 52 53 54 55 56 57 58 67 68 69 70
   71 72 73 74 83 84 85 86 87 88 89 90 99 100 101 102 103 104 105 106
   115 116 117 118 119 120 121 122 131 132 133 134 135 136 137 138 146
   147 148 149 150 151 152 153 154 162 163 164 165 166 167 168 169 170
   178 179 180 181 182 183 184 185 186 194 195 196 197 198 199 200 201
   202 210 211 212 213 214 215 216 217 218 225 226 227 228 229 230 231
   232 233 234 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250];

frame(1,236:268)=[255 196 00 31 01 00 03 01 01 01 01 01 01 01 01 01 00
   00 00 00 00 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11];

frame(1,269:451)=[255 196 00 181 17 00 02 01 02 04 04 03 04 07 05 04 04
   00 01 02 119 00 01 02 03 17 04 05 33 49 06 18 65 81 07 97 113 19 34
   50 129 08 20 66 145 161 177 193 09 35 51 82 240 21 98 114 209 10 22
   36 52 225 37 241 23 24 25 26 38 39 40 41 42 53 54 55 56 57 58 67 68
   69 70 71 72 73 74 83 84 85 86 87 88 89 90 99 100 101 102 103 104 105
   106 115 116 117 118 119 120 121 122 130 131 132 133 134 135 136 137
   138 146 147 148 149 150 151 152 153 154 162 163 164 165 166 167 168
   169 170 178 179 180 181 182 183 184 185 186 194 195 196 197 198 199
   200 201 202 210 211 212 213 214 215 216 217 218 226 227 228 229 230
   231 232 233 234 242 243 244 245 246 247 248 249 250];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function [pic]=zigzag(e)
pic=[e(1,1) e(1,2) e(2,1) e(3,1) e(2,2) e(1,3) e(1,4) e(2,3) e(3,2) e(4,1)
   e(5,1) e(4,2) e(3,3) e(2,4) e(1,5) e(1,6) e(2,5) e(3,4) e(4,3) e(5,2)
   e(6,1) e(7,1) e(6,2) e(5,3) e(4,4) e(3,5) e(2,6) e(1,7) e(1,8) e(2,7)
   e(3,6) e(4,5) e(5,4) e(6,3) e(7,2) e(8,1) e(8,2) e(7,3) e(6,4) e(5,5)
   e(4,6) e(3,7) e(2,8) e(3,8) e(4,7) e(5,6) e(6,5) e(7,4) e(8,3) e(8,4)
   e(7,5) e(6,6) e(5,7) e(4,8) e(5,8) e(6,7) e(7,6) e(8,5) e(8,6) e(7,7)
   e(6,8) e(7,8) e(8,7) e(8,8)];
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function [a]=encode_lumi(b,a)
%[output]=encode(input,output)
%Negative value MSB==0
last_bit=b(1,64);   %if last_bit~=0 no EOB
%-------------DC-----------------
dc=b(1,1);
[category,length,min,codeword]=sizecode(dc);
[a]=code(length,codeword,a);
[a]=add(category,min,dc,a);
%-------------AC-----------------
   run=0;  N=0;
%--count number is not equal 0---
   j=b(2:64);
   one=ones(1,63);
   N=sum(j&one);
   num=N;
%--------------------------------
   for loop=2:64
      ac=b(1,loop);
      if (ac==0&N~=0)   %if N=0 other number equal 0
         run=run+1;
         if run==16
            run=15;
            category=0;
            [length_ac,codeword]=acvalues(run,category);
            [a]=code(length_ac,codeword,a);
            run=0;
         end
      elseif N~=0
         [category,length,min]=sizecode(ac);
         [length_ac,codeword]=acvalues(run,category);
         [a]=code(length_ac,codeword,a);
         [a]=add(category,min,ac,a);
         N=N-1;
         run=0;
      elseif N==0
         break
      end
   end
   if last_bit==0
   run=0; category=0;  %end of block EOB
   [length_ac,codeword]=acvalues(run,category);
   [a]=code(length_ac,codeword,a);
   end


   %------------------ADD NUMBER----------------------
   function [a]=add(category,min,ac,a)
         if ac<0
         ac=ac-min;
         end
         b=size(a);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        b=b(1,2);
        c=b+1;
        d=b+category;
        add=dec2bin(ac,category);
        a(c:d)=add;

%-----------------ADD CODEWORD--------------------
function [a]=code(length_ac,codeword,a)
        b=size(a);
        b=b(1,2);
        c=b+1;
        d=b+length_ac;
        a(c:d)=codeword;


%-----------------AC VALUES-----------------------

function [length_ac,codeword]=acvalues(run,category)
switch run
case 0
   switch category
   case 0
      length_ac=4;  codeword='1010';
   case 1
      length_ac=2;  codeword='00';
   case 2
      length_ac=2;  codeword='01';
   case 3
      length_ac=3;  codeword='100';
   case 4
      length_ac=4;  codeword='1011';
   case 5
      length_ac=5;  codeword='11010';
   case 6
      length_ac=7;  codeword='1111000';
   case 7
      length_ac=8;  codeword='11111000';
   case 8
      length_ac=10; codeword='1111110110';
   case 9
      length_ac=16; codeword='1111111110000010';
   case 10
      length_ac=16; codeword='1111111110000011';
   end
case 1
   switch category
   case 1
      length_ac=4;  codeword='1100';
   case 2
      length_ac=5;  codeword='11011';
   case 3
      length_ac=7;  codeword='1111001';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case 4
       length_ac=9;  codeword='111110110';
    case 5
       length_ac=11; codeword='11111110110';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110000100';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110000101';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110000110';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110000111';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110001000';
    end
case 2
    switch category
    case 1
       length_ac=5;  codeword='11100';
    case 2
       length_ac=8;  codeword='11111001';
    case 3
       length_ac=10; codeword='1111110111';
    case 4
       length_ac=12; codeword='111111110100';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111110001001';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110001010';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110001011';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110001100';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110001101';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110001110';
    end
case 3
    switch category
    case 1
       length_ac=6;  codeword='111010';
    case 2
       length_ac=9;  codeword='111110111';
    case 3
       length_ac=12; codeword='111111110101';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111110001111';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111110010000';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110010001';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case 7
           length_ac=16; codeword='1111111110010010';
        case 8
           length_ac=16; codeword='1111111110010011';
        case 9
           length_ac=16; codeword='1111111110010100';
        case 10
           length_ac=16; codeword='1111111110010101';
        end
    case 4
        switch category
        case 1
           length_ac=6;  codeword='111011';
        case 2
           length_ac=10; codeword='1111111000';
        case 3
           length_ac=16; codeword='1111111110010110';
        case 4
           length_ac=16; codeword='1111111110010111';
        case 5
           length_ac=16; codeword='1111111110011000';
        case 6
           length_ac=16; codeword='1111111110011001';
        case 7
           length_ac=16; codeword='1111111110011010';
        case 8
           length_ac=16; codeword='1111111110011011';
        case 9
           length_ac=16; codeword='1111111110011100';
        case 10
           length_ac=16; codeword='1111111110011101';
        end
    case 5
        switch category
        case 1
           length_ac=7;  codeword='1111010';
        case 2
           length_ac=11; codeword='11111110111';
        case 3
           length_ac=16; codeword='1111111110011110';
        case 4
           length_ac=16; codeword='1111111110011111';
        case 5
           length_ac=16; codeword='1111111110100000';
        case 6
           length_ac=16; codeword='1111111110100001';
        case 7
           length_ac=16; codeword='1111111110100010';
        case 8
           length_ac=16; codeword='1111111110100011';
        case 9
           length_ac=16; codeword='1111111110100100';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110100101';
    end
 case 6
    switch category
    case 1
       length_ac=7;  codeword='1111011';
    case 2
       length_ac=12; codeword='111111110110';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111110100110';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111110100111';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111110101000';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110101001';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110101010';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110101011';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110101100';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110101101';
    end
 case 7
    switch category
    case 1
       length_ac=8;  codeword='11111010';
    case 2
       length_ac=12; codeword='111111110111';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111110101110';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111110101111';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111110110000';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110110001';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110110010';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110110011';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110110100';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110110101';
    end
 case 8
    switch category
    case 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        length_ac=9;  codeword='111111000';
    case 2
        length_ac=15; codeword='111111111000000';
    case 3
        length_ac=16; codeword='1111111110110110';
    case 4
        length_ac=16; codeword='1111111110110111';
    case 5
        length_ac=16; codeword='1111111110111000';
    case 6
        length_ac=16; codeword='1111111110111001';
    case 7
        length_ac=16; codeword='1111111110111010';
    case 8
        length_ac=16; codeword='1111111110111011';
    case 9
        length_ac=16; codeword='1111111110111100';
    case 10
        length_ac=16; codeword='1111111110111101';
    end
case 9
    switch category
    case 1
        length_ac=9;  codeword='111111001';
    case 2
        length_ac=16; codeword='1111111110111110';
    case 3
        length_ac=16; codeword='1111111110111111';
    case 4
        length_ac=16; codeword='1111111111000000';
    case 5
        length_ac=16; codeword='1111111111000001';
    case 6
        length_ac=16; codeword='1111111111000010';
    case 7
        length_ac=16; codeword='1111111111000011';
    case 8
        length_ac=16; codeword='1111111111000100';
    case 9
        length_ac=16; codeword='1111111111000101';
    case 10
        length_ac=16; codeword='1111111111000110';
    end
case 10
    switch category
    case 1
        length_ac=9;  codeword='111111010';
    case 2
        length_ac=16; codeword='1111111111000111';
    case 3
        length_ac=16; codeword='1111111111001000';
    case 4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        length_ac=16; codeword='1111111111001001';
    case 5
        length_ac=16; codeword='1111111111001010';
    case 6
        length_ac=16; codeword='1111111111001011';
    case 7
        length_ac=16; codeword='1111111111001100';
    case 8
        length_ac=16; codeword='1111111111001101';
    case 9
        length_ac=16; codeword='1111111111001110';
    case 10
        length_ac=16; codeword='1111111111001111';
    end
case 11
    switch category
    case 1
        length_ac=10; codeword='1111111001';
    case 2
        length_ac=16; codeword='1111111111010000';
    case 3
        length_ac=16; codeword='1111111111010001';
    case 4
        length_ac=16; codeword='1111111111010010';
    case 5
        length_ac=16; codeword='1111111111010011';
    case 6
        length_ac=16; codeword='1111111111010100';
    case 7
        length_ac=16; codeword='1111111111010101';
    case 8
        length_ac=16; codeword='1111111111010110';
    case 9
        length_ac=16; codeword='1111111111010111';
    case 10
        length_ac=16; codeword='1111111111011000';
    end
case 12
    switch category
    case 1
        length_ac=10; codeword='1111111010';
    case 2
        length_ac=16; codeword='1111111111011001';
    case 3
        length_ac=16; codeword='1111111111011010';
    case 4
        length_ac=16; codeword='1111111111011011';
    case 5
        length_ac=16; codeword='1111111111011100';
    case 6
        length_ac=16; codeword='1111111111011101';
    case 7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        length_ac=16; codeword='1111111111011110';
    case 8
        length_ac=16; codeword='1111111111011111';
    case 9
        length_ac=16; codeword='1111111111100000';
    case 10
        length_ac=16; codeword='1111111111100001';
    end
case 13
    switch category
    case 1
        length_ac=11; codeword='11111111000';
    case 2
        length_ac=16; codeword='1111111111100010';
    case 3
        length_ac=16; codeword='1111111111100011';
    case 4
        length_ac=16; codeword='1111111111100100';
    case 5
        length_ac=16; codeword='1111111111100101';
    case 6
        length_ac=16; codeword='1111111111100110';
    case 7
        length_ac=16; codeword='1111111111100111';
    case 8
        length_ac=16; codeword='1111111111101000';
    case 9
        length_ac=16; codeword='1111111111101001';
    case 10
        length_ac=16; codeword='1111111111101010';
    end
case 14
    switch category
    case 1
        length_ac=16; codeword='1111111111101011';
    case 2
        length_ac=16; codeword='1111111111101100';
    case 3
        length_ac=16; codeword='1111111111101101';
    case 4
        length_ac=16; codeword='1111111111101110';
    case 5
        length_ac=16; codeword='1111111111101111';
    case 6
        length_ac=16; codeword='1111111111110000';
    case 7
        length_ac=16; codeword='1111111111110001';
    case 8
        length_ac=16; codeword='1111111111110010';
    case 9
        length_ac=16; codeword='1111111111110011';
    case 10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        length_ac=16; codeword='1111111111110100';
    end
case 15
    switch category
    case 0
        length_ac=11; codeword='11111111001';
    case 1
        length_ac=16; codeword='1111111111110101';
    case 2
        length_ac=16; codeword='1111111111110110';
    case 3
        length_ac=16; codeword='1111111111110111';
    case 4
        length_ac=16; codeword='1111111111111000';
    case 5
        length_ac=16; codeword='1111111111111001';
    case 6
        length_ac=16; codeword='1111111111111010';
    case 7
        length_ac=16; codeword='1111111111111011';
    case 8
        length_ac=16; codeword='1111111111111100';
    case 9
        length_ac=16; codeword='1111111111111101';
    case 10
        length_ac=16; codeword='1111111111111110';
    end
end


%-------------------SIZECODE-----------------------
function [category,length,min,codeword]=sizecode(ac)
if ac==0
        category=0;  codeword='00';        length=2;  min=0;
    elseif (ac==-1|ac==1)
        category=1;  codeword='010';       length=3;  min=-1;
    elseif (-3<=ac&ac<=-2)|(2<=ac&ac<=3)
        category=2;  codeword='011';       length=3;  min=-3;
    elseif (-7<=ac&ac<=-4)|(4<=ac&ac<=7)
        category=3;  codeword='100';       length=3;  min=-7;
    elseif (-15<=ac&ac<=-8)|(8<=ac&ac<=15)
        category=4;  codeword='101';       length=3;  min=-15;
    elseif (-31<=ac&ac<=-16)|(16<=ac&ac<=31)
        category=5;  codeword='110';       length=3;  min=-31;
    elseif (-63<=ac&ac<=-32)|(32<=ac&ac<=63)
        category=6;  codeword='1110';      length=4;  min=-63;
    elseif (-127<=ac&ac<=-64)|(64<=ac&ac<=127)
        category=7;  codeword='11110';     length=5;  min=-127;
    elseif (-255<=ac&ac<=-128)|(128<=ac&ac<=255)
        category=8;  codeword='111110';    length=6;  min=-255;
    elseif (-511<=ac&ac<=-256)|(256<=ac&ac<=511)
        category=9;  codeword='1111110';   length=7;  min=-511;
    elseif (-1023<=ac&ac<=-512)|(512<=ac&ac<=1023)
        category=10; codeword='11111110';  length=8;  min=-1023;
    elseif (-2047<=ac&ac<=-1022)|(1022<=ac&ac<=2047)
        category=11; codeword='111111110'; length=9;  min=-2047;
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
function [a]=encode_cromi(b,a)
%[output]=encode(input,output)
%Negative value MSB==0
last_bit=b(1,64);   %if last_bit~=0 no EOB
%-------------DC-----------------
dc=b(1,1);
[category,length,min,codeword]=sizecode(dc);
[a]=code(length,codeword,a);
[a]=add(category,min,dc,a);
%-------------AC-----------------
run=0;  N=0;
%--count number is not equal 0---
j=b(2:64);
one=ones(1,63);
N=sum(j&one);
num=N;
%--------------------------------
   for loop=2:64
      ac=b(1,loop);
      if (ac==0&N~=0)   %if N=0 other number equal 0
         run=run+1;
         if run==16
            run=15;
            category=0;
            [length_ac,codeword]=acvalues(run,category);
            [a]=code(length_ac,codeword,a);
            run=0;
         end
      elseif N~=0
         [category,length,min]=sizecode(ac);
         [length_ac,codeword]=acvalues(run,category);
         [a]=code(length_ac,codeword,a);
         [a]=add(category,min,ac,a);
         N=N-1;
         run=0;
      elseif N==0
         break
      end
   end
   if last_bit==0
   run=0; category=0;  %end of block EOB
   [length_ac,codeword]=acvalues(run,category);
   [a]=code(length_ac,codeword,a);
   end


   %------------------ADD NUMBER----------------------
   function [a]=add(category,min,ac,a)
         if ac<0
         ac=ac-min;
         end
         b=size(a);
         b=b(1,2);
         c=b+1;
         d=b+category;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        add=dec2bin(ac,category);
        a(c:d)=add;

%-----------------ADD CODEWORD--------------------
function [a]=code(length_ac,codeword,a)
        b=size(a);
        b=b(1,2);
        c=b+1;
        d=b+length_ac;
        a(c:d)=codeword;


%-----------------AC VALUES-----------------------

function [length_ac,codeword]=acvalues(run,category)
switch run
case 0
   switch category
   case 0
      length_ac=2;  codeword='00';
   case 1
      length_ac=2;  codeword='01';
   case 2
      length_ac=3;  codeword='100';
   case 3
      length_ac=4;  codeword='1010';
   case 4
      length_ac=5;  codeword='11000';
   case 5
      length_ac=5;  codeword='11001';
   case 6
      length_ac=6;  codeword='111000';
   case 7
      length_ac=7;  codeword='1111000';
   case 8
      length_ac=9;  codeword='111110100';
   case 9
      length_ac=10; codeword='1111110110';
   case 10
      length_ac=12; codeword='111111110100';
   end
case 1
   switch category
   case 1
      length_ac=4;  codeword='1011';
   case 2
      length_ac=6;  codeword='111001';
   case 3
      length_ac=8;  codeword='11110110';
   case 4
      length_ac=9;  codeword='111110101';
   case 5
      length_ac=11; codeword='11111110110';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case 6
       length_ac=12; codeword='111111110101';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110001000';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110001001';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110001010';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110001011';
    end
case 2
    switch category
    case 1
       length_ac=5;  codeword='11010';
    case 2
       length_ac=8;  codeword='11110111';
    case 3
       length_ac=10; codeword='1111110111';
    case 4
       length_ac=12; codeword='111111110110';
    case 5
       length_ac=15; codeword='111111111000010';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110001100';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110001101';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110001110';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110001111';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110010000';
    end
case 3
    switch category
    case 1
       length_ac=5;  codeword='11011';
    case 2
       length_ac=8;  codeword='11111000';
    case 3
       length_ac=10; codeword='1111111000';
    case 4
       length_ac=12; codeword='111111110111';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111110010001';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110010010';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110010011';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110010100';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110010101';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110010110';
    end
 case 4
    switch category
    case 1
       length_ac=6;  codeword='111010';
    case 2
       length_ac=9;  codeword='111110110';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111110010111';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111110011000';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111110011001';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110011010';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110011011';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110011100';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110011101';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110011110';
    end
 case 5
    switch category
    case 1
      length_ac=6;  codeword='111011';
    case 2
       length_ac=10; codeword='1111111001';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111110011111';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111110100000';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111110100001';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110100010';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110100011';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110100100';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110100101';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110100110';
    end
 case 6
    switch category
    case 1
       length_ac=7;  codeword='1111001';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case 2
       length_ac=11; codeword='11111110111';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111110100111';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111110101000';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111110101001';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110101010';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110101011';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110101100';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110101101';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110101110';
    end
case 7
    switch category
    case 1
       length_ac=7;  codeword='1111010';
    case 2
       length_ac=11; codeword='11111111000';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111110101111';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111110110000';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111110110001';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111110110010';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111110110011';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111110110100';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111110110101';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111110110110';
    end
case 8
    switch category
    case 1
       length_ac=8;  codeword='11111001';
    case 2
       length_ac=16; codeword='1111111110110111';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111110111000';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111110111001';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case 5
           length_ac=16; codeword='1111111110111010';
        case 6
           length_ac=16; codeword='1111111110111011';
        case 7
           length_ac=16; codeword='1111111110111100';
        case 8
           length_ac=16; codeword='1111111110111101';
        case 9
           length_ac=16; codeword='1111111110111110';
        case 10
           length_ac=16; codeword='1111111110111111';
        end
     case 9
        switch category
        case 1
           length_ac=9;  codeword='111110111';
        case 2
           length_ac=16; codeword='1111111111000000';
        case 3
           length_ac=16; codeword='1111111111000001';
        case 4
           length_ac=16; codeword='1111111111000010';
        case 5
           length_ac=16; codeword='1111111111000011';
        case 6
           length_ac=16; codeword='1111111111000100';
        case 7
           length_ac=16; codeword='1111111111000101';
        case 8
           length_ac=16; codeword='1111111111000110';
        case 9
           length_ac=16; codeword='1111111111000111';
        case 10
           length_ac=16; codeword='1111111111001000';
        end
     case 10
        switch category
        case 1
           length_ac=9;  codeword='111111000';
        case 2
           length_ac=16; codeword='1111111111001001';
        case 3
           length_ac=16; codeword='1111111111001010';
        case 4
           length_ac=16; codeword='1111111111001011';
        case 5
           length_ac=16; codeword='1111111111001100';
        case 6
           length_ac=16; codeword='1111111111001101';
        case 7
           length_ac=16; codeword='1111111111001110';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111111001111';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111111010000';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111111010001';
    end
case 11
    switch category
    case 1
       length_ac=9;  codeword='111111001';
    case 2
       length_ac=16; codeword='1111111111010010';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111111010011';
    case 4
       ength_ac=16; codeword='1111111111010100';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111111010101';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111111010110';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111111010111';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111111011000';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111111011001';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111111011010';
    end
case 12
    switch category
    case 1
       length_ac=9;  codeword='111111010';
    case 2
       length_ac=16; codeword='1111111111011011';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111111011100';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111111011101';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111111011110';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111111011111';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111111100000';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111111100001';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111111100010';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111111100011';
    end
case 13
    switch category
    case 1
       length_ac=11; codeword='11111111001';
    case 2
       length_ac=16; codeword='1111111111100100';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111111100101';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111111100110';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111111100111';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111111101000';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111111101001';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111111101010';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111111101011';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111111101100';
    end
case 14
    switch category
    case 1
       length_ac=14; codeword='11111111100000';
    case 2
       length_ac=16; codeword='1111111111101101';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111111101110';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111111101111';
    case 5
       length_ac=16; codeword='1111111111110000';
    case 6
       length_ac=16; codeword='1111111111110001';
    case 7
       length_ac=16; codeword='1111111111110010';
    case 8
       length_ac=16; codeword='1111111111110011';
    case 9
       length_ac=16; codeword='1111111111110100';
    case 10
       length_ac=16; codeword='1111111111110101';
    end
case 15
    switch category
    case 0
       length_ac=10; codeword='1111111010';
    case 1
       length_ac=15; codeword='111111111000011';
    case 2
       length_ac=16; codeword='1111111111110110';
    case 3
       length_ac=16; codeword='1111111111110111';
    case 4
       length_ac=16; codeword='1111111111111000';
    case 5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        length_ac=16; codeword='1111111111111001';
    case 6
        length_ac=16; codeword='1111111111111010';
    case 7
        length_ac=16; codeword='1111111111111011';
    case 8
        length_ac=16; codeword='1111111111111100';
    case 9
        length_ac=16; codeword='1111111111111101';
    case 10
        length_ac=16; codeword='1111111111111110';
    end
end


%--------------------SIZECODE-----------------------
function [category,length,min,codeword]=sizecode(ac)
if ac==0
        category=0;  codeword='00';          length=2;  min=0;
    elseif (ac==-1|ac==1)
        category=1;  codeword='01';          length=2;  min=-1;
    elseif (-3<=ac&ac<=-2)|(2<=ac&ac<=3)
        category=2;  codeword='10';          length=2;  min=-3;
    elseif (-7<=ac&ac<=-4)|(4<=ac&ac<=7)
        category=3;  codeword='110';         length=3;  min=-7;
    elseif (-15<=ac&ac<=-8)|(8<=ac&ac<=15)
        category=4;  codeword='1110';        length=4;  min=-15;
    elseif (-31<=ac&ac<=-16)|(16<=ac&ac<=31)
        category=5;  codeword='11110';       length=5;  min=-31;
    elseif (-63<=ac&ac<=-32)|(32<=ac&ac<=63)
        category=6;  codeword='111110';      length=6;  min=-63;
    elseif (-127<=ac&ac<=-64)|(64<=ac&ac<=127)
        category=7;  codeword='1111110';     length=7;  min=-127;
    elseif (-255<=ac&ac<=-128)|(128<=ac&ac<=255)
        category=8;  codeword='11111110';    length=8;  min=-255;
    elseif (-511<=ac&ac<=-256)|(256<=ac&ac<=511)
        category=9;  codeword='111111110';   length=9;  min=-511;
    elseif (-1023<=ac&ac<=-512)|(512<=ac&ac<=1023)
        category=10; codeword='1111111110';  length=10; min=-1023;
    elseif (-2047<=ac&ac<=-1022)|(1022<=ac&ac<=2047)
        category=11; codeword='11111111110'; length=11; min=-2047;
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. Edward R. Dougherty and Charles R. Giardina,"Matrix Structured Image Processing",Prentice-Hall Inc.,1987
2. Math work Inc.,"Image Processing Toolbox For Use With MATLAB",1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้