

การปกปิดความผิดพลาดสำหรับภาพวิดีโอสามมิติ

ERRORS CONCEALMENT FOR STEREOSCOPIC VIDEO IMAGES



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

จพ.

บัณฑิตวิทยาลัย

จ 49617

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2547

พ.ศ. 2547

เลขหมู่.....

ISBN 974-9709-83-7

เลขทะเบียน.....**51522**.....

วัน,เดือน,ปี**2.2.ม.ค.2547**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไป

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

11401965
b.....
i.....

ERRORS CONCEALMENT FOR STEREOSCOPIC VIDEO IMAGES



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

2004

ISBN 974-9709-83-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2004

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปกปิดความผิดพลาดสำหรับภาพวิดีโอสามมิติ
นักศึกษา	นายจิรพัฒน์ กิตติเมธี
รหัสประจำตัว	42061308
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.รัตติกร วรากุลศิริพันธุ์

บทคัดย่อ

การปกปิดความผิดพลาดในภาพวิดีโอสามมิติเป็นกระบวนการสำคัญในการลดความเสียหายของภาพอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในการส่งภาพวิดีโอ ในการส่งสัญญาณภาพบนระบบเครือข่ายที่ไม่เสถียร สัญญาณภาพอาจถูกรบกวนด้วยบิตที่ผิดพลาดเชิงสุ่ม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของภาพวิดีโอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความผิดพลาดที่ปรากฏบน I เฟรม จะส่งผลกระทบต่อเฟรมข้างเคียง นั่นคือ P เฟรม และ B เฟรม ในการที่จะลดความผิดพลาดนี้ กระบวนการตรวจจับและปกปิดความผิดพลาดที่ด้านถอดรหัสจึงถูกนำเสนอ ในวิธีการนี้มี 2 กระบวนการที่ทำงานร่วมกัน ได้แก่ การตรวจจับความผิดพลาด และการปกปิดความผิดพลาด โดยที่การตรวจจับความผิดพลาดจะระบุตำแหน่งความผิดพลาดที่ปรากฏบน I เฟรม เพื่อให้กระบวนการปกปิดความผิดพลาดสร้างภาพส่วนที่เสียหายจากเฟรมที่อยู่ใกล้เคียง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถปรับปรุงคุณภาพ ของ I เฟรม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Thesis Title Errors Concealment for Stereoscopic Video Images
Student Mr. Jirapat Kittimethee
Student ID. 42061308
Degree Master of Engineering
Programme Electronics Engineering
Year 2004
Thesis Advisor Assoc.Prof.Dr.Ruttikorn Varakulsiripunth

ABSTRACT

Error concealment for stereoscopic video is an important procedure to minimize the partial image damage caused by transmission errors. For transmission via the unreliable communication networks, the stereoscopic video sequences may be corrupted by random bit errors, thus affecting directly to the quality of video. Especially, the errors occurred with intra-frame (I-frame) propagate to neighboring frames, i.e., predicted-frame (P-frame) and bi-directional-frame (B-frame). In order to cease this error propagation, in this paper, the error detection and concealment approach are proposed by means of the decoder-based reconstruction technique. In this method, there are two principal procedures in cooperation: error detection and concealment procedures. The error detection procedure identifies the location of errors in the I-frame so that the error concealment procedure can recover the corrupted image with the suitable values of neighboring frames. The experimental results illustrate that the proposed approach can evidently improve the quality of the I-frames.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยการสนับสนุนของบุคคลหลายฝ่าย ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.รัตติกกร วรากุลศิริพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาช่วยให้แนวความคิด ให้คำปรึกษาในการทำวิจัย ตลอดจนการวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อ งานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณพารา ลิ้มมะณีประเสริฐ ที่ช่วยแนะนำแนวทางในการทำวิจัย การเขียน และการนำเสนอบทความ การหาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย และให้คำปรึกษาที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณอรรรตพล ระโหฐาน ที่ช่วยให้ความช่วยเหลือด้านการเขียน โปรแกรม Matlab® และ คุณชมพูนุท เต็งเจริญ ที่ความช่วยเหลือ แนะนำ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ โครงการสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ (ReCCIT) และ องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (JICA) ที่ได้ให้ความกรุณาสนับสนุนเครื่องมือและ อุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้ในห้องปฏิบัติการ โครงข่ายการสื่อสาร (Communication Network Laboratory)

และสุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่ให้โอกาสในการศึกษา ดูแล ห่วงใย เอาใจ ใส่และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

จิรพัฒน์ กิตติเมธี

สารบัญ

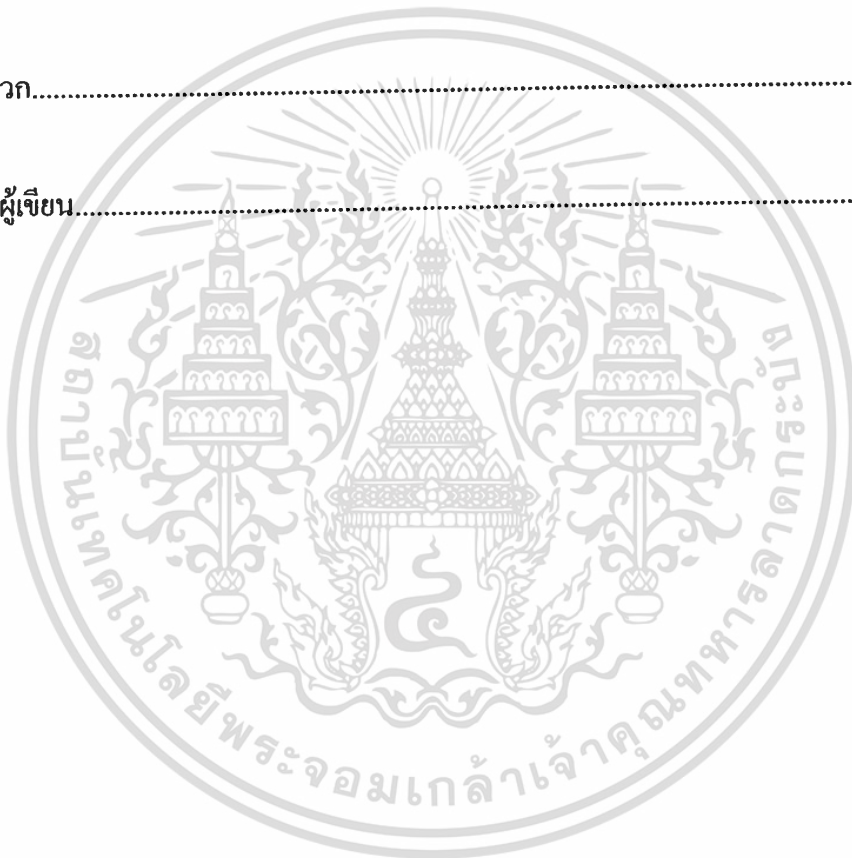
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
บทที่ 2 รูปแบบและลักษณะภาพวิดีโอ.....	4
2.1 มูลฐานของภาพวิดีโอ.....	5
2.1.1 รูปร่างของภาพ.....	5
2.1.2 รูปแบบสี.....	6
2.1.2.1 รูปแบบสี RGB.....	6
2.1.2.2 รูปแบบสี YUV และ YCbCr.....	7
2.1.3 ลำดับภาพวิดีโอ.....	8
2.2 การบีบอัดภาพวิดีโอ.....	9
2.3 ลักษณะของภาพ 3 มิติ.....	12
บทที่ 3 การตรวจจับและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ.....	13
3.1 รูปแบบการปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ.....	13
3.1.1 การปกปิดความผิดพลาดที่ด้านตัวเข้ารหัส.....	14
3.1.2 การปกปิดความผิดพลาดที่ด้านตัวถอดรหัส.....	14
3.1.3 การปกปิดความผิดพลาดที่ทำงานร่วมกันทั้งด้านตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส.....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การวัดคุณภาพของภาพ.....	15
บทที่ 4 การตรวจจับและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ 3 มิติ.....	18
4.1 มาตรฐานแบบลำดับฟิลด์สำหรับภาพวิดีโอ 3 มิติแบบแทรกสอด.....	19
4.1.1 ภาพวิดีโอ 3 มิติในมาตรฐานแบบลำดับฟิลด์.....	21
4.2 การตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาด.....	23
4.2.1 การตรวจสอบความผิดพลาด.....	24
4.2.2 กระบวนการแยกฟิลด์.....	24
4.3 กระบวนการปกปิดความผิดพลาด.....	27
4.3.1 การปกปิดความผิดพลาดด้วยค่าเฉลี่ยของบล็อกข้างเคียง.....	27
4.3.2 การปกปิดความผิดพลาดด้วยค่าเฉลี่ยของพิกเซลข้างเคียง.....	27
4.3.3 กระบวนการรวมฟิลด์.....	28
4.4 บทสรุป.....	29
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	30
5.1 ผลการทดลองการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดภาพวิดีโอ 3 มิติในรูปแบบสี YCbCr โดยแยกฟิลด์เฉพาะเฟรม Y และปกปิดด้วยค่าพิกเซลของบล็อกข้างเคียง.....	30
5.1.1 การทดลองหาค่าขีดแบ่ง.....	30
5.1.2 ประสิทธิภาพการปกปิดความผิดพลาด.....	39
5.1.3 การเปรียบเทียบการปกปิดความผิดพลาดภาพ 2 มิติกับภาพ 3 มิติ.....	42
5.2 ผลการทดลองการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดภาพวิดีโอ 3 มิติในรูปแบบสี YCbCr โดยแยกฟิลด์เฉพาะเฟรม Y และปกปิดด้วยค่าเฉลี่ยของบล็อกข้างเคียง.....	44
5.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดภาพวิดีโอ 3 มิติ ที่ระดับความผิดพลาดต่างๆ โดยใช้เส้นขีดแบ่ง เท่ากับ 70.....	47
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	59
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.1.1 การเกิดความผิดพลาดในภาพสามมิติ.....	59
6.1.2 คุณภาพของภาพที่สร้างกลับ.....	60
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	60
เอกสารอ้างอิง.....	61
ภาคผนวก.....	62
ประวัติผู้เขียน.....	63



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงถึงมาตรฐานการบีบอัดสัญญาณภาพของแต่ละองค์กร.....	10
5.1 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่ง ที่ระดับต่างๆ ของภาพตะบองเพชร.....	39
5.2 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่ง ที่ระดับต่างๆ ของภาพเปลวไฟ.....	40
5.3 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่ง ที่ระดับต่างๆ ของภาพแท่งหิน.....	40
5.4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเฉลี่ยของ บล็อกที่อยู่ข้างเคียง.....	46



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปแบบสี RGB.....	6
2.2 รูปแบบสี YCbCr.....	8
2.3 ลำดับของเฟรมในวิดีโอ.....	9
2.4 เรขาคณิตของการวางตำแหน่งกล้องแบบแนวแกนเลนส์ขนาน.....	12
3.1 ระบบการส่งวิดีโอในเครือข่ายสื่อสาร.....	13
3.2 ระบบการดำเนินการของภาพ.....	15
4.1 โครงสร้างมาตรฐานสำหรับการเก็บภาพวิดีโอแบบลำดับฟิลด์.....	20
4.2 ภาพ 3 มิติต้นแบบในมาตรฐานแบบลำดับฟิลด์.....	21
4.3 การแยกฟิลด์ของภาพ 3 มิติต้นแบบ.....	22
4.4 ลักษณะการเก็บข้อมูลภาพ 3 มิติในมาตรฐานแบบลำดับฟิลด์.....	22
4.5 กระบวนการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ 3 มิติ.....	23
4.6 ภาพ 3 มิติในมาตรฐานภาพบน-ล่าง.....	24
4.7 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลของภาพ 3 มิติจากมาตรฐานลำดับฟิลด์ไปเป็น มาตรฐานภาพบน-ล่าง.....	25
4.8 บล็อกที่อยู่ข้างเคียงบล็อก C ซึ่งประกอบไปด้วย บล็อก A, B, C และ E.....	26
4.9 การปกปิดความผิดพลาดด้วยค่าเฉลี่ย.....	27
4.10 การปกปิดความผิดพลาดด้วยพิกเซล.....	28
4.11 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลของภาพ 3 มิติจากมาตรฐานภาพบน-ล่างไปเป็น มาตรฐานลำดับฟิลด์.....	29
5.1 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด.....	31
5.2 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 100 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	32
5.3 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 80 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาดผิดพลาด.....	32
5.4 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาดผิดพลาด.....	33
5.5 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 50 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาดผิดพลาด.....	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.6 แสดงภาพ 3 มิติ ภาพเปลวไฟที่เกิดความผิดพลาด.....	34
5.7 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพเปลวไฟโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 100 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	34
5.8 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพเปลวไฟโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 80 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	35
5.9 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพเปลวไฟโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	35
5.10 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพเปลวไฟโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 50 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	36
5.11 แสดงภาพ 3 มิติ ภาพแท่งหินที่เกิดความผิดพลาด.....	36
5.12 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพแท่งหิน โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 100 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	37
5.13 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพแท่งหิน โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 80 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	37
5.14 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพแท่งหิน โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	38
5.15 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพแท่งหิน โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 50 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	38
5.16 แสดงประสิทธิภาพการตรวจสอบความผิดพลาดภาพตะบองเพชร.....	41
5.17 แสดงประสิทธิภาพการตรวจสอบความผิดพลาดภาพเปลวไฟ.....	41
5.18 แสดงประสิทธิภาพการตรวจสอบความผิดพลาดภาพแท่งหิน.....	42
5.19 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพ 2 มิติ โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	43
5.20 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพ 3 มิติ โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการ ตรวจสอบความผิดพลาด.....	43
5.21 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าเฉลี่ย ของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง.....	44
5.22 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพเปลวไฟโดยใช้ค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง.....	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.23	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพท่างหิน โดยใช้ค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง....45
5.24	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพโดยการแทนที่ความผิดพลาดด้วยพิกเซล และค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง.....46
5.25	แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.24%.....47
5.26	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.24% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....48
5.27	แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.48%.....48
5.28	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.48% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....49
5.29	แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.73%.....49
5.30	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.73% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....50
5.31	แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.97%.....50
5.32	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.97% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....51
5.33	แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.22%.....51
5.34	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.22% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....52
5.35	แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.46%.....52
5.36	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.46% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....53
5.37	แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.70%.....53
5.38	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.70% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....54
5.39	แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.95%.....54
5.40	แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.95% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....55
5.41	แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 2.19%.....55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.42 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 2.19% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....	56
5.43 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 2.44%.....	56
5.44 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 2.44% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด.....	57
5.45 แสดงประสิทธิภาพการตรวจสอบความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่ง 70 ที่ระดับความผิดพลาด 0.24-2.44%.....	58



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สัญญาณภาพวิดีโออาจได้รับสัญญาณรบกวน (Noise) ได้หลายกรณีด้วยกัน ทั้งในระหว่างกระบวนการบีบอัดข้อมูล ระหว่างการส่งข้อมูลภาพผ่านระบบเครือข่าย หรือระหว่างการถอดรหัสการบีบอัดข้อมูลภาพ โดยเฉพาะการส่งข้อมูลภาพผ่านระบบเครือข่ายข้อมูล สัญญาณรบกวนมักเกิดจากคุณภาพของสัญญาณภาพหรืออาจถูกรบกวนด้วยบิตที่ผิดพลาดเชิงสุ่ม (Random bit error) การรบกวนที่เกิดขึ้นอาจทำให้มาโครบล็อก (Macroblock) ของภาพ ถูกทำลายเสียหายจนใช้การไม่ได้

การบีบอัดภาพด้วยวิธีการ JPEG หรือ MPEG ได้ประสบความสำเร็จในเชิงประสิทธิภาพการบีบอัดและลดขนาดของแบนด์วิธ แต่ก่อนโน้นความผิดพลาดที่รบกวนในระบบเครือข่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนมาก (Noisy channel) สัญญาณวิดีโอที่ผ่านการบีบอัดอาจมีความผิดพลาดเชิงสุ่ม ทำให้เกิดการสูญหายบางส่วนในสัญญาณภาพซึ่งเรียกว่า cell loss และเป็นสาเหตุสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของสัญญาณภาพวิดีโอ งานวิจัยนี้สนใจการสูญหายที่ปรากฏบน I เฟรม เนื่องจากเป็นสัญญาณภาพหลักที่จะส่งผลกระทบต่อเฟรมอื่นๆ เช่น B เฟรม และ P เฟรม ตัวอย่างหนึ่งที่ได้สังเกตเห็นได้ชัดคือถ้ามีการบีบอัดข้อมูลวิดีโอสามมิติที่อาศัยความคล้ายคลึงกันของภาพด้านซ้ายและภาพด้านขวา (Disparity Compensation Prediction Technique) [1] โดยที่เทคนิคนี้ภาพซ้ายจะเป็นเฟรมอ้างอิงของภาพขวา ถ้ามีการสูญหายของสัญญาณภาพในภาพซ้ายก็จะส่งผลกระทบต่อภาพขวาด้วยเช่นกัน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

จากการที่ความผิดพลาดของภาพมีผลกระทบต่อมุมมองเห็นของภาพวิดีโอ 3 มิติ วิทยานิพนธ์นี้จึงมุ่งที่จะศึกษาสาเหตุ พร้อมทั้งเสนอวิธีการแก้ไข ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย คือ

1. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของภาพวิดีโอ 3 มิติ
2. เพื่อศึกษาวิธีการของการบีบอัดภาพวิดีโอ 3 มิติบนพื้นฐานวิธีซีที
3. เพื่อศึกษาสาเหตุ และกำจัดการเกิดความผิดพลาดในภาพอัดเฟรมอ้างอิงของภาพวิดีโอ 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาภาพการปกปิดความผิดพลาดวิดีโอ 3 มิติต่อไป

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การปกปิดความผิดพลาดมีการทำกันอย่างแพร่หลายในวิดีโอสองมิติ และมีข้อดีในการเพิ่มคุณภาพในการมองเห็นให้กับสัญญาณภาพ จุดประสงค์หลักของการปกปิดความผิดพลาดในสัญญาณภาพวิดีโอคือต้องการลดผลกระทบของเฟรมภาพไม่ให้แพร่กระจายไปในวิดีโอสตรีมและเพื่อปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณวิดีโอ แต่โครงสร้างของการแสดงภาพแบบลำดับฟิลด์ของสัญญาณภาพวิดีโอสองมิตินี้มีความแตกต่างจากสัญญาณภาพวิดีโอสามมิติ โดยที่วิธีการตรวจสอบตำแหน่งความผิดพลาดและปกปิดความผิดพลาดในภาพวิดีโอสามมิติกำลังอยู่ระหว่างการวิจัยและพัฒนา ยังไม่มีงานวิจัยใดเสนอประสิทธิภาพในการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดในสัญญาณภาพสามมิติ เพราะฉะนั้นในการวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการปกปิดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับสัญญาณภาพวิดีโอสามมิติ เพื่อรักษาคุณภาพของสัญญาณภาพหลัก I เฟรม ไม่ให้ส่งต่อความผิดพลาดไปกระทบยังเฟรมข้างเคียง

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้จะนำเสนอการตรวจจับและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอสามมิติโดยกระบวนการ Spatial Approach โดยอาศัยข้อมูลจากพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียงทำการสร้างข้อมูลที่มีการสูญหายแล้วทำการปกปิดข้อมูลนั้นๆ โดยที่มีการแก้ไขปรับปรุงอัลกอริทึมในส่วนที่มีการตรวจจับและปกปิดความผิดพลาด เพื่อให้เหมาะสมกับลำดับฟิลด์ของสัญญาณภาพ กระบวนการตรวจจับต้องแยกแยะลำดับฟิลด์ของสัญญาณภาพวิดีโอว่าเป็นฟิลด์คู่หรือฟิลด์คี่ และตรวจค้นความผิดพลาดในภาพเกิดขึ้นภายใต้สมมติฐานที่ว่า โดยทั่วไป ภาพปกปิดบล็อกที่อยู่ติดกันจะมีค่าความแตกต่างกันไม่มาก ดังนั้นเราจึงตั้งมาตรวัดระดับความผิดพลาด ถ้ากระบวนการตรวจจับพบว่ามีค่าความแตกต่างกันของบล็อกที่อยู่ติดกันสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ กระบวนการตรวจจับจะทราบทันทีที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น และจะระบุตำแหน่งความผิดพลาด หลังจากนั้นกระบวนการปกปิดความผิดพลาดจะสร้างข้อมูลที่มีการสูญหายโดยอาศัยข้อมูลจากพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียง

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดในสัญญาณภาพวิดีโอสามารถแบ่งได้ดังนี้

- 1) ด้านตัวเข้ารหัส
- 2) ที่ช่องสัญญาณระบบเครือข่าย
- 3) ที่ตัวถอดรหัส

โดยถ้าทำการตรวจสอบความผิดพลาดที่ด้านตัวเข้ารหัสจะทำการเพิ่มบิตตรวจสอบที่เรียกว่า พาริตีบิต (Parity bit) เมื่อความผิดพลาดถูกตรวจพบก็จะมีกรร้องขอให้มีการส่งข้อมูลส่วนที่ผิดพลาดมาใหม่ ถึงแม้ว่าวิธีการนี้จะให้ความแม่นยำในการตรวจสอบความผิดพลาดที่สูง แต่ก็จำเป็นต้องมีแบนวิธมาก การตรวจสอบที่ช่องสัญญาณระบบเครือข่ายเช่น TCP/IP ส่วนการตรวจสอบความผิดพลาดที่ตัวถอดรหัสนั้นจะให้ความถูกต้องแม่นยำน้อยกว่า แต่มีข้อดีที่ใช้แบนวิธน้อยกว่าและประหยัดเวลาในการส่งข้อมูลซ้ำ โดยเฉพาะจะมีปัญหาเกี่ยวกับการแสดงผลแบบทันที (Real time) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการปกปิดความผิดพลาดที่ทำการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดที่ด้านตัวถอดรหัส โดยมี 2 กระบวนการทำงานร่วมกันคือการตรวจจับความผิดพลาดและการปกปิดความผิดพลาด แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคจับความผิดพลาดในสัญญาณภาพวิดีโอสองมิติ ไม่สามารถนำมาใช้โดยตรงกับสัญญาณภาพวิดีโอสามมิติเนื่องจากมาตรฐานลำดับฟิล์ม ดังนั้นจึงต้องมีการแก้ไขปรับปรุงอัลกอริทึมในส่วนที่มีการตรวจจับและปกปิดความผิดพลาด เพื่อให้เหมาะสมกับลำดับฟิล์มของสัญญาณภาพ โดยที่ทำการแยกสัญญาณภาพวิดีโอสามมิติเป็นฟิล์มคู่และฟิล์มเดี่ยวและจัดใหม่ให้อยู่ในรูปแบบด้านบนและด้านล่าง หลังจากนั้นกระบวนการตรวจสอบจะทำการค้นหาและระบุตำแหน่งของความผิดพลาด ถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นกระบวนการปกปิดความผิดพลาดจะทำการปกปิดความผิดพลาดนั้นๆ โดยอาศัยข้อมูลจากพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียงซึ่งเรียกว่า Spatial approach

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บท ในแต่ละบทจะมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความจำเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐาน แนวความคิดของงานวิจัย และขอบเขตของงานวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงแนวคิดพื้นฐานและหลักการของรูปแบบและลักษณะภาพวิดีโอ

บทที่ 3 การตรวจจับและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ

บทที่ 4 แสดงการตรวจจับและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ 3 มิติ

บทที่ 5 แสดงขั้นตอนของการทดลอง และผลการทดลองของการปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ

บทที่ 6 เป็นการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะแนวทางในการทำวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

รูปแบบและลักษณะภาพวิดีโอ

การมองเห็นของมนุษย์เป็นสิ่งที่สำคัญและเป็นกลไกการรับภาพที่ซับซ้อนอย่างหนึ่ง ซึ่งจะให้ข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับใช้ในงานง่าย ๆ (ตัวอย่างเช่น การจดจำวัตถุ) และสำหรับงานที่มีความซับซ้อน (ได้แก่ การวางแผน การตัดสินใจ การค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาทางด้านความคิด) รูปภาพมีบทบาทมากสำหรับองค์กรต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ ภาพยนตร์ซึ่งได้ใช้ภาพ (ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว) เป็นสื่อนำเสนอข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ สิ่งที่น่าสนใจของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นหรือข้อมูลภาพนั้นก็คือกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์ ความพยายามทางการประมวลผลภาพได้เริ่มขึ้นในปี 1964 ณ ห้องแลป Jet Propulsion (Pasadena California) ซึ่งได้นำกระบวนการประมวลผลภาพมาใช้ในการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ ต่อมาได้มีการตั้งสาขาทางวิทยาศาสตร์สาขาใหม่มีชื่อว่าการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) หลังจากนั้นงานทางด้านกระบวนการประมวลผลภาพก็พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ และถูกนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานในหลาย ๆ ด้าน เช่น ทางด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม การสื่อสารทางโทรทัศน์ การพิมพ์ การทำกราฟฟิก การแพทย์ และการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ การประมวลผลภาพดิจิทัลจะเป็นการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล (Digital Format) ซึ่งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลเหล่านี้จัดการผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์ได้ ดังนั้นอินพุตและเอาต์พุตของระบบจะอยู่ในรูปแบบดิจิทัลเท่านั้น

การวิเคราะห์ภาพดิจิทัล (Digital Image Analysis) จะเกี่ยวกับวิธีการอธิบายและการจดจำข้อมูลภาพดิจิทัล ซึ่งอินพุตของระบบจะเป็นข้อมูลภาพดิจิทัลและเอาต์พุตจะเป็นเครื่องหมายที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิทัลเหล่านั้น การมองเห็นของมนุษย์นับว่าเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งลักษณะเทคนิคโดยทั่ว ๆ ไปในกระบวนการวิเคราะห์ภาพดิจิทัล และการประมวลผลภาพทางคอมพิวเตอร์จะค่อนข้างซับซ้อนเช่นกัน โดยทั่วไปการมองเห็นของตามมนุษย์จะมีความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร

2.1 มวลฐานของภาพวิดีโอ

2.1.1 รูปร่างของภาพ (Image Shape)

วัตถุที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป ทั้งที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต และไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ในศาสตร์ของการประมวลผลภาพนั้น การกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular image model) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การจัดเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำ และการแสดงภาพออกทางอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้

ปกติแล้วในการเก็บข้อมูลภาพ โดยเครื่องมือต่าง ๆ จะเก็บตามมาตรฐานของโทรทัศน์ซึ่งมีอัตราส่วนแนวนอนต่อแนวตั้ง เท่ากับ 4 : 3 สำหรับเครื่องมือเก็บข้อมูลภาพที่ไม่เป็นไปตามอัตราส่วน 4 : 3 เมื่อนำภาพนี้ไปแสดงในจอภาพมาตรฐานจะทำให้ภาพที่แสดงนั้นมีขนาดของจุดภาพไม่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เช่น ในบางระบบอาจจะใช้ความละเอียดในการแสดงเท่ากับ 640 x 512 พิกเซล ซึ่งจะทำให้ขนาดของจุดภาพที่ได้มีขนาดของด้านกว้างมีความยาวมากกว่าด้านสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นหัวข้อที่ต้องสนใจสำหรับการเขียน โปรแกรมทางด้านกราฟฟิกและการจัดการข้อมูล

จำนวนสีสูงสุดที่เป็นไปได้ของแต่ละจุดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อจุด มากขึ้นจะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น

$$1 \text{ บิต} = 2^1 = 2 \text{ สี}$$

$$2 \text{ บิต} = 2^2 = 4 \text{ สี}$$

$$4 \text{ บิต} = 2^4 = 16 \text{ สี}$$

$$8 \text{ บิต} = 2^8 = 256 \text{ สี}$$

$$16 \text{ บิต} = 2^{16} = 65,536 \text{ สี เป็นต้น}$$

สำหรับการแสดงข้อมูลภาพที่มีขนาด 1 บิตและ 8 บิตนั้นจะมีการทำงานที่จะใกล้เคียงกัน เนื่องจากหน่วยประมวลผลจะไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่เป็นบิตเดี่ยว ๆ ได้ดังนั้นในการแสดงข้อมูลออกทางจอภาพตัวโปรเซสเซอร์จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลทั้ง 8 บิต(1 ไบท์) ส่งให้กับจอภาพซึ่งในกรณีนี้ พิกเซลมีขนาด 1 บิต เมื่อโปรเซสเซอร์จะทำงานกับบิตแรกที่ต้องการแล้วก็จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ทันทีโดยที่ไม่เกี่ยวกับข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือ ส่วนในกรณีพิกเซล ที่มีขนาด 8 บิต โปรเซสเซอร์จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ก็ต่อเมื่อโปรเซสเซอร์ทำงานกับทุกบิตแล้ว

ตัวอย่างสำหรับระบบที่มีความละเอียดเท่ากับ 800 x 600 พิกเซล และมีขนาด 16 บิตต่อพิกเซล จะสามารถแสดงสีได้ทั้งหมด 65,536 ระดับและต้องใช้อุปกรณ์ในการเก็บเท่ากับ 800 x 600 x 16 บิต

2.1.2 รูปแบบสี

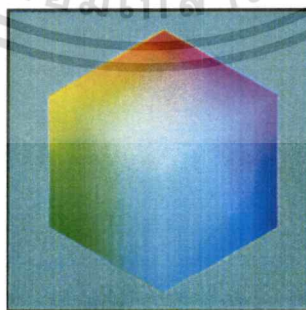
มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับนำไปใช้ แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในสเปส 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปสซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง เขียว และน้ำเงิน และ YUV จะจำแนกข้อมูลสีเป็น ความเข้มของแสง (Y) และองค์ประกอบของสี 2 องค์ประกอบ U และ V

2.1.2.1 รูปแบบสี RGB

รูปแบบสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน โดยมีการรวมกันแบบการเพิ่ม (Additive) ซึ่งโดยปกติจะนำไปใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode Ray Tube) ในการใช้งานรูปแบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แก่ RGBCIE และ RGBNTSC

รูปแบบสีแบบ RGB ของ CIE เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย CIE (Commission International l 'Eclairage) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 นาโนเมตร สีเขียวเท่ากับ 546.1 นาโนเมตร และสีน้ำเงิน 435.8 นาโนเมตร

รูปแบบสีแบบ RGB ของ NTSC เป็นระบบที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 2.1 รูปแบบสี RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 รูปแบบสี YUV และ YCbCr

YUV จะจำแนกข้อมูลสีแตกต่างจาก RGB คือแทนที่จะแตกออกเป็นองค์ประกอบของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยแยกออกเป็น ความเข้มของแสง (Y) และองค์ประกอบของสี 2 องค์ประกอบ (U และ V) องค์ประกอบ Y เป็นข้อมูลสีค่าและสีขาว เรียกว่า ระดับความเข้มของแสงสว่าง (Luminance) ส่วนองค์ประกอบ U และ V เรียกว่า ระดับความเข้มของสี (Chrominance)

รูปแบบของสีแบบนี้มีความสำคัญต่อระบบโทรทัศน์ อย่างแรกคือ ง่ายที่จะสนับสนุนการแสดงผลสีค่าและสีขาวได้ดีพอๆ กับการแสดงสีต่างๆ ในรูปแบบของสีแบบนี้ การแสดงผลสีค่าและสีขาวนั้น เพียงแต่ใช้องค์ประกอบข้อมูลระดับความเข้มของแสงสว่างของสัญญาณ ส่วนการแสดงผลสีจะใช้ทั้งข้อมูลระดับความเข้มของแสงสว่างและค่าระดับความเข้มของสี รูปแบบสี YUV จะเหมาะสมกว่ากับการมองเห็นสีของมนุษย์ที่จะรับรู้เป็นความสว่างและสี การอ้างอิงรูปแบบสี YUV ในมาตรฐาน MPEG นั้น เรียกว่า YCbCr นิยามโดย ITU-R 601 สมการในการแปลงรูปแบบสี RGB ไปเป็นรูปแบบสี YCbCr ที่ใน CCIR Recommendation 6.1 เมื่อ R, G, B เป็นค่า 8 บิตแบบไม่มีเครื่องหมาย กำหนดเป็น

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (2.1)$$

$$Cb = -0.1687R - 0.3313G + 0.5B + 128 \quad (2.2)$$

$$Cr = 0.5R - 0.4187G - 0.0813B + 128 \quad (2.3)$$

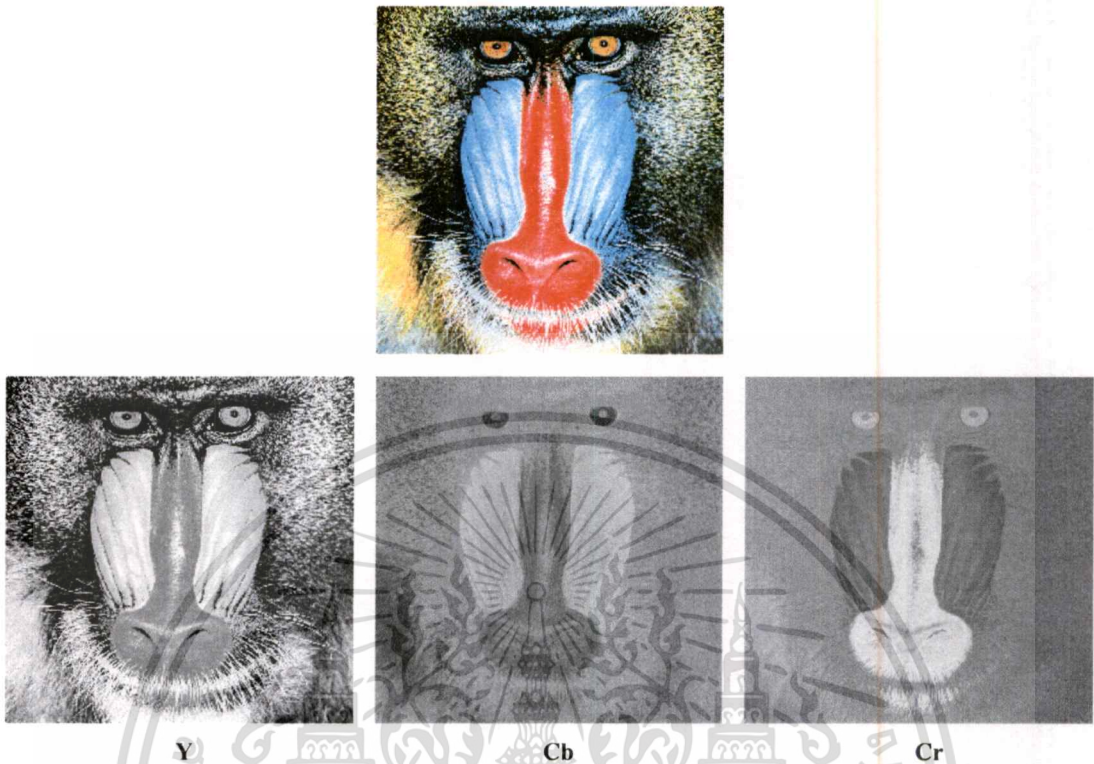
การบีบอัดที่อยู่ในรูปแบบสี YCbCr นี้ ภาพที่ถูกสร้างกลับจะใช้ข้อมูลขององค์ประกอบ Cb และ Cr น้อยกว่าข้อมูลองค์ประกอบ Y ได้ และสามารถคำนวณกลับหาค่า RGB ได้โดยตรงจาก YCbCr เป็นค่า 8 บิตแบบไม่มีเครื่องหมายได้จากสมการ

$$R = Y + 1.402 (Cr - 128) \quad (2.4)$$

$$G = Y - 0.34414 (Cb - 128) - 0.71414 (Cr - 128) \quad (2.5)$$

$$B = Y + 1.772 (Cb - 128) \quad (2.6)$$

ค่า Y, Cb และ Cr 8 บิตแบบไม่มีเครื่องหมายในภาพทั้งหมดจะถูกเลื่อนระดับ (Level Shift) เพื่อเปลี่ยนไปเป็นรูปแบบ 8 บิตแบบมีเครื่องหมาย โดยการลบ 128 ออกจากค่าเหล่านั้น ดังนั้น ค่าเดิมของภาพที่อยู่ในช่วง [0, ..., 255] เมื่อทำการลบ 128 แล้วจะทำให้ค่าข้อมูลเปลี่ยนมาอยู่ในช่วง [-128, ..., 127]



รูปที่ 2.2 รูปแบบสี YCbCr

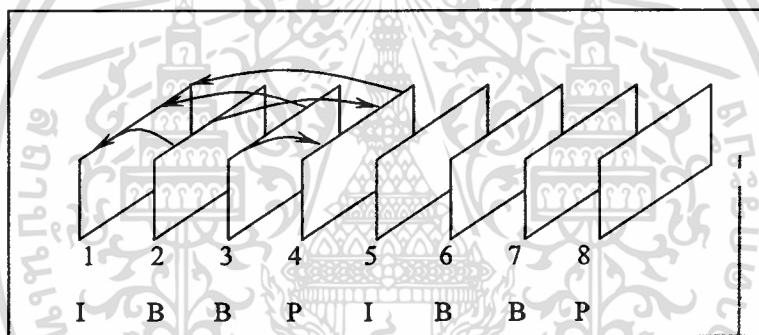
2.1.3 ลำดับภาพวิดีโอ

ลำดับภาพวิดีโอจะแสดงจำนวนภาพวิดีโอหรือกลุ่มของภาพวิดีโอ ซึ่งจะมีเพียงกลุ่มภาพกลุ่มหนึ่งเท่านั้น มิใช่ภาพทั้งหมดของวิดีโอ และภาพของวิดีโอแบบดิจิทัลเรียกได้อีกอย่างว่าเฟรม โดยจะบรรจุข้อมูลของสีและความสว่างทั้งหมดที่จำเป็นต่อการแสดงภาพบนหน้าจอ ข้อมูลสีและความสว่างนั้นจะถูกสร้างให้เป็น 3 เมตริกซ์ บรรจุไปด้วยค่าระดับความเข้มของแสงสว่างและค่าระดับความเข้มของสี โดยค่าระดับความเข้มของแสงจะเป็นส่วนแรก que แสดง ตามด้วยค่าระดับความเข้มของสีเป็น Cb และ Cr ด้วยการกระจายค่า Cb และ Cr เท่าๆ กันจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้น้อยลง โดยขนาดของเมตริกซ์เหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงขึ้นกับรหัสลูชันของภาพและอัตราการแซมปลิงที่ใช้ ในการบีบอัดภาพแบบ MPEG ซึ่งเป็นที่รู้จักและนิยมใช้ในปัจจุบันได้แบ่งเฟรมออกเป็น 3 แบบ [2] คือ

- เฟรมถูกเข้ารหัสภายใน (Intra-coded Frame) หรือ I เฟรม เป็นเฟรมที่ถูกเข้ารหัสโดยที่ไม่ต้องทราบข้อมูลของเฟรมอื่นในลำดับวิดีโอ (Video Sequence) จึงทำให้เฟรมแรกในลำดับวิดีโอเป็น I เฟรม และใช้เป็นเฟรมอ้างอิง หรือเป็นข้อมูลหลักของลำดับเฟรมที่ตามมาด้วย โดยที่ I เฟรม จำเป็นต้องใช้บิตในการแสดงภาพมากที่สุด เพราะข้อมูลทั้งหมดของภาพจะถูกอธิบายไว้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เฟรมถูกเข้ารหัสแบบทำนาย (Predictive Coded Frame) หรือ P เฟรม เป็นเฟรมที่ถูกเข้ารหัสด้วยการใช้ข้อมูลจากเฟรมอื่นที่ถูกแสดงมาลำดับก่อนหน้าแล้ว ซึ่งเฟรมอ้างอิงนั้นอาจจะเป็น I เฟรม หรือเป็น P เฟรม ก็ได้ จากการประมาณการเคลื่อนที่ และ P เฟรม จะมีขนาดประมาณ 50-30 เปอร์เซ็นต์ของ I เฟรม
- เฟรมถูกเข้ารหัสแบบทำนายสองทิศทาง (Bidirectionally Predicted Frame) หรือ B เฟรม เป็นเฟรมที่ถูกเข้ารหัสโดยใช้ข้อมูลจากเฟรมอื่นเช่นกัน เหมือนกับเฟรมถูกเข้ารหัสแบบทำนายที่สามารถใช้ข้อมูลก่อนหน้าจากเฟรมที่ปรากฏขึ้นก่อน ยิ่งไปกว่านั้น เฟรมถูกเข้ารหัสแบบทำนายสองทิศทางยังสามารถใช้ข้อมูลจากเฟรมล่วงหน้าได้ด้วย จากคุณสมบัติที่วิดีโอจะประกอบด้วยลำดับเฟรมทั้งหมดสมบูรณ์แล้ว และเฟรมถูกเข้ารหัสแบบทำนายสองทิศทางมีขนาดประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของเฟรมถูกเข้ารหัสแบบทำนาย



รูปที่ 2.3 ลำดับของเฟรมในวิดีโอ

2.2 การบีบอัดภาพวิดีโอ

การเข้ารหัสและการบีบอัดภาพวิดีโอเป็นการลดขนาดหน่วยความจำที่ใช้ในการแสดงและเก็บภาพวิดีโอ ดังเป็นที่ทราบกันดีว่าภาพวิดีโอที่ไม่ได้ถูกทำการบีบอัดนั้นจะถือครองหน่วยความจำจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ภาพสีขนาด 1024 x 1024 พิกเซล ต้องการหน่วยความจำขนาด 3 เมกะไบต์เพื่อทำการเก็บข้อมูล ความต้องการหน่วยความจำจำนวนมากทำให้เกิดปัญหาในการเก็บภาพวิดีโอที่มีความสำคัญสูงและมีปริมาณข้อมูลมาก เช่น ภาพวิดีโอบันทึกเหตุการณ์ในธนาคาร ภาพทางการแพทย์ ภาพจากดาวเทียม ทำให้กระบวนการบีบอัดและถอดจากการบีบอัดเป็นขั้นตอนเบื้องต้นที่สำคัญในการประยุกต์ขั้นพื้นฐานของข้อมูลภาพ ซึ่งเทคนิคการเข้ารหัสและการบีบอัดมีความจำเป็นต่อการส่งภาพวิดีโอ เพราะภาพที่ถูกบีบ

อัดแล้วจะใช้เวลาในการส่งลดลง การใช้เทคนิคการบีบอัดช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่าย ในการส่งภาพวิดีโอ การประชุมผ่านอินเทอร์เน็ต การส่งภาพทางการแพทย์ และอื่นๆ อีกมาก ทั้งกระบวนการบีบอัดและการถอดจากการบีบอัดเป็นขั้นตอนเบื้องต้นที่สำคัญสำหรับความต้องการในด้านประสิทธิภาพเวลาจริง เช่น การประชุมผ่านอินเทอร์เน็ตและใช้ในโทรทัศน์ความคมชัดของภาพสูง (High-Definition TV) อีกด้วย

มาตรฐานของการบีบอัดสัญญาณภาพมีความสำคัญที่จะต้องกำหนดขึ้นซึ่งมีองค์กรสำคัญ 2 องค์กรได้แก่

1. สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU-T)
2. องค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO/IEC)

ตารางที่ 2.1 แสดงถึงมาตรฐานการบีบอัดสัญญาณภาพของแต่ละองค์กร

องค์กร	ชื่อมาตรฐาน	ปี ค.ศ.	การนำไปใช้งาน
ITU-T	H.261	1990 (ปรับปรุง1993)	การประชุมทางวิดีโอ 128-384 Kbps
	H.263	1996 (ปรับปรุง1998)	การประชุมทางวิดีโอ 10-384 Kbps
ISO/IEC	MPEG-1	1992	การเก็บข้อมูลแบบดิจิทัล 1-2 Mbps
	MPEG-2	1994	การแพร่ภาพ 4-6 Mbps
	MPEG-3	1999	การติดต่อสองทาง 10 Kbps-4 Mbps

การประยุกต์ใช้งาน ของมาตรฐานการเข้ารหัสวิดีโอในสถานะแวดล้อมที่มีข้อผิดพลาดในอดีต ระบบ อนาล็อก NTSC และ PAL คือการมอดูเลต และส่งข้อมูลภาพไปในช่องสัญญาณ การแพร่ภาพซึ่งมีบ่อยครั้งที่มีการลดลงของคุณภาพของสัญญาณ ซึ่งอาจเกิดจากกระยะทางระหว่างตัวส่งและตัวรับ ในส่วนของสัญญาณภาพดิจิทัล จะเป็นสถานการณ์ที่แตกต่างกัน สัญญาณภาพที่ถูกบีบอัดจะมีความไวในการถูกรบกวนมากกว่าสำหรับช่องสัญญาณที่มีการรบกวน (Noise) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บิตที่มีความผิดพลาดไม่ได้ถูกแยกออกจากสัญญาณวิดีโอ ความผิดพลาดดังกล่าวจะถูกส่งต่อไปยังตัวถอดรหัส และยากที่จะปกปิดความผิดพลาดนั้นเมื่อทำการแสดงผลยังผู้รับ

เพื่อจุดประสงค์ในการที่จะให้การบีบอัดมีประสิทธิภาพสูง และส่งข้อมูลดิจิทัลลงจะส่งผลให้ บิตสตรีมนั้นได้รับผลกระทบได้ง่ายจากความผิดพลาดในช่องสัญญาณ สำหรับความต้องการในการส่งภาพ วิดีโอในระบบไร้สายต้องการอัตราการบีบอัด 5000:1 ซึ่งหมายความว่าถ้ามี 1 บิตเกิดความผิดพลาดก็จะส่งผลกระทบ ถึง 5000 บิต เมื่อทำการถอดรหัส

ในปัจจุบันการส่งสัญญาณภาพวิดีโอจะทำในเครือข่ายโทรศัพท์สภาวะการสวิตซ์สาธารณะ (PSTN) ไอเอสดีเอ็น(ISDN) การแพร่ภาพ และอินเทอร์เน็ต โดยทั่วไปการประชุมทางวิดีโอ จะกระทำในเครือข่าย PSTN และ ISDN ซึ่งระบบเครือข่ายทั้ง 2 ชนิด จะมีโอกาสเกิดความผิดพลาดน้อยมาก แต่ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นมากในกรณีของการส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต ในอนาคตการประชุมผ่านอินเทอร์เน็ต และการดูโทรทัศน์จะได้รับความนิยมมากขึ้น แต่ข้อจำกัดในเรื่อง แบนวิดท์ จะเป็นสาเหตุสำคัญ ในการลดคุณภาพของสัญญาณ รวมถึงความน่าเชื่อถือของการส่งสัญญาณบนอินเทอร์เน็ต

ไฟล์กราฟิกเป็นไฟล์ที่ใช้เก็บรูปภาพ ซึ่งมีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมากในอินเทอร์เน็ตมีเพียงไม่กี่รูปแบบ มีคุณสมบัติ และการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน สิ่งที่ทำให้ภาพกราฟิกแต่ละชนิดแตกต่างกันคือการบีบอัดข้อมูลภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของไฟล์ภาพที่แตกต่างกันด้วย

รูปแบบการบีบอัดข้อมูลของรูปภาพมีอยู่ 2 รูปแบบคือ การบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสียรายละเอียดของภาพ (Lossless Compression) วิธีนี้จะไม่สามารถบีบรูปภาพ ได้ในอัตราส่วนที่มากมาย และการบีบอัดแบบมีการสูญเสียรายละเอียดของภาพ (Lossy Compression) เป็นรูปแบบที่ใช้กันมาก เนื่องจากสามารถบีบอัดข้อมูล ได้ในอัตราส่วนที่มาก วิธีการบีบอัดที่ใช้กันมากมีอยู่ 5 วิธีดังต่อไปนี้

1. Run Length Encoding (RLE) เป็นการบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสียรายละเอียดของภาพ วิธีนี้ถูกใช้ในไฟล์ Photoshop (*.psd), ไฟล์ TIFF หรือไฟล์ต่างๆ ไปของวินโดวส์

2. Lemple-Zif-Welch (LZW) เป็นการบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสียรายละเอียดของภาพ วิธีนี้ถูกใช้ในไฟล์ TIFF, PDF, GIF และ PostScript

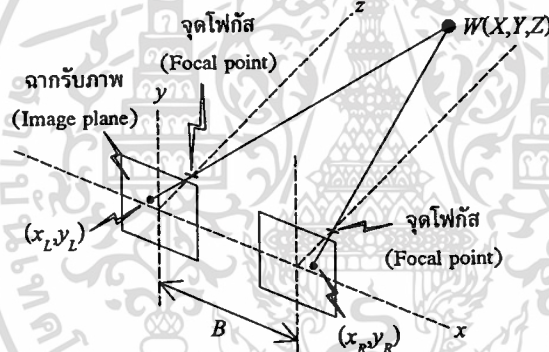
3. Joint Photographic Experts Group (JPEG) เป็นการบีบอัดแบบมีการสูญเสียรายละเอียดของภาพ ซึ่งแบ่งระดับการบีบอัดได้ 4 ระดับคือ คุณภาพระดับต่ำ คุณภาพปานกลาง คุณภาพสูง และคุณภาพดี ที่สุด ยิ่งคุณภาพของภาพดีเท่าไร ก็สามารบีบอัดข้อมูลได้น้อยเท่านั้น การบีบอัดแบบ JPEG จะเหมาะสมสำหรับรูปภาพที่มีโทนสีต่อเนื่องกัน เช่น ภาพถ่าย

4. CCITT encoding เป็นการบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสียรายละเอียดของภาพ ใช้กับภาพแบบขาวดำ ใช้กันมากในไฟล์แบบ PDF, PostScript

5. Zip encoding เป็นการบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสียรายละเอียดของภาพ ใช้กับไฟล์แบบ PDF

2.3 ลักษณะของภาพ 3 มิติ

ข้อมูลภาพสามมิติสามารถได้มาจากภาพ 2 ภาพของเหตุการณ์เดียวกัน [3-4] ซึ่งได้มาจากมุมมองที่ต่างกันเล็กน้อย เมื่อผ่านการประมวลผลด้วยสมองทำให้รับรู้ได้ถึงความลึกของภาพ อย่างไรก็ตาม เราจะได้ข้อมูลสำคัญจากขนาดที่สัมพันธ์กัน ส่วนตัดของภาพ และลำดับของวัตถุอื่นในภาพเช่นเดียวกับลักษณะการมองเห็นภาพของมนุษย์ การสร้างภาพ 3 มิติจึงถือการเทียบเคียงกันเป็นสิ่งสำคัญ ด้วยการเปลี่ยนแกนมุมมองของตา ให้ตาข้างขวามองเห็นเฉพาะภาพมุมมองขวา และตาข้างซ้ายมองเห็นภาพมุมมองซ้าย เรขาคณิตของการวางตำแหน่งกล้องสามมิติ เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับเทคโนโลยีการสร้างภาพสามมิติ โดยทั่วไป การสร้างภาพสามมิติมักจะใช้เรขาคณิตของการวางตำแหน่งกล้องแบบแนวแกนเลนส์ขนาน (Parallel Axes Geometry) และต้องใช้กล้องสองตัว ดังแสดงในรูปที่ 2. 4



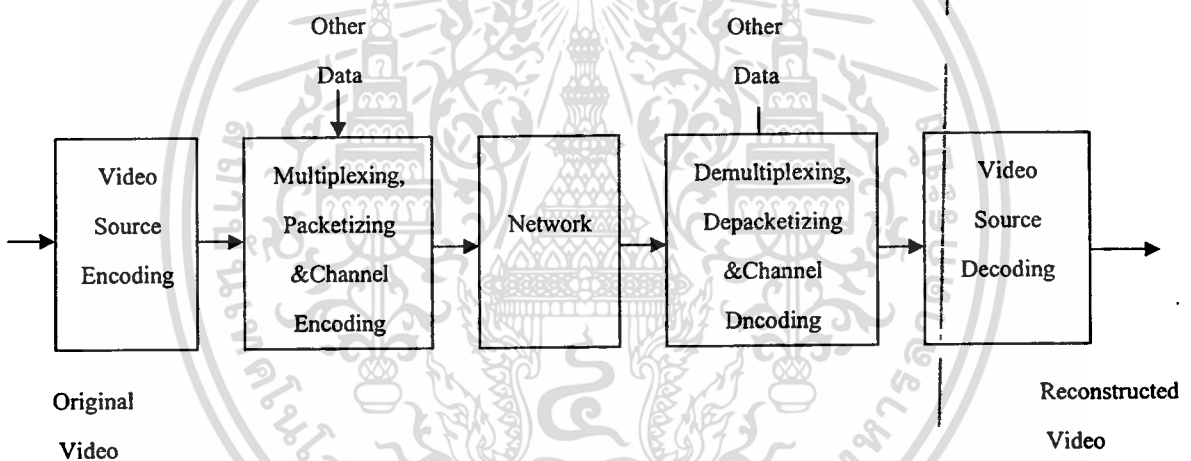
รูปที่ 2. 4 เรขาคณิตของการวางตำแหน่งกล้องแบบแนวแกนเลนส์ขนาน

แต่วิธีการดังกล่าวยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการในการติดตั้งระบบ ประการแรก แนวแกนของเลนส์กล้องซ้ายจะต้องขนานกับแนวแกนของเลนส์กล้องขวา ประการที่สอง ฉากรับภาพของกล้องซ้ายและของกล้องขวาจะต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน ประการที่สาม แนวขอบล่างของฉากรับภาพของกล้องซ้ายและกล้องขวาจะต้องอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน และประการสุดท้าย คุณสมบัติของกล้องซ้ายและกล้องขวาจะต้องมีคุณลักษณะที่เหมือนกันทุกประการ สิ่งเหล่านี้เป็นความซับซ้อนเชิงเรขาคณิตของการวางตำแหน่งกล้องเพื่อสร้างภาพสามมิติ นอกจากนี้ การใช้กล้องสองตัวในการบันทึกข้อมูลภาพวิดีโอ จะทำให้ข้อมูลของสัญญาณภาพเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ซึ่งจะกลายเป็นอุปสรรคเมื่อต้องส่งผ่านข้อมูลไปในช่องสื่อสารข้อมูล

บทที่ 3

การตรวจจับและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ

โดยทั่วไประบบการส่งวิดีโอในเครือข่ายสื่อสารประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ในขั้นตอนแรกเป็นการบีบอัดวิดีโอที่ด้านตัวเข้ารหัสเพื่อลดขนาดข้อมูล หลังจากนั้นในขั้นตอนที่ 2 บิตสตรีมที่ผ่านการบีบอัดจะถูกแบ่งเป็นแพ็คเกจก่อนที่จะรวมกับข้อมูลชนิดอื่น เช่น ข้อมูลเสียง ในขั้นตอนที่ 3 แพ็คเกจจะถูกส่งเข้าไปได้โดยตรงในระบบเครือข่าย ในขั้นตอนที่ 4 ด้านตัวรับจะมีการถอดแยกแพ็คเกจก่อนที่จะให้ตัวถอดรหัสวิดีโอทำการถอดรหัสในขั้นตอนที่ 5 เพื่อทำการสร้างภาพ



รูปที่ 3.1 ระบบการส่งวิดีโอในเครือข่ายสื่อสาร

3.1 รูปแบบการตรวจจับปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ

การควบคุมความผิดพลาดในการสื่อสารวิดีโอ เป็นเรื่องท้าทายด้วยเหตุผลหลายประการ ประการแรกข้อมูลวิดีโอที่ผ่านการบีบอัดมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดความผิดพลาดเมื่อมีการส่งเข้าไปในเครือข่ายเพราะมีการใช้การเข้ารหัสแบบทำนาย (Predictive coding) และการเข้ารหัสแบบแปรความยาวได้ (Variable length coding, VLC) เนื่องจากข้อมูลจะถูกใช้อ้างอิงกันภายในเฟรมและระหว่างเฟรม ดังนั้นการที่เกิดความผิดพลาดขึ้นในเฟรมอ้างอิงก็จะทำให้ส่งผลกระทบต่อเฟรมอื่นๆ ด้วย

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอเทคนิคการตรวจจับ และปกปิดความผิดพลาด ของสัญญาณวิดีโอใน
 เครื่องข่ายที่ไม่เสถียรซึ่งจะแนะนำเครื่องมือป้องกันความผิดพลาดที่ด้านตัวเข้ารหัส เทคนิคการปกปิดความ
 ผิดพลาดที่ตัวถอดรหัส รวมทั้งเทคนิคที่อาศัยความร่วมมือทั้งตัวเข้ารหัส ตัวถอดรหัส และระบบเครือข่าย
 [5]

3.1.1 การปกปิดความผิดพลาดที่ด้านตัวเข้ารหัส

ในขั้นตอนการส่งแพ็คเกจเข้าไปในระบบเครือข่ายสามารถที่จะส่งได้โดยตรงถ้ามีการรับประกัน
 ว่าไม่มีการผิดพลาดในระหว่างการส่ง มิฉะนั้นจะต้องมีการเพิ่มบิตเข้าไปใน “Code block” เรียกวิธีการนี้ว่า
 Forward error correction (FEC) เพื่อที่จะป้องกันความผิดพลาดในระหว่างการส่ง ส่วนตัวรับจะสามารถ
 แยกแพ็คเกจของ FEC ที่เพิ่มเข้ามาก่อนที่จะส่งบิตสตรีมไปที่ตัวถอดรหัสสัญญาณวิดีโอเพื่อทำการสร้าง
 ภาพในขั้นตอนต่อไป

แม้ว่าจะมีระบบการรับประกันคุณภาพการให้บริการ (QoS) ระหว่างตัวส่งและตัวรับแต่แพ็คเกจ
 ข้อมูลก็อาจจะสูญหาย อันเนื่องมาจากความแออัดในระบบเครือข่าย ซึ่งจะต้องทำการส่งข้อมูลที่สูญหาย
 หรือเสียหายใหม่ เช่น ระบบส่งซ้ำอัตโนมัติ (ARQ) แต่การส่งซ้ำก็เกิดดีเลย์ และไม่เหมาะสมกับการใช้
 งานแบบเรียลไทม์

3.1.2 การปกปิดความผิดพลาดที่ด้านตัวถอดรหัส

ถ้าข้อมูลภาพหรือบิตของภาพมีการสูญหายในระหว่างการส่งข้อมูล ตัวถอดรหัสสามารถที่จะ
 ประมาณค่าของข้อมูลที่เสียหายเหล่านั้น โดยอาศัยข้อมูลที่ถูกรอบๆ ข้อมูลที่เสียหาย อ้างอิงจาก
 ความสัมพันธ์ภายในเฟรมและระหว่างเฟรม ซึ่งเรียกเทคนิคนี้ว่าการปกปิดความผิดพลาด ข้อดีของการ
 ปกปิดความผิดพลาดคือไม่ต้องเพิ่มบิตเข้าไปในแพ็คเกจ แต่ก็จะต้องมีการคำนวณที่ซับซ้อนที่ด้านตัว
 ถอดรหัส

การปกปิดความผิดพลาดที่ตัวถอดรหัสเป็นการประมาณค่าของข้อมูลที่สูญหายจากการผิดพลาด
 ของการส่งข้อมูล ได้แก่ การประมาณค่าพิกเซลหรือสัมพันธ์เชิงพื้นที่และการประมาณค่าการเคลื่อนที่
 สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการปกปิดความผิดพลาดภาพวิดีโอสามมิติโดยการประมาณค่าพิกเซลของ I เฟรม
 เพราะ I เฟรม เป็นเฟรมอ้างอิง ถ้าเกิดการผิดพลาดที่ I เฟรม ก็จะทำให้การประมาณค่าการเคลื่อนที่ใน P
 เฟรมและ B เฟรม ผิดพลาดไปด้วย

3.1.3 การปกปิดความผิดพลาดที่ทำงานร่วมกันทั้งด้านตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส

วิธีนี้มีการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดที่มีการทำงานร่วมกันทั้งในส่วนของตัวเข้ารหัส ตัวถอดรหัสและโปรโตคอลของระบบเครือข่าย ตัวอย่างเช่น ถ้าบิตสตรีมหนึ่งมีความสำคัญมากกว่าตัวอื่น ก็จะถูกมอบหมายให้อยู่ในพารามิเตอร์ของการรับประกันคุณภาพ (QoS) และส่งเข้าไปในเครือข่าย ในการที่จะไม่ให้ความผิดพลาดส่งไปยังตัวถอดรหัส ระบบเครือข่ายอาจเตรียมช่องสัญญาณย้อนกลับเพื่อที่ตัวเข้ารหัสจะได้รู้ว่าส่วนใดของสัญญาณที่ตัวถอดรหัสมีความเสียหาย และจะไม่ใช่ส่วนสัญญาณนั้นเป็น ตัวอย่างสำหรับข้อมูลที่กำลังส่งออกไป

3.2 การวัดคุณภาพของภาพ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-Noise Ratio : SNR) ที่นิยมใช้ในการประเมินคุณภาพของภาพ [6]



รูปที่ 3. 2 ระบบการดำเนินการของภาพ

พิจารณารูปที่ 3. เมื่อ $f(x,y)$ เป็นภาพอินพุตของระบบการดำเนินการ, ระบบนี้สามารถเป็นฟิลเตอร์ความถี่ต่ำผ่าน (low-pass filter) ระบบซัพแซมปลิง (subsampling) หรือระบบการบีบอัด จากการดำเนินการจะทำให้เกิดการเพิ่ม white Gaussian noise ให้กับภาพอินพุตได้ เอาต์พุตของระบบคือ $g(x,y)$ ในการคำนวณคุณภาพของ $g(x,y)$ เราจะกำหนดให้ฟังก์ชันค่าผิดพลาด $e(x,y)$ เป็นความแตกต่างระหว่างอินพุตและเอาต์พุต นั่นคือ

$$e(x,y) = f(x,y) - g(x,y) \quad (3.1)$$

การวัดทางสถิติที่สามารถใช้หาค่ากระบวนการปกปิดความผิดพลาดได้ [5] คือการคำนวณความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square Error: MSE) ดังนี้

$$E_{ms} = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} e(x,y)^2 \quad (3.2)$$

เมื่อ M และ N เป็นขนาดของภาพในทิศทางแนวนอนและแนวตั้งตามลำดับ ค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square error: RMS) กำหนดโดย

$$E_{rms} = \sqrt{E_{ms}} \quad (3.3)$$

การวัดที่กล่าวมาถูกใช้อย่างกว้างขวางในการวัดคุณภาพของภาพ ขึ้นกับการเลือกใช้อีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (mean square signal-to-noise ratio : SNR_{ms}) หรืออาจจะใช้เป็นรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของอัตราสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (root mean square signal-to-noise ratio : SNR_{rms}) กำหนดโดย

$$SNR_{ms} = 10 \log_{10} \left[\frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} g(x,y)^2}{MN * E_{ms}} \right] \quad (3.4)$$

และ

$$SNR_{rms} = \sqrt{SNR_{ms}} \quad (3.5)$$

การปกปิดความผิดพลาดสามารถอ้างอิงในเทอมของค่าสูงสุดของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Peak-Signal-to-Noise Ratio : PSNR) ซึ่งอีกแบบที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง นิยามโดย

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{E_{ms}} \right) \quad (3.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่มากกว่าของ SNR (SNR_{ms} , SNR_{rms} หรือ PSNR) หมายถึงคุณภาพของภาพที่ดีกว่า หรือภาพที่ถูกดำเนินการ $g(x,y)$ มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพต้นแบบ $f(x,y)$ มากกว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การตรวจจับและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ 3 มิติ

การปกปิดความผิดพลาดสำหรับภาพ วิดีโอสามมิติเป็นกระบวนการสำคัญในการลดความเสียหายของภาพอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในการส่งภาพวิดีโอ ในการส่งสัญญาณภาพบนระบบเครือข่ายที่ไม่เสถียร สัญญาณภาพอาจจะรบกวน ด้วยบิตที่ผิดพลาดเชิงสุ่มซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของภาพวิดีโอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความผิดพลาดที่ปรากฏบน I เฟรม จะส่งผลต่อเนื่องไปยังเฟรมข้างเคียงนั้นคือ P เฟรม และ B เฟรม ในการที่จะลดความผิดพลาดนี้ กระบวนการตรวจจับและปกปิดความผิดพลาด ที่ด้านถอดรหัสจึงถูกนำเสนอ โดยมี 2 กระบวนการทำงานร่วมกัน ได้แก่การตรวจจับความผิดพลาด และการปกปิดความผิดพลาด โดยที่การตรวจจับความผิดพลาดจะระบุตำแหน่งความผิดพลาดที่ปรากฏบน I เฟรม เพื่อให้กระบวนการปกปิดความผิดพลาดทำการสร้างภาพส่วนที่เสียหาย จากเฟรมที่อยู่ใกล้เคียง

เนื่องจากการใช้งานอย่างสูงของอินเทอร์เน็ต ความพยายามที่จะส่งข้อมูลมัลติมีเดียไปในเครือข่ายการสื่อสารก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่อง แบนวิธด์และดีเลย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาจะเกิดกับภาพวิดีโอสามมิติ เพราะภาพวิดีโอสามมิติจะมีข้อมูลของภาพเป็นสองเท่าเมื่อเทียบกับวิดีโอ โดยทั่วไป ดังนั้นการบีบอัดข้อมูลที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญยิ่ง มาตรฐาน MPEG จึงได้ถูกสร้างขึ้น และมีการพัฒนาขึ้นตามลำดับ เช่น MPEG-1 , MPEG-2 เป็นการบีบอัดโดยอาศัยพื้นฐานของดีซีที (DCT) แม้ว่า MPEG จะมีประสิทธิภาพสูงในเชิงการบีบอัดข้อมูล และช่วยลดปริมาณการใช้ แบนวิธด์ แต่มีความเสี่ยงสูงที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในสัญญาณ อันเนื่องมาจากความไม่เสถียรของระบบเครือข่าย และจะลดคุณภาพของสัญญาณวิดีโอ ทำให้เกิดการสูญหายของเซลล์โดยโครงสร้างของ MPEG นั้น จะประกอบไปด้วย I เฟรม ซึ่งเป็นส่วนอ้างอิงของ P เฟรมและ B เฟรม ถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้นใน I เฟรม ก็ จะส่งผลกระทบต่อไปยัง P เฟรม และ B เฟรม ด้วยเช่นกัน เนื่องจากการปกปิดความผิดพลาดในปัจจุบันไม่สามารถนำมาใช้โดยตรงกับภาพวิดีโอสามมิติ ที่ตัวถอดรหัสจะต้องแยกภาพในส่วนของฟิลด์คู่และฟิลด์คี่ และจัดให้อยู่ในรูปแบบด้านบนและด้านล่าง หลังจากนั้นส่วนการตรวจจับข้อมูลจะทำตรวจสอบหาความผิดพลาด และระบุตำแหน่ง ของความผิดพลาดนั้น ถ้าพบกับความผิดพลาด กระบวนการปกปิดความผิดพลาด จะทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพวิดีโอ โดยอาศัยข้อมูลจาก พิกเซลข้างเคียงของ พิกเซลที่เสียหาย

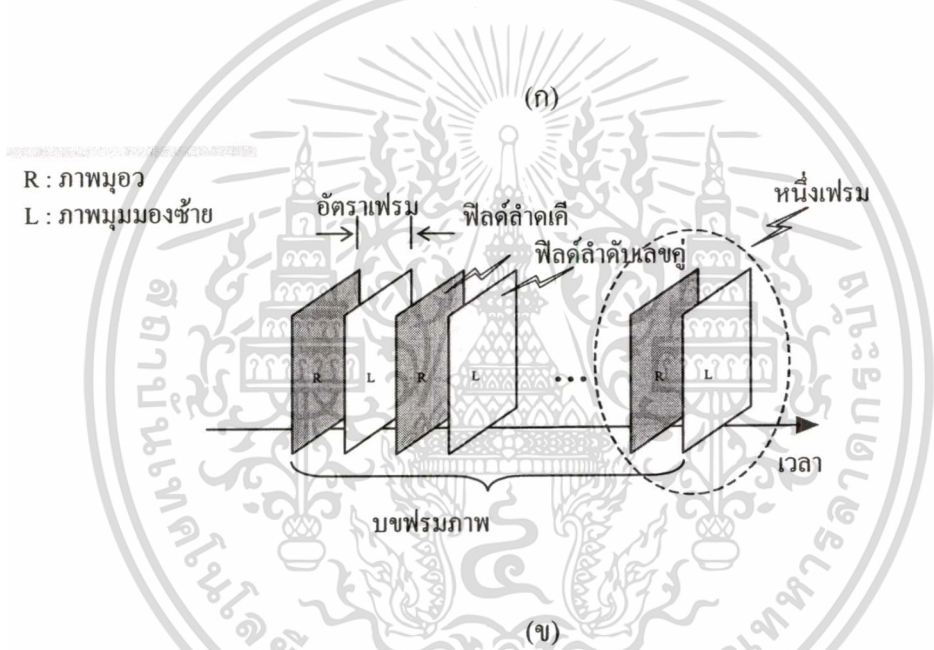
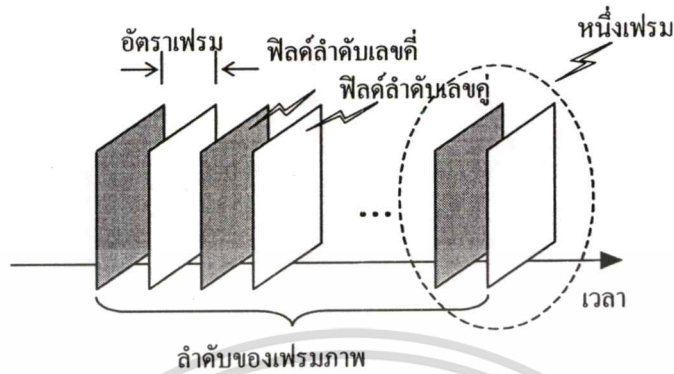
จุดประสงค์ของการปกปิดความผิดพลาดคือต้องสามารถตรวจจับความผิดพลาดของข้อมูลได้ ในกรณีของ MPEG ก็คือการค้นหา มาโครบล็อก (Macroblock) และเวกเตอร์การเคลื่อนที่ (Motion vector) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง I เฟรม ที่มีโอกาสจะเกิดความสูญหายในมาโครบล็อก ซึ่งอาจจะแพร่กระจายอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแพ็คเกจของวิดีโอ การสูญหายของมาโครบล็อกใน I เฟรม อาจจะทำให้เกิดความเสียหายใน P เฟรม และ B เฟรม กรณีนี้วิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) เพียงอย่างเดียวไม่สามารถให้คุณภาพที่ดีในการสร้างภาพขึ้นมาใหม่ ต้องอาศัยเทคนิคการเคลื่อนที่มาใช้ในการค้นหาการสูญหายของเวกเตอร์ และสร้างส่วนที่เสียหายด้วยวิธีการประมาณค่าชดเชยการเคลื่อนที่ (Motion Compensation interpolation)

4.1 มาตรฐานแบบลำดับฟิลด์สำหรับภาพวิดีโอ 3 มิติแบบแทรกสอด

งานวิจัยนี้จะใช้ตัวอย่างภาพวิดีโอ 3 มิติที่มีการเก็บบันทึกตามมาตรฐานแบบลำดับฟิลด์ (Field Sequential) เนื่องจากมาตรฐานแบบลำดับฟิลด์เป็นมาตรฐานที่ใช้ในระบบการแสดงผลภาพในเครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องเล่น/บันทึกวิดีโอ และจอภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยไม่ต้องมีการตัดแปลงอุปกรณ์เพิ่มเติมเมื่อนำมาใช้กับภาพ 3 มิติ โครงสร้างมาตรฐานแบบลำดับฟิลด์ที่ใช้สำหรับการเข้ารหัสสัญญาณภาพวิดีโอ 3 มิติแสดงดังรูปที่ 4.1(ก) เป็นโครงสร้างมาตรฐานลำดับภาพวิดีโอทั่วไป ประกอบด้วยฟิลด์ลำดับเลขคู่และฟิลด์ลำดับเลขคี่ ทั้งสองฟิลด์จะบรรจุภาพในมุมมองเดียวกันไว้ แต่ในกรณีภาพวิดีโอ 3 มิติ ดังรูปที่ 4.1(ข) ฟิลด์ลำดับเลขคู่และฟิลด์ลำดับเลขคี่จะเก็บภาพมุมมองที่ต่างกันเล็กน้อยของภาพมุมมองซ้ายและภาพมุมมองขวาตามลำดับ เวลาที่ใช้ในการสแกนแต่ละเฟรมจะเรียกว่าอัตราเฟรม มีอัตราเท่ากับ ความถี่ของสัญญาณบังคับการกวาดทางแนวตั้ง (Vertical Synchronous Signal) และมีอัตราฟิลด์เป็นครึ่งหนึ่งของอัตราเฟรม คือ 25 ภาพต่อวินาทีสำหรับระบบ PAL และ 30 ภาพต่อวินาทีสำหรับระบบ NTSC ซึ่งด้วยอัตราฟิลด์ขนาดนี้ทำให้ตามนุษย์ไม่สามารถจับการเปลี่ยนแปลงของการทำงานระหว่างภาพฟิลด์ลำดับเลขคู่และฟิลด์ลำดับเลขคี่ได้ ในกรณีนี้ ค่าความละเอียดของภาพวิดีโอ 3 มิติจะลดลงครึ่งหนึ่ง แต่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของภาพวิดีโอ 3 มิติในมาตรฐานแบบลำดับฟิลด์ได้โดยการใช้เทคโนโลยีโทรทัศน์ความคมชัดสูง (High-definition TV) ดังนั้นหลักการแบบลำดับฟิลด์จึงเป็นเทคนิคที่เหมาะสมอย่างยิ่งต่อการนำภาพมุมมองทางซ้ายและภาพมุมมองทางขวามาบรรจุไว้ในเฟรมเดียวกัน เพื่อแสดงในระบบการแสดงผลภาพแบบลำดับฟิลด์



รูปที่ 4.1 โครงสร้างมาตรฐานสำหรับการเก็บภาพวิดีโอแบบลำดับฟิล์ม

(ก) โครงสร้างของมาตรฐานสำหรับการเก็บภาพวิดีโอแบบลำดับฟิล์มทั่วไป

(ข) โครงสร้างของมาตรฐานสำหรับการเก็บภาพวิดีโอ 3 มิติแบบลำดับฟิล์ม

สำหรับในกรณีของการมองภาพวิดีโอ 3 มิติที่ถูกเข้ารหัสโดยใช้มาตรฐานแบบลำดับฟิล์มและแสดงบนหน้าจอภาพนั้น ใช้หลักการแยกประสาทการมองเห็นของดวงตาโดยให้ตาข้างซ้ายมองเห็นภาพมุมมองทางซ้ายที่แสดงในฟิล์มลำดับเลขคู่ และตาข้างขวามองเห็นภาพมุมมองทางขวาที่แสดงในฟิล์มลำดับเลขคี่ แต่เนื่องจากการแสดงภาพบนหน้าจอโทรทัศน์หรือหน้าจอคอมพิวเตอร์นั้นมีความเร็วสูง คือในหนึ่งเฟรมจะแสดงฟิล์มลำดับเลขคู่และฟิล์มลำดับเลขคี่สลับกันไปถึงฟิล์มละ 30 ฟิล์มต่อ 1 วินาที ในระบบ NTSC และ 25 ฟิล์มต่อวินาที ในระบบ PAL ดังนั้น ผู้ดูจะต้องสวมแว่นตาสำหรับมองภาพ 3 มิติ จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

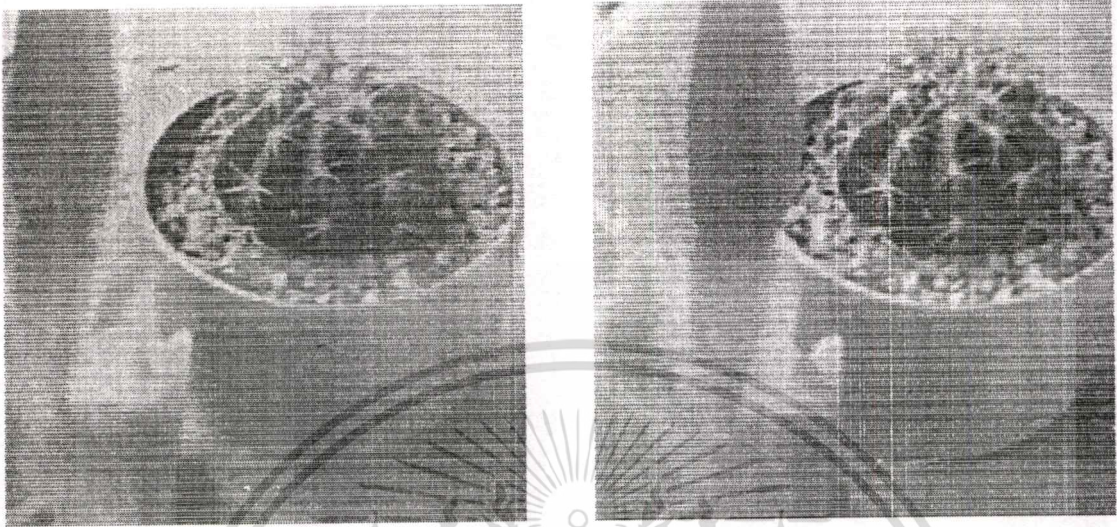
จะสามารถมองภาพวิดีโอเป็นสามมิติได้ โดยการทำงานของแว่นนี้ เมื่อฟิล์มลำดับเลขคู่ซึ่งเก็บภาพมุมมองทางซ้ายถูกแสดงบนหน้าจอ ชัตเตอร์ LC (Liquid Crystal) ซ้ายของแว่นตา 3 มิติจะโปร่งใส ส่วนชัตเตอร์ LC ขวาจะทึบแสง ทำให้ตาข้างซ้ายมองเห็นเฉพาะภาพมุมมองทางซ้าย และในทำนองเดียวกัน เมื่อฟิล์มลำดับเลขคี่ซึ่งเก็บภาพมุมมองทางขวาถูกแสดง ชัตเตอร์ LC ขวาของแว่นตา 3 มิติจะโปร่งใส ส่วนชัตเตอร์ LC ซ้ายจะทึบแสง ทำให้ตาข้างขวามองเห็นเฉพาะภาพมุมมองทางขวา เมื่อภาพทั้งสองมุมมองถูกประมวลผลโดยสมองจะทำให้ผู้มองภาพนั้นรับรู้ถึงมิติความลึกของภาพได้

4.1.1 ภาพวิดีโอ 3 มิติในมาตรฐานแบบลำดับฟิล์ม

คุณลักษณะของภาพวิดีโอ 3 มิติในมาตรฐานแบบลำดับฟิล์ม [3-4] คือจะประกอบด้วยภาพมุมมองซ้ายอยู่ในฟิล์มลำดับเลขคู่และภาพมุมมองขวาในฟิล์มลำดับเลขคี่ ตามลำดับ รูปที่ 4.2 แสดงภาพวิดีโอ 3 มิติต้นแบบ ส่วนรูปที่ 4.3(ก) แสดงภาพมุมมองซ้ายในฟิล์มลำดับเลขคู่ และรูปที่ 4.3(ข) แสดงภาพมุมมองขวาในฟิล์มลำดับเลขคี่ สำหรับรูปที่ 4. 4 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลภาพ 3 มิติในมาตรฐานแบบลำดับฟิล์ม



รูปที่ 4.2 ภาพ 3 มิติต้นแบบในมาตรฐานแบบลำดับฟิล์ม

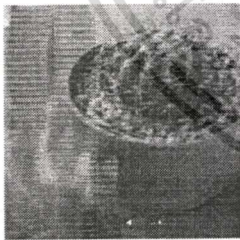


(ก)

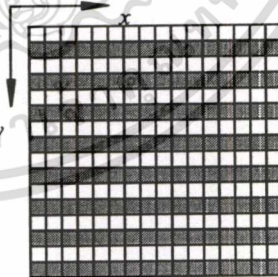
(ข)

รูปที่ 4.3 การแยกฟิลต์ของภาพ 3 มิติต้นแบบ

(ก) ภาพมุมมองซ้ายในฟิลต์ลำดับเลขคู่ (ข) ภาพมุมมองขวาในฟิลต์ลำดับเลขคี่



ข้อมูลภาพมุมมองขวาในฟิลต์ลำดับเลขคี่ scan line

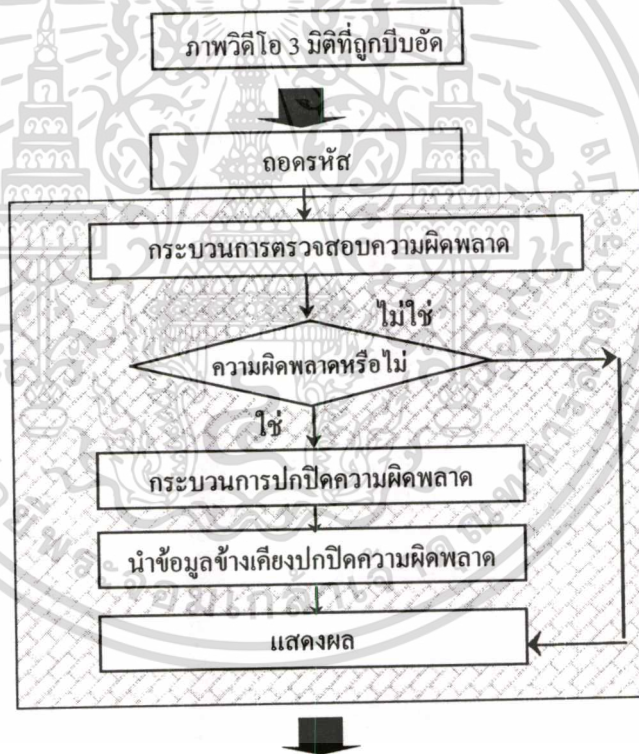


รูปที่ 4.4 ลักษณะการเก็บข้อมูลภาพ 3 มิติในมาตรฐานแบบลำดับฟิลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาด

การตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดสำหรับภาพวิดีโอสามมิติมีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 4. 5 โดยจะประกอบด้วย 2 กระบวนการ นั่นคือ การตรวจสอบความผิดพลาดและการปกปิดความผิดพลาด ในขั้นตอนกระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดจะค้นหาและระบุตำแหน่งของความผิดพลาด จากนั้นกระบวนการปกปิดความผิดพลาดจะทำการปรับปรุงด้านที่เสียหายโดยอาศัยข้อมูลส่วนที่ดีที่อยู่ข้างเคียงกับส่วนที่เสียหาย



รูปที่ 4. 5 กระบวนการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ 3 มิติ

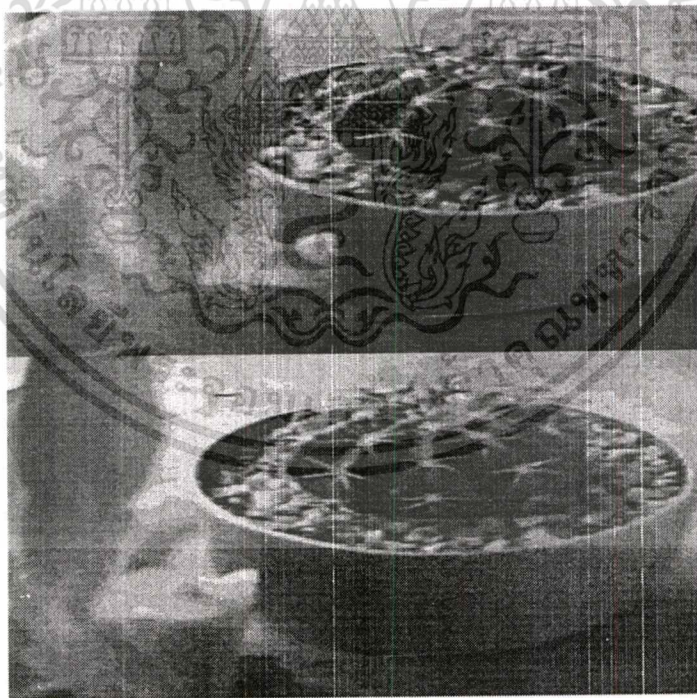
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การตรวจสอบความผิดพลาด

เป้าหมายของกระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดคือต้องระบุตำแหน่งความผิดพลาด[6-8] ซึ่งกระบวนการนี้จะเตรียมภาพวิดีโอสามมิติ ให้อยู่ในรูปแบบด้านบน-ล่าง แล้วเริ่มทำการตรวจสอบในฟิล์มคู่ที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าพบข้อผิดพลาดจะเข้าสู่กระบวนการปกปิดความผิดพลาด จากนั้นจึงตรวจสอบความผิดพลาดในฟิล์มคู่ ถ้าพบข้อผิดพลาดจะเข้าสู่กระบวนการปกปิดความผิดพลาดด้วยเช่นกัน เมื่อทั้ง 2 ฟิล์มผ่านกระบวนการปกปิดความผิดพลาดแล้ว จึงจัดรูปแบบการแสดงผลใหม่ให้อยู่ในรูปแบบสามมิติ

4.2.2 กระบวนการแยกฟิล์ม (Split procedure)

กระบวนการแยกฟิล์มเป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลก่อนทำการเข้ารหัสโดยขบวนการดีซีที ซึ่ง เป็นฟังก์ชันสำคัญที่จะป้องกันการเกิดภาพเงาซ้อนที่เกิดจากการรวมกันของข้อมูลในฟิล์มลำดับเลขคู่และฟิล์มลำดับเลขคี่ โดยก่อนขบวนการดีซีที จะทำการแยกภาพสามมิติในมาตรฐานแบบลำดับฟิล์มออกเป็นรูปแบบภาพบน-ล่าง [7] ดังแสดงในรูปที่ 4.6

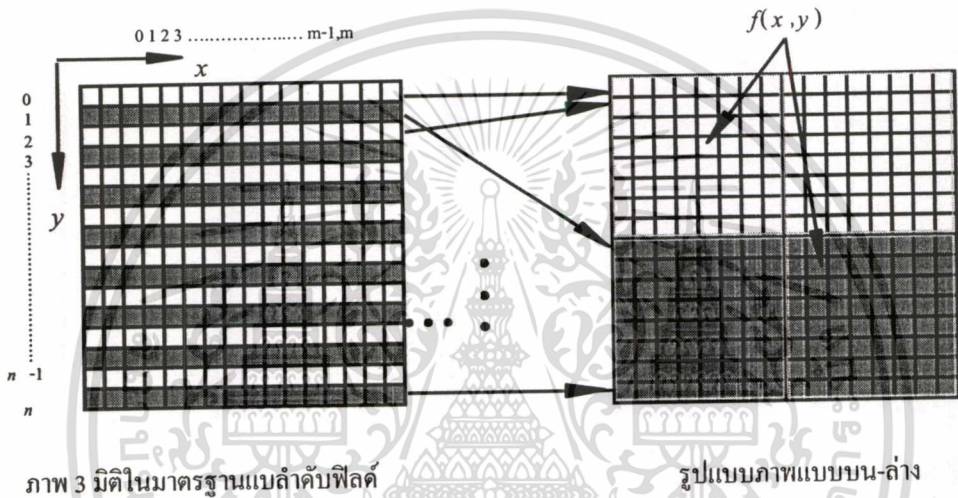


รูปที่ 4.6 ภาพ 3 มิติในมาตรฐานภาพบน-ล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรูปที่ 4.7 แสดงวิธีการแยกฟิลต์ข้อมูลภาพในแต่ละเฟลน เป็นการเรียงข้อมูลภาพในฟิลต์ลำดับเลขคู่มาเรียงต่อกันให้อยู่ส่วนบน และข้อมูลภาพในฟิลต์ลำดับเลขคี่มาเรียงต่อกันให้อยู่ส่วนล่างของภาพใหม่ที่เป็นรูปแบบภาพบน-ล่าง ตามลำดับ เพื่อประโยชน์ในการที่ข้อมูลจะไม่ปะปนกันในการปกปิดความผิดพลาด แต่ละบล็อกขนาด 8 x 8 พิกเซล

- ภาพมุมมองซ้ายในฟิลต์ลำดับเลขคู่
- ภาพมุมมองขวาในฟิลต์ลำดับเลขคี่



รูปที่ 4.7 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลของภาพ 3 มิติจากมาตรฐานลำดับฟิลต์ไปเป็นมาตรฐานภาพ บน-ล่าง

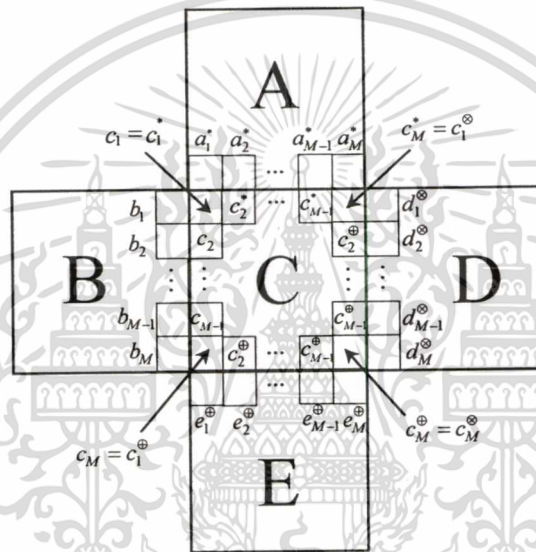
หลังจากนั้นจะคำนวณหาเฉลี่ยที่ขอบของบล็อก (AID)_b [8-10] โดยค่า AID_b จะหาได้จากด้านทั้งสี่ของบล็อกดังรูปที่ 4.8 ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$AID_b(C : A, B, D, E) = \frac{1}{4M} \left[\sum_{i=1}^M |c_i - b_i| + \sum_{i=1}^M |c_i^* - a_i^*| + \sum_{i=1}^M |c_i^\ominus - d_i^\ominus| + \sum_{i=1}^M |c_i^\oplus - e_i^\oplus| \right] \quad (4.1)$$

ค่าขีดแบ่ง (Threshold) คือค่า AID นั้นเอง เป็นค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของพิกเซลที่อยู่รอบข้างของบล็อกที่เราต้องการตรวจสอบ โดยสามารถระบุตำแหน่งบล็อกที่ดี หรือบล็อกที่เสีย ดังนั้น ค่าขีดแบ่งที่ต่ำเกินไปจะทำให้กระบวนการตรวจสอบความผิดระบุบล็อกที่ดีเป็นบล็อกเสีย และจะทำให้กระบวนการปกปิดความผิดพลาดทำงานไม่ได้ แต่ถ้าตั้งค่าขีดแบ่งสูงเกินไปจะทำให้กระบวนการตรวจสอบความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจไม่พบความผิดพลาด ความผิดพลาดนั้นก็จะยังปรากฏในภาพ เช่น เมื่อต้องการหาค่า AID_0 ของบล็อก C จะต้องหาผลค่าเฉลี่ยของผลต่างของบล็อก C กับ บล็อกข้างเคียงเพื่อเทียบกับค่าขีดแบ่ง (Threshold) ถ้าค่า AID_0 ของบล็อกสูงกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนดไว้ บล็อกนั้นจะถูกระบุว่าเป็นบล็อกที่มีความผิดพลาด และจะเข้าสู่กระบวนการปกปิดความผิดพลาดต่อไป ทั้งนี้ค่า AID_0 จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของบล็อกสำหรับบล็อกที่ราบเรียบจะให้ค่า AID_0 ที่ต่ำแต่ในทางตรงกันข้ามค่า AID_0 จะมีค่าสูงเมื่อบล็อกมีความแตกต่างกับบล็อกข้างเคียงมาก



รูปที่ 4.8 บล็อกที่อยู่ข้างเคียงบล็อก C ซึ่งประกอบไปด้วย บล็อก A, B, D, และ E

จากความแตกต่างนี้เองเราสามารถหาค่า AID_0 เป็นตัวตัดสินว่ามีความเสียหายหรือความผิดพลาดเกิดขึ้นในภาพอ้างอิงของวิดีโอสามมิติหรือไม่ โดยแบ่งขนาดบล็อกเป็นขนาด 8 x 8 พิกเซลและตรวจสอบแยกแยะ ไปด้วยตัวระบุตำแหน่ง ดังแสดงในสมการที่ 4.2

$$\text{Marker} = \begin{cases} 1 & \text{if } AID_0 \geq \text{threshold}; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \tag{4.2}$$

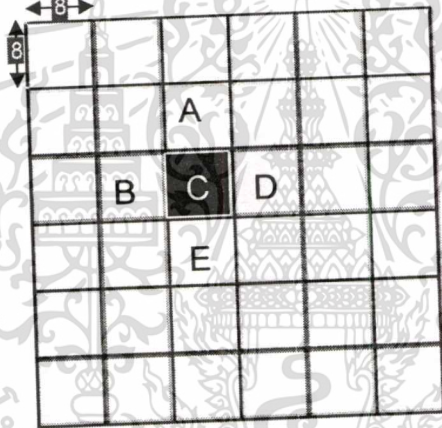
ถ้าค่า AID_0 มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่า Threshold ก็จะถูกระบุว่าเป็นบล็อกที่มีความเสียหาย

4.3 กระบวนการปกปิดความผิดพลาด

หลังจากกระบวนการตรวจสอบความผิดพลาด และระบุตำแหน่งได้แล้ว กระบวนการปกปิดความผิดพลาดจะทำการปรับปรุงส่วนของข้อมูลที่เสียหายโดยอาศัยข้อมูลข้างเคียงของส่วนที่เสียหายนั้น โดยการปกปิดความผิดพลาดใน Spatial โดเมน สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปกปิดความผิดพลาดด้วยค่าเฉลี่ยของบล็อกข้างเคียง (Mean Substitution) หรือการปกปิดความผิดพลาดด้วยค่าเฉลี่ยของพิกเซลข้างเคียง (Pixel Substitution)

4.3.1 การปกปิดความผิดพลาดด้วยค่าเฉลี่ยของบล็อกข้างเคียง (Mean Substitution)

วิธีการนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยของบล็อกที่ล้อมรอบๆ บล็อกที่มีความผิดพลาดสร้างเป็นข้อมูลเพื่อปกปิดความผิดพลาดที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.9 การปกปิดความผิดพลาดด้วยพิกเซล

$$c = (a+b+d+e)/4$$

(4.3)

เมื่อ c ค่าเฉลี่ยของบล็อกข้างเคียง ของบล็อก C

และ a, b, d, e เป็นค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มภายในบล็อก A, B, D, E ตามลำดับ

เมื่อ

$$A = \sum_{i=1}^{64} \frac{a_i}{64} \quad D = \sum_{i=1}^{64} \frac{d_i}{64}$$

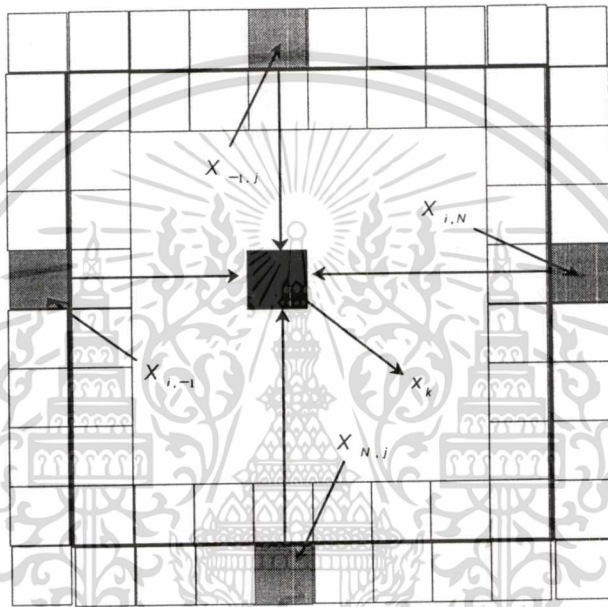
$$B = \sum_{i=1}^{64} \frac{b_i}{64} \quad E = \sum_{i=1}^{64} \frac{e_i}{64}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การปกปิดความผิดพลาดด้วยค่าเฉลี่ยของพิกเซลข้างเคียง (Pixel Substitution)

รูปที่ 4. 10 แสดงวิธีการในการสร้างข้อมูลส่วนที่เสียหาย ด้วยค่าเฉลี่ยของพิกเซลข้างเคียง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\hat{X}_{i,j} = [\mu_1 X_{i,-1} + (1 - \mu_1) X_{i,N}] + [(1 - \mu_2) X_{-1,j} + \mu_2 X_{N,j}], \quad (4.4)$$

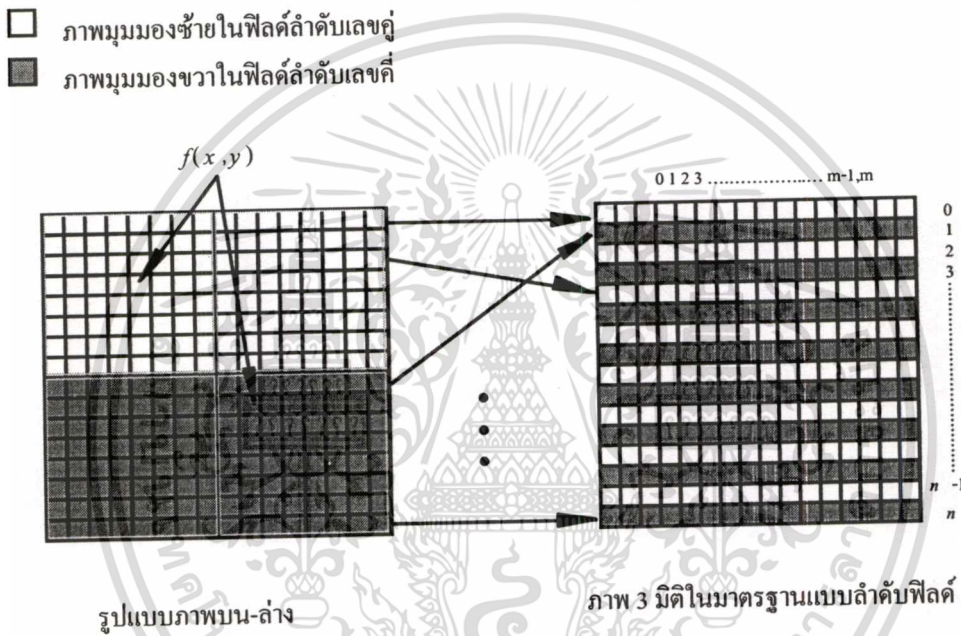


รูปที่ 4. 10 การปกปิดความผิดพลาดด้วยพิกเซล

เมื่อ X_k คือตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาด เราสามารถสร้างข้อมูลนี้ได้โดยอาศัยข้อมูลที่อยู่ข้างเคียงในด้านบน ($X_{-1,j}$) ด้านล่าง ($X_{N,j}$) ด้านซ้าย ($X_{i,-1}$) และด้านขวา ($X_{i,N}$) โดยที่ μ_1 คือสัมประสิทธิ์น้ำหนักในแนวนอน ค่าดังกล่าวจะเป็นแฟกเตอร์ที่คูณกับระยะด้านซ้าย เช่น ข้อมูลที่สูญหายอยู่ติดด้านซ้ายมือในพิกเซลที่ 8 ข้อมูลที่จะถูกสร้างขึ้นจะมีแฟกเตอร์ $(7 \cdot 0.125) = 0.875$ คูณกับข้อมูลพิกเซลด้านซ้าย ส่วนแฟกเตอร์ด้านขวาจะเท่ากับ $(1 - 0.875) = 0.125$ คูณกับข้อมูลพิกเซลด้านขวา ส่วน μ_2 มีลักษณะเช่นเดียวกันในรูปแบบล่าง-บนตามลำดับ

4.3.3 กระบวนการรวมฟิล์ม (Merge procedure)

กระบวนการรวมฟิล์มเป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากการปกปิดความผิดพลาด จะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลภาพในรูปแบบภาพบน-ล่าง และเพื่อที่จะทำการแสดงภาพวิดีโอ 3 มิติบนหน้าจอที่มีการสแกนแบบแทรกสอด จำเป็นต้องมีการรวมฟิล์มข้อมูลจากรูปแบบภาพบน-ล่างกลับไปเป็นรูปแบบมาตรฐานลำดับฟิล์ม ดังแสดงในรูปที่ 4. 11 ซึ่งภาพวิดีโอ 3 มิติที่ถูกสร้างกลับในขั้นตอนสุดท้ายจะปกปิดความผิดพลาดทั้งหมดในภาพวิดีโอ 3 มิติ



รูปที่ 4. 11 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลของภาพ 3 มิติจากมาตรฐานภาพบน-ล่างไปเป็นมาตรฐานลำดับฟิล์ม

4.4 บทสรุป

การตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดของภาพวิดีโอ 3 มิติแบบลำดับฟิล์มจะไม่สามารถทำได้โดยตรงเนื่องจากมีความแตกต่างกันของข้อมูลในฟิล์ม จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมข้อมูลโดยการแยกฟิล์มข้อมูลภาพให้เป็นแบบภาพบน-ล่าง แล้วจึงทำการตรวจสอบว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นในแต่ละฟิล์มหรือไม่ เมื่อมีการตรวจพบแล้ว จะมีการระบุตำแหน่งของความผิดพลาดนั้น หลังจากนั้นกระบวนการปกปิดความผิดพลาดจะสร้างส่วนที่ผิดพลาดหรือเสียหาย โดยอาศัยข้อมูลที่อยู่ข้างเคียง ทำการปกปิดความผิดพลาดนั้น แล้วจึงทำการเรียงลำดับฟิล์มให้แสดงผลเป็นภาพ 3 มิติ

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำหลักการที่ได้ศึกษามาในบทที่ 2, 3 และ 4 มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดในภาพวิดีโอ 3 มิติที่ด้านตัวถอดรหัส ขั้นตอนต่างๆ จะทำโดยใช้โปรแกรม Matlab® V5.3.1.2915a กับเฟรมอ้างอิงของภาพวิดีโอ 3 มิติ โดยผลการทดลองจะแสดงผลภาพที่ได้จากการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาด เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปค่าสูงสุดของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (PSNR) [11]

5.1 ผลการทดลองการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดภาพวิดีโอ 3 มิติในรูปแบบสี YCbCr โดยแยกฟิลต์เฉพาะเพลา Y และปกปิดด้วยค่าพิกเซลของบล็อกข้างเคียง

เมื่อได้ภาพต้นแบบมาจะทำการแปลงเป็นรูปแบบสี YCbCr หลังจากนั้นทำการใส่ความผิดพลาดไปในภาพโดยวิธีการสุ่ม โดยการสุ่มตำแหน่งนี้สามารถทำได้ในฟังก์ชันของโปรแกรมสำเร็จรูปทั่วไป เช่น Matlab หรือ Excel ในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชัน (RAND) ของ Excel เป็นตัวระบุโคออดิเนต (x, y) ของความผิดพลาด หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบหาความผิดพลาดจากกระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดโดยทำการตรวจสอบทีละฟิลต์ เริ่มที่ฟิลต์คู่ก่อน ถ้าพบความผิดพลาดก็จะทำการปกปิดทันที หลังจากนั้นจะทำการหาความผิดพลาดในฟิลต์คู่ ถ้าพบความผิดพลาดก็จะทำการปกปิดเช่นกัน หลังจากนั้นจะทำการรวมฟิลต์ เพื่อแสดงผลต่อไป

5.1.1 การทดลองหาค่าขีดแบ่ง (Threshold)

ในส่วนนี้จะแสดงผลการทดลองหาค่าขีดแบ่ง (Threshold) ที่เหมาะสม โดยปรับค่าค่าขีดแบ่งเป็นระดับต่างๆ ในการตรวจสอบความผิดพลาด โดยยกตัวอย่างมา 3 ภาพ ภาพที่ยกตัวอย่างมาได้แก่

- ภาพต้นตะบองเพชร รูปที่ 5.1 ถึง รูปที่ 5.5
- ภาพเปลวไฟ รูปที่ 5.6 ถึง รูปที่ 5.10
- ภาพแท่งหิน รูปที่ 5.11 ถึงรูปที่ 5.15

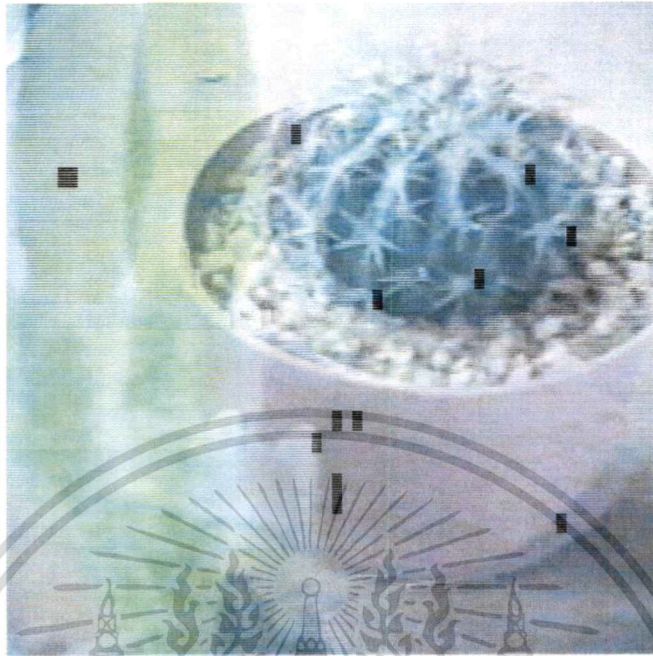
ในการทดลองของงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ข้อมูลภาพของมุมมองตาข้างซ้ายอยู่ในฟิล์มลำดับเลขคู่ และข้อมูลภาพของมุมมองตาข้างขวาอยู่ในฟิล์มลำดับเลขคี่ แล้วทำการจัดรูปแบบให้อยู่ในรูปแบบ บน-ล่าง และสร้างความผิดพลาดโดยการสุ่มที่มีอัตราส่วนการสูญหายของข้อมูล (Cell Loss Ratio) ระดับต่างๆ เพื่อทดลองหาค่าขีดแบ่ง ที่เหมาะสมในการใช้การตรวจสอบความผิดพลาด สำหรับภาพตัวอย่างที่แสดงในหัวข้อนี้มีอัตราส่วนการสูญหาย 0.012

รูปที่ 5.1, 5.6 และ 5.11 แสดงให้เห็นส่วนที่เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากข้อมูลของฟิล์มลำดับเลขคี่ ปะปนมาปรากฏในภาพของข้อมูลฟิล์มลำดับเลขคู่ รูปที่ 5.2, 5.7 และ 5.12 แสดงให้เห็นผลการปกปิดความผิดพลาดที่ใช้ค่าขีดแบ่งที่ระดับ 100 รูปที่ 5.3, 5.8 และ 5.13 แสดงให้เห็นผลการปกปิดความผิดพลาดที่ใช้ค่าขีดแบ่งที่ระดับ 80 รูปที่ 5.4, 5.9 และ 5.14 แสดงให้เห็นผลการปกปิดความผิดพลาดที่ใช้ค่าขีดแบ่งที่ระดับ 70 และ รูปที่ 5.5, 5.10 และ 5.15 แสดงให้เห็นผลการปกปิดความผิดพลาดที่ใช้ค่าขีดแบ่งที่ระดับ 50

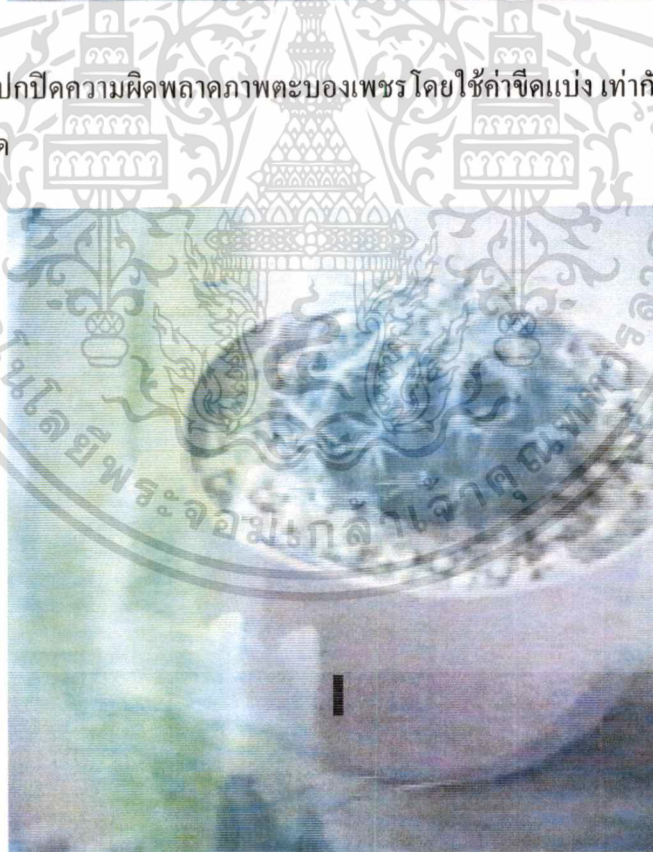


รูปที่ 5.1 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

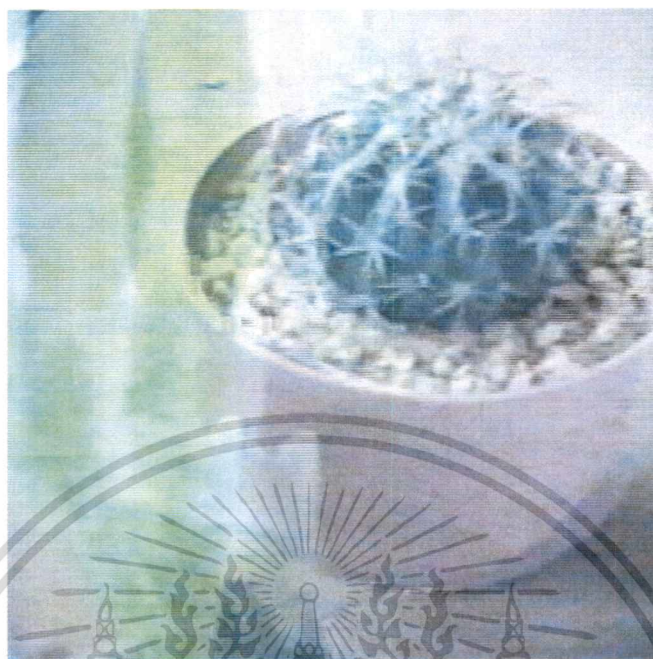


รูปที่ 5.2 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 100 ในการตรวจสอบ
ความผิดพลาด

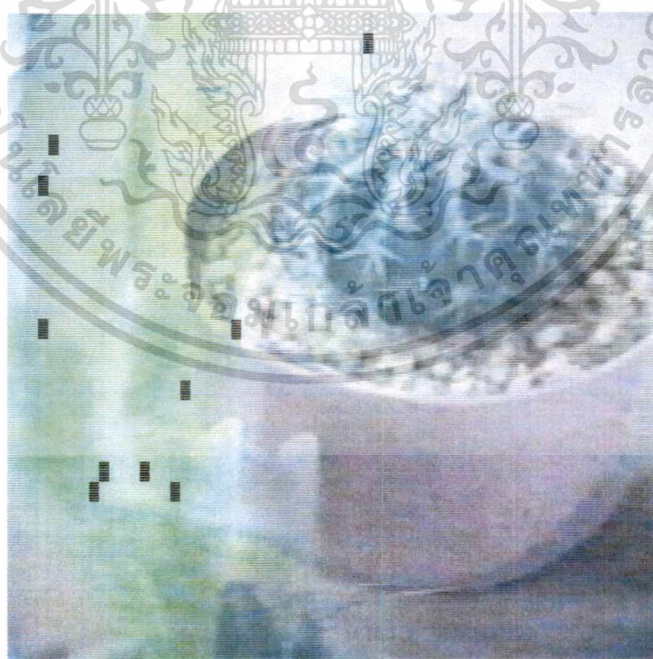


รูปที่ 5.3 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 80 ในการตรวจสอบ
ความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

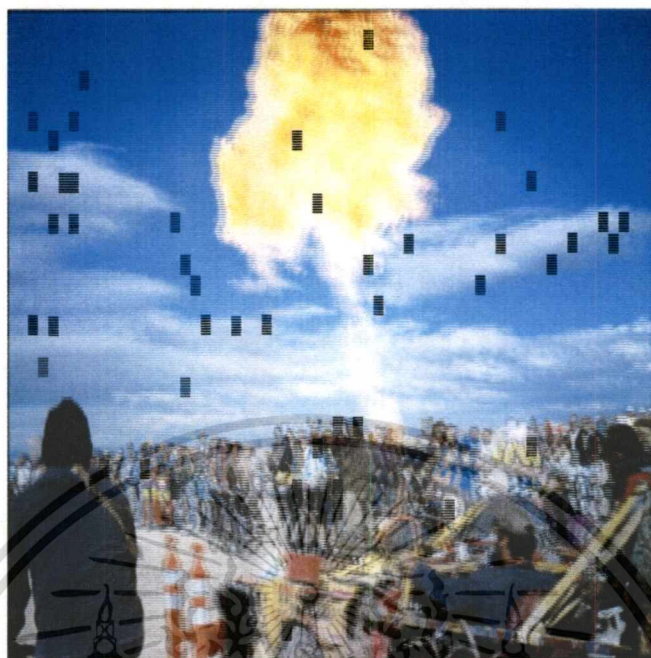


รูปที่ 5.4 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด



รูปที่ 5.5 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 50 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 แสดงภาพ 3 มิติ ภาพเปลวไฟที่เกิดความผิดพลาด

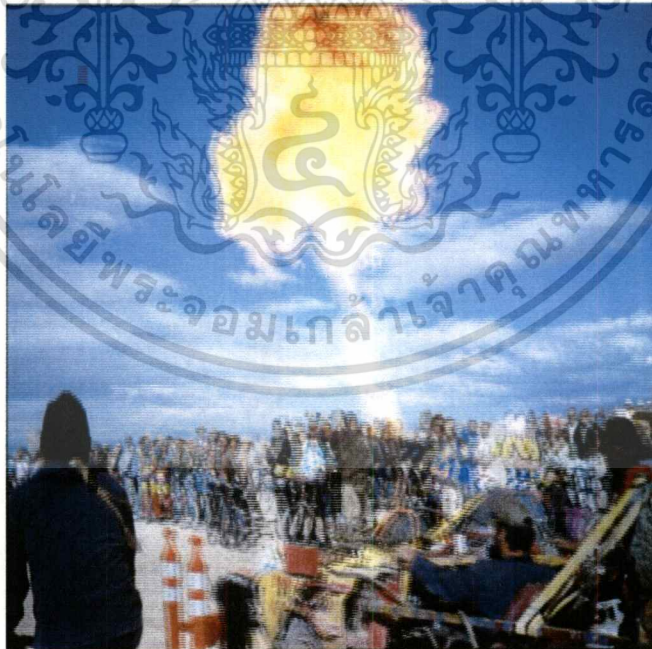


รูปที่ 5.7 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพเปลวไฟโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 100 ในการตรวจสอบ
ความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพเปลวไฟโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 80 ในการตรวจสอบความผิดพลาด



รูปที่ 5.9 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพเปลวไฟโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพเปลวไฟโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 50 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

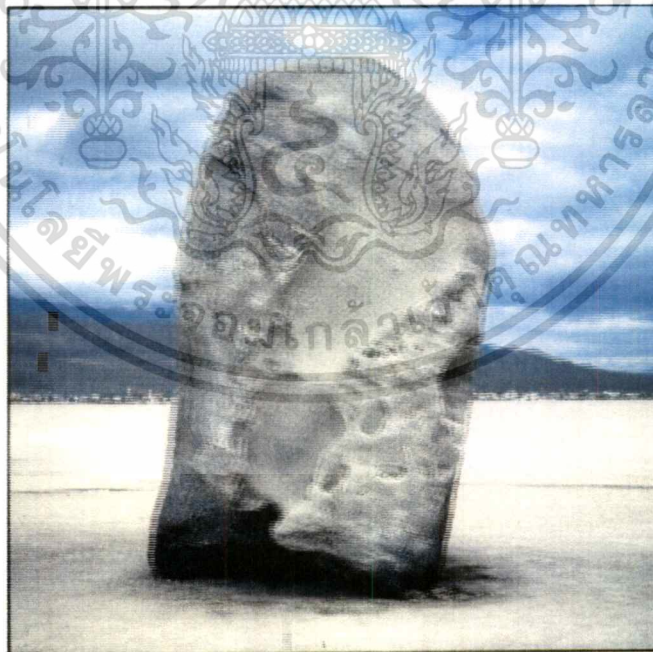


รูปที่ 5.11 แสดงภาพ 3 มิติ ภาพแท่งหินที่เกิดความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพแท่งหินโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 100 ในการตรวจสอบ
ความผิดพลาด



รูปที่ 5.13 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพแท่งหินโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 80 ในการตรวจสอบ
ความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5. 14 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพแท่งหินโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการตรวจสอบ
ความผิดพลาด



รูปที่ 5. 15 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพแท่งหินโดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 50 ในการตรวจสอบ
ความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าการตั้งค่าขีดแบ่งที่ไม่เหมาะสมจะทำให้กระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดไม่สามารถระบุตำแหน่งของความผิดพลาดในกรณีตั้งค่าขีดแบ่งไว้สูงเกินไป และจะระบุตำแหน่งผิดพลาดในกรณีตั้งค่าขีดแบ่งไว้ต่ำเกินไป กล่าวคือมีการระบุส่วนที่เสียหายว่าเป็นส่วนที่มีความผิดพลาด จนกระบวนการปกปิดความผิดพลาดไม่สามารถหาข้อมูลส่วนที่ตีมาปกปิดบล็อกข้อมูลที่ระว่ามีความผิดพลาดได้ ดังนั้นจากการทดลองพบว่าค่าขีดแบ่ง(Threshold) ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบความผิดพลาดภาพ 3 มิติมีค่าเท่ากับ 70

5.1.2 ประสิทธิภาพการปกปิดความผิดพลาด

ในส่วนนี้จะแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปกปิดความผิดพลาดระหว่างภาพวิดีโอ 3 มิติ ที่ได้จากการปกปิดความผิดพลาด กับภาพต้นแบบ จากการคำนวณค่าสูงสุดของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (PSNR) ตามสมการที่ (3.6) ดังแสดงในตารางที่ 5. 1 ตารางที่ 5. 2 ตารางที่ 5. 3 ภาพแท่งหิน รูปที่ 5.16-5.18 แสดงประสิทธิภาพการปกปิดความผิดพลาดในรูปแบบกราฟเส้น

ตารางที่ 5. 1 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่งที่ระดับต่างๆ ของภาพตะบองเพชร

ค่าขีดแบ่ง Threshold	PSNR (dB)			
	รูปแบบสี R	รูปแบบสี G	รูปแบบสี B	รูปแบบสี Y
40	26.2561	25.0699	25.1268	26.7634
50	27.508	26.2919	26.2869	27.9834
60	40.54	40.5931	40.6052	42.0631
70	40.8068	40.8647	40.8419	42.3395
80	41.6668	41.7405	41.7125	43.2498
90	37.2629	37.9435	36.9727	39.026
100	37.2629	37.9435	36.9727	39.026

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

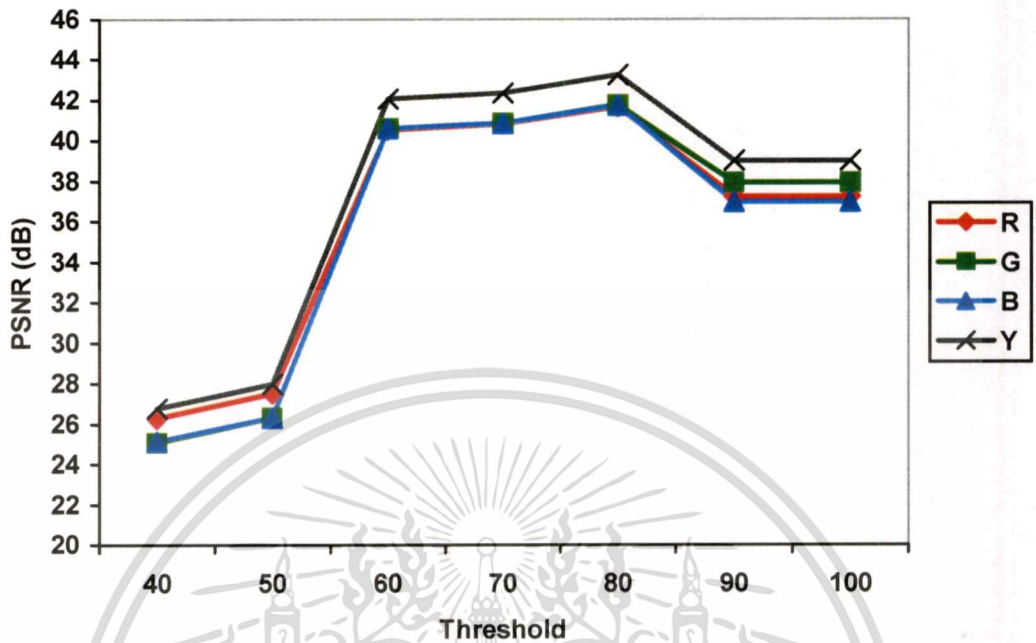
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่งที่ระดับต่างๆ ของภาพเปลวไฟ

ค่าขีดแบ่ง Threshold	PSNR (dB)			
	รูปแบบสี R	รูปแบบสี G	รูปแบบสี B	รูปแบบสี Y
40	28.2877	28.4563	29.0724	29.845
50	31.5248	31.8448	33.713	33.3245
60	36.4953	36.7315	36.4708	38.0621
70	37.6322	37.801	37.0805	39.1484
80	37.3006	37	35.9785	38.4513
90	36.1904	35.9485	35.1014	37.3932
100	35.0182	34.8965	34.0145	36.2705

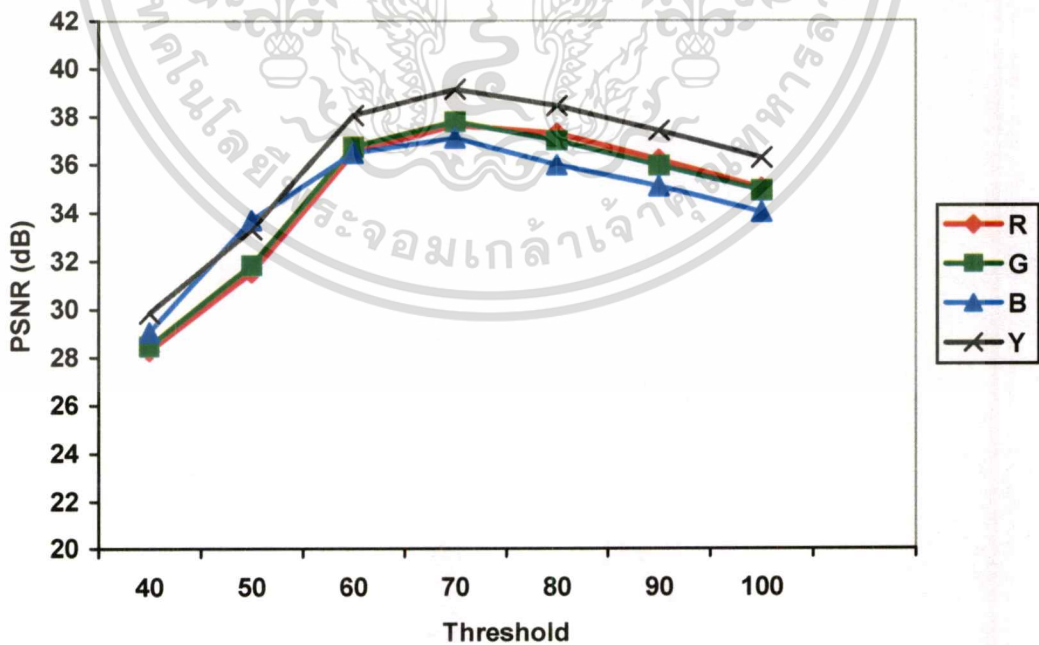
ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่งที่ระดับต่างๆ ของภาพแท่งหิน

ค่าขีดแบ่ง Threshold	PSNR (dB)			
	รูปแบบสี R	รูปแบบสี G	รูปแบบสี B	รูปแบบสี Y
40	23.4939	23.1604	22.8735	24.5572
50	25.9341	25.7125	25.5483	27.0931
60	38.6202	38.7146	38.6709	40.1746
70	38.7828	38.8266	38.4868	40.2715
80	39.2429	39.2212	38.4831	40.6617
90	36.3478	36.3721	35.5576	37.6978
100	35.4334	35.4741	34.7025	36.7801

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

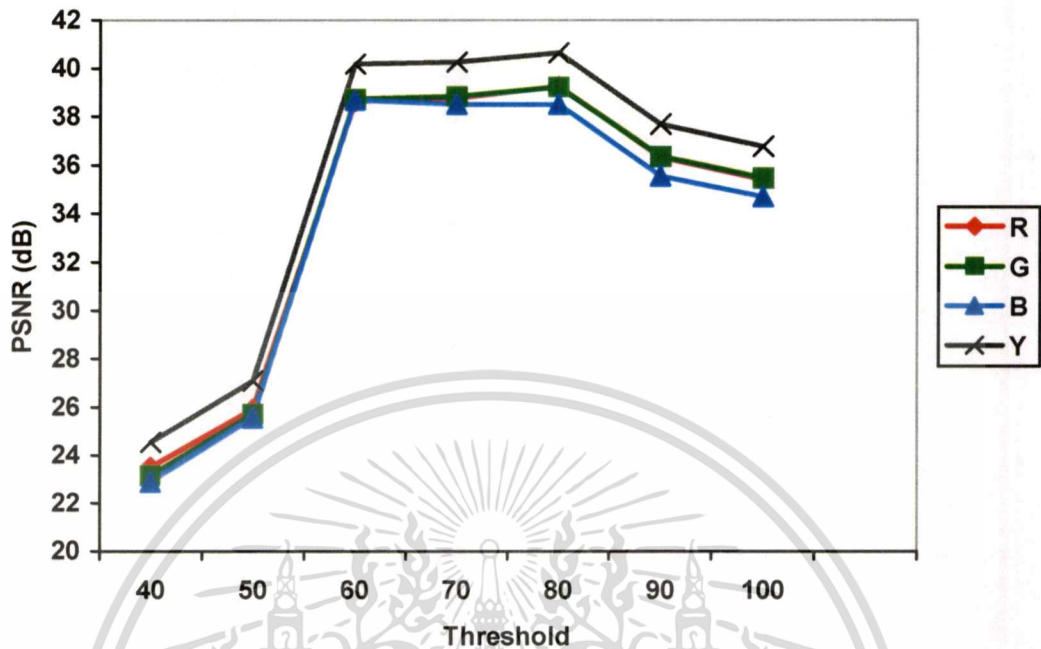


รูปที่ 5.16 แสดงประสิทธิภาพการตรวจสอบความผิดพลาดภาพตะบองเพชร



รูปที่ 5.17 แสดงประสิทธิภาพการตรวจสอบความผิดพลาดภาพเปลวไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



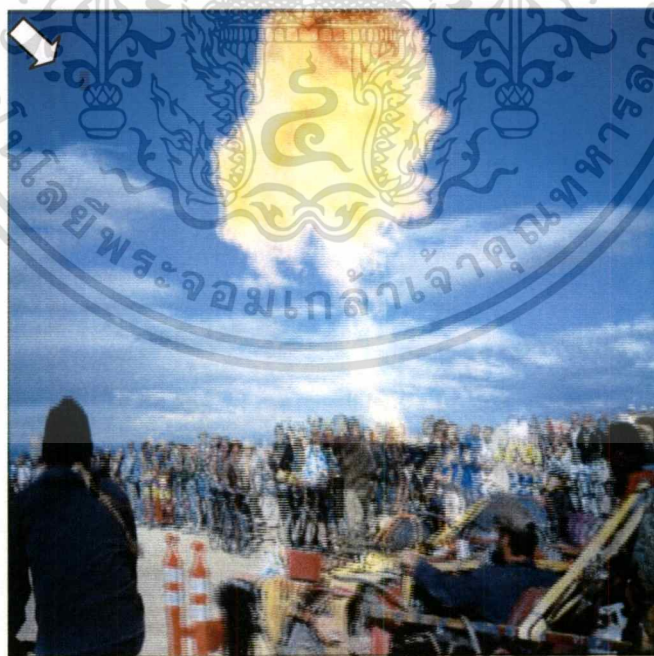
รูปที่ 5.18 แสดงประสิทธิภาพการตรวจสอบความผิดพลาดภาพแท่งหิน

5.1.3 การเปรียบเทียบการปกปิดความผิดพลาดภาพ 2 มิติ กับภาพ 3 มิติ

เนื่องจากรูปแบบของภาพมีความแตกต่างกัน และเพื่อให้การเปรียบเทียบเห็นชัดเจน ผู้วิจัยเลือกทำการทดสอบภาพ 2 มิติจากฟิล์มด้านขวาของภาพ 3 มิติ และทำการเปรียบเทียบกับภาพ 3 มิติ ที่มีทั้งฟิล์มคู่และฟิล์มเดี่ยว จากการเปรียบเทียบผลการทดลองจะพบว่าที่ระดับเส้นแบ่งเดียวกัน (Threshold) ภาพ 3 มิติจะสามารถตรวจจับความผิดพลาดได้ดีกว่า ภาพ 2 มิติ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าภาพ 3 มิติมีความแตกต่างกันหรือมีความเรียบของภาพน้อยกว่าภาพ 2 มิติ ทำให้เมื่อทำการตรวจสอบความผิดพลาด ตามสมการ 4.1 ทำให้ค่า AID_0 ของภาพ 3 มิติสูงกว่า จึงสามารถระบุได้ว่าบล็อกลักษณะนั้นๆ เกิดความเสียหายขึ้นหรือไม่ จึงสามารถสร้างข้อมูลปกปิดส่วนที่เสียหายนั้นได้



รูปที่ 5. 19 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพ 2 มิติ โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

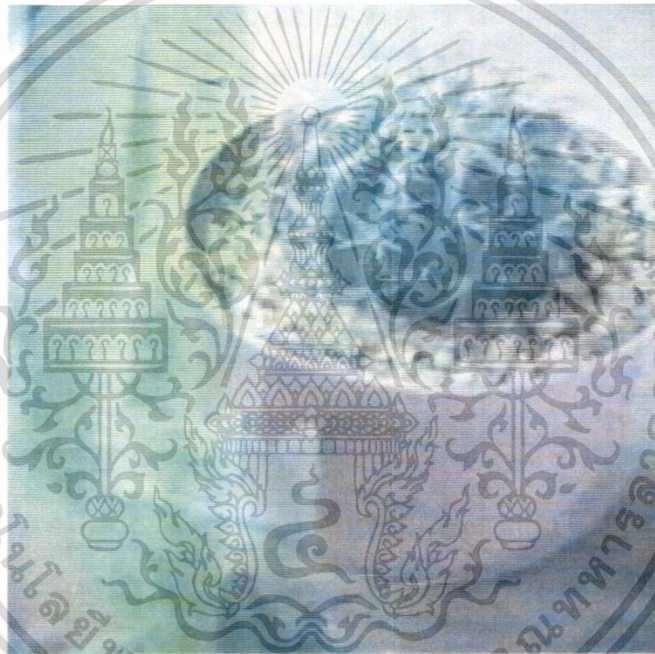


รูปที่ 5. 20 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพ 3 มิติ โดยใช้ค่าขีดแบ่ง เท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

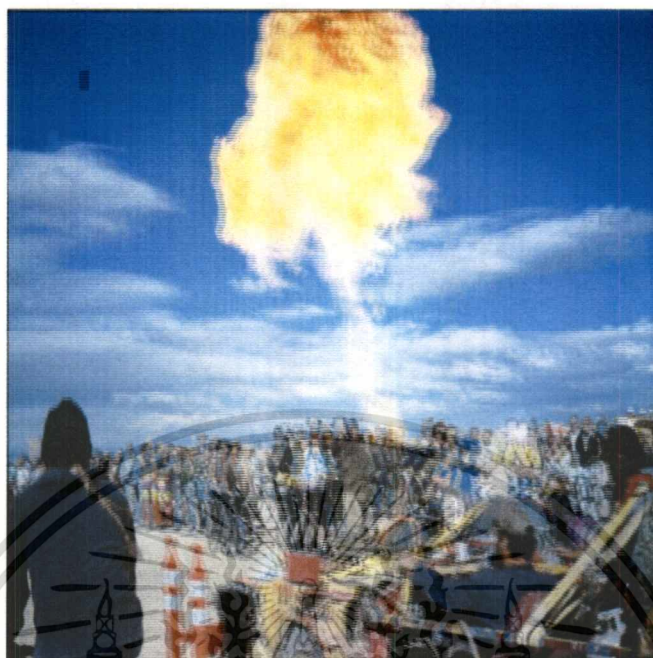
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลองการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดภาพวิดีโอ 3 มิติในรูปแบบสี YCbCr โดยแยกฟิลต์เฉพาะเพลา Y และปกปิดด้วยค่าเฉลี่ยของบล็อกข้างเคียง

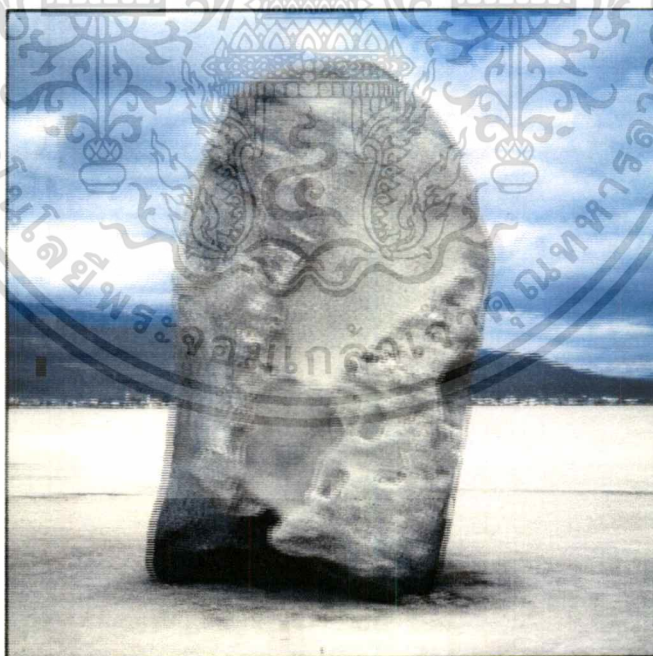
การปกปิดความผิดพลาดในโดเมน Spatial สามารถทำได้อีกรูปหนึ่งคือการใช้ค่าเฉลี่ยของบล็อกข้างเคียงทำการสร้างข้อมูล ปกปิดส่วนที่เสียหายนั้นสำหรับการทดลองในส่วนนี้จะใช้ค่าขีดแบ่งในการตรวจสอบการผิดพลาดเท่ากับ 70. รูปที่ 5.21, 5.22 และ 5.23 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง ของรูปตะบองเพชร เปลวไฟ และ แท่งหิน ตามลำดับ



รูปที่ 5. 21 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง



รูปที่ 5.22 แสดงผลการปกปิดความคิดพลาดภาพเปลวไฟ โดยใช้ค่าค่าเฉลี่ยของบล็อกรูปที่อยู่ข้างเคียง

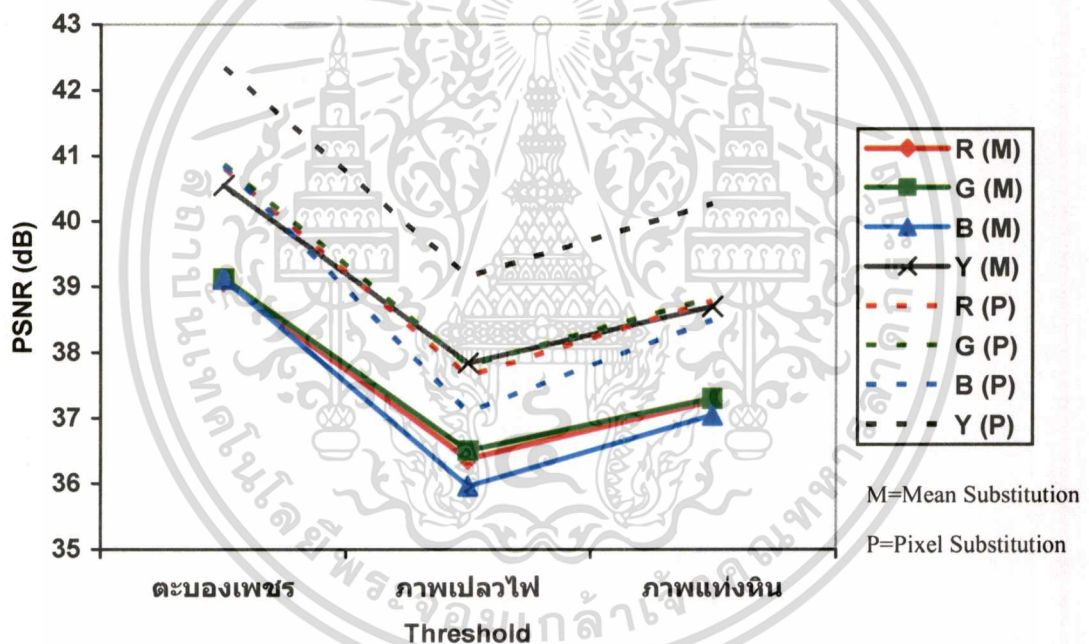


รูปที่ 5.23 แสดงผลการปกปิดความคิดพลาดภาพแท่งหิน โดยใช้ค่าค่าเฉลี่ยของบล็อกรูปที่อยู่ข้างเคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5. 4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่งเท่ากับ 70 และปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง

ชื่อภาพ	PSNR (dB)			
	รูปแบบสี R	รูปแบบสี G	รูปแบบสี B	รูปแบบสี Y
ตะบองเพชร	39.0855	39.1284	39.112	40.5493
ภาพเปลวไฟ	36.3709	36.4943	35.9521	37.8345
ภาพแท่งหิน	37.2535	37.2894	37.0361	38.6925



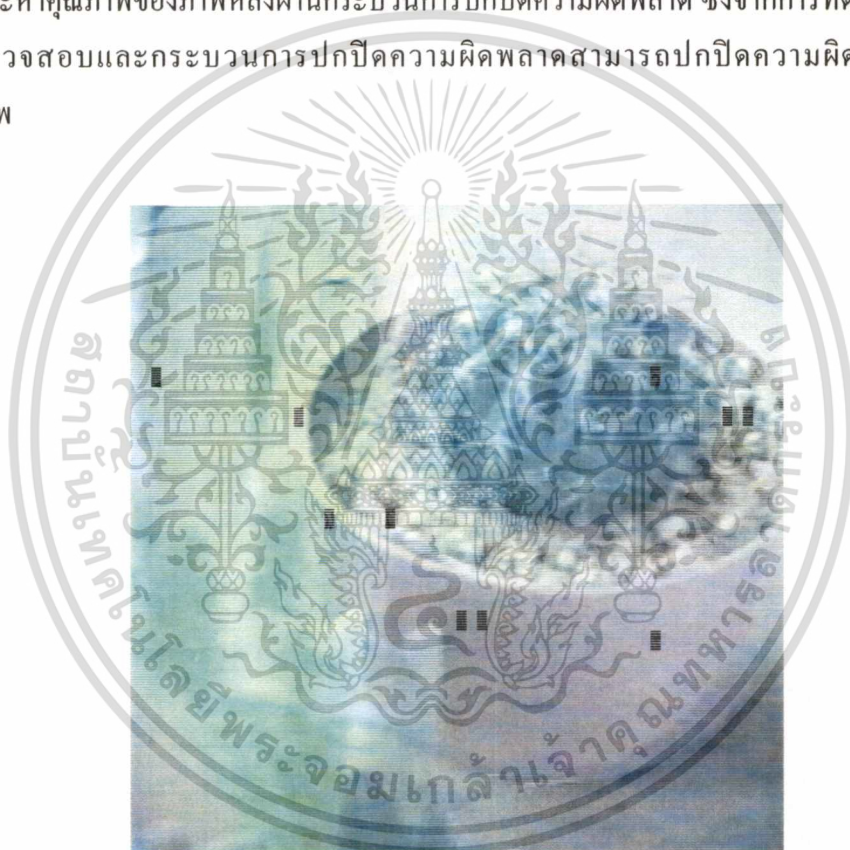
รูปที่ 5. 24 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพโดยการแทนที่ความผิดพลาดด้วยพิกเซลและค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง

รูปที่ 5.24 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปกปิดความผิดพลาดของภาพโดยการแทนที่ส่วนที่มีความผิดพลาดด้วยพิกเซลและประสิทธิภาพการปกปิดความผิดพลาดของภาพด้วยค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งการแทนที่ส่วนที่มีความผิดพลาดด้วยพิกเซลจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการปกปิดความผิดพลาดของภาพด้วยค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

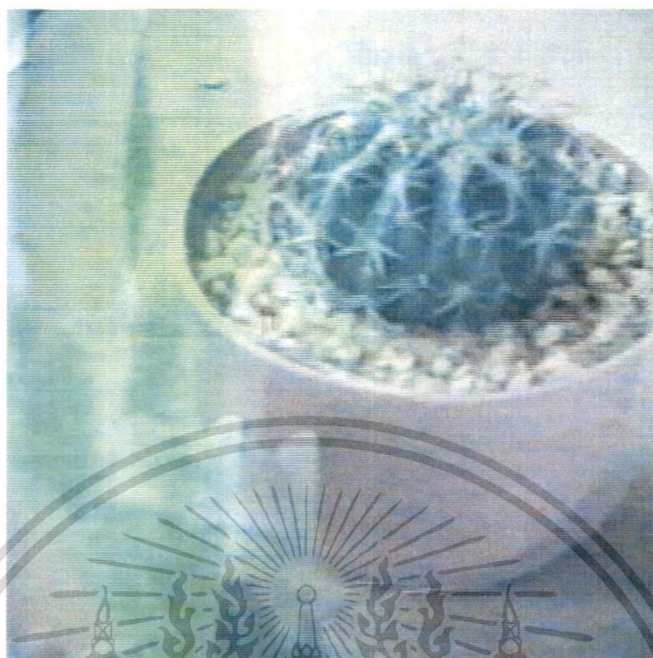
5.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดภาพวิดีโอ 3 มิติ ที่ระดับความผิดพลาดต่างๆ โดยใช้เส้นขีดแบ่ง เท่ากับ 70

จากการทดลองในหัวข้อ 5.1 ทำให้เราทราบว่าค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 70 ผู้วิจัยจึงทดสอบประสิทธิภาพการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาด โดยทดลองเพิ่มระดับความผิดพลาดตั้งแต่ 10 – 100 บล็อกของความผิดพลาดขนาด 8x8 พิกเซล (0.24%-2.44%) และใช้ค่าขีดแบ่ง 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด และหาคุณภาพของภาพหลังผ่านกระบวนการปกปิดความผิดพลาด ซึ่งจากการทดลองค่าขีดแบ่ง 70 สามารถตรวจสอบและกระบวนการปกปิดความผิดพลาดสามารถปกปิดความผิดพลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

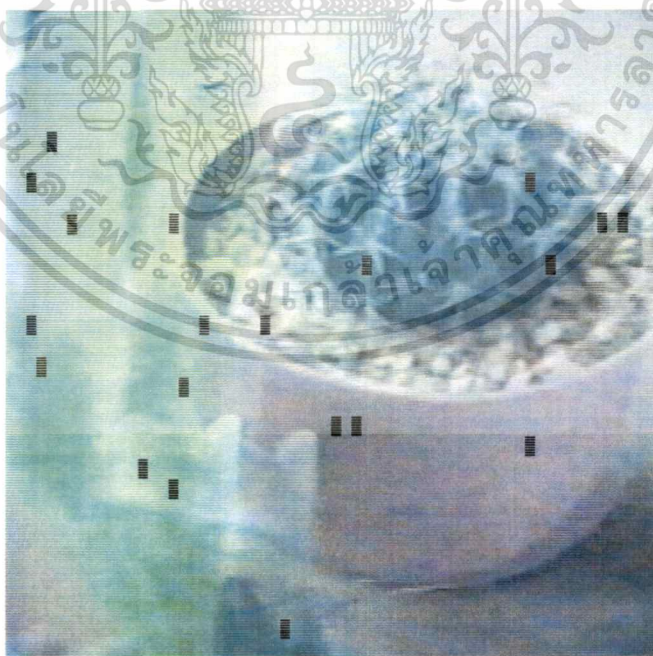


รูปที่ 5.25 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.24%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

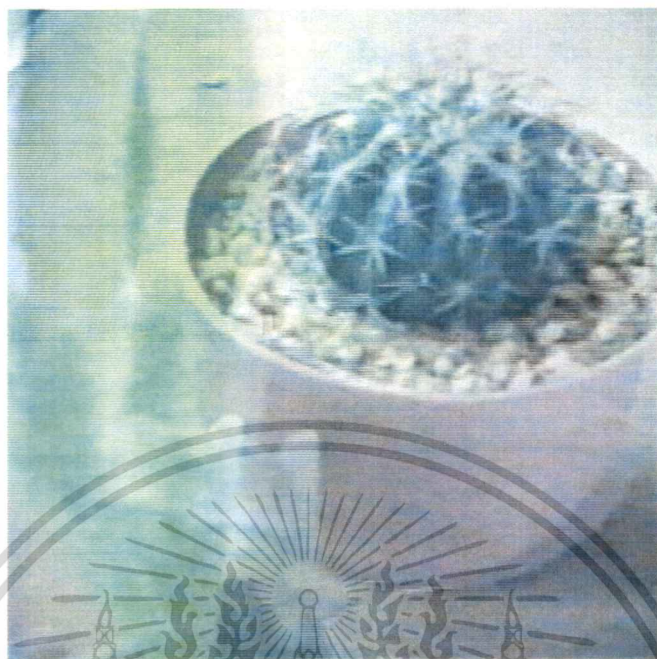


รูปที่ 5. 26 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 0.24% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

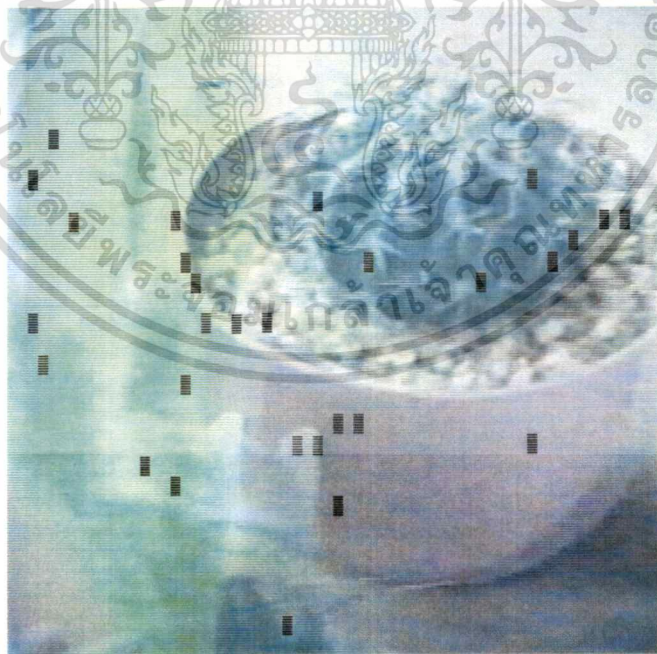


รูปที่ 5. 27 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.48%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

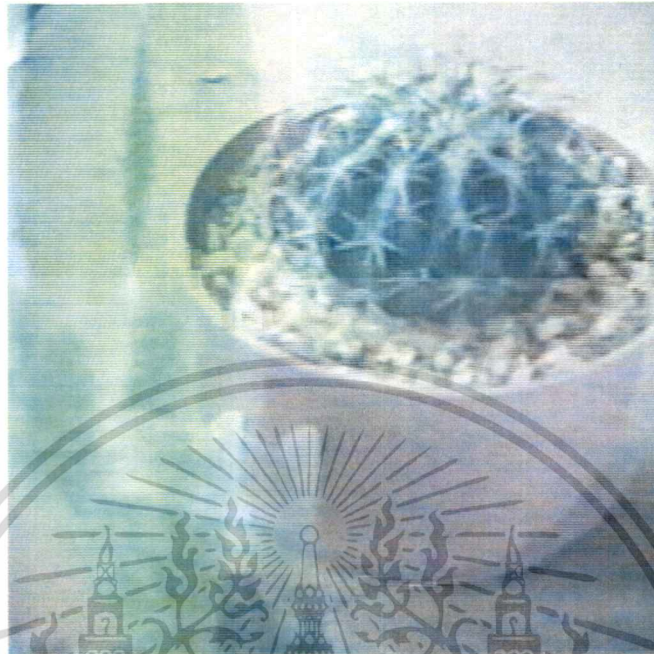


รูปที่ 5. 28 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 0.48% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

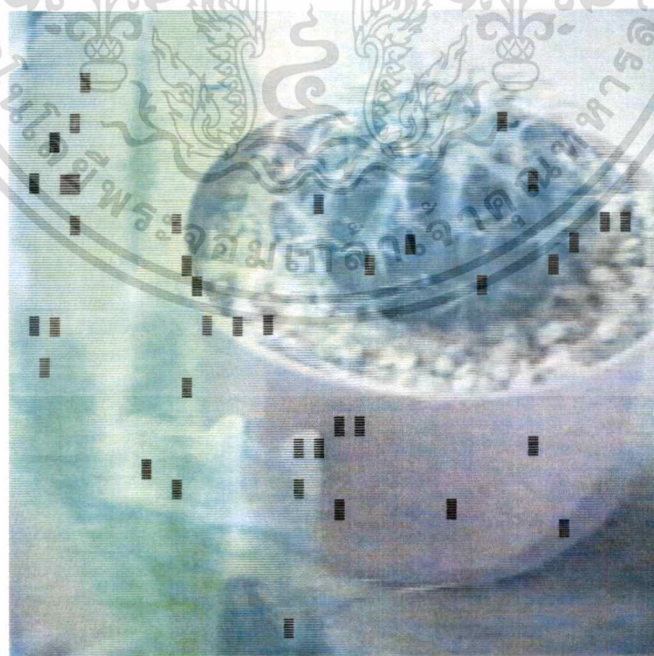


รูปที่ 5. 29 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.73%

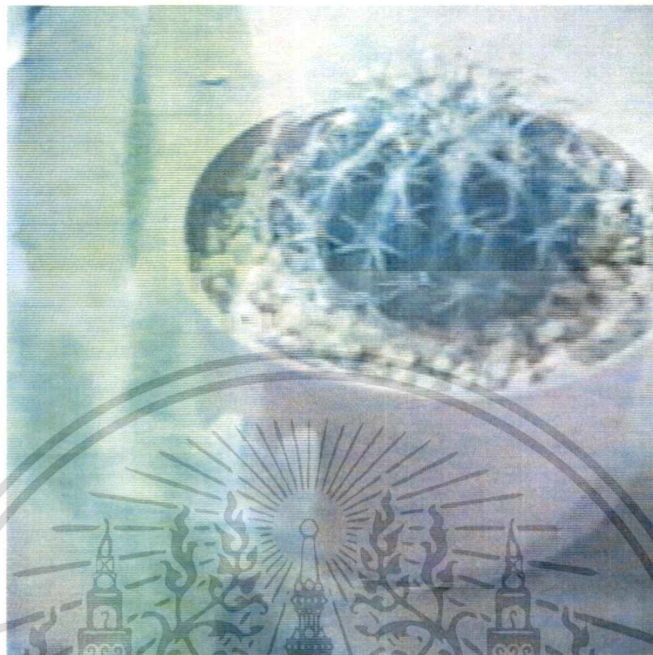
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



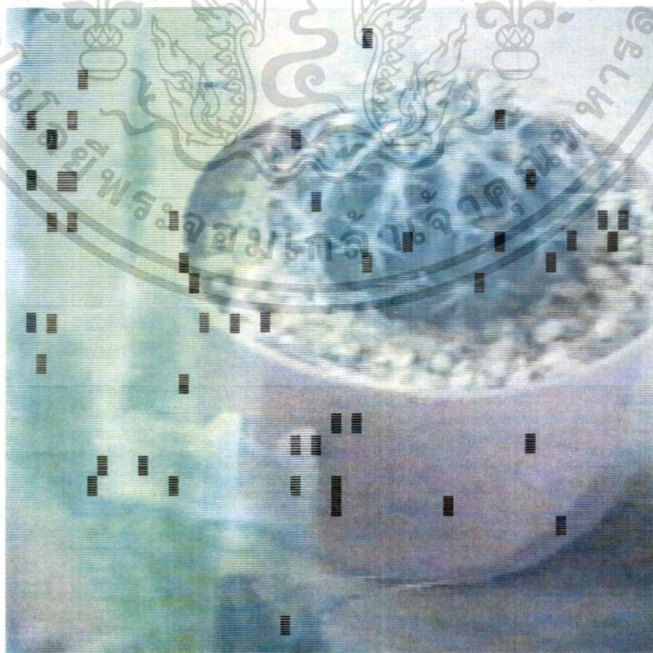
รูปที่ 5.30 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 0.73% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด



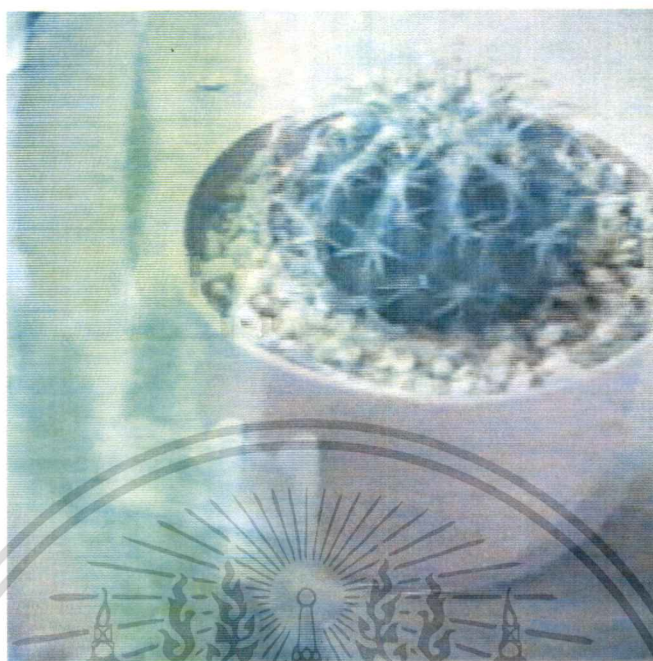
รูปที่ 5.31 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 0.97% เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



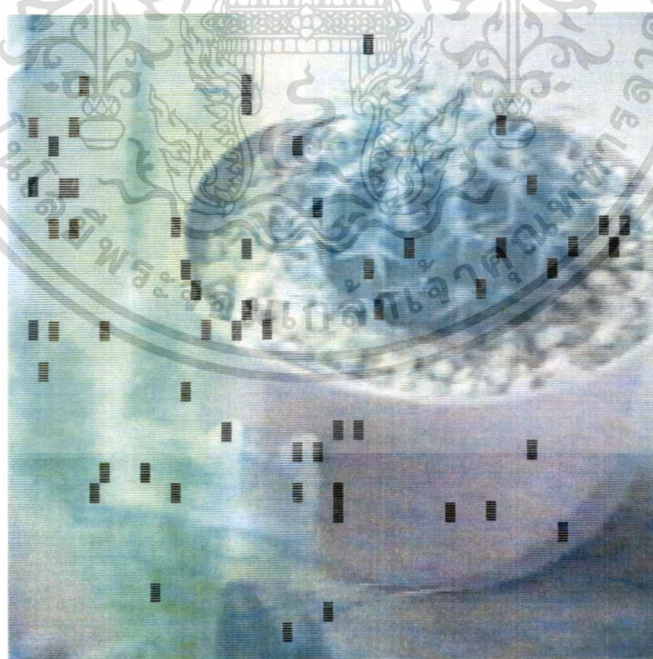
รูปที่ 5. 32 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 0.97% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
 รูปที่ 5. 33 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 1.22% ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

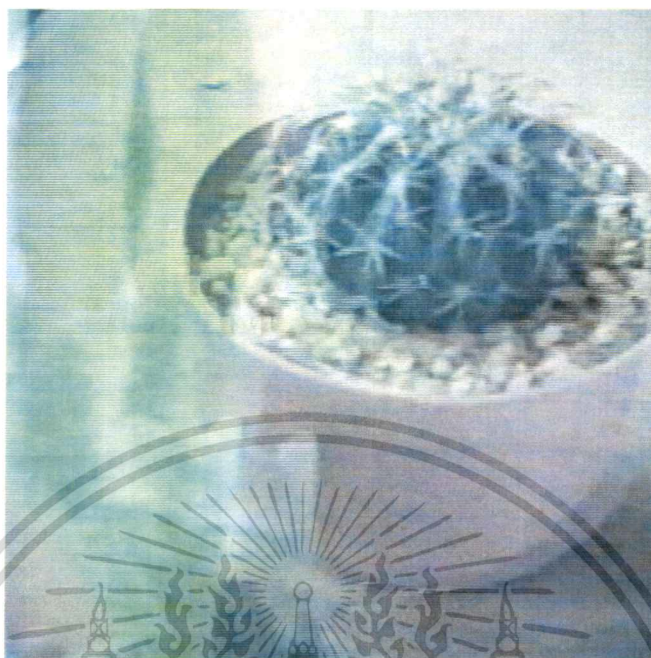


รูปที่ 5.34 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 1.22% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

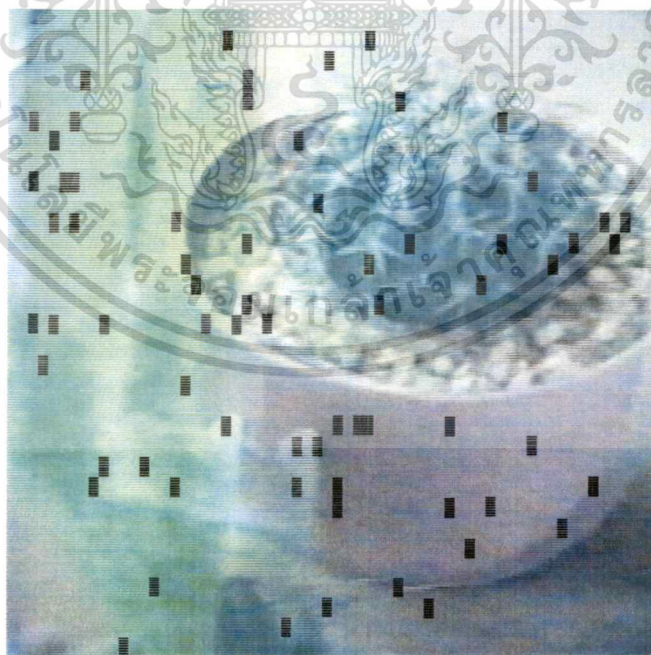


รูปที่ 5.35 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.46%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

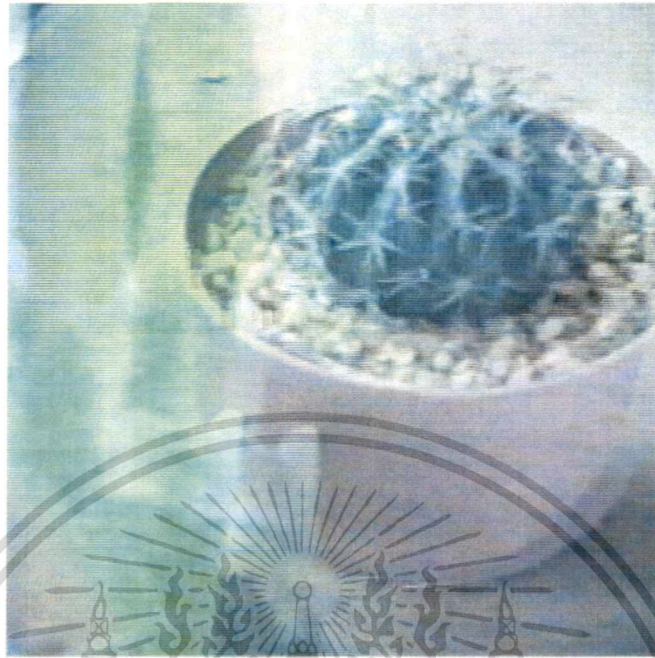


รูปที่ 5.36 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 1.46% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

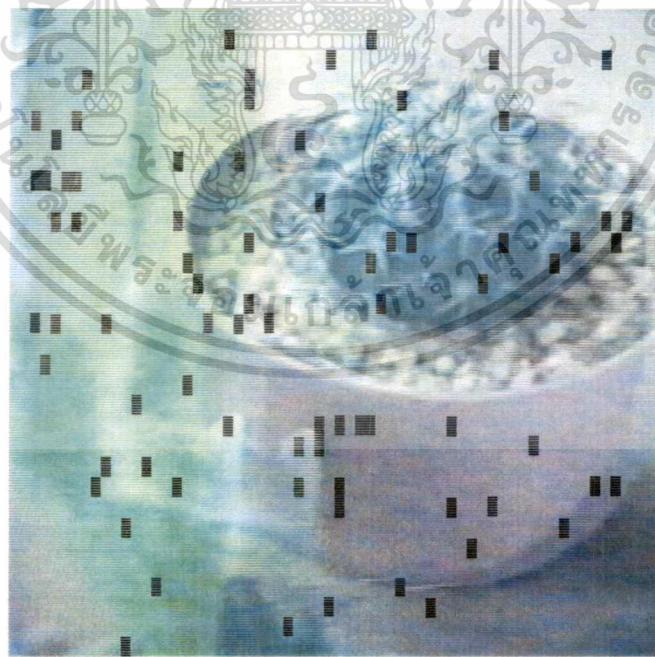


รูปที่ 5.37 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.70%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

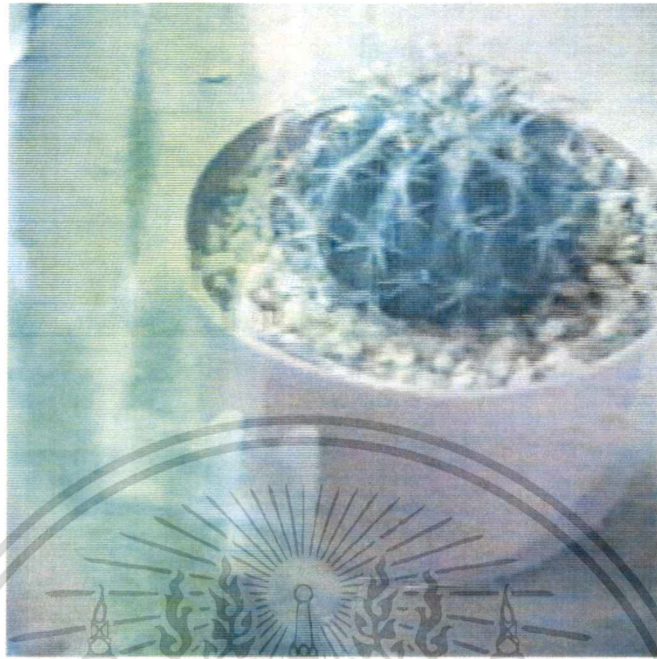


รูปที่ 5. 38 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 1.70% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

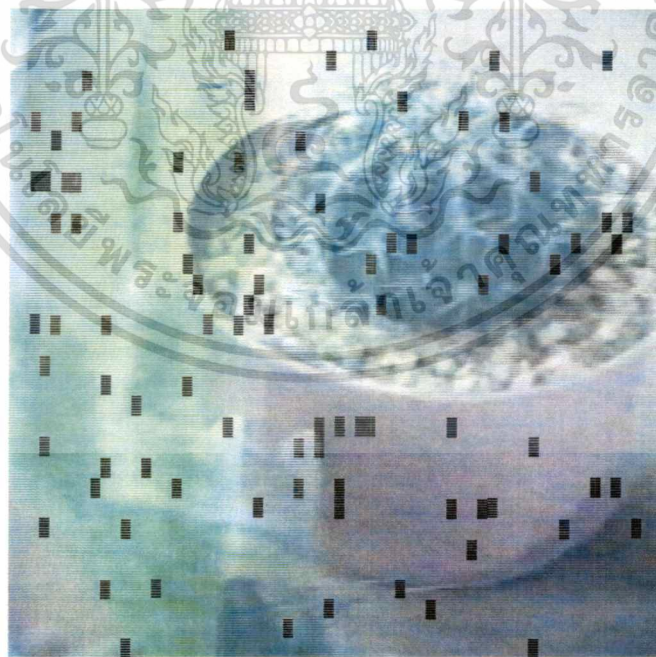


รูปที่ 5. 39 แสดงภาพ 3 มลิต ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 1.95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

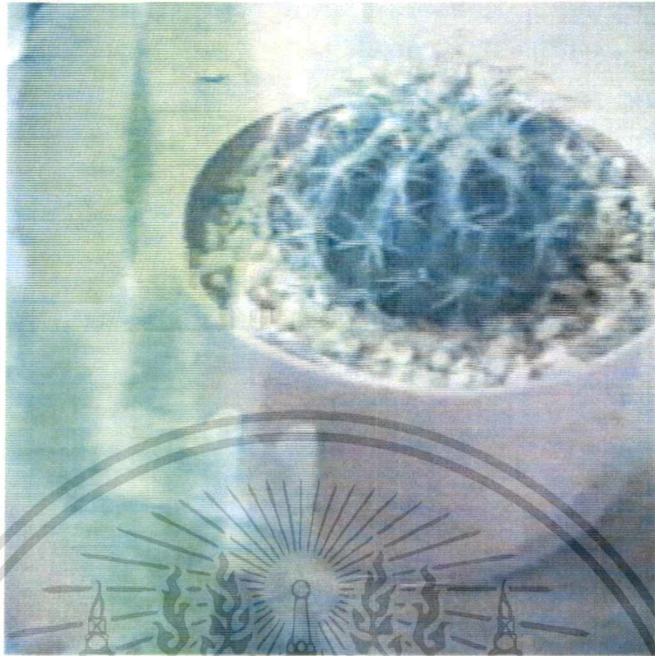


รูปที่ 5. 40 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 1.95% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

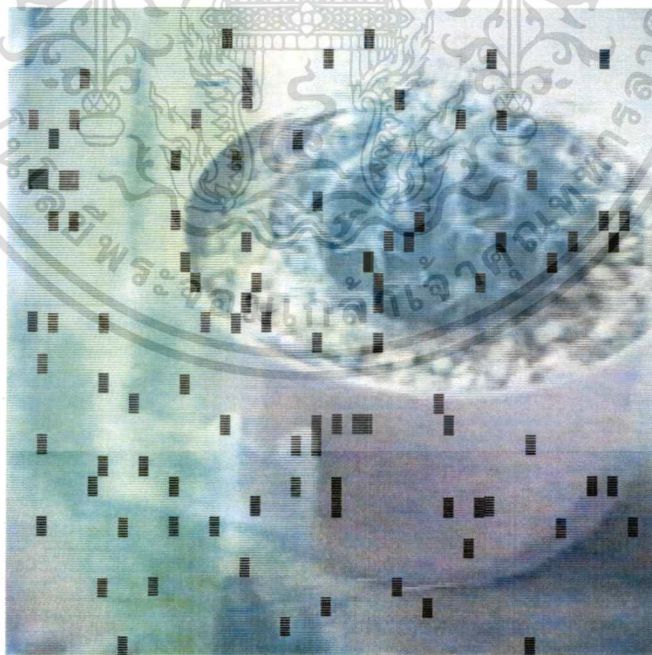


รูปที่ 5. 41 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 2.19%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

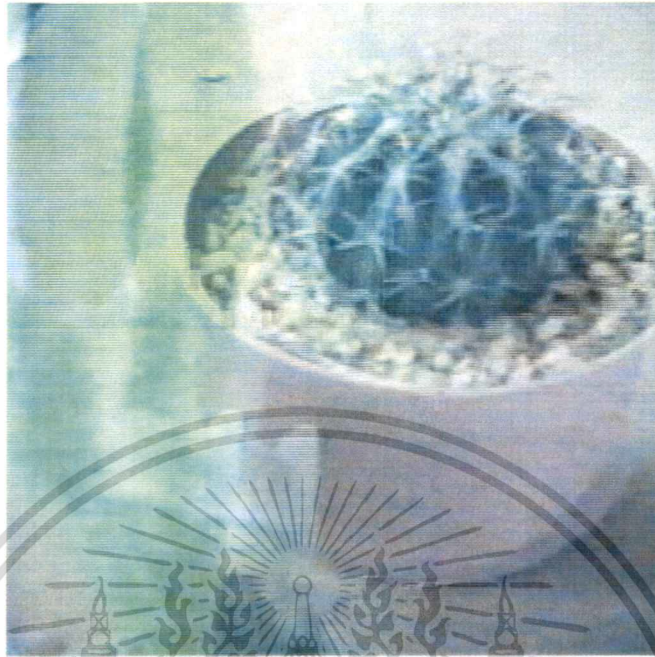


รูปที่ 5. 42 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 2.19% โดยใช้เวลาขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด



รูปที่ 5. 43 แสดงภาพ 3 มิติ ตะบองเพชรที่เกิดความผิดพลาด 2.44%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

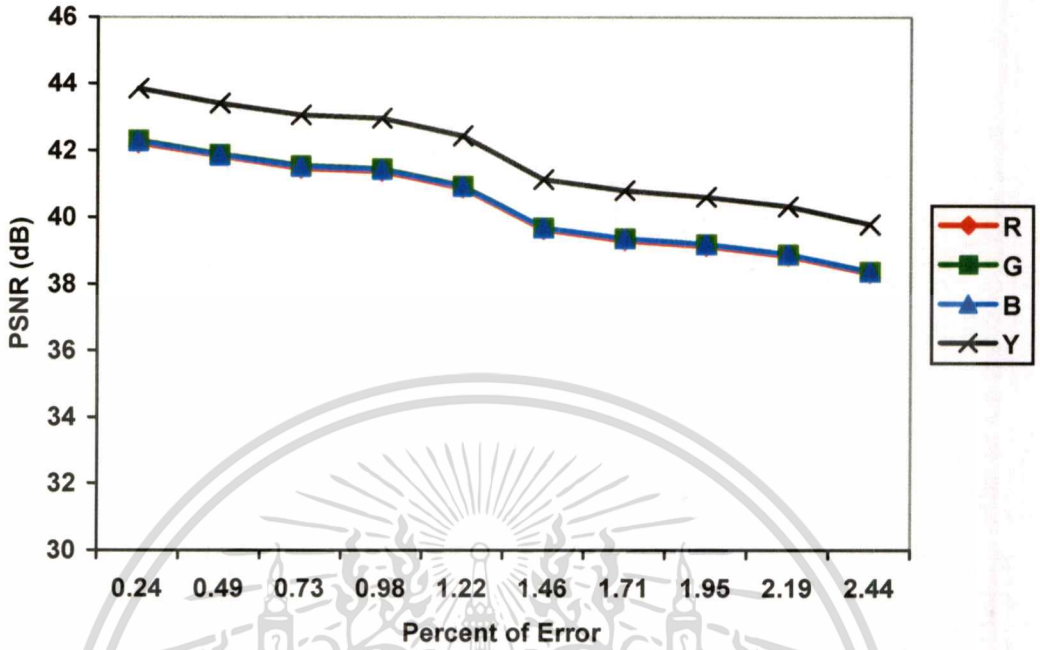


รูปที่ 5.44 แสดงผลการปกปิดความผิดพลาดภาพตะบองเพชร ที่เกิดความผิดพลาด 2.44% โดยใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 70 ในการตรวจสอบความผิดพลาด

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปกปิดความผิดพลาดโดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่ง 70 ที่ระดับความผิดพลาดต่างๆ ของภาพตะบองเพชร

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด	PSNR (dB)			
	รูปแบบสี R	รูปแบบสี G	รูปแบบสี B	รูปแบบสี Y
0.24	42.2256	42.3058	42.2749	43.8431
0.49	41.8445	41.8834	41.8600	43.4004
0.73	41.4793	41.5472	41.5241	43.0479
0.98	41.3941	41.4616	41.4362	42.9574
1.22	40.8945	40.9537	40.9291	42.4317
1.46	39.6500	39.6966	39.6921	41.1356
1.71	39.3255	39.3742	39.3679	40.8025
1.95	39.1585	39.2043	39.1997	40.6142
2.19	38.8647	38.9076	38.9025	40.3250
2.44	38.3483	38.3857	38.3829	39.7917

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5. 45 แสดงประสิทธิภาพการตรวจสอบความผิดพลาดภาพตะบองเพชร โดยใช้ค่าเส้นขีดแบ่ง 70 ที่ระดับความผิดพลาด 0.24-2.44%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การทดลองประกอบด้วย

(1) การตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในภาพวิดีโอ 3 มิติ ในรูปแบบสี YCbCr เฉพาะ เฟรม Y ที่ระดับค่าขีดแบ่ง (Threshold) 40, 50, 60, 70, 80, และ 100

การทดลองในส่วนนี้เป็นหาค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นใน I-เฟรม ของภาพวิดีโอ 3 มิติ จากการทดลองค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับความผิดพลาดเริ่มต้นที่ระดับ 60 ถึง 80 แต่โดยเฉลี่ยแล้วค่า 70 จะให้ประสิทธิภาพของภาพสูงสุด

(2) การปกปิดความผิดพลาดในภาพวิดีโอ 3 มิติ ในรูปแบบสี YCbCr เฉพาะเฟรม Y ด้วยการแทนที่ส่วนที่เสียหายด้วยค่าพิกเซลที่อยู่ข้างเคียง

หลังจาก I-เฟรมผ่านกระบวนการตรวจสอบความผิดพลาด และสามารถระบุตำแหน่งของความผิดพลาดได้แล้ว กระบวนการปกปิดความผิดพลาดจะสร้างข้อมูลขึ้นมาปกปิดความผิดพลาดนั้น ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ข้อมูลพิกเซลที่อยู่ข้างเคียงมาปกปิดความผิดพลาดวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

(3) การปกปิดความผิดพลาดในภาพวิดีโอ 3 มิติ ในรูปแบบสี YCbCr เฉพาะเฟรม Y ด้วยการแทนที่ส่วนที่เสียหายด้วยค่าเฉลี่ยบล็อกที่อยู่ข้างเคียง

การปกปิดความผิดพลาดด้วยค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ย่าง และให้ผลดีต่อคุณภาพของภาพหลังจากผ่านการปกปิดความผิดพลาด

6.1.1 การเกิดความผิดพลาดในภาพสามมิติ

การเกิดความผิดพลาดขึ้นในภาพสามมิติจะทำให้องค์ประกอบของภาพเปลี่ยนไป จนทำให้มนุษย์ไม่สามารถมองภาพเหล่านั้นเป็นภาพสามมิติได้ ดังนั้นการตรวจจับและปกปิดความผิดพลาดจึงมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของภาพ ยังไม่มีงานวิจัยใดนำเสนอการปกปิดความผิดพลาดในภาพวิดีโอสามมิติ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุง และประยุกต์ใช้การตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดในภาพสองมิติ ให้นำมาใช้ได้กับภาพสามมิติ เริ่มต้นจากการตรวจสอบความผิดพลาด จำเป็นต้องจัดรูปแบบภาพสามมิติเพื่อให้กระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดทำงานได้ และทดลองหาค่าขีดแบ่งที่

เหมาะสม โดยการกำหนดค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมจะทำให้การตรวจจับความผิดพลาดมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้กระบวนการปกปิดความผิดพลาดสามารถสร้างข้อมูลเพื่อปกปิดความผิดพลาดได้อย่างแม่นยำ การกำหนดค่าขีดแบ่งที่มากเกินไปจะทำให้กระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดไม่สามารถตรวจพบความผิดพลาดในภาพ และแสดงผลภาพที่มีความผิดพลาด นั้น ในทางตรงกันข้ามถ้ากำหนดค่าขีดแบ่งที่น้อยเกินไปทำให้กระบวนการตรวจสอบความผิดพลาด ระบุตำแหน่งของความผิดพลาดมากเกินไปส่งผลให้กระบวนการปกปิดความผิดพลาดไม่สามารถหาข้อมูลส่วนที่ดีมาปกปิดความผิดพลาดที่ระบุมาจากกระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดได้

6.1.2 คุณภาพของภาพที่สร้างกลับ

ค่า PSNR ที่ได้หลังจากปกปิดความผิดพลาดที่มีค่าขีดแบ่ง 70 สามารถปรับปรุงคุณภาพของภาพในเพลน Y ที่มีอัตราของการความผิดพลาด 0.012 จากระดับ 24.2334 เดซิเบลเป็น 42.3395 เดซิเบล สำหรับภาพตะบองเพชร และมีลักษณะเดียวกันกับภาพสามมิติอื่น ดังนั้นกระบวนการปกปิดความผิดพลาดจึงช่วยปรับปรุงคุณภาพของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพก่อนที่จะแสดงผลมายังตามนุษย์

6.2 ข้อเสนอแนะ

การทดลองในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาดในภาพวิดีโอ 3 มิติ กับเฟรมอ้างอิง ผู้วิจัยได้ทำการทดลองตรวจสอบและปกปิดความผิดพลาด ด้วยการแทนที่ส่วนที่เสียหายด้วยค่าเฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ข้างเคียง และแทนที่ด้วยพิกเซลที่อยู่ข้างเคียง เฉพาะเพลน Y ผลการทดลองสามารถปกปิดความผิดพลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ที่สนใจสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการศึกษาทำการเพิ่มประสิทธิภาพของภาพ โดยวิเคราะห์ค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมที่สุดและเป็นมาตรฐานสำหรับภาพสามมิติ โดยทั่วไป หรือ ประยุกต์ใช้การปกปิดความผิดพลาดในรูปแบบอื่น เช่น โดเมนของความถี่ (Frequency domain) กับภาพวิดีโอสามมิติ

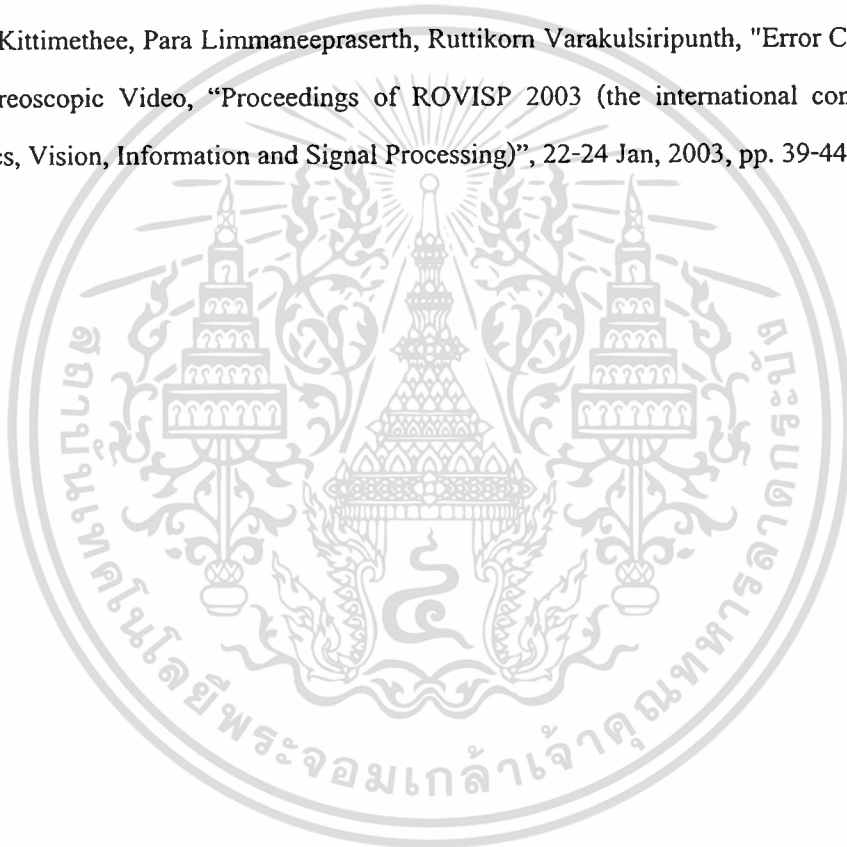
เอกสารอ้างอิง

- [1] M. S. Moellenhoff and M. W. Maier, "DCT coding of stereo images for multimedia applications," *IEEE Trans. Industr. Electron.: Special Track Multimed. Commun.*, vol. 45, pp. 38–44, Feb. 1998
- [2] Michael Orzessek and Peter Sommer. **ATM & MPEG-2 : integrating digital video into broadband networks**. USA. : Prentice Hall PTR. 1998.
- [3] Para Limmaneeprasert and Ruttikorn Varakulsiripunth, "Encoding 3D Video by Using APOM," *Proceedings of APCC/OECC*, Vol. 2 of 2, pp. 849-852, Beijing, China, October 1999.
- [4] ชมพูนุท เต็งเจริญ, พารา ลิมนะณีประเสริฐ และรัตติกร วรากุลศิริพันธ์. "การเข้ารหัสสัญญาณภาพวิดีโอสามมิติโดยใช้ APOM." การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 22 (EECON-22), 2-3 มกราคม 2542. หน้า 24-28.
- [5] Yao Wang, Qin-Fan Zhu, "Error control and concealment for video communication: A review," *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 5, pp. 974-997, May 1998.
- [6] Michael D. Greenberg. **Advanced Engineering Mathematics**. 2nd ed. USA : 1998.
- [7] Stereo Graphics Corporation. **Stereo Graphics Developers' Handbook**. USA. : n.p.1997.
- [8] Han-Chiang Shyu and Jin-Jang Leou "Detection and Concealment of Transmission Errors in MPEG-2 Image –A Genetic Algorithm Approach," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 9 no. 6, pp. 74–84, Sep. 1999.
- [9] Wen-Jeng and Jin-Jang Leou "Detection and Concealment of Transmission Errors in H.261 Images," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 8 no. 1, pp. 74–84, Feb. 1998.
- [10] Yi-Huang and Jin-Jang Leou "Detection and Correction of Transmission Errors in JPEG Images," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 8, pp. 221–231, Apr. 1998.
- [11] Jirapat Kittimethee, Para Limmaneeprasert, Ruttikorn Varakulsiripunth, "Error Concealment for Stereoscopic Video, "*Proceedings of ROVISP 2003(the international conference on Robotics, Vision, Information and Signal Processing)*", 22-24 Jan, 2003, pp. 39-44.

ภาคผนวก ก

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. Tengcharoen C., Kittimethee J., Limmaneeprasert P. and Varakulsiripunth R., "Image Chosting Elimination in an I-Frame of Interlaced 3D-Video.", Proceedings of the First International Conference on Mechatronics – ICOM'01, vol.2, Kuala Lumpur, Malaysia. 12-13 February 2001. pp. 409-418.
2. Jirapat Kittimethee, Para Limmaneeprasert, Ruttikom Varakulsiripunth, "Error Concealment for Stereoscopic Video, "Proceedings of ROVISP 2003 (the international conference on Robotics, Vision, Information and Signal Processing)", 22-24 Jan, 2003, pp. 39-44.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายจิรพัฒน์ กิตติเมธี
เกิดวันที่ 19 พฤษภาคม 2517 อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย
การศึกษา ปีการศึกษา 2533-2535
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สายวิทยาศาสตร์
โรงเรียนศรีสำโรงชนูปถัมภ์ จังหวัดสุโขทัย
ปีการศึกษา 2536-2540
ระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้