มหาวิทยาลัยศรีปทุม

SRIPATUM UNIVERSITY

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากเมช

MOTION ESTIMATION FOR MESH-BASED IMAGE SEQUENCE

ปรีชา กอเจริญ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2550

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

SRIPATUM UNIVERSITY

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากเมช

MOTION ESTIMATION FOR MESH-BASED IMAGE SEQUENCE

ปรีชา กอเจริญ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2550

คำนำ

รายงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนสนับสนุนงานวิจัยสำหรับบุคลากรภายในจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม เพื่อให้อาจารย์ได้มีโอกาสผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพและเผยแพร่ออกสู่ภายนอก และนำไปสู่การขยายกรอบความร่วมมือทางวิชาการกับหน่วยงานภายนอกต่อไป

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยวิชาการเพื่อพัฒนาการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากเมช มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณข้อมูลในการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวที่ถูกสร้างขึ้นจากการเข้ารหัสภาพจากพื้นฐานการสร้างภาพด้วยโครงสร้างเมช

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิชาการในด้านวิศวกรรมศาสตร์ต่อไป และหากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิจัยต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย และยินดีน้อมรับคำแนะนำ เพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ปรีชา กอเจริญ
ผู้วิจัย
กรกฎาคม 2551

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุมอย่างสูงที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณทั้งหมดและได้ให้เวลาในการทำโครงการวิจัยนี้เพิ่มเติมนอกช่วงเวลาการเปิดอาคารสยามบรมราชกุมารี ในช่วงค่ำทุกๆวันตลอด 1 ปีของการทำโครงการ รวมทั้งขอขอบคุณสำนักวิจัยที่ได้อำนวยความสะดวกประสานงาน และติดตามงานเป็นอย่างดีระหว่างการดำเนินโครงการวิจัยนี้ และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหญิง ไทยนิมิต ผู้ทรงคุณวุฒิที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงตลอดการดำเนินงานและการเขียนรายงานวิจัยนี้

Acknowledgements

The author highly acknowledges Sripatum University for fully support of this research. Thanks are also expressed to his colleagues in the Bureau of Research for their kind, crucial co-operations and following up the research progress. The author also wishes to express her sincere thanks to Assistant Professor Dr. Somying Thainimit, advisor of the research, for her valuable guidance and timely suggestions throughout the process of the research.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

หัวข้อวิจัย : การประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากเมช
ผู้วิจัย : นายปรีชา กอเจริญ
หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2551

บทคัดย่อ

การเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวเป็นการลดปริมาณการส่งผ่านหรือการจัดเก็บข้อมูลภาพเคลื่อนไหว โดยอาศัยหลักการที่ความต่างของภาพที่อยู่ในเฟรมติดกันจะมีความคล้ายกันมาก ดังนั้นการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวในเฟรมภาพติดกันจึงทำการเข้ารหัสส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงของเฟรมภาพเท่านั้น การประมาณการเคลื่อนที่ภาพเคลื่อนไหวที่นิยมใช้มากในการเข้ารหัสวีดีโอมาตรฐานทั่วไป คืออัลกอริทึมการเทียบความเหมือนข้อมูลในบล็อก ซึ่งแตกต่างจากการสร้างภาพจากเมชที่อาศัยหลักการทำอินเตอร์โปเลตค่าความสว่างและค่าสีของแต่ละโหนดในเมช เพื่อเติมเต็มพื้นผิวในภาพ ในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคการสร้างเมชสามเหลี่ยมแบบเดลเลาเนย์เนื่องจากเทคนิคในการสร้างเมชนี้ไม่จำเป็นจะต้องส่งข้อมูลของเมชต้นทาง เพียงแค่บอกตำแหน่งของแต่ละโหนด จากนั้นที่ปลายทางจะสามารถสร้างเมชขึ้นมาใหม่โดยมีโครงสร้างของเมชเหมือนกันกับโครงสร้างของเมชต้นทางทุกประการ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอวิธีการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากเมช โดยนำเสนอสองวิธีการคือวิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ และวิธีการประมาณการเคลื่อนที่และชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด การทดสอบวิธีการที่ได้นำเสนอทั้งสองวิธีนั้น ได้ดำเนินการเปรียบเทียบผลทางวัตถุประสงค์และทำการเปรียบเทียบผลทางการพิจารณาเฟรมภาพ ทั้งยังขยายการทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดไปยังภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอที่มีความต้องการอัตราการส่งผ่านที่มากกว่าภาพเคลื่อนไหวปกติจากกล้องเพียงตัวเดียวประมาณสองเท่า

ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าว่าการประมาณการเคลื่อนที่ที่ชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดมีประสิทธิภาพดีกว่า พิจารณาจากโครงสร้างของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า และมีอาร์ติเฟกเกิดขึ้นในภาพน้อยกว่ามาก และการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอได้ โดยทำการเข้ารหัสภาพเฟรมแรกของข้อมูลมุมมองภาพเสริมจากเฟรมภาพอ้างอิงเฟรมภาพแรกของข้อมูลมุมมองภาพหลัก

คำสำคัญ : การประมาณการเคลื่อนที่ในภาพเคลื่อนไหว ภาพเคลื่อนไหวที่มีการสร้างภาพจากเมช ภาพเคลื่อนไหวที่มีอัตราบิตต่ำ

Research Title : Motion Estimation for Mesh-Based Image Sequence

Name of Researcher : Mr.Preecha Kocharoen

Name of Institution : Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Sripatum University

Year of Publication : B.E. 2551

ABSTRACT

Encoding an image sequence aims to reduce transmitted or storage information. In order to gain benefits from the correlation of successive frames, only changes from frame to frame are coded. Existing approaches for motion estimation are based on block matching algorithm, which is used in standard video coding e.g. MPEG. Alternative approach is mesh-based coding which is different from block-based coding. In mesh-based image coding, a picture is represented by triangular mesh. This research uses Delaunay mesh in order to achieve a unique triangular mesh at the both end, encoder/decoder, without transmitting side information about the mesh topology.

This research presents two motion estimation techniques for mesh-based coding, which are mesh-based motion estimation with residue compensation and mesh-based motion estimation and compensation with adaptive node movement. The performance evaluation of these techniques are based on testing both objective and subjective results. Furthermore, the purposed mesh-based motion estimation technique is also evaluated with stereoscopic video sequence, which requires approximately doubled rate comparing to encoding a signal from a single camera.

The results show that the mesh-based motion estimation and compensation with adaptive node movement yields better performance than the residue compensation. The effects on the structure of the image is lower and the artifacts on the image are fewer. In addition, the proposed mesh-based motion estimation is tested on the stereoscopic video. The result indicates success of exploiting our proposed mesh-based ME on streo image by using the first frame of the main view as a reference frame for coding the fisrt frame of the auxillary frame.

Keywords : Motion Estimation, Mesh-based Video, Low Bit-rate Video

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

คำนำ....iii
กิตติกรรมประกาศ....iv
บทคัดย่อ....v
ABSTRACT....vi
สารบัญ....vii
สารบัญภาพประกอบ....ix

บทที่ 1 บทนำ....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย....1
1.3 คำถามการวิจัย....2
1.4 สมมุติฐานการวิจัย....2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย....2
1.6 นิยามศัพท์....2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....4
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่วิจัย....4
2.2 ทฤษฎีที่รองรับเรื่องที่วิจัย....5
2.3 ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง....8
2.4 สรุป....10

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย....11
3.1 รูปแบบการวิจัย....11
3.2 นิยามฟังก์ชั่นในการสร้างภาพจากเมช....12
3.3 วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ....13
3.4 วิธีการประมาณการเคลื่อนที่และชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด....15
3.5 สรุป....19

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 4 การทดสอบวิธีการ.....20
4.1 การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ.....20
4.2 การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่และชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด.....22
4.3 เปรียบเทียบการประมาณการเคลื่อนที่ของวิธีทั้งสอง.....23
4.4 การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดกับภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอ.....25

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....29
5.1 สรุปผลการทดสอบ.....29
5.2 ข้อเสนอแนะ.....29

บรรณานุกรม.....32

ประวัติย่อผู้วิจัย.....35

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

ภาพที่ 2.1 แสดงการเทียบความเหมือนข้อมูลในบริเวณที่ทำการค้นหา....5
ภาพที่ 2.2 ภาพ 'Claire' ต้นฉบับ....7
ภาพที่ 2.3 โหนดแบบสม่ำเสมอ....7
ภาพที่ 2.4 เมชแบบสม่ำเสมอ....7
ภาพที่ 2.5 การสร้างภาพโดยการอินเตอร์โปเลต....8
ภาพที่ 2.6 โหนดแบบปรับตัวได้....8
ภาพที่ 2.7 เมชที่สร้างจากโหนดแบบปรับตัวได้....8
ภาพที่ 2.8 ภาพที่สร้างจากเมชแบบปรับตัวได้....8
ภาพที่ 2.9 การประมาณการเคลื่อนที่ นำเสนอโดย 9

ภาพที่ 3.1 การประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหว....11
ภาพที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมในส่วนการเข้ารหัสของการประมาณ....14
ภาพที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมในส่วนการถอดรหัสของการประมาณ....15
ภาพที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของการเลือกโหนดที่มีความสำคัญ....15

ภาพที่ 4.1 กระบวนการในการหาค่าชดเชยส่วนเหลือที่ใช้ในการทำการชดเชยการเคลื่อนที่...20
ภาพที่ 4.2 การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือ....21
ภาพที่ 4.3 การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือ....21
ภาพที่ 4.4 การประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด....22
ภาพที่ 4.5 กราฟการเปรียบเทียบผลทางวัตถุประสงค์ (objective results)....23
ภาพที่ 4.6 “Claire” เฟรมภาพแรก....24
ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลทางการพิจารณาตำแหน่งเฟรมภาพที่ 15....24
ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบผลทางการพิจารณาตำแหน่งเฟรมภาพที่ 60....25
ภาพที่ 4.9 การเข้ารหัสระหว่างมุมมองภาพมีอยู่ในมาตรฐาน MPEG-2....25
ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างภาพเปรียบเทียบผลที่ได้จากการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวแบบสเตอริโอ. 27
ภาพที่ 4.11 การทดสอบหาค่า PSNR และจำนวนโหนดในแต่ละเฟรม....28

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิธีการสร้างภาพจากเมชเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้สำหรับการบีบอัดข้อมูลภาพที่มีบิตเรตต่ำได้ นอกเหนือจากการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยวิธีการแปลงข้อมูลไปในโดเมนอื่นๆ เช่น ดีซีที (Discrete Cosine Transform : DCT) ที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูลภาพในมาตรฐาน เจพีอีจี (JPEG) หรือวิธีการแปลง ข้อมูลแบบเวฟเลต (Wavelet Transform) ที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูลภาพในมาตรฐาน เจพีอีจี 2000 (JPEG2000) การบีบอัดข้อมูลภาพจะทำการบีบอัดข้อมูลที่มีค่าใกล้เคียงกันหรือซ้ำซ้อนกันในโดเมน สเปเทียล (Spatial Domain) ส่วนในกรณีภาพเคลื่อนไหว หรือภาพวีดีโอนั้นจะสามารถลดปริมาณ ข้อมูลในโดเมนเทมโพลัล (Temporal Domain) ได้โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมของภาพที่อยู่ ใกล้เคียงกัน และทำการประมาณการเปลี่ยนแปลงระหว่างเฟรมนั้นๆ โดยการบีบอัดข้อมูลในโดเมน เทมโพลัลก็จะบันทึกเพียงแต่ข้อมูลองค์ประกอบของการประมาณการเคลื่อนที่เท่านั้น เช่นเวกเตอร์ ของการเคลื่อนที่จากเฟรมอ้างอิง (Reference Frame) ไปยังเฟรมปัจจุบัน (Current Frame) ซึ่งการ บันทึกเพียงแต่องค์ประกอบของการประมาณการเคลื่อนที่จะช่วยให้การบีบอัดข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

การประมาณการเคลื่อนที่ระหว่างเฟรมของการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยวิธีการแปลงข้อมูลนั้นมี การคิดค้น พัฒนา และนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่นในการบีบอัดข้อมูลวีดีโอชนิด เอ็มพีอีจี-1 (MPEG-1) เอ็มพีอีจี-2 (MPEG-2) เอ็มพีอีจี -4 (MPEG-4) เอช 261 (H261) เอช 263 (H263) และ เอช 264 (H264) เป็นต้น แต่การประมาณการเคลื่อนที่ระหว่างเฟรมของการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยวิธี การสร้างเมชนั้นมีอยู่จำนวนน้อย ทั้งส่วนใหญ่ยังนำมาใช้เพื่อการประมาณการเคลื่อนที่ระหว่างเฟรม ที่มีการบีบอัดในลักษณะการแบ่งข้อมูลภาพเป็นบล็อก (Block-Based Coding) ทั้งสิ้น ไม่ใช่สำหรับ การบีบอัดข้อมูลภาพด้วยวิธีการสร้างภาพจากเมช

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ

- เพื่อพัฒนาการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดที่สร้างภาพจากเมช
- เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการที่คิดค้นขึ้นกับวิธีการที่มีอยู่เดิม
- เพื่อนำวิธีการที่นำเสนอไปใช้กับภาพเคลื่อนไหวที่มีอัตราบิตต่ำ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

1.3 คำถามการวิจัย

- วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่ใช้อยู่ปัจจุบันสามารถนำมาใช้กับภาพเคลื่อนไหวชนิดที่สร้างภาพจากเมชได้หรือไม่ ถ้าได้ทำอย่างไร ?
- วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่จะนำเสนอจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการที่มีอยู่เดิมอย่างไร ?
- วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่จะนำเสนอจะสามารถนำมาใช้กับภาพเคลื่อนไหวชนิดที่ใช้เทคนิคการทรานซ์ฟอร์มได้หรือไม่ ถ้าได้ทำอย่างไร?

1.4 สมมุติฐานการวิจัย

- วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่ใช้อยู่ปัจจุบันเมื่อนำมาใช้กับภาพเคลื่อนไหวชนิดที่สร้างภาพจากเมช จะไม่สามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีได้
- วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่จะนำเสนอจะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการที่มีอยู่เดิมสำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดที่สร้างภาพจากเมช
- วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่จะนำเสนอจะสามารถนำมาใช้กับภาพเคลื่อนไหวชนิดที่ใช้เทคนิคการทรานซ์ฟอร์มได้โดยทำการปรับค่าองค์ประกอบบางประการ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- กลุ่มเป้าหมาย

การบีบอัดข้อมูลภาพ ด้วยวิธีการสร้างเมช และการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพ เคลื่อนไหวชนิดที่สร้างภาพจากเมชที่ข้อมูลภาพมีอัตราบิตต่ำ

- เนื้อหาของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดที่สร้างภาพจากเมช โดยจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีที่เสนอในงานวิจัยกับวิธีการอื่น ๆ ในงานวิจัยใกล้เคียงที่มีอยู่แล้ว

1.6 นิยามศัพท์

- Motion Estimation (ME) การประมาณการเคลื่อนที่ในภาพเคลื่อนไหว
- Motion Compensation (MC) การชดเชยภาพเคลื่อนไหว
- Image Compression การบีบอัดข้อมูลภาพ
- Mesh-based Video ภาพเคลื่อนไหวที่มีการสร้างภาพจากเมช

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

- Low Bit-rate Video ภาพเคลื่อนไหวที่มีอัตราบิตต่ำ
- Block-Based Compression การบีบอัดในลักษณะการแบ่งข้อมูลภาพเป็นบล็อก
- Transform Coding การเข้ารหัสชนิดการแปลงโดเมน
- Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) อัตราส่วนสัญญาณสูงสุดต่อสัญญาณรบกวน

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่วิจัย

การเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวด้วยการแปลงโดเมนของภาพเช่นที่ใช้ใน มาตรฐานเอ็มพีอีจี-1 (MPEG-1) (Rao and Hwang, 1996) นั้น สามารถลดปริมาณข้อมูลที่ซ้ำซ้อนระหว่างเฟรมของภาพที่อยู่ใกล้กัน ด้วยการประมาณการเคลื่อนที่ (motion estimation) และการชดเชยการเคลื่อนที่ (motion compensation) วิธีการในการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับการเข้ารหัสภาพด้วยการแปลงโดเมนได้ ถูกนำเสนอเป็นจำนวนมากและได้มีการรวบรวมไว้ในหนังสือ Video Coding: an Introduction to Standard Codecs ที่แต่งโดย Ghanbari M. (Ghanbari, 1999) วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่นิยมใช้มากในการเข้ารหัสวีดีโอมาตรฐานทั่วไป คืออัลกอริทึมการเทียบความเหมือนข้อมูลในบล็อก (block matching algorithm: BMA) โดยบล็อกขนาด M x N พิกเซลในเฟรมภาพอ้างอิงถูกนำไปค้นหาเพื่อเทียบความเหมือนในเฟรมภาพปัจจุบัน โดยตำแหน่งที่ถูกเลือกคือตำแหน่งที่ให้ค่ากำลังสองของความผิดพลาดเฉลี่ย หรือเรียกว่าเอ็มเอสอี (mean square error : MSE) น้อยที่สุด

นอกเหนือจากการใช้วิธีการ BMA แล้วก็มีนักวิจัย (Huang and Hsu, 1994), (Nakaya and Harashima, 1994), (Altunbasak, 1997-1), (Altunbasak and Tekalp, 1997-2), (Tekalp et al., 1998), (Beek et al., 1999) ได้เสนอวิธีการการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้เมชสำหรับภาพเคลื่อนไหวที่เข้ารหัสภาพด้วยการแปลงโดเมนโดยใช้การบอกค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเครือข่ายรูปสามเหลี่ยมหรือรูปสี่เหลี่ยม แทนที่การใช้บล็อกขนาด M x N เมื่อภาพมีการเคลื่อนไหวรูปร่างของเครือข่ายรูปสามเหลี่ยมหรือรูปสี่เหลี่ยมก็จะเปลี่ยนแปลงตาม ซึ่งจะส่งค่าเพียงแต่ตัวแปรโหนดของเครือข่ายเท่านั้นส่วนพื้นผิวของภาพ (texture) ของภาพที่จะสร้างขึ้นใหม่จะใช้เทคนิคการแปลงเอฟฟายน์ (affine transform) ในการสร้างภาพ (Fuh and Maragos, 1991)

ในส่วนของการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากเมชนั้นยัง ไม่มีผู้วิจัยเสนอแนวทางมากนัก มีเพียง Baum และ Speidel (Buam and Speidel, 2000) ได้เสนอวิธี การไว้ชื่อวิธีการว่าโหนดแทร็กกิ้ง (node tracking) ซึ่งวิธีการนี้จะใช้หลักการของการเพิ่ม ลด และ เคลื่อนตำแหน่งของโหนดในเฟรมภาพปัจจุบัน เมื่อเทียบกับเฟรมภาพอ้างอิง โดยจะส่งข้อมูลโหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเฟรมภาพเท่านั้น แต่วิธีการนี้จะมีข้อเสียคือใช้เวลาในการคำนวณมาก

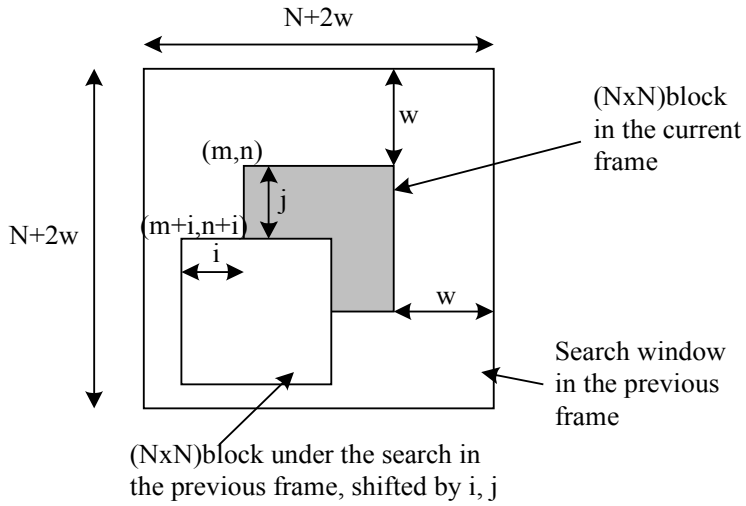
มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

2.2 ทฤษฎีที่รองรับเรื่องที่วิจัย

2.2.1 การประมาณการเคลื่อนที่ภาพเคลื่อนไหว

การเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวเป็นการลดปริมาณการส่งผ่านหรือการจัดเก็บข้อมูลภาพเคลื่อนไหว โดยอาศัยหลักการที่ความต่างของภาพที่อยู่ในเฟรมติดกันจะมีความคล้ายกันมาก ดังนั้นการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวในเฟรมภาพติดกันจึงทำการเข้ารหัสส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงของเฟรมภาพเท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นหากสามารถประมาณการเคลื่อนที่ภาพเคลื่อนไหวได้ ก็จะสามารถลดปริมาณการเข้ารหัสภาพได้ดียิ่งขึ้น (Clarke, 1995)

การประมาณการเคลื่อนที่ภาพเคลื่อนไหวที่นิยมใช้มากในการเข้ารหัสวีดีโอมาตรฐานทั่วไป คืออัลกอริทึมการเทียบความเหมือนข้อมูลในบล็อก (block matching algorithm: BMA) ซึ่งได้ถูกแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1: แสดงการเทียบความเหมือนข้อมูลในบริเวณที่ทำการค้นหา

โดยบล็อกขนาด M x N พิกเซลในเฟรมภาพอ้างอิงถูกนำไปค้นหาเพื่อเทียบความเหมือนในเฟรมภาพที่สนใจ ซึ่งในการคำนวณอาจใช้บล็อกที่มีขนาดกว้างและยาวเท่ากันคือ N x N ได้ โดยตำแหน่งที่ถูกเลือกคือตำแหน่งที่ให้ค่ากำลังสองของความผิดพลาดเฉลี่ย หรือเรียกว่าเอ็มเอสอี (mean square error : MSE) น้อยที่สุด ฟังก์ชั่นของเอ็มเอสอีแสดงดังสมการ (2.1)

$$M(i,j)=\frac{1}{N^2}\sum_{m=1}^{N}\sum_{n=1}^{N}(f(m,n)-g(m+i,n+j))^2 \quad , \; -w\le i,j\le w \qquad (2.1)$$

โดย $M(i, j)$ คือ ค่าเอ็มเอสอี ของการคำนวณระหว่างเฟรม $f()$ และ $g()$

N คือ ความกว้างของบล็อก

m, n คือ ตำแหน่งบนเฟรม

i, j คือ ตำแหน่งของบล็อกที่เคลื่อนที่ไป

w คือ พื้นที่ในการค้นหา

อัลกอริทึมของการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การเปรียบเทียบความเหมือนข้อมูลในบล็อกถูกนำเสนอไว้แล้วหลายวิธี (Ghanbari, 1999) เช่น

- Block Matching Motion Estimation ใช้หลักการการค้นหาแบบสมบูรณ์ (full search) ซึ่งจำเป็นต้องใช้จำนวนการประมวลผลมากที่สุด
- Fast Block Matching Motion Estimation มีการวิจัยหลายงานในการทำการค้นหาให้เร็วยิ่งขึ้นเช่น a two-dimensional logarithmic (TDL) (Jain and Jain, 1981), a three-step search (TSS) (Koga *et al.*, 1981), a modified motion estimation algorithm (MMEA) (Kappagantula and Rao, 1983), a conjugate direction search (CDS) method (Srinivasan and Rao, 1984), the cross-search algorithm (CSA) (Ghanbari, 1990) เป็นต้น

2.2.2 การเข้ารหัสภาพด้วยการสร้างภาพจากเมช

การสร้างภาพจากเมชอาศัยหลักการทำอินเตอร์โปเลต (interpolation) ค่าความสว่างและค่าสีของแต่ละโหนดในเมชเพื่อเติมเต็มพื้นผิวในภาพ (Kocharoen et al., 2005-2) โดยการสร้างเมชนั้น สามารถทำได้หลายวิธี แต่ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคการสร้างเมชสามเหลี่ยมแบบเดลเลาเนย์ (Delaunay) (Davoine and Chassery, 1994) เนื่องจากเทคนิคในการสร้างเมชนี้ไม่จำเป็นจะต้องส่งข้อมูลของเมชต้นทาง เพียงแค่บอกตำแหน่งของแต่ละโหนด ที่ปลายทางสามารถสร้างเมชขึ้นมาใหม่โดยมีโครงสร้างของเมชเหมือนกันกับโครงสร้างของเมชต้นทางทุกประการ (Bowyer, 1981) และ (Rebay, 1993)

ในการสร้างเมชนั้นมีทั้งการสร้างเมชแบบกระจายสม่ำเสมอ (uniform) และแบบไม่สม่ำเสมอชนิดปรับตัวได้ (adaptive) ซึ่งในแบบหลังจะให้ประสิทธิภาพในการเข้ารหัสภาพมากกว่า โดยการสร้างเมชแบบไม่สม่ำเสมอมีหลายวิธีเช่น

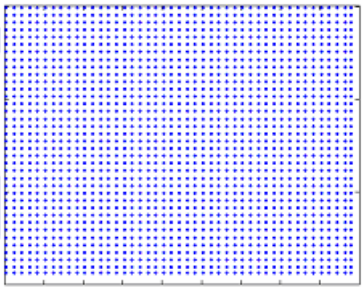
- The quadtree method (Wang and Lee, 1996-1), (Wang *et al.*, 1996-2) จะสร้างเมช ในลักษณะกระจายโครงสร้างเมชย่อยละเอียดทีละสี่ส่วนในบริเวณที่มีรายละเอียดเพิ่ม
- García method (García, 2000) จะสร้างเมชที่มีความละเอียดมากในบริเวณที่มีค่าเคอร์เวเจอร์ (curvature) มาก และสร้างเมชน้อยในบริเวณอื่น

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

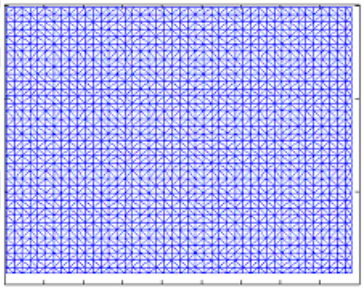
- Wolberg method (Wolberg, 1997) อาศัยการสร้างเมชแบบกระจายสม่ำเสมอร่วมกับการหาขอบภาพ
- Yang method (Yang, 2004) เป็นการสร้างเมชแบบปรับตัวได้ที่อาศัยอัลกอริทึมการแปลงภาพไบนารี่แบบ Floyd-Steinberg error-diffusion (Floyd and Steinberg, 1976), ในการจัดวางตำแหน่งของโหนดให้กระจายตัวในบริเวณที่มีสีขาวมาก และให้วางตำแหน่งของโหนดหนาแน่นในบริเวณที่มีสีดำมาก
- Adaptive thinning method (Demaret and Iske, 2003) เป็นการสร้างโหนดแบบกระจายตัวสม่ำเสมอก่อน จากนั้นจึงใช้หลักการของการกำจัดโหนดแบบกรีดดี้ (greedy point removal schemes) เพื่อลดจำนวนโหนดที่มีความสำคัญน้อยออกไป
- The Mesh Based Interpolative Coding Method (Baum and Speidel, 2000) เป็นวิธีการสร้างเมชโดยการเพิ่ม ลด เคลื่อนย้ายโหนด ในโครงสร้างเมชเริ่มต้นแบบกระจายตัวสม่ำเสมอ
- Feature filtering method (Kocharoen, 2005-1) เป็นการสร้างเมชโดยอาศัยการวางตำแหน่งของโหนดในบริเวณที่มีรายละเอียดของภาพ และบริเวณขอบภาพด้วยการใช้ฟิลเตอร์กรองลักษณะเด่น จากนั้นจึงใช้เทคนิคการกำจัดโหนดที่มีความสำคัญน้อยออก

ภาพด้านล่างต่อไปนี้แสดงถึงหลักการทั่วไปของการสร้างภาพจากเมช

ภาพที่ 2.2: ภาพ 'Claire' ต้นฉบับ

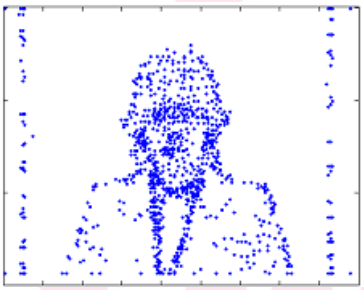


ภาพที่ 2.3: โหนดแบบสม่ำเสมอ

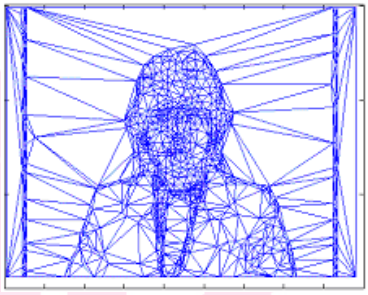


ภาพที่ 2.4: เมชแบบสม่ำเสมอ

ภาพที่ 2.5: การสร้างภาพโดยการอินเตอร์โปเลต
โดยใช้เมชแบบสม่ำเสมอ



ภาพที่ 2.6: โหนดแบบปรับตัวได้



ภาพที่ 2.7: เมชที่สร้างจากโหนดแบบปรับตัวได้

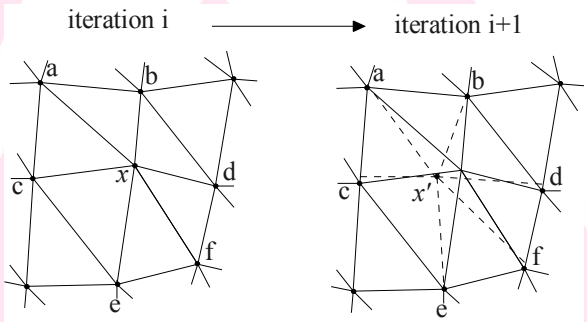
ภาพที่ 2.8: ภาพที่สร้างจากเมชแบบปรับตัวได้

2.3 ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมาณการเคลื่อนที่โดยอาศัยพื้นฐานจากเมช (Mesh-based Motion Estimation) ได้ถูกนำเสนอโดย Nakaya และ Harashima (Nakaya and Harashima, 1994) ซึ่งอาศัยอัลกอริทึมการเปรียบเทียบรูปหกเหลี่ยม (Hexagonal Matching Algorithm) โดยมีขั้นตอนในการหาเวกเตอร์การเคลื่อนที่สองขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกจะอาศัยการประมาณค่าโดยประมาณด้วยวิธีการเปรียบเทียบความเหมือนข้อมูลในบล็อก (BMA) หลังจากนั้นจึงจะเข้าสู่ขั้นตอนการเปรียบเทียบโดยใช้รูปหกเหลี่ยม โดยให้คงตำแหน่งของโหนดข้างเคียงรอบๆ โหนด x นั่นคือ a, b, c, d, e, f ดังแสดงในภาพที่ 2.9 และทำการย้ายตำแหน่ง x' ไปยังจุดต่างๆ เพื่อหาตำแหน่งของ x' ที่ให้ค่าความแตกต่าง

ต่ำสุดเทียบกับภาพอ้างอิงเมื่อทำการสร้างภาพจากจุดดังกล่าว แต่วิธีการนี้ก็มีข้อด้อยคือ วิธีการนี้จะใช้เมชชนิดสม่ำเสมอ ซึ่งจะไม่สามารถทำการประมาณการเคลื่อนที่ของภาพในส่วนที่มีรายละเอียดมากๆได้ อีกทั้งยังเสียเวลาในการประมวลผลนานอีกด้วย

การสร้างภาพที่เกิดจากการย้ายตำแหน่งโหนดนั้นสามารถสร้างได้จากการใช้เทคนิกการวาร์ป (warp) ซึ่งทำการย้ายข้อมูลภายในรูปหกเหลี่ยมในเฟรมภาพอ้างอิง ไปยังเฟรมภาพปัจจุบันด้วยวิธีการแปลงแอฟฟายน์ (affine transform) (O'Rourke, 1998)



ภาพที่ 2.9: การประมาณการเคลื่อนที่ นำเสนอโดย
Nakaya และ Harashima (Nakaya and Harashima, 1994)

หลังจากนั้นวิธีการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้โครงสร้างเมชสองมิติ (hierarchical 2D mesh tracking) (Beek et al., 1999) ก็ถูกนำเสนอโดยใช้โครงสร้างเมชที่มีลักษณะหยาบ และละเอียด โดยประมาณการเคลื่อนที่ในส่วนที่เป็นพื้นผิวก็จะใช้โครงสร้างเมชที่หยาบ แต่ในส่วนที่มีสาระสำคัญของภาพก็จะใช้โครงสร้างเมชที่ละเอียดขึ้น (content-based meshes) ซึ่งเทคนิคนี้จะช่วยลดการประมวลผลลงได้

การประมาณการเคลื่อนไหวจากเมชอีกชนิดหนึ่งคือ การเปรียบเทียบโดยใช้สามเหลี่ยมมุมฉาก (mesh-based square-matching algorithm (MB-SMA)) โดย (Sayed and Badawy, 2006) โดยวิธีการนี้จะลดการประมวลผลลงได้มากโดยที่สามารถคงค่าสัญญาณ PSNR ไว้ให้คงที่ได้

ทั้งหมดที่กล่าวไปข้างต้นนั้นเป็นการประมาณการเคลื่อนที่ภาพเคลื่อนไหวโดยใช้พื้นฐานจากเมชสำหรับการเข้ารหัสภาพด้วยการแบ่งส่วนภาพ (block-based) สำหรับในส่วนของการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากเมชนั้น ยังไม่มีการนำเสนอมากนัก มีเพียง Baum และ Speidel (Buam and Speidel, 2000) ได้เสนอวิธีการโหนดแทร็กกิ้ง (node tracking) ไว้ ซึ่งวิธีการนี้จะใช้หลักการของการเพิ่ม ลด และ เคลื่อนตำแหน่งของโหนดในเฟรมภาพปัจจุบัน เมื่อเทียบกับเฟรมภาพอ้างอิง เมื่อทำการเพิ่ม ลด หรือเปลี่ยนตำแหน่งโหนดใดๆ ก็จะมีการปรับปรุงโครงสร้างของเมชในบริเวณนั้นๆ และทำการคำนวณค่าพื้นผิวภาพใน

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บริเวณที่เมชเปลี่ยนแปลงด้วยการอินเตอร์โปเลตค่าสีระหว่างโหนดที่มีการเปลี่ยนแปลง จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบและใช้ค่าตำแหน่งของโหนดที่ให้ค่าความผิดเพี้ยนเมื่อเทียบกับเฟรมอ้างอิงน้อยที่สุดในการหาค่าเวคเตอร์การเคลื่อนที่ (motion vector) ของโหนดที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในการเข้ารหัสระหว่างเฟรมก็จะส่งข้อมูลเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของโหนดที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเฟรมภาพเท่านั้น แต่วิธีการนี้จะมีข้อเสียคือใช้เวลาในการคำนวณมากเนื่องจากจำเป็นจะต้องคำนวณค่าในแต่ละโหนดในทุกๆทิศทางของการเปลี่ยนตำแหน่ง รวมทั้งการเพิ่ม หรือลดโหนดอีกด้วย

2.4 สรุป

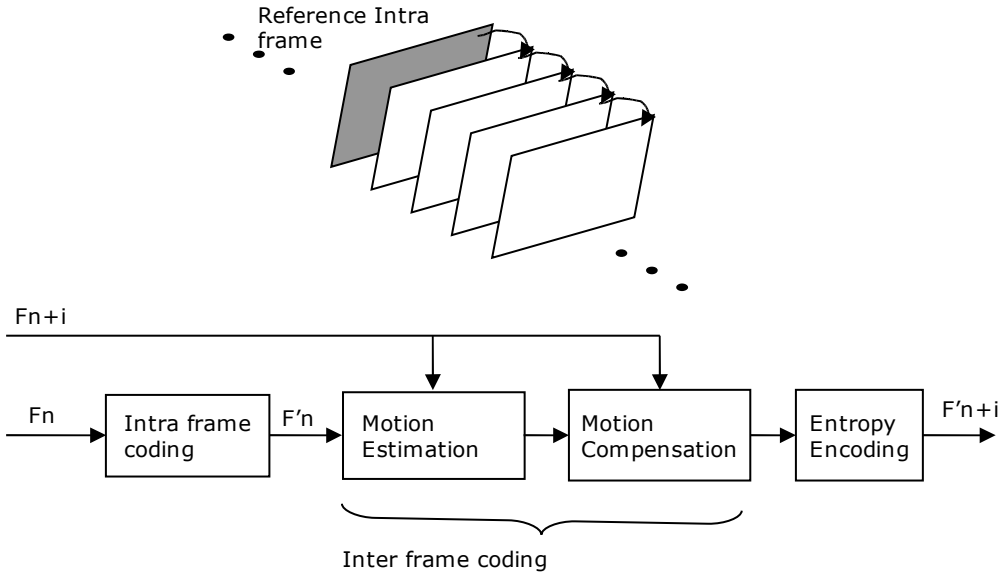
การประมาณการเคลื่อนที่ภาพเคลื่อนไหวส่วนมากจะใช้วิธีการเปรียบเทียบความเหมือนข้อมูลในบล็อก ซึ่งก็ถูกนำไปใช้ในมาตราฐานการเข้ารหัสข้อมูลภาพเคลื่อนไหวเช่น MPEG-1, MPEG-2 หรือ MPEG-4 เป็นต้น และการประมาณการเคลื่อนที่ภาพเคลื่อนไหวโดยใช้พื้นฐานจากเมชสำหรับการเข้ารหัสภาพด้วยการแบ่งส่วนภาพ (block-based) ก็ถูกนำเสนอเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ดีขึ้น แต่ในส่วนของการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากเมชนั้นยังมีการนำเสนอวิธีการอยู่อย่างจำกัด และยังไม่ได้รับการพัฒนาวิธีการอย่างจริงจัง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

การประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากการแปลงโดเมนนั้น จะมีรูปแบบดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1: การประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหว
ชนิดการสร้างภาพจากการแปลงโดเมน

การประมาณการเคลื่อนที่จะอาศัยการสร้างภาพเฟรมที่สนใจ (Fn+i) ด้วยการใช้ข้อมูลจากเฟรมอ้างอิง (Fn) และเมื่อใช้การเข้ารหัสภาพนิ่งเพื่อลดปริมาณข้อมูล (Intra-frame coding) เฟรมภาพที่ได้มาใหม่คือเฟรม F'n การประมาณการเคลื่อนที่ (Motion estimation) จึงอ้างอิงจากเฟรม F'n การประมาณการเคลื่อนที่ มีขั้นตอนดังนี้คือ ภาพในเฟรมอ้างอิงจะถูกแบ่งเป็นส่วนภาพย่อยๆ ขนาด 8x8 พิกเซล จากนั้นนำส่วนย่อยๆไปเปรียบเทียบกับภาพในเฟรม Fn+i โดยทำการเปรียบเทียบเพื่อหาตำแหน่งที่ให้ค่าความแตกต่าง (mean square error: mse) ต่ำที่สุด เวกเตอร์ตำแหน่งของบล็อกย่อยที่ต่างจากเฟรมอ้างอิงจะเรียกว่า เวกเตอร์การเคลื่อนที่ (motion vector) ในขั้นตอนนี้จะต้องทำการเปรียบเทียบทุกส่วนภาพย่อยในเฟรมภาพเพื่อหาเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของทุกๆบล็อกส่วนภาพ ในการส่งผ่านข้อมูลก็จะใช้เพียงข้อมูลเฟรมภาพอ้างอิง และข้อมูลเวกเตอร์การเคลื่อนที่

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATHUM UNIVERSITY

ของภาพเพื่อการสร้างภาพเคลื่อนไหวในเฟรมภาพถัดๆไป แต่การส่งผ่านข้อมูลเพียงเท่านี้จะให้คุณภาพที่ต่ำ ภาพที่ได้จะขาดความต่อเนื่อง มีลักษณะเป็นบล็อกๆ

เพื่อเพิ่มคุณภาพของภาพเคลื่อนไหว จึงเพิ่มในส่วนการชดเชยภาพขึ้น (Motion compensation) การชดเชยภาพจะทำโดยการนำเฟรมภาพที่ได้จากการสร้างภาพด้วยการใช้เวกเตอร์ของบล็อกภาพมาหักลบกับภาพในเฟรมปัจจุบัน ส่วนที่ได้จากกระบวนการนี้เรียกว่าส่วนเหลือ (residue) ส่วนเหลือจะถูกนำไปใช้ในการชดเชยภาพ ซึ่งจะต้องทำการลดปริมาณข้อมูลส่วนเหลือก่อนด้วยกระบวนการแปลงโดเมน และการทำการเข้ารหัสข้อมูล

สำหรับภาพที่อาศัยการสร้างภาพจากเมชนั้น มีลักษณะของการสร้างภาพต่างจากกระบวนการสร้างภาพด้วยการแปลงโดเมนและแบ่งส่วนภาพในมาตรฐานเอ็มพีอีจี (MPEG) ที่ใช้การสร้างภาพจากบล็อกข้อมูลขนาดเล็กๆประกอบกันเป็นภาพ ส่วนการสร้างภาพจากเมชจะทำการสร้างภาพจากการเติมเต็มพิกเซลภาพด้วยการอินเตอร์โปเลตค่าสีของโหนด ดังนั้นวิธีการประมาณการเคลื่อนที่แบบเดิมจึงไม่สามารถนำมาใช้กับเทคนิคการสร้างภาพจากเมชได้โดยตรง งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวชนิดการสร้างภาพจากเมช สองวิธีคือ วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ มีหลักการคล้ายกับวิธีการที่ใช้ในการสร้างภาพที่เป็นบล็อก และวิธีการประมาณการเคลื่อนที่และชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด

3.2 นิยามฟังก์ชั่นในการสร้างภาพจากเมช

การสร้างภาพจากเมชใช้ฟังก์ชั่นเช่นเดียวกับที่แสดงใน (Kocharoen et al., 2005a) โดยให้ $\boldsymbol{D}$ คือสามเหลี่ยมเดลเลาเน่ย์ (Delaunay triangle) (Bowyer, 1981) ที่มีจำนวนเท่ากับ $\boldsymbol{M}$ นั่นคือ $\boldsymbol{D}_m$, m = 1,2,3,..., $\boldsymbol{M}$ สามเหลี่ยมเหล่านี้จะไม่ซ้อนทับกัน และมีพื้นที่เท่ากับพื้นที่ของเฟรมภาพ การแสดงค่าสีหรือค่าความเข้มในแต่ละพิกเซลภายในสามเหลี่ยมทำโดยการอินเตอร์โปเลต (Amidror, 2002) ในสมการนี้แทนด้วย $\boldsymbol{T}$ ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของตำแหน่งและค่าสีหรือค่าความเข้มของโหนด สำหรับการสร้างภาพจากเมชนั้นต้องทำการอินเตอร์โปเลตเพื่อหาค่าสีหรือความเข้มทุกพิกเซลของเฟรมภาพ จึงต้องทำการอินเตอร์โปเลตสามเหลี่ยมเดลเลาเน่ย์ $\boldsymbol{D}_m$ ทั้งหมด ดังสมการ (3.1)

$$\boldsymbol{g}(x) = \boldsymbol{T}(\boldsymbol{f}(x_n), \boldsymbol{D}_m) \qquad (3.1)$$

โดย

$\boldsymbol{f}(x_n)$ คือ ฟังก์ชั่นของตำแหน่งและค่าสีหรือค่าความเข้มของโหนด x_n

x_n คือ ค่าโหนดองค์ประกอบของสามเหลี่ยม n = 1,2,3 ของสามเหลี่ยมเดลเลาเน่ย์ $\boldsymbol{D}_m$

$\boldsymbol{g}(x)$ คือ ค่าสีหรือค่าความเข้มในแต่ละพิกเซลภายในสามเหลี่ยมที่ได้จากการอินเตอร์โปเลต

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

ภาพที่สร้างขึ้นจะแสดงดังสมการ (3.2)

$$\hat{\boldsymbol{f}}(x) = \sum_{m=1}^{M} \boldsymbol{g}_m(x) \qquad (3.2)$$

การประมาณการเคลื่อนที่ของเฟรมภาพสำหรับภาพที่สร้างจากเมชนั้น จะใช้ฟังก์ชั่นการสร้างภาพดังสมการข้างต้นในการสร้างเฟรมภาพอ้างอิง และเฟรมภาพอื่นๆ โดยเฟรมภาพอื่นๆนั้นจะอาศัยการเลื่อนตำแหน่ง เพิ่ม หรือลด โหนด ซึ่งเทียบกันกับเฟรมอ้างอิง และทำการส่งความต่างของโหนดในรูปของเวกเตอร์การเคลื่อนที่ โดยการประมาณการเคลื่อนที่ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้แสดงในหัวข้อต่อไป

3.3 วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ

บล็อกไดอะแกรมของวิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพในส่วนการเข้ารหัสแสดงดังภาพที่ 3.2 และบล็อกไดอะแกรมของการถอดรหัส แสดงดังภาพที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมดังภาพทั้งสองแสดงการทำงานของการเข้ารหัสภาพทั้งในส่วนเฟรมภาพนิ่ง (Intra-frame) และเฟรมภาพเคลื่อนไหว (Inter-frame) โดยในการทำงานนี้จะเริ่มต้นจากในส่วนเฟรมภาพนิ่ง สวิตช์จะเลื่อนอยู่ในตำแหน่ง Intra-frame จากนั้นกระบวนการสร้างภาพและเข้ารหัสภาพแบบเมชจะดำเนินการเพื่อสร้างเฟรมอ้างอิง กระบวนการนี้เริ่มจากบล็อก SG และ SC โดยทำการสร้างโหนดเริ่มต้น (Initial node) และทำการเพิ่ม ลด หรือย้ายตำแหน่งโหนด เพื่อให้ได้จำนวนโหนดและคุณภาพของเฟรมภาพตามที่ต้องการ จำนวนกลุ่มโหนดสุดท้ายที่ได้ จะนำไปใช้ในการสร้างภาพกลับคืนมาโดยการทำการอินเตอร์โปเลตค่าสีหรือความเข้มเพื่อเติมเต็มค่าพิกเซลระหว่างโหนดนั้นๆ

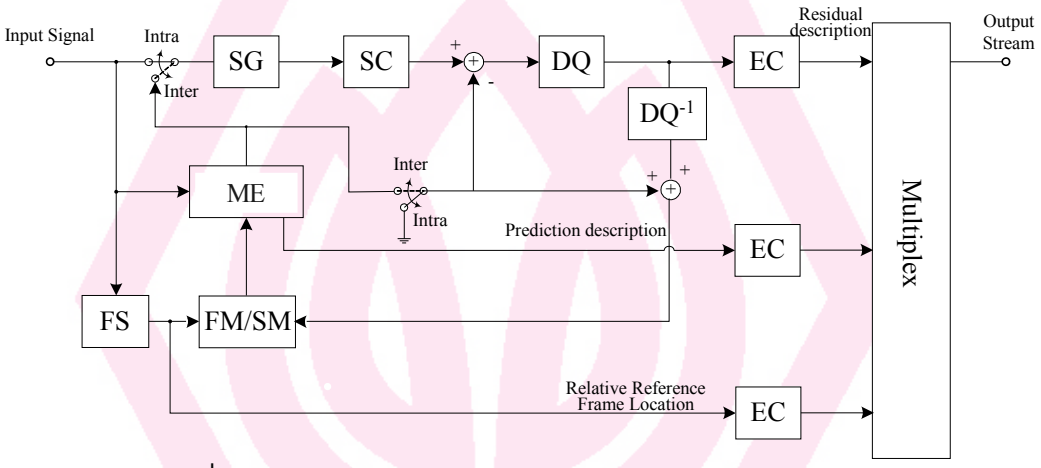
เมื่อได้ตำแหน่งของโหนด และค่าสีหรือความเข้มของแต่ละโหนดแล้ว จะผ่านกระบวนควอนไตซ์และการเข้ารหัสเอนโทรปี้เพื่อลดปริมาณบิตที่จะนำมาใช้ในการแสดงข้อมูลโหนดเหล่านี้ อีกส่วนหนึ่งของข้อมูลโหนดของเฟรมภาพนี้จะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำเพื่อนำไปใช้เป็นเฟรมอ้างอิงสำหรับการเข้ารหัสระหว่างภาพต่อไป

การประมาณการเคลื่อนที่ของภาพจะใช้เฟรมภาพที่ได้ในขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อเป็นเฟรมภาพอ้างอิง กระบวนการจะเป็นดังนี้ สวิตช์จะเลื่อนอยู่ในตำแหน่ง Inter-frame บล็อก ME จะทำการประมาณการเคลื่อนที่ของเฟรมภาพปัจจุบันกับเฟรมอ้างอิงโดยใช้การประมาณการเคลื่อนที่ด้วยการเลื่อนบล็อก (Block-based motion estimation) ซึ่งจะให้โหนดของเฟรมอ้างอิงวางในตำแหน่งกึ่งกลางบล็อก และทำการเลื่อนบล็อกส่วนภาพของเฟรมอ้างอิงเทียบกับเฟรมภาพปัจจุบันตำแหน่งที่ให้ค่าความแตกต่าง (mse) ต่ำที่สุด ทำการเปรียบเทียบทุกส่วนภาพย่อยในเฟรมภาพเพื่อหาเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของทุกๆบล็อกส่วนภาพ ดังนั้นตำแหน่งของโหนดในเฟรมภาพปัจจุบันจะสามารถหาได้โดยการรวมเวกเตอร์การเคลื่อนที่ที่คำนวณหาได้กับตำแหน่งโหนดของเฟรมอ้างอิง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

จากนั้นทำการสร้างภาพขึ้นมาใหม่จากข้อมูลโหนดที่คำนวณได้ด้วยการอินเตอร์โปเลตค่าสีหรือความเข้มเพื่อเติมเต็มค่าพิกเซลระหว่างโหนดนั้นๆ แล้วทำการลบกับเฟรมภาพปัจจุบันเพื่อคำนวณหาค่าส่วนเหลือ และนำไปลดปริมาณบิตด้วยการนำส่วนเหลือไปผ่านการแปลงโดเมนและเข้ารหัส

ข้อมูลที่จะต้องใช้ในกระบวนการแปลงภาพเคลื่อนไหวกลับคืนมีสามส่วนคือ 1. โหนดและพารามิเตอร์สีหรือความเข้มของโหนด 2. เวกเตอร์การเคลื่อนที่ของโหนด 3. ภาพส่วนเหลือที่จะนำไปชดเชย ข้อมูลทั้งหมดจะผ่านการเข้ารหัสเอ็นทรอปี้ และนำมารวมกัน

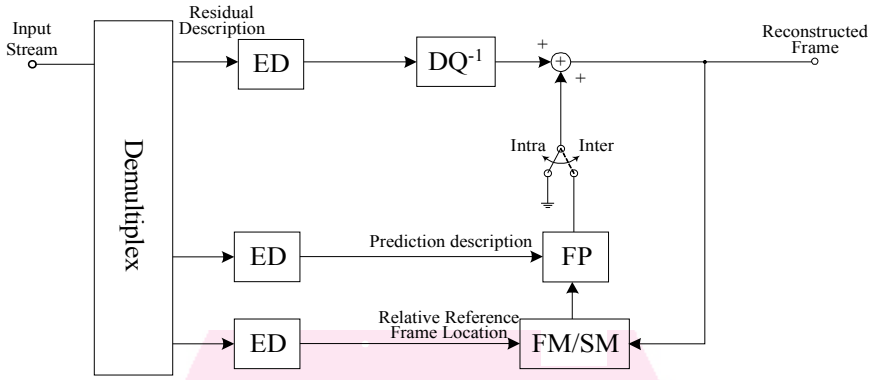


ภาพที่ 3.2: บล็อกไดอะแกรมในส่วนการเข้ารหัสของการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ

โดย DQ: Differential Quantizer FS: Reference frame selector
EC: Entropy Coder FM/SM: Frame and Sampling point Memory
SC: Node Scanner SG: Sampling point Generator
ME: Motion Estimator

สำหรับกระบวนการถอดรหัสและสร้างภาพกลับคืนมา จะมีกระบวนการดังที่แสดงในภาพที่ 3.3 ซึ่งกระบวนการสร้างภาพกลับจะทำได้โดยแยกส่วนของข้อมูลที่มัลติเพล็กซ์ออกเป็นสามส่วน จากนั้นทำการถอดรหัสเอ็นทรอปี้ ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลสามส่วน ส่วนแรกข้อมูลของโหนด จะถูกนำไปจัดวางตำแหน่งของโหนดและทำการอินเตอร์โปเลตค่าพิกเซลต่างๆที่อยู่ระหว่างโหนด เพื่อสร้างเป็นเฟรมภาพอ้างอิงขึ้นมา ส่วนที่สองคือข้อมูลเวกเตอร์การเคลื่อนที่ จะมาใช้ในการสร้างตำแหน่งโหนดในเฟรมภาพถัดมา ซึ่งจะได้เฟรมภาพถัดมาขั้นแรก ส่วนข้อมูลสุดท้ายคือค่าส่วนเหลือของข้อมูล จะถูกถอดรหัสและนำมารวมกับเฟรมภาพที่สร้างขึ้นในส่วนที่สอง เพื่อจะได้เฟรมภาพที่สมบูรณ์ และกระบวนการจะเป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATHUM UNIVERSITY

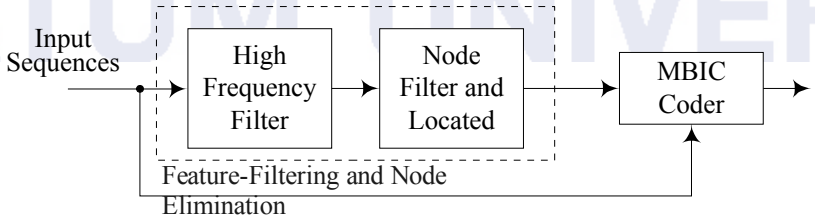


ภาพที่ 3.3: บล็อกไดอะแกรมในส่วนการถอดรหัสของการประมาณ
การเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ

โดย DQ: Differential Quantizer FS: Reference frame selector
ED: Entropy Decoder FM/SM: Frame and Sampling point Memory
FP: Frame Prediction

3.4 วิธีการประมาณการเคลื่อนที่และชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด

วิธีการนี้จะทำการประมาณการเคลื่อนที่ของเฟรมภาพและทำการชดเชยการเคลื่อนที่ของเฟรมภาพในขั้นตอนเดียวกัน ต่างจากวิธีก่อนหน้านี้ที่แยกกระบวนการทั้งสองออกจากกัน กระบวนการนี้นำหลักการการเลือกโหนดที่มีความสำคัญ (Kocharoen et al., 2005-2) มาใช้เป็นพื้นฐาน การเลือกโหนดที่มีความสำคัญถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการสร้างเมช โดยใช้หลักการการกรองคุณลักษณะ (Feature filtering) และการกำจัดโหนดที่มีความสำคัญน้อย (Node Elimination) ดังแสดงในภาพ 3.4 โดยในการประมาณการเคลื่อนที่จะประยุกต์หลักการดังกล่าวเพื่อกำหนดลักษณะของโหนดออกเป็นสองชนิดคือ โหนดที่อยู่กับที่ (Static node) และโหนดที่มีการเคลื่อนที่ (Dynamic node) โหนดที่อยู่กับที่คือโหนดที่อยู่ในตำแหน่งภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างเฟรมภาพปัจจุบันและเฟรมภาพอ้างอิง ส่วนโหนดที่มีการเคลื่อนที่คือโหนดที่มีอยู่ในตำแหน่งภาพที่มีความแตกต่างระหว่างเฟรมภาพทั้งสอง รายละเอียดของกระบวนการการประมาณการเคลื่อนที่ในแต่ละส่วน แสดงในหัวข้อต่อไป



ภาพที่ 3.4: บล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของการเลือกโหนดที่มีความสำคัญ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

3.4.1 การกรองคุณลักษณะ (Feature filtering)

สมการการกรองคุณลักษณะ แสดงดังสมการ (3.3)

$$\Phi(x_i,y_i) = \frac{\left|\nabla^2\mathbf{I}(x_i,y_i)\right|^{\gamma}}{\max\left|\nabla^2\mathbf{I}(x_i,y_i)\right|} > \tau \qquad (3.3)$$

โดย

∇ คือ the Laplacian operator,

$\boldsymbol{I}(x_i,y_i)$ คือ ค่าสีหรือค่าความเข้มของพิกเซล (x_i,y_i),

γ คือ ตัวปรับเซนซิติวิตี้ของตัวกรองคุณลักษณะ โดยปกติจะใช้ $\gamma = 1$,

τ คือ ระดับเทรดโชลด์ของตัวกรองคุณลักษณะ

กระบวนการ ∇ แสดงในสมการ (3.4)

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \qquad (3.4)$$

โดย

$$\begin{aligned}
\nabla^2 fxx(i,j) &= \tfrac{1}{2} f(i+1,j) - \tfrac{3}{2} f(i,j) + \tfrac{1}{2} f(i-1,j) \\
\nabla^2 fxy(i,j) &= \tfrac{1}{4}\left\{\begin{matrix} f(i+1,j+1) + f(i+1,j-1) \\ + f(i-1,j+1) + f(i-1,j-1) \end{matrix}\right\} \\
\nabla^2 fyy(i,j) &= \tfrac{1}{2} f(i,j+1) - \tfrac{3}{2} f(i,j) + \tfrac{1}{2} f(i,j-1)
\end{aligned} \qquad (3.5)$$

3.4.2 การกำจัดโหนดที่มีความสำคัญน้อย (Node Elimination)

การกำจัดโหนดที่มีความสำคัญน้อยมีหลักการง่าย ๆคือจะลบโหนดออกจากเฟรมภาพทีละโหนด จากนั้นจะทำการสร้างภาพใหม่จากโหนดที่มีอยู่และคำนวณหาค่าความแตกต่าง (mse) จากภาพก่อนหน้าที่จะลบโหนด หากค่าความแตกต่างไม่เปลี่ยนแปลงมาก จะหมายถึงโหนดนั้นมีความสำคัญน้อย โหนดนั้นจะถูกลบตลอดไป แต่หากโหนดใดทำให้ค่าความแตกต่างมีผลมาก แสดงว่าโหนดนั้นมีความสำคัญ โหนดดังกล่าวจะถูกนำกลับเข้ามาใหม่ ทำในลักษณะนี้จนครบทุกโหนดและทำซ้ำจากโหนดแรกอีกจนกว่าจำนวนโหนดที่เหลือจะเท่ากับที่ต้องการ หรือจนกว่าคุณภาพของเฟรมภาพเหลือจะเท่ากับที่กำหนด

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

3.4.3 การกำหนดลักษณะโหนด

กำหนดให้โหนด $\mathbf{x_i}=(x_i,y_i) \in \mathbf{X_N}$ และเซตของโหนด $\mathbf{X_N} = [\mathbf{x_1}, \mathbf{x_2},\ldots,\mathbf{x_n}]$ โดย N คือจำนวนโหนดทั้งหมด และเวกเตอร์การเคลื่อนที่ $mv = (dx_i,dy_i)$ การหาเวกเตอร์การเคลื่อนที่นี้จะเป็นขั้นตอนเบื้องต้นเท่านั้น จะใช้การหาเวกเตอร์การเคลื่อนที่ด้วยหลักการเปรียบเทียบความเหมือนของบล็อก (Block matching algorithm: BMA) โดยทำการเปรียบเทียบบล็อกส่วนของภาพขนาด 8x8 พิกเซลที่มีศูนย์กลางบล็อกอยู่บนตำแหน่งของแต่ละโหนด จากนั้นทำการเคลื่อนบล็อกไปรอบๆทุกๆทิศทางในพื้นที่ขนาด 16x16 พิกเซล ตำแหน่งใดที่มีค่าความแตกต่างระหว่างเฟรมภาพปัจจุบันและเฟรมภาพอ้างอิงต่ำที่สุด จะเป็นตำแหน่งที่บอกถึงเวกเตอร์การเคลื่อนที่ ซึ่งเวกเตอร์การเคลื่อนที่จะถูกนำไปใช้ในการกำหนดลักษณะโหนดสองชนิดคือ โหนดที่อยู่กับที่ และโหนดที่มีการเคลื่อนที่ โหนดที่อยู่กับที่จะมีเวกเตอร์การเคลื่อนที่เท่ากับศูนย์ ส่วนโหนดที่เวกเตอร์การเคลื่อนที่ไม่เท่ากับศูนย์จะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบว่าเข้าอยู่ในลักษณะโหนดที่มีการเคลื่อนที่หรือไม่

3.4.3.1 โหนดที่อยู่กับที่ (Static node)

โหนดที่อยู่กับที่ขั้นต้น $\mathbf{X}_{\text{n,init.static}}$ จะมีเวกเตอร์การเคลื่อนที่เท่ากับศูนย์ซึ่งสามารถเขียนได้ดังสมการ (3.6)

$$\mathbf{X}_{\text{n,init.static}} = \mathbf{X}_{\text{N}}(\boldsymbol{x_i}, mv)\big|_{mv=0} \tag{3.6}$$

ขั้นตอนต่อไปจะสร้างเมชสามเหลี่ยม และภาพขึ้นมาจากโหนดขั้นต้นนี้ แล้วเปรียบเทียบกับภาพอ้างอิงเพื่อหาค่าความแตกต่าง (mse) เราจะได้ค่าเปรียบเทียบนี้สองส่วน ส่วนหนึ่งจะมีค่าความแตกต่างต่ำ จะคงโหนดที่อยู่ในบริเวณนี้ให้เป็นโหนดที่อยู่กับที่ต่อไป อีกส่วนหนึ่งจะมีค่าความแตกต่างสูง โหนดที่อยู่ภายในบริเวณนี้จะถูกคัดออกและกำหนดลักษณะให้เป็นโหนดที่มีการเคลื่อนที่ต่อไป สมการการคัดแยกโหนดจากหลักการที่กล่าวมาเพื่อหา $\mathbf{X}_{\text{n,over}}$ และ $\mathbf{X}_{\text{n,static}}$ แสดงดังสมการ (3.7) และ (3.8)

$$\mathbf{X}_{\text{n,over}} = \mathbf{X}_{\text{N}}\left(\boldsymbol{x_i}, \overline{\eta}^2(\mathbf{D}_{\boldsymbol{m}}, \widetilde{\mathbf{D}}_{\boldsymbol{m}})\right)\Big|_{\overline{\eta}^2(\mathbf{D}_{\boldsymbol{m}}, \widetilde{\mathbf{D}}_{\boldsymbol{m}})>\mu_S} \tag{3.7}$$

$$\mathbf{X}_{\text{n,static}} = \mathbf{X}_{\text{n,init.static}} \setminus \mathbf{X}_{\text{n,over}} \tag{3.8}$$

โดย

$\mathbf{X}_{\text{n,over}}$ คือ โหนดที่มีค่าความแตกต่างเกินกว่าค่าเทรดโชลด์

μ_s คือ ค่าเทรดโชลด์ของความแตกต่างที่กำหนดขึ้น

$\mathbf{X}_{\text{n}} \setminus \mathbf{X}_{\text{n,over}}$ คือการคัด $\mathbf{X}_{\text{n,over}}$ ออกจากกลุ่ม $\mathbf{X}_{\text{n}}$

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

3.4.3.2 โหนดที่มีการเคลื่อนที่ (Dynamic node)

โหนดที่มีการเคลื่อนที่ $\mathbf{X}_{\text{n,dynamic}}$ หาได้จากสมการ (3.9) ซึ่งจะนำผลที่ได้จากการกรองคุณลักษณะภาพเฟรมปัจจุบันโดยสมการ (3.3) ผลที่ได้คือโหนดเบื้องต้นจำนวนหนึ่ง จากนั้นสร้างเมชโดยใช้โหนดที่อยู่กับที่ที่ได้จากสมการ (3.8) โหนดเบื้องต้นใดที่อยู่ภายในบริเวณเมชที่สร้างขึ้น ให้คัดออกจากรายการ จำนวนโหนดเบื้องต้นที่เหลืออยู่คือโหนดที่มีการเคลื่อนที่

$$\mathbf{X}_{\boldsymbol{n},\,\mathbf{dynamic}} = \Phi_{(x_i,\,y_i)}\big|_{\Phi_{(x_i,\,y_i)} \notin \text{ triangle area of } \mathbf{X}_{\boldsymbol{n},\,\mathbf{static}}} \tag{3.9}$$

เมื่อโหนดเบื้องต้นที่มีการเคลื่อนที่ $\mathbf{X}_{\text{n,dynamic}}$ ได้ถูกกำหนดขึ้น ปริมาณโหนดที่มีอยู่ในรายการมีจำนวนมาก ขั้นต่อไปคือการลดจำนวนโหนดที่มีความสำคัญน้อยออกไปโดยใช้เทคนิคการกำจัดโหนด ทำการลดโหนด $\boldsymbol{x}_i$ ทีละโหนดที่มีค่าความต่าง mse ต่ำกว่าค่าเทรดโชลด์ที่กำหนดไว้ สามารถเขียนได้ดังสมการ (3.10) สุดท้ายจะได้โหนดที่มีการเคลื่อนที่ $\mathbf{X}_{\text{n,dynamic}}$ เพื่อใช้ในการเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของโหนดต่อไป

$$\mathbf{X}_{(\text{n,dynamic})\,-\,\text{e}} = \mathbf{X}_{\text{n,dynamic}} \setminus \boldsymbol{x_i}\big|_{\bar{\eta}^2(\mathbf{D_m},\,\tilde{\mathbf{D}}_{\mathbf{m}}) < \mu_d} \tag{3.10}$$

โดย

$\boldsymbol{D_m}$ คือ สามเหลี่ยมเดลเลาเนย์ที่สร้างจากโหนดที่มีการเปลี่ยนแปลง $\boldsymbol{D}(\mathbf{X}_{\boldsymbol{n},\text{dynamic}})$,
$\boldsymbol{D}(\boldsymbol{X}_{\boldsymbol{n},dynamic} \setminus \boldsymbol{x_i})$ คือการคัด $\boldsymbol{x_i}$ ออกจากกลุ่ม $\mathbf{X}_{\mathbf{n},\text{dynamic}}$
μ_d คือ ค่าเทรดโชลด์ของความแตกต่างที่กำหนดขึ้น
$i = 1,2,\ldots, \max(\boldsymbol{X}_{\boldsymbol{n},\text{dynamic}})$,
e คือจำนวนโหนดที่ถูกคัดออก.

3.4.4 การประมาณการเคลื่อนที่ของโหนดที่ใช้การเคลื่อนตำแหน่งโหนด

เมื่อโหนดที่มีการเคลื่อนที่ $\mathbf{X}_{\text{n,dynamic}}$ ได้ถูกกำหนดขึ้น เวกเตอร์การเคลื่อนที่ของโหนดจะสามารถหาได้โดยการอ้างอิงตำแหน่งของโหนดที่ได้ในเฟรมปัจจุบัน กับโหนดที่อยู่ในเฟรมภาพอ้างอิง ค่าพารามิเตอร์ตำแหน่งโหนด เวกเตอร์การเคลื่อนที่ และสีหรือความเข้มของโหนด จะเป็นผลลัพธ์ของการประมาณการเคลื่อนที่และการชดเชยการเคลื่อนที่ของเฟรมภาพในคราวเดียวกันก่อนที่จะนำไปทำการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวที่สร้างโดยการสร้างภาพจากเมชต่อไป

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

3.5 สรุป

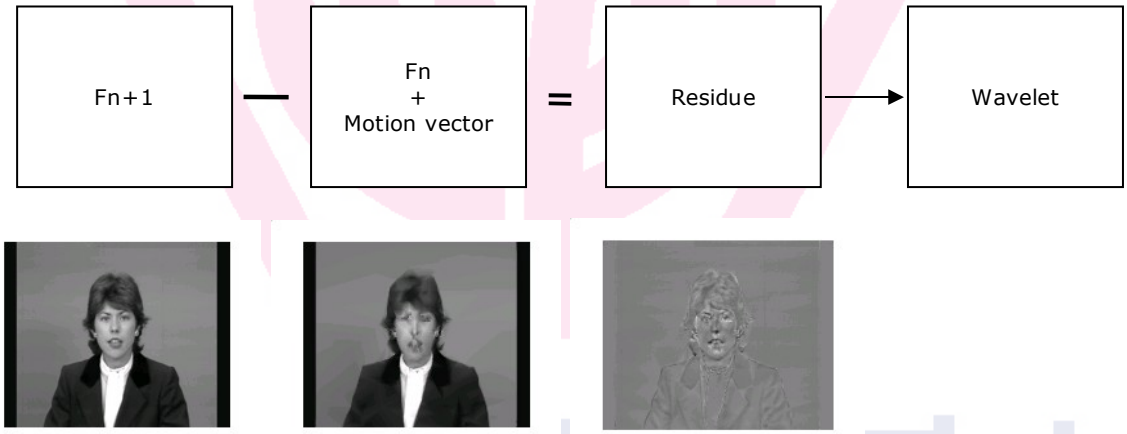
การประมาณการเคลื่อนที่สำหรับภาพเคลื่อนไหวที่สร้างภาพจากเมชได้ถูกนำเสนอสองวิธีการคือ วิธีการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ และวิธีการประมาณการเคลื่อนที่และชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด วิธีการแรกมีหลักการคล้ายกับวิธีการที่ใช้ในการสร้างภาพที่เป็นบล็อก มีการเลื่อนตำแหน่งโหนดบางส่วนตามตำแหน่งเวกเตอร์การเคลื่อนที่และทำการชดเชยภาพด้วยข้อมูลส่วนเหลือ วิธีการนี้น่าจะมีความรวดเร็วกว่าวิธีการที่สองเนื่องจากวิธีการหลังนั้นจำเป็นจะต้องมีการทำซ้ำเพื่อหาตำแหน่งของโหนดที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเป็นการชดเชยการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเดียว

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 4
การทดสอบวิธีการ

4.1 การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ

การสร้างภาพกลับมาจากการเข้ารหัสภาพที่ใช้เทคนิคการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือ (residue) ในการสร้างภาพ จะเริ่มต้นจากการสร้างเฟรมภาพเบื้องต้นด้วยการนำเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของโหนดรวมกับข้อมูลของเฟรมภาพอ้างอิง เพื่อสร้างเมชและภาพขึ้นมาใหม่ จากนั้นนำผลที่ได้รวมกับค่าชดเชยส่วนเหลือมาทำการสร้างเฟรมภาพกลับคืนมา จากภาพที่ 4.1 คือกระบวนการในการหาค่าชดเชยส่วนเหลือที่ใช้ในการทำการชดเชยการเคลื่อนที่ของภาพ (motion compensate:MC) และเพื่อให้การเข้ารหัสภาพมีประสิทธิภาพดีขึ้นจึงทำการบีบอัดค่าชดเชยส่วนเหลือด้วยการเข้ารหัส แซด ที อี (Zero Tree Encoding: ZTE) ที่ใช้หลักการของการแปลงโดเมนเวฟเลต (Wavelete)

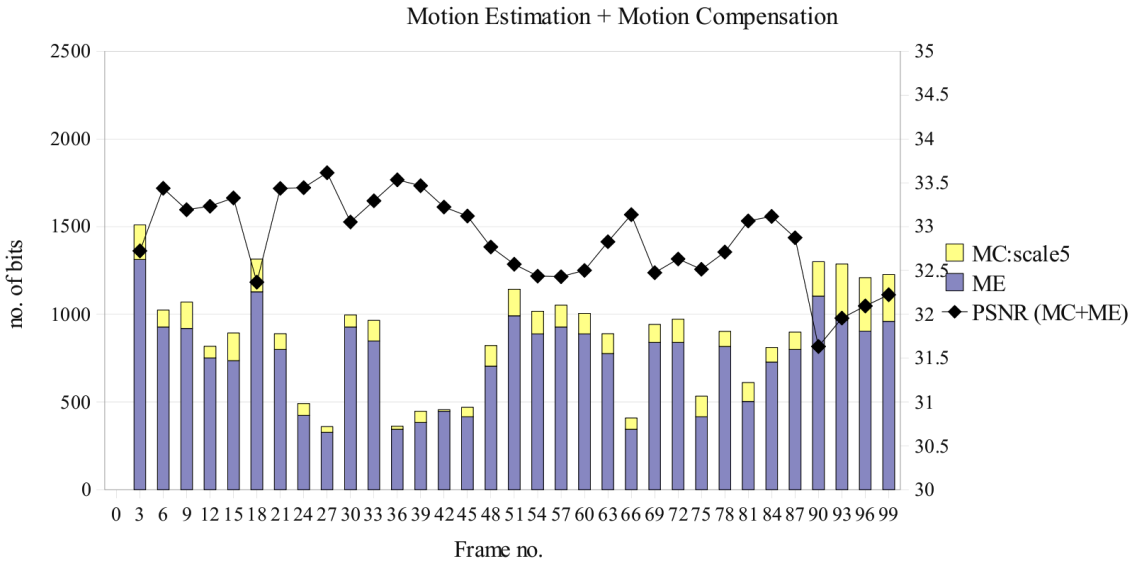


ภาพที่ 4.1: กระบวนการในการหาค่าชดเชยส่วนเหลือที่ใช้ในการทำการชดเชยการเคลื่อนที่

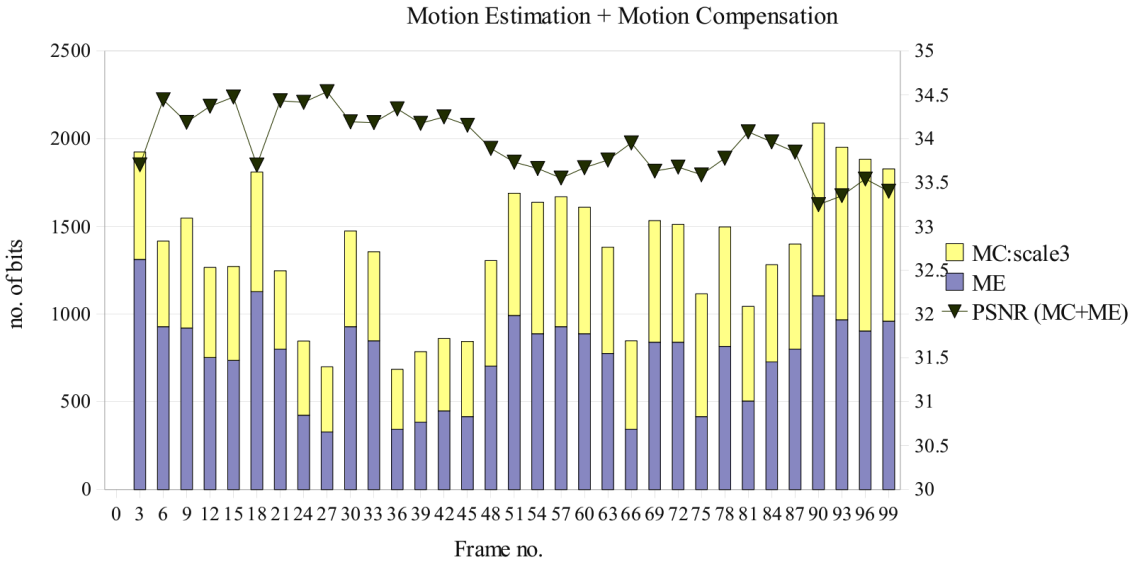
ทำการทดสอบโดยการใช้ภาพเคลื่อนไหว “Claire” ขนาดภาพ 176x144 พิกเซล ชนิดภาพโทนสีเทา มีการแสดงผลภาพ 10 เฟรมต่อวินาที และทำการเข้ารหัสภาพถึงเฟรมที่ 99 การเข้ารหัสนี้ไม่มีการควบคุมอัตราบิต (without rate control) วิธีการดังกล่าวนี้มีพารามิเตอร์ที่จำเป็นในการเข้ารหัสสองพารามิเตอร์คือ ข้อมูลการประมาณการเคลื่อนที่ (Motion Estimation: ME) และข้อมูลการชดเชยการเคลื่อนที่ของภาพ (motion compensate:MC) ในการทดลองพารามิเตอร์ในส่วนการประมาณการเคลื่อนที่จะมีค่าคงที่ ส่วนข้อมูลการชดเชยการเคลื่อนที่ของภาพจะเป็นส่วนที่กำหนดคุณภาพของภาพที่สร้างกลับขึ้นมาใหม่ โดยหากให้ข้อมูลส่วนนี้มากคุณภาพของเฟรมภาพ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ที่สร้างขึ้นมาจะมีคุณภาพดี แต่จะต้องใช้จำนวนบิตในการเข้ารหัสภาพมากขึ้นด้วย ในภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพโดยภาพที่ 4.2 ใช้สเกลของ แซด ที อี เท่ากับ 5 ซึ่งใช้ข้อมูลการชดเชยการเคลื่อนที่ของภาพ (MC) น้อยกว่า ภาพที่ 4.3 ที่ใช้สเกลของ แซด ที อี เท่ากับ 3



ภาพที่ 4.2: การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ ใช้สเกลของ แซด ที อี เท่ากับ 5

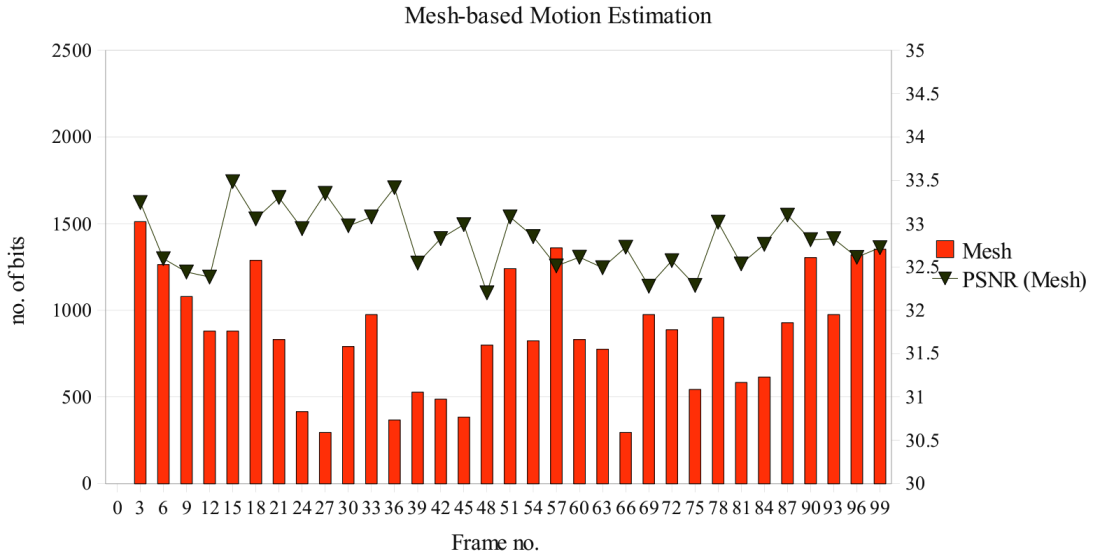


ภาพที่ 4.3: การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ ใช้สเกลของ แซด ที อี เท่ากับ 3

การประมาณการเคลื่อนที่ทั้งสองภาพนี้มีค่าเฉลี่ยของค่าพารามิเตอร์การประมาณการเคลื่อนที่ (ME) เท่ากับ 760.48 บิต ส่วนข้อมูลการชดเชยการเคลื่อนที่ของภาพ (MC) ที่ใช้สเกลของรหัส แซด ที อี 3 และ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 121.3 บิตต่อเฟรม และ 612.3 บิตต่อเฟรม ผลรวมของข้อมูลเฉลี่ย ME และ MC คือ 881.79 บิตต่อเฟรม และ 1372.79 บิตต่อเฟรมตามลำดับ ซึ่งจะให้ค่าเฉลี่ย PSNR ของการสร้างภาพกลับคืนมาของแต่ละเฟรมภาพเท่ากับ 32.86 dB และ 33.93 dB ตามลำดับ

4.2 การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่และชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด

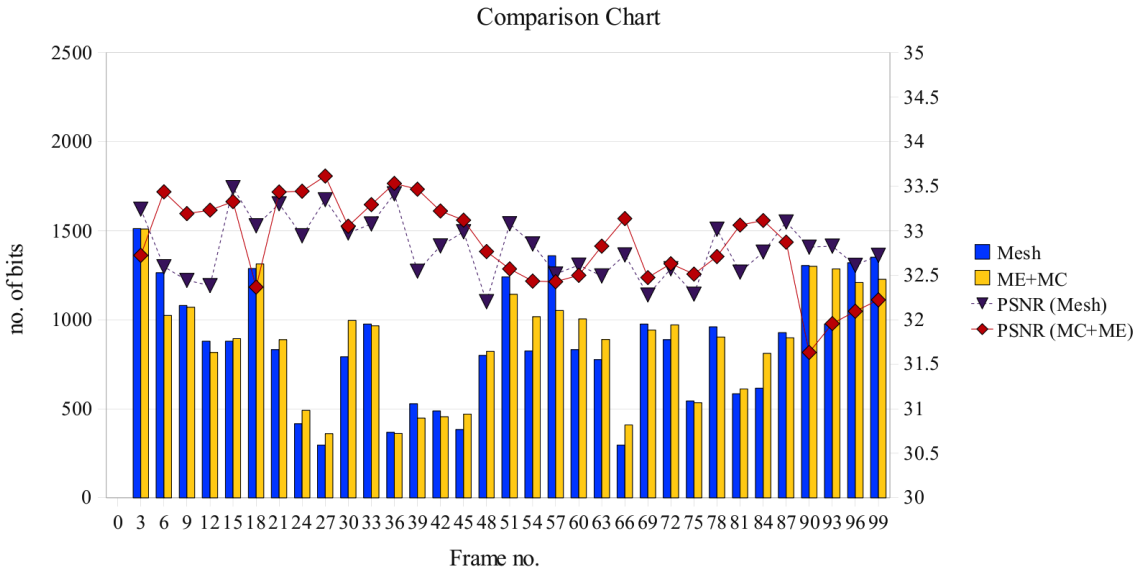
ทำการทดสอบโดยการใช้ภาพเคลื่อนไหว “Claire” ขนาดภาพ 176x144 พิกเซล ชนิดภาพโทนสีเทา มีการแสดงผลภาพ 10 เฟรมต่อวินาที และทำการเข้ารหัสภาพถึงเฟรมที่ 99 การเข้ารหัสนี้ไม่มีการควบคุมอัตราบิต (without rate control) เช่นเดียวกันกับการทดสอบวิธีก่อนหน้านี้ วิธีการนี้มีพารามิเตอร์ที่จำเป็นในการเข้ารหัสคือข้อมูลพารามิเตอร์ตำแหน่ง และค่าระดับความเข้มสีเทา ภาพที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่และชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด กระบวนการประมาณการเคลื่อนที่และชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดนี้ค่าเฉลี่ยของจำนวนบิตที่ใช้ในการเข้ารหัสรวมทั้งการประมาณและการชดเชยมีค่าเท่ากับ 865.45 บิตต่อเฟรม ซึ่งจะให้ค่าเฉลี่ย PSNR ของการสร้างภาพกลับคืนมาของแต่ละเฟรมภาพเท่ากับ 32.81 dB



ภาพที่ 4.4: การประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด

4.3 เปรียบเทียบการประมาณการเคลื่อนที่ของวิธีทั้งสอง

ภาพที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพใช้สเกลของ รหัส แซด ที อี เท่ากับ 5 และการประมาณการเคลื่อนที่ชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด โดยผลที่ได้จากกราฟการเปรียบเทียบผลทางวัตถุประสงค์ (objective results) แสดงให้เห็นว่าค่าจำนวนบิตที่ใช้ในการเข้ารหัส และค่า PSNR ที่ได้จากการสร้างเฟรมภาพกลับขึ้นมาใหม่ มีค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยจำนวนบิตของการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือ คือ 8.82 กิโลบิตต่อวินาที และ PSNR เฉลี่ยเท่ากับ 32.86 dB ส่วนการประมาณการเคลื่อนที่ชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดใช้ค่าเฉลี่ยจำนวนบิตต่ำกว่าเล็กน้อยคือ 8.65 กิโลบิตต่อวินาที และ PSNR เฉลี่ยเท่ากับ 32.81 dB



ภาพที่ 4.5: กราฟการเปรียบเทียบผลทางวัตถุประสงค์ (objective results)

จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลทางการพิจารณาเฟรมภาพ (subjective results) ของการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพ และการประมาณการเคลื่อนที่ชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด โดยแสดงตัวอย่างเฟรมภาพที่ตำแหน่งเฟรมภาพแรก เฟรมภาพที่ 15 และเฟรมภาพที่ 60 ตามภาพที่ 4.6, 4.7 ในเฟรมภาพแรกเป็นการแสดงภาพอินทราเฟรม (Intra frame) เพื่อใช้เป็นเฟรมอ้างอิงในการทำการประมาณการเคลื่อนที่ของเฟรมถัดๆไป ของทุกการทดสอบ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ก) ภาพต้นฉบับ

ข) Mesh: Intra-frame

ภาพที่ 4.6: “Claire” เฟรมภาพแรก

ก) ภาพต้นฉบับ

Mesh: 33.48 dB

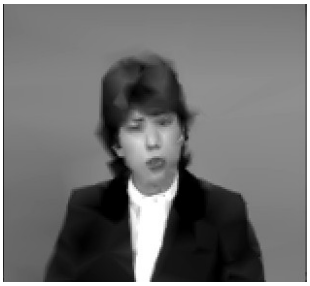
ZTE scale 5; 33.33 dB

ZTE scale 3; 34.47 dB

ภาพที่ 4.7: การเปรียบเทียบผลทางการพิจารณาตำแหน่งเฟรมภาพที่ 15

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ก) ภาพต้นฉบับ



ข) Mesh; 32.61 dB

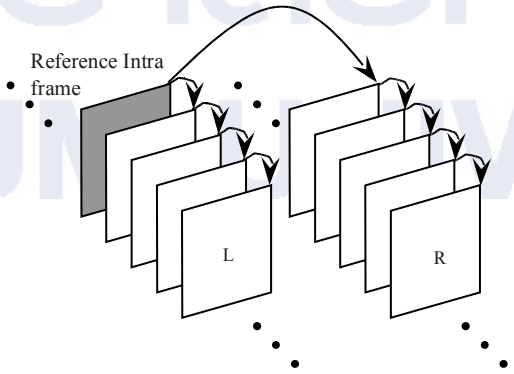
ค) ZTE scale 5; 32.50 dB

ง) ZTE scale 3; 33.67 dB

ภาพที่ 4.8: การเปรียบเทียบผลทางการพิจารณาตำแหน่งเฟรมภาพที่ 60

4.4 การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดกับภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอ

ภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอ (Stereoscopic video sequence) มีความต้องการอัตราการส่งผ่านที่มากกว่าภาพเคลื่อนไหวปกติจากกล้องเพียงตัวเดียวประมาณสองเท่า เราสามารถลดจำนวนบิตในการเข้ารหัสภาพชนิดนี้ได้ด้วยการบีบอัดข้อมูลที่เหมือนกันระหว่างมุมมองของภาพทั้งสอง การลดข้อมูลด้วยวิธีดังกล่าวเรียกว่าการเข้ารหัสระหว่างมุมมองภาพ (inter-view coding) เทคนิคการเข้ารหัสระหว่างมุมมองภาพมีอยู่ในมาตรฐาน MPEG-2 (Ohm, 1999) โดยเป็นส่วนเพิ่มเติมของโหมดการปรับค่าเทมเพอร์รัล (temporal scalability mode) ภาพที่ 4.9 แสดงการเข้ารหัสระหว่างมุมมองภาพมีอยู่ในมาตรฐาน MPEG-2



ภาพที่ 4.9: การเข้ารหัสระหว่างมุมมองภาพมีอยู่ในมาตรฐาน MPEG-2

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ปัญหาสำคัญประการหนึ่งของการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอ (Stereoscopic video sequence) หรือ ภาพเคลื่อนไหวชนิดหลายมุมมอง (multi-view video sequence) คือมีการบดบังระหว่างมุมมองภาพ (occlusion) เกิดขึ้น ทำให้ต้องใช้จำนวนบิตมากขึ้นในการเข้ารหัสภาพ โดยหากเรากำหนดให้พิจารณามุมมองภาพใดมุมมองหนึ่งเป็นมุมมองภาพหลัก และมุมมองภาพอื่นๆเป็นมุมมองภาพเสริม หากเราทำการประมาณการเคลื่อนที่ในแต่ละมุมมองภาพแยกกันเป็นอิสระเพื่อหลีกเลี่ยงผลของการบดบังระหว่างมุมมองภาพ จะทำให้การเข้ารหัสภาพในเทมเพอร์รัล (temporal coding) ของแต่ละมุมมองภาพเมื่อนำมาคำนวณแล้ว จะมีจำนวนบิตที่จะต้องใช้ประมาณสองเท่าของการเข้ารหัสมุมมองภาพเดียว

สำหรับงานวิจัยนี้เพิ่มเติมขอบเขตการทดลองโดยนำหลักการของการเข้ารหัสระหว่างมุมมองภาพมีอยู่ในมาตรฐาน MPEG-2 มาประยุกต์ร่วมกับการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด จากนั้นนำมาทำการทดลองกับภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอ โดยการทดลองนี้ใช้มุมมองภาพซ้าย (Left-view) เป็นข้อมูลของมุมมองภาพหลัก (basic stream) ส่วนมุมมองภาพขวา (right-view) เป็นข้อมูลของมุมมองภาพเสริม (auxiliary stream) การเข้ารหัสเริ่มต้นโดยทำการเข้ารหัสอินทราเฟรม (intra frame) ภาพเฟรมแรกของข้อมูลมุมมองภาพเสริมโดยใช้เฟรมภาพอ้างอิงจากเฟรมภาพแรกของข้อมูลมุมมองภาพหลัก หลังจากนั้นเป็นกระบวนการของการเข้ารหัสระหว่างภาพ (inter frame) โดยทำการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด

ทำการทดสอบวิธีการประมาณการเคลื่อนที่กับภาพเคลื่อนไหวชื่อ “Jamie2” ซึ่งเป็นภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอ ขนาดภาพ 160 x 120 พิกเซล ชนิดภาพโทนสีเทา มีการแสดงผลภาพ 5 เฟรมต่อวินาที และทำการเข้ารหัสภาพถึงเฟรมที่ 99 การเข้ารหัสนี้ไม่มีการควบคุมอัตราบิต (without rate control) การทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดกับภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอได้ผลดังนี้ ตัวอย่างเฟรมภาพที่ 32 ของภาพเคลื่อนไหว Jamie2 ทั้งเฟรมในมุมมองซ้ายและมุมมองขวา ที่ได้จากการเข้ารหัสแสดงดัง ภาพที่ 4.10 เฟรมภาพแรกจากมุมมองซ้ายหรือเฟรมแรกของข้อมูลมุมมองภาพหลักถูกนำมาใช้ในการสร้างภาพเฟรมแรกของข้อมูลมุมมองภาพเสริม หรือมุมมองขวา โดยใช้จำนวนโหนดในการสร้างภาพเฟรมแรกของมุมมองขวานี้ 201 โหนด ด้วยค่า PSNR 27.74 dB จากนั้นในแต่ละมุมมองภาพทำการเข้ารหัสระหว่างเฟรมภาพดัง ภาพที่ 4.9 ค่าเฉลี่ย PSNR ของเฟรมภาพที่สร้างขึ้นใหม่ทั้งจากมุมมองภาพหลัก และมุมมองภาพเสริมคือ 30.87 dB และ 31.08 dB ส่วนจำนวนโหนดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในการทำการเข้ารหัสระหว่างเฟรมของมุมมองภาพหลัก และมุมมองภาพเสริมคือ 114.27 และ 100.18 โหนด ซึ่งเป็นค่าจำนวนโหนดที่ใช้เทียบกับโหนดในเฟรมภาพอ้างอิงคือ 7.93 % และ 6.95 % ตามลำดับ ค่า PSNR และจำนวนโหนดของแต่ละเฟรมภาพทั้งมุมมองภาพหลัก และมุมมองภาพเสริมแสดงดังภาพที่ 4.11

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

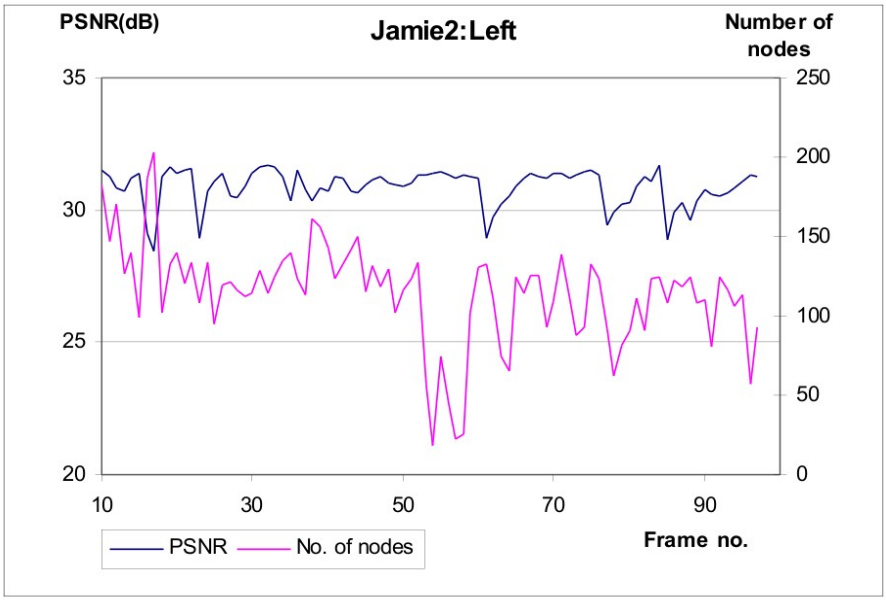
(a) ต้นฉบับ ‘Jamie2’ เฟรม 32: ซ้าย

(b) สร้างภาพกลับเฟรม 32 ซ้าย, PSNR=31.70dB

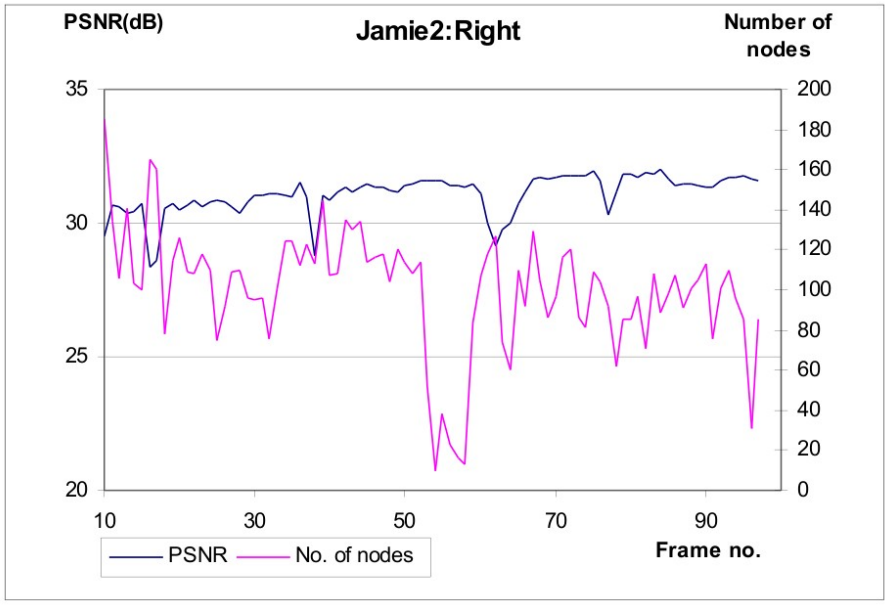
(c) ต้นฉบับ ‘Jamie2’ เฟรม 32: ขวา

(d) สร้างภาพกลับเฟรม 32 ขวา, PSNR=31.11dB

ภาพที่ 4.10: ตัวอย่างภาพเปรียบเทียบผลที่ได้จากการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวแบบสเตอริโอ



(a) เฟรมภาพซ้าย: เฉลี่ย PSNR = 30.87dB, เฉลี่ยจำนวนโหนด = 114.27 โหนด



(b) เฟรมภาพขวา: เฉลี่ย PSNR = 31.08dB, เฉลี่ยจำนวนโหนด = 100.18 โหนด

ภาพที่ 4.11: การทดสอบหาค่า PSNR และจำนวนโหนดในแต่ละเฟรม ของภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอชื่อ “Jamie2”

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

ผลจากการทดสอบจะเห็นว่าการประมาณการเคลื่อนที่ที่มีการชดเชยส่วนเหลือในการสร้างภาพเมื่อทำการทดสอบผลทางวัตถุประสงค์ (objective results) ค่าที่ได้จะอยู่ในเกณฑ์เดียวกันกับการประมาณการเคลื่อนที่ที่ชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด แต่หากพิจารณาผลทางการพิจารณาเฟรมภาพ (subjective results) จะเห็นว่าการประมาณการเคลื่อนที่ที่ชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดมีประสิทธิภาพดีกว่า พิจารณาจากโครงสร้างของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า และมีอาร์ติเฟก (artifact) เกิดขึ้นในภาพน้อยกว่ามาก

เมื่อทำการทดสอบการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดกับภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอ พบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวดังกล่าวได้ โดยในเบื้องต้นนี้ใช้เทคนิคการเข้ารหัสโดยการเข้ารหัสภาพเฟรมแรกของข้อมูลมุมมองภาพเสริมโดยใช้เฟรมภาพอ้างอิงจากเฟรมภาพแรกของข้อมูลมุมมองภาพหลัก หลังจากนั้นเป็นกระบวนการของการเข้ารหัสระหว่างภาพ โดยทำการประมาณการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนด ผลจากเทคนิคดังกล่าวสามารถเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวที่บิตเรตต่ำได้ โดยยังคงคุณภาพของภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ PSNR ประมาณ 31 dB

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าการประมาณการเคลื่อนที่ที่ชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดจะให้ผลทางการพิจารณาเฟรมภาพ (subjective results) อยู่ในเกณฑ์ดีแม้ผลทางวัตถุประสงค์ (objective results) จะไม่ดีนักก็ตาม เหตุผลคือการสร้างภาพโดยใช้เทคนิคการสร้างภาพจากเมชนั้น เป็นการสร้างภาพทั้งภาพในคราวเดียว โครงสร้างของภาพเมื่อผ่านกระบวนการประมาณการเคลื่อนที่ที่ชดเชยการเคลื่อนที่โดยใช้การย้ายตำแหน่งโหนดก็จะยังคงรักษาโครงสร้างของภาพไว้ ดังนั้นหากต้องการการเข้ารหัสภาพที่สนใจเพียงวัตถุหลักภายในภาพ โดยให้ความสำคัญกับภาพเบื้องหลังน้อยกว่า ก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการเข้ารหัสนี้ด้วยการเสริมการเข้ารหัสโมเดล (model-based coding) ในส่วนของวัตถุหลักได้

สำหรับการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวชนิดสเตอริโอ (Stereoscopic video sequence) หรือภาพเคลื่อนไหวชนิดหลายมุมมอง (multi-view video sequence) นั้นจะมีปัญหาคือมีการบดบังระหว่างมุมมองภาพ (occlusion) เกิดขึ้น โดยหากเฟรมภาพอ้างอิงเดิมที่มีอยู่นั้นมีการบดบัง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ระหว่างเฟรมภาพ หรือระหว่างมุมมองภาพจะทำให้ผลลัพธ์ของการเข้ารหัสระหว่างเฟรมภาพมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพคือการพัฒนาการเข้ารหัสภาพเคลื่อนไหวที่ใช้การเลือกเฟรมอ้างอิงชนิดปรับตัวได้ (adaptive reference frame) เฟรมอ้างอิงจากมุมมองใดๆ หรือจากเฟรมใดๆ ที่มีอยู่เดิมในบัฟเฟอร์จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อหาเฟรมภาพอ้างอิงที่ทำให้การเข้ารหัสภาพใช้จำนวนบิตต่ำที่สุด โดยทำการเปรียบเทียบค่าในเทมเพอร์รัลกับค่าระหว่างมุมมอง โดยหากในเฟรมภาพใดมีการบดบังระหว่างมุมมองมาก ก็จะใช้เฟรมอ้างอิงจากมุมมองเดียวกันหรือทำการเข้ารหัสเทมเพอร์รัล แต่หากเฟรมภาพใดใช้การอ้างอิงจากมุมมองภาพอื่น ซึ่งอาจเป็นช่วงเวลาอื่นก็ได้ แล้วทำให้จำนวนบิตในการเข้ารหัสน้อยกว่า ก็จะใช้มุมมองภาพอื่นภาพนั้นเป็นเฟรมภาพอ้างอิง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

Altunbasak Y., “Object-Scalable Mesh-Based Coding of Synthetic and Natural Image Objects,” **IEEE Int. Conf. on Image Processing**, Santa Barbara, USA, 26-29 October 1997, pp. 94-97.

Altunbasak A. and Tekalp A.M., “Occlusion-Adaptive, Content-Based Mesh Design and Forward Tracking,” **IEEE Trans. on Image Processing**, vol. 6, no. 9, September 1997, pp. 1270-1280.

Baum E. and Speidel J., “Novel Video Coding Scheme Using Adaptive Mesh-Based Interpolation and Node Tracking,” **SPIE Visual Communications and Image Processing 2000**, vol. 4067, 2000, pp.200-208.

Beek P.V., Tekalp A. M., Zhuang N., Celasun I., and Xin M., “Hierarchical 2D Mesh Representation, Tracking, and Compression For Object-Based Video,” **IEEE Trans. on Circuits and Sys. for Video Tech**., vol. 9, no. 2, March 1999, pp. 353-369.

Bowyer A., “Computing Dirichlet Tessellations,” **The Computer Journal**, 24(2): 162-166, 1981.

Clarke R.J., “Digital Compression of Still Images and Video,” **Academic Press**, 1996.

Davoine F. and Chassery J.-M., “Adaptive Delaunay Triangulation for Attractor Image Coding,” **Int. Conf. on Pattern Recognition**, Jerusalem, Israel, 9-12 October 1994, pp. 801-803.

Demaret L. and Iske A., “Scattered Data Coding in Digital Image Compression,” **Curve and Surface Fitting**: Saint-Malo 2002, (Eds.) Nashboro Press, Brentwood, 2003, pp. 107-117.

Floyd R. and Steinberg L., “An Adaptive Algorithm for Spatial Grey Scale,” **Proc. Soc. Inf. Display**, vol. 17, 1976, pp. 75–77.

Fuh C.S. and Maragos P., “Affine Models for Image Matching and Motion Detection,” **IEEE Int. Conf. on ASSP**, Toronto, Canada, 14-17 May 1991, pp. 2409-2412.

García M. A., Vintimilla B. and Sappa A., “Approximation and Processing of Intensity Images with Discontinuity-Preserving Adaptive Triangular Meshes,” **Sixth European Conf. on Computer Vision**, Dublin, Ireland, 26 June-1 July 2000, pp. 844-855.

Ghanbari M., “The Cross Search Algorithm for Motion Estimation,” **IEEE Trans. Commun**., 38:7, pp.950-953.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

Ghanbari M., “Video Coding: an Introduction to Standard Codecs,” **The Institution of Electrical Engineers**, London, UK, 1999.

Huang C.L. and Hsu C.Y., “A New Motion Compensation Method for Image Sequence Coding Using Hierarchical Grid Interpolation,” **IEEE Trans. on Circuits Sys. Video Tech.**, vol.4, 1994, pp.44-51.

Jain J.R. and Jain A.K., “Displacement Measurement and Its Application in Interframe Image Coding,” **IEEE Trans. on Comm.**, COM-29, December 1981, pp.1799-1808.

Kappagantula S. and Rao K.R., “Motion Cmpensated Predictive Coding,” in **Proc. Inter. Tech. Symposium**, SPIE, San Diago, CA, 1983.

Kocharoen P., Ahmed K. M., Rajatheva R.M.A.P. and Fernando W.A.C., “Adaptive Mesh Generation For Mesh-Based Image Coding Using Node Elimination Approach,” **IEEE Int. Conf. on Comm.**, ICC05, Seoul, Korea, 16-20 May 2005, pp. 2052-2056.

Kocharoen P., Ahmed K. M., Rajatheva R.M.A.P. and Fernando W.A.C., “Intensity Feature Filtering With Node Elimination Approach For Low Bit-Rate Mesh-Based Image Coding,” **IASTED Int. Conf. on Networks and Comm. Sys.**, NCS2005, Krabi, Thailand, 18-20 April 2005, pp. 161-166.

Koga T., Iinuma K., Hirano A., Iijima Y. and Ishiguro T., “Motion Compensated Interframe Coding for Video Conferencing,” in **Proc. National Telecommun. Conf.**, New Orleans, LA, 1981, pp G5.3.1-G5.3.5..

Nakaya Y.and Harashima H., “Motion Compensation Based on Spatial Transformations,” **IEEE Trans. Circuits and Sys. For Video Tech.**, vol.4, June 1994, pp.339-356.

Ohm J., “Stereo/Multiview Video Encoding Using the MPEG Family of Standards,” **Proc. SPIE** Vol. 3639, May 1999, pp.242-253.

Rao K. R. and Hwang J. J., “Techniques and Standards for Image, Video, and Audio Coding,” **Prentice Hall PTR**, 1996.

Rebay S., “Efficient Unstructured Mesh Generation By Means of Delaunay Triangulation and Bowyer-Watson Algorithm,” **Journal of Computational Physics**, 106: 125-138, 1993.

Sayed M. and Badawy W., “An Affine-Based Algorithm and SIMD Architecture for Video Compression With Low Bit-Rate Applications,” **IEEE Trans. on Circuits and Sys. for Video Tech.**, vol. 16, no. 4, April 2006, pp.457-471.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

Srinivasan R. and Rao K.R., “Predictive Coding Based on Efficient Motion Estimation,” **IEEE Int. Conf. on Comm.**, Amsterdam, The Netherlands, 14-17 May 1984, pp. 521-526.

Tekalp A.M., Van Beek P., Toklu C. and Unsel G., “Two-Dimensional Mesh-Based Visual-Object Representation for Interactive Synthetic/Natural Digital Video,” **Proceedings of the IEEE**, vol.86, no.6, June 1998, pp. 1029-1051.

Wang Y. and Lee O., “Use of Two-Dimensional Deformable Mesh Structures for Video Coding, Part I-The Synthesis Problem: Mesh-Based Function Approximation and Mapping,” **IEEE Trans. Circuits Sys. for Video Tech.**, vol. 6, 1996, pp. 636-646.

Wang Y., Lee O. and Vetro A., “Use of Two-Dimensional Deformable Mesh Structures for Video Coding, Part II-The Analysis Problem And A Region-Based Coder Employing An Active Mesh Representation,” **IEEE Trans. Circuits Sys. for Video Tech.**, vol. 6, 1996, pp. 647-659.

Wolberg G., “Nonuniform Image Reconstruction Using Multilevel Surface Interpolation,” **IEEE Int. Conf. on Image Processing**, Santa Barbara, USA, 26-29 October 1997, pp. 909-912.

Yang Y., Brankov J.G. and Wernick M.N., “Tomographic Image Reconstruction Based on a Content-Adaptive Mesh Model,” **IEEE Trans. on Medical Imaging**, vol.23, no.2, February 2004, pp.202-212.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายปรีชา กอเจริญ
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 31 ธันวาคม 2517
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 109/278 หมู่บ้านระเบียงทอง 3 ซอย 52 ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2539	วศ.บ.(ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยศรีปทุม
พ.ศ. 2541	M.Sc.(Communication Engineering), University of Manchester, UK.
พ.ศ. 2549	D.Eng.(Telecommunications), Asian Institute of Technology, Thailand.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY