

อัลกอริทึมการประมาณการเคลื่อนไหวสำหรับการประมวลผลด้วยฮาร์ดแวร์

มานะ กรัยประพันธ์

ผศ.อภิเนตร อุณากุล

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

m_krasrapun@hotmail.com

apinet@yahoo.com

บทคัดย่อ

Abstract

เทคโนโลยีการพัฒนาหน่วยประมวลผลเฉพาะทางได้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความเร็วให้กับงานประมวลผลที่ต้องมีการประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก เช่น การเข้ารหัสวิดีโอ บทความนี้ได้นำเสนอการพัฒนาหน่วยประมวลผลเฉพาะทางเพื่อเพิ่มความเร็วให้กับงานเข้ารหัสวิดีโอ โดยมีพัฒนาเฉพาะในส่วนของการประมาณการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีการประมวลผลมากที่สุดในการเข้ารหัสวิดีโอที่ใช้ในปัจจุบัน ในการเพิ่มความเร็วให้กับงานประมวลผลด้วยวิธีนี้ การเลือกอัลกอริทึมการประมาณการเคลื่อนไหวให้เหมาะสมกับการนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ก็เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของหน่วยประมวลผลได้อีกระดับหนึ่ง โดยพัฒนาอัลกอริทึมที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเป็นฮาร์ดแวร์ที่มีชื่อว่า Two-Level Parallel Hierarchical One-Dimensional Search (2LPHODS) โดยปรับปรุงมาจากอัลกอริทึม Parallel Hierarchical One-Dimensional Search (PHODS) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่มีความเร็วสูง ไม่ซับซ้อน และยังมีรูปแบบอัลกอริทึมแบบขนาน ทำให้มีประสิทธิภาพสูงเมื่อนำไปสร้างเป็นฮาร์ดแวร์ แต่ในด้านความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ยังมีมาก จึงได้พัฒนาอัลกอริทึมดังกล่าวขึ้นมาโดยลดความเร็วในการประมวลผลลงเล็กน้อย แต่เพิ่มความถูกต้องของผลลัพธ์ให้มากขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริง และยังคงคุณสมบัติเด่นของอัลกอริทึมดั้งเดิมเอาไว้

คำสำคัญ: การประมาณการเคลื่อนไหว, การเปรียบเทียบแบบบล็อก, เอฟพีจีเอ

Technology for specific processing unit has been used for improving the processing time that need high speed processing such as video encoding which requires a lot of data to be processed in limit of time. This research works and presents a development of specific processing unit to reduce video encoding time especially step in calculating motion estimation, which requires high calculating in processing standard video encoding. When ever the motion estimation step has been speed up, the overall time consuming will be reduced significantly. Through utilizing only specific processing unit for improving the processing time may not be enough. Therefore, selecting appropriate algorithm for calculating the motion estimation in developing hardware processing unit will also improve processing unit. This research presents new algorithm called Two-Level Parallel Hierarchical One-Dimensional Search (2LPHODS) based on algorithm called Parallel Hierarchical One-Dimensional Search (PHODS) which is high speed and simple algorithm and also in parallel form which increases the processing performance when developing in hardware unit. However the result from PHODS stills incorrect. Therefore the new algorithm has been proposed for increasing the correctness of result but reducing only a little bit processing speed for utilizing in real application and also still remain the main features in the old algorithm.

Keyword: motion estimation, Block matching algorithm, FPGA

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีในงานทางด้านมัลติมีเดียบนอุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ และ PDA ได้มีการพัฒนาไปอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามงานเกี่ยวกับวิดีโอบนอุปกรณ์เหล่านี้ก็ยังมีปัญหาอีกมากในงานที่ต้องการคุณภาพสูง และต้องการความเร็วระดับเรียลไทม์ มาตรฐานการเข้ารหัสวิดีโอมีอยู่ด้วยกันหลายมาตรฐาน ซึ่งเมื่อนำมาใช้บนอุปกรณ์พกพาเหล่านี้จะมีปัญหาข้อจำกัดหลัก 2 อย่างคือข้อจำกัดทางด้านพลังงานที่มีอยู่จำกัด และข้อจำกัดทางทรัพยากรของระบบ เช่น ขนาดของหน่วยความจำ และความเร็วของหน่วยประมวลผลที่ไม่สูงมากนัก ถ้าวิเคราะห์ขั้นตอนในการเข้ารหัสวิดีโอแล้วจะพบว่าในขั้นตอนการเข้ารหัสวิดีโอกว่า 60% จะถูกใช้ไปในการคำนวณการประมาณการเคลื่อนไหว ดังนั้นการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพในส่วนของการประมาณการเคลื่อนไหวจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพของการเข้ารหัสวิดีโอโดยรวมเป็นอย่างมาก วิธีที่นำมาใช้ประมาณการเคลื่อนไหวที่ใช้กันมากในมาตรฐานต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน คือ Block Matching Algorithm (BMA)

การพัฒนาอัลกอริทึมการค้นหาจากเดิมที่ใช้วิธีการที่เรียกว่า Full Search ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบทุก ๆ ตำแหน่งในพื้นที่ที่กำหนดเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด มาเป็นการเลือกเปรียบเทียบเป็นบางตำแหน่งภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ทำการค้นหาแบบเป็นลำดับขึ้นไปจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดที่หาด้วยวิธีการ Full Search เช่น อัลกอริทึม Three-Step Search (3SS) และ Two-Dimensional Logarithm Search (2DLS) วิธีการเหล่านี้ทำให้ลดเวลาประมวลผลในขั้นตอนนี้อย่างมาก รวมทั้งลดการใช้พลังงานของระบบ อันเนื่องมาจากขั้นตอนการทำงานที่ลดลง นอกจากการพัฒนาในด้านอัลกอริทึมแล้ว การพัฒนาหน่วยประมวลผลเฉพาะทางก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ วิธีการนี้จะให้ผลลัพธ์ในด้านความเร็วที่ค่อนข้างสูง เพราะเป็นการประมวลผลด้วยฮาร์ดแวร์โดยตรง รวมทั้งยังเป็นการลดภาระของหน่วยประมวลผลของระบบลงด้วย แต่วิธีการนี้เป็นการเพิ่มภาระทางด้านพลังงานให้กับระบบ

เพราะฮาร์ดแวร์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้วิธีนี้จึงต้องคำนึงถึงเรื่องขนาดของวงจรและความซับซ้อนของขั้นตอนในการคำนวณ เพื่อให้เกิดภาระในการใช้พลังงานน้อยที่สุด

การพัฒนาการคำนวณหาค่าการประมาณการเคลื่อนไหวด้วยวงจรดิจิทัลนั้นมีด้วยกันหลายแนวทางไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาทางด้านสถาปัตยกรรมของการประมวลผล และการพัฒนาอัลกอริทึมที่นำมาใช้สร้างเป็นวงจร ในส่วนของการพัฒนาสถาปัตยกรรมจะเป็นการนำเสนอโครงสร้างข้อมูล ขนาดของข้อมูล โครงสร้างเส้นทางของข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล รูปแบบคำสั่ง โครงสร้างหน่วยประมวลผลทางคณิต และลำดับขั้นตอนการประมวลผล ในส่วนของการพัฒนาอัลกอริทึมนั้นเนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ในการประมาณการเคลื่อนไหวมีเป็นจำนวนมาก การเลือกอัลกอริทึมเพื่อนำมาสร้างเป็นวงจรให้เหมาะสมกับการประมวลผลที่เป็นวงจรดิจิทัลจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหน่วยประมวลผลที่สร้างขึ้นด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะเมื่อมีเทคโนโลยีของชิป FPGA ซึ่งเป็นไอซีที่สามารถนำมาโปรแกรมโครงสร้างภายในให้สามารถประมวลผลข้อมูลได้ตามที่ต้องการ ทำให้การพัฒนาไอซีเฉพาะด้านนั้น มีความง่าย สะดวก และรวดเร็ว รวมทั้งสามารถรองรับวงจรที่มีขนาดใหญ่ได้ จึงทำให้เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาเป็นหน่วยประมวลผลเฉพาะทางเพื่อเพิ่มความเร็ว ให้กับการประมวลผลที่ค่อนข้างซับซ้อน

บทความนี้แนะนำการพัฒนาอัลกอริทึมการประมาณการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมกับการนำไปสร้างเป็นหน่วยประมวลผลเฉพาะทาง เพื่อนำไปใช้ในงานเข้ารหัสภาพวิดีโอ เพื่อให้ได้ความเร็วที่สูงขึ้น และใช้ทรัพยากรในการเข้ารหัสน้อยลง โดยเลือกใช้วิธีการปรับปรุงอัลกอริทึมที่มีอยู่แล้วที่มีความเหมาะสมในหลาย ๆ ด้าน แต่ยังมีจุดบกพร่องอยู่มาก มาแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น

2. การประมาณการเคลื่อนไหว (Motion Estimation)

การประมาณการเคลื่อนไหวเป็นกระบวนการหาความเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของส่วนต่าง ๆ ในภาพระหว่างภาพ 2 ภาพที่มีความต่อเนื่องกัน เช่น ภาพเคลื่อนไหวต่าง ๆ ซึ่งวิธีการประมาณการเคลื่อนไหวนี้ได้ถูกนำมาใช้ในงานเข้ารหัสภาพ

วิดีโอเพื่อลดขนาดของข้อมูลภาพวิดีโอซึ่งเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ให้มีขนาดที่เล็กลง โดยอาศัยหลักการพื้นฐานที่ภาพวิดีโอที่มีลำดับใกล้เคียงกัน จะมีความแตกต่างกันน้อยมาก การจัดเก็บภาพวิดีโอทุกภาพจึงถือเป็นการจัดเก็บที่มากเกินไปจนสิ้นเปลือง จึงได้เกิดแนวคิดที่จะจัดเก็บเฉพาะบางภาพ เป็นช่วง ๆ เวลา และจัดเก็บภาพที่เหลือเฉพาะส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น วิธีการนี้จะเป็นการลดขนาดของข้อมูลวิดีโอลงได้อย่างมาก ซึ่งวิธีการที่นำมาใช้เพื่อหาส่วนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างภาพดังกล่าวคือ การประมาณการเคลื่อนไหวน

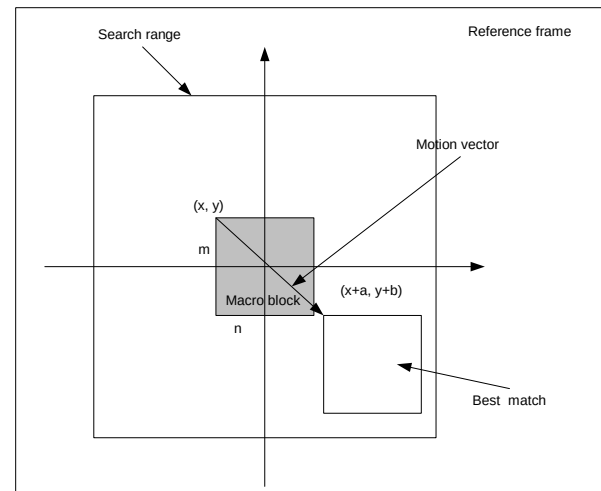
วิธีการประมาณการเคลื่อนไหวนที่ใช้มากในมาตรฐานการเข้ารหัสวิดีโอในปัจจุบันคือ อัลกอริทึมเปรียบเทียบบล็อก (Block matching algorithm) ซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือการค้นหา และการเปรียบเทียบ การค้นหาเป็นการคำนวณเพื่อหาตำแหน่งพิกัดต่าง ๆ ในภาพอ้างอิงที่ต้องทำการเปรียบเทียบในแต่ละขั้นตอน ตามแต่อัลกอริทึมที่ใช้จะกำหนด อัลกอริทึมที่ใช้หาพิกัดต่าง ๆ ที่ต้องทำการเปรียบเทียบเรียกว่า อัลกอริทึมค้นหา (Search algorithm) ขั้นตอนการค้นหาอย่างคร่าว ๆ จะเริ่มจากการแบ่งภาพปัจจุบันที่ต้องการจะหาการเคลื่อนไหวนเป็นบล็อกขนาด $m \times n$ ที่เรียกว่ามาโครบล็อก จากนั้นจึงนำบล็อกดังกล่าวไปเปรียบเทียบ เพื่อหาตำแหน่งที่ใกล้เคียงที่สุดในภาพอ้างอิง การเปรียบเทียบจะเริ่มเปรียบจากตำแหน่งเดิมของบล็อกนั้น จากนั้นจึงเปรียบเทียบกับพิกัดอื่นรอบ ๆ ตำแหน่งดั้งเดิมภายในรัศมีที่กำหนดซึ่งเรียกว่า ระยะค้นหา เส้นที่ลากจากตำแหน่งเดิมของมาโครบล็อกไปยังตำแหน่งที่ใกล้เคียงที่สุดนั้นเรียกว่าเวกเตอร์การเคลื่อนไหวนของมาโครบล็อกดังกล่าวที่ 1

การเปรียบเทียบจะใช้ฟังก์ชันที่เรียกว่าคอสต์ฟังก์ชัน ในการหาค่าความแตกต่างระหว่างบล็อก ซึ่งมีอยู่ด้วยกันมากมายหลายฟังก์ชัน แต่ที่นิยมใช้ และใช้ในบทความนี้คือ ค่า MAD (Mean Absolute Difference) ซึ่งมีรายละเอียดสมการดังนี้

$$MAD(dx, dy) = \frac{1}{mn} \sum_{i=-\frac{n}{2}}^{\frac{n}{2}} \sum_{j=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} |F(i, j) - G(i + dx, j + dy)|$$

เมื่อ $F(i, j)$ คือ มาโครบล็อกของภาพปัจจุบัน $G(i, j)$ คือ บล็อกที่กำลังเปรียบเทียบในภาพอ้างอิง และ (dx, dy) เป็นเวกเตอร์ไปยังตำแหน่งที่กำลังเปรียบเทียบ ค่า MAD ยิ่งน้อยยิ่งแสดงถึงความเหมือนระหว่างบล็อกทั้งสอง ค่า (dx, dy) ของตำแหน่งที่

มีค่า MAD น้อยที่สุดคือ เวกเตอร์การเคลื่อนไหวนของบล็อก



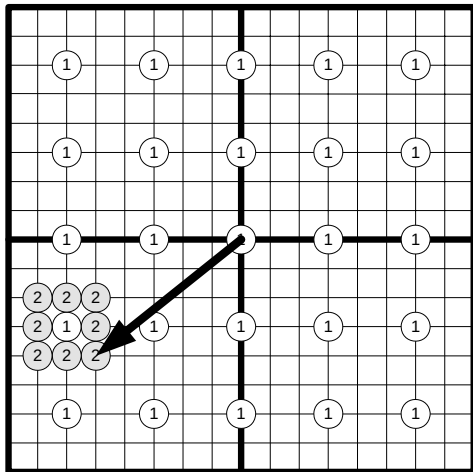
ภาพที่ 1: การประมาณการเคลื่อนไหวน

ในการพัฒนาเพื่อเพิ่มความเร็วของการเปรียบเทียบนั้น ส่วนใหญ่จะพัฒนาในส่วนของการค้นหาเป็นหลัก โดยพัฒนารูปแบบของอัลกอริทึมให้เหมาะสมไปตามการใช้งาน ซึ่งมีทั้งที่เน้นด้านความเร็ว ความถูกต้อง และความง่ายในการคำนวณ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาในด้านความเหมาะสมกับรูปแบบการใช้งานอีกด้วยเช่น การประมวลผลด้วยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

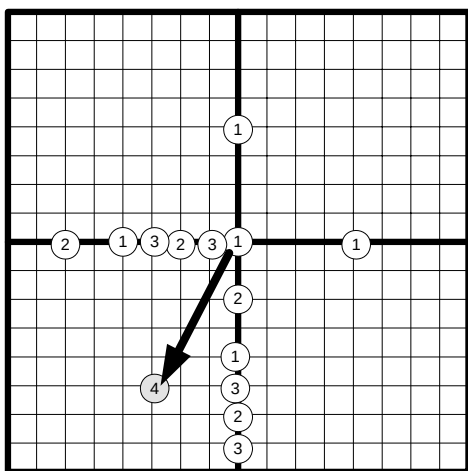
Two-Step Search (2SS) เป็นอัลกอริทึมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการประมวลผลด้วยฮาร์ดแวร์ อัลกอริทึมพัฒนาขึ้นโดยเน้นที่สมดุลระหว่างประสิทธิภาพ และขนาดของฮาร์ดแวร์ จุดเด่นของอัลกอริทึมนี้โดยตรงที่การคำนวณที่ไม่ซับซ้อน ในขณะที่ผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงกับการหาด้วยวิธี Full search แต่จำนวนพิกัดที่เปรียบเทียบยังมีจำนวนมาดั่งภาพที่ 2 ซึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 12.5 - 25% ของ Full search เนื่องจากตำแหน่งที่ต้องเทียบนั้นไม่มีสมการที่ตายตัว ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ค้นหา และการออกแบบ นอกจากนี้การพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อมาสร้างเป็นฮาร์ดแวร์นั้นไม่เพียงแต่อัลกอริทึมต้องการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนเท่านั้น ถ้าหากอัลกอริทึมมีลักษณะเป็นแบบขนาน ก็จะเป็นเพิ่มประสิทธิภาพให้การประมวลผลด้วยฮาร์ดแวร์เป็นอย่างมาก ซึ่งอัลกอริทึมนี้ไม่ได้รองรับในส่วนนั้น

อัลกอริทึม Parallel Hierarchical One-Dimensional Search (PHODS) นำเสนอวิธีการหาเวกเตอร์การเคลื่อนไหวน ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกขนาดและทิศทางของการเคลื่อนไหวนที่เป็น 2

มิติ โดยแทนที่จะหาโดยตรง แต่ใช้การหาแบบมิติเดียว 2 ครั้ง ขนานไปพร้อมกันใน 2 แกน แยกอิสระออกจากกันภายในพื้นที่ค้นหาดังภาพที่ 3 จุดเด่นของอัลกอริทึมนี้คือที่ความเร็วซึ่งสูงกว่าอัลกอริทึมชนิดอื่น ๆ เนื่องจากตำแหน่งที่ต้องทำการเปรียบเทียบมีน้อย มีการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน และมีการทำงานแบบขนานกัน จึงเหมาะสมอย่างมากที่จะนำไปใช้ในฮาร์ดแวร์ แต่ปัญหาของอัลกอริทึมนี้คือที่ด้านความถูกต้องของผลลัพธ์นั้นค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่น เมื่อนำไปใช้ในการเข้ารหัสวิดีโอจะทำให้คุณภาพของภาพด้อยกว่าวิธีอื่น ๆ โดยเฉพาะในกรณีที่ลำดับของภาพอ้างอิง และภาพปัจจุบันอยู่ห่างกันมาก ดังนั้นเมื่อนำวิธีนี้ไปใช้งานจริง ถ้าต้องการให้คุณภาพของภาพออกมาดี จึงต้องมีการเก็บภาพอ้างอิงในความถี่ที่สูงขึ้น ซึ่งทำให้ขนาดของข้อมูลที่ได้ออกมาใหญ่กว่าปกติ



ภาพที่ 2: ขั้นตอนการเปรียบเทียบด้วยวิธี 2SS ระยะค้นหา 8 พิกเซล



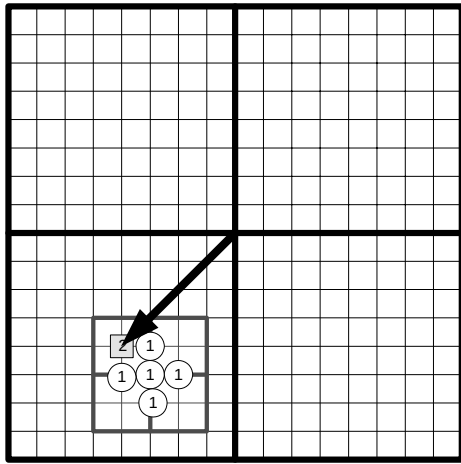
ภาพที่ 3: ขั้นตอนการเปรียบเทียบด้วยวิธี PHODS ระยะ 8 พิกเซล

3. อัลกอริทึม Two-Level Parallel Hierarchical One-Dimensional Search (2LPHODS)

อัลกอริทึม PHODS เป็นอัลกอริทึมที่มีจุดเด่นในแง่ของความเร็ว มีจำนวนพิกัดที่ต้องทำการเปรียบเทียบน้อยมาก เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่น ๆ นอกจากนั้นยังมีลักษณะที่เป็นอัลกอริทึมแบบขนานซึ่งเมื่อนำไปสร้างเป็นวงจรดิจิทัล โดยใช้สถาปัตยกรรมที่เป็นแบบขนาน ก็จะช่วยให้ได้ความเร็วในการคำนวณที่สูงมากขึ้น แต่ว่าอัลกอริทึมนี้ยังมีจุดด้อยในแง่ของความถูกต้อง ซึ่งทำให้เมื่อนำไปใช้งานจะได้คุณภาพของภาพที่ต่ำกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ ที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งถ้าหากปรับปรุงในด้านของความถูกต้องให้กับอัลกอริทึมดังกล่าว โดยที่ไม่สูญเสียจุดเด่นของอัลกอริทึมเดิมมากเกินไป ก็จะได้อัลกอริทึมที่เหมาะสมสำหรับนำมาสร้างเป็นวงจรดิจิทัล เพื่อนำไปสร้างเป็นหน่วยประมวลผลเฉพาะทางสำหรับการประมวลการเคลื่อนไหว

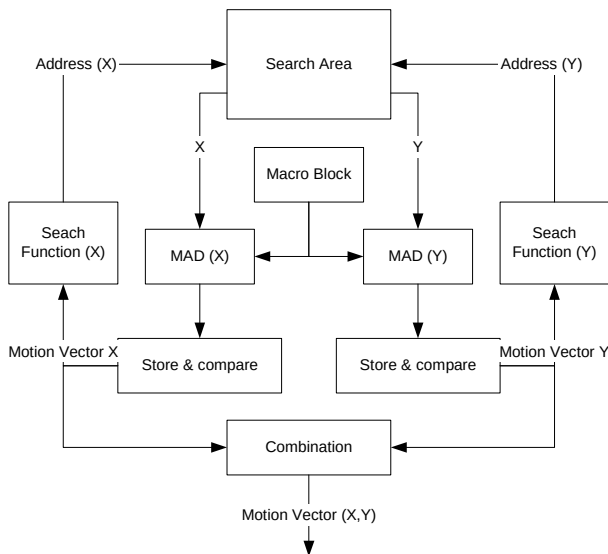
อัลกอริทึม 2LPHODS เป็นการปรับปรุงอัลกอริทึม PHODS ในด้านของความถูกต้องของผลลัพธ์ ให้สูงขึ้นกว่าเดิม โดยการเพิ่มจำนวนพิกัดที่ต้องเปรียบเทียบอีกเล็กน้อยจากอัลกอริทึมเดิม ทำให้ความเร็วลดลงเพียงเล็กน้อยในขณะที่ความถูกต้องสูงขึ้น ภาพรวมของอัลกอริทึมนี้จะเป็นการหาเวกเตอร์การเคลื่อนไหวด้วยอัลกอริทึม PHODS เป็นจำนวน 2 ครั้ง ในพื้นที่ค้นหาที่มีขนาดต่างกัน และมีจุดเริ่มต้นที่ต่างกัน ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่าเป็นระดับที่ 1 และระดับที่ 2 ในระดับที่ 1 นั้นจะทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีการ PHODS ตามปกติ ซึ่งเมื่อได้ผลลัพธ์จากการค้นหาในระดับที่ 1 ด้วยวิธีการ PHODS แล้ว จะใช้ค่าผลลัพธ์ดังกล่าว เพื่อทำการกำหนดขอบเขตการค้นหาในระดับที่ 2 ต่อไป

ในการค้นหาระดับที่ 2 จะใช้ผลลัพธ์จากระดับที่ 1 เป็นจุดเริ่มต้น จากนั้นจึงกำหนดขอบเขตค้นหาขนาดเล็กรอบจุดดังกล่าว แล้วทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีการ PHODS อีกครั้งหนึ่ง เส้นเวกเตอร์จากจุดเริ่มต้นในระดับที่ 1 ไปยังผลลัพธ์ของระดับที่ 2 คือเวกเตอร์การเคลื่อนไหวของวิธีการ 2LPHODS ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4: การเปรียบเทียบด้วยวิธี 2LPHODS ระยะ 8 พิกเซล

ในส่วนของการนำไปสร้างเป็นวงจรดิจิทัลเพื่อนำไปใช้เป็นหน่วยประมวลผลเฉพาะทางนั้น จะใช้โครงสร้างการประมวลผลที่แยกค่าแกน X และแกน Y ออกจากกัน แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มารวมกันในภายหลังดังภาพที่ 5 ซึ่งการออกแบบบนพื้นฐานของแผนผังดังกล่าวจะช่วยเพิ่มความเร็วในการค้นหาด้วยวิธีการนี้เป็นอย่างมาก



ภาพที่ 5: แผนภาพการประมวลผลแบบขนานของ 2LPHODS

4. ผลการทดลอง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการประมาณการเคลื่อนไหวนั้น ประกอบไปด้วยการเปรียบเทียบในด้านของความเร็ว พิจารณาจากจำนวนพิกัดที่ต้องทำการเปรียบเทียบ และการเปรียบเทียบในด้านของความถูกต้องของผลลัพธ์ โดย

จะใช้ค่า PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้แสดงความถูกต้องของผลลัพธ์ มีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB)

ข้อมูลที่ใช้ทดสอบจะใช้ลำดับภาพมาตรฐานจำนวน 4 ชุดที่มีลักษณะของการเคลื่อนไหวกี่แตกต่างกัน ได้แก่ Akiyo เป็นลำดับภาพที่มีพื้นหลังนิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างภาพน้อย, Coastguard เป็นลำดับภาพที่มีพื้นหลังเคลื่อนไหวกตลอดเวลา การเคลื่อนที่ของวัตถุค่อนข้างเร็ว, Mobile เป็นลักษณะของลำดับภาพที่มีการเคลื่อนที่ของวัตถุ 3 รูปแบบในภาพ คือมีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง การเคลื่อนที่ในแนวนอน และการเคลื่อนที่แบบหมุน และ Tempete เป็นลำดับภาพที่มีการเคลื่อนที่แบบบนลงล่างอย่างรวดเร็วทั่วทั้งภาพ และมีการซูมกล้องลอยห่างออกมา ลำดับภาพทั้งหมดที่ใช้เป็นมาตรฐาน CIF ซึ่งมีขนาด 352 X 288 พิกเซล

อัลกอริทึมที่นำมาใช้เปรียบเทียบมีอยู่ด้วยกัน 4 อัลกอริทึมคือ FS เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด, 2SS เป็นอัลกอริทึมที่มีผู้นำเสนอก่อนหน้า, PHODS เป็นอัลกอริทึมที่เป็นต้นแบบ และ 2LPHODS เป็นอัลกอริทึมที่เสนอในบทความนี้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนพิกัดที่ต้องทำการเปรียบเทียบของภาพที่มาตรฐาน CIF และอัตราส่วนเมื่อเทียบกับวิธี FS

ตารางที่ 1: จำนวนพิกัดที่ต้องเปรียบเทียบ

	FS	2SS	PHODS	2LPHODS
CIF	114444	13464	5148	8316
Ratio	100%	11.76%	4.50%	7.27%

ในส่วนของการวัดความถูกต้องของผลลัพธ์ จะใช้ลำดับภาพที่ 1 เป็นภาพอ้างอิง จากนั้นจึงเปรียบเทียบผลลัพธ์กับลำดับภาพที่ 2 ถึงลำดับภาพที่ 10 เพื่อให้เห็นถึงทิศทางการเปลี่ยนแปลง ดังภาพที่ 6 ถึง 9

จากผลลัพธ์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า 2LPHODS มีจำนวนพิกัดที่ต้องเปรียบเทียบมากกว่าอัลกอริทึมต้นแบบ แต่น้อยกว่าวิธีการ 2SS ในส่วนของค่า PSNR ซึ่งเป็นค่าความถูกต้องของผลลัพธ์จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะห่างระหว่างภาพมีมากขึ้น ความถูกต้องของ PHODS จะมีแนวโน้มต่ำลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่นที่นำมาเปรียบเทียบโดยเฉพาะในภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นจำนวนมากอย่างภาพ Mobile และ Tempete แต่ในอัลกอริทึมที่ปรับปรุงขึ้นมานั้นแนวโน้มการเกิดความ

ผิดพลาดจะมีน้อยกว่ามาก แต่ไม่น้อยเท่ากับวิธีการ 2SS ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้งในแง่ของความเร็ว และความถูกต้องแล้ว อัลกอริทึม 2LPHODS จัดได้ว่าเป็นอัลกอริทึมที่มีความสมดุลในด้านของความเร็วและความถูกต้อง นอกจากนี้ยังมีการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนในส่วนของการคำนวณหาตำแหน่งนั้นมีการบวก ลบ และหารเท่านั้น โดยการหารเป็นเพียงแค่การหาร 2 ซึ่งเพื่อนำไปสร้างเป็นวงจรดิจิทัลแล้วเป็นเพียงแค่การเลื่อนบิต และยังรองรับการประมวลผลแบบขนานอีกด้วย

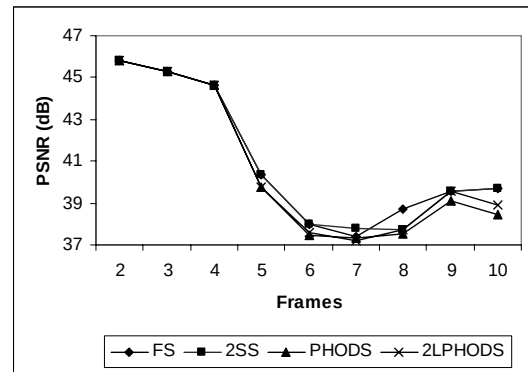
5. สรุป

บทความนี้นำเสนอการปรับปรุงอัลกอริทึมสำหรับประมวลผลการเคลื่อนไหวสำหรับการนำไปสร้างเป็นหน่วยประมวลผลเฉพาะทาง เพื่อนำไปใช้เพิ่มความเร็วให้กับการเข้ารหัสวิดีโอในมาตรฐานการบีบอัดภาพวิดีโอหลายมาตรฐานที่ใช้กันในปัจจุบัน สำหรับระบบประมวลผลที่มีความเร็วไม่สูงมาก โดยอัลกอริทึมดังกล่าวมีจุดเด่นในด้านของความเร็วที่สูง ในขณะที่ความผิดพลาดของผลลัพธ์มีไม่มากเกินไป อีกทั้งยังมีการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน และรองรับการประมวลผลแบบขนาน

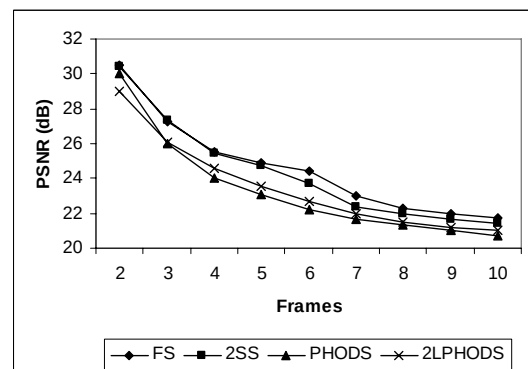
สำหรับการวิจัยในอนาคตสามารถพัฒนาเพิ่มฟังก์ชันพื้นฐานที่ใช้ในการบีบอัดภาพวิดีโอ เช่น DCT/IDCT เข้าไปในหน่วยประมวลผลเฉพาะทางให้พัฒนากลายเป็นหน่วยประมวลผลวิดีโอ (Video Processing Unit) ทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

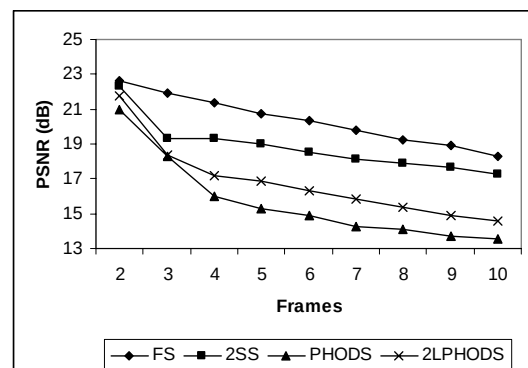
- [1] Borko Furht, Joshua Greenberg, Raymond Westwater, "Motion Estimation Algorithms for Video Compression" .Massachusetts : Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [2] Liang-Gee Chen, Wai-Ting Chen, Yeu-Shen Jehng, Tzi-Dar Chiuch "An Efficient Parallel Motion Estimation Algorithm for Digital Image Processing" *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.1, Issue 4, pp.378 – 385, Dec. 1991.
- [3] Nan Yu, Kichul Kim, Salcic Z., "A New Motion Estimation Algorithm for Mobile Real-Time Video and its FPGA Implementation" *TENCON*, Vol. 1, pp 383 – 386, Nov. 2004.
- [4] Rangarajan P., Prashanth G., Harish P.S. "FPGA Implementation of High Speed Parallel Architecture for Block Motion Estimation" *SIPS*, pp. 245 – 250, 2004.



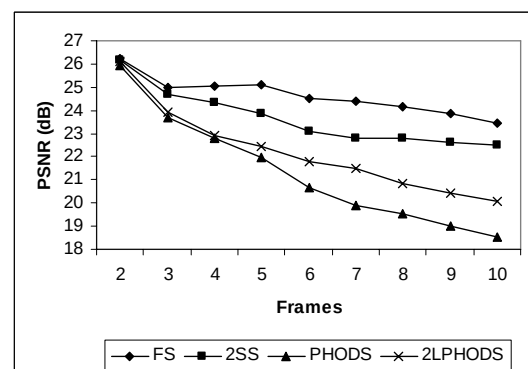
ภาพที่ 6: ค่า PSNR ของลำดับภาพ Akiyo



ภาพที่ 7: ค่า PSNR ของลำดับภาพ Coastguard



ภาพที่ 8: ค่า PSNR ของลำดับภาพ Mobile



ภาพที่ 9: ค่า PSNR ของลำดับภาพ Tempete