

# โครงการทางวิศวกรรม

## เรื่อง

การสร้างอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้เพื่อการสร้างมุมมองเพิ่มเติม  
สำหรับจอภาพในการแสดงมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง (ภาษาไทย)

FPGA Implementation of View Expansion for Automultiscopic 3D  
Displays (ภาษาอังกฤษ)

## โดย

นาย ภากร มั่นทนพจนารถ 5530427121

## อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

อาจารย์ ดร. พิชญะ สิทธิอมร ลายมือชื่อ\_\_\_\_\_

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

## สารบัญ

หัวเรื่อง	หน้า
ชื่อโครงการ	1
ปัญหาและความสำคัญของปัญหา	1
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
- สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์	2
- การเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง	3
- อุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้	3
- การจัดตารางของกระบวนการ	4
- Steerable Pyramid	5
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
- Joint View Expansion and Filtering for Automultiscopic 3D Displays	5
- Eulerian-Lagrangian Stereo-to-Multi-view Conversion	6
วัตถุประสงค์	8
ขอบเขตของโครงการ	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
แนวทางในการพัฒนาและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง	9
ขั้นตอนการดำเนินงาน	12
รายการอ้างอิง	13

## ข้อเสนอโครงงานวิจัย

**ชื่อโครงงาน (ภาษาไทย)** การสร้างอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้เพื่อการสร้างมุมมองเพิ่มเติมสำหรับจอภาพในการแสดงมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง

**ชื่อโครงงาน (ภาษาอังกฤษ)** FPGA Implementation of View Expansion for Automultiscopic 3D Displays

## ปัญหาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้สื่อสามมิติ (3D Media) นั้นได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของพวกเรามากขึ้น เนื่องด้วยความแปลกใหม่ของสื่อที่มีมุมมองสามมิติ (Stereoscopic) ทำให้มีความสมจริงและอารมณ์ร่วมมากขึ้น และสามารถเข้าถึงได้ง่ายไม่ว่าจะเป็น การชมภาพยนตร์สามมิติในโรงภาพยนตร์ การโฆษณาด้วยมุมมองสามมิติ การรับชมจากโทรทัศน์ที่สามารถตั้งค่าให้แสดงมุมมองสามมิติได้ และสื่อจำพวกภาพโทรทัศน์ที่สามารถชมได้ด้วยมุมมองสามมิตินั้นก็มีมากขึ้น โดยที่กล่าวมานั้นเป็นตัวอย่างสื่อที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การรับชมสื่อสามมิตินั้นมีความแพร่หลายในชีวิตประจำวันของพวกเรามากขึ้น

โดยสื่อสามมิติที่สามารถพบเห็นในชีวิตประจำวันได้นั้น มีหลากหลายวิธีการในการสร้างมุมมองสามมิติ เช่น การสร้างภาพสามมิติแบบภาพเหลื่อม (Anaglyph 3D) [1] ซึ่งจัดเป็นหนึ่งในวิธีการแรกๆของการทำมุมมองสามมิติ และการสร้างมุมมองสามมิติแบบการกรองแสงที่แตกต่าง (Polarized 3D) [1] ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำการพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ได้คุณภาพของมุมมองสามมิติที่ดีขึ้น โดยวิธีการนี้นั้นมีการใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นเนื่องจากโทรทัศน์ในปัจจุบันนั้นสามารถตั้งค่าเพื่อใช้วิธีการนี้ได้ โดยจากวิธีการทั้งหมดที่กล่าวมานั้นจำเป็นต้องมีการใช้แว่นตาหรืออุปกรณ์ที่ช่วยในการสร้างจุดโฟกัสของสายตาผู้ชม ซึ่งทำให้เกิดปัญหาหลักๆอยู่สองประการดังนี้

ประการแรก ปัญหาการใช้อุปกรณ์เสริมในการรับชมมุมมองสามมิติ เช่นแว่นตาเพราะไม่ว่าจะเป็นวิธีการสร้างมุมมองสามมิติแบบเหลื่อม หรือการสร้างมุมมองสามมิติแบบการกรองแสงที่แตกต่าง จำเป็นต้องมีการใช้แว่นตาที่มีความเฉพาะในการรับชมมุมมองสามมิติ แม้ว่าในสถานที่ที่มีการแสดงสื่อสามมิติ จะมีแว่นให้บริการ แต่การรับชมด้วยโทรทัศน์นั้นจำเป็นต้องมีแว่นตาเท่ากับจำนวนของผู้รับชม ทำให้การรับชมสื่อสามมิตินั้นมีความยากในการรับชม และรวมถึงผู้ที่สวมแว่นตาทิ้งไว้แล้ว หากจำเป็นต้องใช้แว่นตาก็จะเกิดความไม่สบายตาเนื่องจากจำเป็นต้องสวมใส่แว่นตาซ้อนกัน และอาจจะทำให้เกิดปัญหาด้านการรับชม

ประการที่สอง ปัญหาเรื่องมุมมองในสื่อสามมิตินั้น มีเพียงสองมุมมอง เช่นในการสร้างมุมมองสามมิติแบบการกรองแสงที่แตกต่างนั้น มีการทำงานแบบ Linear Polarization ซึ่งแว่นตาที่ใช้นั้นสามารถกรองแสงได้เพียงมุมมองเดียว และหากทำการเลื่อนมุมมองที่มองสื่อสามมิตินั้น ก็จะทำให้เกิดการเหลื่อมของภาพได้ ทำให้ไม่สามารถรับชมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถึงแม้จะมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วย เช่นการทำงานแบบ Circular Polarization เพื่อให้สามารถรับชมได้หลายมุมมองมากขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ก็จะมีราคาสูงกว่ามาก จึงเป็นหนึ่งในปัญหาในการรับชมสื่อสามมิติ

จากสองประการที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้เห็นว่าการรับชมสื่อสามมิตินั้นยังมีความยากลำบากในการรับชม ดังนั้นจึงเกิดเป็นแนวคิดที่ว่า หากเราทำการพัฒนาการสร้างสื่อสามมิติด้วยวิธีการใหม่ที่สามารถเพิ่มมุมมองในการรับชม และไม่จำเป็นต้องใช้แว่นในการรับชมสื่อสามมิติเพียงใช้แค่จอเพิ่มเติมเท่านั้น ด้วยวิธีดังกล่าวนี้ ผู้ชมสามารถรับชมได้โดยเพียงต่ออุปกรณ์เพียงเล็กน้อย โดยรูปแบบการทำงานนั้นสามารถทำให้ผู้ชมรับชมสื่อสามมิติโดยไม่จำเป็นต้องใช้แว่นในการรับชม และหากสามารถพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นนี้ได้ขึ้น การรับชมสื่อสามมิติก็必将มีความแพร่หลายและความสะดวกสบายต่อผู้รับชมมากขึ้น

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

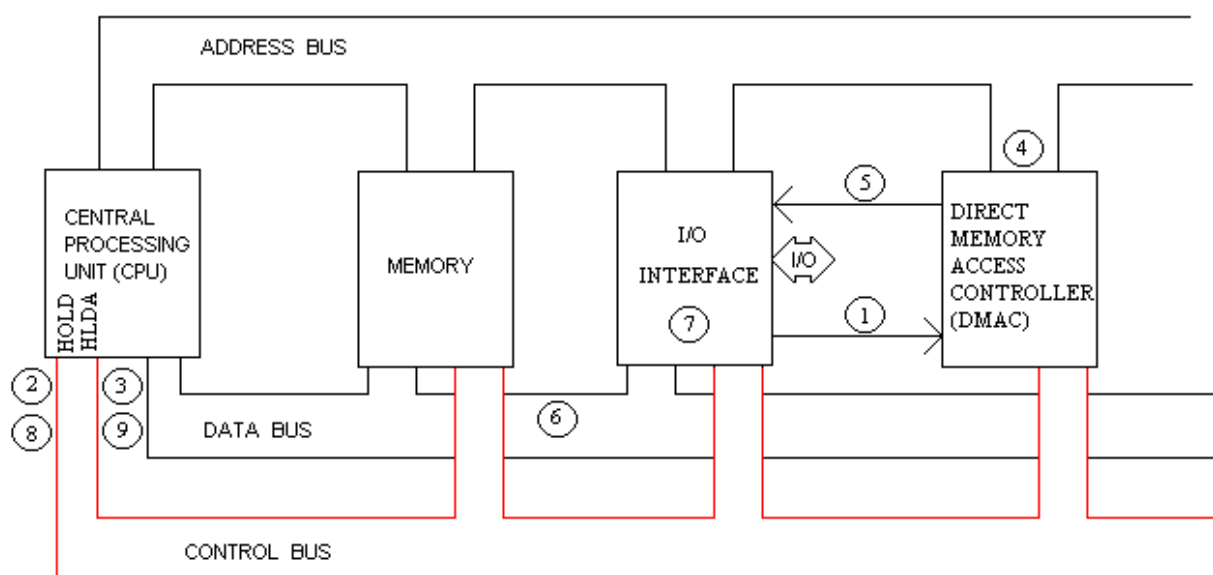
### 1. สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ (Computer Architecture) [2]

สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์(Computer Architecture) นั้นเป็นทฤษฎีที่อยู่เบื้องหลังของการออกแบบคอมพิวเตอร์ในการทำงาน โดยในส่วนโครงสร้างทั่วไปนั้นจะทำการแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆ ได้แก่

- 1.1. ชุดคำสั่ง (Instruction Set Architecture) เป็นสิ่งที่ใช้ในการอธิบายโครงสร้างและขีดความสามารถในการทำงานของแต่ละหน่วยประมวลผล โดยอาจกล่าวได้อีกความหมายหนึ่งว่าเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างฮาร์ดแวร์(Hardware) และ ซอฟต์แวร์(Software) เพื่อใช้สั่งให้คอมพิวเตอร์นั้นทำตามสิ่งที่ผู้ใช้ต้องการ
- 1.2. โครงสร้างคอมพิวเตอร์ (Computer Organization) เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างภายในของคอมพิวเตอร์ โดยจะกล่าวถึงหน่วยประมวลผลกลาง(Central Processing Unit:CPU) และส่วนประกอบต่างๆที่เกี่ยวข้อง มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้
  - 1.2.1. หน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และทางตรรกะ (Arithmetic Logic Unit) หรือส่วนที่ทำหน้าที่ในการคำนวณผลทางคณิตศาสตร์ รวมถึงสามารถทำการคำนวณทางด้านตรรกศาสตร์ได้อีกด้วย
  - 1.2.2. หน่วยความจำชั่วคราว (Register) หรือหน่วยความจำที่มีความเร็วสูงเหมาะแก่การนำมาช่วยในการคำนวณในกรณีที่จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลไว้เพื่อใช้ในการคำนวณ เพื่อให้ได้คำตอบตามที่ต้องการ
  - 1.2.3. หน่วยความจำ (Memory) เป็นส่วนประกอบที่มีความจุสูงกว่า หน่วยความจำแบบชั่วคราว โดยสามารถใช้เพื่อเก็บชุดคำสั่ง(Instruction Set)รวมถึงข้อมูล(Data) ที่จำเป็นต่อการคำนวณ แต่หน่วยความจำนั้นจะมีความเร็วในการส่งข้อมูลที่ต่ำกว่าหน่วยความจำชั่วคราว(Register) เพราะฉะนั้นการติดต่อกับหน่วยความจำบ่อยครั้งนั้น ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานนั้นลดลง

## 2. การเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง (Direct Memory Access) [3][4]

จากโครงสร้างโดยทั่วไปแล้วนั้น เมื่ออุปกรณ์ต่างๆ (Devices) นั้นต้องการจะติดต่อกับหน่วยความจำ จำเป็นจะต้องส่งข้อมูลต่างๆ ไปยังหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ก่อน จากนั้นหน่วยประมวลผลกลางนั้นจะทำการส่งข้อมูลไปยังหน่วยความจำนั้นๆ และในทางกลับกันเมื่อมีการส่งข้อมูลต่าง ๆ นั้นไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ข้อมูลซึ่งถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำ จำเป็นต้องให้หน่วยประมวลผลกลางนั้นทำการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำเพื่อส่งต่อไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการ จากการทำงานในลักษณะนี้นั้น มีการทำงานที่สูง เนื่องจากจำเป็นต้องทำงานผ่านหน่วยประมวลผลกลางตลอดเวลา ทำให้หน่วยประมวลผลกลางนั้นทำงานหนัก และสิ้นเปลืองเวลาทำงานโดยไม่จำเป็น ดังนั้นจึงได้เกิดแนวคิดที่ให้การรับส่งข้อมูลนั้นสามารถทำได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องผ่านหน่วยประมวลผลกลางเรียกว่า การเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง (Direct Memory Access) โดยในการทำงานนั้นจะต้องมีตัวควบคุม (Controller) เพื่อทำการติดต่อและแจ้งเมื่อมีการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง



DATA TRANSFER WITH A DMA CONTROLLER

รูปที่ 1 รูปแสดงการทำงานของ การเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรงเมื่อมีอุปกรณ์มาเชื่อมต่อ

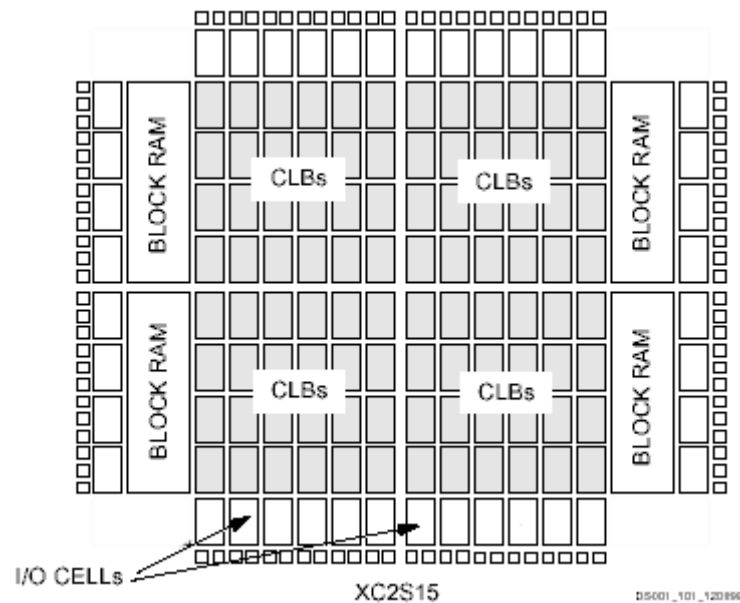
อ้างอิงภาพ <http://www.electronics.dit.ie/staff/tscarff/DMA/dma.htm>

## 3. อุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ (Field Programmable Gate Array: FPGA) [5][6]

เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถโปรแกรมได้ ประกอบไปด้วยโครงข่ายของการเชื่อมต่อภายในแบบเมตริกซ์ โดยโครงสร้างภายในนั้นประกอบด้วยประตูสัญญาณตรรกะ (Logic Gate) และสามารถทำการรวมประตูสัญญาณตรรกะเพื่อจะจะสามารถทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นและในบางชนิดยังมีหน่วยความจำเชิงตรรกะประกอบอยู่ด้วย

โดยอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้นั้นสามารถโปรแกรมให้ทำงานตามที่เราต้องการได้ และยังสามารถทำการแก้ไขวงจรเพิ่มเติมเพื่อให้ได้โปรแกรมที่ต้องการแต่การทำงานของอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้นั้น ยังมีความเร็วและคุณภาพที่ดีกว่าวงจรรวมเฉพาะโปรแกรมประยุกต์

(Application-Specific Integrated Circuit :ASIC)เนื่องจากทางโครงสร้างนั้น พบว่าอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้นั้นมีความหนาแน่นของวงจรที่น้อยกว่าและยังจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรมากกว่า แต่ในทางกลับกับอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้นั้นก็มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากกว่า



รูปที่ 2 รูปแสดงโครงสร้างของอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้รุ่น Spartan-II Architectural

อ้างอิงภาพ <http://www.datasheetarchive.com/files/xilinx/docs/rp00001/rp001e4.htm>

โดยจากรูปนั้นเป็นอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้รุ่น Spartan-II Architectural โดยมีส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วน ได้แก่

- 3.1. **Configurable Logic Block (CLBs)** คือส่วนของบล็อกตรรกะที่สามารถปรับแต่งได้ ประกอบด้วย ประตูลงสัญญาณตรรกะจำนวนมากที่เชื่อมต่อกันอยู่
- 3.2. **Block RAM** เป็นส่วนประกอบเฉพาะสำหรับSpartan-II Architectural เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานได้มากกว่า
- 3.3. **I/O Block** ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆเพื่อทำการส่งข้อมูลที่ต้องการ รวมถึงสัญญาณต่างๆที่จำเป็นต่อการทำงาน

#### 4. การจัดการของกระบวนการ (Process Scheduling) [7]

การทำงานในระบบต่าง ๆ นั้น หากมีการทำงานที่มีความต้องการใช้ทรัพยากรมากกว่าที่หน่วยประมวลผลมีนั้น จำเป็นต้องมีการจัดการหรือการพยายามจัดการทรัพยากรให้หน่วยประมวลผลนั้นสามารถทำงานได้ด้วยทรัพยากรที่มีและได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยจัดการให้กระบวนการ(Process)นั้นสามารถทำการประมวลผลได้ตลอดเวลา และภาพรวมของกระบวนการต่าง ๆ นั้น เสมือนทำงานไปพร้อมๆกันได้ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดในหน่วยประมวลผลที่มีทรัพยากรจำกัด

## 5. Steerable Pyramid [8][9][10]

คือการทำพีระมิดรูปภาพ (Image Pyramid) รูปแบบหนึ่งโดยการพิจารณารูปภาพที่ขนาดต่างๆด้วย Steerable Pyramid นั้น เป็นการแยกรูปภาพแบบหลายแกน(multi-orientation image decomposition) เพื่อการประมวลผลสำหรับการประมวลผลภาพ (Image Processing) และวิสัยทัศน์คอมพิวเตอร์ (Computer Vision) การทำงานนั้นได้รับการพัฒนามาจากการแยกสัญญาณโดยวิธีการเปลี่ยนให้เป็นการแกว่งสั้นๆ (Wavelet Decomposition) โดย Steerable Pyramid มีการพัฒนาโดยสามารถทำการคำนวณในแนวทแยงได้ด้วย เนื่องจากWavelet Decomposition สามารถทำการคำนวณได้เพียงแนวตั้งและแนวนอน จึงได้รับความนิยมมากกว่า และการทำงานพื้นฐานของ Steerable Pyramid นั้นคือการทำอนุพันธ์ทิศทางลำดับที่ K (Kth-order Directional Derivative) และการทำงานของ Steerable Pyramid นั้นสามารถอธิบายได้ด้วยการแยก(Decomposition) 2 ส่วน ดังนี้

- 5.1. การแยกเชิงมุม (Angular Decomposition) เป็นการแยกเชิงมุมโดยสามารถกำหนดค่าสั่งอนุพันธ์ที่ต้องการได้ เพื่อกำหนดทิศทางของอนุพันธ์ในโดเมนเชิงพื้นที่ (Spatial Domain) ให้สามารถดำเนินการตามฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear Function) ในโดเมน Fourier (Fourier Domain)
- 5.2. การแยกเชิงรัศมี (Radial Decomposition) นั้นประกอบไปด้วย ฟังก์ชันรัศมี (Radial Function) ซึ่งเป็นข้อบังคับในการสร้างการแยกเวียนเกิด(Decomposition Recursively)

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. Joint View Expansion and Filtering for Automultiscopic 3D Displays [11]

งานวิจัยนี้พยายามอธิบายถึงการสร้างมุมมองเพิ่มเติม(View Expansion)และการกรอง (Filtering)ของมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง โดยงานวิจัยได้กล่าวว่าการรับชมสื่อสามมิตินั้นจะได้รับการยอมรับและสามารถรับชมได้ดียิ่งขึ้นด้วยการรับชมสื่อสามมิติได้จากหลายมุมมอง(Multiple View) และไม่จำเป็นต้องใช้แว่นตาสามมิติแต่การที่จะสามารถรับชมได้นั้น จำเป็นที่จะต้องได้รับการกรองเนื้อหาที่ถูกตัดจากหลายมุมมอง โดยการจะสร้างมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมองนั้นยังคงมีปัญหาอยู่แต่งานวิจัยนี้นั้นได้ทำการแก้ปัญหา โดยปัญหาที่กล่าวถึงนั้นมีสามประการได้แก่

- 1.1. การจัดทำสื่อสามมิตินั้นสามารถสร้างได้เพียงสองมุมมองเท่านั้นแต่จสำหรับการสร้างมุมมองสามมิตินั้นจำเป็นต้องการรูปจากหลายมุมมอง และคุณภาพของรูปที่ได้มานั้น มีคุณภาพและความหนาแน่นไม่เพียงพอ หากต้องการให้มีคุณภาพพอนั้น จำเป็นต้องแลกมาด้วยต้นทุนและขนาดของสื่อสามมิติที่สูงขึ้น โดยวิธีการแก้ไขคือการใช้การแก้ไขมุมมอง (View-Interpolation) เพื่อทำการสร้างมุมมองเพิ่มเติมที่จำเป็นต้องมีทั้งความลึกที่แม่นยำ และการซ่อมพื้นที่ที่มีข้อมูลขาดหาย
- 1.2. จอสำหรับมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมองนั้นจำเป็นต้องมีการกรองแบบพิเศษเพื่อลดความหยาบระหว่างมุมมอง(Interperspective Aliasing) เนื่องจากหากไม่ทำการลดความหยาบระหว่างมุมมอง เมื่อรับชมสื่อก็จะเห็นความถี่ลือ(Flickering)ระหว่างรับชม

- 1.3. เพื่อความสบายในการรับชมสื่อนั้น รูปภาพแสดงความแตกต่าง (Image Disparities) จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขให้เหมาะกับชนิดและขนาดของจอที่แสดงผลรวมถึงผู้รับชมด้วย โดยเพื่อให้ได้รับชมได้ดีที่สุดจะเกิดการแก้ไขรูปภาพแสดงความแตกต่างและทำการคำนวณใหม่ด้วยรูปภาพแสดงความแตกต่างที่ได้รับการแก้ไข (Adjusted Disparity)

วิธีการดำเนินงานนั้น สามารถทำได้โดยนำสื่อสามมิติแบบปกติ (Stereoscopic Video) เป็นข้อมูลขาเข้า (Input) และทำการแปลงข้อมูลให้เป็นสื่อสามมิติแบบหลายมุมมองและได้รับการกรองที่สามารถแสดงผลบนจอที่รองรับสื่อสามมิติแบบหลายมุมมองได้ และวิธีการในการคำนวณนั้นสามารถใช้อัลกอริทึมที่มีความง่าย รวมถึงสามารถทำการเขียนโปรแกรมลงบนหน่วยประมวลผลกราฟิกได้ และได้ประสิทธิภาพที่ดีเข้าใกล้การทำงานแบบทันที (Real-Time Performance) โดยในงานวิจัยนี้นั้นมีกระบวนการการรวม การขยายภาพวิดีโอแบบ Phase-Based (phase-based video magnification) และ การลดความหยابระหว่างมุมมอง (Interperspective Antialiasing) เข้าเป็นกระบวนการกรองเพียงหนึ่งเดียว เพื่อให้สามารถทำงานได้ดีขึ้นในการสร้างสื่อสามมิติแบบหลายมุมมอง

## 2. Eulerian-Lagrangian Stereo-to-Multi-view Conversion [12]

งานวิจัยชิ้นนี้เกี่ยวข้องการพยายามสร้างมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมองด้วยการเพิ่มมุมมองเพิ่มเติม (Additional Visual Cue) โดยในการทำนั้นจำเป็นต้องมีข้อมูลขาเข้าเป็นมุมมองหลายมุมมอง และงานวิจัยนั้นได้กล่าวถึงปัญหาในการสร้างมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง ซึ่งในปัจจุบันนั้นยังไม่มีสื่อที่ทำการบันทึกแบบหลายมุมมองโดยตรง จึงทำให้จำเป็นต้องมีการเพิ่มมุมมองจากการนำมุมมองสามมิติแบบปกติขึ้นมาเป็นพื้นฐานในการสร้างมุมมองเพิ่มเติม แต่คุณภาพของมุมมองเพิ่มเติมที่สร้างมานั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลขาเข้าและวิธีการ ซึ่งวิธีการในตอนนี้ยังไม่เพียงพอสำหรับการแสดงข้อมูลดังกล่าว

โดยงานวิจัยนี้นั้นได้ทำการเสนอวิธีการแก้ไข ที่สามารถสร้างสื่อสามมิติแบบหลายมุมมองที่มีคุณภาพสูงและสามารถทำงานแบบเกือบทันทีได้ จึงได้ทำการนำเสนอวิธีการที่เรียกว่า การประมวลผลภาพบนพื้นฐานของภาพถ่าย (Image-based Rendering) ซึ่งวิธีการนี้นั้น สามารถแบ่งออกเป็นสองวิธีการได้ดังนี้

- 2.1. **Lagrangian Techniques** โดยในวิธีการนี้นั้นจะทำการกู้คืนข้อมูลความลึกของภาพและหลังจากนั้นจะทำการแสดงผลพิกเซลใหม่ (Pixel Re-Projection) เพื่อที่จะได้ข้อมูลและนำไปทำการสร้างมุมมองเพิ่มเติม โดยข้อดีของวิธีการนี้ คือในการคำนวณนั้น เราไม่จำเป็นต้องทำการคำนึงถึงข้อมูลที่หายไปในพื้นที่ที่ไม่การขาดข้อมูลความลึก (Disocclusion Regions) ซึ่งสามารถลดการทำงานและได้ประสิทธิภาพมากขึ้น แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดอยู่ คือไม่สามารถคำนวณข้อมูลขาเข้าที่มีคุณภาพต่ำได้ จึงจำเป็นต้องมีการนำการกระจายความลึก (Image Sparse) และวิธีการแปรเปลี่ยนรูปภาพ (Image Warping Technique) มาช่วยในการแก้ปัญหาเรื่องคุณภาพของข้อมูลขาเข้า และหากต้องการใช้วิธีการนี้ในการคำนวณส่วนที่มีความละเอียดสูง จำเป็นต้องใช้การคำนวณที่หนัก และทำให้ไม่เหมาะแก่การประมวลผลแบบทันที (Real-Time Processing)



2.2. **Eulerian Techniques** ทางด้านวิธีการนี้นั้นเป็นการประมาณการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเฟส(Local Phase Information) ในการกู้ข้อมูลความลึกได้อย่างชัดเจน โดยวิธีการนี้นั้นได้รับแรงบรรดาลใจมาจากการประมาณความต่าง(Disparity Estimation)และประมาณการเคลื่อนที่ของแสง(Optical Flow Estimation) ด้วยการใช้ข้อมูลเฟส (Local Phase Information) และวิธีการนี้มีข้อดีหลักอยู่สองส่วน อันได้แก่ การทำงานที่ไม่จำเป็นต้องอ้างอิงข้อมูลแบบต่อพิกเซล(Per-Pixel Information)โดยสามารถใช้ข้อมูลของเฟส (Phase Information)ทำงานแยกกันตามแต่ละพื้นที่และความถี่ และข้อดีอีกข้อหนึ่งนั้นคือวิธีการนี้ สามารถหาความแตกต่างบนพื้นฐานของเฟสได้แม่นยำ และละเอียด โดยข้อดีทั้งสองนั้นเป็นสิ่งที่ทำให้วิธีการนี้นั้นดีกว่าวิธีการLagrangianอย่างเห็นได้ชัดแต่อย่างไรก็ตามวิธีการแบบEulerianนั้นยังมีข้อจำกัดที่สำคัญอยู่ ซึ่งก็คือการคำนวณหาความต่างหรือความลึกนั้นยังสามารถทำได้ในช่วงที่แคบ

จากที่ได้กล่าวมาทั้งสองวิธีการนั้น งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการนำส่วนที่เป็นข้อดีของวิธีการLagrangian และ Eulerian นั้นมาใช้ในการสร้างวิธีการใหม่ เพื่อให้ได้วิธีการที่มีคุณภาพมากที่สุด โดยวิธีการดำเนินการนั้นเริ่มจากการนำข้อมูลขาเข้านั้นมาแปลงเพื่อให้สามารถแสดงเป็นคลื่นช่วงเล็ก(Wavelet Representation)ของรูปภาพของสื่อสามมิติ (Stereoscopic Image) และทำการคาดประมาณความแตกต่าง(Disparity Estimation)ของคลื่นช่วงเล็กๆเพื่อนำไปใช้ โดยกระบวนการนี้ยังสามารถรวมกับการลบความหยาบระหว่างมุมมอง และการคำนวณความแตกต่างแบบไม่เป็นเส้นตรง(Nonlinear Disparity Remapping) และยังสามารถใช้ Steerable Pyramid ในการแยกข้อมูลขาเข้าที่ได้รับมาเพื่อให้ได้ข้อมูลการประมาณความแตกต่างที่แม่นยำและจากวิธีการดังกล่าวที่กล่าวมานั้นทำให้สามารถรองรับการคำนวณความต่างได้มากขึ้นกว่าวิธีการเดิม และยังสามารถแก้ไขเหตุการณ์เฉพาะต่างๆที่วิธีการเดินนั้นไม่สามารถทำได้ เช่น การเบลอภาพเคลื่อนไหว (Motion Blur) การหาความลึกของจุดโฟกัส (Depth of Focus) และการสะท้อน เป็นต้น

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาวิธีการสร้างสื่อสามมิติเพื่อให้สามารถแสดงผลได้หลายมุมมองรวมถึงสามารถรับชมโดยไม่จำเป็นต้องใช้แว่น
2. เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการทำงานของการสร้างมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง ด้วยการโปรแกรมลงบนอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้
3. เพื่อพัฒนาทักษะการพัฒนาโปรแกรมบนอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้
4. เพื่อพัฒนาทักษะในการออกแบบรูปแบบสถาปัตยกรรมในการทำงาน เพื่อให้รองรับกับการสร้างมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมองด้วยอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้

## ขอบเขตของโครงการ

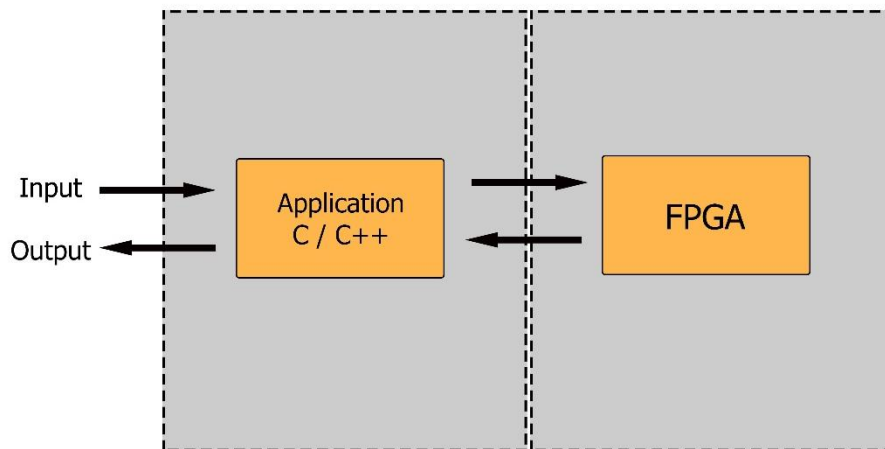
โครงการ “การสร้างอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้เพื่อการสร้างมุมมองเพิ่มเติมสำหรับจอภาพในการแสดงมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง” มีเป้าหมายหลักคือการสร้างมุมมองเพิ่มเติมสำหรับจอภาพในการแสดงมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมองบนอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของการทำงานจากการทำงานบนซอฟต์แวร์ที่จำเป็นต้องทำงานบนระบบปฏิบัติการต่างๆ มายังการทำงานบนฮาร์ดแวร์ ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพที่มากขึ้นและประหยัดทรัพยากรมากกว่าเพื่อการพัฒนาต่อไปในอนาคต

รูปแบบการทำงานนั้นจะสามารถทำงานได้โดยการส่งข้อมูลรูปภาพสามมิติ(Stereoscopic Image) เป็นข้อมูลขาเข้าผ่านสายเชื่อมต่อสื่อประสมความคมชัดสูง(High-Definition Multimedia Interface : HDMI) ไปยังอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ที่ได้รับการโปรแกรมเป็นที่เรียบร้อยแล้วหลังจากนั้นข้อมูลขาเข้าจะได้รับการคำนวณเพื่อเปลี่ยนจากข้อมูลรูปภาพสามมิติแบบสองมุมมองเป็นข้อมูลรูปภาพสามมิติแบบหลายมุมมองและทำการส่งข้อมูลขาออกด้วยสายเชื่อมต่อสื่อประสมความคมชัดสูงกลับไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะสามารถแสดงผลได้แบบเกือบทันที(Almost Real-Time)

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้อุปกรณ์สำหรับการสร้างมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง ด้วยการสร้างอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้
2. อุปกรณ์สำหรับการสร้างมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมองที่สร้างด้วยอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้นั้นมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และประหยัดพลังงานขึ้น
3. ผู้พัฒนาอุปกรณ์การสร้างมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมองได้ประสบการณ์ในการพัฒนาอุปกรณ์เชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ รวมถึงความรู้ต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่นจัดการทรัพยากรของระบบสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ การใช้งานระบบการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง และการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Verilog

## แนวทางในการพัฒนาและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

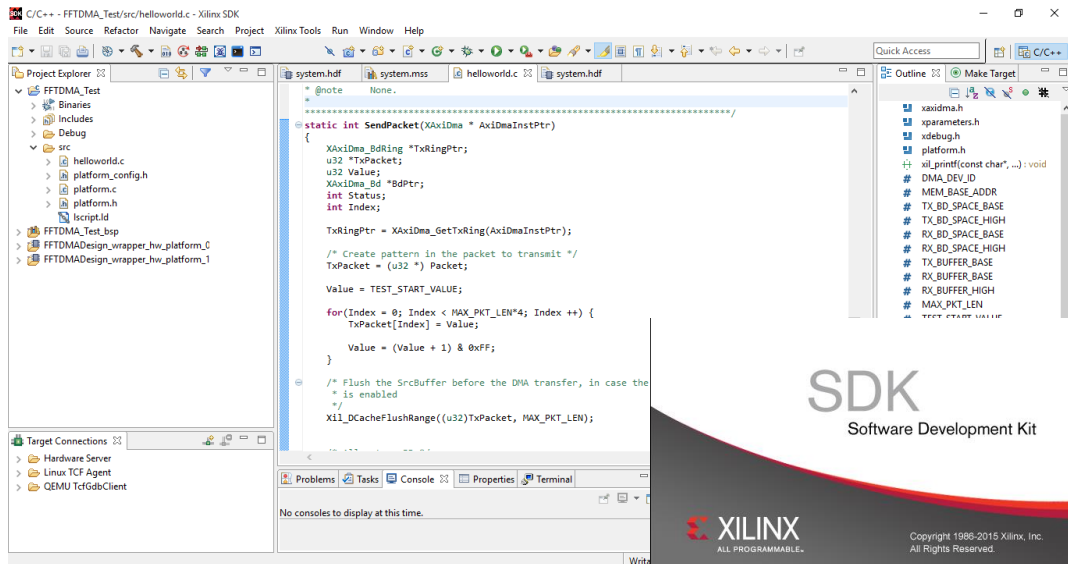


รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างการทำงานของโครงการ

โดยการทำงานนั้นสามารถแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังนี้

1. ส่วนของโปรแกรมประยุกต์ (Application) ซึ่งเป็นส่วนที่คอยจัดการกับข้อมูลขาเข้า(Input) และรับข้อมูลขาออก(Output) จากอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้ (FPGA) โดยมีรายละเอียดต่างๆดังนี้
  - 1.1. ภาษาที่ใช้ในการสร้าง ในการทำงานนั้นใช้ภาษาซี (C Language) ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมโดยสามารถใช้คลังโปรแกรม(Libraries) ของภาษาซีต่างๆในการช่วยทำให้ส่วนของโปรแกรมประยุกต์นั้นทำงานได้ดียิ่งขึ้น
  - 1.2. คุณสมบัติของโปรแกรมประยุกต์ (Features of Application) โดยคุณลักษณะหลักๆเพื่อให้การทำงานของโปรแกรมประยุกต์นั้นมีดังนี้
    - 1.2.1. การจัดการข้อมูลขาเข้า (Input Data Management) เนื่องจากข้อมูลขาเข้านั้นเป็นข้อมูลรูปภาพมุมมองสามมิติ(Stereoscopic Image) ซึ่งโปรแกรมประยุกต์นี้นั้นจำเป็นต้องทำการเตรียมข้อมูลเพื่อให้สามารถส่งเข้าไปคำนวณภายในอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้
    - 1.2.2. การจัดการการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง (Direct Memory Access Management) โดยการทำงานของอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมที่โครงการนี้ได้เลือกใช้ใช้นั้น เป็นบอร์ด Zebboard และมีหน่วยประมวลผลกลาง แต่เนื่องจากการทำงานของโครงการนี้นั้น จำเป็นต้องทำงานผ่านหน่วยประมวลผลกลางและงานเพียงอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้เท่านั้น จึงต้องการลดภาระของหน่วยประมวลผลกลางโดยการทำการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรงเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด
    - 1.2.3. การจัดการข้อมูลขาออก (Output Data Management) หลังจากได้รับข้อมูลที่ได้ผ่านการคำนวณภายในอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้แล้วนั้น ก็จะมีการส่งข้อมูลกลับมายังโปรแกรมประยุกต์และเมื่อได้รับข้อมูลกลับมานั้นจำเป็นต้องจัดเรียงข้อมูลให้สามารถนำกลับไปแสดงผลเป็นสื่อสามมิติแบบหลายมุมมองได้

1.3. เครื่องมือสำหรับสร้างโปรแกรมประยุกต์ (Tools) ในการสร้างโปรแกรมประยุกต์นั้น เราใช้โปรแกรม “Xilinx Software Development Kit” โดยเป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างโปรแกรมประยุกต์บนภาษาซี (C Language) ได้ และยังสามารถทำการเขียนโปรแกรมลงบนอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้ เพื่อให้อุปกรณ์นั้นสามารถทำงานตามที่เรารต้องการได้



รูปที่ 4 แสดงหน้าจอโปรแกรม Xilinx Software Development Kit

2. ส่วนของโปรแกรมบนอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้(Field-Programmable Gate Array :FPGA) เป็นส่วนที่เราทำการเขียนโปรแกรมสำหรับการเปลี่ยนจากมุมมองสามมิติแบบปกติเป็นมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง โดยการทำงานนั้นประกอบไปด้วยรายละเอียดต่างๆดังนี้

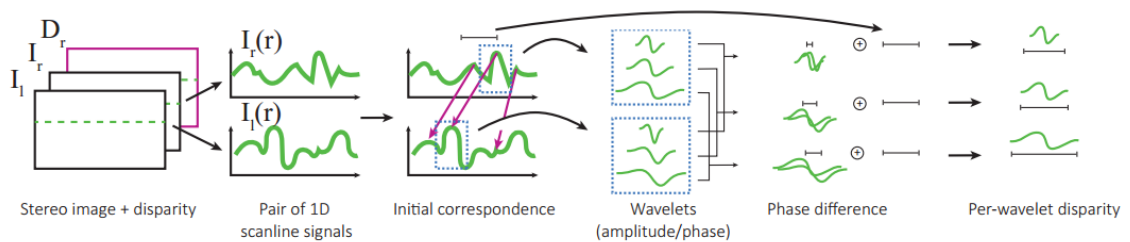
2.1. ภาษาที่ใช้ในการสร้าง โดยการทำงานบนอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้นั้น ใช้ภาษาVerilog ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของฮาร์ดแวร์(Hardware Description Language) และถูกใช้ในการสร้างระบบวงจรไฟฟ้า ส่วนใหญ่นั้นถูกใช้ในการออกแบบและการตรวจสอบวงจรดิจิทัล (Digital Circuits)

2.2. ขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรมบนอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้(Component of Program on FPGA) ในการสร้างนั้น จะมีวิธีการในการแปลงจากมุมมองสามมิติแบบปกติ (Stereoscopic) เป็นมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง(Multi-Automultiscopic) โดยแนวคิดนั้นมีดังนี้

2.2.1. การแปลงมุมมองสามมิติแบบปกติเป็นคลื่นช่วงเล็ก(Decomposition into Wavelet)

ในขั้นตอนนี้การใช้การแยกด้วย Steerable Pyramid(Steerable Pyramid Decomposition) โดยการนำข้อมูลเข้าเป็นข้อมูลมุมมองสามมิตินั้นจะมีรูปแบบเป็นรูปสองรูปคู่ โดยจะมีรูปซ้ายและรูปขวา และนำทั้งรูปซ้ายและรูปขวามาทำการแยกเพื่อให้ได้ข้อมูลแอมพลิจูด(Local Amplitude) และข้อมูลเฟส(Phase Information) เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณต่อไป

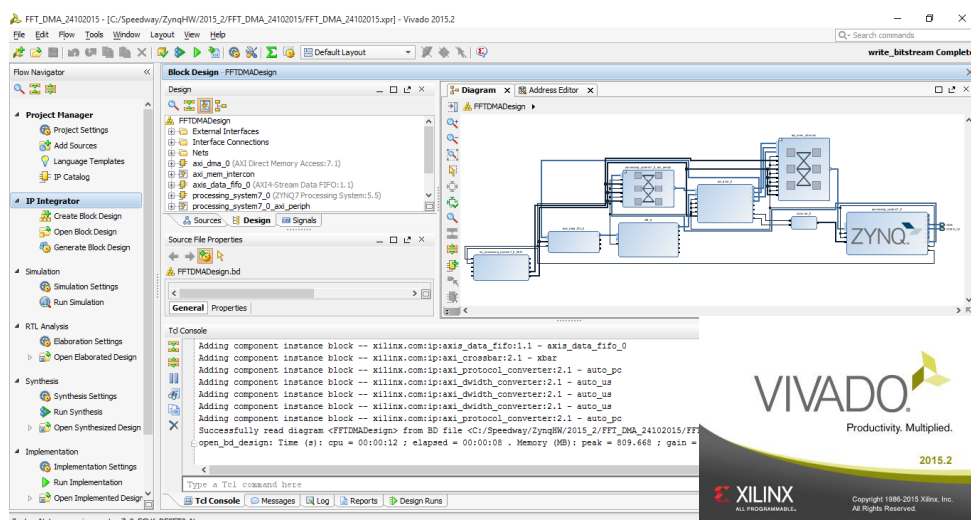
2.2.2. การประมาณความลึกต่อหนึ่งคลื่นช่วงเล็ก (Per-Wavelet Depth Estimation) โดยวิธีการส่วนใหญ่นั้นจะเป็นการประมาณความแตกต่างต่อพิกเซล (Per-Pixel Disparity Estimation) แต่ในโครงงานนี้ทำโดยการพิจารณาด้วยการประมาณโดยคลื่นช่วงเล็กแทน โดยเมื่อเราได้ข้อมูลคลื่นช่วงเล็กมาจากขั้นตอนแรกนั้น เรานำข้อมูลนั้นมาทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลจากรูปซ้ายและรูปขวาและเราจะได้อาคความต่างของเฟส (Phase Difference) และนำความแตกต่างของเฟสนั้นมาคำนวณเพื่อที่จะได้ความแตกต่างต่อคลื่นช่วงเล็ก (Per-Wavelet Disparity) โดยวิธีการนั้นเป็นดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 5 รูปแสดงขั้นตอนการทำงานตั้งแต่ข้อมูลขาเข้าและข้อมูลขาออกที่ได้

2.2.3. การสร้างมุมมองเพิ่มเติมขึ้นใหม่ (Novel views Reconstruction) หลังจากเราทำขั้นตอนข้างต้นแล้วนั้นก็จะได้อาคความต่างต่อคลื่นช่วงเล็ก (Per-Wavelet Disparity) และในการสร้างมุมมองเพิ่มเติมนั้น เราจะทำโดยการแก้ไขตำแหน่งของคลื่นช่วงเล็กๆ โดยทำแยกตามช่วงที่เราทำนำมาคำนวณและทำให้ได้ตำแหน่งของมุมมองใหม่ หลังจากนั้นทำแปลงกลับเป็นข้อมูลมุมมองสามมิติแบบหลายมุมมอง โดยการใ้การแปลงแบบไม่มีรูปแบบด้วย Fourier (Non-Uniform Fourier Transform) และทำการส่งข้อมูลกลับไปยังส่วนของโปรแกรมประยุกต์

2.3. เครื่องมือสำหรับออกแบบโปรแกรมบนอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้ (Tool for Implement Program in FPGA) โดยในการออกแบบและทำการสร้างนั้นได้ใช้โปรแกรม “Vivado Design Suite Webpack Edition” ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถทำการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ รวมถึงเขียนโปรแกรมแสดงการทำงานของส่วนประกอบที่ต้องการให้ทำงานได้บนอุปกรณ์ตรรกะแบบโปรแกรมได้



รูปที่ 6 รูปแสดงหน้าจอโปรแกรม Vivado Design Suite Webpack Edition

## ขั้นตอนการดำเนินงาน

แผนภูมิ Gantt แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

Task Name	Start Date	End Date	Q3	Q4	Q1	Q2
ส่วนที่ 1 วางแผน						
ศึกษาที่มาและความสำคัญ	09/17/15	11/06/15				
ศึกษาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโปรแกรม	09/17/15	09/24/15				
ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	09/24/15	10/01/15				
ศึกษาโปรแกรมที่ใช้เขียนบอร์ดFPGA	09/29/15	10/23/15				
ศึกษาโปรแกรมที่ใช้เขียนบอร์ดFPGA	10/02/15	10/08/15				
ศึกษาการทำงานแบบเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง	10/09/15	11/03/15				
กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมาย	10/26/15	10/29/15				
กำหนดขอบเขตของโครงการ	10/30/15	11/06/15				
ส่วนที่ 2 ออกแบบการทำงาน						
ออกแบบข้อมูลนำเข้าไปยังบอร์ดFPGA	11/13/15	12/30/15				
ออกแบบการส่งข้อมูลด้วยระบบการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง	11/13/15	11/19/15				
ออกแบบการคำนวณภายในบอร์ดFPGA	11/20/15	12/03/15				
ออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรม	11/20/15	12/17/15				
ออกแบบสถาปัตยกรรมของโปรแกรม	11/27/15	12/22/15				
ออกแบบการจัดตารางของกระบวนการ	12/03/15	12/30/15				
ส่วนที่ 3 พัฒนาระบบ						
พัฒนาการทำงานด้วยระบบการเข้าถึงหน่วยความจำโดยตรง	12/24/15	02/12/16				
พัฒนา Steerable Pyramid ลงบนบอร์ด FPGA	12/24/15	01/05/16				
พัฒนาโปรแกรมการเพิ่มมุมมองในสี่สามมิติ	01/06/16	01/18/16				
พัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำงานได้ทรัพยากรที่จำกัด	01/19/16	02/08/16				
พัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำงานได้ทรัพยากรทั้งหมด	01/21/16	02/12/16				
ส่วนที่ 4 ทดสอบโปรแกรม						
ทดสอบการทำงานโดยการใส่ข้อมูลนำเข้าจริง	01/19/16	02/25/16				
ตรวจสอบข้อมูลขาออก	01/19/16	02/01/16				
ตรวจสอบการทำงานด้วยการจัดตารางของกระบวนการ	02/02/16	02/12/16				
ปรับแก้โปรแกรมเพิ่มเติม	01/29/16	02/19/16				
ปรับแก้โปรแกรมเพิ่มเติม	02/12/16	02/25/16				
ส่วนที่ 5 เขียนบทความทางวิชาการ						
ศึกษาบทความที่เกี่ยวข้องทั้งหมด	02/26/16	04/01/16				
สรุปหัวข้อและค่าโครงสร้างงานวิจัย	02/26/16	03/08/16				
ออกแบบรูปแบบบทความวิจัยและสรุปผลการทำงาน	03/09/16	03/15/16				
เขียนบทความวิชาการ	03/16/16	03/24/16				
เขียนบทความวิชาการ	03/09/16	04/01/16				

## รายการอ้างอิง

- [1] Luke Plunkett. “**How 3D Actually Works**”. [Online]. [Cited 27 Oct, 2015].  
Available from: <http://kotaku.com/5472582/how-3d-actually-works>
- [2] ดร. เกริก ภิรมย์โสภา. “**สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์**”. [Book]. [Publication Date: Jun, 2014].
- [3] William Stalling, แพล สัลยัทธ สว่างวรรณ. “**Computer Organization & Architecture**”. [Book]. [Publication Year: 2003]. การนำข้อมูลเข้าและการส่งข้อมูล Chapter 7
- [4] School of Electronic and Communications Engineering: DIT. “**Direct Memory Access (DMA)**”. [Online]. [Cited 30 Oct, 2015].  
Available from: <http://www.electronics.dit.ie/staff/tscarff/DMA/dma.htm>
- [5] Xilinx Inc. “**Field Programmable Gate Array (FPGA)**”. [Online]. [Cited 30 Oct, 2015].  
Available from: <http://www.xilinx.com/training/fpga/fpga-field-programmable-gate-array.htm>
- [6] Xilinx Inc. “**Spartan-II FPGA Family Architecture**”. [Online]. [Cited 30 Oct, 2015].  
Available from: <http://www.datasheetarchive.com/files/xilinx/docs/rp00001/rp001e4.htm>
- [7] ภาควิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น. “**Operation System: Process**”. [Online]. [Cited 3 Nov, 2015].  
Available from: [http://bc.feu.ac.th/pichate/os\\_c4/chapter4.htm](http://bc.feu.ac.th/pichate/os_c4/chapter4.htm)
- [8] Eero P. Simoncelli. “**The Steerable Pyramid**”. [Online]. [Cited 3 Nov, 2015]  
Available from: <http://www.cns.nyu.edu/~eero/steerpyr/>
- [9] Eero P Simoncelli, William T Freeman. “**THE STEERABLE PYRAMID: A FLEXIBLE ARCHITECTURE FOR MULTI-SCALE DERIVATIVE COMPUTATION**”. 2nd IEEE International Conference on Image Processing. Washington, DC. October, 1995.
- [10] ภิญญา แท้ประสาทสิทธิ์. “**การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐาน**”. [Online]. [Cited 3 Nov 2015]. Available from:  
[http://www.cs.su.ac.th/~pinyotae/comvision/slides/Week3\\_2\\_Pyramid\\_Log\\_Wavelet\\_fullPage.pdf](http://www.cs.su.ac.th/~pinyotae/comvision/slides/Week3_2_Pyramid_Log_Wavelet_fullPage.pdf)
- [11] Piotr Didyk, Pitchaya Sitthi-Amorn, William Freeman, Frédo Durand, Wojciech Matusik. “**Joint View Expansion and Filtering for Automultiscopic 3D Displays**”. ACM Transactions on Graphics (Proceedings SIGGRAPH Asia 2013, Hong Kong).
- [12], Pitchaya Sitthi-Amorn. “**Eulerian-Lagrangian Stereo-to-Multi-view Conversion**”. Unpublished Manuscript.