สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจับการเคลื่อนไหวสามมิติด้วยกล้องไอพีและคูด้า

3D MOTION CAPTURE WITH IP CAMERAS AND CUDA

T117572

อนวัช เสริมชีพ
อภิสิทธิ์ รัตนาตรานุรักษ์
อังกูร เอี่ยมอาภรณ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117572
วัน,เดือน,ปี 5 ส.ค. 2554

b 12345282
i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจับการเคลื่อนไหวสามมิติด้วยกล้องไอพีและคูด้า

3D MOTION CAPTURE WITH IP CAMERAS AND CUDA

ผู้จัดทำ

1. นายอนวัช เสริมชีพ รหัสนักศึกษา 50011832
2. นายอภิสิทธิ์ รัตนาตรานุรักษ์ รหัสนักศึกษา 50011871
3. นายอังกูร เอี่ยมอาภรณ์ รหัสนักศึกษา 50011912

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.สุรินทร์ กิตติธรกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจับการเคลื่อนไหวสามมิติด้วยกล้องไอพีและคูด้า

นายอนวัช เสริมชีพ 50011832
นายอภิสิทธิ์ รัตนาตรานุรักษ์ 50011871
นายอังกูร เอี่ยมอาภรณ์ 50011912
ผศ.ดร.สุรินทร์ กิตติธรกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

การบันทึกความเคลื่อนไหว คือระบบการบันทึกการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ สัตว์และวัตถุต่างๆ ข้อมูลที่บันทึกได้สามารถนาไปสร้างเป็นแอนิเมชัน (Animation) 2 มิติ และ 3 มิติ รวมถึงนำไปใช้ในแอพลิเคชัน (Application) ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการบันทึกความเคลื่อนไหวทำให้สามารถสร้างแอนิเมชันได้รวดเร็ว ง่ายขึ้น และสวยงามขึ้น โดยเฉพาะในภาพยนตร์เพื่อความบันเทิง และยังสามารถนำไปใช้ในการศึกษาการเคลื่อนไหวเพื่อใช้ในทางการกีฬาและการแพทย์ได้อีกด้วย

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา ออกแบบ และพัฒนาการบันทึกการเคลื่อนไหว (Motion capture) โดยการใช้กล้องไอพี (IP Camera) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป เพื่อใช้สำหรับจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ และยังศึกษาถึงการนำการ์ดจอมาช่วยในการคำนวณภาพ 2 มิติ ไปเป็นโคออดิเนต 3 มิติ (3D coordinates) รวมถึงการบันทึกข้อมูลลงในไฟล์ฟอร์แมตมาตรฐานสากลอีกด้วย โดยโครงงานนี้ใช้ไอพีคามาราสองตัวจับภาพและบันทึกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ที่ติดมาร์คเกอร์ และแสดงผลออกเป็นแบบสามมิติ โดยไลบรารี่ (Library) ต่างๆที่ใช้จะใช้ไลบรารี่ที่เป็นโอเพ่นซอร์ส (Open source) เกือบทั้งหมด ซึ่งมีการพัฒนาโดยอัลกอริทึมภาษาซีพลัสพลัส ทำงานบนซีพียู และการ์ดจอ มีการบันทึกข้อมูลในไฟล์ฟอร์แมตมาตรฐาน และแสดงผลบนโปรแกรมออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์ (Autodesk Motion Builder)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3D Motion Capture with IP Cameras and CUDA

Mr. Anawat	Sermcheep	50011832
Mr. Apisit	Rattanatranurak	50011871
Mr. Unggoon	Iemarporn	50011912
Asst.Prof.Dr.	Surin Kittitornkun	Advisor

Academic Year 2010

ABSTRACT

Motion capture system records the movement of the human body, animals, and objects. The captured motion can be applied to create the animation 2D/3D and several other applications. The accurate motion capture system can enable faster and more realistic animations especially in the animated movies. It can also be used to study the human motion in sports and medicine.

This project is intended to study the design and development of a motion capture system using two or more IP cameras. Another purpose is to use a video graphics card to accelerate the processing of 2D images to 3D coordinates. In other words, this project currently can utilize two IP cameras to record stereo 2D motion pictures of a human attached with markers. Consequently, the recorded stereo 2D images are processed by the algorithm written in C++ running on the host CPU and its video graphic card. Finally, the captured 3D motion is output in standard file format and displayed by Autodesk Motion Builder.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำปรึกษาและการดูแลจากหลายฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้ทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเสมอมา และยังจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อให้การวิจัยและพัฒนาโปรแกรมเป็นไปด้วยความสะดวกรวดเร็ว โดยเฉพาะพื้นที่ห้องวิจัยเฉพาะทางสำหรับการทำการทดลอง ซึ่งเป็นส่วนที่จำเป็นสำหรับโครงงานนี้ คือ ผศ.ดร.สุรินทร์ กิตติธรกุล ซึ่งต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

และที่ขาดไม่ได้เลยต้องขอขอบคุณบุคคลที่มีความสำคัญที่สุดในชีวิตที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดา มารดารวมทั้งครอบครัวอันเป็นที่รักของข้าพเจ้า ซึ่งได้ให้ความอบอุ่นเลี้ยงดู อบรมสั่งสอนข้าพเจ้า พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษา จนทำให้ข้าพเจ้ามีทุกวันนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

อนวัช เสริมชีพ
อภิสิทธิ์ รัตนาตรานุรักษ์
อังกูร เอี่ยมอาภรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ 1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1

1.4 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

1.6 ข้อจำกัดของโครงงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 การบันทึกการเคลื่อนไหว (Motion Capture) 3

2.2 โอเพ่นซีวี (OpenCV) 6

2.3 การประมวลผลภาพ (Image Processing) 10

2.4 การคาลิเบรชั่นกล้อง (Camera calibration) 12

2.5 อีไพโพลาร์จีโอเมทรี่ (Epipolar geometry) 16

2.6 การคำนวณด้วยจีพียู (GPU Computing) 20

บทที่ 3 ภาพรวมการดำเนินงาน 23

3.1 การทำงานโดยรวมของโครงงาน 23

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การพัฒนาและการทดลอง 27
4.1 การศึกษาค้นคว้าและปรับปรุง 27
4.2 สภาพแวดล้อมการทดลอง 32
4.3 การทดลอง 34

บทที่ 5 บทสรุป 42
5.1 สรุปผลการทำงานของระบบ 42
5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข 45
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ 45

บรรณานุกรม 46

ภาคผนวก 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

4.1 ข้อดีข้อเสียของอัลกอริทึมแต่ละชนิด 29

4.2 ระยะในการเคลื่อนไหวของผู้แสดง 34

ก.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างอีสเตอริโอและโอเพ่นซีวี 47

ก.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง แมฟและชีพโมชั่นแคปเจอร์ 48

ก.3 เปรียบเทียบโครงงานการจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ และชีพโมชั่นแคปเจอร์ 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป หน้า

2.1 การบันทึกการเคลื่อนไหวแบบใช้มาร์คเกอร์ 4

2.2 เฮดเดอร์ของไฟล์ทีอาร์ซี 5

2.3 ส่วนข้อมูลบางส่วนของไฟล์ทีอาร์ซี 5

2.4 ภาพรวมของโอเพ่นซีวี 7

2.5 โครงสร้างพื้นฐานของโอเพ่นซีวี 8

2.6 ระบบปฏิบัติการและสถาปัตยกรรมที่โอเพ่นซีวีสนับสนุน 9

2.7 สิ่งที่คอมพิวเตอร์มองเห็นคือกริดของตัวเลขจำนวนมาก 10

2.8 ภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์จากการทำเทรสโฮลดิ้ง 11

2.9 อีโรชั่น 11

2.10 ภาพต้นฉบับและผลลัพธ์จากการทำอีโรชั่น 12

2.11 ระนาบของภาพที่ได้จากกล้อง 12

2.12 การหมุนและย้ายตำแหน่งเพื่อเป็นการเปลี่ยน 13

2.13 การลดทอนแบบรัศมี 14

2.14 การลดทอนแบบสัมผัสวงเกิดจากการที่เลนไม่ขนานกับจุดรับภาพ 15

2.15 ขอบของกระดานหมากรุกที่ไม่เป็นเส้นตรง 15

2.16 หลังจากนำการลดทอนออกแล้ว 16

2.17 ศูนย์กลางการฉายภาพ 17

2.18 ส่วนประกอบพิกเซล ตำแหน่งของจุดบนภาพและจุดหลัก 18

2.19 จุดศูนย์รวมของกล้อง C C' และ จุดที่มาร์คเกอร์ X_i อยู่จริงทำให้เกิดระนาบสีเขียว 19

2.20 ลักษณะการเกิดจุดบนภาพของกล้องแต่ละตัว 19

2.21 เปรียบเทียบจำนวนคอร์ของซีพียูและจีพียู 20

2.22 ขั้นตอนการคำนวณบนคูด้า 22

3.1 การทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์ 23

3.2 การทำงานโดยรวมของโครงงาน 23

3.3 การทำงานของส่วนอินพุต 24

3.4 การทำงานของส่วนการประมวลผล 25

3.5 การทำงานของส่วนเอาท์พุท 25

4.1 แอกทีฟมาร์คเกอร์ที่ใช้ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.2 เวลาในแต่ละเฟรมของแต่ละอัลกอริทึม	29
4.3 แผนภาพการทำงานของตามปกติในโปรแกรม	30
4.4 แผนภาพการทำงานของคูด้าในโปรแกรม	30
4.5 หน้าจอการทำงานของออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์	31
4.6 กล้องไอพีวีโวเทคที่ใช้ในการทดลอง	32
4.7 สถานที่ทำการทดลอง	33
4.8 มาร์คเกอร์ตามจุดต่าง ๆ บนตัวผู้แสดง	34
4.9 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านขวา	35
4.10 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านซ้าย	35
4.11 รูปจากหน้าจอเอาท์พุท	36
4.12 รูปจากการนำไฟล์ทีอาร์ซีไปประยุกต์ใช้งานในออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์	36
4.13 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านขวา	37
4.14 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านซ้าย	37
4.15 รูปจากหน้าจอเอาท์พุท	38
4.16 รูปจากการนำไฟล์ทีอาร์ซีไปประยุกต์ใช้งานในออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์	38
4.17 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านขวา	39
4.18 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านซ้าย	39
4.19 รูปจากหน้าจอเอาท์พุท	40
4.20 รูปจากการนำไฟล์ทีอาร์ซีไปประยุกต์ใช้งานในออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์	40
4.21 เวลาในการคำนวณในการทดลองด้วยซีพียู	41
4.22 เวลาในการคำนวณในการทดลองด้วยจีพียู	41
5.1 เวลาการคำนวณแบบใช้ซีพียูอย่างเดียวและซีพียูกับจีพียู	42
5.2 กราฟเวลาการคำนวณแบบใช้ซีพียูอย่างเดียวและซีพียูกับจีพียู	434
5.3 กราฟเวลาการคำนวณฟังก์ชันแมชชิ่งอัลกอริทึมใหม่ในแต่ละเฟรมโดยใช้มาร์คเกอร์ 8 จุด	434
5.4 กราฟเวลาการคำนวณฟังก์ชันแมชชิ่งต้นแบบในแต่ละเฟรมโดยใช้มาร์คเกอร์ 8 จุด	43
ก.1 โฟลวชาร์ตการทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์	50
ก.2 มีรูปที่ทำการเทรสโฮลแล้วได้ว่าลูกบอลฉายเป็นกลุ่มสีขาว	51
ก.3 ทำการวนหาจุดสีขาวพบสีขาวจุดแรกและหาจุดสีขาวที่อยู่ใกล้เคียงพบ 3 จุด	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

ก.4 หลังจากพบจุดขาวทั้งสามจุด จะมาร์คไว้ว่าเป็นจุดที่ต้องตรวจสอบต่อไป 51
ก.5 ตรวจสอบจุดต่อไป 52
ก.6 พบจุดสีขาวเพิ่มอีก 1 จุดและมาร์คเอาไว้ 52
ก.7 ตรวจสอบจุดครั้งที่สาม 52
ก.8 พบจุดสีขาวเพิ่มอีก 1 จุดและมาร์คเอาไว้ 53
ก.9 เมื่อทำจนครบทั้งหมด 53
ก.10 การแมชชิ่งระหว่างจุดจากเฟรมก่อนหน้าและจุดที่ได้มาใหม่ 54
ก.11 สิ่งที่ต้องทำในการแมชชิ่งคือหาระยะรวมที่น้อยที่สุด 54
ก.12 ต้องทำการแมชชิ่งกับทุกจุดเพื่อหาการแมชชิ่งที่มีระยะรวมน้อยที่สุด 54
ก.13 สลับการแมชชิ่งจนครบทุกแบบ 55
ก.14 การแมชชิ่งที่ไม่เหมาะสม 55
ก.15 พบว่าเส้นสีแดงรวมกันมีค่าน้อยกว่าการแมชชิ่งที่ไม่เหมาะสม 55
ก.16 การตั้งเฟรมเรตสูงสุดของกล้องไอพีวีโวเทคเป็น 25 เฟรมต่อวินาที 56
ก.17 การปรับความเร็วชัตเตอร์ของกล้อง 57
ก.18 การปรับความสว่างของกล้องเพื่อการตรวจจับมาร์คเกอร์แอลอีดี 58
ก.19 ขั้นตอนที่หนึ่ง 59
ก.20 ขั้นตอนที่สอง 59
ก.21 การปรับค่าการจับคู่ให้เหมาะสม 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เนื่องด้วยการบันทึกการเคลื่อนไหวในปัจจุบันนี้เป็นวิธีที่นำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในหลายๆ สาขาวิชา ทั้งในวงการภาพยนตร์ การแพทย์ และการกีฬา ผลลัพธ์ก็คือการเคลื่อนไหวที่สมมติและสมจริงของมนุษย์และนำไปใช้สำหรับวิเคราะห์วิจัยเพื่อได้ข้อมูลที่ต้องการ และเทคโนโลยีการคำนวณด้วยการ์ดจอ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างใหม่และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการคำนวณได้อย่างมากโดยการส่งข้อมูลไปยังการ์ดจอและแบ่งการคำนวณไปยังจีพียูที่อยู่ภายในการ์ดจอที่มีอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งทั้งสองเทคโนโลยีนี้น่าจะนำมาใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำการบันทึกการเคลื่อนไหวเพื่อทำให้การบันทึกการเคลื่อนไหวสามารถทำงานได้แบบเรียลไทม์ เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีการนำการคำนวณโดยการ์ดจอมาช่วยในการทำงานในด้านนี้มากนัก ซึ่งผลของการศึกษาทดลองครั้งนี้น่าจะเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาซอฟแวร์ในด้านนี้ต่อไป นอกจากนี้แล้วในโลกของคอมพิวเตอร์ปัจจุบันนั้นได้เริ่มเข้าสู่โลกของโอเพ่นซอร์ส ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการนำมาทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาในหลากหลายแขนง ทางผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของไลบรารี่แบบโอเพ่นซอร์สเหล่านี้ และนำมาใช้ประโยชน์ในโครงงานชิ้นนี้ด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาการทำงานของระบบการบันทึกการเคลื่อนไหว
2) เพื่อประยุกต์ใช้การคำนวณด้วยการ์ดจอกับการบันทึกการเคลื่อนไหวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคำนวณมากขึ้นเพื่อให้ทำงานแบบเรียลไทม์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รับความรู้เกี่ยวกับกระบวนการบันทึกการเคลื่อนไหวและการนำไปประยุกต์ใช้
2) ได้รับความรู้ถึงการใช้งานไลบรารี่แบบโอเพ่นซอร์ส และการเลือกใช้ไลบรารี่โอเพ่นซอร์สที่เหมาะสมกับงาน
3) ได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้การประมวลผลภาพ
4) ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม และลักษณะของโปรแกรมสำหรับใช้กับการคำนวณโดยการ์ดจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ซอฟต์แวร์ด้านการจับการเคลื่อนไหวแบบสามมิติซึ่งสามารถทำงานแบบเรียลไทม์
6) ซอฟต์แวร์ด้านการบันทึกการเคลื่อนไหวซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อได้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1) โครงงานนี้ใช้การบันทึกการเคลื่อนไหวแบบใช้มาร์คเกอร์
2) โครงงานนี้ทำการบันทึกการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ ไม่รวมถึงใบหน้า
3) โครงงานนี้ศึกษาถึงความเป็นไปได้และนำมาใช้จริงในการใช้การคำนวณด้วยการ์ดจอในการบันทึกการเคลื่อนไหว
4) โครงงานแบ่งการทำงานออกเป็นสามส่วนคือ ส่วนรับอินพุตจากกล้องไอพี ส่วนการคำนวณ และส่วนการแสดงผล

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาไลบรารี่โอเพ่นซอร์สที่เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะของการบันทึกการเคลื่อนไหว
2) ทดลองโครงงานต่างๆหลายๆโครงงานที่ทำงานได้โดยใช้ไลบรารี่ที่เลือกไว้เพื่อที่จะเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย และเลือกโครงงานที่มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการทำงาน
3) ปรับปรุงแก้ไขลักษณะการทำงานของโครงงานที่เลือกแล้วให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่มี
4) ศึกษาโครงงานที่เลือกใช้อย่างละเอียดและตรวจสอบว่ามีข้อบกพร่องตรงไหนหรือไม่ และดำเนินการปรับปรุงแก้ไข
5) ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาการคำนวณโดยใช้การ์ดจอ และความเหมาะสมในการเลือกใช้ไฟล์ฟอร์แมตในการบันทึกผลการบันทึกการเคลื่อนไหว

1.6 ข้อจำกัดของโครงงาน

1) ใช้กล้องไอพีจำนวนสองตัวและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่ายท้องถิ่น
2) การเคลื่อนไหวของผู้แสดงจะถูกจำกัดเนื่องจากจำนวนกล้อง
3) พื้นที่ที่ผู้แสดงสามารถเคลื่อนไหวได้มีจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

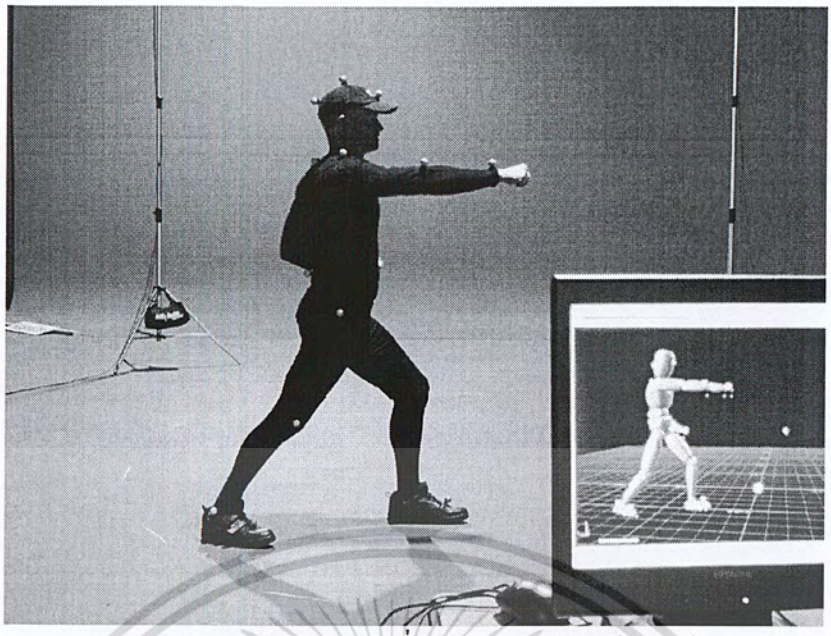
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบันทึกการเคลื่อนไหว (Motion Capture)

การบันทึกการเคลื่อนไหว นั้นสามารถเรียกได้อีกชื่อว่าโมชั่นแทรกกิ้ง (Motion tracking) หรือโมแคป (Mocap) ซึ่งเป็นกระบวนการในการบันทึกการเคลื่อนไหว และแปลงการเคลื่อนไหวนั้นมาเป็นโมเดลทางดิจิตอล ซึ่งการบันทึกการเคลื่อนไหวนี้ใช้ในการทหาร ใช้เพื่อความบันเทิงในการกีฬา ในทางการแพทย์ และสำหรับการตรวจวัดความถูกต้องของคอมพิวเตอร์วิชั่น (Computer Vision) และหุ่นยนต์ ในการสร้างภาพยนตร์ การบันทึกการเคลื่อนไหว นั้นหมายถึงการบันทึกท่าทางของนักแสดง และใช้ข้อมูลนั้นในการสร้างหุ่นตัวละครแอนิเมชันทั้งแบบ สองมิติ และสามมิติ ทำให้ตัวละครที่สร้างขึ้นสามารถแสดงท่าทางได้อย่างนุ่มนวล สมจริง และมีความหลากหลายของอิริยาบถทั้งร่างกายและรวมไปถึงใบหน้า

องค์ประกอบในการทำ การบันทึกการเคลื่อนไหวนั้นจะมีกล้องถ่ายการเคลื่อนไหว และบุคคลเป้าหมายซึ่งมักใส่ชุดแนบเนื้อสีเดียวกับพื้นหลัง ติดมาร์คเกอร์ (Marker) หรือ เซ็นเซอร์ติดไว้ตามตำแหน่งต่างๆ โดยเน้นไว้ในจุดที่ต้องการจับการเคลื่อนไหว แต่ในปัจจุบันสามารถทำ การบันทึกการเคลื่อนไหว โดยไม่ต้องใช้มาร์คเกอร์ บนชุดที่ใส่ก็ได้เช่นกัน หรือที่เรียกว่าการบันทึกการเคลื่อนไหวแบบไม่มีมาร์คเกอร์ (Makerless motion capture) กล้องที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับความต้องการความละเอียดของข้อมูล ถ้าต้องการความละเอียดมากๆ ก็อาจจะใช้กล้องจำนวนมาก เพื่อจะได้เก็บภาพได้สมบูรณ์และได้ภาพในพื้นที่สามมิติจริงๆ หรืออาจใช้กล้องจำนวนน้อย ถ้าไม่ต้องการความสมจริง แต่ใช้การบันทึกการเคลื่อนไหวในการทดสอบหรือการทดลองบางอย่างเท่านั้น ในส่วนของมาร์คเกอร์นั้นสามารถแบ่งย่อยได้หลายลักษณะ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นลูกทรงกลมสีขาว ติดอยู่ตามส่วนต่างๆของร่างกายของผู้ที่เราต้องการทำการแคปเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



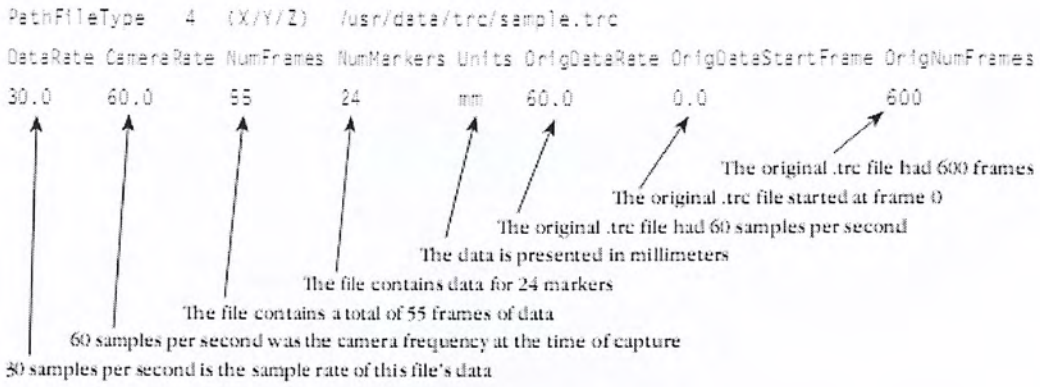
รูป 2.1 การบันทึกการเคลื่อนไหวแบบใช้มาร์คเกอร์

2.1.1 ทีอาร์ซีไฟล์ฟอร์แมต (TRC file format)

ทีอาร์ซี ไฟล์ฟอร์แมตนั้นจะเก็บข้อมูลแบบทรานสเลชั่นแนล ส่วนแรกของไฟล์คือส่วนของเฮดเดอร์ (Header) โดยมีข้อมูลแบบโกลบอลอย่างเช่น อัตราแซมเปิล (Sample rates) ของข้อมูลภายในไฟล์และของข้อมูลในขณะที่ทำการบันทึก, จำนวนของเฟรมและมาร์คเกอร์, หน่วยในการวัด, และที่อยู่ของไฟล์

ไฟล์เฮดเดอร์ต่อไปนี้ไม่ได้แสดงเพียงแต่สถานะปัจจุบันของข้อมูลเท่านั้นแต่ยังแสดงถึงข้อมูลดั้งเดิมที่ถูกบันทึกไว้ ข้อมูลแบบดั้งเดิมนั้นมีการบันทึกที่ 60 แซมเปิลต่อวินาที และไฟล์แรกถูกสร้างขึ้นมี 600 เฟรม, หรือ 10 วินาที ไฟล์สุดท้ายนั้นถูกแซมเปิลลงมาที่ 30 แซมเปิลต่อวินาที และถูกทำให้สั้นลงเหลือเพียง 55 เฟรม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใน 1.83 วินาที ซึ่งข้อมูลตรงนี้จะมีประโยชน์ในกรณีหนึ่งที่ต้องการข้อมูลมากขึ้นสำหรับการเคลื่อนไหวนี้โดยเฉพาะ ถ้าเรารู้สิ่งนี้เราสามารถกลับไปยังไฟล์ดั้งเดิมได้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 เฮดเดอร์ของไฟล์ทีอาร์ซี

ต่อจากส่วนของเฮดเดอร์นั้นก็จะเป็นส่วนของข้อมูล ซึ่งถูกจัดเอาไว้ในรูปของคอลัมน์ สองคอลัมน์แรกคือหมายเลขเฟรม และเวลาที่ผ่านไป (Elapsed time) ตามด้วย X, Y ,Z โคออดิเนต สำหรับแต่ละมาร์คเกอร์ ในไฟล์ตัวอย่างนี้มีทั้งหมด 74 คอลัมน์ แต่แสดงเพียงบางส่วนเท่านั้นเนื่องจากพื้นที่ที่จำกัด

รูป 2.3 ส่วนข้อมูลบางส่วนของไฟล์ทีอาร์ซี

สังเกตในส่วนของเวลาที่ผ่านไปในไฟล์ตัวอย่างนั้นเริ่มที่ 0.817 วินาที นั่นหมายความว่าส่วนแรกของ 60 แซมเปิลต่อวินาทีไฟล์แบบดั้งเดิม ถูกตัดหลักจากเฟรมที่ 49 ถ้าเราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับไปยังไฟล์ดั้งเดิม เรามีทุกข้อมูลที่จำเป็นในการย้ายตำแหน่งของส่วนที่เราต้องการ

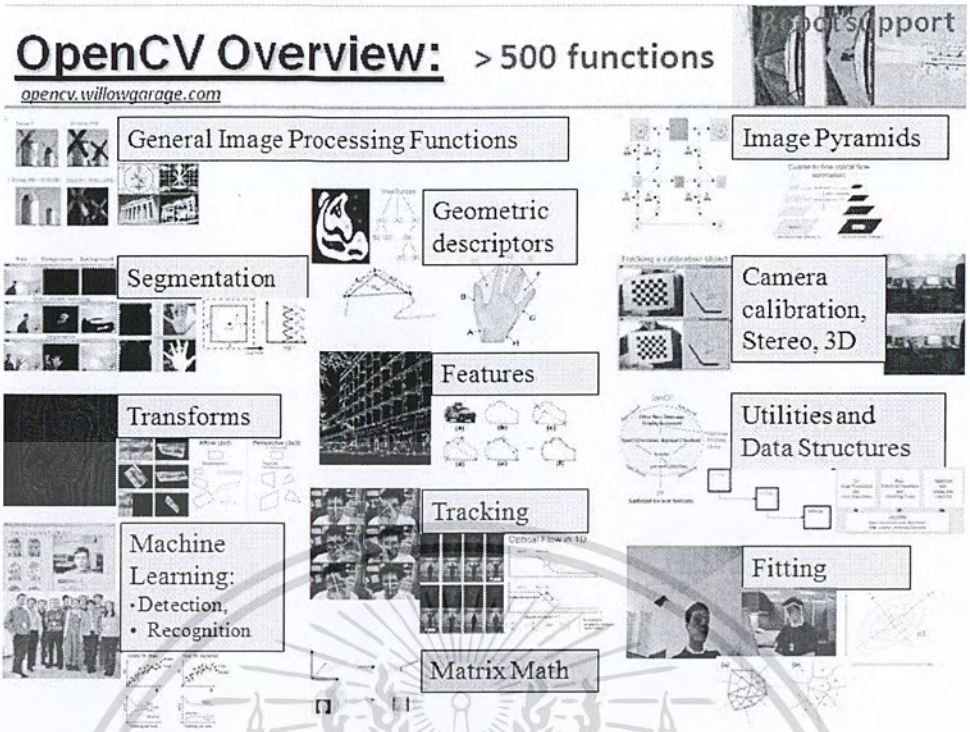
นอกจากนี้ไฟล์ฟอร์แมตทีอาร์ซียังสามารถนำไปใช้งานในงานด้านสามมิติและด้านแอนิเมชั่นได้ โดยเราสามารถนำไฟล์ฟอร์แมตทีอาร์ซีไปเปิดกับโปรแกรมที่ใช้สร้างกราฟฟิกสามมิติอย่างออโต้เดสทรีดีแมกซ์ (Autodesk 3Ds Max) และโปรแกรมที่ใช้สร้างงานแอนิเมชันอย่างออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์ (Autodesk MotionBuilder) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีชื่อเสียงในด้านนี้ ได้ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทำการบันทึกการเคลื่อนไหว มารวมเข้ากับโมเดลสามมิติ ที่เราสร้างขึ้นมาเองได้ เพื่อให้การเคลื่อนไหวของโมเดลนั้นเป็นไปอย่างสมจริง เช่นเดียวกับที่มนุษย์เคลื่อนไหว

2.2 โอเพ่นซีวี (OpenCV)

โอเพ่นซีวี ย่อมาจากโอเพ่นซอสคอมพิวเตอร์วิชั่น (Open Source Computer Vision) ซึ่งโอเพ่นซีวีเป็นไลบรารี่แบบครอสแพลตฟอร์ม (Cross-platform) โดยสามารถรันบนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux), วินโดวส์ (Windows) และแมคโอเอสเอ็ก (Mac OS X) และโอเพ่นซีวี นั้นถูกออกแบบมา สำหรับการคำนวณที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งสำหรับแอพพลิเคชั่นที่ทำงานแบบเรียลไทม์และ โอเพ่นซีวีนี้ถูกเขียนขึ้นโดยภาษาซีที่ถูกออฟติไมซ์แล้วและสามารถใช้ข้อได้เปรียบจากโปรเซสเซอร์แบบมัลติคอร์

จุดประสงค์หนึ่งของโอเพ่นซีวี ก็คือการทำให้โครงสร้างพื้นฐานของคอมพิวเตอร์วิชั่น นั้นง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างวิชั่นแอพพลิเคชั่น (Vision application) ที่ค่อนข้างซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วโอเพ่นซีวี ไลบรารี่นั้นประกอบไปด้วยฟังก์ชันมากกว่า 500 ฟังก์ชัน ซึ่งครอบคลุมหลายๆหัวข้อของวิชั่น รวมถึงการตรวจสอบสินค้าจากโรงงาน การประมวลผลภาพในทางการแพทย์ ระบบรักษาความปลอดภัย ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ การปรับเทียบกล้องสเตอริโอวิชั่น และการใช้งานกับหุ่นยนต์ และเนื่องจากคอมพิวเตอร์วิชั่น และแมตชีนเลินนิ่ง (Machine Learning) นั้นมักจะต้องทำงานไปด้วยกันบ่อยครั้ง โอเพ่นซีวีจึงมีแมตชีนเลินนิ่งไลบรารี่ รวมอยู่ด้วย ซึ่งไลบรารี่ย่อยนี้ เน้นไปที่การทำแพทเทินเรคคอกนิชั่น (Pattern recognition) แบบสถิติ และการทำคลัสเตอริ่ง (Clustering) ซึ่งแมตชีนเลินนิ่งไลบรารี่นั้นสามารถใช้ได้เป็นอย่างดีกับงานที่เกี่ยวกับวิชั่น ซึ่งสิ่งนี้คือหัวใจหลักของ โอเพ่นซีวี แต่โดยทั่วไปแล้วเพียงพอที่จะใช้ในปัญหาของ แมตชีนเลินนิ่งต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

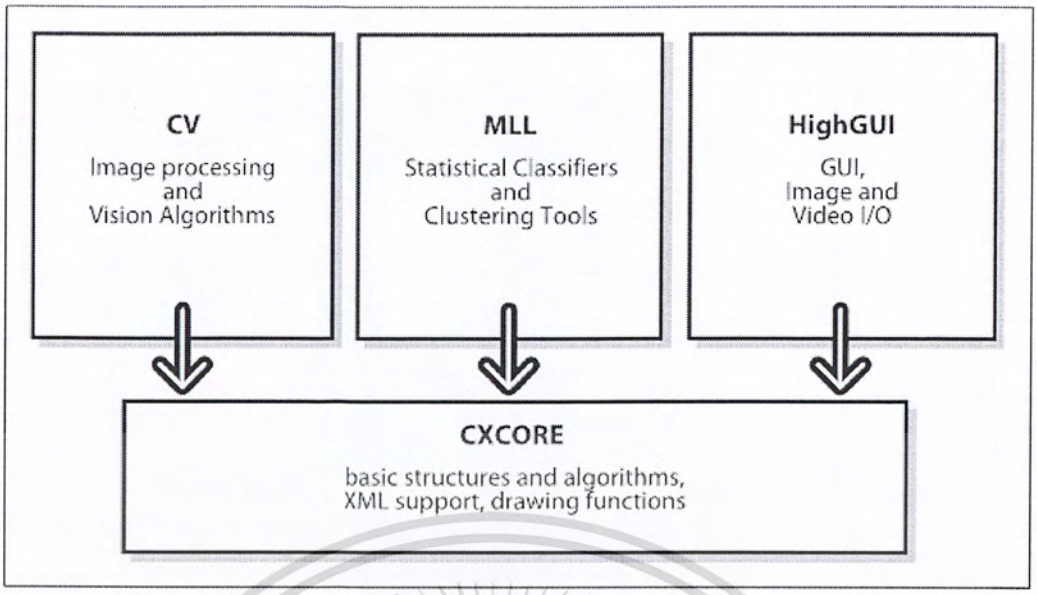


รูป 2.4 ภาพรวมของโอเพ่นซีวี

2.2.1 โครงสร้างของโอเพ่นซีวีและองค์ประกอบ

โอเพ่นซีวี นั้นมีโครงสร้างอยู่ห้าส่วนประกอบหลัก สี่ในห้าแสดงดังรูปต่อไปนี้โดยส่วนซีวีประกอบไปด้วยการประมวลผลภาพพื้นฐาน และคอมพิวเตอร์วิชั่นอัลกอริทึมระดับสูงกว่าและแอ็มแอล (ML) คือแมตชีนเลินนิ่งไลบรารี่ซึ่งรวมถึงสแตทิสทิคอลคลาสสิไฟลเออร์ (Statistical classifiers) และคลัสเตอริ่งทูลในส่วนของไฮจียูไอ (HighGUI) จะประกอบไปด้วยการทำงานกับอินพุต เอาท์พุทและฟังก์ชันสำหรับการจัดเก็บและโหลดวีดีโอและภาพและ ซีเอ็กคอร์ (CXCore) ประกอบไปด้วยโครงสร้างข้อมูล (Data structures) และคอนเท็น (Content) พื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.5 โครงสร้างพื้นฐานของโอเพ่นซีวี

2.2.2 ระบบปฏิบัติการ และสถาปัตยกรรมที่รองรับ

โอเพ่นซีวีนั้นถูกออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้ง่าย เดิมทีนั้นโอเพ่นซีวีถูกเขียนขึ้นและคอมไพล์ผ่าน บอแลนด์ซีพลัสพลัส (Borland C++), ไมโครซอฟวิชวลซีพลัสพลัส (Microsoft Visual C++) และอินเทลคอมไพล์เลอร์ซึ่งการใช้ภาษาซี และซีพลัสพลัส ในการโค้ดเป็นมาตรฐานทำให้โอเพ่นซีวีสามารถสนับสนุนการครอสแพลตฟอร์มได้ง่ายขึ้น รูปต่อไปนี้แสดงถึงแฟลตฟอร์มที่โอเพ่นซีวีสามารถทำงานได้ เริ่มจากระบบไอเอสามสิบสอง (IA32) บนวินโดวส์ตามด้วยลินุกซ์ บนสถาปัตยกรรมเดียวกัน บนแมคโอเอสเอ็ก นั้นมีความสำคัญตั้งแต่แอปเปิล ได้เริ่มใช้โปรเซสเซอร์ของอินเทลตามด้วยสถาปัตยกรรมแบบ 64 บิต และบนซันฮาร์ดแวร์และบนระบบปฏิบัติการอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	IA32	EM64T	IA64	Other (PPC, Sparc)
Windows	✓ (w. IPP; MSVC6, .NET2005+OMP, ICC, GCC, BCC)	✓ (w. IPP; MSVC6+PSDK,NET2005+OMP, PSDK)	± (w. IPP; PSDK, some tests fail)	N/A
Linux	✓ (w. IPP; GCC, BCC)	✓ (w. IPP; GCC, BCC)	✓ (GCC, ICC)	✗
MacOSX	✓ (w. IPP, GCC, native APIs)	? (not tested)	N/A	✓ (iMac G5, GCC, native APIs)
Others (BSD, Solaris…)	✗	✗	✗	Reported to build on UltraSparc Solaris

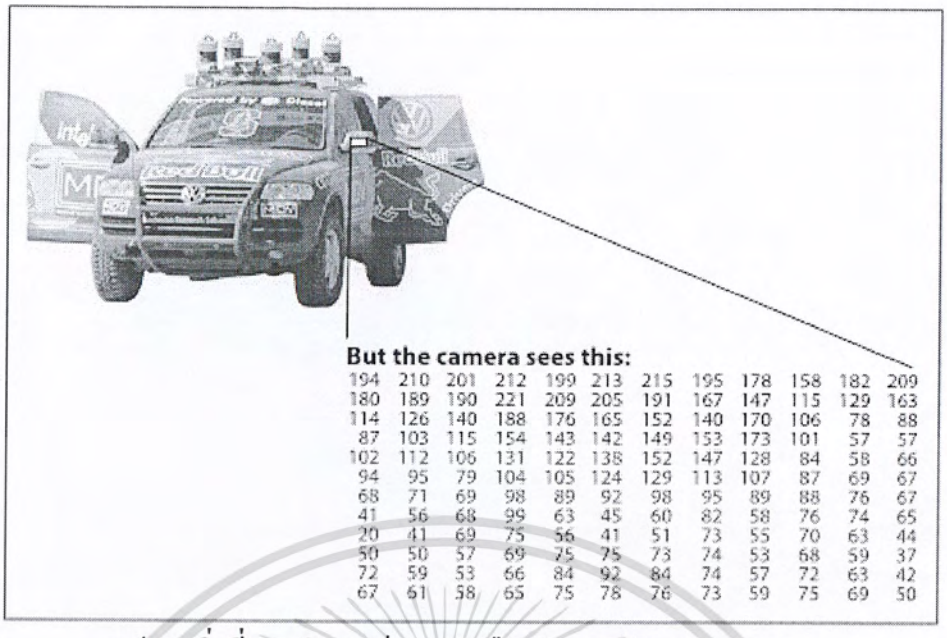
รูป 2.6 ระบบปฏิบัติการและสถาปัตยกรรมที่โอเพ่นซีวีสนับสนุน

ระบบปฏิบัติการ หรือสถาปัตยกรรมที่ไม่ปรากฏในตารางก็ไม่ได้หมายความว่า โอเพ่นซีวี ไม่สามารถทำงานบนระบบเหล่านั้น เนื่องจากโอเพ่นซีวีมักถูกนำไปใช้งานในเกือบจะทุกๆ ระบบการค้าเลยทีเดียว

2.2.3 คอมพิวเตอร์วิชั่น (Computer vision)

คอมพิวเตอร์วิชั่น ก็คือการแปลงข้อมูลจากภาพนิ่งหรือจากกล้องวีดีโอ ไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง และเนื่องจากมนุษย์เราเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถมองเห็นได้ เราอาจจะเข้าใจผิดว่างานในรูปแบบของคอมพิวเตอร์วิชั่น นั้นเป็นเรื่องง่าย แต่จริงๆแล้วนั้นการทำงานในแบบของคอมพิวเตอร์วิชั่น ไม่ใช่เรื่องง่ายเลย เนื่องจากคอมพิวเตอร์นั้นไม่ใช่สิ่งมีชีวิต และไม่สามารถมองเห็นได้แบบคนเรา สิ่งที่คอมพิวเตอร์มองเห็นนั้นย่อมเป็นข้อมูลดิจิตอล ซึ่งคอมพิวเตอร์จะรับกริด (Grid) ของตัวเลขหลายๆตัวจากกล้องหรือจากดิส ในรูปต่อไปนี้แสดงรูปของรถยนต์ ซึ่งในรูปเราสามารถมองเห็นกระจกส่องหลังที่อยู่ทางฝั่งเดียวกับที่นั่งคนขับของรถ แต่สิ่งที่คอมพิวเตอร์เห็นนั้นเป็นกริดของตัวเลขจำนวนมาก ตัวเลขที่อยู่ภายในกริดนั้นมีสัญญาณรบกวนอยู่เป็นจำนวนมาก และนี่ก็คือทั้งหมดที่คอมพิวเตอร์เห็น งานของเราก็คือทำให้กริดที่มีสัญญาณรบกวนของตัวเลขเหล่านี้กลายเป็นกระจกมองหลังที่ไม่มีสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.7 สิ่งที่คอมพิวเตอร์มองเห็นคือกริดของตัวเลขจำนวนมาก

2.2.4 การใช้ โอเพ่นซีวี ในการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image processing) โดยโอเพ่นซีวี ที่ใช้ในโครงงานชิ้นนี้นั้นมีการประมวลผลภาพในสองวิธีด้วยกันคือ การทำเทรสโฮลดิ้ง (Thresholding) และการทำอีโรดดิ้ง (Eroding)

2.3 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

2.3.1 การปรับเปลี่ยนหรือการแปลงค่าความเข้มแสง

เทคนิคในการแปลงความเข้มแสงของภาพ (Intensity-based transform technique) เป็นเทคนิคที่ง่ายที่สุดสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพ โดยจะใช้ฟังก์ชันการแปลงความเข้มแสง (Intensity tranfer function) เพื่อทำการแปลงความเข้มแสงขาเข้าให้เปลี่ยนเป็นความเข้มแสงผลลัพธ์ดังสมการต่อไปนี้

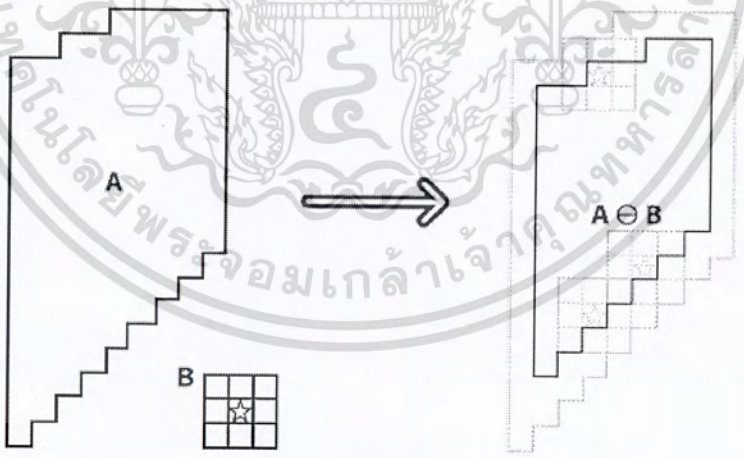
$$g(x,y) = T(f(x,y)) \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.8 ภาพต้นฉบับและภาพผลลัพธ์จากการทำเทรสโฮลดิ้ง

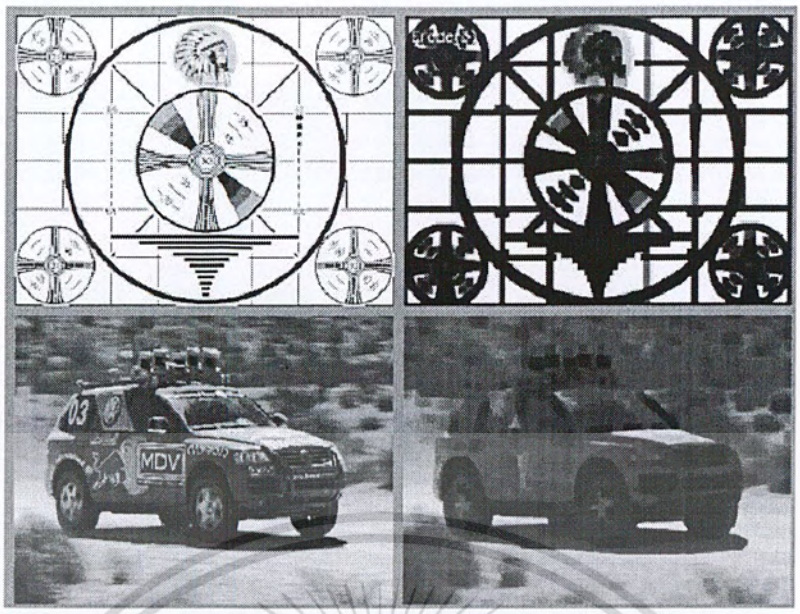
2.3.2 การย่อภาพ (Erosion)

อีโรชั่นคือการทำคอนโวลูชั่น (Convolution) กับภาพหรือบางส่วนของภาพด้วยเคอแนล ซึ่งเคอแนลมีรูปร่างและขนาดเป็นอย่างไรก็ได้ ส่วนมากเคอแนลจะมีรูปร่างเป็นโซลิดสแคว (Solid square) หรือ เป็นรูปดิสซึ่งมีอันชอพ้อย (Anchor point) อยู่ตรงกลางเคอแนลเปรียบได้กับ เทมเพลต (Templates) หรือมาร์คขณะที่เคอแนลถูกสแกนบนรูป จะทำการคำนวณค่าพิกเซลที่มีค่าน้อยที่สุดมาแทนที่ในอันชอพ้อยหรือค่าตรงกลางและนี่ก็เป็นสาเหตุของการทำให้เกิดขึ้นตามภาพต่อไปนี้ ซึ่งก็คือการทำอีโรชั่นโอเปอเรเตอร์



รูป 2.9 อีโรชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

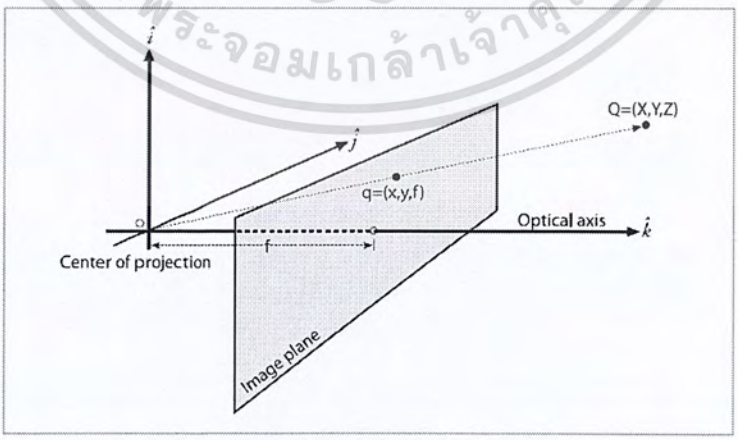


รูป 2.10 ภาพต้นฉบับและผลลัพธ์จากการทำอีโรชั่น

2.4 การคาลิเบรชั่นกล้อง (Camera calibration)

ก่อนที่เราจะสามารถนำภาพจากกล้องมาใช้งานได้ ในโลกของความเป็นจริงไม่มีกล้องตัวใดสมบูรณ์แบบ เพื่อให้รู้ว่ากล้องแต่ละตัวมีลักษณะเฉพาะตัวอย่างไร และมีการวางไว้ที่ตำแหน่งใด เราจึงต้องมีการวัดค่าเหล่านั้นก่อนเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด นั่นหมายถึงผลลัพธ์ ที่มีความถูกต้องมากขึ้น ค่าที่เกี่ยวข้องกับกล้องมี 2 ประเภทคือค่าภายใน (Intrinsic) และค่าภายนอก (Extrinsic)

2.4.1 ค่าภายใน



รูป 2.11 ระนาบของภาพที่ได้จากกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูประนาบของภาพที่ได้จากกล้องโดยมีจุดอ้างอิงอยู่ที่จุดศูนย์กลางการฉายภาพของกล้องโดยที่มีจุด Q ฉายลงบนภาพได้เป็นจุด q

ค่าภายในประกอบด้วย 4 ตัวแปรที่สำคัญคือ

1) F_x ระยะโฟกัสในแนวแกน x ของกล้อง

2) F_y ระยะโฟกัสในแนวแกน y ของกล้อง

3) C_x ระยะอ้างอิงหลักในแนวแกน x

4) C_y ระยะอ้างอิงหลักในแนวแกน y

เปรียบเทียบโดยการใช้สามเหลี่ยมคล้าย และค่าที่ได้จากปริภูมิสามมิติจะเป็นการอ้างอิงกับจุดกึ่งกลางรูปภาพดังนั้นจึงต้องมีค่า C_x C_y เพื่อให้อ้างอิงที่มุมของรูปภาพตามรูปแบบปกติ

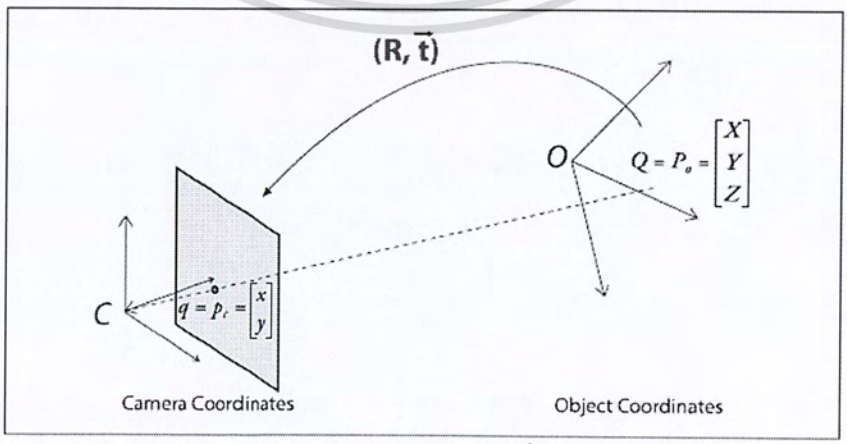
$$x/f = X/Z \tag{2.2}$$

$$x_{screen} = f_x(X/Z) + c_x \tag{2.3}$$

$$y_{screen} = f_y(Y/Z) + c_y \tag{2.4}$$

2.4.2 ค่าภายนอก

ประกอบด้วยโรเตชั่นเมตริก (Rotation matrix) ขนาด 3x3 และทรานสเลชั่นเวกเตอร์ (Translation vector) ขนาด 3x1 ใช้เป็นตัวบอกตำแหน่งของกล้องโดยอ้างอิงกับจุดออริจิน (Origin) หลักของปริภูมิสามมิติ (จุดแรกที่เราได้ทำการกดลงบนมุมของตารางหมากรุกในขั้นตอนการหาค่าภายนอก)



รูป 2.12 การหมุนและย้ายตำแหน่งเพื่อเป็นการเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ผ่านมาการหมุนและย้ายตำแหน่งเพื่อเป็นการเปลี่ยนจุดอ้างอิง โดยตอนเริ่มต้นจุด Q มีค่า (X,Y,Z) เป็นการอ้างอิงกับ O จากนั้นเมื่อทำการหมุนและเคลื่อนย้าย จุด Q ยังคงอยู่ที่จุดเดิมแต่ค่า (X,Y,Z) เปลี่ยนไป อ้างอิงกับ C

จากค่าภายในและค่าภายนอกจะพบว่าเรามีค่าที่ต้องหาทั้งหมด 16 ค่าเป็นตัวแปรภายใน 4 ค่า และตัวแปรภายนอก 12 ค่า ซึ่งจะเป็นค่าที่เราได้มาจากการทำคาริเบรททั้ง 16 ค่า

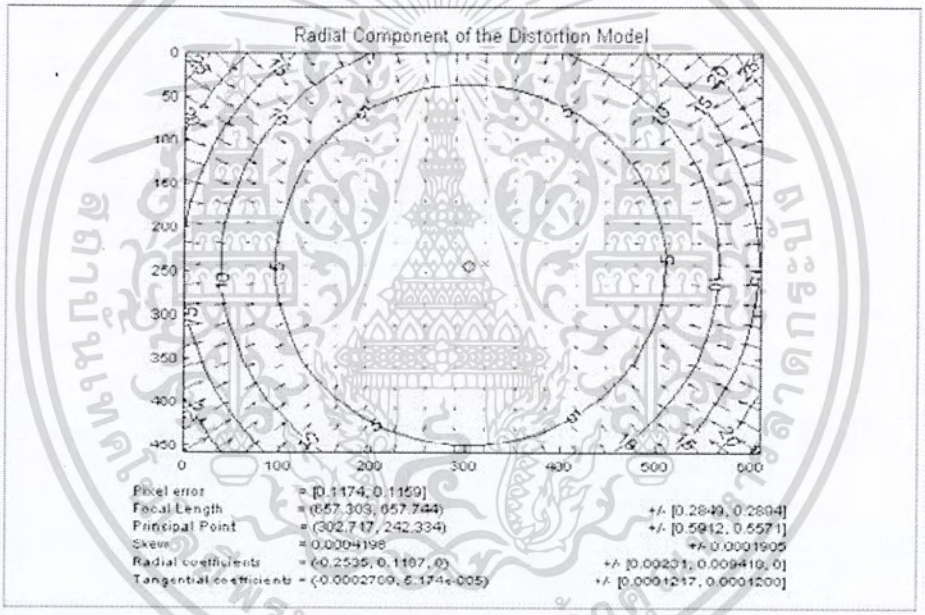
2.4.3 การลดทอน

การลดทอน (Distortion) ของเลนส์กล้องที่สำคัญมี 2 ข้อคือ

1) การลดทอนแบบรัศมี (Radial distortion)

2) การลดทอนแบบสัมผัสวง

2.4.3.1 การลดทอนแบบรัศมี



รูป 2.13 การลดทอนแบบรัศมี

ใช้อนุกรมเทเลอร์ในการประมาณฟังก์ชั่นโดย

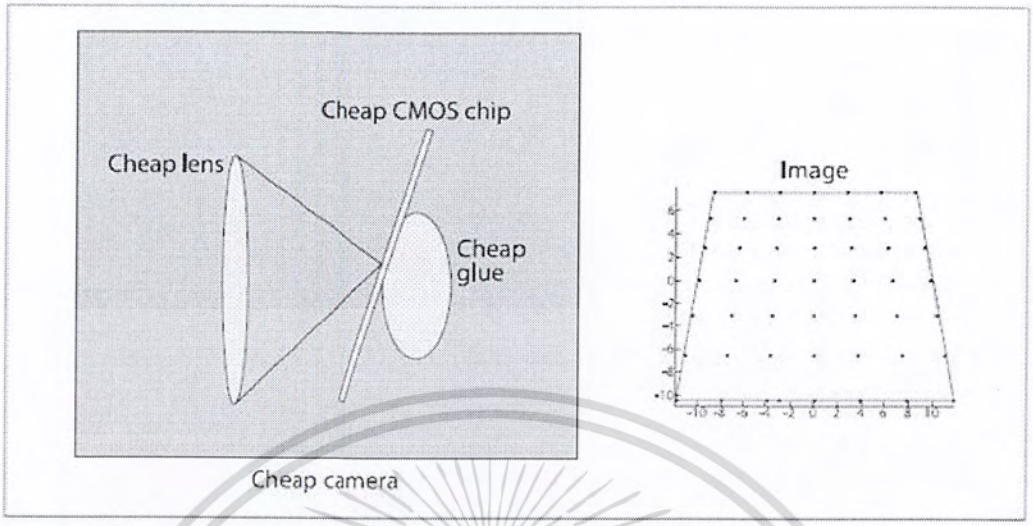
$$r^2 = x^2 + y^2 \tag{2.5}$$

$$x_{corrected} = x(1+k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) \tag{2.6}$$

$$y_{corrected} = y(1+k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 การลดทอนแบบสัมผัสวง

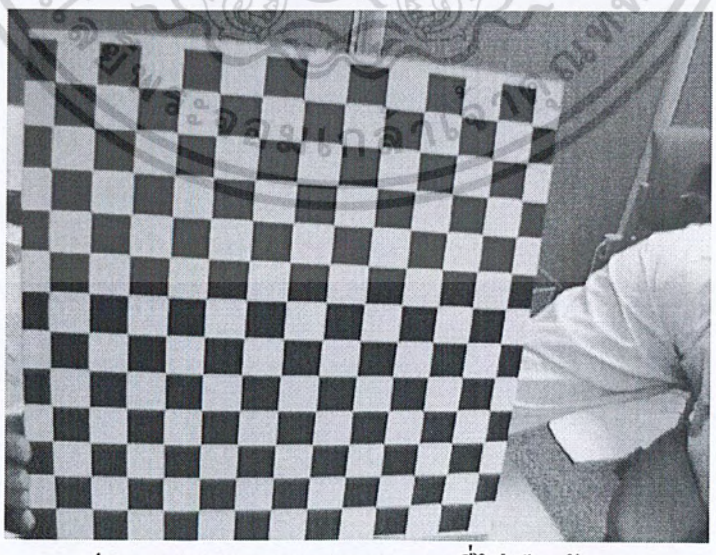


รูป 2.14 การลดทอนแบบสัมผัสวงเกิดจากการที่เลนไม่ขนานกับจุดรับภาพ

การแก้ไขโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$x_{corrected} = x + [2p_1y + p_2(r^2 + 2x^2)] \quad (2.8)$$

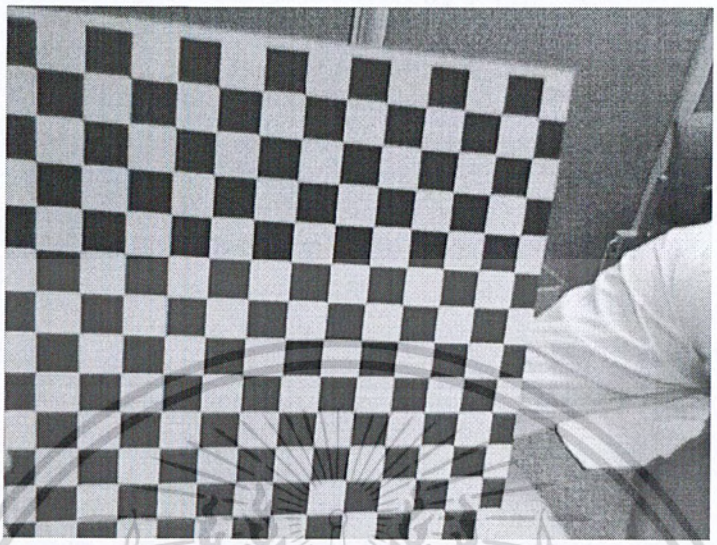
$$y_{corrected} = y + [p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2x] \quad (2.9)$$



รูป 2.15 ขอบของกระดานหมากรุกที่ไม่เป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ผ่านมาการลดทอน จะเห็นได้ว่าขอบของกระดานหมากรุกไม่เป็นเส้นตรงซึ่งในความเป็นจริงเป็นเส้นตรง



รูป 2.16 หลังจากนำการลดทอนออกแล้ว

2.5 อีไพโพลาร์จีโอเมทรี่ (Epipolar geometry)

เมทริกซ์ P คืออะไร ถ้า X คือจุดที่อยู่บนปริภูมิสามมิติ X = (X,Y,Z,1) และ x เป็นจุดซึ่งเกิดจากการฉายของ X มีค่าเป็น x = (u',v',w') โดยที่

$$x_{pix} = u'/w' \tag{2.10}$$

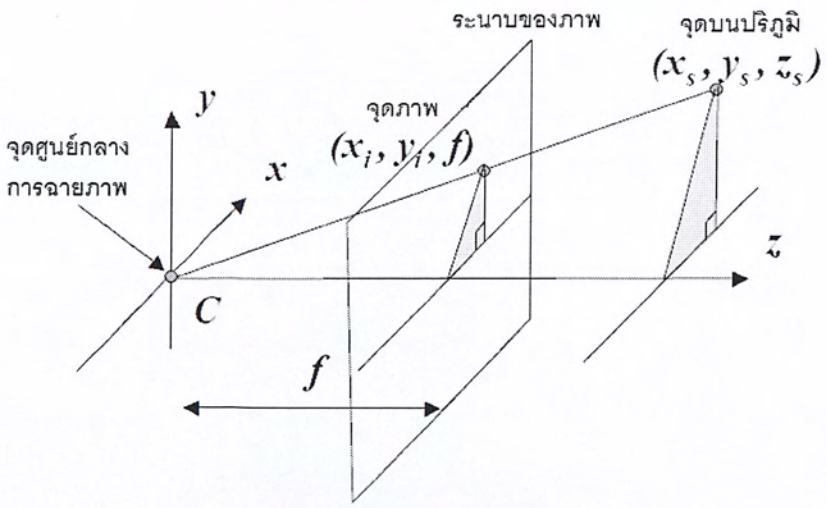
$$y_{pix} = v'/w' \tag{2.11}$$

เราจะได้ความสัมพันธ์เป็นการแปลงเชิงเส้นดังสมการ

$$x = PX \tag{2.12}$$

P เป็นเมทริกซ์ขนาด 3x4 ซึ่งทำหน้าที่แปลงจุด X ให้มาเป็นจุด x ที่อยู่บนภาพดังนั้น P จึงถูกเรียกว่า กล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.17 ศูนย์กลางการฉายภาพ

จากรูปที่ผ่านมาศูนย์กลางการฉายภาพ จุดที่อยู่บนปริภูมิฉายลงเป็นจุดบนระนาบของภาพโดยทั้งคู่มีจุดอ้างอิงจุดเดียวกันคือจุดศูนย์กลางการฉาย

จุดบนปริภูมิ (Image Scene) อยู่ที่ตำแหน่ง (X_s,Y_s,Z_s) จุดรูปภาพ (Image Point) อยู่ที่ตำแหน่ง (x_i,y_i,f) จากรูปถ้าเราเขียนให้อ้างอิงจากจุดศูนย์กลางการการฉายของกล้องจะได้เป็นการแปลงเชิงเส้น

$$x_i = f x_s / z_s \tag{2.13}$$

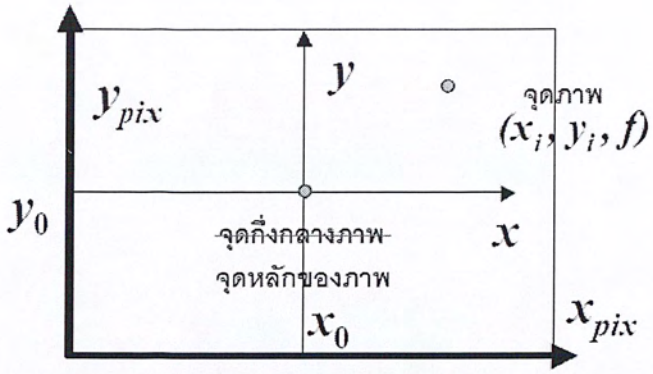
$$y_i = f y_s / z_s \tag{2.14}$$

โดยที่

$$x_i = u / w \tag{2.15}$$

$$y_i = v / w \tag{2.16}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117572



รูป 2.18 ส่วนประกอบพิกเซล ตำแหน่งของจุดบนภาพและจุดหลัก

ซึ่งค่า X_i และ Y_i ที่ได้จะยังเป็นค่าที่อ้างอิงกับจุดหลักซึ่งเป็นจุดที่อยู่บริเวณกลางรูป โดยตามปกติแล้วเรามักใช้อ้างอิงจากมุมล่างซ้ายของรูปจึงต้องเพิ่มค่า x_0 และ y_0 จึงได้ว่า

$$x_{pix} = k_x x_i + x_0 = fk_x(x_s + z_s x_0)/z_s \tag{2.17}$$

$$y_{pix} = k_x y_i + y_0 = fk_y(y_s + z_s y_0)/z_s \tag{2.18}$$

โดยที่

$$a_x = fk_x \tag{2.19}$$

$$a_y = fk_y \tag{2.20}$$

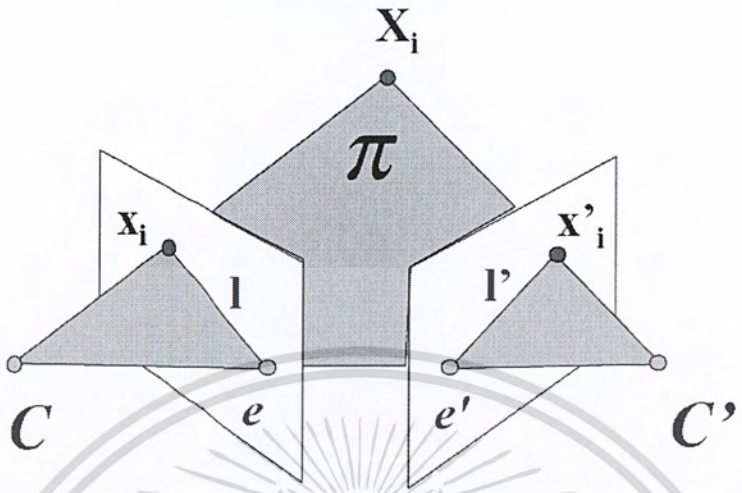
และ

$$x_{pix} = u'/w' \tag{2.21}$$

$$y_{pix} = v'/w' \tag{2.22}$$

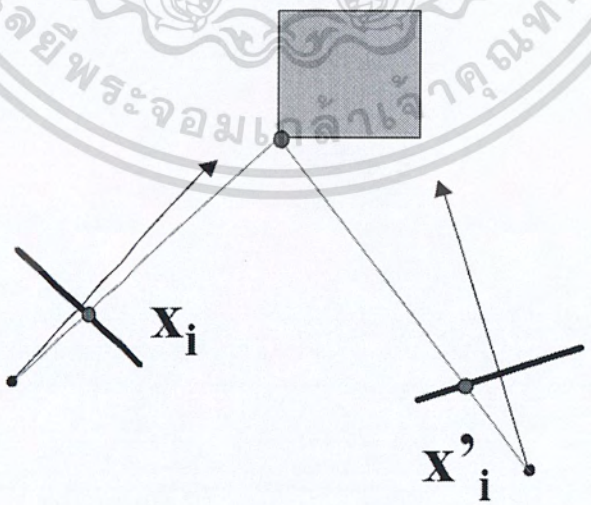
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีไพโพลาร์ จีโอเมทรี่ คือ เรขาคณิตของการฉายภาพระหว่างมุมมอง 2 มุมมอง



รูป 2.19 จุดศูนย์รวมของกล้อง C C' และ จุดที่มาร์คเกอร์ X_i อยู่จริงทำให้เกิดระนาบสีเขียว

X_i คือจุดบนปริภูมิสามมิติ C และ C' คือจุดศูนย์กลางการฉายของกล้อง X_i และ x_i' คือส่วนที่ X_i ฉายลงบนระนาบของภาพที่เกิดจากกล้อง C และ C' ตามลำดับ L และ l' คือ อีไพโพลาร์ไลน์ (Epipolar lines) เกิดจากระนาบสีเขียวตัดกับระนาบของภาพที่เกิดจากกล้อง C และ C' ตามลำดับ e และ e' เป็นจุดอีไพโพลาร์ซึ่งอยู่บนเส้น CC'



รูป 2.20 ลักษณะการเกิดจุดบนภาพของกล้องแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทริกซ์พื้นฐาน (Fundamental matrix) สามารถคำนวณได้จากการนำค่าคู่ของจุด X_i และ X'_i ที่เกิดบนกล้องแต่ละตัวมาคำนวณได้จากสมการ

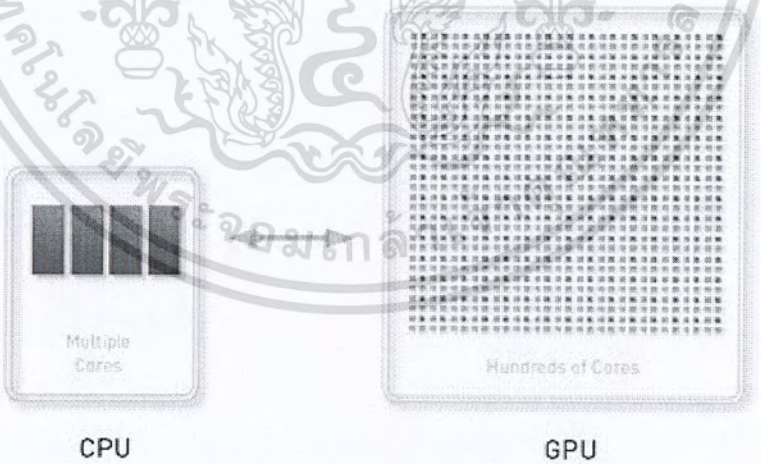
$$(X'_i)^T F x_i = 0 \qquad (2.23)$$

โดยที่เราไม่จำเป็นต้องรู้เรื่องค่าภายในของกล้อง (ค่าโฟกัสและจุดหลักของกล้อง) และค่าภายนอก (Translation vector , Rotation matrix) ก็ได้

2.6 การคำนวณด้วยจีพียู (GPU Computing)

การคำนวณด้วยจีพียูหรือจีพีจีพียู (GPGPU) คือการใช้จีพียูโดยมีวัตถุประสงค์ทั่วไป (General purpose) ในด้านวิทยาศาสตร์และการคำนวณทางวิศวกรรม

โมเดลของการคำนวณด้วยจีพียูนั้นเป็นการใช้ซีพียูและจีพียูร่วมกันในโมเดลการคำนวณแบบการร่วมกันประมวลผลที่แตกต่างกัน ในส่วนที่เป็นอนุกรม (Sequential part) ของแอพพลิเคชั่นนั้นจะรันบนซีพียูและส่วนที่มีการคำนวณเป็นอย่างมากจะถูกเร่งการคำนวณด้วยจีพียู จากมุมมองของผู้ใช้นั้น แอพพลิเคชั่นเพียงแต่รันเร็วขึ้น เพราะมันใช้ประสิทธิภาพสูงของจีพียูเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ



รูป 2.21 เปรียบเทียบจำนวนคอร์ของซีพียูและจีพียู

2.6.1 คูด้า (CUDA)

คูด้าเป็นการเขียนโปรแกรมแบบขนานที่ถูกพัฒนาโดย เอ็นวิเดี่ย (NVIDIA) เป็นส่วนประกอบในการเขียนโปรแกรมของจีพียูของเอ็นวิเดี่ยที่จะพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษาซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคูด้า

คูด้าจะให้นักพัฒนาโปรแกรมเข้าถึงเซตคำสั่งเสมือน และหน่วยความจำของหน่วยประมวลผลแบบขนานภายในคูด้าจีพียู (CUDA GPUs) สำหรับการใช้งานคูด้านั้น ล่าสุดจีพียูของเอ็นวิเดี่ย จะกลายเป็นสิ่งที่เข้าถึงได้คล้าย ๆ กับซีพียู (CPU) แต่อย่างไรก็ตามก็ไม่เหมือนซีพียูทั้งหมด กล่าวคือจีพียูจะมีทรูพุท (Throughput) และเน้นในงานที่มีการทำงานหลาย ๆ เทรด (Thread) ที่ไม่เร็วมากนัก แต่มีการทำงานที่เร็วกว่าการคำนวณเทรดเดี่ยว แบบเร็วๆ

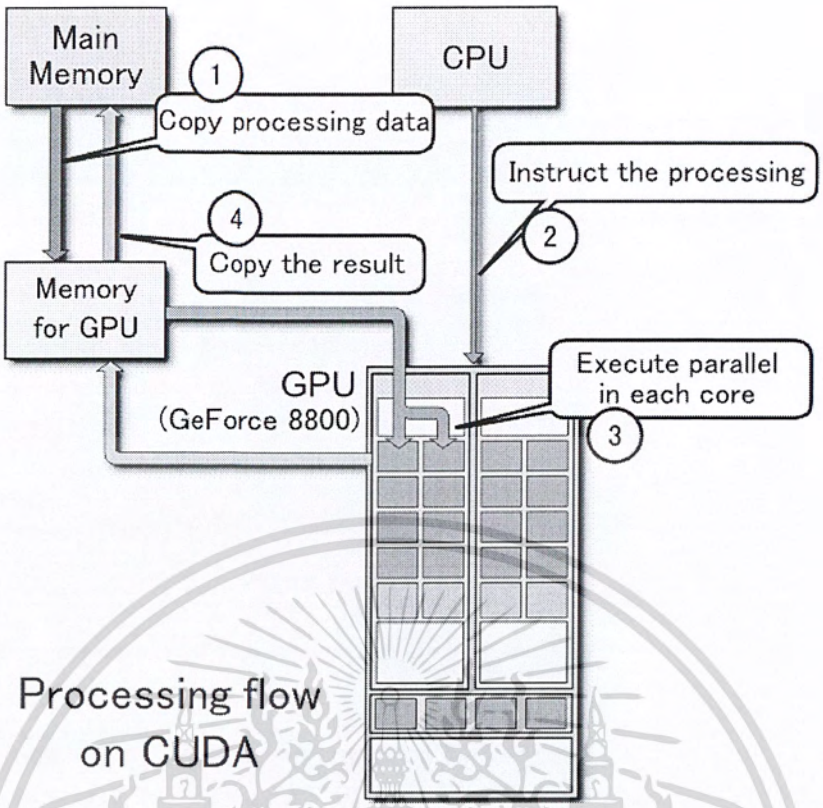
ในวงการเกมการสร้างกราฟฟิกนั้นจีพียู ถูกใช้ในการคำนวณทางฟิสิกส์ (เอฟเฟคทางฟิสิกส์ เช่น เศษผง ฝุ่น ควัน ไฟ ของเหลว เป็นต้น คูด้าได้ถูกใช้ในงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับกราฟฟิก เช่น การคำนวณทางชีววิทยา การอ่านรหัส และงานด้านอื่น ๆ ที่มีปริมาณข้อมูลมาก ๆ

คูด้ามีทั้งเอพีไอระดับสูง และระดับต่ำ ถูกสร้างขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ 2007 โดยสนับสนุนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์ (Microsoft Windows) และ ลินุกซ์ (Linux) ส่วนแมค โอเอส เอ็กซ์ (Mac OS X) สามารถใช้งานได้ในรุ่น 2.0 ซึ่งคูด้านั้นสามารถนำมาใช้งานกับ จีพียูของ เอ็นวิเดี่ย ได้ตั้งแต่รุ่นจีแปดเอ็ก (G8X) ขึ้นไป รวมทั้งจีฟอร์ส (GeForce) ควอโดร (Quadro) และเทสล่า (Tesla)

คูด้ามีข้อดี เช่นมีการกระจายการอ่าน กล่าวคือสามารถแบ่งกันอ่านโค้ด (Code) ในหน่วยความจำหลักได้เลย เป็นรูปแบบของแชร์เมมโมรี (Shared Memory) ซึ่งสามารถเข้าถึงพื้นที่บริเวณแชร์เมมโมรี ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นส่วนที่แบ่งทรัพยากรร่วมกันระหว่างเทรด สนับสนุนการใช้งานของเลขจำนวนเต็ม และโอเปอเรชันระดับบิต เป็นต้น

การทำงานของคูด้า คูด้ามีการทำงานเป็นขั้นตอน โดยส่วนแรกจะทำการคัดลอกข้อมูลที่ต้องการจะนำมาคำนวณเข้าสู่หน่วยความจำของจีพียูเสียก่อน หลังจากนั้นซีพียูจะส่งคำสั่งที่จะใช้รันบนจีพียูมายังจีพียู เพื่อให้จีพียูสามารถรันคำสั่งที่ต้องการได้ เมื่อจีพียูทำการรันคำสั่งต่างๆ เสร็จแต่ละคอร์ (Core) จีพียูจะส่งข้อมูลกลับไปยังหน่วยความจำของจีพียู ก่อนที่จะคัดลอกค่าผลลัพธ์ที่ได้จากจีพียูกลับลงสู่หน่วยความจำหลักดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.22 ขั้นตอนการคำนวณบนคูด้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ภาพรวมการดำเนินงาน

3.1 การทำงานโดยรวมของโครงงาน

โครงงานการจับการเคลื่อนไหวสามมิติด้วยกล้องไอพีและคูด้านี้ ได้แบ่งส่วนของการศึกษาออกเป็นสามส่วนคือ

3.1.1 ส่วนของการรับอินพุต

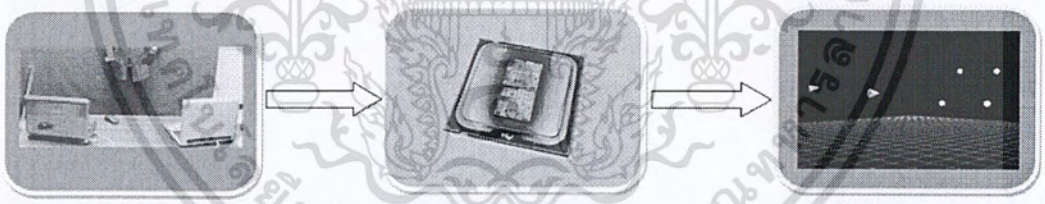
ในส่วนนี้เป็นการเชื่อมต่อการใช้กล้องไอพีวีโวเทค (Vivotek) เพื่อใช้ในการบันทึกการเคลื่อนไหว และมีการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวเพื่อนำมาคำนวณในภายหลัง

3.1.2 ส่วนของการคำนวณ

ส่วนนี้จะนำการคำนวณโดยใช้การ์ดจอเข้าช่วยสำหรับการคำนวณที่ต้องใช้เวลามากในซีพียูมาพัฒนาการคำนวณของโครงงาน เพื่อเพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพ

3.1.3 ส่วนของการแสดงผลการเคลื่อนไหวสามมิติ

ในส่วนที่สามนี้จะศึกษาถึงการแสดงผลแบบสามมิติ และการจัดเก็บการเคลื่อนไหวลงในไฟล์ฟอร์แมตที่เป็นมาตรฐาน



รูป 3.1 การทำงานของซีพโมชั่นแคปเจอร์

รูป 3.2 การทำงานโดยรวมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ศึกษาโอเพ่นซอร์สต่างๆ เพื่อหาโอเพ่นซอร์สที่เหมาะสม

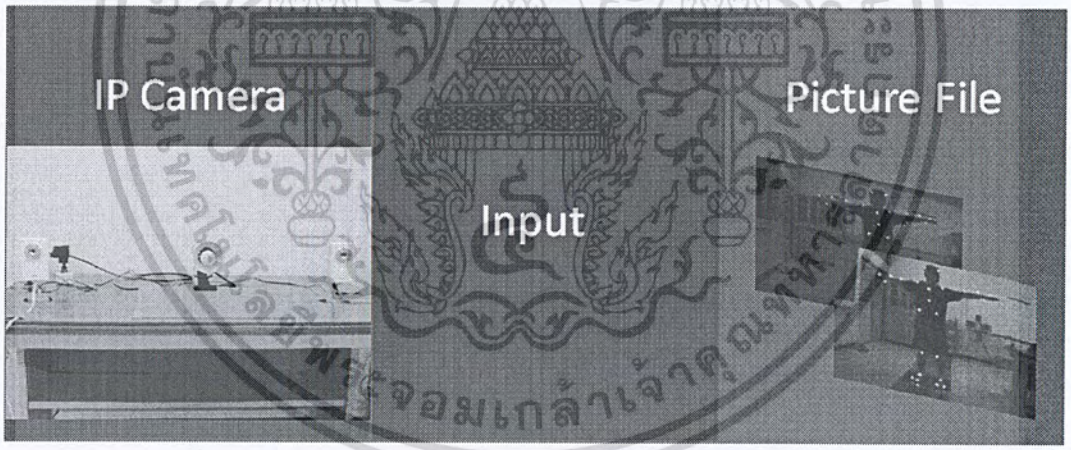
หลังจากศึกษาโอเพ่นซอร์สที่น่าจะนำมาใช้ในการทำงานด้านการบันทึกการเคลื่อนไหว ทั้ง ชีพโมชั่นแคปเจอร์ (Cheap Motion Capture), อีสเตอริโอ (Estereo), โครงงานแมฟ (Mave), โครงงานการจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ ซึ่งทางผู้จัดทำเห็นว่าชีพโมชั่นแคปเจอร์ มีความเหมาะสมกับการนำมาพัฒนาต่อมากที่สุด ซึ่งสามารถดูข้อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของโอเพ่นซอร์สต่างๆดังกล่าวได้ในภาคผนวก

3.2.2 ศึกษาการทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์

เมื่อได้ทำการเลือกแล้วว่าจะนำชีพโมชั่นแคปเจอร์ มาพัฒนาต่อ ขั้นตอนต่อไปคือการศึกษาการทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์ ว่ามีการทำงานอย่างไร โดยจะศึกษาอัลกอริทึมต่างๆที่ใช้ และหาข้อผิดพลาดต่างๆที่น่าจะนำมาพัฒนาต่อได้ โดยการทำงานต่างๆของชีพโมชั่นแคปเจอร์ นั้นสามารถศึกษาได้ในภาคผนวก

3.2.3 พัฒนาการทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์

3.2.3.1 การพัฒนาการรับอินพุต

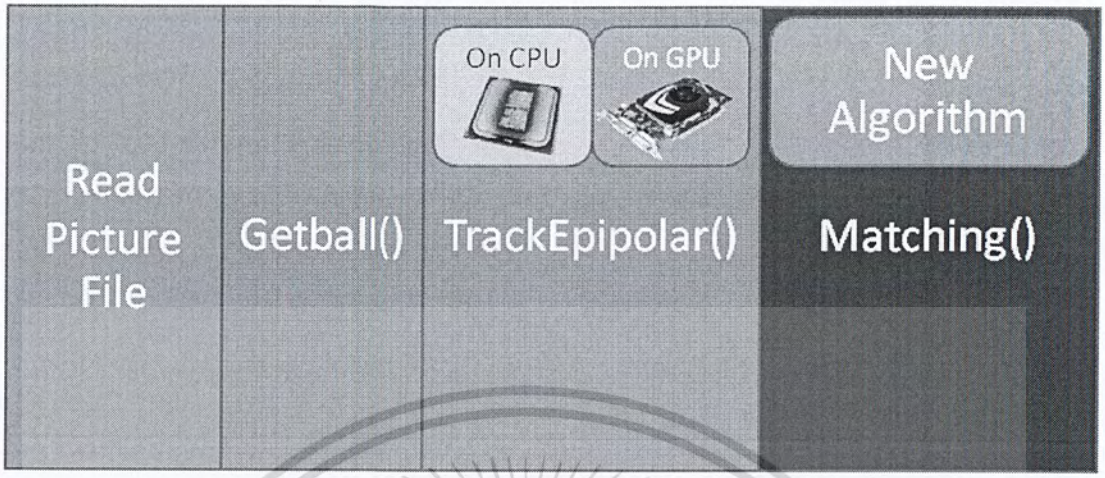


รูป 3.3 การทำงานของส่วนอินพุต

ในส่วนของการรับอินพุตเข้ามานี้ มีการพัฒนาโดยใช้กล้องไอพีในการรับภาพแทนการใช้เว็บแคมแบบชีพโมชั่นแคปเจอร์ ปรับปรุงการตั้งค่าต่างๆ ของกล้องไอพีเพื่อความเหมาะสม นอกจากนี้ยังพัฒนาระบบการบันทึก และเปิดภาพเพื่อนำมาประมวลผลซ้ำได้ ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากในการทดลอง และการวิเคราะห์วิจัยการเคลื่อนไหวในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

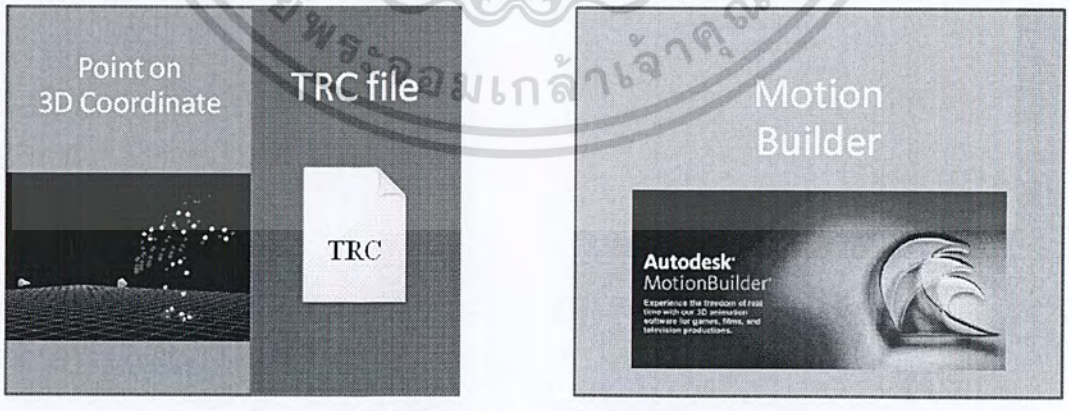
3.2.3.2 การพัฒนาด้านการประมวลผล



รูป 3.4 การทำงานของส่วนการประมวลผล

ในส่วนของการพัฒนาด้านการประมวลผลนั้น มีการอ่านภาพที่บันทึกไว้ขึ้นมาประมวลผล ก่อนที่จะส่งให้ฟังก์ชันเกทบอล (Getball) นำไปทำเทรสโฮล (Threshold) จากนั้นย่อภาพ (Erode) ต่อไป และได้มีการปรับปรุงอัลกอริทึมการทำงานให้มีความเหมาะสมมากขึ้น และการบันทึกการเคลื่อนไหวนั้นยังใช้การคำนวณแบบเมทริกซ์เป็นจำนวนมาก หรือการคำนวณที่มีการทำวนซ้ำ ซึ่งการคำนวณแบบเมทริกซ์หรือการคำนวณที่มีการทำวนซ้ำนี้เหมาะกับการคำนวณด้วยจีพียูเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการทำงานมากยิ่งขึ้น

3.2.3.3 การพัฒนาการจัดเก็บและแสดงผล



รูป 3.5 การทำงานของส่วนเอาท์พุท

ในส่วนของการจัดเก็บและแสดงผลนั้น ได้มีการพัฒนาให้มีการบันทึกข้อมูลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนไหวที่ประมวลผลได้ มาบันทึกลงไฟล์ทีอาร์ซีซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายๆ ด้านที่ต้องใช้ข้อมูลทางด้านการบันทึกการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

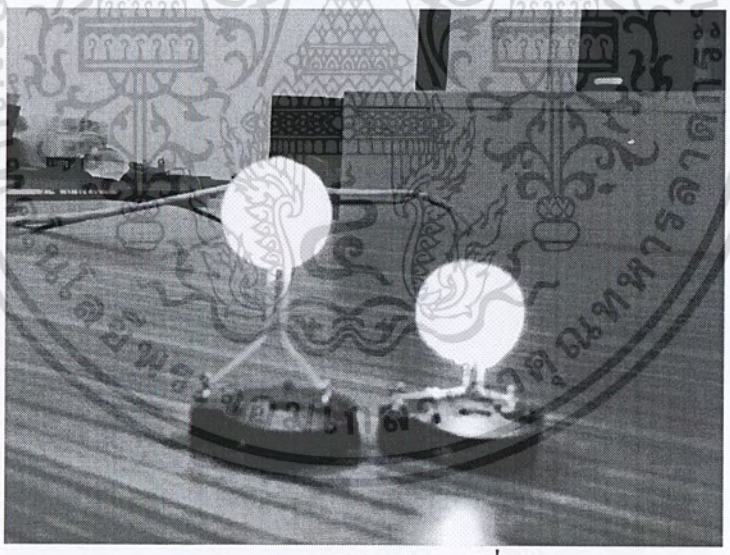
บทที่ 4
การพัฒนาและการทดลอง

4.1 การศึกษาค้นคว้าและปรับปรุง

การทำโครงงานนี้เริ่มต้นจากการค้นหาโอเพ่นซอร์สเพื่อใช้งานจับภาพสามมิติโดยเปรียบเทียบและเลือกใช้โอเพ่นซีวีเป็นไลบรารีในการจับภาพสามมิติ และเลือกใช้ซีพโมชั่นแคปเจอร์เป็นโอเพ่นซอร์สที่จะนำมาพัฒนาต่อและได้แบ่งส่วนการทำงานออกเป็นสามส่วน คือส่วนอินพุต ส่วนโปรเซสและส่วนเอาท์พุท ซึ่งแต่ละส่วนได้มีการศึกษาค้นคว้าและปรับปรุงดังต่อไปนี้

4.1.1 ปรับเปลี่ยนรูปแบบของมาร์คเกอร์ที่ใช้

เดิมนั้นมาร์คเกอร์ที่นำมาใช้จะมีลักษณะเป็นวัตถุทรงกลมสีขาวไม่สะท้อนแสง อย่างเช่น ลูกปิงปอง หรือเม็ดโฟม ซึ่งได้มีการปรับเปลี่ยนมาใช้มาร์คเกอร์ที่มีลักษณะส่องแสงได้ ซึ่งเป็นมาร์คเกอร์ที่ใช้หลอดแอลอีดีเป็นตัวส่องแสงโดยใช้แบตเตอรี่กระดุมเป็นตัวให้พลังงานซึ่งเรียกว่าแอกทีฟมาร์คเกอร์ ดังรูปต่อไปนี้



รูป 4.1 แอกทีฟมาร์คเกอร์ที่ใช้

โดยข้อดีและข้อเสียต่างๆของการนำมาร์คเกอร์แบบแอลอีดีมาใช้นี้สามารถแสดงได้ดังนี้

ข้อดีของแอกทีฟมาร์คเกอร์

1) ลดข้อจำกัดในการใช้ฉากหลังลงได้ และเพิ่มมุมกล้องให้กว้างขึ้นได้
2) ลดข้อจำกัดในการต่างกายของผู้แสดงเนื่องจากไม่จำเป็นต้องใส่ชุดสีทึบทั้งตัวและทำให้การเคลื่อนไหวไม่สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของแอกทีฟมาร์คเกอร์

1) ใช้ค่าใช้จ่ายมากกว่ามาร์คเกอร์ปกติ

2) แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานจำกัด

ซึ่งในด้านอื่นๆอย่างเช่นการมองเห็นของกล้อง และเวลาการคำนวณนั้นรูปแบบของมาร์คเกอร์นั้นไม่ส่งผลแต่อย่างใด แต่แอกทีฟมาร์คเกอร์จะเพิ่มความคล่องตัวในการทดลองรวมถึงลดข้อจำกัดต่างๆมากมายออกไปได้ ซึ่งนับว่าคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุนไป

4.1.2 ปรับปรุงในส่วนของอินพุต

4.1.2.1 พัฒนาการบันทึกการกำหนดลำดับของมาร์คเกอร์

ในส่วนนี้มีการบันทึกการกำหนดลำดับของมาร์คเกอร์ก่อนการคำนวณเพื่อลดเวลาการทำงาน และเพิ่มความสะดวกในการทำงาน

4.1.2.2 พัฒนาการบันทึกภาพและโหลดภาพเพื่อใช้ในการคำนวณในภายหลัง

การบันทึกภาพการเคลื่อนไหวของผู้แสดงเอาไว้นั้นเป็นการประหยัดเวลาโดยเราสามารถนำภาพที่บันทึกไว้นั้นโหลดขึ้นมาประมวลผลซ้ำได้หลายๆครั้ง โดยไม่จำเป็นต้องให้ผู้แสดงทำการเคลื่อนไหวแบบเดิมๆทุกครั้ง

4.1.3 โปรเซส

4.1.3.1 ปรับปรุงอัลกอริทึมการทำงานของโครงงาน

ในส่วนของอัลกอริทึมในการคำนวณนั้นได้มีการปรับปรุงในส่วนของการแมชชิ่งซึ่งเดิมใช้เวลามากมาเป็นอัลกอริทึมแบบใหม่ ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งสามารถศึกษาวิธีการของอัลกอริทึมได้จากภาคผนวก และได้มีการทดลองอัลกอริทึมต่างๆ หลายอัลกอริทึมด้วยกันดังนี้

1) แบบดั้งเดิม

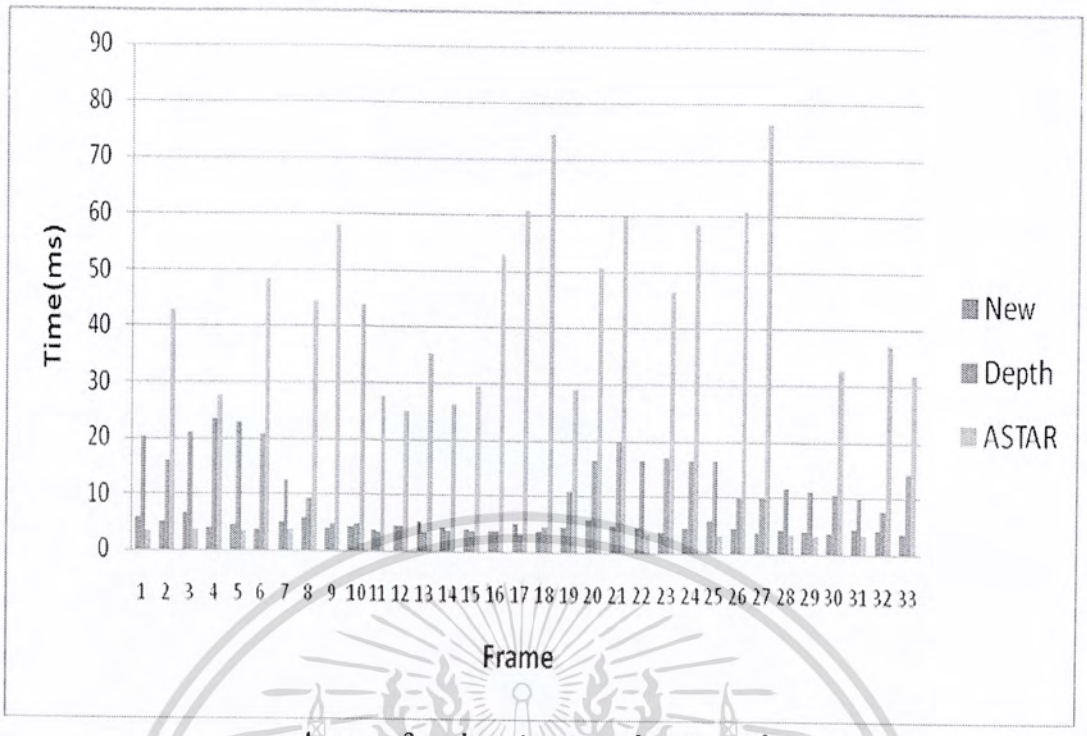
2) เอสตาร์ (AStar)

3) เดฟเฟิร์สเสิร์ช (Depth First Search)

4) อัลกอริทึมใหม่

ซึ่งสามารถแสดงเวลาที่ใช้ในการคำนวณของแต่ละอัลกอริทึม และเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละอัลกอริทึมได้รูปและตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 เวลาในแต่ละเฟรมของแต่ละอัลกอริทึม

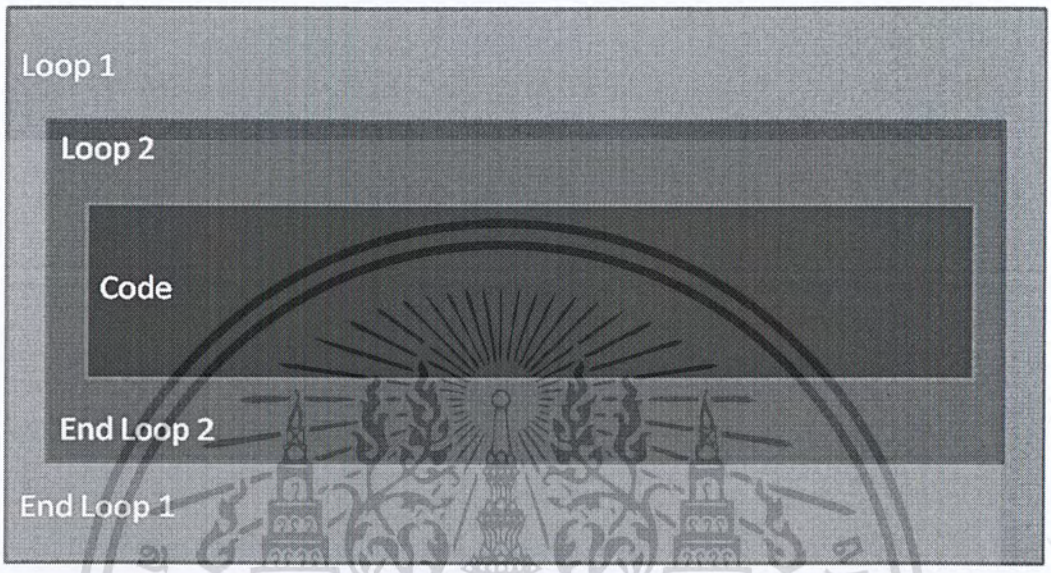
ตาราง 4.1 ข้อดีข้อเสียของอัลกอริทึมแต่ละชนิด

อัลกอริทึม	ความเร็ว	ผลลัพธ์ที่ได้	หมายเหตุ
ดั้งเดิม	ช้ามาก	ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด	เขียนแบบรีเคอซีพและมีการโอนข้อมูลโดยไม่ใช้พอยเตอร์ ช้ามากเมื่อใช้มาร์คเกอร์จำนวนมาก
เดฟเฟิร์สเสิร์ช	ช้ามาก	ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด	เป็นการนำแบบดั้งเดิมมาทำให้เร็วขึ้นโดยไม่ใช้เวคเตอร์ ใช้พอยเตอร์ช่วยและเขียนแบบไอเทอเรเชิลแต่ยังช้าอยู่
เอสตาร์	พอใช้	ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดยฮูลิสติก = 0	ถ้าใช้ฟังก์ชั่นฮูลิสติกช่วยจะทำให้เร็วขึ้นมากแต่จะไม่ออฟติมอล
อัลกอริทึมใหม่	เร็ว	มีโอกาสจะไม่ได้ผลลัพธ์อันที่ดีที่สุด	เลือกใช้อัลกอริทึมนี้เนื่องจากความเร็วและความออฟติมอลเป็นที่ยอมรับได้

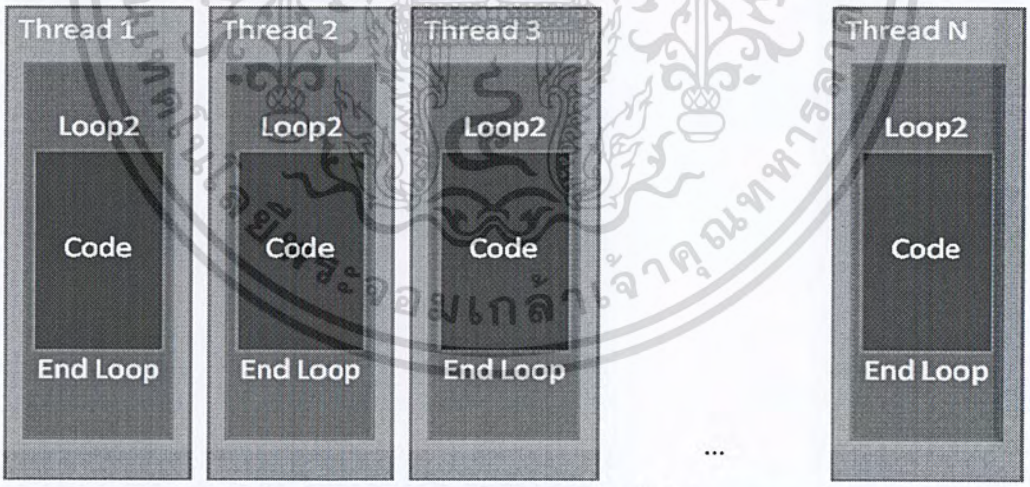
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 การนำคูด้าเข้าช่วยการทำงานของโปรแกรม

สำหรับการใช้คูด้าเข้ามาช่วยการทำงานของโครงงานนั้นจะนำมาช่วยในการคำนวณในส่วนของฟังก์ชันอีไพโพลาร์ ซึ่งสามารถช่วยให้การคำนวณนั้นเร็วขึ้นเป็นอย่างมากโดยการทำงานของคูด้าในส่วนนี้นั้นแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



รูป 4.3 แผนภาพการทำงานของตามปกติในโปรแกรม



รูป 4.4 แผนภาพการทำงานของคูด้าในโปรแกรม

4.1.4 เอาท์พุท

4.1.4.1 เลือกไฟล์ฟอร์แมตที่จะนำมาใช้บันทึกข้อมูล

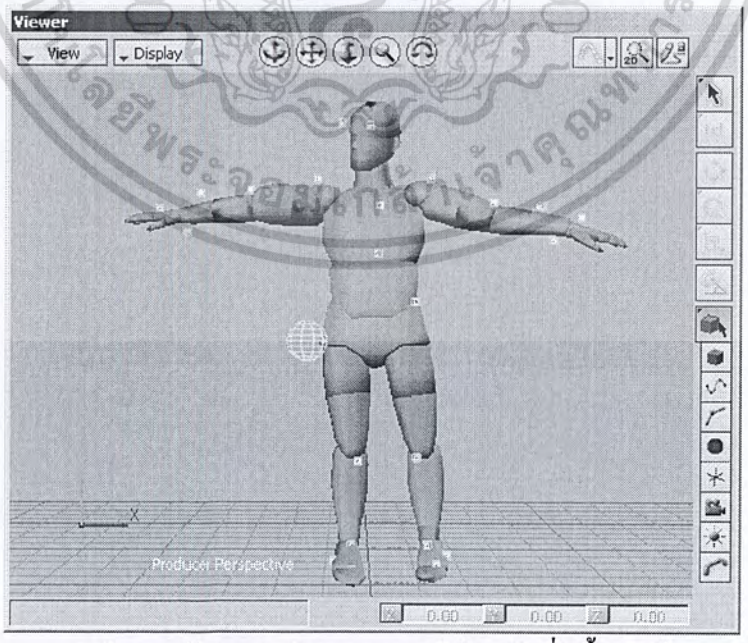
จากการศึกษาไฟล์ฟอร์แมตต่างๆที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่แล้วนั้น พบว่าไฟล์ฟอร์แมตที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ควรเป็นไฟล์ฟอร์แมตที่เป็นประเภทของแทรกเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์แมต ซึ่งเป็นไฟล์ฟอร์แมตที่เก็บพิกัดจุดในสามมิติของแต่ละมาร์คเกอร์เอาไว้ เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์นั้นเป็นพิกัดจุดดังกล่าว จึงเป็นการง่ายที่จะนำพิกัดจุดเหล่านั้นมาบันทึก ซึ่งผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าไฟล์ฟอร์แมตแบบทีอาร์ซีนั้นมีคุณสมบัติดังกล่าวครบถ้วน และนอกจากนี้ทีอาร์ซีไฟล์ฟอร์แมตยังมีโครงสร้างที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจเนื่องจากไม่ซับซ้อน มีเพียงส่วนของเฮดเดอร์และส่วนของข้อมูล และตัวไฟล์ยังบันทึกอยู่ในรูปแบบอักขระแบบแอสกี้ซึ่งง่ายต่อการอ่านอีกด้วย

4.1.4.2 ทดสอบการนำข้อมูลที่บันทึกมาประยุกต์ใช้งาน

ออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์ (Autodesk Motion Builder) เป็นโปรแกรมที่มีชื่อเสียงในงานด้านแอนิเมชัน ซึ่งสามารถนำเข้าไฟล์ฟอร์แมตต่างๆของการทำการบันทึกการเคลื่อนไหวได้รวมไปถึงไฟล์ฟอร์แมตแบบทีอาร์ซีด้วย ซึ่งสามารถนำมาเชื่อมโยงกับหุ่นแสดง (Actor) ในโปรแกรมเพื่อแสดงท่าทางการเคลื่อนไหวตามข้อมูลที่ได้บันทึกมาเพื่อนำมาวิเคราะห์การเคลื่อนไหว และยังสามารถนำการเคลื่อนไหวนี้ไปประยุกต์ใช้กับคาร์แรกเตอร์ (Character) ต่างๆ ซึ่งเราสามารถสร้างขึ้นได้เอง เพื่อให้การเคลื่อนไหวที่สมจริงกับคาร์แรกเตอร์ของเราและนำไปใช้งานต่อในงานด้านแอนิเมชันได้อีกมากเนื่องจากออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์นั้นเป็นโปรแกรมที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการทำงานด้านแอนิเมชัน ซึ่งครอบคลุมการทำงานเกือบทุกด้านของงานด้านนี้ และผลที่ได้ยังมีความเป็นมาตรฐาน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานกับโปรแกรมอื่นๆของออโต้เดสหรือจากค่ายผู้พัฒนาอื่นๆได้โดยง่าย สามารถแสดงรูปการทำงานของ ออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์ดังรูปต่อไปนี้



รูป 4.5 หน้าจอการทำงานของออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สภาพแวดล้อมการทดลอง

ในการทดลองโครงงานนี้มีการจัดสถานที่การทดลอง อุปกรณ์การทดลอง และตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทดลองดังต่อไปนี้

4.2.1 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล

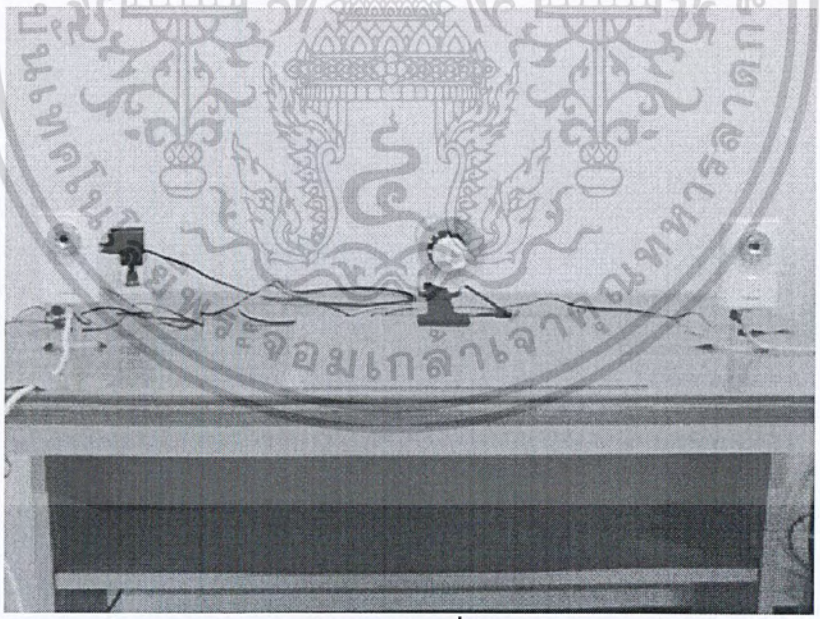
คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ซีพียูอินเทลเพนเทียมโฟร์ 630 ความถี่ 3.00 กิกะเฮิรตซ์ แคชเลเวลหนึ่ง 16 กิโลไบต์ แคชเลเวลสอง 2048 กิโลไบต์ ฟรอนท์ไซท์บัส 800 เมกกะเฮิรตซ์
2) หน่วยความจำหลักดีดีอาร์ขนาด 512 เมกกะไบต์
3) การ์ดจอเอ็นวิเดี่ย จีฟอร์ส 9500 จีที 550 เมกกะเฮิรตซ์ 4 มัลติโปรเซสเซอร์ 8 คอร์ ต่อมัลติโปรเซสเซอร์ หน่วยความจำ 512 เมกกะไบต์

4.2.2 กล้องที่ใช้ในการทดลอง

กล้องไอพีวีโวเทคที่ใช้มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) ความละเอียดสูงสุดของภาพ 640 x 480 พิกเซล
2) ความเร็วสูงสุด 25 เฟรมต่อวินาที
3) ระยะห่างระหว่างกล้อง 84 เซนติเมตร



รูป 4.6 กล้องไอพีวีโวเทคที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 สถานที่ในการทดลอง

สถานที่ที่ใช้ทำการทดลองเป็นห้องที่มีผนังและเพดานสีขาว ด้านบนพื้นที่การทดลองมีหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ด้านหลังเป็นตู้มีกระจก และไม่จำเป็นต้องใช้ฉากในการทดลอง

รูป 4.7 สถานที่ทำการทดลอง

4.2.4 เครื่องแต่งกายผู้ทดลอง

การแต่งกายของผู้ทดลองนั้นจะแต่งกายได้ค่อนข้างอิสระ เนื่องจากมาร์คเกอร์นั้นเป็นแอคทีฟมาร์คเกอร์ที่สามารถส่องแสงได้ การตรวจจับจะตรวจจับแสงที่ตัวมาร์คเกอร์โดยไม่เกี่ยวกับสี หรือการแต่งกายของผู้แสดง

4.2.5 การติดตั้งมาร์คเกอร์ที่ตัวผู้ทดลอง

การติดตั้งมาร์คเกอร์ที่ตัวผู้ทดลองนั้นจะมีการติดตั้งทั้งหมด 24 จุดทั่วร่างกาย เพื่อที่จะสามารถบันทึกการเคลื่อนไหวได้ครบทุกๆส่วนของร่างกาย โดยการติดตั้งมาร์คเกอร์ทั้งหมดแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.8 มาร์คเกอร์ตามจุดต่าง ๆ บนตัวผู้แสดง

4.3 การทดลอง

4.3.1 ระยะการเคลื่อนไหวของผู้แสดง

ระยะการเคลื่อนไหวของผู้แสดงนั้นมีขอบเขตจำกัดอยู่ในพื้นที่หนึ่งโดยสามารถแสดงพื้นที่ที่สามารถทำการเคลื่อนไหวได้ดังนี้

ตาราง 4.2 ระยะในการเคลื่อนไหวของผู้แสดง

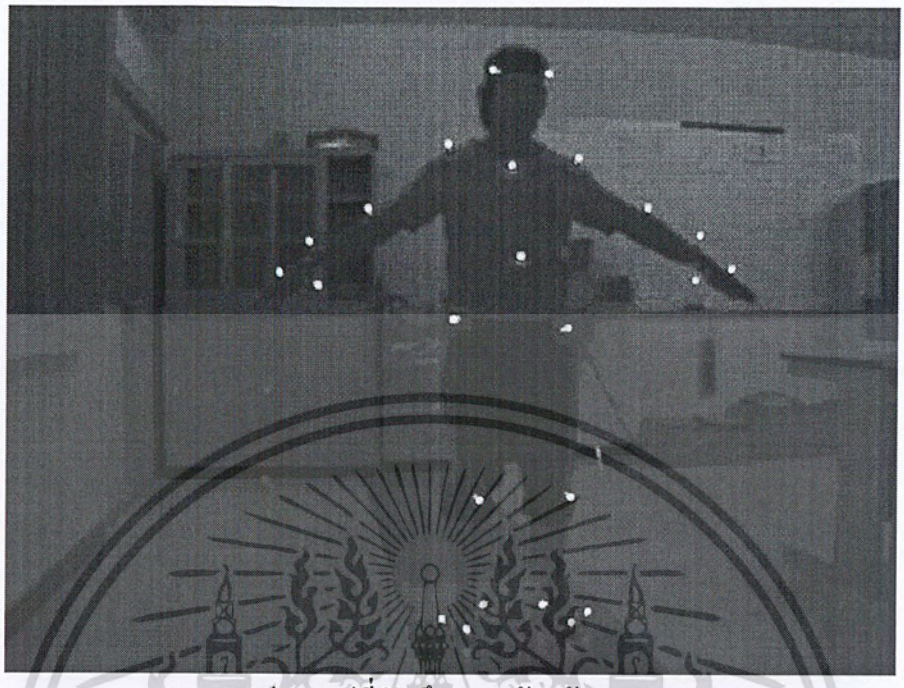
ระยะใกล้สุดจากกล้อง	260 เซนติเมตร
ระยะไกลสุดจากกล้อง	440 เซนติเมตร

4.3.2 ท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้แสดง

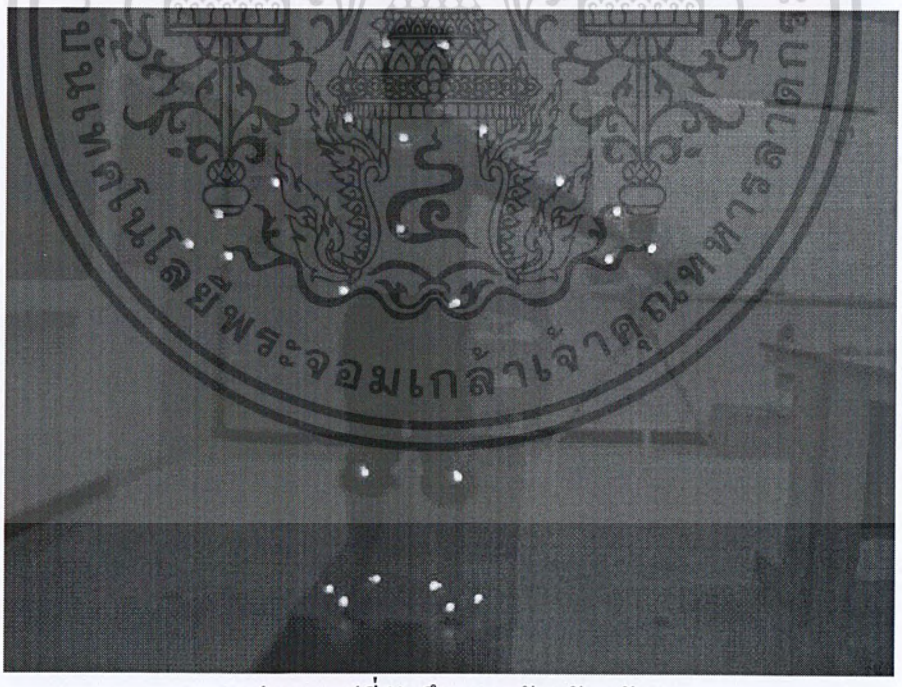
ท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้แสดงนั้นสามารถเคลื่อนไหวได้ทุกส่วนของร่างกาย เพียงแต่จะขาดความอิสระอยู่พอสมควรเนื่องจากข้อจำกัดในด้านของจำนวนกล้อง ซึ่งสามารถแสดงท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้แสดงบางส่วนซึ่งจะครอบคลุมการเคลื่อนไหวของอวัยวะทั้งหมดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.1 การยกแขนขึ้นและลง

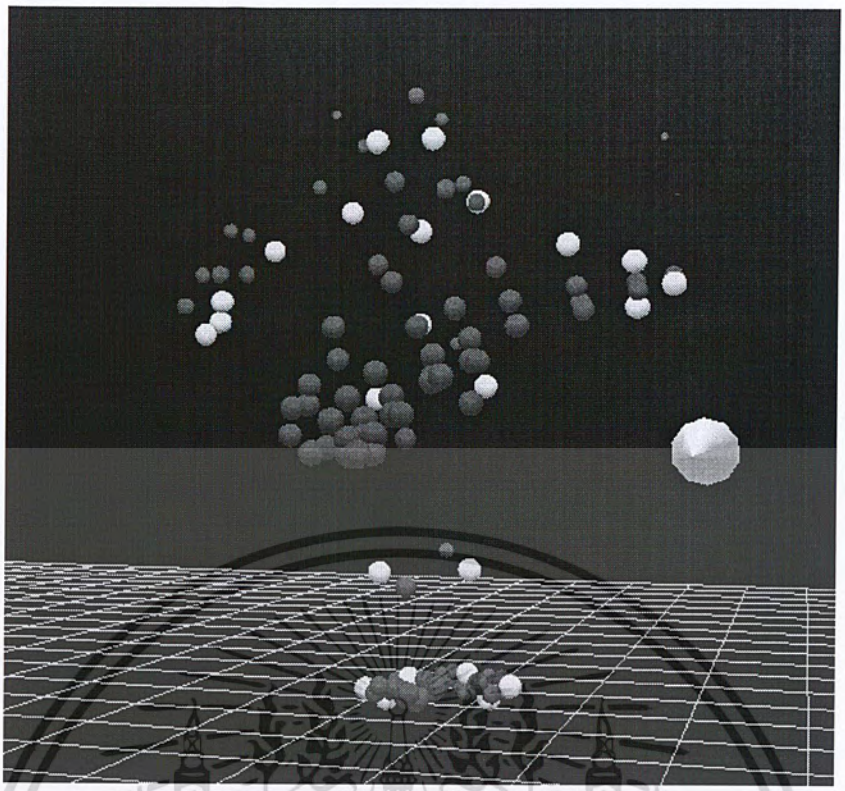


รูป 4.9 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านขวา

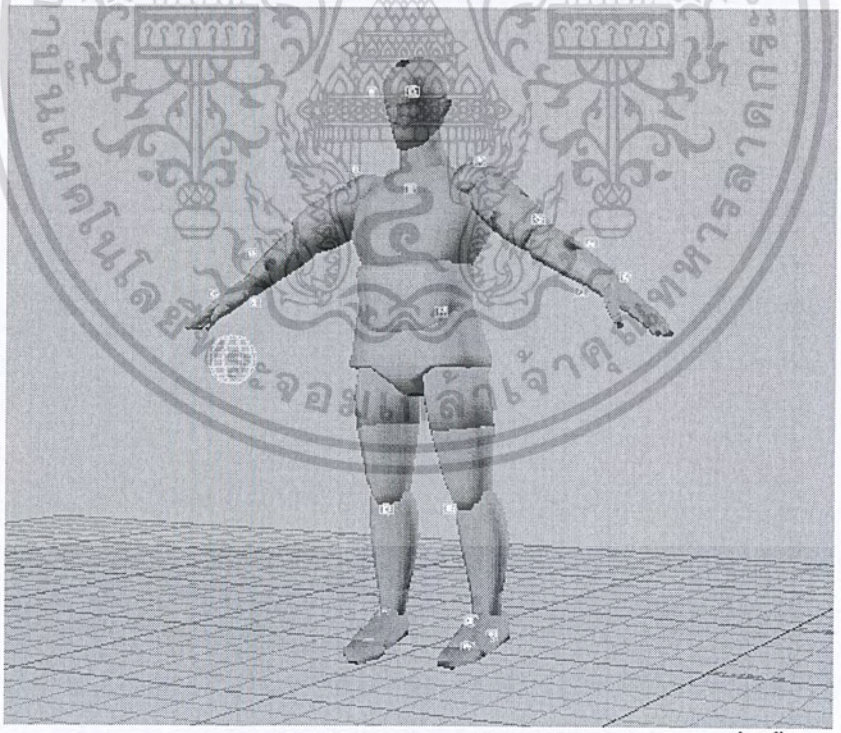


รูป 4.10 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



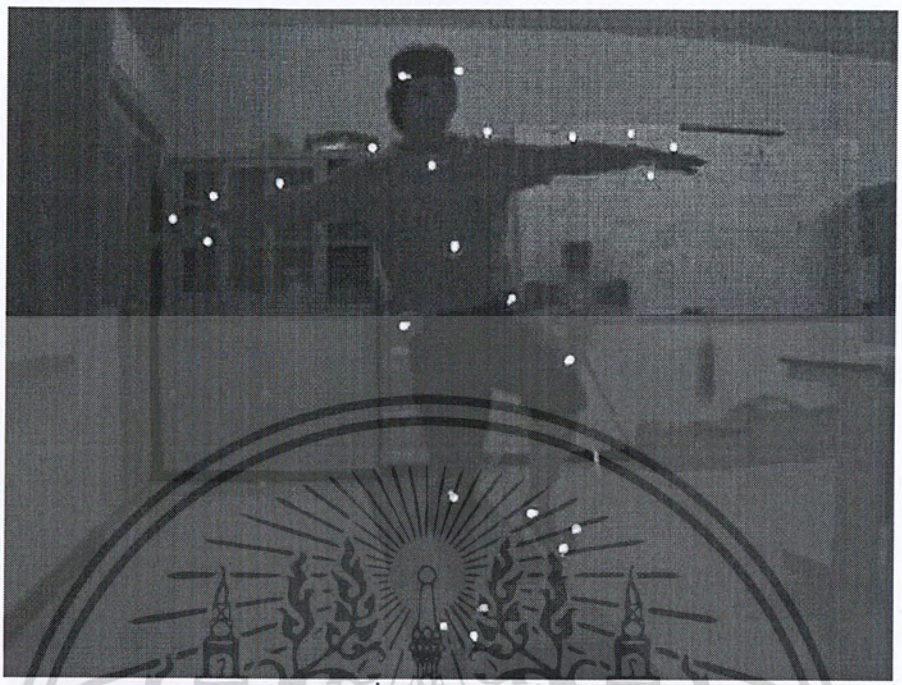
รูป 4.11 รูปจากหน้าจอเอาท์พุท



รูป 4.12 รูปจากการนำไฟล์ทีอาร์ซีไปประยุกต์ใช้งานในออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

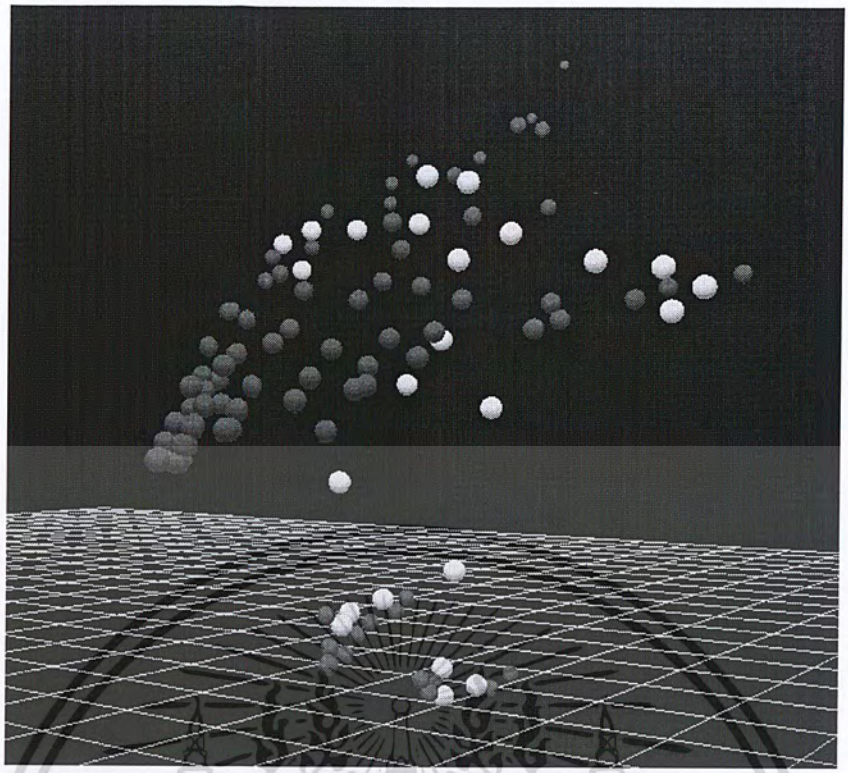
4.3.2.2 การยกเข่าขึ้นและลง



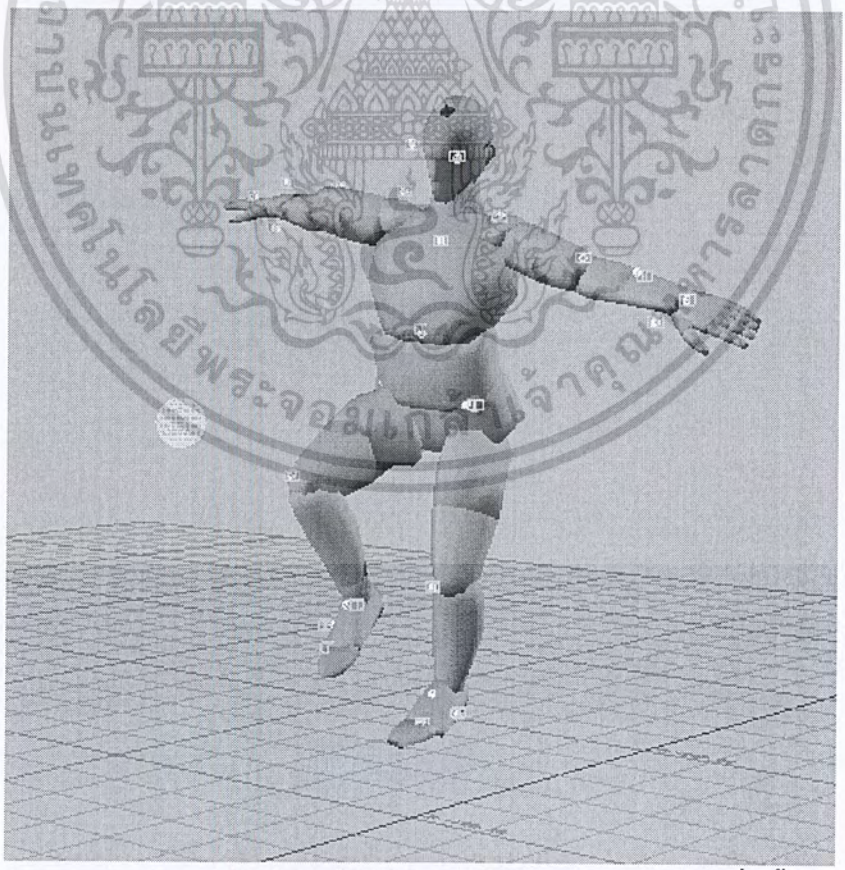
รูป 4.13 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านขวา

รูป 4.14 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



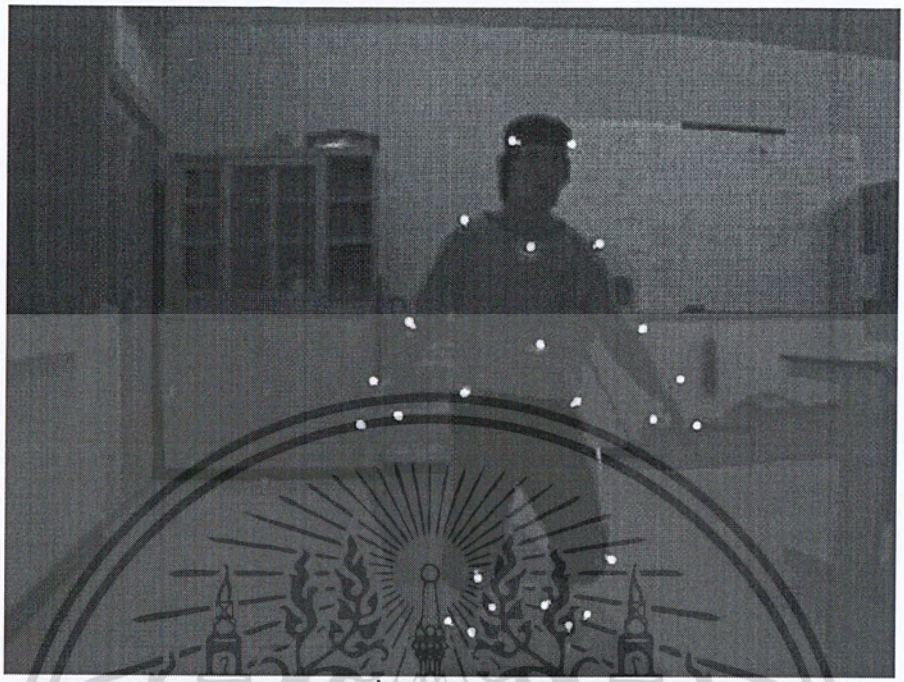
รูป 4.15 รูปจากหน้าจอเอาท์พุท



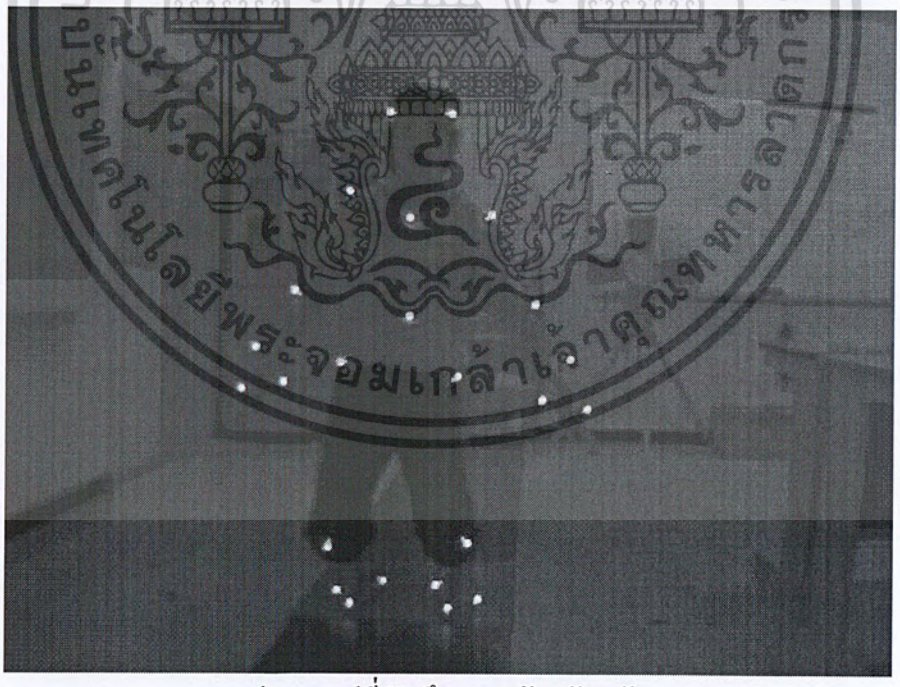
รูป 4.16 รูปจากการนำไฟล์ทีอาร์ซีไปประยุกต์ใช้งานในออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.3 การย่อตัว

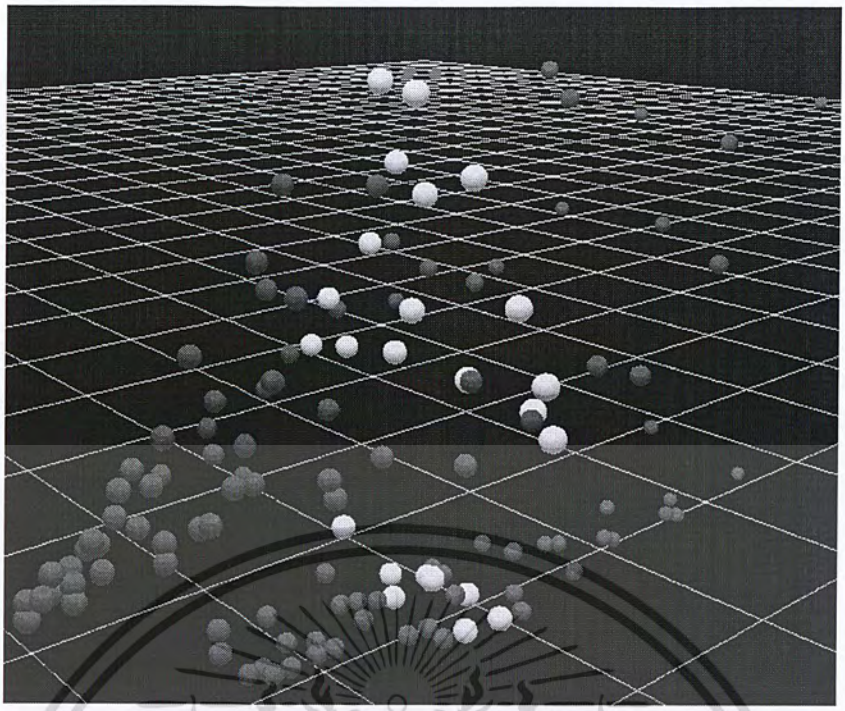


รูป 4.17 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านขวา



รูป 4.18 รูปที่บันทึกจากกล้องด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.19 รูปจากหน้าจอเอาท์พุท

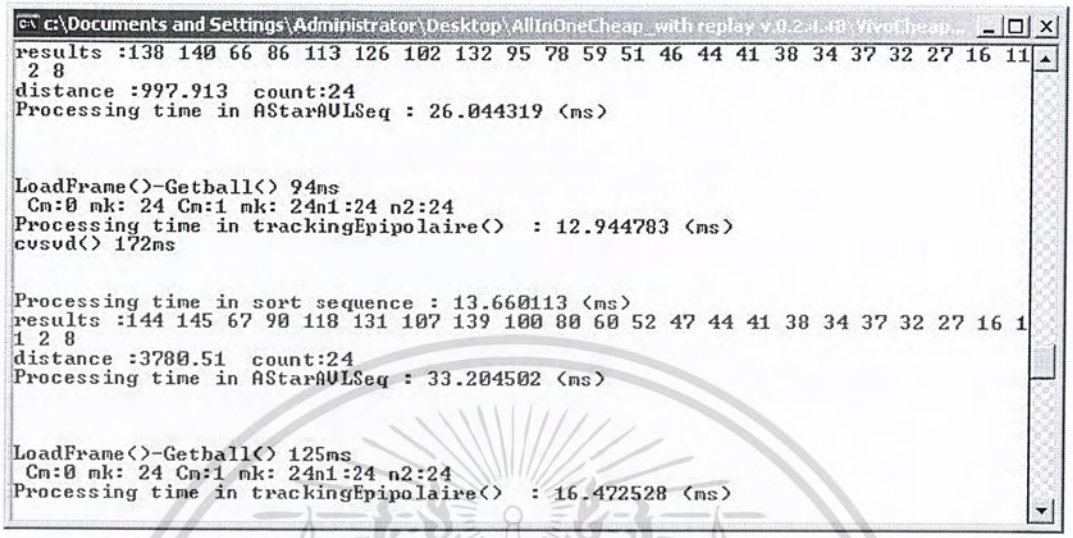
รูป 4.20 รูปจากการนำไฟล์ทีอาร์ซีไปประยุกต์ใช้งานในออโต้เดสโมชั่นบิ้วเดอร์

4.3.3 การใช้คูด้าช่วยในการคำนวณ

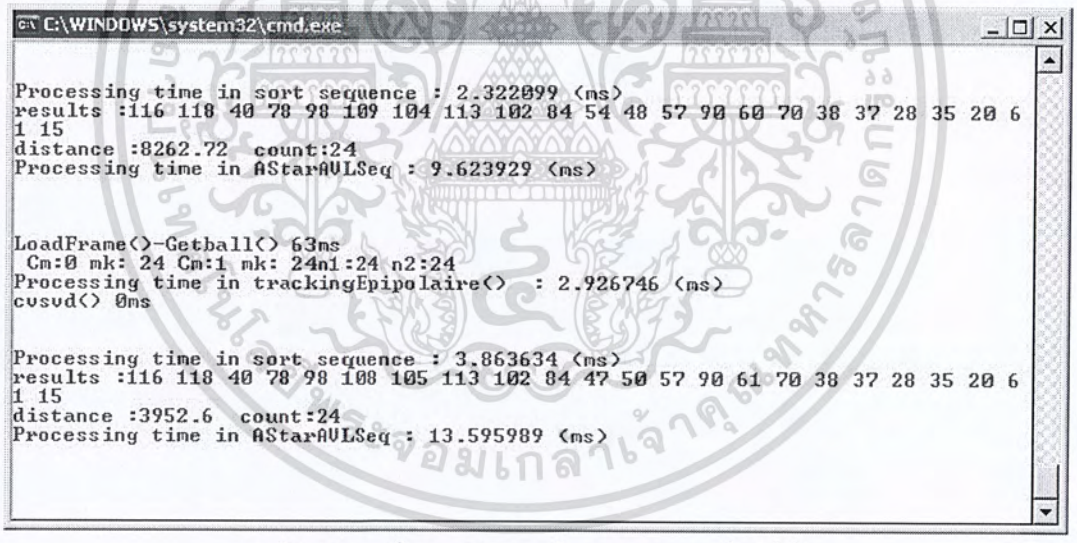
การใช้คูด้าเข้ามาช่วยในการคำนวณนั้นจะนำมาช่วยในการคำนวณในส่วนของฟังก์ชันอีไพโพลาร์ โดยจะมีการนำเวลาเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบกับการคำนวณโดยการใช้ซีพียูเพียงอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียว โดยชุดข้อมูลการเคลื่อนไหว อัลกอริทึมและคอมพิวเตอร์ที่ใช้นั้นเป็นชุดเดียวกัน ซึ่งสามารถแสดงเวลาการคำนวณทั้งสองกรณีได้ดังนี้



รูป 4.21 เวลาในการคำนวณในการทดลองด้วยซีพียู



รูป 4.22 เวลาในการคำนวณในการทดลองด้วยจีพียู

จากรูปที่ผ่านมาเป็นการแสดงเวลาที่ใช้ในการคำนวณของทั้งสองกรณีโดยจับเวลาจากตัวโปรแกรมซึ่งจากรูปจะเห็นเวลาที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในส่วนของฟังก์ชันแทรกอีไพโพล่าร์ เมื่อนำคูด้ามาช่วยในการคำนวณ

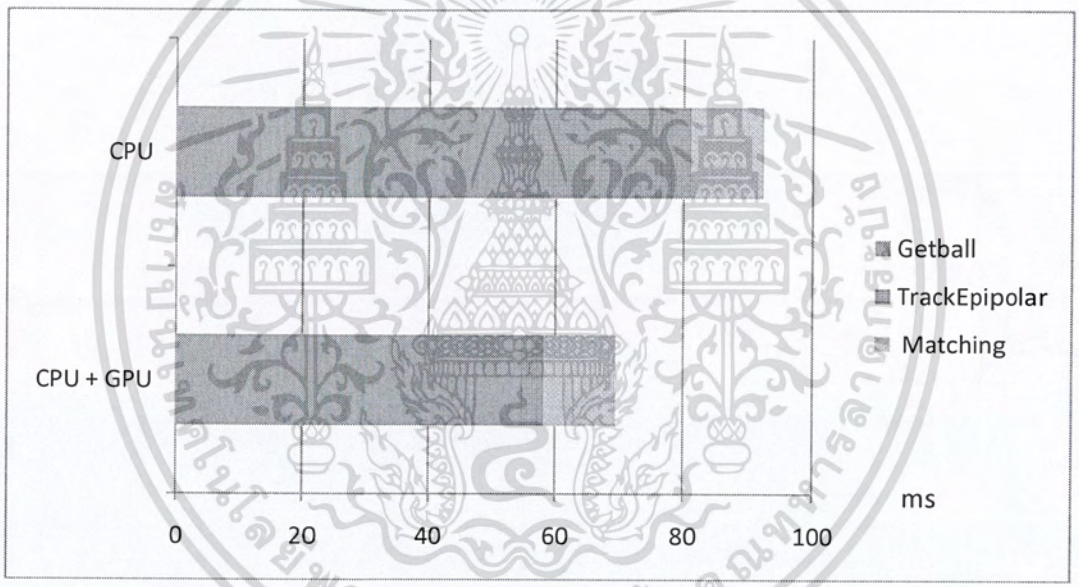
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการทำงานของระบบ

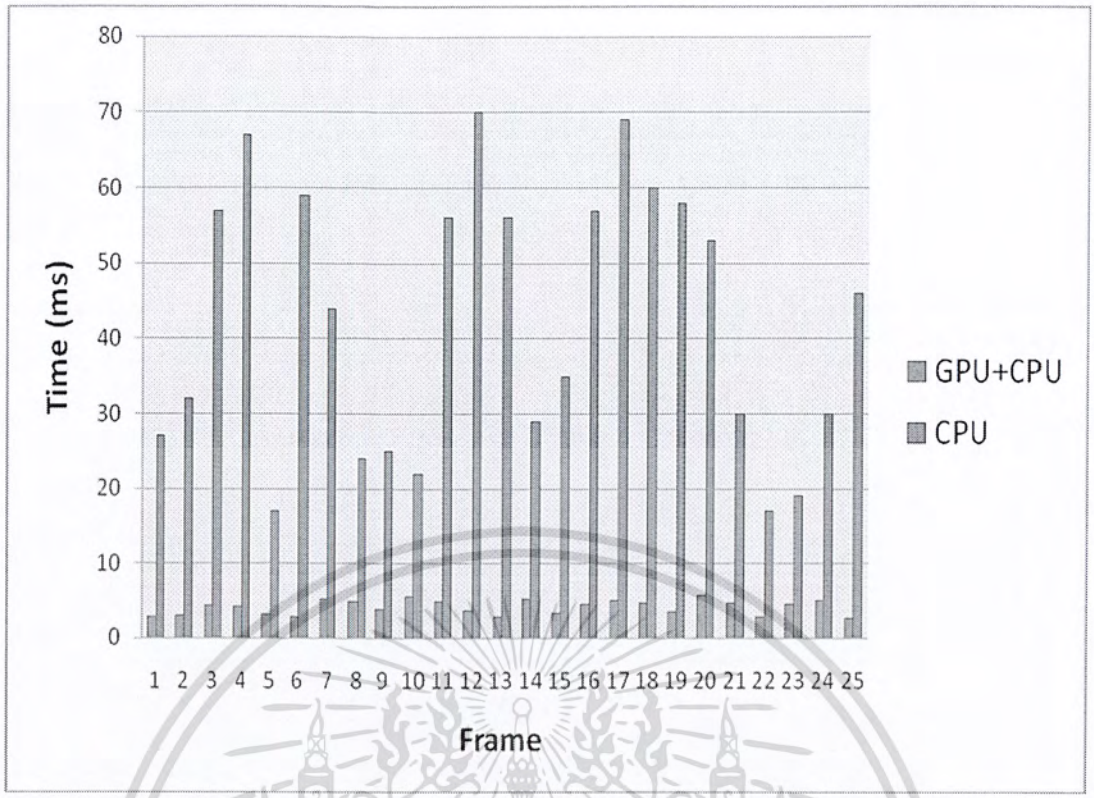
5.1.1 การปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้คูด้าเข้าช่วย

จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของโครงงาน ทั้งในการทำงานโดยไม่มีการใช้การ์ดจอเข้าช่วย และการทำงานโดยให้มีการใช้การ์ดจอเข้าช่วยด้วยนั้น ผลที่ได้รับคือการใช้การ์ดจอเข้าช่วยในการคำนวณในส่วนของฟังก์ชันแทรกอีไพโพลาร์ (TrackEpipolar) พบว่าเวลาที่ใช้นั้นลดลงเป็นอย่างมาก ดังสามารถสรุปผลทั้งหมดได้ดังแผนภูมิและไทมไลน์ต่อไปนี้



รูป 5.1 เวลาการคำนวณแบบใช้ซีพียูอย่างเดียวและซีพียูกับจีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.2 กราฟเวลาการคำนวณแบบใช้ซีพียูอย่างเดียวและซีพียูกับจีพียู

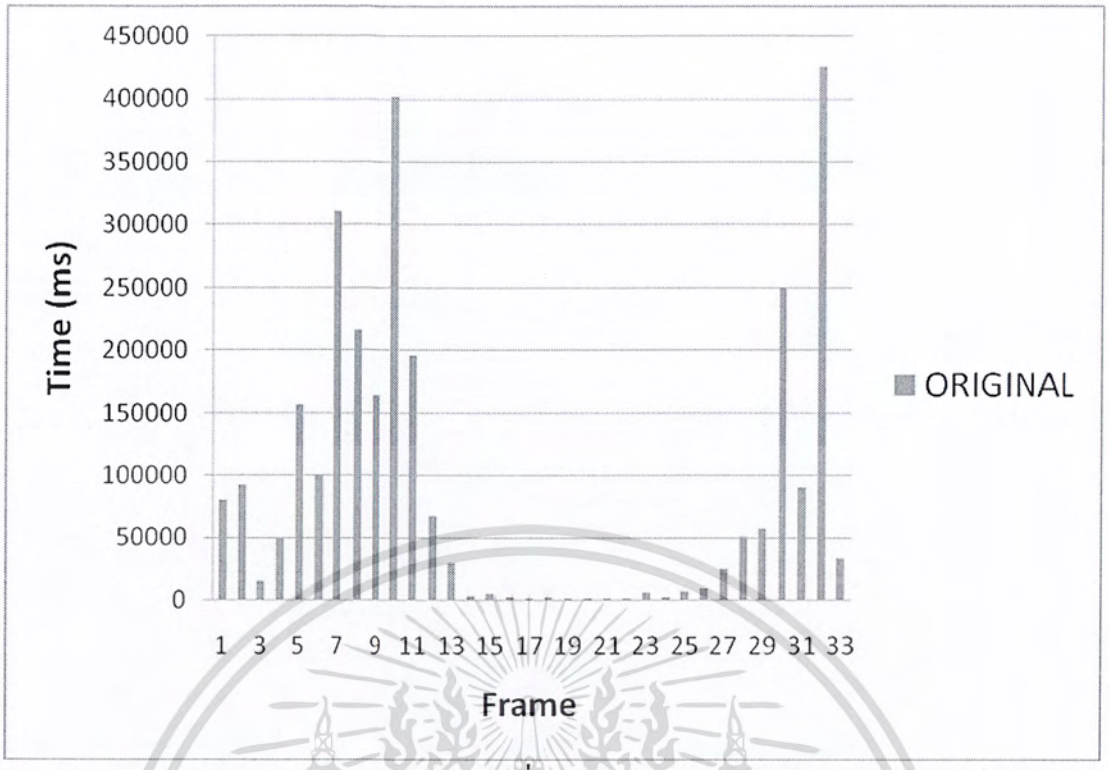
5.1.2 การบันทึกการเคลื่อนไหวลงไฟล์ฟอร์แมตมาตรฐาน

การบันทึกการเคลื่อนไหวลงไฟล์ฟอร์แมตมาตรฐานแบบทีอาร์ซีนั้นพบว่าไม่มีปัญหาใดๆในการนำมาใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไม่มีปัญหา

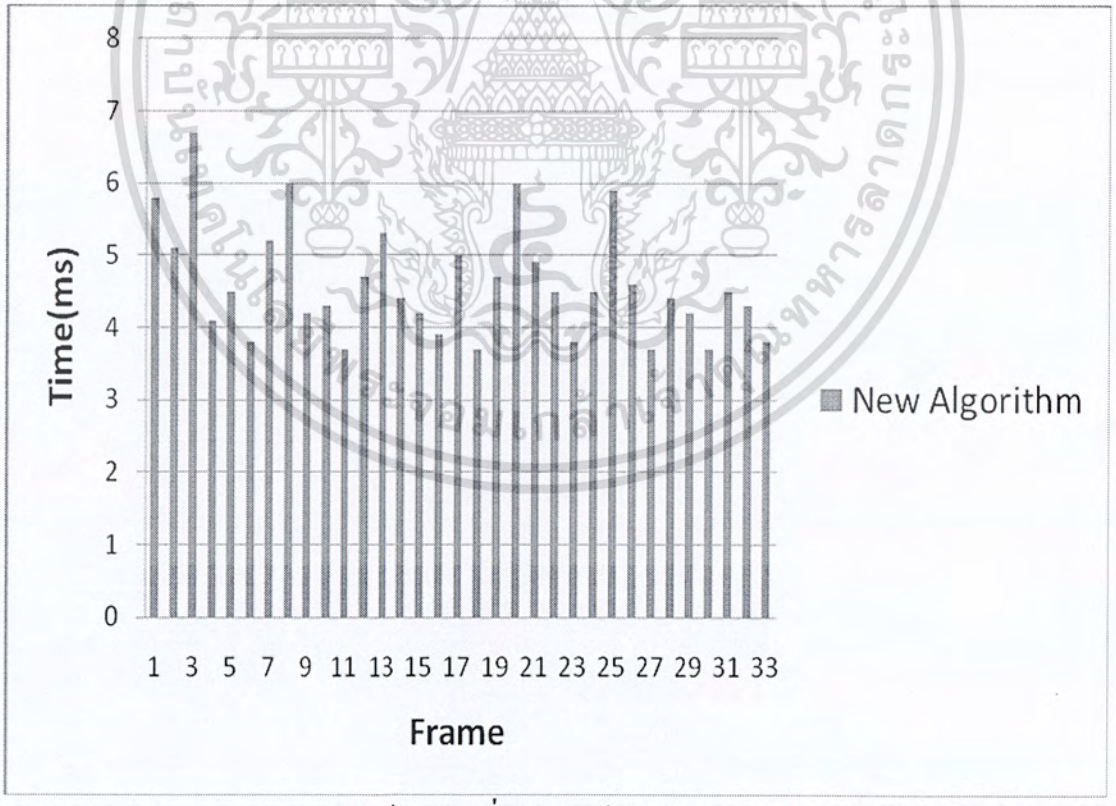
5.1.3 การปรับปรุงประสิทธิภาพอัลกอริทึมแมชชิ่ง

การปรับปรุงอัลกอริทึมแมชชิ่งพบว่าเวลาที่ใช้เมื่อปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมให้เป็นอัลกอริทึมใหม่ จะใช้เวลาในการคำนวณน้อยลงดังแผนภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.3 กราฟเวลาการคำนวณฟังก์ชันแมชชิ่งต้นแบบในแต่ละเฟรมโดยใช้มาร์คเกอร์ 8 จุด



รูป 5.4 กราฟเวลาการคำนวณฟังก์ชันแมชชิ่งอัลกอริทึมใหม่ในแต่ละเฟรมโดยใช้มาร์คเกอร์ 8 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข

การคอนฟลิกกันของจีพียูซีวีกับคูด้า เนื่องจากทั้งจีพียูซีวีและคูด้านั้นต่างก็ต้องการใช้ทรัพยากรของจีพียูเช่นเดียวกัน เมื่อนำมาทำงานในเวลาเดียวกันนั้นจะทำให้เกิดการแย่งชิงทรัพยากรซึ่งกันและกัน จนไม่สามารถทำงานได้เต็มที่

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

หลังจากที่ได้มีการนำคูด้าเข้ามาช่วยในเรื่องของการคำนวณผลในโครงงานแล้ว นั้นคณะผู้จัดทำได้พบว่าสามารถช่วยให้การทำงานของโปรแกรมเร็วขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องมากจากจำนวนมาร์คเกอร์ที่ใช้ซึ่งยิ่งมีจำนวนมากขึ้นก็จะยิ่งคุ้มค่าที่จะนำคูด้ามาช่วยในการคำนวณมากขึ้น ซึ่งคาดว่าถ้าพัฒนาการทำงานให้มีจำนวนมาร์คเกอร์ที่มากขึ้น ก็ยิ่งสามารถดึงความสามารถของคูด้าออกมาได้มากขึ้นตามไปด้วย

และในด้านของการใช้กล้องนั้นไม่จำเป็นจะต้องใช้กล้องเพียงสองตัวในการทำงาน เพราะสามารถเพิ่มจำนวนกล้องได้อีกตามความเหมาะสมซึ่งจะให้ผลดีกว่าและแม่นยำกว่า ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาการทำงานให้ดียิ่งขึ้น

ในส่วนของการประมวลผลนั้นยังพบว่ายังมีข้อผิดพลาดอยู่บ้างในการทำฟังก์ชันแมชชิ่ง ซึ่งยังแสดงผลออกมาผิดกับความเป็นจริง แต่ก็ถือว่าอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งการแก้ไขนั้นอาจทำได้โดยการพัฒนาการทำการแก้ไขข้อผิดพลาด (Error correction) ซึ่งจะแก้ไขปัญหาในส่วนนี้ลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ผศ.ดร.อรณัตร จิตต์โสภักตร์. 2552. Digital Image Processing / ทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิตอล. กรุงเทพฯ : สงวนกิจ พริ้นท์ แอนด์ มีเดีย

Gary Bradski and Adrian Kaehler. 2008. Learning OpenCV. United States of America : O'Reilly Media, Inc.

ณฐพล วงศ์รัตนโชคชัย ธีระพงศ์ แสงลาภเจริญกิจ และอธิปลักษณ์ โชติธนประสิทธิ์. 2551. "การจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ." ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

NVIDIA Corporation.2010.What is GPU Computing.[Online].Available : http://www.nvidia.com/object/GPU_Computing.html

Cheap Motion Capture. 2007. Cheap Motion Capture.[Online].Available : http://motion.capture.free.fr/

Sourceforge. 2005. Motion Analysis and Visualization Engine.[Online].Available : http://sourceforge.net/projects/mave/

OpenCVWiki. 2010. OpenCV.[Online].Available : http://opencv.willowgarage.com/wiki/

TWiki picoforge. GpuCV.[Online].Available : https://picoforge.int-evry.fr/cgi-bin/twiki/view/Gpucv/Web/WebHome

Jeff. Mocap.[Online].Available : http://www.cs.wisc.edu/graphics/Courses/cs-838-1999/Jeff/MoCapTOC.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

ก.1 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของโอเพ่นซอร์สที่นำมาศึกษา

โอเพ่นซอร์สที่เหมาะกับการใช้เพื่อนำมาพัฒนาการจับภาพสามมิติในโครงงานดังกล่าว ซึ่งโอเพ่นซอร์สที่สามารถนำมาใช้ในการจับภาพสามมิติมีอีสเตอริโอและโอเพ่นซีวี ที่มีการพัฒนาที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน โดยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วจะได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ก.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างอีสเตอริโอและโอเพ่นซีวี

	อีสเตอริโอ	โอเพ่นซีวี
อินพุต	สามารถรับภาพได้ สองภาพ จากด้านซ้ายและด้านขวา รับเป็นไฟล์ฟอแมต์เจพีจี เจพีเอส หรือบีเอ็มพี	สามารถรับภาพได้จากหลายกล้องและรับภาพได้จากกล้องโดยตรงผ่านการเรียกใช้ฟังก์ชัน
เอาท์พุท	ไฟล์ฟอร์แมตเจพีจี	ไฟล์ หรือวีดีโอ โดยผ่านฟังก์ชัน หรือนำไปเชื่อมต่อกับโปรแกรม เช่นเบลนเดอร์ได้

จากตารางการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าโอเพ่นซีวีเป็นโอเพ่นซอร์สที่สามารถนำมาพัฒนาได้มากกว่า และมีข้อมูลให้ค้นหามากกว่าจึงเลือกใช้โอเพ่นซีวีเป็นโอเพ่นซอร์สในการพัฒนาโครงงานนี้

โอเพ่นซีวี เป็นโอเพ่นซอร์สที่มีผู้พัฒนาเป็นจำนวนมาก โดยมีการพัฒนาเพื่อใช้ในการจับภาพสามมิติซึ่งโอเพ่นซอร์สที่นำโอเพ่นซีวี มาใช้และตรงกับวัตถุประสงค์ของโครงงานคือโครงงานแมฟ และชีพโมชั่นแคปเจอร์ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะได้ผลดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง แมฟและชีพโมชั่นแคปเจอร์

	แมฟ	ชีพโมชั่นแคปเจอร์
ใช้โอเพ่นซีวี ในการพัฒนา	ใช่	ใช่
ซอร์สโค้ด	ค่อนข้างซับซ้อน และพัฒนาบนลินุกซ์ทำให้นำมาใช้งานบนวินโดว์ไม่สะดวก	ความซับซ้อนน้อย
กราฟฟิคยูสเซอร์อินเทอร์เฟส	มี	ไม่มี
แทรกกิ้งสี	ได้	ได้
จดจำท่าทาง	ได้	ไม่ได้
ความสมบูรณ์	บางส่วนยังใช้งานไม่ได้	ใช้งานได้ทั้งหมด
คู่มือ	ไม่มี	มี

จากตารางเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าชีพโมชั่นแคปเจอร์เป็นโอเพ่นซอร์สที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า ซึ่งเหมาะแก่การนำไปพัฒนาต่อ เนื่องจากขั้นตอนการพัฒนาจะมีความซับซ้อนน้อยกว่า และใช้เวลาในการพัฒนาน้อยกว่า รวมทั้งสามารถนำการคำนวณแบบขนานโดยใช้จีพียูมาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้นได้ง่ายกว่า ส่งผลให้สามารถใช้งานด้านการจับภาพสามมิติได้ดียิ่งขึ้น จึงควรเลือกใช้ชีพโมชั่นแคปเจอร์จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า

ในโครงงานด้านจับภาพสามมิติที่มีผู้จัดทำมาบ้างแล้วคือโครงงานการจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ ในปีการศึกษา 2551 โดยมีข้อแตกต่าง ข้อดีข้อเสีย ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบกับ ชีพโมชั่นแคปเจอร์ได้ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 เปรียบเทียบโครงงานการจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ และชีพโมชั่นแคปเจอร์

	การจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ	ชีพโมชั่นแคปเจอร์
ใช้โอเพ่นซีวีในการพัฒนา	ใช่	ใช่
ซอร์สโค้ด	ความซับซ้อนน้อย	ความซับซ้อนน้อย
กราฟฟิคยูสเซอร์อินเทอร์เฟส	มี	ไม่มี
กล้อง	เว็บแคมใช้ได้เพียง 2 ตัว	เว็บแคมใช้ได้มากกว่า 2 ตัว
การใช้งาน	เก็บเป็นไฟล์ เพื่อนำไปประมวลผลในส่วนถัดไป	แสดงผลหลังจากรับอินพุต และประมวลผล โดยไม่เก็บเป็นไฟล์
คู่มือ	มี	มี

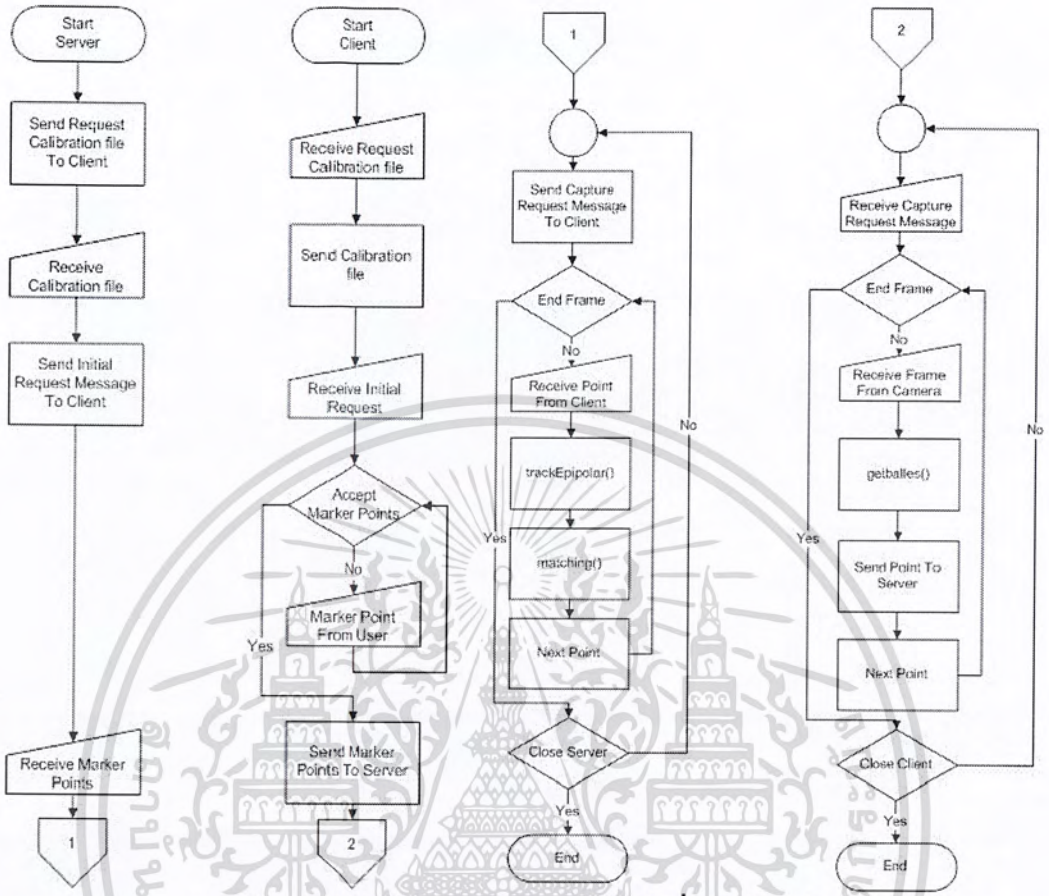
เนื่องจากชีพโมชั่นแคปเจอร์เป็นโอเพ่นซอร์สที่ข้อจำกัดในเรื่องกล้องน้อยกว่าโครงงานการจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติ ซึ่งความซับซ้อนของซอร์สโค้ดไม่ต่างกันมากนัก นอกจากนั้นการทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์ยังทำงานหลังจากรับอินพุตโดยไม่เก็บเป็นไฟล์ ซึ่งตรงความต้องการมากกว่า ดังนั้นการเลือกใช้ชีพโมชั่นแคปเจอร์จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า ทั้งนี้ทางผู้จัดทำเห็นว่าการเก็บเป็นไฟล์ของโครงงานการจำลองการเคลื่อนไหวสามมิติเหมาะสมที่จะนำเอามาใช้ในโครงงาน ทางผู้จัดทำจึงเห็นว่าสมควรนำความสามารถในการเก็บเป็นไฟล์เข้ามาเพิ่มในโครงงานนี้ด้วย

ก.2 การทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์

ชีพโมชั่นแคปเจอร์นั้นเป็นเป็นโปรเจคที่ใช้สำหรับการบันทึกการเคลื่อนไหว ซึ่งโดยปกติแล้วนั้นจะใช้กล้องเว็บแคม, โอเพ่นซีวี , โอเพ่นจีแอลในการทำงานผ่านระบบเน็ตเวิคโดยมี ไคลแอนและเซิร์ฟเวอร์ ในการทำงาน ในส่วนของการรับภาพเข้ามานั้นจะใช้โอเพ่นซีวีในการรับภาพจากกล้องเว็บแคม และจะแสดงผลเป็นสามมิติแบบเรียลไทม์ด้วยโอเพ่นจีแอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2.1 โฟลวชาร์ตการทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์



รูป ก.1 โฟลวชาร์ตการทำงานของชีพโมชั่นแคปเจอร์

ก.2.2 ฟังก์ชันแก็ตบอล

ในการวิเคราะห์ภาพสามมิติจะต้องมีการค้นหาจุดที่ต้องการจะวิเคราะห์จากภาพต้นแบบ ซึ่งการใช้กล้องไอพีมากกว่า 1 กล้อง ภาพที่ได้ในแต่ละกล้องจะไม่เหมือนกัน จึงต้องมีอัลกอริทึมในการค้นหาจุดที่อยู่บนภาพ โดยอัลกอริทึมดังกล่าว แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

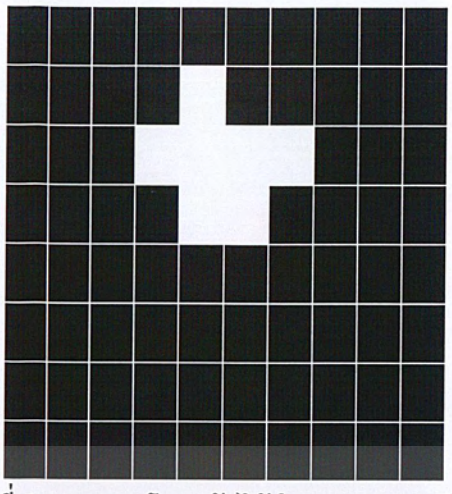
1) ส่วนทำให้ภาพเป็นภาพสีเทา (Grayscale image)

ในส่วนนี้จะมีการทำค่าอ้างอิงเทรสโฮลสีขาว จากนั้นจะมีการทำอีโรชั่น

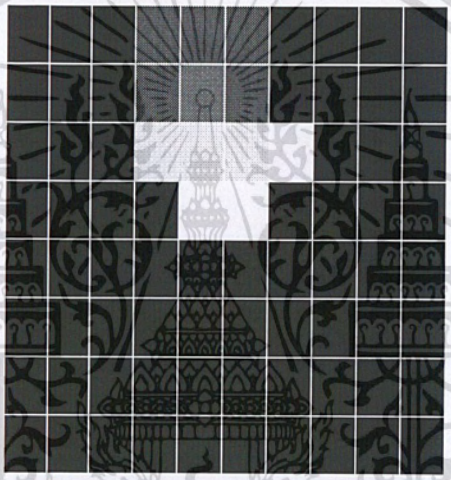
2) ส่วนค้นหาจุด (Point Detection)

ในส่วนนี้จะมีการค้นหาจุดโดยการวนซ้ำเพื่อหาพิคเซลที่มีสีขาว (White Pixel) โดยการตรวจสอบพิคเซลรอบๆ จุดที่ต้องการว่ามีจุดใดบ้างรอบๆ พิคเซลที่สังเกตที่เป็นสีขาวนำใส่ลงในคิว (Queue) จนกระทั่งครบทั้งภาพ เพื่อให้ทราบว่าบริเวณใดที่มีพิคเซลที่มีสีขาว ก่อนนำไปประมวลผลในส่วนถัดๆไป

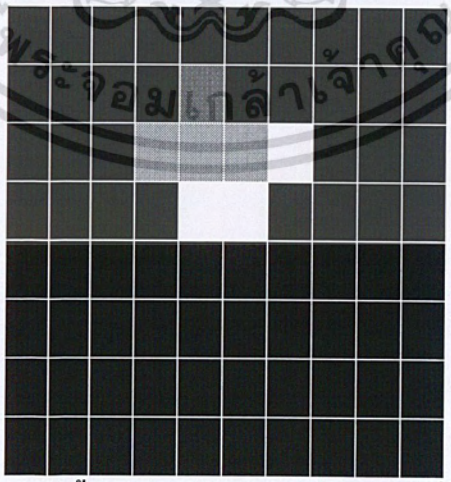
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.2 มีรูปที่ทำการเทรสโฮลแล้วได้ว่าลูกบอลฉายเป็นกลุ่มสีขาว

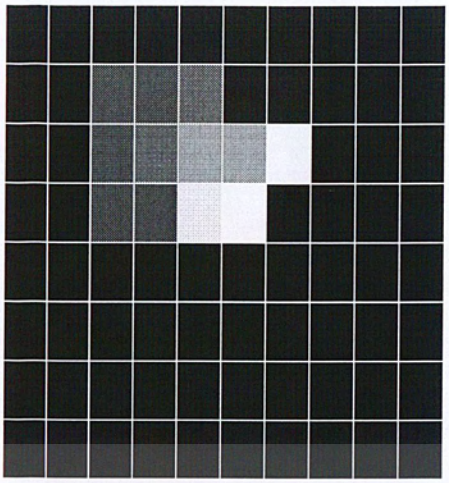


รูป ก.3 ทำการวนหาจุดสีขาวพบสีขาวจุดแรกและหาจุดสีขาวที่อยู่ใกล้เคียงพบ 3 จุด

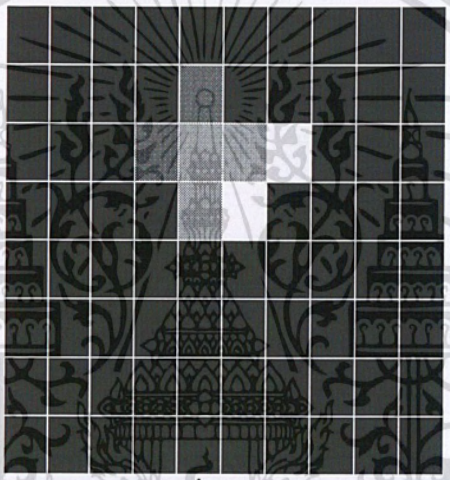


รูป ก.4 หลังจากพบจุดขาวทั้งสามจุด จะมาร์คไว้ว่าเป็นจุดที่ต้องตรวจสอบต่อไป

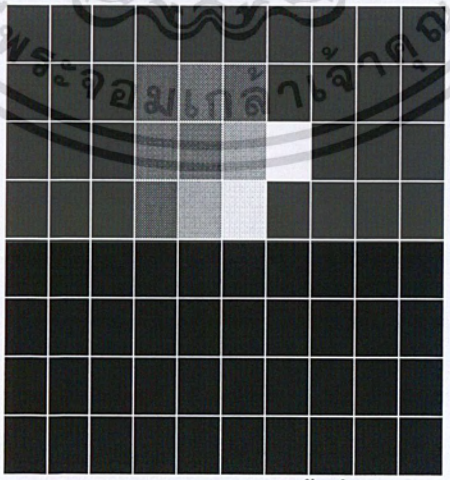
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.5 ตรวจสอบจุดต่อไป

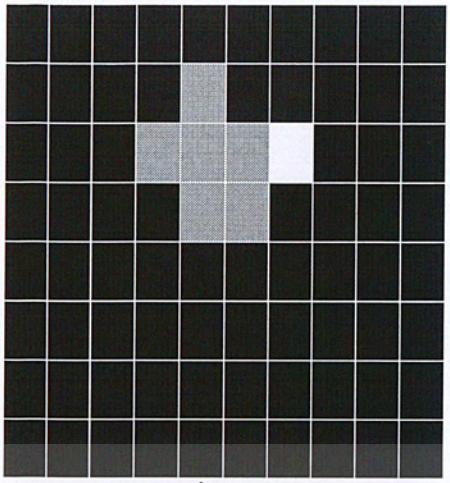


รูป ก.6 พบจุดสีขาวเพิ่มอีก 1 จุดและมาร์คเอาไว้

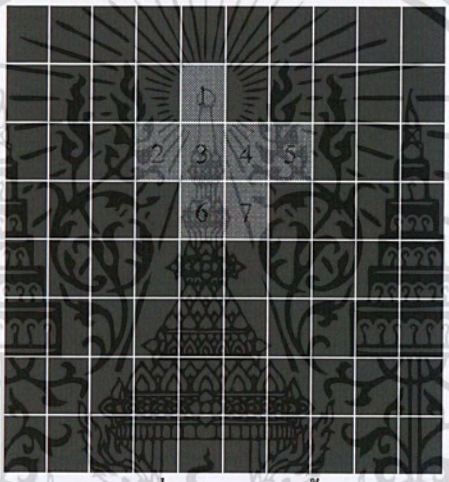


รูป ก.7 ตรวจสอบจุดครั้งที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.8 พบจุดสีขาวเพิ่มอีก 1 จุดและมาร์คเอาไว้



รูป ก.9 เมื่อทำจนครบทั้งหมด

$$X_{Avg} = (x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7)/7 \quad \text{(ก.1)}$$

$$Y_{Avg} = (y_1+y_2+y_3+y_4+y_5+y_6+y_7)/7 \quad \text{(ก.2)}$$

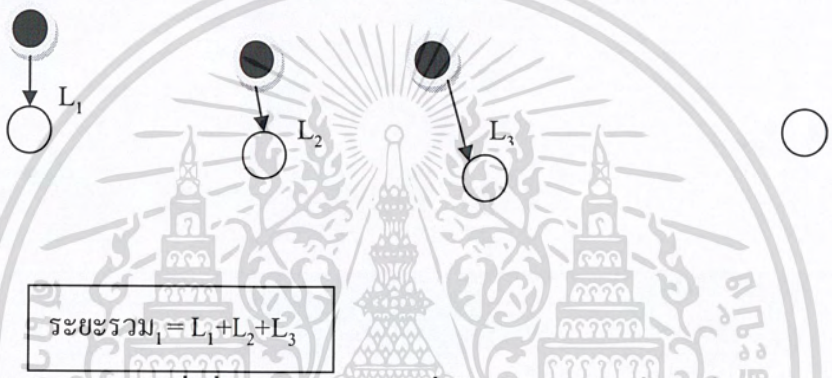
ก.2.3 การเปรียบเทียบจุด (Matching)

ในการจับภาพสามมิติจะต้องมีการเปรียบเทียบจุดที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้จุดที่เปลี่ยนแปลงไปมีจุดเท่ากับ ช่วงเวลาก่อนหน้า กล่าวคือเมื่อภาพที่รับเข้ามา มีการเปลี่ยนแปลงจะต้องมีการเปรียบเทียบจุดให้มีจำนวนเท่าเดิมเพื่อให้การแสดงผล เป็นไปอย่างถูกต้องซึ่งการเปรียบเทียบจุด จะทำการเปรียบเทียบจุด และบอล บนการแสดงผลโดยการวนซ้ำเพื่อหาตำแหน่งของจุด และบอล หากสิ่งใดน้อยกว่าให้เพิ่มสิ่งนั้นให้เท่ากัน เพื่อให้ผลลัพธ์ที่แสดงไม่ผิดพลาดโดย

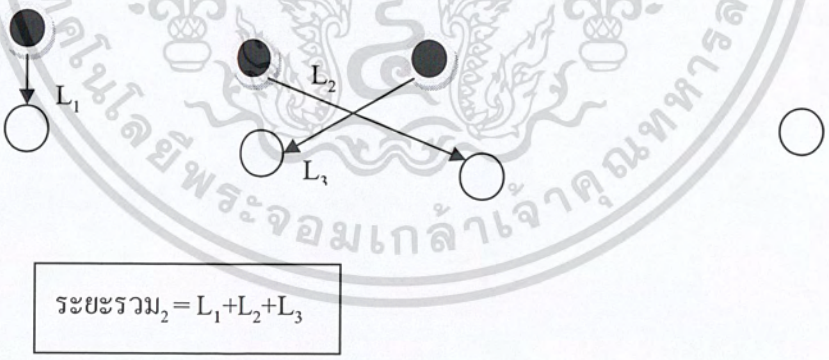
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้

รูป ก.10 การแมชชิ่งระหว่างจุดจากเฟรมก่อนหน้าและจุดที่ได้มาใหม่

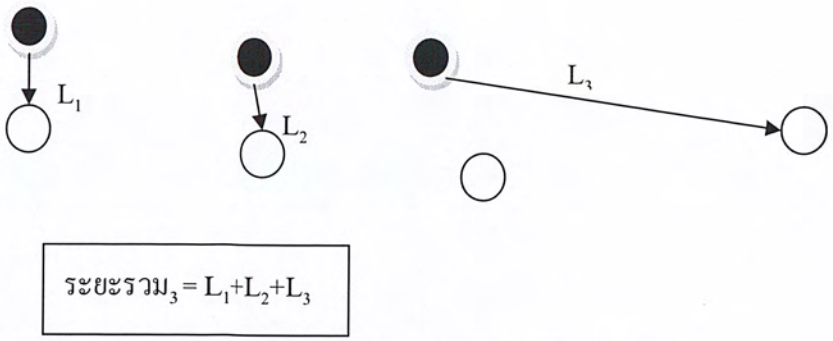


รูป ก.11 สิ่งที่ต้องทำในการแมชชิ่งคือหาระยะรวมที่น้อยที่สุด

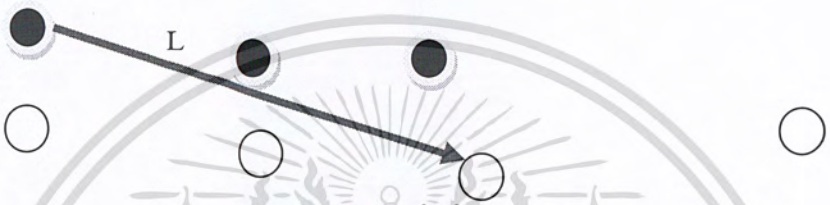


รูป ก.12 ต้องทำการแมชชิ่งกับทุกจุดเพื่อหาการแมชชิ่งที่มีระยะรวมน้อยที่สุด

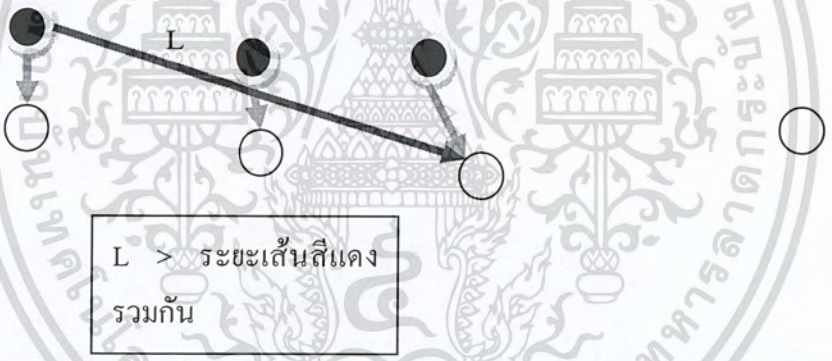
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.13 สลับการแมชชิ่งจนครบทุกแบบ



รูป ก.14 การแมชชิ่งที่ไม่เหมาะสม



รูป ก.15 พบว่าเส้นสีแดงรวมกันมีค่าน้อยกว่าการแมชชิ่งที่ไม่เหมาะสม

จากรูปที่ผ่านมาถ้าก่อนหน้านี้เราได้แมชชิ่งจุดเหมาะสมไว้ นั่นคือเส้นสีแดงรวมกัน เราพบว่าเส้นสีแดงรวมกันมีค่าน้อยกว่าการแมชชิ่งที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงสามารถใช้เงื่อนไขนี้ในการลดจำนวนการแตกกิ่งของโนดแต่ละโนดได้ ในกรณีที่ใช้การหาแบบดีฟเฟิสเซิส

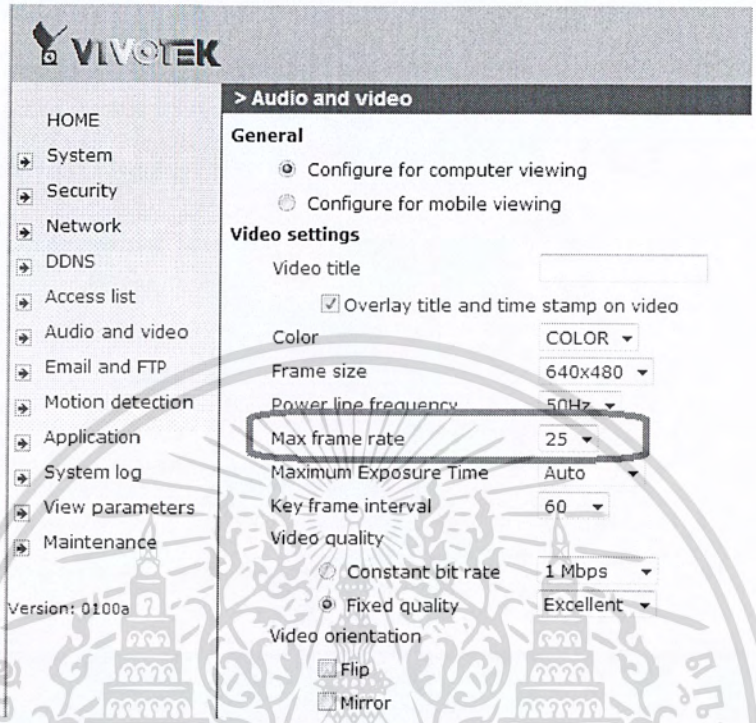
ก.3 การตั้งค่าให้กับกล้องวีโวเทคให้เหมาะสม

ในการทำการบันทึกการเคลื่อนไหวนั้นการตั้งค่าให้กับกล้องที่ใช้นับว่ามีความสำคัญในการทำงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากความเร็วการรับภาพ ลักษณะภาพที่รับเข้ามา ซึ่งล้วนแล้วแต่มีผลกับการทำงานและความถูกต้องของโครงงานทั้งสิ้น ซึ่งการตั้งค่าต่างๆนั้นสามารถแสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3.1 การตั้งค่าเฟรมเรต (Frame rate) ให้กับกล้อง

การตั้งค่าเฟรมเรตให้กับกล้องนั้นจะตั้งไว้ที่ 25 เฟรมต่อวินาที

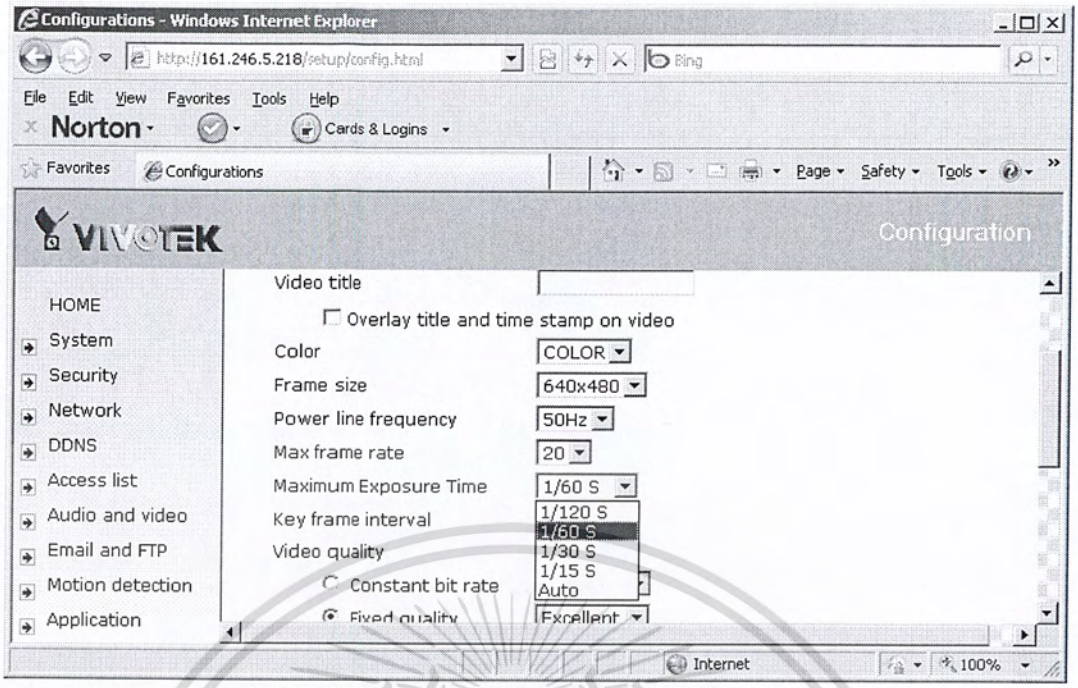


รูป ก.16 การตั้งเฟรมเรตสูงสุดของกล้องไอพีวีโวเทคเป็น 25 เฟรมต่อวินาที

ก.3.2 การปรับความเร็วชัตเตอร์

การปรับความเร็วชัตเตอร์นั้นก็คือการปรับความถี่ในการรับภาพเข้ามาของกล้องซึ่งจะทำให้สามารถบันทึกภาพได้เร็วขึ้นและส่งผลให้การประมวลผลแม่นยำขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

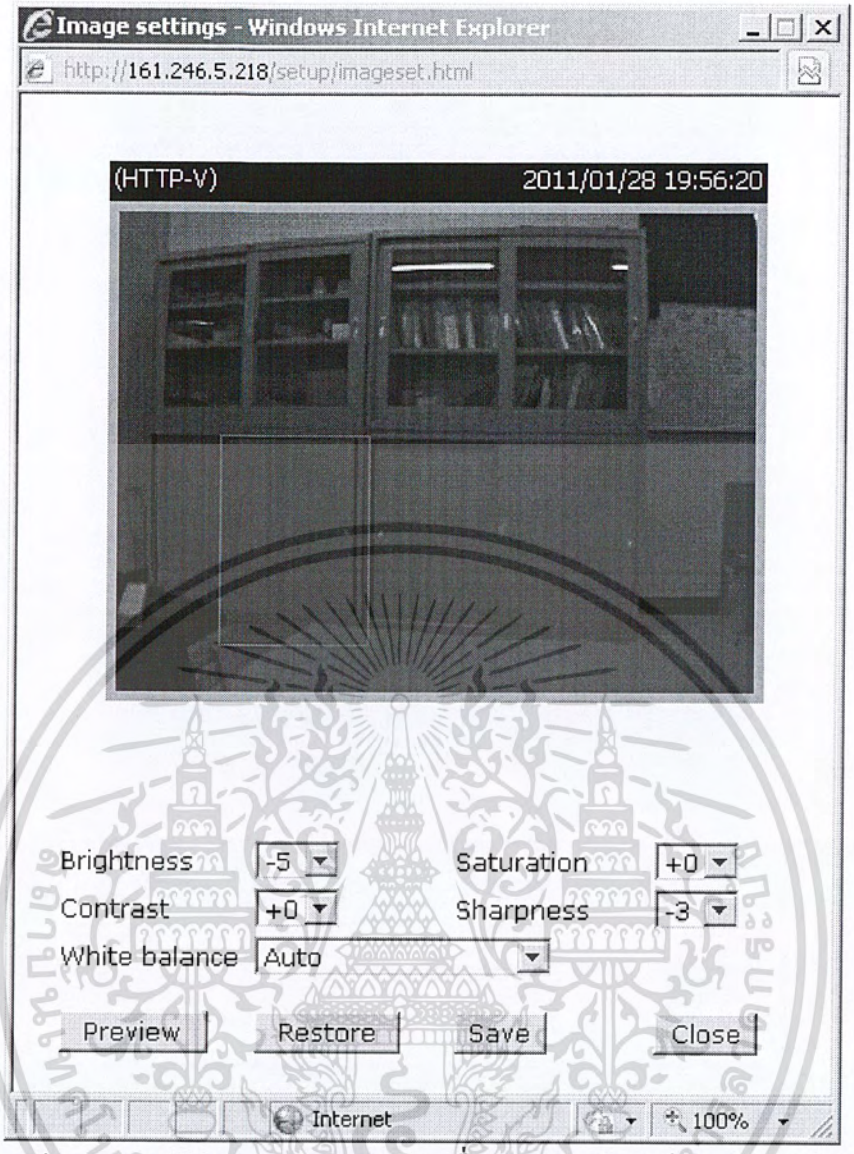


รูป ก.17 การปรับความเร็วชัตเตอร์ของกล้อง

ก.3.3 การปรับความสว่างเพื่อใช้กับแอกทีฟมาร์คเกอร์

ค่าความสว่างของกล้องนั้นจำเป็นจะต้องปรับให้มืดลงเพื่อที่จะสามารถตรวจจับแสงที่เปล่งออกจากแอกทีฟมาร์คเกอร์ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งยังส่งผลให้การแต่งกายของผู้แสดงนั้นยืดหยุ่นมากขึ้น และยังไม่ต้องใช้ฉากหลังซึ่งทำให้เกิดข้อจำกัดในด้านพื้นที่อีกด้วย

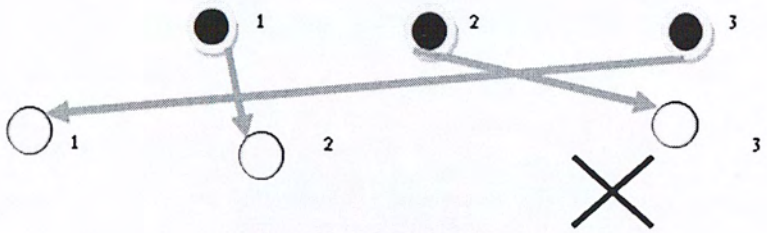
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.18 การปรับความสว่างของกล้องเพื่อการตรวจจับมาร์คเกอร์แอลอีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

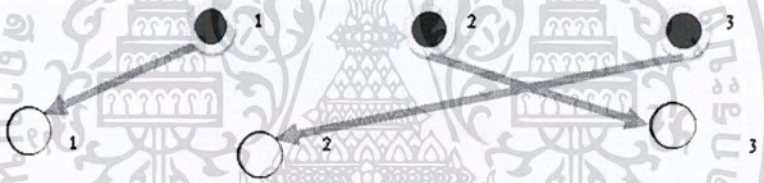
ก.4 วิธีการของอัลกอริทึมใหม่



จับคู่ก่อน

จุดเดิม	1	2	3	ข้อมูลที่เรียงแล้วจากน้อยไปมาก
จุดใหม่ที่ใกล้ที่สุด	2	2	3	
	1	3	2	
จุดใหม่ที่ไกลที่สุด	3	1	1	

รูป ก.19 ขั้นตอนที่หนึ่ง

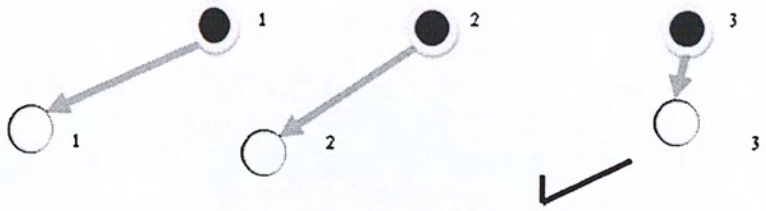


จับคู่ก่อน

จุดเดิม	1	2	3	ข้อมูลที่เรียงแล้วจากน้อยไปมาก
จุดใหม่ที่ใกล้ที่สุด	2	2	3	
	1	3	2	
จุดใหม่ที่ไกลที่สุด	3	1	1	

รูป ก.20 ขั้นตอนที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จับคู่ก่อน

จุดเดิม	1	2	3	ข้อมูลที่เรียง
จุดใหม่ที่ใกล้ที่สุด	2	2	3	แล้วจากน้อย
	1	3	2	ไปมาก
จุดใหม่ที่ไกลที่สุด	3	1	1	

รูป ก.21 การปรับค่าการจับคู่ให้เหมาะสม

ทำการเรียงจุดตามระยะห่างเมื่อเทียบกับตำแหน่งของจุดเก่า เลือกจับคู่จุดตามลำดับ โดยไม่ให้เกิดการเลือกซ้ำซ้อน โดยถ้าจุดถูกเลือกไปแล้วให้เลือกจุดที่อยู่ห่างรองลงไปทำการปรับหาจุดที่สามารถเปลี่ยนค่าให้ดีกว่าเดิมได้และดูว่าค่าที่ได้ดีขึ้นหรือไม่ถ้าดีขึ้นให้คงค่าการจับคู่นั้นมาเป็นการจับคู่หลักและเริ่มปรับค่าให้กับจุดถัดไปถ้าค่าดีขึ้นก็เก็บค่าไว้และทำเช่นนี้หลายๆรอบหรือจนคำตอบไม่เปลี่ยนแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้