สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบสร้างตัวละคร 3 มิติโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย

MOTION CAPTURE FOR 3D CHARACTER ANIMATION

นายสกล จารุเสรีนนท์

นายสุรพันธ์ จักรมณี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....72003.....
วัน,เดือน,ปี.....- 7 มิ.ย. 2550

.b.....
.i.....

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสร้างตัวละคร 3 มิติโดยการตรวจจับการ
การเคลื่อนไหวของร่างกาย
MOTION CAPTURE FOR 3D CHARACTER ANIMATION

โดย

นายสกล จารุเสรีนนท์

นายสุรพันธ์ จักรมณี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. สมศักดิ์ วลัยรัชต์

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบสร้างตัวละคร 3 มิติโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย

MOTION CAPTURE FOR 3D CHARACTER ANIMATION

ผู้จัดทำ

1. นายสกล จารุเสรีนนท์ รหัสนักศึกษา 47015338

2. นายสุรพันธ์ จักรมณี รหัสนักศึกษา 47013342

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. สมศักดิ์ วลัยรัชต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสร้างตัวละคร 3 มิติโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย

นายสกล	จารเสรีนนท์	47015338
นายสุรพันธ์	จักรมณี	47015342
ดร.สมศักดิ์	วลัยรัชต์	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา	2549	

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้การสร้างภาพเคลื่อนไหวให้กับตัวละครสามมิติ (3D Character Animation) ได้เข้ามามีบทบาทในอุตสาหรรมบันเทิงอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการสร้างภาพยนตร์สามมิติ หรือการทำเกมคอมพิวเตอร์ โดยวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากก็คือ การสร้างการเคลื่อนไหวโดยวิธีโมชั่นแคปเจอร์ (Motion Capture) ซึ่งคือการตรวจจับการเคลื่อนไหวของจุดสำคัญต่างๆ บนตัวละคร ซึ่งมีข้อดีกว่าการสร้างการเคลื่อนไหวด้วยมืออย่างมาก เพราะช่วยลดเวลาในการสร้าง และยังให้การเคลื่อนไหวที่สมจริงกว่า

โครงงานระบบสร้างตัวละคร 3 มิติโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นโครงงานการพัฒนาระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์แบบโมชั่นแคปเจอร์โดยใช้กล้อง (Optical Motion Capture) ซึ่งการทำงานของระบบจะใช้กล้องวีดีโอจำนวน 4 ตัวในการเก็บภาพการเคลื่อนไหวของมนุษย์ แล้วนำไปประมวลผล โดยที่บุคคลที่แสดง (เรียกว่าผู้แสดง) นั้นจะสวมชุดที่มีมาร์กเกอร์ติดไว้ตามตำแหน่งข้อต่อของร่างกาย เช่น ศีรษะ อก หัวไหล่ ข้อศอก ข้อมือ มือ สะโพก เข่า ข้อเท้า จากนั้นนำข้อมูลภาพที่ได้จากกล้องทั้งสี่มาประมวลผลหาค่าตำแหน่งของข้อต่อเหล่านั้นโดยใช้ทฤษฎีการประมวลผลภาพ แล้วนำตำแหน่งบนภาพวิดีโอแต่ละคู่ มาคำนวณเพื่อหาตำแหน่งจริงในสามมิติโดยใช้ทฤษฎีสเตอริออปซิส (Stereopsis) โดยแบ่งออกเป็นสองส่วน คู่ด้านหน้าและคู่ด้านหลัง แล้วตำแหน่งเหล่านี้จะถูกส่งต่อไปส่งต่อไปกำหนดการเคลื่อนไหวให้กับโครงสร้างตัวโครงกระดูกมนุษย์เพื่อสร้างตัวละคร 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motion Capture for 3D Character Animation

Sagol	Jaruscreenont	47015338
Suraphan	Jakmanee	47015342
Dr.Somsak	Walairacht	Advisor
Academic Year	2006	

ABSTRACT

Nowadays, creating 3D character animation is one of the most significant tasks in the entertainment industrial, film creation or computer game development, etc. The most popular method used today is Motion Capture which creates a character animation by detecting significant points on human body. This method is better than another method – created by hand – because of saving much more times and realistic motion of the character that Motion Capture gives.

Motion Capture for 3D Character Animation is a motion detection system that uses Optical Motion Capture method to produce a character animation. The system uses 4 video cameras to records human's motion as digital video files. By using a specific black cloth attached with white markers around significant joints which is dressed up by a human who does acting for motion record, we can determine each joint position from each frame of video stream by using of Image Processing theories. Those significant joints such as head, chest, shoulders, elbows, wrists, hands, waist, knees and ankles. After we get them, we match each accordant joint from both front and back side. Following calculate to get a new unique 3D position of that joint by using of Stereopsis theories. Finally, these data in each frame is sent sequentially to set movements of a human skeleton structure to make a realistic 3D character animation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้มิอาจเกิดขึ้นได้หากขาดการสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์ ดร. สมศักดิ์ วลัยรัชต์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ในการทำโครงงานนี้ และบุคคลอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่ได้มีส่วนร่วมในการส่งเสริมและสนับสนุนการทำโครงงานนี้ไม่ว่าในรูปใดๆ ก็ตาม จนทำให้สามารถดำเนินโครงงานจนสำเร็จเสร็จสิ้นไปด้วยดี ดังนั้นข้าพเจ้าจึงขอขอบคุณทุกท่านมาไว้ ณ ที่นี้

นอกเหนือจากบุคคลข้างต้นแล้ว ข้าพเจ้าขอขอบคุณบุพการีที่ทำให้ข้าพเจ้าได้มาถึง ณ จุดนี้ ซึ่งท่านมีส่วนสำคัญต่อข้าพเจ้าในการชุบเลี้ยงจนเติบโต และให้ข้าพเจ้าได้รับการศึกษา รวมถึงการสนับสนุนในด้านต่างๆ ดังนั้นข้าพเจ้าจึงขอระลึกถึงพระคุณ และขอกราบขอบพระคุณท่านมาไว้ ณ ที่นี้

ท้ายสุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนร่วมงาน ที่ได้ร่วมมือกันทำงาน และแก้ไขปัญหาต่างๆ จนทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายสกล จารเสรีนนท์
นายสุรพันธ์ จักรมณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VIII
สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2
1.4 วิธีการดำเนินงาน.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกียวข้อง.....5
2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture).....5
2.1.1 Performance Animation.....5
2.1.2 ชนิดของการตรวจจับการเคลื่อนไหว.....5
2.1.2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก.....5
(Magnetic Motion Capture System)
2.1.2.2 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้องวิดีโอ.....6
(Optical Motion Capture System)
2.1.2.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ชุดเชิงกล.....7
(Electro-mechanical Motion Capture System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ
(ต่อ)

2.1.3 ข้อดี-ข้อเสียของการตรวจจับการเคลื่อนไหวแต่ละแบบ.....8
2.1.4 การประยุกต์ใช้งานการตรวจจับการเคลื่อนไหว.....9
2.1.4.1 การประยุกต์ใช้งานในด้านการแพทย์.....9
2.1.4.2 การประยุกต์ใช้งานในด้านอุตสาหกรรมบันเทิง.....9
2.1.4.3 การประยุกต์ใช้งานในด้านนิติศาสตร์.....9
2.1.5 ส่วนสรุปชนิดของการเคลื่อนไหว.....10
2.2 การประมวลผลภาพ.....10
2.2.1 รูปแบบสี (Color Model).....10
2.2.1.1 รูปแบบ RGB.....10
2.2.1.2 รูปแบบ HSV.....11
2.2.2 Image Segmentation.....12
2.2.2.1 การแปลงภาพสีจาก RGB ไปสู่ HSV.....12
2.2.2.2 Thresholding.....12
2.2.2.3 Median filter.....14
2.2.2.4 Blob Analysis.....15
2.3 กล้องและการถ่ายภาพวิดีโอ.....16
2.3.1 Sensor รับภาพ.....16
2.3.1.1 CCD (Charge Coupled Device).....17
2.3.1.2 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor).....17
2.3.1.3 คุณสมบัติที่โดดเด่นของ CCD และ CMOS คือ.....18
2.3.2 เลนส์ (Lens).....19
2.3.2.1 ประเภทของเลนส์ของกล้อง แบ่งโดยระยะกับลักษณะ.....20
2.4 Stereopsis.....22
2.5 Camera Calibration.....29
2.5.1 ขั้นตอนการทำ Calibration Camera.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ
(ต่อ)

2.6 การส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย.....35
2.6.1 Berkeley Sockets.....35
2.6.2 Sockets.....35
2.6.3 ชนิดของ Socket ที่ใช้ในโครงงาน.....36

บทที่ 3 การออกแบบระบบ.....38
3.1 ระบบโดยรวม.....38
3.2 การออกแบบโปรแกรม.....39
3.2.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....40
3.2.2 การทำงานของโปรแกรมทั้ง 7 ส่วน.....40
3.3 การจับภาพการเคลื่อนไหว (Motion Record).....41
3.3.1 การติดตั้งกล้องถ่ายวิดีโอ.....41
3.4 ผู้แสดง มาร์กเกอร์ และการจัดสภาพแวดล้อม.....43
3.4.1 มาร์กเกอร์(Marker).....44
3.4.2 สภาพแวดล้อม.....45
3.5 การวิเคราะห์หาตำแหน่งและการเคลื่อนไหว (Motion Analysis).....47
3.5.1 การประมวลผลภาพ(Image Processing).....47
3.5.1.1 Thresholding.....48
3.5.1.2 Median Filter and Blob Analysis.....48
3.5.2 การระบุค่าเริ่มต้นให้กับมาร์กเกอร์(Initial post).....47
3.5.3 การติดตามมาร์กเกอร์.....51
3.5.4 การแก้ไขเมื่อตรวจไม่พบตำแหน่งถัดไป.....52
3.6 ระบบประมวลผลที่ใช้.....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ
(ต่อ)

บทที่ 4 ผลการทดสอบระบบ.....55
4.1 การจับภาพการเคลื่อนไหว.....55
4.2 การตรวจจับ ติดตาม และแยกมาร์กเกอร์.....58
4.2.1 การตรวจจับตำแหน่งมาร์กเกอร์ในท่าเริ่มต้น.....58
4.2.2 การประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่ง.....59
4.3 การติดตามมาร์กเกอร์ การแก้ไขกรณีหามาร์กเกอร์ไม่พบ.....60

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป.....64
5.1 บทสรุป.....64
5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางในการแก้ไข.....64
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ.....65
5.3.1 การแยกแยะมาร์กเกอร์แต่ละจุด.....65
5.3.2 การหาตำแหน่งจริงด้วยวิธีอื่นๆ.....65
5.3.3 การเพิ่มจำนวนกล้อง.....66
5.3.4 การแสดงผลการเคลื่อนไหวและการนำไปใช้งานจริง.....67
5.3.5 การออกแบบ User Interface.....68
5.3.6 ระบบที่ใช้ประมวลผลและอุปกรณ์ต่างๆ.....68
บรรณานุกรม 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงข้อดี-ข้อเสียของการตรวจจับการเคลื่อนไหวแต่ละแบบ.....8

4.1 ตารางแสดงคุณลักษณะของกล้องวีดีโอ.....55

4.2 ตารางแสดงคุณลักษณะของการ์ดจับภาพ.....56

4.3 ตารางแสดงคุณลักษณะของการติดตั้งกล้อง.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างผู้แสดงที่สวมชุดตรวจจับแบบใช้แม่เหล็ก....6

2.2 ตัวอย่างการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้อง....7

2.3 ตัวอย่างผู้แสดงที่สวมชุดตรวจจับแบบเชิงกล....7

2.4 รูปแบบสีแบบ RGB....11

2.5 รูปแบบสี HSV โดยแสดงในรูปของกรวย....11

2.6 (ก) ก่อนทำ Threshold

(ข) หลังทำ Threshold....13

2.7 (ก) ภาพก่อนทำMedian Filter

(ข) ภาพหลังทำ Median Filter....15

2.8 (ก) ภาพก่อนทำ Blob Analysis

(ข) พิกัดที่ได้หลังทำ Blob Analysis....16

2.9 (ก) Sensor รับภาพชนิดCCD

(ข)Sensor รับภาพชนิด CMOS....16

2.10 แสดงการทำงานของ CCD....17

2.11 แสดงการทำงานของ CMO....18

2.12 หลักการทำงานของแสงผ่านเลนส์ไปยังวัสดุรับภาพ....19

2.13 (ก) ภาพระยะของเลนส์ที่ 24 มม.

(ข) ภาพระยะของเลนส์ที่ 50 มม.

(ค) ภาพระยะของเลนส์ที่ 100 มม.

(ง) ภาพระยะของเลนส์ที่ 300 มม....21

2.14 โครงสร้างของการรับภาพของกล้อง....22

2.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 พิกัด....23

2.16 มุมมองที่มองจากด้านของบนตำแหน่งของจุด P....24

2.17 รูปแบบการตั้งกล้อง....25

2.18 การคำนวณหาค่าแนวแกน Z....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป
(ต่อ)

2.19 การคำนวณหาค่าแนวแกน X และ Y 27
2.20 นี้อธิบายถึงค่าต่างใน Intrinsic ยกเว้น ความยาว Focus.....28
2.21 นี้แสดงถึงตำแหน่งของกล้องด้านหน้าและด้านหลัง.....29
2.22 ค่าความสัมพันธ์ของตำแหน่งโลกจริงและตำแหน่งบนภาพ 30
2.23 Intrinsic parameter.....30
2.24 Extrinsic parameter.....31
2.25 ขั้นตอนการโหลดรูปภาพเตรียมทำการ Calibrationr 33
2.26 Extract grid conner..... 34
2.27 แสดงการสร้างและการทำงานของ Socket.....37
3.1 ระบบโดยรวม..... 38
3.2 การออกแบบโปรแกรม.....39
3.3 แสดงระบบการทำงานในการจับภาพการเคลื่อนไหว.....41
3.4 แสดงการวางตำแหน่งของกล้อง..... 42
3.5 หลอดไฟที่นำมาใช้สำหลับทำเป็นมาร์กเกอร์.....44
3.6 (ก) รูปการจับภาพในสภาวะแวดล้อมที่มีแสงมากเกินไป
(ข) รูปผลจากการทำ Thresholding ของสภาวะแวดล้อมที่มีแสงมากเกินไป
(ค) รูปการจับภาพในสภาวะแวดล้อมที่มีแสพอดี
(ง) รูปผลจากการทำ Thresholding ของสภาวะแวดล้อมที่มีแสงพอดี.....46
3.7 (ก) ตำแหน่งมาร์กเกอร์ด้านหน้าของผู้แสดง
(ข) ตำแหน่งมาร์กเกอร์ด้านหลังของผู้แสดง..... .46
3.8 การวิเคราะห์หาตำแหน่งและการเคลื่อนไหว (Motion Analysis).....47
3.9 แผนผังแสดงการประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งใน 2 มิติของมาร์กเกอร์.....48
3.10 การทำ Blob Analysis.....49
3.11 การระบุค่าเริ่มต้นให้กับมาร์กเกอร์ (Initial post).....51
3.12 การติดตามมาร์กเกอร์.....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป
(ต่อ)

3.13 การแก้ไขเมื่อตรวจไม่พบตำแหน่งถัดไป..... 53
3.14 Capture cards..... 54
4.1 (ก) ภาพความสูงในการตั้งกล้องห่างจะพื้น
(ข) ภาพการวางกล้องของแต่ละคู่
(ค) ภาพฉากหลังที่ใช้ในการบังแสง
(ง) ภาพฉากหลังที่ใช้ในการบังแสงข้างนอก
(จ) ภาพผู้แสดงกับชุดที่ใช้ซึ่งติดมาร์กเกอร์ไว้เรียบร้อยแล้ว
(ฉ) ภาพผู้แสดงที่พร้อมทำการแสดง.....57
4.2 (ก) ภาพการตรวจจับท่าเริ่มต้นกล้องด้านหน้าขวา
(ข) ภาพการตรวจจับท่าเริ่มต้นกล้องด้านหน้าซ้าย.....58
4.3 (ก) ภาพการตรวจจับท่าเริ่มต้นกล้องด้านหน้าขวา
(ข) ภาพการตรวจจับท่าเริ่มต้นกล้องด้านหน้าซ้าย
(ค) ภาพที่ได้หลังการทำ Threshold กล้องด้านหน้าขวา
(ง) ภาพที่ได้หลังการทำ Threshold กล้องด้านหน้าซ้าย
(จ) ภาพที่ได้หลังการทำ Median filterกล้องด้านหน้าขวา
(ฉ) ภาพที่ได้หลังการทำ Median filterกล้องด้านหน้าซ้าย
(ช) ภาพที่ได้หลังการทำBlob Analysis กล้องด้านหน้าขวา
(ซ) ภาพที่ได้หลังการทำ Blob Analysis กล้องด้านหน้าซ้าย 60
4.4 (ก) ท่าทางเริ่มต้นในการจับภาพ
(ข) ผลที่ได้จากการทำ Initial Post.....61
4.5 (ก) ท่าทางเริ่มต้นในการจับภาพ
(ข) ผลที่ได้จากการทำ Initial Post.....63
5.1 แสดงการหาตำแหน่งจุดโดยการทำ Inverse Ray Tracing.....66
5.2 การเพิ่มจำนวนกล้อง.....67
5.3 การแสดงผลการเคลื่อนไหวและการนำไปใช้งานจริง.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป
(ต่อ)

5.4 กล้องจับภาพความเร็วสูง.....68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบัน เทคโนโลยีด้านสารสนเทศเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันอย่างมาก ผู้นำทางด้านเทคโนโลยีหลายฝ่ายจึงเห็นความสำคัญถึงประโยชน์ของการพัฒนา และการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีทางด้านสารสนเทศกันมากขึ้น โดยเฉพาะการนำโปรแกรม 3 มิติ มาใช้งานร่วมกับสื่อด้านต่างๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งการใช้โปรแกรม 3 มิตินี้กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะสื่อทางด้านความบันเทิง เช่น การทำภาพยนตร์ การทำโฆษณา การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ และยังถูกนำมาใช้งานในหน่วยงานอีกหลายๆ หน่วยงาน เช่น หน่วยงานทางด้านการศึกษา หน่วยงานด้านการแพทย์ เป็นต้น แต่ถึงแม้ว่าโปรแกรม 3 มิติ จะเริ่มมีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายก็ตาม ก็ยังคงมีปัญหาในด้านของการสร้างภาพที่มีความสมจริง และปัญหาด้านของอุปกรณ์อยู่มาก เพราะการสร้างตัวละคร 3 มิติที่มีการเคลื่อนไหวได้สมจริงนั้นเป็นงานที่ต้องใช้ความชำนาญ รวมทั้งอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานนั้นก็ต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และมีความละเอียดในการทำงานที่สูงด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุนี้การสร้างตัวละคร 3 มิติที่มีคุณภาพ และมีการเคลื่อนไหวได้สมจริงมากๆ นั้น จึงนำมาด้วยการลงทุนที่สูงตามมา ก่อนที่จะได้ตัวละคร 3 มิติที่เคลื่อนไหวได้ตรงตามความต้องการ

และด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงทำให้หน่วยงานต่างๆ ภายในประเทศ ไม่ได้นำเทคโนโลยีทางด้านโปรแกรม 3 มิติมาใช้ให้เกิดประโยชน์เท่าที่ควร ดังนั้นหากสามารถสร้างระบบที่สามารถทำให้การเคลื่อนไหวของตัวละคร 3 มิติให้มีความสมจริง และมีต้นทุนที่ถูกได้ จะทำให้มีการนำเทคโนโลยีทางด้าน 3 มิติถูกนำมาใช้งานในหน่วยงานต่างๆ มากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีในหน่วยงานนั้นๆ ตามมาอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ที่สามารถนำไปใช้สร้างการเคลื่อนไหวให้ตัวละคร 3 มิติได้
2. เพื่อให้สามารถสร้างตัวละคร 3 มิติ ในรูปแบบของมนุษย์ที่มีการเคลื่อนไหวที่สมจริง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้าน 3 มิติได้
3. เพื่อเสริมสร้างความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางด้าน 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เพื่อส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้าน 3 มิติที่สามารถใช้งานได้ โดยใช้ต้นทุนต่ำ
5. เพื่อส่งเสริมการใช้งานด้าน 3 มิติกับสื่อในด้านต่างๆ
6. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายมนษย์ต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

พัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เพื่อสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละคร 3 มิติ ซึ่งเป็นระบบที่นำมาใช้เพื่อช่วยสร้างการเคลื่อนไหวที่มีความสมจริงให้กับตัวละครมนุษย์ในรูปแบบ 3 มิติ โดยที่การเคลื่อนไหวจะเป็นไปตามข้อมูลของการเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้นจากข้อมูลการเคลื่อนไหวจริงของนักแสดง สำหรับข้อมูลการเคลื่อนไหวของตัวละครจะได้มาจากการใช้กล้องวีดีโอ 4 ตัว จับภาพการเคลื่อนไหวของนักแสดง และนำไปประมวลผลทางด้านการประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งสองมิติของมาร์กเกอร์และนำไปคำนวณหาตำแหน่งสามมิติไปกำหนดการเคลื่อนไหวให้โครงกระดูกจำลองของมนุษย์ที่สร้างขึ้นมาให้เคลื่อนไหวตามนักแสดงแบบ Real time ซึ่งจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องที่มีการติดตั้งการ์ดติดต่อกล้องวีดีโอ (Capture card) เครื่องละสองตัว ตัวละ 1 ช่องสัญญาณ รูปแบบของมาร์กเกอร์ บอกตำแหน่งนั้นจะใช้ชนิดเดียวกันทั้งหมด การตั้งกล้องจะครอบคลุมทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ซึ่งจะทำให้สามารถตรวจมาร์กจับเกอร์ได้ทั่วทุกจุด

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการประมวลผลภาพ และนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งของมาร์กเกอร์ที่เราสนใจจากภาพ
2. ศึกษาการทำ Calibration ซึ่งนำมาหาค่าที่จำเป็นต่อการนำไปคำนวณหาตำแหน่ง 3 มิติ
3. ศึกษาการหาตำแหน่ง 3 มิติจากทฤษฎี Stereopsis และพัฒนาโปรแกรมหาตำแหน่ง 3 มิติ
4. ศึกษาการสร้างโมเดลโครงกระดูกมนุษย์ 3 มิติ และสร้างโครงกระดูกมนุษย์เพื่อใช้แสดงการเคลื่อนไหวของตัวละคร
5. จัดหาวัสดุอุปกรณ์และสร้างสภาวะแวดล้อมที่จำเป็นต่อการจับภาพ
6. วิเคราะห์ และออกแบบระบบ
7. พัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวและโปรแกรมวิเคราะห์หาตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ ร่วมไปจนถึงการคำนวณหาตำแหน่ง 3 มิติ และส่งให้โครงกระดูกเสมือนแสดงการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. วิเคราะห์ผลของระบบตรวจวับการเคลื่อนไหวที่ได้พัฒนาขึ้น และแก้ไขส่วนที่ผิดพลาดเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวไปให้ส่วนแสดงการเคลื่อนไหวด้วยโครงกระดูกได้รวดเร็วและสมจริงมากที่สุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการประมวลผลภาพ
2. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการหาตำแหน่ง 3 มิติจากการทำ Calibration และการคำนวณจากทฤษฎี Stereopsis
3. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างโมเดล 3 มิติ
4. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละคร 3 มิติ
5. ระบบบันทึกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ซึ่งสามารถสร้างข้อมูลการเคลื่อนไหวที่มีต้นทุนต่ำ

1.6 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์จะนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับโครงงานระบบจำลองการเคลื่อนไหวตัวละครสามมิติ ซึ่งแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังต่อไปนี้

1. บทนำ คือบทที่ 1 นี้
2. ส่วนทฤษฎี ประกอบไปด้วย 6 ส่วนอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีซึ่งนำมาใช้ในโครงงานนี้ เป็นการปูพื้นฐานความเข้าใจต่อการทำโครงงานนี้ ได้แก่
   - 2.1 ส่วนความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการตรวจจับการเคลื่อนไหว อธิบายถึงการตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยวิธีโมชั่นแคปเจอร์ด้วยวิธีต่างๆ ตลอดจนการนำไปประยุกต์ใช้งาน
   - 2.2 การประมวลผลภาพ แสดงความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพ อัลกอริธึมที่ใช้ในโครงงาน
   - 2.3 การรับภาพจากกล้องถ่ายภาพวิดีโอ เป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกล้องวิดีโอ การรับภาพเพื่อนำมาใช้ในการประมวลผล
   - 2.4 Stereopsis เป็นการอธิบายในส่วนทฤษฎีการคำนวณหาตำแหน่งจริงจากภาพ 2 ภาพ
   - 2.5 Camera Calibration อธิบายในส่วนการหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ภายในสูตร จะแบ่งค่าตัวแปรที่ได้เป็นสองชนิดหลักๆ คือ Extrinsic และ Intrinsic จะได้ค่าพารามิเตอร์สำคัญๆ คือ Focus, Rotation, Translation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย เป็นบทที่อธิบายถึงการแสดงผลและการสร้างการส่งข้อมูลระหว่างเครื่อง 2 เครื่อง

3. ส่วนการออกแบบ ได้แก่บทที่ 3 เป็นส่วนที่อธิบายการออกแบบโครงงานนี้ ประกอบไปด้วยส่วนในการรับภาพ ส่วนการติดต่อผ่านระบบเครือข่าย ส่วนประมวลผลภาพ ส่วนการคำนวณตำแหน่ง ส่วนแสดงโครงสร้างโครงกระดูก ซึ่งได้อธิบายรายละเอียดในส่วนต่างๆ ออกเป็นข้อๆ ไป
4. ส่วนผลการทดสอบ ได้แก่บทที่ 4 เป็นการทดลองและทดสอบระบบ เพื่อแสดงถึงผลที่ได้จากโครงงาน
5. ส่วนบทวิจารณ์และสรุป ได้แก่บทที่ 5 เป็นบทส่งท้าย เป็นการสรุปโครงงานทั้งหมดและแนะนำแนวทางการพัฒนาต่อเพื่อแนะนำประสบการณ์ที่ได้ทำมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture)

การตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นกระบวนการในการบันทึกการเคลื่อนไหวจริง และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ได้ โดยการติดตามจุดสำคัญ (Key Point) ที่เคลื่อนไหวในบริเวณ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมารวมกันเพื่อสร้างการแสดงผลในรูปของสามมิติ หรือนั่นคือ การตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้สามารถแปลงการแสดงในโลกแห่งความเป็นจริงเป็นการแสดงในรูปของดิจิตอลนั่นเอง สิ่งที่จะนำมาตรวจจับนั้นจะเป็นอะไรก็ได้ในโลกแห่งความเป็นจริงที่มีการเคลื่อนไหว และจุดสำคัญก็คือบริเวณที่สามารถแสดงการเคลื่อนไหวในส่วนต่างๆ ของสิ่งๆ นั้นได้ดีที่สุด เช่น หากจะตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ จุดเหล่านั้นอาจเป็นส่วนของข้อต่อหรือจุดเชื่อมต่อของอวัยวะหลัก จุดเหล่านี้จะถูกตรวจจับโดยเซ็นเซอร์ (Sensor) มาร์กเกอร์ (Marker) หรือตัวต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer) ที่ติดไว้กับสิ่งที่จะตรวจจับ และจะเป็นตัวที่ให้ข้อมูลสำหรับการตรวจจับแก่อุปกรณ์เก็บข้อมูลต่อไป

2.1.1 Performance Animation

คือการทำภาพเคลื่อนไหวจากการแสดงจริง ซึ่งคำนี้นั้นจะต่างจากการตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture) ตรงที่ การตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นการมองถึงเทคโนโลยีในการเก็บหรือตรวจจับการเคลื่อนไหว แต่ Performance Animation กล่าวถึงการแสดงในโลกแห่งความเป็นจริงที่ถูกใช้ในการสร้างตัวละครเสมือนจริงให้เคลื่อนไหว โดยไม่คำนึงถึงเทคโนโลยีที่ใช้

2.1.2 ชนิดของการตรวจจับการเคลื่อนไหว

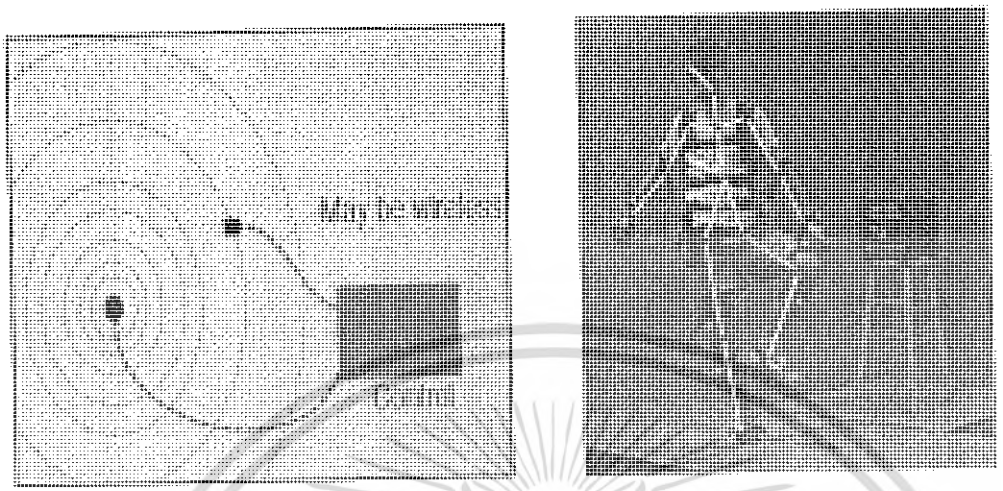
การตรวจจับการเคลื่อนไหวสามารถแบ่งตามเทคโนโลยีที่ใช้ได้ 3 ชนิดหลักๆ

2.1.2.1 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก (Magnetic Motion Capture System)

ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ติดไว้ตามส่วนต่างๆ เพื่อวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำที่ผลิตออกมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่ติดตั้งไว้ในบริเวณที่ทำการตรวจจับ เซ็นเซอร์แต่ละตัวจะถูกต่อสายมาเข้ายัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรวัดค่าเพื่อหาตำแหน่งของเซ็นเซอร์แต่ละตัวในสนามแม่เหล็ก วงจรวัดค่าจะส่งข้อมูลไปเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงตำแหน่งและการหมุนในสามมิติ



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างผู้แสดงที่สวมชุดตรวจจับแบบใช้แม่เหล็ก

2.1.2.2 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้องวิดีโอ (Optical Motion Capture System)

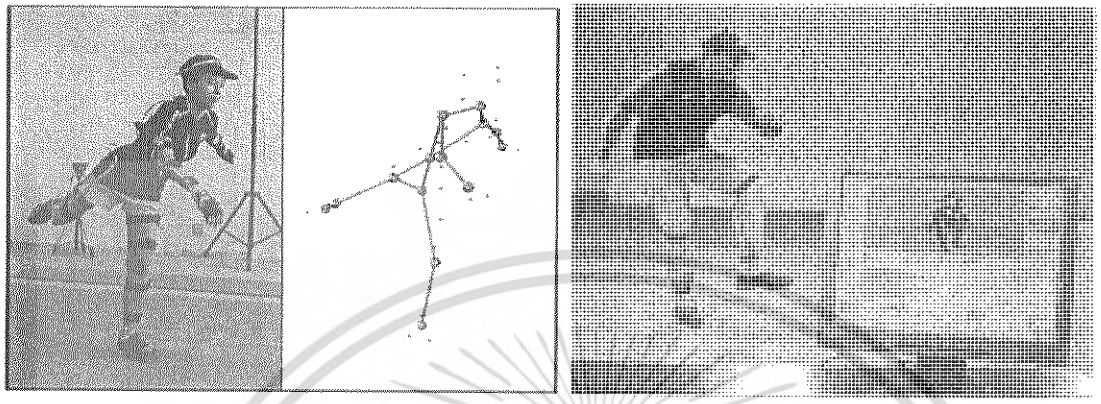
เป็นการใช้ถ่ายภาพวิดีโอชนิดพิเศษในการติดตามตำแหน่งของมาร์กเกอร์ที่ติดอยู่ตามส่วนต่างๆ โดยกล้องวิดีโอนี้จะใช้เลนส์แบบรับแสงอินฟราเรด เพื่อให้ได้ภาพที่แสดงตำแหน่งของจุดต่างๆ สำหรับวิธีการนี้ยังแบ่งออกไปได้อีก 2 แบบตามลักษณะมาร์กเกอร์ที่ใช้ ได้แก่

1) มาร์กเกอร์แบบสะท้อนแสงอินฟราเรด (Reflective Marker) ใช้แสงอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดแสงที่ติดไว้รอบๆ กล้องถ่ายภาพ แสงจะสะท้อนที่มาร์กเกอร์ทำให้เห็นเป็นจุดที่มีความเข้มแสงมากกว่าบริเวณอื่นๆ
2) มาร์กเกอร์แบบหลอด LED (Pulsed-LED) วิธีนี้แหล่งกำเนิดแสงจะอยู่ที่ตัวมาร์กเกอร์ การตรวจจับจะใช้วิธีวัดความเข้มแสงจากหลอด LED โดยตรง

จากนั้นจะตรวจจับตำแหน่งมาร์กเกอร์จากหลายๆ กล้องมารวมกัน เพื่อคำนวณโดยใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยม แล้วได้ตำแหน่งในสามมิติ วิธีนี้มักมีปัญหา เช่น การสลับมาร์กเกอร์ การรบกวน และการบดบังของมาร์กเกอร์เป็นต้น โดยในหลายๆ ระบบมักมีการนำเอาโครงกระดูกมาใช้ในการสร้างการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

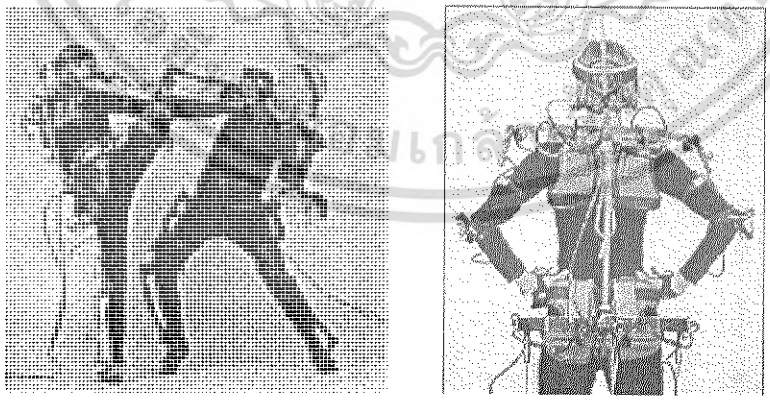
เคลื่อนไหวด้วย โดยโครงกระดูกจะช่วยให้การเคลื่อนไหวมีความถูกต้องมากขึ้น เนื่องจากมองถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อต่อต่างๆ ด้วย ไม่เหมือนกับตำแหน่งที่ตรวจจับได้ที่เป็นตำแหน่งของจุดแต่ละจุดแยกกัน ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์ใดๆ ต่อกันเลย



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้อง

2.1.2.3 การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ชุดเชิงกล (Electro-mechanical Motion Capture System)

มักใช้กับการจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยเฉพาะ โดยใช้ชุดที่ทำขึ้นพิเศษสำหรับให้มนุษย์สวมใส่สำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยชุดจะมีลักษณะเป็นโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันโดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ในการวัดการหมุนของจุดต่างๆ ตามข้อต่อสำคัญของร่างกาย การรู้มุมการหมุนของจุดต่างๆ ทำให้เราสามารถรู้ท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้สวมชุดได้



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างผู้แสดงที่สวมชุดตรวจจับแบบเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ข้อดี-ข้อเสียของการตรวจจับการเคลื่อนไหวแต่ละแบบ

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อดี-ข้อเสียของการตรวจจับการเคลื่อนไหวแต่ละแบบ

	การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้แม่เหล็ก (Magnetic Motion Capture System)
ข้อดี	- ให้ข้อมูลได้แบบ Real-time ซึ่งทำให้สามารถนำผลป้อนกลับ (Feedback) ได้ - ให้ข้อมูลตำแหน่งและการหมุนได้โดยไม่ต้องไปประมวลต่อ - มักมีราคาถูกกว่าแบบใช้กล้อง - ไม่มีการบดบังของเซ็นเซอร์
ข้อเสีย	- เซ็นเซอร์มีการตอบสนองต่อโลหะสูง ทำให้ข้อมูลมีความผิดปกติได้ - ผู้ตรวจจับจะต้องมีสายระโยงระยางติดอยู่กับตัว - เซ็นเซอร์แม่เหล็กมีอัตราการตรวจจับที่ต่ำกว่าแบบใช้กล้อง - พื้นที่การตรวจจับมักมีขนาดเล็ก และยากต่อการเปลี่ยนจำนวนและตำแหน่งของมาร์กเกอร์
	การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้องถ่ายภาพวิดีโอ (Optical Motion Capture System)
ข้อดี	- สามารถใช้มาร์กเกอร์ได้หลายตัว และง่ายต่อการเปลี่ยนจำนวนและตำแหน่งของมาร์กเกอร์ - สามารถประมาณโครงกระดูกภายในได้จากกลุ่มของมาร์กเกอร์จำนวนหนึ่ง - ไม่มีอุปกรณ์และสายไฟที่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนไหวของผู้ที่จะทำการตรวจจับ - สามารถกำหนดพื้นที่ตรวจจับได้ขนาดใหญ่ - มักมีความถี่ในการตรวจจับสูงกว่าระบบอื่นๆ ทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดกว่า
ข้อเสีย	- ต้องใช้การประมวลผลที่ซับซ้อนกว่าแบบอื่น - อุปกรณ์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์เฉพาะมีราคาแพง - ไม่สามารถตรวจจับได้ หากมาร์กเกอร์ถูกบดบังเป็นเวลานาน - การตรวจจับต้องกระทำในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้
	การตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ชุดเชิงกล (Electro-mechanical Motion Capture System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี	- พื้นที่การตรวจจับสามารถมีขนาดที่กว้าง สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก - มีราคาถูกกว่าแบบอื่นๆ - สามารถตรวจจับแบบ Real-time ได้ - ไม่มีการบดบังของเซ็นเซอร์
ข้อเสีย	- มีอัตราการตรวจจับที่ต่ำกว่าระบบอื่นๆ - มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวอันเนื่องมาจากชุดที่ใช้สวมใส่ - ระบบมักจำกัดอยู่กับการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ - จำนวนและตำแหน่งของเซ็นเซอร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ - ไม่สามารถคำนวณหาตำแหน่งจริงได้

2.1.4 การประยุกต์ใช้งานการตรวจจับการเคลื่อนไหว

การตรวจจับการเคลื่อนไหวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆได้ เช่น

2.1.4.1 การประยุกต์ใช้งานในด้านการแพทย์

การตรวจจับการเคลื่อนไหวในทางการแพทย์เรียกว่าการวิเคราะห์ทางชีววิทยาสามมิติ (Three-dimension Biological Measuring) ใช้ในการสร้างข้อมูลการเคลื่อนไหวทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิต เพื่อใช้ศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ตลอดจนนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ เช่น กลไกของข้อต่อ การวิเคราะห์โครงกระดูกสันหลัง วิทยาศาสตร์การกีฬา เป็นต้น

2.1.4.2 การประยุกต์ใช้งานในด้านอุตสาหกรรมบันเทิง

การตรวจจับการเคลื่อนไหวช่วยลดเวลาในการสร้างภาพเคลื่อนไหว ทั้งยังทำให้ได้การเคลื่อนไหวที่สมจริง มากกว่าการสร้างการเคลื่อนไหวด้วยมือ ทำให้ระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นที่นิยมใช้กันมากในวงการอุตสาหกรรมแอนิเมชั่นหรือบันเทิง เช่น การนำไปใช้สร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละครในเกมคอมพิวเตอร์ ภาพยนตร์แอนิเมชั่น หรือแม้แต่การตกแต่งด้วยคอมพิวเตอร์ในการสร้างภาพยนตร์

2.1.4.3 การประยุกต์ใช้งานในด้านนิติศาสตร์

การตรวจจับการเคลื่อนไหวใช้ในการสร้างเหตุการณ์จำลองเสมือนจริง เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการพิจารณาคดี และใช้เพื่อแสดงสิ่งที่พยานได้กล่าวถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักฐานนี้มักมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของคณะลูกขุนและผู้พิพากษามากกว่าหลักฐานการแสดงอื่นๆ

2.1.5 ส่วนสรุปชนิดของการตรวจจับการเคลื่อนไหว

การตรวจจับการเคลื่อนไหวนั้นมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะในด้านการบันเทิงที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ด้วยข้อดีคือลดเวลาในการสร้างภาพเคลื่อนไหวหรือแอนิเมชั่น และให้การเคลื่อนไหวที่สมจริง ต่างจากการสร้างการเคลื่อนไหวโดยใช้มือที่นอกจากจะไม่สมจริงแล้วยังต้องใช้เวลาทำนานกว่ามากอีกด้วย

โครงงานระบบจำลองการเคลื่อนไหวตัวละคร 3 มิตินี้ จะเป็นการพัฒนาระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวในแบบที่ใช้กล้อง เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถใช้ตรวจจับสิ่งต่างๆ ได้หลายแบบ ไม่จำกัดว่าต้องเป็นมนุษย์ มีความยืดหยุ่นในการใช้งานกว่าแบบอื่นๆ เป็นต้น อย่างไรก็ดี โครงงานนี้จะเน้นการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ ซึ่งจะทำให้ระบบที่พัฒนาแตกต่างจากระบบที่ใช้ในเชิงธุรกิจบ้าง แต่ทั้งนี้เพื่อเป็นการศึกษาวิธีการตรวจจับการเคลื่อนไหว และพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับการพัฒนาและใช้งานต่อไป

2.2 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ เป็นทฤษฎีการวิเคราะห์ ปรุงแต่ง เก็บและแสดงรูปภาพจากแหล่งต่างๆ เช่น ภาพถ่าย ภาพวาด ภาพเคลื่อนไหว ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนนำเข้า (Input Step) ส่วนประมวลผล (Processing Step) และส่วนส่งออก (Output Step) โดยมักถูกใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาข้อมูลจากภาพ หรือการดกแต่งภาพ

โครงงานนี้จะนำทฤษฎีการประมวลผลภาพมาใช้เพื่อหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์จากเฟรมภาพของกล้องที่กำลังจับภาพ เพื่อนำตำแหน่งเหล่านี้ไปคำนวณหาตำแหน่งจริงต่อไป

2.2.1 รูปแบบสี (Color Model)

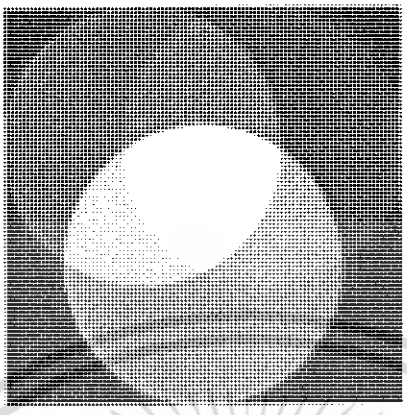
ก่อนที่จะทำการประมวลผลภาพสีนั้น เราจำเป็นที่จะต้องเข้าใจรูปแบบของสีที่ใช้ในคอมพิวเตอร์เสียก่อน ซึ่งจะอธิบายรูปแบบที่สำคัญ 2 แบบ ได้แก่

2.2.1.1 รูปแบบ RGB

เป็นระบบสีพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผล โดยจุดย่อยของภาพ (Pixel) จะประกอบด้วยค่าสี 3 ค่า คือ แดง (R) เขียว (G) และน้ำเงิน (B) การผสมสีทั้งสามนี้ด้วยค่าต่างๆ กัน จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

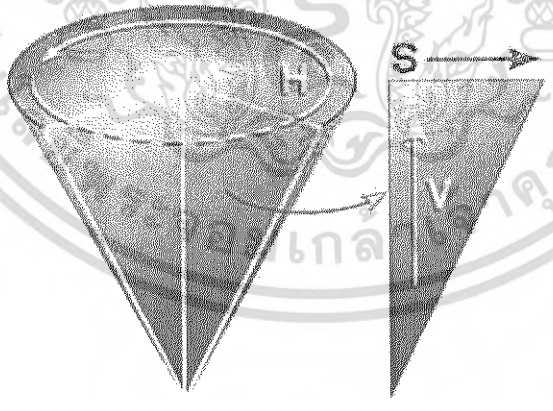
ก่อให้เกิดสีที่แตกต่างกัน โดยคอมพิวเตอร์จะเก็บค่าสีนี้แยกกัน โดยใช้ขนาดข้อมูล 1 ไบต์ต่อ 1 สี ทำให้ค่าของสีนั้นมีได้ 256 ระดับ และผสมได้สีทั้งหมด 16 ล้านสี



รูปที่ 2.4 รูปแบบสีแบบ RGB

2.2.1.2 รูปแบบ HSV

เป็นระบบสีที่ประกอบไปด้วยค่า 3 ค่าคือ ค่าสี (Hue) บอกความเป็นสีใดๆ ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) บอกความสีหรือขาว-ดำ และค่าความสว่าง (Intensity, Value) บอกความขาวหรือดำ รูปแบบสีนี้จะเหมาะกับการประมวลผลภาพที่ต้องแยกแยะสี เพราะสามารถใช้ค่า Hue เพียงค่าเดียว ก็สามารถดูความแตกต่างของสีได้



รูปที่ 2.5 รูปแบบสี HSV โดยแสดงในรูปของกรวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Image Segmentation

เป็นการประมวลผลภาพเพื่อแยกวัตถุหรือส่วนของภาพที่สนใจออกมาจากส่วนอื่นๆ ซึ่งมีหลากหลายวิธีการตามแต่ลักษณะของภาพ และวัตถุที่ต้องการแยกออกมา สำหรับในโครงงานนี้ จะต้องแยกมาร์กเกอร์ในภาพที่ได้ซึ่งจะเป็นจุดที่มีความสว่างมาก ออกมาจากพื้นหลังซึ่งมีสีดำส่วนใหญ่ แล้วนำเอาไปหาตำแหน่งบนภาพ

2.2.2.1 การแปลงภาพสีจาก RGB ไปสู่ HSV

เนื่องจากการประมวลผลภาพในโครงงานนี้ใช้รูปแบบสีแบบ HSV เพื่อง่ายต่อการคำนวณจึงต้องมีการแปลงรูปแบบของสีจาก RGB ไปเป็น HSV สมการในการแปลงภาพสีจาก RGB ไปสู่ HSV เป็นไปดังสมการที่ 1, 2 และ 3

$$V = \max \tag{1}$$

$$S = \begin{cases} \dfrac{(\max - \min)}{\max} & \text{if } \max \neq 0. \\ 0 & \text{if } \max = 0 \end{cases} \tag{2}$$

$$H = \begin{cases} -1 \text{ x } 60 & \text{if } S = 0. \\ \left[\dfrac{(G-B)}{(\max - \min)}\right] \text{x } 60 & \text{if R} = \max. \\ \left[2 + \dfrac{(B-R)}{(\max - \min)}\right] \text{x } 60 & \text{if G} = \max. \\ \left[4 + \dfrac{(R-G)}{(\max - \min)}\right] \text{x } 60 & \text{if B} = \max \end{cases} \tag{3}$$

เมื่อ Max = sup (R, sup (G,B)) คือค่าสูงสุดของหนึ่งจุดสี RGB และ Min = inf (R, inf (G,B)) คือค่าต่ำสุดของหนึ่งจุดสี RGB ตามลำดับ

2.2.2.2 Thresholding

เป็นการเปลี่ยนสีของจุดย่อย (Pixel) ให้เป็นสีขาวหากค่าสีที่พิจารณาอยู่ในช่วงที่ต้องการ (Threshold Range) หากไม่อยู่ในช่วงก็จะเปลี่ยนเป็นสีดำ ซึ่งจะเป็นการแยกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นมาร์กเกอร์ออกมาให้เห็นได้ชัด การทำ Threshold ในโครงงานนี้จะทำ Threshold ในระบบสี HSV โดยจะเลือกเอาส่วนใดๆของภาพที่มีลักษณะเป็นสีขาวและมีค่าความสว่างมาก(คือส่วนที่เป็นมาร์กเกอร์) จึงต้องจัดสภาพแวดล้อมอื่นให้เหมาะสมด้วยจึงจะสามารถทำการ Threshold ได้ดี ในที่นี้จะใช้ค่า

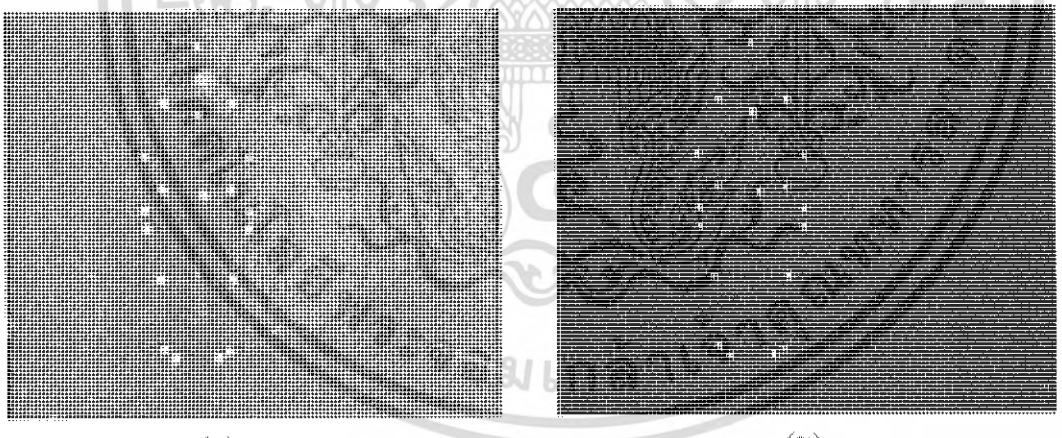
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V (value, intensity) ซึ่งเป็นค่าความสว่างในการตรวจสอบ ค่านี้จะมีระดับตั้ง 0 -100% ซึ่งถ้าเป็นส่วนที่สว่างมาก ค่า V ก็จะมากขึ้นตามเช่นเดียวกัน ในโครงงานนี้เราจะกำหนดไว้ว่า ที่ตำแหน่งไหนมีค่า V มากเท่าที่เราต้องการคือประมาณไม่น้อยกว่า 90% ก็แสดงว่าตำแหน่งนั้นคือส่วนที่เป็นมาร์กเกอร์ ก็ให้ทำให้เป็นบิต 1 ที่เหลือจากนี้ให้เป็นบิต 0 ตัวอย่าง

```
If   V >= threshold Val
V = 1 ;
Else
V = 0 ;
```

V คือค่าความสว่างของสีส่วน threshold Val คือค่าระดับค่าสว่างที่จะเลือกจากภาพ

ดังนั้นหลังจากการทำ Threshold แล้ว ภาพที่ได้จะเป็น Binary Image คือมีเพียงสีขาวและสีดำ โดยสีขาวจะเป็นจุดที่เราสนใจ ซึ่งต่อไปจะต้องนำไปประมวลผลหาตำแหน่งจุดที่เราสนใจคือจุดที่เป็นมาร์กเกอร์แต่ยังไม่เพียงพอที่จะใช้ระบุเป็นตำแหน่งของมาร์กเกอร์ จุดที่ได้อาจจะมีขนาดใหญ่เกิดและภาพที่ได้อาจจะได้จุดสีขาวที่เราไม่สนใจติดมาจึงต้องกำจัดก่อนเพราะจึงต้องมีการส่งไปทำขั้นตอนต่อไป



(ก) (ข)

รูปที่ 2.6 (ก) ก่อนทำ Threshold

(ข) หลังทำ Threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

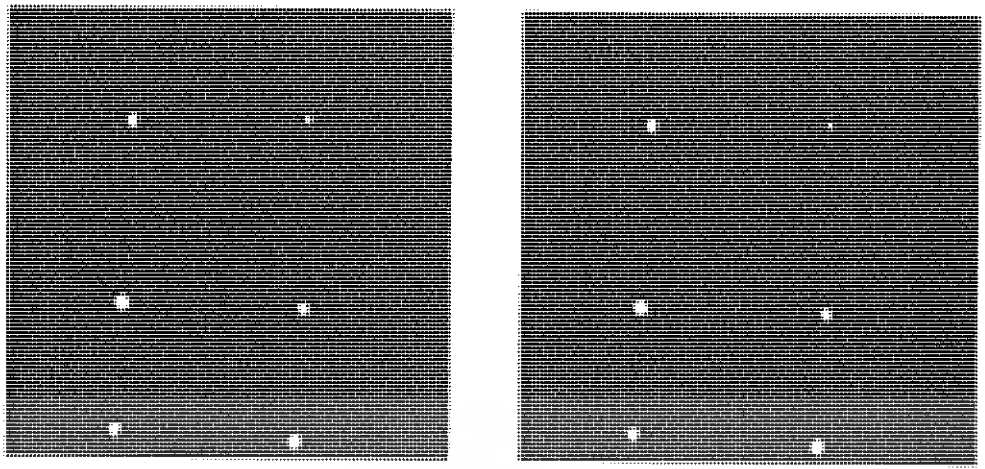
2.2.2.3 Median filter

การทำ Median filter เราจะพิจารณาแต่ละพิกเซลในรูปภาพโดยดูพิกเซลรอบๆ ตัวมันเพื่อใช้ในการตัดสินในเลือกค่าสีที่ควรจะเป็น ณ ตำแหน่งพิกเซลนั้นด้วยการนำค่าพิกเซลรอบๆ (Neighbourhood) และพิกเซลที่เราสนใจอยู่มาทำการเรียงลำดับจากน้อยไปมากแล้วก็ทำการหาค่ากลางของค่าทั้งหมดนั้นเพื่อนำไปแทนที่ ณ ตำแหน่งพิกเซลที่เราพิจารณาอยู่

เรียงลำดับน้อยไปมาก 0, 2, 3, 3, **4**, 6, 10, 15, 97

พิกเซลที่สนใจ(ก่อนหน้านี้เป็นค่า 97) ถูกแทนที่ด้วยค่ากลางที่หาได้จาก 9 ค่าคือ (4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

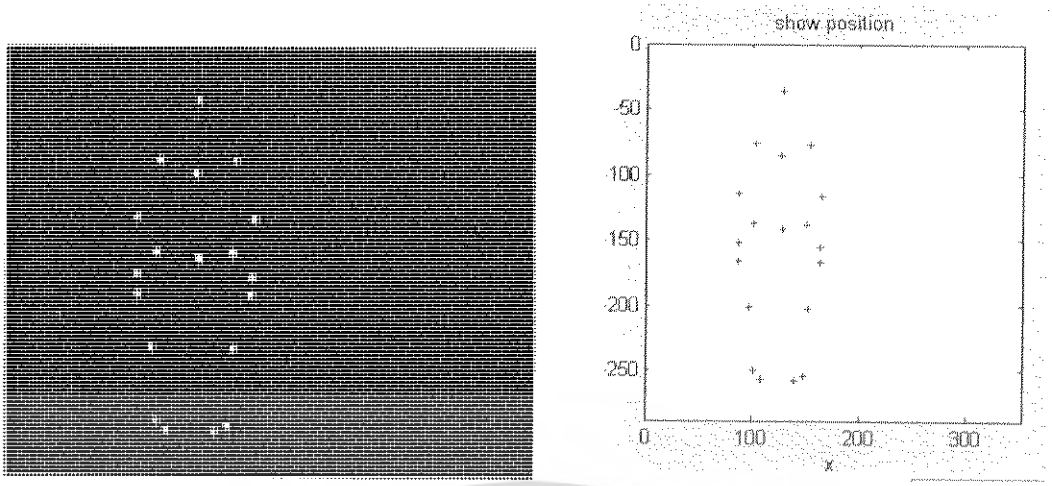
รูปที่ 2.7 (ก) ภาพก่อนทำMedian Filter

(ข) ภาพหลังทำ Median Filter

2.2.2.4 Blob Analysis

คือการนำภาพจากการทำ Threshold และ Median Filter มาแยกตัวมาร์กเกอร์ที่ตรวจจับเจอกับพื้นหลัง จากนั้นเราก็นำมาทำการหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์แต่ละตัวที่ตรวจเจอแล้วนำค่าตำแหน่งนั้นส่งต่อไปทำการประมวลผลหาตำแหน่งทั้งสามมิติต่อไป โดยวิธีการหาตำแหน่งมาร์กเกอร์แต่ละตัวนี้จะใช้วิธีหาค่ากลางของ ตำแหน่ง x ทุกพิกเซล และตำแหน่ง y ทุกพิกเซล ของจุดสีขาวแต่ละตัวที่เจอเลือกมาเป็นพิกเซลที่อยู่ของมาร์กเกอร์ตัวนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

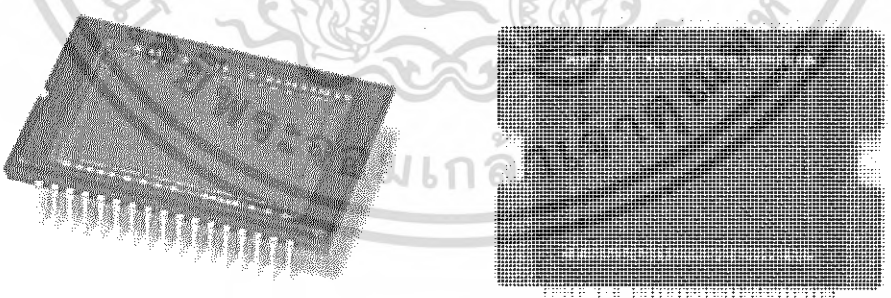
รูปที่ 2.8 (ก) ภาพก่อนทำ **Blob Analysis**

(ข) พิกัดที่ได้หลังทำ **Blob Analysis**

2.3 กล้องและการถ่ายภาพ

2.3.1 Sensor รับภาพ

ในกล้องดิจิตอลหัวใจสำคัญที่สุดอันหนึ่งที่จะทำให้กล้องตัวนั้นถ่ายทอดรูปออกมาได้สวยก็คงหนีไม่พ้น Sensor รับภาพ ซึ่งมีหน้าที่รับแสงที่เข้ามาแล้วเปลี่ยนค่าแสงนั้นๆเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งในปัจจุบันก็คงมี Sensor รับภาพอยู่เพียง 2 แบบใหญ่ๆเท่านั้น ซึ่งก็คือ CCD (ซีซีดี) และ CMOS (ซีมอส) ที่เป็นคู่แข่งที่สำคัญๆ



(ก) (ข)

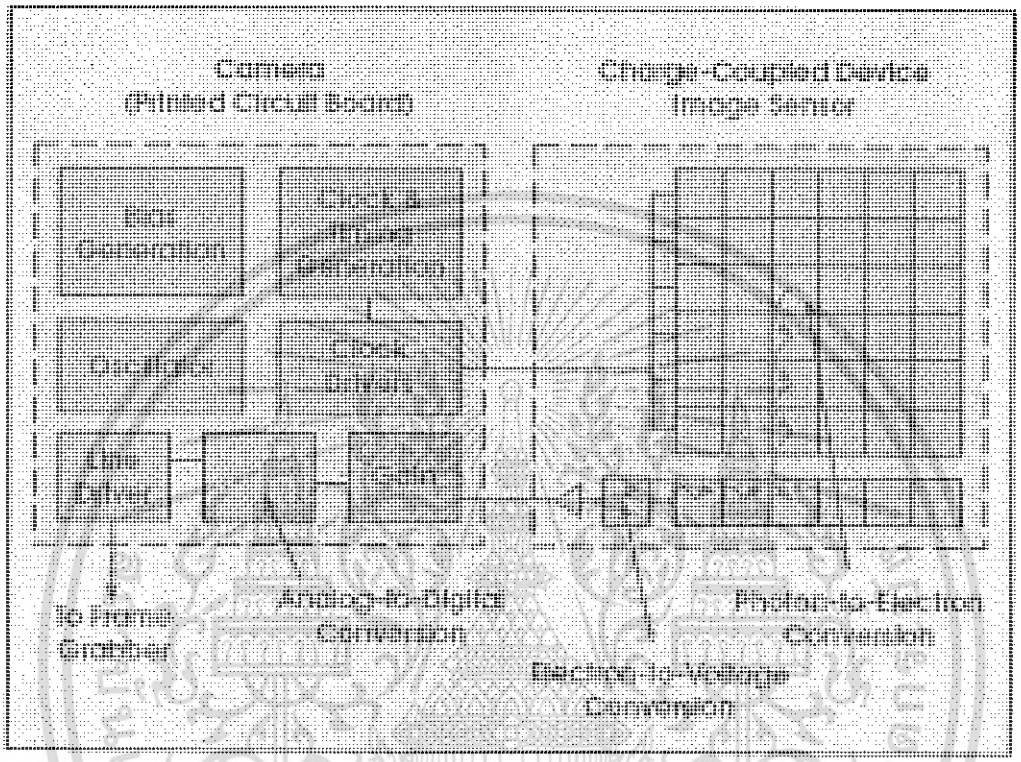
รูปที่ 2.9 (ก) Sensor รับภาพชนิดCCD

(ข)Sensor รับภาพชนิด CMOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1 CCD (Charge Coupled Device)

CCD เป็น Sensor ที่ทำงานโดยส่วนที่เป็น Sensor แต่ละพิกเซล จะทำหน้าที่รับแสง และเปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอนาล็อก ส่งเข้าสู่วงจรเปลี่ยนค่าอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลอีกที



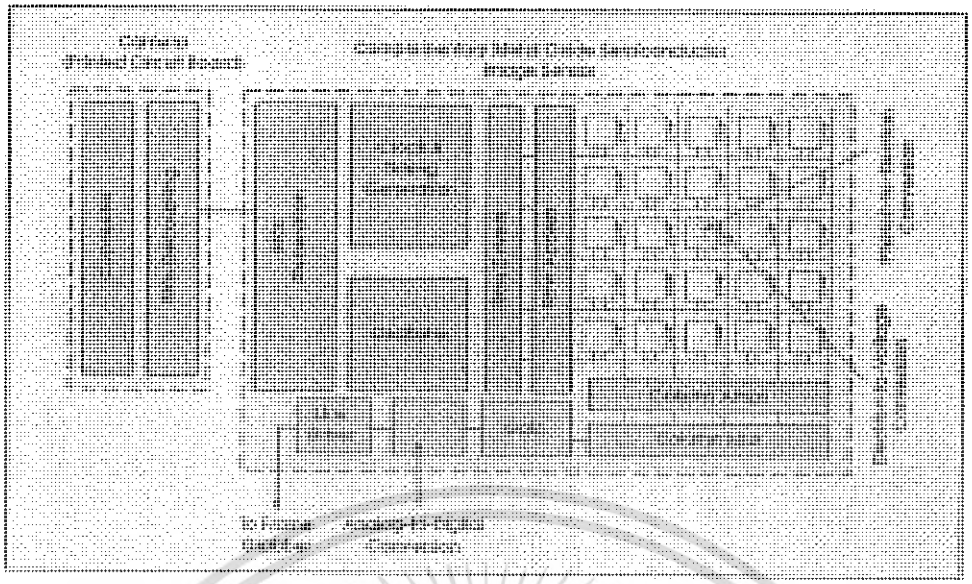
รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของ CCD

2.3.1.2 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

CMOS เป็น Sensor ที่มีลักษณะการทำงานโดยแต่ละพิกเซลจะมีวงจรย่อยๆเปลี่ยนค่าแสงที่เข้ามาเป็นสัญญาณดิจิตอลในทันที ไม่ต้องส่งออกไปแปลงเหมือน CCD

72003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการทำงานของ CMOS

สรุปคือ CMOS จะมีวงจรแปลงสัญญาณแสงในแต่ละพิกเซลเลย ส่วน CCD ตัวรับแสงจะรับแสงอย่างเดียว และจะส่งค่าที่ได้ออกมาให้วงจรที่มีหน้าที่แปลงสัญญาณอีกที

2.3.1.3 คุณสมบัติที่โดดเด่นของ CCD และ CMOS คือ

1. ความแร็วในการการตอบสนอง ในข้อนี้ CMOS จะเหนือกว่า เนื่องจากตัว CMOS จะแปลงสัญญาณเสร็จในตัวเอง ไม่ต้องส่งข้อมูลไปยังวงจรอื่นอีก

2. ความละเอียด และ Dynamic Range (คุณภาพในการรับแสง) ในข้อนี้ CCD ได้เปรียบอย่างมาก เนื่องจากตัวรับแสงของ CCD มีแต่ส่วนรับแสงเพียงอย่างเดียว ต่างกับ CMOS ที่ต้องมีวงจรแปลงสัญญาณในแต่ละพิกเซลด้วย ดังนั้นถ้าในขนาดที่เท่ากัน ส่วนรับแสงของ CCD จะมีขนาดที่ใหญ่กว่า เนื่องจากไม่ต้องเสียพื้นที่ไปให้วงจรอื่นๆเหมือน CMOS

3. การใช้พลังงาน ข้อนี้ CMOS เหนือกว่าเนื่องจากสามารถรวมวงจรต่างๆไว้ในตัวได้ ต่างจาก CCD ที่ต้องมีวงจรแปลงค่าเพิ่มขึ้นมา

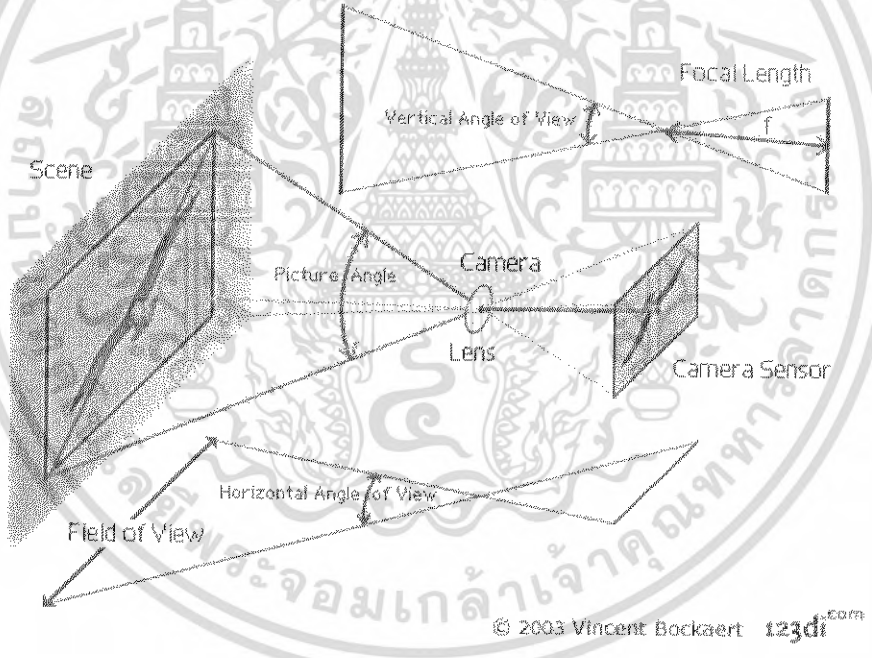
ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าในแง่ของการทำงาน (ความเร็ว การใช้พลังงาน) CMOS ได้เปรียบ ส่วนในเรื่องคุณภาพของภาพ CCD ได้เปรียบ แต่เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีในการผลิตสูงขึ้นอย่างมาก ทำให้ช่องว่างข้อได้เปรียบของ Sensor ทั้ง 2 แบบ ถูกลดต่ำลง โดยหากจะย้อนกลับไปเมื่อซัก 3-4 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อน ตอนนั้นคงคิดว่า CCD จะเอาชนะ CMOS ได้อย่างแน่นอน แต่เนื่องจากข้อได้เปรียบในเรื่องคุณภาพและความละเอียดที่พัฒนาได้ง่ายกว่า

2.3.2 เลนส์ (Lens)

เลนส์คือวัตถุที่ทำจากแก้วชนิดดีมีลักษณะกลม ผิวเรียบ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ เลนส์นูนและเลนส์เว้า ใช้ทำหน้าที่รับภาพและรับแสงจากภายนอกตัวกล้องไปยังวัสดุรับภาพ (CCD ในกล้องดิจิตอล) โดยเลนส์ของกล้องถ่ายภาพจะมีหลายชนิดหลายช่วงการใช้งาน ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับการที่จะนำไปใช้ในงานแต่ละประเภท เลนส์ก่อนว่ามีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง โดยปกติทั่วไปจะได้ยินชื่อของเลนส์ เช่น เลนส์ 28 มม. เลนส์ 70-300 มม. เป็นต้น โดยตัวเลขเหล่านี้คือขนาดของความยาวโฟกัส หรือความยาวระยะชัด (Focal Lenght) ช่วงความยาวนี้ซึ่งมักจะเขียนไว้ที่ขอบตัวเลนส์ เพื่อที่จะแสดงให้ผู้ที่จะใช้เลนส์ได้มีความสะดวกในการเลือกใช้งาน ความยาวโฟกัสของเลนส์นี้จะมีตัวเลขบอกความยาวไว้ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรหรือนิ้ว



รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของแสงผ่านเลนส์ไปยังวัสดุรับภาพ

จากรูปที่ 2.12 จะเห็นหลักการทำงานของแสงผ่านเลนส์ไปยังวัสดุรับภาพ(CCD ในกล้องดิจิตอล) โดยความยาวโฟกัส(ระยะ f ในรูป) ก็คือระยะห่างระหว่างตัวเลนส์กับวัสดุรับภาพของกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นเอง โดยถ้าพิจารณาจากภาพก็จะเห็นได้ว่า ยิ่งค่า f มากขึ้นเท่าไหร่(ยิ่งเลนส์ห่างจาก CCD เท่าไหร่) มุมของภาพก็จะนิ่งแคบลงเท่านั้น เลนส์ถ่ายภาพใดก็ตามที่มีความยาวโฟกัสของเลนส์ ยิ่งยาวยิ่งทำให้มุมของการถ่ายภาพแคบ และ ช่วยย่นระยะของทางที่มองเห็นให้ใกล้เข้ามา เลนส์ดังกล่าว ซึ่งได้แก่ เลนส์ถ่ายไกล(Telephoto Lens) เป็นต้น นอกจากนี้เลนส์ที่มีความยาวโฟกัสแตกต่างกัน นอกจากสร้างผลทางภาพให้มีขนาดต่างกันแล้ว ยังสร้างผลของช่วงความชัดให้มีความแตกต่างกันอีกด้วย โดยความยาวโฟกัสยิ่งยาวมาก ช่วงความชัดยิ่งสั้นลง ตรงกันข้าม ถ้าความยาวโฟกัสยิ่งสั้นมาเท่าใด ช่วงความชัดของภาพจะมีมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นสรุปได้ว่าความยาวของโฟกัสของเลนส์มีผลต่อการถ่ายภาพ 2 อย่าง คือ 1.ทำให้มุมของภาพกว้างหรือแคบได้

2. ทำให้ช่วงความชัดมีมากหรือน้อยลงได้

2.3.2.1 ประเภทของเลนส์ของกล้อง แบ่งโดยระยะกับลักษณะ

1. เลนส์มาตรฐาน (Standard Lens) เป็นเลนส์ที่มีคุณสมบัติใช้ถ่ายภาพทั่วไป ลักษณะภาพที่ได้เหมือนกับที่ตาคนมองดูทั่วไป เป็นเลนส์ขนาดความยาวโฟกัสประมาณ 50 มม.

2. เลนส์ถ่ายไกล (Telephoto Lens) เป็นเลนส์เหมือนกล้องส่องทางไกล เป็นเลนส์ที่มีความยาวของโฟกัสยาวกว่าเลนส์ธรรมดา ทำให้มุมการถ่ายภาพแคบลง คือทำหน้าที่ขยายภาพที่อยู่ไกลให้โตขึ้น เสมือนหนึ่งที่ไปตั้งอยู่ใกล้ ๆ กับวัตถุที่ถ่าย สะดวกในการถ่ายภาพสิ่งที่อยู่ไกล ซึ่งขณะนั้นผู้ถ่ายไม่สามารถเข้าไปตั้งกล้องในระยะใกล้ ๆ กับวัตถุนั้นได้ เช่น การถ่ายภาพสงคราม การแข่งกีฬา การถ่ายภาพสัตว์น้ำ เช่น เลนส์ที่ขนาดความยาวโฟกัสมากกว่า 135 มม. ขึ้นไป

3. เลนส์มุมกว้าง (Wide – angle lens) เป็นเลนส์ที่มีความยาวโฟกัส สั้นกว่าเลนส์ธรรมดา จึงทำให้มุมของการถ่ายภาพได้กว้างกว่าใช้เลนส์ธรรมดาถ่ายมาก มีระยะความชัดมาก โดยยิ่งเลนส์มุมกว้างมากเท่าไร จะทำให้สิ่งที่อยู่ใกล้โตและไม่ได้สัดส่วน(สวยไปอีกแบบ) ใช้ถ่ายในสถานที่อันจำกัดไม่สามารถตั้งกล้องให้ห่างจากที่ถ่ายได้มาก เช่น การถ่ายภาพสิ่งก่อสร้างสูงๆ หรือยาวมาก ๆ ซึ่งต้องการถ่ายอยู่ในภาพทั้งหมด เบื้องหลังของผู้ถ่ายมีสิ่งกีดขวางไม่สามารถถอยไปได้อีก เช่น ติดกำแพง แม่น้ำ โดยเลนส์เหล่านี้จะมีขนาดความยาวโฟกัสประมาณตั้งแต่ 16 - 35 มม.

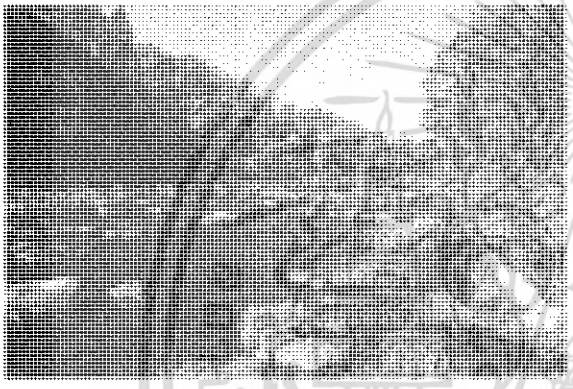
4. เลนส์ตาปลา (Fish eye lens) เป็นเลนส์ที่ให้ภาพที่มีลักษณะคล้ายภาพที่ปลามองเห็นเมื่อมองขึ้นมาจากในน้ำ เป็นเลนส์ที่กินมุมในการถ่ายภาพได้กว้างกว่าเลนส์ทุกชนิด คืออาจจะกว้างถึง 180 องศา เพื่อให้เกิดภาพนั้นผิดแผกแตกต่างไปจากภาพถ่ายธรรมดา และต้องการให้ภาพสะดุดตาแก่ผู้ชมภาพ มุมของการถ่ายภาพจะกว้างกว่าธรรมดามากประมาณ 3-4 เท่า แต่สิ่งที่ต้องระมัดระวังในการถ่ายภาพชนิดนี้ คือเท้าของผู้ถ่ายจะติดอยู่ในภาพ ถ้าผู้ถ้ายืนในรัศมีของภาพนั้น วัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

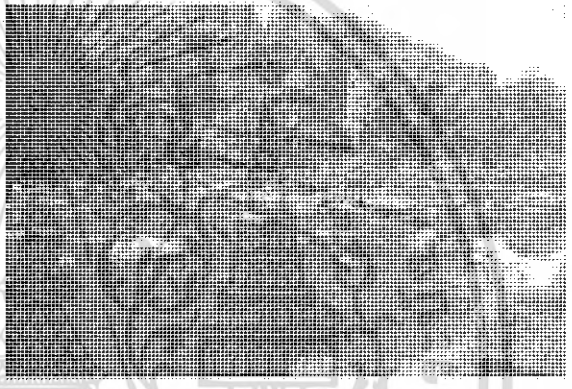
ถ่ายด้านข้างในภาพจะดูใหญ่โตน่าเกรงขาม เลนส์ชนิดนี้จะให้ช่วงความชัดลึกมาก แม้ตั้งระยะถ่ายไกลสุดก็ตาม เช่น เลนส์ที่ขนาดความยาวโฟกัสตั้งแต่ 10 มม. ลงมา

5. เลนส์ซูม (Zoom lens) เป็นเลนส์ที่มีหลายความยาวโฟกัสอยู่ในตัวเดียว นิยมใช้มากในปัจจุบัน สามารถเลือกใช้ระยะโฟกัสเท่าใดก็ได้ตามที่เลนส์นั้นบอกไว้ เช่น 70 -200 มม. , 85 - 300 มม. , 800 - 1200 มม. เป็นต้น

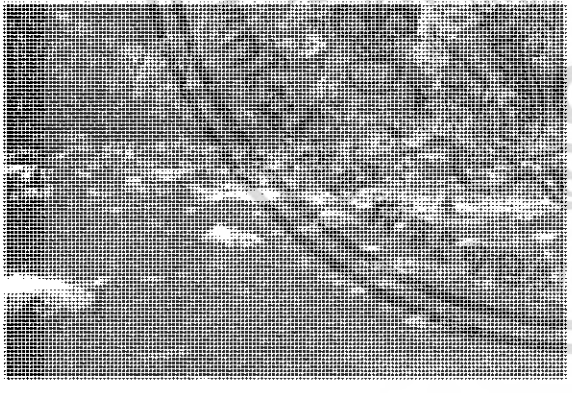
6. เลนส์มาโคร (Macro Lens) คล้ายกับเลนส์ทั่วไปแต่สามารถใช้ถ่ายภาพระยะใกล้มาก ๆ ได้ ทำให้เห็นรายละเอียดใกล้ๆ เช่น ถ่ายแมลงหรือวัสดุเล็กๆเป็นต้น โดยในกล้องคอมแพคจะสามารถเข้าใกล้วัตถุได้เกินครึ่งฟุต โดยในปัจจุบันเลนส์มาโครที่ผลิตสำหรับกล้อง SLR มักทำออกมาเป็นแบบของซูมเลนส์ได้ด้วย



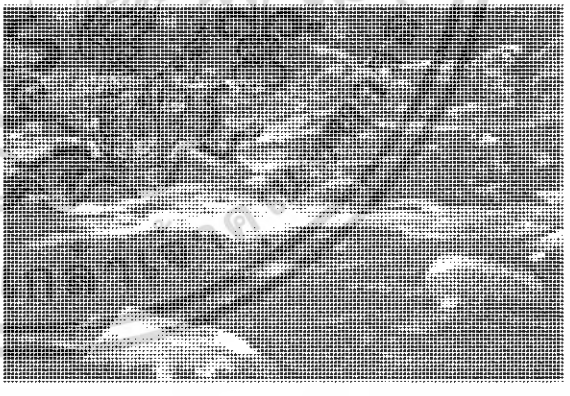
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 (ก) ภาพระยะของเลนส์ที่ 24 มม.

(ข) ภาพระยะของเลนส์ที่ 50 มม.

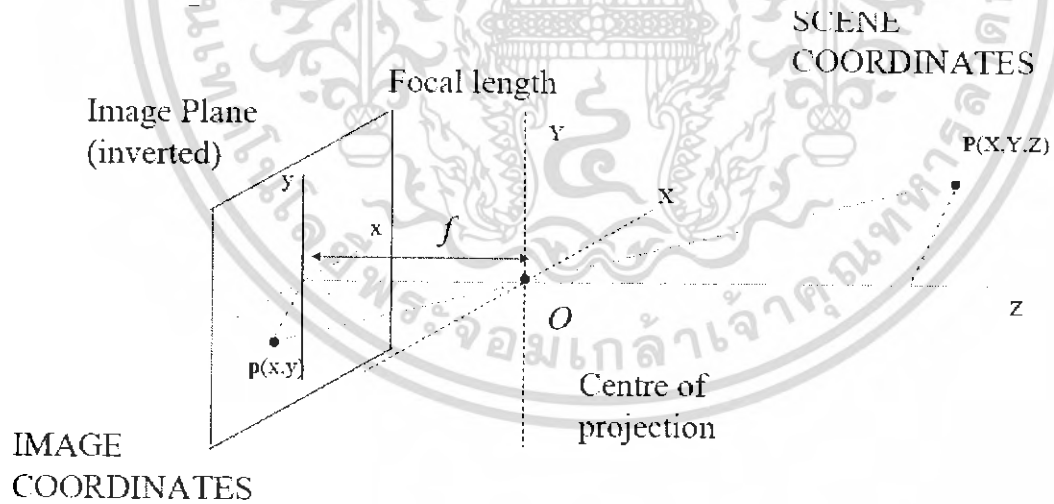
(ค) ภาพระยะของเลนส์ที่ 100 มม.

(ง) ภาพระยะของเลนส์ที่ 300 มม.

จากรูป 2.13 แสดงภาพเมื่อถ่ายที่ตำแหน่งเดียวกันแต่เปลี่ยนระยะของเลนส์ จะเห็นได้ว่ายิ่งระยะของเลนส์ไกลมากขึ้นภาพที่ได้ก็จะมีได้ภาพที่มีรายละเอียดมากแต่ขอบเขตของภาพที่ได้ก็จะแคบลงตามลำดับ

2.4 Stereopsis

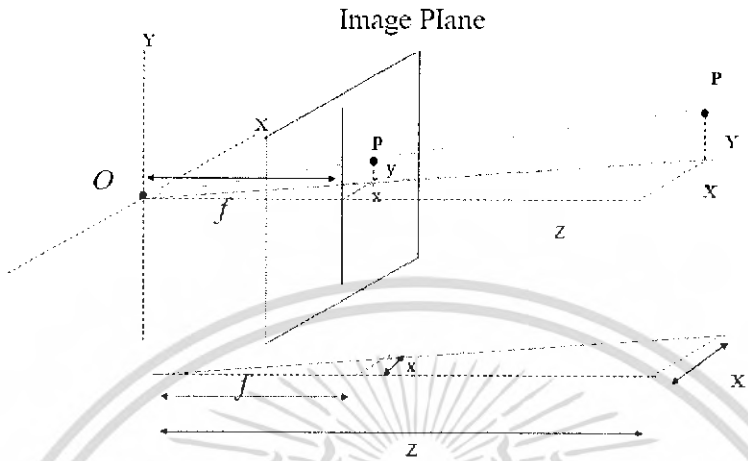
ทฤษฎี Stereopsis เป็นทฤษฎีที่ใช้ในการหาค่าตำแหน่งจริงของวัตถุในมุมมองแบบ 3 มิติ หรืออาจจะเรียกได้ว่าตำแหน่งใน World Space จากภาพที่มีมุมมองแบบ 2 มิติ 2 ภาพ ซึ่งในโครงงานนี้จะนำมาใช้ในการหาค่าตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์ (Marker) ที่ได้จากภาพ 2 ภาพซึ่งถ่ายโดยกล้องวิดีโอที่วางอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน ซึ่งในการคำนวณหาตำแหน่งจากภาพทั้ง 2 ภาพนั้นจะคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ของตำแหน่งต่างๆ ตามหลักเรขาคณิต โครงสร้างของการรับภาพของกล้องจะมีรูปแบบทั่วไปดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โครงสร้างของการรับภาพของกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดที่สำคัญในรูปมี 2 รูปแบบคือ 1.Scene Coordinates 2.Image Coordinates จากรูปที่ 2.15 จะบ่งบอกถึงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง 2 พิกัด



รูปที่ 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 พิกัด

เมื่อเราพิจารณา ค่าของ x และ y จะได้ความสัมพันธ์กันดังสมการ

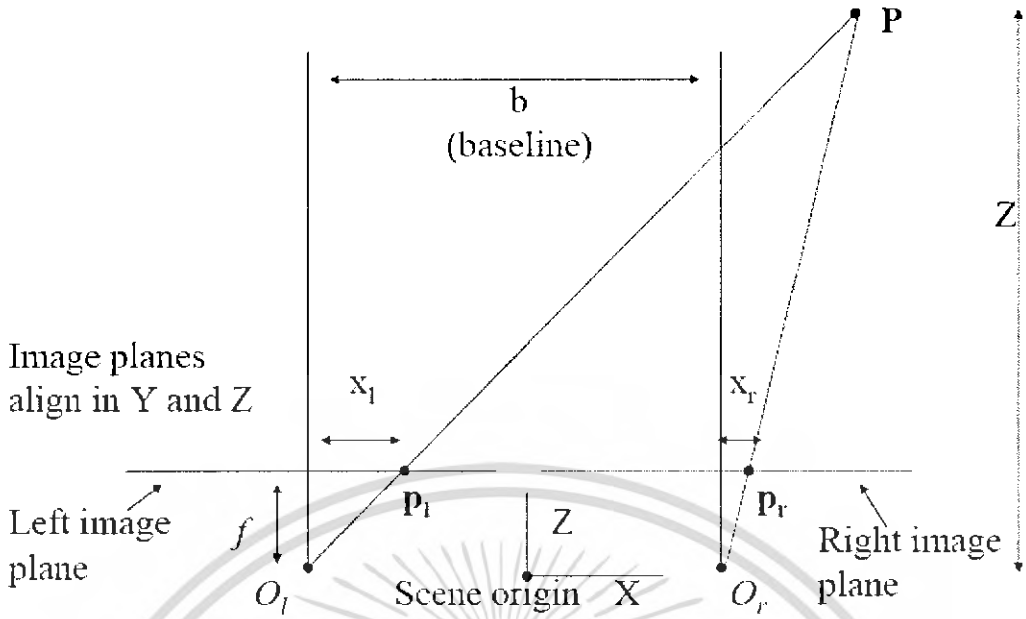
Similar triangles $\frac{x}{X} = \frac{f}{Z}$ $x = \frac{f}{Z}X$

Similarly $y = \frac{f}{Z}Y$

Perspective transform

แต่การที่มีกล้องเพียงตัวเดียว ถ่ายจากตำแหน่งที่เดิม ไม่สามารถที่จะเก็บค่าตำแหน่งได้อย่างครบถ้วน ฉะนั้นจึงมีการเพิ่มกล้องอีกตัวเพื่อที่จะสามารถเก็บค่าที่ขาดหายไปได้ ค่าตำแหน่งแกน Z เมื่อดูจากรูป ค่า X นั้นหมายถึงตำแหน่งแนวแกน x จากจุดกึ่งกลางระหว่าง Image plancs ของทั้งสองกล้องมายังตำแหน่งของ จุด P รูปที่ 2.16 นี้เป็นมุมมองที่มองจากด้านบน

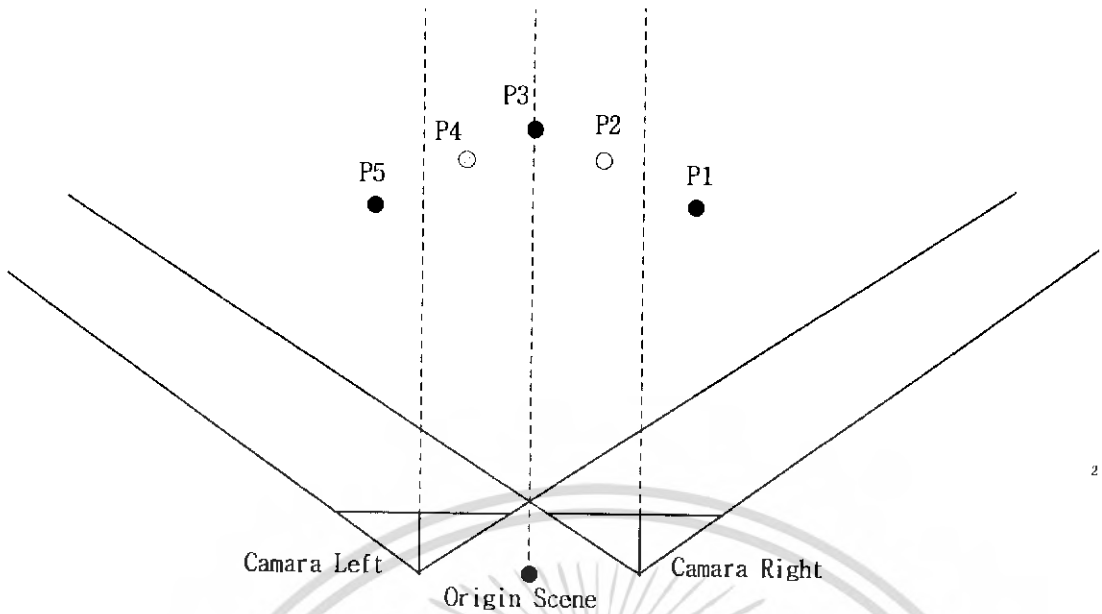
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 มุมมองที่มองจากด้านของบนตำแหน่งของจุด P

การหาตำแหน่ง X, Y ไม่ว่าจะใช้ค่า paramcter จากกล้องทางฝั่งใด ย่อมจะได้ค่าเดียวกัน เนื่องจากจุดกำเนิดนั้นเป็นจุดเดียวกัน เมื่อเราใช้กล้องทั้ง 2 ในการบันทึกภาพมาได้ เราจะสามารถหาความสัมพันธ์เพื่อที่จะหาค่าตำแหน่งในแกน Z ออกมาได้จากความสัมพันธ์ของ สามเหลี่ยมคล้าย ดังรูปที่4 จุดที่น่าสังเกตค่า X+b/2 ของ x_l และ X-b/2 ของ x_r จะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของ P มี 5 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 รูปแบบการตั้งกล้อง

- ถ้าตำแหน่งของ P อยู่ที่ตำแหน่งด้านขวาของตำแหน่งกล้องด้านขวา(P1) จะใช้ $Z = (b*f)/(X_l - X_r)$
- ถ้าตำแหน่งของ P อยู่ทั้งด้านซ้ายของกล้องด้านขวาและยังไม่เกินจุด Scene Origin(P2) จะใช้ค่า $X+b/2$ ของ x_l และ $b/2-X$ ของ x_r จะได้สมการ $Z = (b*f)/(X_l + X_r)$
- ถ้าตำแหน่งของ P อยู่ที่ตำแหน่งเดียวกับจุด Scene Origin(P3) จะใช้ค่า $b/2$ ทั้ง x_l และ x_r จะได้สมการ $Z = (b*f)/(X_l + X_r)$
- ถ้าตำแหน่งของ P อยู่ที่ตำแหน่งอยู่ทางด้านซ้ายของ กล้องด้านขวา และ อยู่ทางด้านขวาของกล้องทางด้านซ้าย แต่ยังไม่ถึงจุด Scene Origin(P4) จะใช้ค่า $b/2 - X$ ของ x_l และ $b/2 + X$ ของ x_r จะได้สมการ $Z = (b*f)/(X_l + X_r)$
- สุดท้ายตำแหน่งของ P อยู่ที่ตำแหน่งทางด้านซ้ายของกล้องทางซ้าย (P5) จะใช้ค่า $X - b/2$ ของ x_l และ $b/2 + X$ ของ x_r จะได้สมการ $Z = (b*f)/(X_r - X_l)$

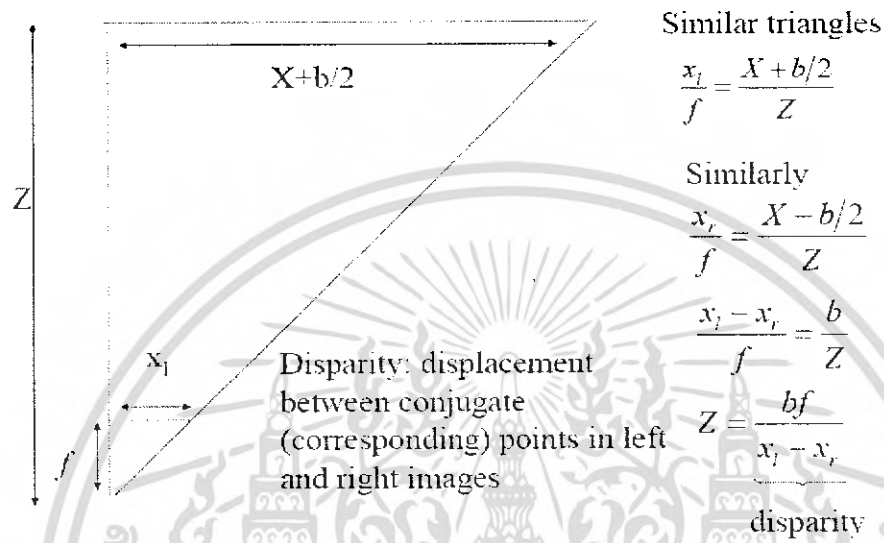
จากการหาตำแหน่งของ P ทั้งหมดจะสังเกตได้ว่า จะสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มหลักๆ คือ

1. ถ้าตำแหน่งของ P อยู่ที่ตำแหน่งด้านขวาของตำแหน่งกล้องด้านขวา จะได้สมการ $Z = (b*f)/(X_l - X_r)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ถ้าตำแหน่งของ P อยู่ที่ตำแหน่งด้านซ้ายของตำแหน่งกล้องด้านซ้าย จะได้สมการ Z = $(b*f)/(X_l + X_r)$

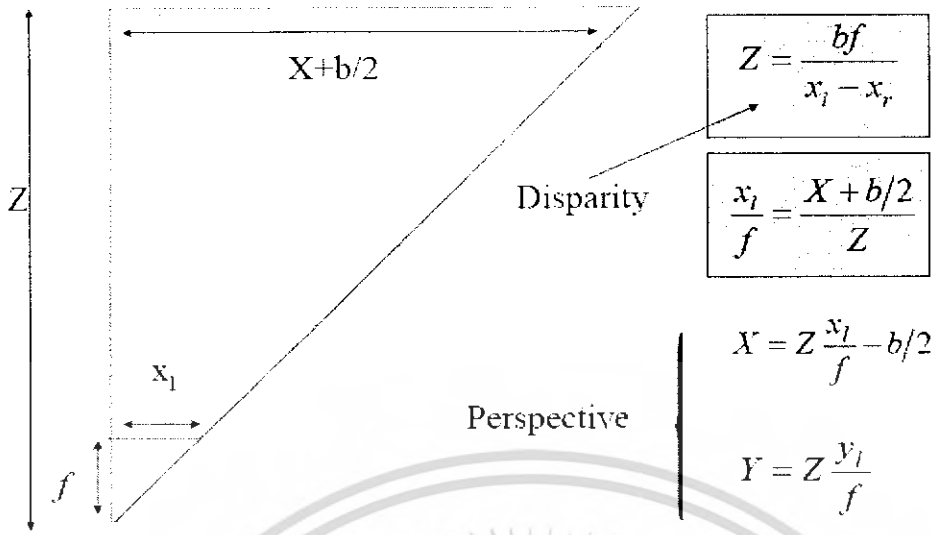
3. ถ้าตำแหน่งของ P อยู่ที่ตำแหน่งนอกเหนือจากที่กล่าวมาสองข้อ จะได้สมการ Z = $(b*f)/(X_r - X_l)$



รูปที่ 2.18 การคำนวณหาค่าแนวแกน Z

เมื่อเราได้ค่าความลึก ค่า Z มาแล้วนั้น ค่า X และ Y จะสามารถหาจากกล้องใดก้อได้เพราะทั้งสองกล้องนั้นมีการเก็บค่าจากพิกัด X และ Y ได้ เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของสามเหลี่ยมคล้าย จะได้ค่าของ X และ Y ดังรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การคำนวณหาค่าแนวแกน X และ Y

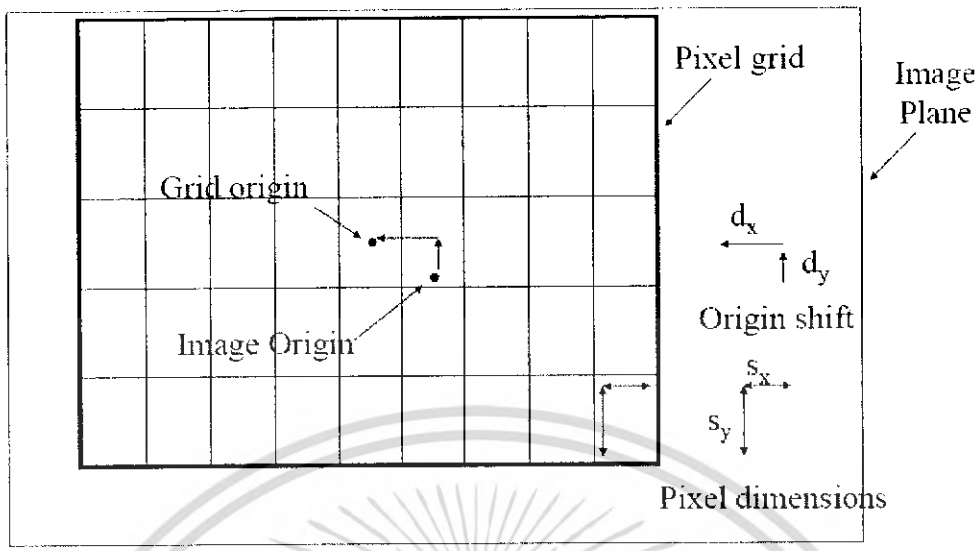
จากการคำนวณด้านบนนั้นเป็นแบบที่ Image Planes นั้นขนานกัน จากการใช้งานอาจจะไม่สะดวกหรือจำเป็นที่จะต้องตั้งให้กล้องนั้นไม่ขนานกัน จะมีส่วนที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ค่า

- Rotation matrices Rl และ Rr จะให้ค่าของทิศทางของกล้อง ที่อ้างอิงจากความสัมพันธ์กับพิกัด scene
- Translation vectors Tl และ Tr จะเป็น vector ที่อยู่จากจุด camera origins กับจุด scene origin ในแนวแกน X

ตัวแปรต่างที่อยู่ในกล้อง และ นอกกล้อง ที่จำเป็นต่อการคำนวณ Stereopsis

1. Extrinsic parameter
   - Rotation matrix R (3x3)
   - Translation vector (Tx,Ty,Tz)
2. Intrinsic parameters
   - ความสัมพันธ์ของพิกัด pixel กับพิกัด image
   - ขนาดของ Pixel (Sx, Sy) pixel นั้นไม่ใช่ สี่เหลี่ยมจัตุรัส
   - ขนาดการเยื้องของจุด Origin (dy, dx) หากจุดไม่อยู่บนแกน
   - ความยาวของ Focus *(f)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 นี้อธิบายถึงค่าต่างใน Intrinsic ยกเว้น ความยาว Focus

จากการคำนวณ Stereopsis ทางด้านกล้องคู่หลังนั้นจะต้องแปลงค่าตำแหน่งที่ได้ ให้อยู่ในรูปแบบของเดียวกันกับตำแหน่งที่ได้จากการคำนวณของกล้องคู่หน้า ซึ่งการจัดวางตำแหน่งของกล้องด้านหลังและด้านหน้านั้น อาจจะไม่ได้จุดที่ตรงกันพอดี ทำให้จะมีค่าความแตกต่างของแนวแกนต่างๆ ตามความแตกต่างของการติดตั้ง ซึ่งจำเป็นที่จะต้องรู้ค่าความแตกต่างเหล่านี้เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแปลงค่าตำแหน่งของกล้องด้านหลัง วิธีคือจะใช้ลูกปิงปองหนึ่งลูกวางไว้ระหว่างกล้องด้านหน้า และด้านหลัง จากนั้นให้แต่ละด้านคำนวณตำแหน่งของลูกปิงปองนั้นออกมา และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความแตกต่างในแต่ละแกนดังนี้

$$dx = Fx - Bx$$

$$dy = Fy - By$$

$$dz = Bz + Fz$$

โดยที่ F คือตำแหน่งของกล้องด้านหน้า และ B คือตำแหน่งของกล้องด้านหลังเมื่อได้ค่า dx,dy และ dz เมื่อต้องการแปลงค่าตำแหน่งจากกล้องด้านหลังไปเป็นตำแหน่งกล้องด้านหน้า ให้แก้สมการด้านบนจะได้

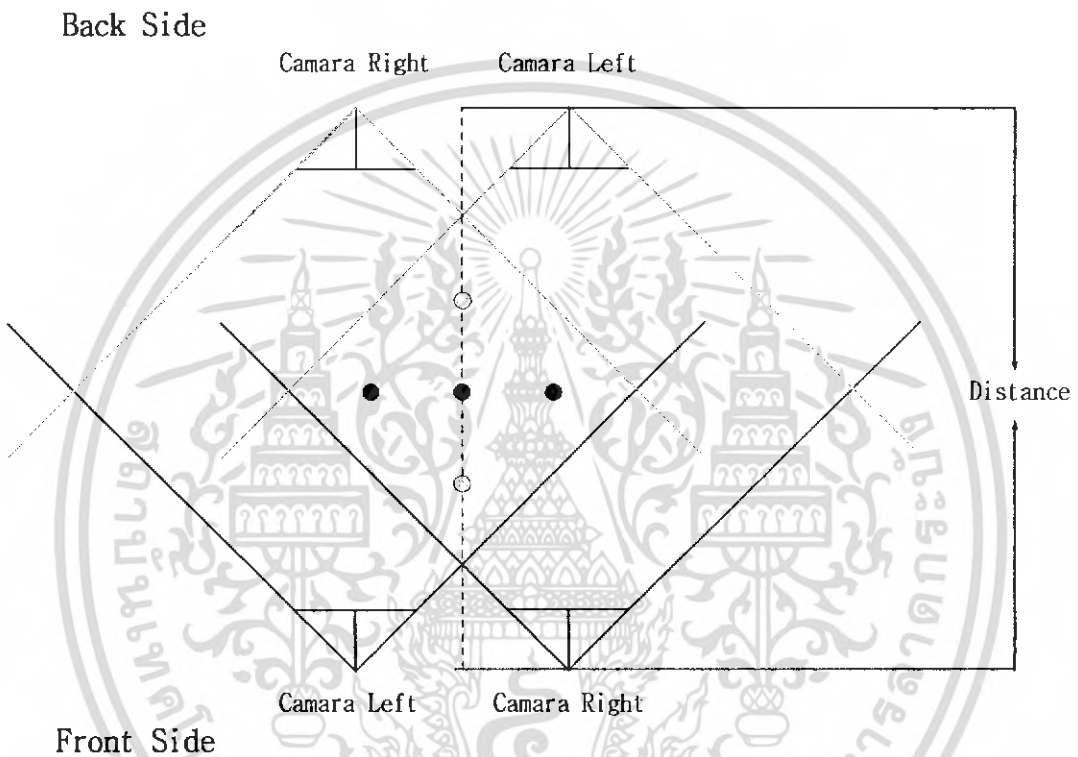
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Fx = dx + Bx$$

$$Fy = dy + By$$

$$Fz = dz - Bz$$

รูปที่ 2.21 แสดงถึงตำแหน่งของกล้องด้านหน้าและด้านหลัง ระยะห่างแนวแกน z ตามที่ได้กล่าวมา



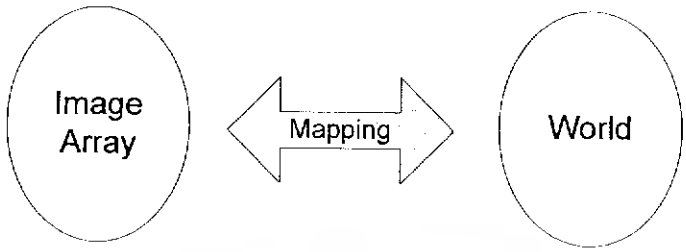
รูปที่ 2.21 นี้แสดงถึงตำแหน่งของกล้องด้านหน้าและด้านหลัง

2.5 Camera Calibration

การที่เราจะทำการคำนวณได้นั้นจะต้องการค่าตัวแปรต่างๆ ภายในสูตร การหาค่าดังกล่าวนั้นจะได้มาจากการทำการ Calibration Camera จะแบ่งค่าตัวแปรที่ได้เป็นสองชนิดหลักๆ คือ Extrinsic และ Intrinsic จะได้ค่าพารามิเตอร์สำคัญๆคือ Focus, Rotation, Translation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

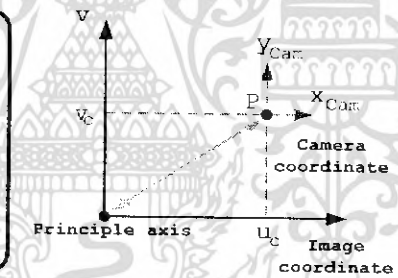
การ Calibration จะเป็นการให้ค่าที่คงที่ป้อนเข้าไปที่ความสัมพันธ์ของการ Mapping พิกัด Scene กับ พิกัด Image ดังรูป 2.22



$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & A & u_c \\ 0 & f & v_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.22 ค่าความสัมพันธ์ของตำแหน่งโลกจริงและตำแหน่งบนภาพ

$$\begin{bmatrix} f & A & u_c \\ 0 & f & v_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



f = Focus length

u_c, v_c = Image Coordinate

A = Lense distortion

รูปที่ 2.23 Intrinsic parameter

จะสังเกตได้ว่าค่าตำแหน่งของ Camera coordinate และ Image coordinate ไม่ตรงกันเนื่องจากการกำหนดขนาดของ พิกเซลที่อยู่บน Image Plane จะมีระยะห่างอยู่ ส่วนค่าของ Extrinsic จะอยู่ที่ X Y Z ดังรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{pmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{pmatrix} = [\,R\,]_{3x3} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + T$$

รูปที่ 2.24 Extrinsic parameter

การประมาณค่า Intrinsic parameter และ Extrinsic parameter ที่ใช้ในการ Calibration Camera ในรูปแบบนี้นั้นจะใช้วิธี Closed from solution

$$A = \begin{bmatrix} \alpha & \gamma & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H = [h_1\ h_2\ h_3] = \lambda A[\,r_1\ r_2\ t\,]$$

$$B = A^{-T}A^{-1} \equiv \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} \\ B_{12} & B_{22} & B_{23} \\ B_{13} & B_{23} & B_{33} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{1}{\alpha^2} & -\frac{\gamma}{\alpha^2\beta} & \frac{v_0\gamma - u_0\beta}{\alpha^2\beta} \\ -\frac{\gamma}{\alpha^2\beta} & \frac{\gamma^2}{\alpha^2\beta^2} + \frac{1}{\beta^2} & -\frac{\gamma(v_0\gamma - u_0\beta)}{\alpha^2\beta^2} - \frac{v_0}{\beta^2} \\ \frac{v_0\gamma - u_0\beta}{\alpha^2\beta} & -\frac{\gamma(v_0\gamma - u_0\beta)}{\alpha^2\beta^2} - \frac{v_0}{\beta^2} & \frac{(v_0\gamma - u_0\beta)^2}{\alpha^2\beta^2} + \frac{v_0^2}{\beta^2} + 1 \end{bmatrix}$$

B เป็น symmetric Matrix ที่ถูกกำหนดโดย 6 Dimension vector จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b = [B_{11}, B_{12}, B_{22}, B_{13}, B_{23}, B_{33}]^T$$

และในทุก i^{th} Column vector ของ H คือ $h_i = [h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}]^T$ ดังนั้นเราจะได้

$$h^T_i B h_j = v^T_{ij} b$$

และ

$$Vij = [h_{i1}h_{j1},\ hi1hj2 + h_{i2}h_{j1},\ hi2hj2,\ hi3,\ hj1 + h_{i1}h_{j3},\ hi3,\ hj2 + h_{i2}h_{j3},\ hi3hj3]^T$$

โดยพื้นฐานของ $h^T_1 A^{-T} A^{-1} h_2 = 0$ และ $h^T_1 A^{-T} A^{-1} h_1 = h^T_2 A^{-T} A^{-1} h_2$ ที่ได้มาจาก homograpy จะสามารถเขียนอยู่ในรูปใหม่คือ

$$\begin{bmatrix} v_{12}^T \\ (v_{11} - v_{22})^T \end{bmatrix} b = 0$$

จะสร้างประมาณค่า Intrinsic parameter ของ matrix A ได้โดย

$$\begin{aligned}
v_0 &= (B_{12}B_{13} - B_{11}B_{23})/(B_{11}B_{22} - B_{12}^2) \\
\lambda &= B_{33} - [B_{13}^2 + v_0(B_{12}B_{13} - B_{11}B_{23})]/B_{11} \\
\alpha &= \sqrt{\lambda/B_{11}} \\
\beta &= \sqrt{\lambda B_{11}/(B_{11}B_{22} - B_{12}^2)} \\
\gamma &= -B_{12}\alpha^2\beta/\lambda \\
u_0 &= \gamma v_0/\beta - B_{13}\alpha^2/\lambda .
\end{aligned}$$

ค่า Extrinsic parameter จะได้จาก

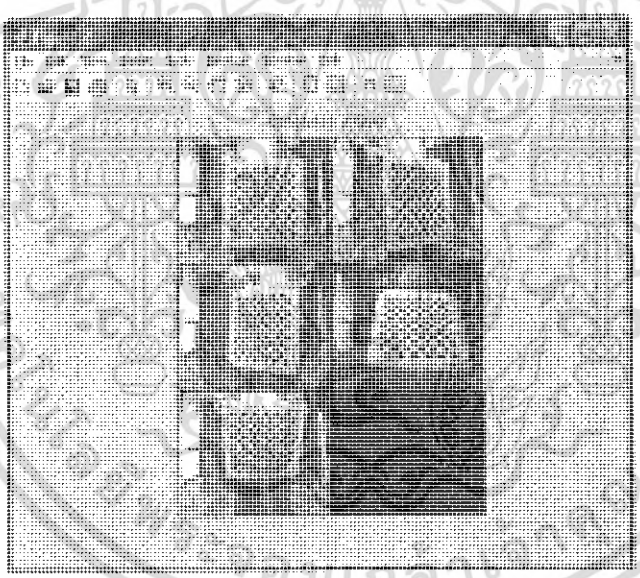
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$r_1 = \lambda A^{-1} h_1$$
$$r_2 = \lambda A^{-1} h_2$$
$$r_3 = r_1 \times r_2$$
$$t = \lambda A^{-1} h_3$$

2.5.1 ขั้นตอนการทำ Calibration Camera

1. จะต้องทำการจับภาพจากกล้องตัวที่จะทำการ Calibration โดยภายในภาพจะต้องมี รูปกระดานหมากรุกเป็นส่วนประกอบ และมองเห็นภาพกระดานหมากรุกได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ควรถูกบดบัง

2. เมื่อเตรียมภาพตามข้อที่ 1 ซึ่งจำนวนควรมีตั้ง4-5ภาพขึ้นไปเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น หลังจากนั้นให้นำไปไว้ที่เดียวกันกับ Program Calibration ซึ่งการกำหนดชื่อนั้นจะต้องกำหนดตัวเลขตามด้านหลังชื่อด้วย

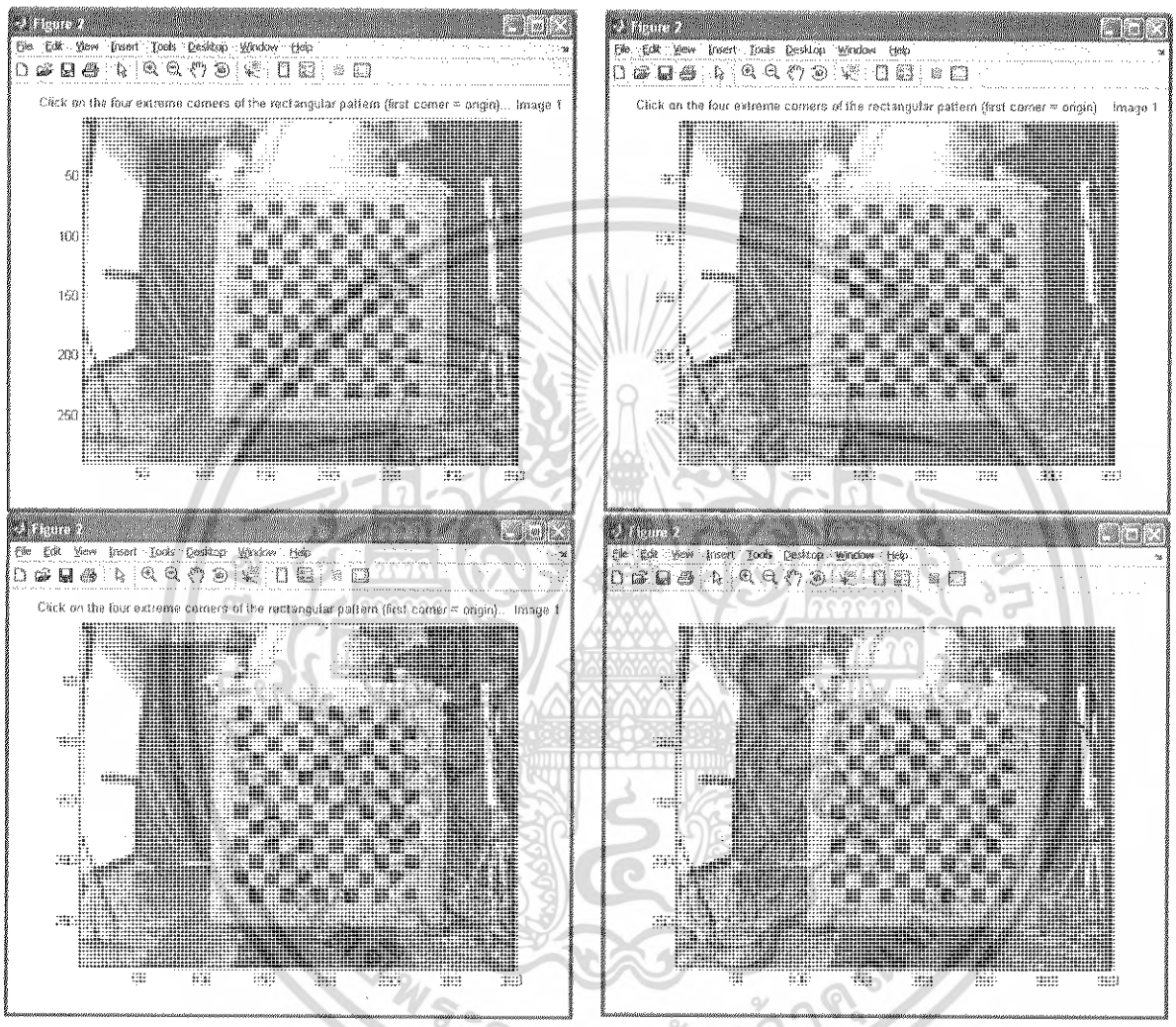


รูปที่ 2.25 ขั้นตอนการโหลดรูปภาพเตรียมทำการ Calibrationr

3. สั่งให้โปรแกรม Load ภาพที่เตรียมไว้ ซึ่งสามารถกำหนดภาพที่จะ Load ได้ โดยการป้อนชื่อ และตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อผ่านขั้นตอนข้อที่ 3 จากนั้นจะทำงานต่อในส่วนของการ Extract grid conner โปรแกรมจะให้กำหนดขนาดของช่องความกว้างของตารางหมากรุกที่ใช้ หลังจากนั้นจะให้ผู้ใช้คลิกไปที่มุมทั้งสี่ของภาพกระดานหมากรุกโดยที่เริ่มจากช่องที่ถัดจากขอบมา 1 ช่องในทุกๆด้าน และเริ่มจากมุมบนซ้ายไปยังมุมบนขวา ตามด้วย มุมล่างขวา และสุดท้ายที่มุมล่างซ้าย



รูปที่ 2.26 Extract grid conner

5. ทำขั้นตอนที่ 4 ไปจนครบทุกภาพที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นเมื่อครบแล้วให้สั่งทำการ Calibration ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการถึงค่า Distortion ของ lens จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 หากไม่ใส่จะถูกกำหนดไว้ที่ 0 เมื่อโปรแกรมทำงานตามคำสั่งนี้เสร็จสิ้น จะได้ค่าต่างๆของกล้องออกมา ทั้ง Intrinsic parameter และ Extrinsic parameter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จากนั้นจะทำการบันทึกไฟล์ที่ได้เก็บไว้ และทำตั้งแต่ข้อ1-5 อีกครั้งกับกล้องอีกตัวหนึ่งและบันทึกไฟล์ที่ได้ไว้เช่นเดียวกัน เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณแบบ Stereo Calibration ต่อไป

7.สั่ง Load ไฟล์ข้อมูลที่ได้จากข้อ6 จากโปรแกรม Stereo Calibration และสั่งทำการ Calibration

8.จะได้ค่าระยะห่างระหว่าง จุด Focus ทั้งสองกล้อง ซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณ Stereopsis ที่ได้ตามตัวอย่างคือ 236.44 มม.

Translation vector: T = [-236.44042 0.07438 5.19886] ๗ [0.74851 0.59563 5.05374]

2.6 การส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย

รูปแบบของ TCP/IP Software Interface ที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย Socket Interface เป็น TCP/IP Software Interface ที่พัฒนาขึ้นโดย University of California at Berkley ซึ่งในตอนต้นได พัฒนารูปแบบการเชื่อมต่อแบบนี้เพื่อใช้กับระบบปฏิบัติการ Berkley Unix

2.6.1 Berkeley Sockets

ช่วงต้นทศวรรษที่ 1980 Advanced Research Projects Agency (ARPA) ได้ให้ทุนกับ University of California at Berkeley เพื่อพัฒนา TCP/IP Software บนระบบปฏิบัติการ UNIX และผลส่วนหนึ่งของโครงการดังกล่าวคือการออกแบบและพัฒนาส่วนการเชื่อมต่อ (Interface) ซึ่ง Application Software จะใช้ในการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย และผลที่ได้รับคือ Berkeley Sockets Interface หรือที่เรียกกันสั้น ๆ ว่า Sockets Interface โดยจุดเด่นของ Sockets Interface นั้นคือการสนับสนุนการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายด้วย Protocols ที่หลากหลายที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ Sockets Interface ได้ถูกนำไปใส่ในระบบปฏิบัติการสำหรับเครื่อง Work station ระดับสูงจากผู้ผลิตรายใหญ่ อาทิเช่น Sun Microsystems Inc., Tektronix Inc., Digital Equipment Corp. เป็นต้น ทำให้ Sockets Interfaceมีกลายมาเป็น Interface ที่สำคัญ และมีผู้ใช้งานอย่างกว้างขวาง จนกระทั่งอาจกล่าวได้ว่า Sockets Interface นั้นได้กลายเป็นมาตรฐานสำหรับการเชื่อมต่อ (Interface) ไปโดยปริยาย

2.6.2 Sockets

ที่ถูกสร้างขึ้นนั้นจะมีวัตถุประสงค์ในการใช้งานอยู่เพียง 2 ลักษณะได้แก่ การรอรับการเชื่อมต่อและการเชื่อมต่อไปยังเครื่องปลายทาง (Initiate a connection) โดย Sockets ที่รอรับการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

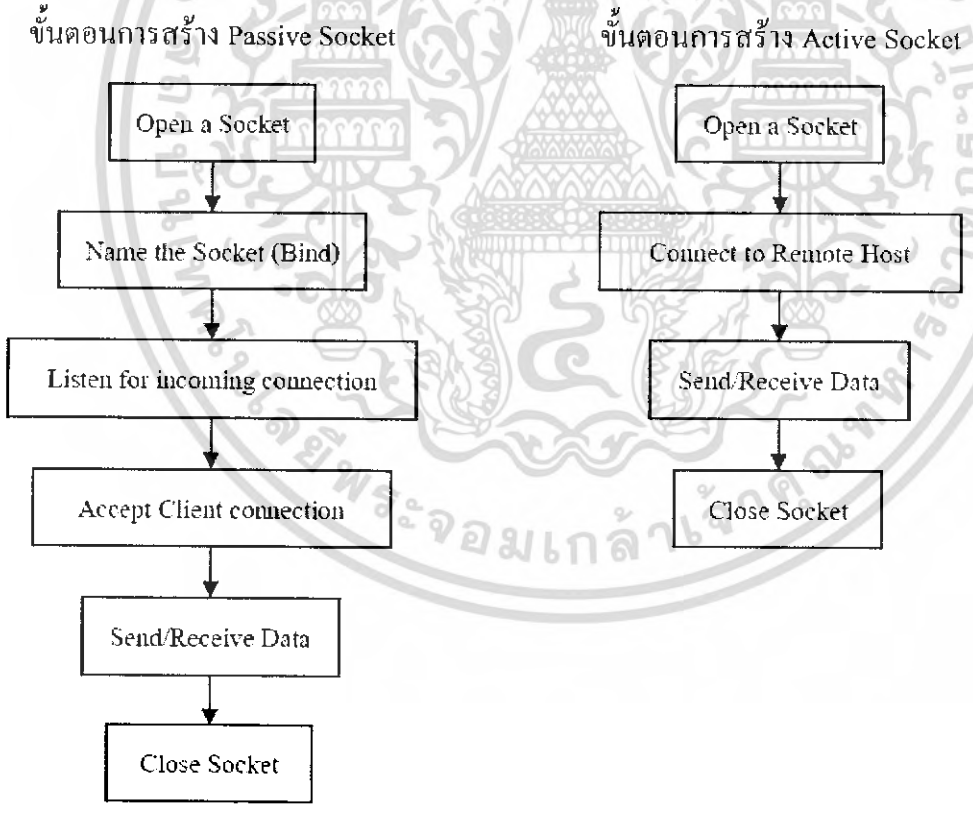
นั้นจะเป็นSockets ที่ใช้ใน Server Application ซึ่ง Sockets ชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า Passive Socket ในขณะที่ Sockets ที่พยายามเชื่อมต่อไปยังเครื่องปลายทางซึ่งใช้ใน Client Application นั้นจะมีชื่อเรียกว่า Active Socketทั้ง Active Sockets และ Passive Sockets นั้นในชั้นแรกจะถูกสร้างขึ้นมาด้วยวิธีการเดียวกัน ดังนั้นข้อแตกต่างของ Active Sockets และ Passive Sockets จึงอยู่ที่วัตถุประสงค์การใช้งานเท่านั้น

Sockets สามารถแบ่งออกเป็นประเภทตามลักษณะการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

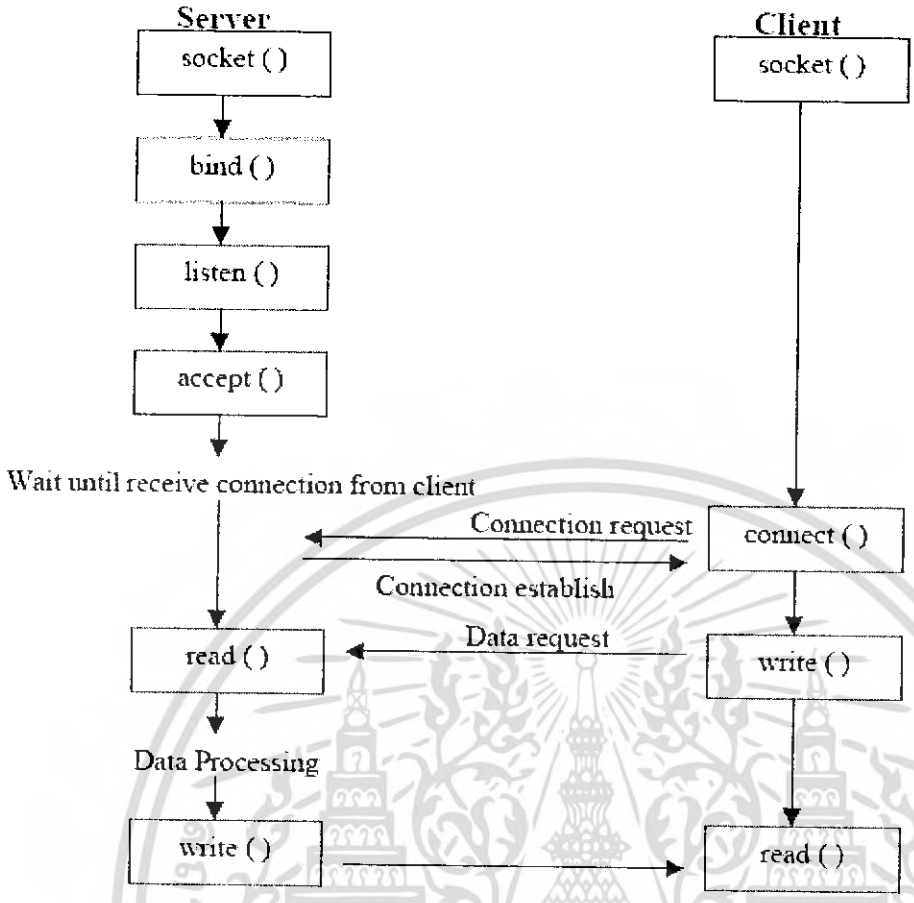
- Stream Sockets หรือ Connection Oriented Sockets
- Datagram Sockets หรือ Connectionless Sockets
- Raw Sockets

2.6.3 ชนิดของ Socket ที่ใช้ในโครงงาน

ชนิดของ Socket ที่ใช้ในโครงงานนี้จะเป็นประเภท Stream Sockets ซึ่งมีลักษณะการทำงานตามขั้นตอนต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

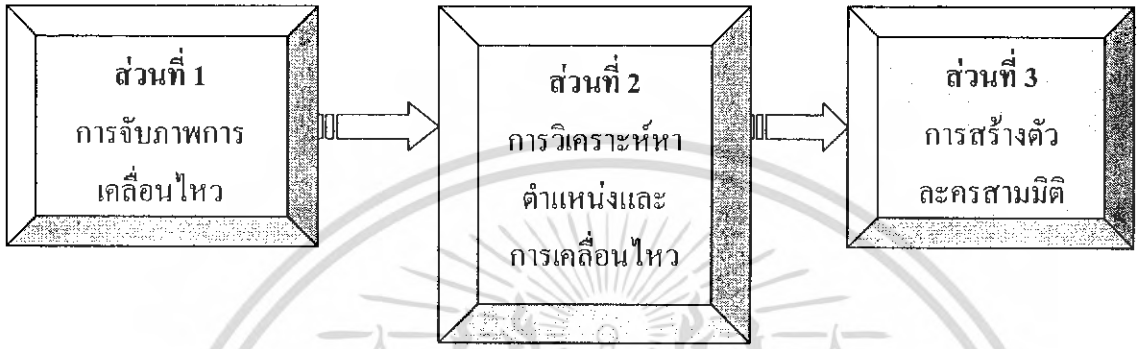


รูปที่ 2.27แสดงการสร้างและการทำงานของ Socket

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบ

3.1 ระบบโดยรวม



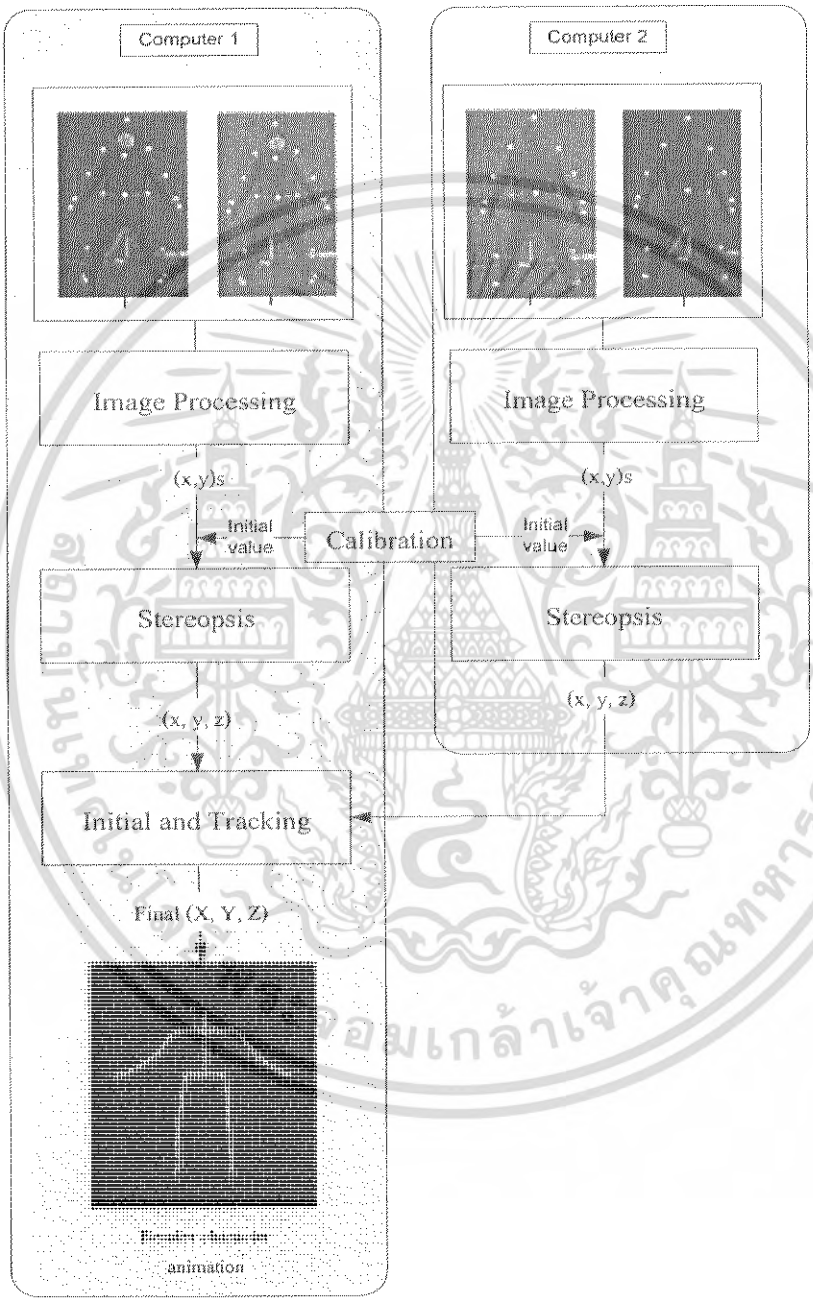
รูปที่ 3.1 ระบบโดยรวม

1. การบันทึกภาพการเคลื่อนไหว (Motion Record) เป็นส่วนที่ต้องจัดเตรียมทุกอย่างก่อนการทำงาน ได้แก่อุปกรณ์ต่างๆ การตั้งกล้อง การจัดสถานที่ การจัดแสง ชุดที่ใช้ใส่แสดง และผู้แสดง (Actor) ระบบประมวลผล เพื่อทำการจับภาพวีดีโอจากกล้องทั้ง 4 ตัวแล้วส่งภาพแต่ละเฟรมไปส่วนต่อไป
2. การวิเคราะห์หาการเคลื่อนไหว (Motion Analysis) ใช้การประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่ง
3. มาร์กเกอร์แต่ละจุดของแต่ละเฟรมของภาพที่ได้จากข้อ 1 แล้วนำมาคำนวณหาตำแหน่งจริง (World Coordinate) แล้วส่งข้อมูลตำแหน่งการเคลื่อนไหวที่คำนวณได้ไปให้ส่วนต่อไป
4. การสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละคร (Animation Production) เป็นขั้นตอนที่จะนำเอาข้อมูลตำแหน่งการเคลื่อนไหว (Motion Data) ไปกำหนดให้กับตัวละคร 3 มิติ ในที่นี้ใช้ OpenGL เพื่อสร้างโครงสร้างโครงกระดูกมนุษย์แล้วจึงส่งข้อมูลตำแหน่งเหล่านั้นให้ตัวโครงกระดูกแสดงผลการเคลื่อนไหวตามข้อมูลที่ได้มานั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบโปรแกรม

การจับภาพจากกล้องวิดีโอทั้ง 4 ตัวพร้อมๆ กันนั้น จำเป็นที่จะต้องใช้การ์ดจับภาพ (Video Capture Card) 4 ชุด ซึ่งมีข้อจำกัดตรงที่คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง สามารถติดตั้งการ์ดได้เพียง 2 ชุด ดังนั้น จึงต้องใช้คอมพิวเตอร์ 2 เครื่องในการจับภาพและส่งผลมาทำการแสดงในเครื่องใดเครื่องหนึ่ง



รูปที่ 3.2 การออกแบบโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

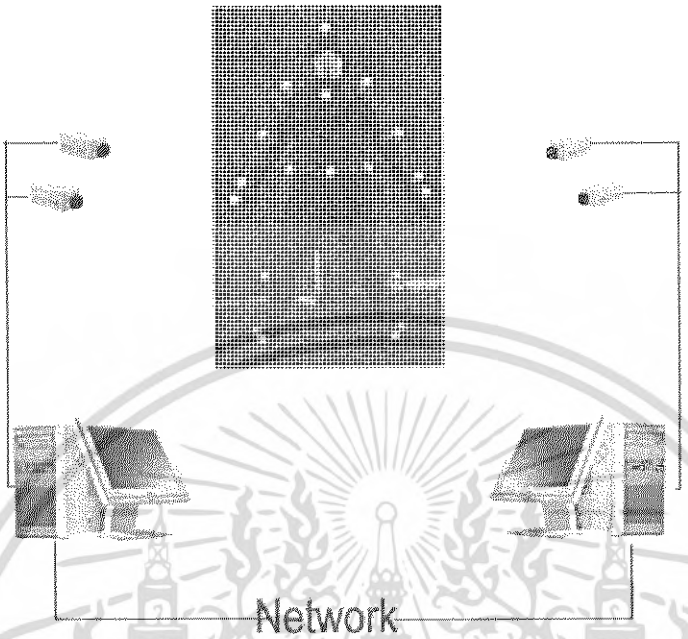
1. เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งสองเครื่องทำการจับภาพจากกล้อง 4 ตัวเครื่องละสองกล้อง
2. นำภาพที่ได้มาจากแต่ละกล้องส่งต่อให้ส่วน Image Processing ทำการหาตำแหน่ง x,y ในหนึ่งเครื่องจะสามารถคำนวณภาพจากกล้องสองตัว
3. หลังจากได้รับตำแหน่ง x และ y ของมาร์กเกอร์แต่ละตัวแล้วก็นำตำแหน่งแรกที่เจอส่งไปให้กับส่วน Calibration ทำการหาค่าตัวแปรให้กับฟังก์ชัน Stereopsis
4. จากนั้นก็นำตำแหน่งที่เจอทั้งหมดแรกที่เจอส่งไปให้กับฟังก์ชัน Stereopsis เพื่อหาตำแหน่ง 3 มิติ x, y และ z
5. หลังจากผ่านฟังก์ชัน Stereopsis เครื่องแต่ละเครื่องก็จะได้ตำแหน่ง 3 มิติเครื่องละชุด
6. ทำการ Initial post เพื่อให้ได้ค่าค่าเริ่มต้นไปใช้ในฟังก์ชัน Tracking
7. ส่งผลลัพธ์ตำแหน่ง 3 มิติแต่ละชุดไปให้ฟังก์ชัน Tracking เพื่อระบุตำแหน่ง
8. เมื่อรู้ว่าตำแหน่งแต่ละอันเป็นตำแหน่งไหนก็ส่งไปให้โครงกระดูกแสดงผล
9. จากนั้นก็กลับไปเริ่มขั้นตอนรับภาพมาคำนวณใหม่

3.2.2 จากการทำงานของระบบทั้งหมดสามารถแบ่งการทำงานโปรแกรมได้ 7 ส่วน

1. ส่วนการรับภาพ ต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาติดต่อกับ Capture Cards เพื่อรับภาพ
2. ส่วน User Interface เขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อเป็นตัวกลางให้ผู้ใช้ระบบสามารถปรับค่าที่จำเป็นต่างๆ
3. ส่วน Calibration หาค่าต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในส่วน Stereopsis ส่วนนี้ใช้ Tool ที่มีอยู่ในโปรแกรม Matlab ในการทำงาน
4. ส่วน Stereopsis เขียนโปรแกรมขึ้นมาหาตำแหน่งจริง (World Coordinate)
5. ส่วน Initial เขียนโปรแกรมให้ระบบรู้จักมาร์กเกอร์ว่ามาร์กเกอร์ที่พอเป็นมาร์กเกอร์ส่วนไหน
6. ส่วน Tracking เขียนโปรแกรมเพื่อติดตามการเคลื่อนไหวของมาร์กเกอร์
7. ส่วน Render แสดงโครงสร้างโครงกระดูกจากผลที่ระบบหามาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การจับภาพการเคลื่อนไหว (Motion Record)



รูปที่ 3.3 แสดงระบบการทำงานในการจับภาพการเคลื่อนไหว

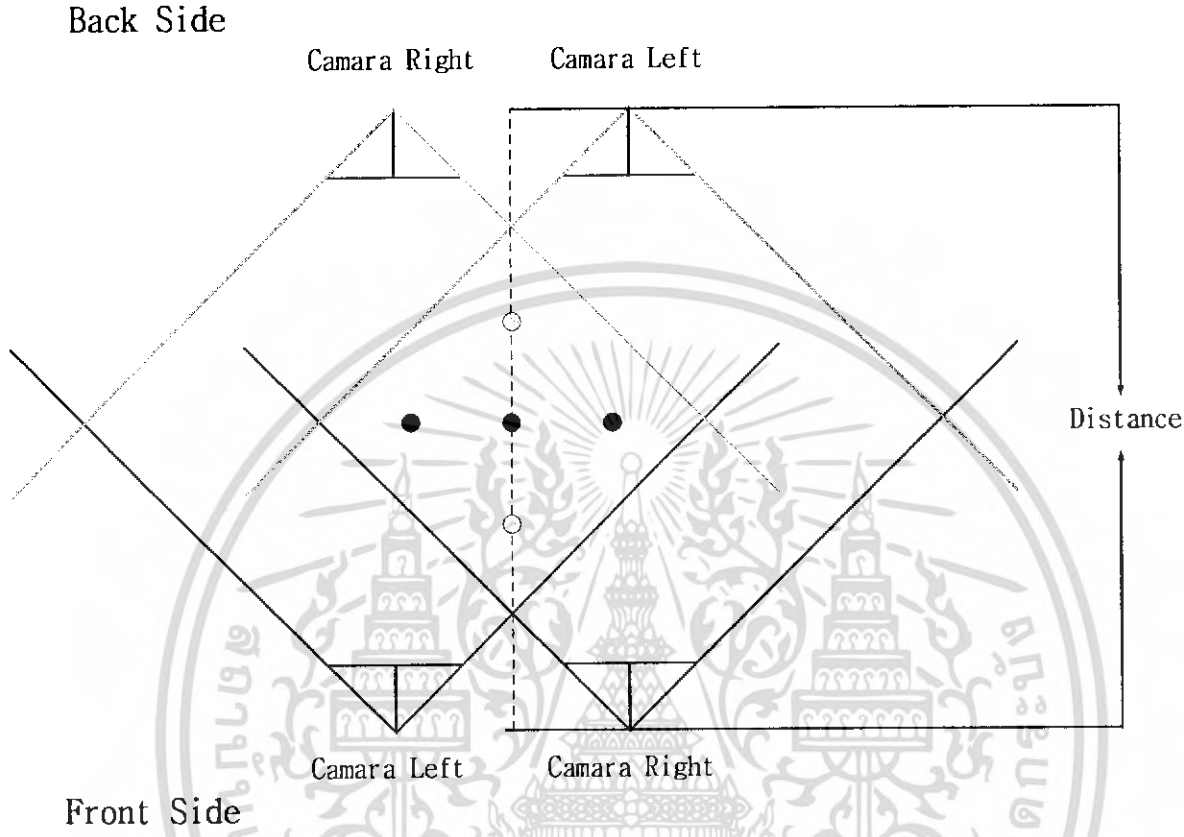
จากรูปแสดงการจับภาพการเคลื่อนไหว โดยที่ก่อนการจับการเคลื่อนไหวจะต้องมีการจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการจับภาพ มีการควบคุมแสงให้พอดี และพื้นที่ให้เพียงพอต่อการใช้งาน การรับสัญญาณภาพจากกล้องวิดีโอจะรับสัญญาณภาพผ่านเข้ามาทางการ์ดรับสัญญาณภาพ จากนั้นใช้โปรแกรม Capture Pro เพื่อทำการรับภาพจากกล้องทั้ง 4 เข้ามาแล้วส่งไปทำการหาตำแหน่งมาร์กเกอร์ไปประมวลผลต่อจึงต้องมีการติดตั้งระบบที่จะใช้ประมวลผลเตรียมไว้ด้วย

3.3.1 การติดตั้งกล้องถ่ายวิดีโอ

การติดตั้งกล้องนั้นควรจะเลือกใช้กล้องที่มีชนิดเดียวกัน รุ่นเดียวกัน เพื่อให้มีความสมดุลของค่าพารามิเตอร์ในกล้องให้ใกล้เคียงกันที่สุด และการจัดตำแหน่งของกล้องนั้น ควรจะวางให้ฉากรับภาพภายในกล้องนั้นขนานกัน และอยู่ห่างกันไม่มากเกินไป เพื่อสะดวกในการนำภาพที่ได้ไปคำนวณหาตำแหน่ง 3D ในขั้นตอนของ Stereopsis นั้นเอง ซึ่งในโครงงานนี้ใช้รูปแบบการวางกล้องแบบหันหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนกันด้านละสองตัววางขนานกันซึ่งทั้งสองด้านต้องวางให้ห่างกันพอที่จะสามารถรับภาพผู้แสดงได้ทั่วทั้งตัวแล้วสามารถแสดงท่าทางต่างๆ ได้แต่ไม่ไกลจนเกินไป



รูปที่ 3.4 แสดงการวางตำแหน่งของกล้อง

เนื่องจากการวางกล้องแบบ ให้ Image plane นั้นอยู่ในระนาบเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ลดขั้นตอนการคำนวณของ Stereopsis ได้มากและง่ายขึ้น การที่มีกล้อง 4 ตัวทำให้จะต้อง มีการหาค่าระยะห่างของกล้องด้านหน้ากับกล้องด้านหลัง(Distance_Z) เพื่อที่จะใช้ในการแปลงตำแหน่งจากกล้องด้านหลังให้เป็นตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งกล้องทางด้านหน้า การหาค่าระยะห่างของกล้องด้านหน้ากับกล้องด้านหลัง(Distance_Z) นั้นจะต้องทำการกำหนดจุดขึ้นมาก่อน 1 จุดที่ตำแหน่งโดยจะเป็นตำแหน่งที่ตรวจจับมาได้เป็นตำแหน่งแรกของกล้องคู่หน้าและหลัง จากนั้นจะให้โปรแกรมทำการคำนวณค่าใจตำแหน่ง 3 มิติ และนำค่าแนวแกน Z ของกล้องด้านหน้าและกล้องด้านหลังบวกกันเพื่อหาระยะห่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างกล้องคู่หน้าและกล้องคู่หลัง และนำไปกำหนดให้กับค่า Distance_Z Distance ซึ่งจำเป็นจะต้องนำไปใช้ในการแปลงตำแหน่งของ Z ของกล้องด้านหลัง มาเป็นด้านหน้าโดยใช้สมการดังนี้

$$Z_{front} = Distance_Z - Z_{back}$$

และค่าของ X จะต้องถูกแปลงด้วยเช่นกัน โดยการหาความแตกต่างของระยะในแนวแกน X โดยอาศัยจุดตำแหน่งเดียวกันกับการหา Distance_Z แต่จะพิจารณาค่าในแนวแกน X โดยใช้ตำแหน่งกล้องคู่หน้าเป็นตำแหน่งหลัก ลบด้วยตำแหน่งของกล้องคู่หลัง จะได้ค่า Distance_X และนำค่านี้ไปใช้ในการแปลงตำแหน่งแกน X ของกล้องคู่หลังมาเป็นตำแหน่งของกล้องคู่หน้า

$$X_{front} = Distance_X + X_{back}$$

ส่วนตำแหน่งของค่า Y นั้นคือความสูงทั้งสองกล้องจะมองตำแหน่งในลักษณะเดียวกันคือการหา Distance_Y จะเหมือนกันการหาในแนวแกน X โดยจะได้สมการในการแปลงตำแหน่งแนวแกน Y ของกล้องด้านหลังมาเป็นตำแหน่งของกล้องด้านหน้าดังนี้

$$Y_{front} = Distance_Y + Y_{back}$$

สาเหตุที่ทำให้ต้องใช้ marker ออกไปให้กล้องตรวจจับและหาระยะทางนั้นเนื่องจาก ระยะที่วัดจากจุด Focus ของกล้องทั้งสองนั้นเราไม่สามารถมองเห็นได้จึงจำเป็นต้องใช้วิธีดังกล่าว

3.4 ผู้แสดง มาร์กเกอร์ และการจัดสภาพแวดล้อม

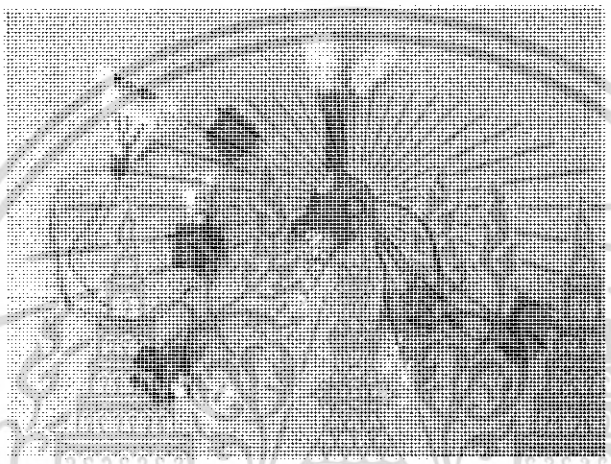
ผู้แสดงนั้นเป็นส่วนหนึ่งในระบบ การคัดเลือกผู้แสดงนั้นไม่มีข้อกำหนดแต่อาจจะต้องมีการเลือกผู้แสดงที่มีรูปร่างเหมาะสม จะสามารถทำให้สามารถเคลื่อนไหวและแสดงท่าทางที่ต้องการได้ แต่ก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบของตัวละครที่อยากจะให้แสดงออกมา โดยในการจับการเคลื่อนไหวของผู้แสดงนั้นระบบจะหาตำแหน่งข้อต่อสำคัญเพื่อให้สามารถนำไปสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละคร 3 มิติได้ ในการจะหาตำแหน่งข้อต่อของผู้แสดงจากภาพวิดีโอได้นั้นจำเป็นที่จะต้องใช้สัญลักษณ์ คือมาร์กเกอร์ (Marker) เป็นจุดสังเกต เพื่อให้โปรแกรมที่ใช้ประมวลผลภาพสามารถแยกแยะหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์จากภาพ ดังนั้นโครงงานนี้ใช้มาร์กเกอร์ที่มีคุณสมบัติสะท้อนแสง หรือสามารถให้แสงสว่างด้วยตัวเองได้นั้นคือหลอดไฟเนื่องจากการประมวลผลภาพจะหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์จากจุดที่มีความสว่างมากบนภาพ โดยมาร์กเกอร์จะติดไว้ตรงบริเวณที่จุดข้อต่อที่สำคัญต่างๆ ของร่างกาย สำหรับชุดที่ผู้แสดง (Actor) ต้องสวมใส่ จะเป็นชุดรัดรูปสีดำล้วน แขนยาว ขายาว เพื่อให้สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างสะดวก และเพื่อไม่ให้เกิดการสะท้อนของแสง ซึ่งจะทำให้การคำนวณหาตำแหน่งคลาดเคลื่อนน้อยลง ลักษณะของสิ่งแวดล้อม ลักษณะของสิ่งแวดล้อมก็มีผลกับระบบ หากสถานที่ ที่ทำการจับภาพเป็นพื้นที่ ที่ไม่สามารถควบคุมแสงได้ก็จะก่อให้เกิดความลำบากต่อการสร้างระบบและส่งผลกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อการประมวลผลภาพที่รับเข้าไป ดังนั้นสถานที่ ควรจะเป็นพื้นที่เปิด และไม่มีแสงสว่างมากเกินไป เช่นแสงจากแสงอาทิตย์

3.4.1 มาร์กเกอร์(Marker)

มาร์กเกอร์ที่ใช้เป็นหลอดไฟฉาย หรือหลอดไฟท้ายรถจักรยานยนต์หลอดเล็กๆ เลือกที่กินไฟน้อยหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด สามารถนำมาติดใกล้ตัวและไม่เป็นอันตรายถึงชีวิตในโครงงานนี้ใช้หลอดไฟ 6V นำหลอดมาต่อกันให้สามารถนำไปติดได้ทั่วทุกจุดที่ต้องการ



รูปที่ 3.5 หลอดไฟที่นำมาใช้สำหลับทำเป็นมาร์กเกอร์

จุดมาร์กเกอร์ 21 จุดหลัก

1. เป็นจุดบริเวณข้างบนศีรษะกึ่งกลาง
2. เป็นจุดบริเวณหัวไหล่ด้านขวา
3. เป็นจุดบริเวณหัวไหล่ด้านซ้าย
4. เป็นจุดบริเวณกึ่งกลางหน้าอกด้านหน้า
5. เป็นจุดบริเวณข้อศอกด้านขวา
6. เป็นจุดบริเวณข้อศอกด้านซ้าย
7. เป็นจุดบริเวณข้อมือขวาด้านนอกลำตัว
8. เป็นจุดบริเวณข้อมือซ้ายด้านนอกลำตัว
9. เป็นจุดบริเวณกลางหลังมือขวา
10. เป็นจุดบริเวณกลางหลังมือซ้าย

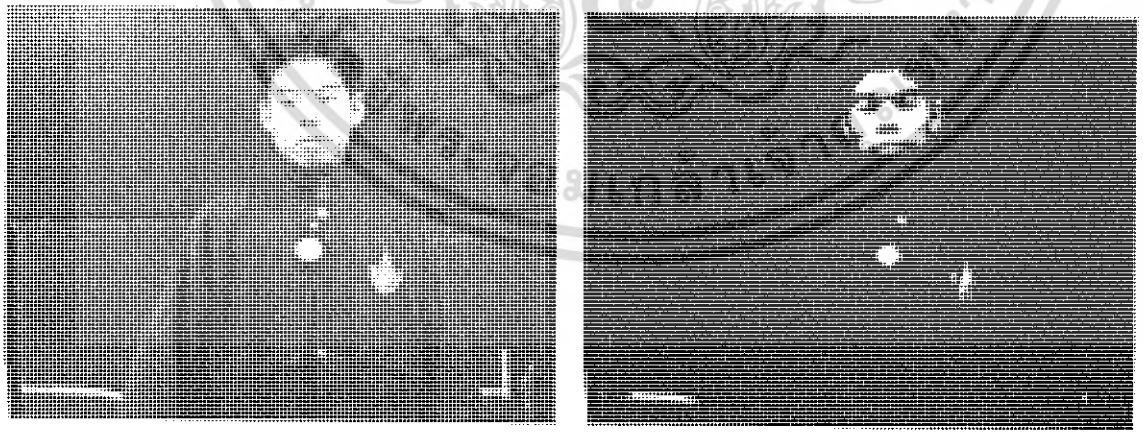
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. เป็นจุดบริเวณข้างสะโพกข้างด้านขวา
12. เป็นจุดบริเวณข้างสะโพกข้างด้านซ้าย
13. เป็นจุดบริเวณกลางสะโพกข้างด้านหน้า
14. เป็นจุดบริเวณด้านข้างหัวเข่าข้างขวา
15. เป็นจุดบริเวณด้านข้างหัวเข่าข้างซ้าย
16. เป็นจุดบริเวณตาตุ่มข้อเท้าขวาด้านนอก
17. เป็นจุดบริเวณด้านหน้าของเท้าขวา
18. เป็นจุดบริเวณตาตุ่มข้อเท้าซ้ายด้านนอก
19. เป็นจุดบริเวณด้านหน้าของเท้าซ้าย

สำหรับตำแหน่งที่ตรวจจับทั้ง 19 จุดนั้นเป็นจุดหลักที่เพียงพอต่อการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายของมนุษย์ ซึ่งในการตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบนี้สามารถเพิ่มและลดจำนวนมาร์กเกอร์ได้ไม่ยากนักจึงอำนวยต่อการปรับเปลี่ยนมาร์กเกอร์

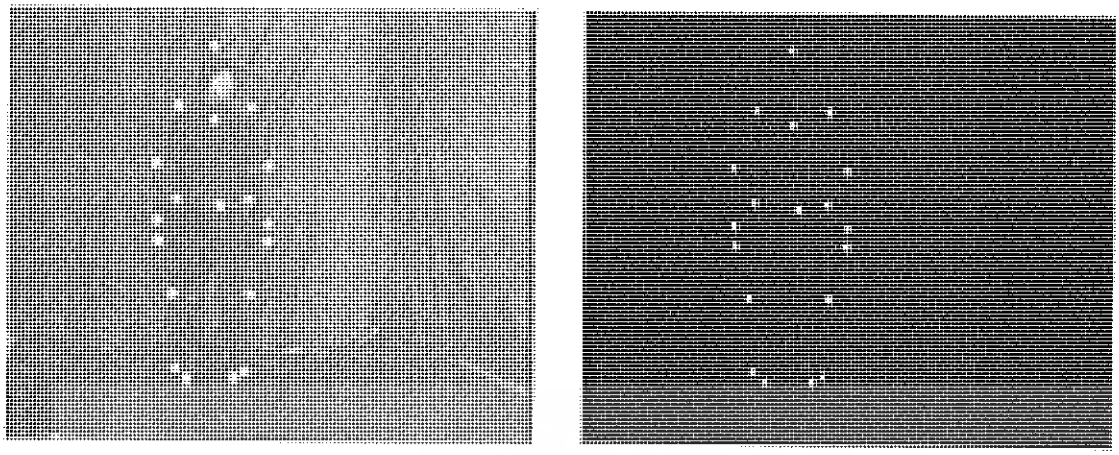
3.4.2 สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมก็มีส่วนสำคัญต่อการตรวจจับ เพราะหากจับภาพในที่ที่มีแสงมากเกินไปก็อาจทำให้ส่วนอื่นที่ไม่สนใจมีสภาพเป็นสีขาว หรือหากถ้ามืดเกินไปก็อาจจะออกเป็นสีดำดังตัว ดังนั้นจึงต้องจัดสภาพแสดงให้พอดี โดยจากการทดลองพบว่าการตรวจจับในห้องที่ไม่แสง มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากจะสามารถควบคุมได้ง่าย



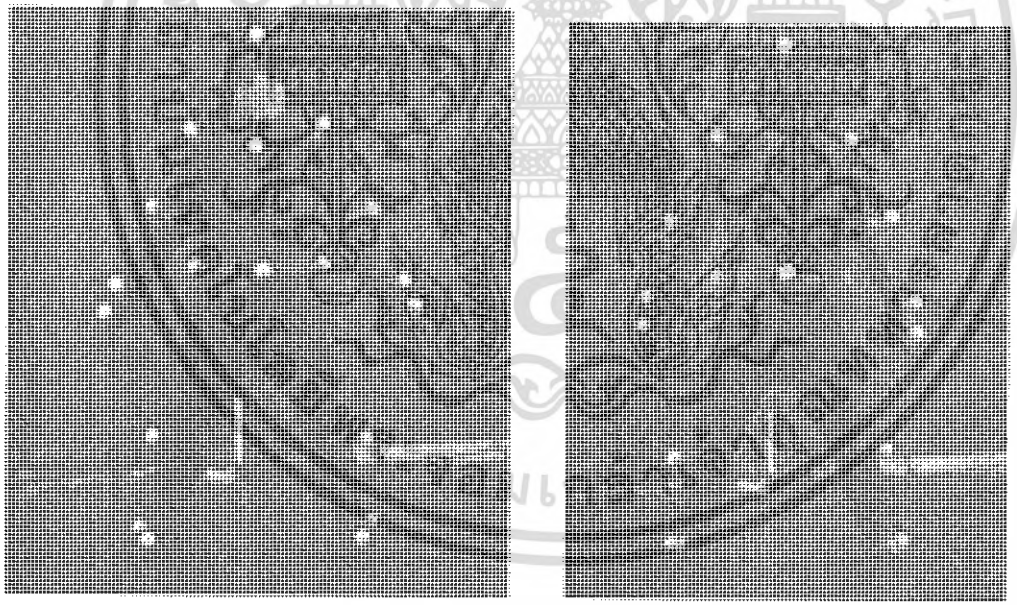
(ก) (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) (ง)

รูปที่3.6 (ก) รูปการจับภาพในสภาวะแวดล้อมที่มีแสงมากเกินไป
(ข) รูปผลจากการทำ Thresholding ของสภาวะแวดล้อมที่มีแสงมากเกินไป
(ค) รูปการจับภาพในสภาวะแวดล้อมที่มีแสงพอดี
(ง) รูปผลจากการทำ Thresholding ของสภาวะแวดล้อมที่มีแสงพอดี

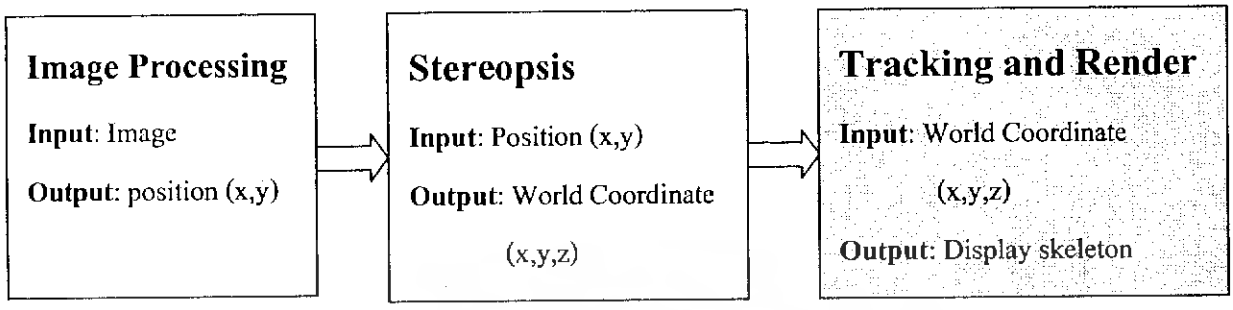


(ก) (ข)

รูปที่ 3.7 (ก) ตำแหน่งมาร์กเกอร์ด้านหน้าของผู้แสดง
(ข) ตำแหน่งมาร์กเกอร์ด้านหลังของผู้แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์หาตำแหน่งและการเคลื่อนไหว (Motion Analysis)



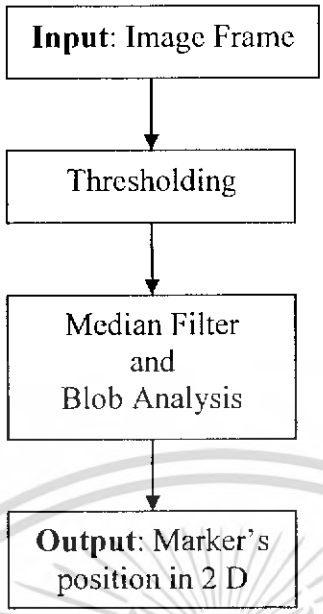
รูปที่ 3.8 การวิเคราะห์หาตำแหน่งและการเคลื่อนไหว (Motion Analysis)

การวิเคราะห์หาตำแหน่งและการเคลื่อนไหวจะเริ่มหลักจากได้รับภาพมาจากส่วนรับภาพมา ก็ส่งต่อมาในส่วนของการประมวลผลภาพผลลัพธ์ที่ได้คือตำแหน่งของมาร์กเกอร์แต่ละอันบนภาพแต่ละภาพ เสร็จจากส่วนนี้ก็จะนำไปเป็นอินพุทให้กับส่วนของการหาตำแหน่งจริง (World Coordinate)โดยใช้การคำนวณจากทฤษฎี Stereopsis จากนั้นก็นำไปทำ Tacking and Render ซึ่งเป็นส่วนที่จะทำให้รู้ว่ามาร์กเกอร์แต่ละตัวมีการเคลื่อนที่จากจุดแรกไปจุดทีสองและจุดต่อๆไปในลักษณะใดเพื่อไปกำหนดให้ส่วนแสดงผล (Render) ทำให้โครงสร้างโครงกระดูกแสดงการเคลื่อนไหวตามนั้น

3.5.1 การประมวลผลภาพ(Image Processing)

หน้าที่หลักๆ ของการทำงานส่วนในนี้คือการหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์แต่ละตัวที่อยู่บนภาพที่รับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แผนผังแสดงการประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งใน 2 มิติของมาร์กเกอร์

3.5.1.1 Thresholding

การทำ Threshold ในโครงงานนี้จะทำ Threshold โดยจะเลือกเอาส่วนใดๆของภาพที่มีลักษณะเป็นสีขาวและมีค่าความสว่างมาก (คือส่วนที่เป็นมาร์กเกอร์) ในที่นี้จะใช้ค่า V (value,intensity) ในระบบสี HSV ซึ่งเป็นค่าความสว่างในการตรวจสอบ ที่ตำแหน่งไหนมีค่า V มากตามต้องการคือประมาณไม่น้อยกว่า 90% ก็แสดงว่าตำแหน่งนั้นคือส่วนที่เป็นมาร์กเกอร์ ก็ให้ทำให้ ณ พิกเซลมีค่าเป็นบิต 1 ที่เหลือที่ไม่ตรงตามเงื่อนไขก็ให้เป็นบิต 0 ตัวอย่าง

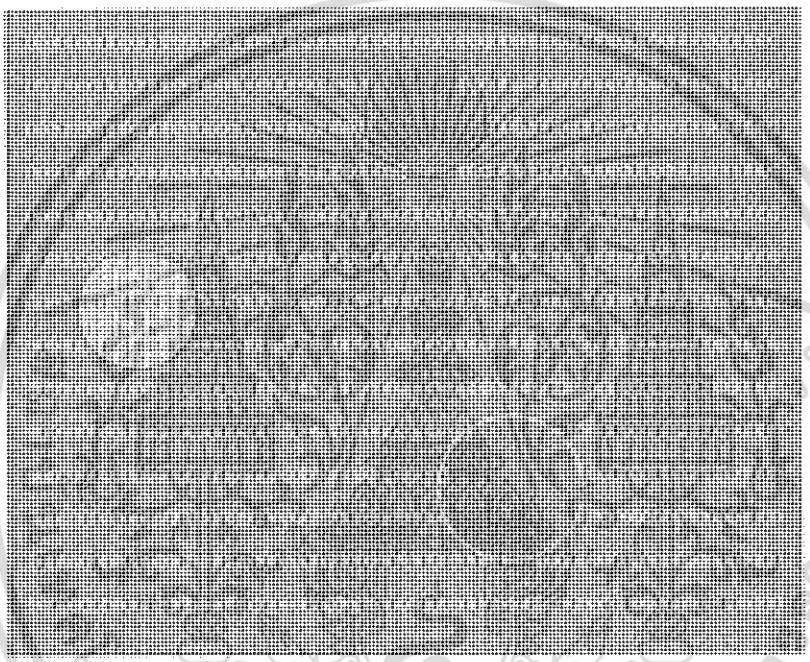
3.5.1.2 Median Filter and Blob Analysis

หลังจากทำThresholdเราจะได้จุดสีขาวที่เป็นมาร์กเกอร์หลายๆอัน ซึ่งอาจจะมีจุดสีขาวที่เราไม่สนใจเนื่องมาจากเป็นจุดที่ไม่ได้เกิดมาจากมาร์กเกอร์ จึงต้องกำจัดก่อนโดยการทำ Median Filter ภาพจากการทำ Threshold และ Median Filter เสร็จแล้วจะเป็นภาพที่แยกตัวมาร์กเกอร์ที่เจอกับพื้นหลังอย่างชัดเจน คือส่วนที่สนใจจะเป็นบิต 1 แล้วส่วนที่ไม่สนใจจะเป็นบิต 0 จากนั้นก็นำมาทำการระบุหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์แต่ละตัวที่ตรวจเจอให้เหลือเพียงพิกัดเดียว โดยวิธีการหาตำแหน่งมาร์กเกอร์แต่ละตัวนี้จะใช้วิธีหาค่ากลางของ พิกัด x ทุกพิกเซลและพิกัด y ทุกพิกเซลของจุดสีขาวทุกตัวที่เจอในขอบเขตของมาร์กเกอร์เลือกมาเป็นพิกัดบนภาพของมาร์กเกอร์ตัวนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงาน Blob Analysis

1. ระบุหมายเลขให้ทุกพิกเซลที่อยู่ในขอบเขตของมาร์กเกอร์ตัวที่หนึ่งให้เป็น 1 ให้เหมือนกันทุกตัว
2. ทำตามข้อแรกกับมาร์กเกอร์ตัวต่อไปโดยให้เปลี่ยนหมายเลขเป็น 2 และทำไปกับมาร์กเกอร์ตัวต่อๆ โดยเพิ่มเลขที่ระบุไปเรื่อยๆจนครบทุกตัว ฉะนั้นเมื่อเสร็จขั้นตอนนี้ก็จะได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การทำ Blob Analysis

3. หาค่ากลางของ พิกัด X ทุกพิกเซลและพิกัด Y ทุกพิกเซลในแต่ละกลุ่มหมายเลขที่ระบุไว้
4. กำหนดให้พิกัด X ทุกพิกเซลและพิกัด Y เป็นพิกัดตำแหน่งของมาร์กเกอร์นั้นๆ

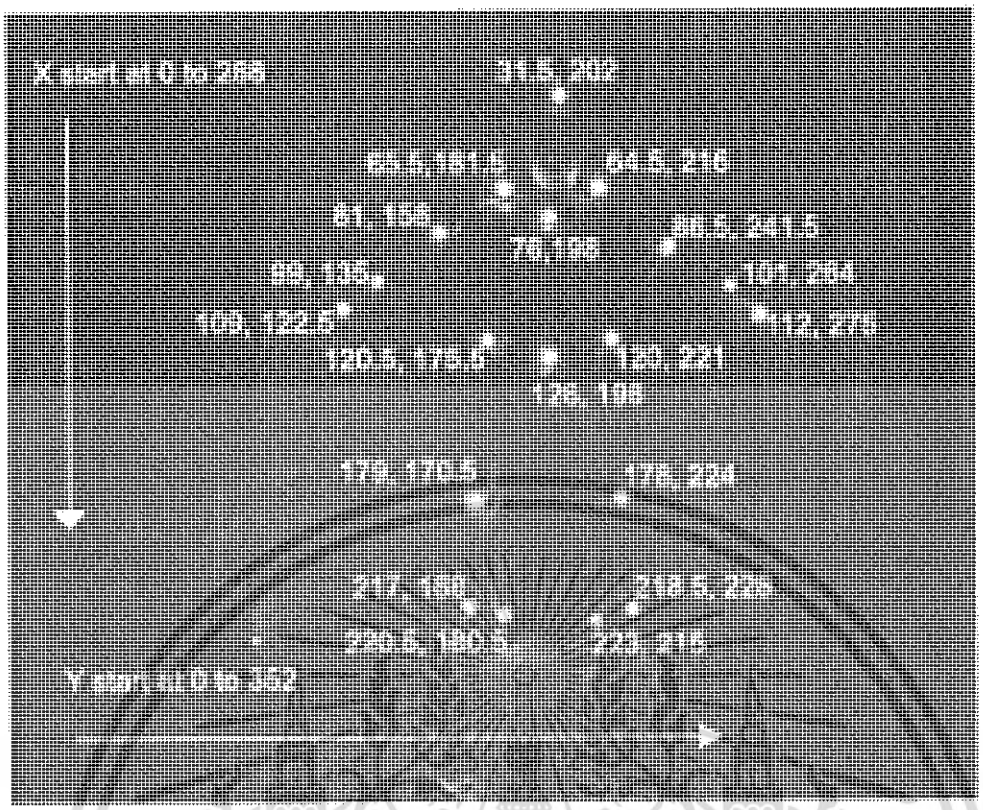
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเสร็จขั้นตอนนี้ผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ ตำแหน่ง X และ Y ที่เลือกแล้วของมาร์กเกอร์แต่ละตัวของภาพที่พิจารณาอยู่ภาพและก็จะส่งต่อไปให้ฟังก์ชัน Stereopsis หาตำแหน่งจริง (World Coordinate) ต่อไป

3.5.2 การระบุค่าเริ่มต้นให้กับมาร์กเกอร์(Initial post)

เนื่องจากโครงงานนี้ใช้มาร์กเกอร์เป็นชนิดเดียวกันหมดจึงทำให้ในแต่ละครั้งที่จับภาพออกมามาร์กเกอร์บนภาพจะมีลักษณะไม่แตกต่างกันจึงจำเป็นต้องระบุด้วยว่าตัวไหนเป็นตำแหน่งมาร์กเกอร์ที่เป็นส่วนหัว ส่วนไหล ส่วนอก หรือข้อเท้า โดยหลักการที่ใช้ระบุค่าเริ่มต้นคือ เก็บพิกัดของมาร์กเกอร์ทุกตัวมาแล้วเอามาหาเทียบว่าส่วนที่สูงที่สุดจะเป็นอวัยวะส่วนไหนโดยตรวจสอบจากค่าพิกัดทางแกน Y ที่มีค่ามากที่สุดเมื่อได้ตำแหน่งที่มีค่าพิกัด Y ที่มากที่สุดแล้วก็ให้เป็นตำแหน่งหัวเมื่อได้แล้วก็ตัดตำแหน่งนั้นออกแล้วเริ่มทำการหาใหม่โดยรอบต่อมาจะเป็นส่วนไหล่ก็ต้องหาตำแหน่งพิกัด Y มากที่สุดและรองลงมารวมเป็นสองตำแหน่งเพราะว่าไหลสองข้างอาจจะมีความสูงใกล้เคียงกันจึงต้องรับมาสองตำแหน่งเพื่อมาหาว่าตำแหน่งไหนเป็นไหล่ซ้าย และไหล่ขวาโดยรู้ได้จากค่าพิกัดทางด้านแกน X เปรียบเทียบกันด้านที่มีค่ามากกว่าก็จะเป็นอวัยวะทางด้านซ้ายและด้านที่มีพิกัดทางด้านแกน X น้อยกว่าจะเป็นด้านขาว ส่วนอวัยวะอื่นๆก็ใช้แนวคิดเดียวกันนี้ ฉะนั้นจึงต้องมีการกำหนดท่าทางในการทำ Initial post ให้เป็นมาตรฐานเพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณผลลัพธ์ออกมาได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การระบุค่าเริ่มต้นให้กับมาร์กเกอร์ (Initial post)

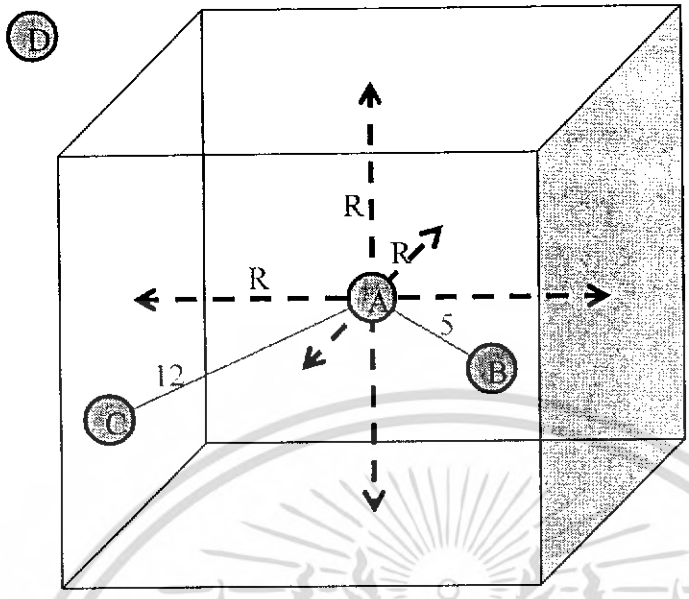
3.5.3 การติดตามมาร์กเกอร์

การติดตามตำแหน่งของมาร์กเกอร์แต่ละตัวจะทำหลังจากการหาค่าตำแหน่งของมาร์กเกอร์ในมิติที่สามได้แล้วคือหลังจากได้ค่าพิกัด (x , y) แล้วใช้ส่วน Stereopsis หาตำแหน่งใน 3 มิติ ก็จะได้ค่าพิกัดทั้งสาม (x, y, z) จากนั้นเมื่อมาร์กเกอร์มีการเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิมก็จะทำการเอาตำแหน่งใหม่ทุกตำแหน่งมาเปรียบเทียบกับเดิมที่กำลังพิจารณาว่ามีตำแหน่งไหนอยู่ในรัศมีใกล้เคียงตำแหน่งที่กำลังพิจารณาอยู่ก็ให้เป็นตำแหน่งใหม่ของตำแหน่งที่กำลังพิจารณาอยู่เลยโดยรัศมีจะใช้ขึ้นอยู่กับความความเร็วที่สามารถจับภาพได้

ขั้นตอนการทำงาน

1. ให้ค่าตั้งต้นเท่ากับรับค่ามาจากการทำ Initial post
2. รับค่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวมา
3. เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการเคลื่อนไหวกับค่าตั้งต้น
4. แทนค่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวให้กับค่าตั้งต้นตัวที่พิจารณาอยู่นั้นถ้าหากค่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวอยู่ในรัศมีของค่าตั้งต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



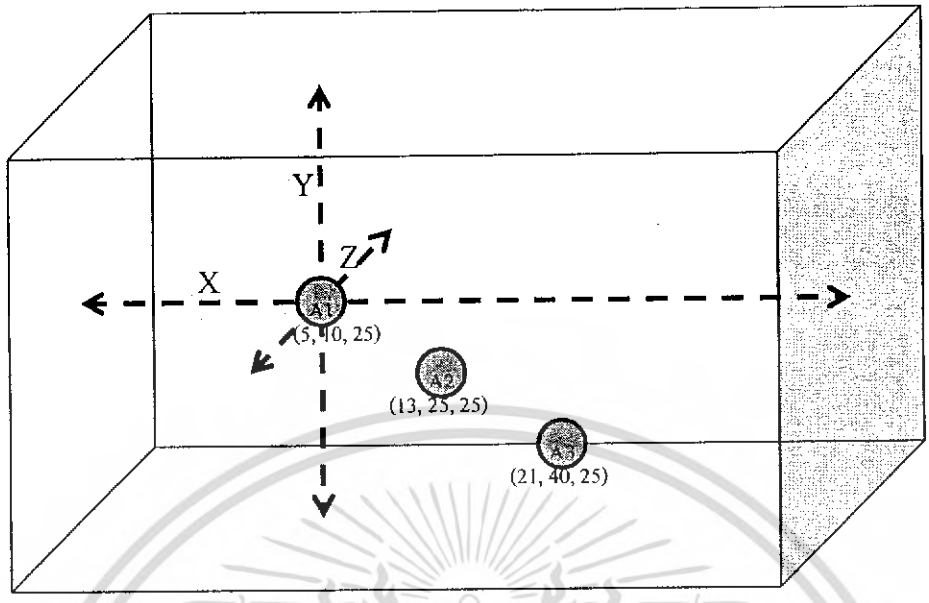
รูปที่ 3.12 การติดตามมาร์กเกอร์

จากรูป 3.12 จุด A เป็นตำแหน่งก่อนหน้าการ Track จะยึดเอาจุด A เป็นจุดอ้างอิงในการเปรียบเทียบหาตำแหน่งถัดไปของตัวมันเองถ้าหากพบจุดที่ค่า X ค่า Y และค่า Z ทั้งสามอยู่ในรัศมีก็จะถือว่าจุดนั้นเป็นจุดถัดไปของตัวมันเอง ในกรณีที่พบจุดที่อยู่ในรัศมีมากกว่าสองจุดก็จะทำการหาระยะห่างจากจุดอ้างอิงกับจุดทั้งหมดที่เจอแล้วเลือกเอาจุดที่มีระยะห่างน้อยที่สุดเป็นตำแหน่งถัดไปของจุดอ้างอิงจากรูป ก็จะเลือกเอาจุด B เป็นตำแหน่งถัดไปของ A เพราะว่าระยะห่างจาก A ไป B น้อยกว่าระยะห่างจาก A ไป C

3.5.4 การแก้ไขเมื่อตรวจไม่พบตำแหน่งถัดไป

การแก้ไขเมื่อตรวจไม่เจอตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่งของมาร์กเกอร์ทั้งหมดที่หามา ในกรณีนี้โปรแกรมได้มีการเก็บตำแหน่งก่อนหน้าของตำแหน่งก่อนไว้ โปรแกรมจะทำการหาว่าก่อนหน้านี้ตำแหน่งที่สนใจนี้มีการเคลื่อนที่จากตำแหน่งก่อนหน้าไปทิศทางละเท่าใด เช่นค่า X มีการเคลื่อนที่ไป 8 พิกเซลค่าY มีเคลื่อนที่ไป 15 ส่วนค่า Z ไม่มีการเคลื่อนที่ก็จะเป็น 0 ก็จะนำค่าเหล่านี้ไปบวกเพื่อหาตำแหน่งใหม่ ดังรูป 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การแก้ไขเมื่อตรวจไม่พบตำแหน่งถัดไป

จากรูป3.13 เมื่อ A2 หาตำแหน่งถัดไปไม่เจอจากตำแหน่งทั้งหมดที่ให้มา โปรแกรมก็จะเอาระยะทางที่เคลื่อนที่จาก A1 ไปยัง A2 มาบวกเพิ่มให้กับ A2 ก็จะได้ตำแหน่ง A3 เป็นตำแหน่งใหม่ โดยทั่วไปแล้วมีวิธีที่ดีกว่านี้ในการหาตำแหน่งถัดไปที่หาไม่เจอ เช่น การคำนวณหาโดยทฤษฎี Inverse kinematic จะใช้การคำนวณโดยอ้างอิงตำแหน่งอวัยวะที่พิจารณาอยู่กับอวัยวะใกล้เคียงแต่เนื่องด้วยวิธีเหล่านั้นล้วนแล้วใช้เวลาในการคำนวณเป็นอย่างมากจึงไม่เหมาะสมกับการทำงานแบบ Real time ดังนั้นโครงงานชิ้นนี้นำการทำงานง่ายๆ มาใช้งานแทน

3.6 ระบบประมวลผลที่ใช้

ระบบสร้างตัวละคร 3 มิติโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นระบบที่ทำงานแบบ Real time ซึ่งการคำนวณที่ล่าช้าและเกิด Delay time มากๆจะมีผลกระทบต่อระบบโดยรวมได้ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการประมวลผลก็มีส่วนกับความเร็วของการประมวลผลเช่นกัน ฉะนั้นในโครงงานชิ้นนี้จึงได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องแยกกันประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์สุดท้ายที่เป็นตำแหน่งจริง (World Coordinate) มาให้เครื่องใดเครื่องหนึ่งเป็นตัวแสดงการเคลื่อนไหวตัวละคร 3 มิติ

System:

Microsoft Windows XP Professional, Version 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Service Pack 2

Computer:

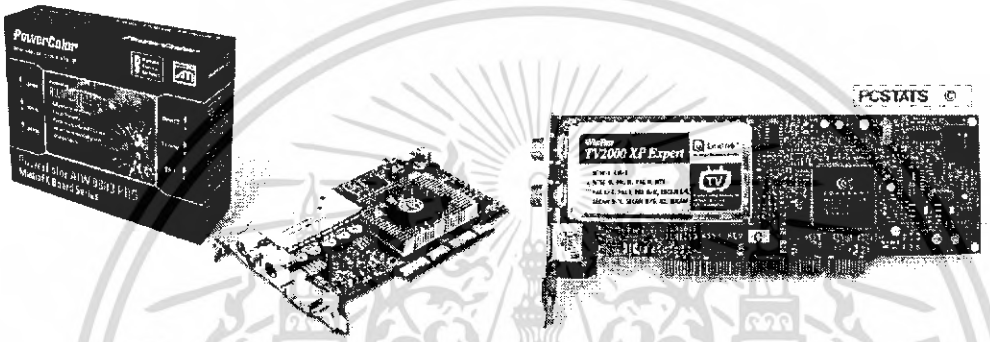
Intel® Pentium® 4 CPU 2.80 GHz 2.7 GHz

RAM 512 MB

Video Capture Cards:

All-In-Wonder Series PowerColor AIW 9800 PRO

Winfast TV2000 XP Expert Card



รูปที่ 3.15 Capture cards

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบระบบ

ในบทนี้จะเป็นนำเสนอผลการทดสอบระบบตั้งแต่การรับภาพเข้ามาจนกระทั่งสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวละคร พร้อมสรุปผลในแต่ละหัวข้อ

4.1 การจับภาพการเคลื่อนไหว

อุปกรณ์หลักๆ ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1. การ์ด TV Tuner ที่สามารถจัดภาพได้ ยี่ห้อ Winfast TV2000 XP Expert Card 2 ตัว
2. กล้องถ่ายภาพวิดีโอชนิดซีซีดี (CCD) 4 ตัว ยี่ห้อ Fujiko รุ่น fk-267b
3. การ์ดแสดงผลพร้อมตัวจับภาพ ยี่ห้อ ATI รุ่น Radeon All-in-wonder 9800 PRO 2 ตัว
4. ขาตั้งกล้อง 2 ตัว (Tripod) ยี่ห้อ SLIK รุ่น U9000
5. แหล่งจ่ายไฟ DC 0-12 V 0-7 Amp
6. เครื่องคอมพิวเตอร์ 2 ตัว และอุปกรณ์เครือข่ายสำหรับเชื่อมต่อ
7. โปรแกรม Motion Capture ที่ทำขึ้นมา
8. ชุดของนักแสดงซึ่งมีมาร์กเกอร์ติดอยู่ตามจุดของข้อต่อของร่างกาย 1 ชุด
9. สถานที่ปิดที่ไม่มีแสงรบกวน

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงคุณลักษณะของกล้องวีดีโอ

รายการ	รายละเอียด
Image Pick-up Device	1/4 inch Sharp CCD
Picture Elements	NTSC:512(H)*492(V),PAL:512(H)*582(V)
Horizontal Resolution	330 TV lines
Mini illumination	0.5 LUX @ F2.0
S/N Ratio	More than 48dB
Auto Electronic Shutter	NTSC:1/60s~1/100,000s, PAL:1/50s~1/110,000s
Lens Mount	C or CS Mount adjustable
Auto Gain Control	Yes
Auto While Balance	Yes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Back Light Compensation	Auto Detect.
Game Characteristic	0.45
Synchronous System	Internal. Negative sync.
Video Output	1 Vp-p / 75 Ohms. BNC or F connector.
Power Supply	12V DC+,- 10% / 150mA
Audio	Microphone + Amplifier (2Vp.p.,50 Ohms) RCA connector.
Operation Temp	-10 to 50C (14)
Weight	185 g

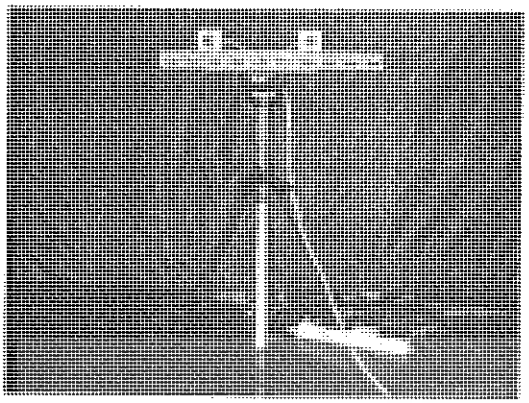
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงคุณลักษณะของการ์ดจับภาพ

รายการ	รายละเอียด
GPU	RADEON 9800 PRO
Memory	128 MB 256-bit DDR SDRAM
Support DirectX	9.0
Support OpenGL	1.5
Output	DVI-I / TV-Out / Video-Out / D-Sub
Input	Video-In / TV Tuner, AV, S-Video
Bus	AGP 8X/4X/2X
Max Capture Rate	50 fps @ 320x240
Supported Video Signal	PAL, NTSC, SECAM
Image Color Output	YUV Color

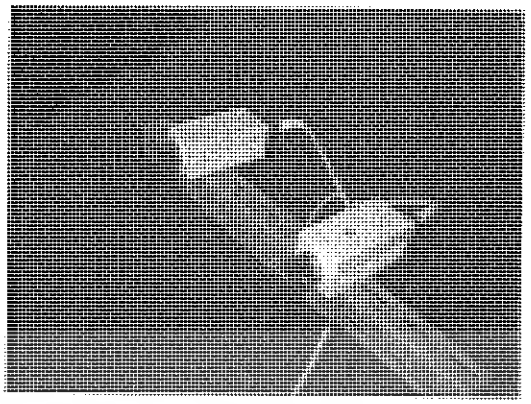
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงคุณลักษณะของการติดตั้งกล้อง

รายการ	รายละเอียด
ระยะห่างของกล้องแต่ละคู่	6 m
ระยะห่างของกล้องแต่ละตัว	23 cm
ความสูงของกล้องกับพื้น	75 cm
พื้นที่ของห้อง	กว้าง 3.5 m ยาว 6 m สูง 2 m

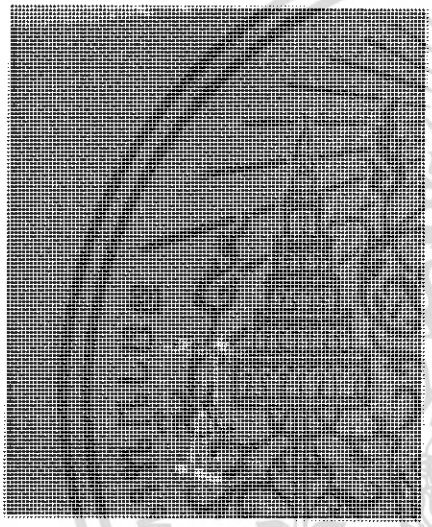
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



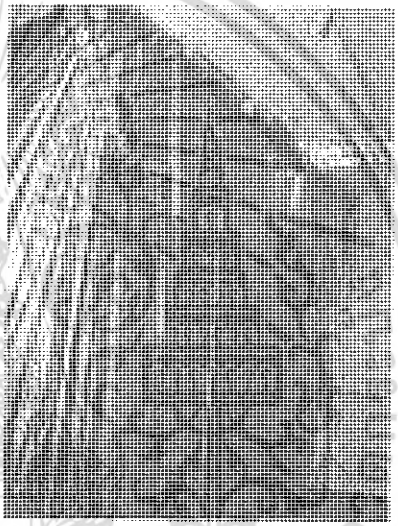
(ก)



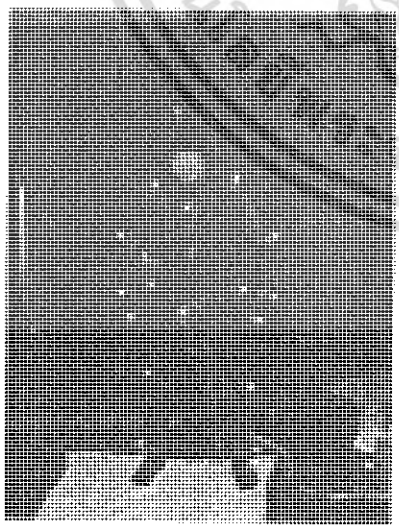
(ข)



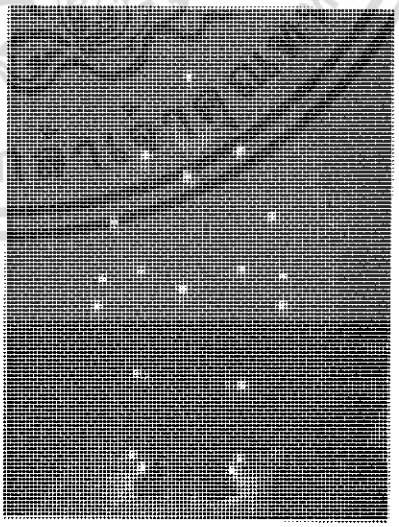
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 (ก) ภาพความสูงในการตั้งกล้องห่างจะพื้น

(ข) ภาพการวางกล้องของแต่ละคู้

(ค)ภาพฉากหลังที่ใช้ในการบังแสง

(ง) ภาพฉากหลังที่ใช้ในการบังแสงข้างนอก

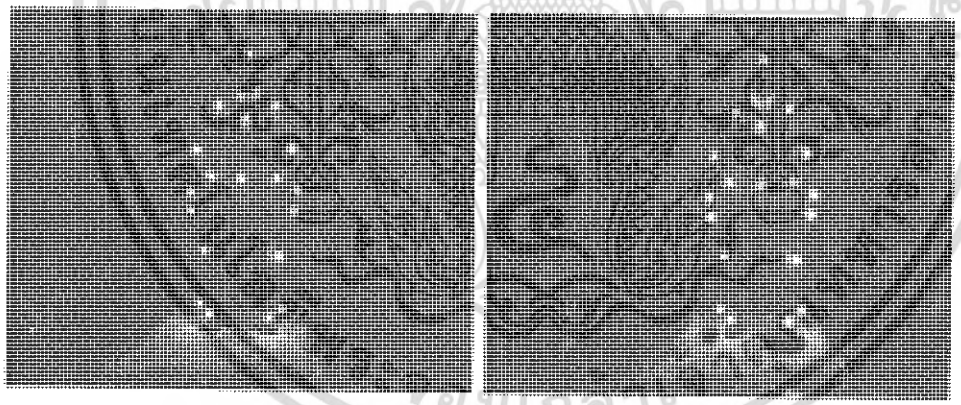
(จ) ภาพผู้แสดงกับชุดที่ใช้ซึ่งติดมาร์กเกอร์ไว้เรียบร้อยแล้ว

(ฉ) ภาพผู้แสดงที่พร้อมทำการแสดง

4.2 การตรวจจับ ติดตาม และแยกมาร์กเกอร์

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบการตรวจจับเพื่อหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์ ว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่และได้ผลเป็นเช่นไร โดยการเคลื่อนไหวของผู้แสดงในท่าทางต่างๆ จากนั้นนำมาให้โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหวทำการตรวจจับและติดตามมาร์กเกอร์ ผลการทดสอบจะรวมถึงการประมวลผลภาพ การตรวจจับตำแหน่งมาร์กเกอร์ การติดตามมาร์กเกอร์ และการแสดงผลโดยโครงสร้างโครงกระดูก

4.2.1 การตรวจจับตำแหน่งมาร์กเกอร์ในท่าเริ่มต้น



(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 (ก) ภาพการตรวจจับท่าเริ่มต้นกล้องด้านหน้าขวา

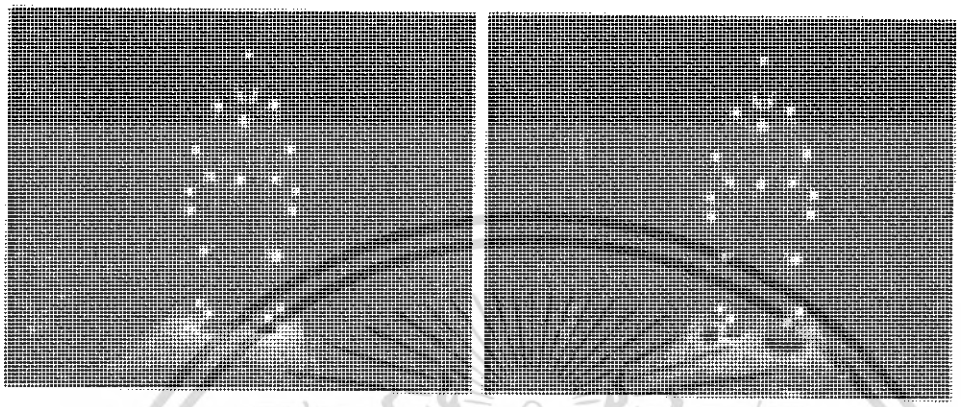
(ข) ภาพการตรวจจับท่าเริ่มต้นกล้องด้านหน้าซ้าย

ในเฟรมแรกผู้ใช้จะต้องทำการกำหนดตำแหน่งของมาร์กเกอร์ทุกจุดก่อน เพื่อใช้เป็นตำแหน่งเริ่มต้นในการติดตาม แต่เพื่อความสะดวก โปรแกรมสามารถที่จะตรวจจับตำแหน่งให้

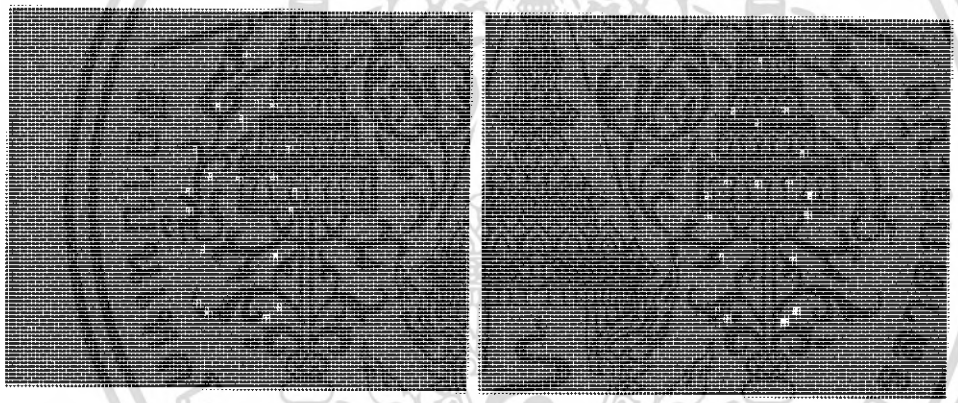
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เองได้ แต่จะต้องอยู่ในท่าทางที่กำหนดคือยืนตรงแขนแนบชิดลำตัวดังรูปที่ 4.2 ซึ่งโปรแกรมสามารถตรวจจับได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

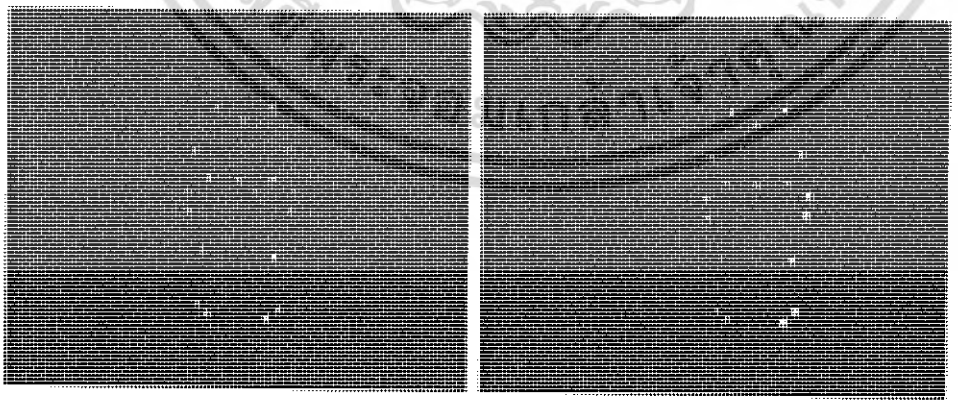
4.2.2 การประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่ง



(ก) (ข)

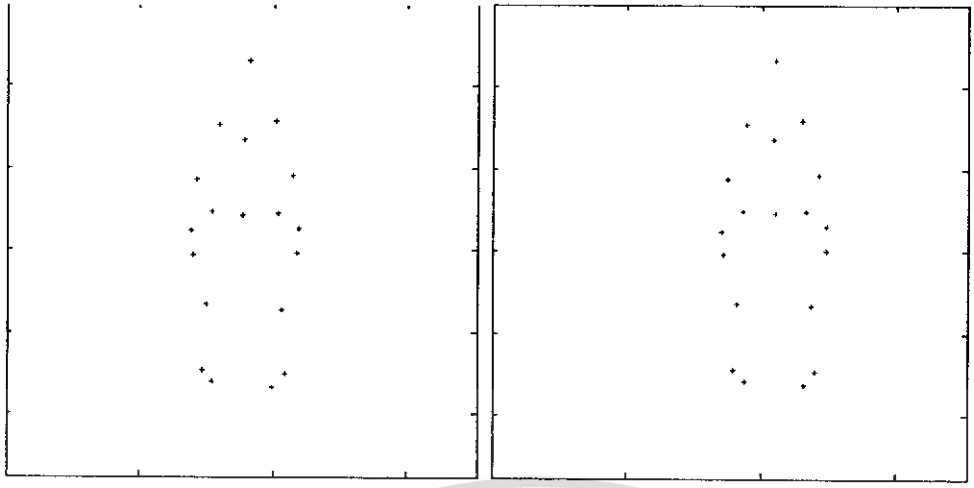


(ค) (ง)



(จ) (ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ช) (ฉ)

รูปที่ 4.3 (ก) ภาพการตรวจจับท่าเริ่มต้นกล้องด้านหน้าขวา
(ข) ภาพการตรวจจับท่าเริ่มต้นกล้องด้านหน้าซ้าย
(ค) ภาพที่ได้หลังการทำ Threshold กล้องด้านหน้าขวา
(ง) ภาพที่ได้หลังการทำ Threshold กล้องด้านหน้าซ้าย
(จ) ภาพที่ได้หลังการทำ Median filterกล้องด้านหน้าขวา
(ช) ภาพที่ได้หลังการทำ Median filterกล้องด้านหน้าซ้าย
(ช) ภาพที่ได้หลังการทำBlob Analysis กล้องด้านหน้าขวา
(ฉ) ภาพที่ได้หลังการทำ Blob Analysis กล้องด้านหน้าซ้าย

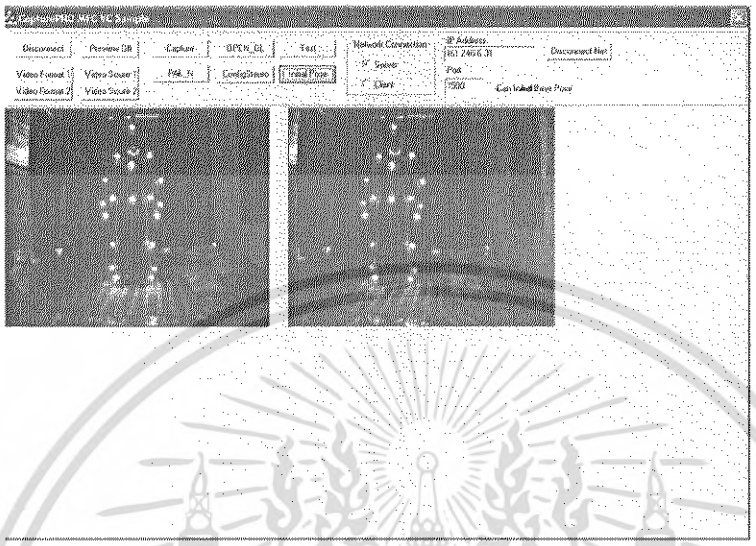
จากรูปที่ 4.3 (ก), (ข) เป็นภาพที่โปรแกรมสามารถตรวจจับได้ในเฟรมแรกขณะทำการกำหนดค่าเริ่มต้น และในรูป (ค), (ง) ภาพที่ได้หลังการทำ Threshold กล้องด้านหน้าขวาและซ้ายซึ่งสามารถตรวจหาได้อย่างถูกต้องแต่ยังมีส่วนที่ไม่ใช่มาร์กเกอร์อยู่ในรูป (ค) โดยในรูป (จ), (ฉ) ภาพที่ได้หลังการทำ Median filter กล้องด้านหน้าขวาและซ้ายส่วนนี้จะช่วยแก้ปัญหาส่วนเกินทีเกิดขึ้นในภาพ (ค) ในรูป (ช), (ฉ) เป็นการนำจุดที่ได้จากการทำ Blob Analysis มาทำการPlot ลงในกราฟเพื่อดูว่าตำแหน่งที่หามานั้นถูกต้องหรือไม่ ซึ่งผลที่ออกมาการทำการประมวลผลภาพสามารถหาตำแหน่งของภาพได้เป็นอย่างดี

4.3 การติดตามมาร์กเกอร์ การแก้ไขกรณีหามาร์กเกอร์ไม่พบ

การทดสอบการติดตามมาร์กเกอร์ และการแก้ไขในกรณีที่หามาร์กเกอร์ไม่พบ จนนำไปสู่การสร้างการเคลื่อนไหวให้กับตัวโครงสร้างโครงกระดูก จากระบบที่พัฒนาขึ้นมา ได้ทำการนำเอา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันที่สร้างไว้แต่และส่วนมาทำการร่วมเข้าด้วยกัน ไม่สามารถทำการทดลองเพื่อนำผลลัพธ์มาแสดงได้เนื่องจากว่าระบบที่สร้างขึ้นมายังมีปัญหาทำได้เพียงการทดลองส่วนการ Initial post ได้ผลดังต่อไปนี้



(ก)

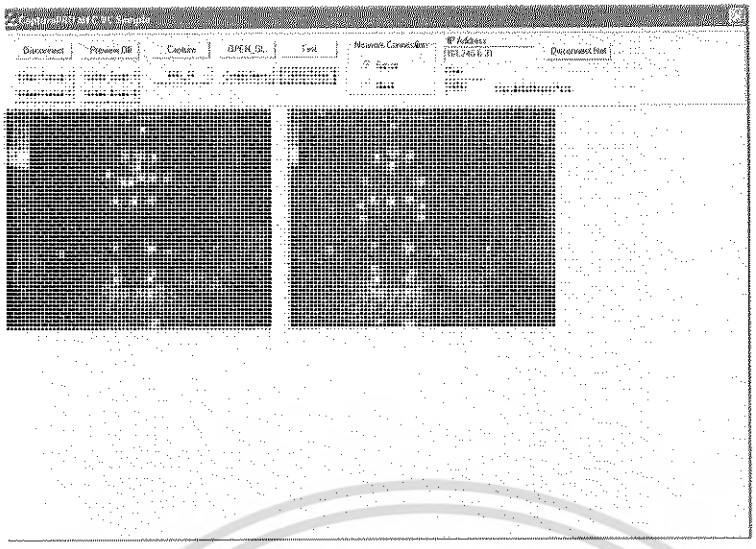
(ข)

รูปที่ 4.4 (ก) ท่าทางเริ่มต้นในการจับภาพ
(ข) ผลที่ได้จากการทำ Initial Post

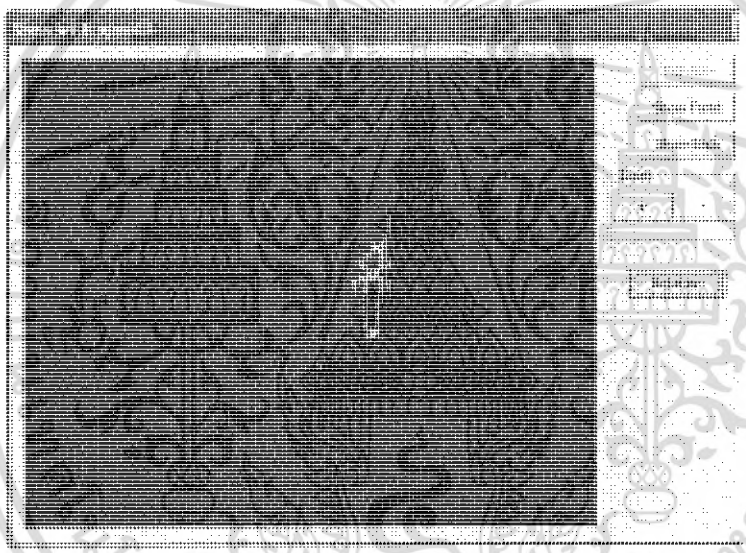
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 (ก) เป็นท่าที่เริ่มทำการจับภาพเป็นท่าแรกซึ่งเป็นท่าทางที่ถูกต้องคือมือทั้งคู่ต้องอยู่ใต้เอว ผลที่ได้จากการจับในเฟรมแรกก็จะได้ผลตามรูปที่ 4.3 (ข) ซึ่งเป็นโครงสร้างโครงกระดูกที่สร้างขึ้งมาจากตำแหน่งที่หามาได้จากระบบ โดยลักษณะที่ออกมาจะได้เป็นโครงสร้างโครงกระดูกที่มีรูปทรงที่ไม่เป็นธรรมชาติเนื่องจากว่ามาร์กเกอร์บางตำแหน่งได้มีการติดไว้ในส่วนที่เยื้อนออกมาจากร่างกาย เช่น เอวด้านหน้า ไหลซ้ายและขวา และข้อเท้ากับปลายเท่าทั้งสองข้าง ที่ยังไม่มีการรับค่าที่ได้มาให้เป็นธรรมชาติทำให้รูปทรงตูผลปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.5 (ก) ท่าทางเริ่มต้นในการจับภาพ
(ข) ผลที่ได้จากการทำ Initial Post

จากรูปที่ 4.5 (ก) เป็นท่าทางการการเริ่มต้นในการตรวจจับซึ่งเป็นท่างานที่ผิดส่งผลทำให้ผลที่ออกมาในส่วนของการสร้างโครงกระดูกนั้นได้รูปทรงที่ผิดปกติและไม่สามารถทำงานต่อไปได้ ส่วนการทำงานในส่วนอื่นๆ ต่อจากนี้ไม่สามารถทำการทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 บทสรุป

สำหรับโครงงานระบบสร้างตัวละคร 3 มิติโดยการตรวจจับการการเคลื่อนไหวของร่างกาย (MOTION CAPTURE FOR 3D CHARACTER ANIMATION) การออกแบบของระบบจะเน้นในส่วนของการสร้างตำแหน่งการ 3 มิติของการเคลื่อนไหวเพื่อนำไปใช้สร้างการเคลื่อนไหวให้โครงกระดูก ซึ่งสามารถใช้งานได้สะดวก ติดตั้งอุปกรณ์ได้เองโดยใช้เวลาไม่มาก และมีความแม่นยำในระดับหนึ่ง การสร้างการเคลื่อนไหวจะใช้การตั้งกล้องทั้งด้านหน้าและด้านหลังเพื่อเพิ่มการรับข้อมูลได้มากขึ้น ทำให้ลดปัญหาการบดบังมาร์กเกอร์ เพื่อให้สามารถทำงานแบบ Realtimeได้ การตรวจจับการเคลื่อนไหวนั้นใช้การประมวลผลภาพเข้ามาช่วยในการหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์ ซึ่งสามารถหาตำแหน่งของมาร์กเกอร์จากภาพได้ แต่อย่างไรก็ตามก่อนการทำการจับภาพจะต้องมีการจัดสภาวะแวดล้อมให้พร้อมก่อน การติดตามมาร์กเกอร์นั้นใช้การคิดตามโดยอ้างอิงตำแหน่งก่อนหน้า โดยตำแหน่งต่างๆ ได้จากการคำนวณ Stereopsis การทำงานสามารถติดตามได้ระดับหนึ่ง รูปแบบมาร์กเกอร์ควรจะมีการปรับปรุงเพราะมาร์กเกอร์แบบที่ใช้ยังคงมีขีดจำกัด เพราะมีสายไฟเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนไหวท่าทางต่างๆและมีลักษณะเหมือนกันทุกอัน ส่วนการแก้ไขเมื่อหามาร์กเกอร์ไม่พบก็สามารถทำงานได้ระดับหนึ่งแต่ยังไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดเพราะการคำนวณหาความน่าจะเป็นจากสถิติซึ่งยังมีวิธีที่ดีกว่านี้ เช่นคำนวณหาตำแหน่งที่ไม่พบจากตำแหน่งอื่นๆเช่น Inverse Kinematic

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางในการแก้ไข

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานนั้นมีอยู่ทุกส่วนในการทำงานและต้องหาทางแก้ไขอยู่เรื่อยๆ

1. การจัดสถานที่ การเลือกสถานที่ควรจะหาสถานที่ที่เป็นพื้นที่ปิดเป็นส่วนตัวแต่ การทำงานจริงจำเป็นต้องใช้สถานที่ร่วมกับผู้อื่นการทำงานเลยดำเนินไปอย่างช้า
2. การใช้หลายภาษาในการพัฒนาก็ให้เกิดความล้าช้าในการทำงานคือต้องหาวิธีนำภาษาเหล่านั้นมาทำงานร่วมกันให้ได้แก้ไขโดยก่อนการทำงานใดๆ ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการทำงานให้มากเพื่อเป็นการลดความเสี่ยง
3. ปัญหาเรื่องวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ การสร้างระบบ Motion Capture นั้นใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆเข้ามาช่วยในการทำงาน อุปกรณ์เหล่านั้นมักจะมีปัญหาที่หาทางแก้ไขยากโดยเฉพาะอุปกรณ์ที่มีราคาแพง อาทิเช่น กล้อง คอมพิวเตอร์ Capture card หรือแม้กระทั่งอุปกรณ์เล็กๆแต่มีความสำคัญต่อการทำงานเช่น หลอดไฟที่นำมาใช้ในการทำมาร์กเกอร์ สายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปัญหาเรื่องตัวอย่างข้อมูลหรือตัวอย่างของระบบที่ใช้จริงหาดูได้ยากเนื่องจากในประเทศไทยระบบ Motion Capture ยังไม่แพร่หลายข้อมูลต่างๆ จริงต้องหาทาง Internet ทำให้การทำความเข้าใจในระบบเพื่อนำไปประยุกต์ใช้นั้นทำได้ยากจึงทำให้การทำงานล้าช้า
5. ปัญหาในส่วนของการพัฒนาโปรแกรมก็อเนื่องด้วยระบบทำงานผ่านเครือข่าย และเป็นระบบ Real Time ดังนั้นเมื่อโปรแกรมมีปัญหาการ Debug เพื่อหา Error ของปัญหานั้นทำได้ยากกว่าระบบที่ Offline การแก้ไขปัญหาควรจะออกแบบระบบให้ดีสามารถแสดงผลแต่ละส่วนได้อย่างละเอียดเพื่อให้สามารถหาข้อบกพร่องของระบบได้ง่ายไม่เป็นการเสียเวลา

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

สำหรับโครงงานนี้นั้นยังมีข้อจำกัดอยู่อีกมาก ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ดีขึ้น ดังต่อไปนี้

5.3.1 การแยกแยะมาร์กเกอร์แต่ละจุด

เนื่องจากการรูปแบบมาร์กเกอร์ที่ใช้มีลักษณะที่เหมือนกันหมดนั้น จะทำให้การที่จะแยกแยะมาร์กเกอร์ว่าเป็นตำแหน่งใดๆ นั้นค่อนข้างลำบากถ้าอาศัยการ Tracking จากตำแหน่งเริ่มต้นเพียงอย่างเดียว แต่ถ้าหากว่าหามาร์กเกอร์ไม่พบก็ยังจะช่วยให้ยังพอใช้ระบุได้ว่าตำแหน่งนั้นเป็นส่วนไหน การแก้ไขนั้นอาจจะเพิ่มสีให้มาร์กเกอร์เพื่อช่วยเรื่องการแยกแยะตำแหน่งได้ง่ายขึ้นเพราะสามารถใช้สีเพื่อบอกว่าเป็นด้านหน้าหรือด้านหลัง หรืออาจจะปรับชุดให้มีส่วนที่เป็นสีไว้ระบุได้เช่นกัน รูปแบบการติดมาร์กเกอร์ก็สามารถใช้เป็นตัวช่วยในการแยกแยะได้เช่นกันโดยใช้ลักษณะการวางตำแหน่งที่สัมพันธ์กัน เช่นเป็น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หรือวงกลม เมื่อไม่ทราบส่วนไหนก็สามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์หาจากรูปทรงที่ทำขึ้นมาได้สิ่งต่างๆเหล่าจะเป็นตัวที่ช่วยในการระบุถึงตำแหน่งของส่วนต่างๆเหล่านั้นได้ ซึ่งส่วนของการ Tracking จะมีข้อมูลในการตัดสินใจได้มากและทำให้การแยกแยะมีประสิทธิภาพนั้นมีมากยิ่งขึ้น

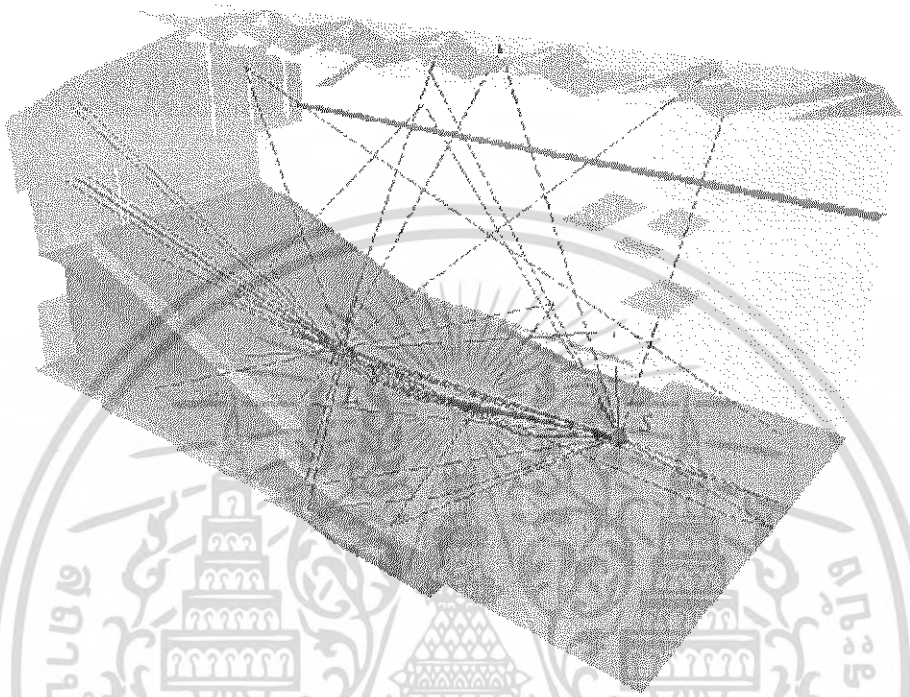
5.3.2 การหาตำแหน่งจริงด้วยวิธีอื่นๆ

โครงงานนี้ใช้การคำนวณที่เรียกว่า Stereopsis ในการหาตำแหน่งจริงโดยใช้ภาพจำนวน 2 ภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอซึ่งวางในตำแหน่งต่างกัน มาคำนวณ ซึ่งมีข้อจำกัดในการวางกล้องให้มีลักษณะตรง ไม่แหงนขึ้นหรือก้มลง ซึ่งกล้องทั้งสองนั้นจะต้องตั้งอยู่ในระดับเดียว และขนานกันจึงจะทำให้เกิดความแม่นยำมากที่สุด

นอกจากวิธีข้างต้น ยังสามารถพัฒนาให้มีความสามารถยิ่งขึ้นโดยการหาตำแหน่งจากภาพจากกล้องหลายๆ ตัว ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปในระบบที่ใช้งานในทางธุรกิจ โดยจะต้องทราบตำแหน่งของกล้องแต่ละตัวในปริภูมิ จากนั้นตรวจหาจุดบนกล้องแต่ละตัว แล้วทำ Ray

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tracing กลับไป จาก Ray Tracing จากกล้องหลายๆ ตัว หากเป็นจุดเดียวกันแล้วเส้นเหล่านั้นจะตัดกันที่จุดๆ หนึ่ง ทำให้เราสามารถหาตำแหน่งของข้อต่อนั้นได้ และยังสามารถใช้กับระบบที่ใช้กล้องหลายๆ ตัวได้ ต่างจาก Stereopsis ที่ใช้ภาพจากกล้องเพียง 2 ตัวเท่านั้น

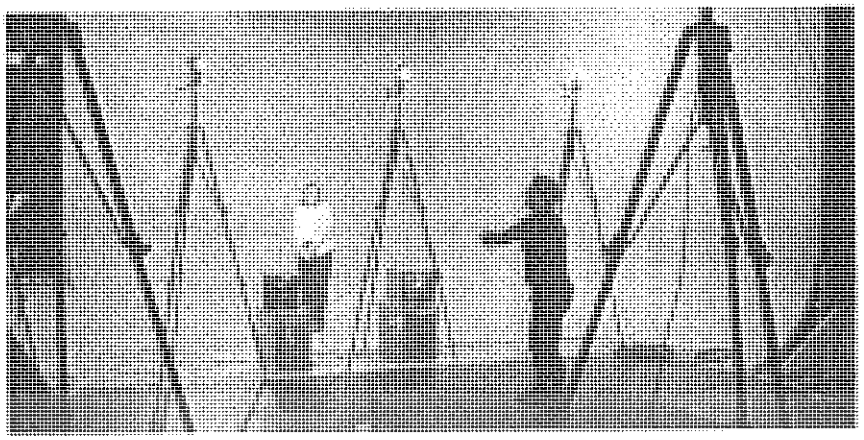


รูปที่ 5.1 แสดงการหาตำแหน่งจุดโดยการทำ Inverse Ray Tracing

5.3.3 การเพิ่มจำนวนกล้อง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระบบมีข้อจำกัดคือ จะไม่สามารถตรวจจับได้หากมาร์กเกอร์ถูกบดบัง ซึ่งการถูกบดบังก็เนื่องมาจากกล้องไม่สามารถถ่ายให้เห็นมาร์กเกอร์ ณ ตำแหน่งนั้นได้ ดังนั้น การเพิ่มจำนวนกล้องจะช่วยทำให้สามารถทำให้เห็นมาร์กเกอร์ได้ในหลายมุมมากขึ้น ส่งผลให้มาร์กเกอร์ลดการถูกบดบังลง และการที่มาร์กเกอร์ถูกบดบังจะทำให้ไม่สามารถหาตำแหน่ง ณ จุดนั้นออกมาได้ ซึ่งจากการใช้วิธี Stereopsis นี้จะมีลักษณะเป็นคู่ดังนั้นการเพิ่มกล้องจึงเป็นไปในลักษณะคู่เช่นกัน ซึ่งหากตั้งกล้องรอบตัวผู้แสดงได้ จะทำให้สามารถลดตำแหน่งมาร์กเกอร์ที่ถูกบดบังไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 การเพิ่มจำนวนคลื่อง

5.3.4 การแสดงผลการเคลื่อนไหวและการนำไปใช้งานจริง

การแสดงผลของการเคลื่อนไหวในโครงงานนี้ใช้รูปแบบโครงสร้างโครงกระดูกในการแสดงโดยใช้ OpenGL ในการสร้างรูปทรงขึ้นมา ในส่วนนี้ยังสามารถพัฒนาต่อไปได้อีก โดยอาจจะสามารถหาตัวละครสามมิติมาสวมหรือแทนเข้ากับโครงสร้างโครงกระดูกเพื่อให้ผลที่ออกมาสวยงานดูเป็นธรรมชาติขึ้นหรืออาจจะนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับเกมส์หรือสายงานทางด้านอื่นๆ

รูปที่5.3การแสดงผลการเคลื่อนไหวและการนำไปใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

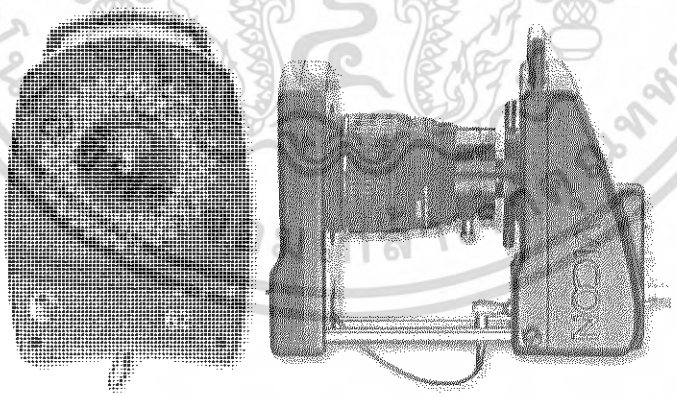
5.3.5 การออกแบบ User Interface

การออกแบบ User Interface โครงงานนี้ได้สร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถซึ่งนำค่าที่จำเป็นต่างๆ ป้อนให้กับโปรกแกรม ควบคุมการทำงานเช่น เลือกกล้องวีดีโอดต้นทางปรับค่าต่างๆ แสดงภาพที่ได้ ส่วนนี้สามารถพัฒนาต่อไปได้โดยเพิ่มการควบคุมให้ครบคุมทุกทางสามารถที่จะทำงานในขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายได้ภายในหน้าจอ User Interface

5.3.6 ระบบที่ใช้ประมวลผลและอุปกรณต่างๆ

ในการพัฒนาแบบรีลไทม์นั้นจำเป็นต้องอาศัยส่วนประกอบต่างๆ จำนวนมากเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ตั้งแต่อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ อุปกรณ์จับภาพที่ต้องมีความรวดเร็วในการจับภาพ การประมวลผล และการคำนวณเพื่อหาตำแหน่งออกมา ที่ต้องทำให้ได้รวดเร็วเพียงพอที่จะตรวจจับอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในระบบจริงนั้นจะใช้การตรวจจับที่ฮาร์ดแวร์ โดยการใช้กล้องพิเศษที่สามารถประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งของจุดมาร์กเกอร์บนภาพแต่ละจุดได้ จากนั้นข้อมูลตำแหน่งจากกล้องแต่ละกล้องจะถูกส่งไปรวมกันที่อุปกรณ์อีกชุด ผ่านระบบเครือข่ายความเร็วสูงขนาด Gigabit เพื่อทำการคำนวณหาตำแหน่งจริงและแยกแยะจุดแต่ละจุด จากนั้นอุปกรณ์ชุดนี้จะถูกส่งเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อนำจุดต่างๆ ไปสร้างการเคลื่อนไหวต่อไป

นอกจากอุปกรณ์ที่ต้องมีความรวดเร็วแล้ว ยังต้องเป็นระบบที่สามารถใช้กล้องได้หลายๆ ตัว เพื่อลดโอกาสการถูกบดบังของมาร์กเกอร์ มีระบบการแยกแยะมาร์กเกอร์แต่ละจุด มีระบบการคำนวณโครงกระดูกเพื่อสร้างการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์



รูปที่ 5.4 กล้องจับภาพความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Edward Angel (2000) : "Interactive Computer Graphics", Addison Wesley Publishers, San Francisco. 2003.

[2] Andrew Koenig and Barbara E. Moo (2003) : "Accelerated C++", Addison Wesley Publishers, San Francisco. 2000.

[3] ยุทธนา ลีลาศวิฒนกุล (2547) : "คู่มือการเขียนโปรแกรมและการใช้งาน Visual C++.NET", สำนักพิมพ์ ด่านสุทาการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 2547.

[4] Web::http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้